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: 67 (1976)

Heft: 18

Artikel: Mikroprozessoren als Ersatz klassischer Hardware in kleinen Teilnehmeranlagen

Autor: Zaugg, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915209

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: 09.12.2025

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

Mikroprozessoren als Ersatz klassischer Hardware in kleinen Teilnehmeranlagen [1])

Von J. Zaugg

681.325.181.48

Es wird allgemein auf die Vorteile des Ersatzes von klassischer Hardware durch Mikroprozessoren eingegangen. Es wird gezeigt, für welche digitalen Systeme Mikroprozessorlösungen in Frage kommen oder vorteilhaft erscheinen. Einige Mikroprozessorerfahrungen werden am Beispiel einer vollelektronischen Hauszentrale 3/10 dargelegt. Die erreichte Programmierleistung, ausgedrückt in Instruktionen pro Ingenieurtag, wird mit zwei anderen Entwicklungen verglichen. Abschliessend werden einige Gedanken über den Einfluss des Mikroprozessors auf das Gebiet der Teilnehmeranlagen der Telefonie geäussert.

L'auteur expose d'une façon générale les avantages du remplacement du matériel classique par des microprocesseurs et montre pour quels systèmes numériques l'emploi de microprocesseurs entre en considération ou paraît être avantageux. Quelques expériences faites avec des microprocesseurs sont exposées en prenant comme exemple un central d'abonné 3/10 électronique. Les performances de programmation, exprimées en instructions par journée d'ingénieur, sont comparées avec deux autres développements. Pour terminer, l'influence du microprocesseur sur les installations téléphoniques d'abonnés est brièvement mentionnée.

1. Einleitung

Mehr als die Hälfte aller Seminarien, Kolloquien und Tagungen auf dem Fachgebiet der Elektronik befassen sich in der letzten Zeit mit dem Mikroprozessor. Bereits werden Stimmen laut, die von einer Mikroprozessoreuphorie und von einer masslosen Überschätzung der Einsatzmöglichkeiten sprechen. Dieser Ansicht soll hier in aller Form widersprochen werden. Der Stellenwert des Mikroprozessors in der Geschichte der Elektronik ist durchaus mit demjenigen des Wechsels vom Transistor zur integrierten Schaltung zu vergleichen.

Die zunehmende Skepsis gegenüber diesem neuen Bauelement hat ihren tieferen Grund möglicherweise in der unangenehmen Erfahrung der meisten Firmen der Nachrichtenbranche, dass bis heute die von Lieferanten versprochene Verkürzung der Entwicklungszeiten nicht in dem erhofften Ausmass oder überhaupt nicht eingetreten ist. Nicht eingetreten ist die Verkürzung der Entwicklungszeit vor allem auf dem Gebiet des Ersatzes von klassischer Hardware (Tore, Flip-Flops usw.) durch den Mikroprozessor.

Der Einsatz von Mikroprozessoren hat heute bereits eine ausserordentliche Anwendungsbreite erreicht. Die Skala reicht am untersten Ende vom erwähnten Ersatz klassischer Hardware bis nach oben hin zum Ersatz bisheriger Minicomputer. Im vorliegenden Aufsatz geht es vor allem um Anwendungen im unteren bis untersten Bereich.

2. Ersatz klassischer Hardware durch Mikroprozessoren

Für die Realisation von digitalen Systemen ergaben sich im Zeitalter der Relaistechnik geringe Initialkosten (Fig. 1). Der Aufwand stieg aber relativ steil mit der Anzahl realisierter Funktionen an. Die Lösung mit einer IC-Familie (z. B. TTL) ergibt etwas höhere Initialkosten aber bereits eindeutig geringere Aufwendungen pro Funktion. Der Grundaufwand für einen Mikroprozessor liegt in Fig. 1 nochmals etwas höher. Ganz besonders fallen aber die sehr tiefen Aufwendungen pro Funktion auf. Dasselbe gilt durchaus auch für kundenspezifische LSI-Schaltungen (*L*arge *S*cale *I*ntegration); doch liegen dabei für viele Anwendungen die Initialkosten untragbar hoch.

Die Mikroprozessorlösung zeigt also ähnliche Kostenvorteile pro realisierte Funktion wie kundenspezifische LSI-Schaltungen, ohne jedoch Grundkosten zu verursachen, die sich erst bei riesigen Serien amortisieren lassen. Es wird dabei von der Erstinvestition für den Mikroprozessorarbeitsplatz abgesehen, da sich dieser ja in der Regel für viele Entwicklungen gemeinsam abschreiben lässt.

Aus der Fig. 2, die die Kosten pro Änderung einer Funktion zeigt, wird der Vorteil des Mikroprozessors gegenüber den anderen Varianten besonders deutlich. Während die Änderungskosten z. B. für TTL-Lösungen vor allem durch die hohen Kosten der notwendigen Leiterplattenänderung schon deutlich über derjenigen der Relaistechnik liegen, bei der es häufig mit dem Umlöten einiger Drähte abgeht, sind Änderungen von kundenspezifischen LSI ausserordentlich kostspielig und für manche Anwendungen geradezu prohibitiv. Hier findet sich ein wesentlicher Vorteil des Mikroprozessors, indem Änderungen in der Software vorgenommen werden können.

Gerade die Mikroprozessoranwendungen im untersten Bereich der Skala sind für Schweizerfirmen, besonders der Fernmeldeindustrie, von entscheidender Bedeutung. Für viele Produkte erreicht diese die notwendigen Seriegrössen für kundenspezifische LSI nicht. Bekanntlich sind dafür Stückzahlen von 50000...100000 notwendig. Die für Schweizerverhältnisse häufig vorkommenden Seriegrössen zwischen 100 und 50000 eignen sich dagegen für Mikroprozessoren bestens. Alle Vorteile der LSI gegenüber Relais oder TTL, wie etwa weniger Platzbedarf, höhere Zuverlässigkeit und selbstverständlich geringere Kosten lassen sich in hohem Masse auch mit Mikroprozessoren erreichen. Speziell gilt dies für die neuen Einchip-Mikroprozessoren, auch Controller genannt, bei denen alle benötigten Funktionen, wie Taktversorgung, Input/Output-Ports sowie Programm- und Arbeitsspeicher auf einem Chip untergebracht sind. Tabelle I enthält solche Controller, wie sie von

Einchip-Mikroprozessoren (Controller) Tabelle I

Firma	Bezeichnung	Bit	ROM	RAM	I/O-Ports
Rockwell	PPS-4/1 PPS-8/1	4 8	1344 × 8 2048 × 8	96 × 8 256 × 8	31 24
Intel	8048	8	1024 × 8	64 × 8	
Fairchild	3860	8	2048 × 8	64 × 8	32
National	MM 5799 MM 5734	4 4	1536 × 8 ?	96 × 4 ?	? ?
Texas Instruments	TMS 1000 TMS 1200 TMS 1070/1270 TMS 1100/1300	4 4 4 4	1024 × 8 1024 × 8 1024 × 8 2048 × 8	64 × 4 64 × 4 64 × 4 128 × 4	12 12 12 16

[1]) Vortrag, gehalten anlässlich der 32. STEN am 15. Juni 1976 in Bern.

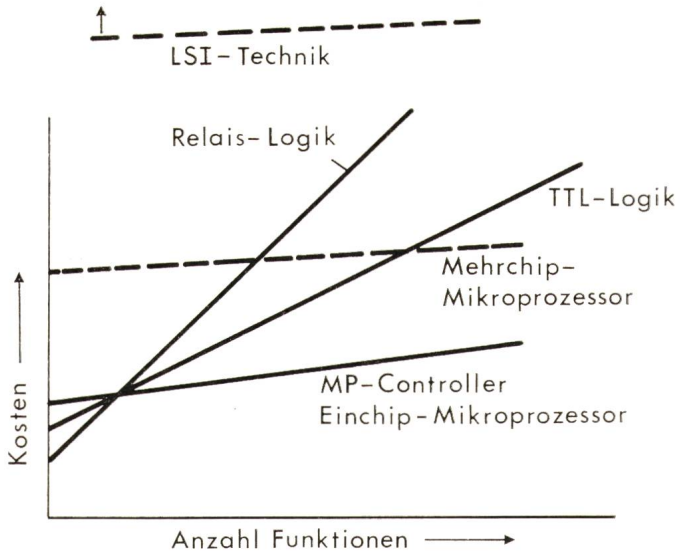

Fig. 1 Kostensituation für verschiedene Technologien
LSI Large Scale Integration
TTL Transistor–Transistor Logik
MP Mikroprozessor

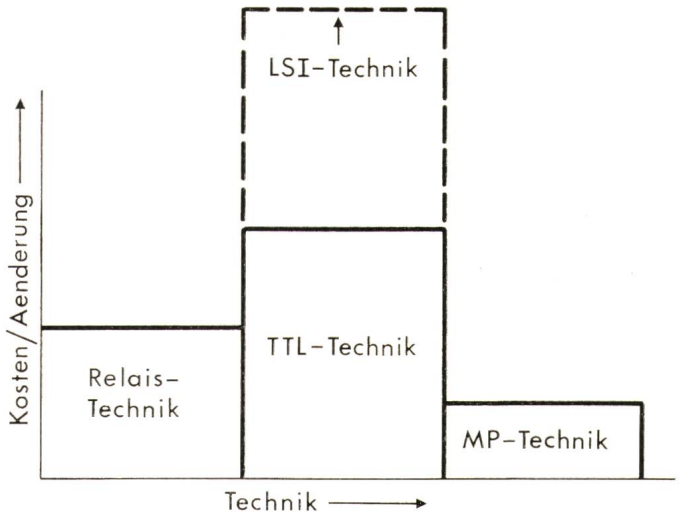

Fig. 2 Einfluss der Technik auf die Kosten pro Änderung
LSI Large Scale Integration
TTL Transistor–Transistor Logik
MP Mikroprozessor

verschiedenen Lieferanten geliefert oder für die allernächste Zukunft angekündigt werden.

Nachfolgend seien einige sich überlappende Aussagen über die Eignung von digitalen Systemen für Mikroprozessoranwendungen zusammengefasst:

– Die untere Grenze in bezug auf die Komplexheit der zu ersetzenden Funktion liegt heute bei etwa 30...50 integrierten Schaltungen einer klassischen IC-Familie (wie z. B. TTL).

– Besonders eignet sich der Mikroprozessor für den Ersatz von Schaltungen mit einer beschränkten Anzahl von Ein- und Ausgängen jedoch mit relativ komplizierter Verknüpfung der Eingangssignale.

– Allgemein vorteilhaft ist der Einsatz des Mikroprozessors für speicherintensive digitale Systeme.

– Für Systeme, deren Funktionen relativ häufig geändert werden müssen, ist der Mikroprozessor mit Speicherung der Programme auf PROM (Programmable Read Only Memories) eine besonders attraktive Lösung.

3. Mikroprozessorerfahrungen am Beispiel einer vollelektronischen Hauszentrale 3/10

Die Vorgeschichte dieser Entwicklung zeigt einige interessante Aspekte über den Fortschritt der Technik. Auf dem Sektor der Haustelefonzentralen werden seit vielen Jahren Relaisautomaten eingesetzt. Die Zuverlässigkeit dieser Geräte hat einen sehr hohen Stand erreicht, spricht man doch von MTBF-Werten von mehr als 10 Jahren (MTBF ≙ *M*ean *T*ime *B*etween *F*ailure). Gerade in dieser Beziehung hat es die Elektronik gar nicht so leicht, konkurrenzfähige Werte zu bieten.

Im Jahre 1972 wurde die Entwicklung der ersten vollelektronischen Hauszentrale in der Schweiz abgeschlossen. Es handelt sich um die Mini-Hauszentrale 1/2. Die Probleme der elektronischen Durchschaltung der Sprechpfade wurde bei dieser Entwicklung mit Transistorkoppelpunkten in Dickfilmtechnik gelöst. Die logischen Funktionen liessen sich mit ca. 30 TTL-IC realisieren. Als Versuchs- und Demonstrationsmodell wurde im gleichen Jahr eine Hauszentrale 2/9 (Fig. 3) entwickelt. Die Zentrale besteht in ihrer Grundversion nebst der Speiseeinheit aus ca. 26 Leiterplatten im doppelten Europaformat (160 × 233,4 mm). Die Steuerung ist auf 22 Leiterplatten mit insgesamt 855 TTL-IC untergebracht. Diese 855 integrierten Schaltungen brauchen auch im Ruhezustand der Telefonzentrale recht viel Strom und sind für den angestrebten MTBF-Wert nicht annehmbar. Glücklicherweise konnte noch rechtzeitig auf den Mikroprozessor umgestiegen werden. Die Mikroprozessorleiterplatte der neuen Hauszentrale 3/10 (Fig. 4) ersetzt sämtliche 22 oder mehr Leiterplatten, die mit TTL-Technik noch notwendig waren. Es zeigt sich hier in sehr eindrücklicher Weise, welchen Fortschritt der Mikroprozessor gebracht hat. Die Zentrale besteht nebst dem Gehäuse aus einem Elektronik-

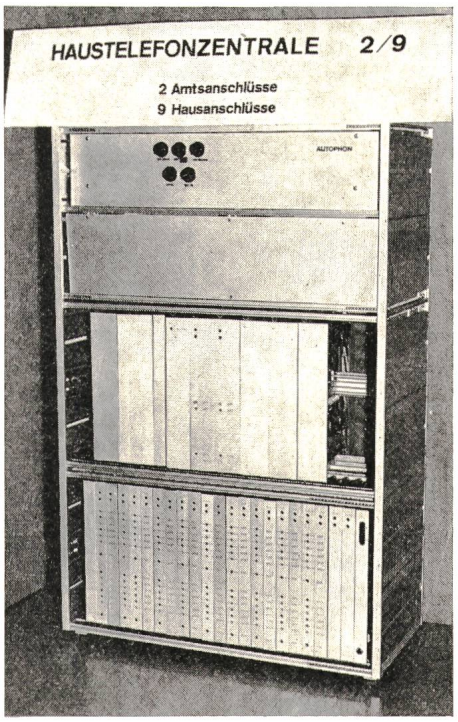

Fig. 3
Versuchs- und Demonstrationsmodell einer elektronischen Hauszentrale 2/9

modul, aus einem Speisemodul und einem Anschlussfeld. Zur Durchschaltung der Sprechpfade wird der von der Firma Hasler entwickelte monolithische Koppelpunkt verwendet. Gleichzeitig mit dem Übergang auf den Mikroprozessor wurde von TTL- aus CMOS-Technik gewechselt. Nebst dem vorteilhaften Störabstand war auch der ausserordentlich kleine Leistungsverbrauch für diesen Entscheid massgebend. Die Einführung des Mikroprozessors sowie der Übergang auf CMOS brachte gegenüber dem Versuchsmodell 2/9 folgende Vorteile:

- weniger LP-Stecker (und damit weniger Verdrahtung)
- einen kleineren Stromverbrauch, vor allem im Ruhezustand
- eine entscheidende Verbesserung der Zuverlässigkeit (nur noch ein Bruchteil der Bauelemente)
- beträchtliche Platzeinsparung
- tiefere Kosten

Erst die Einführung des Mikroprozessors hat der Elektronik auf diesem Gebiet gegenüber der Relaistechnik wirklich entscheidende Vorteile gebracht.

Zur *Softwareentwicklung* für die Hauszentrale 3/10 standen folgende Hilfsmittel zur Verfügung:

- Programmierkonsole Intellec 4/40 von Intel
- Silentterminal mit Magnetbandkassettenzusatz von Texas Instruments
- Program-Analyser M422 für 4004/4040 von PROLOG Corp.
- ein selbstentwickelter Simulator für den Test der Hauszentralensoftware

Fig. 5 zeigt den Arbeitsplatz mit Intellec und Silentterminal. Die Magnetbandkassette hat sich für die Abspeicherung der Programme bestens bewährt. Sie bietet auch genügend Platz um die einzelnen Instruktionen mit viel Kommentar zu versehen. Damit ist ein Teil der Softwarendokumentation bereits erstellt.

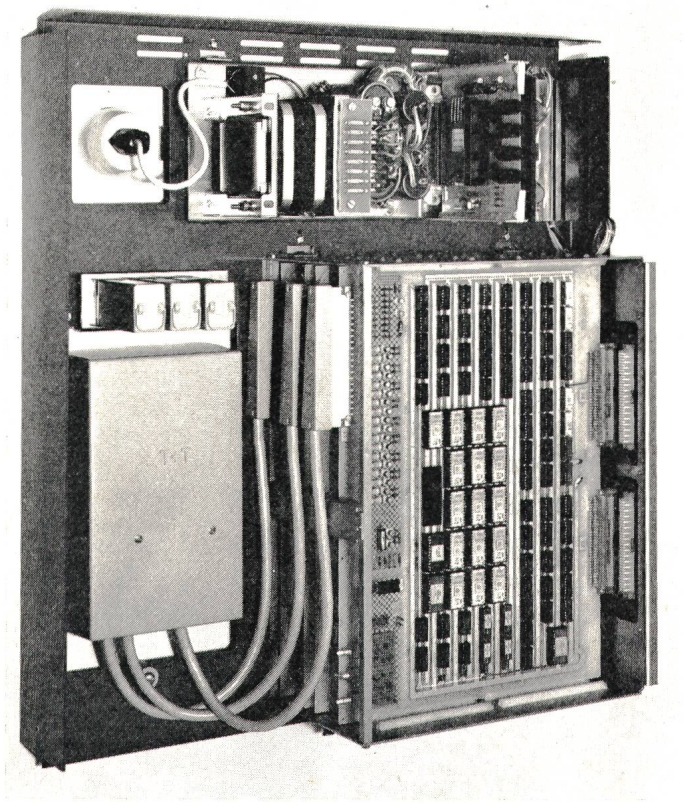

Fig. 4 Elektronische Hauszentrale 3/10 mit abgenommenem Deckel
Oben: Speisemodul
Links: Anschlussfeld
Rechts: Elektronikmodul (Mikroprozessorplatte)

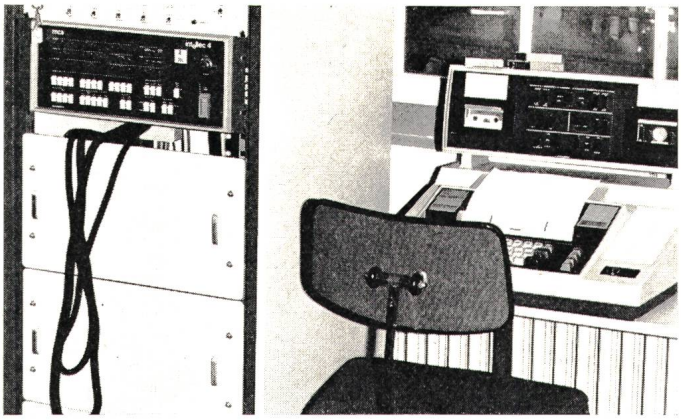

Fig. 5 Mikroprozessorarbeitsplatz
Links: Programmierkonsole Intellec 4
Rechts: Silentterminal Texas mit 2 Kassettenlaufwerken

Es wird heute sehr viel über den Zeitaufwand für die Softwareentwicklung gesprochen. Wer mit einer Mikroprozessorentwicklung beginnt, tappt anfänglich meistens im Dunkeln. Als zur Software gehörend werden folgende Arbeiten betrachtet:

- genaue Definition der Funktion
- Aufstellen der Flussdiagramme
- Schreiben und Assemblieren der Programme
- Austesten der Software im Gerät
- Erstellen der Softwaredokumentation

Schon das exakte Definieren der Funktion ist häufig eine sehr zeitraubende Arbeit. Das Zeichnen der Flussdiagramme ist dann das Resultat dieser Funktionsdefinition. Die eigentliche Programmierung erfolgt im untersten Bereich der Mikroprozessoranwendungen normalerweise in «Assembler»-Sprache. Für diese Anwendungen ist eine höhere Programmiersprache wie etwa PL/M vorläufig nicht sinnvoll. Das Austesten der Programme kann eine zeitlich sehr ins Gewicht fallende Entwicklungsphase sein. Es ist als durchaus normal zu betrachten, wenn sich hier Fehler zeigen, die das Neuschreiben ganzer Programmteile erforderlich machen. Auch die Dokumentation sollte zur Softwareentwicklung gezählt werden. Eine minimale Softwaredokumentation besteht aus den bereinigten Flussdiagrammen sowie aus dem eigentlichen Programm in Maschinensprache, Memonischem Code und sehr vielen Erläuterungen. Mit dieser Minimaldokumentation ist es bereits gut möglich, dass sich ein mit den Grundlagen der Software vertrauter Ingenieur innert nützlicher Zeit in ein Programm einarbeiten kann.

Für die derart definierten Arbeitsphasen sind für die Software der Hauszentrale 3/10 folgende Zeiten aufgewendet worden (MM ≙ Mannmonate):

– Definition der Funktion und Aufstellen der Flussdiagramme	ca. 6 MM
– Schreiben und Assemblieren der Programme	ca. 4 MM
– Austesten der Programme	ca. 5 MM
– Erstellen der Softwaredokumentation	ca. 3 MM
Total	ca. 18 MM

Das Programm besteht aus ca. 3200 Instruktionen; Doppelinstruktionen wurden einfach gezählt. Dies ergibt umgerechnet ca. 9 Instruktionen pro Ingenieurtag. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass im vorliegenden Falle die Definition der Funktionen sehr viel Zeit in Anspruch nahm. Anfänglich war nicht ganz klar, welche der vielen neuen Leistungsmerkmale dem Telefonteilnehmer überhaupt wirklich dienen. Es geht ja bei einem solchen Produkt nicht darum, möglichst viele

Möglichkeiten einzubauen, wenn auch die Versuchung hierzu gerade bei einer Mikroprozessorlösung sehr gross ist.

Im Verlauf der Entwicklung musste die Strukturierung des Programmes und vor allem die Speicherorganisation dreimal grundlegend geändert werden. Dieser Aufwand dürfte für ähnlich komplexe Aufgaben kaum aus dem Rahmen fallen. Hingegen hat sich die gewählte Schnittstelle zwischen klassischer Hardware und Mikroprozessor als gerade optimal erwiesen. Bei der Festlegung dieser Schnittstelle ging es darum, festzulegen, welche Funktionen heute preisgünstiger mit dem Mikroprozessor gelöst werden können. Die Teilnehmerkriterien werden hardwaremässig erfasst und integriert, während die Abzählung der Wahlimpulse bei Impulswahl bereits durch den Mikroprozessor erfolgt. Als Besonderheit der gewählten Schnittstelle sei hier noch erwähnt, dass die Input- und Output-Ports mit den zur übrigen Hardware passenden CMOS-Komponenten der 4000er Familie realisiert wurden. Die Interrupt-Möglichkeit des 4040-Mikroprozessors musste aus zeitlichen Gründen ausgenutzt werden. Entgegen ursprünglichen Befürchtungen gab es jedoch damit überhaupt keine Schwierigkeiten.

4. Vergleich des Softwareaufwandes mit anderen Produkten

Die beiden im Softwareaufwand mit der Hauszentrale zu vergleichenden Produkte seien zunächst kurz vorgestellt:

Fig. 6 zeigt den Zeitimpulsgeber, der im Auftrag der schweizerischen PTT entwickelt wurde. Das Gerät dient zur Erzeugung von Taximpulsen für internationale Gespräche. Es werden darin zwei Standardmikrocomputer von Autophon verwendet, die auf der Basis des Mikroprozessors 4040 von Intel aufgebaut sind. Die Anwendung in diesem Zeitimpulsgeber ist eindeutig ein Ersatz klassischer Hardware. In diesem Fall war vor allem der hohe Integrationsgrad wichtig, der eine sehr hohe Zuverlässigkeit ermöglicht. Ferner ist die grosse Flexibilität für Anpassungen an zukünftige Bedürfnisse von grossem Vorteil. Eine Änderung der Zeittakte ist etwa alle 2 Jahre vorgesehen.

Eine weitere Anwendung desselben Standardmikrocomputers ist die Druckersteuerung der Gesprächsdatenregistrieranlage GR 82. Diese Anwendung kann nicht mehr als reiner Ersatz klassischer Hardware betrachtet werden. Es handelt sich eher um eine einfache Verarbeitung von Daten.

In Tabelle II sind die wichtigsten Angaben über den Softwareaufwand dieser Entwicklungen zusammengefasst. Beim Zeitimpulsgeber war der Gesamtaufwand mit nur 4 MM deutlich geringer als bei der Hauszentrale. Die Programmierleistung lag bereits bei 12 Instruktionen pro Tag. Das Druckerprogramm

Vergleich des Softwareaufwandes Tabelle II

Produkt	Aufwand in MM	Anzahl Instruktionen	Instruktionen pro Tag
Hauszentrale 3/10	18	3200	9
Zeitimpulsgeber ZG 73	4	980	12
Druckerprogramm für Gesprächsdaten-registrieranlage GR 82	9	3000	17

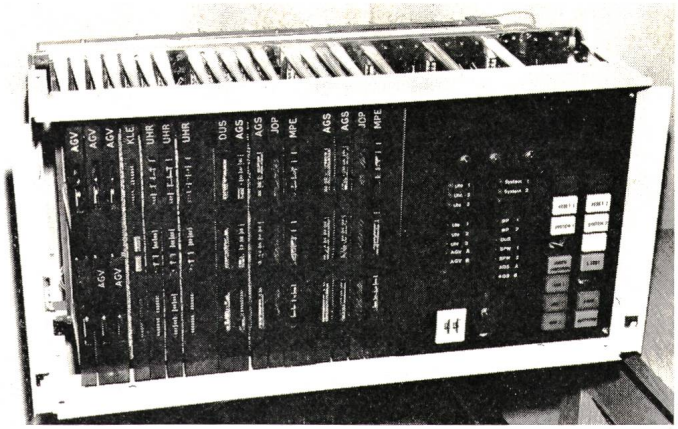

Fig. 6 **Zeitimpulsgeber ZG 73 zur Erzeugung von Taximpulsen für die schweizerische PTT**

ist mit 3000 Instruktionen beinahe ebenso umfangreich wie das Programm der Zentrale. Der Gesamtaufwand war mit nur 9 MM jedoch nur etwa halb so gross, und dementsprechend liegt die erzielte Programmierleistung mit ca. 17 Instruktionen pro Tag deutlich höher. Allgemein lässt sich dazu bemerken, dass der Softwareaufwand bei Anwendungen des Mikroprozessors als reiner Ersatz klassischer Hardware bis doppelt so hoch sein kann als für entsprechend grosse Programme, die eher für die Verarbeitung von Daten eingesetzt werden. Ferner konnte festgestellt werden, dass für Anwendungen, bei welchen an die Kapazitätsgrenze eines Mikroprozessors vorgestossen wird, die Programmierleistung eindeutig sinkt. Eine gewisse Kapazitätsreserve wirkt sich also auch auf die Programmierleistung günstig aus.

5. Der Einfluss des Mikroprozessors auf die Teilnehmerausrüstungen in der Telefonie

Auf dem Gebiet der Haustelefonzentralen und Linienwähler werden sich in Zukunft Lösungen mit Mikroprozessoren bestimmt durchsetzen. Es sind dem Verfasser keine neuen Entwicklungen bekannt, die auf dieses Bauelement verzichten. Erst der Mikroprozessor ermöglicht es, dem Benützer einer kleineren Telefonanlage den Bedienungskomfort und die Bequemlichkeiten von grossen Hauszentralen zu bieten.

Auch Teilnehmerterminale für einfache Datenübertragung und die Kommunikation mit Computern werden dank dem Einsatz von Mikroprozessoren in eine Preiskategorie gelangen, die eine grössere Verbreitung auf dem Dienstleistungssektor, aber auch in der Industrie, erst möglich macht.

Selbst das Gebiet der Telefonapparate wird wohl kaum verschont bleiben. Der Mikroprozessor könnte den Weg zu Apparaten weisen, mit denen man *nicht nur* telefonieren kann, sondern die verschiedene neue Dienstleistungen bieten. Jeder von uns hat sich bestimmt schon über das Telefon geärgert. Der Mikroprozessor könnte dazu beitragen, dass dies in Zukunft etwas weniger nötig sein wird.

Adresse des Autors

J. Zaugg, dipl. Ing. ETHZ, Autophon AG, Ziegelmattstrasse 1–15, 4500 Solothurn.