

# Anwendungsmöglichkeiten der Pulsmodulation = Possibilité d'application de la modulation par impulsions codées

Autor(en): **Bauer, Jakob**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und  
Telegraphenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes,  
téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda  
delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **44 (1966)**

Heft 6

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874576>

## **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.

Zahl der Kanäle im Zeitmultiplexsystem und multipliziert mit der Stellenzahl des binären Codes. Praktisch wird man eine Bandgrenze wählen, die mindestens das 1,5fache der theoretisch berechneten beträgt.

Erst die PCM-Technik hat es ermöglicht, dass die aufgenommenen Bilder vom Mars zur Erde übertragen werden konnten. Sie wird mehr und mehr für fernmeldetechnische Probleme auch für kurze Distanzen angewendet werden.

**Adresse des Autors:** Prof. H. Weber, Vorstand des Institutes für Fernmeldetechnik der ETH, Sternwartstrasse 7, 8006 Zürich.

Nous pouvons facilement déterminer la largeur de bande théorique nécessaire à une transmission PCM. Elle doit être supérieure au produit de la largeur de bande d'un canal, multiplié par le nombre des canaux multiplexés dans le temps, multiplié par le nombre de positions des éléments du code binaire. Dans la pratique, nous choisirons une valeur supérieure égale à environ 1,5 fois la valeur théorique.

Grâce à la technique PCM, il a été possible de retransmettre sur la Terre les images prises de la planète Mars. Cette technique sera utilisée de plus en plus à l'avenir pour des problèmes de télécommunications, même sur de courtes distances.

Jakob BAUER, Bern

621.376.56:621.395

## Anwendungsmöglichkeiten der Pulsmodulation Possibilité d'application de la modulation par impulsions codées

**Zusammenfassung.** Dank der Entwicklung der Halbleitertechnik lassen sich in naher Zukunft Übertragungssysteme mit Pulsmodulation wirtschaftlich mehrfach ausnützen. Untersuchungen zeigen aber, dass das neue Verfahren nicht nur auf die eigentliche Übertragungstechnik angewendet werden kann, sondern dass sich damit auch interessante Vermittlungseinrichtungen aufbauen lassen. Die konsequente Anwendung der Pulsmodulationstechnik führt zu «integrierten» Nachrichtensystemen.

**Résumé.** Grâce au développement de la technique des semi-conducteurs, on pourra dans un proche avenir utiliser de façon économique des systèmes de transmission multiplex fonctionnant selon le principe de la modulation par impulsions codées. Les essais effectués montrent que l'emploi de ce nouveau procédé ne se limite pas à la transmission proprement dite, mais s'étend également à la technique de la commutation. L'utilisation systématique de la modulation par impulsions codées conduit aux systèmes de télécommunication «intégrés».

**Riassunto.** Possibilità d'applicazione della modulazione a codice d'impulsi. Lo sviluppo della tecnica dei semiconduttori permetterà di sfruttare economicamente in un prossimo futuro dei sistemi di trasmissione multipli a modulazione a codice d'impulsi. Le prove effettuate mostrano che questo nuovo metodo non si applica soltanto alla trasmissione propriamente detta, ma permette pure la realizzazione d'interessanti equipaggiamenti di commutazione. Il ricorso sistematico alla modulazione a codice d'impulsi conduce a sistemi di telecomunicazione «integrati».

### 1. Einleitung

In seinen Betrachtungen über die Beziehungen zwischen Industrie und PTT auf dem Gebiete des Fernmeldewesens anlässlich der vergangenen Generalversammlung der «Pro Telephon» befasste sich Ch. Lancoud, Direktor der Fernmeldedienste der Generaldirektion PTT, auch mit dem Problem der Entwicklung unseres ausgedehnten Nachrichtensystems<sup>1</sup>. Unter anderem führte er aus:

«Der Fernmeldeverkehr aller Arten wird weiterhin im gleichen stürmischen Rhythmus zunehmen. Um ihn zu meistern, sind sehr grosse Anstrengungen auf allen Gebieten unseres Netzes notwendig. Neue Übertragungsarten und Übertragungsmittel, besondere Modulations- und Codierungssysteme müssen geschaffen und die Bautechnik muss überholt werden.

In nächster Zeit ist die Kapazität unserer Koaxialkabelanlagen durch Erweitern des Frequenzbandes zu erhöhen. Für die Orts- und Teilnehmerleitungen wird man ebenfalls neue, wirtschaftlich tragbare Übertragungssysteme finden müssen, mit denen sich diese Leitungen mehrfach ausnützen lassen. Man denkt dabei vor-

### 1. Introduction

Lors de la dernière assemblée générale de «Pro Téléphone», Ch. Lancoud, directeur du service des télécommunications des PTT suisses, parlant des relations entre l'industrie et les PTT dans le domaine des télécommunications, traita également de notre vaste système de communications<sup>1</sup>. Il dit entre autres choses:

«Le trafic des télécommunications de tout genre augmentera ainsi au même rythme impétueux. Pour le maîtriser, de grands efforts seront nécessaires dans tous les secteurs de notre réseau. Il faudra utiliser de nouveaux milieux et modes de transmission, améliorer la technique et les équipements de modulation ou de codage, reviser les techniques de construction.

Dans un avenir prochain, la capacité des installations de câbles coaxiaux et des faisceaux hertziens devra être accrue par des élargissements de la bande de fréquence. Nous devons aussi trouver pour les réseaux ruraux et locaux de nouveaux systèmes de transmission plus économiques permettant l'utilisation multiple de leurs lignes. Il s'agit là avant tout de systèmes de modulation par impulsions codées, mais des systèmes moins coûteux à courants porteurs pourraient aussi entrer en considération».

<sup>1</sup> vgl. *Technische Mitteilungen PTT* Nr. 8/1965, S. 269–272 (französische Originalfassung) und *PTT-Zeitschrift* Nr. 9/1965, S. 214–217 (deutsche Übersetzung).

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique PTT N° 8/1965, p. 269–272

wiegend an ein Pulsmodulationssystem, doch könnte auch ein billigeres Trägersystem in Frage kommen.»

Eines der Probleme, vor das sich die schweizerische PTT nach diesen Ausführungen gestellt sieht, besteht in der wirtschaftlichen Mehrfachausnutzung der Orts- und Teilnehmerleitungen. Wenn man sich die Tatsache vor Augen hält, dass ein sehr grosser Teil des Kapitals, das in das schweizerische Leitungsnetz investiert ist, auf die Teilnehmeranlagen entfällt, kann man erkennen, von welcher Bedeutung Einsparungen in diesem Bereiche sein müssen.

Nach dem heutigen Stand der Technik lassen sich metallische Leitungen nach zwei verschiedenen Verfahren mehrfach ausnützen, nämlich:

- a) nach dem Frequenzmultiplexverfahren, und
- b) nach dem Zeitmultiplexverfahren.

Nach dem Frequenzmultiplexverfahren arbeiten die Trägerfrequenzsysteme, die allgemein bekannt sein dürften. Trägerfrequenzsysteme für verschiedenste Kanalzahlen in einer ganzen Reihe von Bauarten bilden heute das Rückgrat des nationalen und internationalen Telephonverkehrs. Über die ganze Welt verteilt, dürften viele Millionen Trägerfrequenz-Kanalkilometer im Betriebe stehen. Dabei ist diese Technik nicht wesentlich älter als 30 Jahre. Die meisten dieser Frequenzmultiplexanlagen sind auf der Grundlage der Einseitenbandmodulation (ESM) realisiert.

## 2. Pulsmodulationsverfahren und Zeitmultiplexprinzip

Nach dem Zeitmultiplexprinzip wird ein Übertragungsmedium dadurch mehrfach ausgenützt, dass die einzelnen Nachrichten zunächst nach dem Abtasttheorem in periodische Folgen sehr kurzer Impulse aufgeteilt und diese Impulse dann zeitlich ineinander verschachtelt übertragen werden.

Wenn dieses Prinzip in der kommerziellen Übertragungstechnik bis heute keine grössere Rolle gespielt hat, so liegt das an der schwierigen Handhabung der kurzen, breitbandigen Impulse. Von allen Impulsübertragungsarten [Pulsamplitudenmodulation (PAM), Pulsphasenmodulation (PPM) usw.] ist nur das Pulsmodulationsverfahren (PCM) geeignet, mit Frequenzmultiplex in Konkurrenz zu treten.

Zu der folgenden Ausführung sei vorausgeschickt, dass diese Technik noch neu ist und für die öffentlichen Fernsprechnetze, abgesehen von den USA, praktisch noch nicht eingeführt wurde.

Wenn man nach Anwendungsmöglichkeiten für ein neues Verfahren sucht, muss man sich zunächst über seine Eigenschaften Rechenschaft ablegen. Man muss seine Vor- und Nachteile gegenüber andern, ähnlichen Verfahren untersuchen. *Tabelle I* stellt einen Versuch dar, die charakteristischen Grössen von PCM- und Trägerfrequenzsystemen einander gegenüber zu stellen. Aus dem Vergleich PCM-ESM ergibt sich die Tatsache, dass bei sonst ähnlichen Eigenschaften die Pulsmodulation wesentlich breitere Frequenzbänder beansprucht als die Einseiten-

Selon cet exposé, l'emploi des circuits locaux et des lignes d'abonné par des systèmes multiplex représente un des problèmes à l'ordre du jour des PTT suisses. Sachant qu'une très grande part du capital investi dans le réseau suisse des lignes est affecté aux installations d'abonnés, on reconnaîtra l'importance que revêt une économie dans ce domaine.

Au stade actuel de la technique, on peut utiliser les lignes métalliques par des systèmes multiplex de deux façons différentes, à savoir:

- a) selon le multiplexage à répartition en fréquence et
- b) selon le multiplexage à répartition dans le temps.

Les systèmes à courants porteurs, supposés généralement connus, sont basés sur le principe du multiplexage à répartition en fréquence. Des systèmes à courants porteurs à nombre de voies très varié et s'étendant sur toute une gamme de constructions, constituent aujourd'hui l'épine dorsale du trafic téléphonique national et international. Des millions de kilomètres de voies sont en service sur toute la surface du monde. Pourtant cette technique ne remonte à guère plus de 30 ans. La plupart de ces équipements multiplex à répartition en fréquence reposent sur le principe de la modulation à bande latérale unique (ESM).

## 2. Système de modulation par impulsions codées et principe du multiplexage à répartition dans le temps

L'utilisation d'un milieu de transmission selon le principe du multiplexage à répartition dans le temps se caractérise par le fait que les informations propres à chaque voie sont d'abord distribuées en vertu du théorème de l'échantillonnage, en une suite périodique d'impulsions de très courte durée. Ces impulsions sont ensuite transmises imbriquées les unes à la suite des autres dans le temps.

Si ce principe n'a pas joué jusqu'à aujourd'hui un grand rôle dans la technique des transmissions sur le plan commercial, il faut l'attribuer à la difficulté de traiter des impulsions de courte durée, représentant un spectre de fréquence très étendu. De tous les types de transmission par impulsions [modulation d'impulsions en amplitude (PAM), modulation d'impulsions en phase (PPM), etc.], seul le système de modulation par impulsions codées (PCM) se révèle capable de concurrencer le système de multiplexage à répartition en fréquence.

En ce qui concerne la suite de l'exposé, on remarquera au préalable que cette technique est encore nouvelle et que, en dehors des USA, elle n'est guère introduite dans les réseaux téléphoniques publics.

Avant d'envisager les possibilités d'utilisation d'un nouveau système, il importe d'abord de se rendre compte de ses particularités. On cherchera ses avantages et ses inconvénients par rapport à d'autres systèmes semblables. *Le tableau I* représente un essai de comparaison entre les données caractéristiques du système PCM et de celui à courants porteurs. De la comparaison PCM-ESM, il résulte que la modula-

Tabelle I. Charakteristische Grössen von PCM- und ESM-Systemen

Charakteristische Grösse		PCM	ESM
Allgemein	Übertragungsverfahren typische Kanalzahl	digital 24	analog 300
Bau- und Unterhalt	Materialaufwand Schwierigkeitsgrad der Herstellung	klein mittel klein	gross gross mittel
Forderungen an Übertragung bezüglich	Frequenzband Frequenzstabilität Linearität zeitliche Stabilität Störabstand Übersprechen zwischen benachbarten Systemen	gross mittel klein klein klein	klein gross gross gross gross
Eigenschaften der Kanäle	Amplitudengang Laufzeitverzerrung Geräuschabstand Quantisierungs- geräusch Übersprechen Abhängigkeit von der Übertragungsdistanz	sehr gut klein sehr gut vor- handen klein mittel	gut mittel gut — klein gross

bandmodulation, wie sie für Trägerfrequenzsysteme üblich ist. Theoretisch verhalten sich die Übertragungsbandbreiten von Pulscode- zu Einseitenbandmodulation wie  $n:1$ , wobei

$$n = \lg A$$

wenn  $A$  die Anzahl der gewählten Amplitudenstufen des PCM-Systems darstellt. Im Falle des Systems, das später beschrieben wird, ist  $n = 7$ . Daraus folgt, dass überall dort, wo Frequenzbänder nicht in beliebigem Ausmass zur Verfügung stehen, die wirtschaftliche Reichweite beschränkt bleibt. Dies gilt besonders für drahtgebundene Anlagen, im Gegensatz etwa zu Mikrowellen- und Lasersystemen.

Wie steht es nun mit der Wirtschaftlichkeit der PCM-Systeme? Figur 1 zeigt einen Kostenvergleich zwischen Tonfrequenz-Kabelleitungen, PCM- und Trägersystemen, wobei man sich aber vor Augen halten muss, dass für Trägersysteme gut fundierte Unterlagen, für PCM-Systeme aber nur Richtpreise vorliegen. Die Kurven geben die kapitalisierten Kosten ganzer Systeme je Kanalkilometer an. Aus dem Diagramm folgt, dass Trägersysteme bei Distanzen über etwa 20 km wirtschaftlicher sind als niederfrequente Kabelleitungen, PCM-Systeme dagegen schon bei Distanzen von etwas mehr als 10 km. Erst bei rund 100 km werden Trägerfrequenzsysteme wirtschaftlicher als PCM.

Dieses Resultat ist weiter nicht erstaunlich, wird doch der Preis von Trägermaterial im wesentlichen durch die benötigten Filter bestimmt. Verschiedene Filtertypen sind notwendig, und ihre Herstellung wird wohl noch während längerer Zeit von Hand erfolgen müssen. PCM-Systeme sind dagegen aus digitalen Bauelementen aufgebaut, die sich in naher Zukunft mit integrierten Schaltungen realisieren lassen, die eher eine automatische Fertigung erlauben werden.

Tableau I. Données caractéristiques des systèmes PCM et ESM.

Donnée caractéristique		PCM	ESM
Général	mode de transmission nombre typique de voies	digital 24	analogique 300
Construction et entretien	encombrement au point vue matériel difficulté de fabrication entretien	petit moyenne facile	grand grande moyen
Exigence pour la transmission concernant	bande de fréquences stabilité de fréquence linéarité stabilité dans le temps rapport signal-bruit diaphonie entre systèmes voisins	grande moyenne petite petite petit	petite grande grande grande grand
Propriétés des voies	réponse en amplitude distorsion de phase rapport signal-bruit bruit de quantification diaphonie dépendance de la distance de transmission	très bonne petite très bon présent petite moyenne	bonne moyenne bon — petite grande

tion par impulsions codées nécessite des largeurs de bande nettement plus élevées que la modulation à bande latérale unique généralement utilisée pour les courants porteurs, les autres propriétés étant analogues. Théoriquement, les largeurs de bande pour la transmission des systèmes à modulation par impulsions codées et à bande latérale unique sont dans le rapport  $n:1$  avec  $n = \lg A$ , où  $A$  représente le nombre des niveaux d'amplitude choisi du système PCM.

Dans le système que l'on décrira par la suite,  $n$  est égal à 7. Il s'ensuit que, partout où les bandes de fréquences disponibles sont restreintes, la portée écono-

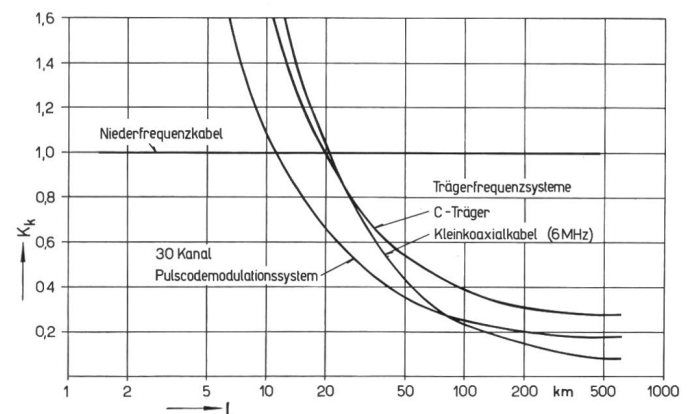


Fig. 1

Kostenvergleich verschiedener Übertragungs-Systeme. Kapitalisierte Kosten je Kanalkilometer und Jahr

Comparaison des prix de divers systèmes de transmission. Prix total par kilomètre de voie et par année

- $K_k$  Kostenfaktor - Facteur de prix
- $l$  Übertragungsdistanz - Distance de transmission
- Niederfrequenzkabel - Câble à basse fréquence
- Pulsmodulationssystem - Système de modulation par impulsions codées
- Trägerfrequenzsysteme - Systèmes à courants porteurs
- C-Träger - Porteurs C
- Kleinkoaxialkabel (6 MHz) - Câble à petites paires coaxiales (6 MHz)



Der Preisvergleich zeigt, dass sich PCM-Systeme, als reine Übertragungseinrichtungen betrachtet, heute noch nicht in allen Fällen für den von *Lancoud* gewünschten Einsatzbereich eignen. Ihre Wirtschaftlichkeit liegt zur Zeit noch an der oberen Grenze für den Einsatz in der Orts- und Teilnehmerebene, für den Ausbau des Bezirksnetzes dagegen scheinen sie wie geschaffen zu sein.

### 3. Versuchssysteme

Die *Hasler AG* beschäftigt sich seit einiger Zeit, wie die meisten an der Übertragungstechnik interessierten Unternehmungen der ganzen Welt, mit der Entwicklung von PCM-Systemen. Die Grundidee ist, ein Übertragungsmittel zu schaffen, dessen Kanalpreis wesentlich tiefer liegt als bei Trägersystemen.

Die Entwicklung ist heute so weit fortgeschritten, dass seit einiger Zeit praktische Versuche durchgeführt werden können. Die wesentlichen Daten des Versuchssystems sind in *Tabelle II* zusammengestellt.

Vom übertragenen codierten Signal werden 7 bit für die Sprachübertragung und das 8. bit für die Signalisierung, die Übermittlung der Wahlinformation, verwendet. Neben diesem System entwickelt die *Hasler AG* im Auftrag der schweizerischen PTT ein System, dessen charakteristische Daten vom beschriebenen etwas verschieden sind, und das sich besonders für die Übertragung längs Kabelleitungen eignet. Die dabei verwirklichten Ideen stammen von *W. Neu* (Abteilung Forschung und Versuche der GD PTT). Die charakteristischen Daten dieses Systems sind ebenfalls in *Tabelle II* zusammengestellt.

Der Nachteil eines gewöhnlichen Binär-Codes, wie er zunächst von der üblichen Digitaltechnik geliefert wird, liegt in der entstehenden Gleichstromkomponente, die im allgemeinen nicht übertragen werden kann. Der «*Neu*»-Code zeichnet sich durch das Fehlen einer solchen Komponente aus, was die Übertragung erleichtert.

Tabelle II. Charakteristische Daten eines 24- und eines 30-Kanal-PCM-Systems

Kanalzahl	24	30
Abtastfrequenz	8 kHz	8 kHz
Zahl der Amplitudenstufen A	128 = 2 <sup>7</sup>	243 = 3 <sup>5</sup>
Codierung	8stellig, binär	5stellig, ternär
Bitfolgefrequenz, inkl. Synchronisierung und Signalisierung	1,664 MHz	2,56 MHz
minimale theoretische Bandbreite	832 kHz	1,28 MHz
Übertragungsart	bipolar (quasi ternär)	binär verschlüsseltes Ternärsignal, 10stellig
Compandercharakteristik	je 3 lineare Teilstücke im 1. und 3. Quadrant	je 4 lineare Teilstücke im 1. und 3. Quadrant
Quantisierungsgeräusch	-43 dB <sub>mo</sub>	-51 dB <sub>mo</sub>

Die *Figuren 2 bis 5* zeigen den Aufbau des Versuchssystems und einiger typischer Einschübe. Die

minimale Bandbreite ist begrenzt. Tel est précisément le cas des systèmes par fils contrairement aux systèmes de transmission par micro-ondes ou par laser.

Qu'en est-il maintenant de la rentabilité des systèmes PCM ?

La *figure 1* donne une comparaison en ce qui concerne le coût des lignes en câbles pour fréquences vocales, des systèmes PCM et de ceux à courants porteurs. Il ne faut cependant pas oublier que si pour les systèmes à courants porteurs on dispose de données précises, pour les systèmes PCM il ne s'agit que de prix approximatifs.

Les courbes représentent le prix total de systèmes entiers, rapporté au kilomètre de voie. Le diagramme permet de voir que les systèmes à courants porteurs sont plus rentables que les lignes en câbles pour fréquences vocales pour des distances supérieures à environ 20 km, alors que les systèmes PCM le sont déjà à partir de 10 km. Ce n'est que vers 100 km que les systèmes à courants porteurs sont plus rentables que les systèmes PCM.

Ce résultat n'a d'ailleurs rien de surprenant, étant donné que le prix du matériel des systèmes à courants porteurs est essentiellement déterminé par les filtres nécessaires. En effet, on doit utiliser des filtres de divers types et leur fabrication restera longtemps encore au stade du travail à la main. En revanche, les systèmes PCM sont réalisés à l'aide d'éléments digitaux qui, dans un proche avenir, emprunteront des circuits intégrés permettant d'automatiser la production.

La comparaison des prix montre que les systèmes PCM, en tant qu'équipements de transmission pure, ne peuvent pas encore s'appliquer dans tous les cas au domaine souhaité par *Ch. Lancoud*. A l'heure actuelle, leur rentabilité se situe encore à la limite supérieure quant à leur introduction au niveau local et à celui de l'abonné. En revanche, ces systèmes s'adaptent parfaitement à l'extension du réseau régional.

### 3. Systèmes d'essai

Comme la plupart des entreprises du monde entier s'occupant de la technique des transmissions, la maison *Hasler SA* est en train de développer des systèmes PCM depuis un certain temps. Créer un moyen de transmission dont le prix par voie soit nettement inférieur à celui des courants porteurs, telle est l'idée de base.

Actuellement, le stade du développement est très avancé. Des essais pratiques s'effectuent même depuis quelque temps. Les données essentielles de ce système d'essai sont réunies dans le *tableau II*.

Du signal codé transmis, 7 bits servent à la transmission de la voie, le 8<sup>e</sup> étant affecté à la signalisation, à la transmission de l'information de sélection. A part ce système, à la demande des PTT suisses, la maison *Hasler SA* développe un système dont les caractéristiques diffèrent quelque peu de celui décrit et qui sera particulièrement adapté à la transmission sur les lignes

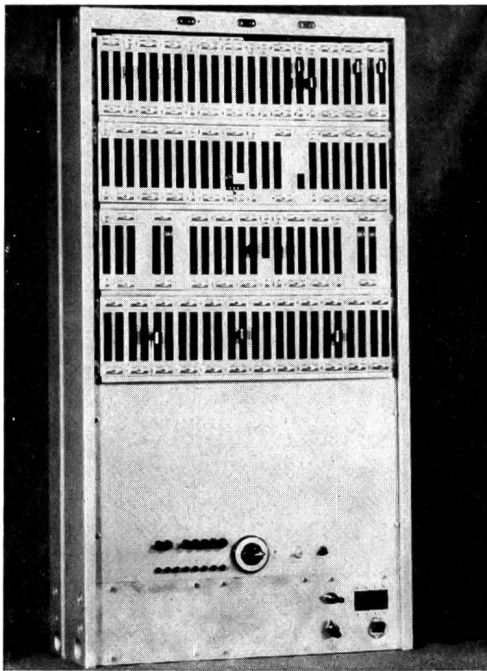


Fig. 2

Versuchsausführung einer PCM-Endausrüstung für 24 Kanäle. Das Gestell enthält ganz unten die Energieversorgung, darüber eine Einschubreihe mit den Kanaleinschüben, darüber drei Einschubreihen mit Coder, Decoder und digitalen Elementen. Exécution d'un équipement PCM terminal à 24 voies destiné aux essais. Le bâti contient tout en bas l'alimentation, plus haut une série de boîtiers pour les voies, puis 3 séries de boîtiers pour le codeur, le décodeur et les éléments digitaux.

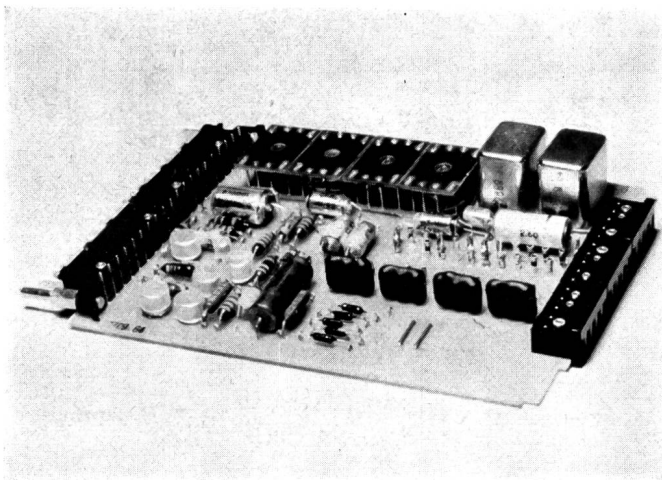


Fig. 3

#### Kanaleinheit

Je 2 solcher Einheiten bilden einen Kanaleinschub. Die Einheit enthält die NF-Übertrager, Tiefpassfilter, Verstärker und Impulsschaltungen für den Übergang  $NF \leftrightarrow PAM$ . In der endgültigen Ausführung sind ferner alle Elemente zur Übertragung der Wahlinformation eingebaut. Die Kanaleinheit beansprucht nur 20 mm Gestellbreite und 135 mm Gestellhöhe.

#### Équipement de voie

Deux de ces équipements constituent un boîtier de voie. L'équipement comporte les transformateurs BF, les filtres passe-bas, les amplificateurs et les circuits d'impulsions pour le passage  $BF \leftrightarrow PAM$ . Dans l'exécution définitive, on trouve également tous les éléments servant à la transmission de l'information de sélection. L'équipement de voie est contenu dans un boîtier de 20 mm de largeur et de 135 mm de profondeur.

Tableau II. Données caractéristiques des systèmes PCM à 24 voies et à 30 voies

Nombre de voies	24	30
Fréquence d'échantillonnage	8 kHz	8 kHz
Nombre de niveaux d'amplitude A	$128 = 2^7$	$243 = 3^5$
Codage	8 positions, binaires	5 positions, ternaires
Fréquence des bits, synchronisation et signalisation comprises	1,664 MHz	2,56 MHz
Largeur de bande théorique minimale	832 kHz	1,28 MHz
Genre de transmission	bipolaire (pseudo-ternaire)	verrouillage binaire signal ternaire 10 positions
Caractéristique du compresseur/expandeur de dynamique	deux fois 3 parties linéaires dans le 1 <sup>er</sup> et le 3 <sup>e</sup> quadrant	deux fois 4 parties linéaires dans le 1 <sup>er</sup> et le 3 <sup>e</sup> quadrant
Bruit de quantification	-43 dB <sub>mo</sub>	-51 dB <sub>mo</sub>

en câbles. La conception est due à *W. Neu* (division des recherches et des essais de la DG PTT). Ses caractéristiques sont réunies dans le tableau II.

L'inconvénient du code binaire normal fourni habituellement par la technique digitale réside dans le fait que la composante continue qui apparaît ne peut généralement pas être transmise. Le nouveau code «Neu» se distingue par l'absence d'une telle composante, ce qui facilite la transmission.

Les figures 2 à 5 montrent la construction du système d'essai et de quelques boîtiers parmi les plus représen-

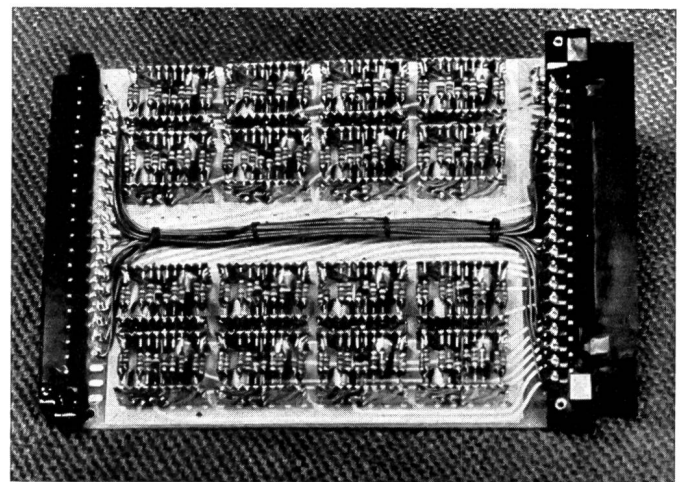


Fig. 4

Beispiel einer digitalen Baugruppe, die in der Modultechnik EST 64 realisiert ist

Die Moduln sind aus diskreten Komponenten aufgebaut und untereinander durch eine mehrschichtige gedruckte Schaltung verbunden

Exemple d'un circuit imprimé monté (digital), réalisé selon la technique des modules EST 64

Les modules sont composés d'éléments discrets et réunis entre eux à l'aide d'un circuit imprimé formé de plusieurs couches

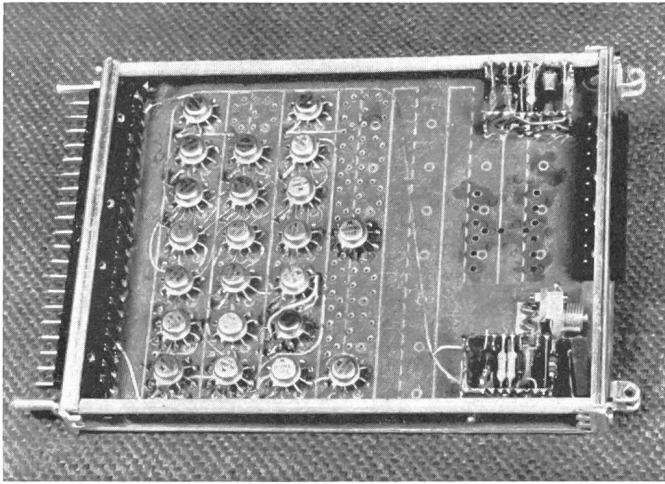


Fig. 5

Beispiel einer digitalen Baugruppe, die mit integrierten Schaltungen verwirklicht worden ist

Solche Baugruppen werden dort verwendet, wo die Schaltzeit der Moduln (Fig. 4) zu lang ist. Die verwendeten integrierten Schaltungen arbeiten bei den höchsten zur Anwendung kommenden Taktfrequenzen (rund 10 MHz) noch einwandfrei

Exemple de circuit imprimé monté (digital), réalisé à l'aide de circuits intégrés

De tels circuits sont utilisés là où le temps de commutation des modules est trop long. Les circuits intégrés utilisés travaillent parfaitement, même pour les fréquences de répétition les plus élevées (environ 10 MHz)

ganze Konstruktion basiert auf der Einheitsbauweise 62 der schweizerischen PTT. Die Kanaleinschübe (Fig. 3) enthalten alle tonfrequenten Elemente (PAM-Modulator und -Demodulator mit zugehörigen Filtern, Verstärkern und Übertragern) sowie die Organe für die Wahlimpulsübertragung (Signalisierung). Eine Endausrüstung enthält 24 derartige Einschübe. Der Grossteil der digitalen Schaltungen ist in Modultechnik realisiert (Fig. 4). Jeder Modul, aus diskreten Komponenten aufgebaut, erfüllt eine oder mehrere logische Elementarfunktionen. Diese Modulbauweise eignet sich nur für mittlere Arbeitsgeschwindigkeiten. Dort, wo sich Vorgänge in wenigen Nanosekunden abspielen müssen, kommen integrierte Schaltelemente zum Einsatz (Fig. 5).

#### 4. Bildung grösserer Kanalgruppen

Ebenso wie man in der Trägerfrequenztechnik, ausgehend von Basisgruppen, die 12 Kanäle umfassen, Sekundärgruppen mit 60 Kanälen oder gar Tertiärgruppen mit 300 Kanälen bildet, liegt auch bei PCM-Systemen die Idee der weiteren «Multiplexierung» nahe. So ist es zum Beispiel möglich, fünf 24-Kanalgruppen zu einem 120-Kanalsystem zusammenzufügen.

Das Verfahren ist in Fig. 6 angedeutet: Jedes bit eines jeden Kanals wird auf einen Fünftel seiner zeitlichen Dauer reduziert und die entstehenden Zeitelemente alsdann in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt, so dass das kanalmässig höhere System entsteht. Das gilt natürlich nur bei völligem

taatifs. La réalisation repose entièrement sur la construction normalisée modèle 62 des PTT suisses. Les boîtiers de voie (fig. 3) contiennent tous les éléments de fréquences audibles (modulateur et démodulateur PAM avec leurs filtres, amplificateurs et translateurs) ainsi que les dispositifs pour la transmission des impulsions de sélection (signalisation). Un équipement terminal comporte 24 boîtiers de ce type. La plus grande partie des circuits digitaux sont réalisés à l'aide de la technique des modules (fig. 4). Chaque module, composé d'éléments discrets, remplit une ou plusieurs fonctions logiques élémentaires. Cette réalisation sous forme de modules ne se prête qu'à des vitesses moyennes de travail. Là où la durée des opérations doit se limiter à quelques nanosecondes, on fait appel aux circuits intégrés (fig. 5).

#### 4. Formation de groupes de voies plus grands

De même que dans la technique des courants porteurs où, à partir de groupes de base formés de 12 voies, on constitue des groupes secondaires de 60 voies, voire de 300 voies, avec les systèmes PCM on peut très bien envisager un multiplexage à une échelle plus élevée. A titre d'exemple, il est possible de former un système de 120 voies à partir de 5 groupes de 24 voies.

La figure 6 en montre le processus: la durée de chaque bit de chaque voie est réduite au cinquième de sa valeur. Les éléments qui en résultent sont ensuite convenablement groupés les uns à la suite des autres de manière à créer le système à nombre de voies supérieur. Cela requiert évidemment un synchronisme parfait entre les systèmes partiels. S'ils ne sont pas

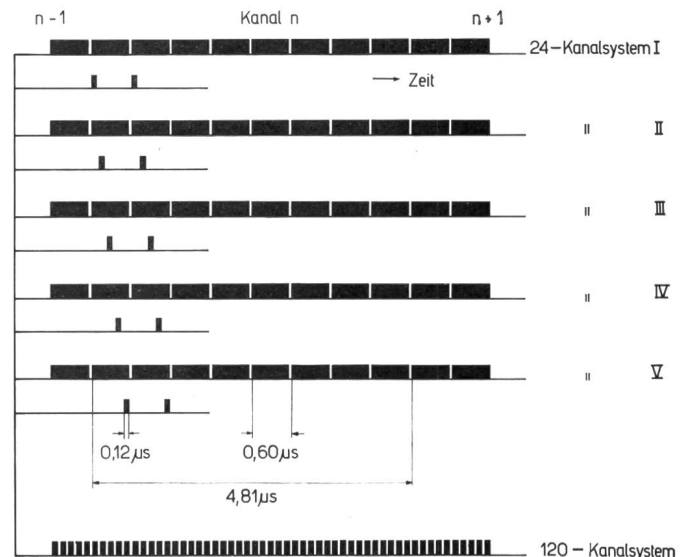


Fig. 6

Schematische Darstellung der zeitlichen Verschachtelung der Impulse von fünf 24-Kanal-PCM-Systemen zu einem 120-Kanalsystem

Réprésentation schématique de la disposition en fonction du temps des impulsions pour la formation d'un système à 120 voies à partir de cinq systèmes à 24 voies



Synchronismus der Teilsysteme. Sind sie nicht synchronisiert, so muss mit Pufferspeichern und anderen Massnahmen dieser Synchronismus vor der Zusammenschaltung erzwungen werden. Die benötigten Zusammenschaltungseinrichtungen sind dabei billiger als vergleichbare Elemente für Frequenzmultiplexanlagen.

Das Verfahren lässt sich gedanklich weitertreiben. Man kann sich 240- oder gar 480-Kanalsysteme vorstellen. Wegen der begrenzten Schaltgeschwindigkeit der Bauelemente, der endlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Impulse längs der Verdrahtung und einer untern Grenze der räumlichen Ausdehnung jeder Schaltanordnung wird aber rasch einmal der Zustand erreicht, bei welchem solche Systeme nicht mehr einwandfrei synchronisiert werden können. Man bedenke, dass in einem 120-Kanalsystem die Elementarimpulse nur noch 120 ns dauern. 120 Kanäle dürften beim heutigen Stand der Technik eine optimale Kapazität darstellen. Als Übertragungsmedien für solche Mehrgruppensysteme eignen sich naturgemäss Richtstrahlverbindungen besser als etwa koaxiale Kabel.

Bei PCM-Systemen ist es verhältnismässig leicht, das übertragene niederfrequente Frequenzband der Kanäle zu verändern. Lediglich durch andere Zuordnung der einzelnen Impulse kann man aus zwei 4-kHz-Kanälen einen 8-kHz-Kanal oder aus drei 4-kHz-Kanälen einen 12-kHz-Kanal bilden. Dabei sind Kanäle verschiedener Bandbreite innerhalb des gleichen Systems denkbar. Wesentlich ist dabei, dass abgesehen von den Empfangstiefpässen keine komplizierten Filter ausgetauscht werden müssen. PCM-Systeme sind deshalb ausserordentlich flexibel und eignen sich gleichermassen für Fernsprech-, Rundspruch- und Datenübertragungszwecke.

Gerade für die Datenübertragung dürften PCM-Systeme besonders günstig liegen. Die zu übertragende Information fällt in digitaler Form an und wird im Falle von PCM unter Umgehung eines Modulators digital weitergeleitet. Die Einheitlichkeit der Verarbeitung der Information wird gewahrt, komplizierte «Modems» fallen weg. Ausserdem existiert das Problem der Überlastung bei Verwendung von PCM nicht, wie man es von ESM-Systemen kennt, die mit vielen Datenkanälen beaufschlagt sind.

Es ist naheliegend, die PCM auch für Fernseh-zwecke einzusetzen. Das normale 625-Zeilenbild benötigt für das Videosignal eine Bandbreite von 6MHz. Begnügt man sich mit 128 Amplitudenstufen, entsprechend 7 bit, so müssen  $7 \cdot 2 \cdot 6 = 84$  M bit/s übertragen werden. Das Elementarzeitelement weist dann nur noch eine Dauer von etwa 12 ns auf. Die minimal beanspruchte Bandbreite beträgt 42 MHz, praktisch wird man aber wohl mit ungefähr 100 MHz rechnen müssen, sofern man nicht besondere bandbreitensparende Verfahren vorsieht. Diese Technik braucht natürlich nicht auf das öffentliche Fernsehen beschränkt zu bleiben, auch das industrielle und das private Fernsehen können davon profitieren.

synchronisiert, il faut, avant leur réunion, forcer le synchronisme à l'aide de mémoires intermédiaires ou d'autres moyens. Les dispositifs nécessaires pour le couplage sont meilleur marché que les éléments analogues utilisés dans les installations multiplex à répartition en fréquence.

On peut imaginer d'étendre le procédé en se représentant des systèmes à 240, voire à 480 voies. Etant donné la vitesse de commutation limitée des éléments, la vitesse de propagation des impulsions le long du câblage et l'encombrement minimal auquel sont soumis les circuits, nous arriverons bien vite au moment où la synchronisation de tels systèmes présentera des difficultés. Il suffit de penser que pour un système à 120 voies la durée de chaque impulsion ne s'élève qu'à 120 nanosecondes. Il semble qu'au niveau actuel de la technique, les systèmes à 120 voies représentent un optimum. Les liaisons par faisceaux hertziens constituent évidemment un milieu de transmission mieux adapté aux systèmes formés de plusieurs groupes que les câbles coaxiaux.

Avec les systèmes PCM, il est relativement aisé de modifier la bande de fréquence audible transmise pour une voie. Une disposition différente de chacune des impulsions suffit pour former une voie de 8 kHz de largeur à partir de deux voies de 4 kHz chacune, ou une voie de 12 kHz à partir de 3 voies de 4 kHz. Un même système peut ainsi contenir des voies de largeur différente. Il importe évidemment que cela n'oblige pas à changer des filtres compliqués, à l'exception des passe-bas à la réception. Voilà pourquoi les systèmes PCM sont très souples et s'adaptent parfaitement aussi bien à la transmission de voies téléphoniques qu'à celle de programmes musicaux et de données.

Les systèmes PCM semblent bien indiqués pour la transmission des données. L'information à transmettre se trouve sous forme digitale. Dans le cas du PCM, elle est retransmise digitalement sans modulateur auxiliaire. L'homogénéité du traitement de l'information est conservée, on peut supprimer les dispositifs «modems» compliqués. De plus, le problème de la surcharge tel qu'on le rencontre dans les systèmes ESM chargés de nombreuses voies destinées à la transmission des données n'intervient plus avec l'utilisation du PCM.

On peut facilement envisager l'emploi du PCM en télévision. L'image normale à 625 lignes nécessite pour le signal vidéo une bande de 6 MHz. Si l'on se contente de 128 niveaux d'amplitude, ce qui correspond à 7 bits, il faut alors transmettre  $7 \cdot 2 \cdot 6 = 84$  M bits/s. La largeur de chaque impulsion ne s'élève qu'à environ 12 ns. La largeur de bande minimale nécessaire vaut 42 MHz, pourtant il serait prudent de calculer avec une largeur de 100 MHz, à moins que l'on ne prévoie un procédé spécial permettant de restreindre la bande de fréquences. L'application de cette technique n'est évidemment pas limitée à la télévision publique, mais peut également s'étendre à la télévision industrielle et privée.

Nach der gleichen Technik ist es auch denkbar, frequenzmultiplexmässig aufgebaute Vielkanalgruppen mit Pulsmodulation zu übertragen. Eine solche Mischung von ESM und PCM kann bei geräuschanfälligen oder wenig linearen Übertragungsmedien (z. B. Wellenleiter) vorteilhaft sein.

## 5. Vermittlungstechnik, «integrierte» Systeme

Die bisherigen Ausführungen beschränkten sich auf die kommerzielle Übertragungstechnik. Es ist aber ganz klar, dass die PCM auch für militärische Belange von grösster Bedeutung ist. Es hatte sicher seine Gründe, dass die ersten brauchbaren PCM-Systeme von der amerikanischen Armee eingesetzt worden sind. Interessant ist in diesem Zusammenhang vor allem das günstige Verhältnis Nutz- zu Störsignal, sowie die sich eröffnenden Chiffriermöglichkeiten. Nun ist es aber so, dass das Interesse, das die neue Technik weckt, nicht auf die Übertragung allein begrenzt bleibt. Die Ideen sind weitreichender; man möchte PCM auch in der Vermittlungstechnik einführen. Man denkt an kombinierte Anlagen, in denen dank PCM sowohl übertragen als auch vermittelt wird und spricht von integrierten Fernsprechnetzen. Im folgenden soll daher kurz auf die Anwendungsmöglichkeiten von PCM im Telephonzentralenbau eingegangen werden.

Ganz allgemein besteht eine Telephonzentrale aus einem Steuer- und einem Durchschalteteil. Währendem es verhältnismässig leicht möglich ist, den Steuerteil mit elektronischen Mitteln zu verwirklichen, bereitet aus wirtschaftlichen Gründen der Entwurf eines elektronischen Durchschalteteiles grössere Schwierigkeiten. Bei den klassischen elektromechanischen Zentralen ist der Durchschalteteil in Form eines Netzwerkes nach dem Räummultiplexprinzip aufgebaut. Die einzelnen Gespräche werden mit einer Anzahl im Raume aufgeteilter Durchschalte- oder Kreuzpunkte durchgeschaltet. Besonders anschaulich ist diese Methode bei Kreuzwählerzentralen.

Es liegt nahe, dieses Räummultiplexprinzip auch im Falle elektronischer Zentralen anzuwenden. Technisch ist eine solche Lösung möglich. Mit den heutigen Mitteln lassen sich elektronische Kreuzpunkte aufbauen, mit deren Hilfe koordinatenschalterähnliche Gebilde konstruiert werden können. Die praktische Ausführung scheidet aber am Preis dieser Punkte. Aus diesem Grunde werden heute halbelektronische Zentralen mit elektronischen Steuersystemen und elektromechanischen Durchschaltenetzwerken entwickelt. Dabei seien auch alle Arten von Reedschaltern als elektromechanische Bauelemente bezeichnet.

Neben dem Räummultiplexprinzip gibt es aber noch ein anderes Prinzip, das sich für die Durchschaltung eignet, nämlich das Zeitmultiplexprinzip. Anstatt die einzelnen Verbindungen gleichzeitig über getrennte Verbindungsstromkreise zu vermitteln, erfolgt die Durchschaltung über ein einziges Ver-

Selon la même technique, il est également concevable de transmettre au moyen de la modulation par impulsions codées des groupes multiplex à répartition en fréquence et à grand nombre de voies. Le mélange des systèmes PCM et ESM se révèle avantageux pour les milieux de propagation sensibles au bruit et dont la linéarité est mauvaise (guides d'ondes par exemple).

## 5. Technique de commutation, systèmes «intégrés»

Jusqu'à-là, l'exposé s'est limité au domaine commercial de la technique des transmissions. Il est cependant clair que l'utilisation du PCM à des fins militaires également revêt une importance capitale. Ce n'est pas sans raison que les premiers systèmes PCM utilisables furent exploités par l'armée américaine. En effet, l'avantageuse valeur du rapport signal/bruit ainsi que les multiples possibilités de chiffage présentent un grand intérêt. Pourtant, les avantages de cette nouvelle technique ne restent pas limités à la transmission. La conception peut s'étendre. C'est ainsi qu'on souhaiterait introduire le PCM également dans le domaine de la commutation. On pense à des installations combinées, dans lesquelles tant la transmission que la commutation se feraient à l'aide du PCM, d'où l'expression de réseaux téléphoniques intégrés. Dans la suite, nous donnons un bref aperçu des possibilités d'application du PCM pour la réalisation de centraux téléphoniques.

De façon générale, un central téléphonique peut être subdivisé en deux parties: d'une part, les organes de commutation proprement dits, soit les sélecteurs, et, d'autre part, les circuits servant à leur commande. Si la réalisation des circuits de commande à l'aide de l'électronique est relativement aisée, la conception de dispositifs de commutation par les mêmes moyens présente de grandes difficultés du point de vue économique. Dans les centraux électro-mécaniques classiques, les voies de transmission forment un réseau de connexion établi sur le principe du multiplexage dans l'espace. Chaque communication est transmise par l'intermédiaire d'un certain nombre de points de commutation. Les centraux crossbars en sont une illustration particulièrement représentative.

Il vient immédiatement à l'idée d'appliquer le principe de ce multiplexage spatial également aux centraux électroniques. Une telle solution est techniquement possible. Les moyens actuels de la technique permettent de construire des points de commutation électroniques à l'aide desquels on peut établir des réseaux équivalant à des sélecteurs crossbars. Le prix d'une telle réalisation est cependant prohibitif. Aussi développe-t-on actuellement des centraux semi-électroniques. Les circuits de commande sont électroniques, alors que les organes de commutation sont électro-mécaniques. Tous les types de relais à tiges (relais reeds) y trouvent leur place, étant eux aussi considérés comme des éléments électro-mécaniques.



bindungsorgan nach Art der Impulsmodulation (IM) in zeitlich gestaffelter Form. Dieses Verbindungsorgan wird demnach jedem Gespräch während sehr kurzen Zeiten periodisch zur Verfügung gestellt. Dieses Prinzip ist den Eigenschaften moderner Halbleiterelemente bestens angepasst. Es lassen sich damit wirtschaftliche Lösungen finden.

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, dass sich einerseits mit PCM-Methoden interessante Nachrichtenübertragungssysteme entwerfen lassen, und dass andererseits mit IM-Methoden interessante Vermittlungseinrichtungen geschaffen werden können. Da aber die PCM eine besondere Art der IM darstellt, liegt der Schluss nahe, Übertragungssysteme und Vermittlungseinrichtungen auf der PCM-Ebene zusammenzuschalten und zu einem integrierten Fernsprechnet zu vereinen.

In einem solchen integrierten Fernsprechnet würde digital übertragen, digital ausgewertet und digital durchgeschaltet. Dabei befänden sich die PCM-Endausrüstungen (d. h. die Modulatoren und Demodulatoren) im allgemeinen nicht etwa in der Zentrale, sondern möglichst nahe bei den Teilnehmern. Dank der zweifachen Ausnutzung der PCM-Ausrüstung dürften integrierte Systeme vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet interessant sein.

Figur 7 soll grundsätzlich diese Konzeption erläutern:

Es ist eine Zentrale mit 48 Teilnehmern angedeutet, die an zwei PCM-24-Kanal-Ausrüstungen angeschlossen sind. Die PCM-Ausrüstungen sind mit der PCM-Zentrale über je eine 4-Drahtleitung verbunden. Wesentlich ist bei der Anordnung, dass die Gesprächs-

A côté du multiplexage dans l'espace, un autre principe également est applicable à la commutation, à savoir le multiplexage dans le temps.

Au lieu de transmettre chaque communication simultanément sur des circuits distincts de liaison, la connexion s'effectue sur un organe de liaison unique, utilisant une modulation par impulsions (IM) échelonnées dans le temps. Cet organe de liaison est ainsi périodiquement mis à la disposition de chaque conversation pour une très courte durée. Ce principe, parfaitement adapté aux propriétés des semi-conducteurs modernes, offre la possibilité de solutions économiques.

Il ressort de notre exposé que, d'une part, les méthodes PCM permettent d'envisager d'ingénieux systèmes de transmission d'informations et que, d'autre part, les méthodes IM sont applicables à d'intéressantes installations de commutation. Comme le PCM constitue un cas particulier de l'IM, on en vient facilement à l'idée de lier les systèmes de transmission et les équipements de commutation sur le plan du PCM et de les réunir ainsi sous la forme d'un réseau téléphonique intégré.

Dans un tel réseau, on aurait une transmission digitale, une commutation digitale, et une commande digitale. Dans ce cas, les équipements terminaux PCM (c'est-à-dire les modulateurs et les démodulateurs) ne se trouveraient pas dans le central PCM, mais le plus proche possible des abonnés. Grâce à la double utilisation des équipements PCM, les systèmes intégrés devraient se révéler avantageux du point de vue économique.

Cette conception est illustrée sur la figure 7: Soit un central de 48 abonnés connectés à deux équipements PCM de 24 voies chacun. Une ligne 4 fils relie les équipements PCM au central PCM. Le fait essentiel dans ce dispositif est que l'interconnexion entre deux abonnés s'accomplit sur le plan du PCM. Les communications ne sont donc pas démodulées dans le central. La commutation s'effectue de la manière suivante: les éléments de temps attribués à l'abonné appelant sont décalés à l'aide de mémoires à retard, de manière à les faire coïncider exactement avec les éléments de l'abonné appelé.

Un examen plus attentif de ce schéma simple révèle que les voies PCM sont mal utilisées, étant donné qu'elles sont attribuées à demeure à chaque abonné. L'équipement PCM, on le conçoit facilement, peut se connecter à la suite d'un réseau de connexion analogue à un connecteur de ligne. D'où le dispositif de la figure 8. S'il correspond au principe de la figure 7, il acquiert cependant une capacité beaucoup plus grande grâce à l'adjonction d'équipements de concentration. Les facteurs économiques décideront si ces concentrateurs pourront être réalisés à l'aide d'éléments électro-mécaniques ou électroniques. Pourtant, si l'on se souvient que généralement le PCM implique tout d'abord une modulation PAM, on peut se représenter que l'équipement terminal PCM contient déjà partiellement le connecteur électronique de

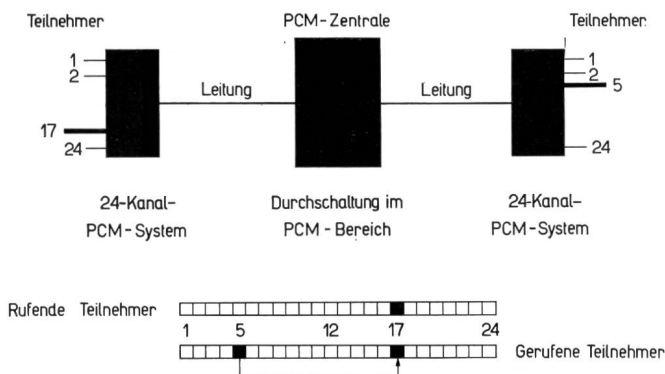


Fig. 7

#### Primitives integriertes Fernsprechnet

Jedem Teilnehmer ist ein PCM-Kanal fest zugeordnet. Die Verbindung zweier Teilnehmer erfolgt durch zeitliche Verschiebung der entsprechenden Kanalimpulse in der PCM-Zentrale

#### Réseau téléphonique intégré, simple

Un canal PCM est attribué à demeure à chaque abonné. La liaison entre deux abonnés s'effectue grâce à un déplacement dans le temps des impulsions de voie correspondantes dans le central PCM

Teilnehmer - Abonnés

Zentrale - Central

Leitung - Ligne

Rufende Teilnehmer - Abonnés appelants

Gerufene Teilnehmer - Abonnés appelés

vermittlung zwischen den einzelnen Teilnehmern im PCM-Bereich erfolgt. Die Gespräche werden in der PCM-Zentrale also nicht etwa demoduliert. Die Durchschaltung erfolgt so, dass die dem gerufenen Teilnehmer zugeordneten Zeitelemente in Laufzeit speichern so verzögert werden, dass sie sich zeitlich mit denen des rufenden Teilnehmers decken.

Betrachtet man dieses einfache Diagramm etwas eingehender, so fällt auf, dass die PCM-Kanäle nur schlecht ausgenutzt werden, weil sie den einzelnen Teilnehmern fest zugeordnet sind. Es liegt nahe, der PCM-Ausrüstung ein einem Leitungsdurchschalter ähnliches Gebilde vorzuschalten. Damit erhält man eine Anordnung gemäss *Figur 8*. Sie entspricht im Prinzip derjenigen in *Figur 7*, ist aber durch die Einfügung der Konzentrationsschaltungen wesentlich leistungsfähiger geworden. Ob diese Konzentratoren mit elektronischen oder elektromechanischen Bauelementen aufgebaut werden, ist eine Angelegenheit der Wirtschaftlichkeit. Wenn man sich aber vergegenwärtigt, dass die PCM im allgemeinen über eine vorgängige PAM gewonnen wird, kann man sich vorstellen, dass der elektronische Leitungsdurchschalter bereits teilweise in der PCM-Endausrüstung enthalten ist. Es handelt sich nur darum, die einzelnen eine Verbindung wünschenden Teilnehmer zeitlich richtig an die Codierungseinrichtung anzuschalten. Wieviele Teilnehmer angeschlossen werden können, hängt vom Verkehrswert und dem in Kauf genommenen Verlust ab. Hundert dürfte in vielen Fällen eine vernünftige Zahl sein.

In *Figur 9* ist schliesslich angedeutet, wie eine grössere Zentrale realisiert werden könnte, indem man die Zahl der PCM-Systeme anwachsen lässt. Natürlich wird in diesem Falle die reine Zeitmultiplex-Vermittlung in der Zentrale wesentlich schwieriger, da mit zunehmendem Verkehr die je Kanal zur Verfügung stehende Zeit kleiner wird. Unter Umständen wird man bei sehr grossen Zentralen wieder teilweise auf das Raummultiplexprinzip zurückgreifen, allerdings ohne dabei die Einzelkanäle zu decodieren und neu zu codieren.

Es würde den Rahmen dieser Ausführungen sprengen, wollte man auf die vielfältigen Probleme näher eingehen, die sich bei der Realisierung solcher integrierter Systeme stellen. Auch fehlt im heutigen Zeitpunkt noch die praktische Erfahrung, denn es ist nicht anzunehmen, dass sich irgendwo auf der Welt derartige Systeme bereits im praktischen kommerziellen Einsatz bewährt haben. Aber die Möglichkeiten, die sich eröffnen, rechtfertigen einen intensiven Forschungs- und Entwicklungsaufwand. PCM ist sicher eines der Mittel, um die eingangs erwähnten Ziele zu verwirklichen.

#### Literatur

[1] W. Neu: Some Techniques of Pulse Code Modulation. Bull. SEV 51 (1960) 20, S. 978...987.

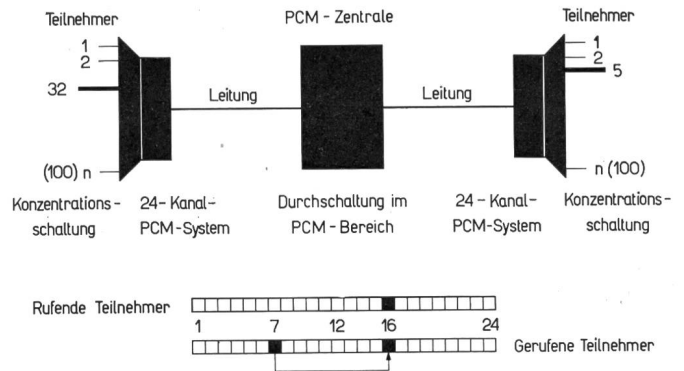


Fig. 8

Erweitertes integriertes Fernsprechnet  
Neu gegenüber *Figur 7* sind die Konzentrationsschaltungen. Es besteht kein fester Zusammenhang mehr zwischen Teilnehmernummern und PCM-Kanalnummer

Réseau téléphonique intégré, perfectionné  
Il ne diffère de la fig. 7 que par les équipements de concentration. Il n'existe plus de liaison rigide entre le rang d'un abonné et celui d'une voie PCM

- Teilnehmer – Abonnés
- PCM-Zentrale – Central PCM
- Konzentrationsschaltung – Equipement de concentration
- 24-Kanal-PCM-System – Système PCM à 24 voies
- Durchschaltung im PCM-Bereich – Connexion dans le secteur PCM
- Rufende Teilnehmer – Abonnés appelants
- Gerufene Teilnehmer – Abonnés appelés

ligne. Il ne s'agit que de connecter au moment opportun chaque abonné désirant une communication à l'équipement de codage. Le nombre d'abonnés pouvant être reliés dépend de l'ampleur du trafic et du taux de perte admis. Dans bien des cas, il semble qu'une centaine représente un nombre judicieux.

Finalmente, la *figure 9* représente la possibilité de réaliser un central plus important en augmentant le nombre des systèmes PCM. Il est évident que dans ce cas le système de commutation par multiplexage dans le temps seulement ne va pas sans de notables diffi-

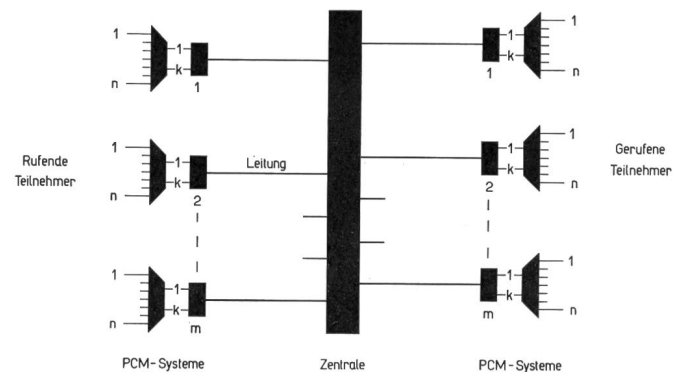


Fig. 9

Beispiel eines umfangreicheren PCM-Netzes  
Eine grössere Anzahl von PCM-Zubringersystemen wird ohne Decodierung in der PCM-Zentrale vermittelt

Exemple d'un réseau PCM complexe  
Un plus grand nombre de systèmes PCM sont commutés dans le central PCM sans décodage

- Rufende Teilnehmer – Abonnés appelants
- Leitung – Ligne
- Gerufene Teilnehmer – Abonnés appelés
- PCM-Systeme – Systèmes PCM
- Zentrale – Central

- [2] *C. G. Davis: An Experimental Pulse Code Modulation System for Short-Haul Trunks.* Bell Syst. techn. J. **41** (1962) 1, S. 1...24.
- [3] *W. Bleickardt: Der Einfluss der Quantisierung in PCM-Systemen.* Dissertation ETH 3425, Zürich 1963.
- [4] *P. Mornet, A. Chatelon und J. Le Corre: Anwendung der Pulsmodulation in einem integrierten Fernsprechnetz. 1. Teil: Vorteile der Pulsmodulation. 2. Teil: Übertragungstechnik – Codierung. 3. Teil: Vermittlungstechnik.* Elektr. Nachr.-wesen **38** (1963) 1, S. 5...27.
- [5] *E. M. Deloraine and A. H. Reeves: The 25th anniversary of pulse code modulation. Part. 1: Historical Background. Part 2: The Past, Present and Future of PCM.* IEEE Spectrum **2** (1965), 5, S. 56...63.

**Adresse des Autors:** Dr. sc. techn. *J. Bauer*, Direktor der Hasler AG, Belpstrasse 23, 3000 Bern 14.

cultés en ce qui concerne le central. En effet, au fur et à mesure de l'augmentation du trafic, le temps disponible pour une voie diminue. Sous certaines conditions, pour de très grands centraux, on pourra reprendre le principe du multiplexage dans l'espace sans pour autant décoder et coder de nouveau chaque voie.

Une étude plus approfondie des multiples problèmes rencontrés dans la réalisation de tels systèmes intégrés sortirait du cadre de cet exposé. Certes, actuellement, l'expérience pratique fait encore défaut, car on ne peut guère supposer que de tels systèmes aient eu l'occasion de faire leurs preuves, où que ce soit, sur le plan commercial. Pourtant, les possibilités d'application qui se présentent justifient les recherches poussées et l'importance des développements en cours. Le PCM est certes un des moyens permettant d'atteindre les buts mentionnés au début de l'exposé.

Cyrus YECHOUROUN et Georges VUFFRAY, Lausanne

621.376.56: 621.395: 621.315.2.029.4

## Transmission de signaux codés par lignes téléphoniques Die Übertragung von PCM-Signalen auf Fernsprechkabeln

**Zusammenfassung.** Dieser Artikel will einige Aspekte der Übertragung von aus einem PCM-System stammenden Signalen über bestehende Telephonkabel aufzeigen. Die Eigenschaften der Aderpaare, die Notwendigkeit der Verstärkung, Entzerrung und der Impulsregenerierung mit Leitungsverstärkern\* werden untersucht. Das Prinzip solcher Leitungsverstärker wird kurz beschrieben. Schliesslich werden einige Beispiele von Codierungsmethoden angegeben, die es gestatten, für das Leitungssignal einen konstanten Gleichstrommittelwert oder einen solchen der Grösse 0 zu erhalten.

**Résumé.** Cet exposé a pour but de relever quelques aspects de la transmission des signaux provenant d'un système PCM au moyen de câbles téléphoniques existants. On examine le comportement des paires téléphoniques et la nécessité de l'amplification, de la correction et de la régénération des impulsions au moyen de répéteurs. Le principe de tels répéteurs est décrit sommairement. Enfin, on donne quelques exemples de codage des impulsions permettant d'obtenir pour le signal une valeur moyenne constante ou nulle.

**Riassunto.** Trasmissione di segnali codificati sulle linee telefoniche. L'oggetto della presente relazione è di rilevare alcuni aspetti della trasmissione dei segnali provenienti da un sistema PCM sui cavi telefonici esistenti. Si esamina il comportamento delle coppie telefoniche e la necessità dell'amplificazione, della correzione e della rigenerazione degli impulsi per mezzo di ripetitori. Vengono in seguito dati esempi di codificazione degli impulsi che permettono d'ottenere un valore medio costante o nullo del segnale.

Dans cet exposé, on traite certains problèmes en rapport avec la transmission des signaux provenant d'un système PCM au moyen de câbles téléphoniques existants. La transmission simultanée de 24 voies de communication au moyen d'une seule paire téléphonique exige une vitesse d'information de 1 664 000 bits/s. Il est dès lors nécessaire d'envoyer sur ces câbles un signal comportant des fréquences bien supérieures à celles rencontrées dans leur utilisation normale. La *fig. 1* schématise l'ensemble d'un système de transmission PCM par câbles téléphoniques.

On examinera, dans ce qui suit, le comportement des paires téléphoniques et la nécessité de l'amplifi-

Dieser Artikel behandelt gewisse Probleme, die sich bei der Übertragung von PCM-Signalen auf bestehenden Telephonkabeln stellen. Die gleichzeitige Übertragung von 24 Sprachkanälen auf einem einzigen Aderpaar bedingt eine Übertragungsgeschwindigkeit von 1 664 000 bit/s, so dass auf den Kabeln noch Frequenzen übertragen werden müssen, die wesentlich höher liegen als jene bei herkömmlicher Anwendung. *Figur 1* zeigt schematisch ein PCM-Kabelübertragungssystem.

\* Als Leitungsverstärker (répéteur) ist die Hintereinanderschaltung eines Entzerrer-Verstärkers (amplificateur-correcteur) und eines Regenerators (régénérateur) zu verstehen.