

Beschaffungsprobleme oder Theorie und Praxis der Mikroprozessortechnik

Autor(en): **Diggelmann, H. / Briccola, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **71 (1980)**

Heft 11

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-905256>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Beschaffungsprobleme oder Theorie und Praxis der Mikroprozessortechnik

Von H. Diggelmann und J. Briccola

681.325-181.48: 339.138;

Mikroprozessoren und andere moderne Halbleiter sind für den Laien in jeder Hinsicht eine äusserst undurchsichtige Angelegenheit. Nicht nur der Kontrolleur am Wareneingang einer Elektronikfirma spürt das Problem, wenn er allenfalls noch Anzahl und Typennummern der gelieferten Komponenten mit den Angaben auf dem Lieferschein vergleichen kann; auch der Einkäufer muss sich in einer Situation zurechtfinden, in der er sich laufend mit abstrakt erscheinenden Problemen konfrontiert sieht.

Es werden einige ausgewählte Problemkreise beleuchtet, welche allesamt als Randprobleme der Mikroprozessortechnik erscheinen, aber nichtsdestoweniger eine wichtige Rolle spielen, wenn eine Elektronikfirma erfolgreich bestehen will.

Les microprocesseurs et autres semi-conducteurs modernes sont, à tous égards, une affaire extrêmement obscure pour les personnes non spécialisées. Le contrôleur d'entrée d'une fabrique d'appareils électroniques est déconcerté parce qu'il peut tout au plus comparer la quantité et les numéros de types des composants avec le bulletin de livraison; l'acheteur, lui aussi, a constamment affaire à des problèmes qui paraissent fort abstraits.

Sont examinés quelques problèmes particuliers de la technique des microprocesseurs, plus ou moins marginaux, mais qui jouent cependant un rôle important pour qu'une fabrique d'appareils électroniques puisse maintenir sa place sur le marché.

1. Die Anbieter von Halbleiterprodukten

Im Marktgebiet Schweiz werden Halbleiterbauteile über verschiedenartige Kanäle angeboten; man kennt insbesondere folgende Bezugswege:

- Handelsgesellschaften mit Sitz in der Schweiz und im Ausland kaufen von Herstellern Halbleiterprodukte und verkaufen sie in der Schweiz.
- Handelsgesellschaften in der Schweiz und im Ausland kaufen von anderen Handelsgesellschaften Halbleiter und verkaufen diese an die Verbraucher in der Schweiz.
- Ausländische und schweizerische Halbleiterhersteller verkaufen ihre Produkte direkt an schweizerische Verbraucher.
- Schweizerische und ausländische Halbleiterhersteller setzen ihre Produkte im Marktgebiet Schweiz über eine schweizerische Handelsgesellschaft ab.

Diese Vielfalt von Beschaffungswegen gilt nicht nur für den Warenfluss; auch der Informationsfluss, der der Markterkundung dient, hält sich an diese verschiedenartigen Wege. Eine Folge davon ist, dass sich vor einem Käufer eine verwirrende Vielfalt von Informationen betreffend Preise und Lieferfristen öffnet. Dies kann so weit gehen, dass die gesamte Situation der Elektronik-Wirtschaft stark beunruhigt wird.

Es ist daher sehr wichtig, dass der Käufer sich wohl überlegt, welcher Beschaffungsweg für ihn der optimale ist. Die Einkaufsabteilung in der Firma des Referenten deckt etwa 80% des Halbleiterbedarfs über Handelsgesellschaften, welche echte Werksvertretungen mit Sitz in der Schweiz sind. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dadurch eine wesentliche Beruhigung des Einkaufsgeschehens eintritt. Dies ist vor allem auch wichtig in Fällen, in denen man während Entwicklungsphasen auf technische Unterstützung des Lieferanten bis ins letzte Detail angewiesen ist. Handelsfirmen, die an Meistbietende verkaufen, können solche oft kostenintensive Unterstützung nur sehr fragmentarisch anbieten und sind daher nicht akzeptierbar.

Eine Beschaffungspolitik, die den kürzestmöglichen Weg vom Fabrikanten zum Verbraucher bevorzugt, bedingt natürlich eine weitsichtige und umfassende Beschaffungsplanung, was aber hilft, ein Vertrauensverhältnis zwischen Hersteller und Verbraucher, ein Miteinandergehen, aufzubauen. Technisch und wirtschaftlich ausgereifte Entscheide werden auf diese Weise gefördert.

Vortrag der SEV-Informationstagung «Der Mikroprozessor als Problemlöser und Problemquelle», 29. April 1980 in Neuchâtel.

2. Die heutige Beschaffungssituation

Der erstmalige Einsatz von Materialien und Komponenten hat seit jeher Anfangsschwierigkeiten verursacht. Es ist nicht einzusehen, dass ausgerechnet technologisch höchstgezüchtete Elemente, wie sie Mikroprozessoren, Speicher und verwandte Schaltungen darstellen, eine Ausnahme machen sollten. Bis ein geregelter Beschaffungsrhythmus etabliert ist, müssen erfahrungsgemäss in mühsamer Kleinarbeit technische und kaufmännische Probleme gelöst werden. Dies dauert normalerweise viele Monate und verhindert – glücklicherweise –, dass die Beschleunigung des Erneuerungsrhythmus ins Uferlose weiterwächst.

In Fig. 1 ist die Entwicklung des Halbleiterverbrauchs einer grösseren Fernmeldefirma dargestellt. Interessant ist dabei die Feststellung, dass auch heute noch die Einzelhalbleiter (Dio-

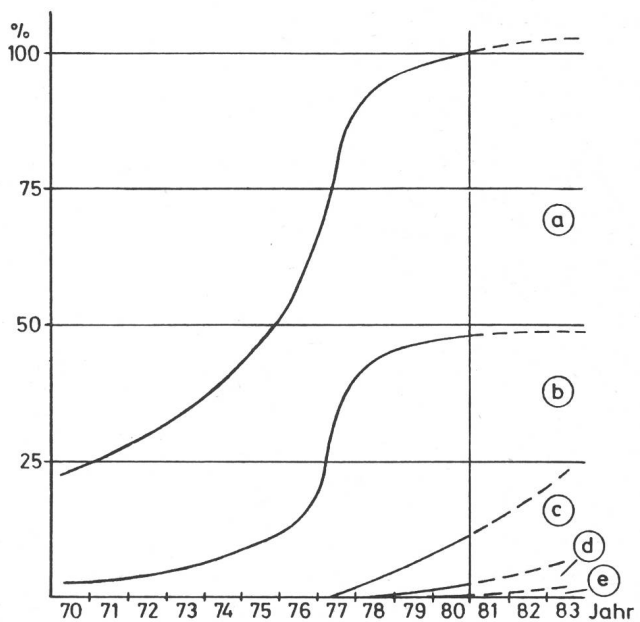


Fig. 1 Aufteilung des Halbleiterverbrauchs auf Halbleitertypen

(Anzahl Komponenten; 1980 total 100%)

- a Einzelhalbleiter
- b SSI (Small scale integrated)
MSI (Medium scale integrated)
- c Speicher-IC (IC = integrated circuit)
- d Mikrocomputer-Bausteine
- e Mikroprozessoren

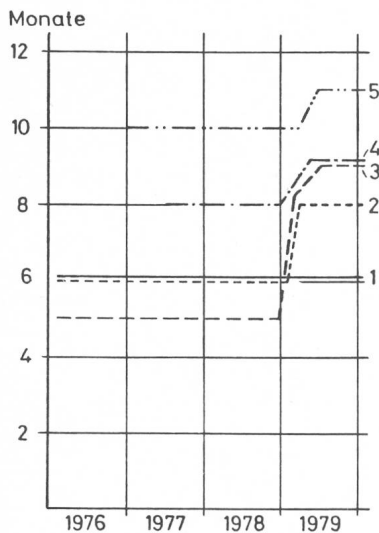


Fig. 2 Lieferfristen für verschiedene Halbleitertypen

- 1 Dioden
- 2 Transistoren
- 3 Digitale IC (SSI, MSI)
- 4 Mikroprozessoren
- 5 Halbleiterspeicher

den, Transistoren usw.) dominieren, gefolgt von den klassischen einfachen und mittleren integrierten Schaltungen. Der eigentliche Mikroprozessor ist 1980 mit weniger als einem Prozent vertreten. Fasst man allerdings alle Bausteine zusammen, insbesondere Speicher-IC, welche zum Bau eines sog. Mikrocomputers nötig sind, so kommt man doch bereits auf 12% Elemente, welche in der modernsten Technologie gebaut und entsprechend problembehaftet sind. Ein Ausblick in das Jahr 1983 ergibt bei mehr oder weniger konstant bleibender Halbleiterstückzahl rund 50% Einzelhalbleiter, 25% einfache IC und 25% komplexe IC.

Die Beschaffungsmöglichkeit hat sich seit dem raschen Ansteigen des Verbrauchs komplexer IC gesamthaft verschlechtert (Fig. 2). Interessant ist aber die Feststellung, dass es vor allem die einfachen IC sind, deren Lieferzeit sich von 1978 bis heute etwa verdoppelt hat und heute mit rund 9 Monaten in guter Gesellschaft zwischen derjenigen von Mikroprozessoren und Speicher-IC liegt. Es verdient festgehalten zu werden, dass in den vergangenen 4 Jahren auf dem Gebiet der komplexen IC keine grundlegende Verschlechterung eingetreten ist.

Die Preissituation ist in Fig. 3 beleuchtet. Schliesst man vorerst einmal die Speicher-IC aus, so stellt man fest, dass der Durchschnittspreis (über alle Typen von IC gemittelt) in den letzten 3 Jahren um einiges gesunken ist, dies ungeachtet der Tatsache, dass die immer komplexer werdenden Elemente wesentlich mehr zu leisten imstande sind als ihre Vorläufer. Bezieht man die Speicher-IC mit ein, so steigt der mittlere Preis allerdings stark an. Dabei muss aber beachtet werden, dass Speicher-IC nicht anstelle früherer anderer IC traten, sondern anstelle von Kernspeichern usw., die vorher den Durchschnittspreis der Halbleiterelemente nicht belasteten.

So erscheint die Beschaffungssituation eigentlich relativ positiv. Leider muss nun aber festgestellt werden, dass sich unser Land dabei in eine starke Abhängigkeit von nordamerikanischen und japanischen Lieferanten begeben hat. Ein längerer Lieferunterbruch, aus welchem Grunde auch immer, kann für die betroffenen Firmen verheerende wirtschaftliche Folgen haben. Es ist eigenartig, dass die Öffentlichkeit von dieser Bedrohung kaum Kenntnis nimmt. Offensichtlich ist es inter-

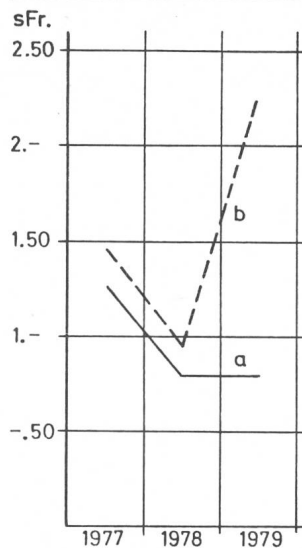


Fig. 3 Durchschnittspreis der integrierten Schaltungen gemäss Fig. 1

- a Mittel aller Typen exklusive Speicher-IC
- b Mittel aller Typen inklusive Speicher-IC

essanter, Behauptungen über den Verlust von Arbeitsplätzen aufzustellen, der durch das Vordringen der Mikroelektronik verursacht werde, als die Tatsache zu diskutieren, dass eine Liefersperre eben derselben Chips uns vor ganz erhebliche Beschäftigungsprobleme stellen könnte.

Gegen diese Auslandsabhängigkeit ist man glücklicherweise nicht ganz machtlos. Eine gute Voraussetzung für eine kontinuierliche Versorgung ist das eingangs erwähnte gute Einvernehmen mit den Herstellern, welches nicht leichtfertig momentanen, anderweitigen Vorteilen geopfert werden sollte. Daneben ist natürlich eine vernünftige Lagerhaltung von Nutzen. Eine solche wird erleichtert, wenn man sich in der eigenen Sortimentspolitik strenge Maßstäbe auferlegt. Eine kritische Beurteilung aller Faktoren führt oft zum Schluss, dass eine neuere, sogenannt «bessere» Komponente gar keinen effektiven Vorteil für das Endprodukt darstellt. Die Beschränkung auf wenige, weltweit bevorzugte Standardtypen zwingt einen zwar, auf angeblich werbewirksame Hinweise auf das Modernste des Modernen zu verzichten, gestattet aber meistens, äquivalente Typen von Zweit- und Drittlieferanten zu beziehen, welche in anderen Wirtschaftsräumen, z.B. in Europa oder sogar in der Schweiz selbst, produziert werden. Gerade die Fabrikation in der Schweiz könnte zumindest soweit vorbereitet werden, dass in einer lange dauernden Notsituation die Produktion eines beschränkten Standardsortimentes aufgebaut werden kann. Dass dies keine Utopie sein muss, zeigen Beispiele aus dem Zweiten Weltkrieg, als dem Mangel auf dem Gebiet der Elektronenröhren (sowohl für Sender wie für Empfänger) durch Produktionsaufnahme in mehreren Schweizer Firmen begegnet werden konnte. Die Schweiz besitzt heute eine Reihe von Halbleiter-Produktionsstätten, die zusammengenommen ein breites technologisches Gebiet abdecken. Auf dem Gebiet der Telekommunikation sind denn auch Gespräche im Gange, welche Wege zur Sicherstellung der Verfügbarkeit kritischer Elemente aufzeigen sollen. Wünschbar wäre allerdings auch ein vermehrtes Verständnis der staatlichen Beschaffungsstellen für die Tatsache, dass eine solche Krisensicherung wohl oder übel einiges Geld kostet und nicht mit wenigen Prozent Aufschlag auf den Halbleiterpreisen abgetan werden kann.

3. Qualitätsprobleme

Auf dem Gebiet der Qualität zeichnet sich seit einiger Zeit eine Entwicklung ab, die zum Nachdenken Anlass geben muss. Im Obligationenrecht OR Art. 197 steht:

«Der Verkäufer haftet dem Käufer sowohl für die zugesicherten Eigenschaften als auch dafür, dass die Sache nicht körperliche oder rechtliche Mängel habe, die ihren Wert oder ihre Tauglichkeit zu dem vorausgesetzten Gebrauche aufheben oder erheblich mindern. Er haftet auch dann, wenn er die Mängel nicht gekannt hat.»

In der Vergangenheit konnte man sich bei Einzelhalbleitern, SSI und MSI, auch bei ausländischen Lieferanten, weitgehend darauf verlassen, dass das angelieferte Material in der Regel den Spezifikationen entsprach; eine Eingangskontrolle konnte sich sehr oft auf Stichproben beschränken. Heute sind aber die Massnahmen, die ein Hersteller ergreifen muss, um einen hohen Qualitätsstandard zu garantieren, ausserordentlich teuer und zeitraubend geworden. Dies überrascht an und für sich nicht, wenn man sich vor Augen führt, was ein Mikroprozessor oder ein Speicherbaustein leisten muss. Aber die mit der Prüfung und Qualitätssicherung verbundenen Kosten übersteigen bald einmal die Herstellkosten, und unter dem Konkurrenzdruck sind immer mehr Fabrikanten versucht, den Nachweis der Funktionstüchtigkeit dem Verbraucher aufzubürden. Erklärungen der Fabrikanten, man müsse sich mit höheren Ausfallquoten beim Einsatz der Halbleiter abfinden, gehören leider zur Tagesordnung. Dies zwingt den Verbraucher, sich für eine minutiöse Eingangskontrolle einzurichten, denn er muss seinerseits Art. 201 des OR erfüllen, welcher folgendermassen lautet:

«Der Käufer soll, sobald es nach dem üblichen Geschäftsgange tunlich ist, die Beschaffenheit der empfangenen Sache überprüfen und, falls sich Mängel ergeben, für die der Verkäufer Gewähr zu leisten hat, diesem sofort Anzeige machen.

Versäumt dieses der Käufer, so gilt die gekaufte Sache als genehmigt, soweit es sich nicht um Mängel handelt, die bei der übungs-gemässen Untersuchung nicht erkennbar waren.

Ergeben sich später Mängel, so muss die Anzeige sofort nach der Entdeckung erfolgen, widrigenfalls die Sache auch rücksichtlich dieser Mängel als genehmigt gilt.»

Einige Zahlen aus der Praxis des Referenten sollen diesen Problembereich abrunden:

Im Jahre 1979 mussten 2,1% der gelieferten IC beanstandet und retourniert werden. Der Aufwand, um diese fehlerhaften IC zu eruieren, verteuerte die SSI und MSI um 6%, die komplexeren IC um 11%. Nicht alle Prüfungen konnten im eigenen Prüffeld durchgeführt werden. Der Zeitaufwand für den Test bei externen Prüfstellen variierte zwischen 5 und 15 Wochen. Um alle Prüfungen im eigenen Haus durchführen zu können, sind zusätzliche Investitionen von gegen 1,5 Mio Fr. notwendig.

In einer in der Vergangenheit viel angewendeten Bauweise wurden pro Baugruppe durchschnittlich 15 integrierte Schaltungen verbaut. Rund 10% dieser Baugruppen funktionierten nicht auf Anhieb. Aus Fig. 4 kann man entnehmen, dass etwa 0,65% der eingesetzten IC defekt waren, dies infolge der unvollständigen Eingangskontrolle und infolge von Frühausfällen. Hätte man die IC ungeprüft verbaut, so hätten rund 30% der Baugruppen nicht funktioniert; untragbare Reparaturkosten wären die Folge gewesen.

Bei neuen Konstruktionen ist es üblich, bis zu 100 IC auf einer Baugruppe zu vereinen. Eine Fehlerquote von 2,1% würde gegen 90% aller Baugruppen reparaturbedürftig machen, eine Situation, die absolut unakzeptabel wäre. Um diese

Zahl wieder auf 10% zu reduzieren, dürften sich höchstens 0,1% der IC nach der Eingangskontrolle als schlecht erweisen. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass man solche Werte nur durch ausserordentlich gute Kooperation mit dem Hersteller erreichen kann.

4. Einige Randerscheinungen

Das Lötproblem

Die IC-Hersteller geben in ihren Datenblättern genau an, welchen Temperaturen die Anschlüsse der Schaltungen beim Einlöten ausgesetzt werden dürfen und wie lange dieser Vorgang höchstens dauern darf. In der Praxis stellt man nur zu oft fest, dass auf diese Weise keine einwandfreie Lötstelle möglich ist. Nachdem an anderen elektronischen Komponenten zur Genüge bewiesen worden ist, dass das Lötproblem gelöst werden kann, ist diese Tatsache doch eher verwunderlich, und man sollte meinen, dass nach einigen wenigen Reklamationen die Sache in Ordnung kommt. Dass dem nicht so ist, zeigt unter anderem die Tatsache, dass ein namhafter schweizerischer Elektronikfabrikant die Beine fast aller IC nach der Eingangskontrolle nachverzinnt. Hier grenzt nun doch einfach die Sparwut der Hersteller ans Absurde.

Das Problem der IC-Sockel

Obwohl integrierte Schaltungen grundsätzlich zum Einlöten in Leiterplatten konzipiert sind, ist ein Trend zu vermehrtem Einsatz auf Sockeln feststellbar (Fig. 5). Gründe für diese Tendenz sind

- Vorschriften von Grossabnehmern der mit komplexen IC ausgerüsteten Geräte, z. B. PTT, meist aus Serviceüberlegungen heraus.
- Vereinfachte Testabläufe im Zuge der Fabrikation.
- Misstrauen in die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der IC.

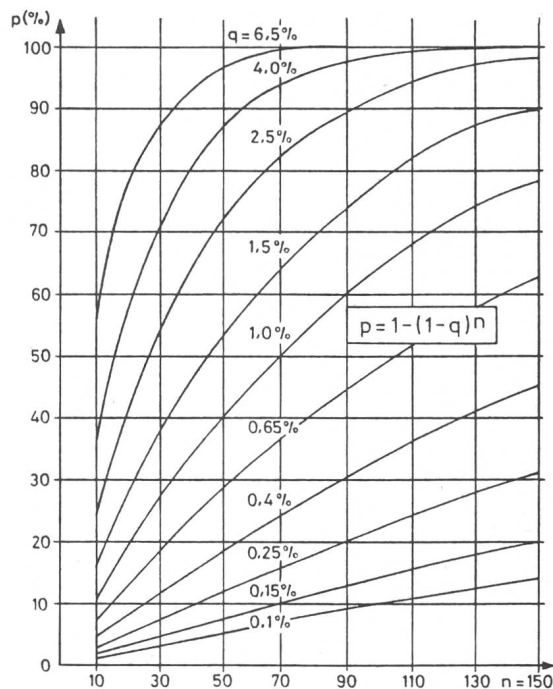


Fig. 4 Anzahl defekter Baugruppen in Funktion der Anzahl Komponenten pro Baugruppe

- p Anzahl bestückter, defekter Baugruppen
- q Anzahl defekter Komponenten
- n Anzahl Komponenten pro Baugruppe

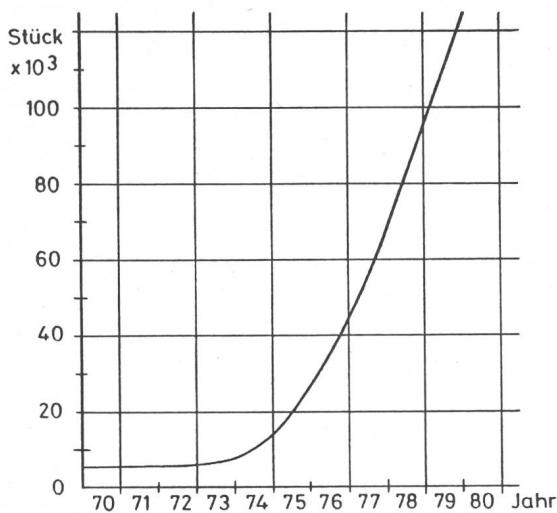


Fig. 5 Verbrauch von IC-Sockeln (Hasler AG)

Den zum Teil echten, zum Teil nur erhofften Vorteilen steht als gravierender Nachteil die inhärente Unzuverlässigkeit jeder Steckverbindung gegenüber. Ein Misstrauen gegenüber diesen Kontakten ist sicher um so berechtigter, als ja die beiden in Kontakt stehenden Teile IC-Stift und Kontaktfeder von verschiedenen Lieferanten kommen und daher in ganz verschiedenen Materialkombinationen gepaart werden können. Wie soll der Sockelfabrikant sein Kontaktmaterial wählen, wenn er nicht weiss, ob der Kontaktstift versilbert, verzinkt oder vergoldet sein wird oder sogar mit einer (schlecht lötbaren) Oxidschicht überzogen sein könnte? Der Verwender von IC-Sockeln ist auf alle Fälle gut beraten, wenn er die auf dem Markt angebotenen Sockel nicht nur nach ihrem Preis beurteilt. Auch dürfte eine Rückfrage in der Fertigung von Nutzen sein, denn gar mancher Sockel hat sich als sehr teuer im Einbau erwiesen, da er z.B. nicht fluxresistent oder temperaturempfindlich war und daher teure Sonderoperationen bei der Leiterplattenbestückung erforderte. Ein guter Sockel kostet Geld, er verteuert das aufzunehmende Element im Durchschnitt um 10%. Angesichts dieser Tatsache ist es eigentlich erstaunlich, dass in der Schweiz nicht eine blühende IC-Sockel-Industrie besteht.

Das Kondensatorproblem

Manch schöne neue Mikroprozessoranwendung hat wegen einigen Kondensatoren ein vorzeitiges Ende oder zumindest eine schwere Einführungsphase erlebt:

– *Tantalkondensatoren* werden auf Baugruppen in kleinen Stückzahlen zur Übernahme niederfrequenter Speisestromspitzen eingesetzt. So einfach ein Tantalkondensator zu definieren ist, so hartnäckig behauptet er sich als Problemquelle. Es scheint vielerorts unbekannt zu sein, dass nicht alle Tantalkondensatortypen schaltfest sind, d. h., sie ertragen kein hartes

Einschalten der Spannung, sondern beantworten diese Zumutung gelegentlich mit einem Durchschlag. Die Abklärung der Qualität solcher Kondensatoren ist zeitraubend; auch hier hilft ein Vertrauensverhältnis mit dem Lieferanten weiter.

– *Keramikkondensatoren* werden zur Reduktion des hochfrequenten Störniveaus auf den Speiseleitern der Baugruppen eingesetzt. Ihr Nutzen wird von vielen Ingenieuren in Frage gestellt. Eingehende Laboruntersuchungen haben aber einen grossen Nutzeffekt nachgewiesen, sofern man gewisse Regeln nicht verletzt. Ein Erfolgsrezept verlangt beispielsweise pro IC einen Kondensator. Ein Rezept, das unter Umständen die Situation verschlechtert anstatt verbessert, lautet: Ein Kondensator auf 2 IC ...!

Aber auch das Erfolgsrezept hat natürlich seine Tücken: den Preis (60% des IC-Preises), die Lieferprobleme sowie das Zuverlässigkeitsproblem.

Gerade das letzte Problem verdient wieder eine genaue Analyse: Welche Ausfallmechanismen treten bei den verschiedenen Fabrikaten vornehmlich auf? Wie kann überhaupt ein defekter Kondensator in einer Baugruppe erkannt werden? Die Gefahr besteht, dass im Laufe der Jahre eine Reihe von Kondensatoren unbemerkt ihre Kapazität verlieren und die verbleibenden guten Elemente infolge Neuverteilung der Ladeströme die Störfestigkeit der Schaltung drastisch reduzieren. Kaum einzugrenzende, sporadische Fehler können nach einigen Betriebsjahren das Leben der Servicetechniker zu einem Alptraum werden lassen.

5. Schlussbetrachtungen

Die gestreiften Probleme sind typisch für eine Industrie, die den Schritt von der Mechanik zur Elektronik schon vor längerer Zeit vollzogen hat. In der Tat hätte man z. B. in der Fernmeldeindustrie ganz analoge Erfahrungen Anfang der sechziger Jahre niederschreiben können. Damals tauchte der Transistor zusammen mit der Leiterplatte in grösserer Zahl in neuen Produkten auf und begann die Elektronenröhre, das Relais, die Drahtform und andere klassische Elemente des elektrischen Apparatebaus zu verdrängen. Die Erfahrungen von damals sind es wert, auch heute wieder analysiert zu werden: Für den erfahrenen Elektronikapparatebauer ist die Gegenwart nicht revolutionärer als die Pionierzeit der sechziger Jahre; er wird daher die neuen Probleme wie eh und je anpacken und meistern. Dem Unternehmer, der erst heute Bekanntschaft mit der Elektronik machen muss, sei gesagt, dass die echten Probleme selten dort stecken, wo sie eine gewisse «Fach»presse zu sehen glaubt; nein, sie stecken ganz schlicht in den Details. Diese Details sind allerdings so zahlreich geworden, dass man sie besser nicht im Alleingang löst, sondern in echter partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit Kollegen, aber auch mit kompetenten Untertierlieferanten und Kunden.

Adresse des Autors

Dipl. Ing. H. Diggelmann und J. Briccola, Hasler AG, Belpstrasse 23, 3000 Bern 14.