Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 73 (1982)

Heft: 19

Artikel: Für den Strukturwandel ist der Mikroprozessor nur eine von mehreren Ursachen

Autor: Simmen, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905021

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Für den Strukturwandel ist der Mikroprozessor nur eine von mehreren Ursachen

A. Simmen

681.325-181.48;

Für den Strukturwandel von der Feinmechanik zur Elektronik sind die Mikrocomputer oder allgemeiner die integrierten Schaltungen bekannte Ursachen. Man darf aber nicht übersehen, dass auch auf anderen Gebieten wesentliche technologische Neuerungen eingeführt worden sind. Dies wird an den Beispielen Dickfilm, Multiwire-Leiterplatte und Telefontastatur gezeigt. Um den Strukturwandel zu verkraften, ist die ganze Breite der Ursachen richtig zu erkennen, und es müssen alle sich daraus bietenden Möglichkeiten ausgeschöpft werden.

Les microprocesseurs et, d'une manière générale, les circuits intégrés sont une cause connue des mutations intervenues entre la mécanique de précision et l'électronique. Mais on ne peut ignorer que des progrès technologiques d'une influence prépondérante ont eu lieu dans d'autres domaines. Ceci est démontré par quelques exemples: circuits à couches épaisses, platines «multiwire», claviers de postes téléphoniques. Pour maîtriser ces mutations structurelles il est nécessaire d'en discerner correctement toutes les causes et d'en exploiter toutes les possibilités.

1. Einleitung

Der Mikroprozessor ist eine wesentliche Ursache für den Strukturwandel innerhalb der letzten Jahre. Es ist müssig, sich heute zu fragen, wie die Elektronik aussehen würde, wenn nicht vor 12 Jahren der Mikroprozessor erfunden worden wäre. Es wäre aber auch falsch, den Strukturwandel nur dem Mikroprozessor oder allenfalls allgemeiner den integrierten Schaltungen (IC) zuzuschreiben, kurz, all dem, was mit dem Schlagwort Chip umschrieben wird.

Andere wesentliche technische Neuerungen haben in den letzten Jahren mitgeholfen, das heutige Bild der Elektronik zu prägen. Deshalb muss die Gesamtheit aller Ursachen für den Strukturwandel gebührend erfasst werden. Andernfalls können Fehler in der Lagebeurteilung entstehen, die für verschiedene Gebiete gefährliche Konsequenzen haben können. Der Strukturwandel wirkt sich auf die Entwicklung und die Produktion aus, wobei Fragen im Zusammenhang mit den Arbeitsplätzen sowie der Aus- und Weiterbildung besonders zu beachten sind. Der Übergang von der Feinmechanik zur Elektronik und die neuen Möglichkeiten der Elektronik selber haben aber auch dem Anwender neue Strukturen (z.B. Bildschirmterminal im Büro) gebracht.

In diesem Artikel wird anhand von drei Beispielen gezeigt, wie neue Techniken den Strukturwandel der Industrie und deren Produkte beeinflussen können. Die Beispiele folgen dem Weg, wie man ein Gerät «von innen nach aussen» betrachtet, das heisst, das erste Beispiel handelt von einem Bauelement, das zweite betrifft eine Verbindungstechnik und das dritte ein Bedienungselement, das «aussen» am Gerät angebracht wird.

Die Bedeutung der integrierten Schaltung soll hier nicht besonders hervorgehoben werden, sie dürfte allgemein bekannt sein. Die folgenden Beispiele mögen zeigen, dass die Elektronik durch die Summe aller neuen Techniken geprägt ist und nicht nur durch die Chips.

2. Erstes Beispiel: Dickfilmtechnik

Die monolithisch integrierten Schaltungen entstehen auf der Basis von Halbleiter-Einkristallen, meistens von Silizium. Das sind diejenigen Schaltungen, welche allgemein als *integrierte Schaltungen* (IC) bezeichnet werden. Im Unterschied zu den monolithisch integrierten Schaltungen gibt es hybride integrierte Schaltungen, welche mittels verschiedener Technologien hergestellt werden. Als wichtigste seien die Dickfilmtechnik und die Dünnfilmtechnik genannt. Diese beiden Verfahren unterscheiden sich im wesentlichen nur durch die Art der Schichtaufbringung und die daraus resultierenden Dicken der elektrisch wirksamen Schichten. Bei beiden Verfahren dient ein Keramikplättchen als Träger (sog. Substrat). Auf diesem werden zunächst die passiven Elemente einer Schaltung, d.h. Leiterbahnen, Widerstände und Isolationen (letztere als Schutzschichten oder als Kondensatordielektrika) in Schichtform hergestellt. Darauf werden auf diese Keramikplättchen verschiedenartige Komponenten mit unterschiedlichen Befestigungsverfahren montiert. Als Komponenten können hier vorkommen: Halbleiterelemente (Transistoren, Dioden, IC), Spulen, grössere oder genaue Kondensatoren usw. Die dafür verwendeten Halbleiterelemente sind in speziellen äusserst kleinen Kunststoffgehäusen verpackt, oder sie werden direkt als nackte Chips eingebaut.

Tabelle I zeigt einen Vergleich zwischen monolithischer und hybrider Integration. Für eine ausführliche Einführung in die Schichtelektronik sei auf [1] verwiesen. Im folgenden wird näher auf den Einsatz der Dickfilmtechnik eingegangen.

Die Dickfilmtechnik erlaubt, auf kleinstem Raum eine Vielzahl von Komponenten samt den nötigen Verbindungen zu einer Schaltung zusammenzubauen. Dickfilme sind damit eine Kombination von Komponenten und Verbindungstechnik.

Die Möglichkeit der Auswahl von Bauelementen verleiht der Dickfilmtechnik eine besondere Anpassungsfähigkeit

Fig. 1
Handfunkgerät Typ SE 20

Integrationstechnologien

Tabelle I

- Verschiedene Arten von elektrischen Elementen werden zusammen in «einem Block» hergestellt
- Miniaturisierung der Elemente und damit der Schaltungen

Monolithische Integration

- Diffusions- und Oxidationsprozesse, meist in Silizium-Einkristallscheiben (Halbleiter)
- Bipolar- und MOS-Technologien
- Elemente: Leiterbahnen, Bipolar- und Feldeffekt-Transistoren, Dioden, Widerstände, Kondensatoren
- Grösste Aufbaudichte: 20 ... 100 Elemente pro mm² Kristallfläche. Schaltungen mit Flächen bis etwa 25 mm²
- Die aktiven wie die passiven Elemente werden in den gleichen Prozess-Schritten im Halbleitermaterial erzeugt

Hybride Integration

- Gemeinsame Herstellung von passiven Elementen in Schichtform (Film) auf einem Trägermaterial (Substrat): Leiterbahnen, Widerstände, Kondensatoren
- Anschliessender Einbau aktiver und weiterer passiver Elemente: Transistoren, monolithisch integrierte Schaltkreise, Dioden, Kondensatoren, Spulen

Dünnfilmtechnik

- Leiter und Widerstände in Schichtdicken von <1 µm
- Substratmaterial: Glas, glasierte Keramik
- Herstellung mittels Foto-Ätztechnik

Dickfilmtechnik

- Leiter und Widerstände in Schichtdicken von 10 ... 25 µm
- Substratmaterial: unglasierte Keramik
- Herstellung mittels Siebdruck

zur Lösung einer Vielzahl von Problemen. Insbesondere eignet sich diese Technik für Analogschaltungen in weiten Frequenzbereichen und ist damit eine sehr geeignete Technologie zur Anwendung in tragbaren Funkgeräten, wo Gewicht und Abmessungen kleinstmöglich zu halten sind. Figur 1 zeigt ein professionelles Funkgerät, in welchem Dickfilme eingesetzt sind, z.B. als HF-Eingangsstufe (Fig. 2). Der Einsatz der Dickfilmtechnik hat nicht nur Gewicht und Abmessungen des Gerätes beeinflusst, sondern auch die Struktur der Arbeitsplätze für die Herstellung dieses Funkgerätes geändert. Zum Vergleich kann die Herstellung des SE 19, des Vorgängers des SE 20, herbeigezogen werden. Definiert man die totale Anzahl Arbeitsplätze für die Fertigung einer Serie von SE 19 mit 100%, so reduziert sich diese Anzahl für die Fertigung des SE 20 auf 77%. Wie Tabelle II zeigt, ergeben sich auch grössere Verschiebungen bei den beteiligten Abteilungen. Neue Abteilungen entstehen (Dickfilmmontage), während bei den drei Abteilungen Wicklerei, Gerätemontage und Leiterplattenbestückung der ursprünglich wesentliche Arbeitsanteil mehr als halbiert wird.

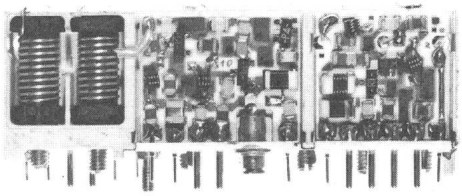

Fig. 2 Beispiel einer mit Dickfilm-Hybridschaltungen aufgebauten Schaltungsgruppe (HF-Eingangsstufe)
Im geöffneten Gehäuse erkennt man von rechts nach links 2 Dickfilmschaltungen und daneben 2 Filterspulen. Das Ganze ist 5 cm lang.

Die Dickfilmtechnik hat also bei diesem Handfunkgerät wesentliche Verschiebungen bezüglich Arbeitsplätze zur Folge. Dafür hat das SE 20 gegenüber seinem Vorgänger erhebliche Einsparungen in Gewicht und Volumen bei gleichzeitig verbesserten technischen Möglichkeiten gebracht, was unabdingbare Voraussetzung zur Erhaltung der Konkurrenzfähigkeit ist.

3. Zweites Beispiel: Leiterplatten in Multiwire-Technik

Die Dickfilme im vorhergehenden Beispiel sind unter anderem auch eine spezielle Art der Verbindungstechnik. Im folgenden Beispiel geht es um eine wichtige Verbindungstechnik im Gerätebau: die Leiterplatte. Die Leiterplatte ist in der gesamten Elektrotechnik der klassische Träger von Bauelementen und von deren elektrischen Verbindungen untereinander. Auch in dieser Technologie sind neben der wohl am weitesten verbreiteten zweiseitig mit Leiterbahnen bedruckten Leiterplatte eine ganze Reihe von weiteren Möglichkeiten und Verfahren entstanden. Als Beispiel soll die Multiwire-Technik betrachtet werden [2].

Bei dieser Technik werden die Leiterbahnen nicht aufgedruckt, sondern die einzelnen Verbindungsleitungen werden mit einer Art grosser «Nähmaschine» (Fig. 3) gelegt. Die Verbindung erfolgt mit einem isolierten Kupferdraht. Anfangs- und Endpunkt der Verbindungsleitung werden

Aufteilung der Arbeitsplätze für die Fertigung von Funkgeräten. SE 20 ist der heutige Typ, SE 19 sein Vorgänger Tabelle II

Geräte	Abteilungen								Total
	Einzelteil-fabrikation	Leiterplatten-fertigung	Lackiererei	Wicklerei	Geräte-montage	Leiterplatten-bestückung	Dickfilm-montage	Prüfung	
SE 19	10%	4%	1%	10%	29%	24%	–	22%	100%
SE 20	10%	3%	2%	4%	14%	6%	24%	14%	77%

abisoliert und damit der Kontakt mit den zu verbindenden Bauelementen hergestellt. Die Tatsache, dass der verlegte Draht isoliert ist, ermöglicht Kreuzungen von Verbindungen, was gegenüber den konventionellen Leiterplatten mit gedruckten Leiterbahnen wesentliche Vorteile bringt:

- Die mögliche Anzahl von Verbindungen pro Leiterplatte wird erhöht, was eine erhöhte Packungsdichte der Bauelemente ermöglicht und damit neue Möglichkeiten bezüglich Abmessungen der Geräte oder Komplexität der Schaltungen eröffnet.
- Das Auslegen der Verbindungen ist vereinfacht, weil nicht mühevoll nach Lösungen gesucht werden muss, welche jeglichen Kreuzungspunkt vermeiden. Ein effizientes Computerprogramm (auf einem PDP-11-Rechner) erarbeitet den Lay-out und liefert das Steuerprogramm für die Verlegeeinrichtung. Der Aufwand ist kleiner als beim CAD (Computer Aided Design) der konventionellen Leiterplatte.

Als weiteres Beispiel für den Strukturwandel soll gezeigt werden, wie die Multiwire-Technik den Weg für neue technische Möglichkeiten öffnet. Mit Hilfe dieser Technik kann die Leistungsfähigkeit komplexer Bauelemente (z.B. VLSIC = Very Large Scale Integrated Circuit) oder auch der Dickfilmtechnik voll ausgenützt werden:

- Bei leistungsfähigen Interface-Schaltungen kann in manchen Fällen die nötige Anzahl von Verbindungsleitungen zu den Bauelementen nur dank dem Aufbau auf Multiwire-Leiterplatten erreicht werden.
- Die in der Schweiz weitverbreitete Tischtelefonstation TS 70 bietet in der sog. RG-Version die Möglichkeit, 20 Telefonnummern à 20 Ziffern elektronisch zu speichern. Trotz der knappen Platzverhältnisse konnte die dafür notwendige Schaltung dank dem Einsatz von Multiwire-Leiterplatten mit der nötigen Packungsdichte der Bauelemente verwirklicht werden.
- Das erwähnte Handfunkgerät SE 20 hat ein kleines Volumen trotz anspruchsvoller technischer Spezifikationen und einem reichhaltigen Angebot an Ausbauvarianten. Kleine Abmessungen dank hoher Packungsdichte sind möglich durch die Verwendung von Multiwire-Leiterplatten.

Die Multiwire-Technik steht am Ursprung einer neuen Arbeitsstruktur: Mit der Einführung dieser Technik wurde der erste CAD bei Autophon bereits 1974 in Betrieb genommen, wohl eine der ersten CAD-Anlagen für Leiterplattendesign in der ganzen Schweiz. Aber nicht nur bezüglich CAD, sondern auch bezüglich Packungsdichte für die Bauelemente hat die Multiwire-Technik neue Möglichkeiten gebracht. In der Zwischenzeit sind weitere CAD-Systeme in Betrieb genommen worden, und neue Verfahren werden noch höhere Packungsdichten bringen. Die Technik entwikkelt sich rasch weiter, gestützt auf das Know-how, das in den letzten Jahren in den verschiedenen neu entstandenen Abteilungen erworben wurde.

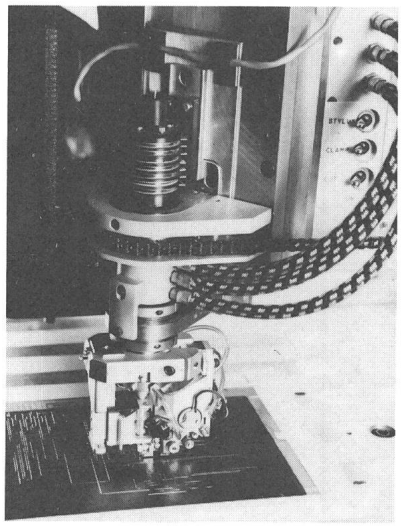

Fig. 3 Herstellung der Multiwire-Leiterplatten

4. Drittes Beispiel: Tastatur

Die bisherigen Kapitel betrafen das Innere von Geräten. Parallel mit der Steigerung der Leistungsfähigkeit von elektronischen Schaltungen sind bei den Bedienungselementen für die Geräte tiefgreifende Neuerungen eingeführt worden. Für die Bedienung gibt es den angelsächsischen Oberbegriff «Man-Machine-Interaction». Dieser umfasst alle Vorgänge des Dialoges zwischen Mensch und Gerät, namentlich alle Ein- und Ausgabeverfahren mittels Tastatur, Schalter, Anzeigeelement, Bildschirm usw.

Ein typisches Beispiel für den technischen Wandel auf diesem Sektor ist die Tastatur, im besonderen die Tastatur der Telefonstation. Nachdem während etwa eines halben Jahrhunderts die Wählscheibe das einzige Verfahren für das Einstellen von Telefonnummern war, ist seit wenigen Jahren der Ersatz dieses Eingabeverfahrens durch die Tastenwahl voll im Gange. Die Wählscheibe, eine feinmechanische Konstruktion, wird ersetzt durch eine Tastatur.

Die Tastenwahl bringt dem Benützer den Vorteil der rascheren Eingabemöglichkeit, wobei die Auswertungsgeschwindigkeit der eingegebenen Nummer nicht von der Tastatur, sondern von der Telefonzentrale abhängt, welche die Vermittlung besorgt.

Funktionell hat die Tastenwahl den Vorteil, dass bei Bedarf der Tastensatz verhältnismässig einfach um z.B. zwei Tasten (für die Telefonstation mit Nummernspeicher) erweitert werden kann. Andere Bauformen mit zusätzlichen vier oder sechs Steuertasten neben den Grundtasten 0 bis 9 sind ebenfalls im Einsatz.

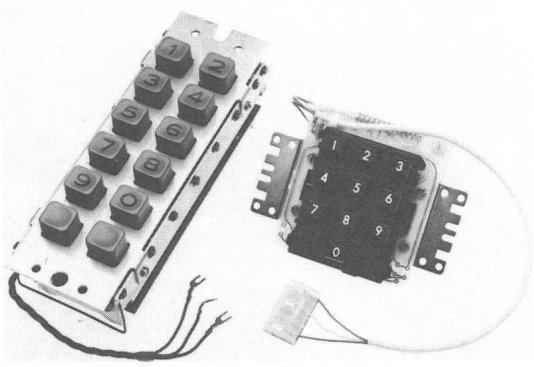

Fig. 4 Vergleich der Telefontastatur von 1964 (links) mit der heutigen Bauform

Erste Versuche mit einem Telefon mit Tastenwahl wurden bereits 1964 durchgeführt. Figur 4 zeigt links den dazu verwendeten Tastensatz: Schreibmaschinentasten steuerten über eine ausgeklügelte Feinmechanik einen Satz von vier Reed-Relais, welche schliesslich die elektrischen Signale lieferten. Dieses Tastentelefon wurde 1964 an der Expo in Lausanne ausgestellt. Ferner wurden mit einer Serie von 300 Stück praktische Erfahrungen gesammelt.

Die Telefontastatur rechts in Figur 4 entspricht der Bauform, wie sie in der Schweiz seit 1973/74 serienmässig eingesetzt wird. Die konstruktiven Lösungen haben sich seit diesen ersten Einsätzen mehrmals verändert, auch wenn dies von aussen für den Benützer nicht immer ersichtlich ist. Der feinmechanische Anteil nimmt bei diesen Tastaturen immer mehr ab, während der elektronische Anteil ständig wächst. Die neuen Konstruktionen arbeiten nach dem Prinzip der *Schaltmatten.* Auch wenn die Ausführungen im einzelnen verschieden sind, beruhen doch alle auf dem gleichen Grundprinzip: Unter den Tasten liegt eine speziell geformte Gummimatte, die sog. Schaltmatte, die gleichzeitig als Feder- und Kontaktelement dient. Sie besteht aus heissvernetztem Silikonkautschuk und trägt Kontaktpunkte, welche durch Russzusatz leitend gemacht sind. Drückt man auf eine Taste, so wird das darunter liegende Segment der Gummimatte auf eine Leiterplatte gedrückt, und ein elektrischer Kontakt wird zwischen dem leitenden Gummiteil und der entsprechenden Kontaktstelle auf der Leiterplatte hergestellt. Dieses Prinzip ergibt eine angenehme Bedienungsart namentlich dadurch, dass der Benützer einen Druckpunkt (Snap-Effekt) spürt. Er erhält damit ein Gefühl von sicherer Bedienung. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Einsatz von Tastaturtypen dieser Art in der Telefonstation einen wesentlich kleineren Falschwahlanteil ergeben als die Verwendung von Tastaturtypen mit weniger Bedienungskomfort.

Bei der Tastenkonstruktion mit Schaltmatte ist immer noch ein gewisser Anteil Feinmechanik vorhanden. Daneben gibt es eine Reihe von vollelektronischen Tastenverfahren, die ohne Mechanik und bewegliche Teile auskommen, indem sie z.B. auf kapazitivem Weg den Fingerdruck erkennen. Diese Verfahren geben dem Benützer kein Druckpunktgefühl. Als Ersatz für den Druckpunkt wird in vielen Anwendungen ein akustisches Signal verwendet.

In der Entwicklung von der Tastatur «Modell 1964» zu den heutigen Tastaturen mit Schaltmatte oder mit vollelektronischen Bauformen wurde die Feinmechanik weitgehend durch die Elektronik ersetzt, also ein weiteres Beispiel für den Strukturwandel, von dem der Feinmechanik-Produzent betroffen ist.

Ein anderes Tastenbeispiel etwa ist der Kanalwähler beim Fernseher. Häufig sind diese Tasten vollelektronisch ohne mechanische und bewegliche Teile aufgeführt: auch hier keine Feinmechanik mehr.

Dieser Strukturwandel betrifft die Belange des Produzenten. Aus der Sicht des Benützers geht es jedoch um die optimale Bedienungsweise seiner Geräte. Bei der zunehmenden Komplexität elektrischer Geräte oder beim Einsatz von Elektronik in neuen Anwendungen (z.B. Werkzeugmaschinen) wäre der Bediener ohne optimale Man-Machine-Interaction überfordert. Der Benützer erlebt den Strukturwandel somit anhand seiner Man-Machine-Interaction: Nur dank optimaler Ein-/Ausgabeverfahren kann er mit einfachen Bedienungsabläufen komplexe Vorgänge fehlerlos beherrschen.

5. Schlussfolgerungen

Die drei Beispiele haben gezeigt, dass die heutige Elektronik nicht nur durch die Mikrocomputer und integrierten Schaltungen geprägt wird, sondern dass auch andere Verfahren und Komponenten die Fertigung und das Benützen von elektronischen Geräten formen. Die Beispiele sind nicht vollständig, die Liste der Einflüsse auf den Strukturwandel könnte sehr leicht erweitert werden. Das wesentliche ist, dass der Strukturwandel nicht einseitig mit Blick auf eine einzige Ursache aufgefasst wird, sondern dass die Ursachen in ihrer ganzen Breite erfasst und verarbeitet werden.

Literatur

[1] *G. Käs* u.a.: Schichtelektronik. Grafenau/Döffingen, Lexika-Verlag, 1978.

[2] *P. Plonski, T. Buck* and *S. Smookler:* Multiwire boards compete with microstrip and strip-line packaging. Electronics 54(1981)18, p. 143...148.

Adresse des Autors

Dr. *A. Simmen*, dipl. Ing. ETH, Autophon AG, 4500 Solothurn.