

Nachrichtentechnik und Anwendung der Mikroelektronik

Dr.-Ing. D. LOCHMANN

In der Direktive des X. Parteitages der SED ist der nachrichtentechnischen Industrie der DDR die Aufgabe gestellt, bis 1985 durch den umfassenden Einsatz der Mikroelektronik und eine überdurchschnittliche Leistungsentwicklung den Übergang zur Produktion digitaler nachrichtentechnischer Geräte und Systeme zu sichern.

Von Beginn an wurden die konstruktive Gestaltung und die Funktionsprinzipien von Nachrichtengeräten durch die Technologie der eingesetzten Bauelemente wesentlich beeinflusst. Gegenwärtig werden durch die Mikroelektronik, durch die Mikrorechner- und durch die Optoelektronik geradezu revolutionisierende Veränderungen in der Nachrichtentechnik hervorgerufen. Die Mikroelektronik dringt in alle Teilbereiche der Nachrichtentechnik ein. Sie ermöglicht es, die Geräte kleiner, preiswerter, zuverlässiger und viel leistungsfähiger zu machen. Sie ermöglicht ferner eine beträchtliche Einsparung von Arbeitskräften in der Produktion und bei den Nachrichtenverwaltungen.

Die großen Effekte, die durch die Anwendung der Mikroelektronik in der Nachrichtentechnik entstehen, erfordern aber den Übergang zur „digitalen“ Nachrichtentechnik. Digitalisierung heißt, daß die Nachrichtensignale, z. B. die der Sprache, nicht mehr als kontinuierliche Signale übertragen werden, wie sie beim Sprechen am Mikrofonausgang entstehen, sondern als Ziffern. Dazu wird der gesamte Signalbereich in 256 Intervalle unterteilt und jedem Intervall eine andere Ziffer zugeordnet. Das kontinuierliche Signal wird im Abstand von 125 µs abgetastet und dann die Ziffer desjenigen Intervalls übertragen, in dem sich das Signal zum Abtastzeitpunkt gerade befunden hat.

Die Umwandlung des Nachrichtensignals

in digitale Form hat große ökonomische Vorteile. Man kann die gleichen elektronischen Schaltungen anwenden, wie in der elektronischen Datenverarbeitung. Außerdem ist die Digitaltechnik sehr integrationsfreundlich. Digitale Signale sind nicht so empfindlich gegenüber Störungen wie kontinuierliche Signale, und der Geräteaufwand im Nachrichtennetz in Kosten ausgedrückt, sinkt auf 50%. Große Einsparungen an Arbeitszeit entstehen in der Produktion von digitalen Nachrichtengeräten. Demgegenüber steht aber ein Mehraufwand in der Forschung und Entwicklung um den Faktor 3 bis 5, der besonders durch die zusätzlich erforderlichen Programme bei der Mikrorechneranwendung und durch die komplexer und leistungsfähiger werdenden Systeme hervorgerufen wird.

Man kann ohne Übertreibung sagen, daß die Nachrichtentechnik ein Hauptanwendungsgebiet der Mikroelektronik ist, wobei aber besonders seitens der Nachrichtenübertragungstechnik Forderungen an die Parameter der Mikroelektronik-Bauelemente gestellt werden, die nicht von allen verfügbaren Mikroelektroniktechnologien erfüllt werden können. Das zeigen die Tabellen 1 und 2, in denen der heutige Stand der wichtigsten Mikroelektronik-Technologien bzw. die damit vergleichbaren Forderungen der Nachrichtentechnik dargestellt sind.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, daß hinsichtlich der Verlustleistung die CMOS-Technologie die größte Bedeutung hat; hinsichtlich der Schaltgeschwindigkeit sind Technologien mit verbesserten Eigenschaften, wie die FAST-Technologie, in der Entwicklung.

Die Bedeutung der Verlustleistung ergibt sich aus zwei Faktoren:

– Aus Zuverlässigkeitsgründen darf in

einem Nachrichtengerät die durch Wärmeentwicklung entstehende Temperatureinwirkung von 60 bis 70 °C nicht überschreiten. Der Integrationsgrad gemäß Tabelle 1 würde heute bereits eine so hohe Bauelementedichte mit TTL- und NMOS-Schaltungen ermöglichen, daß Verlustleistungen bis 1 kW je Gestell auftreten, was aber zu unzulässig hohen Temperaturen führt. Mit TTL-LS und besonders mit CMOS erreicht man eine kompaktere Bauweise der Geräte, d. h., die spezifischen Gerätevolumina werden kleiner.

– Gegenwärtig nehmen die in großem Umfang in allen Ländern der Welt installierten elektromechanischen Vermittlungsanlagen in der Hauptverkehrsstunde etwa 4 bis 5 W an Verlustleistung je Teilnehmer auf. In einem Land mit 2 Millionen Fernsprechan schlüssen entsteht daraus ein Energieverlust von 8 bis 10 MW allein aus der Vermittlungstechnik. Das ist der Energieaufwand zur Beleuchtung einer mittleren Stadt von etwa 25 000 Einwohnern. Der Einsatz leistungsarmer Bauelemente ist somit ein Gebot wirtschaftlicher Vernunft und wird immer mehr zu einem wichtigen Gebrauchskriterium für die Weltmarktfähigkeit von Nachrichtenanlagen. Heute kann man elektronische Zentralen herstellen, die nur noch 1 bis 2 W je Teilnehmer erfordern.

Ein wichtiges Teilgebiet der Mikroelektronik mit wachsender Bedeutung für die Nachrichtentechnik ist die Hybridtechnologie. Die Hybridtechnologie ist eine Schichttechnologie auf der Basis von Trägermaterialien aus Glas oder Keramik. Die Bauelemente werden eingelötet. Die Hybridtechnologie ermöglicht eine hohe Packungsdichte und sie ist, im Gegensatz zur hochintegrierten Mikroelektronik schon bei kleineren Stückzahlen ökonomisch.

Tabelle 1: Vergleich wichtiger Parameter bei einigen Mikroelektronik-Technologien (TTL-LS: Low-Power-Schottky; FAST: Fairchild advanced Schottky TTL)

Technologie	CMOS	NMOS	I ² L	TTL	TTL-LS	ECL	FAST
Verlustleistung mW/Gatter	0,01	1	1	10	3	55	5
Taktfrequenz MHz	30	10	30	20	40	400	65
Verzögerungszeit ns	5	15	15	10	8	0,5	2
Integrationsgrad Gatter/Chip	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ⁵	10 ⁴	10 ⁵

Tabelle 2: Forderungen der digitalen Nachrichtenübertragungstechnik an die Schaltgeschwindigkeit von Halbleiterbauelementen

System	Bitrate	Periodendauer	t _{zul}
PCM 30	2 Mbit/s	488 ns	< 120 ns
PCM 120	8 Mbit/s	118 ns	< 30 ns
PCM 480	34 Mbit/s	30 ns	< 8 ns
PCM 1920	139 Mbit/s	7 ns	< 2 ns
PCM 7680	565 Mbit/s	1,8 ns	< 500 ps

1 ns = 10⁻⁹ s; 1 ps = 10⁻¹² s; t_{zul} = zulässige Bauelemente-Verzögerungszeit.

Tabelle 3: Vorteile der PCM-Technik

- Ortskabel und symmetrische TF-Kabel werden besser ausgenutzt (Faktor 10 der Kanalkapazität),
- Geräte werden preiswerter und kleiner durch Einsatz digitaler Mikroelektronik,
- PCM-Lichtleiterübertragung ist preiswerter (Faktor 2),
- Digitale Bildübertragung ist redundanzreduziert möglich (Faktor 10),
- Störsignale addieren sich nicht,
- PCM-Vermittlung ist ökonomischer und schneller

Tabelle 4: Kostenvergleich zwischen analogen und digitalen Nachrichtensystemen

Vermittlungstechnik	Übertragungstechnik	Gesamtkosten
Raumteil, analog	analog (TF-Technik)	100%
Raumteil, analog	digital (PCM-Technik)	80%
Digital	analog (TF-Technik)	90%
Digital	digital (PCM-Technik)	45%

In der digitalen Übertragungstechnik ergeben sich ökonomische Vorteile gegenüber der bisherigen Technik, wie sie in Tabelle 3 dargestellt sind. Allgemein kann man sagen, daß die spezifischen Gerätevolumina, der Energieverbrauch und der Arbeitszeitaufwand bei Anwendung der Mikroelektronik auf 50% sinken. Die Zuverlässigkeit steigt auf das 3- bis 5fache.

Ein völlig neuer Zweig der Übertragungstechnik ist die Lichtleiter-Nachrichtenübertragung, die in den achtziger Jahren zu einem festen und sich ständig erweiternden Teilgebiet der Nachrichtentechnik werden wird. Diese Entwicklung wurde dadurch verursacht, daß Lichtleiter (Glasfasern) verfügbar sind, deren Dämpfung niedriger ist als die von Kupferkabeln. Es ist erkennbar, daß die Anwendung von längerwelligem Licht im Bereich um 1200 nm und 1600 nm vorteilhafter ist als im Bereich um 850 nm, der bisher angewendet wird. Deshalb wird international verstärkt auf diesem Gebiet gearbeitet.

Infolge der hohen Übertragungsraten, die man über Lichtleiter übertragen kann (z. B. mit Gradientenfaser gleichzeitig über 1000 Ferngespräche), steht somit ein Breitbandkanal zur Verfügung, der auch Fernsehübertragungen ermöglicht. Lichtleiter-Übertragungssysteme für 120 und mehr PCM-Kanäle sind heute international bereits kostengünstiger als solche Systeme über Kupferkabel. Der größte Effekt der Lichtleitertechnik ist die erzielbare Materialökonomie, denn das zur Zeit im Fernsprechnetz der Deutschen Post eingesetzte 6-Tuben-Koaxialkabel enthält 300 kg Kupfer je km. Noch viel größere Mengen Kupfer sind für die Fernsprechnetz-Ausläufer zum Teilnehmer hin erforderlich. Hier wird die Lichtleitertechnik ein Hauptanwendungsgebiet finden.

Ausgelöst durch den wachsenden Umfang digitaler Übertragungssysteme in den Nachrichtennetzen hochentwickelter Länder und durch die genannten Fortschritte in der Mikroelektronik ist die digitale Vermittlungstechnik zur Realität geworden. In allen nachrichtentechnischen Laboratorien der Welt wird an dieser Technik gearbeitet. Der Einsatz der digitalen Vermittlungstechnik fördert den Trend zum alldigitalen Nachrichtennetz, das schon Mitte der 60er Jahre als unmittelbare Zukunft vorausgesetzt wurde. Aber erst jetzt ist ein solches Netz in

der Praxis möglich. In einigen Ländern, so in Kanada, Frankreich, Japan und England, werden bereits entsprechende Projekte realisiert. Nach einer Studie der englischen Fernmeldeverwaltung hat man die verschiedenen Stufen der Digitalisierung aus der Sicht des Netzes ökonomisch entsprechend Tabelle 4 zu beurteilen. Nach diesen Angaben bringt bereits der Einsatz einer digitalen Zentrale in einer analogen Umwelt ökonomisch gewisse Vorteile gegenüber dem Einsatz einer raumgeteilten Zentrale, wobei sich das besonders auf Fernzentralen bezieht. Der eigentliche Gewinn aber entsteht für den Betreiber, wenn sowohl Übertragungstechnik als auch Vermittlungstechnik nach digitalen Prinzipien arbeiten. Hier sinken die Kosten auf 45%. Digitale Zentralen erfordern ferner viel weniger Raum, nämlich nur etwa 20% des bisherigen! Das führt bei den Postverwaltungen zu beträchtlichen Einsparungen an Bauleistungen.

Noch größere Effekte bringt die digitale Vermittlungstechnik für den Produzenten. Infolge der hohen Integration digitaler Bauelemente und Baugruppen sinkt in der Produktion von Vermittlungseinrichtungen der Arbeitszeitaufwand stark ab. Angaben aus der Literatur dazu enthält Tabelle 5. Wenn man bedenkt, daß in elektromechanischen Vermittlungssystemen, die heute noch vorwiegend produziert werden, etwa 10 bis 12 Relais je Teilnehmer angewendet werden, so erkennt man auch den großen Fortschritt in der Materialökonomie durch den Übergang zur digitalen Vermittlungstechnik. Bekannte digitale Systeme arbeiten mit 2 bis 5 Relais, meist jedoch mit 2 Relais in miniaturisierter Ausführung.

Wesentliche Veränderungen entwickeln sich bei der Steuerung digitaler Zentralen. Die seit einigen Jahren in verschiede-

nen Ländern in Produktion befindlichen sogenannten quasiolektronischen Zentralen arbeiten mit zentralisierter Steuerung. Diese Steuerstruktur ist ökonomisch bedingt, besonders durch die hohen Kosten der Speicher, wie sie vor etwa 10 Jahren bestanden. Die angewendeten Rechner sind vermittlungstechnische Spezialsteuerrechner. Heute besteht die Möglichkeit, elektronische Zentralen dezentral nur mit Mikroprozessoren zu steuern. Mit einem 8-bit-Mikroprozessor kann man bis 400 Teilnehmer bedienen. Größere Zentralen erfordern 16-bit-Mikroprozessoren. Damit lassen sich Steuerstrukturen bis 100 000 Teilnehmer realisieren, wenn Multiprozessor-Systeme angewendet werden. Die damit zusammenhängenden Aufgaben der Programmierung der Steuerrechner sind sehr umfangreich und kompliziert, denn eine mittlere Zentrale erfordert ein Programm mit etwa 300 000 Befehlen, dessen Erstellung und Wartung schon den Einsatz einiger hundert Ingenieure erfordert.

Im März 1981 wurde in der Hauptstadt der DDR Berlin ein 8 Mbit/s-Lichtleiter-Nachrichtenübertragungssystem im Ortsverbindungsleitungsnetz in Betrieb genommen. Mit einer Entfernung von 16 km zählt dieses System zu den längsten in Europa, das von einer Postverwaltung praktisch genutzt wird. Die seit der Inbetriebnahme gesammelten Erfahrungen zeigen, daß das 8 Mbit/s-Lichtleiter-Nachrichtenübertragungssystem zuverlässig im Ortsverbindungsleitungsnetz einsetzbar ist. Aus den Ergebnissen des praktischen Betriebs werden Schlußfolgerungen für den weiteren Einsatz derartiger Systeme im Netz der Deutschen Post abgeleitet.

Tabelle 5: Anzahl Produktionsarbeitskräfte für 500 000 Teilnehmeranrufseinheiten je Jahr

Arbeitsart	Crossbar	Reed-Kontakte	Digital (System X)
Bauteile (Bauelemente, Leiterplatten, Metallarbeiten)	1000	150	20
Montage, Verdrahtung	2000	900	50
Prüfung	250	200	50
	3250	1250	120