

60 Jahre Elektronik und Elektor

Von Röhren zu Neuronalen Netzen

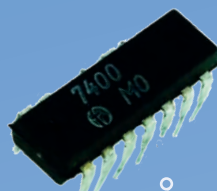


1961



Die 1960er:
Von Röhren
zu Transistoren

Die 1970er:
Mikroelektronik



Die 2010er
und darüber hinaus:
Internet of Things



2021



Die 2000er:
Mikrocontroller
für jedermann



Die 1990er:
Die digitale
Explosion



Die 1980er:
Siegeszug der
Homecomputer

+ Einstieg in die Festkörperelektronik / Der Intel 4004 / Audio-Elektronik in den 1980ern / Von 8 auf 32 Bits / Willkommen im Internet / Aufstieg des Arduino / 10 Jahre Raspberry Pi **Und vieles mehr!**



productronica SPECIAL

> Warten auf Chips
Die Krise geht weiter

> productronica 2021
und die Zukunft der
Elektronik-Fertigung

> EMV • Löten • Testen • Module

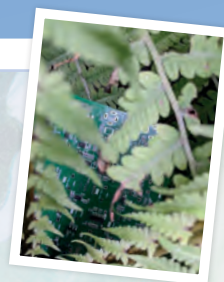


**WORLD
ETHICAL
ELECTRONICS
FORUM**

> Elektronikindustrie
und ethisches Handeln

> Ethik in der Elektronik 2022 -
Unternehmen und Personen

> Klimaneutral in 2021



**UN-Ziele und die
Elektronik-Industrie**



Was wäre, wenn menschlicher Erfindungsreichtum die Industrie menschlicher machen könnte?



Die intelligente industrielle Revolution hat die Kraft, die Welt zu verändern. Und jetzt, da Maxim Integrated Teil von Analog Devices ist, können wir unsere gemeinsame Expertise in den Bereichen Sensorik, Energiemanagement und Konnektivität dazu nutzen, die Einführung von Industrie 4.0-Technologien zu beschleunigen, damit Menschen und Maschinen noch enger Hand in Hand zusammenarbeiten können. Mehr zu „What If“: analog.com/Maxim

Where what if becomes what is.



NOW PART OF





von Jens Nickel

Chefredakteur

Elektor ist in diesem Jahr 60 Jahre jung geworden; aus diesem Anlass haben wir eine ganz besondere Ausgabe von Elektor Industry zusammengestellt. Sie ist nicht nur extra-stark, sondern beinhaltet eigentlich drei Zeitschriften in einer (was sich auch in der Gestaltung unseres Covers widerspiegelt).

60 Jahre Elektor sind auch 60 Jahre Elektronikgeschichte, von den Anfängen im Röhrenzeitalter bis zu einer vernetzten Welt, bei der vielfach künstliche Intelligenz zum Einsatz kommen muss, um die Datenströme bewältigen zu können. Im Hauptteil dieses Heftes reisen wir von der 70ern bis ins Jahr 2021. Bekannte Elektor-Autoren und (ehemalige) Kollegen kommen genauso zu Wort wie erfolgreiche Unternehmer, allesamt sind sie elektronikbegeistert seit vielen Jahren und Experten ihres Fachs.

Eine Reise lohnt sich sicherlich auch nach München: Vom 16. bis 19.11. findet dort die productronica statt. Die Chipkrise und die effiziente Hardware-Fertigung werden dieses Jahr wichtige Themen sein (siehe unsere Artikel ab Seite 91). Gerade in der Produktion spielen aber zunehmend auch die Nachhaltigkeit, der Klimaschutz und ethische Fragestellungen eine Rolle. Zusammen mit der Messe München und der Zeitschrift Elektronikpraxis veranstaltet Elektor auf der productronica das World Ethical Electronics Forum (siehe ab Seite 119). Zu den spannenden Vorträgen und interessanten Fachgesprächen möchten wir Sie hiermit herzlich einladen!



productronica
fast forward
the start-up platform
powered by Elektor

Auf der productronica - und online - haben unsere Leser Gelegenheit, sich über die Finalisten des Start-up-Wettbewerbes zu informieren. Die Preisverleihung findet am 18.11. statt, auf der Messe und online unter www.elektormagazine.com/p-fast-forward-2021.

Keep it simple! Sense with MEMS.



© e!Smart



MEMS Sensor Portfolio & Kundenservice

Sensoren sind ein integraler Bestandteil jeder zukünftigen Anwendung. Das Messen von Temperatur, Feuchtigkeit, Druck oder Beschleunigung war noch nie einfacher. Nutzen Sie die Vorteile unseres Software Development Kits und der ab Werk erhältlichen Evaluierungsboards. Ausführliche Dokumentationen sowie der direkte Support durch geschulte Ingenieure lassen keine Fragen offen. Mit exzellenter Messgenauigkeit und Langzeitstabilität liefern die Sensoren hochpräzise und akkurate Ausgangswerte mit intelligenten On-Chip-Interrupt-Funktionen.

Kombinieren Sie Sensoren und Funk – starten Sie Ihre IoT-Anwendung noch heute: www.we-online.de/sensors

- Support durch Ingenieure innerhalb von 24 h
- Exzellente Messgenauigkeit
- Ab Werk kalibriert und direkt einsatzbereit
- Kundenspezifische Interrupt Einstellungen
- Implementierte Algorithmen
- Digitale SPI- & I²C-Schnittstellen

#SensewithMEMS

60 Jahre Elektronik und Elektor

Röhren, KI und
alles dazwischen



Rubriken

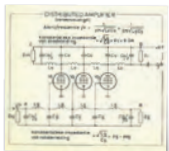
6 Impressum / Vorschau / Inserentenverzeichnis

90 Neue Produkte im Elektor Store

138 Elektor im Creative Minds Podcast

60 Jahre Elektronik und Elektor

Die 1960er



- 8 Einstieg in die Festkörperelektronik
- 14 Der Übergang von Röhren zu Transistoren in der Hochschulausbildung
- 20 Von Röhren zu Transistoren

Die 1970er

- 26 Mikroelektronik
- 30 Die Geburt des Mikroprozessors
Der Intel 4004
- 33 Von den 70ern bis zur Jahrtausendwende
Interview mit Karel Walraven



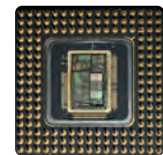
Die 1980er



- 36 Eine Computer-Revolution
- 40 Der Siegeszug der Homecomputer
- 44 Audio-Elektronik in den 1980er Jahren
Jan Didden über Audio, Entwicklung und Elektor

Die 1990er

- 50 Die digitale Explosion
- 56 Web 1.0: Willkommen im Internet
Computer werden vernetzt
- 60 Elektronik in den 90ern
Interview mit Martin Jepkens von ME Engineering



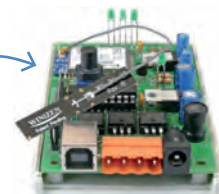
Die 2000er



- 62 Mikrocontroller für jedermann
- 66 Mikrocontroller betreten die Bühne
- 70 Der Mikrocontroller-Boom
Von 8 auf 32 Bits in einer Dekade
- 74 Der Aufstieg des Arduino
Ein Interview mit David Cuartielles

Die 2010er

- 78 Die IoT-Explosion
- 82 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Internets der Dinge
- 86 Interview: 10 Jahre Raspberry Pi
Eben Upton über Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Raspberry Pi



60
years young



productronica 2021 Special

- 92 Warten auf Chips**
Die Krise geht weiter
- 97 Elektronikfertigung vereinfacht**
Felix Plitzko über Optimierungen der Hardware-Fertigung
- 100 productronica 2021 und die Zukunft der Elektronik-Produktion**
Ein Interview mit Barbara Müllerr

102 Infographics: Die Chip-Krise



- 104 Leistungsumwandlung und die häufigsten Topologien**
- 108 Innovative Lötdrähte**
Mit Hochgeschwindigkeit Richtung Zukunft
- 110 EMV- und Effizienz-Optimierung von High-Power-DC/DC-Konvertern**
- 114 Problem gelöst, neue Möglichkeiten eröffnet**
Entwicklung einer vielseitigen Flussmittelpattform
- 117 eloprint stellt eine neue Prüfadapter-Generation vor**
- 118 Spezialisten für Embedded MP3-Module, Embedded-Technologien und die Entwicklung kundenspezifischer Module**

The World Ethical Electronics Forum

- 120 Ethik in der Elektronik 2022 – Firmen und Personen**
- 126 Weltforum für Ethik in der Elektronik**
Die Elektronikindustrie und ihr ethisches Engagement
- 129 Ethik in der Elektronik: Was ist Ihre Meinung?**
- 130 Jedes Jahr zählt: Klimaneutral noch vor 2022!**
Interview mit Frank Riemenschneider (SEGGER)
- 134 Der europäische Green Deal**
Batterien inklusive
- 136 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung**
UN-Ziele und die Elektronik-Industrie



Elektor Industry © 2021

Ausgabe 3/2021

Elektor60 | productronica | WEEF
www.elektormagazine.deElektor Industry wird in 2021 drei
Mal veröffentlicht.**Hauptsitz des Verlages**Elektor Verlag GmbH
Kackertstr. 10 | 52072 Aachen
Tel. +49 241 95509-190**Chefredakteur (V.i.s.d.P.)**Jens Nickel
E-Mail: redaktion@elektor.de**Redaktion**C.J. Abate, Stuart Cording,
Robert van der Zwan**Anzeigen & Sponsoring**Raoul Morreau
Tel.: +31(0)6 4403 9907
raoul.morreau@elektor.com**Layout:** Harmen Heida, Sylvia
Sopamena and Patrick Wielders**Herausgeber:** Erik Jansen**Druck**Pijper Media, Stettinweg 15, 9723
HD Groningen**Aufgabe**Elektor Industry bietet Elektronik-
Ingenieuren, Innovatoren
und Start-ups Informationen
über und Einblicke in die
neuesten Produkte, Techniken
und Entwicklungen aus der
Elektronik-Industrie.Distribution und Lieferung
Elektor Industry erscheint
zugleich auf Deutsch und
Englisch. Die Ausgabe wird
an Elektor Gold-Mitglieder als
gedruckte Version und an Elektor
Green-Mitglieder als pdf-Datei
verschickt. Das Magazin wird
auf Messen gratis verbreitet
wie z.B. auf der Productronica
(München), electronica
(München), und embedded
world (Nürnberg).**Leserhinweis**Elektor Industry enthält
gesponserte Artikel.Der Herausgeber bestätigt
alle Trademarks in Verbindung
mit Produkten, Diensten,
Materialen und Firmennamen,
die in dieser Veröffentlichung
erscheinen. Die in der Elektor
Industry vertretenen Ansichten
stimmen nicht zwangsweise mit
denjenigen des Herausgebers
oder der Redaktion überein.**Urheberrecht**Die in dieser Zeitschrift
veröffentlichten Beiträge,
insbesondere alle Aufsätze
und Artikel sowie alle
Entwürfe, Pläne, Zeichnungen
einschließlich Platinen sind
urheberrechtlich geschützt. Ihre
auch teilweise Vervielfältigung
und Verbreitung ist
grundsätzlich nur mit vorheriger
schriftlicher Zustimmung des
Herausgebers gestattet. Die
veröffentlichten Schaltungen
können unter Patent oder
Gebrauchsmusterschutz
stehen. Herstellen, Feilhalten,
Inverkehrbringen und
gewerblicher Gebrauch
der Beiträge sind nur mit
Zustimmung des Verlages und
ggf. des Schutzrechtsinhabers
zulässig. Nur der private
Gebrauch ist frei. Bei den
benutzten Warenbezeichnungen
kann es sich um geschützte
Warenzeichen handeln, die nur
mit Zustimmung ihrer Inhaber
warenzeichengemäß benutzt
werden dürfen. Die geltenden
gesetzlichen Bestimmungen
hinsichtlich Bau, Erwerb
und Betrieb von Sende- und
Empfangseinrichtungen und
der elektrischen Sicherheit sind
unbedingt zu beachten. Eine
Haftung des Herausgebers für
die Richtigkeit und Brauchbarkeit
der veröffentlichten Schaltungen
und sonstigen Anordnungen
sowie für die Richtigkeit
des technischen Inhalts der
veröffentlichten Aufsätze
und sonstigen Beiträge ist
ausgeschlossen.© Elektor International Media
b.v. 2021
www.elektormagazine.de
Gedruckt in den Niederlanden

Maxim Integrated/Analog Devices	2
Würth Elektronik	3
Almit	13
LPKF	25
Mouser	59
embedded world	69
MEDSER	113
NCAB Group	139



Elektor Industry in 2022

Für das Jahr 2022 planen wir 6 Ausgaben der Zeitschrift
Elektor mit eingebundenen Elektor Industry Specials,
die ein breites Spektrum von Elektronik-Themen
abdecken:

- › Januar/Februar: Motorsteuerung
- › März/April: Embedded-Entwicklung
(Messe embedded world)
- › Mai/Juni: Testen und Messen
- › Juli/August: Drahtlose Anwendungen
- › September/Oktober: Internet der Dinge
- › November/Dezember: Produktion und Bauteile
(Messe electronica)

Hintergrundberichte und Features zu den neuesten
Produktentwicklungen kommen wie immer von Unter-
nehmen, Branchenspezialisten, Elektor-Redakteuren
und freien Autoren.Die Elektor Industry Specials 2022 werden in das Elektor
Magazin integriert, das ebenfalls ausführliche redakti-
onelle Beiträge zu den genannten Themen und vieles
mehr enthält. In der Januar/Februar-Ausgabe finden
Sie einen Artikel über H-Brücken-Schaltungen, einen
Hintergrundartikel über mittelgroße E-Motoren und
ein Servo-Tester-Projekt (Änderungen vorbehalten).

60 Jahre Elektronik und Elektor (1961-2021)



60 Jahre Elektor! Blicken Sie mit uns zurück auf die vergangenen sechs Jahrzehnte der Elektronik-innovation, von den Elektronenröhren und ICs der 1960er Jahre bis zu den bahnbrechenden IoT-Lösungen und KI-Chips von heute. Während unserer Reise durch die Schlüsseltechnologien der einzelnen Jahrzehnte zeigen wir Ihnen viele der beispielhaften Projekte, Ideen, Produkte und Erfindungen, die aus der Elektor-Community hervorgegangen sind.



1961



Die 1960er:
Von Röhren
zu Transistoren



Die 2000er:
Mikrocontroller
für jedermann



Die 1970er:
Mikroelektronik

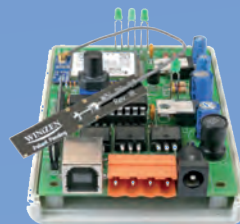


Die 1980er:
Siegessäuge der
Homecomputer



Die 1990er:
Die digitale
Explosion

Die 2010er
und darüber hinaus:
Internet of Things



2021

+ Einstieg in die Festkörperelektronik / Der Intel 4004 / Audio-Elektronik in den 1980ern / Von 8 auf 32 Bits / Willkommen im Internet / Aufstieg des Arduino / 10 Jahre Raspberry Pi Und vieles mehr!

Einstieg in die Festkörperelektronik

Von Jan Buiting (Elektor)

Wenn man sich die DIY-Elektronikszene der 1960er Jahre ansieht, in alten Elektronikmagazinen für Profis oder für Bastler blättert, bemerkt man eine weitreichende und nicht unumstrittene Bewegung: der zunächst allmähliche, dann stürmische Einzug des Transistors, der die Elektronenröhre nach über 50 Jahren als aktives Element ablöste. Als die erste Elektor-Ausgabe 1961 noch unter dem Namen Electronica Wereld erschien, glühte die Röhrenheizung noch, aber sie verblasste schon im Laufe der sechziger Jahre.



Electronica wereld (auf Deutsch: Elektronik-Welt, kurz *E w*) war der Vorläufer der niederländischen *Elektuur*, die später in *Elektor* umbenannt und international in vielen weiteren Sprachen verbreitet wurde. Da ich mit der direkten und viel älteren Konkurrenzzeitschrift *Radio Bulletin* aufgewachsen bin, habe ich erst um das Jahr 1982 angefangen, *Elektuur* zu lesen, und dann auch nur die „Halbleiterhefte“, die ich mir als Student leisten konnte und für die ich 50 km mit dem Bus fahren musste, um meine Ausgabe zu bekommen. Bis zu diesem Tag hatte ich wenig Interesse, die frühen *Elektuur*/*Elektor*-Ausgaben zu lesen, und ich war mir nur vage über die eher „wilden“ Ursprünge der Zeitschrift in Amsterdam während des Kalten Krieges und der Hippie-Jahre bewusst, als die Elektronik in Europa boomte.

Als mir zufällig ein Exemplar von *Electronica wereld* aus den 1960er Jahren in die Hände fiel, machte mir als erstes der starke,

argumentative Schreibstil Eindruck, der hauptsächlich vom Gründer und Einzelkämpfer Bob W. van der Horst von seinem Haus in Amsterdam aus gepflegt wurde. Die Auseinandersetzungen und Debatten in seinem kleinen Pamphlet (das er persönlich auf einem Fahrrad an seine Abonnenten in Amsterdam und Umgebung auslieferte) drehten sich oft um den Vergleich der klassischen Elektronik zu modernen Bauteilen. Wenig überraschend bedeutete dies: die etablierte Elektronenröhre gegen den Newcomer, den Transistor.

Wenn man diese alten Hefte durchblättert, kann man van der Horst Vorliebe für moderne, wenn nicht gar avantgardistische Technik kaum leugnen. Er verdeutlicht stets die große Kluft zwischen der althergebrachten „Hollow-State“- und „Solid-State“-Technologie, denn sonst würde seine Zeitschrift nicht anlaufen.

Wenn Sie Niederländisch lesen können, werden Sie feststellen, dass van der Horst

und sein frühes Redaktionsteam die Dinge im Vergleich zu den etablierten, anspruchsvollen Konkurrenten in Holland wie *Radio Bulletin* und *Electronica* äußerst „populär“ ausdrückten. Dies beschränkte sich allerdings auf den redaktionellen Teil und die Bauartikel - die Berichte über die Entwicklungen in der Elektronikindustrie und der Forschung sind eher formal gehalten und hielten sich deutlich an die Mitteilungen der Pressebüros der Hersteller und an ausländische (hauptsächlich englische und amerikanische) Zeitschriften, einschließlich Amateurfunk-Publikationen wie ARRL (USA) und RSGB (Großbritannien). Im Nachhinein betrachtet waren viele Artikel in der *Electronica Wereld* bestenfalls grob gestrickt, voller offener Enden und offensichtlicher Fehler, aber sie verleiteten ein Publikum, das der traditionellen, stark röhrenorientierten Lehrbuch-Elektronik kritisch gegenüberstand, zum Experimentieren und Verbessern.

Frühe Elektor-Ausgaben

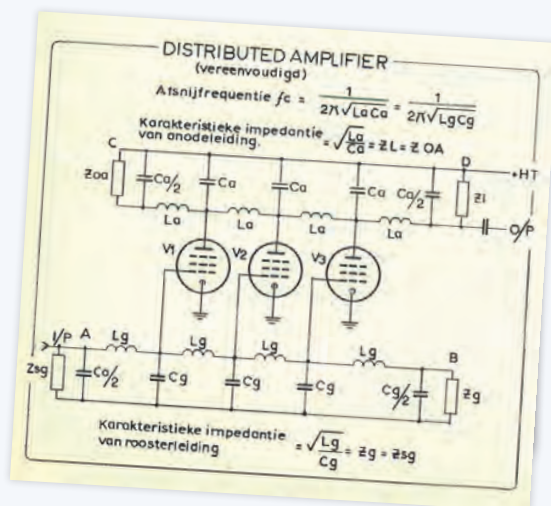
Um die oben genannten Punkte zu untermauern und zu illustrieren sowie Bob van der Horsts wahrhaftig wagemutigen Pioniergeist zu würdigen, gibt es nichts Besseres, als ein paar eher zufällig ausgewählte Beispiele aus dem ersten, nur in den Niederlanden erschienenen *Elektor*-Jahrzehnt (1961-1969) zu zeigen.

Den Röhrenverteilverstärker besiegen?

Die Ausgabe 1962-9 von *E w* enthielt einen Artikel über die ersten, eher vagen Ideen zur Einführung von „Wired TV“ (also Kabelfernsehen) in Den Haag. Das System wurde CAS (Central Antenna System) genannt. Die ersten Versuche wurden von der niederländischen PTT (Post, Telegrafie und Telefonie) geleitet. Der offensichtliche Flaschenhals war die Dämpfung von Breitband-HF-Signalen auf dem gut 25 km langen Koaxialkabel, das für den Anschluss von etwa 5000 Haushalten benötigt wurde. Ein Verteilverstärker (DA) mit Röhren schien ein guter Kandidat zur Lösung des Problems zu sein, da er (1) ein hohes Verstärkungs/Bandbreite-Produkt (GBW) aufwies, (2) ein ausreichendes GBW auch beim Ausfall einer Röhre bietet, sowie (3) eine geringe Störstrahlung und (4) eine geringe Kreuzmodulation vereint. Der Plan der PTT war es, für jeden fünften Teilnehmer einen solchen Verstärker zu installieren - die niederländischen Röhrenlieferanten und -händler müssen sich die Hände gerieben haben! Warum der Verteilverstärker? Ein Beispiel: Seine Gesamtverstärkung beträgt 16 bei vier Röhren mit einer jeweiligen

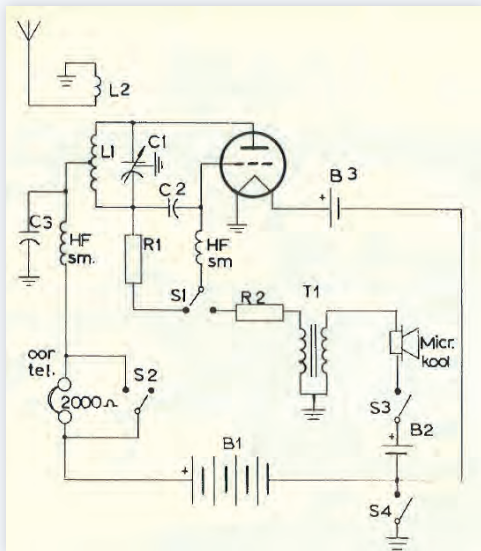
Verstärkung von 4. Selbst wenn die Röhren mit zum Beispiel $G = 0,8$ dämpfen, beträgt die Gesamtverstärkung immer noch $4 \times 0,8 = 3,2$, was den Verteilverstärker von einem „herkömmlichen“ Verstärker unterscheidet.

Der Artikel schließt mit der gut begründeten Feststellung, dass transistorisierte Verteilverstärker dem Röhrenkonzept wahrscheinlich bald den Rang ablaufen würden, da Transistoren erstens mit der (niedrigen) Spannung einer Telefonleitung betrieben werden können und zweitens eine längere Lebensdauer aufweisen als ihre Röhrenvorgänger. Der Frequenzbereich, die Kosten und die Anfälligkeit der relativ neuen Halbleiter für Spannungsspitzen wurde allerdings außen vor gelassen.



Einröhren-Walkie-Talkie

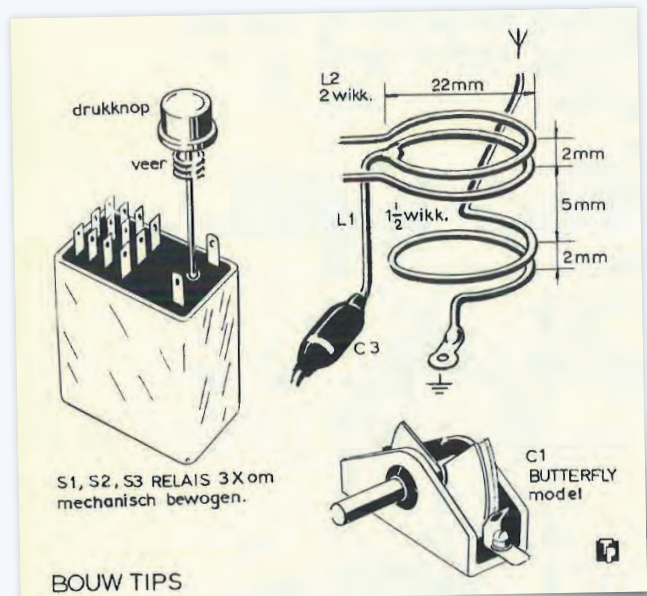
Aus der E w-Ausgabe 1962-6 stammt diese „Skizze“ für ein Walkie-Talkie, das im 2-Meter-Amateurfunkband (144 Mhz) arbeitet. Interessanterweise beginnt der Artikel mit der Feststellung, dass „ähnliche Entwürfe mit Transistoren gescheitert sind“. Wie, wann und warum wird nicht klar.



Die von E w vorgeschlagene Röhre ist ein „professioneller“ Typ 5676 von Telefunken (ein wichtiger Anzeigenkunde der Zeitschrift). Die 5676 allein soll „nur 7,50 Gulden“ gekostet haben, was für einen durchschnittlichen Jugendlichen in Holland im Jahre 1962 etwa drei Wochen Taschengeld bedeutete. Aber hey, das war doch auch eine „Profi-Röhre“ mit direkter Heizung und extrem niedriger Mikrophonie!

Der Entwurf ist minimalistisch und besteht aus einer 90-V- oder 135-V-Batterie für die Anodenspannung (B1) und zwei weiteren Batterien, B2 (9 V) und B3 (1,5 V) für die Versorgung des Kohlemikrofons und des Glühwendels. Im „Hörmodus“ arbeitet die 5676-Röhre im Superregenerativ-Modus. Das Walkie-Talkies sollte mit einer 135-V-Batterie einen Umkreis von etwa 3 km abdecken. Im Sendebetrieb ist es nicht mehr als ein freilaufender Oszillator mit etwas Modulation. Die Schaltungszeichnung zeigt einen cleveren Trick für den Push-to-Talk-Schalter - können Sie ihn entdecken?

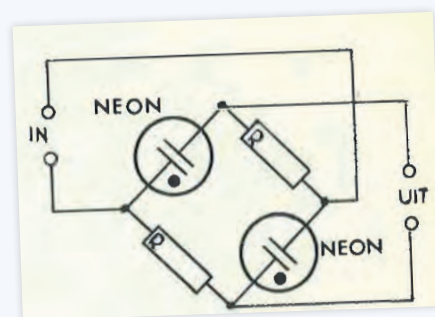
Ich kann mir nicht vorstellen, dass Funkamateure und andere Nutzer des 144-MHz-Amateurbandes eine Kommunikation zwischen zwei dieser Walkie-Talkies in ihrer Nachbarschaft sehr zu schätzen wussten. Die Stabilität, die Störstrahlung und die AM/FM-Mischmodulation müssen schrecklich gewesen sein und ausreichen, um DX-Stationen vollständig auszulöschen. Dennoch zeigt das Projekt, was man mit nur einer Telefunken-Röhre alles erreichen kann!



Fensterdiskriminator für Ärmste

Lange bevor die berühmten Halbleiterheft-Schaltungen in *Elektor* erschienen, hatte E w die Angewohnheit, „Notlösungen“ zu veröffentlichen, die wirklich nur dazu dienten, die „weißen“ Stellen der Heftseiten zu füllen. Die Anteile der Hater und Liebhaber dieser „electronics telegrams“ lagen bis zum Ende der Halbleiterhefte im Jahr 2015 bei fifty/fifty.

Zurück ins Jahr 1963: Zwei Neonlämpchen sind als zwei Arme einer Brückenschaltung angeschlossen, die anderen Arme sind Widerstände. Die Schaltung lässt die Eingangsspannung erst durch, wenn ein bestimmter Pegel überschritten wird. Dieser Pegel - so lernen wir - wird mit „R“ definiert. Berechnungen für R und Hysterese? Das müssen Sie selbst herausfinden



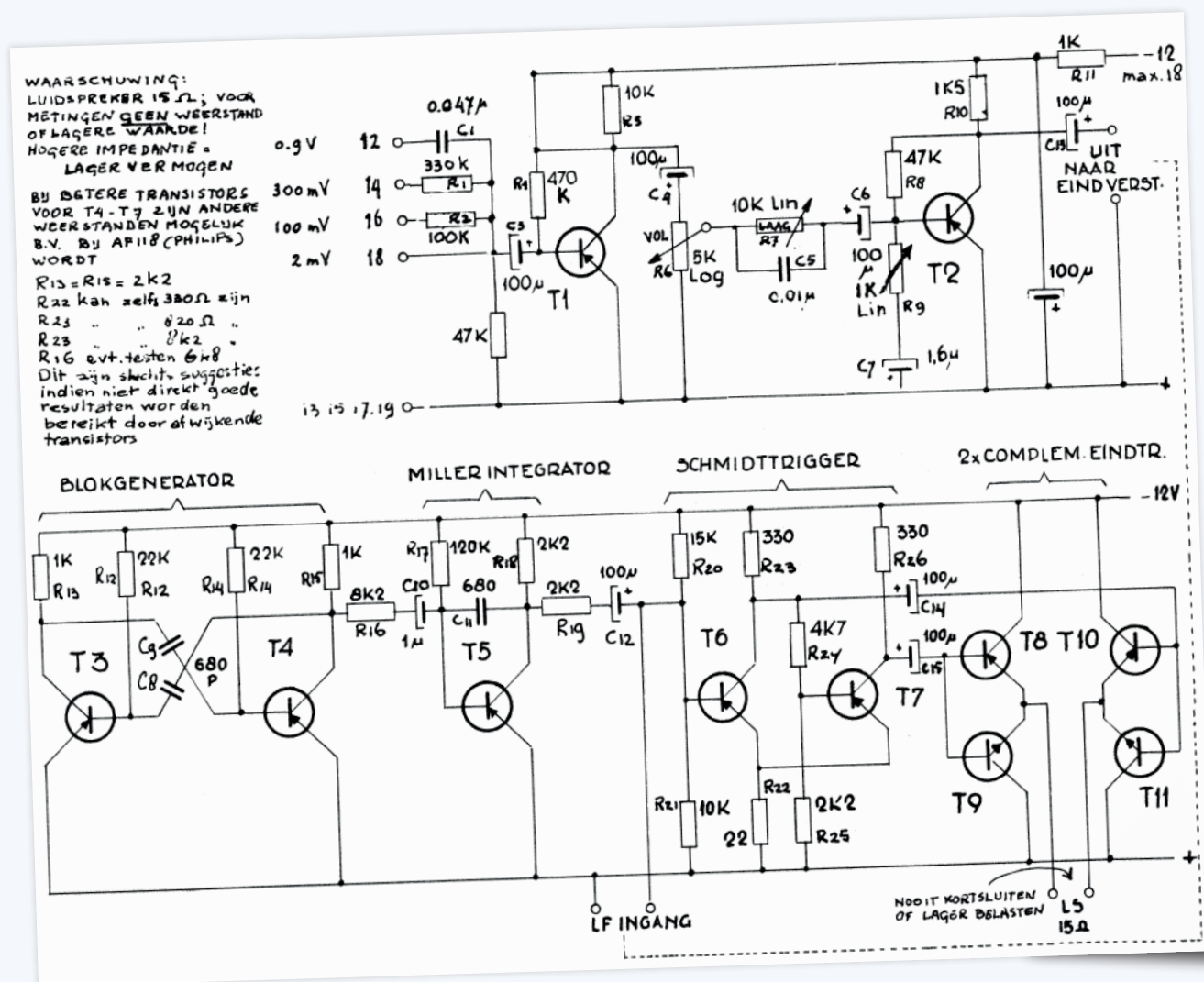
Transistor-PDM-Verstärker

Die Ausgabe vom Mai 1965 war vollgestopft mit einer umfangreichen Übersicht und einem Vergleich der auf dem Markt befindlichen kommerziellen Oszilloskope, die Dutzende von Seiten umfasste. Obwohl sich der Überblick große Mühe gab, die Bedeutung und Dominanz von Transistoren in den getesteten Geräten hervorzuheben, war zumindest eine, die Kathodenstrahlröhre,

in allen Oszilloskopen unübersehbar. In einigen „Prof“-Geräten beherrschten Röhren auch die Hochspannungswahl.

Als Mitte der 60er Jahre die Zeitschrift in *Elektuur* umbenannt wurde und der Transistor in den Artikeln dominierte, blieb die Röhre aber als „Skelett im Schrank“, wenn auch nur zu Vergleichszwecken. Nehmen wir den großen Artikel über einen 10-Watt-Pulsdauermodulationsverstärker (PDM) in der Ausgabe 1965-5. PDM-Verstärker haben eine lange Tradition in der Röhrentechnik, aber hier erfahren wir, dass eine Halbleiterversion gebaut werden kann, die fast HiFi ist und trotzdem leicht, weil keine Kühlkörper erforderlich sind! Der springende Punkt, den wir inzwischen alle kennen, ist, dass Transistoren im Vergleich zu Röhren (fast) ideale Schalter sind, und diese Tatsache wird damals in einem revolutionären Design gepriesen und voll ausgenutzt.

Einige der in der Stückliste vorgeschlagenen Transistoren wie der BFY40 waren aus Silizium und für die Leser dieser Zeit „schnell und skurril“. Glücklicherweise waren die meisten der anderen Transistoren in dem Projekt die guten alten AC12x und die (in den Niederlanden entwickelten!) Germanium-Typen OC7x/OC17x, neben einigen 2SAxx aus Japan. Auch in späteren Jahren war Elektor berüchtigt für die hartnäckige Verwendung seltsamer Bauteile. Der Artikel schließt mit einem Ausblick auf das Motional Feedback, einer Rückkopplungssteuerung, die einige Jahre später von Philips in den kultigen aktiven MFB-Lautsprechern genutzt wurde. Übrigens veröffentlichte Elektor Mitte der 70er und Anfang der 80er Jahre seine eigenen Versionen von MFB, ebenfalls mit großem Erfolg.

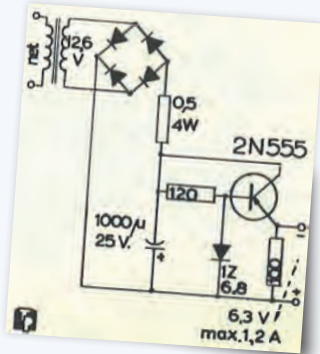


Röhren/Transistor-Hybride (Teil 1)

Obwohl sich die jeweiligen Fans angeblich hassen, können Röhren und Transistoren in einer Schaltung gemischt werden und perfekte Ergebnisse liefern. Schauen Sie einfach in ein Tektronix-Oszilloskop aus den 1960er Jahren oder sogar in einen Gitarrenverstärker aus den 1980ern: Sie werden einige wirklich perfekte „Hybride“

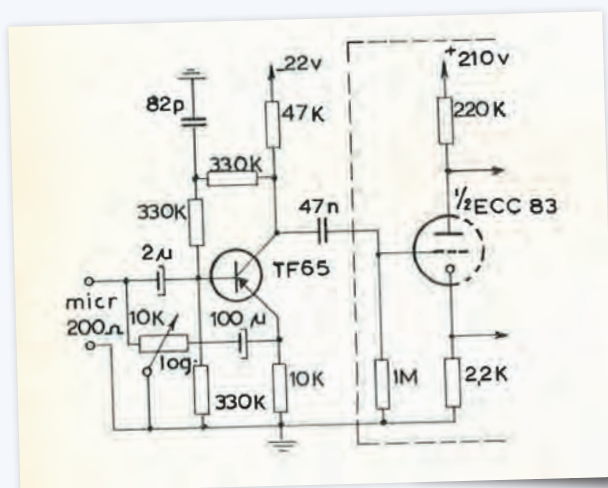
finden, die das Beste aus beiden Welten vereinen. Wenn Audiopuristen eine saubere, stabile Gleichspannung an ihren Röhrenglühwendeln statt „etwas Wechselstrom“ wünschen, kann ein Germaniumtransistor die richtige Wahl sein. In der Ausgabe 1962-9 wird ein großer, fetter 2N555-Leistungstransistor vorgeschlagen, der von einer Zenerdiode in Schach gehalten wird, um für eine

unverfälschte Versorgungsgleichspannung von 6,3 V für eine oder mehrere Röhrenwendel zu sorgen, die insgesamt bis zu 1,2 A ziehen. Sie erinnern sich doch, dass an Germanium-Leistungstransistoren bei voller Vorspannung nur 0,15...0,2 V abfallen, nicht wahr?



Röhren/Transistor-Hybride (Teil 2)

Audio erwies sich als ein guter Bereich der Elektronik, um Transistoren und Röhren miteinander zu verbinden, was viele angehende Ingenieure ins Halbleiterlager brachte und ihre „Glüh-FETs“ zumindest für ein paar Jahrzehnte in den Laborschrank verbannte. Hier lässt Bob und seine Crew einen TF65-Germaniumtransistor (!) die kleinen Signale verarbeiten, während die gute alte ECC83-Triode die Phasentrennung vornimmt und an ihrer Anode und Kathode genügend Spannungshub erzeugt, um ein Paar Leistungsröhren wie die EL84 zu betreiben. Beide Geräte arbeiten an ihren komfortablen Versorgungsspannungen. Der Transistor ist der Gewinner in Puncto Gewicht und Leistungseffizienz. Der Grund dafür ist ein Röhrenelement, das im Schaltplan nicht gezeigt wird - können Sie erraten, welches?



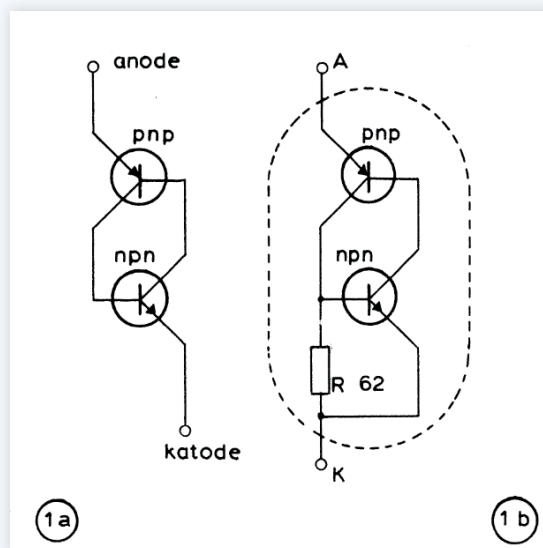
Geht es noch billiger? - Es geht!

Ein (bis heute) immer wiederkehrendes Narrativ in Elektor ist der arme Bastler, der von der Industrie hinters Licht geführt werden soll, aber dem Establishment stets ein Schnippchen schlagen kann. Die Profis der Branche behaupten in ihren Elfenbeintürmen, dass ihre Bauteile so gut und so neu sind, dass sie... (Trommelwirbel)

teuer und nur schwer erhältlich sind. Solche Behauptungen waren für die niederländischen Hobbyisten ein gefundenes Fressen. So enthielten seit den ersten Ausgaben *Electronica wereld* und *Elektuur* Dutzende von Artikeln der Art „XYZ für Arme“ oder „Preiswertester XYZ aller Zeiten“ oder „Ersatz-XYZ“. Diese Artikel waren aus offensichtlichen Gründen sehr erfolgreich: Niemand hatte Geld, und der Maker konnte seinen Verstand unter Beweis stellen, indem er - vermeintlich - die Profis schlug.

In einigen Fällen war das kostengünstige Äquivalent eines exotischen Bauteils doch ziemlich nützlich, da es half, das Funktionsprinzip zu verstehen. Hier zeige ich Ihnen die in der Ausgabe 1965-12 „elektuurisierte“ pnpn-Diode, die nur einen Bruchteil des Originals von zum Beispiel Fairchild kostet. Hört, hört!

Wenn Sie nun denken, Sie könnten einfach irgendeinen alten



pnp- und npn-Transistor zusammenschalten, um den Effekt einer echten pnpn-Diode (1a) nachzuahmen, werden Sie feststellen, dass die Schaltung in einem Zustand stecken bleibt und nicht wie die echte Diode automatisch umschaltet. Also fügte Elektuur nur einen Widerstand als eine Art Rückkopplung hinzu und voilà, es funktionierte! Wirklich? Das „Äquivalent“ (1b) funktioniert zwar, aber nur sehr langsam mit schwerwiegenden Fehlern in den Fluss- und Sperrströmen zwischen Anode und Kathode. Der kleine Artikel hat jedoch seine Aufgabe erfüllt, einerseits die Neugier zu befriedigen und zum aktiven Denken und Experimentieren anzuregen, andererseits zu unterstellen, dass das alles viel zu teuer ist und dass die Amerikaner ohnehin nur Angeber sind! 

210487-02

Über den Autor

Jan Buiting schloss 1984 sein Studium der englischen Sprache und Literatur mit einem MA ab, absolvierte mehrere zertifizierte Kurse in Elektronik und erhielt eine vollständige Funkamateurlizenz. Jan kam im Oktober 1985 als technischer Redakteur zur englischsprachigen Ausgabe von Elektor und war von 1997 bis 2020 deren Chefredakteur. Bei Elektor ist er derzeit Redakteur für Bücher und Produkte, Berater und der selbsternannte Kurator von Elektor Retronik.



Lassen Sie die Konkurrenz hinter sich - mit dem außergewöhnlich schnellen Benetzungsverhalten des SRS-ZL.

Der halogenfreie Draht SRS-ZL ist ein neues L0-Highlightprodukt, welches aber dennoch mit den Eigenschaften eines L1-Drahtes überzeugt.

Fragen Sie Ihren Almit-Fachberater.

Der Übergang von Röhren zu Transistoren in der Hochschulausbildung



Das Gebäude namens „E-High“ auf dem Campus der Technischen Hochschule im niederländischen Eindhoven, ca. 1968. Mindestens ein Stockwerk des Gebäudes belegte der Fachbereich Elektronik der Fakultät für Elektrotechnik (Bild: TU/e).

Von Prof. em. Dr.-Ing. Piet Bergveld und Dr.-Ing. Karel Kuijk

Die Autoren dieses Artikels, Karel und Piet, studierten beide Anfang der 1960er Jahre an der TH Eindhoven (heute TUE). Beide wuchsen mit dem Basteln von Radios, Verstärkern, selbstgebauten Tonabnehmern usw. auf. Daher war es logisch, Elektrotechnik zu studieren. Dabei geht es um den Entwurf und die Konstruktion von analogen Systemen mit Elektronenröhren, dachten Karel und Piet damals...

Für beide war das erste Jahr an der THE jedoch eine Enttäuschung, da in den Einführungsveranstaltungen kein Elektronikunterricht geboten wurde. Sie erhielten jedoch eine gründliche Ausbildung in Mathematik, Physik und den Theorien über Elektrizität und Magnetismus. Erst später merkten sie, dass es genau das war, was sie zu echten Ingenieuren machte.

Elektronik wurde erst im zweiten Jahr, also nach den Einführungsveranstaltungen unterrichtet. Ihr Professor für Elektronik war Prof. Dr. K. S. Knol. Bei Knol gab es schließlich Unterricht in Elektronik, der auf der Verwendung der damals aktuellen und gebräuchlichen Elektronenröhren basierte. Erst am Ende des Studiums lernten sie auch etwas über Transistoren – das war sowohl für Schüler als auch Lehrer eine schwierige Umstellung.

Neben der allgemeinen Geschichte der Umstellung von Röhren auf Transistoren schildern Karel und Piet in separaten Textkästen ihre eigenen (anekdotischen) Erfahrungen mit dieser Umstellung. Karel sammelte Wissen und Erfahrungen als Angestellter des Physikalischen Labors von Philips in Eindhoven, mit einem kurzen Abstecher als Dozent an der HTS in Eindhoven. Piet wurde wissenschaftlicher Mitarbeiter an der neu gegründeten Technischen Universität Twente (heute UT) und erlebte dort den Übergang von der Röhre zum Transistor.

Bau und Verwendung von Elektronenröhren

Die einfachste Röhre war die Diode, bestehend aus einer Kathode und einer Anode. Dass eine Kathode Elektronen emittieren kann, beruht auf thermischer Emission. Dies wurde 1883 von Thomas Edison durch das Phänomen (wieder)entdeckt, dass sich seine Glühlampen mit Kohlefäden auf der Innenseite des Glaskolbens schwarz färbten. Die erste praktische Anwendung erfolgte durch J. A. Fleming, der 1904 die Elekt-

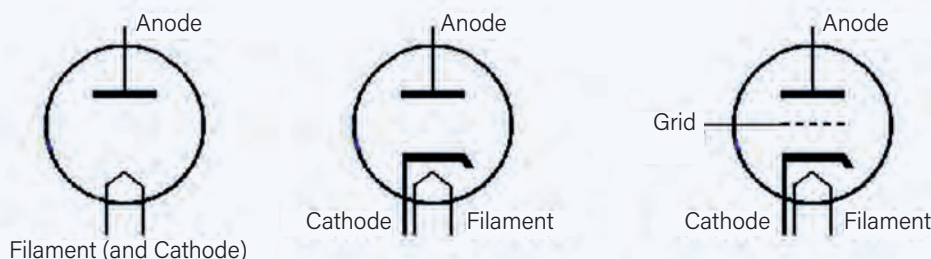
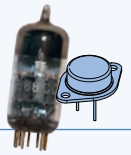


Bild 1. Symbole für eine Diode mit lediglich einer Glühwendel, eine Diode mit einer zusätzlichen Kathode neben der Glühwendel und eine Triode.



ronenröhre patentierte, eine Diode, mit der Wechselstrom gleichgerichtet werden konnte.

Das Prinzip: Ein stark erhitztes Metall gibt Elektronen ab. Das Richardson'sche Gesetz für die Stromdichte der Emission lautet:

$$J = AT^2 e^{-W/kT} \quad (1)$$

wobei J die Stromdichte in A/m^2 , k die Boltzmann-Konstante, T die absolute Temperatur, W die Austrittsarbeit des emittierenden Metalls und A die Materialkonstante von Richardson ist.

1907 patentierte Lee de Forest die von ihm Audion genannte Triode, die eine Verstärkung ermöglichte. Er legte ein Gitter zwischen Kathode und Anode. Durch Anlegen einer Spannung an dieses Gitter relativ zur Kathode kann der Elektronenfluss von der Kathode zur Anode beeinflusst oder reduziert werden. Dies war der Beginn einer lang andauernden Entwicklung von Verstärkerröhren.

Um das Austrittspotential zu senken und damit eine höhere Stromdichte zu erreichen, wurde der Glühfaden galvanisch von der Kathode getrennt und die Kathode mit einer Schicht mit niedrigem Austrittspotential beschichtet, z.B. mit einer Kombination aus Bariumoxid und Strontiumoxid bei der so genannten Oxidkathode. In der Röhre wurde auch ein sogenannter Getter („Catcher“) untergebracht, um Restgase aus dem Vakuum zu binden, was als Spiegelschicht sichtbar ist. Bei Philips wurde so eine Röhrenserie wegen ihres geringen Heizstroms „Miniwatt“ genannt.

Mit dem technischen Fortschritt bekamen Röhren eine längliche Kathode, die von zylindrischen Gittern und der Anode umgeben war und damit immer kleiner gebaut werden konnte. In **Bild 1** sind einige Röhrensymbole dargestellt.

Darüber hinaus fanden auch Weiterentwicklungen der Anschlussweise statt. Es entstand eine Reihe von mindestens 18 Röhrensockeln, angefangen vom Typ B4 (4 Stifte) über den in Verstärkern noch immer beliebten Oktal-Sockel (10, 8 Stifte) und den Rimlock-Sockel (B8A, 8 Stifte) bis hin zum Noval-Sockel (B9A, 9 Stifte), der in den Röhrenradios der fünfziger und sechziger Jahre sehr häufig verwendet wurde. Die Abmessungen wurden immer kleiner, um die Röhren hochfrequenztauglicher zu machen und den Herstellungsprozess zu vereinfachen.

Karel: Bei den (mündlichen) Prüfungen wurde Prof. Knol von Ingenieur Th. J. Weijers begleitet. Er war bekannt aus den Handbüchern der Radiotechnik von Rens & Rens, den Direktoren der MTS in Hilversum. Auf der Vorderseite dieser Handbücher stand: „Unter Mitwirkung von Th. J. Weijers“. Wenn man in der Prüfung eine Triode als Kathode + Gitter + Anode zeichnete, zeichnete Weijers einen Luftballon darum und sagte: „Sonst läuft das Vakuum weg!“

Theorie der Röhrenfunktion

Verbesserungen der Funktion von Elektronenröhren können nur erreicht werden, wenn man eine Theorie formulieren kann, in der ihre Parameter durch die Konstruktion beeinflusst werden können.

Die Röhrenformeln für kleine Signale werden *Barkhausensche Röhrenformeln* genannt, denn sie gehen auf den deutschen Physiker Heinrich Georg Barkhausen zurück. Im Deutschen hat sich der Kurzbegriff *Röhre* für eine Elektronröhre etabliert.

Barkhausen beschrieb die Empfindlichkeit der Röhre durch die Steilheit S und die Rückwirkung μ der Anodenspannung auf den Anodenstrom sowie den relativen Einfluss der Anodenspannung D (Durchgriff), wobei $D = 1/\mu$:

$$I_a = S (V_{gk} + 1/\mu V_{ak}), \quad (2)$$

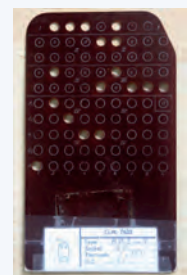
wobei I_a dem Anodenstrom, S der Steilheit in mA/V , V_{gk} der Gitterspannung relativ zur Kathode, V_{ak} der Anodenspannung relativ zur Kathode und μ der Rückwirkung entspricht.

Der Innenwiderstand der Röhre beträgt:

$$R_i = \mu / S \quad (3)$$

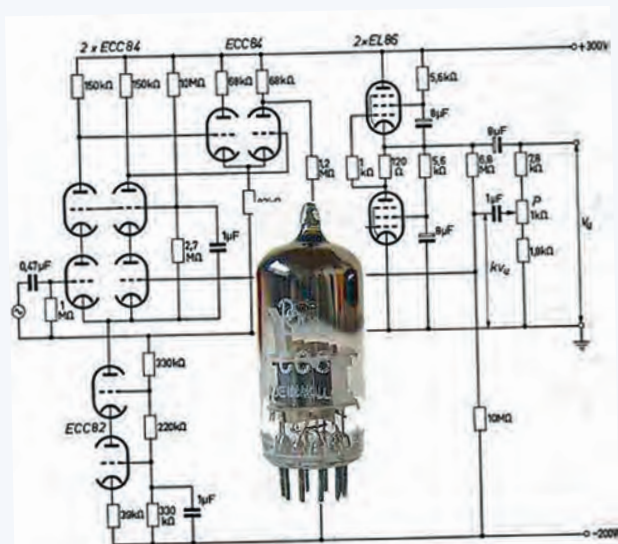
Im Englischen wird die Röhre als „valve“ oder „electron tube“ bezeichnet. Die Steilheit kennt man auch als *Transkonduktanz* oder englisch als *mutual conductance* – gewöhnlich als Parameter g_m angegeben. Die Eigenschaften einer Röhre müssen aus ihren Datenblättern entnommen oder gemessen werden.

In der Vergangenheit wurden viele Röhrentester verkauft. Im einfachsten Fall waren es einfache Emissionstester, die nur prüfen, ob der Glühfaden nicht unterbrochen ist, ob es keine Kurzschlüsse zwischen den Elektroden gibt und ob ein Anodenstrom fließt. Umfangreichere Tester konnten auch die Steilheit messen. Der Cartomatic von Philips war solch ein einfacher Emissionstester, den man normalerweise in Elektronikgeschäften fand, um mal schnell eine Röhre zu messen.



In Laboren von Industrie und Universitäten waren unter anderem AVO-Röhrenprüfgeräte beliebt, da mit ihnen richtige Merkmale gemessen werden konnten. Dies geschah manuell, was zeitaufwändig war. Aber für Schüler und Studenten eigneten sie sich sehr gut, um einen Einblick in die Funktionsweise einer Röhre zu bekommen.

Die Schaltungseigenschaften von Röhren unter Verwendung der Formel (1) werden in dem Buch „Präzisions-Elektronik“ von G. Klein und J. J. Zaalberg van Zelst¹ hervorragend erklärt und erschöpfend behandelt.



Sie verwendeten vorzugsweise Doppeltrioden – also zwei Trioden in einem Glaskolben mit möglichst gleichen Eigenschaften, wie etwa den Typ E84CC. Damit konnte man Differenzverstärker bauen: Zwei Trioden, deren Kathoden miteinander verbunden sind, kombiniert mit einer Stromquelle (Einzeltriode) oder einem Widerstand im Kathodenpfad. Das war der Grundbaustein der Schaltungen von Klein und Zaalberg van Zelst.

Zaalberg und Klein bevorzugten Trioden, weil dort der Kathodenstrom und der Anodenstrom genau gleich sind. Leider ist die Rückwirkung μ mit etwa 100 bis 150 nicht sehr groß, so dass der Innenwiderstand R_i einer Triode nicht sehr hoch ist. Durch die Verwendung einer Kaskodenschaltung, bei der zwei Trioden in Reihe geschaltet sind, wird die Rückwirkung sehr klein und der Innenwiderstand hoch. Der Stromkreis entspricht dann weitgehend einer idealen Stromquelle (Innenwiderstand unendlich).

Eine andere Lösung zur Erzielung eines hohen Ausgangswiderstands einer Röhre stammt aus 1926 und von B. D. H. Tellegen, einem Mitarbeiter des Philips Research. Während seiner Forschungen zu Trioden und Tetroden erfand er die Pentode. Eine Tetrode wies einen instabilen Bereich in der Strom/Spannungs-Kennlinie der Anode auf. Durch Hinzufügen eines zusätzlichen Gitters (Bremsgitter) auf dem Potential Null zwischen Schirmgitter und Anode verschwand die Instabilität und man erhielt eine Elektronenröhre mit einem hohen μ – eine fast ideale Stromquelle mit nur einer Röhre.

Allerdings fließt bei einer Pentode im Anodenstromkreis nicht genau der gleiche Strom wie im Kathodenstromkreis, da das Schirmgitter auf einem hohen positiven Potenzial ebenfalls Elektronen einfängt. Und gerade die Gleichheit dieser Ströme ist in genauen analogen Schaltungen nützlich, weshalb Trioden bei Präzisionselektronik bevorzugt werden. Zaalberg und Klein zeichnen Schaltungen, bei denen die positive Spannungsschiene oben und die negative Spannungsschiene unten liegt, mit der Systemmasse dazwischen. Die Ströme fließen dann

immer von oben nach unten, was den Denkprozess sehr vereinfacht. Ein allgemeiner Nachteil der Verwendung von Röhren war ihr Stromverbrauch, ihre Wärmeentwicklung und die Kosten.

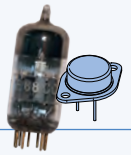
Piet: In den Ferien habe ich oft beim örtlichen „Radiomann“ Jan Timmermans in Appelscha gearbeitet. Jan verkaufte nicht nur Radios, sondern baute auch Verstärker, die er für die Vermietung von Beschallungsanlagen nutzte. Er sorgte auch für die Beschallung der örtlichen Freilichtbühne. Und wenn er es nicht selbst machen konnte, durfte Piet es machen, mit der ausdrücklichen Anweisung, dass nichts kaputt gehen durfte, denn dafür waren die Röhren zu teuer. Der beste Verstärker war mit einer Endstufe mit vier Exemplaren der Röhre EL84 ausgestattet, um genügend Leistung zu erhalten. Bei einem Auftritt, bei dem André van Duin, damals noch als Bandparodist (eine Art von Musik-Komiker) mitwirkte, wäre beinahe etwas schief gegangen. André hatte die Angewohnheit, mit dem Mikrofon zu gehen, aber es war auf einem Ständer befestigt. Er schlug damit immer wieder auf den Steinboden, weshalb die Endröhren in diesem Rhythmus rotglühend wurden. Es floss so viel Strom, dass nicht nur die Kathoden, sondern auch die Anoden rot glühten, was dramatische Folgen haben konnte. André reagierte nicht auf die Aufforderung von Piet, das Mikrofon stehen zu lassen, so dass Piet den Verstärker ausschaltete. Wie ist die Geschichte ausgegangen? Wir sind beide noch am Leben! Aber ich sah André nie mehr mit einem Mikrofon samt Ständer in der Hand.

Der Übergang zu Transistoren

Aus den obigen Ausführungen wird deutlich, dass es Bedarf nach Verstärkerelementen gab, die viel kleiner und robuster als die etablierten Röhren waren, sich nicht so stark erwärmten und preiswerter herzustellen waren. Wenn man dann mit der Idee der Triode im Hinterkopf an eine Festkörper-Alternative denkt, kommt man schnell auf ein Stück (Halbleiter-)Material, das als Widerstand wirkt und zu dem man einen „Ausschaltmechanismus“ entwickelt. Dies könnte durch Anlegen eines elektrischen Feldes senkrecht zur Stromrichtung geschehen. Dann hätte man einen elektronisch gesteuerten Widerstand und in der Tat den Feldeffekt-Transistor erfunden. Und genau so ist es auch gekommen. Der erste Versuch, ein Festkörperv Verstärker-Bauteil herzustellen, wurde von J. E. Lilienfeld unternommen. 1925 beschrieb er zum ersten Mal das Prinzip eines Feldeffekttransistors. Da er jedoch kein hochreines Halbleitermaterial besaß, gelang es ihm nicht, einen wirklich funktionierenden Transistor herzustellen. Am 28. Januar 1928 erhielt er jedoch ein Patent für ein Verstärker-Bauelement, das einem Feldeffekttransistor ähnelte.

Aus den Begriffen *Kathode*, *Gitter* und *Anode* wurden nun *Source*, *Gate* und *Drain* – keine unlogischen Bezeichnungen für das, was in dem neuen Bauteil tatsächlich passiert. Es dauert jedoch noch viele Jahre, bis man die Technologie zur Herstellung von reinem Halbleitermaterial wie Germanium oder Silizium beherrschte, um damit funktionierende FETs herzustellen.

1 Dieses Buch wird von Röhrenliebhabern immer noch als Standardwerk verwendet, wie z.B. bei der NVHR (Niederländische Vereinigung für Radiogesichte) und dem NFOR (Niederländisches Forum für alte Radios) deutlich wird.



Am 16. Dezember 1947 steckten Walter Brattain und John Bardeen in den Bell-Labs drei Golddrähte in einen Germaniumkristall. Sie schickten einen Strom durch sie hindurch und entdeckten, dass der Strom verstärkt werden konnte. Sie hatten den Punktkontakttransistor erfunden. Der Begriff *Transistor* wurde von ihrem Kollegen J. R. Pierce als Kombination der Begriffe *Transkonduktanz* und *Varistor* (variabler Widerstand) geprägt. Später wurde diese Konstruktion aus p- und n-Typ-Halbleitern als *Bipolartransistor* bezeichnet, dessen Funktion noch nicht klar war. Die Namen der drei Anschlüsse wurden ebenfalls geändert, nämlich in *Emitter*, *Basis* und *Kollektor*.

Die Professoren und wissenschaftlichen Mitarbeiter in unserer Studienzeit wussten viel über die Physik und Technik von Röhren, aber wenig über die Physik und die Schaltungseigenschaften von bipolaren Transistoren. Zu dieser Zeit gab es noch keine JFETs oder MOSFETs, deren Funktionsweise leichter zu verstehen war.

Für uns Studenten war es ebenfalls schwierig zu verstehen, was genau beim Übergang von der p-Schicht zur n-Schicht in einer Halbleiterdiode passiert. Und noch undurchsichtiger war, was in der dünnen Basis eines npn- oder pnp-Transistors geschah. Die ersten Transistoren basierten auf Germanium. Wegen des geringeren Leckstroms wurde bald hauptsächlich Silizium für Transistoren verwendet. Man musste lernen, in Elektronen und Löchern zu denken (von denen man bei Röhren noch nie gehört hatte!) und es war die Rede von Minoritäts- und Majoritätsladungsträgern.

Im dritten oder vierten Jahr bauten wir unsere eigenen Germaniumdioden, die in einem Glasrohr verpackt waren, aber das half uns nicht zu verstehen, wie ein bipolarer Transistor funktioniert. **Bild 2** zeigt die Symbole für npn- und pnp-Transistoren.

Es half auch nicht, dass der (aus der Not geborene?) bipolare Transistor als eine Art Black Box mit einem Eingangsstrom bzw. einer Eingangsspannung und entsprechenden Ausgangsgrößen beschrieben wurde. Daraus ergaben sich vier Parameter zur Beschreibung des Transistors, aber leider ohne jeden Bezug zu physikalischen Größen.

Prof. Knol diskutierte in seinen Vorlesungen Y-Parameter und H-Parameter für Transistoren, ohne genau zu erklären, wann man was in welcher Situation verwenden sollte. Das hing davon ab, wie der Transistor in einer Schaltung verwendet wurde: in Emitter-, Basis oder Kollektor-Schaltung?

Y-Parameter sind Admittanz-Parameter (Kehrwert der Impedanz), H-Parameter sind Hybrid-Parameter. Beide Typen können für jeden linearen Vierpol (oder Zweipol) verwendet werden, also zum Beispiel

für einen Transformator, aber auch für einen Transistor oder einen Gyrtator. Das war der Grund für die Wahl dieses Ansatzes (siehe **Bild 3**). Die Gleichungen für die Y-Parameter lauten:

$$I_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2 \quad (4)$$

$$I_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2 \quad (5)$$

Die Gleichungen für die H-Parameter sind:

$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2 \quad (6)$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2 \quad (7)$$

Das Problem für den Anwender war, dass diese Beschreibungen keinen physikalischen Hintergrund hatten und auch die Professoren und wissenschaftlichen Mitarbeiter nicht wirklich wussten, wie sie damit umgehen sollten.

Prof. Dr. J. J. Zaalberg van Zelst und Prof. Dr. G. Klein haben eine physikalische Methode für ihr Buch entwickelt, um die Schaltungsparameter eines Transistors zu beschreiben, so wie es Barkhausen für Röhren getan hatte. Die Gleichungen für kleine Signale in einem Transistor ergaben sich wie folgt:

$$i_c = S(v_{be} + 1 / \mu \ v_{ce}) \quad (8)$$

$$i_b = S / \beta (v_{be} - 1 / \mu' \ v_{ce}) \quad (9)$$

Die Eigenschaften S , μ und μ' ergeben sich aus den physikalischen Eigenschaften von (bipolaren) Transistoren. Die Gleichungen für Kollektorstrom und Basisstrom eines Transistors lauten also:

$$I_c = I_0 (e^{qV_{be} / kT} - 1) \quad (10)$$

$$I_b = I_0 / \beta (e^{qV_{be} / kT} - 1) \quad (11)$$

Dabei ist k die Boltzmann-Konstante, q die Ladung eines Elektrons, T die absolute Temperatur und V_{be} die Basis-Emitter-Spannung. Bei Raumtemperatur beträgt V_{be} für Siliziumtransistoren etwa 700 mV und $k / q = 25$ mV bei 17 °C, so dass I_0 in der Größenordnung von 10^{-15} A liegt.

In fast allen praktischen Fällen ist $e^{qV_{be}/kT}$ daher viel größer als 1, so dass wir schreiben können:

$$I_c = I_0 e^{qV_{be} / kT} \quad (12)$$

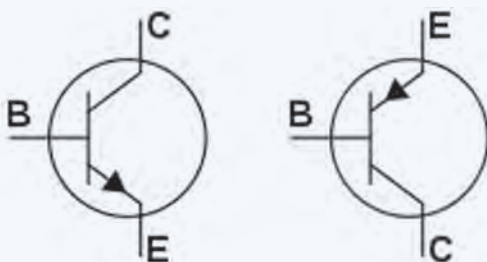


Bild 2: Symbole für den npn- und den pnp-Transistor

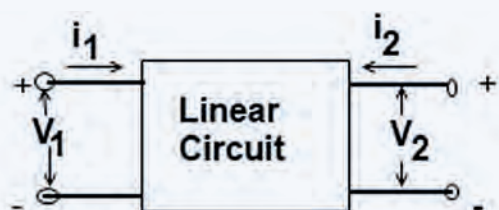


Bild 3: Linearer Vierpool mit Strömen und Spannungen.

$$I_b = I_0 / \beta e^{qV_{be} / kT} = I_c / \beta \quad (13)$$

Die Steilheit S ist dann:

$$S = (dI_c / dV_{be})_{I_c = c} = q / kT I_0 e^{qV_{be} / kT} = qI_c / kT \quad (14)$$

Daraus ergibt sich für die Eingangsempfindlichkeit bei Raumtemperatur $S = 40 \text{ mA/V}$ bei 1 mA Kollektorstrom. Die Stromverstärkung β als Verhältnis von Kollektorstrom zu Basisstrom beträgt etwa 100 bis 300. Durch die Verwendung dieser physikalischen Parameter wird die Arbeit mit bipolaren Transistoren wesentlich einfacher und verständlicher. Diese Methode wurde daher allgemein anerkannt.

Piet: Nach meinem Abschluss bei Zaalberg und Klein im Natlab von Philips ging ich zum THT in Enschede. Es gab zwei Lehrstühle für Elektronik: Elektronik I von Prof. Ing. C. Rodenburg, der sich grundsätzlich mit Elektronik befasste, und Elektronik II von Prof. Ing. M. P. Breedveld, der sich der Anwendung von Elektronik, insbesondere im Bereich der Medizintechnik, widmete. Ich habe mich für Letzteres engagiert. Im Natlab habe ich auch an EKG-Verstärkern gearbeitet, insbesondere an der Ersetzung von Röhren durch JFETs bei bestehenden Schaltungen, ohne die Eigenschaften zu verschlechtern. Ich bemerkte, dass die Studenten Schwierigkeiten hatten, den Black-Box-Ansatz zu verstehen, der ihnen am anderen Lehrstuhl für Elektronik beigebracht wurde. Daher trug einer der ersten Berichte, den ich zusammen mit unserem Techniker Gerrit Bultstra schrieb, den Titel: „Transistorparameter versus Transistorschaltungsparameter“. Ich konnte zeigen, dass wenn man in den Emitter eines bipolaren Transistors „hineinschaut“, man eine Impedanz von $1/S$ sieht, „in“ der Basis ist es β/S und „im“ Kollektor schließlich μ/S . Mit diesem einfachen Wissen kann man leicht jede beliebige Schaltung bauen.

Für meine erste Aufgabe, den Bau eines Verstärkers zur Messung der Hirnaktivität im Rahmen des Parkinson-Projekts des Neurochirurgen Dr. G. J. van Hoytema, konnte ich übrigens wegen der erforderlichen hohen Eingangsimpedanz keine bipolaren Transistoren verwenden. Gute JFETs oder MOSFETs waren damals noch nicht verfügbar, so dass ich gezwungen war, auf die guten alten Röhren zurückzugreifen. Die kleinste Röhre war damals ein so genannter Nuvistor, eine Miniröhre in einem kleinen Metallgehäuse. Dabei

tauchte ein hier noch nicht erwähnter Nachteil der Verwendung von Röhren auf: die Vibrationsempfindlichkeit oder Mikrophonie. Am stereotaktischen Gerät des Patienten angebracht, registrierte ich über eine intrakranielle Elektrode eher ein Tremorsignal als Hirnaktionspotenziale. Glücklicherweise konnte dieses Problem mit einer flexibleren Kupplung gelöst werden. Die spätere Verwendung geeigneter Transistoren löste natürlich auch dieses Problem.

Karel: Ich habe bei Prof. Knol studiert. Ing. J. H. van den Boorn hat mich während meiner Studienzeit begleitet. Während dieser Zeit wurde Prof. Knol krank und starb noch vor meinem Abschluss. Prof. Knol wurde von Prof. Zaalberg van Zelst abgelöst, als ich mein Studium bereits abgeschlossen hatte.

Nach meinem Abschluss begann ich im Februar 1964 im Radio-ApparatenLabor von Philips. Das hat mir nicht besonders gefallen. Mein Freund und Kommilitone Piet Bergveld machte seinen Abschluss in der Gruppe Klein am NatLab, die Zaalberg van Zelst gerade als neu ernannter Professor am THE verlassen hatte. Piet sagte mir, dass die Elektronik, die in „seiner Gruppe“ praktiziert wurde, wirklich etwas für mich sei. Mit einigen Schwierigkeiten gelang es mir, in die „Gruppe Klein“ aufgenommen zu werden, wo ich am 1. Dezember 1965 begann. Meine erste Aufgabe war, mich den Korrekturfahnen des Buches von Zaalberg und Klein zu widmen. Ich habe sogar einen Fehler aus einer von ihnen zitierten Veröffentlichung entfernt. Das Ergebnis war, dass Klein gelegentlich vorbeikam und sagte: „Ich habe wieder etwas geschrieben. Möchten Sie es sich ansehen? Ich brauche noch eine Nervensäge“, und er ging mit einem lauten Lachen davon. Danach korrigierte ich die englische Fassung zusammen mit einem Mitbewohner (der ebenfalls ein Jahresstipendiat war)..

Prof. Zaalberg van Zelst führte unmittelbar nach seiner Berufung auf den Lehrstuhl für Elektronik an der THE die physikalischen Schaltungsgleichungen für (bipolare) Transistoren ein. Das wissenschaftliche Personal hat diese Methode sofort positiv aufgenommen.

Ing. J. H. Gits und Ing. J. H. van den Boorn vom Lehrstuhl für Elektronik erstellten daraufhin Elektroniklehrbücher für die höhere Berufsausbildung, die auf den Gleichungen mit physikalischen Parametern basieren.

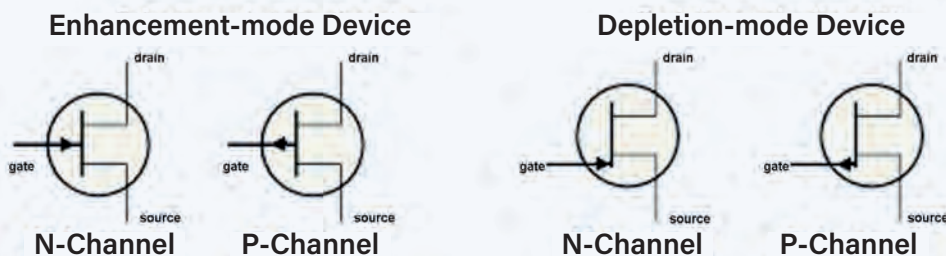


Bild 4: Die Symbole für JFETs.

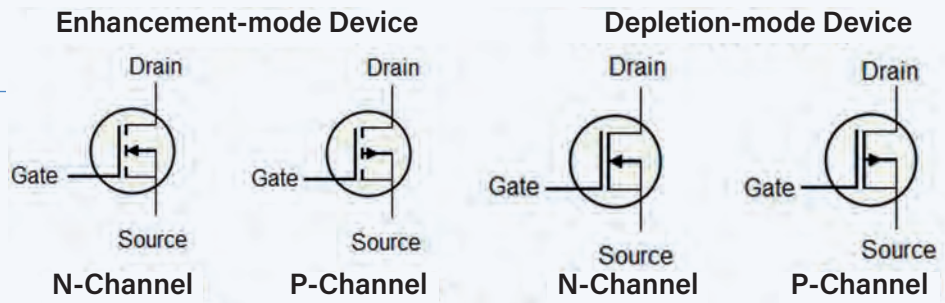


Bild 5: Die Symbole für MOSFETs.

Karel: Als ich von 1975 bis 1976 Dozent an der HTS in Eindhoven war, wurde in der zweiten Klasse das Buch „Electronic Circuit Design“ von D. J. Comer verwendet. Das Buch begann ebenfalls mit der Halbleiterphysik. Die Studenten machten deutlich, dass ihnen der ganze Kram mit den Löchern und Elektronen nicht gefiel. Sie wollten etwas über Schaltungen lernen.

Ich wollte die Lehrbücher von Gits und van den Boorn verwenden, aber mein ebenfalls Elektronik unterrichtender Kollege war so sehr an das Buch von Comer gewöhnt, dass er nicht umsteigen wollte. Die neuen Bücher sollten erst nach seiner Pensionierung verwendet werden

Später wurden der Junction Field Effect Transistor (JFET, Bell Labs, 1953) und der Metal Oxide Field Effect Transistor (MOSFET, Bell Labs, 1959) erfunden. Die Schaltungsgleichungen mit physikalischen Parametern sind auch hierfür sehr gut geeignet.

Die Verwendung von Transistoren veränderte den Beruf des Elektroniklers enorm. Röhren waren teuer, insbesondere die professionellen Doppeltrioden. Passive Bauelemente wie Widerstände und Kondensatoren waren viel billiger. Man versuchte also, eine Schaltung mit möglichst wenig Röhren zu entwerfen, auch weil Röhren aufgrund der hohen Temperatur von Glühfaden und Anode schneller kaputt gingen als passive Bauteile, was die Gestaltungsmöglichkeiten erheblich einschränkte. Mit dem Aufkommen der Transistoren änderte sich dies radikal, denn Transistoren waren nicht teuer, so dass sie in viel größerer Zahl in einer Schaltung verwendet werden konnten. Während Röhren nur einen Elektronenstrom leiten können, können Bipolartransistoren, JFETs und MOSFETs sowohl einen Elektronen- als auch einen „Löcherstrom“ leiten. Da es auch bipolare npn- und pnp-Transistoren, n-Kanal- und p-Kanal-JFETs sowie n-Kanal- und p-Kanal-MOSFETs gibt, ergab sich eine große Designfreiheit. Darüber hinaus gibt es Anreicherungs- und Verarmungs-JFETs und MOSFETs. Bild 4 zeigt die Symbole von Sperrschicht-FETs und Bild 5 die Symbole von MOSFETs. MOSFETs haben sich vor allem in digitalen Schaltungen etabliert, wie heute bei der Verwendung von Smartphones, Tablets und Computern mehr als evident ist. Die Welt scheint digital geworden zu sein. Aber sie ist es nicht, sie bleibt analog.

In einem elektronischen System, das mit der Außenwelt in Kontakt steht, wird am Anfang des Systems ein Sensor oder Wandler benötigt, der die Signale aus der Außenwelt genau registrieren muss, woraufhin eine präzise analoge Verstärkung erfolgt. Erst dann kann das verstärkte Signal von einem Analog-Digital-Konverter (ADC) in digitale Signale umgewandelt werden. Dann kann die Verarbeitung des Signals erfol-

gen, die digital mit viel größerer Präzision, weniger Fehleranteil und mit größerer Komplexität als analog durchgeführt werden kann.

Am Ende der Kette stehen in der Regel Dinge, die in der Außenwelt gesteuert werden müssen, wie eine Sauerstoffpumpe, ein Motor oder ein LCD. Das bedeutet, dass die digitalen Signale wieder in analoge Signale umgewandelt werden müssen.

Ein- und Ausgänge eines elektronischen Systems, das mit der Außenwelt kommuniziert, werden daher immer weitgehend analog bleiben. ◀

210417-02

Karel Elbert Kuijk (1940) schloss sein Studium an der Technischen Universität Eindhoven (Niederlande) ab und arbeitete anschließend im Philips-Radiolabor, bei Philips-Oszilloskopen und bei Philips Research. Ein Jahr lang war er Dozent an der HTS (Höhere technische Schule) in Eindhoven.

Bei Philips Research arbeitete er an abstimmbaren Lock-in-Verstärkern, Funktionsgeneratoren, RC-Oszillatoren, analogen ICs, Dünnfilm-Magnetköpfen, Magnetblasenspeichern, CCDs, elektroskopischen Flüssigkeitsanzeigen, LCDs und LED-Anzeigen. In den letzten Jahren vor seiner Pensionierung arbeitete er an Aktiv-Matrix-LCDs mit Kunststofftransistoren.

Er erhielt die Bronze-, Silber- und Goldmedaille von Philips Research für 10, 25 bzw. 50 US-Patente. Insgesamt hält er 65 US-Patente und kann 23 Veröffentlichungen vorweisen. Im Dezember 2000 trat er in den Ruhestand. Zu diesem Zeitpunkt war er Senior Research Fellow und Vizepräsident von Philips Research. Bei seiner Pensionierung wurde er zum Offizier des Ordens von Oranje Nassau ernannt.

Piet Bergveld (1940) erwarb 1965 den Master of Science in Elektrotechnik an der niederländischen Universität Eindhoven und 1973 den Dokortitel an der Universität Twente. Im Jahr 1984 wurde er zum ordentlichen Professor für Biosensorik an der Universität Twente ernannt. Berühmt wurde er durch die Erfindung des ISFET und vielen anderen Si-Sensoren, die er zusammen mit 35 Doktoranden entwickelte und die zu 450 wissenschaftlichen Arbeiten führten. Im Jahr 1995 erhielt er den Jacob Kistemaker Award und 2002 den Microsystems Leadership Award. 1997 wurde er zum Mitglied der Königlichen Niederländischen Akademie der Künste und Wissenschaften ernannt und 2003, im Jahr seiner Pensionierung, wurde er gar Ritter des Niederländischen Löwen. Seitdem ist er auf dem Gebiet der Organ-on-a-Chip-Technologie tätig.

die 1960er

Von Röhren zu Transistoren

Von Dr. Richard Honeycutt (USA)

Die Buchreihe *Basic Electronics* (Van Valkenburg, Neville und Nooger, 1959) trug dazu bei, die Faszination von Dr. Richard Honeycutt für Röhrenschaltungen und Transistoren zu wecken. Hier reflektiert er über die Innovationen der 60er Jahre, wobei er sich auf den Übergang von Röhren zu Transistoren konzentriert.

Im reifen Alter von 11 Jahren erlebte ich 1960 zum ersten Mal bewusst den Eintritt in ein neues Jahrzehnt. Ich war in der fünften Klasse und wurde durch Artikel im *Weekly Reader*, unserer Grundschulzeitung, regelmäßig mit Vorhersagen über große Fortschritte in der Wissenschaft in den 1960er Jahren konfrontiert. Nachdem ich mich in die elektrische und elektronische Kommunikation verliebt hatte, als ich einen funktionierenden Telegrafen bauen sollte und schon das Walkie-Talkie von Captain Midnight im Samstagmorgen-Fernsehen gesehen hatte, war ich mir des Optimismus bewusst, mit der die Ablösung der Röhrentechnologie durch Transistorschaltungen vorausgesagt wurde.

Röhrentechnik in den 60er Jahren

1960 waren die meisten Hi-Fi-Fans schon von Mono auf Stereo umgestiegen, und auch die Normalbevölkerung zog dies zumindest in Erwägung. Ich gewöhnte mich an den „dünnere“ Klang des neuen Tischradios mit GE-5-Röhren- mit Bakelit-Gehäuse, das unser altes Arvin-Radio ersetzt hatte, und hörte abends nach dem Zubettgehen Mittelwellen-Rocksender aus mehreren entfernten Staaten auf meinem neuen 6-Transistor-Westentaschen-Radio. Meine Ausbildung in Sachen Hi-Fi machte mit dem Elektronik-Katalog Allied Radio ihren Anfang. Durch die Zeitschrift *Popular Electronics* wurde ich mit elektronischen Schaltungen und Leistungsangaben von Stereoanlagen vertraut. Die Verstärkerleistung für Stereoanlagen wurde als Summe des linken und rechten Kanals angegeben, so dass ein 20-W-Verstärker heute mit „10 W pro Kanal“ durchgehen würde. Die Leistungsangaben variierten von Hersteller zu Hersteller: Einige gaben die „Spitzenleistung“ an (etwa das Doppelte der Durchschnittsleistung), andere die „Musikleistung“, die angeblich die maximale Hörlautstärke bei erträglicher Verzerrung



Der Übergang von großen Röhrengeräten zu kleinen Transistorgeräten fand hauptsächlich in den 1960er Jahren statt.

berücksichtigte. Einige wenige gaben die „RMS-Leistung“ an - eigentlich eine falsche Bezeichnung, die besser „effektive Leistung“ heißen müsste, da sie das Produkt aus Effektivspannung und Effektivstrom bezeichnet, das der Verstärker abgeben konnte. Die meisten Röhren waren alte Bekannte aus den 1940er Jahren, wie z.B. die Doppeltriode 12AX7 von 1947, aber einige der Ausgangsröhren waren neuer. Für Verstärker mit geringer Leistung reichten ein Paar 7408er im Gegentakt (pro Kanal). Dabei handelte es sich im Wesentlichen um 6V6GT-Exemplare, die für die maximale Leistung ausgelegt waren, was zu einer höheren Anodenspannung und Strombelastbarkeit führte. Verstärker mit höherer Leistung verwendeten in der Regel den Typ 6L6GC aus den späten 1950er Jahren. Die durchschnittliche Dauerleistung für einen Gegentaktverstärker erreichte damit immerhin etwa 50 W pro Kanal. Der bei weitem größte Markt für Röhren in den frühen 1960er Jahren waren Fernsehgeräte. Daher waren die meisten neuen Röhrenmodelle dieses Jahrzehnts für Fernseher gedacht. Die Compactrons wurden 1961 als neue Röhrenfamilie von GE eingeführt. Sie hatten einen 12-poligen Duodecar-Sockel aufgebaut und vereinten mehrere Funktionen in einem Gehäuse. Sie waren quasi das für Röhren, was ICs bei Transistoren sind. Die beiden Beam-Power-Compactrons 6JN6 und 17JN6 wurden als Audio-Leistungsverstärker eingesetzt, wobei ein Gegentakt-Paar etwa 20 W pro Kanal lieferte. Die Leistungspentode 7868 wurde in den 1960er Jahren als weitere neue Leistungsröhre eingeführt. Diese oft falsch als Compactron bezeichnete Röhre im T9-Format scheint Compactrons bezüglich Größe zu ähneln, ist aber genau das nicht. Sie hat einen 9-poligen Novar-Sockel anstelle des Duodecar-Sockels. Die Strahlpentode 7027 erschien ebenfalls in den 1960er Jahren. Sie hat eine ähnliche Leistung wie die 6L6GC, aber eine andere Pin-Belegung.

📍 Avago Technologies wird gegründet (2016 wurde daraus Broadcom)

1961

📍 Laseremission aus einer Halbleiterdiode (GaAs)

1962

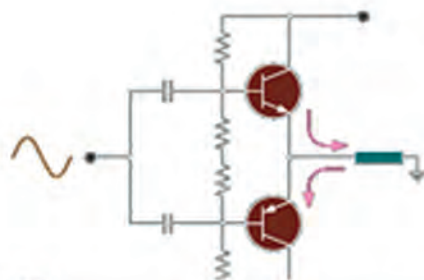
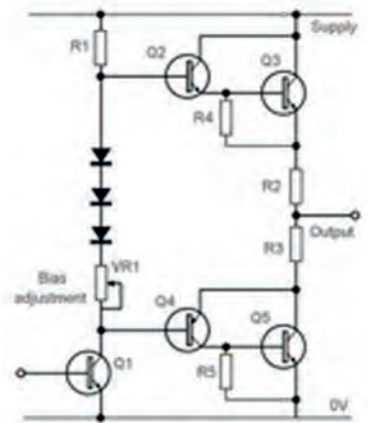
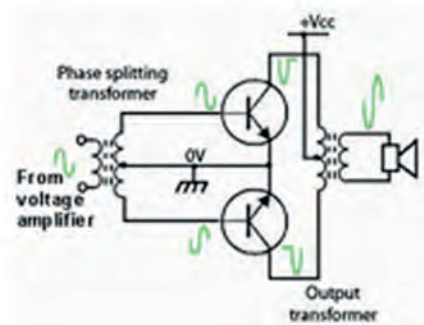
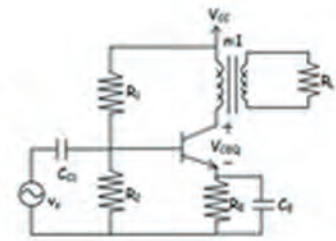
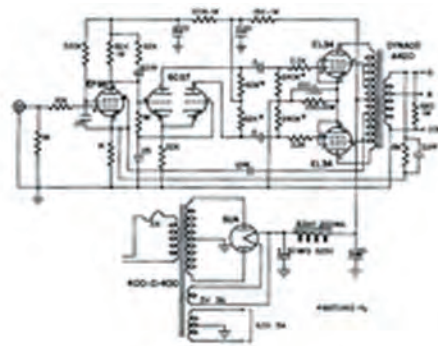
Transistortechnik in den 60er Jahren

Obwohl der Spitzentransistor 1947 und der Sperrschichttransistor 1948 erfunden wurden, wurden eher die 1960er als die 1950er Jahre zum „Jahrzehnt des Transistors“. Der Hauptgrund dafür waren Fortschritte in der Materialwissenschaft, durch die sich Transistoren so preiswert herstellen ließen, dass sie mit Röhren konkurrieren konnten.

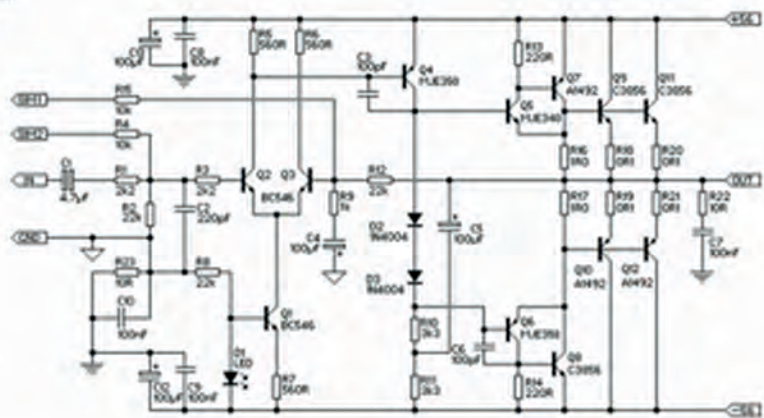
Bipolare Transistoren werden aus zwei Arten von Halbleitermaterial hergestellt. Reine Halbleiter - ob Germanium, Silizium, Selen, Gallium, Galliumarsenid, Galliumarsenidphosphid oder was auch immer - leiten Strom nur schlecht. Das liegt nicht daran, dass sie nur über eine begrenzte Anzahl an Ladungsträgern verfügen. Wenn eine Vakuumröhre eingeschaltet wird, werden Elektronen (negative Ladungsträger) aus der erhitzten Kathode freigesetzt und von der positiv geladenen Platte angezogen. Nur unter extremen Bedingungen wird der Strom durch die verfügbaren Elektronen begrenzt. Daher werden dem Halbleitermaterial von Transistoren Verunreinigungen hinzugefügt, die zusätzliche Ladungsträger liefern: Elektronen vom N-Typ und „Löcher“ (Leerstellen in Elektronenbahnen) vom P-Typ. Ein Transistor besteht aus zwei PN-Dioden, die Rücken an Rücken angeordnet sind. Darum gibt es PNP- und NPN-Transistoren.

Ursprünglich wurden Halbleiterbauelemente in Analogie zu Röhren verstanden: Der Emitter entsprach der Kathode, die Basis dem Gitter und der Kollektor der Anode. Es gibt jedoch zwei entscheidende Unterschiede zwischen dem Betrieb von Transistoren und Röhren: Wenn die richtige Spannung an Kathode und Anode angelegt wird, leitet eine Röhre gut, was zu einem großen Anodenstrom führt. Die Röhre leitet also normalerweise. Ein Transistor hingegen ist normalerweise gesperrt: Erst muss durch die Emitter-Basis-Diode in Durchlassrichtung (ein kleiner) Strom fließen, damit der Transistor leitet. In einem Transistor fließt auch ohne Basisstrom ein kleiner Leckstrom, der als Abschaltstrom (collector cutoff current, I_{CB0}) bezeichnet wird.

Da es sowohl PNP- als auch NPN-Transistoren gibt, kann die Versorgungsspannung (B+ in Röhreterminologie) entweder positiv gegenüber Masse (beim NPN-Transistor) oder negativ gegenüber Masse (beim PNP-Transistor) sein. Ein NPN-Transistor kann also



629



Bei Leistungsverstärkern gab es mehrere Konstruktionsphasen.

typische Emitter-, Basis- und Kollektorspannungen von 0 V, 0,6 V und 12 V haben. In einer PNP-Transistorschaltung wären Basis- und Kollektorspannung negativ.

Die Grundsaltungen von Transistoren wurden ebenfalls in Analogie zu Röhrenschaltungen entwickelt. Transistoren in Emitter-, Basis- und Kollektorschaltung (Emitterfolger)

entsprechen Röhren in Kathoden-, Gitter- und Anodenschaltung (Kathodenfolger). Ursprünglich wurden Emitterschaltungen in Leistungsstufen verwendet - sowohl einzeln als auch im Gegentakt. Obwohl Transistoren in Emitterschaltung niederohmigere Lasten als Röhren in Kathodenschaltung treiben konnten, waren anfangs auch für Transistor-Leistungsverstär-

ker immer noch Ausgangsübertrager erforderlich. 1953 schlug Sziklai einen komplementären und symmetrischen Leistungsverstärker vor, der einen NPN-Transistor als „oberes“ aktives Bauelement in einer Art Totempohl-Anordnung mit einem PNP-Transistor als „unterem“ Bauelement vorsah. Beide Transistoren waren als Emitter-Folger geschaltet, hatten also eine hohe Stromverstärkung, aber eine Spannungsverstärkung von nur etwa eins. Diese Endstufen konnten direkt 8-Ω- oder sogar niederohmigere Lautsprecher ansteuern. Die notwendige Spannungsverstärkung wurde durch vorgeschaltete Stufen geliefert. Wir Hobby-Elektroniker waren begeistert von der Aussicht auf transformatorlose Leistungsverstärker. Allerdings gab es damals noch keine komplementären NPN- und PNP-Transistoren mit den erforderlichen gleichartigen Eigenschaften, sodass die Schaltung lediglich von theoretischem Interesse war. 1963 aber stellte Donald Charles Scouten einen quasi-komplementäre symmetrische Leistungsverstärker vor. Er verwendete ein normales NPN-Darlington-Paar und ein Sziklai-Paar (Komplementär-Darlington) anstelle eines NPN- und eines PNP-Ausgangstransistors der originalen echten komplementärsymmetrischen Schaltung. Die Eingangsstufe des Darlingtons war ein NPN-Transistor und die Eingangsstufe des Sziklai-Paars ein PNP-Transistor. Diese Anordnung ersetzte die damals fehlenden parametrisch abgestimmten, komplementären NPN- und PNP-Transistoren. Es gar aber das Problem, dass der Ausgangstransistor des Darlingtons als Emitterfolger geschaltet war, während er beim Sziklai-Paar in Emitterschaltung betrieben wurde. Impedanzen und Verstärkungen dieser beiden Anordnungen stimmten daher nicht überein, so dass der quasi-komplementärsymmetrische Ausgang trotz starker Gegenkopplung nicht ganz linear war.

Obwohl heute die meisten Transistoren aus Silizium hergestellt werden, waren Germaniumtypen in den Anfängen wesentlich preiswerter und daher weiter verbreitet. Obwohl man wusste, dass Silizium fünf Vorteile gegenüber Germanium hatte, dauerte es einige Jahre, bis die Fertigungstechniken zur Herstellung von Siliziumtransistoren weit genug entwickelt waren. Zu den Vorteilen von Siliziumtransistoren gehörten:

- Geringerer Leckstrom I_{CB0}
- Geringere Temperaturempfindlichkeit des Kollektorstroms; daher größere thermische Stabilität.
- Größere Toleranz gegenüber hohen Temperaturen.
- Höhere inverse Spitzenspannungen.
- Preiswerteres Ausgangsmaterial.

Die erforderliche Spannung, um einen nennenswerten Strom durch den Basis-Emitter-Übergang fließen zu lassen, beträgt jedoch 0,6...0,7 V für Silizium gegenüber den typischen 0,2...0,3 V bei Germanium. Silizium wurde daher als überlegen betrachtet. Mitte der 1960er Jahre hatten Siliziumtransistoren die Germaniumtransistoren weitgehend ersetzt. Frühe transistorisierte Gegentakt-Leistungsverstärker wurden von kritischen Hörern häufig kritisiert, weil noch keine stabile Methode entwickelt worden war, welche die Wärmeempfindlichkeit von Transistoren kompensiert hätte. Infolgedessen kam es bei Halbleiter-Endstufen häufig zu Verzerrungen in der Übergangsphase, die besonders bei niedrigen Hörpegeln störend war. „Richtige“ komplementärsymmetrische Ausgangsstufen wurden erst in den 1970er Jahren üblich, als temperaturstabile Ruhestrome mit geringen Übernahmeverzerrungen entwickelt waren.

Die Verzerrungsprobleme von Halbleiterverstärkern waren jedoch noch nicht überwunden. Der finnische Forscher Matti Ojala veröffentlichte 1970 in der Fachzeitschrift *IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics* einen Artikel, in dem er die transiente Intermodulationsverzerrung (TIM) in Audioverstärkern beschrieb. Obwohl sie nicht auf Halbleiterverstärker beschränkt war, waren Röhrenverstärker in der Praxis im Allgemeinen weniger anfällig für diese Verzerrungsform. Innerhalb weniger Jahre nach der Veröffentlichung wussten die meisten Verstärkerentwickler, wie man TIM vermeiden konnte, und Halbleiterverstärker konnten endlich - zumindest was Messungen anging - mit Röhrenverstärkern in Sachen Klang konkurrieren.

Die Entwicklung integrierter Schaltungen in den 60er Jahren

Integrierte Schaltungen gab es zu Anfang als „Mikromodule“, aufgebaut auf Keramiksubstraten. Jack Kilby von Texas Instruments demonstrierte 1958 das erste funktionierende Modul einer integrierten Hybridschaltung. Im Jahr 1959 erfand Robert Noyce, ebenfalls von TI, das monolithische IC, das aus Silizium hergestellt wurde. Diese frühen integrierten Schaltungen enthielten nur wenige Transistoren: Ab 1964 erreichte die Small-Scale-Integration zehn oder weniger aktive Bauelemente. MSI-ICs (Medium-Scale-Integration) kamen ab 1968 dann immerhin auf 10...500 Transistoren.

Radio: Mittelwelle und UKW

Obwohl das UKW-Radio bereits 1933 erfunden wurde, kannte ich 1960 nur eine einzige Familie, die bereits ein UKW-Gerät besaß (Hinweis: in Europa war die Situation anders). Viele Rundfunkanstalten besaßen sowohl Mittelwelle- als auch UKW-Lizenzen, und die meisten übertrugen ihre Programme sowohl in beiden Bändern, so dass es für die Hörer kaum einen Anreiz gab, aufwändigere Empfänger zu kaufen. Der Vorteil von UKW bestand lediglich in geringerem atmosphärischem Rauschen. Die Einführung von UKW-Stereo in den USA im Jahr 1961 allerdings verlieh der UKW-Technik zusätzlichen Auftrieb. Schon um 1970 waren UKW-Stereo-Radios sehr beliebt - ich hatte sogar eines in meinem neuen Auto!

Tischradios für zu Hause

1960 war der sogenannte „All-American Five“ bzw. AA5, ein Superheterodyn-AM-Empfänger, der Renner unter den kleinen Tischradios für zu Hause. Diese Radios verwendeten einen Konverter (kombinierter Oszillator und Mischer), einen ZF-Verstärker, einen Detektor/Vorverstärker, einen Leistungsverstärker und einen Einweggleichrichter. Die Röhrenheizungen waren in Serie geschaltet und die Netzspannung wurde direkt aufs innere Metallchassis gelegt, wodurch der Trafo entfiel und die Produktionskosten gesenkt wurden. Es gab auch andere Ausführungen mit vier Röhren (entweder wurde der Röhrengleichrichter durch einen Selengleichrichter ersetzt oder der ZF-Verstärker entfiel), sechs Röhren (entweder wurde ein HF-Verstärker hinzugefügt oder eine Gegentakt-Ausgangsstufe eingebaut) oder acht Röhren (eine Kombination aus HF-Verstärker, Gegentakt-Ausgangsstufe und/oder zwei ZF-Stufen). Da diese letzteren Ausführungen jedoch teurer waren, wurden sie in weitaus geringeren Stückzahlen verkauft als der AA5.





Funkgeräte schrumpften.

Mein Westentaschenradio war das einzige Transistorradio, das ich (abgesehen von Autoradios) in den 60er Jahren besaß. Ein Grund für den langsamen Übergang zur Transistortechnologie bei Heimradioempfängern war der begrenzte Frequenzgang der frühen Transistoren, die sich zwar gut für Audioanwendungen eigneten, aber bei HF nicht besonders gut waren.

In den späten 1960er Jahren stellte der Hi-Fi-Hersteller Fisher das UKW-Tischradio Modell 100 vor, ein Transistorradio mit separaten Bass- und Höhenreglern und einem hochwertigen Lautsprecher sowie einer Anschlussmöglichkeit für einen externen Lautsprecher, der separat verkauft wurde.

Autoradios

Die Ausführungen zu Tischradios gelten weitgehend auch für Autoradios der 1960er Jahre. Die Faktoren Größe und Gewicht sowie die Notwendigkeit einer elektromechanischen Stromversorgung per „Zerhacker“ für die Röhren veranlassten die Automobilhersteller jedoch dazu, Transistormodelle anzubieten. Tatsächlich führten Chrysler und Philco 1955 ein reines Transistor-Autoradio als Option für 150,00 \$ für die Oberklasse-Autos von Chrysler und Imperial ein.

In den frühen 1960er Jahren begannen einige Hersteller, transistorisierte Radios anzubieten. Die meisten dieser Geräte waren noch Hybridgeräte, die Röhren verwendeten - manchmal sogenannte „Raumladungs-Röhren“, die so konstruiert waren, dass sie mit einer 12-V-Versorgung betrieben werden konnten, was die einen Zerhacker samt Trafo überflüssig machte. In den ersten Hybridmodellen wurden Röhren als HF-Verstärker und/oder -Demodulatoren eingesetzt, da sie bei HF besser waren als Transistoren. Einige Geräte verwendeten unsymmetrische Germanium-Leistungstransistoren in Emitterschaltung mit einem Ausgangstrafo zur Ansteuerung von Lautsprechern mit 8...16 Ω. Das Becker Monte Carlo von 1963 war das erste reine Transistor-Autoradio.

Kleine tragbare Radios

Tragbare Radios werden dank Edwin Armstrongs Modell seit 1923 hergestellt. 1925 erschien sogar ein einröhriges „Taschenradio“ mit 36 cm Länge und einem Gewicht von 2 kg. Dieses kleinste tragbare Röhrenradio war jedoch zu groß, um wirklich interessant zu sein. Aber 1960 waren transistorisierte „Westentaschen-Taschenradios“ seit ihrer Einführung 1954 durch Regency und Texas Instruments erhältlich, aber

sehr teuer. Anfang der 1960er Jahre sanken die Preise für solche Radios, und es kamen weitere Modelle auf den Markt, darunter auch einige größere, deren Klangqualität durch Lautsprecher mit einem Durchmesser von bis zu 10 cm besser war als bei den Westentaschenmodellen. Das Playtape war ein Zweispur-Tonbandgerät, das 1966 von Frank Stanton entwickelt und als tragbares Musikabspielgerät und Diktiergerät vermarktet wurde. Die proprietären 24-Minuten-Kassetten spielten in der Regel zwei oder vier Lieder in einer Endlosschleife ab. Das Playtape war bei Jugendlichen sehr erfolgreich, wie ich in Popular Electronics gelesen hatte. Kommerziell wurde es jedoch vom Achtspur-Player verdrängt.

UKW-Konverter, Hi-Fi-Tuner und Hi-Fi-Tuner-Verstärker (Receiver)

Audiophile gehörten zu den ersten, die das UKW-Radio aufgrund seines besseren Klangs und größeren Rauschfreiheit annahmen. Eine Technik, die anfangs von gelegentlich für den Empfang von UKW-Sendungen verwendet wurde, war der Einsatz eines UKW-Konverters - im Wesentlichen ein UKW-Tuner, der das Signal auf das VHF-Fernsehband umsetzt.



Stereoanlagen entwickelten sich von einzelnen Geräten zu Receivern.

Mitte der 60er Jahre veranstaltete der Ortsverband der Modern Music Masters Honor Society meiner High School ein Benefizkonzert mit den *Limelighters*. Ich bediente die Sound-Anlage aus einem 35-W-Röhrenverstärker von Fisher und zwei Lautsprecher-säulen von Bogen für ein Auditorium mit 600 Plätzen. An diesem Abend verbrachte ich meine Zeit damit, zwischen dem Manager der Künstler, der es lauter wollte, und den Zuschauern, die sich über zu hohe Lautstärke beschwerten, hin und her zu pendeln! Die Qualität (bestenfalls mittelmäßig) wurde nie erwähnt. In den frühen 70er Jahren wurde der Fisher-Verstärker dann durch einen Halbleiter-Power-Mixer ersetzt.

1960 waren Kombinationen aus Röhren-Hi-Fi-Tuner und integrierten Verstärkern (heute als Receiver bekannt) beliebt, und es gab damals etliche Zeitschriftenartikel, die diskutierten, ob ein Anfänger einen separaten Vorverstärker, Verstärker und Tuner oder besser einen Receiver wählen sollte. Dabei ging es nicht in erster Linie um die Qualität, sondern um die Flexibilität für den Fall, dass man in Zukunft aufrüsten wollte. Natürlich gab es zu Beginn des Jahrzehnts nur Röhrenempfänger, aber 1969 waren praktisch alle neuen Empfänger mit Halbleitern bestückt. Mit dem Altec-Lansing 711B enthielt mindestens ein Fabrikat ICs im ZF-Bereich.

Fernsehen

Sony stellte 1960 den ersten vollständig transistorisierten Fernseher ohne Projektion vor. In den 60er Jahren wurden die meisten aktiven Bauteile in Fernsehgeräten durch Halbleiter ersetzt, so dass am Ende des Jahrzehnts nur noch die Bildröhre, der Hochspannungsgleichrichter und der Hochspannungsregler mit Röhren operierten.

Als ich 1962 in die High School kam, hatte ich bereits ein kritisches Gehör und merkte, dass die TV-Audiotechnik zu einer Ödnis geworden war, mit leistungsschwachen, simpelsten Audio-Endstufen und extrem billigen Lautsprechern. Die Fernsehsender legten wenig Wert auf die Audioqualität, boten einen begrenzten Frequenzgang und beschnitten den Ton, anstatt Kompressoren einzusetzen, um Übersteuerungen zu vermeiden. Wenn ein Vertreter der Audiopresse einen TV-Verantwortlichen auf die schlechte Tonqualität ansprach, lautete die Standardantwort: „Der Klang der TV-Geräte ist miserabel, warum sollten wir es also besser machen?“ Wies man Hersteller von Fernsehgeräten auf den schlechten Klang hin, antworteten sie häufig: „Die Sender liefern miserable Audio-signale, warum sollten wir also den Ton in den Geräten verbessern?“ Als zum ersten Mal ICs in Fernsehern auftauchten, wurden sie zunächst im Audiozweig eingesetzt. Leider wurde diese Änderung aus Kosten- und Marketinggründen vorgenommen und führte nicht zu einer Verbesserung der Tonqualität.

Plattenspieler

Obwohl die meisten tragbaren Plattenspieler der 60er Jahre Röhren-geräte waren, gab es auch einige transistorisierte Modelle von Delmonico, Dynex, Emerson, Granada und Philco. Diese wurden in erster Linie mit Blick bezüglich Tragbarkeit (geringe Größe und geringes Gewicht) und nicht auf hohe Wiedergabetreue optimiert.

Ein Blick in den Katalog von *Allied Radio Electronics* aus dem Jahr 1960 zeigt, dass damals nur röhrenbasierte Hi-Fi-Systeme erhältlich waren. 1963 enthielt der Katalog sowohl Röhren- als auch Transistor-Stereo-Geräte sowie mindestens einen Hybrid-Stereo-Receiver (Transistor/Nuvistor). Die Geräte von H. H. Scott und Fisher waren immer noch röhrenbasiert, aber Harmon-Kardon hatte einen 50-W-Stereo-Verstärker mit Transistoren und einen dazugehörigen FM-Stereo-Multiplex-FM-Empfänger im Angebot.

McIntosh stellte 1961 mit dem MC250 einen Transistorverstärker mit 50 W/Kanal vor. Der C24 - McIntoshs erster Halbleiter-Vorverstärker - folgte 1964. Im Allied-Katalog von 1969 gab es immer noch sowohl Transistor- als auch Röhren-Hi-Fi-Geräte.

Verstärker für Musikinstrumente

Kommerzielle Gitarrenverstärker in Röhrenbauweise, deren Wurzeln bis in die 1920er Jahre zurückreichen, sind seit den 1930er Jahren erhältlich. Ihre Leistung reichte von anfangs wenigen Watt bis zu 50...60 W 1960. Verkaufsargumente waren die Anzahl an Reglern und die Freiheit von Verzerrungen.

Obwohl Röhrenverstärker Ende der 60er Jahre etwas in Ungnade fielen, bevorzugten viele Blues-Musiker weiterhin ihren wärmeren Klang, was zu erneuter Popularität während der Southern-Rock-Ära führte, die von den Allman Brothers ab 1969 eingeleitet wurde.



Lautere, schrillere Gitarrenverstärker kommen auf.

Halbleiter-Verstärker

1961 brachte Stadel mit dem Modell 82L15V den ersten kommerziellen Hybrid-Gitarrenverstärker auf den Markt, das einen transistorisierten Vorverstärker und eine 6DQ6-Endstufe mit 25 W kombinierte. Die Vanguard-Verstärker von Kay (1962) waren wahrscheinlich die ersten reinen Transistor-Gitarrenverstärker. Mitte der 60er Jahre führten mehrere Firmen Halbleiter-Verstärker ein. Die ersten Verstärker von Hartley Peavey waren Halbleiter-Verstärker, die im Gegensatz zu den damals üblichen Röhrenmodellen eine Ausgangsleistung von 200 W

hatten. Kustom (1966) fand mit seinen Hochleistungs-Verstärkern mit gerollten und plissierten Naugahyde-Polstergehäusen einen Sweet Spot auf dem Markt. „Satisfaction“ von den Rolling Stones war 1965 an der Spitze der Hitparade, und plötzlich war „laut und verzerrt“ in. Der Aufschwung des Acid Rock förderte den Markt für leistungsstarke Halbleiterverstärker, und die „Halbleiter-Verzerrungen“ wurden hier Musikrichtung nicht als störend empfunden. So erfreuten sich Halbleiter-Verstärker in den 60er Jahren einer starken Nachfrage.

PA-Anlagen

Die PA-Industrie hat ihren Ursprung hauptsächlich in den 1960er Jahren. Zu Beginn verfügten die meisten Schul- und Gemeindetheater, wenn überhaupt, nur über minimale Beschallungsanlagen. Um 1970 waren so gut wie alle neueren Systeme von Bogen, University oder DuKane mit Halbleitern bestückt.

Beschallungsanlagen in Sportstadien wurden in den 60er Jahren fast ausschließlich für Sprache konzipiert und bestanden oft aus einem Bogen-, University- oder Altec-Röhrenverstärker und zu vielen Druckkammer-Hornlautsprechern. Als ich 1970 meinen Abschluss an der Wake Forest University machte, hatte die Schule ein Full-Range-Horn-Cluster von Altec auf dem Sportplatz installiert, das von Transistorverstärkern gespeist wurde.

Als die Festival-Sound-Legende Bill Hanley zum ersten Mal mit dem Newport Jazz Festival in Verbindung gebracht wurde, bestand die Elektronik aus McIntosh-Röhrenmischern und 200-W-Verstärkern. Als Hanley 1969 das Soundsystem für Woodstock bereitstellte, verwendete er transistorisierte Mischpulte von Shure, Röhrenmischer von Altec und die 350-W-Hybrid-Endstufen MC3500 von McIntosh. Als Bühnenmonitore dienten die Transistor-Endstufen DC300 von Crown. Die meisten Lounge-Bands benutzten zu dieser Zeit Halbleiter-Power-Mixer von Peavey oder Kustom.

Schlussbemerkungen

Die 1960er Jahre waren eine schwierige Zeit für Elektronikliebhaber. Es wurde nicht nur eine völlig neue Technologie entwickelt oder gar zwei, wenn man ICs als separat zählt, sondern es gab auch neue Wege, Schaltungen zu entwerfen, und neue Probleme zu bewältigen (thermisches Durchgehen, Übernahme-Verzerrung, TIM-Verzerrung etc.), die eine ständige Aktualisierung des eigenen Wissens erforderten. Hinzu kam die öffentliche Akzeptanz von UKW-Radio und Stereoanlagen sowie die ständigen Diskussionen unter „Experten“ über die relativen Vorzüge von Stereo-Komponenten gegenüber Receivern, Röhren gegenüber Transistoren (und später FETs gegenüber BJTs). Es war wohl die beste und die schlechteste aller Zeiten. ◀

210416-02

Über den Autor

Dr. Richard Honeycutt begann etwa 1965 mit der Reparatur elektronischer Geräte und erwarb 1969 seine Funk-Lizenz. Seit 1968 arbeitet er in Teilzeit in der Rundfunktechnik und in der Reparatur von Audioelektronik, zusätzlich zu seiner Vollzeittätigkeit im Bereich Akustik- und Audiosystem-Design und einer 20-jährigen Lehrtätigkeit im Bereich Elektronik an Hochschulen. Seine Bücher *Acoustics in Performance* (Elektor 2018) und *The State of Hollow State Audio* (Elektor 2020) sind bei www.elektor.de erhältlich.



Schneller ans Ziel



Mit dem LPKF ProtoMat S104 immer vorne mit dabei
PCB-Prototypen in nur einem Tag mit LPKF ProtoMaten.
Noch einfacher – und automatisch – produzieren.
Erfahren Sie mehr unter: www.lpkf.com/protomat_s104



productronica: 16. – 19.11.2021, Halle B2, Stand 303

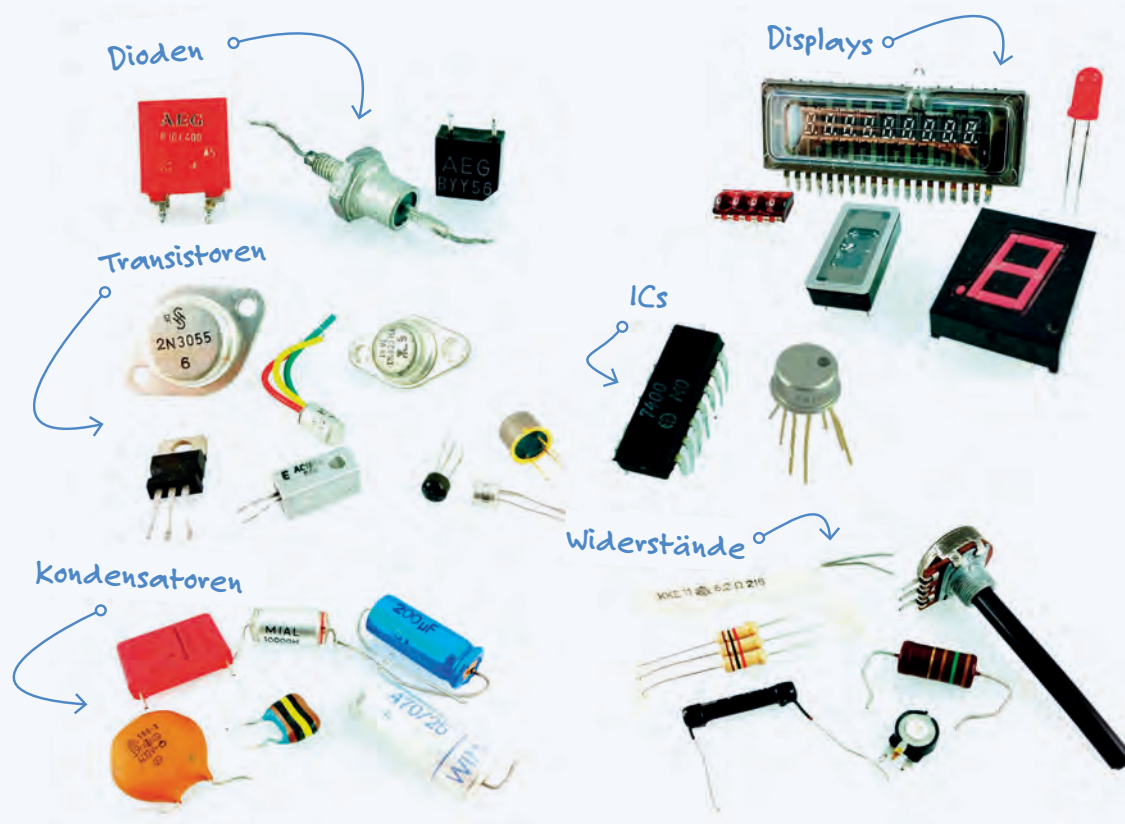


Bild 1. Bedrahtete Bauelemente aus den 70er Jahren.

Die 1970er Jahre: Mikroelektronik

Von Dipl.-Inf. Karl-Ludwig Butte

Man müsste eine Zeitreisemaschine haben! Natürlich wissen Sie und ich es besser, dass es eine solche Maschine schon aus physikalischen Gründen nicht geben kann, aber schön wäre es doch. Und wenn Sie mich dann fragen würden, wohin die Reise gehen soll, dann wäre meine Antwort: In die Elektronik-Welt der 70er Jahre!

Lassen wir heute mal die Physik Physik sein und feiern wir den 60. Geburtstag von Elektor mit einer gedanklichen Reise in die Zeit, als die Elektronik noch aus diskreten Transistoren bestand, die Platinen noch mit Eisen-III-Chlorid geätzt wurden und in den Messgeräten noch richtige Zeiger vor den Spiegelskalen zappelten. In den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts erlebte die Elektronik

einen unglaublichen Aufschwung. Ausgelöst durch den Sputnik-schock 1957 hatten die USA eine gigantische Aufholjagd gestartet, um den technischen Wissensvorsprung der Sowjetunion auszugleichen bzw. zu übertreffen. Diese Aufholjagd fand 1969 mit der ersten Mondlandung von Apollo 11 ihren Höhepunkt. Das Apollo-Programm der NASA, welches noch bis 1972 weitergeführt wurde, bedeutete einen unvergleichlichen Innovationsschub, besonders auch in der Elektronik. Parallel dazu wuchsen das Interesse und die Begeisterung für die Raumfahrttechnik und Elektronik in der Gesellschaft. Und die Elektronik bot sich an, auf einfache Weise einzusteigen und mitzumachen. In der Folge schossen kleine Elektronikläden wie Pilze aus dem Boden, um den Bedarf an Bauteilen, Messgeräten und Spezialwerkzeugen zu decken. Für das nötige Fachwissen sorgten Bücher und Fachzeitschriften, allen voran natürlich Elektor. Ab 1975 sprach der Franzis-Verlag, München, mit der Zeitschrift „ELO – Magazin für Praxis und Hobby“ besonders Einsteiger an; ab 1977 gesellte sich dann der Heise-Verlag aus Hannover mit der Zeitschrift „Elrad“ dazu.

Bauteile

Transistoren, Dioden, Widerstände und Kondensatoren waren die Haupt-Bauteile, aus denen die elektronischen Schaltungen bestanden. Eine Auswahl, wie sie in den 70er Jahren in jeder Hobby-Werkstatt zu finden waren, zeigt **Bild 1**. Diese bedrahteten Bauformen werden auch heute noch gern in Hobby-Projekten verwendet, da sie sich viel leichter montieren lassen, als ihre miniaturisierten SMD-Pendants. Anfangs setzte man noch Taschenlampen-Glühbirnchen als Signal-Anzeigen ein, doch sehr bald wurden diese von den in den 60er Jahren entwickelten LEDs verdrängt. Taschenrechner und erste digitale Messgeräte, die mit Sieben-Segment-Anzeigen ausgestattet waren, ließen auch bei Hobby-Elektronikern den Wunsch aufkommen, Selbstbaugeräte mit diesen Anzeigen auszustatten. Erste Ziffernanzeigen waren in Glühfadentechnik ausgeführt, die aber schnell durch Sieben-Segment-LED-Anzeigen verdrängt wurden.

Die Bauteile-Entwicklung ging mit Riesenschritten voran und es dauerte nicht lange, bis die ersten integrierten Schaltkreise (ICs) zu akzeptablen Preisen in den Handel kamen. Unvergessen sind die ersten Logik-ICs der 74XX-Reihe von Texas Instruments, der Operationsverstärker μ A741 von Fairchild und das Timer-IC NE555, welches von dem Schweizer Ingenieur Hans R. Camenzind für Signetics entwickelt wurde. Die Integrationsdichte stieg aber noch innerhalb der Dekade rasant an, so dass viele Firmen fast komplette Applikationen in sogenannten Application Specific Integrated Circuits (ASIC) realisierten, die nur noch wenige externe Bauteile benötigten. Ein Beispiel ist das IC AY-3-8500 von General Electric, welches 1975 herauskam und ein fast komplettes TV-Videospiel enthielt.

Platinenherstellung

Gedruckte Schaltungen selbst herzustellen war eine aufwändige Sache. Für einfache Schaltungen konnte man auf Lochraster-Platinen ausweichen. Für komplexere Schaltungen empfahl sich aber ein speziell dafür entworfenes Platinen-Layout. Dieses musste mit schwarzen, selbstklebenden Präzisions-Kreppbändern und Abreibe-Symbolen auf Klarsichtfolie erstellt werden (**Bild 2**). Damit konnte dann fotopositiv beschichtetes Basismaterial aus Hartpapier belichtet, entwickelt und fixiert werden. Abschließend wurde die Platine mit Eisen-III-Chlorid oder Ammoniumpersulfat geätzt. Jetzt fehlten nur noch die Bohrungen für die Bauteil-Anschlüsse und danach war die Platine bereit für die Bestückung.

Messgeräte

Das wichtigste Messgerät für alle Elektroniker ist damals wie heute das Multimeter. Damals war es natürlich ein analoges Gerät und, wenn es etwas auf sich hielt, mit einer Spiegelskala ausgestattet, um Ablesungenauigkeiten zu vermeiden. Erste digitale Geräte wurden zu horrenden Preisen angeboten, so dass sich durch den Selbstbau viel Geld sparen ließ. Auch Elektor veröffentlichte entsprechende Schaltungen (siehe unten).

Wer tiefer in die Elektronik einsteigen wollte, kam um ein Oszilloskop nicht herum. Das ist heute nicht anders. Auch die Oszilloskope waren natürlich analog und stellten die gemessenen Kurven auf Bildröh-

ren dar, die mit Phosphor beschichtet waren und in schönem Grün leuchteten. Um den Aufpreis für ein Zweikanalgerät zu sparen, gab es Bauanleitungen für Zeitmultiplexer, die zwischen zwei Eingängen sehr schnell hin und her schalteten, so dass man zwei Kurven quasi gleichzeitig auf dem Schirm eines Ein-Kanal-Oszilloskops sah. **Bild 3** zeigt typische Vertreter aus dieser Zeit.

Kommerzielle Elektronik

Mit dem Höhenflug der Elektronik stiegen auch Firmen zu Stars der Unterhaltungselektronik-Branche auf. Unternehmen wie Dual, Grundig, Saba und Uher fertigten Radios, HiFi-Anlagen, Plattenspieler und Fernseher. Videorekorder waren zwar schon in den 60er Jahren erfunden worden, wurden jedoch erst in den 70er Jahren populär und erschwinglich. Anfangs gab es mehrere zueinander nicht kompatible Systeme und es dauerte einige Jahre, bis sich VHS vom japanischen JVC Konzern gegenüber Betamax von Sony und Video 2000 von Philips durchgesetzt hatte.

Am 1. Juli 1975 wurde der Frequenzbereich um 27 MHz von dem damaligen Bundesministerium für Post und Telekommunikation für die Allgemeinheit freigegeben. Das war der Startschuss für den sog. CB-Funk, wobei das „CB“ für „Citizen-Band“ stand. CB-Funkgeräte gab es als Walkie-Talkie, Auto-Einbaugerät und stationäres Tischfunkgerät. Der Sprechfunk erfreute sich schnell großer Beliebtheit, besonders bei LKW-Fahrern. Darüber hinaus konnten einige Kanäle auch zur Datenübertragung genutzt werden. Der kometenhafte Aufstieg bescherte dem CB-Funk 1977 sogar eine Rolle im Hollywoodfilm „Ein ausgekochtes Schlitzohr“ (Originaltitel: „Smokey and the Bandit“).

Am 15.11.1971 stellte Intel den Mikroprozessor 4004 vor und stellte damit die Weichen für die alles revolutionierende und bis heute andauernde Digitalisierung.

1972 brachte Hewlett-Packard mit dem HP-35 den ersten technisch-wissenschaftlichen Taschenrechner der Welt auf den Markt. Zwei Jahre



Bild 2. Werkzeuge und Materialien zur Herstellung von Platinen.

später folgte der erste programmierbare Taschenrechner HP-65, der 1976 mit dem HP-67 einen verbesserten Nachfolger bekam. Die erste deutsche Computerzeitschrift „Chip“ des Vogel-Verlags in Würzburg (ab 1978) bezeichnete den HP-67 sogar als den „Stein der Weisen“. In der Januar Ausgabe 1975 stellte die amerikanische Zeitschrift „Popular Electronics“ den ersten Microcomputer „Altair 8800“ für Hobby-Elektroniker als Bausatz vor. Er war von Ed Roberts, der die Firma Micro Instrumentation and Telemetry Systems (MITS) gegründet hatte, entwickelt worden und kostete nur 395 US-Dollar. Das war der Beginn der Microcomputer-Industrie, die mit dem Apple II, dem Commodore PET 2001 und dem TRS-80 von Tandy 1977 Fahrt aufnahm, und in den 80er Jahren explodierte.

Über den Autor

Karl-Ludwig Butte studierte an der FH Fulda Informatik mit dem Schwerpunkt Wirtschaft. Er ist seit 1978 Elektor-Leser und seit 2012 auch nebenberuflich als Autor für Elektor tätig. Neben der Mikrocomputertechnik interessiert er sich unter anderem für NF-Schaltungen und Mess-/Prüfgeräte.



Bild 3. Analoges Oszilloskop und Multimeter – die wichtigsten Messgeräte der 70er Jahre!

Selbstbau-Elektronik

Das Angebot an kommerziell hergestellten Elektronikgeräten war auch damals schon unübersehbar groß, allerdings zu Preisen, die sich nicht jeder leisten konnte. Hier konnte man viel gutes Geld sparen, wenn man selbst Hand anlegte. Fachzeitschriften wie Elektor lieferten nicht nur die Anleitungen für hochwertige Geräte, sondern auch das Wissen um deren Funktion. Themenmäßig wurde ein buntes Spektrum von Netzgeräten, Messgeräten, Modellbahn-Elektronik, Musik- und Musik-Effektgeräten, Verstärkern, Funk-Zubehör, Radioempfängern, Alarm- und Warngeräten, Foto-Zusatzgeräten, elektronischen Spielen und vieles andere mehr behandelt. Die folgende Liste präsentiert einige der Highlights aus den 103 Elektor Heften der Jahre 1970 bis 1979 mit über 2200 Artikeln.

Analog/Digital-Umsetzer (für Frequenzzähler)

(Elektor November 1971)

Elektor war der Zeit weit voraus, als Jos Verstraten im November 1971 einen Analog/Digital-Umsetzer als Grundbaustein für digitale Messgeräte beschrieb.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197111/54927

DVM72 (Digitalvoltmeter)

(Elektor Dezember 1971)

Leicht nachzubauen, geringe Kosten und mindestens gleich gut oder besser als der Standard – das zeichnet Bauanleitungen von Elektor auch heute noch aus.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197112/54934

Das weiße Auto

(elektrischer Batterie-Antrieb für Autos)

(Elektor März 1972)

Dieses Vehikel ermöglicht den Individualverkehr zwischen den Anschlussstellen des öffentlichen Fernverkehrs (Bahn) und individuellen Zielen und ist öffentliches Eigentum. Eine erstaunliche Vision für das Jahr 2000.

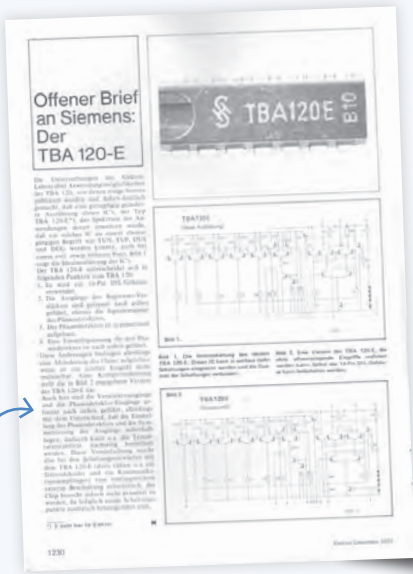
www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197203/54965

Elektor-Drumbox

(Elektor Oktober 1972)

Eine beliebte Rubrik stellten in den 70er Jahren Projekte der Musik-Elektronik dar. Mit diesem mehrteiligen Projekt ließ sich ein elektronisches Rhythmusgerät bauen, in dem Gyrotoren zur Klangbilderzeugung eingesetzt wurden.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197210/55133

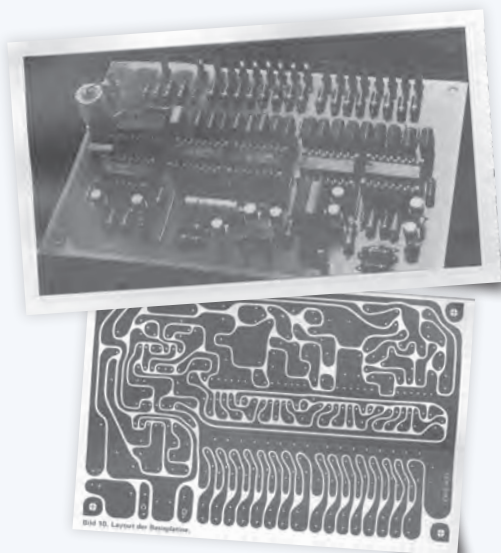


Offener Brief an Siemens: Der TBA120-E (Verbesserungsvorschlag)

(Elektor Dezember 1972)
Der TBA120 ist ein sechsstufiger FM-ZF-Verstärker mit Demodulator und wurde schon in verschiedenen Elektor-Schaltungen eingesetzt. In diesem Artikel schlägt Elektor dem Hersteller Siemens eine geringfügige Änderung der Innenschaltung vor, um das Spektrum der Anwendungen wesentlich zu erweitern.
www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197212/55160

Computer 74 (Computer mit TTL-ICs)

(Elektor Mai 1974)
Bereits ab Mai 1974 präsentierte Elektor in einer mehrteiligen Serie einen vollwertigen 16-Bit-Selbstbau-Computer, der aus Standard-TTL-ICs der 74XX-Reihe bestand.
www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197405/55516



FORMANT der Elektor Musiksynthesizer

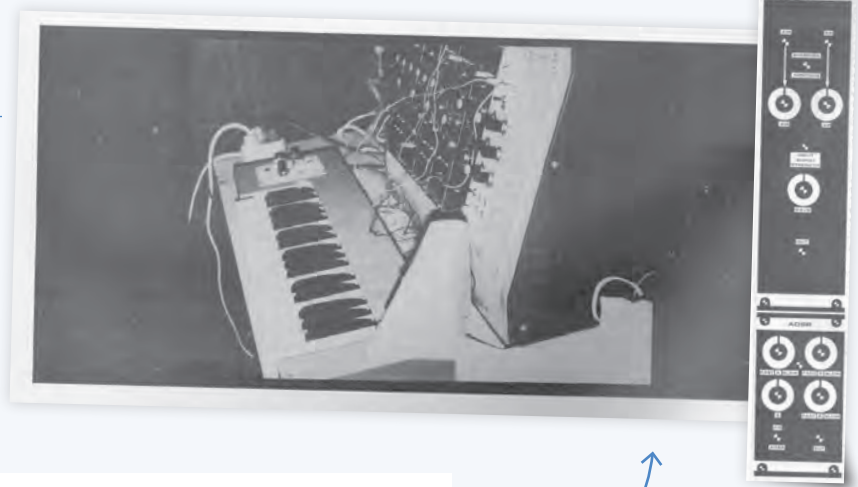
(Elektor November 1976)
Der monophone Analog-Synthesizer FORMANT, der in dieser vierteiligen Artikelserie beschrieben wurde, ist eine der berühmtesten und komplexesten Bauanleitungen in der sechzigjährigen Geschichte von Elektor.
www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197611/56139

Digitales Messen (diverse DVM-Schaltungen)

(Elektor November 1976)
Der Beitrag bietet eine Übersicht über die Mitte der 70er Jahre verfügbaren ICs zum Aufbau von digitalen Messgeräten.
www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197611/56137

Videoskop (Fernseher als Oszilloskop)

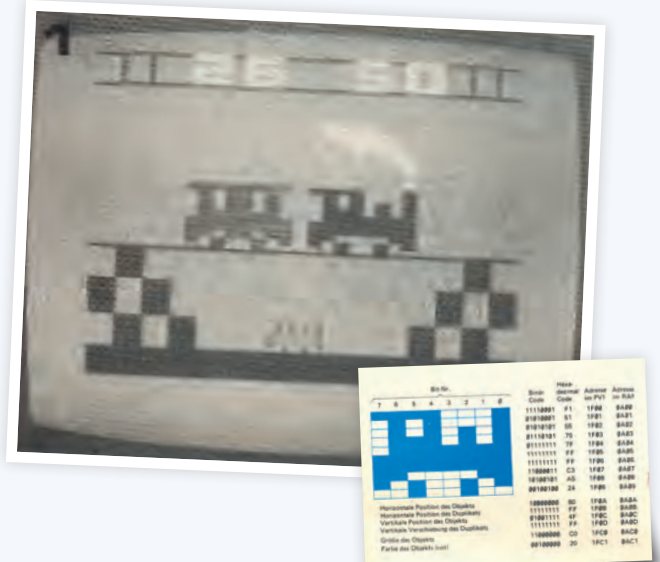
(Elektor Oktober 1978)
Oszilloskope waren sehr teuer. Wieso nicht den heimischen Fernseher dafür mitbenutzen? Elektor machte es möglich!
www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197810/56532

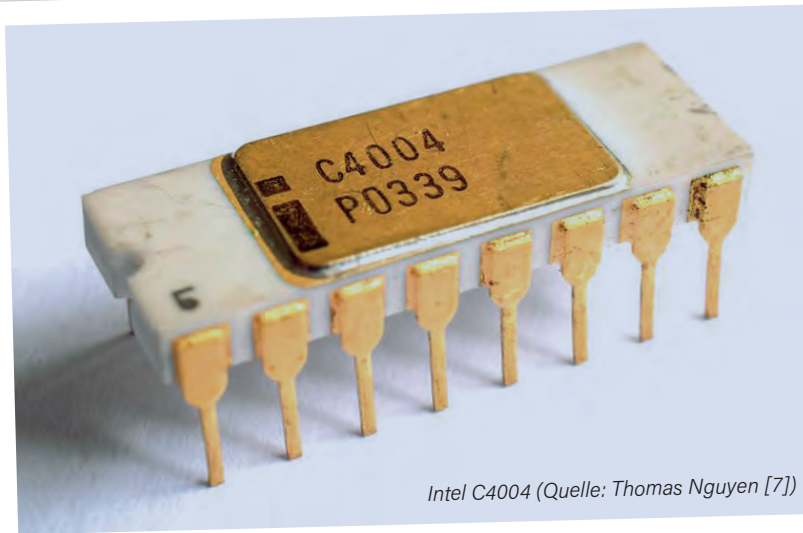


TV-Spielcomputer (Fernsehsiele mit Mikroprozessor)

(Elektor April 1979)
Elektronische Spiele standen auch bei Elektor auf der Wunschliste vieler Leser. Nach einem Tennis-Spiel mit TTL-ICs (November 1975) und einem TV-Spiel mit dem IC AY-3-8500 (Juli/August 1977), veröffentlichte Elektor im April 1979 ein Farb-TV-Spiel auf Basis des Mikroprozessors 2650 von Signetics.
www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197904/56599
www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197904/56606 ◀

210422-02





Intel C4004 (Quelle: Thomas Nguyen [7])

4004 Info

- › Hergestellt auf einem 2"-Wafer in pMOS-Technologie in einem 10-µm-Prozess.
- › Chipfläche: 12 mm² Max.
- › Taktfrequenz: 740 kHz.
- › Bis zu 92.000 Befehle pro Sekunde
- › Verlustleistung: 750 mW (typisch)
- › Layout: Handlayout mit Rubylith-Maskierungsfolie

Die Geburt des Mikroprozessors

Der Intel 4004

Von Stuart Cording (Elektor)

Nachdem die Menschen auf dem Mond gelandet waren und der Übergang vom Röhrenradio zum Transistorradio vollzogen war, schien die Welt nur noch auf eine neue Erfindung zu warten - den Mikroprozessor. Frisch gegründet und bereit, auf der Welle der aufkeimenden Halbleiterindustrie zu reiten, fiel diese Aufgabe *Intel* zu. Die Auszeichnung hätte jedoch leicht einem der vielen anderen Akteure der Branche zuteil werden können, wären da nicht das Engagement und die Fähigkeiten von Federico Faggin gewesen.

In den 1960er Jahren verstand man unter einem Computer einen „Großrechner“, wie zum Beispiel das *System/360* von IBM, eine Anlage, die von vielen Anwendern und Programmen gemeinsam genutzt wurde. Der Speicher wurde mit magnetischen Ferritkernen realisiert, und die verfügbaren integrierten Schaltungen (IC) basierten hauptsächlich auf der Transistor-Transis-

tor-Logik (TTL). Intel war überzeugt, dass die Zukunft in der Metall-Oxid-Halbleiter-Technologie (MOS) lag, die die Magnetkernspeicher ablösen würde.

1969 wurde Intel von der japanischen *Busicom Corporation* mit der Entwicklung einer Reihe von ICs beauftragt, die die Grundlage für ihren ersten elektronischen Taschenrechner, den Prototyp des

druckenden 141-PF-Rechners, bilden sollten [1] [2]. Dabei kamen 12 Chips zum Einsatz, von denen drei die zentrale Recheneinheit (CPU) bildeten. Ziel war es, eine Plattform für elektronische Taschenrechner zu entwickeln, die durch einfachen Austausch der ROM-ICs (Read-Only Memory) modifiziert werden konnte. Das Team von Intel sah Raum für eine Optimierung des Entwurfs, unter anderem, weil die erforderlichen Gehäuse nicht mit dem damals verwendeten 16-Pin-Standard übereinstimmten. Es wurde eine Vier-Chip-Lösung vorgeschlagen, bei der die CPU in einem einzigen Gehäuse integriert war. Damit war das „Busicom-Projekt“ geboren, das nach einigen Entwurfsarbeiten gegen Ende des Jahres jedoch in eine Sackgasse geriet. Damals war TTL die bevorzugte Technologie, und es gab eine Reihe von Logikbausteinen und Speichern. MOS war vielversprechend, da es bei gleichen Kosten und

1970 Pascal wird eingeführt

1971 Intel 4004 Mikroprozessor

1974 TCP-Protokoll wurde spezifiziert



gleicher Verlustleistung die zehnfache Dichte von TTL bieten konnte. Allerdings war die Geschwindigkeit viel geringer, und die Technologie galt allgemein als unzuverlässig. Intel war es gelungen, einen statischen MOS-Direktzugriffsspeicher (SRAM), den 1101, auf den Markt zu bringen, aber die erstmalige Produktion konnte nur zwei funktionierende Chips pro Wafer liefern [3]. Das Geschwindigkeitsproblem hing mit der Kapazität des Gates zusammen, die durch das verwendete Aluminium und dem Herstellungsprozess selbst verursacht wurde. Man fand heraus, dass diese Kapazität durch die Verwendung eines Silizium-Gates reduziert werden könnte, wodurch das Gate „selbstausgerichtet“ und die gesamte Struktur kleiner werden könnte. Leider erwies sich das bisher verwendete amorphe Silizium jedoch als zu spröde und anfällig für Risse während der Oxidationsschritte.

MOS – die neue Technologie

Federico Faggin wechselte Anfang 1970 zu Intel, nachdem er bei Fairchild an der MOS-Technologie gearbeitet hatte. Dort hatte er eine Reihe von Problemen gelöst, die für die Entwicklung eines Mikroprozessors entscheidend waren. Erstens hatte er das amorphe Silizium-Gate durch polykristallines Silizium ersetzt, was zu einem viel zuverlässigeren Herstellungsprozess führte. Zweitens hatte er eine Methode für Kontakte entwickelt, die den Einsatz von Aluminium überflüssig machte, was zu einer dichterem Schaltung führte. Und schließlich hatte er ein spezielles Verfahren entwickelt, das volle und schnellere Schwankungen des Ausgangssignals ermöglichte. Die Anwendung dieser Technologie auf den 3708 von Fairchild, einen achtkanaligen Analogmultiplexer, hatte zur Folge, dass das Design viertel so schnell war, einen zehnfach geringeren Leckstrom aufwies und zweieinhalbmal kleinere Multiplexing-Transistoren besaß als der 3705, sein Vorgänger, der mit Metall-Gate-MOS gefertigt wurde.

Während die Entwickler von Intel mit der Arbeit am 1103, ihrem ersten dynamischen MOS-RAM (DRAM), beschäftigt waren, erhielt Faggin die wenigen Unterlagen des Busicom-Projekts und musste sich selbst

Der 4004 war der erste kommerziell hergestellte Mikroprozessor, der mit bis zu 740 kHz arbeitete sowie für Ein-Wort-Befehle eine Zeit von 10,8 µs und für Zwei-Wort-Befehle 21,6 µs benötigte.

darum kümmern. Die vier Chips bestanden aus dem 4001, einem 2048-Bit-Metallmasken-ROM, dem 4002, einem 320-Bit-RAM, dem 4003, einem statischen 10-Bit-Schieberegister mit seriellen Ein- und Ausgängen und Gated-Parallel-Ausgängen, und dem 4004 [4], einem 4-Bit-Prozessor, dessen Entwurf unvollständig war. Die 4000er Produkt Nummerierung wich von Intels Standard-Ansatz ab. Dennoch erlaubte sie es, die vier Chips als kompatible Teile einer kompletten Mikrocomputerplattform zu betrachten, die später als MCS-4 [5] (Micro-Computer Set) bekannt wurde (Bild 1).

Verzögerungen

Als Masatoshi Shima, der leitende Ingenieur von Busicom, nur wenige Tage, nachdem Faggin seine neue Aufgabe angetreten hatte,

erfuhr, dass die Chips, von denen sein Rechner abhing, noch nicht einmal entwickelt worden waren, gab es Probleme. Unter dem Druck, den Zeitplan von Busicom einzuhalten, erklärte sich Faggin dann bereit, bis Dezember 1970 einen voll funktionsfähigen Chipsatz zu liefern. Die Herausforderungen waren immens. Jeder Baustein musste von Hand entworfen und layoutet werden, während bei der Herstellung die neueste MOS-Technologie zum Einsatz kam. Das Team von Intel wurde durch den 4004 dazu gebracht, die Grenzen der MOS-Fertigung voll auszutesten. Shima erhielt die Erlaubnis, sechs Monate lang in den USA zu bleiben, um Faggin bei der Entwicklung zu unterstützen. Je weiter das Projekt voranschritt, desto mehr Entwickler und Layouter wurden eingesetzt. Gegen Oktober trafen die ersten Muster des 4001 ein, dicht gefolgt vom 4003. Beide Geräte funktionierten auf Anhieb und erfüllten sogar die Vorgaben für die Taktrate und die Signal- und Versorgungsspannen. Der 4002 erforderte nur eine kleine Korrektur, die leicht zu beheben war.

Erste Tests

Kurz vor Silvester wurde dann der 4004 geliefert. Als die Prüfsonde vorsichtig an ihren Platz gesenkt wurde, funktionierte der erste Chip nicht. Auch der nächste

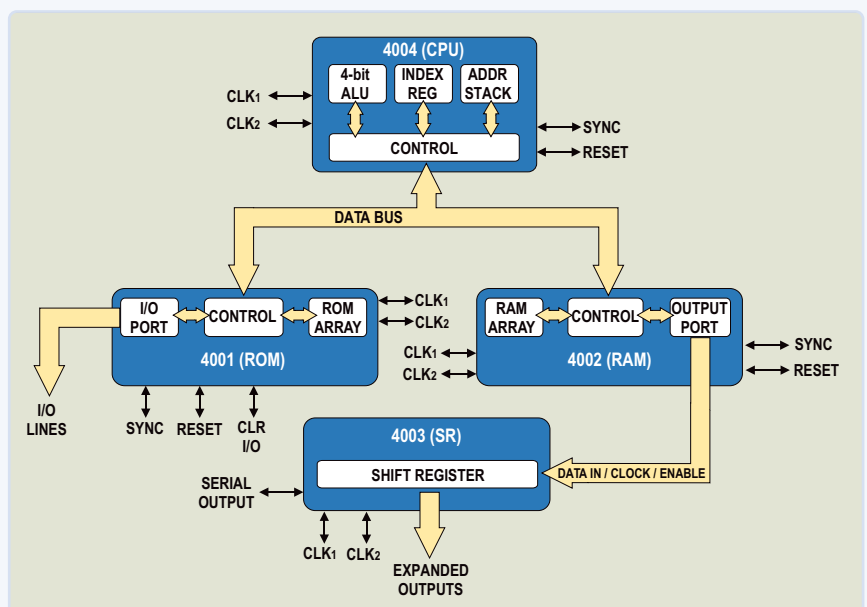


Bild 1: Für eine minimale MCS-4-Implementierung wurden nur der 4004 und der 4001 ROM benötigt. ROMs und RAMs brachten I/Os und die Verwendung des Schieberegisters 4003

Chip und ein weiterer Wafer zeigten ebenfalls keine Lebenszeichen. Eine sorgfältige Inspektion des Wafers mit einem Mikroskop zeigte, dass die „Buried Contact Layers“ vollständig fehlten, so dass die meisten Gates der Transistoren nicht angeschlossen waren. Bei der Lieferung einer neuen Charge von Wafern drei Wochen später erwies sich das Produkt als voll funktionsfähig.

Der 4004 war der erste kommerziell hergestellte Mikroprozessor, der mit bis zu 740 kHz arbeitete und für Ein-Wort-Befehle 10,8 µs - und für Zwei-Wort-Befehle 21,6 µs benötigte (Bild 2). Von den 16 vorhandenen Pins waren zwei für einen Zweiphasentakt, zwei für die Stromversorgung und zwei weitere für Reset und Test vorgesehen. Vier Pins wurden einem bidirektionalen 4-Bit-Datenbus zugewiesen, einer für ein ROM-Select-Signal und ein weiterer für einen Sync-Ausgang. Die restlichen vier Pins dienten der Auswahl von RAM-Bänken. Der Prozessor unterstützte keine Interrupts, verfügte aber über einen dreistufigen Stack. Die 4001-ROM-Chips besaßen einen 4-Bit-Eingangs-Ausgangsanschluss, während die 4002-RAM-Bausteine einen 4-Bit-Ausgangsanschluss hatten. Das Schieberegister 4003 wurde als Schnittstelle zu diesen Ports entwickelt. Zusammen ermöglichten diese Schnittstellen den Anschluss von Tastaturen, Druckern und anderen Geräten.

4004 für größere Zielgruppe

Die MCS-4-Architektur wurde exklusiv für Busicom entwickelt, was bedeutete, dass sie nicht an andere verkauft werden konnte.

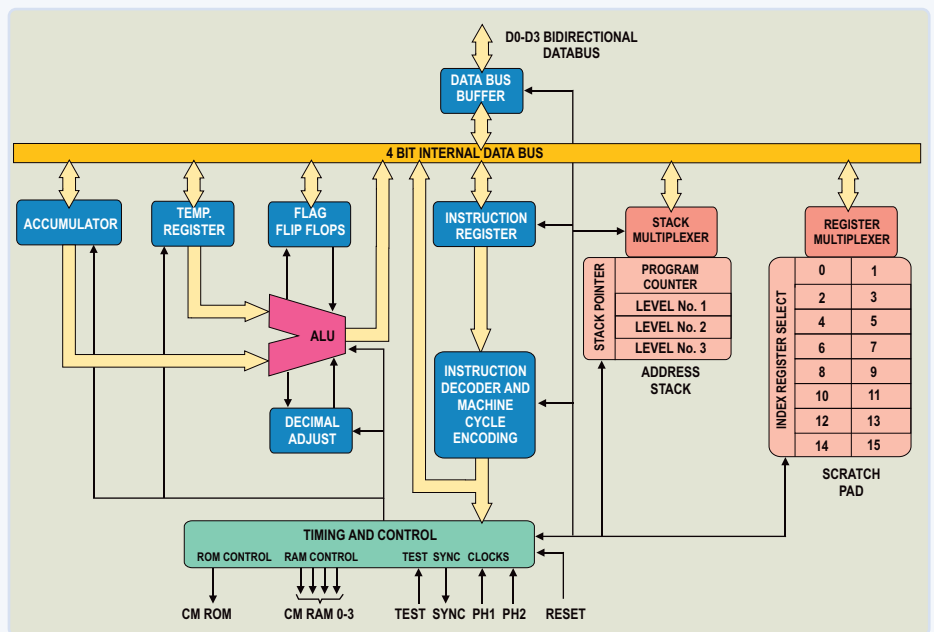


Bild 2: Der 4004 war ein 4-Bit-Prozessor, der mit Wortbefehlen arbeitete und über einen dreistufigen Stack verfügte.

Dies erwies sich für Faggin als frustrierend, denn er erkannte das unglaubliche Potenzial dieser frei programmierbaren Verarbeitungsplattform. Um dem Management von Intel zu beweisen, dass das Potenzial über elektronische Rechner hinausging, baute Faggin einen Wafer-Sortier-Tester für den 4004 mit dem MCS-4-Chipsatz. Busicom befand sich ebenfalls in finanziellen Schwierigkeiten, und als Intel ihnen die betreffenden Chips zu einem niedrigeren Preis anbot, um die Exklusivitätsvereinbarung aufzuheben, akzeptierten sie. Damit wurden der MCS-4-Chipsatz und der 4004 für alle verfügbar.

Busicom verwendete den MCS-4-Chipsatz für andere Anwendungen wie Geldautomaten, Registrierkassen und Abrechnungs-

maschinen. Andere Unternehmen nutzten ihn zum Betrieb des ersten mikroprozessorgesteuerten Flipperspiels „Flicker“ [6], eines Bowling-Simulators, elektrischer Schreibmaschinen und sogar zum Betrieb einer der ersten bei Wahlen eingesetzten Maschinen. Faggin setzte die Entwicklung von Prozessoren fort und übernahm das 8-Bit-Projekt 1201 von Intel, das 1972 als 8008-Prozessor auf den Markt kam. Beide Prozessoren wurden aufgerüstet, so dass die Ingenieure 1974 sowohl den 4040 als auch den 8080 entwickeln konnten. Zu diesem Zeitpunkt hatte Faggin das Gefühl, dass Intel nur an Mikroprozessoren interessiert war, um sein Kernprodukt, den Speicher, zu verkaufen. Um sich auf Mikroprozessoren zu konzentrieren, verließ er das Unternehmen Ende 1974 und gründete Zilog, wo er den äußerst erfolgreichen Z80 entwickelte, der die Revolution der Heimcomputer in den 1980er Jahren einleitete. ◀

210483-01

WEBLINKS

- [1] N. Tout, „Busicom 141-PF / NCR 18-36,“ Vintage Calculators Web Museum : <https://bit.ly/3iEpHFS>
- [2] C. Steenvoorden, Busicom 141-PF Emulator: <https://bit.ly/3s9oARC>
- [3] „Intel at 50: Intel's 1101,“ Intel Corporation, May 2018: <https://intel.ly/2VRSTkf>
- [4] M. Szyk, Intel 4004 System Emulator, 2007: <https://bit.ly/3CLX9T8>
- [5] MCS-4 User Manual, Intel Corporation, 1974: <https://bit.ly/3fYLB4T>
- [6] A. Tzannes, „The First Microprocessor Pinball Machine,“ Gameroom, June 1999: <https://bit.ly/2VPcBN4>
- [7] A processor Intel C4004 without grey traces, licensed under Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International: <https://bit.ly/3xHF58S>

Über den Autor

Stuart Cording ist Ingenieur und Journalist mit mehr als 25 Jahren Erfahrung in der Elektronikindustrie. Sie können viele seiner Elektor-Artikel unter www.elektormagazine.com/cording lesen.

Von den 70ern bis zur Jahr- tausendwende



Karel
Walraven

Von Luc Lemmens (Elektor)

Wenn Sie etwas über die Elektronik der 70er Jahre (und darüber hinaus) wissen wollen, fragen Sie Karel Walraven, der sein berufliches Abenteuer bei Elektor im Januar 1975 als Entwickler, Redakteur und Übersetzer begann. Später, in Zeiten aufregender, technologischer Innovationen, leitete er das Elektor-Labor- und Redaktionsteam und schrieb bis in die Mitte der 2000er Jahre hinein auch interessante Artikel.

Karel Walraven hat mehr als die Hälfte der Lebensjahre von Elektor als Entwickler, Laborleiter und (Chef-)Redakteur unserer Zeitschrift erlebt. Bevor er für die ehemalige *Uitgeverij Elektuur* - damals noch unter der Leitung ihres Gründers Bob van der Horst - zu arbeiten begann, war er bereits seit vielen Jahren Abonnent. Einen Großteil seines Elektronikwissens verdankte er dem

Selbststudium, unter anderem mit Bauprojekten aus unserer Zeitschrift. Ein 60-jähriges Jubiläum wäre nicht vollständig ohne seinen Rückblick auf die Jahre, in denen er mit uns zusammengearbeitet hat.

Lemmens: Wie haben Sie Ihre Arbeit bei Elektor begonnen und welche Positionen hatten Sie inne?

Walraven: Als ich mein Studium der Elektrotechnik an der Fachhochschule abgeschlossen hatte, gab es nicht allzu viele Stellen, die mich interessierten. Seit meinem 15. Lebensjahr war ich Abonnent der *Elektuur* (wie Elektor damals in den Niederlanden genannt wurde), aber auf die Idee, mich dort zu bewerben, war ich nie gekommen, bis mir das Arbeitsamt einen Tipp gab. Also habe ich mich beworben, und so begann am 1. Januar 1975 meine Laufbahn bei Elektor als Entwickler, Redakteur und Übersetzer. Mit dem ersten Projekt, das ich selbst auf die Beine stellen musste, wurde ich ins kalte Wasser geworfen: Es ging um eine interessante Schaltung für ein Oszilloskop. Ein erfahrener deutscher Autor sollte sich um die Entwicklung kümmern, aber wir mussten das Projekt aus verschiedenen Gründen nach kurzer Zeit leider wieder abbrechen.



Das Elektor-Scope.

Einige Jahre später wurde ich Leiter des Labors, eine Position, die ich bis zu meinem Vorruhestand im Jahr 2006 innehatte. Mehrere Jahre lang war ich auch der koordinierende Redakteur, der sowohl für das Labor als auch für die Redaktion verantwortlich war.

Lemmens: Jede Ausgabe von Elektor erforderte neue Projekte. Woher kamen die Ideen?

Walraven: Zunächst einmal muss man als Entwickler oder Redakteur von Natur aus neugierig sein. Man liest die Publikationen der Hersteller und die Zeitschriften der Konkurrenz. Dann hat man natürlich Kontakt zu seinen Kollegen und nicht zuletzt zu den Lesern. Sie bringen viele Ideen ein, manchmal nur in Form von Vorschlägen, oft aber auch als fertiges Projekt. Man saugt all diese Informationen auf, und wenn ich morgens aufwache, denke ich oft: „Jetzt weiß ich, wie ich das Problem lösen würde!“ oder „Ich könnte doch mal dieses oder jenes entwickeln!“

Lemmens: Wenn ich mir die Veröffentlichungen in Elektor von den Anfängen bis heute anschau, komme ich zu dem Schluss, dass es immer schon klare Trends in der Hobbyelektronik gab. In den 60er und 70er Jahren gab es zum Beispiel ein großes Interesse an Audioprojekten. Anfang der 80er Jahre kamen dann Mikrocontroller, Heimcomputer, PCs und ähnliche Dinge dazu.

Walraven: Die Audioprojekte, bei denen wir manchmal jedes Jahr einen Verstärker veröffentlichten, verschafften uns in der Tat ein großes Publikum. Als der Preis für TTL-ICs unter eine D-Mark bzw. einen holländischen Gulden fiel, widmete Elektor fast eine ganze Ausgabe dem 7401.

Der Übergang zu den ersten Mikroprozessorschaltungen war schwierig. Wir waren der Meinung, dass es sich um eine wichtige Entwicklung handelte, aber niemand hatte eine Ahnung, was man damit anfangen sollte. Wir sind nie wirklich über die Entwicklungssysteme hinausgekommen, von denen der Junior-Computer das bekannteste ist. Aber es gab weitere erfolgreiche Projekte in diesem Bereich, wie zum Beispiel eine Reihe von 8051-Boards, darunter die Basic Matchbox und das 8052-BASIC Compuboard. Auch die begleitenden Software-Kurse stießen bei unseren Lesern auf großes Interesse.

Lemmens: Ganz einfach gesagt, viele der heutigen Hobbyprojekte bestehen aus einer Kombination von vorgefertigten Modulen aus Fernost, etwas Software und möglicherweise einem 3D-gedruckten Gehäuse, damit es hübsch aussieht. Da hat sich im Laufe der Jahre eine Menge getan, wie mir scheint.

Walraven: Ja, das stimmt. In den 50er Jahren war das Unternehmen AMROH bei den Hobby-Elektronikern hier in den Niederlanden führend. Das war eigentlich eine Transformatorenfabrik, aber um den Umsatz zu steigern, verkauften sie für ein paar Gulden Baupläne von Verstärkern und Radios, in denen natürlich ihre Transformatoren verwendet wurden. Philips hatte komplette Bausätze mit allen Komponenten, einschließlich Schritt-für-Schritt-Anleitungen, in denen jedes Bauteil und jeder Draht erwähnt wurde – und was man damit machen musste. Eine unglaubliche Qualität, und natürlich habe auch ich einige davon gebaut.

Bei Elektor gab es das alles nicht. Die Leser hatten zwar die Schaltpläne, aber sonst musste man sich alles selbst zusammenreimen. Doch das änderte sich mit dem Aufkommen der Leiterplatte. Elektor begann, Layouts zu drucken, mit denen man seine eigene Platine ätzen konnte. Und etwas später konnte

man bei Elektor dann auch fertige Leiterplatten bestellen.

Das war ein Wendepunkt. Früher mussten die Leser ihre Platinen selber ätzen, doch jetzt schien alles so einfach zu sein. Von einem Tag auf den anderen verkaufte Elektor Zehntausende von Leiterplatten für seine Verstärkerschaltungen – und ich spreche jetzt nur von den Niederlanden, und die Zahl der Abonnenten nahm proportional zu. Plötzlich begann jeder, sich für Elektronik zu interessieren. Damals kosteten kommerzielle Verstärker noch weit über tausend D-Mark, doch selbstgebaute Geräte waren nur halb so teuer.

Später kam der Software-Service hinzu. Wir verkauften Kassetten und sogar Vinyl-Singles mit Programmen, bevor es Disketten, CDs und DVDs gab. Elektor verkaufte auch (E) PROMs, programmierte Mikrocontroller und programmierbare Logik. Vor allem in den Anfangsjahren waren die dafür benötigten speziellen Programmiergeräte für den durchschnittlichen Bastler viel zu teuer. Mit diesem Service machten wir auch die entsprechenden Projekte einem viel größeren Publikum zugänglich.

Für die Redakteure war dies ein großer Erfolg, aber alles hat auch seine Schattenseiten. Während die Leser früher ziemlich viel über

Motorola LED sentries never die.

Unlike filament indicator lamps, Motorola Light Emitting Diodes don't die. They come in three colours – red, yellow and green – and in viewing angles to suit all applications. We're so confident of your determination to be up-to-date, that we've invented heavily to give you first LED's you want, when you want them. Use indicator lamps that are worthy of your equipment. Use Motorola LED's as sentries to watch over it. To find out more about the design possibilities of these high-reliability products, just send for the new Motorola Opto Electronics brochure, which gives you information about our light detectors and couplers too. You'll find it profitable reading.

MOTOROLA Semiconductors

Now you can change record-speeds without changing record-speeds.

We've done away with the old turntable speed-control, on this very advanced Philips GA30P record deck. Simply by placing a record on the turntable the correct speed is electronically chosen and the pick-up lowered gently into the run-in groove.

At the end of the record the turntable stops and the arm returns to the rest. The facility ensures that both the record and stylus are fully protected. In minimal operation, the pick-up can be positioned over the grooves and lowered by means of a touch control. The mechanism permits very accurate positioning. Controlled by a servomotor via electronic touch controls, it can be operated whether the deck is used manually or as a fully automatic deck. Electronic control makes sure that the turntable speed is kept constant. Separate fine speed controls for 33 1/3 and 45 rpm allow the record to be tuned to the pitch of any musical instrument. The photo-electric stop switch is completely soundless and frictionless. High stability and insulation against shocks and vibration are ensured by the floating suspension of the turntable and pick-up arms. The tracking error of the practically frictionless pick-up arm is very small. Side thrust compensation is adjustable for all playing weights for both spherical and elliptical stylus. The top cartridge from the Super IV range, the GM412, is supplied as standard.

PHILIPS
Simply years ahead.

Anzeigen aus dem Jahr 1975.

Elektronik wussten, kam nun ein „Verbraucher-Publikum“ hinzu, das durch keinerlei Wissen „behindert“ wurde und einfach nur ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis wollte. Das war plötzlich ein ganz anderes Spielfeld. Viele neue, zum Teil ganz andere Abonnenten mit anderen Ansprüchen. Elektor bekam den Ruf, dass es eine wirklich schöne Zeitschrift sei, aber dass die Schaltpläne unzuverlässig seien. Es ist uns nie gelungen, dieses Image ganz abzuschütteln, obwohl wir jede Schaltung im Labor nachgebaut, eine wöchentliche Fragestunde angeboten und alle unsere Fehlversuche veröffentlicht haben.

Lemmens: Komplette Bausätze scheinen ein logischer nächster Schritt zu sein, aber es hat trotzdem lange gedauert, bis Elektor sie zu verkaufen begann.

Walraven: In jenen Jahren verdienten wir unser Geld auch mit dem Verkauf von Anzeigen. Viele dieser Anzeigenkunden verkauften selbst Bauteile und (Elektor-)Bausätze. Aus kommerzieller Sicht war es daher keine gute Idee, ihnen in die Quere zu kommen. Außerdem wurde Elektor dann plötzlich Teil eines großen Verlags, für den keine Platinen, sondern nur gedruckte Seiten zählten.

Lemmens: Die Zeitschrift Elex war einige Jahre lang die kleine Schwester von Elektor. In Deutschland wurde sie später noch eine Zeit lang unter dem Titel ESM herausgegeben. Es war ein Einsteigermagazin, das durchaus Leser anlockte, sich aber letztlich als nicht lebensfähig erwies.

Walraven: Elex/ESM war recht beliebt, und als Redakteure haben wir das Blatt gerne gemacht, aber wir konnten kein Geld damit verdienen, weil kein Anzeigenkunde interessiert war. Der ursprüngliche Plan war, Elex mit nur einem Redakteur zu machen und den Inhalt alle drei Jahre neu zu veröffentlichen. Aber nach der ersten Ausgabe war das nicht mehr der Fall und Elex verließ sich auf die Arbeit der Elektor-Redakteure. Die Anzeigenkunden, insbesondere die Teilehändler, fanden die Schaltungen in Elektor zu groß und komplex, aber die einfacheren Entwürfe in Elex waren offenbar auch nicht das, was sie wollten.

Lemmens: Ich hatte immer den Eindruck, dass Sie ein Tausendsassa in Sachen Elekt-

ronik waren. Stimmt das, oder konnten Sie mit meinem 3D-Drucker aus. Ich beschäftige auch verschleiern, dass Sie in einigen Diszi- plinen keine Kenntnisse hatten?

Walraven: Ich kann über viele Dinge einem Arduino Nano. Außerdem habe ich sprechen. Ich weiß über viele Themen ein einige kleinere Dinge wie ein Thermome- bischen. Also ja, im Großen und Ganzen kann ter mit großem Display, einen Thermostat, ich verfolgen, was links und rechts passiert. eine Steuerung für die Dunstabzugshaube Außerdem ertrage ich es nicht, wenn ich und ähnliche Geräte gebaut. Alles mit dem etwas nicht weiß, also schlage ich es nach, Arduino.

und beim nächsten Mal weiß ich es. Mein **Lemmens:** Sie sind jetzt seit etwa 15 Jahren ganzes Leben lang war ich fasziniert davon, im Ruhestand. Vermissen Sie Elektor noch? wie Dinge und Prozesse funktionieren. Damit **Walraven:** Leider (für Elektor) muss ich sagen, meine ich nicht nur die Technik, sondern dass ich als Rentner die beste Zeit meines natürlich auch die Interaktion zwischen Lebens habe. Ich bin immer noch gesund und Menschen. Übrigens habe ich überhaupt kann tun, was ich will. Ich arbeite ehrenamt- kein Problem damit, zuzugeben, wenn ich lich in der Volkshochschule und habe mir etwas nicht weiß. einen ganz neuen Freundeskreis aufgebaut.

Gelegentlich schaue ich in Elektor rein, weil

Lemmens: Beschäftigen Sie sich noch mit mich die Zeitschrift immer noch interessiert, Elektronik? Wenn ja, in welchem Bereich? aber für mich ist der Inhalt heutzutage zu

Walraven: Eigentlich nicht. Ich arbeite sehr auf immer leistungsfähigere Mikropro- gelegentlich mit Modelleisenbahnen und zessor-Boards ausgerichtet. Ich abonniere verwende dafür die BIDIB (DCC)-Karten. Im keine Zeitschrift, nicht einmal eine Zeitung. Moment entwerfe ich den Mechanismus zur Das Internet ist mein Fenster zur Welt. Steuerung meiner Weichen und drucke ihn

210480-02

Über den Autor

Luc Lemmens ist Ingenieur und technischer Redakteur bei Elektor. Viele seiner Artikel können Sie unter www.elektormagazine.com lesen, und Sie können ihm auf Twitter unter <https://twitter.com/LElektor> folgen.



Inhaltsverzeichnis

- > NICD-AKKUS SCHNELL GELADEN
- > DREHZAHGREGLER FÜR MINI-BOHRMASCHINE
- > SPRACHVERFREMDER
- > VOCODER-SYSTEME
- > DIGITAL-THERMOSTAT
- > FREQUENZVERDOPPLER FÜR DIE GITARRE
- > QUÄLGEIST (ELEKTRONISCHE GRILLE)
- > STEHWELLEN-MESSGERÄT
- > DAMPFLOK-GERÄUSCH-GENERATOR
- > NEUE BUS-PLATINE FÜR DAS SC/MP-SYSTEM
- > TV-SPIELCOMPUTER, TEIL 2
- > VERKEHRSAMPEL

Neugierig, was Elektor Ende der 1970er Jahre veröffentlichte?

die 1980er



Die 1980^{er} Jahre Eine Computer- Revolution

Von Larry Kossek (Elektor)

Im Jahrzehnt von 1980-1990 machten Otto Normalbürger und Lieschen Müller zunächst mit der digitalen Elektronik und dann sehr schnell mit dem Computer Bekanntschaft. Hier meine Beobachtungen beim Durchblättern von über 100 Elektor-Ausgaben, die in der Zeit von Ronald Reagan und Deng Xiaoping erschienen sind.

Zu Beginn des Jahrzehnts 1980-1990, als sich Computer langsam durchsetzten, waren diese Geräte alles andere als weit verbreitet! Innerhalb weniger Jahre aber war Elektronik digital geworden, und man kam nicht mehr umhin, sich mit „dem Computer“ zu befassen. Was mit Computer gemeint ist, muss man heute wohl kaum erklären. Damals sah das aber so aus wie in **Bild 1**. Anfang der 1980er existier-

ten dezidierte Computer-Bildschirme im Alltag noch kaum - abgesehen von Fernsehgeräten. Ganz wie in den Jahrhunderten seit Gutenberg herrschte zuhause und am Arbeitsplatz noch das Papier vor. Als Symbol für Computer mussten 1980 sogar perforierte Papierstreifen herhalten! Auch typisch: Damals gab es zwar schon „die Fernkopie“ alias Fax, aber man musste das oft auf Thermopapier gedruckte Fax zu Archivierungszwecken noch schnell fotokopieren, bevor es verblasste!

Vor den 1980ern gab es zwar schon Computer und der Begriff war allgemein bekannt, aber kaum jemand wusste, wie so eine Maschine funktionierte und wozu sie gut sein soll. Der deutsche Begriff „Informatik“ als Kombination von Information mit dem Suffix „-ik“ schon 1957 geprägt und drückt sehr gut die eigentliche Bedeutung und Aufgabe digitaler Elektronik aus, nämlich Informationen zu verarbeiten.

Der *homo informaticus* nutzte Elektronik, um neue Techniken zur Verarbeitung und Verbreitung von Informationen in außerordentlichem Tempo zu entwickeln. Diese neuen Techniken wiederum haben dann unsere Lebensweise stark beeinflusst. Die Anfänge dieses Wandels waren schon lange vorher zu spüren, doch mittlerweile wurde der Wandel unumkehrbar.

homo informaticus

Für jedes einzelne Jahr dieses Jahrzehnts wird nachfolgend eines der Produkte beleuchtet, dessen innovativer Charakter die Menschen fasziniert und den Geldbeutel der Verbraucher geöffnet hat. Bei den Jahreszahlen handelt es sich um das Datum der Markteinführung. Allen Produkten ist gemeinsam, dass sie noch heute unter ihrem ursprünglichen Namen oder in einer abgeleiteten Form verwendet werden. Sie sind vielfach aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Eine einfache Liste reicht aus:

- 1981: IBM-PC unter MS-DOS
- 1982: Commodore C64
- 1983: Lotus 1-2-3 (Tabellenkalkulation)
- 1984: Macintosh samt Maus
- 1985: NES (Nintendo Entertainment-System)
- 1986: Listserv (automatisierte Mailing-Liste)
- 1987: HyperCard (Hypertext für den Macintosh)
- 1988: Photoshop (Bildverarbeitung)
- 1989: Erster GPS-Satellit | WWW vorgeschlagen
- 1990: Erster Web-Browser Worldwide-web (in Nexus umbenannt)

Falls Sie staunen und zweifeln: Diese Daten sind leicht überprüfbar!

Mängel und Mangel

Die 1980er Jahre waren auch das Jahrzehnt der Präsidentschaft von Ronald Reagan. Sie endeten mit dem Fall der Berliner Mauer 1989. Umweltkatastrophen wie Bopal 1984 und Tschernobyl 1986 warfen erste Schatten auf den damals noch vorherrschenden technischen Triumphalismus samt ungetrübten Fortschrittsglauben. China stellte noch keine iPhones her, aber Deng Xiaoping begann, quasi ihre Produktion vorzubereiten (sein Motto war „Hit it hard!“). Wer hätte damals gedacht, dass 40 Jahre später die Elektronikingenieure der Welt ängstlich die Docks absuchen würden, an denen chinesische Containerschiffe mit ihren elektronischen Bauteilen (oder Gesichtsmasken) anlegen, die nirgendwo sonst erhältlich sind!

Der aktuelle Mangel an Bauteilen ist zumindest in Europa kein neues Problem. Während Europa in den 1980er und 1990er Jahren noch versuchte, beim technologischen Wettlauf mitzuhalten, wurden die meisten technologischen Durchbrüche in den USA und manche im Fernen Osten erzielt. Das zeigen die exotischen „Made in...“-Stempel auf innovativen Bauteilen, welche die Fertigung in Taiwan, den Philippinen, Japan, Malaysia etc. bezeugten. Allerdings waren damals weder Transport- noch Produktionskapazitäten so groß

wie heute. Und Technik wurde komplex: Für den Laien war Innovation daher oft ein Synonym für Frustration.

Üppige Vielfalt

Wenn Elektor in diesem Jahr das 60-jährige Bestehen der gleichnamigen Zeitschrift feiert, existierte sie Anfang der 80er Jahre gerade mal 20 Jahre. Das richtige Alter? Für Menschen: ja. Es waren Umbrüche zu bewältigen. Für die Redakteure einer damals noch schwarz-weiß gedruckten Zeitschrift stellten sich entscheidende Fragen. Welcher Weg sollte eingeschlagen werden? Elektronik entwickelte sich in alle Richtungen. Es gab auf einmal elektronische Spiele (erinnern Sie sich noch an elektronische Blasenfolie und ihr Platzen?). Die Automobil-, Audio- und Musikbranche, die Raumfahrt oder der medizinische und bildgebende Sektor – es war notwendig, all dem zu begegnen. Tatsächlich brachte Bob van der Horst, Gründer und Chefredakteur der Zeitschrift Elektor, schon 1981 eine der Medizintechnik gewidmete Publikation heraus. Er hatte damals schon dessen enormes Wachstumspotenzial erkannt; übrigens genauso wie er 20 Jahre zuvor das Potential von Halbleitern vorausgesehen hatte.

Dieser thematische und technische Wildwuchs spiegelte sich im Labor und

in der Redaktion von Elektor in der (friedlichen) Koexistenz vieler spezialisierter Mitarbeiter wider, ohne dass der Leser wusste, wer welchen Beitrag geschrieben hatte. Damals wurden nämlich von Elektor-Mitarbeitern verfasste Artikel nicht signiert. Nur bei Artikeln von Autoren außerhalb der Redaktion und des Elektor-Labors fand sich ein Autorenhinweis.

Let the Music Play!

Wenn man die Ausgaben aus der ersten Hälfte der 1980er Jahre durchblättert, fällt der hohe Anteil an musikbezogenen Themen auf: Man denke nur an den spektakulären modularen Analogsynthesizer Formant (**Bild 2**), der einige Jahre zuvor erschienen war. Er spielt in der Elektor-Werbung für seine Bücher, Platinen und Frontplatten noch immer eine wichtige Rolle. Er wurde geradezu massenhaft nachgebaut. Und dann gab es noch Spezialitäten wie ein Vocoder, ein Clavitar (Umhänge-Keyboards) oder den Chorosynth (Chorus/String-Effekt-Synthesizer) sowie viele andere Instrumente. All diese Elektronik war noch zu 100 % analog. Sogar die berühmten ICs von Curtis im neuen Elektor-Synthesizer von 1981 waren nondigital. Zur gleichen Zeit hielten jedoch auch digitale Projekte Einzug in Elektor. Vom Mai 1980 stammt der erste,



Bild 1: Der legendäre Elektor Junior Computer!

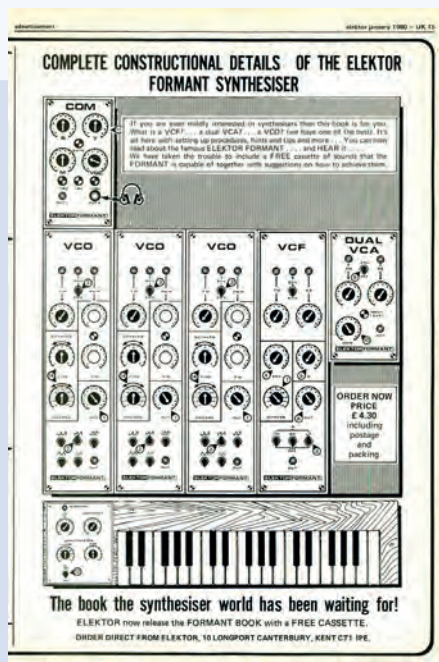


Bild 2: Diese Anzeige für das Formant-Buch öffnet einen Rückblick in die Vergangenheit!



Bild 3: Elektor-Spezial von 1981 über 16-Bit-Mikroprozessoren.



Bild 4: Die „Sprachplatine“ von Elektor 1981: Eine Platine mit einem „Wortschatz von einigen hundert Wörtern für ein Mikroprozessorsystem“!



Bild 5: Die Ausgabe vom Mai 1982 enthielt eine große Vielfalt an Inhalten.



Bild 6: Die italienische Ausgabe von Elektor September 1981 hatte ein besonders einprägsames Cover.

immerhin elf Seiten lange Artikel über den Junior Computer (**Bild 1**). In der gleichen Ausgabe stand eine große doppelseitige Anzeige für den Sinclair ZX80 – übrigens zum ersten Mal im Vierfarbdruck, während der Rest des Magazins in schwarz-weiß war und dies auch noch für lange Zeit blieb. Kaum ein Jahr später widmete sich Elektor in einem Sonderteil den 16-Bit-Mikrocontrollern – damals Mikroprozessoren genannt, denn MCUs gab es noch nicht (**Bild 3**). Diese Mischung der Genres war charakteristisch für Elektor. Die Speisekarte wechselt oft von einem exotischen Gemüse zum anderen, aber die Lieblingsbeilagen waren offensichtlich Chips.

Top oder Flop?

Obwohl er die in ihn gesetzten Erwartungen nicht ganz erfüllen konnte, war der Metall-detektor von Elektor November 1981 zur großen Überraschung einer der Artikel, die für Furore sorgten. Nachwirkungen waren noch jahrelang zu spüren.

Es ist nach wie vor schwierig, die Resonanz und die Beliebtheit bestimmter Projekte oder ihre zukünftigen Auswirkungen zu erahnen. Ein Beispiel: Synthetische Stimmen und Spracherkennung sind heute alltäglich. Die Elektor-Sprach-Platine (**Bild 4**) vom Dezember 1981 löste allerdings nicht viel Begeisterung aus. Seither folgten 40 Jahre des Ausprobierens und

Optimierens, die schließlich zu Lösungen wie Alexa, Siri und anderen („OK Google“) geführt haben.

Mir fielen merkwürdige Lücken auf, die manchmal zwischen der Titelseite und dem Inhalt von Elektor bestanden: Gelegentlich wurden wichtige Artikel auf der Titelseite überhaupt nicht erwähnt. Manchmal vielleicht, weil damals die Titelseite (in Farbe) lange vor dem Inhalt der Zeitschrift (in schwarz-weiß) fertiggestellt wurde. Außerdem gab es wohl bisweilen Zweifel, ob ein Artikel rechtzeitig fertig werden würde...

Möglicherweise gab es auch vereinzelt Meinungsverschiedenheiten in der Redaktion über was es wert war, auf die Titelseite zu kommen sollte.

Es gab auch Gegenbeispiele: **Bild 5** zeigt eine Ausgabe mit unglaublich reichhaltigem und ehrgeizigem Inhalt. Geboten wurde in der englischen Ausgabe mit „Artist“ ein Gitarrenverstärker, dazu kam eine Z80- μ P-Karte und der Polyformant (nochmals Musik).

Italien – ohne Arduino

Dank seiner englischen, deutschen, niederländischen und französischen Ausgaben wurde Elektor quasi in der ganzen Welt gelesen. In den 1980er Jahren erlebte Elektor ein starkes internationales Wachstum mit Ausgaben in anderen Sprachen,

darunter Italienisch, Spanisch und Schwedisch. Lizenzausgaben gab es auch in Indien, Pakistan, Indonesien, Brasilien und anderen Ländern. **Bild 6** zeigt das Titelbild der italienischen Elektor-Ausgabe vom September 1981. Italien, der Geburtsort des Arduino...

Man kann nur darüber spekulieren, was passiert wäre, wenn Elektor und Arduino sich früher getroffen hätten. Ma questa è un'altra storia.

Über den Autor

Larry Kossek kam dank seiner musikalischen Neigung via Elektor mit der Elektronik in Kontakt. Davon und von der Musik gefesselt, entdeckte er digitale Techniken schon als sie auftauchten – übrigens zusammen mit Kollegen und vielen Autoren, die so zu Weggefährten wurden.



Herausragende Artikel aus den 80ern

Man soll sich ja nicht selbst auf die Schultern klopfen, aber bei manchen Projekte ist etwas Stolz durchaus berechtigt. Nachfolgend eine Würdigung der Elektor-Entwickler, die oft bis spät in die Nacht an diesen Schaltungen gearbeitet haben.



Universal-Zähler mit uP (bis 1,2 GHz LS7060)

(Elektor, Januar 1985)

Ein Selbstbau-Frequenzzähler, dessen Fähigkeiten, Eigenschaften und Ergonomie mit viel teureren (professionellen) Geräten vergleichbar war. Wenn Sie einen neuen Frequenzzähler bauen oder kaufen wollen, lohnt sich auch heute noch die Lektüre dieses Artikels. Möglicherweise ist hier Ihr nächster Frequenzzähler beschrieben.



Kartenlesen mit dem Computer

(Elektor Juni 1981, englische Ausgabe)

PC-Besitzer sind immer auf der Suche nach neuen Programmen und „Tricks“, die sie ihrem Lieblingsspielzeug beibringen können. In diesem Artikel wird ein kleiner, aber leistungsfähiger Sensor beschrieben, mit dem man Entfernungen zwischen zwei Punkten auf einer Landkarte mit einer gewissen Genauigkeit messen kann. Per Software wird die Anzahl der gemessenen Zentimeter in die reale Entfernung in Kilometern umgerechnet.



Elektronik im Auto

(Elektor April 1980)

Traditionell war das Thema der April-Ausgabe die Kfz-Elektronik. Neben den Sommer-Dopelausgaben brachen diese Hefte gewöhnlich Verkaufsrekorde. Dies ist eine der bestverkauften Elektor-Ausgaben aller Zeiten.



Surface Mounted Devices

(Elektor Dezember 1985)

Hätten Sie erraten, wann SMDs zum ersten Mal in Elektor beschrieben wurden? Das war 1985 der Fall. Doch schon damals warf das Thema besorgte Fragen auf. Häufig wurde befürchtet, dass bald niemand mehr Bauteile selbst verlöten könne. Das war nicht ganz unberechtigt, doch die Leser von 1985 würden staunen, wenn sie die heutigen Kunststücke in den Video-Tutorials auf YouTube sehen würden.

Elektronische Nase (Gassensor)

(Elektor, September 1982)

Ein weiterer Riesenhit. Zitat: „Über Bild 1 kann man sagen, was man will. Aber viel Elektronik steckt nicht drin.“ Der verwendete Figaro-Sensor aus Japan ist ein gutes Beispiel für die damals neuartigen Bauteile, die damals schwer erhältlich waren. Die Nachfrage überstieg das Angebot bei weitem. Also war die Begeisterung darüber wohl gewürzt mit etwas Frust.



Crescendo (2x 140-W-HiFi-Verstärker)

(Elektor Dezember 1982)

Analoge Schaltungen waren in den 1980ern nicht wegzudenken, besonders im Audiobereich. In Mails (und Briefen) an Elektor erwähnen Leser auch heute noch regelmäßig ihren Crescendo-Verstärker, der immer noch im Einsatz ist. Damals wurde er so vorgestellt: „Der Einstieg in unser XL-System. Ein hochwertiger symmetrischer/komplementärer MOSFET-Stereo-Endverstärker, der mühelos 140 W an 8 Ω liefert. Er ist kurzschlussfest, verfügt über Lautsprecherschutz, Leistungsmessung, Temperatur- und Einschaltanzeige. Ein Verstärker, der jeden ernsthaft interessierten Audiophilen sprachlos macht!“ Eine ganz andere Richtung schlägt ein Artikel in der gleichen Ausgabe ein, der eine Schnittstelle für Disketten für den Junior Computer beschreibt. Falls Sie heute daran zweifeln: Das hat sehr gut funktioniert! ◀



Kraftstoffverbrauchs-Messgerät

(Elektor April 1980)

Der Erfolg von Schaltungen rund um das Auto war in jenen Tagen überwältigend. Die Lieblingsthemen dieser Zeit waren Batterieladegeräte aller Art und Messgeräte für den Benzinverbrauch wie dieses.

210497-02

Der Siegeszug der 8-Bit Home-computer

Von Stuart Cording (Elektor)

Dank Mikroprozessor und Space-Shuttle war die Stimmung in den 1970er- und 1980er-Jahren sehr zukunftsorientiert, so dass der Besitz eines Computers seit dieser Zeit auch für die breite Masse interessant und erschwinglich wurde. Der Minicomputer MITS Altair 8800, der den Acht-Bit-Prozessor 8080 von Intel verwendete, wurde seit 1975 zu Tausenden verkauft, aber ohne Tastatur oder Monitor war er nicht gerade einfach zu programmieren, und mit einem Preis 621 Dollar auch nicht gerade billig. Das änderte sich mit der Einführung von Homecomputern, die für weniger als hundert englische Pfund zu haben waren.



Zu Beginn der 1980er Jahre waren bereits drei wichtige Computer auf dem Markt: der TRS-80, der Commodore PET und der Apple II. Während man für die ersten beiden Maschinen etwa 1000 Dollar hinblättern musste, kostete der Apple II satte 1295 Dollar. Hauptvorteile gegenüber anderen Rechnern [1] waren die Tastatur, der Monitor (oder die Unterstützung für einen Fernseher) und - das entscheidende Merkmal - BASIC. Von nun an konnten die Benutzer auch mit einfachen Mitteln funktionstüchtige Programme erstellen.

📍 Einführung des ZX80
1980

📍 Einführung des BBC Micro Model A
1981

ZX80 und ZX81

Im Mai 1979 prognostizierte die britische *Financial Times*, dass innerhalb von fünf Jahren ein „benutzerfreundlicher Computer“ mit Tastatur und Bildschirm für weniger als 100 Pfund auf den Markt kommen würde [2]. Sir Clive Sinclair und die spätere *Sinclair Research Ltd.* ließen diese Zukunft sogar noch schneller Wirklichkeit werden: Im Februar 1980 wurde der ZX80 [3] in England für 99,95 £ angeboten (bzw. 79,95 £ als Bausatz). Er basierte auf dem Z80 von Zilog, dem von Federico Faggin entwickelten Prozessor, und verfügte über 1 Kilobyte Speicher, der auf 16 Kilobyte aufgerüstet werden konnte. Das Eingabegerät bestand aus Kostengründen nur aus einer flachen Folientastatur. Bei jedem Tastendruck flackerte die Anzeige, was viele als störend empfanden, und statt eines Monitors musste ein flimmernder Fernseher angeschlossen werden.

Sinclair BASIC wurde von John Grant von der Beratungsfirma *Nine Tiles* entwickelt. Er wies den einzelnen Tasten Programmbefehle zu, so dass mit der Taste „O“ zum Beispiel der Befehl „PRINT“ und mit der Taste „R“ der Befehl „RUN“ eingegeben wurde. So wurden nicht nur Fehler vermieden, sondern auch der für die Speicherung von Programmen erforderliche Speicherplatz reduziert. Obwohl diese Version von BASIC nicht ANSI-kompatibel war, passte sie zusammen mit dem gesamten anderen Code, der für den Betrieb der Maschine erforderlich war, in ein 4-KB-ROM. Mit kleineren Anpassungen der Software zur Unterstützung verschiedener TV-Standards und dank der externen Stromversorgung hatte der ZX80 auch im Ausland Erfolg und brachte mehrere Nachbauten hervor.

Das Team reagierte schnell auf den Erfolg und brachte im März 1981 den ZX81 [4] auf den Markt. Zusammengebaut kostete er 398 DM (298 DM als Bausatz). Schon im ersten Jahr wurden in Deutschland 10.000 Computer dieses Typs verkauft [Verkaufspreis und Verkaufszahlen: *Computer History Online*]. Der niedrigere Preis resultierte aus Optimierungen in der Hardware und war trotz des größeren ROM (8 KB), das eine Verbesserung des BASIC ermöglichte, realisierbar. Mit einer Seitenlänge von weniger als 18 cm und unter Beibehaltung der Membran-Tas-

Der Commodore 64 war zwar der erfolgreichste Acht-Bit-Rechner, aber alle diese Geräte trugen in den 1980er Jahren erheblich zur Verbreitung des Computers bei.

tatur war er robust genug, um transportiert zu werden. Die Grafik war natürlich noch in Schwarzweiß, und einen Ton beim Gaming gab es auch noch nicht.

BBC Micro

Die britische Rundfunkanstalt BBC hatte ebenfalls beschlossen, sich für die Verbreitung von Computerkenntnissen einzusetzen. Man bevorzugte jedoch eine standardisierte Version von BASIC. Nach einem Ausschreibungsverfahren wurde *Acorn Computers Ltd.* mit der Entwicklung des Computers beauftragt. Das Unternehmen hatte bereits einen Computer im Angebot, den Acorn Atom (170 £), der auf dem alternativen Acht-Bit-Prozessor der damaligen Zeit, dem 6502, basierte. Er verfügte über eine richtige Tastatur und ein integriertes Netzteil und sah ähnlich aus wie der spätere BBC Micro [5].

Das Modell A mit 16 KB RAM kam Weihnachten 1981 auf den Markt und kostete 299 englische Pfund. Das 32-KB-Modell B kostete 399 Pfund (**Bild 1**). In Verbindung mit einer Reihe von BBC-Fernsehsendungen zum Erwerb von Computerkenntnissen und staatlichen Subventionen für Computer hielt der BBC Micro Einzug in Schulen und Colleges in ganz Großbritannien. Trotz seiner anfänglichen Neigung zur Überhitzung (aufgrund der Stromversorgung) erwies er sich als äußerst erfolgreich. Er bot eine Reihe von Farben und Grafikmodi, verfügte über drei Ton-Generatoren und war sehr ausbaufähig. Zum optionalen Zubehör gehörten Coprozessoren (6502 oder Z80), Sprachsynthese (TI TMS5200) und sogar eine Netzwerkschnittstelle, Econet.

Der BBC Micro wurde insgesamt etwa 1,5 Millionen Mal verkauft, und seine sehr umfassende BASIC-Implementierung enthielt auch einen eingebauten Assembler. Da jedoch sowohl im Vereinigten Königreich als auch im Ausland Konkurrenten auftauchten, war sein Preis für viele Heimcomputer-Enthusiasten zu hoch. Der Acorn Electron [7], der 1983 für 200 Pfund auf den Markt kam, hatte dank der Verwendung desselben BASIC denselben Stammbaum wie der BBC Micro. Der 32 KB große Speicher wurde jedoch schnell vom umfangreicheren Grafikmodus



Bild 1: Dank der von der BBC produzierten Fernsehsendungen zum Thema Computer war der BBC Micro von Acorn in britischen Schulen und Colleges ein fester Bestandteil des Unterrichts. (Quelle: Marcin Wichard [16])



Bild 2: Der Commodore 64 gilt als der meistverkaufte Heimcomputer der 8-Bit-Ära, und viele Ingenieurskarrieren bauten auf Erfahrungen mit diesem Computer auf. (Quelle: Shutterstock)

aufgebraucht, so dass nur wenig Platz für die Programmierung blieb. Der Wettbewerb auf dem Markt für Heimcomputer war zudem auch sehr hart geworden, da vergleichbare Computer für den gleichen Preis oder weniger angeboten wurden. Dennoch bot er eine preiswerte Möglichkeit, zu Hause auch das damals beliebte *Elite* [8] zu spielen.

Commodore 64

Der mit Abstand erfolgreichste Heimcomputer dieser Zeit war der Commodore 64 [9]. Er wurde oft mit C64 abgekürzt und war in Deutschland auch als „Brotkasten“ bekannt (**Bild 2**). Commodore hatte bereits mit seinem PET-Nachfolger, dem VIC-20 [10] (in Deutschland VC-20), Erfolg gehabt und besaß nun dank der Übernahme von MOS Technology (MOS), den Erfindern des 6502-Prozessors, eine eigene Silizium-Entwicklungs- und Fertigungsanlage. Unter dem Projektnamen „VIC-40“ war dieser neue, auf dem 6510 basierend Rechner (ein 6502-Derivat) vom ersten Tag an mit einem 64 KB RAM ausgestattet. Es war klar, dass sich dies auf den Endpreis auswirken würde, aber angesichts der sinkenden Speicherpreise sollte sich diese Entscheidung während der fast 12-jährigen Lebensdauer des Geräts zu Gunsten von Commodore auswirken.

MOS Technology hatte an Video- und Soundchips für die Videospielindustrie gearbeitet. Die als VIC-II (Video Integrated Circuit) und SID (Sound Integrated Circuit) bekannten Chips ermöglichten es Commodore, viele Teile des Computers selbst zu produzieren. Bei seinem Markteintritt kostete er 595 Dollar, bis 1985 war er auf unter 200 Dollar gefallen. Mit dem von Micro-Soft (später Microsoft) entwickelten Commodore BASIC 2.0 konnte der Benutzer programmieren und eine Reihe von Computer-Games spielen. Der SID-Chip ermöglichte dank seiner drei unabhängigen Oszillatoren und der Steuerung der Lautstärke durch Hüllkurven einige beeindruckende polyphone Audiospuren. Das Spiel *Ghostbusters* [11] enthielt den kompletten Dance-Pop-Track von Ray Parker Jr. mit einem synthetisierten Ausruf des Spielnamens, wenn man die Leertaste drückte. Die Diskettenlaufwerke dieses Computers hatten nicht gerade den Ruf, zu den Schnellsten zu gehören, aber es stand damals auch Software zur Verfügung, die direkt von Hardwarekassetten ausgeführt werden konnte. Beliebt war darunter auch Simons' BASIC [12], eine Version von BASIC, die eine verbesserte Unterstützung für die Erstellung von Grafiken enthielt und so das direkte Einspeisen von Daten in den VIC-II überflüssig machte. Es bot den Benut-

zern auch einen Einblick in zukünftige grafische Benutzeroberflächen mit GeOS [13], bei denen die Cursorsteuerung über einen Joystick erfolgte, da es damals erst wenige Mäuse gab. In den Jahresberichten von Commodore heißt es, dass bis 1993 bis zu 17 Millionen dieser Geräte verkauft wurden [14].

Wer hat gewonnen? Wir alle!

Zweifellos haben fast alle Leser Erinnerungen an so bedeutende 8-Bit-Heimcomputer wie den Sinclair Spectrum oder den Amstrad CPC 464. Man verbrachte Stunden damit, endlose Listen aus Magazinen und Büchern [15] abzutippen und dabei eine Vielzahl von Code-Abweichungen zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass das Programm auf dem eigenen Rechner funktionierte. ZX81-Benutzer mussten sich aufgrund des begrenzten Speichers oft mit stark gekürzten Versionen von Programmen begnügen.

Unabhängig von der verwendeten Maschine bescherte uns die Heimcomputer-Revolution der 80er Jahre eine Generation von Ingenieuren, Programmierern und Spiele-Entwicklern. Selbst Eben Upton, der Erfinder des Raspberry Pi, führt sein Interesse an Computern auf die BBC Micros zurück, die er in der Schule benutzte. Doch als die 1990er Jahre anbrachen, wurde das Geräusch der als Laufwerk für Datenträger verwendeten Cassettenrecorder durch den unverkennbaren Sound eines anderen Gerätes ersetzt: dem Zirpen und Rattern des Modems, das uns mit dem Internet verband. ◀

210488-02

Über den Autor

Stuart Cording ist Ingenieur und Journalist, dessen Karriere mit einem C64 begann. Er verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung in der Elektronikindustrie. Viele seiner Elektor-Artikel können Sie unter <https://www.elektormagazine.com/cording> lesen.

Anmerkung der Redaktion: Die im Artikel aufgeführten Fakten basieren auf englischen und amerikanischen Marktentwicklungen, so dass die Preise in den meisten Fällen nur in englischen Pfund und US-Dollar angegeben werden konnten.



8-Bit-Computer

6502 Computer

TYP	RAM	PREIS	JAHR
VIC-20	5 KB	300 \$	1980
BBC Micro	16/32 KB	299 £/399 £	1981
Commodore 64	64 KB	595 \$	1982
Acorn Electron	32 KB	200 £	1983



Z80 Computer

TYP	RAM	PREIS	JAHR
ZX80	1 KB	100 £	1980
ZX81	1 KB	70 £	1981
ZX Spectrum	16/48 KB	125 £/175 £	1982
Amstrad CPC 464	64 KB	299 £ (Incl. Farbmonitor)	1984



WEBLINKS

- [1] MITS Altair Simulator: <https://bit.ly/2XrBIX3>
- [2] D. Sandbrook, „WHO DARES WINS: BRITAIN, 1979-1982“, Penguin, October 2019: <https://bit.ly/3slPe9Y>
- [3] ZX80 Emulator: <https://bit.ly/37JWD9K>
- [4] ZX81 Emulator: <https://bit.ly/37Ocl3B>
- [5] BBC Micro Model B Emulator: <https://bit.ly/3CVTF0k>
- [6] I. Mackenzie, „Domesday Project reborn online after 25 years“, BBC News, May 2011: <https://bbc.in/3ASJtUx>
- [7] Acorn Electron Emulator: <https://bit.ly/2VVehom>
- [8] „Elite (video game)“, Wikipedia: <https://bit.ly/3svoG6n>
- [9] Commodore 64 Emulator: <https://bit.ly/3gbe3kd>
- [10] VIC-20 Emulator: <https://bit.ly/3ALqTgY>
- [11] Retro Arcade Classics, „Ghostbusters C64 [Intro]“, YouTube, November 2013: <https://bit.ly/2VXy5Yb>
- [12] „Simons' BASIC“, C64 Wiki: <https://bit.ly/2W0vH2M>
- [13] „GEOS“, C64 Wiki: <https://bit.ly/3k6Soem>
- [14] J. Reimer, „Total Share: Personal Computer Market Share 1975-2005“, Jeremy Reimer's Blog, February 2009: <https://bit.ly/3iT9k8B>
- [15] S. Dredge, „Back to the future of programming: Usborne revives 1980s coding books for children“, The Guardian, February 2016: <https://bit.ly/3iO7hTb>
- [16] Acorn BBC Model B, with peripherals, licensed under Creative Commons Attribution 2.0 Generic license: <https://bit.ly/3g9wF47>

Audio-Elektronik in den 1980er

Jan Didden über Audio,
Entwicklung und Elektor



Jan Didden

Von C.J. Abate (Elektor)

Die 1980er Jahre sind bekannt für die bahnbrechenden PCs, die auf den Markt kamen. Aber was ist mit den Innovationen im Audibereich in dieser Zeit? Der Audioentwickler Jan Didden, der in den 1970er Jahren begann, *Elektuur* zu lesen, erinnert sich und gibt einige Einblicke.

Was war Ihr erstes Elektronikprojekt? Ich kann keine genaue Zahl nennen, aber mit Sicherheit sagen, dass mehr als die Hälfte der Elektroingenieure und Maker, die ich gefragt habe, mit Geschichten über Audio-Projekte geantwortet haben. Das können Sie wahrscheinlich nachvollziehen. Vielleicht funktionierte Ihr erstes Radio nicht mehr, also haben Sie es auseinandergenommen und sich in Transistoren, Kondensatoren und Transformatoren verguckt. Oder vielleicht haben Sie schon in jungen Jahren den Amateurfunk entdeckt und sind seitdem süchtig danach. Oder Sie halfen einem Freund beim Einbau eines Autoradios und entfachten damit ihre Leidenschaft für

elektronische Selbstbauprojekte. Der Audio-designer Jan Didden hat uns kürzlich berichtet, wie er zum ersten Mal mit Elektronik in Berührung kam. Außerdem erzählte er uns von seinen Gedanken zu einigen bemerkenswerten Technologien und Innovationen im Audibereich der 1980er Jahre.

Abate: Wir interessieren uns für Ihre Gedanken über die Elektronik der 1980er Jahre, insbesondere die Audio-elektronik. Aber lassen Sie uns mit Ihrem Hintergrund beginnen. Wann haben Sie sich zum ersten Mal mit Elektronik beschäftigt?

Didden: Mein Vater hatte einen Freund, der selbst keine Kinder hatte und der mich als eine Art Ersatzsohn betrachtete. Er brachte mir also immer Geschenke mit, und eines davon war ein Philips-Bausatz für einen sehr einfachen Quarzempfänger. Ein Ferroxcube-Stab mit einer angezapften Wicklung, ein Abstimmkondensator, eine Diode und ein Ohrhörer. Alles in einer Pappschachtel untergebracht. Ich konnte damit ein halbes Dutzend Mittelwellen-AM-Sender hören und war sofort süchtig. Ich interessierte mich nicht so sehr für den HF-Teil, sondern mehr für die Audio-Seite. Ich habe nie mit Amateurfunk angefangen.

Abate: Können Sie sich an das erste Elektor-Projekt erinnern, das Ihre Aufmerksamkeit erregte?

Didden: In den späten 1970er Jahren studierte ich bei der niederländischen Luftwaffe Elektronik. Für mein Kursprojekt wählte ich ein *Elektuur*-Projekt (in den Niederlanden hieß *Elektor* damals

Elektuur), einen kompletten Vorverstärker mit Bias-Generator für die Aufnahme und Wiedergabe mit Tonbändern. Ich ätzte meine eigenen Platinen, und alles funktionierte beim ersten Einschalten perfekt. Aber ich bekam trotzdem Minuspunkte, weil der Aufbau nicht sehr ordentlich war. Der Ausbilder nannte es einen „chinesischen Friedhof“, was immer das auch zu bedeuten hatte. Er hatte auch ein Mantra, das ich bis zum heutigen Tag anwende: „Halte deinen (Löt-) Kolben sauber!“

Abate: Zu den bekanntesten Erfindungen und Fortschritten der 1980er Jahre im Audibereich gehören die Kassetten-Single (oder „Cassingle“), die Compact LaserDisc und der MIDI-Standard. Glauben Sie, dass die 1980er Jahre ein entscheidendes Jahrzehnt für die Audioindustrie und die Audioelektronik waren?



Meiner Meinung nach war die wichtigste Entwicklung die CD, da sie das erste Vehikel für digitales Audio für den Massenmarkt war.

Didden: Meiner Meinung nach war die wichtigste Entwicklung die CD, denn sie war das erste Vehikel für digitales Audio für den Massenmarkt. Es handelte sich um eine neue Technologie im Verbraucherbereich. Philips propagierte sie als „perfekten Klang für immer“ - ohne Bandverschleiß, ohne Kratzer auf Schallplatten. Kein Einstellen von Tonköpfen mehr (obwohl die Kassette dieses Problem bereits erledigt hatte), kein sorgfältiges und zeitaufwändiges Reinigen von Platten und Kassetten. Keine Klicks, Knackser und Geräusche. Doch immer mehr ernsthafte Hörer und Ingenieure entdeckten Schwächen in der CD-Techno-

logie. Sie war einfach nicht perfekt, mit dem Jitter und dem begrenzten Dynamikbereich. Das war schon irgendwie ironisch. Hier war eine Technologie, die wohl besser war als alles, was wir vorher hatten, aber sie wurde verrissen, weil sie nicht perfekt war. Im Laufe der Jahre wurden diese Probleme angegangen, und schließlich führte dies zu Streaming-Audio, bei dem man jederzeit und überall Audio in bestmöglicher Qualität hören kann, und das im Grunde kostenlos über das Internet. Aber wenn man es zurückverfolgt, begann alles mit der CD, die den Anstoß gab, Audio für den Endverbraucher zu digitalisieren.

Interessantes Detail: Ende der 1960er Jahre arbeitete ich bei Philips in Eindhoven an Hochspannungsschaltungen für die damals neuen Farbfernsehgeräte. Ein Freund von mir beschäftigte sich im Labor nebenan mit etwas, das dem CD-Format sehr nahe kam, aber damals auf Kassettenband angewandt wurde, sie setzten also auf zwei Pferde. Soweit ich mich erinnere, war es die Tatsache, dass auch Sony (wieder) an einer CD arbeitete, was das Management von Philips veranlasste, die digitale Kassette fallen zu lassen und einen Kooperationsvertrag mit Sony zu schließen, um die CD gemeinsam zu entwickeln und einzuführen.



Bild 1. The Rocket Sub

Abate: Gibt es weniger bekannte Produkte, Projekte oder technische Innovationen aus den 1980er Jahren, die Ihrer Meinung nach eine gewisse Anerkennung verdienen? Vielleicht ein bestimmtes Lautsprecher- oder Verstärkerkonzept oder eine audio-bezogene Forschungsarbeit aus dieser Zeit?

Didden: Ungefähr zu dieser Zeit gab es eine Vielzahl von Aktivitäten von Entwicklern von Leistungsverstärkern, die eine Alternative oder Verbesserung zum traditionellen Gegentaktverstärker der Klasse AB suchten. Die zur Ruhestromeinstellung der Endstufe erforderliche Vorspannung musste für jeden einzelnen Verstärker angepasst werden, was die Herstellungskosten erhöhte. Außerdem musste das gesamte thermische System so ausgelegt werden, dass ein Driften des Bias-Stroms bei starker Beanspruchung oder hohen Umgebungstemperaturen vermieden wurde, was zu einer Zerstörung des Verstärkers durch thermisches Durchgehen hätte führen können (und regelmäßig auch führte). Bereits 1978 brachte Sony das erste Klasse-D-Design auf den Markt, den TA-N88. Der Verstärker hatte ein Schaltnetzteil, und wenn es einen Defekt im Netzteil oder im Verstärker gab, wusste niemand, wie man ihn beheben konnte, da die Technologie (zumindest im Audiobereich) noch neu war. Sie hat sich auch nicht wirklich durchgesetzt, denn die damalige Zeit war noch nicht reif.

Das Konzept einer Strom-Gegenkopplung (Current Dumping) von Peter Walker, das zuerst in der 405-Reihe von QUAD verwendet wurde, war sehr clever und ziemlich erfolgreich. In Amateurräumen wie auf diyaudio.com hat es immer noch eine große Anhängerschaft. Einige andere Entwürfe von Sandman wie Klasse S, Klasse i und andere nicht schaltende Designs kamen und gingen, oft weil sie ziemlich komplex waren und nur einen geringen Nutzen brachten.

Die Klasse D stieß, wie alles, was im Audiobereich schaltet oder digital ist, anfangs auf viel Skepsis. Die Leute behaupteten, alle möglichen Effekte oder Defekte aufgrund von „elektronischen Störungen“ oder anderen Schalt-Artefakten zu hören, oder sogar physikalische Reaktionen, die

nur sehr selten in kontrollierten, objektiven Tests nachgewiesen werden konnten. Aber Class D ist schnell gereift, und heute haben sogar angesehene, hochpreisige Hersteller wie Jeff Rowland, NAD und viele andere Spitzenverstärker mit Class-D-Endstufenmodulen im Angebot. Aktive Lautsprecher, wie sie in der Beschallungstechnik verwendet werden, enthalten ausnahmslos Klasse-D-Endstufen und Schaltnetzteile, um die Verlustleistung und Wärmeentwicklung in Grenzen zu halten.

Auch das Design von Lautsprechern wurde immer stärker von Technologie und Messungen bestimmt. Ich war selbst nicht viel in der Lautsprecherentwicklung tätig, aber ich erinnere mich, dass Siegfried Linkwitz mir erzählte, dass er 1974, als er für HP in Kalifornien an HF-Spektrumanalysatoren arbeitete, von KEF angesprochen und gefragt wurde, ob man Spektrumanalysatoren für Lautsprechermessungen einsetzen könnte. Sie waren der Meute weit voraus! Siegfrieds Engagement führte schließlich zu dem berühmten Linkwitz-Riley-Lautsprecher-Frequenzweiche (<https://bit.ly/didden-linear>).

Abate: Woran haben Sie in den 1980er Jahren gearbeitet? Gibt es Projekte, von denen Sie uns erzählen können?

Didden: Als angehender Audioentwickler glaubte ich, dass jedes Problem in einer (Teil-) Schaltung eines Verstärkers gelöst werden könnte, indem man sie mit Bauteilen anreichert. Ich habe viel Zeit damit verbracht, einen 200-W-Verstärker zu entwickeln, dessen Ausgangsstufe aus sehr schnellen Niederspannungs-Ausgangstransistoren bestand, die mit langsameren, aber viel robusteren Bauteilen kaskadiert waren. Ich wollte, dass die schnellen Ausgänge für ein sehr hochwertiges Ausgangssignal sorgen und die langsameren Hochleistungsbauteile die gesamte Wärme verheizen und die schnellen sozusagen „in den Windschatten“ stellen würden. Das funktionierte erstaunlich gut, aber dann entdeckte ich die Problematik des sicheren Betriebsbereichs (SOA) von Leistungstransistoren. Kurz gesagt, ein Transistor, der für, sagen wir, 150 W Verlustleistung spezifiziert war, konnte das nur bei niedrigen Spannungen leisten. Bei einer Kollektor-Emitter-Spannung von beispielsweise

50 V wäre die zulässige Verlustleistung aber nur 50 W. Jetzt musste ich mich also um andere Aspekte kümmern! Ich entwarf eine Art analoge Rechenschaltung, die eine analoge Spannung erzeugte, die die zulässige SOA-Kurve abbildete, und diese mit der tatsächlichen Situation verglich. Bei einer drohenden Verletzung des SOA-Bereichs würde der Verstärker abschalten. Ich konnte dann feststellen, dass der Verstärker in mehreren Betriebsjahren nie abschaltete, also war entweder die tatsächliche Belastung der Ausgangstransistoren geringer als ich dachte oder meine Schaltung hatte einen Fehler. Der Entwurf wurde 1996 in einem Endstufenbuch von Ed Dell (vom Audio Amateur) mit dem Namen *Audio Amateur Power Amp Projects* veröffentlicht, und mehrere Leute bauten den Verstärker erfolgreich nach.

Abate: Wie sieht es mit der Computertechnik der 1980er Jahre aus? Hatten Sie damals schon einen Personal Computer?

Didden: Ich war von Anfang an an diesem Computerkram interessiert. Mein erster Bausatz war ein Rockwell AIM-65, falls sich noch jemand daran erinnern kann. Mein allererstes Programm war Tic-Tac-Toe auf einem programmierbaren HP-Taschenrechner. Es war wohl ein gutes Programm, denn ich habe es nie geschafft, das Spiel zu gewinnen! Später stieg ich auf einen Apple IIE um, und ich gab im Jahr 1982 eine unangemessene Menge Geld aus, etwa 3000 Dollar, für eine Steckkarte mit FFT-Funktionalität, damit ich Lautsprecher messen konnte. Von Anfang an betrachtete ich also diese neumodischen Computer als Werkzeuge, um besser zu verstehen, was im Audiobereich vor sich geht. Ich erinnere mich noch an den Blick eines Freundes, als ich ihm erzählte, dass ich ein Calrec-Messmikrofon gekauft hatte; er konnte nicht verstehen, warum ich das Geld nicht lieber für Bier, Whisky oder Frauen ausgegeben hätte! In den frühen 1990er Jahren verdiente ich 20.000 Dollar mit dem Schreiben von Software-Benutzer- und Referenzhandbüchern und gab alles für ein Audio Precision System One aus. So wurde ein gebrauchtes, vollwertiges Audio Precision SYS2722 mein ganzer Stolz!

Abate: Sie sind weltweit bekannt für Linear Audio (<https://linearaudio.net/>), ein Magazin, das im September 2010 erstmals erschien. Was ist lineares Audio überhaupt? Wo liegt der Unterschied zum nichtlinearem Audio?

Didden: Linear Audio war eigentlich ein Name, den ich mir ausgedacht habe, weil meine ersten Ideen für einen Website-Namen schon vergeben waren! Man muss eben pragmatisch sein. Aber ich glaube, ich habe das Wort *Linear* auch unbewusst verwendet, weil ich der festen Überzeugung bin, dass die beste Audiowiedergabe von Elektronik kommt, die linear ist, transparent für das Signal, die nichts wegnimmt und dem Signal nichts hinzufügt. Ich schliesse hier Gitarrenverstärker und andere Instrumente, die darauf ausgelegt sind, den Klang absichtlich zu manipulieren, ausdrücklich. Ich habe immer ein ungutes Gefühl, wenn ich einen begeisterten Bericht über den fantastischen Klang eines Verstärkers mit mehr als 5 % Verzerrung lese. Zweifellos genießt der Hörer dessen Klang, und das ist großartig, aber das ist nicht mein Ding.

Abate: Wie kam es dazu, dass Sie sich entschlossen haben, den Schritt zu wagen und die Zeitschrift *Linear Audio* zu gründen?

Didden: 2010 nahm ich am European Triode Festival in Frankreich teil, und wir beklagten, dass so viele Audio- und analoge DIY-Elektronik-Fachzeitschriften eingestellt wurden. Ed Dells *Audio Amateur* lebte zwar noch, hatte aber zu kämpfen. *Elektor* hatte sich langsam von überwiegend analoger Elektronik zu überwiegend digitaler Elektronik verlagert. Viele andere Zeitschriften waren verschwunden. Das ist alles völlig verständlich, denn den wirtschaftlichen Realitäten einer Gesellschaft, die ihr Leben ins Internet verlagert, konnte man nicht entkommen.

Ich war gerade in den Ruhestand getreten, hatte Zeit und vor allem reichlich Alkohol konsumiert, also platzte ich damit heraus: „OK, dann gründe ich eben selbst eine!“ Nach dem Festival fuhren einige von uns noch ein paar Tage in die französische Champagne, so dass wir Zeit hatten, die Idee zu diskutieren, und so ziemlich alle meine

Freunde sagten mir, ich solle es vergessen, denn so dumm könne ich ja nicht sein!

Aber es gelang mir, ein brauchbares Format zu finden. Ich lud bekannte Audioentwickler ein, für *Linear Audio* zu schreiben, und fast alle waren davon begeistert. Ich sammelte etwa zehn Artikel und veröffentlichte sie als gedruckten 200-seitigen Linear-Audio-Band. Die Einnahmen reichten zwar nicht aus, um mich zu ernähren (dafür hatte ich ja meine Rente), aber im Laufe der Jahre reichte es für ein sehr gut ausgestattetes Labor!

Insgesamt wurden 14 Bände veröffentlicht, zwei pro Jahr, und ich habe nie einen Termin verpasst! Aber am Ende stellt man fest, dass man viel Zeit damit verbringt, die Texte anderer zu bearbeiten, und dass die eigenen Aktivitäten darunter leiden. 2017 habe ich dann deshalb aufgehört.

Ironischerweise endete *Linear Audio*, das ich als gedrucktes Medium als Alternative zu Online-Blogs und dergleichen begonnen hatte, auf einem USB-Stick, der derzeit von Elektor verkauft wird [1]. Und das ist in Ordnung, wichtig ist, dass das sehr wertvolle und fachkundige Material für Audiodesign im weitesten Sinne nun für alle Interessierten verfügbar ist. Ich bin Ihrem Kollegen Ferdinand te Walvaart sehr dankbar, dass er das möglich gemacht hat. Ich halte linearaudio.net aber weiterhin mit Autorenbiographien, Zeitschrifteninhalten und Artikelbeschreibungen auf dem Laufenden. Und wer unbedingt eine gedruckte Version haben möchte, kann sie bei Amazon bekommen.

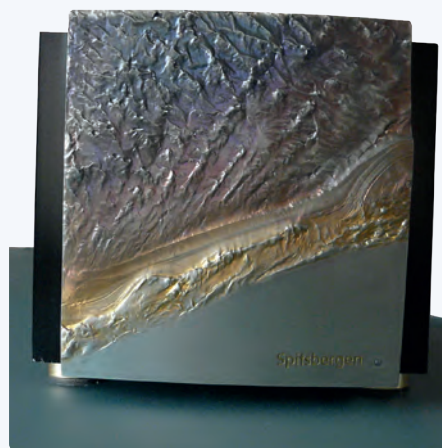


Bild 2. Der Verstärker Spitsbergen

Abate: Sie haben viele interessante Projekte auf Ihrer Website linearaudio.nl veröffentlicht, darunter The Rocket Sub und der Nemesis Rebuild. Haben Sie ein Lieblingsprojekt?

Didden: Ja, linearaudio.net ist der „Hauptsitz“ von *Linear Audio*, aber ich habe meine persönlichen Projekte auf linearaudio.nl versammelt. Dort finden sich auch alle meine Interviews mit berühmten Entwicklern sowie wegweisende Artikel und Projekte. Eine Art Online-Bibliothek mit allem, was meiner Meinung nach wichtig ist, wenn man sich ernsthaft mit Audiodesign beschäftigt.

The Rocket Sub (Bild 1) ist mein Favorit, weil ich für diesen Subwoofer ein einzigartiges Gehäuse verwendet habe. Die Idee entstand während meiner Zeit bei der NATO in Luxemburg, wo ich in der internationalen Kooperationslogistik tätig war. Das Programm, für das ich verantwortlich war, war das US-Flugabwehrraketensystem HAWK. Die Raketen selbst haben einen sehr starken und präzise gefertigten Konus aus dickem Fiberglas auf der Nase. Selbst eine sehr kleine Beschädigung des Konus reichte aus, um ihn unbrauchbar zu machen, da der Fehler die Strahlung des internen Radarsystems stören würde, das durch den Konus hindurch auf das zu verfolgende Flugzeug „blickt“. Ich besorgte mir ein halbes Dutzend der ausrangierten Konen und verwandelte sie in Subwoofer, indem ich sie auf eine runde Holzscheibe stellte und in diese Bodenscheibe einen leistungsstarken, nach unten abstrahlenden Tieftöner einbaute. Ich ließ die Gehäuse in einer örtlichen Karosseriewerkstatt in Arctic Grey von BMW lackieren, und sie sahen absolut umwerfend aus! Der Bass reichte problemlos bis hinunter zu 20 Hz, war sehr kraftvoll und das Gehäuse war absolut tot, was wahrscheinlich sowohl auf die inhärente Stärke als auch auf die konische Form zurückzuführen war. Ich erinnere mich, dass ich ein Paar zu einem anderen europäischen Triode-Festival mitnahm, wo wir gezwungen waren, sie auf die Seite zu legen, weil der Fußboden zu klappern begann!

Ein anderer Entwurf, der mir sehr am Herzen liegt, ist ein Verstärker, bei dem ich als Gehäuse ein großartiges Zinnkunstwerk

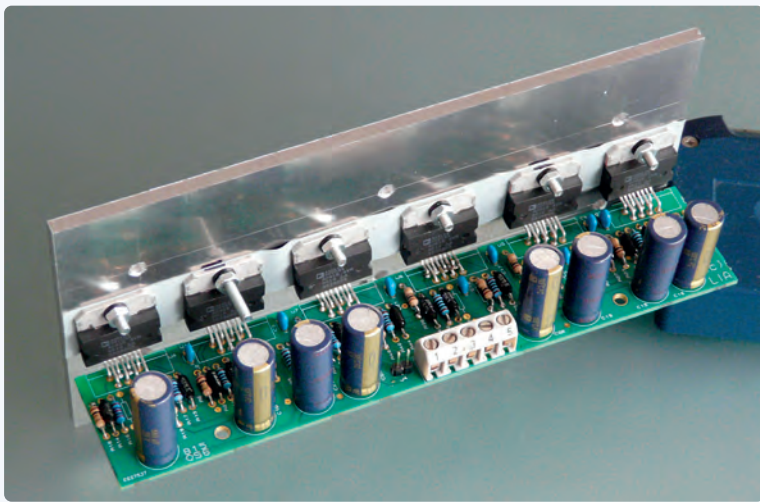


Bild 3. Der Leistungsverstärker AD815

des norwegischen Bildhauers Helgi Joensen (**Bild 2**) verwendet habe: Der Spitsbergen. Aber es fand keinen Anklang. Damals habe ich festgestellt, dass die Leute einen Verstärker wollen, der wie ein Verstärker aussieht und nicht wie eine Skulptur!

Abate: Die von Elektor veröffentlichte Opamp-Endstufe von Douglas Self hat Sie inspiriert. Erzählen Sie uns mehr darüber.

Didden: In gewisser Weise war das eine Idee, die darauf wartete, aufgegriffen zu werden. Operationsverstärker sind die linearsten Verstärkerelemente in kleinen, billigen Gehäusen. Warum also nicht einen Lautsprecher damit treiben? Der Haken: Opamps liefern nicht genug Strom für einen Lautsprecher mit niedriger Impedanz. Die Lösung ist logisch: Man verwendet 25, 50 oder 100 von ihnen parallel! Da die meisten Audio-Operationsverstärker auf den Betrieb mit ± 15 V begrenzt sind, hat Douglas sie in einer Brückenschaltung verwendet, so dass sich die für den Lautsprecher verfügbare Ausgangsspannung verdoppelt, was zu einer Kombination aus massiv parallel geschalteten und gebrückten NE5534-Operationsverstärkern führt.

Ich habe etwas Ähnliches mit ADSL-Operationsverstärkern des Typs AD815 angestellt, die Chips, die Ihre Telefon- und Modemleitungen steuern. Sie sind wie Operationsverstärker, haben aber einen Ausgangsstrom von bis zu 500 mA. Ich habe sechs von ihnen in einer ähnlichen Konfiguration wie Doug Self verwendet und eine extrem saubere Leistung von 30 W erzielt (**Bild 3**).

Nelson Pass entwickelte die Idee in einer anderen Richtung weiter. Sein Projekt namens „The Beast with the 1000 JFETs“ verwendete tatsächlich 1176 Kleinsignal-JFETs in einem massiv parallelen Verstärker der Klasse A [2]. Ich glaube, er lieferte etwa 10 W und sah aus wie eine ein Quadratfuß große Platine, die mit unzähligen Kleinteilen übersät ist!

Abate: Im April 2008 erschien in Elektor der erste Artikel Ihrer Serie mit dem Titel „paX: Audioverstärker mit Fehlerkorrektur“. Das von Ihnen beschriebene Design verwendet eine Fehlerkorrekturtechnik, die von Professor Malcolm Hawksford in den frühen 1980er Jahren beschrieben wurde [3]. Was war der Anstoß für dieses Projekt und was haben Sie dabei gelernt?

Didden: Zunächst der Name: paX. Viele Leute dachten, ich würde diesen Entwurf dem Weltfrieden widmen. Aber, um ehrlich zu sein, ist es viel prosaischer: paX steht für power amp eXperimental (**Bild 4**).

Es war das Zusammentreffen mehrerer Ideen, die mir im Kopf herumschwirrten. Einerseits war ich daran interessiert, einen Verstärker ohne globale Rückkopplung zu entwickeln und zu sehen, ob ich die gleiche Leistung wie bei einem Verstärker mit globaler Rückkopplung erzielen könnte. Außerdem wollte ich sehen (hören), ob an den Gerüchten über einen besonderen Klang durch das Fehlen der globalen Rückkopplung etwas dran ist. Dann entdeckte ich Professor Hawksfords Fehlerkorrekturkonzept (H.ec), das Verstärker mit geringer Verzerrung ohne globale Rückkopplung ermöglichen würde.

Der Kreis schloss sich, als ich ein Schaltungselement namens Current Conveyor (Stromübertrager) entdeckte. Ich setzte mich mit Doug Wadsworth in Verbindung, einem kanadischen IC-Entwickler, der auf eigene Kosten ein Current-Conveyor-IC für Audioanwendungen, den PA630, entwickelt hatte. Nach einigen Tests entschied ich mich schließlich für den AD844, der im Grunde ein CC und ein Puffer in einem 8-poligen DIL-Gehäuse ist. Aber der PA630 erfreute sich weiterhin großen Interesses und landete schließlich in den DAC-I/V-Wandlern mit der Bezeichnung Swift Current der Firma Wadia.

Der paX-Verstärker basiert also auf einer Implementierung der Hawksford'schen Fehlerkorrektur unter Verwendung einiger Stromübertrager. Außerdem habe ich ein interessantes Ausgangsleistungsbauteil von Sanyo verwendet, das aus einem Darling-ton-Leistungstransistor mit dem traditionellen Emitterwiderstand und einer Diode auf demselben Chip besteht, die in die Biasschaltung aufgenommen werden kann. Der integrierte Emitterwiderstand sparte Geld und Platz auf der Platine, während die integrierte Diode der Temperatur des Transistors folgte, weil sie sich halt im selben Gehäuse befand, so dass die Temperaturstabilität des Ausgangsruhestroms verbessert wurde und ein thermisches „Durchgehen“ so gut wie unmöglich war. Das Bauteil sah wie ein Leistungstransistor aus, hatte aber fünf statt drei Anschlüsse. Der paX-Verstärker funktionierte sehr gut, und sein erster öffentlicher Auftritt war vor 17 Jahren auf dem ersten Burning Amp Festival in San Francisco. Die Geschichte, wie ich ihn bei der Einreise in die USA durch den Zoll bekommen habe, werde ich ein anderes Mal erzählen! Selbst Audioexperten wie Jean Hiraga von L'Audiophile waren beeindruckt und gaben ihm gute Noten. Ich will nicht angeben, aber nach einer Vorführung des paX stand jemand auf und lugte hinter die Vorhänge auf der Bühne, um sich zu vergewissern, dass dort keine echten Musiker spielten!

Interessanterweise entbrannte eine hitzige Diskussion zwischen Experten darüber, ob paX eine globale Rückkopplung verwendet oder nicht. Es gibt keine globale Schleife in der Schaltung, aber man könnte so

argumentieren, dass die Stromkonverter eine hohe Offene-Schleifenverstärkung mit hundertprozentiger Rückkopplung besitzen. Übrigens ist der vollständige Elektor-Artikel [4] auf meiner Website (<https://linearaudio.nl>) verfügbar, wo Sie auch den ursprünglichen Artikel mit der Hawksford-Fehlerkorrektur finden. Ich sollte auch erwähnen, dass Bob Cordell, ein bekannter Audioingenieur, eine MOSFET-Endstufe mit H.ec. mit erstaunlich guter Leistung besonders in den höchsten Audiofrequenzen entwickelt hat. Das Design ist auf Bobs Website zu finden[5].

Abate: Was halten Sie von den heutigen Technologien im Audibereich, etwa bei Verstärkern und Lautsprechern? Sehen Sie die Zukunft dieser Technologien positiv, oder liegen die besten Designs und Innovationen hinter uns?

Didden: Das ist eine interessante Frage. Wenn man an die 1980er Jahre zurückdenkt, zielten alle Bemühungen darauf ab, genau das gleiche Klangfeld wie bei einer Live-Performance im Hörraum zu repro-

duzieren. Irgendwann hat man erkannt, dass zwei Lautsprecher in einem Stereo-Setup dazu nicht ausreichen. Quadrophonie (4-Kanal-Sound) wurde ausprobiert, konnte sich aber kommerziell nicht durchsetzen. Und seien wir mal ehrlich: Wer, außer den fanatischsten Audiophilen, will schon vier, sechs oder acht Lautsprecherboxen in seinem Wohnzimmer? Die digitale Signalverarbeitung ist die Rettung. Digitales Beam-Steering ist in der Lage, selbst aus einem einzigen Gehäuse ein überzeugendes Stereobild zu erzeugen. Die Soundbar unter vielen Fernsehgeräten ist der Beweis dafür und ein sehr schöner kommerzieller Erfolg. Wenn man an die Audiotechnik in der Filmindustrie denkt, sieht man die gegenteilige Entwicklung: Wir haben jetzt Systeme wie Dolby Atmos und Auro 3D, Systeme, die manchmal 24 oder mehr Verstärkerkanäle und Lautsprecher besitzen, um die Hörer mit dem Klangfeld umgeben können. Dabei geht es nicht mehr darum, eine Live-Performance perfekt nachzubilden, sondern es entwickelt sich zu einer eigenen Kunstform. Film-Soundtracks werden heute für

die Wiedergabe in Surround-Kinos konzipiert, und das hat nichts mehr mit traditionellem Stereo zu tun.

Audio ist heute eine ausgereifte Industrie; manche würden sagen, dass sie sich in eine Modeindustrie verwandelt hat. Wir wissen, wie wir die elektronischen Komponenten für die Audiowiedergabe so gestalten können, dass sie im Grunde genommen völlig transparent sind und den Klang nicht verändern. Bei der Entwicklung von Lautsprechern gibt es immer noch Verbesserungen durch neue Materialien mit begehrten Eigenschaften in Verbindung mit digitaler Signalverarbeitung. Lautsprecher sind nicht annähernd so transparent wie die Elektronik, aber sie werden ebenfalls immer besser. Ein weiterer Aspekt bei Lautsprechern ist die Akustik mit der Echtzeit-Raumkorrektur des Ansprechverhaltens und der Abstrahlcharakteristik. Ja, die Entwicklung geht also weiter, um uns ein noch besseres Klangerlebnis zu bieten. ◀

210526-02

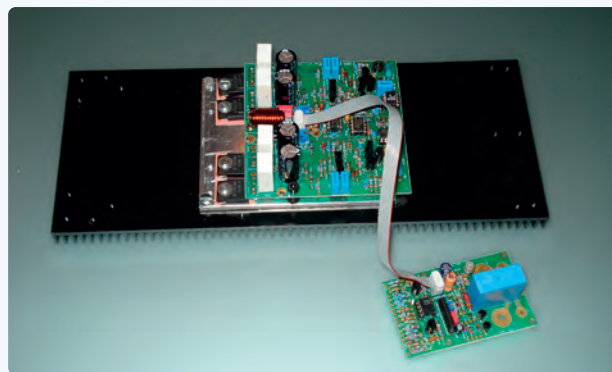


Bild 4. Die paX-Box (a) und das paX-Modul

WEBLINKS

- [1] The Complete Linear Audio Library (USB Stick): <https://www.elektor.de/the-complete-linear-audio-library-usb-stick>
- [2] N. Pass, „The Beast with a Thousand JFETs“, 2013: https://www.firstwatt.com/pdf/art_beast.pdf
- [3] M. J. Hawksford, „Distortion correction in audio power amplifiers“, JAES, Vol 29, No 1/2. S. 27-30, Jan/Feb 1981: <https://bit.ly/Hawksford-distortion>
- [4] J. Didden, „paX: Audioverstärker mit Fehlerkorrektur“, Elektor 4/2008: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200804/2936>
- [5] R. Cordell, „A MOSFET Power Amplifier with Error Correction“, J. Audio Eng. Soc., Vol. 32, No. 1/2, Jan/Feb 1984: http://www.cordellaudio.com/papers7/MOSFET_Power_Amp.pdf

Die 90er Jahre: Die digitale EXPLOSION

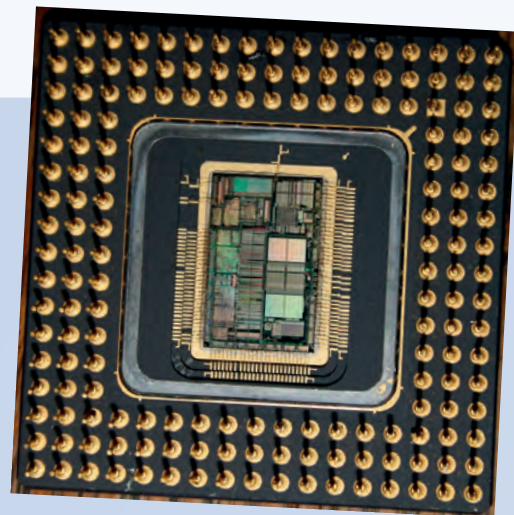


Bild 1. Ein „geöffneter“ Mikroprozessor des Typs Intel 80486, bei dem man mit dem bloßen Auge gerade noch grobe Strukturen erkennen kann (Bild: Thomy pc / commons.wikimedia.org/wiki/File:80486_open.jpg).

Von Dr. Thomas Scherer

Eigentlich war doch „schon alles erfunden“ – oder etwa nicht? Es gab die CD, also Musik in digital. Es gab – hüstel – die totgeborene Bildplatte, eine Art Riesen-Noncompact-Disk mit digitalisiertem Video drauf. Selbst das Fernsehen rauschte nun digitalisiert von Satelliten auf die Erde. Waren also die 90er nur weiterentwickelte 80er? Beileibe nicht: Die Digitalisierung begann nun alles und jedes zu umfassen. Und dies war etwas, das einen massiven, qualitativen Unterschied machte.

Erinnern wir uns

Ende der 80er war der „sozialistische Ostblock“ zusammengebrochen und hatte sich neu konstituiert. Das war nicht alles, was die Menschheit im letzten Jahrzehnt des zweiten Jahrtausends bewegte, denn der Mikroprozessor war nicht nur längst erfunden, sondern es gab schon einige Jahre leistungsfähige Exemplare (Bild 1), die in ein Blechkleid gehüllt zu PCs mutierten, welche plötzlich überall anzutreffen waren. Kaum ein Elektroniker, der in den 90ern keinen beruflichen oder privaten Kontakt mit einem PC hatte oder keinen PC sein Eigen nannte.

Bild 2 zeigt das damals von mir aufgebaute psychologische Experimental-Labor Ende der 90er Jahre, als sogar die nun flach gewordenen Bildschirme zum Teil aus Halbleitern bestanden. Die (Braunsche) Röhre hatte endlich auch im letzten verbliebenen Segment ihre Daseinsberechtigung verloren. Außerdem wurden wirkliche tragbare Computer möglich, aus Schlepptops wurden echte Laptops bzw. Notebooks mit LC-Bildschirmen (Bild 3). Auch auf die Industrie hatten die 90er Jahre einen nicht zu unterschätzenden Einfluss, denn nicht nur Experimente oder (Kern-)Kraftwerke wurden komplett elektronisch

gesteuert, sondern zunehmend ganze Fabriken. Die sogenannte Prozess- oder Industrieautomation machte die Produktion von Gütern effizienter, schneller und preiswerter. Was in den 90ern begann zeigt sich heute eindrucksvoll: Wer schon einmal eine moderne Autofertigung besucht hat, staunt über große Hallen voller Roboter und anderer technischer Systeme – wobei nur wenige Menschen zu sehen sind.

Kleinstcomputer

Außerdem gab es Mikrocontroller (Bilder 4 und 5), welche komplexe Elektronik vereinfachten oder gar erst möglich machten, aber lötkolbenfreie Entwicklung verlangten: Der Elektroniker musste lernen zu programmieren. Mikrocontroller wurden nicht nur für digitale Steuerungen eingesetzt, sondern zunehmend auch für alles, was mit Messen und Testen zu tun hatte. Analoge Signale wurden digitalisiert, berechnet, verarbeitet und auch wieder ins analoge Format zurückverwandelt. Nichts konnte diese kleinen Stücke Silizium aufhalten. Kaum auf der Welt, wurden sogar Autos davon befallen. In den 90ern verschwand z.B. die Erzeugung von Zündfunken durch elektromechanische Kontakte in Kombination mit

Spulen. Es gab jetzt „Steuergeräte“, die in ihren Speichern Kennlinien für den optimalen Verbrenner-Betrieb enthielten. Man konnte damals schon voraussehen, dass es bald kein Gerät mehr ohne Mikrocontroller und bald wesentlich mehr MCUs als Menschen auf dieser unserer Erde geben würde, was nun längst der Fall ist.

Ich selbst habe 1994 sogenannte BASIC-Briefmarken zur millisekunden-genauen Steuerung von LCD-Shuttern eingesetzt, die schnell wechselnde Bilder von zwei Projektoren für Experimente zur sogenannten subliminalen optischen Wahrnehmung emotionaler Reize produzierten, weil das damit so schön einfach ging und leicht änderbar war. Die moderneren RISC-Mikrocontroller von Atmel kamen erst etwas später auf den Markt. Der Chip AT90S8515 in Bild 5 war gewissermaßen der Großvater der ATmega-MCUs, welchen den Arduino-Boom einläuteten.

Funk

War das alles? Präkten lediglich CPUs und MCUs die 90er Jahre? Beileibe nicht, denn es kommt drauf an, was man damit macht, wie noch deutlich wird. Der dritte treibende Faktor war die Implementierung digitaler Funknetzwerke. Zwar gab es Funktelefonie in den Industrieländern damals schon seit Jahrzehnten, aber die zugrundeliegende Technik war analog. Das ließ nur vergleichsweise wenig Nutzer zu und machte die Technik und ihren Betrieb teuer. Funktelefone waren in den 80ern schwer, unhandlich und als „Autotelefon“ eher ein luxuriöses Statussymbol. Das wurde durch die Einführung von GSM-Netzen in Europa und CDMA in den USA anders. Diese zellulären, digitalen Netzwerke erlaubten dank Datenkompression, digitaler Übertragung und automatischer Vermittlung viele parallele Gespräche im gleichen Frequenzraum zu niedrigen Kosten. Winzige digitale Chips

ermöglichen kleine Geräte und Mobiltelefone aka Handys (**Bild 6**) wurden ein Produkt für die Massen. Auch die fortschreitende Verpackung von passiven Bauteilen als SMDs spielte hier eine große Rolle. 1992 gab es das erste betriebsbereite D-Netz der Telekom in Deutschland und ähnliche in den anderen europäischen Ländern und der USA. Bald war die erste „elektronische Kommunikation“ per SMS möglich.

Was das – abgesehen von der technischen Basis – mit Elektronik zu tun hat? Funknetze sind heute grundlegend für das Internet der Dinge. Sehr viele moderne technische Geräte sind heute per Funk ans Internet angebunden. Man wundert sich schon fast, dass ein Bierkasten nicht von selbst Nachschub bestellt, bevor er leer wird. All diese aktuellen Entwicklungen basieren auf Funktechniken und Übertragungsstandards, die in den 90ern geschaffen wurden.



Bild 2. So sah Ende der 90er der Steuerraum eines High-Tech-Psychologie-Labors aus. Ein PC, sechs Mikrocontroller und zwei Macs mit selbstgeschriebener Software in friedlicher Kooperation. Der Student links ist heute Professor in Hamburg (Bild: Thomas Scherer).



Bild 3. Der erste wirklich tragbare Computer von Apple: das PowerBook 100 von 1991 mit 68K-CPU. Sein LCD konnte immerhin schon 16 unterschiedliche Graustufen darstellen, Hammer, nicht wahr? (Bild: Danamania / Commons.wikimedia.org/wiki/File:Powerbook_100_pose.jpg, GNU FDL v. 1.2).

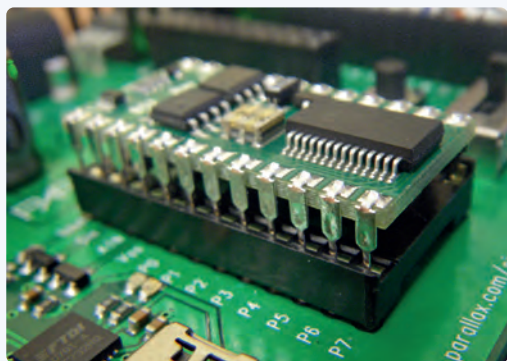


Bild 4. Die „BASIC-Briefmarke“ erschien 1992. Auf einer zu DIL24 kompatiblen Platine steckten ein PIC-Mikrocontroller und etwas Peripherie. Die Firmware enthielt einen fertigen BASIC-Interpreter (Bild: Marcin1988 / de.wikipedia.org/wiki/Datei:Basic_stamp.jpg, GNU FDL v. 1.2).

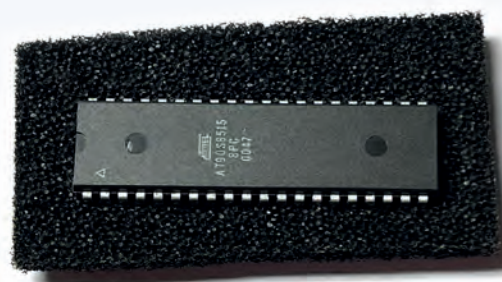


Bild 5. Der AT90S8515 war der erste RISC-Mikrocontroller der AVR-Reihe von Atmel, erschienen 1997 (Bild: Thomas Scherer).



Bild 6. Ein Mobiltelefon des Typs Nokia 2110 von 1995. Hatten Sie auch so ein Handy? (Bild: Hundehalter / commons.wikimedia.org/wiki/File:Nokia2110i_red_front.jpg).



Bild 7. Ein Modem nach dem Standard V.32bis mit bis zu 14.400 bd von USRobotics von 1994 (Bild: Wilton Ramon de Carvalho Machado / commons.wikimedia.org/wiki/File:Fax_modem_antigo.jpg, GNU FDL v. 1.2).



Bild 8: Eine Ethernet-Karte für den ISA-Bus mit 10 Mb/s. Beachtenswert: Neben der heute üblichen RJ45-Buchse gibt es auch einen BNC-Anschluss für Koaxial-Kabel (Bild: Thomas Scherer).

Kommunikation

Und es gab noch mehr Kommunikation: Mit dem Internet kam die E-Mail, beides zunächst ab Anfang der 1990er Jahre nur in Universitäten, aber kurz danach für alle zugänglich. Fast zeitgleich mit den ersten GSM-Netzen erschien HTML – das World Wide Web war geboren. Letzteres dürfte nicht nur für Elektroniker, sondern eher noch für die ganze Menschheit der zentrale Meilenstein der 1990er Jahre gewesen sein, denn die dadurch angestoßenen Veränderungen dauern immer noch an.

Das moderne Internet ist natürlich nicht ohne die Fortschritte der Computertechnik denkbar und diese fußen selbstverständlich auf den Errungenschaften der Halbleiterfertigung bzw. der immer weiter fortschreitenden Miniaturisierung. Im Rückblick gehört daher das letzte Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts ganz sicher zu den wichtigsten Zeitabschnitten mit dem größten Einfluss auf die Geschichte des Menschen.

Das Internet im heutigen modernen Sinne war, wie schon erwähnt, zunächst etwas für Universitäten. Zum Vergleich mit heutigen Datenraten: 1993 war die gesamte Uni Marburg mit einer 2-Mbit/s-Leitung ans weltweite Internet angebunden. Die erste

Webseite der deutschen Niederlassung von Apple verfügte damals über die Kapazität von zwei ISDN-Kanälen, also 128 kbit/s. Privates Internet wurde zu Anfang der 1990er noch im Minutentakt abgerechnet und erfolgte typischerweise via Modem über die Telefonleitung ab 9.600 bd. **Bild 7** zeigt ein schon leicht schnelleres Exemplar mit immerhin 14.400 bd und Faxfunktion. Millennials können sich sicher nicht einmal mehr vorstellen, was ein Fax sein soll, oder?

In Deutschland wurde ab etwa 1990 auf ein digitalisiertes Telefonnetz gesetzt, das stark von der Telekom beworben wurde. Auf einer einzigen Telefonleitung wurden mit ISDN zwei (Sprach-)Kanäle mit je 8 bit Auflösung bei einem Takt von 8 kHz geboten. Diese Kanäle eigneten sich auch zur Datenübertragung und konnten gebündelt werden. In der letzten Hälfte der 90er Jahre leistete ich mir so einen ISDN-Anschluss samt über einen Router angebundenem ISDN-Modem für meine zwei Rechner. Damit zählte ich sicherlich zu den „early adopters“, denn der private Internet-Anschluss setzte sich breit erst im nächsten Jahrzehnt durch.

In den 1990ern waren übrigens viele

Firmen und Universitäten in Europa per Koaxialkabel vernetzt. An einem Kabel hingen dann viele PCs mit T-Stücken und Stichleitungen mit BNC-Steckern. Die frühen Ethernet-Karten wie die in **Bild 8** boten oft sogar „beides“: BNC und die praktischere RJ45-Buchse für Sternverabelung per Hub.

Die Basis: Chips

Die Grundlage der rasanten technischen Entwicklung in den 90ern bildeten die enormen Fortschritte in der Miniaturisierung von Halbleiterstrukturen. Moore's Law [1] kam damals schon in vierte Jahrzehnt; Moore behielt recht mit seiner Prognose, dass sich die Komplexität von ICs – gemessen in Transistoren pro Chip – etwa alle zwei Jahre verdoppeln sollte (siehe **Bild 9**). Noch erstaunlicher ist, dass sein Gesetz selbst heute immer noch gilt. Von anfänglichen etwa 100 Transistoren in 1965 sind wir heute bei modernen Intel- und AMD-CPU's fast bei 10×10^9 = zehn Milliarden Transistoren angelangt. Das ist eine Steigerung um den Faktor 100 Millionen in 55 Jahren. Wenn das nicht fantastisch ist, was dann? Um solche Steigerungen zu realisieren sind immer kleinere Strukturen bei der

Halbleiterfertigung notwendig (siehe **Bild 10**). Längst belichtet man die Silizium-Wafer nicht mehr mit sichtbarem Licht, sondern sehr aufwändig mit sehr viel kurzwelligerem Licht über EUV-durchlässige Keramiklinsen. Eine Leiterbahn kann heute gerade mal eine Handvoll Atomlagen breit sein. In den 90ern hingegen war High-Tech im sogenannten Submikron-Bereich noch viel einfacher mit konventionellerer Technik herstellbar, weshalb es damals noch mehr Chip-Fabriken (=Konkurrenz) als heute gab.

Wichtig bei all diesen Fortschritten ist sicher die immer größere Rechenleistung – 1999 wurde mit dem Athlon von AMD immerhin zum ersten Mal die Marke von 1 GHz Takt geknackt. Nicht weniger wichtig aber ist der relativ zu Rechenleistung immer geringere Energieverbrauch. Die Mikrocontroller der 90er hatten schon einen Sleep-Mode mit Stromaufnahmen im μA -Bereich, der sie für Batteriebetrieb und gleichzeitig für die Eroberung vieler Geräte bereit machte.

Und was änderte sich für Elektroniker?

Diese Frage kann ich gut mit meinen persönlichen Erfahrungen beantworten. Schleppte ich in den 80ern noch bei jedem Umzug eine mehr laufende Meter messende Bibliothek mit hunderterten wertvollen Datenblättern, Datenbüchern und Elektronik-Literatur sowie zig Jahrgänge der Zeitschrift Elektor ;-) durch die Gegend, was bei Umzügen zu diversen Flüchen Anlass gab, war das Gewichts- und Platzproblem in den 90ern plötzlich verschwunden. Eines Tages beschloss ich nämlich, alles „Unwichtige“ zu Altpapier zu degradieren und zur Deponie zu bringen – mit Ausnahme von Elektor und dem Tietze-Schenk versteht sich. Unwichtig übersetzt sich hier mit „steht ja eh im Internet“. Beim Entwickeln von elektronischen Schaltungen konnte ich mir die notwendigen Datenblätter direkt vom Hersteller herunterladen. Das Durchsuchen nach relevanter Info ging nun blitzartig. Und Entwickeln hieß nun nicht mehr nur Schaltpläne

per Hand, sondern mit entsprechender CAD-Software zeichnen. Endlich bekam ich auch ansehnliche Platinen-Layouts mit Computer-Hilfe zustande. Außerdem gab es erste Schaltungs-Simulatoren und weitere Tools, die das Leben vereinfachten, die Arbeit produktiver und weniger nervig gestalteten. Anfang der 90er bekam ich Texte und Bilder noch auf Diskette von Elektor geschickt, und nach Bearbeitung gingen sie wieder per „snail mail“ auf die Rückreise (wenn es schnell gehen musste, wurde gefaxt). Ende der 1990er ging alles viel schneller und eleganter per E-Mail-Attachment. Und als ich dann auch noch kurz vor der Jahrtausendwende meinen klobigen 19“-Röhrenmonitor gegen ein 17“-LCD-Exemplar mit unglaublichen und knackscharfen 1.280 x 1.024 Pixel austauschte, glaubte ich mich fast im Elektroniker-Himmel. Was konnte jetzt noch besser werden?

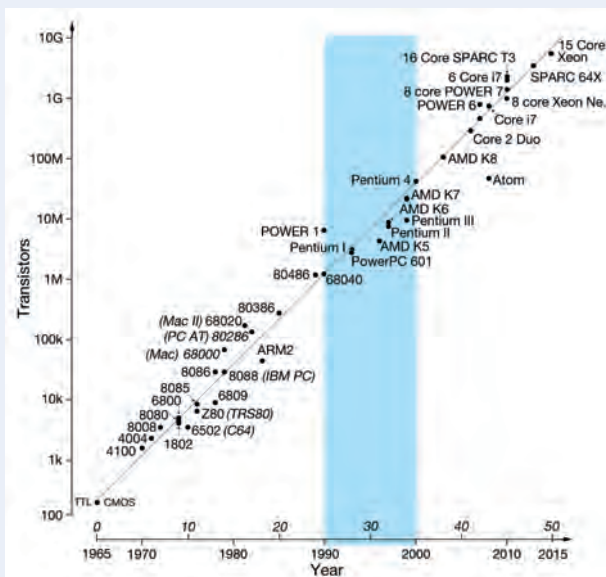


Bild 9. Die Chip-Komplexität folgt über 50 Jahre Moore's Law. Von 1990 bis 2000 wuchs die Transistorzahl von rund 1 Million auf gut 30 Millionen (Bild: Thomas Scherer).

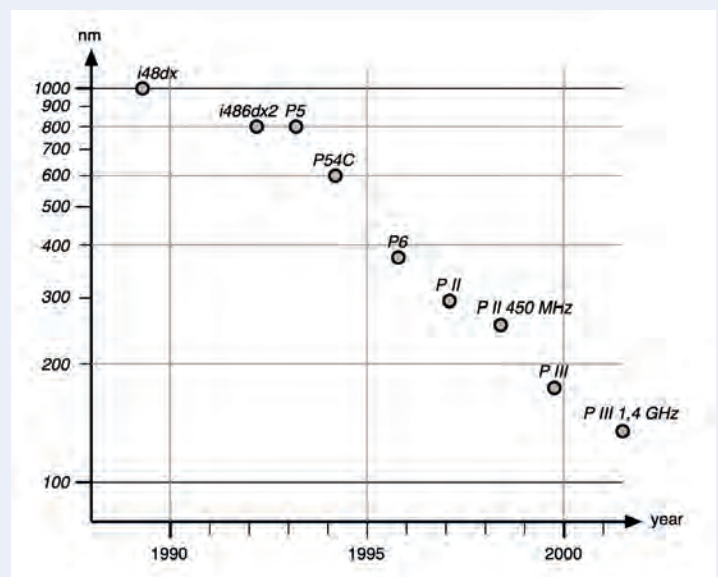


Bild 10. Die Entwicklung der Strukturweite in den 1990er Jahren bei Intel-CPU's. In diesen 10 Jahren sitzen die Transistoren fünffach dichter (Bild: Thomas Scherer).

Elektor in den 90ern

Damit Sie einen Eindruck bekommen, was damals in Elektor so los war und wie sich Themen und Elektronik veränderten, finden Sie nachfolgend eine Liste mit zehn ausgewählten Elektor-Artikeln aus dieser Zeit:

Selbstbauplotter Mondrian II



(Elektor 1/1990)

Das Jahrzehnt startete mit dem Selbstbau eines Peripheriegeräts für den nun fast selbstverständlichen PC. Dieser Plotter verfügt über einen X-Antrieb per Spindel und einen Y-Antrieb per Rolle. In der Z-Achse werden normale Stifte auf das Papier gedrückt. Das Titelbild der Januar-Ausgabe 1990 enthält auch einen Hinweis auf einen Grundlagen-Artikel zu

Speicherprogrammierbaren Steuerungen.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199001/29167

Echtzeituhr für Atari-ST

(Elektor 10/1991)

Neben IBM-kompatiblen PCs erfreuten sich zu Anfang der 90er noch diverse sogenannte Heimcomputer großer Beliebtheit. Einer davon war der Atari ST auf Basis des 68k-Prozessors von Motorola. Kaum zu glauben: Nach jedem Einschalten musste man die Zeit und das Datum manuell einstellen, sonst hatten gesicherte Dateien den falschen Zeit/Datums-Stempel. Um dem abzuhelpen gab es von Elektor im Oktober 1991 eine Echtzeit-Uhr zum Selberbauen.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199110/29735



20 bit Audio-DAC (1992)

(Elektor 10/1992)

Selbstverständlich war nicht alles Computertechnik, was in den 90ern in Elektor erschien. Auch High-End-Audio war immer wieder Thema. Hier in digitalisierter Form: Ein externer Audio-DAC bot dank 20 bit Auflösung wesentlich bessere technische Eigenschaften als die integrierten Ausgangsstufen z.B. in CD-Playern: Mit Verzerrungen

von nur 0,002 % und einem Rauschabstand von >115 dB wusste dieses Selbstbaugerät zu beeindrucken.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199210/30023

Monochrom-Bildschirm-Adapter

(Elektor 12/1993)

Es muss nicht immer alles kompliziert sein. 1993 waren vielfach noch monochrome Monitore verbreitet. Sie waren oft nur an

den Grün-Pin eines PC mit „VGA“-Video-Ausgang angeschlossen, das analoge RGB-Signale lieferte, was zu einer schlechten Darstellung der Graustufen führte. Aus meiner Feder gab es in der Dezember-Ausgabe Abhilfe: Ein simpler Monochrom-Adapter aus sechs Widerständen, der dank gewichteter Addition der RGB-Signale für ein besseres Bild sorgte.

PIC-Programmer



(Elektor 3/1994)

Was heute dank integrierter Bootloader etc. kein Problem mehr ist, war früher teuer, denn für die Mikrocontroller brauchte man in den 90ern noch extra Programmer, um die selbstgeschriebene Firmware in den Flash-Speicher der MCU zu schieben. Im März 1994 wurde ein solcher Programmer für PIC-MCUs von Microchip zum Selbstbau beschrieben.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199403/30416

Modem-Testset

(Elektor 7/1995)

1995 war die Internetanbindung per Modem noch der Normalfall. Blitzschläge oder der Mensch vor dem Bildschirm konnten da unsicher machen, ob das Modem wirklich „noch tut“. Um Modems zu testen, brauchte es gar nicht so viel Aufwand, wie dieser Artikel aus dem Halbleiterheft beweist.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199507/30740

64-Kanal-Logik-Analyser

(Elektor 5/1996)

Beim Entwickeln digitaler Schaltungen mit MCUs und CPUs kann man leicht den Überblick über die Daten und Fehlerquellen verlieren. Hilfreich ist hier ein Logik-Analyser, der die Pegel vieler paralleler Digitalsignale aka Bus gleichzeitig erfasst. Elektor präsentierte im Mai 1996 ein 64-Kanal-Gerät (Bild 17) mit bis zu 50 MHz Bandbreite für den Selbstbau.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199605/30951

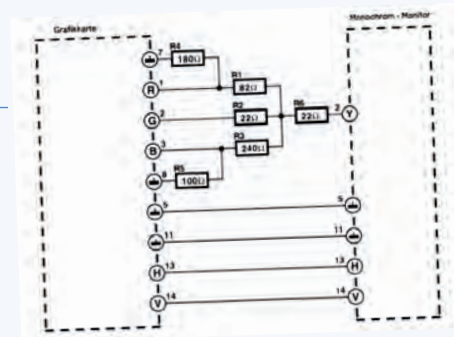


Elektronisches Heinzelmännchen



(Elektor 12/1997)

Unter diesem merkwürdigen Titel erschien zu Weihnachten 1997 eine kleine Platine mit Quarz, auf die ein damals hochmoderner „RISC-Mikrocontroller“ des Typs AT90S1200 der Firma Atmel aufgesteckt werden



konnte. An der Unterseite waren Pins im 1/10“-Raster angebracht, damit man das kleine Board überall als Universal-Controller einsetzen konnte.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199712/31387

Intelligenter IC-Tester

(Elektor 3/1998)

Wer immer noch auf Kriegsfuß mit Mikrocontrollern stand, konnte sich mit diesem IC-Tester vom März 1998 davon überzeugen lassen, was mit einer MCU alles möglich ist. Konventionell mit „diskreten“ Logik-ICs wäre es kaum möglich, so viele verschiedene ICs auf Funktion zu testen und die Resultate per LCD anzuzeigen.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199803/31448

Viele Themen und Beiträge

Beim Jahrgang 1999 kann man sich wie oft gar nicht richtig entscheiden, welches denn das typischste Projekt für diese Zeit darstellt. Geradezu prototypisch für das Ende dieses Jahrzehnts erschien mir die Inhaltsseite von Elektor Oktober 1999 mit den Highlights, welche die wichtigen Themen zu dieser Zeit repräsentieren. DSL beginnt wichtig zu werden. Es gibt Infos zum CAN-Bus. Neben Mikrocontrollern kommt auch HF nicht zu kurz. Eine komplette



Platine mit Hard- und Software für Schrittmotoren ist beschrieben. Selbst der 1000ste Akkulader durfte nicht fehlen.

www.elektormagazine.de/magazine/elektor-199910

210485-02

Über den Autor

Dr. Thomas Scherer absolvierte zunächst eine Lehre als „Fernmelder“ und arbeitete dann ab 1980 in der Elektor-Redaktion. Nach einem Studium der Psychologie und einigen Jahren in der Grundlagenforschung ist er nun schon seit Jahrzehnten als freier Autor für Elektor tätig. Er hat ein großes Elektronik-Labor und interessiert sich für so ziemlich alles, was mit Strom zu tun hat.

WEBLINKS

[1] Moore's Law:

https://de.wikipedia.org/wiki/Mooresches_Gesetz

Jede Bewertung spiegelt ein persönliches Erlebnis wider

Wir lieben Elektronik und Projekte, und wir setzen alles daran, die Bedürfnisse unserer Kunden zu erfüllen

Der Elektor-Store: 'Never expensive, always surprising'

"Alles Prima wenn man bei Elektor bestellt."

"Seit Anfang an Super – Ich lese seit 40 Jahren Elektor, und das macht mich so glücklich. Den Tag an dem das neue Heft veröffentlicht wird habe ich mir im Kalender markiert."

"Tadellos – Mir gefällt der flinke und übersichtliche WebShop. Die Preise sind moderat, der Bestellvorgang ist einfach und die Lieferzeiten kurz."

Elektor Deutschland is rated Excellent

Sehen Sie sich weitere Bewertungen auf unserer Trustpilot-Seite an: www.elektor.de/TP
Oder bilden Sie sich selbst eine Meinung und besuchen Sie unseren Elektor Store, www.elektor.de



elektor
design > share > sell

Web 1.0

Willkommen im Internet

Computer werden vernetzt



Von Stuart Cording (Elektor)

Schon während noch die Revolution der Heimcomputer tobte, hatte die nächste bereits begonnen. Am CERN, der Europäischen Organisation für Kernforschung, entwickelte Sir Tim Berners-Lee an Europas größtem Internet-Knotenpunkt Hyperlinks. Dies ebnete den Weg für das World Wide Web. Bis zum Ende des Jahrzehnts waren mehr als 13 % der Weltbevölkerung online [1].

Nachdem sich Computer zuhause und in Büros gut etabliert hatten, war die nächste Herausforderung, sie zur Kommunikation miteinander zu bewegen. In den 1990er Jahren setzte man hierzu auf sogenannte Modems (**Bild 1**), welche die Telefonleitung zur Kommunikation mit anderen Computern nutzten. Im Laufe dieses Jahrzehnts steigerten sich Modems von 9.600 bd (V.32) auf das rasante Tempo von 56.000 bd (V.90/V.92). Zu Beginn des Jahrzehnts konnten man sich lediglich in damals sogenannte „Mailboxen“ (englisch: BBS bzw. Bulletin Board Systems) einwählen, die eine Reihe von Diensten von

der gemeinsamen Software-Nutzung über das Hinterlassen von Nachrichten in „Briefkästen“ bis hin zum Chatten in Echtzeit ermöglichten. Die britischen Bastlern damals als Quelle für Bauteile und Bausätze bekannte Firma Maplin bot ihren Einwahldienst CASHTEL (Computer Aided SHopping by TELEphone) an [2]. Nach der Einwahl konnte man prüfen, ob die gewünschten Bauteile verfügbar waren, sie bestellen und per Kreditkarte bezahlen. Es war also so fast alles verfügbar, wofür man heute das Internet bemüht, nur noch nicht alles miteinander verbunden...

Militärische Technologie

Viele Fortschritte resultieren aus Rüstungsanstrengungen bzw. dem militärischen Streben nach technischer Überlegenheit – das Internet ist ein weiteres Beispiel dafür. Es herrschte im Kalten Krieg die Befürchtung, dass es zu einem Atomanschlag kommen könnte, der kritische Infrastrukturen zerstört. Also beschlossen die USA, ein weit verzweigtes Computernetz zum Austausch von Informationen zu entwickeln. Resultat war das ARPANET [3] (Advanced Research Projects Agency NETwork). Damit wurden in den 1970er Jahren die Großrechner von militärischen und akademischen Einrichtungen miteinander vernetzt (**Bild 2**). In den 1980er Jahren wurde auch Standorte in Norwegen und Großbritannien eingebunden. Die weitere Ausdehnung wurde dadurch behindert, dass die einzelnen Standorte unterschiedliche Netzwerkprotokolle verwendeten. Es waren daher Knoten erforderlich, um die Teilnetzwerke miteinander zu verbinden. Dies änderte sich mit der Definition von TCP/IP.

Die Paketvermittlung, d.h. die Zerlegung von Daten in kleinere Teile und deren Wiedersamensetzung bei der Ankunft, war das Prinzip dieses frühen Netzes. Der TCP-Teil von TCP/IP, das Transmission Control Protocol, entwickelte sich als die Herausforderungen beim Aufbau eines „Netzes von Netzen“ immer deutlicher wurden. Es erlaubte hier die erfolgreiche Übertragung von Daten von einem Computer zum einem anderen. Während ein Großteil dieser Entwicklung von der DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) in den USA geleitet wurde, beeinflusste auch die Arbeit am CYCLADES-Forschungsnetz in Frankreich die Designentscheidungen.

IP, das Internet-Protokoll, war für die Verbindung dieser Computer zuständig, unabhängig von der Topologie des zugrunde liegenden Netzes. Außerdem war es für die Bestimmung der IP-Adresse von Computern zuständig. Zusammen bildeten sie das Internet-Protokoll-Paket. Am 1. Januar 1983 wurde das ARPANET endgültig auf TCP/IP umgestellt - dieses Datum gilt als Geburtstag des Internet.

Die Geburt des World Wide Web

Nachdem das Netzwerkprotokoll für die Verbindung von Computern eingerichtet war, bestand die nächste Herausforderung darin, die auf ihnen gespeicherten Informationen in einer für andere nutzbaren Weise zu übermitteln. Der britische Wissenschaftler Sir Tim Berners-Lee (**Bild 3**) arbeitete damals am CERN (Organisation für Kernforschung). Er beschäftigte sich mit der Frage, wie Wissenschaftler am besten Forschungsdokumente zusammenzuführen und zusammenarbeiten können [4]. Seine Lösung war, bei Forschungsarbeiten, die andere Forschungsarbeiten zitieren, Links zu diesen Dokumenten und ihren Bildern in die elektronischen Versionen dieser Texte einzufügen. Das Konzept war nicht neu, denn mit Software wie Apples Hypercard konnten die Benutzer ihre eigene Sammlung verlinkter Informationen erstellen. Der Hauptunterschied

bestand darin, dass Berners-Lee diese Daten mit der ganzen Welt teilen wollte.

Es gab Schriftsprachen, so genannte Markup-Sprachen, die die Art und Weise, wie der Inhalt angezeigt werden sollte, mit dem Inhalt verbanden. Eine solche Auszeichnungssprache war SGML, Standard Generalized Markup Language. Sie ermöglichte die Aufbereitung von Inhalten mit beschreibenden Markierungen, die Elemente wie Titel, Überschriften verschiedener Ebenen und Abschnitte angaben. Schriftart, -größe, -farbe und andere Formatierungen konnten später vorgenommen werden. Was fehlte, war eine Möglichkeit zur Verknüpfung mit anderen Dokumenten. HTML (HyperText Mark-up Language) baute auf SGML auf und fügte zu diesem Zweck einen Anker oder ein Tag hinzu. Natürlich reichte die Erfindung von HTML allein nicht aus. Es wurde auch eine Software benötigt, die die Dokumente in dem vom Ersteller festgelegten Format anzeigt, sowie ein Verzeichnis, in dem die Dokumente abgerufen werden können. Dies führte zur Entwicklung eines Browsers und eines Webserver, die sich beide auf Berners-Lees NeXT-Computer befanden. 1991 wurde HTML in einer speziellen Mailingliste diskutiert, und andere begannen, zur Entwicklung beizutragen.

Sein erster Browser hieß *WorldWideWeb* [5]. Um Verwechslungen zu vermeiden wurde er später in *Nexus* umbenannt und bis 1994 weiterentwickelt. Dieses Tool war gleichzeitig ein WYSIWYG-HTML-Editor, mit dem man Inhalte in dieser neuen Auszeichnungssprache erstellen konnte. Wichtig war, dass Nicht-Text-Inhalte, wie z.B. Bilder, mit einer geeigneten Anwendung auf dem Host-Computer und nicht im Browser geöffnet wurden. Das NSCA (National Center for SuperComputing Applications) in den USA wurde gegen Ende 1992 auf die Technologie aufmerksam und startete ein Projekt zur Entwicklung des eigenen Browsers *Mosaic*. Damit begann der Kampf um das Fenster zum Internet ernsthaft.

Browser-Kriege

Marc Andreessen, der den Mosaic-Browser während seines Studiums nebenbei mitentwickelt hatte, sah darin ein großes kommerzielles Potenzial. Immerhin war die Engine des Browsers an mehrere Firmen lizenziert worden. Mit einem Investor im Schlepptau gründete er die Netscape Communications Corporation. Ende 1994 brachten sie ihre erste vollständige Version des Browsers *Netscape Navigator* heraus, der sowohl plattformübergreifend verfügbar als auch für den akademischen und gemeinnützigen Gebrauch kostenlos war. Viele luden einfach die voll funktionsfähige Testversion herunter und behielten sie. Im Jahr 1996 wurde der Netscape Navigator bereits zu 75 % für das Surfen im Internet genutzt [6].

Da Windows 95 das vorherrschende Betriebssystem für PCs war, wollte auch Microsoft am Surfen im Internet teilhaben. Der Internet Explorer 1.0 als erster Microsoft-Browser nutzte Mosaic unter Lizenz. Es folgte eine Zeit der schnellen Entwicklung, in der jedes Unternehmen neue Funktionen und neue HTML-Tags einführte. Dies führte dazu, dass Websites den Nutzern empfahlen, den einen oder anderen Browser zu verwenden, um eine „optimale Darstellung“ zu bekommen. Mit der Einführung von Windows XP wurde der Internet Explorer (IE) kostenlos



Bild 1: Mit Modems wie diesem Modell von U.S. Robotics konnte man sich ins Internet einwählen. Sie konnten auch Faxe verschicken.



Bild 3: Sir Tim Berners-Lee, der Erfinder des World Wide Web, hier bei der Verleihung der jährlichen Webby Awards im Jahr 2014.

ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977

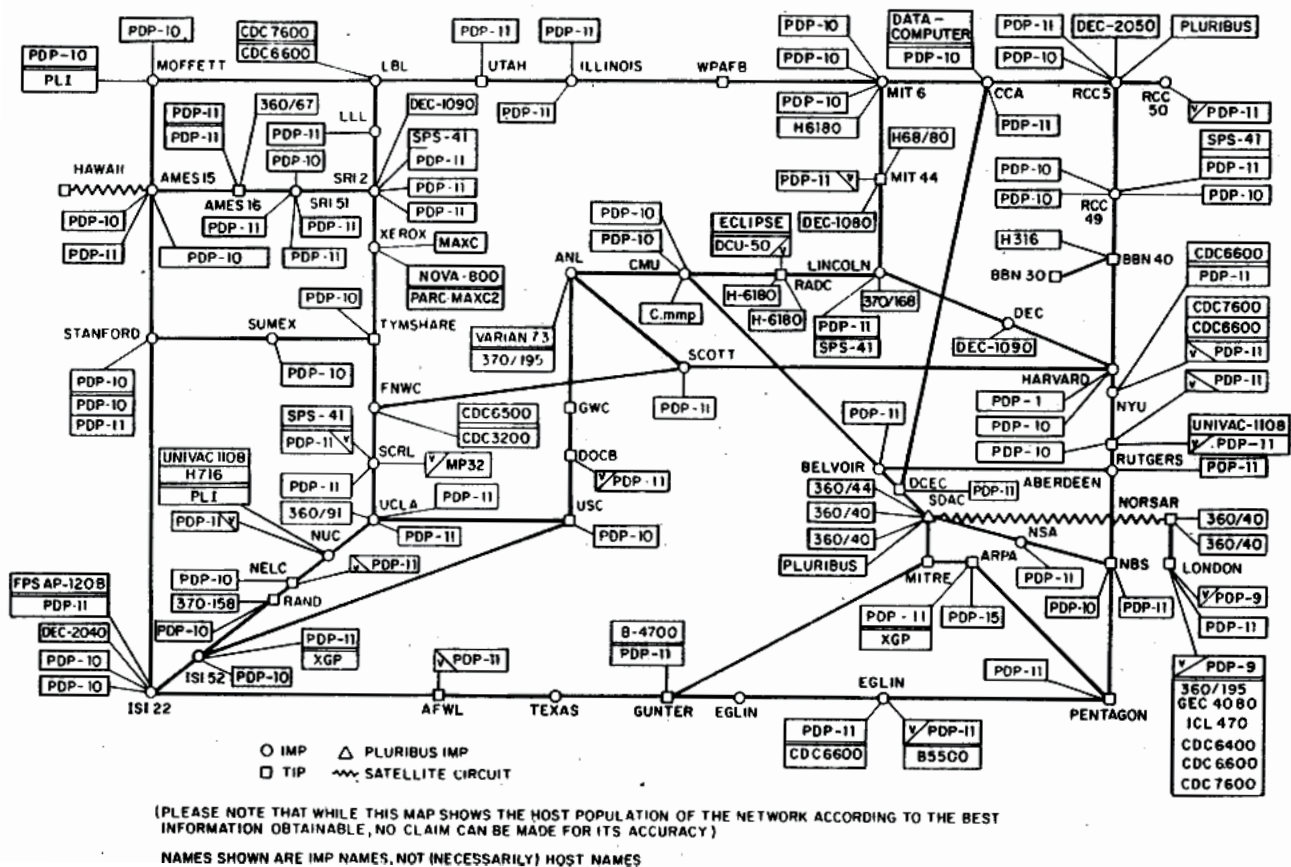


Bild 2: Bis 1977 erstreckte sich das ARPANET über die gesamten USA. Über eine Satellitenverbindung war auch London und Norwegen eingebunden. (Quelle: Public Domain)

und automatisch mit dem Betriebssystem installiert. Da das Internet für viele PC-Besitzer noch neu war, gab es wenig Grund, mit anderen Browsern zu experimentieren. So sicherte Microsoft die Vorherrschaft des IE für fast ein Jahrzehnt. Es dauerte ein weiteres Jahrzehnt, bis ein damals noch kleines Startup-Unternehmen namens Google mit seinem Chrome-Browser dieses Monopol brach. In dieser Zeit fand eine Standardisierung von HTML und anderen Elementen der HTML-Darstellung statt, welche die Wettbewerbsbedingungen für alle Browser verbesserten. Von allen Browsern der 1990er Jahre lebt Mosaic als Teil der Mozilla Foundation und Firefox weiter. Außerdem hat auch der 1995 eingeführte Opera-Browser überlebt, aber verwendet jetzt die Chromium-Codebasis von Google. Der IE wurde inzwischen von Microsofts *Edge* verdrängt, das ebenfalls Chromium verwendet.

Wie schon erwähnt ging man in diesem Jahrzehnt noch per Modem „ins Internet“. Internet Service Provider (ISPs) wuchsen schneller, als man zählen konnte, und ermög-

lichten einen minutengetakteten Einwahlzugang zum Internet. Der wohl bekannteste ISP war America Online, bekannt unter dem Akronym AOL. Dank einer aggressiven Marketingkampagne wurden Disketten und später CD-ROMs mit Internet-Testzugängen millionenfach verschenkt. Der ehemalige Chief Marketing Officer von AOL, Jan Brandt, behauptete auf Quora [7], dass zu einem bestimmten Zeitpunkt 50 % der weltweiten CDs für AOL produziert wurden (Bild 4). Indem sie das neumodische und komplizierte Internet geschickt in ihrer Software verpackten, erhielten die Nutzer Zugang zu ihrem Webportal, eine E-Mail-Adresse und Instant Messaging. Als sich das Ende des Jahrzehnts näherte und Netscape Communication der Macht von Microsofts IE unterlag, kaufte AOL Netscape auf und fügte diesen Browser in sein Angebot ein.

Internet & Kaffee

Da so viel Code geschrieben werden musste, tranken Programmierer natürlich auch große Mengen Kaffee. Obwohl die Forschung dazu

schwierig ist, hat eine Umfrage [8] von Lisa Sidlow ergeben, dass der durchschnittliche Entwickler zwischen einer und fünf Tassen Kaffee pro Tag trinkt. Die Gemengelage aus Softwareentwicklung und aufgestautem Wunsch, Probleme zu lösen, führte zum XCoffee-Projekt [9] an der britischen Universität Cambridge.

Das Problem bestand darin, dass die Entwickler wertvolle Programmierzeit verschwendeten, wenn sie umsonst zur Kaffeemaschine



Bild 4: Eine Sammlung von AOL-CD-ROMs. AOL behauptete in den 1990er Jahren, 50 % der weltweiten CD-Produktionskapazitäten zu nutzen.

auf dem Flur pilgerten, nur um festzustellen, dass es dort kein koffeinhaltiges Elixier mehr in der Kanne war. Eine Lösung wurde 1991 von zwei Forschern entwickelt, die ihren Kollegen im Netzwerk mit Hilfe einer Kamera, eines Framegrabbers und einer speziellen Software aktuelle Bilder der Brühvorrichtung anboten. Dank der Unterstützung für eingebettete Bilder in Webbrowsern und einiger Modifi-

kationen wurden die XCoffee-Bilder 1993 über das Internet mit der weltweit ersten Webcam auch weltweit zugänglich. Nach über zwei Millionen Zugriffen [10] und wahrscheinlich ebenso vielen Tassen Kaffee wurde das System 2001 abgeschaltet. Die dienstälteste Kaffeekanne wurde dann für 10.452,70 DM an Spiegel Online versteigert. Als das Internet seine Tentakel nach den

PCs und Laptops der Welt streckte, wollten die Ingenieure für Embedded-Systeme nicht den Anschluss verpassen. Mit der Entwicklung von Flash-basierten, hochintegrierten Mikrocontrollern sollten sie in den kommenden Jahren, als sich der Staub der geplatzten Dotcom-Blase legte, ein Stück vom Kuchen abbekommen. ◀

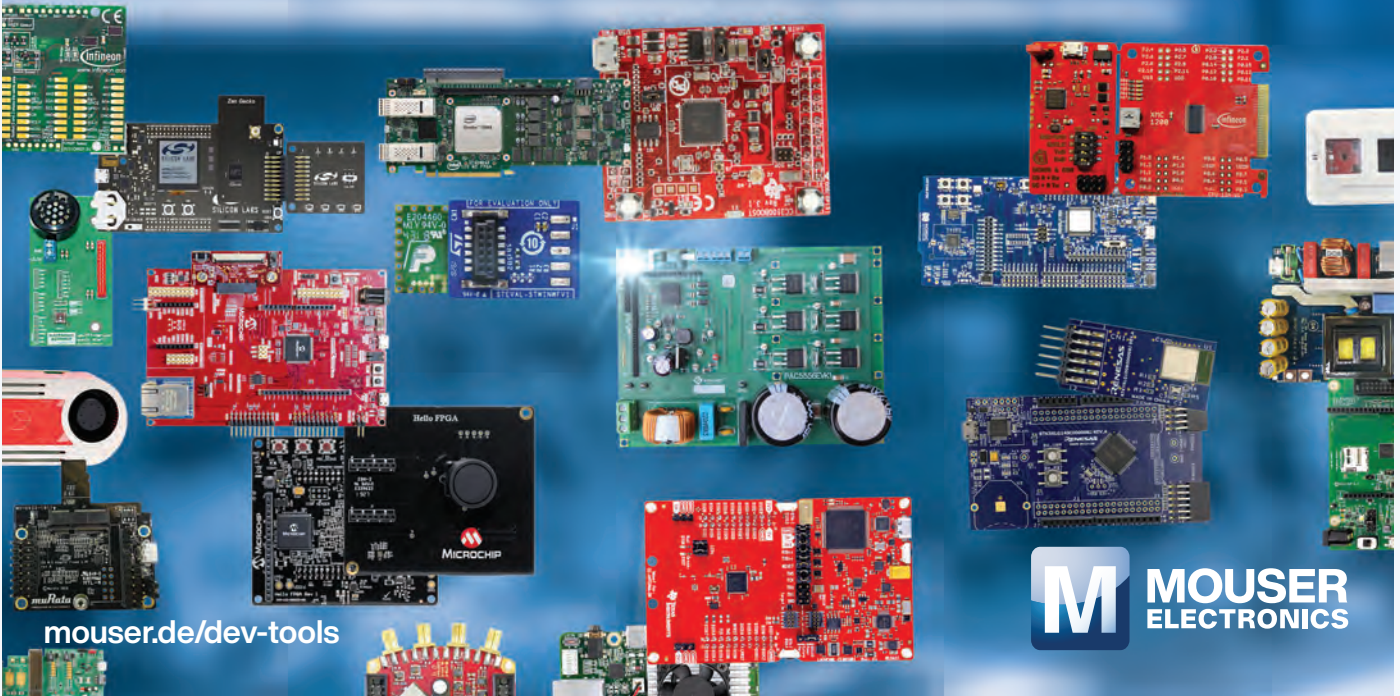
210522-01

WEBLINKS

- [1] M. Roser, H. Ritchie und E. Ortiz-Ospina: „Internet“, Our World In Data: <https://bit.ly/2ZIJC5o>
- [2] A. Winstanley: „Maplin Electronics - the long farewell“, April 2018: <https://bit.ly/3nW9X48>
- [3] Wikipedia: ARPANET: <https://de.wikipedia.org/wiki/Arpanet>
- [4] CERN: „The birth of the Web“: <https://bit.ly/3kwvVZy>
- [5] CERN: „CERN 2019 WorldWideWeb Rebuild“, 2019: <https://bit.ly/3AxFSaT>
- [6] Wikipedia: Netscape Navigator: https://de.wikipedia.org/wiki/Netscape_Navigator
- [7] J. Brandt, Antwort auf die Frage: „How much did it cost AOL to distribute all those CDs back in the 1990s?“, Quora, Dezember 2010: <https://bit.ly/3Ax7qkd>
- [8] L. Sidlow: „Dev Tidbits #001: How much caffeine do developers consume?“, : <https://bit.ly/3kw5Zx1>
- [9] Q. Stafford-Fraser: „The Trojan Room Coffee Pot“, Mai 1995: <https://bit.ly/3zzyfmJ>
- [10] Q. Stafford-Fraser: „The Story of the Trojan Room Coffee Pot: A Timeline“, August : <https://bit.ly/2XSMM9P>

Development Tools alle an einem Ort

Tausende Tools von hunderten zuverlässigen Herstellern



mouser.de/dev-tools


Elektronik in den 90ern:

Interview mit Martin Jepkens: Vom Bastler zum Chef eines Ingenieurbüros

Fragen von Dr. Thomas Scherer

Martin Jepkens ist Diplom-Ingenieur für Physik und Geschäftsführer der Firma ME Engineering in Marl, einem mittelständischen Ingenieur-Büro mit über 50 Mitarbeitern, das sich seit 1991 auf Industrieautomation spezialisiert hat. Anfang der 90er Jahre war er noch nicht so weit, hatte aber schon viel Erfahrung mit dem Lötkolben. Dr. Thomas Scherer hat ihn zu den technischen Herausforderungen und Umbrüchen in den für ihn prägenden zehn Jahren von 1990 bis 1999 befragt.

Scherer: Zusammen mit Ihrem Companion Dirk Korthals sind Sie nun schon 11 Jahren Geschäftsführer des Ingenieurbüros ME Engineering [1]. Das war bestimmt ein aufregender Weg. Beschreiben Sie kurz, was Ihre Firma heute macht?

Martin Jepkens: Wir sind ein Dienstleister für die Industrie und bieten so gut wie alles, vom Engineering und Consulting bis hin zu den jeweiligen Servicedienstleistungen rund um den Bereich EMSR und Automatisierungstechnik an. Die Abkürzung EMSR bezieht sich auf Elektro-, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik.

Scherer: Stichwort Industrieautomation: Was machen Ihre Ingenieure konkret in/mit den Firmen, in denen „automatisiert“ wird?

Martin Jepkens: Sie beraten unsere Kunden, planen Hard- und Software für maßgeschneiderte Automatisierungslösungen und helfen bei der Inbetriebnahme oder der Optimierung z.B. von Ferti-



Bild 1. Martin Jepkens (Bild: Nicole Vauth-Pawlak).

gungsprozessen oder größeren technischen Anlagen. Thematisch geht das vom Stahl- oder Chemiewerk bis hin zu modernen Fertigungsanlagen für Produkte. Zudem sind wir Spezialisten für die Bereiche Functional Safety und Explosionsschutz.

Scherer: 1990 waren Sie ja noch Schüler. Wie kamen Sie zum ersten Mal in Kontakt mit Elektronik?

Martin Jepkens: Zum ersten Mal in Kontakt mit Elektronik kam ich, als ich im Alter von etwa acht Jahren einen Fischer-Elektronikbaukasten geschenkt bekam. Das war nicht das Einzige: Bald bekam ich auch noch Bausätze von Kemo, die es übrigens heute noch fast unverändert gibt. Ab da war ich angefixt und wurde ein richtiger Bastler – nicht nur mit Elektronik, sondern auch Mechanik, angeregt durch die Fahrradwerkstatt meines Vaters. Bald habe ich angefangen eigene elektronische Schaltungen auszutüfteln.

Scherer: Dass Sie schon so früh mit Elektronik zu tun hatten, hat Sie so fasziniert, dass Sie später in den 2000ern Informatik und Physikalische Technik studiert haben. Was haben Sie in der Zwischenzeit „technisch“ so gemacht?

Martin Jepkens: Ich habe mich vor allem mit Modellbau beschäftigt, mit Schiffen und Flugmodellen, darunter sogar Hubschrauber – all das hatte immer viel mit Elektronik zu tun. Außerdem habe ich mit einem Freund Musik gemacht. Dafür habe ich die Verstärker und die Lichtanlage selbst gebaut. Die Thyristor-Endstufen der Lichtorgel habe ich samt der Software für die PC-Ansteuerung selbst entwickelt. Außerdem hatte ich damals schon ein Faible für ungewöhnliche Uhren. Z.B. habe ich damals eine alte Bahnhofsuhr umgerüstet auf eine Steuerung mit den DCF77-Zeitsignalen.



Ich bin ein richtiges Kind der 90er... Ich war sehr davon fasziniert, dass ich mit PCs mehr machen konnte als nur die üblichen Standard-Programme laufen zu lassen.

Martin Jepkens

Scherer: Sie haben die 90er Jahre als Jugendlicher erlebt und wurden in diesem Jahrzehnt erwachsen, Sie wurden also stark von dieser für Sie persönlich wichtigen Zeit geprägt. Welche Aspekte des technischen Fortschritts haben Sie damals besonders beeindruckt?

Martin Jepkens: Ich bin richtig typisch für die PC-Generation: Mein erster Rechner war ein C64, gefolgt von einem Apple IIe; dann bekam ich den ersten 286er PC. Seitdem habe ich keine Computergeneration ausgelassen. Ich bin ein richtiges Kind der 90er. Hinzu kommt, dass ich sehr schnell damit begonnen habe, mich mit den Schnittstellen von PCs zu befassen. Ich war sehr davon fasziniert, dass man mit PCs mehr machen konnte als nur die üblichen Standard-Programme laufen zu lassen.

Scherer: Erinnern Sie sich noch an Ihren „ersten Mikrocontroller“? Welcher war das und was waren Ihre Erfahrungen?

Martin Jepkens: Soweit ich mich erinnere, war mein erster Mikrocontroller der Typ 68HC11 von Motorola. Der Controller hat mich dadurch sehr beeindruckt, weil es möglich war, Steuerungen losgelöst von einem PC zu realisieren. Außerdem konnte ich damit zum ersten Mal echte Dynamik in elektronische Schaltungen bringen. Die Schaltungen mit den bekannten Logik-ICs waren ja statisch und funktional festgelegt, aber mit einem Mikrocontroller konnte man komplexes Verhalten und gewissermaßen Intelligenz in die Elektronik bringen. Das hinterließ bei mir damals tiefe Eindrücke!

Scherer: Was waren Ihre Lieblingsprojekte in den 90ern?

Martin Jepkens: Einige Projekte habe ich ja schon aufgeführt. Außerdem hatte ich Elektor schon ab 16 Jahren abonniert und auch einige der darin veröffentlichten Projekte nachgebaut. Besonders beschäftigt habe ich mich dank meinem Interesse für den Modellbau mit der Ladetechnik von Akkus. Ich habe damals intelligente Ladegeräte für meine Modell-Akkus gebaut. Im Fahrradladen meines Vaters habe ich die Elektronik der ersten Elektro-Fahrräder wie z.B. dem Hercules Electra repariert, bei denen häufiger die Leistungsstufe der Motorsteuerung durchgebrannt war. Mein Vater hätte sonst die komplette Baugruppe bestellen müssen, was teuer gewesen wäre. Und wie man sieht, habe ich heute noch Spaß an elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, denn ich fahre mittlerweile meinen zweiten Tesla.

210486-02



Bild 2. Das Elektroauto von Martin Jepkens lädt an der von ihm selbst gebauten Ladestation vor der Tür des Firmengebäudes von ME Engineering in Marl (Bild: Dr. Thomas Scherer).

WEBLINKS

[1] ME Engineering: <http://www.me-marl.de>

Mikrocontroller für jedermann

Von Clemens Valens (Elektor)

Die Zweitausender oder „Nuller-Jahre“ waren eine produktive Zeit für Mikrocontroller-Entwickler und -Hersteller. Werfen wir einen Blick zurück auf einige der MCU-bezogenen Innovationen, die dazu beigetragen haben, eine elektronische Revolution auszulösen.

Das erste Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts war gekennzeichnet durch ein exponentielles Wachstum des Marktes für Mikrocontroller (MCU), die Geburt von Arduino und den Beginn der ARM-Dynastie. In diesem Artikel werfen wir einen kurzen Blick auf die Entwicklung von Mikrocontrollern im Zeitraum von 2000 bis 2009.

In dem betreffenden Jahrzehnt nahmen Madonna und Maria Carey noch Alben auf, während die Karriere von Coldplay gerade erst anfang. Videospiele waren bereits populär, und die Spielkonsolen Nintendo DS und Wii waren große kommerzielle Erfolge. Auf politischer Ebene gab es den 11. September und Barak Obama wurde zum Präsidenten der Vereinigten Staaten gewählt. Mit diesen geschichtlichen Ereignissen im Hinterkopf wollen wir nun einige der wichtigsten, auf Mikrocontroller bezogenen Innovationen des Jahrzehnts betrachten.

EE-Speicher

Bei den Mikrocontrollern war die wichtigste Neuerung die Verbreitung von elektrisch löschbarem Speicher (EE) wie EEPROM und Flash-Speicher, die in immer größerer Zahl in MCUs integriert wurden. Dadurch wurden Mikrocontroller-Systeme zu Ein-Chip-Geräten, die im System programmiert werden konnten. Dies bedeutete eine große Kostenersparnis, da die Softwareentwicklung, die Programmierung und die Systemwartung beschleunigt wurden und es nicht mehr notwendig war, EPROMs (eingebaut oder nicht) zu löschen, bevor ein Gerät neu programmiert werden konnte. Dieser Trend hatte etwa ein Jahrzehnt zuvor begonnen, zunächst mit dem 68HC805 von *Motorola* und später mit dem PIC16C84 von *Microchip* und dem AT90S8515 von *Atmel*, aber schon ab dem Jahr 2000 brauchte man einen guten Grund, um keine MCU mit EE-Speicher zu verwenden.

Non-8051-Cores

Eine zweite wichtige Veränderung war das Aufkommen sogenannter Non-8051-Cores. Vor 2000 war der Markt für 8-Bit-Mikrocontroller in der westlichen Welt zwischen der 6800-Familie von *Motorola* und den 8051-Derivaten von *Intel* aufgeteilt. Der 8051 war (und ist immer noch) ein weit verbreiteter Prozessor, und Intel lizenzierte ihn an viele Halbleiterhersteller. *Atmel*, *Dallas*, *Infineon*, *Philips*, *Silicon Labs* und *Texas Instruments* (in alphabetischer Reihenfolge und ohne Anspruch auf Vollständigkeit) produzierten damals 8051-basierte Geräte, und einige von ihnen tun es immer noch. Aber die PIC-Controller von *Microchip* und die AVR-Bausteine von *Atmel* wurden schnell populär, ebenso wie

der ST5, ST6 und ST7 und später der STM8 von *STMicroelectronics*. Und es gab noch andere, wie den COP8 von *National Semiconductor*. Ich persönlich habe in dieser Zeit viel mit Z80-basierten Mikrocontrollern von *Rabbit Semiconductor* gearbeitet.

Das Ende der 8-Bit MCUs?

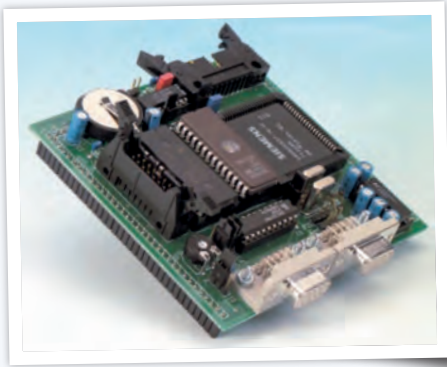
Bis ca. 2010 gingen viele davon aus, dass 8-Bit-Mikrocontroller schnell durch 16-Bit-Typen ersetzt werden würden. Es stimmt zwar, dass 16-Bit-Mikrocontroller auf dem Vormarsch waren (z. B. entwickelte *Texas Instruments* seine MSP430-Plattform und *Renesas* brachte H8- und M16C-Teile auf den Markt), aber sie haben es nie geschafft, die „Acht-Bitter“ zu verdrängen. Der Grund dafür ist, dass 8-Bit-MCUs so weit verbreitet sind (im Grunde sind sie in fast allen erdenklichen elektronischen Geräten zu finden), dass es einen enormen Entwicklungsaufwand erfordern würde, sie alle durch 16-Bit-Versionen zu ersetzen. Und warum sollte man Zeit und Geld darauf verwenden, einen Teil eines bewährten, funktionierenden Geräts oder Systems zu ersetzen, wenn es nicht veraltet ist? Und so waren 8-Bit-Mikrocontroller im Jahr 2010 immer noch so leistungsfähig wie 10 Jahre zuvor.

Arduino und ARM

Das Jahrzehnt 2000-2010 endet mit dem Beginn der Herrschaft von *Arduino* und ARM. Ich erinnere mich, dass ich damals in Paris an einer Konferenz am runden Tisch mit ARM, NXP und Keil teilgenommen habe, deren Ziel es war, ARM zum 8051 der 32-Bit-MCU-Welt zu machen. Heute, im Jahr 2021, können wir sagen, dass sie es geschafft haben.

Mikrocontroller in Elektor

Von 2000 bis 2010 veröffentlichte Elektor viele Artikel über Mikrocontroller und eine ganze Reihe von Entwürfen für Entwicklungsplatinen, die viele MCU-Typen und -Marken abdeckten. Hier sind einige Highlights.

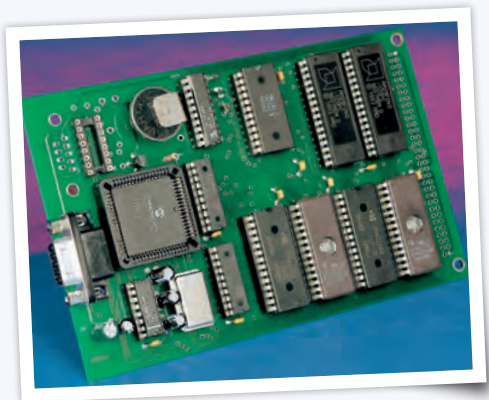


537-Light-Board I

Von Prof. B. vom Berg & P. Groppe (Elektor, Januar 2000)

Dem Artikel zufolge stellt die Computerplatine, die auf dem SAB80C537-Prozessor (von Siemens, jetzt Infineon) basiert, "ein preiswertes, universell einsetzbares Mikrocontroller-System dar, das wie ein großer integrierter Schaltkreis in eine Anwendungsschaltung gesteckt werden kann." Es handelt sich um einen typischen Entwurf aus der Zeit vor dem Jahr 2012, der auf einem 8051-Derivat mit externem RAM und EPROM basiert. In der gleichen Zeitschrift finden wir auch zwei Artikel über den PIC16F84 und Teil 5 eines BASICStamp-Programmierkurses.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200001/847>



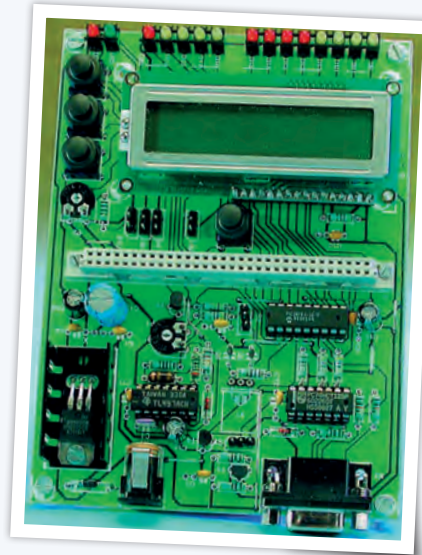
PIC17C Einplatinencomputer

Controllerboard mit PIC17C756

Von Prof. F. P. Volpe & B. Wegmann (Elektor, September 2000)

Dieses PIC17C Prozessor Board ist insofern etwas Besonderes, als es eine PIC17C756 MCU im Mikroprozessormodus verwendet. Dies ist möglich, da das Gerät einen Teil seiner GPIO-Ports als gemultiplexten 16-Bit-Daten- und Adressbus verwenden kann. Leider war die PIC17-Familie nicht sehr erfolgreich, und sie wurde bald durch den PIC18 ersetzt. Heute schlägt Microchip den PIC18F6520 als Ersatz für den PIC17C756 vor.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200009/1037>

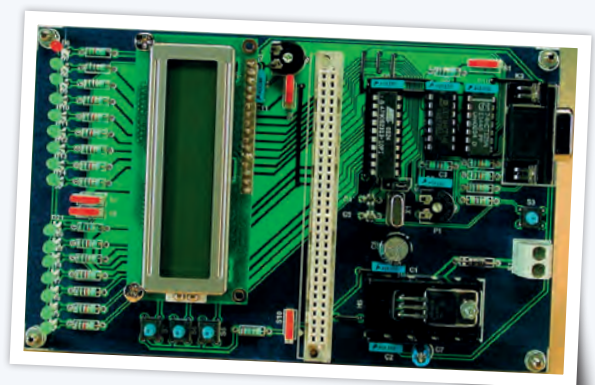


PICee Entwicklungssystem

Von R. Weber (Elektor, Februar 2002)

Der PICee SBC ist ein vielseitiges Schulungs- und Entwicklungssystem, das auf dem bekannten PIC16F84 Mikrocontroller von Microchip basiert. Der Flash-Speicher des Mikrocontrollers ist elektrisch löschbar: daher das „ee“ im Titel. Das PICee-Board ermöglicht das Experimentieren mit allen 35 Befehlen des Prozessors ohne zusätzliche Hardware.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200202/1321>

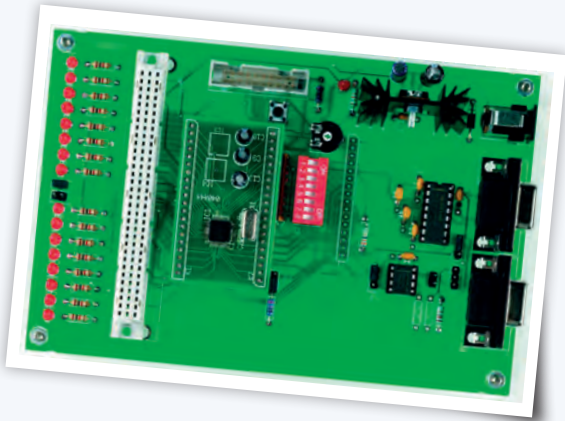


AVRee

Von A. Schumacher & R. Behl (Elektor, März 2003)

Das AVRee-Entwicklungssystem ähnelt dem PICee-Board, was nicht verwunderlich ist. Warum? Der AT90S2313 ähnelt dem PIC16F84 insofern, als er zwei Versorgungsanschlüsse, einen Reset-Pin, zwei Anschlüsse für die Oszillatorschaltung und eine Reihe von Port-Pins hat, die es ermöglichen, den Controller mit externer Hardware zu verbinden.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200303/1570>

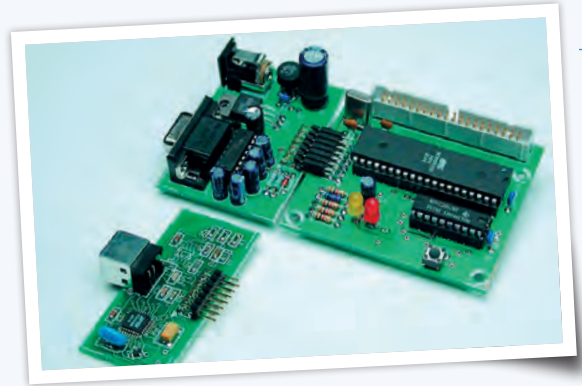


ARMee-Entwicklungsboard

Von T. Dixon (Elektor, April 2005)

Das ARMee-Board hatte seine 32-Bit-MCU auf einem kleinen Zusatzmodul, das in ein anderes System eingesetzt werden konnte, sobald die Software fertig war.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200504/2088>



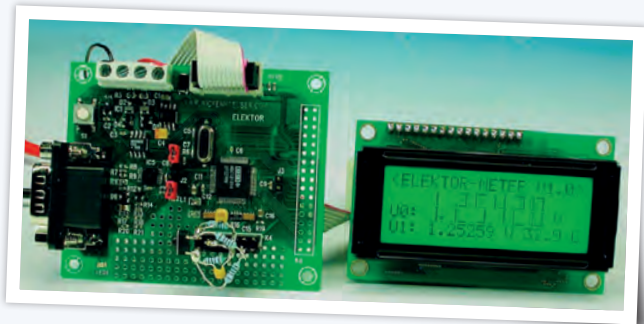
Swiss Army Knife

Ein Controller Board für alle Fälle

Von J. Spence (Elektor, September 2004)

Dieses Mikrocontroller-Modul könnte als Vorläufer des Arduino betrachtet werden. Es enthält eine auf dem 8052 basierende Atmel 89C8252MCU mit 2 KB EEPROM. Wie Arduino ist es im Grunde nur ein Mikrocontroller-Breakout-Board mit Erweiterungsleisten. Außerdem wird er über die serielle Schnittstelle programmiert, ohne dass man ihn vorher in den Programmiermodus schalten muss. Die serielle Schnittstelle, ein Zusatzmodul, kann entweder über RS-232 oder über USB erfolgen, was damals ziemlich revolutionär war. Im Gegensatz zu Arduino wird das Board in BASIC und/oder Assembler programmiert, aber wie bei Arduino war es das Ziel, das Board auch für Neueinsteiger sehr einfach zu bedienen. Die Website des Autors ist immer noch online unter www.byvac.com.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200409/1985>

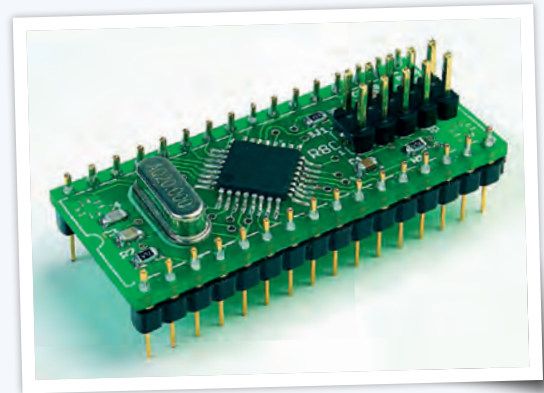


Elektor-Meter

Von J. Wickenhäuser (Elektor, Juli-August 2003)

Mit einem etwas irreführenden Titel veröffentlicht, hätte dieses Projekt leicht unbemerkt bleiben können. Die MCU ist ein 8051-basierter MSC1210 von Texas Instruments mit einem achtkanaligen 24-Bit-Delta-Sigma-ADC. Obwohl dieses Gerät aus dem Jahr 2002 stammt, wird es auf der TI-Website immer noch als aktiv aufgeführt. Mehrere Projekte, die das Board verwenden, wurden veröffentlicht, darunter ein Webserver-Add-on.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200307/1634>



Die kleine 16-bit-Maschine

Von G. Ewald (Elektor, Dezember 2005)

Der R8C von Renesas wurde 2003 als pin-kompatible, kostenoptimierte Version des M16C/10 entwickelt. Dieser Artikel befasst sich mit einem kleinen, aber eleganten R8C-Mikrocontroller-Board, das mit einer Fülle von Software zu einem günstigen Preis geliefert wurde. Das R8C-Modul war eine Zusammenarbeit zwischen Glyn und Elektor. Es basierte auf einem R8C/13 16-Bit-Mikrocontroller von Renesas und war mit etwa 15 € ein günstiges Modul, das mit kostenlosen Entwicklungstools geliefert wurde. Für die Programmierung waren keine speziellen Werkzeuge erforderlich. Ich habe noch zwei dieser Module, und während ich dies schreibe, frage ich mich, warum ich sie eigentlich nie benutze.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200512/2301>

Mikrocontroller betreten die Bühne

Von Dogan Ibrahim (Großbritannien)

Der Beginn des 21. Jahrhunderts läutete eine neue technologische Ära ein. Während viele Internetfirmen aufgrund des Dot-Com-Crashes geschlossen wurden, waren die Hersteller von Mikrocontrollern mit der Entwicklung und Einführung neuer Produktlinien beschäftigt, die schließlich das ständig wachsende Internet der Dinge bevölkern sollten. Im Jahr 2010 waren Mikrocontroller überall in den Händen von professionellen Ingenieuren, Studenten, Makern und Künstlern.

Vor dem Jahr 2000 wurden in fast allen elektronischen Projekten Mikroprozessoren verwendet. Ein Mikroprozessor besteht nur aus der zentralen Verarbeitungseinheit, der CPU, und ist ohne die verschiedenen peripheren Module wie Programm- und Datenspeicher, Timer, I/O und Interruptlogik nutzlos. In einer typischen mikroprozessorbasierten Anwendung benötigen Sie deshalb vier oder fünf solcher externen Bausteine (**Bild 1**). Der Nachteil eines mikroprozessorbasierten Systems besteht darin, dass die Gesamtstromaufnahme recht hoch ist, die meisten externen Bausteine eine große Anzahl von Pins aufweisen und es daher fast unmöglich ist, ein solches System auf einem Breadboard zu verdrahten und zu testen. Die Schnittstelle zu den Speicherchips erfolgt beispielsweise über Adress- und Datenbusse mit vielen parallelen Busleitungen.

Ein Mikrocontroller (oder Ein-Chip-Computer oder Mikrocomputer) hingegen beherbergt neben der CPU viele zusätzliche Funktionen auf dem Chip. Moderne Mikrocomputer enthalten On-Chip-Module wie diverse Taktmodule, Programm- und Datenspeicher, viele I/O-Anschlüsse, Timer, UART, SPI, I²C, ADC, DAC, DMA und so weiter. Schauen wir uns ein wenig die Geschichte der Mikrocontroller an.

Mikrocontroller-Hardware und -Programmierung

In den 1990er Jahren waren Mikrocontroller nicht für jedermann, sondern nur für eine Handvoll spezialisierter Personen wie professionelle Elektronikingenieure zugänglich. Die verschiedenen Hersteller wie Intel, Motorola, Fairchild, Microchip, Atmel und Texas Instruments als Vorreiter der Technologie führten Mikrocontroller mit unterschiedlichen Befehlssätzen ein. Da Assembler die wichtigste Programmiersprache war, stellte sich der Umgang mit einem Mikrocontroller als schwierig zu erlernen dar. Zwar boten einige Hersteller Hochsprachen für ihre Prozessoren an, doch waren solche Sprachcompiler nicht frei erhältlich. Die Entwicklung großer und komplexer Anwendungen war aufgrund der Schwierigkeiten beim Schreiben und Debuggen von Assemblerprogrammen recht schwierig und langwierig.

Ein weiteres Problem waren die Schnittstellen zu Mikrocontrollern, da es keine von allen Herstellern eingehaltenen Standards gab. Programmierer mussten über detaillierte Kenntnisse der internen Architekturen und Befehlssätze der Ziel-Mikrocontroller verfügen und brauchten außerdem umfangreiche Erfahrungen in der Elektronikentwicklung und in der Programmierung, bevor sie eine mikrocontrollerbasierte Anwendung entwickeln konnten. Die On-Chip-Module waren damals eher einfach, und es war doch noch notwendig, externe Module hinzuzufügen, um ein brauchbares, funktionierendes System zu erhalten. Die Leistungsfähigkeit von Mikrocontrollern war deshalb eher begrenzt. In den frühen 2000er Jahren wurden fast alle Mikrocontroller in Assembler des jeweiligen Ziel-Mikrocontrollers programmiert. Assembler-Programme sind maschinenspezifisch, und es ist die Sprache, die ein Prozessor direkt versteht. In Assembler geschriebene Programme werden von einem Assemblerprogramm in Maschinencode umgewandelt. Der Maschinencode besteht aus einer Liste von Hexadezimalzahlen, die vom Prozessor direkt verstanden und ausgeführt werden können. Mitte der 2000er Jahre jedoch wurde Assembler durch Hochsprachen abgelöst. Dies war wahrscheinlich einer der Gründe, warum Mikrocontroller in dieser Zeit an Popularität gewannen und von praktizierenden Ingenieuren und Herstellern angenommen wurden. Obwohl BASIC und Pascal die ersten Hochsprachen für Mikrocontroller waren, hat sich in dieser Zeit C zur wichtigsten Programmiersprache entwickelt. Diesen Status hält C auch heute noch.

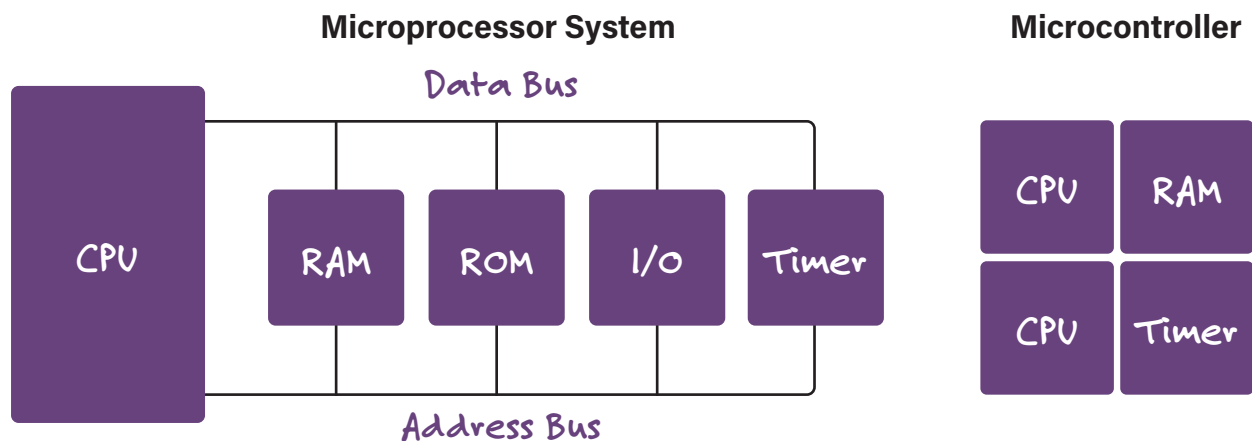


Bild 1. Mikroprozessor vs. Mikrocontroller

Der Mikrocontrollermarkt: 2000-2010

Warum wurden Mikrocontroller für jedermann zugänglich? Der Hauptgrund war vielleicht, dass die Mikrokontrollertechnologie und ihre Anwendungen offener wurden. Von 2000 bis 2009 boten viele Hersteller kostengünstige Mikrocontroller in Verbindung mit kostenlosen oder kostengünstigen integrierten Entwicklungsumgebungen (IDE) an, und zahlreiche Drittanbieter und Entwickler brachten kostengünstige Hardware- und Software-Support-Tools auf den Markt. Darüber hinaus wurde in diesem Zeitraum die Dokumentationen zu Mikrocontrollern (zum Beispiel Datenblätter und Application Notes) in großem Umfang online verfügbar. All dies führte zu einem Anstieg der Nutzung von Mikrocontrollern unter Ingenieuren, Studenten und Makern, was auch Unternehmen wie Elektor die Möglichkeit gab, ganze Zeitschriften und technische Bücher über Mikrocontroller-basierte Projekte zu veröffentlichen.

Tabelle 1 zeigt den weltweiten Umsatzanteil der Anbieter von Mikrocontrollern im Jahr 2010. An der Spitze der Liste steht Renesas, gefolgt von Freescale Semiconductor, Atmel und Microchip Technology. Die Controller der Reihen M16C, V850 und H8 von Renesas waren in

Company	2010 Rank	2010 Share
Renesas Electronics	1	17.90%
Freescale Semiconductor	2	10.00%
Fujitsu	3	6.80%
Microchip Technology	4	6.50%
Atmel	5	6.00%
Infineon Technologies	6	5.80%
Texas Instruments	7	5.50%
NXP Semiconductors	8	5.00%
STMicroelectronics	9	4.60%
Others	10	28.50%

Tabelle 1. Weltweiter MCU-Umsatzanteil nach Anbietern im Jahr 2010

dieser Zeit sehr erfolgreich, obwohl sie eher auf den Automobil- und Embedded-Markt ausgerichtet waren. Der Automobilmarkt blieb auch die größte Einzelanwendung für Mikrocontroller mit einem weltweiten Umsatz von fast vier Milliarden US-Dollar im Jahr 2010. Dieser Betrag entsprach etwa 30 % des gesamten Mikrocontrollermarktes.

Populäre Mikrocontroller-Familien

Abschließend noch ein paar kurze Anmerkungen zu den beliebtesten Mikrocontrollern, die von 2000 bis 2010 verwendet wurden. Diese Liste ist zwar nicht vollständig, bietet aber einen guten Überblick über die zu Beginn des Jahrhunderts auf dem Markt befindlichen Technologien.

- **8051:** Der Intel MCS-51, gemeinhin als 8051 bekannt, ist ein Ein-Chip-Mikrocontroller, der schon 1980 von Intel entwickelt wurde. Trotz dieses Alters war er in den 2000er Jahren einer der beliebtesten Mikrocontroller. Der Chip hatte 4 KB ROM-Programmspeicher, 128 Byte RAM-Datenspeicher und 32 digitale I/O-Anschlüsse. Eine Variante, der Chip 8052, hatte 8 KB ROM. Die Programmierung des Standard-Mikrocontrollers 8051 war wegen des ROM-Speichers recht umständlich. Viele kommerzielle Produktanbieter vertrauen aber immer noch auf die 8051-MCU und verwenden sie aus verschiedenen Gründen, vor allem wegen der niedrigen Kosten und des geringen Stromverbrauchs. Trotz der eingeschränkten Funktionen und der veralteten Architektur wird der 8051 noch heute in einigen drahtlosen Kommunikationsprodukten verwendet.
- **Arduino:** Die Arduino-Familie, insbesondere der Arduino Uno (Bild 2), ist derzeit vielleicht eine der beliebtesten Mikrocontroller-Entwicklungsplatinen. Das erste Arduino-Board wurde 2005 im italienischen Ivrea entwickelt. Es begann als Studentenprojekt mit dem Ziel, ein interaktives Mikrocontroller-Entwicklungssystem zu entwickeln, das billiger und einfacher zu bedienen als die damaligen Entwicklungssysteme ist. Das Projekt wurde nach dem Marktgrafen Arduin von Ivrea benannt, der im Jahr

1002 König von Italien wurde. Der Name Uno (der Erste) wurde gewählt, da es sich um das erste Projekt seiner Art handelte. Das allererste Arduino-Board mit dem Namen Diecimila (= zehntausend), das auf den Markt kam, war der Arduino Serial, der für die Kommunikation mit dem Chip nicht einmal einen USB-Anschluss hatte, sondern eine ältere serielle Schnittstelle. Der populäre Arduino Uno hat unter anderem folgende Eigenschaften: ATmega328P-Mikrocontroller, 32 KB Flash-Programmspeicher, 2 KB SRAM-Datenspeicher und 1 KB EEPROM.

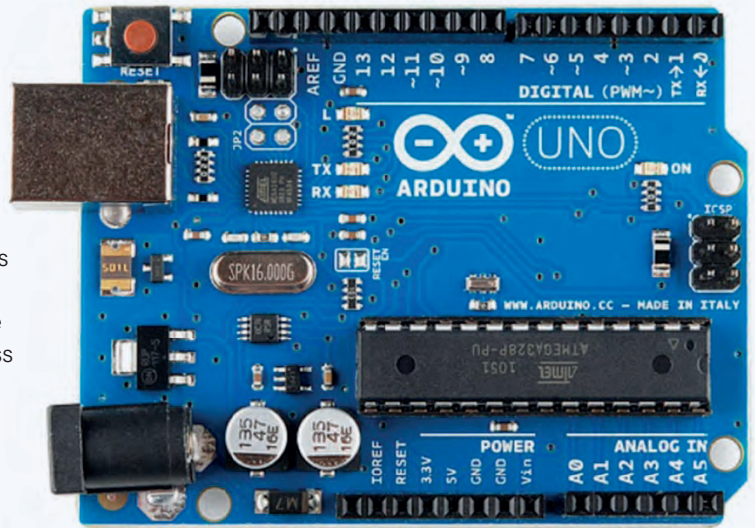


Bild 2. Der Arduino Uno

► **Arm:** Im Jahr 1990 gründete die Forschungsabteilung von Acorn Computers die ARM Ltd. Das Arm-Konzept wurde 2005 in mobilen Anwendungen so populär, dass etwa 98 % aller verkauften Mobiltelefone zumindest einen Arm-Prozessor enthielten. Bis Ende 2008 wurden mehr als zehn Milliarden Geräte mit Arm-Prozessoren hergestellt. Einige beliebte Arm-Architekturen sind Cortex-M, Cortex-R und Cortex-A. Von 2000 bis 2010 wurden Arm-Prozessoren wie LPC2300, LPC2400, LPC2900 und LPC1700 von NXP Semiconductors für hochintegrierte High-End-Anwendungen populär.

► **AVR:** AVR ist eine Familie von Mikrocontrollern, die ursprünglich von Nordic VLSI (jetzt Nordic Semiconductor) entwickelt und dann an Atmel verkauft wurde (Atmel wurde 2016 von Microchip Technology aufgekauft). Die Geschichte der AVR-Familie ist nicht neu. Der erste 8-Bit-AVR-Mikrocontroller, der 40-polige AT90S8515, wurde schon 1997 entwickelt. Dieser Chip hatte die gleiche Pinbelegung wie der 8051-Mikrocontroller. Das Beste an diesem Mikrocontroller war, dass er der erste Mikrocontroller mit einem On-Chip-Flash-Speicher war, im Gegensatz zu EPROM oder ROM anderer Hersteller. Bis zum Jahr 2003 hatte Atmel über 500 Millionen AVR-Mikrocontroller verkauft. Zur gleichen Zeit brachte Atmel die ATtiny-Serie von Mikrocontrollern auf den Markt. Dabei handelte es sich um eine Unterfamilie der 8-Bit-AVR-Mikrocontroller, die weniger Funktionen als die AVR-Hauptfamilie besaß und dank des kleinen Footprints mit acht, 14 oder 20 Pins eher für sehr kleine Anwendungen gedacht war.

► **MSP430:** 1992 stellte Texas Instruments die MSP430-MCU vor, die von 2000 bis 2010 weit verbreitet war. Die 16-Bit-MCU wurde für eingebettete Anwendungen mit extrem niedrigem Strombedarf verwendet, wobei der Strom im Leerlauf weniger als 1 µA betrug. Für diese MCU sind nach wie vor mehrere Entwicklungsboards und -kits erhältlich, zum Beispiel das LaunchPad. Trotz seines Erfolgs kann der MSP430 nicht als „Mikrocontroller für jedermann“ eingestuft werden, da er auf eingebettete Anwendungen ausgerichtet ist und professionelle Entwicklungswerkzeuge erfordert.

► **PIC:** Die PIC-Mikrocontroller von Microchip Technology sind seit Jahrzehnten beliebt. Microchip bietet die Technik des In-Cir-

cuit Serial Programming (ICSP), mit der der Mikrocontroller auch erst auf der Platine programmiert werden kann. Vor ICSP musste ein MCU-Chip aus seiner Fassung entfernt und auf ein Programmiergerät gesteckt werden, um seinen Programmspeicher zu programmieren. Das ICSP hat den Programmentwicklungszyklus erheblich vereinfacht. Bis 2013 lieferte Microchip jedes Jahr über eine Milliarde PIC-Mikrocontroller aus. Im Jahr 2000 führte Microchip die 8-Bit-Architektur PIC18 ein, die sehr beliebt war und die PIC16-Serie in vielen Anwendungen ablöste. Im Gegensatz zu den früheren Controllern, die meist in Assembler programmiert wurden, war C die vorherrschende Entwicklungssprache geworden, was die Programmierung erheblich vereinfachte. Im Jahr 2001 stellte Microchip die Mikrocontroller der dsPIC-Serie vor, die Ende 2004 in die Massenproduktion ging. Es handelte sich dabei um die ersten inhärenten 16-Bit-Mikrocontroller von Microchip. Im November 2007 kamen die 32-Bit-Mikrocontroller mit PIC32MX-Architektur für High-End-, Hochgeschwindigkeits- und Echtzeit-Steuerungsanwendungen auf den Markt. Diese Bausteine konnten mit Microchips MPLAB-C-Compiler programmiert werden.

Wenn Sie interessante Projekte mit Controllern aus einer dieser bekannten Familien haben, sollten Sie sie mit den Ingenieuren und Redakteuren (und Lesern) von Elektor teilen! ◀

210506-02

In den frühen 2000er Jahren wurden fast alle Mikrocontroller in Assembler des Ziel-Mikrocontrollers programmiert.

Über den Autor

Prof. Dr. Dogan Ibrahim hält einen BSc (Hons.) in Elektrotechnik, einen MSc in Regelungstechnik und einen PhD in digitaler Signalverarbeitung. Elektor hat mehrere Bücher veröffentlicht, darunter *Get Started with the MAX78000FTHR Development Board* (Elektor 2021), das Sie auf Elektor.com finden können.



embeddedworld2022

Exhibition & Conference

... it's a smarter world

20
years
2003 - 2022

INTELLIGENT.

CONNECTED. EMBEDDED.

JOIN THE GLOBAL PLATFORM

OF THE EMBEDDED COMMUNITY

15 – 17.3.2022

You simply have to be there!
embedded-world.com

Media partners

Markt & Technik
die unverzichtbare Wochenzeitung für Elektronik

Elektronik

SmarterWorld
Solutions for a Smarter World

Computer & AUTOMATION
Exposition der Automatisierungstechnik

DESIGN & ELEKTRONIK
KNOW-HOW FÜR ENTWICKLER

Elektronik
automotive

•medical-design

elektroniknet.de



NÜRNBERG MESSE

die 2000er

Der Mikrocontroller

BOOM

Von 8 auf 32 Bits
in einer Dekade

Von Stuart Cording (Elektor)

Zu Beginn der 2000er Jahre waren 8-Bit-Mikrocontroller die Architektur der Wahl. Im Jahre 1997 wurden mehr als 2 Milliarden dieser Geräte verkauft, und bis 2006 waren es bereits 4 Milliarden. Gegen Ende des Jahrzehnts überholten die 16-Bit-Versionen jedoch die Verkaufszahlen der „Acht-Bitter“, und Arm hatte sich bereits den Weg zu 32-Bit-Controllern mehr oder weniger gesichert. Außerdem wurden Mikrocontroller für die breite Masse zugänglich gemacht, und dank MP3 erlebten auch die selbst entwickelten Audioprojekte einen Aufschwung.

Seit der Jahrtausendwende ging die Leistungssteigerung bei PCs und Laptops unvermindert weiter, und sowohl Intel als auch AMD hatten die scheinbar magische 1-GHz-Grenze durchbrochen. Doch das Streben nach dem Mooreschen Gesetz, das dies möglich gemacht hatte, kam nicht nur der PC-Industrie zugute. Auch die

Hersteller von Mikrocontrollern konnten diese Fortschritte nutzen, um mehr auf ein Stück Silizium zu packen als je zuvor. Der Mikrocontroller (MCU) entstand aus dem Bestreben der Halbleiterindustrie, immer mehr Rechenleistung in einem einzigen Gerät zu integrieren. Gary Boone von Texas Instruments (TI) gilt aufgrund eines

1977 eingereichten Patents allgemein als Erfinder der MCU [1]. Sie unterschied sich vom Mikroprozessor durch die Integration von Speicher- und Ein-/Ausgabefunktionen (E/A). Der TMS1802NC, ein 4-Bit-MCU, der auf Taschenrechneranwendungen abzielte, wurde bereits sechs Jahre zuvor, 1971, eingeführt. Im Jahr 1974 brachte TI die TMS1000-Serie von MCUs auf den Markt (Bild 1), die in TIs *Speak & Spell* und dem futuristischen *Big Trak*, einem programmierbaren Fahrzeug, eingesetzt wurden. Die Benzinkrise der 1970er Jahre veranlasste auch Fahrzeughersteller wie Ford dazu, eine elektronische Motorsteuerung in Betracht zu ziehen, um den Kraftstoffverbrauch zu senken. Die elektronische Motorsteuerung (Ford EEC) verwendete die 12-Bit-MCU TLCS-12 von Toshiba, die 1973 auf den Markt kam [2]. In den 2000er Jahren waren MCUs in einer Vielzahl von Steuerungsanwendungen gut etabliert. Dank ihrer Flexibilität wurden sie in elektronischen Waagen und Uhren, Mess-Systemen, Mikro-

📍 Intel und AMD kündigen 1-GHz-CPUs an
2000

📍 Steve Wozniak wird in die National Inventors Hall of Fame aufgenommen
2000

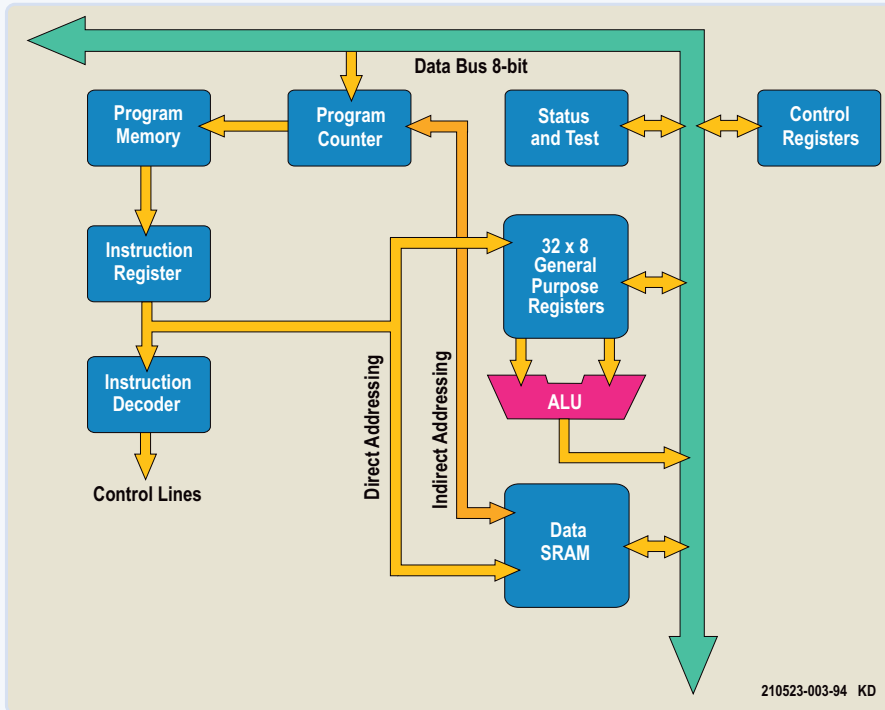


Bild 3: Die 8-Bit-AVR-Architektur von Atmel war für die Programmierung in C besser geeignet als der PIC16.

wird angenommen, dass AVR für Alf und Vegard's RISC Prozessor steht. Das Design wurde durch die Erkenntnisse der Compiler-Entwickler von IAR Systems in Schweden [5] beeinflusst, um sicherzustellen, dass er effizient in C programmiert werden kann. Obwohl er wie der PIC über einen getrennten Programm- und Datenspeicher verfügt, verwendet ihr modifizierter Harvard-Architekturansatz einen vereinfachten Zugriff auf statische Daten, die im Programmspeicher abgelegt sind. Die Verfügbarkeit von drei 16-Bit-Speicherzeigern (statt der ursprünglich geplanten zwei) in Verbindung mit einer automatischen Inkrementierung beschleunigt das Kopieren von Daten und erleichtert die Implementierung der C-Struktur im Compiler. Andere Verbesserungen machten den AVR effizienter bei 16- und 32-Bit-Arithmetik, und es gab auch AVR Man [6]. Sowohl Microchip als auch Atmel produzierten kleinere 8-Bit-MCUs (PIC10/ PIC12 und ATtiny) und wagten sich auch an leistungsfähigere MCUs heran. Microchip brachte im Jahre 2000 den C-freundlicheren 8-Bit-PIC18, und im Jahre 2001 die 16-Bit-PIC24- und dsPIC-Familien heraus. Im Jahre 2007 erschien dann der 32-Bit-PIC32 auf MIPS32-M4K-Basis. Atmel brachte die 8-Bit-MCUs ATxmega auf den Markt, die über mehr SRAM verfügten und höhere

Taktfrequenzen unterstützten, gefolgt von der eigenen 32-Bit-AVR32-Serie im Jahr 2006. Im Jahr 2016 wurde die Rivalität weitgehend irrelevant, als Microchip seinen Konkurrenten Atmel für 3,6 Milliarden Dollar übernahm [7].

Acorn ist zurück!

Das Unternehmen, das in den 1980er Jahren den BBC Micro in die Schulen des Vereinigten Königreichs brachte (siehe: *Der Siegeszug der Homecomputer*), lebt in Form einer seiner Tochtergesellschaften, ARM Holdings, weiter. Das Unternehmen, das heute einfach als Arm (kurz für Acorn und dann Advanced RISC Machines) bekannt ist, entstand aus einem Joint Venture zwischen Acorn Computers, VLSI Technology und Apple. Mit dem Geld von Apple und den Mitarbeitern von Acorn sollte die RISC-Prozessortechnologie weiterentwickelt werden [8]. Das Ergebnis war der ARM 610, der in den 1990er Jahren das Gehirn des persönlichen digitalen Assistenten (PDA) namens Apple Newton war. In den 2000er-Jahren gab es keinen Mangel an 32-Bit-Prozessoren, aus denen man wählen konnte. Allerdings wurde es immer kostspieliger, einen Prozessor von Grund auf neu zu entwerfen und die dazugehörigen Compiler und Debugging-Tools zu entwickeln. Da die

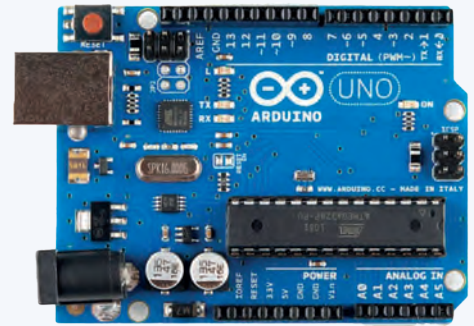


Bild 4: Mit der Einführung des Arduino wurden MCUs für Hobby-Elektroniker und Künstler gleichermaßen zugänglich.



Bild 5: Harry Baggen von Elektor bespricht im Jahr 2001 verschiedene selbstgebaute MP3-Projekte im Internet.

Benutzer in der Regel in Hochsprachen wie C programmieren, wurde die Prozessorleistung der MCU immer weniger relevant. Entscheidend waren vielmehr die Größe des Speichers, die verfügbaren Peripheriegeräte und spezielle Funktionen wie der Energiesparmodus. So wurde die Lizenzierung eines vollständig unterstützten Prozessorkerns immer attraktiver und ermöglichte es den Halbleiterherstellern, sich auf differenzierende Merkmale wie geringen Stromverbrauch, drahtlose Kommunikation und andere Peripheriegeräte zu konzentrieren. Das starke Portfolio der 32-Bit-ARM7-Prozessoren von Arm wurde für den Einsatz in verschiedenen MCUs und System-on-Chip (SoC)-Bauteilen lizenziert. Atmel hatte ihn für seine AT91SAM7-Serie lizenziert, die um 2008 erhältlich war. Im Jahre 2004 kündigte Arm seinen Cortex-M3-Kern an, der für die kostengünstigen und energieeffizienten Anforderungen von MCU-Designs

optimiert war. Im Jahre 2009 brachte *Atmel* seinen ATSAM3U auf den Markt, der auf diesem Kern basierte. Seitdem haben sich fast alle MCU-Anbieter für die Lizenzierung eines der vielen Cortex-M-Kerne entschieden, von NXP und STMicroelectronics bis hin zu Infineon, Nordic und TI.

MCUs für den Massenmarkt

Obwohl die MCU-Hersteller seit Jahrzehnten die zentrale Komponente von Steuerungssystemen herstellen, waren sie bei der Bereitstellung von Software für ihre Chips bemerkenswert schlecht. Natürlich gab es jede Menge Anwendungshinweise und Code-Beispiele, aber außer für komplizierte Schnittstellen wie USB oder Ethernet gab es nicht viel an Software-Bibliotheken für die Peripherie. Für professionelle Ingenieure war dies kein großes Problem. Wenn man jedoch gerade erst in die Technologie einsteigen wollte, war die Wahrscheinlichkeit eines Fehlschlags groß. Im Jahr 2003 betreute Massimo Banzi ein Projekt im Rahmen seiner Masterarbeit, das darauf abzielte, einfache und kostengünstige Tools zu entwickeln, die es auch Nicht-Ingenieuren ermöglichen würden, Anwendungen mit dem ATmega168 von *Atmel* zu erstellen. Das Ergebnis war Wiring, eine in C++ geschriebene Code-Basis. Die Programmierung der MCU wurde in eine Setup-Funktion und eine Schleifenfunktion aufgeteilt. Die Steuerung von E/A-Pins und die Kommunikation über serielle Schnittstellen wurde durch einfache Funktionsaufrufe unterstützt, hinter denen sich

die Einrichtung von Registern, die Konfiguration des Oszillators und die Implementierung von Kommunikationspuffern verbargen. Im Jahr 2005 erweiterten Banzi und sein Team Wiring, um den billigeren ATmega8 zu unterstützen, was zur Entstehung des Arduino [9] führte (Bild 4). In dieser Ausgabe finden Sie ein Interview mit David Cuartielles, dem Mitbegründer von Arduino. Durch die Vorkonfiguration von Hardwareschnittstellen vereinfachte Arduino den Einstieg in die faszinierende Welt der eingebetteten Systeme und der Elektronik. Arduino hat auch eine Fülle von Erweiterungsplatinen (Shields) hervorgebracht, die mit Software und Klonen geliefert werden, die alle auf die gleiche Weise mit derselben Entwicklungsumgebung programmiert werden können.



Musikalische MCUs

2001 kam auch der iPod auf den Markt, ein Mini-Musikplayer, der auf dem wachsenden Erfolg der MP3-Audiokompression aufbaute. Nach dem Motto „Ich mache es selbst“ entwickelten viele Hobby-Elektroniker ihre eigenen MP3-Player und speicherten Musik für viele Stunden auf Compact-Flash-Karten (CF) oder Festplattenlaufwerken. Während einfache 8-Bit-MCUs nicht

leistungsfähig genug waren, um MP3-Dateien zu dekodieren, gab es eine Reihe von Dekodern wie den VS1001K [10], die dies konnten. Eine 8-Bit-MCU war jedoch ideal, um die Schnittstelle zum Speicherlaufwerk, das LCD-Display und die Eingabetasten zu bedienen.

Harry Baggen von Elektor (**Bild 5**) hat in der Juni-Ausgabe 2001 von Elektor eine Sammlung solcher Eigenbauprojekte vorgestellt. Der MP3-Player von Paul Stoffregen verwendete den 87C52, ein 80C51-Derivat, zusammen mit dem Decoder-Chip STA013 [11]. YAMPP (Yet Another MP3 Player) war die Version von Eric Guérard, die den VS1001K-Decoder mit einem ATMEGA162 kombinierte [12]. Gegen Ende des Jahrzehnts kam das erste iPhone auf den Markt und eröffnete eine neue Welt der ständigen Konnektivität und Anwendungen. Es überrascht nicht, dass dies die Leute dazu brachte, darüber nachzudenken, wie man MCUs mit Smartphones verbinden kann. ◀

210523-01

Der Autor

Stuart Cording ist Ingenieur und Journalist, der den Arduino zunächst ablehnte und dies heute bereut. Mit seinen mehr als 25 Jahren Erfahrung in der Elektronikbranche enthalten seine Elektor-Artikel, von denen Sie viele unter www.elektormagazine.com/cording lesen können, stets interessante Informationen.

WEBLINKS

- [1] [1] G. W. Boone, M. J. Cochran, „Variable function programmed calculator“, US Patent US4074351A, 1997: <https://bit.ly/2ZLddFy>
- [2] „12-bit engine-control microprocessor (Toshiba)“, Semiconductor History Museum of Japan, January 2019: <https://bit.ly/3upyD6k>
- [3] J. Turley, „The Two Percent Solution“, Embedded, December 2002: <https://bit.ly/3CZQ4O4>
- [4] „Chip Hall of Fame: Microchip Technology PIC 16C84 Microcontroller“, IEEE Spectrum, June 2017: <https://bit.ly/3F2GFH7>
- [5] Dr. G. Myklebust, „The AVR Microcontroller and C Compiler Co-Design“, Atmel Corporation: <https://bit.ly/2Yc4sUy>
- [6] Twitter - Atmel's AVR Man: <https://bit.ly/3olJr4A>
- [7] C. Assis, „Microchip Technology buys chip maker Atmel in \$3.56 billion deal“, MarketWatch, January 2016: <https://on.mktw.net/3iiDzFc>
- [8] J. Weber, „Apple to Join Acorn, VLSI in Chip-Making Venture“, Los Angeles Times, November 1990: <https://bit.ly/3maX2sL>
- [9] S. Cording, „What Is Arduino?“, Elektor, October 2020: <https://bit.ly/3iiDUYu>
- [10] VS1001 - MP3 Audio Decoder Circuit Product Page, VLSI Solution: <https://bit.ly/3zQ7ESp>
- [11] PJRC High Capacity MP3 Player Circuit Board Project Page, Paul Stoffregen: <https://bit.ly/3olxOuc>
- [12] E. Guérard, „Yampp-3U Reference Manual“, November 2005: <https://bit.ly/3zUSY4s>

Der Aufstieg des Arduino



Ein Interview mit David Cuartielles

David Cuartielles, Mitbegründer von Arduino.
(Source: <https://bit.ly/Cuartielles>)

Von Jens Nickel (Elektor)

Arduino-Boards sind überall zu finden. Man kann sich kaum vorstellen, dass man einen Elektronikarbeitsplatz, einen Makerspace, eine Hightech-Messe oder ein EE/ECE-Labor in einer Universität betritt, ohne einen Arduino zu erblicken. David Cuartielles spricht über die Geschichte des Arduino und über die Welt der Elektronik in den 2000er Jahren.

Vor etwa 15 Jahren für Künstler und andere Nicht-Programmierer erfunden, wurde die Arduino-Projektplattform auch bei Makern und bei Profis schnell sehr beliebt. Ich hatte kürzlich die Gelegenheit, David Cuartielles - der Arduino zusammen mit Massimo Banzi und einigen anderen Mikrocontroller-Enthusiasten gegründet hat - über die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft von Arduino zu befragen.

Elektor: Massimo Banzi, Sie und einige andere haben 2005 das erste Arduino-Board entwickelt. Es wurde nach einer Bar in Ivrea, benannt, in der Sie sich regelmäßig trafen. Können Sie die Stimmung beschreiben, die Sie damals hatten? Was waren eure Ziele?

David: Als ich als Gastforscher nach Ivrea [eine Kleinstadt bei Turin und Stammsitz von Olivetti, der Übersetzer] kam, hatte ich

gerade die Erfahrung gemacht, mehrere Jahre an einem Forschungsprojekt zur Positionierung in Innenräumen zu arbeiten, das ursprünglich (unter anderem) von Prof. Jorge Falco und Dr. Roberto Casas an der Universität von Saragossa in Spanien entwickelt wurde. Ich entwickelte Anwendungen im Bereich der Klangkunst für dieses System. Die Gruppe hatte eine fantastische Entdeckung und technische Entwicklung gemacht. Mit unserer Technologie konnten wir markierte Objekte mit einer Genauigkeit von weniger als 5 cm in einem kubischen Raum von 10 m Kantenlänge mit nur drei Beacons orten. Wir hatten dies 2003 geschafft (ich habe auf der PDCo4-Konferenz in Toronto einen 3D-Klangraum vorgestellt, bei dem diese Technologie zum Einsatz kam). Die Gruppe wusste nicht, wie sie mit der Arbeit fortfahren sollte, nachdem sie diese Technolo-

gie entwickelt hatte. Ich plädierte dafür, sie anderen Forschungsgruppen für ihre Anwendungen offenzulegen, andere wollten ein Unternehmen gründen und die Technologie für Lageranwendungen und ähnliches verkaufen. Daraus ist nichts geworden. Die Leute im Team waren nicht in der Lage, eine Entscheidung zu treffen ... es war sehr frustrierend, ein so mächtiges Werkzeug zu haben und nichts damit anfangen zu können.

Das war für mich der Anlass, meine gesamte akademische Arbeit offenzulegen. Als ich in Ivrea ankam, befand sich das *Interaction Design Institute Ivrea* auf einem Höhepunkt seiner Entwicklung. Es war weltbekannt als die „Kloster- und Flughafenschule“. Die Studenten waren in einer Art Kloster mit bezahlter Unterkunft am Fuß der Alpen untergebracht, und die Lehrer kamen aus der ganzen Welt, um die erstaunlichsten Vorlesungen über interaktive Technologie abzuhalten. Ivrea hatte einen enormen Einfluss auf die Welt der Entwickler. Es gab zwar andere Institute wie ITP, IAMAS oder mein eigenes (K3), aber Ivreas Ansatz zur Verbreitung von Wissen, seine Geschichte und die Tatsache, dass es in Italien liegt, machten es in Rekordzeit viel bekannter als all die anderen.

Als Massimo, Dave und ich darüber sprachen, was wir mit den ersten Arduino-Boards machen sollten, wollten wir in der akademischen Gemeinschaft etwas bewirken. Wir wollten billige Werkzeuge für Studenten. Ich wandelte scherzhaft den berühmten Satz „one man, one vote“ um in „one man, one board“ und meinte damit, dass jeder Student auf der Welt Zugang zu einem eigenen Labor haben sollte. Wenn das Bildungswesen auf die Verwendung von Laptops baut und Mobilität zur Regel wird, sollten wir die Labore kleiner, persönlicher und preiswerter gestalten. Wir haben 300 Boards hergestellt: Ivrea hat die Hälfte behalten, die andere Hälfte ging an mein Stamminstitut, auf dass meine Studenten sie benutzen könnten. Damals hatte ich 15 Studenten pro Jahr, also dachte ich, die Boards würden für zehn Jahre reichen ... doch nach ein paar Monaten waren sie mit ausgegangen.

In dieser Atmosphäre gab es damals verschiedene Projekte, die mit solchen Boards arbeiteten. Der große Vergessene in dieser Diskussion ist Dr. Erik Lins aka chip45, der den GNU-lizenzierten Bootloader-Code ATmegaBOOT (basierend auf einem Original von Jason P. Kyle) entwickelt hat und den wir benutzt haben, um den Arduino-Bootloader überhaupt erst zu entwickeln [1]. Die Kernsoftware von Dave Mellis wurde zusammen mit einer Version von ATmegaBOOT, die Dave und ich zusammenhackten, zur vollständigen Arduino-Toolchain weiterentwickelt. Damals gab es Projekte, die nicht den gesamten Stack als Open-Source-Teil anboten. Einige versteckten den Bootloader, andere

versteckten das Layout der Platine, wiederum andere hatten proprietäre Upload-Tools. Wir fanden, dass die beste Wirkung erzielt werden würde, wenn alle Teile des Prozesses als Open-Source-Block zusammengefügt wären.

Um Ihre Frage zu beantworten: Unser Ziel war es, all diese Teile für jedermann verfügbar zu machen, damit sie ihre eigenen Boards, Projekte und abgeleiteten Produkte erstellen können.

Elektor: Vor fünfzehn Jahren sah die Welt der Elektronik noch anders aus. Wir alle erinnern uns, dass Entwicklungsplatinen zu Preisen von mehreren hundert Dollar durchaus üblich waren. Und dann gab es auch noch Software-Lizenzen. Was waren damals Ihre Lieblingswerkzeuge?

David: Mit meinen Studenten habe ich die Basic Stamp verwendet, aber ich habe auch Dinge wie die Javelin Stamp ausprobiert, weil ich Java als Programmiersprache unterrichten wollte und die Unterschiede zwischen Java und Basic, der Sprache der Basic Stamp, in Bezug auf die Syntax und die allgemeine Denkweise die Dinge im Unterricht kompliziert machten. Javelins waren nicht so robust wie Basic Stamps, und wir haben 2004 einen ganzen Haufen von ihnen abgebrannt. Für meine eigene Entwicklung verwendete ich Microchip-Bauteile und experimentierte damals mit der 18F-Familie, um ein sehr preiswertes Board mit nativem USB zu bauen. Als ich nach Ivrea kam, begannen wir, die Atmel-Prozessorfamilie wegen der offenen Compiler-Tools zu diskutieren.

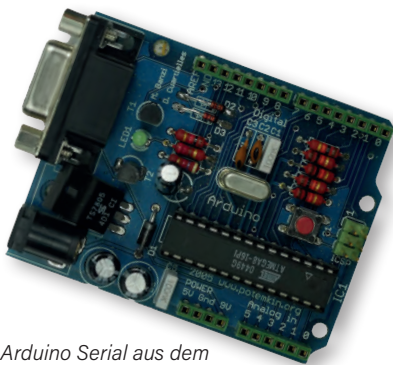
An den Ingenieurschulen verwendeten die Leute PICs wegen der Politik der kostenlosen Muster, aber Atmel hatte einen Ansatz mit freier Software, der unserer Meinung nach viel besser war. Die Zeit hat gezeigt, dass wir damit richtig lagen.

Elektor: Hatten Sie aufgrund der vielen AVR-Controller, die Sie für die verschiedenen (frühen) Arduino-Boards verwendet haben, eine Verbindung zu Atmel? Kannten Sie dort einige Ingenieure? Wie haben sie euch bei eurer Arbeit unterstützt?

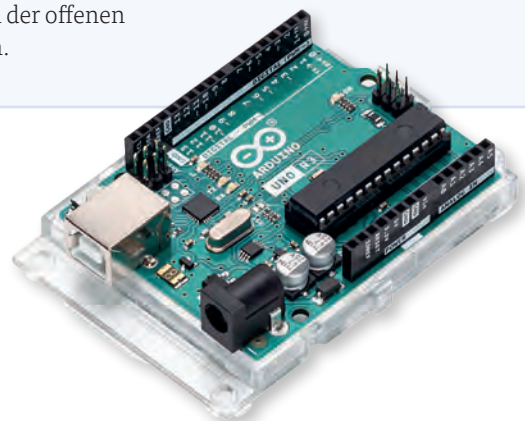
David: Wir hatten erst viel später eine Verbindung. Ich würde nicht sagen, dass die Verbindung zwischen Atmel und der Design- und Kunstwelt zu der Zeit, als wir mit Arduino anfangen, eng war. Als wir uns dann viele Jahre später trafen, funktionierte die Zusammenarbeit hervorragend. Also nein, am Anfang gab es keine Hilfe.

Elektor: Da die Arduino-Plattform für Menschen gedacht war, die keine typischen Programmier-Nerds oder Ingenieure waren, waren Sie einer der Pioniere der Maker-Bewegung des 21. Jahrhunderts. Erinnern Sie sich an einige wirklich verrückte Arduino-basierte Projekte aus der Anfangszeit?

David: Ich war (und bin immer noch) sehr an der Schaffung von Kunstwerken beteiligt, die mit der Arduino-Technologie arbeiten. Eines meiner Lieblingsprojekte war und ist Daniel Palacios Open-Source-Projekt Waves. Mehr dazu finden Sie unter [2]. Wenn es um



Der Arduino Serial aus dem Jahr 2005 war eines der ersten Arduino-Boards.



Das Arduino Uno ist wahrscheinlich das bekannteste Arduino-Board. Es wurde 2010 vorgestellt. Der integrierte USB machte die Programmierung sehr einfach. Es folgten viele Klone, einige davon billige, aber schlechte Kopien aus dem fernen Osten.

die Projekte meiner Studenten geht, mag ich immer noch das allererste, das wir mit Arduino gemacht haben: die Involuntary Dance Machine, eine Maschine, die einen Tänzer im Rhythmus eines Techno-Songs mit Elektroschocks traktiert. Sie können das Video auf YouTube [3] sehen.

Elektor: Zu Beginn des letzten Jahrzehnts kamen der Raspberry Pi und seine Klone auf den Markt - kleine Computer mit Linux zu sehr niedrigen Preisen. Wie war Ihre Reaktion auf den Raspberry Pi, als er auf den Markt kam?

David: In den fünf Jahren, nachdem wir anfangen, gab es niemanden sonst, der so etwas wie wir gemacht hat, nicht in diesem Ausmaß. Als der RPi aufkam, war meine persönliche Reaktion: Respekt! Ich meine, ich wollte wirklich einen Open-Source-Computer machen, und sie haben einen superbilligen gemacht (nicht Open Source, zumindest damals nicht, aber trotzdem). Sie haben einen großen Eindruck in der Community hinterlassen und mit der Entwicklung der Foundation und allem, was dazugehört, einen neuen Ansatz der Unternehmensorganisation geschaffen. Etwas, das später von MicroBit nachgeahmt wurde, das denselben Ansatz verfolgte.

Abgesehen von diesem Governance-Modell, die User waren zunächst verwirrt darüber, was sie mit dem RPi und was sie mit dem Arduino machen konnten. Ich denke, dass beide Parteien hart arbeiten mussten, um den Leuten die Hauptmerkmale, Vor- und Nachteile ihres jeweiligen Produkts zu präsentieren. Heutzutage gibt es eine gewisse Annäherung, aber damals nicht.

Elektor: Im Laufe der Zeit ist Arduino enorm bekannt geworden. Neben der Maker-Community hat Arduino auch in der Welt der professionellen Embedded-Entwickler Wellen geschlagen, was anfangs sicher nicht zu erwarten war. Viele der traditionellen Halbleiterfirmen haben die Arduino-Anschlüsse kopiert und auf ihren (manchmal sehr speziellen) Eva-Boards untergebracht. Zahlen sie Ihnen dafür eine Gebühr? Wie ist Ihre Beziehung zu diesen Unternehmen?

David: Ein Teil unseres Angebots an die Community besteht darin, offene Formfaktoren zu entwickeln. Wenn die Leute sie mögen und annehmen, dann wird es einfacher, bessere Projekte zu entwickeln. Wir haben nie Geld für die Nutzung des Formfaktors verlangt, und das ist auch in unserer Lizenz so festgelegt. Was unsere Beziehungen zu Unternehmen betrifft, so haben wir mit vielen Unternehmen sowohl im Halbleitergeschäft als auch in anderen Bereichen wie dem Cloud-Computing zusammengearbeitet. Wir haben viele professionelle Projekte, bei denen wir entweder andere Unternehmen beraten oder bei der Erstellung komplexer Projekte mitwirken. Obwohl wir für die Verwendung unserer Formfaktoren keine Gebühren verlangen, haben wir Verträge mit Unternehmen, mit denen wir bei anderen Projekten zusammenarbeiten.

Elektor: Haben Sie eine Vorstellung davon, wie viele Arduino-kompatible Boards es gibt?

David: Ich habe aufgehört zu zählen. In meiner persönlichen Sammlung habe ich über 150. Und dann gibt es ja noch viele Shields und Sensorboards.

Elektor: Sie haben den Arduino-Uno-Formfaktor und den berühmten Steckverbinder vor einigen Jahren bei die neueren Boards aufgegeben, zum Beispiel bei den MKR-Boards. Was war der Grund dafür?

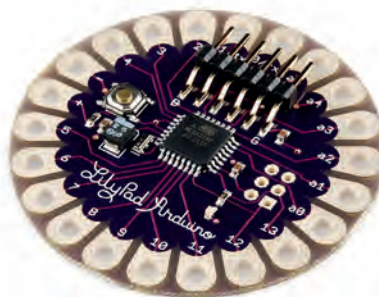
David: Der Uno ist zwar immer noch das meistverkaufte Board in der Geschichte der Open-Source-Hardware, aber die Leute brauchen kleinere Formfaktoren und mehr Funktionen, um mit der neuen Art und Weise der Interaktion zu experimentieren, um vernetzte Projekte zu verwirklichen und so weiter. Mein Lieblingsboard ist derzeit das Nano 33 BLE Sense, das ich in allen meinen Kursen verwende. Mit einer IMU, einem Mikrofon, einem Farbsensor und so weiter bietet es meinen Studenten eine sehr vielfältige pädagogische Erfahrung zu einem unschlagbaren Preis. Wenn wir etwas entwerfen, denken wir immer daran, wie viel die Leute für so etwas bezahlen müssen. One man, one board!

Elektor: Wie kam es 2017 zur Ankündigung der Partnerschaft von Arduino mit ARM? Was hat das für Arduino bedeutet?

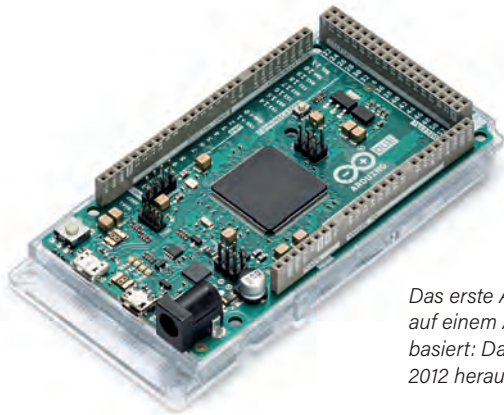
David: Es war etwas, das einfach passieren musste. Wir waren in einer Position, in der wir unser Portfolio erweitern und einen Sprung hin zu neuer Funktionalität machen mussten. Die 8-Bit-Prozessoren von Atmel liegen uns zwar sehr am Herzen (ich kenne das über 300-seitige Datenblatt des ATmega 328 fast auswendig), aber ARM hatte eine neue skalierbare Architektur vorgestellt, die eine großartige Möglichkeit bot, die Arduino-Philosophie weiter zu entwickeln, die Codebasis beizubehalten und gleichzeitig den Speicher und die Peripherie der



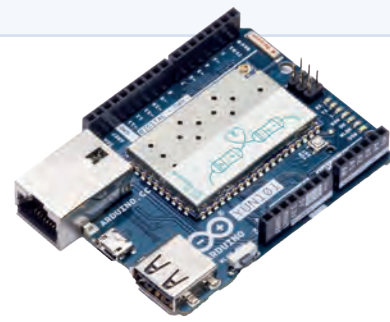
Der Arduino Nano mit einem kompakten Format wurde 2008 angekündigt und stellte sich als ideal als Hirn für kleine Geräte heraus.



Das LiliPad Arduino wurde 2007 für tragbare Anwendungen veröffentlicht.



Das erste Arduino-Board, das auf einem ARM-Prozessor basiert: Das Due-Board wurde 2012 herausgegeben.



Der Arduino Yun (2013) besaß einen ATmega32U4 und ein SoC für WLAN-Funktionalität, auf dem eine Tiny-Linux-Variante lief.

CPU zu erweitern. ARM bot uns Hilfe an und wir nahmen sie an. Seitdem sind die vorher schon guten Dinge noch viel besser geworden.

Elektor: Wenden wir uns nun der Gegenwart und sogar der Zukunft zu. Die weltweite Chip-Knappheit war im Jahr 2021 eine große Nachricht. Wie hat sich das auf Arduino ausgewirkt?

David: Wir hatten uns schon mit Prozessoren eingedeckt, weil wir unser Wachstum eingeplant hatten. Das Chipageddon hat sich deshalb nur ein wenig auf unser Angebot von Sensoren ausgewirkt. Wir hatten Glück.

Elektor: Eine Arduino-IDE 2.0 ist im Beta-Stadium, mit farbiger Syntaxhervorhebung und einigen anderen Komfortfunktionen, die andere IDEs schon seit Jahrzehnten haben. Warum hat es so lange gedauert, bis es zu einer Version 2.0 kam?

David: Es ist schwer, etwas quelloffen zu machen und das Erbe einer Community wie der unseren zu respektieren. Die Umstellung auf eine neue IDE ist ein Prozess, der Jahre und hunderttausende von Euro an Investitionen erfordert. Wir haben so lange dafür gebraucht, weil halt Zeit nötig ist, um die Einfachheit der Funktionen der klassischen IDE in diese neue IDE zu übertragen, die für moderne Programmiersprachen entwickelt wurde. Ich würde nicht nur auf die grundlegenden Funktionen der neuen IDE schauen, sondern auf die neuen, aufregenden, die noch kommen werden. Es geht nicht nur darum, mit der Zeit zu gehen, sondern auch darum, die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern ... aber andererseits braucht die Open-Source-Entwicklung ihre Zeit.

Elektor: Welche Produkte können wir in den nächsten ein bis zwei Jahren von

Arduino erwarten? Weitere Boards mit dem neuen RP2040-Controller, zum Beispiel?

David: Sie wissen, dass ich darüber nicht sprechen kann. Sie können jedoch erwarten, dass wir im professionellen Bereich wachsen.

Elektor: Arduino hat den Markt für Entwicklungsboards in den letzten 15 Jahren revolutioniert. Wo sehen Sie diesen Markt in weiteren 15 Jahren?

David: Maschinelles Lernen beginnt, eine wirklich große Rolle in Bezug auf neue Programmierparadigmen zu spielen. Ich kann mir vorstellen, dass in 15 Jahren viele Prozessoren über integrierte Sektionen verfügen werden, die für die Ausführung spezifischer Algorithmen wie intelligentes Energiemanagement und ähnliches vorgesehen sind, die auf allgemein akzeptierten optimalen ML-Modellen basieren werden. Auf der anderen Seite gibt es einen wachsenden Trend zur Schaffung dedizierter Prozessoren, die in Bezug auf den Stromverbrauch oder das Kommunikationsmanagement auf Siliziumebene viel optimaler sind. Es bleibt die Frage, ob die Tools entwickelt werden, um die Herstellung dieser Prozessoren schneller und zu einem niedrigeren Preis zu ermöglichen. Sollte dies der Fall sein, werden Prototyping-Boards immer mehr dieser speziellen Prozessoren und weniger Allzweckprozessoren enthalten. Abschließend möchte ich noch auf einige Bedenken hinsichtlich der Chipageddon-Situation eingehen, in der wir uns befinden. Es gibt die Meinung, dass die Art und Weise, wie wir für bestimmte Bereiche wie

die Automobilindustrie entwerfen, nicht haltbar ist, da es zu viele kleine Prozessoren gibt, die in einer Art Mainframe-Modell einzelne Aufgaben ausführen. Einigen Quellen zufolge dürften wir eine Umstellung auf weniger Prozessoren pro Design, aber mit mehr Rechenleistung erleben. Die Entwürfe werden vereinfacht, man verlässt sich mehr auf Software und minimiert die Risiken, die sich aus der Knappheit der Ressourcen ergeben. Wenn dies das Szenario wäre, würden wir mehr Allzweckprozessoren sehen, die größer sind und über spezialisierte Peripheriebausteine für Computer Vision, Sensor-Fusion-Management und so weiter verfügen.

Welches dieser Paradigmen sich durchsetzen wird, ist aber eine Frage, die nur die Zukunft beantworten wird! 210479-02

Über den Autor

Jens Nickel ist der Chefredakteur von Elektor. Neben dem Programmieren hat er Spaß an elektronischer Musik und Videoproduktion. Seine aktuellen Elektor-Artikel können Sie unter www.elektormagazine.de/nickel lesen.



Der Arduino MKR1000 wurde 2016 angekündigt und wies den neuen Formfaktor auf.

WEBLINKS

[1] ATmegaBOOT: <https://bit.ly/3FCo0SH>

[2] Waves - How Does Sound Move?: <https://danielpalacios.studio/portfolio/waves/>

[3] Unfreiwillige Tanzmaschine: <https://www.youtube.com/watch?v=l4zwKJhJRNo>

Die 2010er und darüber hinaus: Die IoT-Explosion



Von C. J. Abate (Elektor)

Damals, im Januar 2010, war noch nicht jedes „Ding“ mit dem Internet verbunden. Es war eine einfachere Zeit, oder? Das iPad der ersten Generation war noch nicht auf dem Markt, und das Model S von Tesla war noch zwei Jahre von seiner Markteinführung entfernt. Heute, 11 Jahre später, sieht die High-Tech-Landschaft ganz anders aus. Das Internet der Dinge ist immer noch auf dem Vormarsch.

Ist Coca-Cola das erste, was Ihnen in den Sinn kommt, wenn jemand das „Internet der Dinge“ (IoT) erwähnt? Wahrscheinlich nicht. Aber es gibt eine interessante Verbindung zwischen dem IoT und dem berühmten Getränk. In den frühen 1980er Jahren entwickelten ein paar Studenten an der Carnegie Mellon University (CMU) in Pittsburgh eine der ersten IoT-Anwendungen: Die *CMU CS Department Coke Machine*. Laut einem interessanten Beitrag auf der Website des *CMU Department of Computer Science* installierten die kreativen Studenten Mikroschalter in der mit dem ARPANET verbundenen Maschine, um festzustellen, wie viele Flaschen verfügbar waren. Die Schalter wurden an den Hauptcomputer des Fachbereichs angeschlossen, und ein Serverprogramm wurde geschrieben, um den Zustand des Cola-Automaten zu überwachen, einschließlich der Zeit, die jede Flasche im Automaten verbracht hatte [1]. Dadurch konnten die Studenten feststellen, ob auch

wirklich kalte Getränke vorhanden waren, bevor sie sich entschlossen, zum Automaten zu gehen. Es war ein wirklich innovatives und unterhaltsames Projekt.

Die Internettechnologie hat in den letzten Jahren einen weiten Weg zurückgelegt. Heute tauschen Milliarden vernetzter Geräte Daten über das Internet aus, und das Internet der Dinge (IoT) ermöglicht heute alles, von intelligenten Städten bis hin zu globalen Kommunikationsplattformen. Um an diesen Punkt zu gelangen, haben Tausende von Ingenieuren und Herstellern in der weltweiten Elektor-Community Ideen, Projekte und Produkte beigesteuert (Bild 1). Werfen wir einen kurzen Blick darauf, wo das IoT steht und wohin es sich entwickelt.

Vergangenheit und Zukunft des IOT

Woran denken Sie, wenn jemand von einem vernetzten Gerät spricht? Während Ihre nicht-technischen Freunde mit ziemlicher Sicherheit an ein Produkt wie ein Smart-

phone denken, werden Ihre technischen Kollegen wahrscheinlich an eingebettete IoT-Geräte denken. Unabhängig davon werden Sie sicherlich zustimmen, dass unsere Abhängigkeit von solchen Technologien zunimmt. Und aufgrund der immer weiter zunehmenden Menge an Wearables (z. B. Uhren), Industriegegeräten (z. B. Wärmebildsysteme) und Automobiltechnologien (z. B. Fahrzeug-Überwachungssysteme), die jeden Monat auf den Markt kommen, ist es schwer zu sagen, wie viele IoT-Geräte zurzeit überhaupt eingesetzt werden.

Die Vorhersage der Zukunft des IoT ist sogar noch schwieriger. Es gibt Berichte, in denen geschätzt wird, dass bis zum Jahr 2030 zwischen 12 und ca. 500 Milliarden Geräte mit dem Internet verbunden sein werden [2] - eine große Spanne. Klar ist jedoch, dass sich das Internet der Dinge rasant weiterentwickelt und diese Entwicklung zahllose neue Möglichkeiten für Elektronikherstel-

ler, Wafer-Fabriken, Sicherheits- und Datenverwaltungsunternehmen sowie Internetanbieter bietet.

Wie stand es also um das Internet der Dinge in den frühen 2010er Jahren? Damals sah alles noch ganz anders aus. Nehmen wir zum Beispiel den 1. Januar 2010. An jenem Neujahrstag war das iPhone noch keine drei Jahre alt, das erste Tesla Model S war zwei Jahre unterwegs. Der weltweit erste öffentlich zugängliche LTE-Dienst (Long Term Evolution) war erst wenige Wochen alt und das iPad der ersten Generation stand noch einige Wochen vor der Veröffentlichung. Das IoT war damals eindeutig weniger verbreitet, als dies heute der Fall ist. Einem Whitepaper von Cisco aus dem Jahr 2011 zufolge waren damals etwa 12,5 Milliarden Geräte mit dem Internet verbunden [3], und es überrascht nicht, dass es daraufhin zu einem explosionsartigen Wachstum kam. Wenn wir 10 Jahre bis

2020 vorspulen - das für immer wegen der COVID-19-Pandemie in Erinnerung bleiben wird - prognostiziert Cisco, dass bis zum Jahr 2023 voraussichtlich 29,3 Milliarden vernetzte Geräte im Einsatz sein werden [4]. Es ist offensichtlich, dass bisher eine Menge an technologischer Innovation und IoT-Expansion stattfand, und es wird noch mehr auf uns zu kommen.

IoT-Projekte im Überfluss

IoT-Projekte und -Anleitungen erscheinen seit mehr als einem Jahrzehnt in Elektor (**Bild 2**). Und heute tangiert jede neue Ausgabe von Elektor und Elektor Industry das IoT auf die eine oder andere Weise. Es ist daher nicht zu erwarten, dass der Zustrom neuer IoT-bezogener Projekte und Artikel in absehbarer Zeit nachlässt. Viele der bahnbrechenden IoT-Lösungen von morgen werden derzeit an den Werkbänken der Elektor-Community-Mitglieder entwickelt.

ESP32-Türklingel mit Telegram-Nachricht

Wenn der Postbote nur einmal klingelt...

Von **Luc Lemmens** (Elektor-Labor)

Sie sind zu Hause und ein Besucher steht vor der Tür, aber aus irgendeinem Grund hören Sie die Türklingel nicht? Das ist besonders ärgerlich, wenn Sie daheim auf ein Paket warten. Hier kommt die Lösung: Wenn es klingelt, sendet unsere Schaltung eine Nachricht an Ihr Smartphone oder Ihren Computer, auf dem eine App namens Telegram läuft.

Paketzusteller und auch einige Postboten haben in der Regel nicht die Geduld und die Zeit, vor Ihrer Haustür eine Weile zu warten oder zweimal zu klingeln. Später am Tag finden Sie dann in Ihrem Briefkasten einen Zettel, der entweder den Abholort des Pakets oder eine Alternative für einen zweiten Zustellversuch angibt.

Telegram für Sie!
Sobald es an der Tür klingelt, sendet die Schaltung, die wir gleich beschreiben werden, eine Nachricht an Ihr Smartphone oder Ihren Computer, auf dem eine App namens Telegram läuft. Der Telegram Messenger, so die Mächer, ist eine Cloud-basierte Mobil- und Desktop-Messaging-App mit dem Fokus

www.elektormagazine.de März/April 2020 29

Bild 1: Anfang 2020 stellte der Elektor-Ingenieur Luc Lemmens ein ESP32-Türklingelprojekt vor, das für viele nützlich sein wird. Wenn die Türklingel klingelt, kann der Schaltkreis eine Nachricht an Ihr Smartphone oder Ihren Computer senden. (Elektor März & April 2020)

Die Vierte Industrielle Revolution

Von **Clemens Valens** (Elektor-Labs)

Intelligent miteinander vernetzte Objekte, Geräte und Maschinen revolutionieren die Welt, in der wir leben. Von diesem weltumspannenden Netzwerk, dem Internet der Dinge (IoT), wird erwartet, dass es die Art, wie wir mit unserer Umwelt interagieren, radikal und in einer dramatischen Art und Weise ändert. Wireless- und Energy-Harvesting-Technologien sind Schlüssel dieser vierten Industriellen Revolution. Elektor.Labs und seine Nutzer sind schon auf diesen fahrenden Zug gesprungen - was ist mit Ihnen?

Wireless Resonant Power for a 2.4GHz Security Camera

In diesem Projekt wird eine „drahtlose“ Überwachungskamera wirklich drahtlos: es braucht keine Netzkabel und keine Batterien mehr. Die Kamera wird über ein Paar von luftgekoppelten Spulen (Sender, Empfänger, unterstützt von Resonanzkondensatoren) mit Energie versorgt.

www.elektor-labs.com/node/3653

Tweeting Freezer

OP **mvnieuw** stellt einen intelligenten Gefrierschrank vor. Das Projekt nutzt ein mbed-NXP-Modul, nicht nur, um die 2-stellige 7-Segment-LED-Temperaturanzeige des Gefrierschranks zu überwachen, sondern auch, um seinen Status auf Twitter zu veröffentlichen. Natürlich wurde ich ein überzeugter Follower dieses Gefrierschranks, ich fühle mich einfach unwohl, wenn ich nicht weiß, wie es ihm geht.

www.elektor-labs.com/node/3065

Multi-channel Isolated Smart Energy Meter for Distribution Board

Smart Metering und Smart Grid sind zwei heiße Themen des Internet of Things. OP **markusrr** arbeitet an einem solchen Projekt. Das Ziel ist es, den eigenen Energieverbrauch so detailliert wie möglich zu überwachen.

www.elektor-labs.com/node/3322

Charge Controller for Off-Grid Systems

Eine ganze Reihe von Menschen arbeitet auf dem Gebiet der alternativen Energiequellen. Ein Problem hierbei ist es, eine Batterie optimal aus Stromquellen wie Solarpanel oder Hydro-/Windkraftanlage zu laden. OP **Chuncky** arbeitet an einem Laderegler für Batterie-basierte Inselanlagen bei Gleichspannungen von 12 V oder 24 V und Strömen bis 20 A DC.

www.elektor-labs.com/node/3482

Anmerkung: OP steht für Original Poster, der Person, die ein Online-Projekt oder eine Diskussion beginnt. OPs, die die Chance nehmen wollen, dass ihr Projekt in Elektor veröffentlicht wird, sollten immer darauf achten, dass ihre E-Mail-Adresse für den Zugang zu Elektor-Labs korrekt ist. Nur so können wir auch Kontakt mit ihnen aufnehmen.

60 | Januar/Februar 2014 | www.elektor-magazine.de

Bild 2: In diesem Artikel von 2014 beschreibt der Elektor-Ingenieur Clemens Valens einige interessante IoT-Projekte. (Elektor Januar & Februar 2014)

IoT-Projekte in Elektor

Von 2010 bis heute sind in Elektor unzählige Artikel, Berichte und Anleitungen zu IoT-Projekten erschienen. Artikel über Internet-verbundene Lösungen gab es sogar schon Jahrzehnte früher. In diesem Abschnitt konzentrieren wir uns auf einige herausragende IoT-bezogene Artikel aus den 2010er Jahren und darüber hinaus.



WLAN-Controller-Board

Steuert RGB-LED-Streifen, Motoren, Relais - und alles ohne Kabelsalat
 Von Clemens Valens (Elektor Juni 2013)

Schon 2013 waren Wi-Fi-Module allgegenwärtig. Damals dachte Clemens Valens darüber nach, Haushaltsgeräte in ein Wi-Fi-Heimnetzwerk einzubinden. Zu diesem Zweck zeigte er, dass es mit der in diesem Artikel vorgestellten universellen Wi-Fi-Steuerungsplatine ganz einfach ist, das eigene Haus vom Handy aus zu steuern.

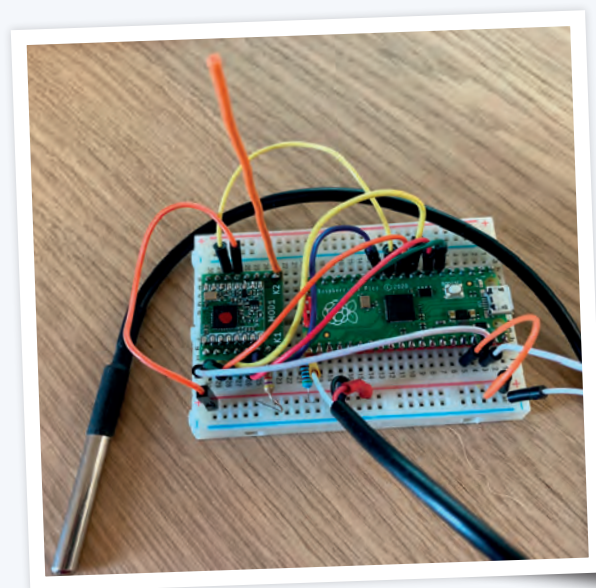
<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-201306/20722>

IoT Shield für den Arduino

Von Clemens Valens (Elektor Dezember 2016)

Dieses handliche Arduino Uno R3-kompatible Shield ist für einfache Steuerungsanwendungen im und ums Haus gedacht. Die eigentliche Schaltung auf der Platine nutzt nicht alle Arduino-Signale, und andere Shields können darauf gestapelt werden, solange sie die Platine nicht stören, wodurch das System sehr flexibel und erweiterbar ist. Wenn das System mit dem Internet verbunden ist, wird die Bezeichnung „Internet der Dinge“ (IoT) zur Realität.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-201612/39990>



LoRa mit dem Raspberry Pi Pico

Von Mathias Claussen (Elektor Juli/August 2021)

Die Verwendung eines Raspberry Pi Pico mit MicroPython ist ein einsteigerfreundlicher Weg zur Programmierung. Mit einem Seeed-Studio RFM95 LoRa-Modul und einem DS18B20 Temperatursensor lässt sich mit MicroPython schnell ein LoRaWAN-Knoten erstellen. Das Projekt überträgt Daten an ein LoRaWAN-Gateway, das diese dann an die The Things Network Cloud weiterleitet.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-178/59750>

IoT Gateway und drahtlose Endknoten

Von Hennie Spaninks (Elektor März/April 2017)

Möchten Sie bestimmte Funktionen in einem Hausautomatisierungssystem haben, die in einem kommerziellen Produkt nicht verfügbar sind? Sie können Ihr eigenes System entwickeln, das eine drahtlose Kommunikation zwischen den verschiedenen Knoten und einem zentralen Gateway ermöglicht. Das Gateway in diesem Projekt verwendet MQTT, um Messdaten an einen OpenHAB-Server zu senden, der die Daten verarbeitet und anzeigt.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-201703/40158>

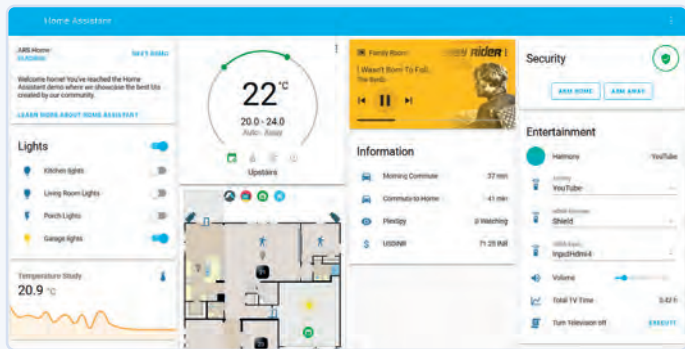
Solarspannungswandler für IoT-Geräte

Das Licht in Innenräumen nutzen

Von Sunil Malekar (Elektor Juli/August 2015)

Mit diesem mikrocontrollerfreien Projekt können Sie eine kompakte Stromversorgung für kleine IoT-Geräte in Innenräumen in Verbindung mit einem Solarpanel bauen – wohlgemerkt: In Innenräumen! Das Projekt kann mit einer schwachen Eingangsquelle von nur 7,5 μ W betrieben werden, so dass Sie ein kostengünstiges Mini-Solarpanel verwenden können. Das Herzstück des Wandlers ist entweder ein LTC3129 oder ein LTC3129-1 IC. In dieser Schaltung wird kaum ein Mikrowatt an Solarstrom verschwendet.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-201507/27873>



Hausautomation leicht gemacht

Mit ESPHome, Home Assistant und MySensors

Von Clemens Valens (Elektor September/Oktober 2020)

Sie möchten Ihr Haus mit ferngesteuerten Lichtern, Vorhängen oder Rollläden ausstatten? Suchen Sie nach einer Heimwerkerlösung für die Steuerung Ihres Sprinklersystems oder Ihrer Haussicherheitsanlage? Mit stromsparenden IoT-Geräten und Tools wie ESPHome, Home Assistant, MySensors ist die Hausautomatisierung einfacher denn je.

<https://www.elektormagazine.com/magazine/elektor-155/58951>

E-Lock: Der erste Chip von Elektor

Von Eduardo Corral (Elektor April 2014)

IoT-Sicherheit ist seit den Anfängen des IoT ein wichtiges Thema. Im Jahr 2014 hat sich Elektor mit *Intelligent SoC* zusammengetan, um einen hochspezialisierten Chip zum Schutz einer Vielzahl von „Dingen“ zu entwickeln. E-Lock, der erste Elektor-Chip, war eine Lösung, die für Ingenieure und Hersteller entwickelt wurde, die sichere IoT-Geräte entwerfen wollten. Dieser Artikel befasst sich mit dem E-Lock-Projekt und beschreibt alle technischen Daten.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-201404/26199>

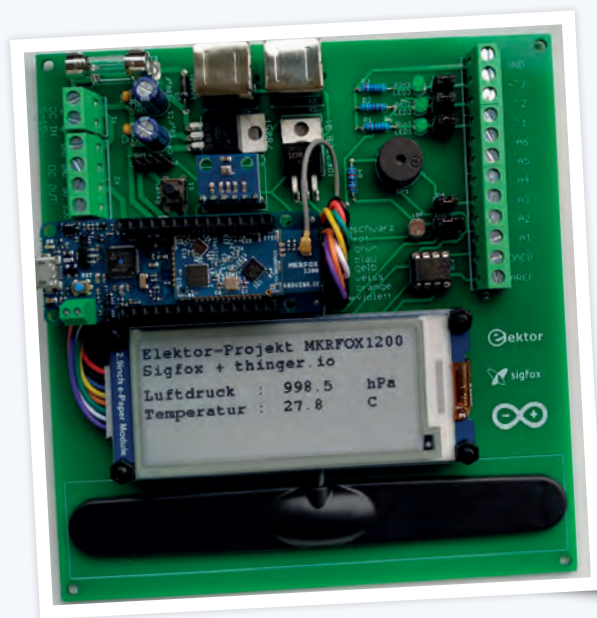
WLAN für Microcontroller

Steuern mit dem ESP8266

Von Walter Trojan (Elektor Januar & Februar 2016)

Die ersten Schritte in das Internet der Dinge zu wagen, mag für viele abschreckend wirken, aber verzweifeln Sie nicht, die Hürde ist nicht so hoch wie sie scheint. Ein kostengünstiges WLAN-Board, ein Standard-Mikrocontroller und etwas Software sind alles, was Sie brauchen, um ein Projekt zu bauen, mit dem Sie LEDs von einem PC, Tablet oder Smartphone aus steuern können.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-201601/28661>



Mit dem Fuchs ins IoT (1-4)

Von Frank Schleking und Bernd vom Berg (Elektor 2019 und 2020)

Funkstandards wie Sigfox und LoRa kommen immer dann zum Einsatz, wenn batteriebetriebene Sensoren Daten an ein Internet-Gateway übertragen müssen. Sigfox punktet mit einem einheitlichen und gut ausgebauten Netzwerk. Der Nutzer muss die Sensorknoten nur noch programmieren und anmelden, um ihre Ausgangsdaten im Internet zu visualisieren. In dieser Serie erfahren Sie, wie Sie mit preiswerter Hardware und kostenloser Software Ihre ersten Sigfox-Projekte realisieren können.

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-113/56794> ◀

210436-01

Über den Autor

C. J. Abate ist in leitender Funktion für die Inhalte von Elektor verantwortlich. Sie können seine aktuellen Elektor-Artikel unter <https://www.elektormagazine.com/abate> lesen und ihm auf Twitter unter https://twitter.com/Elektor_US folgen.

WEBLINKS

- [1] Dept. of Computer Science, „The ‚Only‘ Coke Machine on the Internet,“, Carnegie Mellon University.: https://www.cs.cmu.edu/~coke/history_long.txt
- [2] Cisco, „Internet of Things at a Glance,“, 2016.: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/se/internet-of-things/at-a-glance-c45-731471.pdf>
- [3] D. Evans, „The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything,“, Cisco IBSG, April 2011.: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf
- [4] Cisco, „Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper,“, March 9, 2020. : <https://bit.ly/cisco-annual-2020>



Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Internets der Dinge

Von Stuart Cording (Elektor)

Das IoT (Internet of Things) hat einen ähnlichen Hype ausgelöst wie die Einführung von Webdiensten für Unternehmen während des Dot-Com-Booms. Nachdem dieses Netzwerk aus extrem vielen, miteinander verbundenen und mikroprozessorgesteuerten Geräten einen Namen bekam, konnte man sich auf Protokolle und Cloud-Dienste konzentrieren, die auf die Anforderungen dieser neuen Technologie zugeschnitten sind. Sicherheit und Aktualisierbarkeit sind nach wie vor problematisch, aber es zeichnen sich Lösungen ab.

Die Industrie brauchte nicht wirklich einen speziellen Namen für mit dem Internet gekoppelte MCU-Applikationen. Als Kevin Ashton jedoch 1999 den Begriff *Internet of Things* prägte [1], trugen die Bezeichnung und das griffige Akronym IoT dazu bei, die entstehenden Herausforderungen in den Mittelpunkt des Interesses zu rücken. MCUs wurden schon mit dem Internet verbunden, als es noch Modems und Ethernet-Chipsätze gab. Einer der ersten IoT-Demonstratoren wurde von John Romkey für die Interop-Messe 1990 im kalifornischen San Jose gebaut [2]. Durch die Kombination eines Retro-Toasters mit einem Laptop wurde dieses gewöhnliche Haushaltsgerät internetfähig.

Die Vergangenheit

Der Hintergrund für den Begriff *IoT* von Kevin Ashton [3] war, dass der Großteil der im Internet verfügbaren Daten von Menschen stammt. Seine Beschäftigung mit RFID-Etiketten führten zu der Hypothese, dass Computer automatisch Gegenstände verfolgen und Daten sammeln können. Dadurch würde das Risiko von Fehlern bei der Dateneingabe durch Menschen verringert. Tatsächlich hätte er den Begriff „Internet *for* Things“ präferiert. Das ist keine sprachliche Spitzfindigkeit, sondern basiert vielmehr auf der Einsicht, dass einige Anwendungen nicht die volle Leistung der in Laptops, PCs und Smartphones üblichen Ethernet- und WLAN-Schnittstellen benötigen, bzw. sie nicht in der Lage sind, diese langfristig zu betreiben. Stattdessen werden Schnittstellen und Transportprotokolle benötigt, die eine lange Akkulaufzeit ermöglichen und Datenmengen übertragen, die eher in Bytes statt in Megabytes gemessen werden.

Auch das Konzept, dass Maschinen miteinander kommunizieren, war nicht neu. Der Begriff M2M-Kommunikation (Machine-to-Machine) war bereits bekannt, stammte aber noch aus der Nutzung von Telefonleitungen oder Mobilfunk, um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zu ermöglichen. Siemens hatte bereits 1996 das M1-GSM-Modul für genau diesen Zweck auf den Markt gebracht [4]. Dann gab es Begriffe wie *Pervasive Computing*, *UbiComp* (Ubiquitous Computing) oder auch *Sensornetzwerke*. Irgendwie schien der Begriff IoT spezifisch genug und nicht zu allgemein zu sein für die breitere Öffentlichkeit. Er wurde z.B. von Finanzinvestoren aufgenommen, die auf den nächsten Technologiezug aufspringen wollten.



In der Zukunft müssen die Aspekte Sicherheit und Aufrüstbarkeit beim Thema IoT angegangen werden.

Wie bei jeder Technologie ist die Finanzierung entscheidend. Ohne Investitionen und den anschließenden Aufbau von Ressourcen werden selbst die besten Technologien eingehen. MCUs waren offensichtlich ein Teil des Puzzles. In den 2000er Jahren gab es einen richtigen Mikrocontroller-Boom mit vielen neuen und Anbietern, von denen sich einige

auf niedrigen Stromverbrauch spezialisiert hatten. Das nächste Puzzlestück war die Konnektivität. Es war klar, dass IoT-Produkte Sensordaten erfassen mussten und sich nicht immer an einem Ort befanden, an dem neue Strom- und Datenkabel verlegt werden konnten. Funktechnologien wie Bluetooth wurden durch die Verfügbarkeit des lizenzfreien ISM-Bandes (Industrial, Scientific, and Medical) ermöglicht. Die Verfügbarkeit des 2,45-GHz-ISM-Bandes, das in den 1940er Jahren in den Vereinigten Staaten eingeführt wurde, machte den Weg frei für Mikrowellenherde und medizinische Geräte auf Diathermie-Basis. CMOS-basierte Funksender und -empfänger ermöglichten die Herstellung von Bluetooth-Elektronik mit denselben kostengünstigen Fertigungsprozessen wie andere Halbleiter, wodurch sie wirtschaftlich wurden.

Die Gegenwart

Mit LoRa und ZigBee entstanden auch Technologien, welche die ISM-Bänder bei 433 MHz (Europa, Naher Osten, Afrika) und 915 MHz (USA) nutzen. Darüber hinaus werden noch weitere, weltweit verfügbare und lizenzfreie Frequenzbänder verwendet (Bild 1). Wer eine bestehende Infrastruktur nutzen will, hat mit dem Mobilfunknetz eine weitere Möglichkeit. Bei 5G wurde schon in der Konzeption den Bedürfnissen der IoT-Konnektivität Rechnung getragen, indem mehr als 100.000 Knoten pro Quadratkilometer unterstützt werden – das ist gegenüber den nur 2.000 bei 4G sehr beeindruckend. Da eine lange Akkulaufzeit notwendig ist, eignen sich Narrowband-IoT-Chipsätze und -Module (NB-IoT, auch bekannt als LTE Cat NB2), die auf die Anforderungen von IoT-Anwendungen



Bild 1. Es steht eine Vielzahl von IoT-Geräten für die intelligente Heimautomation zur Verfügung, die verschiedene lizenzfreie ISM-Bänder verwenden.



Bild 2. Landwirte auf der Insel Jersey nutzen ein LoRa-Funknetz zur Wetter- und Umwelterfassung (Quelle: Shutterstock).

mit geringem Stromverbrauch und niedriger Datenrate abgestimmt sind.

Die für ihre Jersey-Royal-Kartoffeln bekannte Kanalinsel Jersey in der Nähe der nordwestlichen Küste Frankreichs ist ein Paradebeispiel dafür, wie das Internet der Dinge in großem Maßstab funktioniert. Dank ihrer geringen Größe und der Unabhängigkeit bei der Entscheidungsfindung ist sie ein hervorragendes Testgebiet für IoT-Implementierungen. Dort wurde LoRaWAN bei Wetterstationen eingesetzt und damit das zuvor verwendete funkbasierte System verbessert (**Bild 2**). Die gesammelten Daten werden auf eine Plattform zur Vorhersage von Pflanzenkrankheiten hochgeladen. Auf diese Weise wird den Landwirten ermöglicht, Pflanzenschutzmittel gezielter auszubringen, um z.B. die Kartoffelfäule zu bekämpfen [5]. Acht Gateways decken 75 % der Insel ab, so dass zusätzliche LoRa-Sensoren die Feldbedingungen überwachen, die Bewässerung optimieren

und die Menge des auf die Felder ausgebrachten Düngers reduzieren können. Auch die Verfolgung von landwirtschaftlichen Fahrzeugen, wie Traktoren und Geländewagen, wird diskutiert. Dabei wird wahrscheinlich NB-IoT zum Einsatz kommen, wobei die Daten zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs und zur Verbesserung des Fahrverhaltens genutzt werden sollen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Software. Hierzu muss man sich mit eingebetteten Systemen, ihrer begrenzten Leistung und Speicherkapazität und der Notwendigkeit, einer möglichst langen Batteriebetriebsdauer bestens auskennen. Außerdem ist die Kooperation mit Anbietern von Cloud-Lösungen erforderlich, bei denen es keine derartigen Grenzen gibt. Ein Beispiel ist MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), ein bandbreitenbeschränktes Kommunikationsprotokoll zur Überwachung von Sensoren in Ölpipelines [6]. Im Gegensatz zu HTTP, das zur Bereit-

stellung von Webseiten für Computer und Smartphones verwendet wird, ist MQTT ereignisgesteuert und ermöglicht es IoT-Geräten, Daten auszutauschen, sobald sie verfügbar sind. Client-Sensorgeräte senden ihre Daten an einen Broker, der auf einem Server läuft. Andere Geräte wie z.B. Backend-Server oder mobile Geräte können sich als Abonnenten registrieren und holen nur die Daten ab, an denen sie interessiert sind. Da MQTT auf TCP/IP aufbaut, können auch sichere Protokolle wie SSL/TLS zum Schutz der Daten verwendet werden [7].

Sicherheit und Aufrüstbarkeit

Die Wiederverwendbarkeit ist ein wesentlicher Bestandteil des Erfolgs eines Großteils des IoT. Dennoch nimmt die Standardisierung deutlich ab, je weiter sich die Entwickler vom Server zur Infrastruktur und den Sensoren entfernen. Dies birgt eine Reihe von Herausforderungen wie die Bereitstellung von Updates oder die Implementierung von Sicherheitsaspekten. Eystein Stenberg von Mender meint, dass sein IoT-Geschäft von der zunehmenden Verbreitung des Linux-basierten Raspberry Pi Zero in Industrie-, Infrastruktur- und Automobilanwendungen profitiert hat. Bis vor kurzem war es eine enorme Herausforderung, solche Geräte auf dem neuesten Stand zu halten, da jedes Unternehmen eine eigene Lösung entwickeln musste.

Mender bietet eine Plattform, die Updates für Linux-basierte Embedded-Geräte bereitstellen kann, um entweder das Betriebssystem zu aktualisieren oder einfach kleinere Teile eines laufenden Systems zu patchen [8]. Ein dualer Partitionsansatz stellt sicher, dass Betriebssystem-, Kernel- oder Bibliotheksupdates das System nicht versehentlich beschädigen können (**Bild 3**). Die breite Verwendung von Yocto und Debian in solchen Anwendungen bedeutet, dass der Prozess leicht rationalisiert und eingesetzt werden kann. Das Ausrollen von Aktualisierungen auf Nicht-Linux-System wie MCUs, die unter Echtzeit-Kernen wie *FreeRTOS*, *µC/OS* oder *embOS* laufen, bleibt jedoch eine Herausforderung. Traditionell sind Update-Prozesse für MCUs riskant, sofern sie überhaupt angeboten werden. Sie können dazu führen, dass das Gerät aufgrund eines fehlgeschlagenen Updates nicht mehr neu gestartet werden kann (also „bricked“ ist). Die IoT-Firma Toit löst dieses Problem durch die Implementie-

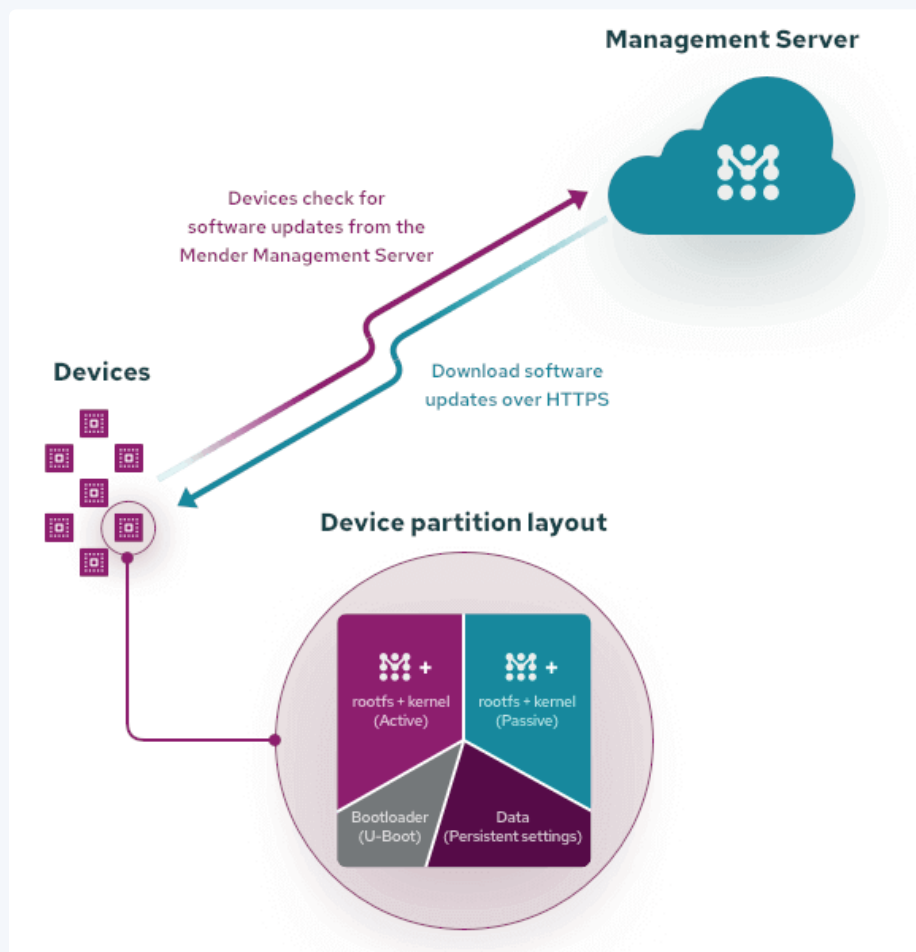


Bild 3. Der Mender-Ansatz ist für Linux-basierte IoT-Lösungen nützlich. Durch die Verwendung einer doppelten Rootfs-Partition wird ein Bricking des Geräts bei der Aktualisierung vermieden (Quelle: Mender).

rung einer virtuellen Maschine, auf der Ihre Anwendungen ausgeführt werden können (Bild 4). Ähnlich wie bei der Ausführung einer App in VirtualBox, Parallels oder VMware kann eine fehlerhafte App keine anderen Apps oder das Host-System der virtuellen Maschine zum Absturz bringen, da sie in isolierten Containern liegen. Sollte also eine einzelne App-Aktualisierung fehlschlagen, funktioniert der Rest des auf der MCU ausgeführten Codes ungehindert weiter. Derzeit wird ESP32 von Espressif unterstützt. Die Programmiersprache für Apps muss ebenfalls erlernt werden. Sie ähnelt Python, ist aber im Vergleich zu MicroPython um den Faktor 20 schneller [9].

Firmen wie Mender und Toit sind aufgrund der Probleme rund um die IoT-Sicherheit entstanden. Sicherheit ist ein außerordentlich komplexes Gebiet, und ohne entsprechendes Fachwissen kann man leicht zu der Überzeugung gelangen, dass ein verworrenes System auch sicher ist. Selbst wenn Sicherheit prinzipiell gegeben ist, muss nach dem Auffinden einer Schwachstelle umgehend das entsprechende Update bereitgestellt werden. In der Zukunft des IoT spielen die Themen Sicherheit und Aufrüstbarkeit eine große Rolle. Halbleiterhersteller wie NXP mit ihrer EdgeLock [10] Technologie und die OPTIGA [11] Lösungen von Infineon können die Verbindungen von IoT-Geräten zur Cloud schützen. Sie nützen jedoch wenig, wenn Hacker Schwachstellen in der Chip-zu-Chip-Kommunikation auf der Platine finden, die es ihnen ermöglichen, ihre eigenen Daten einzuspeisen oder kryptografische Schlüssel zu erbeuten.

Die Zukunft

Wie sieht also die Zukunft des IoT aus? Stenberg von Mender ist der Meinung, dass Linux-fähige SoCs so weit im Preis sinken könnten, dass sie sogar für preiswerte IoT-Knoten in Frage kommen. Das könnte dazu führen, dass MCU-basierte Geräte mit proprietärer Software und gegebenenfalls Echtzeit-Kernen der Vergangenheit angehören. Damit könnte es auch zu einer Standardisierung von Software und Software-Updates kommen, was die damit verbundenen Kosten für die Aktualisierung und Wartung von Gerätenetzwerken senken würde. Aber wer weiß das schon.

Sicher ist, dass die Zukunft angesichts des Innovationsgrads der Elektronikindustrie schwer vorherzusagen ist. Vielleicht wissen wir mehr, wenn wir das 70-jährige Jubiläum von Elektor feiern! ◀

210544-02

Über den Autor

Stuart Cording ist Ingenieur und Journalist. Er verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung in der Elektronikbranche. Viele seiner Elektor-Artikel können Sie unter www.elektormagazine.com/cording lesen.

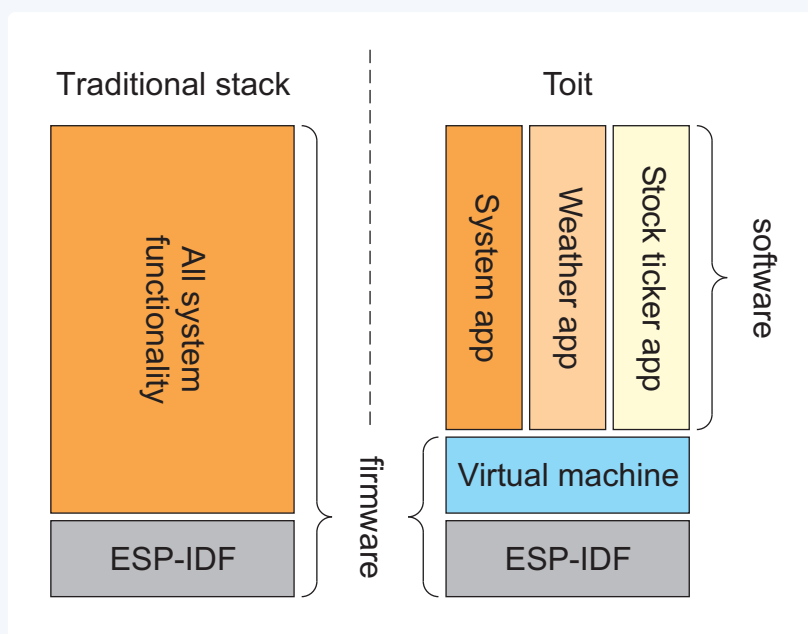


Bild 4. Bei nicht Linux-basierten IoT-Lösungen speichert die Virtualisierung von Toit auf dem ESP32 jede Anwendung in einem eigenen Container.

WEBLINKS

- [1] K. L. Lueth: „Why the Internet of Things is called Internet of Things: Definition, history, disambiguation“, IoT Analytics, Dezember 2014: <https://bit.ly/3itumdn>
- [2] J. Elder: „The internet's first thing - John Romkey's ‚smart‘ toaster“, Avast, September 2019: <https://bit.ly/39Z0LUy>
- [3] G. Press: „A Very Short History Of The Internet Of Things“, Forbes, Juni 2014: <https://bit.ly/3FdcU6G>
- [4] „GSM-Modul M1“, ComputerWoche, März 1996: <https://bit.ly/3DdjHvn>
- [5] „The Jersey Royal Company“, Digital Jersey: <https://bit.ly/3l3IDPw>
- [6] Mitschrift des IBM-Podcasts zu MQTT: <https://ibm.co/3A6wcqy>
- [7] M. Yuan: „Getting to know MQTT“, IBM, Mai 2017: <https://ibm.co/3ovhZS2>
- [8] „How it works“, Mender: <https://bit.ly/2WFd45m>
- [9] „Frequently asked questions“, Toit: <https://bit.ly/3mlAzsT>
- [10] „Secure Authentication and Anti-Counterfeit Solutions“, NXP: <https://bit.ly/3D9tqTu>
- [11] „OPTIGA™ embedded security solutions“, Infineon: <https://bit.ly/3FaBpBz>

10 Jahre

Raspberry Pi

Eben Upton über Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Raspberry Pi

Von Mathias Claußen (Elektor)

Der Einplatinen-Computer Raspberry Pi hat seit 2012 unzählige Innovationen und intelligente technische Lösungen angestoßen. Interessiert Sie, wie es damals zum Raspberry Pi kam und was als Nächstes kommen könnte? Der Gründer und CEO Eben Upton reflektiert über die Auswirkungen des Raspberry Pi und spricht über das Potenzial von Produkten wie dem Raspberry Pi Pico und dem Mikrocontroller RP2040.



Als der erste Raspberry Pi im Jahr 2012 auf den Markt kam, war er für mich eher ein Spielzeug. Doch er war preiswert, einfach zu bedienen und lief mit Linux out of the box. Diese Version wurde 2018 eingestellt, aber seit dem Erscheinen des Raspberry Pi gab es Nachfolger in Form von Modell 2B, 3B und 4B für Medien-Streaming, Transcoding, Netzwerkdienste etc. – kurz für Alles, was eine 24/7-Laufzeit bei geringem Stromverbrauch benötigte. Und die Versionen nach Raspberry Pi 1 sind mit jeder Generation leistungsfähiger geworden. Im Sommer 2021, als Redaktion und Elektor-Labor viele zu Schlüsseltechnologien recherchierte, die unsere Branche revolutioniert haben, ergab sich für mich die Gelegenheit zu einem Interview von Eben Upton, CEO und Mitbegründer von Raspberry Pi. Im Laufe dessen sprach er über viele Themen, angefangen von der Geschichte des Raspberry Pi bis hin zu den Herausforderungen, die sich aus der COVID-19-Krise ergeben.

Claußen: Herzlich willkommen, Eben, und vielen Dank für diese Gelegenheit. Ich denke, der Raspberry Pi gehört zu den wichtigsten

Technologien des letzten Jahrzehnts. Woran haben Sie gedacht, als Sie den ersten Raspberry Pi entwickelt haben?

Upton: An ein paar Dinge. Wir haben uns sehr von der 8-bit-Computerwelt der 1980er Jahre inspirieren lassen. Also von Geräten wie dem BBC Micro, dem Sinclair Spectrum und wohl auch vom Commodore C64 im weiteren Sinne. Interessant ist, dass ich damals dachte, wichtig wären hauptsächlich Computer und Software. Ich dachte nicht daran einen Zugriff für GPIOs auf das Board zu legen. Mein Mitgründer Pete Lomas hat die Hardware entwickelt und meinte, wir sollten GPIOs zur Verfügung stellen. Und genau das hatte natürlich einen großen Anteil an unserem Erfolg.

Claußen: Warum haben Sie sich für den Namen „Raspberry“ entschieden?

Upton: Ich mag Himbeeren sehr gerne. Aus manchen Früchten lässt sich kein guter Kuchen backen. Aber Raspberry Pi ist ein sinnvoller Name, da das einerseits einen guten Kuchen ergibt und da er andererseits noch nicht verwendet worden war.



Raspberry Pi (Version 2012)



Raspberry Pi 2 Model B (2015)

Claußen: Haben Sie während des Entwicklungsprozesses jemals in Erwägung gezogen, etwas anderes als das SoC von Broadcom zu verwenden?

Upton: Ich habe für Broadcom gearbeitet, also war das eine naheliegende Wahl. Ich war an der Entwicklung des Chips beteiligt, und ich war davon sehr begeistert. Ursprünglich waren wir eine Mikrocontroller-Plattform, also haben wir uns Atmels AVR-Chips angesehen, und wir hatten einen Prototypen.

Claußen: War Linux zur Zeit der Raspberry-Pi-Entwicklung die erste Wahl als Betriebssystem?

Upton: Wir hatten eine frühere Version der Plattform, die speziell zugeschnitten war. Offensichtlich kann man Linux aber nicht auf einem AVR-Chip ausführen. Wir hatten sogar ein früheres Broadcom-Design, das keinen ARM-Kern hatte, so dass wir kein Linux ausführen konnten. Folglich hatten wir einen Raspberry Pi vor Linux. Aber Linux war offensichtlich die erste Wahl, wenn man den Marktanteil, den Bekanntheitsgrad, die Anzahl der Nutzer und die Reife der Codebasis betrachtet. Es war eigentlich sogar die einzige machbare Wahl. Sobald wir einen ARM-Kern hatten, hatten wir einen Linux-kompatiblen Prozessor.

Claußen: Denken Sie, dass der Raspberry Pi zur weltweiten Verbreitung von Linux (GNU Linux) beigetragen hat?

Upton: Beide haben sich gegenseitig geholfen. Ich denke, dass Linux dem Raspberry Pi geholfen hat und dass es wirklich einfach zu verstehen ist, was der Raspberry Pi ist. Raspberry Pi ist ein Linux-PC. Es ist kein Intel Linux-PC, aber es ist ein Linux-PC - und die Leute verstehen das. Interessant ist, dass ich selbst Linux auf einem alten PC verwende. Und wenn ich heute nach einem Linux-Problem google, bekomme ich meist Antworten, die sich auf einen Raspberry Pi beziehen. An der Menge der auf den Raspberry Pi bezogenen Stack Exchange-Inhalte kann man sehen, dass er neben der Cloud und Android wahrscheinlich die dominierende Linux-Plattform geworden ist. Und das ist etwas, das wir uns damals nicht hätten vorstellen können.

Claußen: Sehen Sie durch den Raspberry Pi eine erhöhte Akzeptanz in der Industrie, Linux in ihren Geräten einzusetzen?

Upton: Ich weiß nicht, wie viel Einfluss wir darauf hatten. Sobald man eine Plattform im Embedded-Format anbietet, die nicht nur Kosten

und Energie spart, sondern auf der man auch Python oder GCC laufen lassen kann, ermöglicht man vielen professionellen Softwareingenieuren für eingebettete Systeme zu entwickeln.

Claußen: Wenn auf dem Raspberry Pi ein anderes, nicht auf Linux basierendes Betriebssystem gelaufen wäre, hätte sich Linux dann so stark verbreitet, wie es geschehen ist?

Upton: Das ist eine wirklich schwer zu beantwortende Frage, denn ich kann nicht behaupten, dass wir Linux in den Embedded-Bereich gebracht haben. Ich denke, wir haben dazu beigetragen, aber es hätte sich ohnehin sehr verbreitet. Linux nicht einzusetzen hätte uns mehr behindert, als es Linux behindert hätte.

Claußen: Aus Kostengründen wurde im ersten Raspberry Pi mit einem ARM-Core eine nicht-x86-basierte CPU verwendet. Haben Sie das als einen Schub für die ARM-Architektur und die Linux-Unterstützung für ARM-Geräte gesehen?

Upton: Ich denke, wir haben einen sehr wesentlichen Beitrag geleistet, indem wir den Leuten immer wieder erzählt haben, dass ARM eine echte Architektur für einen PC ist. Das war sie nicht, als wir damit anfangen, aber jetzt ist sie es natürlich. Letztes Jahr ist etwas Interessantes passiert, als wir den Raspberry Pi 400 auf den Markt gebracht haben und eine Woche später Apple die M1-basierten Macs und MacBooks vorgestellt hat. Es ist schön zu behaupten, dass ARM seit etwa einem Jahrzehnt eine gute PC-Architektur ist, dann ein Produkt auf den Markt zu bringen und diese Überzeugung eine Woche später von einem der größten Computerunternehmen der Welt (in Form des ARM-basierten M1-Chips) bestätigt zu bekommen.

Claußen: Als der Raspberry Pi entwickelt wurde, war er auf den Bereich Bildung hin orientiert. Wann haben Sie bemerkt, dass er zunehmend auch in der Industrie eingesetzt wurde? Und ab wann wurde er von Ingenieuren für eingebettete Systeme genutzt?

Upton: Nun, im ersten Jahr wurde er nicht wirklich von Studenten genutzt. Es wurde von Erwachsenen genutzt, von Leuten wie uns, die bereits über Wissen in diesem Bereich verfügen. bereits früh zeigte sich eine industrielle Anwendung. Wir sahen 2013, dass es ein großes Interesse daran gab. Die breite Akzeptanz in der Industrie (bei Automatisierung und Steuerungen) kam dann ab 2014. Damals brachten wir



Raspberry Pi 3 Modell B (2016)



Raspberry Pi 3 Model B+ (2018)

die SO-DIMM-Plattform Compute Module 1 heraus. Außerdem kamen auch der Raspberry 1 B+ und A+ auf den Markt, die ersten „modernen“ Raspberry-Pi-Modelle.

Claußen: Konzentrierten Sie sich beim Raspberry Pi Pico auf den Bildungsbereich oder eher auf die industrielle Nutzung?

Upton: Eigentlich ein bisschen von beidem. Der Raspberry Pi war für Anfänger im Bildungsbereich eher zu leistungsfähig und bot zu viel Flexibilität. Der Pico hingegen ist sehr einfach. Man schließt ihn an den PC an und er hat eine LED, die man blinken lassen kann. Der Schwerpunkt lag dann doch auf der Bildung, und die Stiftung hat viel gute Arbeit geleistet, indem sie Lehrmaterial zur Verfügung gestellt hat.

Natürlich gibt es auch ein Interesse der Industrie, gerade weil der Pico von uns stammt. Wir machen die Chips für den breiten Markt verfügbar, so dass man auch einzelne Chips bekommen kann. Wir forcieren den Markteintritt nicht, aber der RP2040 wird wahrscheinlich eher als einzelner Chip als über die Pico-Boards in der Industrie verwendet.

Claußen: Sie haben sich beim Raspberry Pi und dem Raspberry Pi Pico für die ARM-Architektur entschieden. Aber vor zwei Jahren wurde die Raspberry Pi Foundation auch Mitglied der RISC-V Foundation. Warum eigentlich?

Upton: Wir sind Mitglied der RISC-V Foundation, doch wir sind dort vor allem unterstützend tätig. Es wird lange dauern, bis RISC-V eine Wirkung zeigt. Es reicht nicht aus, nur die Architektur zu bauen und die ISA zu haben. Man muss auch lizenzierbare, qualitativ hochwertige Kerne in einem sehr großen Leistungsspektrum haben.

Wenn man sich ARM anschaut, reichen deren Kerne vom M0+, der im Grunde die gleiche Größe wie beim Pico hat - und der so ziemlich die gleiche Größe hat wie der ursprüngliche ARM 1 aus den 1980er Jahren - bis zum Cortex 710 und Cortex X2, die durchaus in den Intel-Leistungsbereich reichen. Es gibt Kerne von ARM, die den gesamten Bereich zwischen diesen beiden Endpunkten abdecken. ARM ist also ein sehr ausgereiftes Ökosystem auf der Hardwareseite, und es ist ein sehr ausgereiftes System auf der Softwareseite.

Warum sind wir Mitglieder der RISC-V-Stiftung? Ich denke, dass RISC-V eine Chance bei Mikrocontrollern hat. Wir glauben zu wissen, was für einen Erfolg nötig ist. Wir wollten unsere Vorstellungen in den RISC-V-Standardisierungsprozess einzubringen. Es geht also nicht darum, nur einen RISC-V-basierten Raspberry Pi oder einen

RISC-V-basierten RP2040 oder Pico zu bauen. Es geht um eine sehr, sehr langfristige Investition. Es gibt dort großartige Leute und es passieren großartige Dinge. Aber es wird Zeit brauchen.

Claußen: Während wir uns im Juli 2021 unterhalten, gibt es Gerüchte über ein neues Raspberry Pi 4 A-Modell. Aber bei den derzeitigen Engpässen ist es doch fast unmöglich, Neues zu bauen.

Upton: Keine neuen Produkte. Ich wurde in einem Interview gefragt, wie ein Raspberry Pi 4 A aussehen würde. Und im Grunde habe ich das gesagt, was Sie gerade gesagt haben: Jetzt ist nicht der Zeitpunkt für neue Produkte. Die Herausforderung beim Bau eines 4A besteht darin, dass es schwer ist, ihn für 25 \$ herzustellen. Man müsste fast 8 \$ einsparen. Aber ich kann vielleicht nur 5 \$ einsparen. Wir werden in den nächsten 12 Monaten keinen 4 A auf den Markt bringen.

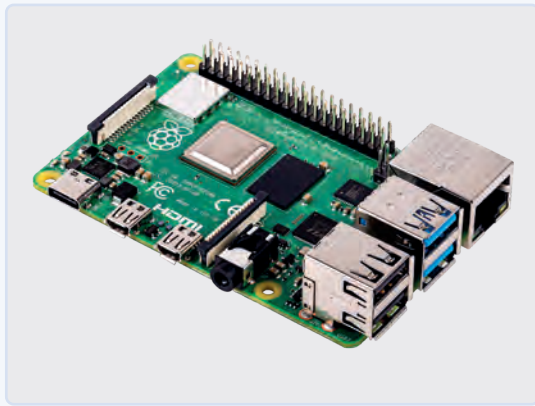
Claußen: Haben Sie jemals darüber nachgedacht, einen grünen, nachhaltigeren Raspberry Pi zu bauen?

Upton: Interessante Frage. Eigentlich haben wir ohnehin eine gute Umweltbilanz, weil wir kleine Dinge herstellen. Wir versuchen immer, es besser zu machen. Unser Augenmerk liegt immer auf dem Stromverbrauch. Als der Raspberry Pi 4 auf den Markt kam, hatte er einen ziemlich hohen Stromverbrauch im Leerlauf. Er verbrauchte dabei bis zu 3 W. Ein moderner Software-Stack und einige kleine Hardware-Optimierungen führten zu einem Verbrauch von unter 2 W. Wenn wir eine Million Raspberry Pis verkaufen, entspricht das einem Megawatt. Wir haben sehr viel mehr als eine Million Raspberry Pi 4 verkauft, und die sind wahrscheinlich größtenteils im Leerlauf, wie alle Computer. Der Raspberry Pi 4 spart wahrscheinlich gut ein Megawatt an Energie, und wir werden das fortsetzen. Schon jetzt suchen wir nach Energieoptimierungen für den Raspberry Pi 3B+.

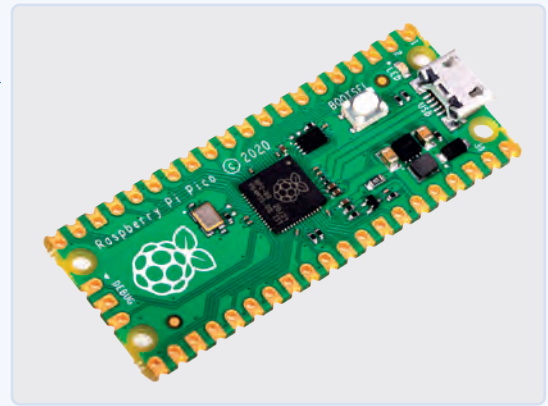
Es gibt eine große Frage zur Kreislaufwirtschaft. Wir könnten darüber übersprechen, wie man elektronische Bauteile effektiv recycelt - und niemand hat eine großartige Lösung dafür. Dinge wie Platinen sind wirklich schwer zu recyceln, weil sie Glasfasern enthalten, und das ist eine furchtbare Sache beim Recycling.

Claußen: Wie sind Sie angesichts von COVID-19 und der aktuellen Chip-Knappheit mit den Problemen in der Lieferkette umgegangen?

Upton: Wir haben viel Unterstützung von unseren Zulieferern erhalten. Sie verstehen, dass wir ein langfristiger Partner sein wollen. Wenn sie uns gegenüber loyal sind, werden wir ihnen gegenüber loyal sein.



Raspberry Pi 4 Model B (2019)



Das Raspberry Pi Pico Board mit der RP2040 MCU.

Außerdem ist das Jahr des Pico großartig, um Lieferant zu werden. Dieses Jahr ist ideal für eine „fabless semiconductor company“. Wir haben eine Menge RP2040s ausgeliefert. Es gibt viele kleine und junge Unternehmen, für die dieses Jahr eine Katastrophe war. Die meisten von ihnen kaufen ihre Chips in kleinen Mengen, just in time, von Großhändlern. Und plötzlich gab es keine Chips mehr. Manche Chips sind erst wieder ab 2023 erhältlich. Das ist die aktuelle Situation. Damit kann man sein Geschäft nicht am Laufen halten. Das Schöne am RP2040 ist, dass wir einigen dieser Unternehmen helfen können, wenn ihnen lediglich eine MCU fehlt. STM32-Varianten kann man bis 2023 nicht kaufen, aber einen RP2040 kann man schon morgen kaufen. Wer nur etwa 100, 200 oder 1000 Stück braucht, um zu überleben, für den haben wir genug Chips. Wir haben zwar nicht unbegrenzt Chips zur Verfügung, aber genug, um kleine Firmen am Leben zu erhalten. Und im vierten Quartal werde ich in der Lage sein, Millionen von RP2040 anzubieten. Das ist wirklich befriedigend, denn viele dieser Start-ups werden von Einzelpersonen, jungen Teams betrieben. Und es tut wirklich gut, etwas für diese Leute tun zu können.

Claußen: Da künstliche Intelligenz immer wichtiger wird: Wie wird sich der Raspberry Pi bezüglich Software und vielleicht sogar Hardware in diese Richtung bewegen?

Upton: Ich denke, es gibt zwei Dinge, über die man sprechen sollte. Zum einen ist die Bereitstellung leistungsstarker Universal-CPU-Cores eine gute Basis für KI, wenn man kein riesiges Modell ausführen und keine Inferenz mit geringer Latenzzeit durchführen möchte. Wenn man ein paar Sekunden warten kann, um Inferenzergebnisse zu erhalten - und wenn der Energieverbrauch pro Operation nicht im Vordergrund steht. KI läuft schon vielfach auf dem Raspberry Pi 4 und das lediglich auf den Cortex-A72-Cores.

Wo bringt verbesserte Hardware etwas? Man bekommt damit einen höheren durchschnittlichen Durchsatz, was für große Modelle nützlich ist. Oder man kann ein kleineres Modell schneller ausführen. Außerdem verbraucht sie weniger Energie pro Inferenz.

Werden wir jemals KI einsetzen? Ich befürchte, dass ein sinnvoller Beschleuniger viel Siliziumfläche benötigt. Und wenn man darauf meine Flächenkostenmatrix darauf anwendet, erhält man etwas, das mindestens 10 € kostet. Wenn man das in das SoC integriert, wird die Hauptplattform um viele Zehn-Cent-Stücke teurer. Wir neigen dazu, hier keine Dinge hinzuzufügen, die zehn Cent kosten, weil im Budget kein Platz dafür ist.

Claußen: Der Raspberry Pi wurde offiziell am 29. Februar 2012 vorgestellt. Gibt es Pläne für das zehnjährige Jubiläum?

Upton: Im Jahr 2022 gibt es ein Problem. Nächstes Jahr gibt es keinen 29. Februar. Wir werden den offiziellen Jahrestag wohl am 28. Februar 2022 feiern. Im Jahr 2012 war es der 29. Februar, und wir wollten auf der Embedded World in Deutschland starten. Es war also nicht beabsichtigt, aber wir sind an einem Schalttag gestartet.

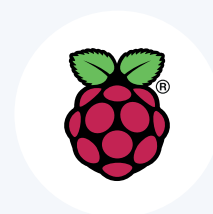
Claußen: Wenn es eine Chance gibt, dass wir zu Ihrem 10-jährigen Jubiläum etwas Neues sehen werden, was könnte das sein?

Upton: Ich würde gerne einen Raspberry Pi 5 machen, verstehen Sie mich nicht falsch, aber es wird kein Raspberry Pi 5 kommen. Ein Raspberry Pi 5 wäre großartig, aber der Raspberry Pi 4 hat als Plattform Bestand. Es wird eine sehr langlebige Plattform sein. Außerdem es ist eigentlich eine gute Sache, eine Plattform wie den Raspberry Pi 4 für längere Zeit zu haben, weil man so wirklich investieren kann. Ein Raspberry Pi 5 wird es 2022 nicht geben. Prinzipiell wäre das zwar schön, aber es ist ein Zeichen für unsere Reife als Unternehmen, dass wir ein solches Produkt nicht überstürzt auf den Markt bringen würden, selbst wenn wir es könnten. ◀

210464-02

Über den Autor

Mathias Claußen ist Ingenieur und technischer Redakteur bei Elektor. Sie können viele seiner Artikel auf www.elektormagazine.de lesen und ihm auf Twitter unter <https://twitter.com/ElektorMathias> folgen.



Der Elektor Store

Nie teuer, immer überraschend!

Der Elektor Store hat sich vom Community-Store für Elektor-eigene Produkte wie Bücher, Zeitschriften, Bausätze und Module zu einem umfassenden Webshop entwickelt, der einen großen Wert auf überraschende Elektronik legt. Wir bieten die Produkte an, von denen wir selbst

begeistert sind oder die wir einfach ausprobieren wollen. Wenn Sie einen Produktvorschlag haben, sind wir hier erreichbar (sale@elektor.com).

Unsere Bedingungen:

Nie teuer, immer überraschend!

Elektor 2 MHz LCR-Meter Kit



Preis: 799,00 €

Mitgliederpreis: 719,10 €

 www.elektor.de/19883

Anycubic Photon Mono X – UV Resin SLA 3D-Drucker

Preis: 589,00 €

Mitgliederpreis: 530,10 €

 www.elektor.de/19831





productronica 2021 SPECIAL

Im Vorfeld der Messe *productronica* 2021 (16. bis 19. November 2021) fragen wir uns alle, welche neuen Innovationen im Bereich der Elektronikentwicklung und -produktion die Branche umkrempeln werden?

Wie wirken sich Herausforderungen wie COVID-19 und die weltweite Chip-Knappheit auf den Hightech-Sektor aus, wenn wir auf das Jahr 2022 blicken? Die Artikel und Analysen in diesem Abschnitt bieten Ihnen Ansatzpunkte für die Diskussion.

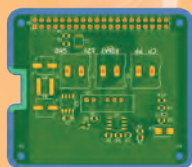
Elektronikfertigung
vereinfacht

97



Leistungsumwandlung
und die häufigsten
Topologien

104



- > Warten auf Chips
Die Krise geht weiter
- > productronica 2021
und die Zukunft der
Elektronik-Fertigung
- > Infografiken:
Chip-Krise in Zahlen

Und vieles mehr!

Warten auf Chips

Die Krise geht weiter

A photograph of empty supermarket shelves, illustrating the 'Out of Stock' situation. A brown paper sign with the words 'Out of Stock' written in black marker is taped to the right side of the shelves. The shelves are empty, and the perspective leads the eye down a long aisle.

Out of
Stock

Von Stuart Cording (Elektor)

Die Beschränkungen, die zur Verringerung der Auswirkungen des Coronavirus eingeführt wurden, haben in der gesamten Elektronikindustrie ihren Tribut gefordert. Als wir uns damit abgefunden hatten, von zu Hause aus zu arbeiten und Projekte und Teams per Videoanruf zu leiten, stand die nächste Herausforderung an: Nachdem wir neue Produkte sorgfältig entworfen, getestet und qualifiziert hatten, mussten wir feststellen, dass die ausgewählten Chips nicht mehr geliefert werden konnten. Zwar sind Lieferkettenprobleme in der Elektronikindustrie nichts Neues [1], aber noch nie waren alle Bereiche gleichzeitig betroffen. Um zu verstehen, warum wir uns in dieser Situation befinden, müssen wir wissen, wie die Halbleiterindustrie funktioniert.

Halbleiter sind ein teures Geschäft. Sie erfordern beträchtliche personelle Ressourcen für die Entwicklung und Validierung eines Chips, verbunden mit hohen finanziellen Aufwendungen, um das Gerät durch die Prototyping-Phase zu bringen. Nach Fertigstellung des Entwurfs kann der Herstellungsprozess beginnen, der bis zu sechs Monate dauern kann. Die getesteten Chips werden dann in die ausgewählten Gehäuse eingebaut. Nach einem abschließenden Test gelangen sie in die Logistikkette. Einige werden direkt an Kunden und Hersteller zur Integration in deren Produkte versandt, während der Rest von Vertriebshändlern abgewickelt wird, die diejenigen Kunden bedienen, die nicht groß genug sind, um direkt zu kaufen.

Das mooresche Gesetz ist teuer

Wie in vielen anderen Branchen gilt auch hier: Nur weil man etwas entwickelt, heißt das noch lange nicht, dass man es auch herstellt. Auf der endlosen Jagd nach der Erfüllung des mooreschen Gesetzes sind die Kosten für den Bau von Fertigungsanlagen so immens geworden, dass einzelne Halbleiterhersteller die Rechnung selten allein bezahlen können. In einem kürzlich im Wall Street Journal (WSJ) erschienenen Interview mit *GlobalFoundries Inc.*, einem Anbieter von Fertigungsdienstleistungen für die Halbleiterindustrie, wurde festgestellt, dass die Investitionen in eine neue Anlage derzeit zwischen 7 und 15 Milliarden US-Dollar liegen [1]. Die lithografischen Anlagen (**Bild 1**), mit denen die Muster der Transistoren und Leiterbahnen auf den Chip aufgebracht werden, kosten zwischen 25 und 150 Millionen US-Dollar pro Einheit. Weitere Investitionen sind für die Reinraumtechnologie erforderlich, um eine Umgebung der Klassen 1 bis 10 zu erreichen [2]. Diese unabhängigen Betriebe zur Halbleiterfertigung (Foundries) tätigen die notwendigen Investitionen in diese fortschrittlichen Fertigungstechnologien, so dass ein breites Spektrum von Anbietern darauf zugreifen kann, ohne die Risiken eingehen zu müssen, die mit dem Besitz der Anlage und der Gewährleistung ihrer vollen Auslastung verbunden sind. Die Montage und die abschließenden Tests werden traditionell in Ländern durchgeführt, in denen die Kosten dafür



Bild 1: Montage von EUV-Lithografieanlagen, die die Massenproduktion der neuesten 7- und 5-nm-Knoten ermöglichen. (Quelle: ASML Holding N.V.)

am günstigsten sind. Auch hier verlassen sich die Chiphersteller in hohem Maße auf Auftragsfertigungen, deren Auftragsvolumen dazu beiträgt, die Kosten niedrig zu halten. In dieser Phase des Herstellungsprozesses sind die Reinraum-Anforderungen vor der Verkapselung nicht so streng wie bei der Waferherstellung, und die Schritte nach der Verkapselung sind noch weniger streng. Trotzdem kostet die Investition in zusätzliche Kapazitäten zwischen 200 und 500 Millionen Dollar für eine neue Anlage. Daher werden zusätzliche Fertigungskapazitäten nur dann geschaffen, wenn eine sorgfältige Analyse der Markttrends ergibt, dass eine Erweiterung sinnvoll ist. Die Inbetriebnahme von Fertigungskapazitäten kann von der Investitionsentscheidung bis zum ersten Produkt, das die Fabrik verlässt, zwei Jahre in Anspruch nehmen. Und wenn diese Anlagen einmal in Betrieb sind, sollen sie voll ausgelastet sein.

Warum die Krise in der Automobilindustrie vorhersehbar war

Mit einer Reihe von Beschränkungen zur Verlangsamung der Ausbreitung des Coronavirus wurde die Automobilherstellung genauso hart getroffen, wie jede andere Branche. Als die Fließbänder stillgelegt wurden, kamen auch die sorgfältig verwalteten Just-in-Time-Logistikketten (JIT [3]) zum

Erliegen. Damit wurden auch die Bestellungen für die Tausenden von Halbleitern, die von dieser heiklen Branche verbraucht werden, storniert. Um zu verstehen, wie sich die Krise in der Automobilindustrie auswirkt, muss man die besonderen Anforderungen verstehen, die sie an die Halbleiterhersteller stellt. Das erste Element liegt in den Produkten selbst. Während Consumer-Bauteile wie EEPROMs und Mikrocontroller die Grundlage für die in Fahrzeugen verwendeten Versionen bilden können, unterscheiden sich die Herstellungsprozesse zur Erfüllung der hohen Qualitäts- und Zuverlässigkeits-Anforderungen der Automobilindustrie erheblich voneinander. Das bedeutet, dass es im Falle eines Engpasses in der Regel keine Abkürzung gibt, um die Lücke zu schließen, indem man beispielsweise einfach strengere Tests mit den verfügbaren Teilen in Verbraucherqualität durchführt. Einige Teile für die Automobilindustrie werden mit älteren, aber ausgereifteren Verfahren hergestellt, während andere speziell für eine einzige Anwendung und einen einzigen Lieferanten (ASICs) entwickelt werden. Das nächste Element ist JIT. Während die Zulieferer einiger Automobilprodukte Teile wie Türen, Sitze oder Fenster innerhalb eines Zeitintervalls von vier Stunden zu hunderten liefern können, so dass keine Lagerbestände



Bild 2: Die industriellen Parkplätze sind voll mit unvollständigen Neufahrzeugen, die auf komplexe elektronische Systeme warten. (Quelle: Shutterstock)

gehalten werden müssen, funktioniert dies bei Halbleitern nicht. SPI-EEPROMs zum Beispiel sind auf Rollen mit bis zu 15 000 Stück erhältlich. Bei den ausgehandelten Preisen unter einem Dollar ist es nicht möglich, sie mehrmals am Tag in mehreren hundert Stück zu liefern. Stattdessen werden die Rollen solcher Teile in einem Lager vor Ort in Kommission gehalten. Die Ware gehört so lange dem Halbleiterhersteller, bis sie vom Kunden verwendet wird, wodurch das doppelte Ziel der Verringerung des finanziellen Risikos (Bezahlung bei Verwendung) und der Gewährleistung einer Lieferzeit von Null erfüllt wird. Während das JIT-Verfahren, das von der *Toyota Motor Corporation* in den 1970er Jahren entwickelt und über zwanzig Jahre lang verfeinert wurde, eine außergewöhnliche steuerliche Effizienz und weniger Verschwendung ermöglicht, zeigen sich jedoch Probleme, wenn die Lieferkette unterbrochen wird. Um die damit verbundenen Risiken zu vermeiden, hat Toyotas größter Zulieferer, die *Denso Corp.*, ihren Lagerbestand von 38 Tagen im Jahr 2011 auf 50 Tage im Jahr 2020 erhöht [4].

Nur noch halb so viele Fahrzeuge

Zur gleichen Zeit, als die Automobilindustrie ihre Aufträge stornierte, waren Millionen von Bürgern gezwungen, zu Hause zu arbeiten oder zu lernen. Dies führte zu einem sprunghaften Anstieg der Nachfrage im Verbrauchersegment, da nun zahlreiche Laptops, Tablets, Smartphones, Webcams und Monitore bestellt wurden, um Heimarbeitsplätze zu schaffen und Kinder beim Online-Lernen zu unterstützen. In einem Interview gibt *GlobalFoundries* an, dass die Produktion von 600.000 Wafern pro Jahr auf 720.000 im Jahr 2020 gestiegen ist. Anlagen, die zuvor stillstanden, wurden in Betrieb genommen, um der gesteigerten Nachfrage zu begegnen. Als die Automobilindustrie ihre Aufträge wieder aufnahm, waren alle Halbleiter-Produktionsanlagen für die absehbare Zukunft daher bereits ausgelastet.

Ohne Halbleiter können Autos und andere Fahrzeuge aber nicht gebaut werden. Infolgedessen stehen einige Autos halbfertig auf riesigen Industrie-Parkplätzen (**Bild 2**) und warten auf die Fertigstellung ihrer elektronischen Systeme [5]. Ein weiterer

Teil der Fahrzeuge wiederum wurde ohne bestimmte Merkmale fertiggestellt, um überhaupt etwas anbieten und liefern zu können. Die Autovermieter halten ihre Bestände länger als üblich aufrecht, da es keine Ersatzfahrzeuge gibt, und die Preise für gebrauchte Autos und Lieferwagen erheblich gestiegen sind [4].

Außerhalb der Automobilbranche

Auch in anderen Branchen sieht die Situation ebenso schlecht aus. Die *Actron AG*, ein Hersteller und Anbieter von Display-Lösungen, bekam die Auswirkungen der Chip-Krise erstmals Mitte 2020 zu spüren (**Bild 3**). Alles schien betroffen zu sein, von Chip-on-Glass (COG)-Controllern über Touch-Interface-Geräte bis hin zu Mikrocontrollern. Während die Halbleiterlieferanten ihre Kunden über die sich verlängernden Vorlaufzeiten umgehend informierten, kam es in anderen Bereichen auch zu ungeplanten Produktabkündigungen und Lieferengpässen. Die Schuld für die Lieferschwierigkeiten bei Displays ist jedoch nur teilweise auf die Halbleiterknappheit zurückzuführen. Aufgrund der gestiegenen Nachfrage

sind Aktiv-Matrix-Displays besonders schwer zu beschaffen. Das Team informiert seine Kunden regelmäßig über Lieferzeiten und Preisänderungen, um ihnen die Planung zu erleichtern [6]. „Wir stehen mehrmals täglich in engem Kontakt mit unseren Lieferanten und in vielen Fällen auch mit deren Unterlieferanten, um einen Einblick in die Lieferkette zu erhalten“, erklärt Achim Döbler, Product Development Manager bei der Actron AG. „Ohne die intensive Mitarbeit unserer Kunden wären unsere Maßnahmen wirkungslos.“

Wie viele andere Unternehmen auch, ist das Team an bestimmte Halbleiterprodukte gebunden. Im besten Fall kann ein IC geändert werden, aber der Aufwand für die Entwicklungsabteilung ist erheblich und geht zu Lasten der Entwicklung neuer Produkte.

Klare Zukunftsprognosen sind wichtig

Ein Großteil des Halbleitervertriebs besteht darin, die mit den Aufträgen gelieferten Zahlen zu festigen, um Prognosen zu erstellen. Angesichts der langen Fertigungszeiten stehen die Verkaufsteams in ständiger Kommunikation mit ihren Kunden. Dabei wird überprüft, ob die Projekte, die vielleicht ein Jahr oder länger zuvor geplant wurden, tatsächlich wie vorgesehen in Produktion gehen, und das Auftragsvolumen spielt natürlich auch eine wichtige Rolle. In der Zeit seit Beginn eines Projekts kann ein Hersteller für sein Produkt daher sowohl Kunden gewinnen als auch verlieren. In der Automobilindustrie kann ein einzelnes Gerät, zum Beispiel ein System-basischip [7] (SBC), in mehreren Projekten an einem oder mehreren Standorten weltweit eingesetzt werden, was die Prognosen weiter erschwert.

Prognosen sind ein wesentliches Element der Halbleiterindustrie, da die Kapazitäten feststehen und die Fertigungsprozesse unflexibel sind. Die Verlagerung eines integrierten Schaltkreises (IC) von einem Produktionsstandort zu einem anderen ist mit monatelanger technischer Arbeit zur Optimierung des Prozesses verbunden. Es ist nicht ungewöhnlich, dass solche Transfers abgebrochen werden, weil die angestrebten Erträge, die das Produkt finanziell rentabel machen, nicht erreicht werden können.

Montage und Verpackung befinden sich in einer ähnlichen Situation. In einem Interview mit Asif Chowdhury von UTAC erfahren wir, dass die Kapazitätsplanung und die Beseitigung von Engpässen täglich mit den Kunden diskutiert wird (**Bild 4**). Als Anbieter von Montage- und Testdienstleistungen sieht UTAC derzeit die größten Probleme bei den analogen 200-mm-Wafertechnologien und weniger bei den fortschrittlichen digitalen Produkten. Außerdem gibt es einen Mangel an Standardgehäusen wie QFN und SOIC. Leadframes, der Metallteil des ICs, der die elektrische Verbindung zum Chip herstellt, sind mit einer Vorlaufzeit von vier bis 16 Wochen erhältlich, und die Preise steigen ebenfalls. Einige Lieferanten lehnen neue Aufträge einfach ab.

Wenn die derzeitige Nachfrage anhält, sind Investitionen in neue Anlagen erforderlich. Aufgrund der derzeitigen Vorlaufzeiten für Maschinen würde es jedoch zwischen vier und acht Monaten dauern, die benötigten Testgeräte zu beschaffen. Es gäbe noch viel mehr Fragen, die wir Asif Chowdhury gerne stellen würden, aber die Zeit für unser Interview war begrenzt - sein nächstes Treffen ist mit einem Kunden aus der Automobilindustrie.

Zukunftsprognosen scheinen derzeit in der gesamten Halbleiterindustrie im Mittelpunkt zu stehen, und das nicht zum ersten Mal. Steve Sanghi von *Microchip Technology* schreibt bei solchen Marktschwankungen regelmäßig offene Briefe an seine

Kunden, in denen er die Gründe für einen besseren Einblick in den Auftragsbestand seiner Kunden erläutert. In den letzten Monaten war das nicht anders [8]. Diese Bitten können als Aufforderung zu mehr Offenheit, vielleicht sogar Loyalität, interpretiert werden, um sicherzustellen, dass das begrenzte Angebot so weit wie möglich auf die tatsächliche Nachfrage abgestimmt werden kann. Diese Loyalität wird in Form eines ununterbrochenen, unkündbaren und unaufschiebbaren Lieferrückstands von 12 Monaten in Form eines Programms für bevorzugte Lieferanten gefordert.

In einem Interview mit CNBC [9] erklärte Reinhard Ploss von *Infineon Technologies*, ein weiterer Branchenveteran, dass er die Branche in ihrer jetzigen Form in ähnlicher Weise beim Handy-Boom um die Jahrhundertwende erlebt habe. Auch sein Unternehmen sei voll ausgelastet, was auf eine Kombination aus Aufträgen zum Ausgleich von Stornierungen zu Beginn des Jahres und dem Wachstum in neuen Märkten zurückzuführen ist, das durch die Einführung von 5G, mmWave und den Übergang zu Elektrofahrzeugen befeuert wird. Obwohl die Branche seit Menschengedenken mindestens einmal von Engpässen betroffen war, herrscht immer noch die altgewohnte Untätigkeit. Die Händler nutzen derzeit ihre einzigartige Position, um ihre Lagerbestände aufzustocken und so ihre vielen Tausend Kunden zu unterstützen. „Wir arbeiten noch enger



Bild 3: Der Mangel an Mikrocontrollern, Chip-on-Glass und Touch-Controllern hat Auswirkungen auf die Display-Industrie. (Quelle: Actron AG)

mit unseren Lieferanten zusammen, um die Lieferungen zu prognostizieren, zu planen und zu koordinieren“, so Chris Beeson, Group Senior VP bei Electrocomponents, „obwohl wir wissen, dass wir auf Spitzen und nachfolgende Talsohlen achten müssen, wenn die Nachfrage zurückgeht, während das Angebot ansteigt.“ Die Conrad Electronic Group unterstreicht auch den Wert enger Lieferantenbeziehungen mit ihrem Expertenteam, das daran arbeitet, die von ihren Kunden nachgefragten Artikel zu finden. „Dass wir limitierte Ware oft bevorzugt bekommen, verdanken wir nicht nur unseren guten Kontakten, sondern vor allem den langjährig gewachsenen, vertrauensvollen Geschäftsbeziehungen zu unseren Lieferanten“, sagt Ralf Bühler, CEO (**Bild 5**).

Und nun?

Angesichts der Turbulenzen auf dem Markt ist jeder auf der Suche nach ICs. Twitter bietet einen reichen Fundus an Geschichten von Menschen, die auf der Suche nach Bauteilen sind und von immer längeren und absurderen Lieferzeiten zu berichten wissen. Der graue Markt kann helfen, ist aber auch riskant [11]. Diejenigen, die Teile aus dieser Quelle verwenden, sind nicht durch die Garantie des Original-



Bild 4: Asif Chowdhury von UTAC sieht die größten Probleme bei der Montage von 200-mm-Analog-Wafer-Technologien und QFN- und SOIC-Gehäusen. (Quelle: UTAC)

herstellers abgedeckt, und es gibt keine Möglichkeit, festzustellen, ob die Komponenten voll funktionsfähig sind - manchmal entpuppen sie sich sogar als Fälschungen. Ein Twitter-Nutzer erhielt korrekt gekennzeichnete Teile, die funktionstüchtiges, aber leicht verändertes Silizium enthielten [12]. Es gibt auch Geschichten von Leuten, die Komponenten für PCs schmuggeln [13]. In der Öffentlichkeit haben verschiedene Branchen erklärt, dass sich die Situation eher verschlechtern als verbessern wird und die „Normalität“ wahrscheinlich nicht vor 2023 eintreten wird. Die Notwendigkeit, in mehr Kapazitäten zu investieren, scheint bei den Verantwortlichen angekommen zu sein. Die Europäische Union und die Vereinigten Staaten haben ebenfalls Inves-



Bild 5: Ralf Bühler, CEO der Conrad Electronic Group, betont die Bedeutung enger Lieferantenbeziehungen in solchen Krisen. (Quelle: Conrad Electronic Gruppe)

titionen in Halbleiter für die kommenden Jahre angekündigt, und TSMC, ein weiterer Auftragsfertiger, plant, in den nächsten drei Jahren 100 Milliarden Dollar auszugeben [14]. Die einzige kurzfristige Lösung besteht offensichtlich darin, die Probleme in der Lieferkette weiter zu entschärfen, engere Beziehungen zu den Zulieferern aufzubauen und Prognosen so genau wie möglich zu teilen. ◀

210474-02

Über den Autor

Stuart Cording ist Ingenieur und Journalist mit mehr als 25 Jahren Erfahrung in der Elektronikindustrie. Sie können viele seiner Elektor-Artikel lesen unter www.elektormagazine.com/cording.

WEBLINKS

- [1] S. Cording, „Industry and Community Respond to Coronavirus“, Elektor, June 2020: <https://bit.ly/3AvgxBS>
- [2] C. Tai, „Why the Global Chip Shortage Is Hard to Overcome“, Wall Street Journal, June 2021: <https://bit.ly/3xz1ogY>
- [3] „Cleanrooms“, EESemi.com: <https://bit.ly/2VLsTq4>
- [4] C. Banton, „Just in Time (JIT)“, Investopedia, April 2021: <https://bit.ly/3AoWeWo>
- [5] V. Keckarovska, „Automotive Industry Shifts from JIT Manufacturing Due to Semi-Conductor Shortage“, Transport Intelligence, May 2021: <https://bit.ly/3CAsyTt>
- [6] J. L. Lareau, „Everything You Need to Know About the Chip Shortage That's Plaguing Automakers“, Detroit Free Press, June 2021: <https://bit.ly/2VH47le>
- [7] „Aktuelle Preis- und Liefersituation“, Actron AG, July 2021: <https://bit.ly/3izXqjJ>
- [8] „System Basis Chip“, Wikipedia: <https://bit.ly/3IM84Gh>
- [9] S. Sanghi and G. Moorthy, „A Message From Our Leadership Regarding Capacity and Supply“, Microchip Technology, February 2021: <https://bit.ly/3Aw1R5c>
- [10] S. Shead, „The global chip shortage could last until 2023“, CNBC, May 2021: <https://cnb.cx/2VGmhJV>
- [11] D. Leprince-Ringuet, „The global chip shortage is creating a new problem: More fake components“, ZDNet, June 2021: <https://zd.net/3jFGFTx>
- [12] FozzTexx, Tweet „Got my first batch of counterfeit chips“, July 2021: <https://bit.ly/3jFHg7J>
- [13] A. Kostovic, „Chip Shortage Leads to \$123,000 CPU Smuggling Bust in Hong Kong“, Tom's Hardware, July 2021: <https://bit.ly/2XfV0Pd>
- [14] E. Barrett, „This is how the global chip shortage will end“, Fortune, May 2021: <https://bit.ly/3s3XsUl>



Elektronikfertigung vereinfacht:

Felix Plitzko über Optimierung der Hardware- Fertigung

Von C. J. Abate (Elektor)

Die Herstellung von Elektronik ist selten simpel, besonders wenn man es mit einer globalen Krise wie COVID-19 und weltweiten Engpässen von Zulieferern zu tun hat. Glücklicherweise kann die Herstellung mit den richtigen Tools und Services vereinfacht werden. Felix Plitzko erläutert die Lösungen beim Prototyping, der Montage und der Serienfertigung von Hardware der Firma AISLER.

fen und einen Live-Überblick über das weltweite Angebot haben, konnten sich unsere Kunden darauf einstellen, indem sie uns entweder Reste aus ihren Beständen zur Verfügung stellten oder ihre Designs entsprechend anpassten. Das Schöne an der Automatisierung ist, dass wir den Kunden keine großen Mengen im Voraus kaufen müssen, sondern wir wirklich alles im Moment die Bestellung beschaffen, da wir wissen, was aktuell verfügbar ist.

Elektor: Seit unserem letzten Gespräch im Jahr 2018 [1] hat sich die Elektronikindustrie stark verändert: Die COVID-19-Krise und der weltweite Chip-Mangel sind nur zwei der großen Herausforderungen für unsere Branche. Wie geht es AISLER in diesen Tagen?

Plitzko: Uns geht es sehr gut. Am Anfang hat sich COVID-19 im Februar 2020 bemerkbar gemacht. Da alle Fabriken im Ausland länger als erwartet geschlossen waren, wurden wir mit Aufträgen regelrecht überschwemmt. Wir haben unsere Umsätze vervierfacht. Hier konnte unsere Plattform wirklich glänzen (Bild 1). Da alles

von der Auftragsannahme bis zur Fertigung in den Werkstätten unserer Partner automatisiert wurde, konnten wir unsere Produktion problemlos erhöhen. Indem wir die richtigen Dinge automatisierten und mit den richtigen lokalen Fertigungsunternehmen zusammenarbeiteten, konnten wir die extreme Nachfrage pünktlich und im Rahmen des Budgets bedienen. In diesem Jahr sind die meisten ausländischen Kunden später bei uns geblieben - das war in den Vorjahren nicht der Fall. Der Chip-Mangel hingegen betraf alle unsere Kunden. Da wir jedoch direkt auf die Bestände aller Distributoren zugrei-

Elektor: Welchen Ansatz verfolgen Sie, um das Geschäft von AISLER seit der COVID-19-Krise Anfang 2020 aufrechtzuerhalten?

Plitzko: Als sich die Notwendigkeit sozialer Distanz abzeichnete, haben wir im Handumdrehen auf Home-Office umgestellt: Wir haben buchstäblich die gesamte PC-Hardware aus den Büros geholt und sind damit zu jedem Mitarbeiter nach Hause gefahren. Allerdings mussten wir einige Anpassungen bei der Organisation unserer Geschäfts- und Softwareentwicklungsabläufe vornehmen, damit diese von überall aus erledigt werden können. Die Krise hat uns also sogar geholfen, unsere

Prozesse zu professionalisieren. Interessanterweise sind die Kunden, die wegen der Schließung ausländischer Fabriken ab Februar zu uns gekommen waren, später an Bord geblieben. Das hat uns geholfen, die Kosten zu senken und unseren Service zu verbessern. Wir sind nach wie vor der Meinung, dass eine lokale Fertigung immer schneller, der Service besser und trotzdem günstiger sein sollte als bei Lieferungen aus dem Ausland. Die Umstellung auf Home-Office hat uns dabei wirklich geholfen. Heute betreuen wir weltweit über 40.000 Ingenieure und unsere Kundenzufriedenheit war noch nie so gut wie jetzt. Was wir zu Beginn der Krise begonnen haben, zahlt sich langsam aus.

Elektor: Erzählen Sie uns etwas über Ihr derzeitiges Team. Wie viele Vollzeitmitarbeiter haben Sie? Wo sind Sie ansässig?

Plitzko: Wir haben im Moment 13 fest angestellte Mitarbeiter, Tendenz steigend. Lemiers ist ein Dorf auf der direkt angrenzenden niederländischen Seite von Aachen und immer noch unser Hauptsitz. Außerdem betreiben wir zwei Vertriebs- und Verkaufsstandorte. Einen in Aachen, der sich auf Europa konzentriert, und einen in Houston (Texas), der sich auf den US-Markt konzentriert.

Elektor: Als ich Sie 2018 interviewte, sagten Sie, das Ziel von AISLER sei, das Prototyping für Ihre Kunden „so angenehm und mühelos wie möglich“ zu machen. Ist das heute noch so, oder hat sich Ihr Auftrag geändert?

Plitzko: Wir sind immer noch bestrebt, das Prototyping so spannend und problemlos wie möglich zu gestalten, aber wir haben unsere Angebote auf Montage und Serienfertigung ausgeweitet: Hardware einfacher machen. Ein Ingenieur sollte sich auf die Innovationen des Elektronikprojekts konzentrieren, nicht auf die Fertigung. Daher investieren wir in die Entwicklung von Tools für unsere Kunden, die es ihnen ermöglichen, ihr Design so schnell wie möglich zu verbessern.

Wir wollen unsere Kunden zum Beispiel dazu anregen, einfachere Designs zu erstellen, da dies später im Fertigungsprozess viele Kosten spart. Wir haben eine Klassifizierungsmaschine entwickelt, die einen Entwurf bezüglich Komplexität analysiert und teilen den Kunden das Resultat mit. Die Kunden haben schon damit begonnen, ihre Entwürfe auf Einfachheit hin zu optimieren. Ist das Design vor der Fertigung vereinfacht, spart dies Kosten, da die Fertigung einfacher wird und teure Fallstricke in der Regel leichter vorab vermieden werden können. Wir wollen unsere Kunden

so früh wie möglich im Prozess informieren, damit sie nicht am Ende für etwas bezahlen müssen, das vielleicht gar nicht nötig gewesen wäre. Das klingt zunächst kontraintuitiv, denn wir könnten vielleicht mehr Geld verdienen, wenn die in die andere Richtung einschlagen würden, doch sollten Projekte so einfach wie möglich sein, damit sie erfolgreich sind.

Elektor: Sie haben 2018 auch erwähnt, dass Sie Prototypen in mehr als 100 Länder geliefert haben. Und Sie stellten fest, dass ein Drittel Ihrer Kunden in den Vereinigten Staaten ansässig ist. Wie sieht das heute aus?

Plitzko: Nähe ist wichtig. Dafür gibt es mehr Gründe als zuvor. Für uns ist es sehr wichtig, den CO2-Fußabdruck für den gesamten Prozess von der Produktion bis zur Logistik gering zu halten. Nähe ist auch ein direkter Vorteil für unsere Kunden, da sie den logistischen Aufwand gering hält. Verglichen mit der dreistündigen Fahrt zu unserer nächsten Partnerfabrik gibt es viel, was schief gehen kann und auch schief geht, wenn man die Waren rund um den Globus versendet. All dies führt zu einem starken, überdurchschnittlichen Wachstum, wo immer wir vor Ort sind. Aus diesem Grund planen wir, unseren Service auf noch mehr Länder in der EU auszuweiten und auch unsere Aktivitäten in den USA zu verbessern.

Elektor: Zu Ihrer Website: aisler.net. Ingenieure aus unserem Elektor-Labor haben sie ausprobiert und waren beeindruckt. Das Feedback war positiv: Die Gerber-Ausgaben von KiCad funktionierten ohne Probleme, der Blitz-Service war wirklich schnell und einfach und die Preise sind erschwinglich. An wen richten Sie sich mit Ihrem Service? Professionelle Ingenieure? Maker? Gibt es den „typischen“ AISLER-Kunden?

Plitzko: Zunächst einmal möchten wir uns bei Ihren Ingenieuren bedanken. Wir freuen uns über dieses überwältigende Feedback. Wir freuen uns (**Bild 2**) auch darüber, dass unsere Angebote in vielen Branchen genutzt werden, von Privatpersonen über öffentliche Einrichtungen bis hin zu großen Unternehmen. Will man die Elektronik-Produktion für alle zugänglich und erschwinglich zu machen, darf es keine Rolle spielen,

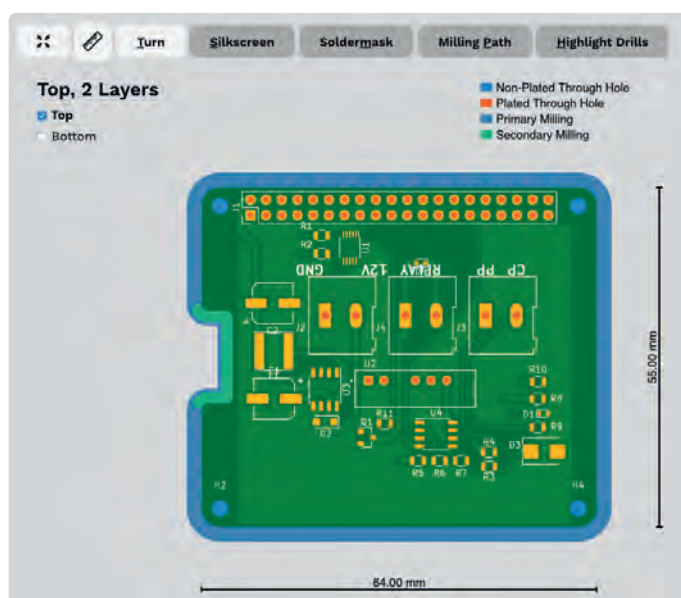


Bild 1: AISLERs Board-Viewer bietet eine übersichtliche Ansicht der Platine. Man kann Details durch Zoomen und Verschieben der Platine prüfen. Das Messen von Abständen zwischen Leiterbahnen und Pads ist einfach, ebenso wie das Prüfen von Leiterbahnabständen.



Bild 2: AISLER nutzt Twitter aktiv, um Kundenfeedback zu bekommen.

ob es sich um Unternehmen oder Privatpersonen handelt. Andere Akteure in unserer Branche beschränken ihr Angebot oft auf Unternehmen, was aus unserer Sicht diskriminierend ist. Es verhindert Innovation in der Anfangsphase, die oft im Makerspace um die Ecke stattfindet.

Aus Marketing-Perspektive wären wir froh, wenn wir einen „typischen“ AISLER-Kunden hätten, aber es gibt keinen. Wir beschreiben unsere Kunden so: „Unsere Kunden sind die Pioniere, welche die elektronischen Produkte von morgen entwickeln.“

Elektor: Wo werden die Platinen Ihrer Kunden hergestellt?

Plitzko: Wie schon gesagt versuchen wir immer, die Partner-Fabs so nah wie möglich beim Kunden zu haben. Da wir uns auf Kunden in der EU und den USA konzentrieren, werden die meisten unserer Platinen derzeit entweder in Deutschland, der Tschechischen Republik oder den Vereinigten Staaten hergestellt. Wir wollen dies auch auf andere Länder und Regionen ausdehnen.

Elektor: Erzählen Sie uns etwas über das Design und die Herstellung von Platinen im derzeitigen Umfeld. Ist es möglich, Platinen auf umweltfreundliche Weise zu entwickeln?

Plitzko: Der ökologische Fußabdruck einer Platine berührt zwei Aspekte: Produktion und Logistik. Im Falle von Kleinserien mit schnellen Lieferzeiten ist die Logistik der relevante Punkt. Wenn Sie in den USA

ansässig sind und Platinen aus Europa oder dem Fernen Osten bestellen, gibt es ein großes Umweltproblem. Im Gegensatz zu anderen, per Seefracht verschickten Standardprodukten, werden Ihre maßgefertigten Platinen auf dem Luftweg transportiert. Der CO₂-Fußabdruck von Luftfracht im Vergleich zu Seefracht beträgt etwa das 50-fache. Multiplizieren Sie dies mit der Entfernung, und Sie werden feststellen, dass der CO₂-Fußabdruck einer lokal produzierten Platine nur 1 % von Produktion inklusive Versand aus Übersee beträgt. Wenn man solche Auswirkungen zu vergleichbaren Kosten vermeiden kann, ist das eine einfache Lösung, und Sie müssen nicht einmal etwas an Ihrem Design ändern.

Elektor: Was hat AISLER für das Jahr 2022 geplant?

Plitzko: Im Großen und Ganzen könnte unsere Zukunft nicht besser aussehen, da wir an der Spitze mehrerer Megatrends stehen: Erstens wird die Elektrifizierung von allem Bekannten weiter voranschreiten. Zweitens werden die Industrien immer mehr Lieferketten automatisieren, um sie effizienter zu machen. Drittens werden wir viel mehr Nearshoring in der Produktion sehen, um nachhaltiger zu sein und den CO₂-Fußabdruck zu reduzieren. Unsere Plattform vereint alle diese Megatrends, und sie sind tief in der DNA unseres Unternehmens verwurzelt. Wir werden also weiterhin alle unsere Ressourcen in diese Bereiche investieren.

Auf einer spezifischeren Ebene ist es unser Bestreben, unseren Kunden den besten One-Stop-Shop für alle Bedürfnisse der Elektronikfertigung zu bieten. COVID-19 und die Mangel an Bauteilen haben gezeigt, dass die besten Partner vor Ort sind. Durch unser Partnernetz können wir sicherstellen, dass alle Aufträge budget- und termingerecht ausgeführt werden können. Produkttechnisch werden wir unser Amazing-Assembly-Angebot stark ausbauen. Für viele unserer Kunden ist es ein echter Vorteil, mit einem einmaligen Prototyp zu beginnen und dann zu einer kleinen bis mittelgroßen Serie mit demselben Partner überzugehen. Diesen Prozess so fließend und fehlerfrei wie möglich zu gestalten, wird wohl der Hauptaufgaben des Jahres 2022.

Zusätzlich zu unseren physischen Produkten werden wir weiterhin in die Unterstützung unserer Kunden durch Smart Services investieren. Diese Dienste sind in unsere Online-Plattform integriert und helfen, Entwürfe schneller zu verbessern und damit die Kosten für die Massenproduktion erheblich zu senken. Wir werden in Kürze einen überarbeiteten Smart Viewer auf den Markt bringen und planen die Funktionen unserer Smart BOM zu erweitern. Außerdem werden wir höchstwahrscheinlich weitere Smart Services einführen.

Alles in allem freuen wir uns sehr auf das Jahr 2022! Zusammen mit unseren Kunden und Partnern wird das neue Jahr ein Knaller werden! 

210508-01

WEBLINKS

- [1] „Interview mit Felix Plitzko: Professionelle Elektronikfertigung für Jedermann“, C. J. Abate, Elektor Dezember 2018: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-92/42187>



productronica 2021

die Zukunft der Elektronik- Produktion

Ein Beitrag der Elektor Industry Redaktion

Alle zwei Jahre stellt die productronica für Elektronikunternehmen, Ingenieure und Produktentwickler aus der ganzen Welt eine einzigartige Gelegenheit dar, sich zu vernetzen und über Technologien der nächsten Generation zu diskutieren. Barbara Müller, Direktorin der Messe München, spricht darüber, was uns auf der größten Messe für Elektronikentwicklung und -produktion, die vom 16. bis 19. November stattfindet, erwartet [1].

Elektor: Nur wenige Monate nach der productronica 2019 begann die COVID-19-Pandemie, die viele Herausforderungen mit sich brachte, mit denen die Elektronikindustrie immer noch zu kämpfen hat. Wie bereitet sich Ihr Team in diesem aktuellen Umfeld auf die productronica 2021 vor?

Müller: Die letzten Monate waren sicher nicht die einfachsten. Aber unser Team hat das Übliche getan, mit Unternehmen und Kunden gesprochen und verschiedene

Möglichkeiten und Ansätze geprüft, um die productronica 2021 bestmöglich vorzubereiten und zu organisieren. Deshalb haben wir neben der Messe auf dem Gelände auch die Idee der „productronica online“ entwickelt - eine Plattform, die acht Tage vor der Messe, ab dem 8. November, dann bis zum 26. November online sein wird. Dieses neue Tool gibt unseren Ausstellern und Besuchern die Möglichkeit, sich vor, während und nach der Messe zu vernetzen.

Elektor: Können Sie uns etwas über das diesjährige Sicherheitskonzept der productronica erzählen? Vielleicht können Sie erklären, was „VCR“ bedeutet?

Müller: Das „VCR“-Konzept der Messe München sieht vor, dass nur geimpfte, getestete oder genesene Personen die Messe besuchen können. Darüber hinaus tragen digitale Registrierungs- und Zutrittssysteme, optimale Belüftung, lückenlose Kontaktverfolgung, Raum- und Kapazitätsmanagement, Besucherlenkung und professionelle Testkonzepte zum sicheren Messebetrieb bei.

Elektor: Das productronica-Team arbeitet eng mit einer Vielzahl von Unternehmen zusammen, die sich mit der Entwicklung und Produktion von Elektronik beschäftigen. Können Sie uns etwas über die Herausforderungen sagen, mit denen diese Unternehmen in den letzten Monaten konfrontiert waren?

Müller: Ich denke, dass viele Industriezweige vor herausfordernden und irgendwie instabilen Zeiten standen. Aber so wie es jetzt aussieht, ist die Resonanz der Unternehmen, die auf der productronica 2021 ausstellen, recht positiv. Die meisten unserer Kunden fragen zum Beispiel nach dem gleichen Stand, das heißt, sie wollen ihr Unternehmen wie bisher präsentieren. Das Hauptproblem, mit dem unsere Kunden konfrontiert sein werden, sind die Reisebeschränkungen. Daher erwarte ich, dass die productronica 2021 etwas „europäischer“ sein wird als sonst.

Elektor: Die productronica 2021 wird fünf Cluster der Elektronikentwicklung und -produktion umfassen: PCB (PCB & EMS Cluster), SMT (SMT Cluster), SEM (Semiconductors Cluster), FP (Future Production/Smart Factor Cluster), und CC (Cables, Coils & Hybrids Cluster). Was können die Teilnehmer erwarten?

Müller: Der große Vorteil für unsere Teilnehmer ist, dass die Cluster den gesamten Produktionsprozess abbilden, genau genommen alle Produktionsstufen.

Ich möchte betonen, dass die productronica im Allgemeinen eine tolle Plattform für Start-ups ist, um potenzielle Geschäftspartner zu treffen und Kontakte zu knüpfen.

Barbara Müller

Elektor: Zu jeder productronica-Messe gehört ein Rahmenprogramm, das die Besucher inspirieren soll, sich mit Technologien, Trends und Märkten auseinanderzusetzen. Können Sie uns sagen, welche Rahmenprogramme für 2021 geplant sind?

Müller: Wir sind noch in der Planungsphase für unser Rahmenprogramm. Da es noch nicht endgültig feststeht, ist es etwas schwierig, schon jetzt bestimmte Highlights zu nennen. Wir wissen aber schon, dass sowohl der VDMA als auch der ZVEI wieder ihre Foren veranstalten werden.

Elektor: Sechs Unternehmen haben den productronica Innovation Award 2019 gewonnen: Zoller + Fröhlich, F&S BONDTEC,

Vision Engineering, Limata, ASM AMICRA und Seho Systems. Planen Sie für dieses Jahr einen productronica Innovation Award?

Müller: Ja, es wird einen Innovationspreis geben. Für diesen Preis können sich die Unternehmen mit ihren Ideen oder ihren Innovationen bewerben. Eine unabhängige Jury bewertet dann alle eingereichten Ideen und wählt die beste in jeder Kategorie aus.

Elektor: Viele innovative Start-ups sind auf die Entwicklung und Produktion von Elektronik fokussiert. productronica fast forward 2021, die Start-up-Plattform powered by Elektor [2], ist ein globaler Wettbewerb, der es solchen Unternehmen ermöglicht, ihre Lösungen der Industrie zu präsentieren. Wie war Ihr Eindruck vom letzten productronica fast forward Wettbewerb 2019 [3], den die Firma Touchless Automation GmbH gewonnen hat?

Müller: Meiner Meinung nach sind solche Wettbewerbe für Start-ups immer eine tolle Chance, sich der jeweiligen Branche zu präsentieren. Außerdem möchte ich betonen, dass die productronica generell eine tolle Plattform für Start-ups ist, um potenzielle Geschäftspartner zu treffen und Kontakte zu knüpfen.

210534-02



Fast Forward-Gewinner der productronica 2019

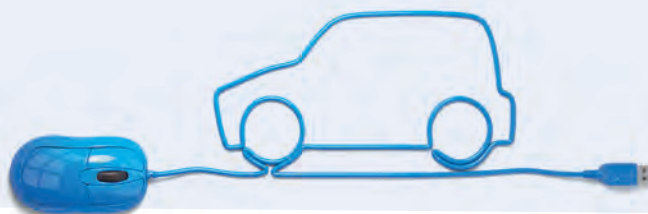
WEBLINKS

[1] Weltleitmesse für Entwicklung und Fertigung von Elektronik: www.productronica.com/

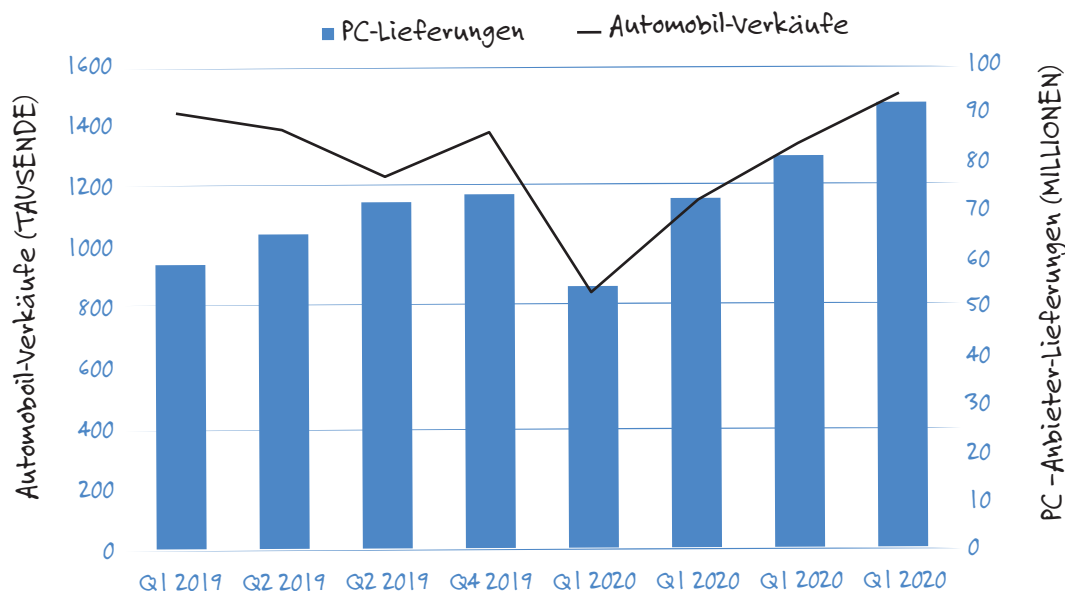
[2] productronica Fast Forward 2021: www.elektormagazine.de/news/productronica-fast-forward-2021-prasentieren-sie-ihr-startup

[3] productronica Fast Forward 2019: www.elektormagazine.de/productronica-fast-forward-awards

Autos und PCs: der Unterschied



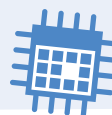
PC- und Automobil-Lieferungen im Jahre 2020
(Quelle: IDC, GoodCarBadCar)



Im Winter 2020 verursachte Covid-19 einen Schock. Sein ungebremses Tempo überraschte sowohl Ost als auch West. Doch die Unterhaltungselektronikindustrie reagierte ganz anders als die Automobilhersteller. Die Autoindustrie reduzierte ihre Chip-Bestellungen, während die Unterhaltungselektronik-Industrie sich

von der zusätzlichen Zeit, die man von zu Hause aus arbeitete, auch zusätzliche Gewinne versprach. Ergebnis: Der Mangel an Halbleitern ist zurzeit besonders in der Autoindustrie spürbar, da jetzt vielerorts die Produktion deswegen gedrosselt werden muss.
(Quellen: Global X, ICIS, IDC, GoodCarBadCar, Nikkei Asia)

IC-Vorlaufzeiten: Ein Überblick

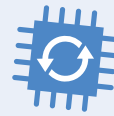


Welche ICs hatten die längsten Vorlaufzeiten, als die Knappheit im Frühjahr 2021 ihren Höhepunkt erreichte? Hier gibt es keine Überraschungen. In einer Übersicht über die Engpässe vom April 2021 stehen die Power-Management-Chips und die Mikrocontroller-Chips an erster Stelle. Die Beliebtheit der PMUs und MCUs hat zweifellos mit der außergewöhnlich hohen Nachfrage nach 5G-Geräten (nicht unbedingt Covid-bezogen) sowie Spielkonsolen und Haushaltsgeräten (Covid-bezogen) zu tun. CPUs waren und sind ebenfalls knapp, wenn auch nicht in demselben Maße wie PMUs und MCUs. Ob für 5G oder PC, die allgemeine Knappheit wird in den nächsten drei bis vier Monaten nicht enden.
(Quellen: Gartner, Nikkei Asia)

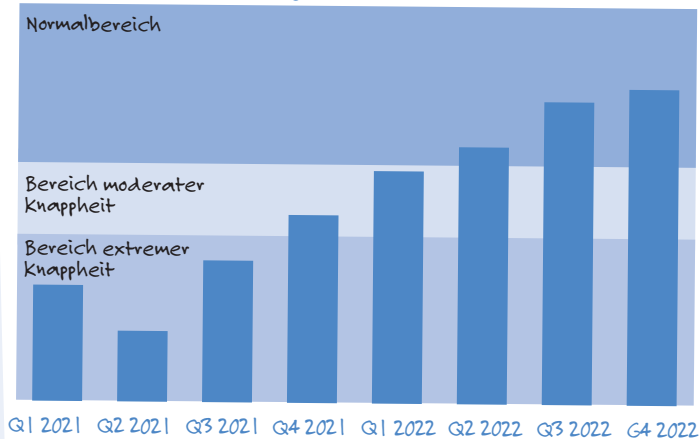
Kategorie	Zurzeit	Normal
Power-Management-Chips	24-52 Wochen	4-8 Wochen
Mikrocontroller-Chips	24-52 Wochen	4-8 Wochen
CPUs (Central-Processing-Units)	12-16 Wochen	4-8 Wochen
Speicherchips	14-15 Wochen	4-8 Wochen
WiFi-Chips	24-30 Wochen	4-8 Wochen

Vorlaufzeiten für bestimmte ICs
(Quelle: Nikkei Asia)

Eine Wende im zweiten Quartal 2022?



Verfolgung der Halbleiter-Lieferkette - weltweite Projektion (Quelle: Gartner)



Das Marktforschungsunternehmen Gartner glaubt, dass ein entscheidender Wendepunkt bevorsteht. Dieser Wendepunkt liegt irgendwo im zweiten Quartal 2022. Während es im Jahre 2021 und im ersten Quartal 2022 noch zu Engpässen kommen wird, wird der „Normalbereich“ mit einem Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage irgendwann nach März 2022 wieder erreicht sein. Das heißt nicht, dass die Chips im Jahre 2022 dann plötzlich in Wochen und nicht in Monaten geliefert werden. Schließlich war dies auch in der Zeit vor Covid nicht der Fall. Es bedeutet, dass es in Branchen, die stark von Halbleitern abhängig sind, keine Unterbrechungen mehr geben wird. Die Zeiten, in denen Japan 1 Million Autos weniger pro Jahr produzierte, sind vorbei. (Quelle: Gartner, Asia Nikkei)



Ein sicheres Ende der Knappheit

Warum sagen einige Experten voraus, dass die Halbleiterknappheit irgendwann im zweiten Quartal des nächsten Jahres der Vergangenheit angehören wird? Das liegt daran, dass Chips aus 200-mm-Wafern immer noch einen großen Teil des IC-Angebots ausmachen. Sicherlich sind Chips aus den neuen 300-mm-Wafern lukrativer in der Produktion. Aber ICs aus 200-mm-Wafern werden nach wie vor effizient hergestellt und können ihre Aufgabe effektiv erfüllen, insbesondere in Autos. Nach Angaben des in Kalifornien ansässigen SEMI, eines internationalen Verbands der Chipfertigungsindustrie, wird die Zahl der 200-mm-Fabriken von 212 im Jahr 2020 auf 222 im Jahr 2022 steigen. (Quellen: IEEE, SEMI)

Anzahl der in Betrieb befindlichen 200-mm-Fabriken

2020: 212

2022: 222

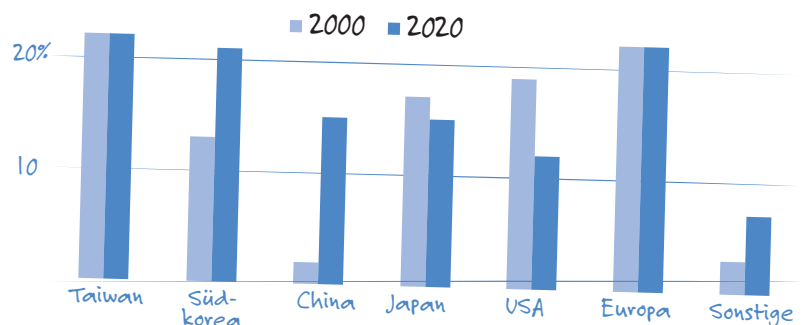
Ausgaben für Investitionsgüter im 200-mm-Bereich

2020: 3 Milliarden US-Dollar

2021: 4,6 Milliarden US-Dollar

2022: 4 Milliarden US-Dollar

(Quelle: SEMI)



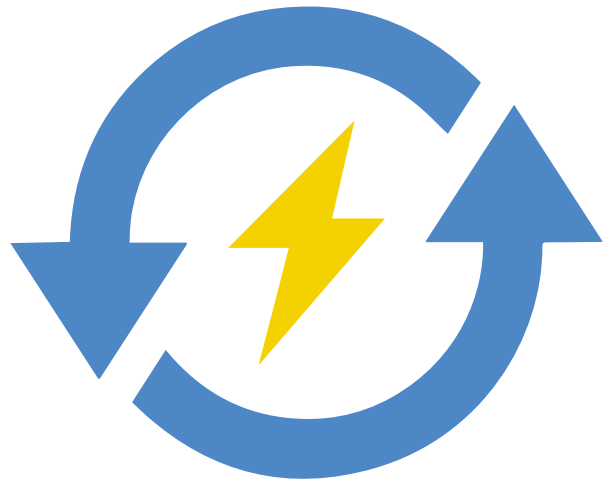
Geschätzter Anteil an der weltweiten Halbleiterproduktionskapazität nach Standort im Jahr 2000 und 2020 (Quelle: BCG, SIA)

Woher kommen die Chips? (damals und heute)



Eines der größten Probleme, die sich aus der Pandemie ergeben, ist das regionale Ungleichgewicht bei der Produktion von Halbleitern. Derzeit werden etwa 70 % aller ICs in Asien hergestellt. Damit verbleiben etwa 30 % für die USA und Europa. Das macht den Westen - und damit die ganze Welt - ziemlich anfällig für jede Art von Umwälzung im Osten, sei es politisch oder ökologisch. Aus diesem Grund wollen Europa und die USA Dutzende von Milliarden Euro/USD in lokale Produktionsanlagen investieren. Südkorea wird jedoch nicht zurückbleiben. Es kündigte ein 450-Milliarden-Dollar-Programm für die kommenden zehn Jahre an. (Quellen: Weltwirtschaftsforum, BCG, SIA)

Leistungs- umwandlung und die häufigsten Topologien



Von Mark Patrick (Mouser Electronics)

Für viele elektronische Geräte ist eine Form der Leistungsumwandlung erforderlich, ganz gleich, ob es sich um ein komplexes Infotainmentsystem oder einen einfachen batteriebetriebenen IIoT-Sensor handelt. Für die DC/DC- und AC/DC-Leistungsumwandlung stehen jedoch mehrere Arten von Schalttopologien zur Auswahl. Die Auswahl der Topologie hängt im Wesentlichen von den erforderlichen Spannungsniveaus und der benötigten Leistung ab. Dieser Artikel befasst sich mit den grundlegenden Konzepten der Leistungsumwandlung, einschließlich Isolierung und Spannungsregelung. Außerdem werden einige der gängigsten Topologien für den Einsatz in diskreten und modulbasierten Designs untersucht.

In den meisten Technologien, die wir heute verwenden, findet eine Leistungsumwandlung statt. So wird beispielsweise Ihr Smartphone wahrscheinlich mit einem Li-Ionen-Akku mit einer Nennausgangsspannung von 3,7 V betrieben. Die Komponenten im Inneren arbeiten jedoch wahrscheinlich mit höheren oder niedrigeren Spannungen. Die gängigsten Spannungen sind 1,8 V, 3,3 V und 5,0 V. Um die Nennausgangsspannung der Batterie in die erforderliche Spannung umzuwandeln, werden Energieumwandlungstechniken eingesetzt. Selbst die einfache USB-Powerbank, die millionenfach zum Aufladen von Smartphones, Kopfhörern und anderen tragbaren Geräten unterwegs verwendet wird, verfügt über eine Leistungsumwandlung. Auch hier wird eine Li-Ionen-Batterie verwendet, die eine Nennspannung von 3,7 V liefert; durch Energieumwandlung wird die Versorgungsspannung auf die erforderlichen 5,0 V heraufgesetzt.

Bei größeren elektronischen Geräten wie beispielsweise einem Smart Speaker, einem Fernseher oder anderen Haushaltsgeräten muss die Netzspannung auf ein geeignetes Spannungsniveau herabgesetzt werden. Hier kommen AC/DC-Netzadapter und DC/DC-Wandlungsverfahren zum Einsatz. In der Vergangenheit wurde hierfür ein lineares Verfahren verwendet, das jedoch große Bauteile erforderte und relativ ineffizient war. Dieses Verfahren wird zwar immer noch für einige wenige DC/DC-Leistungsumwandlungsaufgaben verwendet, doch die meisten heutigen Anwendungen nutzen einen Schaltregler. Bei der Leistungsumwandlung durch Schalten wird Energie in einer Induktivität oder einem Kondensator gespeichert. Mit dieser gespeicherten Energie kann der Schaltregler eine Ausgangsspannung liefern, die über oder unter der Nenneingangsspannung liegt (siehe **Bild 1**).

Zur Ansteuerung des Schalters im Wandler wird ein PWM-Signal an ein Halbleiterbauelement angelegt. Das Tastverhältnis, d. h. das Verhältnis von Puls zu Pause, und die Frequenz des PWM-Signals wirken sich direkt auf den Wirkungsgrad, die Lastregelung und die Ausgangsspannung aus. Im Wesentlichen bilden PWM und Schaltgerät eine Ladungspumpenschaltung, die während des Einschaltzyklus Energie in der Induktivität oder dem Kondensator speichert. In der Ausschaltphase wird diese gespeicherte Energie wieder freigegeben und gleichgerichtet. Die Ausgangsspannungsregelung wird auf das PWM-Signal angewendet. Um eine Isolierung zwischen Eingang und Ausgang zu erreichen, wird ein Transformator als induktives Element zusammen mit einem Kondensator verwendet.

Im Laufe der Jahre haben sich verschiedene DC/DC-Wandler topologien durchgesetzt, wobei die folgenden besonders häufig verwendet werden:

- Abwärtswandler (Buck)
- Aufwärtswandler (Boost)
- isolierter Flyback (Sperrwandler)

In diesem Artikel werden auch drei weitere häufig verwendete Schalttopologien hervorgehoben: Push-Pull, Halbbrücke und Vollbrücke.

Beliebte Topologien zur Leistungsumwandlung

Abwärtswandler (Buck)

Wie der Name schon sagt, senkt ein Abwärtswandler die Ausgangsspannung. Beträgt die Nenn Eingangsspannung beispielsweise 5 Vdc, wird die Spannung auf 3,3 Vdc heruntergewandelt.

In **Bild 2** ist SW1 in der Regel ein Transistor, der mit einem PWM-Signal angesteuert wird. SW2 stellt eine Diode dar. Wenn SW1 geschlossen bzw. eingeschaltet ist, fließt Strom und Energie wird in der Induktivität gespeichert. Umgekehrt wird Energie freigesetzt, wenn SW1 ausgeschaltet ist, wobei Strom durch die Diode fließt und die erforderliche Ausgangsspannung liefert. Zur Erinnerung: Die Ausgangsspannung des Abwärtswandlers hängt vom Tastverhältnis des PWM-Signals ab (siehe **Bild 3**).

Bei einer synchronen Buck-Topologie wird die Diode durch einen FET ersetzt und von einem phasenverschobenen Signal gespeist. Da FETs den Durchlasswiderstand senken, werden sie häufig eingesetzt, um die Verluste zu verringern und so den Wirkungsgrad zu erhöhen.

Aufwärtswandler (Boost)

Bei Aufwärtswandlern ist die Ausgangsspannung höher als die Eingangsspannung. Wie stark die Spannung ansteigt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Bei den meisten Implementierungen erfolgt die Anhebung maximal um den Faktor fünf, üblicherweise wird jedoch eine Anhebung um das Dreifache verwendet, um die Regelung der Ausgangsspannung zu optimieren (**Bild 4**).

Im Vergleich zu der in Bild 2 dargestellten Abwärtswandler topologie sind S1 (Schalttransistor), L1 (Induktor) und D1 (Diode) an leicht unterschiedlichen Positionen angeordnet. Wenn S1 „eingeschaltet“ ist, wird die Energie in L1 gespeichert. Im ausgeschalteten Zustand wird die Energie zur Eingangsspannung am Eingangskondensator addiert und dem Ausgangskondensator zugeführt.

Da die oben beschriebenen Abwärts- und Aufwärtswandler-Topologien nicht isoliert sind, kann jede beliebige Eingangsspannung am Ausgang anliegen. Wird der DC/DC-Wandler beispielsweise von einer

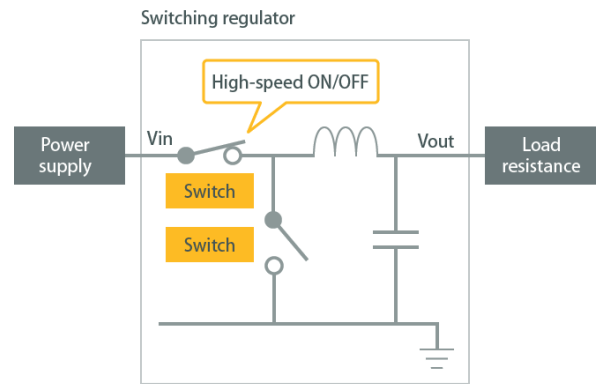


Bild 1. Funktionales Blockdiagramm eines typischen DC/DC-Wandlers (Quelle: Murata).

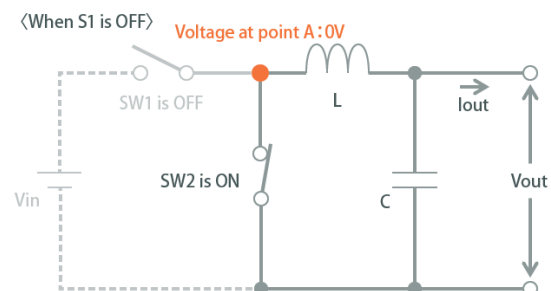
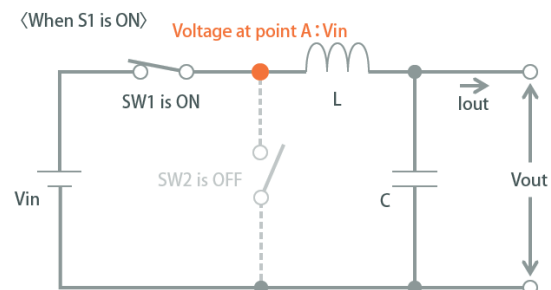


Bild 2. Funktionales Blockdiagramm eines asynchronen Abwärtswandlers (Quelle: Murata).

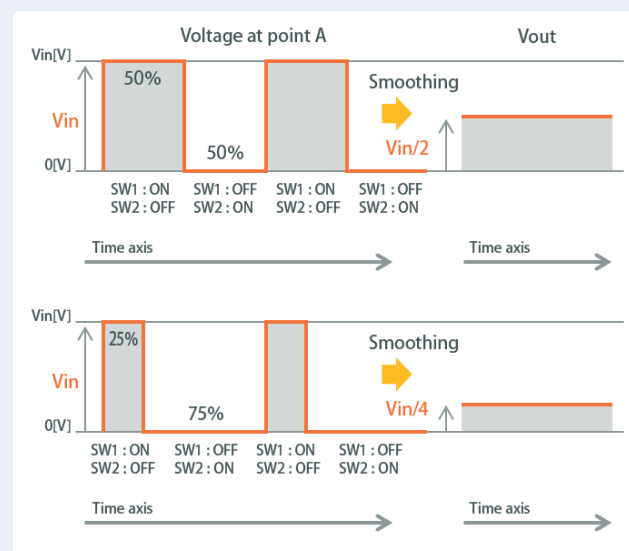


Bild 3. Das Tastverhältnis des PWM-Signals beeinflusst die Ausgangsspannung des Abwärtswandlers (Quelle: Murata).



Wechselstromquelle gespeist, kann ein Ausfall dazu führen, dass diese Spannung am Ausgang anliegt, was je nach Endanwendung möglicherweise fatale Folgen haben kann. Bei Anwendungen in der Medizin und im Gesundheitswesen wird dieses Risiko durch eine galvanische Isolierung zwischen Eingang und Ausgang ausgeschlossen. Wenn keine gemeinsame Erdung vorhanden ist, kann die galvanische Trennung auch durch einen Transformator erreicht werden.

Isolierter Flyback (Sperrwandler)

Bei einer isolierten Flyback-Topologie hat der Transformator zwei Funktionen: Er speichert Energie und gewährleistet die Isolierung. Diese Topologie ist vielleicht die einfachste aller DC/DC-Leistungsumwandlungstopologien und erfordert relativ wenige Komponenten (siehe **Bild 5**). Isolierte Sperrwandler werden in der Regel für Anwendungen mit einer Leistung von weniger als 50 W eingesetzt und für solche, die einer hohen Stromwelligkeit standhalten können. Da der Transformator Primär- und Sekundärverluste verursacht, erreichen die meisten Sperrwandler nur in seltenen Fällen einen Wirkungsgrad von über 90%. Durch Erhöhen oder Verringern des Windungsverhältnisses des Transformators lässt sich jedoch ein breiterer Bereich möglicher Ausgangsspannungen erzielen. Zudem lassen sich durch Hinzufügen weiterer Sekundärwicklungen mehrere Ausgangsspannungen erzeugen.

Weitere gängige Topologien

Push-Pull-, Halbbrücken- und Vollbrückenwandler sind ebenfalls häufig verwendete isolierte Schalttopologien. Die Push-Pull-Topologie eignet sich für Anwendungen mit höherer Leistung und verwendet zwei Schaltgeräte, die sich den Strom teilen. Diese Anordnung verwendet geteilte Primär- und Sekundärwicklungen mit Mittelanzapfung und verlangt daher einen teureren Transformator. Wie die Push-Pull-Topologie erfordern auch die Halbbrücken- und Vollbrückentopologien nur eine einzige Primärwicklung. Bei der Halbbrücke werden zwei, bei der Vollbrücke vier Schaltgeräte verwendet (siehe **Bild 6**).

Optionen zur Spannungsregelung

Neben der Wahl einer bestimmten Topologie für das DC/DC-Wandlerdesign ist auch die Frage wichtig, wie die Ausgangsspannung geregelt

werden soll. Bei Prozessoren mit wechselnden Arbeitslasten ist es entscheidend, dass eine präzise Regelung unter allen Lastbedingungen gewährleistet ist. Dabei muss die Rückmeldung der Ausgangsspannung an die PWM-Schaltfunktion zur Änderung des Tastverhältnisses schnell und präzise sein. Die meisten DC/DC-Wandler-Steuer-ICs verfügen heute über diese Funktion, so dass diese Aufgabe bei nicht isolierten Topologien leicht lösbar ist.

Um die Isolierung zwischen Eingang und Ausgang aufrechtzuerhalten, sind jedoch zusätzliche Komponenten erforderlich, wie z. B. ein Transformator oder ein Optokoppler. Dies erhöht die Stücklistenkosten und den Platzbedarf auf der Leiterplatte. Die Verwendung zusätzlicher Komponenten bedeutet auch eine höhere Komplexität des Designs und kann sich auf die allgemeine Zuverlässigkeit des Endprodukts auswirken.

Eine viel einfachere Methode zur Spannungsregelung ist die Verwendung einer primärseitigen Abtastung. Hier erfasst das Controller-IC den Sekundärausgang über den Transformator während der „Aus“-Phase des Sperrwandlers. Der Maxim MAX17687, „no opto“ Flyback-Controller-IC ist ein gutes Beispiel, siehe **Bild 7**. Er verfügt über zwei On-Chip-MOSFETs, die einen primären Spitzenstrom von 3,2 A liefern können. Mit diesem Abtastverfahren wird die Ausgangsspannung mit einer Genauigkeit von $\pm 1,2\%$ geregelt. Die PWM-Frequenz des ICs ist außerdem programmierbar (100 kHz bis 500 kHz) und kann in der Regel eine Umwandlungseffizienz von über 90% erreichen.

Die Verwendung eines Moduls ist eine attraktive Alternative zum Einsatz eines diskreten DC/DC-Wandlers. Module erleichtern den gesamten Entwicklungsaufwand und sparen dadurch Entwicklungszeit. Die Wahl eines vorzertifizierten Moduls für die EMC/EMI-Konformität und die Konformität mit den erforderlichen Sicherheitsstandards vereinfacht zudem die Produktzulassung.

Das isolierte Open-Frame-DC/DC-Sperrwandlermodul UWS-Q12 von Murata ist ein gutes Beispiel dafür (**Bild 8**). Die Module dieser Baureihe decken die gängigen nominalen Einzelausgangsspannungen von 3,3 V bis 24 V ab und liefern bis zu 54 W aus einem Eingang von 9 V bis 36 V mit einem Wirkungsgrad von bis zu 91%. Zudem bieten sie zahlreiche Schutzfunktionen, wie beispielsweise Unterspannungs- und Übertemperaturschutz am Eingang, und sind nach UL/EN60950-1 zertifiziert.

Wenn Sie einen ineffizienten Linearregler in einem bestehenden Design ersetzen müssen, ist die Baureihe TSR 1.5E von Traco ein ideales 1,5-A-Bauteil. Dieses Bauteil verwendet eine nicht-isolierte Step-Down-Topologie, erreicht einen Wirkungsgrad von bis zu 97% und eignet sich für einen breiten Eingangsbereich von 7 V bis 36 V. Das kompakte Open-Frame-Modul SIP 3 bietet drei Ausgangsoptionen: 3,3 V, 5,0 V und 12 V.

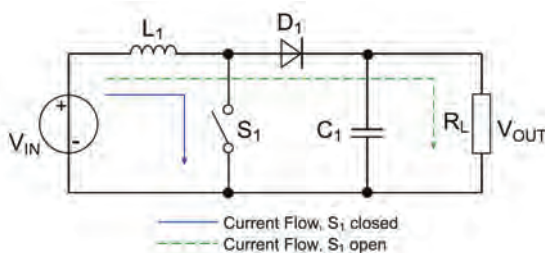


Bild 4. Das Blockdiagramm zeigt die grundlegende Funktion eines Aufwärtswandlers (Quelle: Recom).

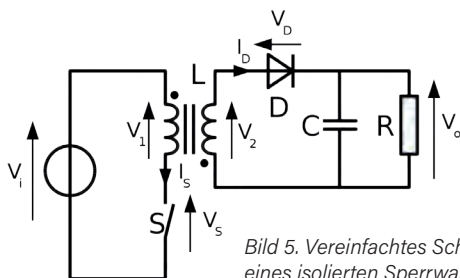


Bild 5. Vereinfachtes Schaltbild eines isolierten Sperrwandlers (Quelle: Wikipedia).

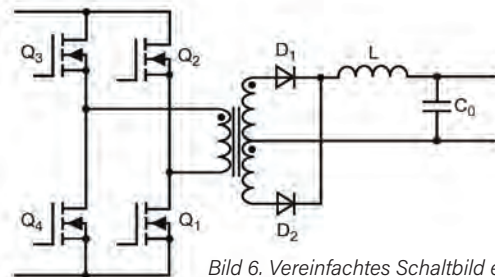


Bild 6. Vereinfachtes Schaltbild eines isolierten DC/DC-Vollbrückenwandlers. (Quelle: Mouser)

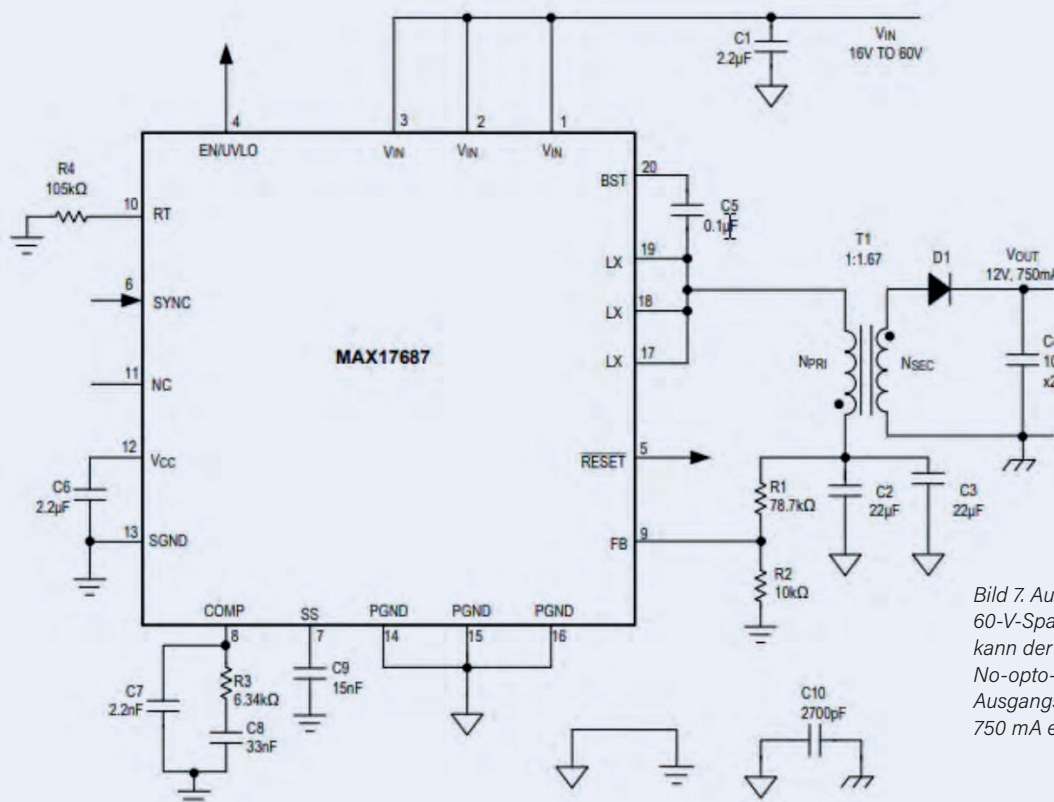


Bild 7. Aus einer 16-V- bis 60-V-Spannungsvorsorgung kann der Maxim MAX17687 No-opto-Sperrwandler-IC eine Ausgangsspannung von 12 V / 750 mA erzeugen (Quelle: Maxim).

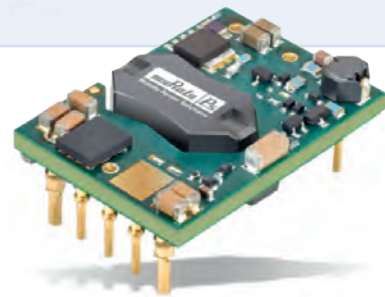


Bild 8. Die isolierten DC/DC-Wandler der UWS-Q12-Baureihe von Murata (Quelle: Murata).

Mit der DCS-Control-Technologie von TI wird ein deutlich schnelleres Einschwingverhalten mit besseren Regelungs- und Stromwelligkeitseigenschaften erreicht als mit dem Standard-Synchron-Buck-Verfahren. Der Wandler ist sowohl als Bauelement (TPS6282x) als auch als Modul mit integrierter Induktivität (TPSM8282x) erhältlich (siehe Bild 9).

Einfache Leistungsumwandlung

In diesem Artikel wurden die drei gängigsten DC/DC-Leistungswandler-Topologien anhand einiger Produktbeispiele vorgestellt. Bei der DC/DC-Leistungsumwandlung sind Wandler-ICs die bevorzugte Option, um Platz zu sparen und die Stücklistenkosten zu senken. Wandler-ICs mit niedrigem Stromverbrauch, die Schalttransistoren oder FETs integrieren, werden in vielen industriellen, kommerziellen und Verbraucherprodukten eingesetzt. DC/DC-Wandlermodule mit integrierter Induktivität sind hingegen eine attraktive Alternative, um die Integration und Beschaffung zu erleichtern. ◀

210542-02

Über den Autor

Als Technical Marketing Manager für EMEA bei Mouser Electronics ist Mark Patrick für die Erstellung und Verbreitung von technischen Inhalten in der Region verantwortlich - Inhalte, die für Mousers Strategie zur Unterstützung, Information und Inspiration der Elektronik-Branche von zentraler Bedeutung sind.

Bevor er das Technische Marketing Team leitete, war Patrick Teil des EMEA-Lieferanten-Marketing-Teams und spielte eine wichtige Rolle beim Aufbau und der Entwicklung von Beziehungen zu wichtigen Produktionspartnern. Zusätzlich zu einer Vielzahl von technischen und Marketing-Positionen war Patrick acht Jahre lang bei Texas Instruments in den Bereichen Anwendungsunterstützung und technischer Vertrieb tätig.

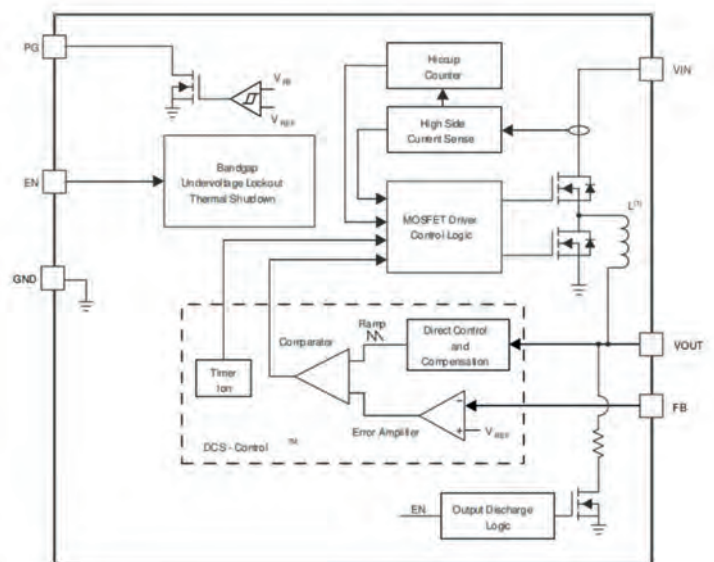


Bild 9. Das Abwärtswandlermodul TPSM82821 von TI integriert das Controller-IC TPS6282x (Quelle: TI).

Innovative Lötdrähte

Mit Hochgeschwindigkeit Richtung Zukunft

Ein Beitrag der Almit GmbH

Schneller, höher, weiter: Die Elektronikfertigungsbranche befindet sich in einem stetigen Wandel. Die Anforderungen an die Fertigung ändern sich rasant, Schwerpunkte werden neu gesetzt und neue Märkte müssen erschlossen werden.

Um hier als Hersteller Schritt zu halten, braucht es höchste Qualitätsstandards und das Bestreben, den Bedürfnissen der Kunden mit innovativen Lösungen zu begegnen, welche nicht nur gegenwärtige Anforderungen erfüllen, sondern auch ganz neue Möglichkeiten und Chancen für die Zukunft eröffnen. Almits elaborierte Forschungsarbeit legt die Basis für die einzigartige Qualität des Lötdrahtportfolios. Hinzu kommt individuelle Entwicklungsarbeit, um maßgeschneiderte Produkte für jede Anforderung anzubieten.

100% durchgängige Flussmittelseele

Herkömmliche Lötdrähte haben häufig das Problem, dass die Flussmittelseele aufgrund einer mangelhaften Produktionstechnik durch Lufteinschlüsse unterbrochen ist und die Seele eine hohe Varianz beim Flussmittelanteil aufweist. Dies führt in der Anwendung zu einer minderen Qualität der Lötstelle. Almit-Lötdrähte verfügen hingegen über eine 100% durchgängige Flussmittelseele ohne jegliche Art von Lufteinschlüssen und nur einer minimalen Varianz beim Flussmittelanteil (**Bild 1**). Dieses Qualitätsversprechen kann Almit für alle Lötdrähte gewährleisten, selbst für seine extrem dünnen Hochleistungsdrähte mit einem Durchmesser von bis zu 0,08 mm. Diese werden vor allem in den Bereichen Elektronik, Medizintechnik, Automobilindustrie und Luft- und Raumfahrt eingesetzt und eröffnen durch den geringen Durchmesser bei gleichbleibend höchster Qualität völlig neue Möglichkeiten in der Miniaturisierung.

Almit fokussiert sich nicht nur auf aktuelle Marktanforderungen, sondern möchte im Hinblick auf die Zukunft potenziell auftretenden Herausforderungen zuvorkommen. Daher setzt Almit sich bei der Produktentwicklung immer wieder eigene Standards, welche Industriestandards übertreffen. So auch in der Flussmittelentwicklung: Der Flussmittelanteil bewegt sich bei Almit mit einer nur minimalen Varianz und übertrifft dabei den Industriestandard: Bei einem P3-Draht darf sich der Flussmittelanteil laut Industriestandard zwischen 2,7% und 3,9% bewegen. Almit setzt sich erheblich höhere Standards als die Industrie: P3-Drähte von Almit erzielen mit einem Flussmittelanteil zwischen 3,1% und 3,5% eine wesentlich geringere Varianz, was sich in **Bild 2** widerspiegelt.

Höhere Lötspitzenstandzeit

Wenn es um die Kosten in der Elektronikfertigung geht, ist das Thema Lötspitzenverschleiß ein kritischer Faktor. Almit bietet zukunftsweisende Lösungen an, um die

Kosten im Griff zu behalten. So reduzieren die Lötdrähte der S-Linie von Almit durch einen innovativen Zusatz in der Legierung die Oxidation und minimieren damit den Eisenabtrag an der Lötspitze (**Bild 3**). Im Vergleich zu einer herkömmlichen Legierung erhöht sich die Lötspitzenstandzeit um bis das 5-fache und trägt so dazu bei, die Kosten in der Fertigung zu reduzieren.

Das Beste aus zwei Welten: Der halogenfreie Lötdraht SRS-ZL

Ein neues innovatives Produkt in Almits Hochleistungsportfolio ist der Lötdraht SRS-ZL. Als halogenfreier Draht wird er der IPC-Klassifizierung Lo zugeordnet und überzeugt dennoch mit vielen Eigenschaften eines L1-Drahtes, wie einem außergewöhnlich schnellen Benetzungs- und einem sehr guten Fließverhalten. Mit dieser Kombination ist er besonders gut für Automotive-Anwendungen geeignet. Die hervorragenden Eigenschaften des SRS-ZL beweisen sich auch beim Through-Hole-Schlepplöten. Bei Through-Hole-Techni-

ken beträgt die Mindestfüllung des Durchsteigers 75%, um im 3-Klassen-Produktsystem von IPC die höchste Klassifizierung zu erreichen und damit zur Fertigung von Hochleistungselektronik zugelassen zu werden. Hochleistungselektronik bezeichnet hierbei Produkte, deren kontinuierliche Funktionsfähigkeit und Hochleistung unabdingbar ist, wie zum Beispiel lebenserhaltende oder andere kritische Systeme. Almits Lötendraht SRS-ZL erreicht nicht nur die geforderten 75%, sondern weist eine 100%ige Füllung des Durchsteigers auf – eine einzigartige Performance, besonders für einen halogenfreien Lötendraht (**Bild 4**).

Flussmittelspritzer

Eine große Herausforderung im Bereich Löten sind Flussmittelspritzer. Als Bindemittel und Aktivator im Flussmittel wird Rosin verwendet, ein Harz, das übrigbleibt, wenn man aus dem von Nadelhölzestämmen abgesonderte Terpentin durch Destillieren das flüchtige Terpentinöl abscheidet. Im verwendeten Harz ist eine Restfeuchte enthalten, der Hauptgrund für das Spritzen des Flussmittels. Almit betreibt eine eigene Flussmittelenwicklung, um für jede Applikation, abhängig von den thermischen Aufheizbedingungen, das entsprechende Flussmittel bereitzustellen. Hierbei

wird ein aufwendiges Fertigungsverfahren angewandt, um die natürliche Restfeuchte im Flussmittel auf ein Minimum zu reduzieren. Der dadurch erreichte Qualitätsvorsprung spiegelt sich auch in den Charakteristika des SRS-ZL wider, denn der Lötendraht überzeugt mit besonders wenig Flussmittelspritzern, wie die Grafik in **Bild 5** zeigt.

Wünschen Sie eine technische Beratung? Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme über technicalsupport@almit.de

210482-01

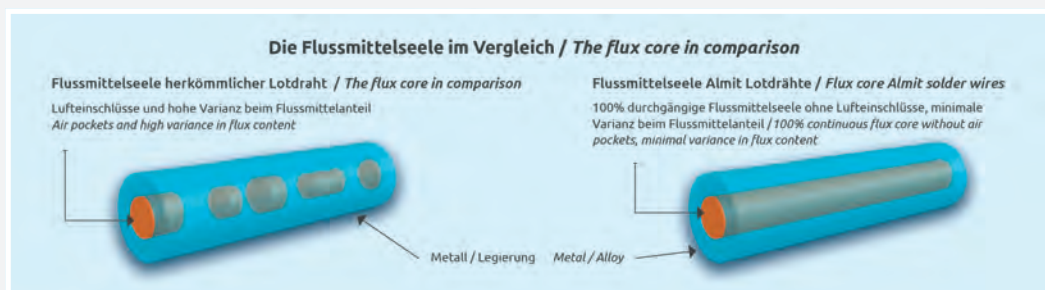


Bild 1. Almit-Lötendrähte verfügen über eine 100% durchgängige Flussmittelseele.

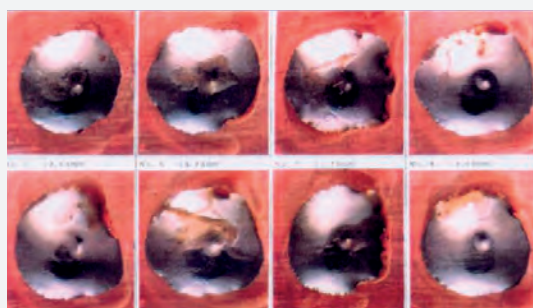


Bild 2. Links sind die Lötspitzen eines herkömmlichen Lötendrahts (Flussmittelseele mit Luftinschlüssen) zu sehen. Rechts die Lötspitzen eines Almit-Lötendrahts (100% durchgängige Flussmittelseele ohne Luftinschlüsse).

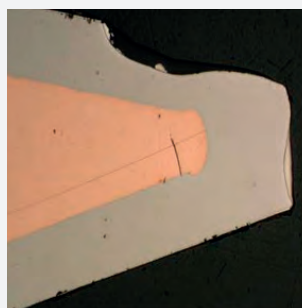


Bild 3. Ergebnis nach 20.000 Lötungen: Links der Lötspitzenverschleiß mit herkömmlichem Lötendraht. Rechts der Lötspitzenverschleiß mit Almit-Lötendraht LFM-23 S.

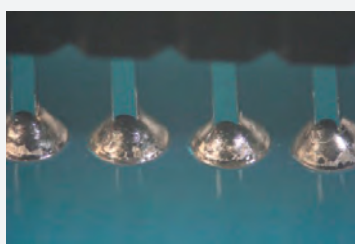
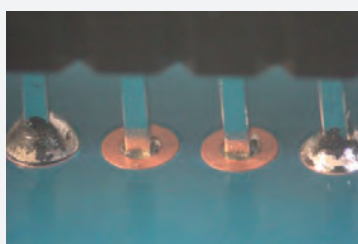


Bild 4. Links das Ergebnis von Through-Hole-Löten mit herkömmlichem Lötendraht, rechts mit Almit-Lötendraht SRS-ZL.

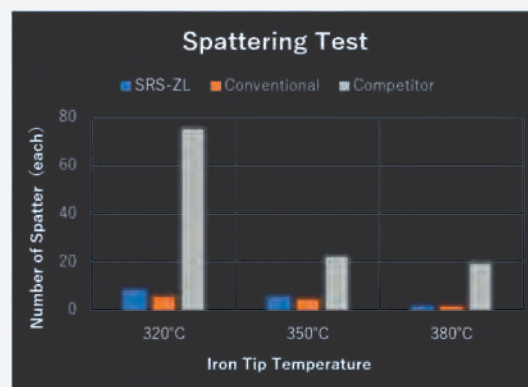
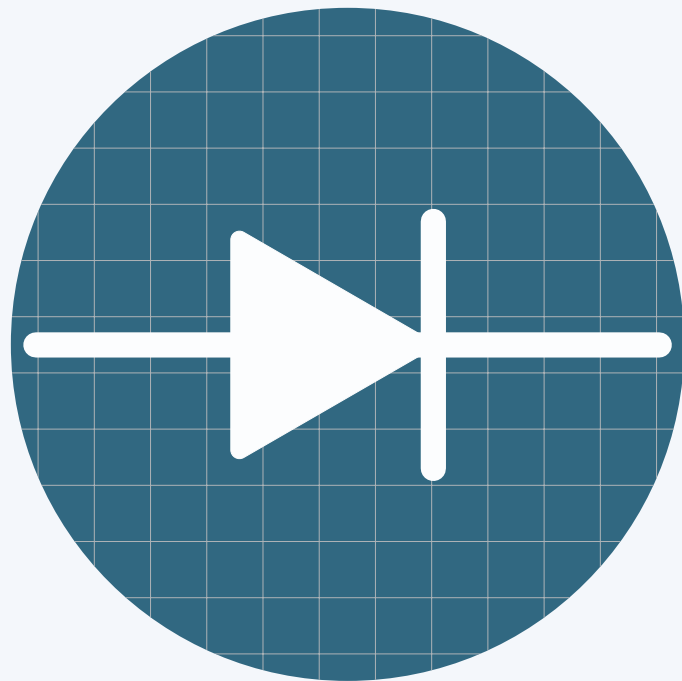


Bild 5. Der Lötendraht SRS-ZL führt zu besonders wenigen Flussmittelspritzern.

EMV- und Effizienz- Optimierung von High-Power- DC/DC- Konvertern



Von Andreas Nadler (Würth Elektronik)

Bei DC/DC-Schaltreglern mit relativ hohen Ein- & Ausgangsströmen ist u.a. die Wahl der passenden Kondensatoren-Technologie, Speicher-Induktivitäten, Schaltfrequenz und Halbleiter entscheidend für den resultierenden Wirkungsgrad. Ein Schaltregler mit hohem Wirkungsgrad ist aber nur dann marktreif, wenn dieser auch alle notwendigen EMV-Richtlinien einhält, bzw. das Endprodukt in welchem dieser eingesetzt wird. Hierzu müssen am Ein- & Ausgang oftmals noch passende Filter eingeplant werden, um die Störaussendung zu reduzieren. Bei hohen Eingangs- & Ausgangsströmen ist es jedoch schwierig einen Kompromiss zwischen Effizienz, Baugröße, Dämpfung und Kosten der Filter sowie der eigentlichen Leistungsstufe zu finden. Am Beispiel eines 100 W Buck-Boost DC/DC-Designs soll beschrieben werden, welche grundlegenden Überlegungen, Layouthinweise und Bauelemente man benötigt, um einen solchen Kompromiss zu finden.

Zunächst zu den geforderten Eckdaten des Schaltreglers. Die Ausgangsleistung von 100 W soll mit einem Wirkungsgrad von mehr als 95 % umgesetzt werden. Mit einer variablen Eingangsspannung von 14 – 24 V soll eine Ausgangsspannung von 18 V mit einer sehr geringen Restwelligkeit von weniger als 20 mV_{pp} erreicht werden. Das Design sollte möglichst kompakt und kosteneffizient sein, dabei aber alle Richtlinien der Klasse B nach CISPR32 einhalten. Es soll auf jegliche Schirmung verzichtet werden, die Anschlusskabel am Eingang und Ausgang des Wandlers haben je 1 m Länge. Aufgrund dieser strikten Anforderungen ist es unerlässlich, ein sehr niederinduktives, kompaktes Layout zu erstellen und passend zum Wandler abgestimmte Filter zu integrieren. Betrachtet man die EMV, sind die Kabel am Eingang & Ausgang die dominanten Antennen im Frequenzbereich bis 1 GHz. Da ein moderner 4-Switch-Buck-Boost Konverter je nach Betriebsart am Eingang, als auch am Ausgang (Bild 1) hochfrequente Stromschleifen aufweist, müssen beide mit Filtern versehen werden.

So soll verhindert werden, dass die hochfrequenten Störungen, die durch schnelle Schaltvorgänge der MOSFETs entstehen, über die Kabel geleitet und ebenfalls abgestrahlt werden können. Als Schaltregler kommt der LT 3790 von Linear Technology (Analog Devices) bei einer Schaltfrequenz von 400 kHz zum Einsatz. Dieser verfügt über einen Eingangsspannungsbereich von bis zu 60V_{DC}, eine einstellbare Schaltfrequenz und kann 4 externe MOSFETs ansteuern. Somit ist eine hohe Flexibilität im Design gewährleistet. Die Leiterplatte ist sechslagig und doppelseitig bestückt. Als MOSFETs werden kompakte 60 V CSD18532Q5B von Texas Instruments mit geringem R_{DS(on)}, R_{th} und ESL-Package verwendet.

Auswahl der Komponenten des Schaltreglers

Auswahl der Drossel

Mit Hilfe der Simulationssoftware **REDEXPERT** lässt sich schnell, einfach und präzise die passende Drossel finden (Bild 2). Der Vorteil der Spulenauswahl mit REDEXPERT ist, dass verschiedene Bauteile

nicht nur anhand ihrer offensichtlichen Daten (Baugröße, Nennstrom etc.) vergleichbar sind, sondern auch noch anhand der komplexen AC & DC-Verluste, sowie der resultierenden Bauteilerwärmung verglichen werden können. Dazu müssen die Betriebsparameter (V_{in} , f_{sw} , I_{out} , V_{out} , ΔI) zunächst für den Buck-, und ein zweites Mal für den Boost-Betrieb eingegeben werden. Der Stromripple soll dabei ca. 30 % des Nennstromes betragen. Im Buck Betrieb ergeben sich eine größere Induktivität und ein kleinerer maximaler Spitzenstrom (7,52 μ H / 5,83 A). Im Boost-Betrieb ergeben sich hingegen eine kleinere Induktivität, aber dafür ist der maximale Spitzenstrom größer (4,09 μ H / 7,04 A). In dem vorliegenden Fall fiel die Wahl auf eine geschirmte Spule der WE-XHMI Serie mit 6,8 μ H und 15 A Nennstrom. Aufgrund der modernen Fertigungstechnologie hat diese einen sehr geringen R_{DC} und äußerst kompakte Abmaße von nur 15 x 15 x 10 mm³ (L/B/H). Die innovative Kernmaterialmischung erlaubt zudem ein weiches und temperaturunabhängiges Sättigungsverhalten.

Auswahl der Ein- und Ausgangskondensatoren

Aufgrund der hohen Pulsströme durch die Abblockkondensatoren und der geforderten niedrigen Restwelligkeit ist eine Kombination aus Aluminium-Polymer- und Keramikkondensatoren die beste Wahl. Durch die Festlegung des maximal erlaubten Spannungsrippels am Ein- und Ausgang lassen sich mithilfe der folgenden Formel die benötigten Kapazitäten berechnen.

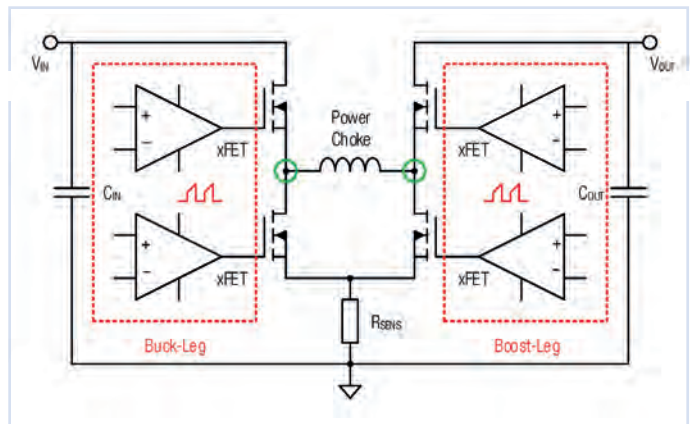


Bild 1: Prinzip Schaltbild der hochfrequenten $\Delta I/\Delta t$ Schleifen und der kritischen $\Delta V/\Delta I$ Schaltknoten je nach Betriebsmodus des Konverters.

$$C_{in} \geq \frac{D \cdot (1-D) \cdot I_{outmax}}{\Delta V_{inpp} \cdot f_{sw}} = \frac{0,78 \cdot (1-0,78) \cdot 5,5A}{100 \text{ mV}_{PP} \cdot 400 \text{ kHz}} = 21 \mu F$$

D in der Formel ist der Tastgrad (duty cycle) und wird vom REDEXPERT vorgegeben. Als passendes Bauteil für den Kondensator wurden sechs WCAP-CSGP 885012209048 mit 4.7 μ F / 50 V / X7R gewählt (28,2 μ F). Mithilfe von REDEXPERT lässt sich einfach und schnell das DC-Bias der MLCCs bestimmen, wodurch sich ein deutlich praxisnäherer Wert ergibt: Durch den DC-Bias ist mit einer um 20 % geringeren Kapazität bei 24 V Eingangsspannung zu rechnen, somit ergibt sich eine effektive Kapazität von nur noch 23 μ F, was aber immer noch ausreichend ist. Parallel zu den Keramikkondensatoren wird noch ein 68 μ F / 35V WCAP-PSLC Aluminium-Polymer-Kon-

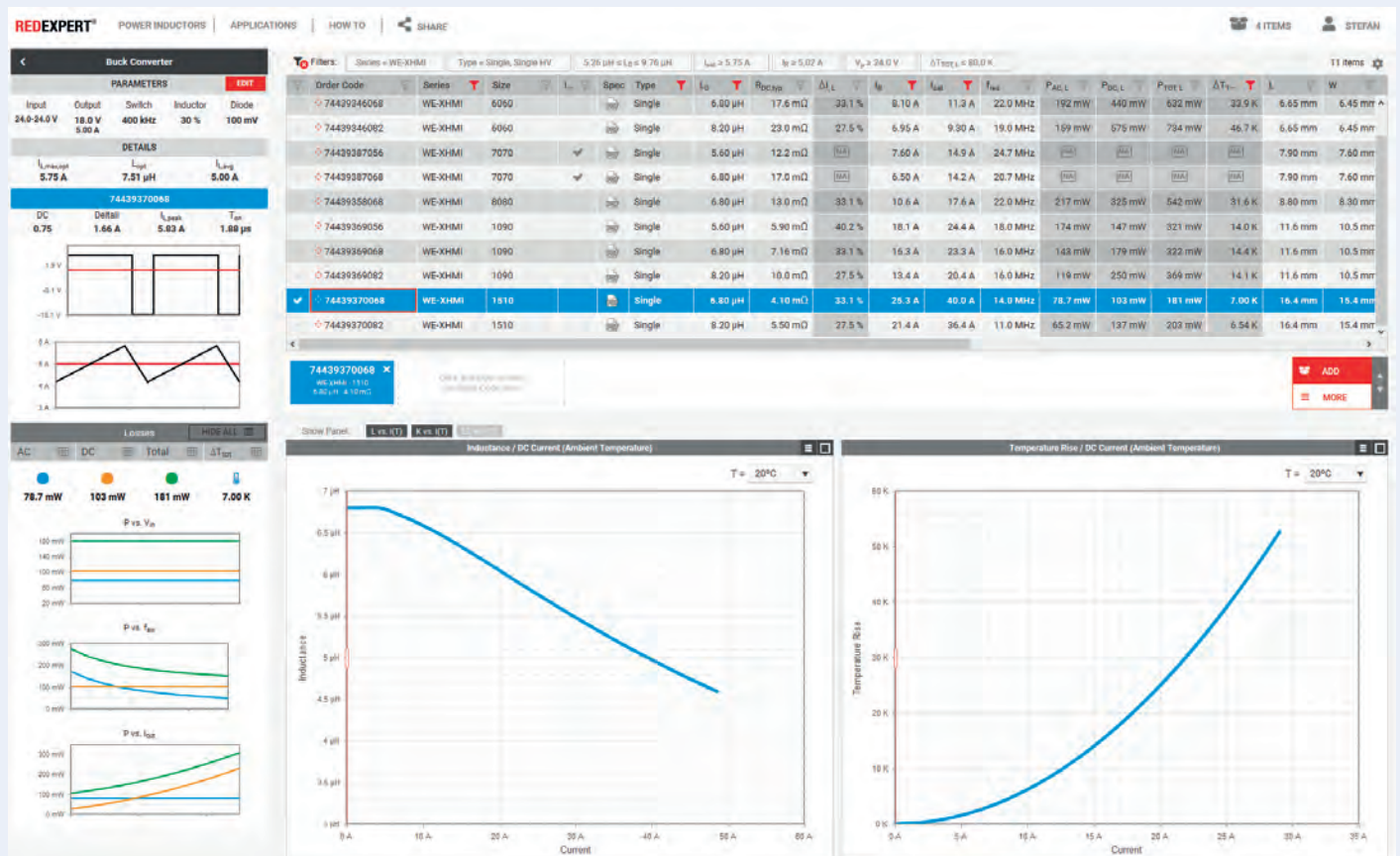


Bild 2: REDEXPERT Simulation (Buck Betrieb) der WE-XHMI 74439370068

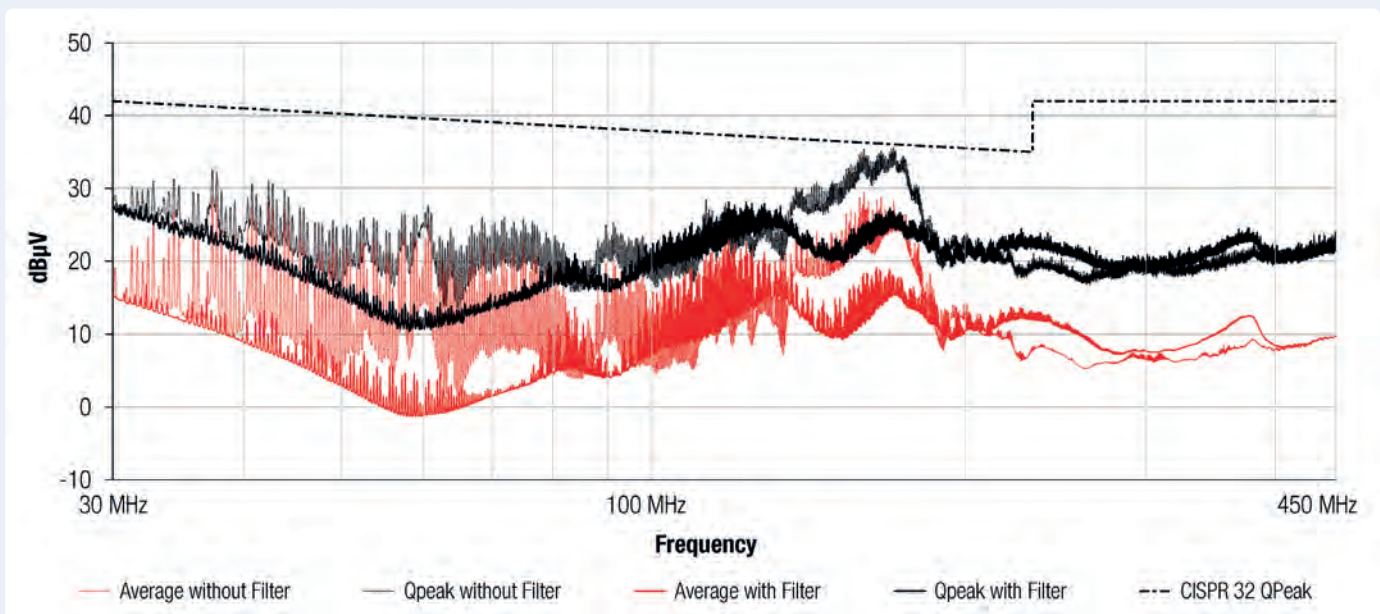


Bild 3: Messung der gestrahlten Störaussendung mit und ohne Filter am Ein- & Ausgang. Es kann über den gesamten Messbereich genug Abstand zum Grenzwert (Horizontal & Vertikal) eingehalten werden.

densator mit einem 0,22 Ω SMD-Widerstand in Reihe geschaltet. Dies dient zur Einhaltung der Stabilität in Bezug auf die negative Eingangsimpedanz des Spannungswandlers in Kombination mit dem Eingangsfilter (mehr Informationen zu diesem Thema finden sie unter www.we-online.de/ANP044). Da dieser Kondensator auch hohen Pulsströmen ausgesetzt ist, ist in diesem Fall ein Aluminium-Elektrolyt-Kondensator weniger gut geeignet, da sich dieser durch den höheren ESR sehr stark erwärmen würde.

Analog dazu wird die Ausgangskapazität berechnet:

$$C_{OUT} \geq \frac{\Delta I_{L_{BuckMode}}}{8 V_{OUT_{ripple}} \cdot f_{SW}} = \frac{1,66 A}{8 \cdot 20 mV \cdot 400 kHz} = 25 \mu F$$

Der Wert für $\Delta I_{L_{BuckMode}}$ wird auch hier vom REDEXPERT vorgegeben und auch hier werden sechs 4,7 μF Kondensatoren eingeplant und mit REDEXPERT wird der Kapazitätsverlust bestimmt. Der Wert von 24 μF (ca. 15% DC Bias) ist auch hier noch ausreichend. Zusätzlich wurde ein Aluminium-Polymer Kondensator vorgesehen (WCAP-PSLC 220 μF / 25 V), um eine ausreichend schnelle Reaktionsfähigkeit bei aufkommenden Transienten gewährleisten zu können.

Layouthinweise

Bei der Erstellung des Layouts müssen einige Punkte beachtet werden. So sollten die Eingangs- & Ausgangsschleifen (Stromschleifenfläche!), welche einen hohen $\Delta I / \Delta t$ -Wert verursachen, durch die örtlich enge Anordnung der Abblock-Keramikkondensatoren sehr kompakt gehalten werden. Die Bootstrap-Schaltung sollte kompakt und nahe am Schaltregler-IC angeordnet sein. Zur Entkopplung der internen Spannungsversorgung des Schaltreglers ist ein breitbandiges Pi-Filter notwendig und um eine niederinduktive und niederohmige Verbindung zu den inneren Power-GND-Lagen und der Platinenunterseite herzustellen, ist der Einsatz möglichst vieler Durchkontaktierungen (Vias) wichtig. Große Kupferflächen im Layout bieten zwar eine hervorragende Wärmesenke und einen geringen R_{DC} , allerdings dürfen diese v.a. an den beiden „heißen“ $\Delta I / \Delta t$ Schaltknoten nicht unnötig groß werden, um keine kapazitiven und induktiven Kopplungen zu benachbarten Schaltkreisen zu erzeugen.

Weitere Layouthinweise und eine ausführliche Analyse des Designs finden sie unter www.we-online.de/ANP049.

Auswahl der Bauteile des Eingangs- und Ausgangsfilters

Die Bauelemente für die Filter müssen so ausgewählt werden, dass eine breitbandige Entstörung von 150 kHz bis 300 MHz erreicht werden kann. So soll die zu erwartende leitungsgeführte und gestrahlte EMV Emission ausreichend gedämpft werden. Der Filteraufwand kann jedoch reduziert werden, wenn am Eingang bzw. Ausgang keine, oder kürzere Kabel verwendet werden.

Neben der Einfügungsdämpfung ist es bei den hier benötigten hohen Strömen besonders wichtig, dass die induktiven Bauelemente einen möglichst geringen R_{DC} haben, um die Effizienz und die Eigenerwärmung in einem akzeptablen Bereich zu halten. Ein geringer R_{DC} bedeutet oftmals leider auch, eine größere Bauform, daher ist es auch hier besonders wichtig, auf modernste Bauelemente zurück zu greifen, die einen hervorragenden Kompromiss zwischen R_{DC} , Impedanz und Baugröße bieten.

Besonders geeignet ist in diesem Fall die Serie WE-MPSB, als auch eine kompakte Bauform der Serie WE-XHMI.

Bei den kapazitiven Filter-Bauelementen im Bereich über 10 μF kann man günstige Aluminium-Elektrolyt-Kondensatoren (wie z.B. WCAP-ASLI) verwenden. Werden im Filterbereich wirkungsvolle Induktivitäten eingesetzt, die die Rippelströme bereits durch eine hohe Impedanz stark reduzieren können, ist ein größerer ESR unproblematisch. Ein höherer ESR bewirkt eine geringere Filtergüte und beugt somit unerwünschten Resonanzen vor.

Die zusätzlichen Verluste durch die Filter ergeben sich durch die Ohmschen Verluste der Induktivitäten und betragen am Ausgangsfilter $I^2 R_{DC} = 5,5 A^2 30 m\Omega = 907 mW$ und am Eingangsfilter $I^2 R_{DC} = 7 A^2 18,4 m\Omega = 902 mW$.

EMV-Messungen

Um die Filterwirkung demonstrieren und beurteilen zu können, wurde der Konverter einmal ohne und einmal mit Filtern gemessen. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen das Ergebnis. Wie zu erwarten war, lassen sich die Grenzwerte der leitungsgebundenen Störungen trotz guten Design ohne Filter nicht einhalten. Im Bereich der gestrahlten Störun-

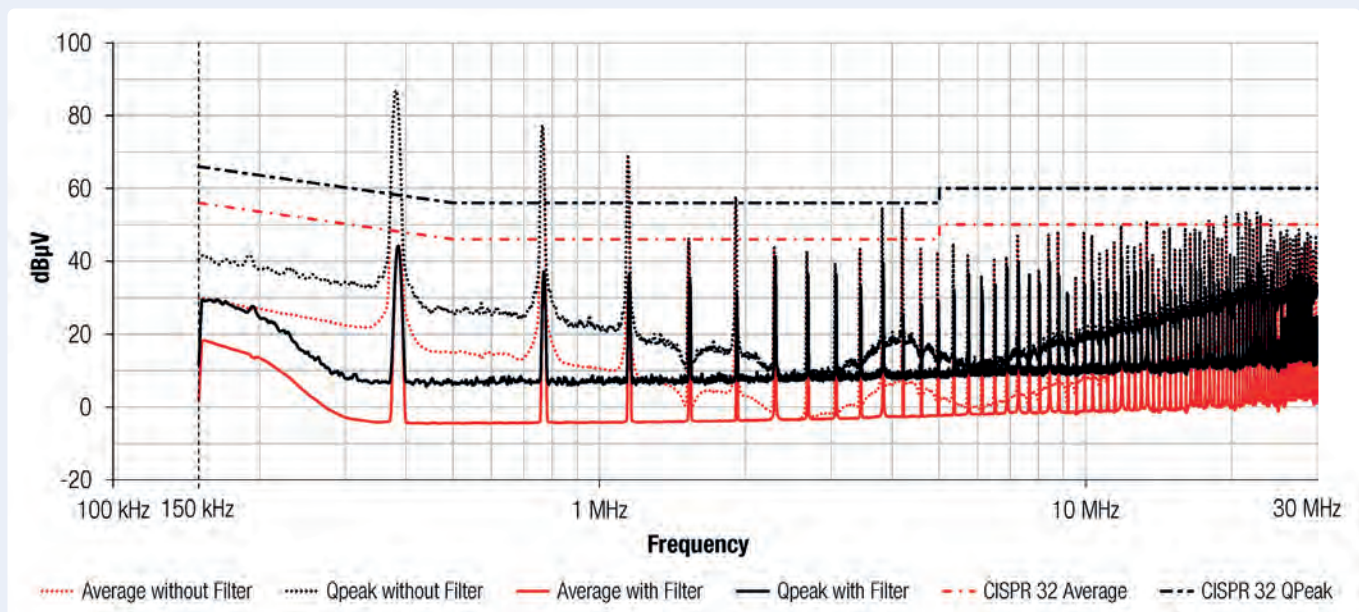


Bild 4: Messung der leitungsgebundenen Störungen mit und ohne Filter am Eingang. Es werden sowohl der Average als auch der Quasi Peak Grenzwert über den gesamten Messbereich eingehalten

gen liegen die Werte zwar knapp an der Grenze können aber keinen Puffer mehr gewährleisten. Ganz anders sehen die Messungen mit Filter aus, hier wurden die Grenzwerte über den gesamten Frequenzbereich unterschritten.

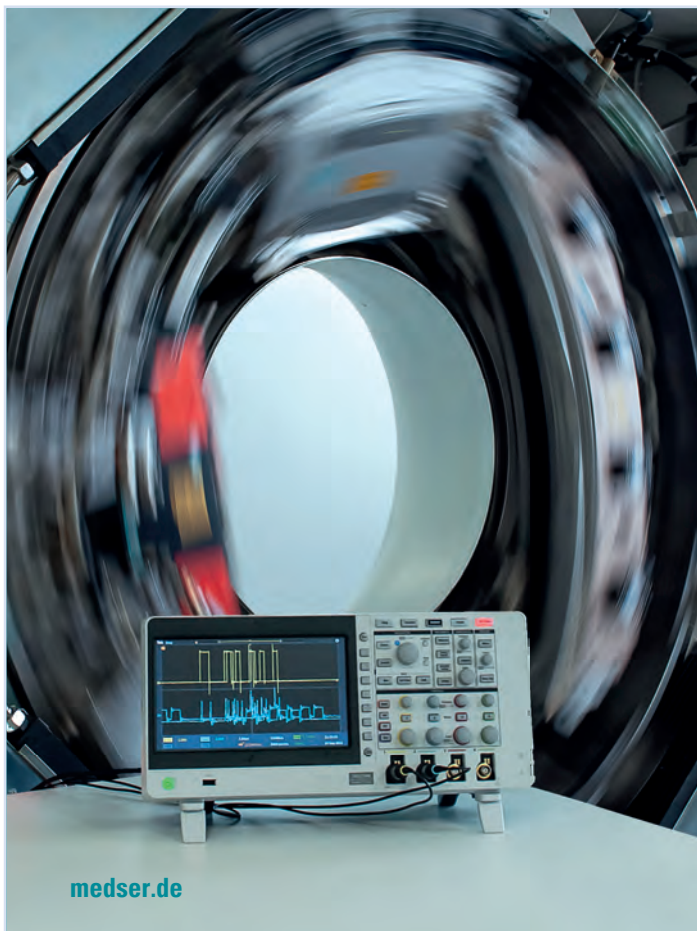
Messung der Temperatur und Effizienz mit Filter bei 100W P_{out} ($T_a = 22^\circ\text{C}$)

Die maximale Temperatur wurde mittels Wärmebildkamera gemessen und liegt unter 64°C , was genügend Reserve für höhere Umgebungstemperaturen, sowie einen geringen Stress für die Bauele-

mente bedeutet. Der Wirkungsgrad bewegt sich ebenfalls auf einem sehr hohen Niveau (Buck-Mode: 96,5 %; Boost-Mode: 95,6 %) v.a. wenn man bedenkt, dass hierbei alle Bauelemente für die Filter bereits berücksichtigt sind.

Wie anhand der Ergebnisse zu sehen ist, kann ein Klasse B konformer DC/DC-Konverter mit den geforderten Vorgaben (lange Leitungen, fehlende Schirmung, etc.) nicht ohne passend abgestimmte Eingangs- und Ausgangsfilter realisiert werden. Für mehr Informationen zu dem vorliegenden Design und Details besuchen Sie www.we-online.de/ANP049.

210559-02



MEDSER
Medical Services

LUST, DIESEN CT ZU REPARIEREN?

Dann bewerben Sie sich als

ELEKTRIKTECHNIKER/-INGENIEUR
(m/w/d)

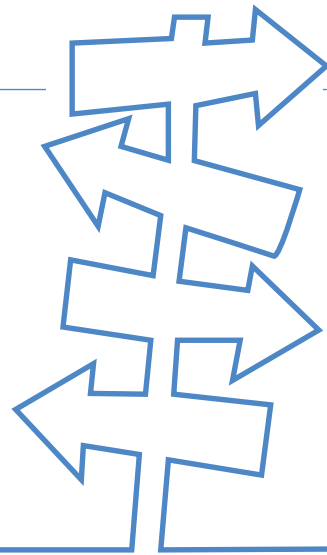
Sie finden und beheben Defekte mit Herzblut, elektronische Schaltungs- und Messtechnik sind für Sie wie erweiterte Körperteile und Verantwortungsbewusstsein sowie wissenschaftliches Vorgehen sind Teil Ihrer DNA? Dann sollten wir uns unterhalten, denn wir suchen Menschen wie Sie.

Ihre Fragen beantwortet unsere
Bewerberhotline gerne schon vorab:
+49 61 04 408 84-212 oder
karriere@medser.de.
Auch nach Feierabend.

SCANNEN & BEWERBEN



Problem gelöst, neue Möglichkeiten eröffnet



Ein Beitrag von Balver Zinn

Im Zuge von Entwicklungsarbeiten zur Behebung eines Problems beim Siebdruck ist es manchmal möglich, eine Lösung zu entwickeln, die nicht nur das ursprüngliche Ziel erreicht, sondern auch unerwartete neue Vorteile für die Hersteller zahlreicher oberflächenmontierter Produkte bietet.

Ein Beispiel hierfür ist ein Forschungsprojekt, das mit dem Ziel gestartet ist, die Lötkegelnbildung in der Mitte des Chips zu minimieren, die während des Reflowprozesses auftritt, wenn das Lot vom Rand eines oberflächenmontierten Bauteils herausgedrückt wird und im weiteren Verlauf des Reflowprozesses nicht mehr unter das Bauteil zurückfließt. Das Projekt hat nicht nur das ursprüngliche Problem gelöst, sondern auch zur Entwicklung einer vielseitigen neuen Flussmittelpattform mit einem der breitesten Anwendungsspektren in der Branche geführt. Bevor die Flussmittelformulierung entwickelt worden ist, hat man ein völlig neues Produktionsverfahren entwickelt. Nur so lassen sich die hohen Anforderungen an das neue Flussmittel erfüllen, das robust, partikelfrei, reaktionsarm und vor allem vielseitig sein soll. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Das neue Flussmittel JEAN-151 kann derzeit mit acht verschiedenen Legierungen und drei Pulvergrößen, T3, T4 und T5, ohne Änderungen kombiniert werden. Damit gehört die JEAN-151 zu einer der vielseitigsten Flussmittelpattformen mit einem der breitesten Anwendungsspektren in der Branche.

Das ursprüngliche Projektziel war die Verbesserung der Konturenstabilität, also der Fähigkeit der Lotpaste ihre extrudierte Form und Klebrigkeit auf der Leiterplatte auch bei steigenden Temperaturen über einen längeren Zeitraum beizubehalten (**Bild 1**). Verfügt eine Paste nicht über eine ausreichende Konturenstabilität, kann sie bei steigenden Reflowtemperaturen zusammenfallen. Ein Zustand, der als „Hot Slump“ bekannt ist und das Risiko des „Mid-Chip Solder Balling“ erhöht. Ein weiteres Projektziel war es, die Lebensdauer der gedruckten Paste und die Gesamtlebensdauer zu verlängern, um eine Verbesserung des Druckprozesses zu erzielen. Das Flussmittel spielt in der Lotpaste eine entscheidende und wichtige Rolle. Es bildet eine homogene Suspension mit dem Lotpulver, schützt das Pulver vor Oxidation und soll chemisch

nicht reaktiv sein. Nur so können die rheologischen Eigenschaften, die dynamische Viskosität, die Konturenstabilität und damit die Thixotropie der Lotpaste gewährleistet werden. Dabei ist zu beachten, dass die Verwendung unterschiedlicher Legierungen und Pulvertypen einen enormen Einfluss auf die Thixotropie hat (**Bild 2**).

Zudem ist eine gute Haftfähigkeit und Temperaturstabilität des Flussmittels erforderlich um eine ausreichende Aktivierung bis zur Peak-Zone bei den höheren Temperaturen im bleifreien Reflowprozess zu ermöglichen. Durch die Kombination von hoch- und niedrighschmelzenden Harzen in Verbindung mit höhersiedenden Lösungsmitteln werden die „Hot Slump“-Eigenschaften verbessert und damit eine höhere Temperaturstabilität erreicht.

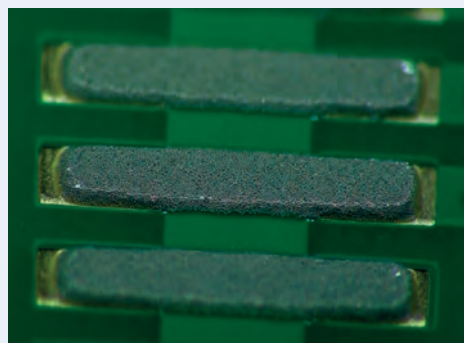
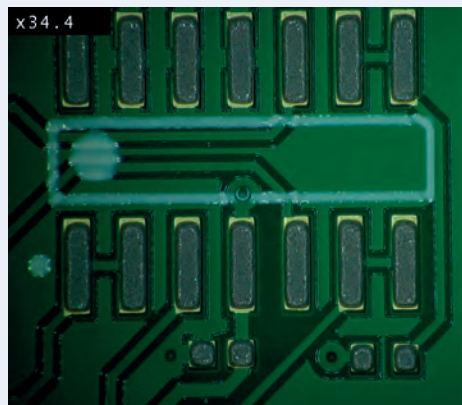


Bild 1. Lotpastendepot.

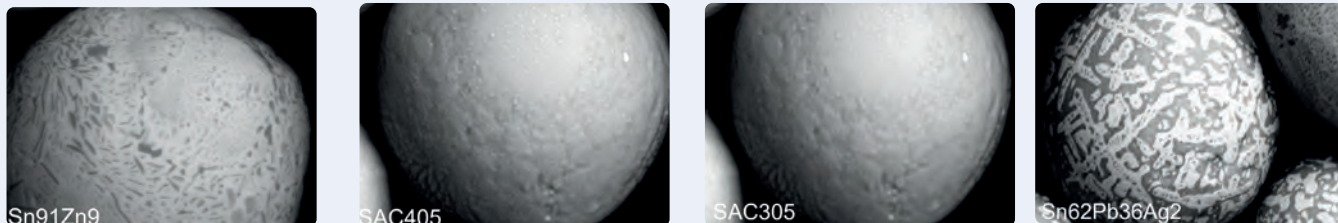


Bild 2. Lotkugeltopographie verschiedener Legierungen.

Zunächst ist mit der silberhaltigen, bleifreien Standardlegierung SAC305 (SnAg3.5Cu0.5) mit der Pulver Korngröße T4 (20-38µm) gearbeitet worden. SAC305 hat einen Schmelzbereich von 217-219°C und ist für Luft-, Stickstoff- und Dampfphasenanwendungen geeignet. Nach dem Bestehen aller internen Tests mit SAC305 T4 durch JEAN-151, das gemäß J-STD-004 als ROL0 klassifiziert ist, hat sich gezeigt, dass der entscheidende, gewünschte Forschungsdurchbruch gelungen ist. Seitdem sind umfangreiche Kundenevaluierungen an 19 verschiedenen Standorten durchgeführt worden. Das Ergebnis der Tests sind mehr als 300 Bilder, Röntgenaufnahmen und Berichte, die alle die Wirksamkeit des neuen Systems bestätigen.

Die Lotpaste weist stabile und reproduzierbare Druckeigenschaften mit einer hervorragenden Druckdefinition und Konturenstabilität auf. Hinzu kommen 48 Stunden Klebkraft, eine garantierte Schablonenlebensdauer von 24 Stunden sowie eine lange, ungekühlte Standzeit von 300 Stunden bei 25-30°C. Gemäß der IPC-610-Norm ist ein Void-Anteil von weniger als 30% und eine gute Benetzung aller Komponenten, einschließlich Edge-QFNs, im Luft-, Stickstoff- und Dampfphasenlöten auf zahlreichen Oberflächen, wie ENIG, bleihaltigem und bleifreiem HASL, OSP, Immersion Sn und Immersion Ag, festgestellt worden. In einem Langzeittest mit 0402-Bauteilen und kleineren Die-Öffnungen sind an einem Teststandort keine Lötkekeln in der Mitte des Chips festgestellt worden (**Bilder 3a, 3b**). Darüber hinaus ist die gedruckte Paste über einen neunstündigen Arbeitstag stabil geblieben und hat eine Standzeit von einem Monat erreicht. Die Flussmittelrückstände sind klar und können durch Conformal Coating abgedeckt oder gereinigt werden.

Parallel zur offiziellen Markteinführung von JEAN-151 SAC305 T4, mit einer Haltbarkeit von sechs Monaten, auf der productronica 2019 hat sowohl das unermüdliche F&E-Team der Balver Zinn, als auch die Anwendungsingenieure vom technischen Support, allen voran Henk Mathijssen von der Cobar Division, hart an dem Projekt gearbeitet. Seitdem ist das „Baby“ JEAN-151 SAC305 T4 zu einem ausgereiften Produktportfolio mit einer Haltbarkeit von zwölf Monaten und acht verschiedenen Legierungen herangewachsen.

Balver Zinn & Cobar wird das komplette Portfolio auf der kommenden productronica 2021 vorstellen:

- > JEAN-151 SAC305 T3, T4 and T5
- > JEAN-151 SN100CV. T4
- > JEAN-151 SnIn6Ag3.5Bi0.5 T4
- > JEAN-151 SCAN-Ge071 T3, T4
- > JEAN-151 SN100C® T3, T4
- > JEAN-151 SAC0307 T4
- > JEAN-151 SnPb36Ag2 T3, T4
- > JEAN-151 SnPb37 T3, T4

Die Legierung SAC305 (SnAg3.0Cu0.5) hat sich zur weltweiten Standardlegierung für das Reflowlöten entwickelt (**Bilder 4a, 4b**,

4c). Sie kann sowohl für Hightech- als auch für industrielle Anwendungen eingesetzt werden. Derzeit ist JEAN-151 in Kombination mit SAC305 in den Pulvergrößen T3, T4 und T5 erhältlich. An T6 wird bereits gearbeitet.

SN100CV. (SnBi1.5Cu0.7NiGe) ist eine durch Nihon Superior patentierte Legierung auf Basis von SN100C®. In Kombination mit JEAN-151 ist SN100CV. mit dem Pulver T4 erhältlich. Die Zugabe von Bismut hat eine Erhöhung der Festigkeit um 30% zur Folge. Somit ist SN100CV. eine höherfeste, thermisch stabile Legierung für High-Tech und Industrie anwendungen.

SnIn6Ag3.5Bi0.5, auch als SABI Legierung bekannt, ist eine hochzuverlässige Legierung für High-Tech Anwendungen. Die Zugabe von 6% Indium verleiht der Legierung hervorragende Scherfestigkeitseigenschaften bei der Alterung der Lötstelle und somit zu einer besseren Zuverlässigkeit im Vergleich zu anderen Legierungen. Darüber hinaus eignet sich SnIn6Ag3.5Bi0.5 aufgrund des niedrigen Schmelzbereichs zwischen 202-210°C für wärmeempfindliche Bauteile und Substrate. SCAN-Ge071 (SnAg1Cu0.7NiGe) ist eine mit Nickel und Germanium dotierte, silberreduzierte Legierung mit einem Schmelzbereich von 217-225°C. SCANGe071 ist mit Pulvertypen T3 und T4 lieferbar und erzeugt matte Lötstellen mit einem feinkörnigen, homogenen Gefüge. Durch den großen Schmelzbereich eignet sich SCAN-Ge071 hervorragend, um Grabsteineffekte zu minimieren. SCAN-Ge071 ist der ideale Kompromiss zwischen SAC305 und SAC0307 und sehr gut für Industrie anwendungen einsetzbar.

SN100C® (SnCu0.7NiGe) ist eine nickelstabilisierte, eutektische Zinn-Kupfer-Legierung und in den Pulvertypen T3 und T4 erhältlich ist. Die silberfreie Legierung ist die preisgünstigste, bleifreie Legierung, die mit JEAN-151 kombiniert werden kann. SN100C® ist für Standard-, Industrie- und High-Tech Applikationen einsetzbar.

SAC0307 (SnCu0.7Ag0.3), ist eine kostengünstige Legierung mit niedrigem Silbergehalt und mit Pulver Typ 4 für Standardanwendungen erhältlich.

Die Zinn-Blei-Legierungen SnPb37 und SnPb36Ag2 werden seit Jahrzehnten in der Elektronikindustrie verwendet. Sie haben sich als zuverlässig erwiesen und weisen hervorragende mechanische Eigen-



Bild 3a.
MELF mit Mid-Chip-Lotkugeln.



Bild 3b.
MELF ohne Mid-Chip-Lotkugeln.

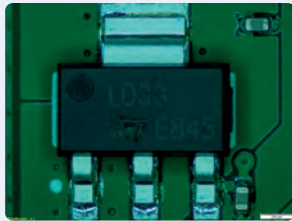


Bild 4a.
Luft: JEAN-151 SAC305 T4.

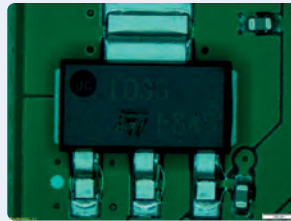


Bild 4b.
Stickstoff: JEAN-151 SAC305 T4.

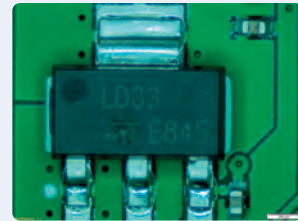


Bild 4c.
Dampfphase: JEAN-151 SAC305 T4.

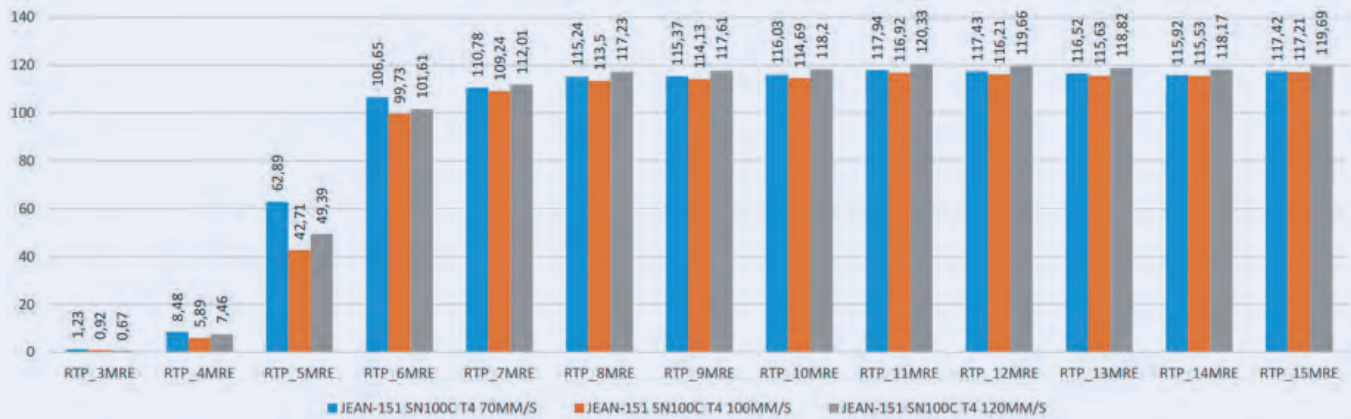


Bild 5. Lotdepotvolumina: Druckergebnis auf rechteckigen Pads bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

schaften auf. Beide Legierungen sind mit Pulvertyp T3 und T4 erhältlich. Zinn-Blei-Lote werden weiterhin in der Luft- und Raumfahrt und für militärische Anwendungen eingesetzt.

Die ausgereifte JEAN-151-Flussmittelformulierung bietet in Kombination mit den derzeit acht qualifizierten Legierungen ein breites Prozessfenster. Unabhängig von der verwendeten Legierung oder Pulverkörnung sind Druckgeschwindigkeiten von 30 bis 120 mm/s möglich. Höhere Geschwindigkeiten können eine Feinabstimmung des Prozesses erfordern. Selbst 6mil (0,15 mm) Schablonenöffnungen (6MRE) werden bei hohen Druckgeschwindigkeiten ausreichend mit JEAN-151 SAC305 T4 Lotpaste gefüllt (Bild 5).

Während der Haltbarkeitsverlängerungsprüfungen der JEAN-151-Lotpasten sind verschiedene Chargen mittels SPI (solder paste inspection) geprüft worden. Nachfolgend sind die Lotpastendepots einer 15 Monate alten JEAN-151-Lotpaste dargestellt (Bild 6). Selbst neun Monate nach Ablauf des Verfallsdatums zeigt die JEAN-151-Paste eine ähnliche Druck- und Löteigenschaft wie direkt nach der Produktion.

Mit dieser breiten Palette an Legierungsvarianten, die auf Basis der einzigartigen, vielseitigen JEAN-151 Flussmittelpattform zur Verfügung stehen, können sich die unsere Kunden auf eine beständige, verbesserte Prozessleistung bei einer Vielzahl von Anwendungen verlassen.

Für die Balver Zinn Gruppe verdeutlicht die Entwicklung eines neuen Flussmittels, das ursprünglich zur Lösung des Prozessproblems der Bildung von Lötugeln in der Mitte des Chips entwickelt worden ist und seiner Weiterentwicklung, zur Unterstützung eines

möglichst breiten Spektrums verschiedener Legierungen, den Wert kontinuierlicher Forschung.

Da immer wieder neue Anforderungen vom Markt generiert werden, geht die Forschung weiter um die neuen Aufgaben zu erfüllen. So wie sich die Prozesse für die oberflächenmontierten Bauteile weiterentwickeln, so entwickeln sich auch die Branchen weiter, die sie unterstützen und beliefern.

210585-02

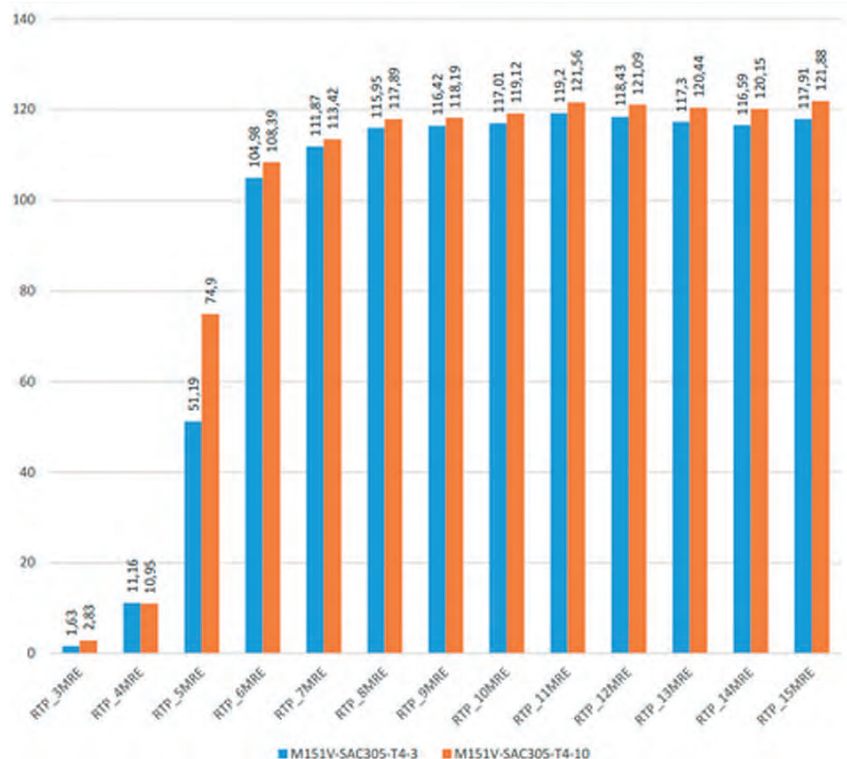


Bild 6. Druckeigenschaften bei Alterung / Ablauf: DoM 07.06.2019.

eloprint stellt vor: *eine neue* Prüfadapter-Generation

Ein Beitrag von eloprint

Die neue Prüfadapter-Bauweise „BAL“ des 3D-Druck-Start-Ups ermöglicht das Programmieren und Prüfen von Leiterplatten auf kleinstem Raum mit höchster Individualität und der Option auf doppelseitige Kontaktierung.

3D-Druck ist nicht nur eine preiswerte Art Prüfadapter herzustellen, er ermöglicht auch herausragende Lieferzeiten und individuelle Adaptionen für Baugruppen mit beliebigem Formfaktor.

Durch das neue Design „BAL“ sind eloprints Prüfadapter nun robuster gebaut und haben geringeren Verschleiß. Eine kugelgelagerte Linearführung ermöglicht zudem eine doppelseitige Kontaktierung der Leiterplatten. Mit Fangstiften werden Platinen über ihren Rand oder durch Bohrungen positioniert und auf eine gefederte Trägerplatte aufgelegt. Beim Einlegen des Prüflings besteht kein Kontakt zu den Prüfnadeln im darunter liegenden Nadelbett. Durch Betätigung des Hebels wird der individuelle Niederhalter von oben nach unten gefahren und die Platine linear auf die Prüfnadeln gedrückt. Bestückte Komponenten werden dabei berücksichtigt.

Bei Bedarf kann in den Niederhalter ein zweites Nadelbett integriert werden, was eine doppelseitige Kontaktierung des Prüflings ermöglicht.

Die „BAL“-Bauweise wurde speziell für kleine Platinen entwickelt. Größere Leiter-

platten werden weiterhin mit den bewährten „PRL“-Adaptoren kontaktiert. Anders als bei herkömmlichen Prüfadaptoren wird hier der Nadelträger durch Betätigung eines Hebels nach oben zur Platine bewegt.

Funktionale Prüfadapter werden innerhalb von ein bis drei Wochen geliefert. Traditionelle Systeme können bei mehrmonatiger Entwicklungszeit schnell ein Vielfaches der Kosten verursachen.

Beim Entwicklungsprozess werden individuelle Kundenwünsche berücksichtigt: Schalter, Stecker, Anbauteile etc. stellen kein Problem dar.

Die voraussichtlichen Kosten lassen sich auf der eloprint-Website (eloprint.de) individuell berechnen. Dabei werden auch die Kosten für die Entwicklung und Ferti-

gung transparent ausgewiesen, sodass sich automatisch Mengenrabatte ergeben.

Trotz der Corona-bedingt erschwerten Auftragslage konnte eloprint im Jahr 2020 seinen Umsatz signifikant steigern und viele neue Kunden gewinnen, was dem Start-Up ein stetiges Wachstum und die Weiterentwicklung seiner Produkte ermöglicht.

Zu den Kunden von eloprint zählen sowohl kleine wie auch mittelständische und große Unternehmen aus diversen Branchen. Nachdem man sich ein festes Kunden Netzwerk von neuen und wiederkehrenden Kunden aufgebaut hat, ist es zukünftig geplant, sich im deutschen Raum weiter zu etablieren und im internationalen Markt Fuß zu fassen. Hierzu soll auch das Produktportfolio weiter ausgebaut werden.

210553-02



eloprint
get connected

Spezialisten für *Embedded MP3-Module, Embedded-Technologien* und die *Entwicklung kundenspezifischer Module*

Fakten

- > 2005 gegründet
- > 500 Kunden weltweit
- > 25.000 gelieferte Audio-Module
- > 50.000 Baugruppen im Einsatz



XBOX Modul.



ULTRA 2 MP3-Player.



Kundenspezifisches MP3-Recorder-Board.

Ein Beitrag von Loetronic

Anfangen im Jahr 2005 als kleines Ingenieurbüro in Aachen hat sich Loetronic mit eigenen Audiomodulen (Stichwort „Embedded MP3“) längst einen Namen gemacht. In den letzten Jahren ist die Firma konstant gewachsen, hat neue Mitarbeiter eingestellt und stetig die Aufgabenbereiche erweitert. Neben den bekannten Fallguy MP3-Modulen wurden so zunehmend kundenspezifische Steuerungen entwickelt und in kleinerer und größerer Serie gebaut.

Im Vordergrund der Tätigkeiten von Loetronic steht die Entwicklung von Hard- und Software, meistens auf Mikrocontrollerbasis. Das Knowhow reicht dabei von der Schaltplan- und Layout-Erstellung bis zur Mikrocontroller-Programmierung in Assembler, C und Python. Daneben werden immer öfter auch bekannte Linux-basierte Einplatinencomputer (Raspberry Pis) und Android-basierte Endgeräte (Smartphone, Smartwatches und Tablets) programmiert. Last but not least erstrecken sich die Programmierfähigkeiten auch auf Windows-basierte Programme, meist zur Ansteuerung der eigenen Hardware.

Die gewonnenen Erfahrungen bei der Vernetzung diverser elektronischer Steuerungen und der Audiomodule hat auch dazu geführt, dass sich Loetronic intensiv mit der Entwicklung von Schnittstellenelektronik, -adaptern und einer Vielzahl an sogenannten Black-Boxes beschäftigt hat. Diese werden oft dort eingesetzt, wo zwei verschiedene Systeme miteinander verbunden werden müssen, die erst einmal keine gemeinsame Schnittstelle besitzen. Dabei kommt in den Black-Boxes oft eine Vielzahl verschiedener Schnittstellentechnologien unter. Ob es sich um Schnittstellen auf Leiterplatineebene (I2C, UART, SPI, 1-Wire, ...), kabelgebundene Schnittstellen zwischen Geräten (RS-232, RS-485/-422, CAN, USB, LAN, ...) oder funkgebundene Schnittstel-

len (WLAN, Bluetooth, proprietäre Funkstandards) handelt, Loetronic hat sie bereits umgesetzt. Ebenso gilt dies natürlich auch für Protokolle, die es auf Softwareebene zu implementieren gilt.

Neben den intellektuellen Fähigkeiten rund um die Entwicklung von Elektronik und elektronischen Baugruppen bietet Loetronic auch eigene Fertigungsstätten für die Leiterplattenbestückung (SMD + THT) im Kleinserienbereich an. Bei größeren Serien kann und wird auf einen Pool an erfahrenen EMS-Dienstleistern zurückgegriffen, mit denen Loetronic in den letzten Jahren erfolgreich kooperiert hat. Neben „Developed in Germany“ wird bei Loetronic auch „Made in Germany“ großgeschrieben!

Über Loetronic

Diese Expertise an Entwicklungs-Knowhow bietet Loetronic jeder interessierten Firma an, die neue und innovative elektronische Produkte auf den Markt bringen möchte, aber nicht über eine eigene Entwicklungsabteilung verfügt. Schnelligkeit, Präzision und natürlich auch Diskretion zeichnen Loetronic dabei aus! Sprechen Sie uns an!

LOETRONIC

Krantzstraße 7 | 52070 Aachen | Germany
Tel: +49. 241. 44 64 78 40
www.loetronic.com

Moritz Schwarz,
Inhaber und Gründer.

Das World Ethical Electronics Forum 2021

Das erste *World Ethical Electronics Forum* (WEEF) findet am 18. November 2021 in München statt. Die Live-Veranstaltung wird Präsentationen und eine Diskussionsrunde zu einigen der wichtigsten ethischen Fragen der Elektronikindustrie umfassen. Die Inhalte in diesem Abschnitt sollen die Grundlage für Debatten und nachdenkliche Diskussionen über Schlüsselthemen wie umweltfreundliches Design, Ethik in der Unternehmenskultur, grüne Elektronik und Aktivitäten der sozialen Verantwortlichkeit von Unternehmen bilden.



Ziele für eine
nachhaltige
Entwicklung

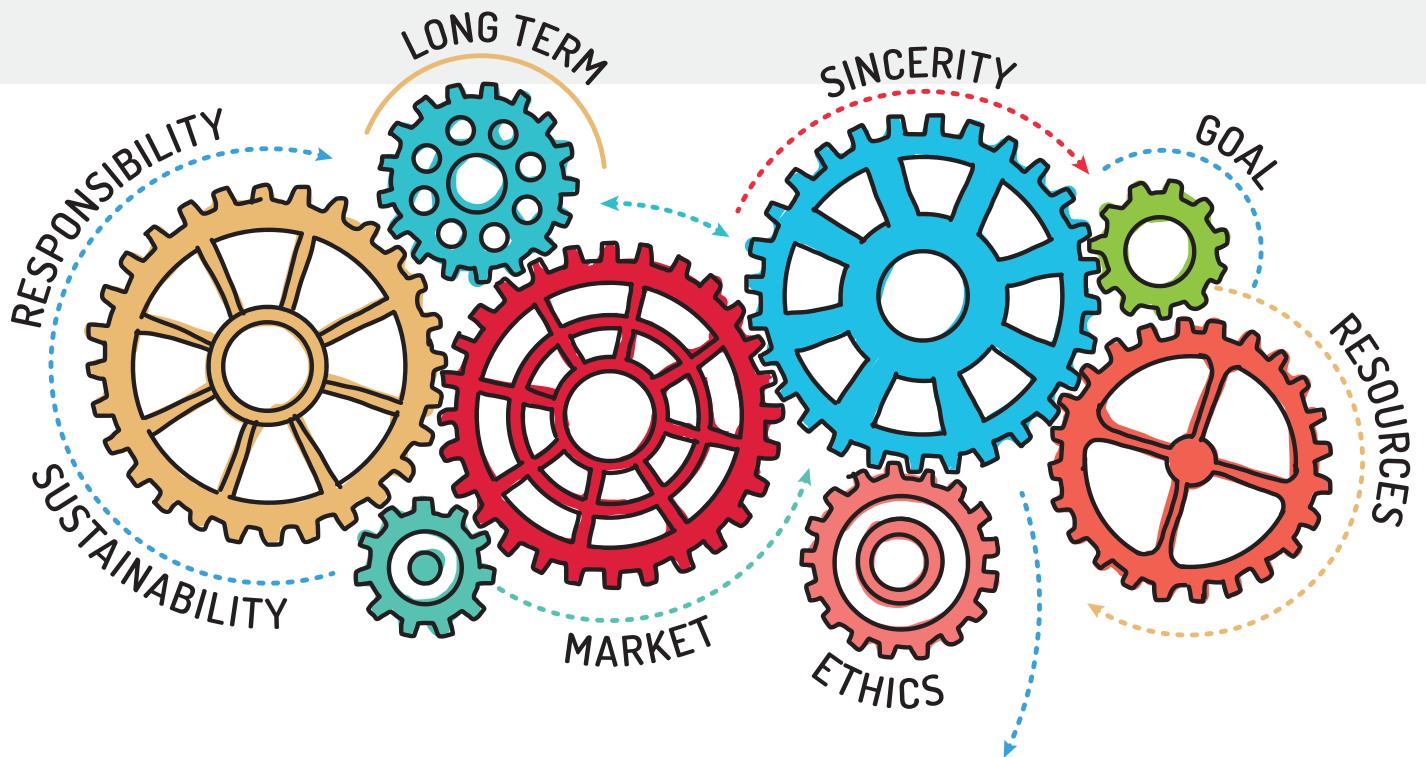
136



Der europäische Green Deal
- Batterien inklusive

134

- > Die Elektronikindustrie und ihr ethisches Engagement
 - > Ethik in der Elektronik 2022
- Firmen und Personen
 - > Klimaneutral in 2021:
Jedes Jahr zählt!
- Und vieles mehr!



Ethik in der Elektronik 2022 – Firmen und Personen

Von der Elektor-Redaktion

Als das Elektor-Team sich auf die Premiere des World Ethical Electronics Forum vorbereitete, fühlten wir uns jedes Mal ermutigt und inspiriert, wenn wir von einer Firma oder einer prominenten Person im Bereich Elektronik erfuhren, die sich proaktiv mit einem wichtigen ethischen Thema auseinandersetzt. Im Folgenden stellen wir einige dieser anregenden und progressiven Initiativen vor.

Wie stellen sich die Unternehmen der Elektronikindustrie zu den wichtigsten ethischen Fragen unserer Zeit? Einige Hersteller konzentrieren sich auf die Verringerung von CO₂-Emissionen, während andere wichtige Ressourcen für die Ausbildung in Mathematik, Ingenieurwesen, Naturwissenschaften und Technik (MINT) bereitstellen. Doch wie kann der Einzelne etwas bewirken? Einige Ingenieure entwickeln hilfreiche Projekte, während andere öffentlich für intelligente Lösungen werben.

In diesem Artikel und im World Ethical Electronics Forum Index (WEEF-Index) stellt Elektor einige zukunftsorientierte Firmen und Einzelpersonen vor. Wir heben Unternehmen hervor, die in besonderem Maße die Vielfalt in der Belegschaft fördern, sowie Ingenieure, die ihren lokalen Communities bei der Bewältigung der COVID-19-Krise helfen. Die aufgeführten Unternehmen und Personen beweisen, dass es möglich ist, Innovationen voranzutreiben und gleichzeitig proaktiv an der Verbesserung der Welt zu arbeiten.

Schließen Sie sich Elektor und dem gesamten WEEF-Team an und beobachten Sie diese bemerkenswerten Unternehmen und Influencer des Jahres 2022, während sie weiter um eine ethischere, nachhaltigere und sozial verantwortlichere Elektronikindustrie bemühen. Wir laden Sie auch herzlich dazu ein, an der Premiere des World Ethical Electronics Forum am 18. November 2021 teilzunehmen. Registrieren Sie sich hierzu unter www.elektormagazine.com/weef.

Interessante Unternehmen und Persönlichkeiten

In den letzten zwei-drei Jahren haben die folgenden Unternehmen ihr Engagement für die Verbesserung von Gesellschaft, Industrie und/oder Umwelt unter Beweis gestellt:



Analog Devices: Verpflichtung zu Netto-Null-Emissionen

Vincent Roche, CEO

Kann ein großes globales Unternehmen zum

Ziel beitragen, bis zum Ende des Jahrzehnts CO₂-neutral zu werden? Zum Beispiel durch einen Beitrag zum Erreichen von Netto-Null-Emissionen bis zum Jahr 2050? Der Halbleiterkonzern Analog Devices hatte im August 2021 Maxim Integrated übernommen und glaubt, dass beide Ziele erreicht werden können. Im April dieses Jahres unterzeichnete Analog Devices die Business Ambition der Vereinten Nationen zum 1,5-°C-Ziel. „Der Klimawandel stellt eine der größten Bedrohungen für unsere Gesellschaft dar, und dieses Jahrzehnt ist entscheidend dafür, ob es uns gemeinsam gelingt, das Ruder herumzureißen. Um die globale Erwärmung auf 1,5 °C zu begrenzen, bedarf es einer gemeinsamen globalen Anstrengung - und die Zeit zum Handeln ist jetzt“, so Vincent Roche, CEO von Analog Devices in einer Presseerklärung [1]. Analog Devices will bis zum Jahr 2025 seinen gesamten Betrieb auf erneuerbare Energien umstellen.



Vincent Roche, Analog Devices
(Bild: Analog Devices)

Avnet: 100 Geschenke

Phil Gallagher, CEO

Avnet setzt seine Tradition karitativer Engagements auch im Jahr 2021 fort. Im Rahmen der Feier zum 100-jährigen Bestehen hat Avnet in diesem Jahr die Kampagne „100 Acts of Giving“ gestartet, in deren Rahmen 100.000 \$ an förderungswürdige gemeinnützige und nichtstaatliche Organisationen gespendet werden.

„Im Rahmen dieser Kampagne wird Avnet im Jahr 2021 insgesamt 100.000 \$ an 100 förderungswürdige gemeinnützige Organisationen spenden“, heißt es auf der Avnet-Website [2]. Zu den geförderten gemeinnützigen Organisationen gehören die Aktion Deutschland Hilft (Hilfe für die Flutopfer in Deutschland), die Arizona Educational Foundation, BTSCD (Back to School Clothing Drive), Epilepsy Research UK, Treasures 4 Teachers und Waukesha Food Pantry. Auf der Centennial-Central-Website von Avnet (www.centennialcentral.com) können Sie mehr über Avnet, die Avnet-Geschichte und die Kampagne 100 Acts of Giving erfahren.



Phil Gallagher, Avnet
(Bild: www.avnet.com).

Keysight Technologies: Verpflichtung zu CSR

Die Veröffentlichung vom Juli 2020 mit dem Titel „Keysight unterstützt die SDGs der Vereinten Nationen“ (SDGs = Social Development Goals) stellte Keysight Technologies seine CSR-Vision (Corporate Social Responsibility = soziale Unternehmensverantwortung) vor und erläuterte eigene Bemühungen zur Unterstützung der Ziele

für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen. In diesem Jahr hat Keysight einige Initiativen im CSR-Bereich in einem Blog hervorgehoben. Im Beispiel „Pride is More Than a Month: The Role of LGBTQ+ Allies in Business“ erklärte Marie Hattar, CMO (Chief Marketing Officer) von Keysight, was es bedeutet, ein Verbündeter von LGBTQ+ zu sein. „Als ich gebeten wurde, die Mitarbeiternetzwerkgruppe LGBTQ+ von Keysight zu leiten, ergriff ich diese Gelegenheit“, schrieb sie [3]. „Heute fühle ich mich als Mitglied des Keysight-Führungsteams zutiefst verpflichtet, eine Ressource und sichtbare, lautstarke Verbündete zur Unterstützung von LGBTQ+ Teammitgliedern, anderen Gruppen und unseren breiten Bemühungen um Integration und Vielfalt zu sein.“ Weitere Informationen zu CSR-Aktivitäten finden Sie auf der Seite von Keysight.

Microchip Technology: Bessere ethische Bedingungen

Im Jahr 2020 gab Microchip Technology seinen Beitritt zur RBA (Responsible Business Alliance) bekannt, einer gemeinnützigen Vereinigung mit Sitz in Alexandria, Virginia, USA, die sich für die Verbesserung der sozialen, ökologischen und ethischen Bedingungen in globalen Lieferketten einsetzt. „Die Prinzipien der sozialen Verantwortung von Unternehmen sind ein grundlegender Bestandteil der DNA von Microchip. Wir engagieren uns in jedem Aspekt unseres Geschäfts und unserer Tätigkeit für die Menschenrechte, die Ethik sowie die Gesundheit und Sicherheit weltweit“, verkündete Ganesh Moorthy, Präsident und CEO, auf der Website des Mikrochip [4]. „Zusammen mit anderen RBA-Mitgliedern haben wir uns auf eine Reihe gemeinsamer Werte geeinigt, die eine klare Botschaft des Engagements an die globalen Zulieferer und an unsere Kunden senden.“ Microchip wurde von Forbes in die Liste „America's Best Employers for Diversity“ des Jahres 2021 aufgenommen.

Mouser Electronics: Empowering von Ingenieuren der Zukunft

Glenn Smith, CEO

Viele der weltweit erfolgreichsten Ingenieure für Elektronik und kreative Robotik haben ihre Leidenschaft für diese Themen schon in der Schule entdeckt. Im Mai 2021 bekräftigte Mouser Electronics sein Engagement für junge Innovatoren, als Mouser sein Sponsoring des FIRST-Robotik-Wettbewerbs bekannt gab. „Seit den bescheidenen Anfängen von Mouser spielte Bildung immer eine Schlüsselrolle“, sagte Kevin Hess, Senior Vice President of Marketing bei Mouser, in einer Ankündigung [5]. „Wir freuen uns sehr, seit 2014 ein starker Unterstützer des FIRST-Robotik-Wettbewerbs zu sein. Die Organisation bietet Schülern eine Plattform für Innovationen und eine



Glenn Smith, Mouser
(Bild: Mouser)

Chance zum Erlernen wertvoller technischer Fähigkeiten und dabei Charakter und Selbstwertgefühl zu stärken.“ Zur Unterstützung des Wettbewerbs hat Mouser das *Kit of Parts* gesponsert, zusätzlich zur „Bereitstellung von Zuschüssen für lokale High-School-Teams.“

NXP Semiconductors: Künstliche Intelligenz & Ethik

Wenn man über KI nachdenkt, dauert es nicht lange, bis etliche ethische Fragen auftauchen. Natürlich sind Datensicherheit und Schutz der Privatsphäre von entscheidender Bedeutung. Ende 2020 startete NXP Semiconductors mit Sitz in Eindhoven, Niederlande, eine KI-Initiative, die sich auf die ethische Entwicklung von KI-Komponenten konzentriert. In einem Whitepaper mit dem Titel „The Morals of Algorithms“ beschreibt NXP ein „umfassendes Rahmenwerk für KI-Prinzipien: Nichtschädlichkeit, menschliche Autonomie, Erklärbarkeit, Kontinuierlich Aufmerksamkeit & Wachsamkeit sowie inhärente Privatsphäre und Sicherheit“. Diese Prinzipien sind in den Unternehmenswerten von NXP, den ethischen Richtlinien und einer langen Tradition bei der Herstellung einiger der weltweit anspruchsvollsten, sicheren Geräte verwurzelt [6]. Die Initiative unterstreicht das Engagement von NXP für die Anwendung ethischer Prinzipien und die Gewährleistung der Sicherheit seiner Edge-Geräte.

Renesas Electronics Corporation: UNGC-Unterzeichner

Mit der Unterzeichnung des UNGC (United Nations Global Compact) im April 2021 bekräftigte Renesas sein Engagement für Nachhaltigkeit und unternehmerische Verantwortung. Laut einer Presseerklärung richtet Renesas „seine Nachhaltigkeitsstrategie an den zehn

UNGC-Prinzipien in den vier Bereichen Menschenrechte, Arbeit, Umwelt und Korruptionsbekämpfung aus“. Zu den Prinzipien gehören die Achtung der Menschenrechte, die Abschaffung von Kinderarbeit, die Förderung der Entwicklung umweltfreundlicher Technologien, der Kampf gegen Korruption und vieles mehr. „Als Unternehmen mit globaler Präsenz und rund 19.000 Mitarbeitern weltweit sind wir uns unserer Verantwortung für gesellschaftliche und ökologische Bedürfnisse bewusst“, sagte Hidetoshi Shibata, CEO von Renesas, in einer Erklärung [7]. „Wir verpflichten uns zu sicheren Arbeitsplatz und den Schutz der Rechte unserer Mitarbeiter sowie zur Entwicklung umweltbewusster Produkte, die einen positiven Einfluss auf unseren Planeten haben.“

Rohde & Schwarz: Intelligentes Umweltmanagement

Christian Leicher, Geschäftsführer

Der internationale Elektronikkonzern Rohde & Schwarz ist vor allem für seine elektronischen Testgeräte bekannt und hat einen innovativen Ansatz für nachhaltiges Facility Management. Das Entwicklungszentrum in München kommt ohne Klimaanlage aus. „Stattdessen wird es mit Grundwasser gekühlt, eine Lösung, die in den Sommermonaten mindestens 20.000 kWh Energie spart“, erklärt Rohde & Schwarz auf seiner Website. „Der Münchner Standort von Rohde & Schwarz beteiligt sich zudem seit mehreren Jahren am städtischen ÖKOPROFIT-Programm, das die kontinuierliche Verbesserung der Umwelt und des Umweltmanagements zum Ziel hat. Regelmäßige Umwelt- und Energieaudits helfen bei der Identifikation von Verbesserungspotenzialen [8].“ Mehr über das Umweltengagement von Rohde & Schwarz erfahren Sie unter www.rohde-schwarz.com.

WEBLINKS

- [1] Analog Devices, „Analog Devices Advances Climate Strategy and Commits to Net Zero Emissions by 2050“, 12. April 2021: <https://bit.ly/analog-climate-strat>
- [2] Avnet, „Reaching Further Together“: <https://bit.ly/avnet-reach>
- [3] Keysight, „Pride is More Than a Month: The Role of LGBTQ+ Allies in Business“, 21. Juni 2021: <https://bit.ly/keysight-pride>
- [4] Microchip Technology, „Corporate Responsibility“: <https://bit.ly/microchip-corp-resp>
- [5] Mouser Electronics, „Mouser Electronics Empowers Next Generation of Engineers by Sponsoring FIRST Robotics Competition for Youth“, 4. Mai 2021: <https://bit.ly/mouser-next-gen-engineers>
- [6] NXP, „NXP Launches AI Ethics Initiative“, 6. Oktober 2020: <https://bit.ly/nxp-ai-ethics>
- [7] Renesas, „Renesas Becomes a Signatory of United Nations Global Compact“, 21. April 2021: <https://bit.ly/renesas-signatory-global>
- [8] Rohde & Schwarz, „Our Commitment to the Environment“: <https://bit.ly/Rohde-Schwarz-environment>
- [9] STMicroelectronics, „STMicroelectronics to be Carbon Neutral by 2027“, 9. Dezember 2020: <https://bit.ly/stmicro-carbon>
- [10] A. Fox, „Deadly Floods Rip Apart Western Germany, Claiming At least 165 Lives“, SMITHSONIANMAG.COM, 19. Juli 2021: <https://bit.ly/smithsonian-germany-floods>
- [11] E. Jansen, „Elektor Helps 2.0“: <https://www.elektormagazine.de/news/elektor-helps-2-0>
- [12] Elektor, „World Ethical Electronics Forum (WEEF): Fokus auf nachhaltige Entwicklung, nicht nur auf Profite“, 24. Juni 2021: <https://bit.ly/3IOUxx5>

STMicroelectronics: Beschleunigung der Nachhaltigkeit

Jean-Marc Chery, CEO

STMicroelectronics betreibt eine umfassende Website, die sich auf die jährlichen Nachhaltigkeitsberichte des Unternehmens konzentriert (<https://sustainabilityreports.st.com/sr21/>). Eines der wichtigsten, dort beschriebenen Ziele ist, dass STMicroelectronics bis zum Jahr 2027 klimaneutral werden soll. „Neben der Pandemie bleibt der Klimawandel die größte globale wirtschaftliche und ökologische Herausforderung“, erklärt das Unternehmen. „Trotz der Situation im Jahr 2020 haben wir unsere Ziele für eine nachhaltige Entwicklung vorangebracht und einen Fahrplan entwickelt, um



Jean-Marc Chery, STMicroelectronics
(Bild: www.st.com)

bis 2027 klimaneutral zu werden. Dies ist ein wichtiger Schritt in unserem Engagement zur Bekämpfung des Klimawandels - ein globaler Kampf, der kollektives Handeln erfordert.“ STMicroelectronics plant folgende Maßnahmen: Verringerung der direkten Treibhausgasemissionen durch Investitionen in Anlagen; Verringerung des Gesamtenergieverbrauchs; Verringerung der Emissionen aus Produkttransporten und Mitarbeiterreisen; Verringerung der verbleibenden Emissionen durch die Umsetzung von Programmen zur CO₂-Reduktion [9].

10527-01

Elektor-Initiativen: Helps & WEEF 2021

Elektor startete verschiedene Initiativen, um einen Beitrag zur Verbesserung unserer Branche, der Umwelt und der Gesellschaft zu leisten. Elektor Helps und das wegweisende World Ethical Electronics Forum (WEEF) im Jahr 2021 sind zwei bemerkenswerte Beispiele.



Elektor Helps

Nicht lange nach Beginn der COVID-19-Krise im Jahr 2020 haben wir die Initiative Elektor Helps ins Leben gerufen, um unsere Mitgliedern, Lieferanten und Kunden zu unterstützen. „Wir sind stolz darauf, dass wir in den vergangenen Monaten mit so vielen Interessenten zusammengearbeitet haben“, erklärt Erik Jansen, Geschäftsführer von Elektor. „Es war eine wunderbare Mischung aus Solidarität und Chancen, aus der mehr wurde, als wir uns vorstellen konnten. Wir werden sie so lange wie nötig unterstützen, denn mit dem richtigen Fokus können wir dieses Virus gemeinsam besiegen“ [11].



WEEF 2021

Elektor nimmt Ethik in der Elektronik ernst. Um wichtige ethische Themen mit unserem globalen Publikum zu besprechen, haben wir das erste World Ethical Electronics Forum 2021 ins Leben gerufen (www.elektormagazine.com/weef). Die Veranstaltung findet am 18. November 2021 statt. Nach dem WEEF 2021 werden wir weiterhin wichtige Themen beleuchten, vom umweltfreundlichen Platinendesign bis hin zur Bedeutung von Initiativen zur Unternehmensverantwortung [12].



Tipp: Seien Sie sich Ihrer Kaufkraft bewusst

Durch kluge Kaufentscheidungen – ganz gleich, ob Sie lediglich an Wochenendprojekten arbeiten oder ob Sie eine Elektronik-Firma leiten – können Sie die Umwelt, die Arbeitsbedingungen oder die Gesellschaft im Allgemeinen positiv beeinflussen. Wollen Sie dabei sein? Wenn ja, können Sie sich mit den Geschäftsprozessen und ethischen Standards der Unternehmen zu befassen, die Ihnen Bauteile, Werkzeuge und technische Services anbieten. Hier ein paar einfache Fragen, die Sie sich stellen können:

- Legen Ihre bevorzugten Bauteile-Distributoren, Platinen- und Gerätehersteller Wert auf ethische Geschäftspraktiken?
- Hat Ihr bevorzugtes Mikrocontroller-Unternehmen ein klares CSR-Programm?
- Respektieren die Unternehmen, deren Software Sie nutzen, den Datenschutz und die Sicherheit der Nutzer?

Solche Fragen zu stellen und zu beantworten, mag zunächst mühselig erscheinen. Aber Sie können das vereinfachen, wenn Sie Ihre

Kaufentscheidungen von Fall zu Fall betrachten. Hier sind einige hilfreiche Einsichten von vorausschauenden Ingenieuren und informierten Führungskräften:

- **Erik Jansen, Geschäftsführer von Elektor:** „Wir müssen aufpassen, dass wir SDG, CSR oder Nachhaltigkeit im Allgemeinen nicht zu etwas machen, das nur Wenigen vorbehalten ist. Die meisten Menschen wollen einen Beitrag zu einer besseren Welt leisten, aber diesbezügliche Terminologie von Unternehmen sagt ihnen nicht viel oder hat sogar eine bürokratische Note. Letztendlich geht es um praktische Dinge: Möglichst lokal einkaufen oder produzieren, größere Mengen kaufen, um weniger Streuverluste zu haben, Chancengleichheit und gleiche Bezahlung, weniger Abfall – Dinge, die in vielerlei Hinsicht sinnvoll und einfach zu erklären sind. Tun Sie einfach Gutes; es wird sich positiv auswirken.“
- **Felix Plitzko, CEO von Aisler:** „Wenn Sie in den USA leben und Platinen aus Europa oder dem Fernen Osten bestellen, ergibt sich ein großes Umweltproblem. Der

CO₂-Fußabdruck von Luftfracht ist im Vergleich zur Seefracht etwa 50 Mal größer. Berücksichtigen Sie also die Entfernung, und Sie sehen, dass der CO₂-Fußabdruck einer lokal produzierten Platine nur 1 % von Produktion plus des Versand aus Übersee beträgt.“

- **C. J. Abate, Content Director von Elektor:** „Jede Woche treffen sich die Ingenieure des Elektor Labor und Redakteure, um die Produkte und Tools zu besprechen, die sie für anstehende Projekte kaufen wollen. Im letzten Jahr haben wir uns vorgenommen, bei unseren Einkäufen (z.B. Werkzeuge, Platinen und Bauteile) immer auch die Umweltauswirkungen zu berücksichtigen. Dies hat uns gezeigt, dass man etwas bewirken kann, indem man sich einfach fragt: Wird sich dieser Kauf negativ auf jemanden oder die Umwelt auswirken?“
- **Eben Upton, Gründer und CEO von Raspberry Pi:** „Eine große Frage bleibt die Kreislaufwirtschaft. Wir könnten über die Kreislaufwirtschaft sprechen, wie man z.B. elektronische Bauteile effektiv recycelt, doch niemand hat eine gute Lösung dazu.“
- **Dirk Stans, Geschäftsführer von Eurocircuits:** „Bezüglich der Umweltfreundlichkeit der eigenen Firma gilt: Es ist leichter gesagt als getan, da es sich um eine kontinuierliche, tägliche Arbeit handelt. Für Kunden ist es nicht einfach, die Gültigkeit der Behauptungen eines Unternehmens zu überprüfen – vor allem, wenn sich diese Unternehmen am anderen Ende der Welt befinden. Wenn man sich auf lokale Behörden (z.B. die EU) oder auf einen Besuch bei einem Lieferanten in der Nähe verlässt, kann man sich einfacher vergewissern, ob diese Behauptungen stimmen.“



WEEF-Index:

Bemerkenswerte Unternehmen und Einzelpersonen

Man muss kein milliardenschweres Unternehmen leiten oder eine Firma mit 500 Angestellten führen, um die Umwelt oder die Elektronikindustrie zu verbessern. Das WEEF 2021-Team ist davon überzeugt, dass jeder einzelne Ingenieur, Maker und Student die Welt verbessern kann, indem er fundierte Entscheidungen über die Produkte und Dienstleistungen trifft, die er nutzt. Ein Ansatz besteht darin, mit Unternehmen zusammenzuarbeiten, deren ethische Standards mit den eigenen übereinstimmen. Ein anderer Ansatz besteht darin, sich von arbeitenden Ingenieuren und Führungskräften inspirieren zu lassen, die Ethik in der Elektronik ernst nehmen.

Wir veröffentlichen den WEEF-Index, um Unternehmen der Elektronikindustrie und Einzelpersonen der Branche hervorzuheben, die einen ethischen Ansatz in der Wirtschaft oder im Ingenieurwesen verfolgen. Weitere Informationen finden Sie unter: www.elektormagazine.com/weef.

Möchten Sie eine Firma oder eine Einzelperson in der Elektronik-Branche für die Aufnahme in den WEEF-Index vorschlagen? Kontaktieren Sie unser Team via: www.elektormagazine.com/weef.

> Aisler

> Amir Sherman (S-BD)



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

> Andrew Spitz (FROLIC Studio)

> Arduino

> Arm

> Avnet

> Dirk Akemann (SEGGER)

> Dirk Stans (Eurocircuits)

> Dr. Carsten Emde (OSADL)

> Dr. Paula Palade (Jaguar Land Rover)

> Don Akkermans (Elektor)

> Frans Timmermans (European Commission)

> Infineon Technologies

> Johannes Brenner (Leuchtturm Unternehmen)

> Keysight Technologies

> Leiton

> Johann Wiesböck (Elektronikpraxis)

> Margot Coijmans (Philips)

> Markus Brenner (brematronic)

> Microchip Technology



> NXP Semiconductors

> Priscilla Haring-Kuipers

> Prof. Dr. Stefan Heinemann
(FOM University of Applied Sciences)

> Raspberry Pi

> Renesas

> Robert Huntley (Seventy Four Hundred Technical Marketing Limited)

> **ROHDE & SCHWARZ**
Make ideas real



> Ruben van der Vleuten (FROLIC Studio)

> SEGGER

> SIGLENT

> SparkFun

> STMicroelectronics

> Texas Instruments

> Teledyne Technologies



Weltforum für Ethik in der Elektronik 2021

Die Elektronikindustrie und ihr ethisches Engagement

Von Johann Wiesböck (Chefredakteur, ELEKTRONIKPRAXIS)

Was bedeutet ethisches Handeln für Elektronikunternehmen? Welche Leitlinien, Strukturen und Konzepte fördern das Fair Play in unserer Branche? Antworten darauf gibt das erste jährliche *World Ethical Electronics Forum (WEEF)* am 18. November 2021 in München, Deutschland.

**WORLD
ETHICAL
ELECTRONICS
FORUM**

Die Menschen in der Elektronikindustrie sind sehr an ethischen Fragen im Zusammenhang mit Arbeit, Technologie und Wirtschaft interessiert. Gleichzeitig werden auch viele Unternehmen zunehmend für Fragen der sozialen Verantwortung, der Nachhaltigkeit, der Ökologie und des fairen Handels sensibilisiert. Das *World Ethical Electronics Forum* (WEEF) bietet eine Plattform für diese Themen und analysiert ethische Fragestellungen für Menschen und Unternehmen in der Hightech-Industrie - mit den Schwerpunkten *Elektronik* und *Informationstechnologie*. Es setzt sich für die intensive Diskussion, Wahrnehmung und praktische Umsetzung des Themas ein. Unabhängige Ethikexperten kommen ebenso zu Wort wie Personen aus Forschung und Lehre, aus NGOs und Verbänden sowie aus Unternehmen. Alle Forumsteilnehmer beteiligen sich aktiv an der Diskussion und der Suche nach Lösungen.

Das WEEF befasst sich mit den Grundsätzen ethischen Verhaltens, dem aktuellen Stand des Wissens und der Handhabung dieser Themen in der Branche und vergibt einen Preis an den *First Ethical Electronics Mover* für vorbildliches Handeln und *Best Practice*. Der Preis kann sowohl an Organisationen und Unternehmen als auch an Einzelpersonen verliehen werden.

Der WEEF wird von den Fachmedien *Elektor* und *ELEKTRONIK-PRAXIS* organisiert und durchgeführt und von Sponsoren finanziert. Ideelle Partner unterstützen das Ganze durch Fachwissen, Kommunikation und Infrastruktur. Der erste WEEF-Unterstützer ist die Messe München, die dem Forum auf der *productronica 2021* eine Bühne für Keynotes, Diskussionen und Preisverleihungen zur Verfügung stellt. Weitere ideelle Partner und finanzielle Förderer sind herzlich eingeladen, das *World Ethical Electronics Forum* (www.elektormagazine.com/weef) zu unterstützen.

Technologie und Ethik

Die Technik-Ethik ist ein Teil der Ethik und gehört als Wissenschaft zur Philosophie. Sie hat aber auch eine handlungsrelevante Bedeutung im Arbeitsleben eines Ingenieurs oder Technikers. Dabei gibt es folgende Kriterien zur Bewertung und Abwägung von Technik:

- Vorteile gegen Nachteile
- Nutzen gegen Schaden
- Chancen gegen Gefahren
- Eigeninteresse gegen Gemeinwohl.

Sie konfrontiert also das Handeln von Technikern und ihren Umgang mit Technik und technischen Gegenständen oder Geräten mit Fragen wie zum Beispiel:

- Ist eine bestimmte Technik gut?
- Ist das, was mit dieser Technik gemacht wird, richtig?
- Ist die Technik sicher?
- Ist die Technik für alle Menschen von Nutzen?
- Nutzt die Technologie nur einer begrenzten Gruppe von Menschen oder nur Teilen politischer Systeme, während sie andere ausschließt, oder nutzt sie nur einem Einzelnen?

Von Interesse sind nicht zuletzt auch umstrittene technische Anwendungen wie die Militärtechnologie und die so genannten

Dual-Use-Technologien, die einerseits zivilen Nutzen entfalten können, andererseits aber die Gefahr bergen, von Unrechtsregimen gegen die eigene Bevölkerung oder die Bevölkerung von Kriegsgegnern eingesetzt zu werden.

Anwendungsbereiche wie die Kernenergie oder andere Risikotechnologien sowie der technische Umgang mit natürlichen Ressourcen (z.B. Öl, Gas, Wasserkraft, Windenergie) stehen seit Jahrzehnten im Mittelpunkt technik-ethischer Überlegungen. Viele Fragen, die sich in Politik und Gesellschaft stellen, berühren die Ethik der Technik oder fordern den ethischen Umgang mit Technik heraus. Carl Friedrich von Weizsäcker wird das Zitat zugeschrieben: „Technik ist Mittel zum Zweck, nicht Selbstzweck“ [1].

Digitalisierung und Ethik

In der fortschreitenden Digitalisierung stellt sich die Frage, welchen Stellenwert der Mensch und welchen die Maschine erhält, wenn sie zum Kooperationspartner wird oder gar den Menschen ersetzt. Die Digitalisierung verändert das Selbstverständnis des Menschen in einer noch nie da gewesenen Weise. Zudem erweitert die Einführung von künstlicher Intelligenz den Kreis der moralischen Fragen. Es ist die Aufgabe der Ethik, diese moralischen Fragen zu beantworten und die betreffenden Antworten vor dem Hintergrund der disruptiven, durch Digitalisierung bedingten Veränderungen weiterzuentwickeln.



WEEF: Ziel des Forums ist es, globale Innovatoren der Elektronikbranche mit Hilfe einer offenen Diskussion über Ethik und nachhaltige Entwicklungsziele zu neuen Ideen zu inspirieren.

Was die Digitalisierung der Wirtschaft betrifft, so zeichnet sich ab, dass diese sich nicht nur auf die Produktionsprozesse in den Unternehmen beschränkt, sondern auch die vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsketten umfasst. Der gewohnten Gewinnorientierung werden in diesem Zusammenhang zunehmend pluralistische Ziele wie soziale, ökologische und gemeinwohlorientierte Bilanzen gegenübergestellt. (Buchtip: Gunter Langer, „Unternehmen und Nachhaltigkeit“, Springer Gabler, 2011, ISBN: 978-3-8349-2665-4.) Mindestens 150 Millionen Kinder arbeiten, statt zur Schule zu gehen. Fünfundzwanzig Millionen Menschen sind in Zwangsarbeit gefangen. Niemand bezweifelt ernsthaft, dass es Handlungsbedarf bei den Menschenrechten gibt. Aber wer soll die Dinge zum Besseren wenden? Die Politik? Das hat bisher nicht funktioniert.

„Wir veranstalten das WEEF gemeinsam mit Elektor, um als bekannte Medienmarke Verantwortung gegenüber den Menschen in der Elektronikbranche zu übernehmen und unsere Kommunikationsmöglichkeiten für Fairness und Nachhaltigkeit zu nutzen.“ - Johann Wiesböck (Chefredakteur ELEKTRONIKPRAXIS)

Die Unternehmen? Hier sind die Meinungen geteilt. Einige Unternehmen sind auf den Zug aufgesprungen und haben das Lieferkettengesetz, das die Politik inzwischen auf den Weg gebracht hat, vorweggenommen. Nach Ansicht der Politiker sind es aber nur 17 % der Unternehmen - das ist nicht annähernd genug.

Doch wie sollen mittelständische Unternehmen mit zehntausenden von Produkten und noch mehr Lieferanten einer zukünftigen Sorgfaltspflicht nachkommen? Versucht die Politik, den Schwarzen Peter weiterzureichen? Auch diese Fragen werden auf dem WEEF 2021 ein Thema sein.

Soziale Verantwortung der Unternehmen

Corporate Social Responsibility (CSR) ist die Verantwortung eines Unternehmens für seinen Einfluss auf die Gesellschaft. Sie umfasst soziale, ökologische und wirtschaftliche Aspekte, wie sie in einer Reihe von international anerkannten Referenzdokumenten zur Unternehmensverantwortung dargelegt sind, insbesondere in der ILO-Grundsatzerklärung für Wirtschaft und Sozialpolitik, den OECD-Leitsätzen für multinationale Unternehmen, den UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte, dem UN Global Compact oder der ISO 26000. Konkret geht es zum Beispiel um faire Geschäftspraktiken, mitarbeiterorientierte Personalpolitik, sparsamen Umgang mit natürlichen Ressourcen, Klima- und Umweltschutz, ernsthaftes lokales Engagement und Verantwortung auch in der Lieferkette [2].

Die Umsetzung von CSR unterscheidet sich von Unternehmen zu Unternehmen: CSR-Aktivitäten sind in einem produzierenden Unternehmen anders als im Einzelhandel. Der börsennotierte Konzern steht vor anderen Herausforderungen als das familiengeführte kleine oder mittlere Unternehmen mit Wurzeln in der Region. Eines ist allen, die CSR erfolgreich im Unternehmen umsetzen, gemeinsam: Ohne einen klaren Bezug zur eigenen Geschäftstätigkeit geht es nicht. Unternehmen, die ihre CSR-Aktivitäten als zusätzliche Dienstleistung sehen, die nichts mit ihrem Geschäftsmodell und ihren Kerngeschäftsprozessen zu tun hat, greifen zu kurz. Viele CSR-Handlungsfelder - darunter Mitarbeiterzufriedenheit, Energieeffizienz, Arbeitssicherheit oder Mindeststandards in der Lieferkette - sind für den Unternehmenserfolg notwendig.

Nehmen Sie an WEEF 2021 teil

Welche Bedeutung hat ethisches Verhalten für Ihr Unternehmen? Gibt es in Ihrem Unternehmen Richtlinien, Strukturen oder Konzepte, die ethisches Verhalten fördern? Welche ethischen Themen sind für Sie persönlich wichtig? Gibt es bereits Projekte oder Best-Practice-Beispiele aus Ihrem Unternehmen? Ich lade Sie ein, diese Fragen zu beantworten, uns mit Ihren Erfahrungen zu helfen und zum ersten WEEF am 18. November 2021 beizutragen.

WEEF 2021: Geplantes Programm

Die folgenden Vorträge und Programmpunkte sind derzeit für das World Ethical Electronics Forum 2021 geplant. Weitere Vorträge werden sich aus dem Call for Papers ergeben.

- Ziele und Einführung: Die Ziele der World Ethical Electronics Initiative und Vorstellung der Partner.
- Keynote: Die Elektrotechnik- und Elektronikindustrie und ihr ethisches Engagement (Prof. Dr. Stefan Heinemann, Professor für Wirtschaftsethik FOM)
- Best Practice: Viele kleine Schritte für Ökologie, Nachhaltigkeit und Fairplay (Dirk Stans, CEO Eurocircuits)
- Das Lieferkettengesetz ab 2023: Intention und Konsequenzen
- Weitere Vorträge, Statement und Diskussionsrunden komplettieren das Programm.

Alle Informationen zum WEEF 2021 finden Sie unter <https://www.elektormagazine.com/weef>.

210499-03

Über den Autor

Johann Wiesböck ist seit 23 Jahren Chefredakteur von ELEKTRONIKPRAXIS. Informationen über das World Ethical Electronics Forum (WEEF 2021) und die Möglichkeit zur Teilnahme finden Sie unter www.elektormagazine.com/weef. Ihre Fragen und Ideen können Sie an die E-Mail-Adresse johann.wiesboeck@vogel.de richten.



WEBLINKS

- [1] Wikipedia, „Technology Ethics - Technikethik“: <https://bnm.wiki/wiki/Technikethik>
- [2] Bundesministerium für Arbeit und Soziales, „Nachhaltigkeit und CSR“: <https://bit.ly/Sustainability-CSR>

Ethik in der Elektronik: Was ist Ihre Meinung?

Präsentiert vom WEEF-Team

In den letzten Monaten hat das Team des World Ethical Electronics Forum (WEEF) Umfrageergebnisse zu ethikbezogenen Themen von Ingenieuren, Herstellern und politischen Entscheidungsträgern in der Elektronikindustrie ausgewertet. Hier stellen wir einige der Ergebnisse vor. In den kommenden Wochen und Monaten werden wir weiterhin Fragen auf Elektormagazine.de, der WEEF-Webseite und auf den sozialen Medienkanälen von Elektor veröffentlichen. Wir freuen uns über Ihre Teilnahme und Ihren Input.



Stellen Sie sich vor, Frans Timmermans (Executive Vice President für den Europäischen Green Deal) säße in Ihrer Nähe und Sie könnten mit ihm über eines der folgenden Themen diskutieren. Welches würden Sie wählen?

- EU Green Deal und Industry: 58%
- EU Klimagesetzgebung: 29%
- EU Emissionshandelssystem: 13%

Welche Gruppe kann Ihrer Meinung nach am meisten dazu beitragen, dass die Elektronikindustrie ethischer wird?

- Private Firmen: 14%
- Regierungsorganisationen: 20%
- Nicht-Regierungsorganisationen: 18%
- Technische Verbände und Vereinigungen: 48%

Sind Sie der Meinung, dass jedes Elektronikunternehmen ermutigt werden sollte, eine Unternehmensstiftung oder ein Programm für „Gutes Verhalten“ einzurichten?

- Ja. Ermutigen sie es: 66%
- Nein. Lassen Sie die Unternehmen in Ruhe: 34%

Wie schwierig ist es, elektronische Bauteile und Geräte an Ihrem Wohnort zu recyceln?

- Leicht. Ich habe gute Möglichkeiten: 39%
- Mäßig. Ich habe wenige Möglichkeiten: 51%
- Unmöglich. Keine Möglichkeiten: 10%

Welches der folgenden drei Themen ist für Sie am wichtigsten?

- Umweltfreundliches PCB-Design: 15%
- Ordnungsgemäße Entsorgung von Elektroschrott: 52%
- Gestaltung umweltfreundlicher Produkte: 33%

Würden Sie eine Gehaltskürzung von 3 % in Kauf nehmen, um Ihr Hightech-Unternehmen bei der Finanzierung positiver Initiativen zu unterstützen, die sich auf die Umwelt, die MINT-Bildung oder andere positive soziale Projekte konzentrieren?

- Ja: 44%
- Nein: 56%

Halten Sie Krypto-Mining für verschwenderisch und gefährlich für die Umwelt?

- Ja: 78%
- Nein: 10%
- Unsicher: Ich brauche mehr Informationen: 12%



Folgen Sie Elektor und dem WEEF-Team in den sozialen Medien. In den kommenden Wochen werden wir neue ethikbezogene Umfragen auf Twitter und YouTube veröffentlichen. Ihr Input wird uns helfen, Entscheidungen über neue Inhalte und Initiativen zu treffen.

210548-02

WORLD
ETHICAL
ELECTRONICS
FORUM

2021

www.elektormagazine.com/weef

Teilen Sie uns Ihre Gedanken mit!

Teilen Sie uns Ihre Meinung zu ethischen Themen mit! Folgen Sie Elektor auf Twitter, YouTube und Facebook, um an unseren kommenden Umfragen teilzunehmen. Sie können auch Vorschläge für zukünftige Umfragen einreichen, indem Sie uns eine E-Mail an editor@elektor.com schicken. Was würden Sie die Community gerne fragen? Wir freuen uns darauf, von Ihnen zu hören.

Jedes Jahr zählt: Klimaneutral noch vor 2022!

Interview mit
Frank Riemenschneider
(Senior Marketing- und
PR-Manager bei SEGGER)



Das deutsche Unternehmen ist bekannt für seine Embedded-Hardware-Tools, Entwicklungs-Suiten und Embedded-Betriebssysteme. Doch hätten Sie gewusst, dass sich SEGGER auch mit ethischer Elektronik und Nachhaltigkeitsproblemen in der Elektronikindustrie beschäftigt? Als Sponsor der Pionierausgabe des World Ethical Electronics Forum (WEEF) unterstreicht SEGGER sein Engagement für Bildung, Nachhaltigkeit und Chancengleichheit. Frank Riemenschneider spricht über SEGGERs Herangehensweise an diese Themen sowie über die neuen technischen Entwicklungen des Unternehmens.

Elektor: SEGGER ist an der Pionierveranstaltung des World Ethical Electronics Forum (WEEF) beteiligt. Was hat Ihr Unternehmen an der Veranstaltung WEEF 2021 gereizt?

Riemenschneider: Das WEEF passt sehr gut zu unserer Unternehmens-DNA. Generell gibt es in diesem Zusammenhang drei Begriffspaare, für die wir stehen: Bildung und Ausbildung, Nachhaltigkeit und Umweltschutz sowie Fairness und Chancengleichheit. Wir haben immer daran geglaubt, dass Ethik eine wichtige Motivation für das Handeln in der Wirtschaft im Allgemeinen sein sollte, also natürlich auch in der Embedded-Industrie, und deshalb begrüßen wir es sehr, dass dieser neue Kongress ins Leben gerufen wurde.



Elektor: Wie trägt SEGGER zum Kampf gegen den Klimawandel bei?

Riemenschneider: Dazu gibt es zwei Ansätze: Was wir als Unternehmen selbst tun und wie wir anderen helfen können. Fangen wir mit SEGGER selbst an. Wir haben beschlossen, als Unternehmen klimaneutral zu werden, und zwar nicht erst 2030 oder gar 2040, sondern bereits 2021. Wir glauben, dass jedes Jahr zählt, deshalb wollen wir so früh wie möglich damit beginnen.

Um dieses Ziel und die entsprechende TÜV-Zertifizierung zu erreichen, arbeiten wir in energieeffizienten Bürogebäuden mit modernster Technik, die mit Wärmepumpen und Sonnenkollektoren ausgestattet sind. Wir nutzen auch energieeffiziente Verkehrsmittel, zum Beispiel E-Firmenwagen, Plug-in-Hybride und Firmenfahrräder. Außerdem werden unsere Produkte in Monheim, Deutschland, von Mitarbeitern hergestellt, die nach deutschen Sozial- und Ethik-Standards arbeiten.

Aber noch einflussreicher sind unsere Kunden, die Milliarden von Endgeräten produzieren und die von unseren energieeffizienten Produkten und Entwicklungen erheblich profitieren. Und nicht zuletzt unterstützen wir Technologieprojekte zur Emissionsreduzierung, z. B. emissionsfreie Rennwagen [1].

Elektor: Erzählen Sie uns von SEGGERs Engagement für Fairness, Integrität, ethisches Verhalten und Compliance.

Riemenschneider: Das hängt alles zusammen. SEGGER steht für Fairness gegenüber allen Stakeholdern, also Kunden, Geschäftspartnern und Mitarbeitern, z. B. durch faire Lizenzverträge, gleichberechtigte Zusammenarbeit und, was uns besonders wichtig ist, wir stehen für die Möglichkeit des sozialen Aufstiegs im Unternehmen.

Elektor: Wie stellt sich das konkret dar?

Riemenschneider: SEGGER engagiert sich sehr stark in der Ausbildung. Leistung wird mit Förderung belohnt. Viele Führungskräfte sind ehemalige Auszubildende, die es durch ihre Leistungen bis an die Spitze des Unternehmens geschafft haben.

Elektor: In einem Blogbeitrag vom März 2021 schrieben Sie: „SEGGER Microcontroller steht für zwei Punkte, die unsere Zukunft maßgeblich beeinflussen: Chancengleichheit und der Kampf gegen den Klimawandel.“ Wie geht SEGGER mit dem Thema Chancengleichheit um? Und wie hängt das mit dem Kampf gegen den Klimawandel zusammen?

Riemenschneider: Aus unserer Sicht besteht ein direkter Zusammenhang, weil wir glauben, dass der Klimawandel nicht durch Verbote, sondern sozialverträglich durch Innovationen bekämpft werden kann und muss.

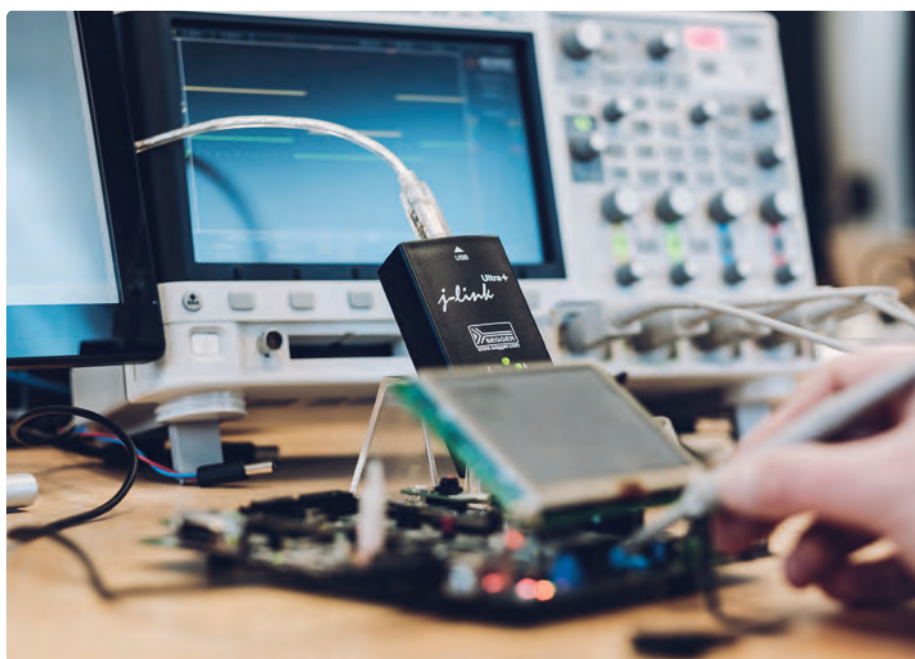
Je mehr junge Menschen die Möglichkeit haben, innovative und energiesparende Geräte zu entwickeln, desto eher werden wir die weltweite Klimaneutralität erreichen. Um die Welt besser zu machen, braucht es Know-how für zukunftsweisende Projekte. Dies gilt insbesondere für Softwarepakete, die für die Berufsausbildung und für Tüftler notwendig sind. Leider können sich nicht alle Schulen und Universitäten dieser Welt - und auch nicht alle Studenten oder einfach nur neugierige, technisch interessierte junge Menschen - teure Software leisten, die sie für eine

gute Ausbildung benötigen würden. Für diese Menschen haben wir unser „Friendly Licensing“-Modell eingeführt, damit jeder unabhängig von seinen finanziellen Verhältnissen mit modernsten Softwarepaketen lernen kann.

Elektor: Erzählen Sie uns etwas mehr über das „Friendly Licensing“-Modell. Wer profitiert davon?

Riemenschneider: Für die nicht-kommerzielle Nutzung oder zu Evaluierungszwecken können Sie, ganz gleich, wer Sie sind, die Software unter dieser Lizenz kostenlos nutzen. „Nicht-kommerzielle Nutzung“ bedeutet, dass Sie die Software zum Lehren, Lernen, Studieren oder für Projekte nutzen, die keinen kommerziellen Hintergrund haben, und „Evaluierung“ bedeutet, dass Sie die Software für eine mögliche zukünftige Nutzung ausprobieren.

In der Praxis können Studenten, Tutoren, Lehrer oder Privatpersonen unsere Software in Universitäten, Hochschulen, gemeinnützigen Organisationen oder zu Hause verwenden. Hobbyisten können sie für Projekte, Kurse, Lehrveranstaltungen, Schulungen und zur Selbstausbildung verwenden.



Elektor: SEGGER hat eine lange Tradition in der Unterstützung der Bildung. Zum Beispiel stellen Sie J-Link EDU und J-Link EDU Mini für Bildungszwecke zu sehr günstigen Preisen zur Verfügung. Können Sie etwas über das Engagement des Unternehmens für Bildungseinrichtungen erzählen?

Riemenschneider: Abgesehen von unserem gesamten Software-Angebot unter „Friendly Licensing“ bieten wir unsere Debug-Probes für Ausbildungszwecke zu stark reduzierten Preisen an. Zusammen mit unserer Software kann man sie z.B. in einem Universitätskurs verwenden, um etwas über eingebettete Anwendungen und Systeme zu lehren und zu lernen. Sie können sie auch zu Hause verwenden, um zu lernen, wie man ein eingebettetes System entwickelt.

Elektor: Kommen wir zur weltweiten Chip-Krise. Wie hat sie sich auf SEGGER und die Produktion von Hardware-Tools ausgewirkt?

Riemenschneider: Wir sind von der Chip-Krise nicht betroffen, weil wir unsere eigene Software emPower OS als Basis für unsere Hardware verwenden. Wie ein zufriedener SEGGER-Kunde bereits erklärt hat, ist man mit emPower OS unabhängig von bestimmter Hardware [2]. Wenn ein Chip nicht mehr verfügbar ist, kann man in kürzester Zeit auf einen anderen wechseln. Davon haben natürlich nicht nur wir profitiert, sondern auch unsere Kunden, denen ein Produktionsstillstand erspart blieb. Die Chipkrise zeigt sehr deutlich, wie wichtig ein strategisches Obsoleszenz-Management ist. Es bedeutet, die Architektur bereits bei der Produktentwicklung in Bezug auf Hard- und Software modular zu halten, damit keine Abhängigkeiten von bestimmten Chipherstellern oder gar einzelnen Produkten entstehen. Leider haben sich viele Unternehmen aus Kostengründen für die Verwendung von kostenloser Entwicklungssoftware der Chiphersteller entschieden. Dies hat zu einer völligen Abhängigkeit geführt und zu den Folgen, über die wir täglich in der Wirtschaftspresse lesen.



Elektor: Zu den bekannten Produkten von SEGGER gehören die Entwicklungssuite Embedded Studio und das bereits erwähnte emPower OS, das neben embOS RTOS weitere Komponenten für Connectivity, Security und vieles mehr enthält. Gibt es interessante Neuentwicklungen?

Riemenschneider: Vor dem offiziellen Launch werde ich hier natürlich keine Produktankündigungen machen, aber ich kann Ihnen sagen, dass wir alle Softwarepakete kontinuierlich weiterentwickeln, so dass sie zunehmend nicht nur für Endkunden, sondern auch für Halbleiterhersteller interessant sind und von diesen lizenziert werden.

Elektor: Sowohl für Embedded Studio als auch für embOS unterstützen Sie RISC-V-Cores. Planen Sie, sich in den nächsten Jahren noch stärker in diesem System zu engagieren?

Riemenschneider: Gerade in China, wo wir inzwischen auch mit einer eigenen Niederlassung in Shanghai vertreten sind, erlebt RISC-V einen gigantischen Aufschwung. Jede Woche werden neue Chiphersteller gegründet, die CPUs auf Basis von RISC-V

entwickeln. Aber auch in den USA erleben Hersteller wie der Marktführer SiFive einen Nachfrageschub und namhafte große Chiphersteller implementieren neben Arm-CPU's auch RISC-V-Cores auf ihren SoCs. Unsere Laufzeitbibliothek emRun für RISC-V ist so gut, dass neben anderen Herstellern wie Haawking in China [3] auch SiFive sie für die eigene IDE lizenziert hat, um die Codegröße zu reduzieren und schnelleren Code zu generieren [4].

Elektor: RUST ist ein Schlagwort in der Hardware-Programmierszene. Es ist eine Sprache, die viele der Sicherheitsrisiken von C überwinden kann. Plant SEGGER in naher Zukunft die Unterstützung von RUST?

Riemenschneider: Wie gesagt, ich darf hier keine zukünftigen Produktankündigungen machen, also kann ich dazu leider nichts sagen. Aber lassen Sie mich ein paar Worte zum Thema Sicherheit sagen: Sicherheit ist in allen Bereichen ein großes Thema und wird mit dem IoT immer wichtiger. EmCrypt und emSecure, ebenfalls Teil von emPower OS, decken all diese Algorithmen ab - wir verkaufen sie als Produkte, aber wir verwenden die Bibliotheken auch in

unseren Debug-Probes und Flashern. Bei den Debug-Probes hat Arm sichere und unsichere Modi, und es gibt einen klaren Trend in diese Richtung, ebenso wie bei den Flashern. Es gibt eindeutig mehr Bedarf an Verschlüsselung und Authentifizierungs-Zertifikaten. Es gibt nicht den einen Weg, und unser Ziel ist es, alle Optionen zu unterstützen.

Elektor: Glauben Sie, dass künstliche Intelligenz (KI) das Programmieren in Zukunft einfacher und sicherer machen kann? Beschäftigt sich SEGGER mit der KI-Technologie?

Riemenschneider: Beim Thema KI in Embedded-Anwendungen stehen wir noch ganz am Anfang, so dass es nicht gut wäre, zum jetzigen Zeitpunkt generelle Aussagen darüber zu treffen, inwieweit die Softwareentwicklung sicherer oder einfacher werden wird. Fakt ist, dass wir im ständigen Austausch mit unseren Kunden und Geschäftspartnern über deren Anforderungen stehen und sie auch in Zukunft bei der Entwicklung ihrer Anwendungen unterstützen werden, egal mit welchen Methoden diese entwickelt werden. ◀

210586-02

Wer ist SEGGER?

SEGGER Microcontroller verfügt über mehr als neunundzwanzig Jahre Erfahrung im Bereich Embedded Computing Systems, produziert hochmoderne Software-Bibliotheken, J-Link und J-Trace Debugger und Tracer, In-System-Programmer und Softwaretools für die Entwicklung. SEGGERs All-in-One-Lösung emPower OS bietet ein RTOS sowie ein komplettes Spektrum an Software-Bibliotheken, einschließlich Kommunikation, Sicherheit, Datenkompression und -speicherung, Benutzerschnittstellen-Software und mehr. Die Verwendung von emPower OS verschafft Entwicklern einen Vorsprung und profitiert von jahrzehntelanger Erfahrung in der Branche. SEGGERs professionelle Software und Tools für die Entwicklung von Embedded Systemen sind für eine einfache Anwendung konzipiert und für die Anforderungen von ressourcen-beschränkten Embedded Systemen optimiert. Zudem unterstützt das Unternehmen den gesamten Entwicklungsprozess mit kostengünstigen, qualitativ hochwertigen, flexiblen und einfach zu bedienenden Tools.

Das Unternehmen wurde 1992 von Rolf Segger gegründet, befindet sich in Privatbesitz und wächst stetig. SEGGER verfügt über eine US-Niederlassung in der Nähe von Boston, Niederlassungen in Silicon Valley, Shanghai und Großbritannien sowie Distributoren auf den meisten Kontinenten, so dass die gesamte Produktpalette von SEGGER weltweit verfügbar ist.

Warum SEGGER?

SEGGER verfügt über ein komplettes Set von Tools für eingebettete Systeme, bietet Unterstützung während des gesamten Entwicklungsprozesses und hat jahrzehntelange Erfahrung als Embedded-Experte. Darüber hinaus unterliegt die SEGGER-Software keiner Open-Source- oder Required-Attribution-Lizenz und kann in jedes kommerzielle oder proprietäre Produkt integriert werden, ohne die Verpflichtung, die kombinierte Quelle offen zu legen. Schließlich bietet SEGGER Stabilität in einer oft volatilen Industrie, was das Unternehmen zu einem sehr zuverlässigen Partner für langfristige Beziehungen macht. Für weitere Informationen besuchen Sie bitte www.segger.com.

Unser Interviewpartner Frank Riemenschneider

Frank Riemenschneider studierte Elektrotechnik mit den Schwerpunkten Mikroprozessoren und Mikroelektronik an der Leibniz Universität Hannover. Während dieser Zeit schrieb er mehrere Bücher über Softwareentwicklung in Assembler. Nach mehreren Jahren in der Industrie als Projektleiter (unter anderem in Japan und Singapur sowie in leitenden Positionen bei führenden B2B-Elektronikmagazinen) ist er seit März 2021 als Senior Marketing und PR Manager bei SEGGER Microcontroller tätig.

WEBLINKS

- [1] Forze Wasserstoff-Rennen - Pole position dank SEGGER:
<https://www.elektroniknet.de/automotive/elektromobilitaet/poleposition-mit-wasserstoff.189758.html>
- [2] Konzepte gegen Lieferengpässe:
<https://www.elektroniknet.de/embedded/software/modularitaet-ist-trumpf.190206.html>
- [3] Haawking lizenziert emRun für RISC-V von SEGGER:
https://c.a.segger.com/fileadmin/documents/Press_Releases/2021/210831_DE_PR_Web_SEGGER_emRun_Haawking_Germany.pdf
- [4] Runtime Library von SEGGER von SiFive lizenziert:
<https://www.shunlongwei.com/de/seggers-emrun-runtime-library-licensed-by-sifive/>

Der europäische Green Deal

Batterien inklusive

Von Priscilla Haring-Kuipers (Niederlande)

Der europäische Green Deal wird sich auf das Design und die Lebensdauer von Elektronikgeräten auswirken. Die EU stellt Vorschriften und Finanzmittel bereit, um eine grünere Zukunft zu schaffen. Wird das ausreichen?

Mit dem European Green Deal hat sich die Europäische Union zum Ziel gesetzt, im Jahr 2050 ein klimaneutraler Kontinent zu werden und bis 2030 55 % weniger Treibhausgase zu produzieren (im Vergleich zu 1990) [1]. Dieses Ziel wurde in einem europäischen Klimagesetz festgeschrieben, das bereits formell verabschiedet wurde und derzeit auf einige letzte Schritte wartet, um rechtlich bindend zu werden. Bereits jetzt sind die größten EU-Fonds verpflichtet, rund ein Drittel ihrer Mittel für Initiativen und Produkte auszugeben, die auf eine klimafreundliche Zukunft abzielen. Um diesen großartigen Absichten Substanz zu verleihen, hat die EU das Politikpaket „Fit for 55“ [2] verabschiedet, das diese Senkung um 55 % bis 2030 erreichen soll, und erklärt, dass „das Jahrzehnt, in dem es darauf ankommt, ob das gelingt oder nicht, bereits begonnen hat“ [3].

Gemäß dem Klimagesetz muss die gesamte Industrie in der EU „dekarbonisieren“ und sich selbst für unser Klima verantwortlich zeigen. Die EU-Industriestrategie legt besonderes Augenmerk auf die Entwicklung eines einheitlichen Ladegeräts, Initiativen

für Recycling-Elektronik und nachhaltige Akkus. Die Finanzierung soll die Technologien unterstützen, welche die EU als Schlüsseltechnologien ansieht: „Robotik, Mikroelektronik, Hochleistungsrechner und Daten-Cloud-Infrastruktur, Blockchains, Quantentechnologien, Photonik, industrielle Biotechnologie, Biomedizin, Nanotechnologien, Arzneimittel sowie fortschrittliche Werkstoffe und Technologien“ [4].



*Das „Make or Break“
Jahrzehnt ist bereits
angebrochen.*

Während wir eine klimaneutrale Kreislaufwirtschaft anstreben, müssen wir uns auch mit der Verschwendung von Materialien in der Elektronik befassen, und neue Vorschriften werden das Ende des Exports solcher Abfälle außerhalb der EU erzwin-

gen. Das bedeutet, dass der gesamte Elektroschrott, der derzeit nach Asien und Afrika geht, hier recycelt werden muss - unter umwelt- und arbeitnehmerfreundlichen EU-Vorschriften. Auch der Energiemarkt muss schnell und umfassend modernisiert werden, damit er zum angepeilten effizienten, erschwinglichen, erneuerbaren und vollständig integrierten EU-Energiemarkt wird. Dinge werden sich ändern. Der Green Deal als Ganzes und insbesondere das Fit-for-55-Paket wurden von Umweltorganisationen kritisiert, weil sie die Länder nicht zwingen, sich schnell genug zu bewegen, und weil sie reichlich Raum für Schlupflöcher und Greenwashing lassen. Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen berichtet, dass die von der EU angestrebte Senkung der Emissionen um 55 % nicht ausreichen wird, um den globalen Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu begrenzen, und wahrscheinlich zu einem noch heißeren Planeten führen wird. So politisch ehrgeizig dieser Green Deal auch sein mag, er wird möglicherweise nicht ausreichen, um die Umweltkrise, in der wir uns bereits befinden, aufzuhalten.





Ein europäischer Green Deal führt zu einem europäischen Klimagesetz und damit zu einer grünen EU-Politik, die unsere nahe Zukunft prägen wird. Dies könnte ein guter Zeitpunkt sein, um Ihre Elektronik-Demonstration-Firma zu gründen, Ihre Forschungen zu biologisch abbaubaren Leiterplattensubstraten voranzutreiben, winzige Hinterhof-Windparks zu entwickeln oder intelligente Stromnetze zu unterstützen und in Algentanks Bauteile zu züchten. Nehmen Sie Kontakt zu anderen kleinen und mittleren Unternehmen in Europa auf (beziehen Sie eine Universität mit ein) und sichern Sie sich die Finanzierung. ◀

Über die Autorin

Priscilla Haring-Kuipers schreibt über Technologie aus einer sozialwissenschaftlichen Perspektive. Sie interessiert sich besonders für Technologien, die das Gute im Menschen unterstützen und glaubt fest an die Wirkungsforschung. Sie hat einen MSc in Medienpsychologie und arbeitet bei „This Is Not Rocket Science“.

210500-02

WEBLINKS

- [1] Europäisches Green-Deal-Portal:
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [2] Europäischer Rat, „Fit for 55: The EU's Plan for a Green Transition“:
<https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-plan-for-a-green-transition/>
- [3] Europäische Kommission (@EU_Commission), „The make-or-break decade has already started“, Twitter, 14. Juli 2021.: <https://bit.ly/EU-twitter-decade>
- [4] Europäische Kommission, „Communication from the Commission: A New Industrial Strategy for Europe“, Brüssel, 10.3.2020.: <https://bit.ly/EC-indust-strat>

eilektor e-zine

Your dose of electronics



Jede Woche, in der Sie den Elektor e-zine Newsletter nicht abonnieren, ist eine Woche mit großartigen Artikeln und Projekten zum Thema Elektronik, die Sie verpassen!

Also, worauf warten Sie noch? Melden Sie sich heute für unseren Elektor e-zine Newsletter unter www.elektor.de/ezine an und erhalten Sie zusätzlich ein kostenloses Raspberry Pi Projektbuch!



eilektor
design > share > sell



Ziele für eine nachhaltige Entwicklung

Von **Priscilla Haring-Kuipers** (Niederlande)

Die Liste der Ziele für eine nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen ist seit 2015 klar. Ist Ihre Elektronik-Firma Teil des Problems oder der Lösung, während es vorwärts geht?

Im Jahr 2015 einigten sich die Vereinten Nationen auf eine Aufgabenliste bezüglich einer besseren Zukunft und legten die Frist auf 2030 fest. Die sogenannten SDGs (**S**ustainable **D**evelopment **G**oals) sollen zu „Wohlstand für Menschen und den Planeten“ führen. Alle 193 nationalen Regierungen der UNO haben sich verpflichtet, diese 17 umsetzbaren Ziele zu unterstützen.

Die Ziele im Einzelnen:

1. Die Armut in all ihren Formen soll überall beendet werden.
2. Beendigung von Hunger, Erreichen einer sicheren und verbesserten Ernährung sowie Förderung von nachhaltiger Landwirtschaft.
3. Wahrung eines gesunden Lebens und Förderung des Wohlbefindens für alle Menschen jeden Alters.
4. Gewährleistung von inklusiver, gerechter und qualitativer Bildung und Förderung von Möglichkeiten des lebenslangen Lernens für alle.
5. Verwirklichung der Gleichstellung der Geschlechter und Stärkung der Rolle aller Frauen und Mädchen.
6. Gewährleistung der Verfügbarkeit und nachhaltigen Bewirtschaftung von Wasser und von sanitären Einrichtungen für alle.
7. Zugang zu erschwinglicher, zuverlässiger, nachhaltiger und moderner Energie für alle.
8. Förderung von dauerhaftem, integrativem und nachhaltigem Wirtschaftswachstum sowie produktiver Vollbeschäftigung und menschenwürdiger Arbeit für alle.
9. Aufbau einer widerstandsfähigen Infrastruktur und Förderung von inklusiver sowie nachhaltiger Industrialisierung und Innovationen.
10. Verringerung der Ungleichheit innerhalb und zwischen den Ländern.
11. Städte und menschliche Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten.
12. Nachhaltigkeit von Konsum und Produktion sicherstellen.
13. Dringende Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen (da das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen das wichtigste internationale, zwischenstaatliche Forum für Verhandlungen über die globale Antwort auf den Klimawandel ist).
14. Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Ozeane, Meere und Meeresressourcen für eine nachhaltige Entwicklung.
15. Schutz, Wiederherstellung und Förderung der nachhaltigen Nutzung terrestrischer Ökosysteme, nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder, Bekämpfung der Wüstenbildung, Eindämmung und Umkehrung der Bodendegradation und Eindämmung des Verlusts der biologischen Vielfalt.
16. Förderung friedlicher und integrativer Gesellschaften für eine nachhaltige Entwicklung; Zugang zur Justiz für alle und Aufbau wirksamer, rechenschaftspflichtiger und integrativer Institutionen auf allen Ebenen.
17. Stärkung der Mittel zur Umsetzung und Neubelebung der globalen Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung.



Seit 2020 sind wir im Aktionsjahrzehnt. Aus den Berichten der Vereinten Nationen ging hervor, dass bei den meisten Zielen nicht genug getan wurde, um sie bis 2030 zu erreichen. Dann kam COVID-19 und brachte den Fortschritt weiter zum Stillstand. Gleichzeitig machen die globale Gesundheitskrise und wiederkehrende Wetterextreme deutlich, dass diese Ziele schnell erreicht werden müssen. Die großen Energieversorger haben mit „Sector Transformation: An SDG Roadmap for Electric Utilities“ [2] einen Fahrplan für die Transformation des Stromversorgungssektors auf der Grundlage der SDGs erstellt. Darin wird die Dekarbonisierung der Elektrizität erörtert, um allen Menschen Zugang zu moderner Elektrizität zu verschaffen und gleichzeitig Fortschritte bei der Biodiversität zu erzielen, und all dies mit einer diversen und integrativen Belegschaft. Es gibt mehrere Beispiele für beispielhafte, aktuelle Projekte: Das CLP hat in Hongkong ein Programm zur Förderung von Studentinnen der Ingenieurwissenschaften gestartet (Ziel 4). Celsia baute in Kolumbien einen großen Solarpark auf dem Gelände eines alten Kohlekraftwerks (Ziel 7). Tata unterhält ein Programm in den Western Ghats in Indien, das auf die Erhaltung bedrohter Arten, die Verbesserung von Wasserkraftwerken und die Schaffung von Arbeitsplätzen in den Dörfern abzielt (Ziel 15). Die Mobilfunkbranche hat sich zu den SDGs verpflichtet und gibt an [3], dass sie durch die Verbesserung der Konnektivität die Bemühungen aller anderen Branchen für alle Punkte der Liste steigert (Ziel 9). Etwa 1,4 Milliarden Mobilfunkteilnehmer nutzen ihre Geräte für Bildungszwecke (Ziel 4). Die Konnektivität und die digitalen Lösungen des Mobilfunks verringern den Energieverbrauch in anderen Sektoren (Ziel 13). Laut ihrem eigenen Bericht ist die Branche jedoch noch suboptimal bezüglich ihres angestrebten Beitrags zu den SDGs bis 2030. Im Jahr 2018 hatte sie angeblich 41 % der Gesamtwirkung erreicht. Die Foxconn Group sieht die SDGs als Orientierung zur Erreichung nachhaltigen Wirtschaftens und nimmt sie in ihren jährlichen

Bericht zur sozialen Verantwortung des Unternehmens auf [4]. Unter anderem bieten sie industrielle Lernprogramme, Stipendien und Unterstützung von Grundschulen an (Ziel 4). Das Unternehmen recycelt fast 5 % seines gesamten Wasserverbrauchs (Ziel 6) und kann fast 10 % seines Stromverbrauchs per Solarenergie auf dem Werksgelände decken (Ziel 7). Foxconn hat die Kohlendioxidemissionen bis 2020 im Vergleich zu 2015 insgesamt um 24 % reduziert (Ziel 13). Es wurden Vorkehrungen für gerechte Entlohnung getroffen (Ziel 8) und ausbeuterische Arbeit wie Gefängnisarbeit wird offiziell abgelehnt (Ziel 16).



Wir können Teil der Lösung sein, wenn wir uns entscheiden, Dinge anders zu machen.

Die Anwendung und Entwicklung von Technologien kann ebenfalls ein Beitrag zur Erreichung der SDGs sein. Zu denken wäre etwa an im Labor gezüchtete Proteine (Ziel 2), Drohnen für den Transport von Medikamenten in entlegene Gebiete (Ziel 3), interaktive Bildungsplattformen (Ziel 4), Sensoren für die Umweltverschmutzung (Ziel 6) und intelligente Wohnungen (Ziel 11) oder die satellitengestützte Überwachung von Wäldern (Ziel 15). Aber auch die Halbleiter-Industrie trägt zu den Problemen bei, die diese SDGs lösen sollen. Der Abbau von Rohstoffen ist oft problematisch (Ziele 1, 3, 8, 9, 12), die Arbeitsbedingungen in der Produktionskette sind nicht ideal (Ziele 1, 3, 4, 8, 10, 12, 13) und viele weitere Überlegungen müssen sowohl am Anfang (Ziele 12, 16) als auch am Ende (Ziele 9, 6, 13, 14, 15) des Elektronik-Sektors gemacht werden. Die gute Nachricht: Wer Teil des Problems ist, kann auch Teil der Lösung sein, wenn entschieden wird, die Dinge in Zukunft besser zu machen. ◀

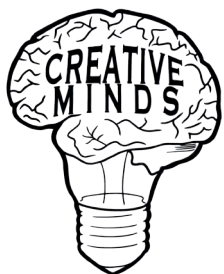
Über die Autorin

Priscilla Haring-Kuipers hat einen Abschluss als Master in Medienpsychologie und schreibt über Technologie aus einer sozialwissenschaftlichen Perspektive. Sie interessiert sich besonders für Technologien, die das Gute im Menschen unterstützen, und glaubt fest an die Wirkungsforschung.

WEBLINKS

- [1] „Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development!“, Vereinte Nationen, Department of Economic and Social Affairs: <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- [2] „Sector Transformation: An SDG Roadmap for Electric Utilities“, World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), März 2021: <https://www.wbcsd.org/contentwbcsd/download/11681/176465/1>
- [3] „2019 Mobile Industry Impact Report: Sustainable Development Goals“, GSMA, 2019: <https://bit.ly/GSMA-2019>
- [4] „Corporate Social Responsibility Report“, Foxconn, 2019: <https://bit.ly/foxconn-2019-report>





Elektor im Creative Minds Podcast

Von C. J. Abate (Elektor)

COVID-19 hat Firmen jeder Größe vor Herausforderungen gestellt. Sind Sie neugierig, wie Elektor seine Kunden in den letzten anderthalb Jahren betreut hat? In einer kürzlich erschienenen Folge des Podcasts *The Creative Minds* gab der Geschäftsführer von Elektor, Erik Jansen, einige Einblicke.

Während COVID-19 viele Firmen in vielen Branchen in den Ruin trieb, musste fast jedes Unternehmen seine Aktivitäten neu überdenken, um diese Zeit der globalen Unsicherheit zu überwinden. In einer Folge des Podcasts *The Creative Minds* vom Juli 2021 sprachen Flavio Stiffan und Stuart Cording darüber, wie Elektor in den letzten anderthalb Jahren einen erfolgreichen Weg gefunden hat, den Wünschen seines Publikums zu entsprechen. Der Geschäftsführer von Elektor, Erik Jansen, erklärte, wie die Umsetzung einiger wichtiger Maßnahmen in den Jahren vor der Pandemie das Unternehmen in eine gute Position brachte, um diesen Sturm zu überstehen.

„Eigentlich hat die Umstellung, die uns geholfen hat, die Pandemie zu überstehen, schon ein paar Jahre früher begonnen“, meinte Jansen in diesem Gespräch. „Soweit ich mich erinnere kamen wir 2010 zum Schluss, dass wir uns zum Teil neu erfinden müssen, um relevant zu bleiben“.

Und genau das hat Elektor, das dieses Jahr sein 60-jähriges Bestehen feiert, getan. Die Aufzeichnung des kompletten Interviews finden Sie unter:

<https://youtu.be/4vI0-TWBHR0>.



Schauen Sie in diesen Podcast auf YouTube rein.



Seit den 1960er Jahren suchen Elektroniker und sogar Firmen bei Elektor nach zuverlässigen und genauen technischen Inhalten. Aber wie Jansen im Interview anmerkte, musste Elektor in den 2010er Jahren seine digitalen Fähigkeiten ausbauen. Dies geschah durch Investitionen in talentierte Mitarbeiter, den Ausbau der technischen Community und die Einführung innovativer Publishing-Tools.

In erster Linie konzentrierte sich Elektor auf die Entwicklung hochwertiger technischer Inhalte, indem es sein globales Experten-Netzwerk aus Elektronikern, Entwicklern und Akademikern ausbaute. Das Experten-Netzwerk wurde nicht nur ausgebaut, sondern auch die Prozesse für die Veröffentlichung in gedruckter und digitaler Form gestrafft.

Mit Blick auf Wachstum investierte das Management auch Zeit und Ressourcen in den Ausbau der Online-Community und die Entwicklung der Plattform *Elektor Labs*. Heute nutzen Tausende von Elektronikern aus der ganzen Welt diese Plattform, um Elektronikprojekte zu veröffentlichen und Ideen auszutauschen.

In den frühen 2010er Jahren begannen clevere Medienmanager, ihre Unternehmen auf die digitale Zukunft vorzubereiten. Zu diesem Zweck implementierte Elektor maßgeschnei-

derte digitale Publishing-Tools, die es Redakteuren, Elektronikern und Community-Mitgliedern ermöglichten, über verschiedene Zeitzonen und in verschiedenen Sprachen effektiv zusammenzuarbeiten. Gegenwärtig nutzt Elektor eine Vielzahl von vernetzten Tools, um Inhalte rund um die Uhr in vier Sprachen über eine Vielzahl von Kanälen bereitzustellen, darunter digitale Magazine, Webseiten, gedruckte Zeitschriften, E-Zines und mehrere Social-Media-Plattformen (z. B. YouTube, Twitter, Facebook, LinkedIn und Instagram).

Und nicht zuletzt hat Elektors kontinuierlicher Fokus auf die Verbesserung seiner E-Commerce-Strategie dazu beigetragen, die Herausforderungen von COVID-19 zu überstehen. Jansen hat die notwendigen technischen Integrationen und Upgrades in seiner Funktion als CTO vorangetrieben. Insbesondere in den letzten drei Jahren hat das E-Commerce-Team von Elektor den Online-Shop (www.elektor.de) neu konzipiert und verbessert, der es professionellen Elektronikern in englisch-, deutsch-, niederländisch- und französischsprachigen Märkten ermöglicht, auf immer überraschende elektronische Bausätze, Geräte und Lehrmaterial zuzugreifen.

„Das ist absolut lobenswert“, kommentierte Stiffan während der Diskussion. „So viele Unternehmen haben sich mit der Frage beschäftigt, wie sie mit COVID-19 umgehen können, und ihre Geschichte klingt wirklich gut.“

210484-02

Über den Autor

C. J. Abate ist Direktor für Inhalte bei Elektor. Sie können seine aktuellen Elektor-Artikel unter <https://www.elektormagazine.de/authors/51259/cj-abate> lesen und ihm auf Twitter unter https://twitter.com/Elektor_US folgen.

HIER MEHR ERFAHREN



Nachhaltig wachsen

– zuverlässige PCB-Lösungen für Startups

Ein innovatives, technisches Produkt erfolgreich auf den Markt zu bringen ist oftmals mit viel Zeit, Aufwand und leider auch einigen Hindernissen verbunden. PCBs als Schlüsselkomponenten in elektronischen Produkten sind dabei oft ein kritischer Faktor, denn – stellt sich ein Board als unzuverlässig heraus, zieht dies nicht nur negative Online-Bewertungen nach sich, sondern es erschwert oftmals auch massiv den Zugang zum Markt. Umso wichtiger ist es, den richtigen Partner an der Seite zu haben, der für zuverlässige PCB-Lösungen die richtige Unterstützung bietet.

Wir unterstützen Tech-Startups dabei, beim Thema PCBs von Anfang an alles richtig zu

machen und somit den Grundstein für nachhaltiges Wachstum zu legen. Das schaffen wir sowohl durch unsere exzellente Vernetzung in der D-A-CH-Region und in Asien als auch durch unsere jahrzehntelange Erfahrung am Markt, dank der wir auch aus den aktuell herausfordernden Zeiten gestärkt herausgehen konnten. Mit uns haben Tech-Startups nicht nur einen technischen Experten an ihrer Seite, mit dem sie stets das kosteneffizienteste PCB-Design erreichen, sondern auch einen nachhaltigen Partner, denn NCAB legt bereits seit vielen Jahren großen Wert darauf, dass PCBs in einer möglichst nachhaltigen Lieferkette produziert werden.

www.ncabgroup.com



Treten Sie jetzt der Elektor Community bei!

Jetzt



Mitglied werden!



- ✓ Komplettes Webarchiv ab 1970
- ✓ 6x Elektor Doppelheft (Print)
- ✓ 9x Digital (PDF) inkl. Elektor Industry
- ✓ 10% Rabatt im Online-Shop und exklusive Angebote
- ✓ Elektor Jahrgangs-DVD

- ✓ Mit Tausenden von Mitgliedern des Online-Labors gemeinsam entwickeln mit Zugang zu über 1.000 Gerber-Dateien und direktem Kontakt zu unseren Experten!
- ✓ Veröffentlichen Sie Ihr eigenes Projekt oder verkaufen Sie direkt über unseren Shop!

Auch erhältlich

Die digitale
Mitgliedschaft!



- ✓ Zugang zu unserem Webarchiv
- ✓ 10% Rabatt in unserem Online-Shop
- ✓ 6x Elektor Doppelheft (PDF)
- ✓ Exklusive Angebote
- ✓ Zugang zu über 1.000 Gerber-Dateien



www.elektor.de/mitglied