



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

EIT

FAKULTÄT FÜR
ELEKTROTECHNIK UND
INFORMATIONSTECHNIK

Institut für Elektronik, Signalverarbeitung und Kommunikationstechnik

Laborpraktikum Grundlagen der Kommunikationstechnik

Versuch

Digitale Modulationsverfahren

KT 04

Pulscodemodulation PCM
Differenzpulscodemodulation DPCM
Deltamodulation DM

Letzte Bearbeitung durch:

am:

H. Bresch

15.04.2012

1. Versuchsziel

In der heutigen "Digitalen Welt" gewinnen die digitalen Übertragungsverfahren zunehmend an Bedeutung. Dieser Wandel wurde durch die Fortschritte auf dem Gebiet der Halbleitertechnik beschleunigt. Der zunehmende Integrationsgrad ermöglicht neue Schaltungsstrukturen, die sich in neuen Systemlösungen und verbesserten Systemeigenschaften niederschlagen.

Die Grundlage für das Verständnis dieser Technologie ist auch mit dem Verständnis des Übergangs von analogen zu digitalen Signalen verbunden.

Die Umwandlung eines analogen Signals in ein Digitalsignal erfolgt in 3 Schritten:

1. Abtastung
2. Quantisierung
3. Codierung.

Das durch die Abtastung entstandene PAM-Signal, das im Versuch NT 03 untersucht wurde, stellt dabei den ersten Schritt dar. Das PAM-Signal ist wertkontinuierlich und zeitdiskret. Durch die anschließende Quantisierung erfolgt eine Abbildung aller möglichen Signalwerte auf eine endliche Anzahl von Quantisierungsstufen.

Die Anpassung des Ausgangssignals der Quantisierungsstufe an den Übertragungskanal bezeichnet man als Codierung. Die Codierung stellt die eindeutige Zuordnung zwischen den Elementen zweier Zeichenvorräte dar.

Unterschiedliche technische Realisierungsvarianten und Betrachtungsmöglichkeiten finden sich wieder in den einzelnen Versuchsabschnitten

- Pulscodemodulation (PCM),
- Differenzpulscodemodulation (DPCM) und
- Deltamodulation (DM)

Die folgenden Komplexe bilden wesentliche Schwerpunkte bei der Versuchsvorbereitung:

- Zusammenhang von Abtastung, Quantisierung und Codierung
- Realisierung von AD- und DA-Wandlern
- Beschreibung der möglichen Fehlereinflüsse auf AD-Wandlerkennlinien
- Ursache des Quantisierungsrauschens
- Ermittlung der Kanalkapazität und der Informationsmenge
- Ermittlung des Bandbreitebedarfs des Übertragungskanals
- Datenreduktion, Redundanz
- Codierung

2. Theoretische Grundlagen

Die zur Durchführung des Versuches notwendigen theoretischen Grundlagen wurden in der Lehrveranstaltung Grundlagen der Nachrichtentechnik behandelt. Im einzelnen werden Grundbegriffe aus nachstehenden Komplexen benötigt:

- Codierungstheorie (PCM-Signale; lineare und nichtlineare Codierung)
- Signaltheorie (Fouriertransformation, Spektraldarstellung, Quantisierungsrauschen)
- Schaltungstechnik (Sample&Hold, ADU, DAU, Filter, PCM-Systemmodell)

2.1. Abtastung, Quantisierung und Quantisierungsrauschen

Für das Verständnis der Pulscodemodulation (PCM), Differenzpulscodemodulation (DPCM) und Deltamodulation (DM) sowie der dazu benötigten Schaltungsstrukturen ist die Kenntnis des Zusammenhanges von Abtastung, Quantisierung und Quantisierungsrauschen notwendig. Die Grundlagen sind im folgenden kurz zusammengefaßt.

Bei der Quantisierung von analogen Signalen entsteht durch den endlichen Wertevorrat des Quantisierers ein Quantisierungsfehler (Bild 2.1.).

Der absolute Quantisierungsfehler q bewegt sich zwischen den Grenzen $-q/2$ und $+q/2$. Wenn das Eingangssignal dynamisch aktiv ist, kann angenommen werden, daß die Quantisierungsfehler innerhalb der angegebenen Grenzen gleichverteilt sind. Die Wirkung aller Quantisierungsfehler kann dann als Quantisierungsrauschen angesehen werden, welches dem Nutzsignal überlagert ist.

Das Effektivwertquadrat der (Quantisierungs-)Rauschspannung errechnet sich zu

$$U_{\text{Qeff}}^2 = \frac{1}{12} q^2 \quad (1)$$

q Quantisierungsstufe der Spannung

Nimmt man für den ADU ein sinusförmiges Eingangssignal mit der Amplitude $\frac{1}{2}(N-1)q$ an, dann erhält man für das Effektivwertquadrat der Nutzspannung

$$U_{\text{Seff}}^2 = \frac{1}{8} (N-1)^2 q^2 \quad (2)$$

N Anzahl der Quantisierungsstufen

Aus den Gleichungen (1) und (2) läßt sich der Quantisierungsgeräuschabstand ermitteln zu

$$\frac{U_{\text{Seff}}^2}{U_{\text{Qeff}}^2} = \frac{3}{2} (N-1)^2 \approx \frac{3}{2} \cdot 2^{2s} \quad (3)$$

$$\text{SNR} / \text{dB} = 10 \lg \frac{U_{\text{Seff}}^2}{U_{\text{Qeff}}^2} = 6,02 \cdot s + 1,76 \quad (4)$$

s Wortbreite des ADU

SNR signal-to-noise-ratio

Aus Gleichung (4) erkennt man, daß der Signal-Rauschabstand mit der Wortbreite des ADU wächst. Bei dynamisch aktiven Eingangssignalen kann damit die Auflösung eines ADU eingeschätzt werden. So besitzt beispielsweise ein 16-Bit-ADU einen verfahrensbedingten Signal-Rausch-Abstand von 98 dB.

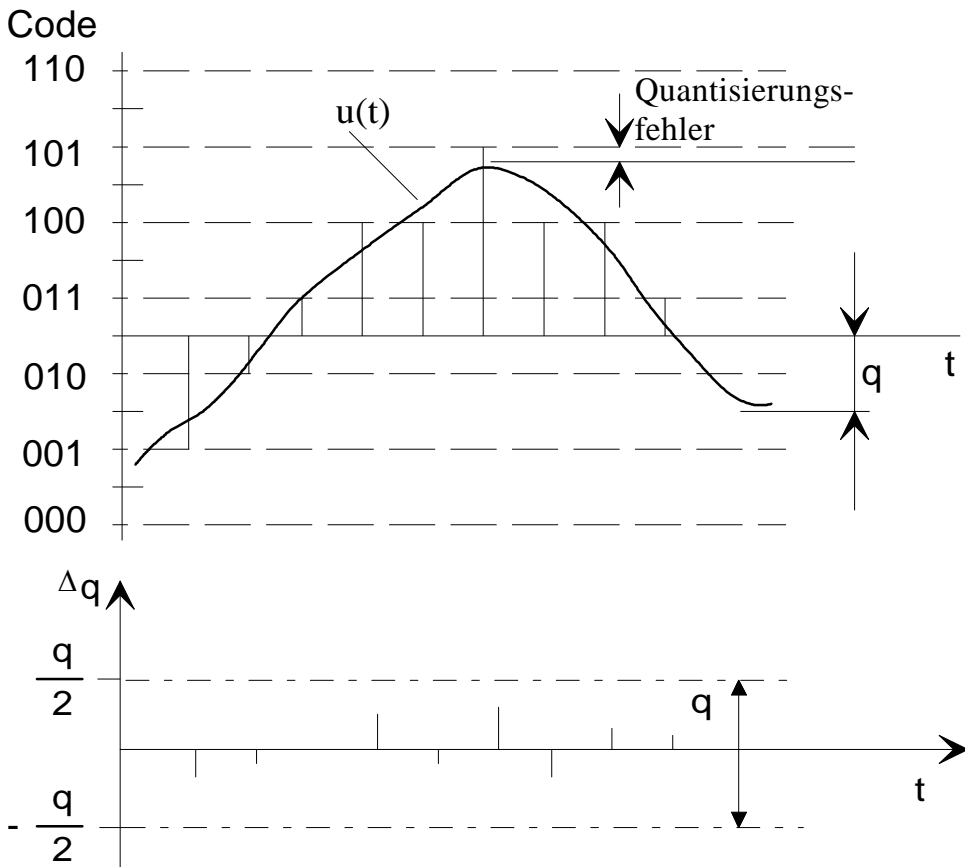


Bild 2.1: Quantisierung analoger Signale

2.2. Differenzpulsmodulation (DPCM)

Die **Differenzpulsmodulation (DPCM)** ist ein Verfahren zur optimalen Ausnutzung der Bandbreite von Übertragungskanälen. Die Quantisierung erfolgt nicht mehr für jeden PAM-Wert direkt, sondern es wird nur noch die Differenz zwischen dem aktuellen PAM-Wert und einem Vorhersagewert x , der im DPCM-Modulator gebildet wird, quantisiert. Dieser Vorhersagewert x , auch Schätzwert oder Prädiktionswert genannt, wird in einem Prädiktor aus den vorangegangenen PAM-Werten erzeugt. In ihn geht also die Signalvergangenheit ein. Damit der Prädiktor den Vorhersagewert richtig bilden kann, muß die Statistik des modulierenden Signals bekannt sein.

Die Erzeugung eines DPCM-Signals erfolgt in zwei Stufen: Zunächst wird mit Hilfe des Prädiktors ein DPAM-Signal erzeugt, und anschließend erfolgt im ADU die Bildung des DPCM-Signals. Anhand der Realisierungsvariante im Bild 2.2 soll das Prinzip der Prädiktion erläutert werden.

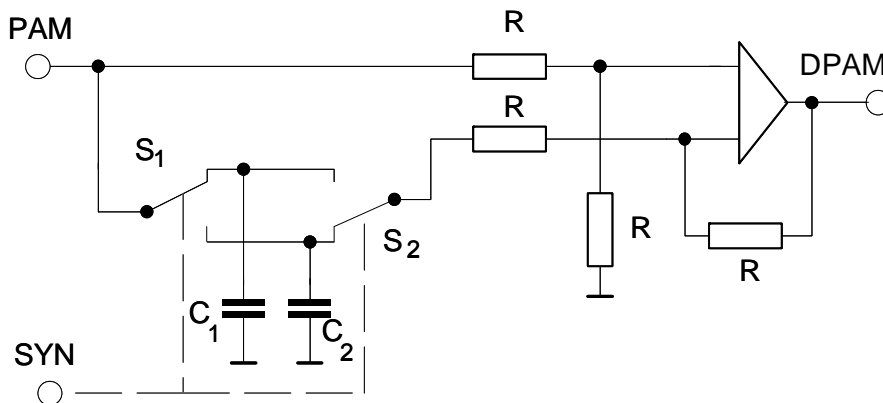


Bild 2.2: DPAM-Signalerzeugung im DPCM-Modulator

Der DPCM-Modulator besteht aus einem Differenzverstärker und einem Analogspeicher. Der Analogspeicher wird durch den elektronischen Umschalter S_1 sowie die Kondensatoren C_1 und C_2 realisiert.

Die taktgesteuerten Umschalter S_1 und S_2 arbeiten gegenläufig. Sie bilden zusammen mit den Kondensatoren C_1 und C_2 die Baugruppe "PRÄDIKTOR". Die Bildung des Vorhersagewertes ist einfach. Die im Rhythmus des Taktes auftretenden PAM-Werte werden abwechselnd durch den Umschalter S_1 in den Kondensatoren C_1 und C_2 gespeichert. Mit dem gleichen Taktsignal wird mittels des Umschalters S_2 der jeweils letzte PAM-Wert ausgelesen. Während so in der Schalterstellung nach Bild 2.2 über S_1 der aktuelle PAM-Wert in den Kondensator C_1 eingelesen wird, wird gleichzeitig der letzte PAM-Wert über S_2 aus dem Kondensator C_2 ausgelesen.

Damit kann der Differenzverstärker stets die Differenz zwischen dem aktuellen Abtastwert und dem vorausgegangenen PAM-Wert bilden. Da nur ein Wert aus der Signalvergangenheit für die Bildung des Schätzwertes herangezogen wird, heißt das Verfahren Previous Sample Prediction.

Die Funktion des DPCM-Demodulators ist entsprechend. Im Unterschied zum Modulator muß hier jedoch das DPAM-Signal zum Prädiktionswert addiert werden.

Das Bild 2.3 enthält alle Stufen der Nachrichtenverarbeitung und der Nachrichtenübertragung, die zur Realisierung eines DPCM-Systems erforderlich sind.

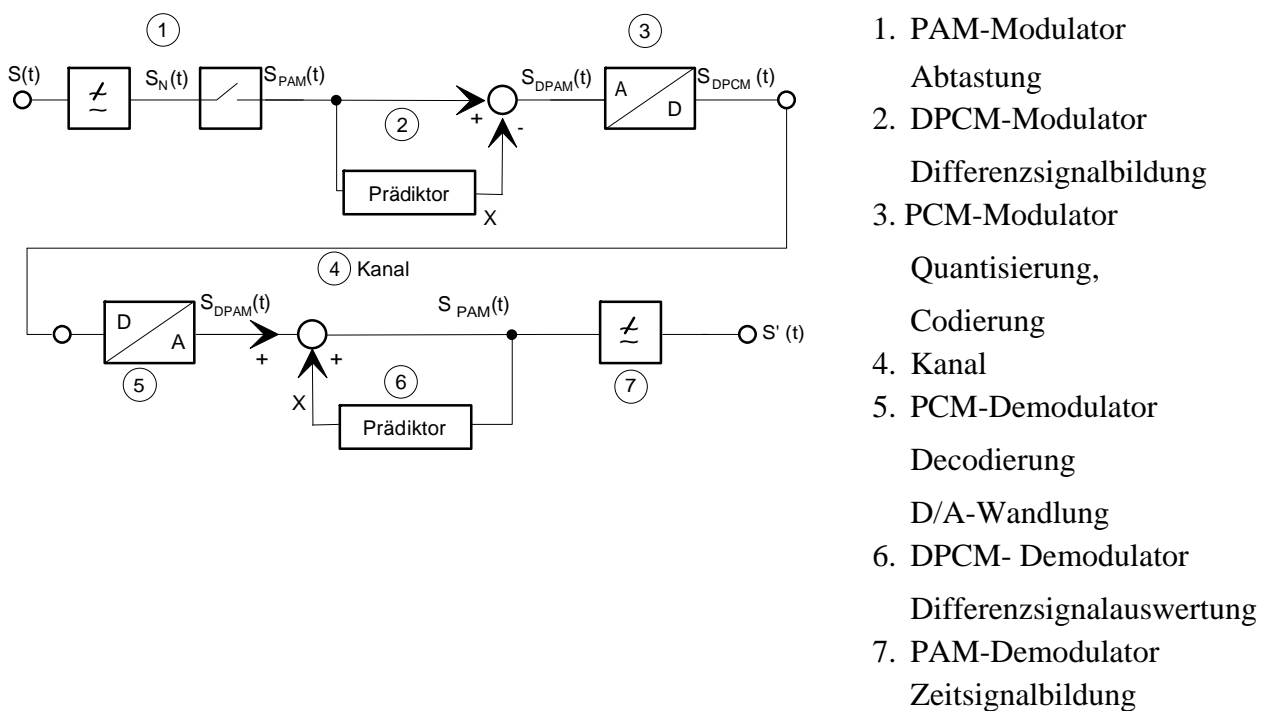


Bild 2.3: Prinzipstruktur eines DPCM-Systems

Die erreichbare Datenreduktion wird wesentlich von der Statistik des Eingangssignals und der Dimensionierung des Systems beeinflusst. Führt man den Grundgedanken der Differenzpuls-codemodulation (DPCM) weiter und läßt nur eine Quantisierungsstufe zu, so kommt man zur Deltamodulation (DM).

2.3. Deltamodulation (DM)

Die Deltamodulation ist eine schaltungstechnisch einfache Alternative zur Differenzpuls-codemodulation (DPCM). Zur Codierung wird hier nur ein Bit herangezogen. Mit einem Bit können nur 2 Zustände codiert werden. Es wird, wie bei der Differenzpuls-codemodulation (DPCM), nur die Diffe-

renz zwischen dem aktuellen Wert $s(t)$ und einem Schätzwert x codiert. Die Deltamodulation (DM) zählt deshalb ebenfalls zu den prädiktiven Modulationsverfahren.

Die Erläuterung des Verfahrens geschieht mit Hilfe des Bildes 2.4.

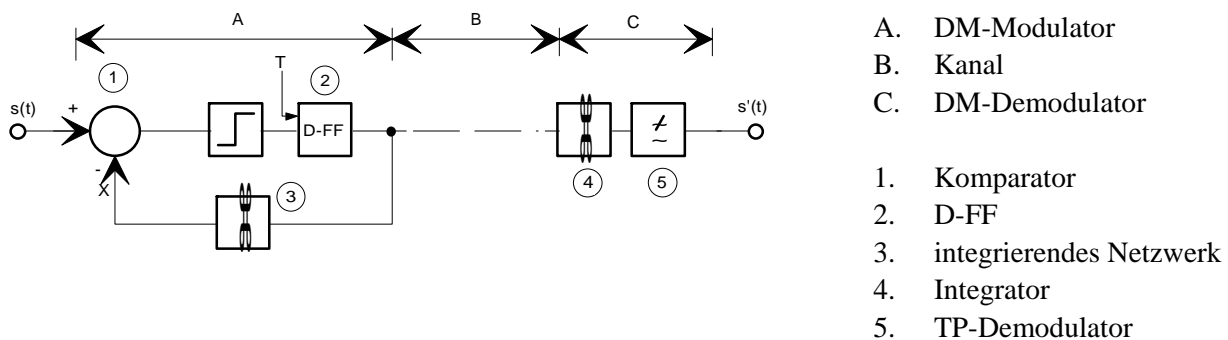


Bild 2.4: Funktionsprinzipien eines DM-Systems

An den positiven Eingang des Komparators (1) wird das Signal $s(t)$ gelegt. Dem invertierenden Eingang des Komparators (1) wird das Prädiktionssignal x (geschätztes Signal) zugeführt. Das Prädiktionssignal bildet damit eine variable Komparatorschaltswelle. Der zeitliche Zusammenhang zwischen dem Signal $s(t)$ und dem Prädiktionssignal ist im Bild 2.5 dargestellt.

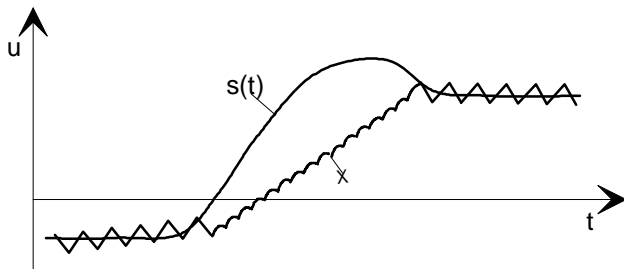


Bild 2.5: Zusammenhang zwischen $s(t)$ und dem Prädiktionssignal x

Ist $s(t) > x$, so kippt der Komparatorausgang auf logisch 1. Für $s(t) < x$ kippt der Komparator auf logisch 0. Das vom Momentanwert des modulierenden Signals $s(t)$ und vom Schätzwert x abhängige Kippen des Komparators wird in einem D-FF gespeichert. Das D-FF schiebt mit jedem Taktimpuls die Information des D-Eingangs an den Ausgang und speichert diese bis zum Eintreffen des nächsten Taktimpulses. Wie aus Bild 2.4 ersichtlich, wird das Schätzsinal x mittels eines integrierenden Netzwerkes aus dem Ausgangssignal des D-FF gebildet. Im einfachsten Fall wird dieses Netzwerk ein RC-Tiefpaß sein.

Im folgenden werden die einzelnen Schritte bei der Deltamodulation (DM) erläutert. Betrachten wir zunächst die positive Flanke eines Eingangssignals $s(t)$. Es gelte: $s(t) > x$. Daher wird der Komparatorausgang auf logisch 1 kippen. Mit dem nächsten Impuls des Taktgenerators erscheint deshalb am Ausgang des D-FF ebenfalls eine logische 1. Zur besseren Veranschaulichung soll für das D-FF gelten:

$$\text{logisch 1} = +10 \text{ V}$$

$$\text{logisch 0} = -10 \text{ V} .$$

An das integrierende Netzwerk, das hier die Prädiktionsfunktion übernimmt, wird daher ein Spannungspuls von ebenfalls $+10 \text{ V}$ gelegt. Am Ausgang des TP erscheint das Integral dieses positiven Spannungspulses. Solange das Ausgangssignal des TP kleiner bleibt als der jeweilige Momentanwert von $s(t)$, wird der Komparator stets logisch 1 am Ausgang halten. Das D-FF liefert mit jedem Clock-Impuls erneut $+10 \text{ V}$ an den Integrationstiefpass. Überschreitet x den Wert des Eingangssignals, dann wird mit dem Kippen des Komparators auf 0 das D-FF -10 V an den TP liefern. Der Vorhersagewert x wird dann verkleinert.

Bei der hier beschriebenen linearen Deltamodulation (DM) wird das Prädiktionssignal immer mit der gleichen Stufenhöhe aufgebaut, d.h. es werden immer +/-10 V Pulse verarbeitet. Dies führt u. U. zu einem charakteristischen Fehler der Deltamodulation (DM), den man Steigungsüberlastung (Slope Overload) nennt. Der Fehler entsteht, weil das Prädiktionssignal nur mit endlicher Flankensteilheit aufgebaut werden kann. Sobald das Eingangssignal $s(t)$ mit der Signalfrequenz f_s eine bestimmte Signalamplitude überschreitet, kann der Prädiktor nie ein Signal erzeugen, für das $x > s(t)$ gilt. Das vorhergesagte Signal "läuft" dann stets dem Eingangssignal nach.

Der Steigungsüberlastungsfehler bei der DM kann mit nichtlinearen oder adaptiven Verfahren verringert werden. Man verwendet dann veränderliche, dem Eingangssignal angepaßte Stufen bei der Erzeugung des Prädiktionssignals. Ein weiterer, typischer Fehler bei der Deltamodulation heißt Granular Noise (Schrotrauschen). Nehmen wir an, das Eingangssignal sei eine Gleichspannung. Das Prädiktionssignal muß dann stets um den Gleichspannungswert pendeln, d.h. es entsteht prinzipiell eine Welligkeit.

Durch die Verwendung der Deltamodulation kann die Nachrichtenmenge jedoch nicht verändert werden. Mit der Einführung der Begriffe Nachrichtenmenge M und Nachrichtenfluß C wurde die Information meßbar. Vergleichen wir die Deltamodulation mit einer 8 Bit-Pulsmodulation, so gilt:

$$M_{DM} = f_{DM} T \lg 2$$

$$M_{PCM} = f_{PCM} T \lg 256 .$$

Darin bedeuten: f_{DM} : Abtastfrequenz bei DM,

f_{PCM} : Abtastfrequenz bei PCM

T : Übertragungszeit

Da die Nachrichtenmenge eines Signals unabhängig von der Darstellung ist, gilt:

$$M_{DM} = M_{PCM}$$

$$f_{DM} \lg 2 = f_{PCM} \lg 256$$

$$f_{DM} = 8 f_{PCM} .$$

Die Deltamodulation benötigt also eine erheblich höhere Abtastrate als die Pulsmodulation, wenn Signale in gleicher Qualität übertragen werden sollen.

Demodulation von DM-Signalen

Das getaktete Ausgangssignal des D-FF stellt eine binäre Zufallsfolge dar. Die Demodulation der DM-Signale geschieht meistens nach der Doppelintegratormethode. Das Verfahren benutzt 2 in Reihe geschaltete Tiefpässe. Am Ausgang des 1. TP erscheint wieder das Vorhersagesignal x . Das Vorhersagesignal entspricht bis auf den Prädiktionsfehler dem ursprünglichen Signal $s(t)$. Der 2. TP dient dem Ausfiltern der Restwelligkeit.

Einsatz der Deltamodulation

Die Deltamodulation ist wegen der einfachen Codiermethode für die Nachrichtenübertragung bei relativ niedrigen Bitraten interessant. In der Fernsprechtechnik wird Information im sogenannten Duplex-Verkehr ausgetauscht. Das bedeutet, daß jeder Teilnehmer sowohl sprechen (senden) als auch hören (empfangen) kann. Will man die Fernsprechtechnik digitalisieren, dann benötigt jeder Teilnehmer deshalb sowohl einen Codierer als auch einen Decodierer. Die für den Duplexverkehr

bei digitaler Übertragung notwendige Kombination von Codierer und Decodierer zu einer Einheit wird Codec genannt. Wegen ihrer einfachen Hardwarerealisierung ist die Deltamodulation für den Entwurf von Codec-Einrichtungen gerade in der Fernsprechtechnik interessant. Es ist mit ihr leicht möglich, die Sprachsignale direkt bei jedem Teilnehmer zu digitalisieren. Wegen der hohen Abtastrate werden keine steilflankigen Filter zur Bandbegrenzung benötigt. Aliasing tritt praktisch nicht auf. Eine weitere Eigenschaft der Deltamodulation ist ihre geringe Störanfälligkeit. Es werden nur gleichwertige Bits erzeugt. Im Vergleich dazu besitzen die Bits eines Wortes bei Pulsmodulation alle unterschiedliche Wertigkeiten (MSB bis LSB). Nachteilig bei der Deltamodulation ist der begrenzte Dynamikbereich.

3. Literatur

- /1/ Herter, E.; Lörcher, W.: Nachrichtentechnik: Übertragung, Vermittlung und Verarbeitung. Carl Hanser Verlag München Wien, 1992
- /2/ Steinbuch, K.; Rupprecht, W.: Nachrichtentechnik. 3. Aufl.-Band 2: Nachrichtenübertragung. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1988
- /3/ Seifart, M.: Analoge Schaltungen. Hüthig Verlag Heidelberg, 1990

4. Versuchsaufbau

Durch Variation der Komponenten der Baugruppen können Übertragungsstrecken für Systeme mit Pulsmodulation (PCM), Differenzpulsmodulation (DPCM) und Deltamodulation (DM) realisiert werden. Für den Aufbau der einzelnen Systeme werden die folgenden Baugruppen in der genannten Reihenfolge im Steckrahmen montiert.

Pulsmodulation (PCM)

PCM-System:	PAM-Modulator	736 06
	PCM-Modulator	736 10
	PCM-Demodulator	736 11
	PAM-Demodulator	736 07

- Differenzpulsmodulation (DPCM)

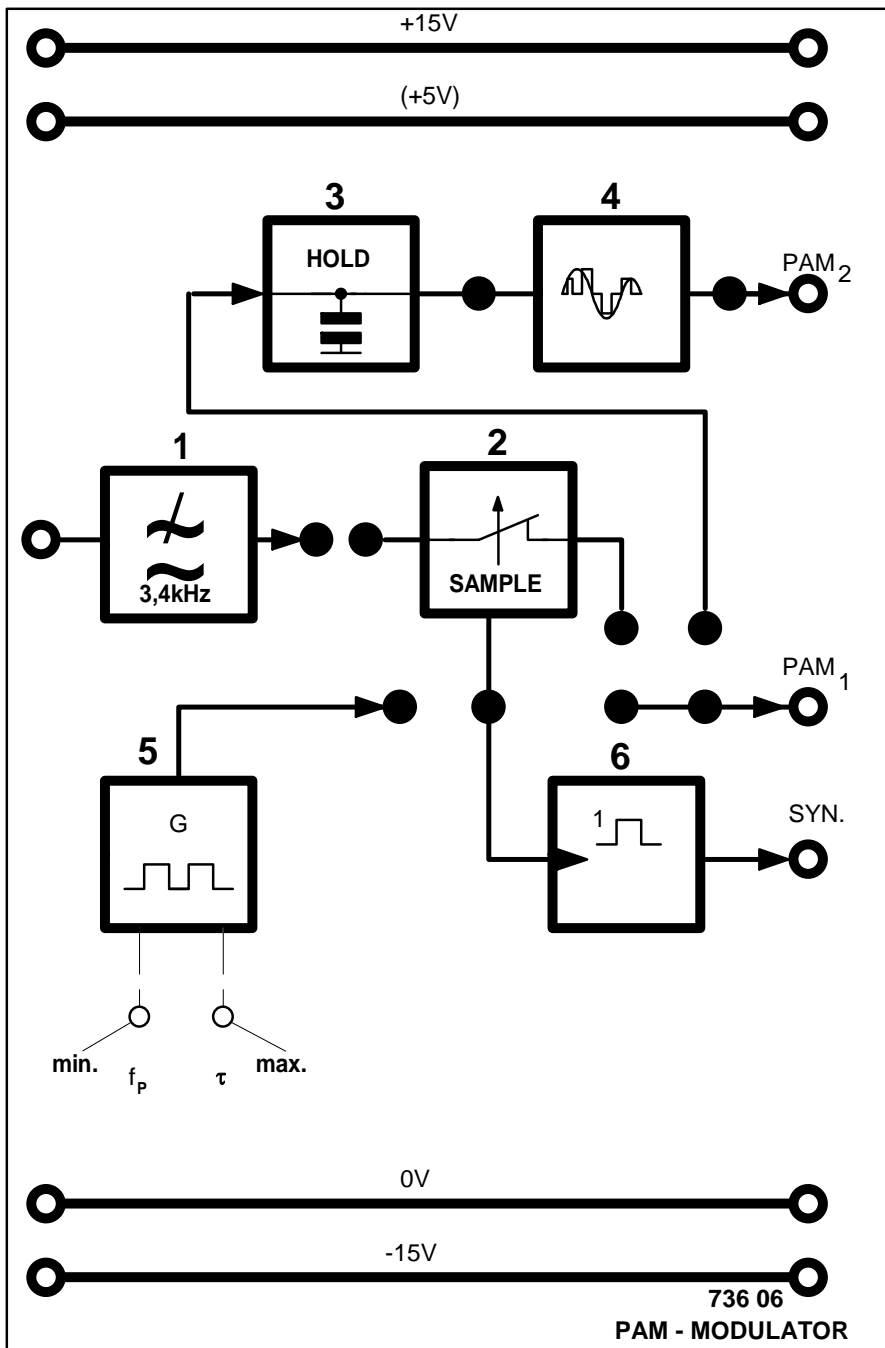
DPCM-System:	PAM-Modulator	736 06
	DPCM-Modulator	736 14
	PCM-Modulator	736 10
	PCM-Demodulator	736 11
	DPCM-Demodulator	736 15
	PAM-Demodulator	736 07

- Deltamodulation (DM)

DM-System:	Delta-Modulator	736 04
	Delta-Demodulator	736 05

Daneben stehen eine Signalquelle, ein Frequenzzähler und ein Oszillograph zur Verfügung. Der Oszillograph ist über die RS 232 mit einem PC verbunden. Mittels eines Programms können aus den Darstellungen im Zeitbereich die entsprechenden Spektren ermittelt werden.

Zur Vorbereitung der Versuchsaufgaben sind entsprechende Versuchsanordnungen unter Angabe der Signalwege zu realisieren. Die Blockschaltbilder der Module sind in den Bildern 4.1 bis 4.8 dargestellt und werden im folgenden unter Angabe der Parameter charakterisiert.



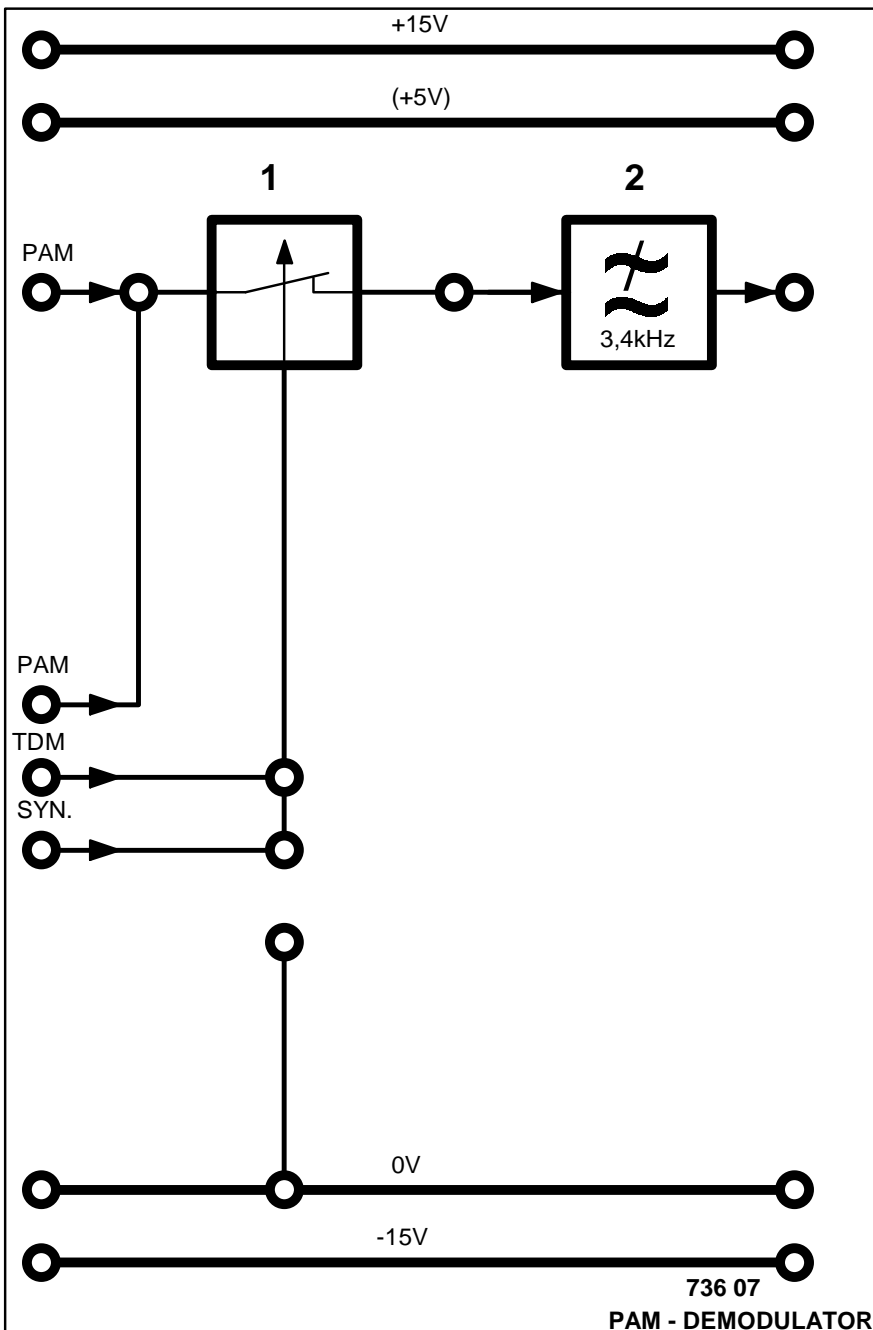
Eingangssignal:
NF-Signal (0-10 V_{SS})

Ausgangssignale:
PAM-Signal mit und ohne Hold-Funktion
Synchronsignal

Funktionen:
Erzeugung eines PAM-Signals
Erzeugung eines PAM-Signals unter Einbeziehung einer Sample&Hold-Schaltung
Bereitstellung der Abtastimpulsfolge durch den Pulsfrequenzgenerator 5

Komponenten:
1. Eingangstiefpaß (f_g = 3,4 kHz)
2. elektronischer Schalter
3. Halteschaltung
4. Verstärker
5. Pulsgenerator (2 kHz < f_p < 12 kHz, 0,15 < k < 0,5)
6. Impulsformer

Bild 4.1: PAM-Modulator



Eingangssignale:

PAM-Signal

TDM-Signal

Synchronsignal

Ausgangssignal:

demoduliertes PAM-Signal

Funktionen:

Demodulation des PAM-Signals mittels Tiefpaßfilter

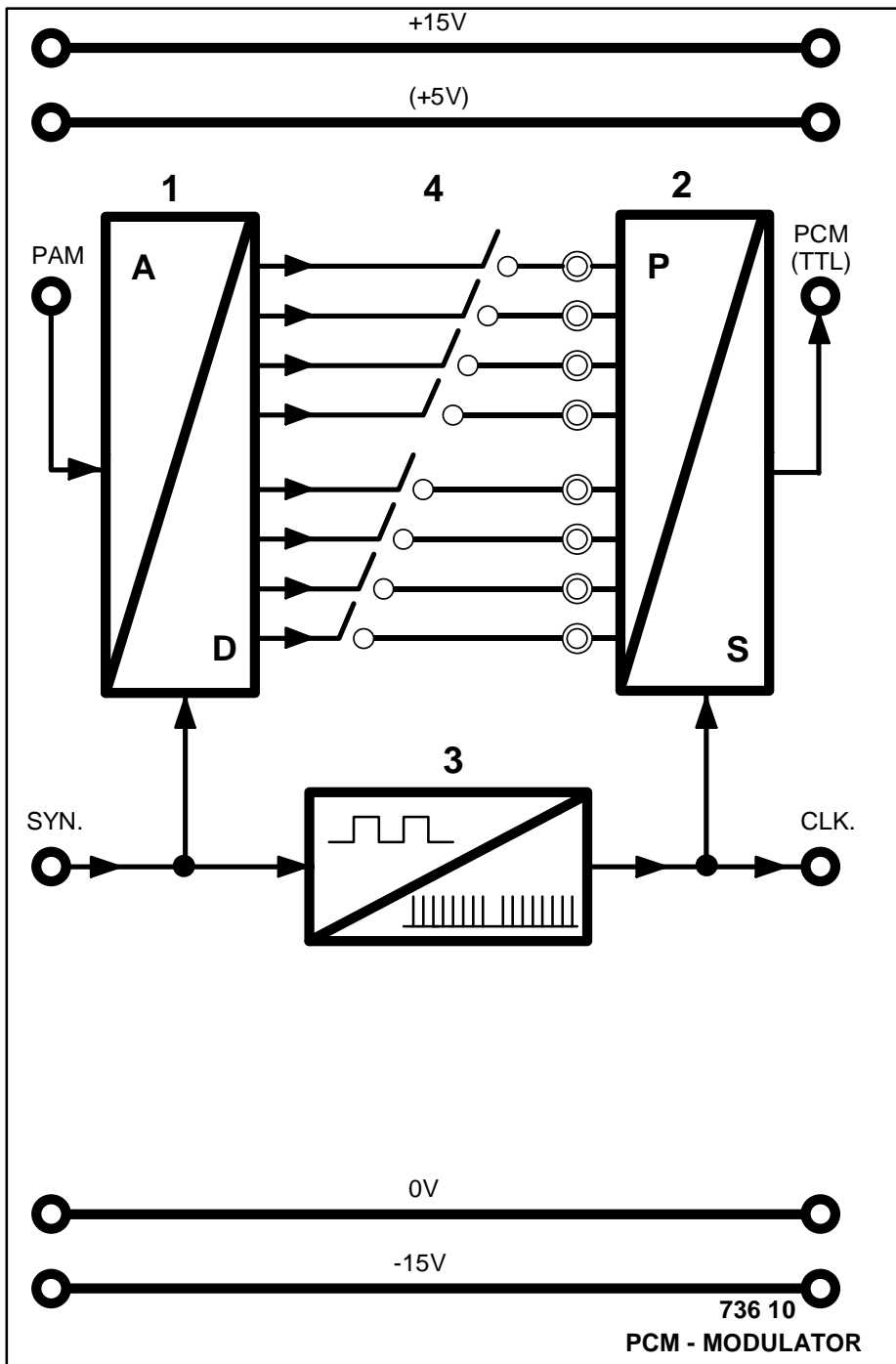
Aufbau eines TDM-Systems durch entsprechende Ansteuerung des Meßstellenumschalters

Komponenten:

1. Elektronischer Meßstellenumschalter

2. Demodulatortieffaß
($f_g = 3,4 \text{ kHz}$)

Bild 4.2: PAM-Demodulator



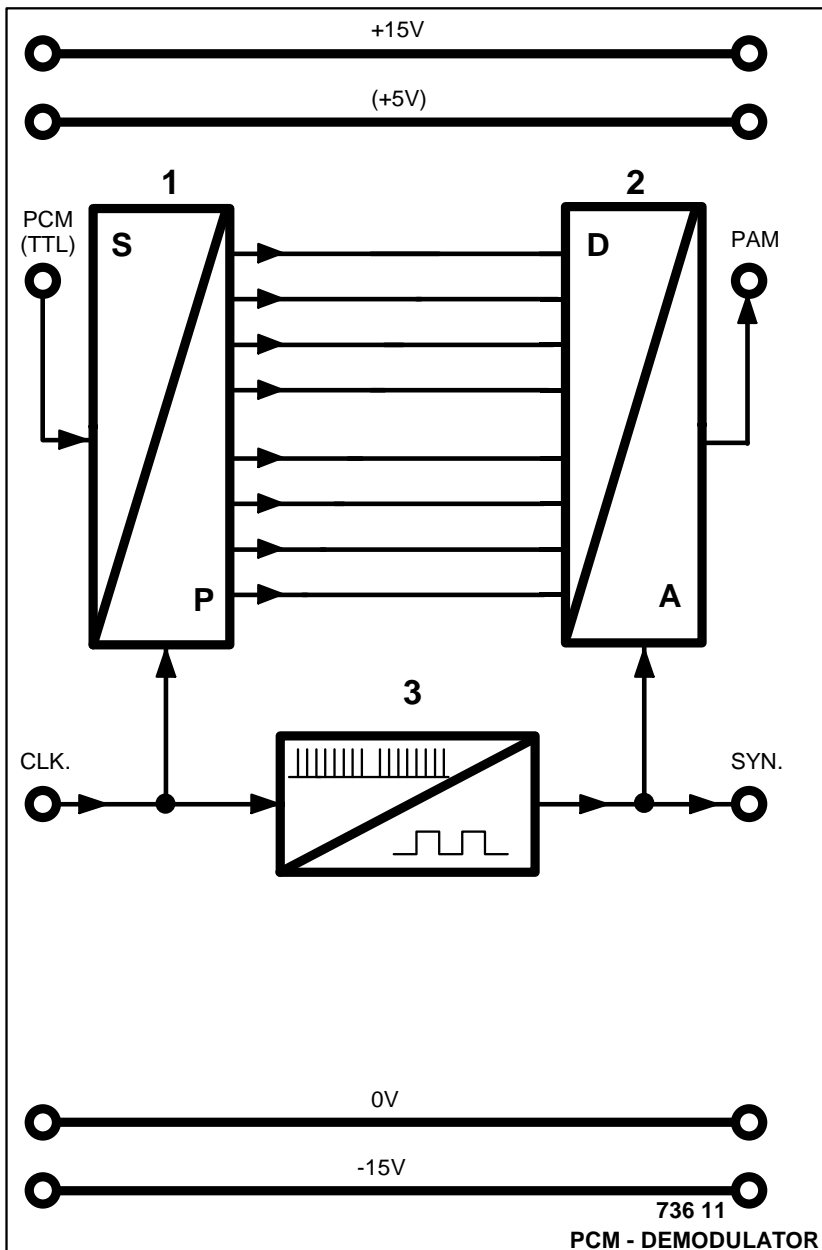
Eingangssignale:
 PAM-Signal
 Synchronsignal

Ausgangssignale:
 PCM-Signal (bitseriell)
 Taktsignal

Funktion:
 PCM-Sender (bitseriell)

- Komponenten:
1. Analog-Digital-Umsetzer (8 bit); Umsetzzeit: 10 s
 2. Parallel-Seriell-Umsetzer
 3. Taktsignalaufbereitung
 4. Schalter

Bild 4.3: PCM-Modulator 73610



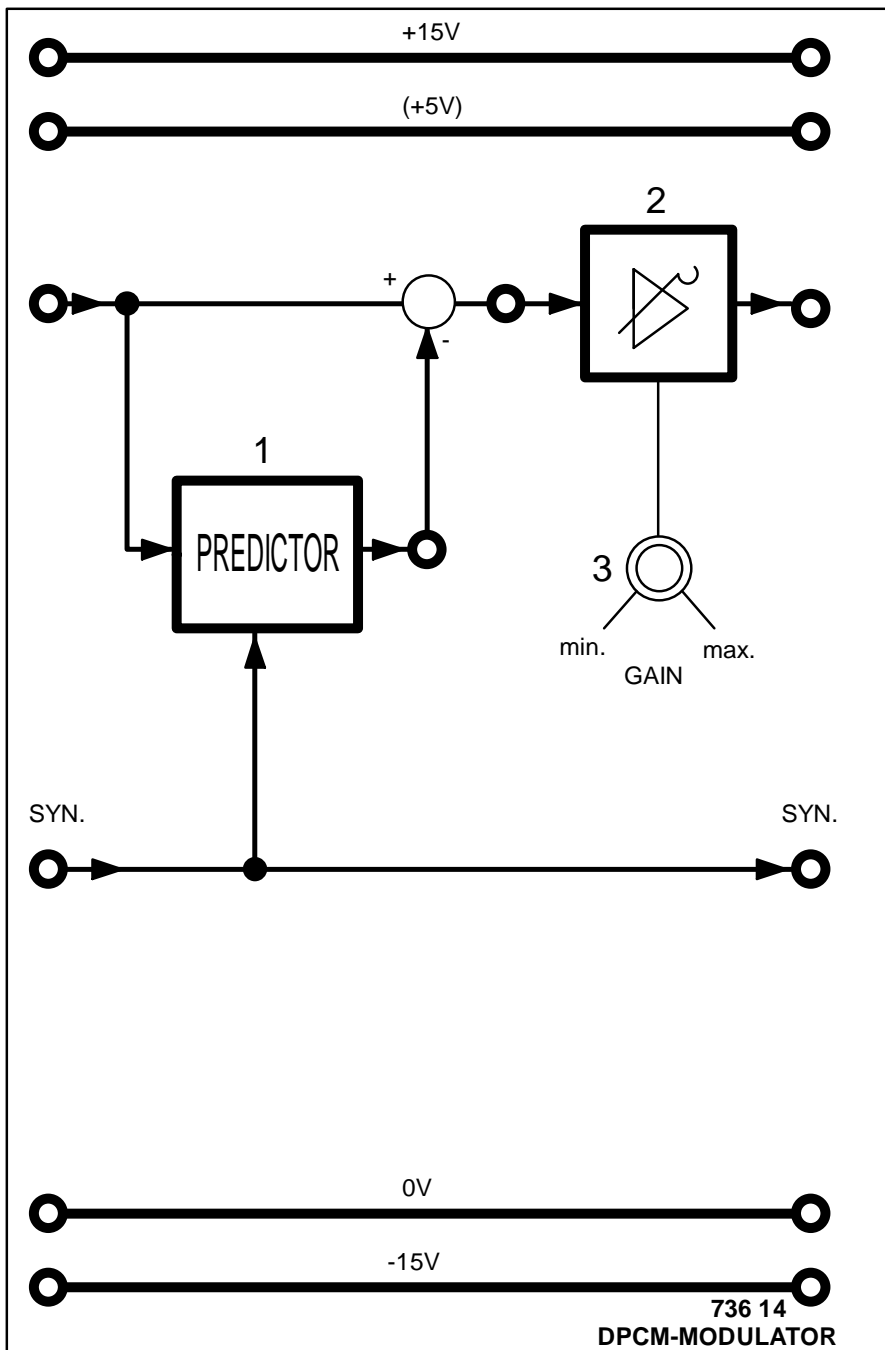
Eingangssignale:
 PCM-Signal (bitseriell)
 Taktsignal

Ausgangssignale:
 PAM-Signal
 Synchronsignal

Funktion:
 PCM-Empfänger zur
 Erzeugung des PAM-
 Ausgangssignals

- Komponenten:
1. Seriell-Parallel-Umsetzer
 2. Digital-Analog-Umsetzer (8 bit); Umsetzzeit: 10 s
 3. Synchronsignalaufbereitung

Bild 4.4: PCM-Demodulator 73611



Eingangssignal:

PAM-Signal

Ausgangssignal:

DPAM-Signal

Funktion:

DPAM-Differenzsignal-
bildung

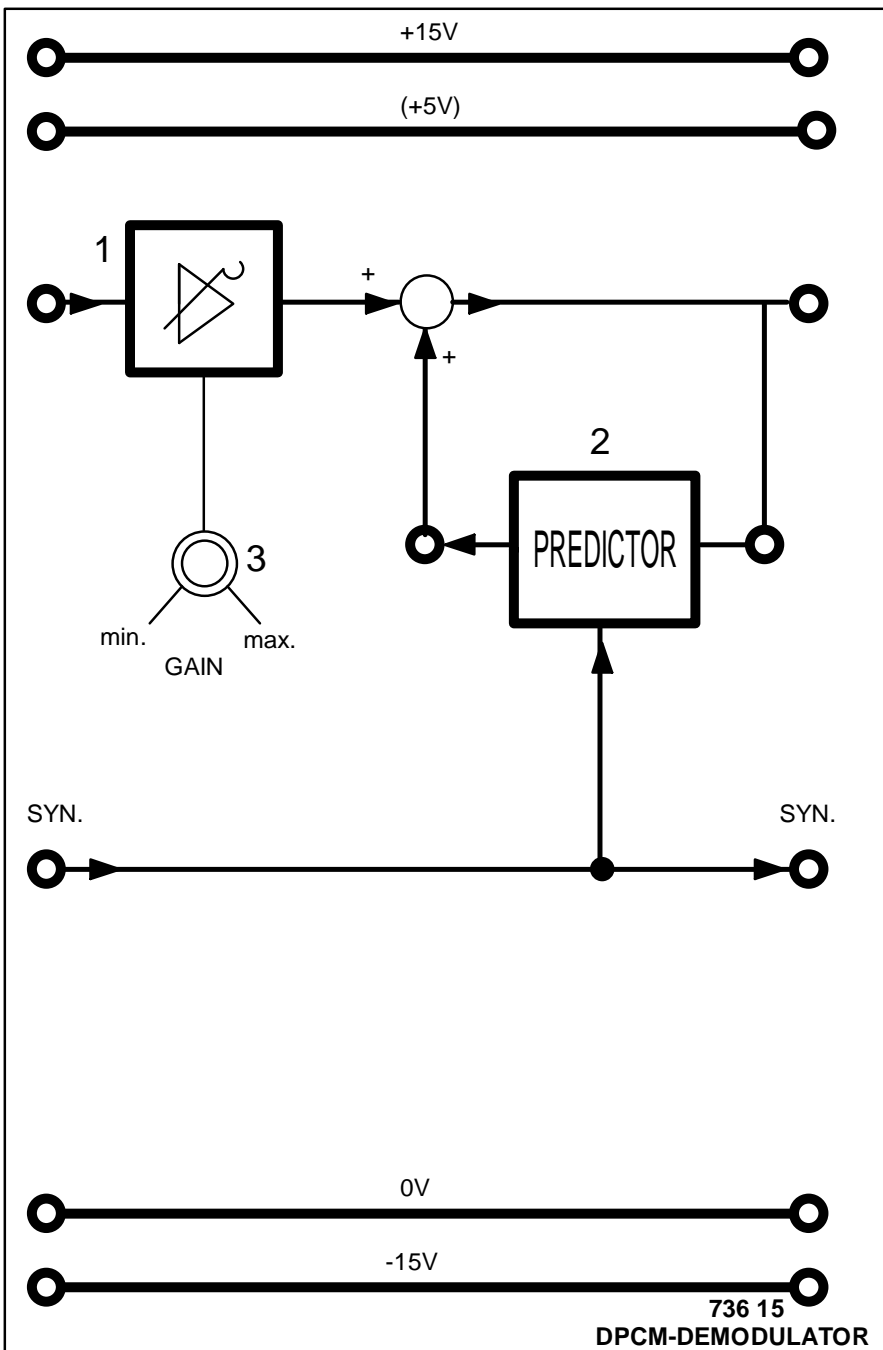
Komponenten:

1. Predictor

2. Differenzverstärker

3. Potentiometer

Bild 4.5: DPCM - Modulator 736 14



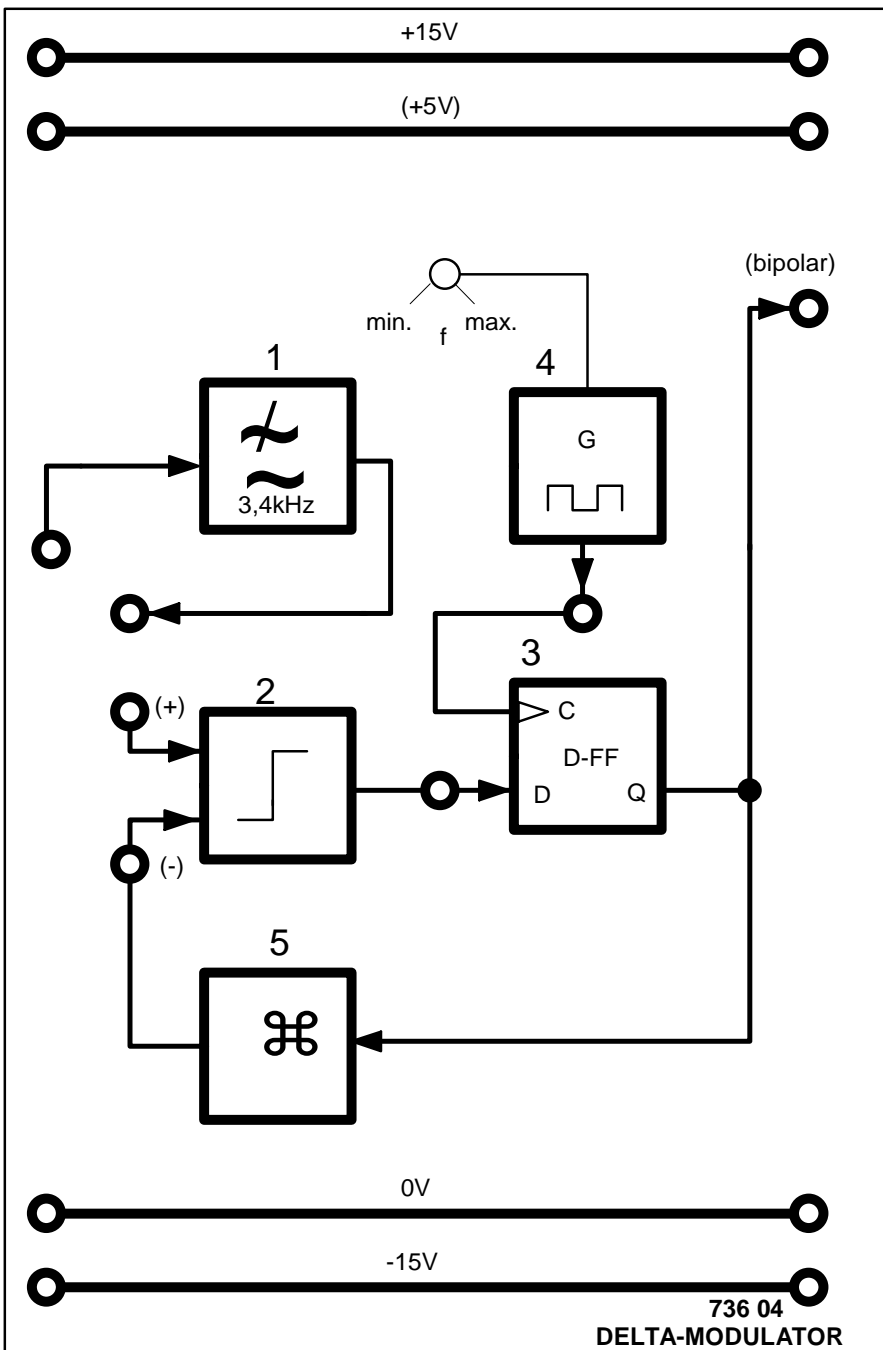
Eingangssignal:
DPAM-Signal

Ausgangssignal:
PAM-Signal

Funktion:
DPAM-Differenzsignal-
auswertung

Komponenten:
1. Differenzverstärker
2. Predictor
3. Potentiometer

Bild 4.6: DPCM - Demodulator 736 15



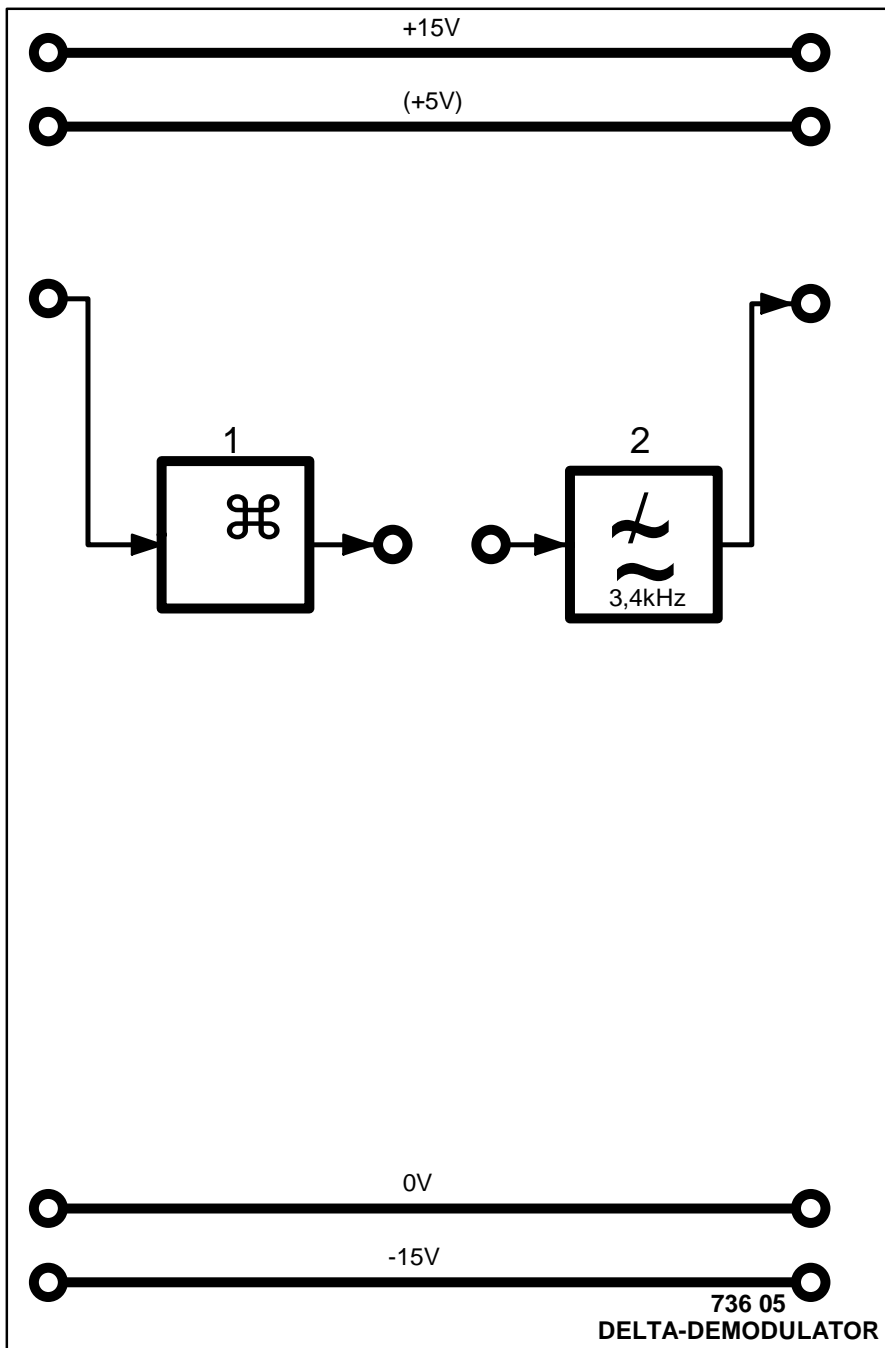
Eingangssignal:
Analogsignal

Ausgangssignal:
DM-Signal

Funktion:
Deltamodulator

Komponenten:
1. Eingangstiefpaßfilter
2. Komparator
3. D-Flip-Flop
4. Taktgenerator
5. Integrator

Bild 4.7: DELTA-Modulator 736 04



Eingangssignal:
DM-Signal

Ausgangssignal:
Analogsignal

Funktion:
Delta-Demodulator

Komponenten:
1. Integrator (Tiefpaßfilter)
2. Tiefpaßfilter

Bild 4.8: DELTA-Demodulator 736 05

5. Vorbereitungsaufgaben

1. Welche Schritte sind bei der Digitalisierung analoger Signale notwendig?
2. Machen Sie sich mit dem Systemaufbau eines PCM-Systems vertraut.
3. Nennen Sie geeignete Kenngrößen zur Beschreibung der Systemkomponenten von PCM-Systemen.
4. Was versteht man unter Basisbandübertragung?
5. Erläutern Sie verschiedene Beispiele für die binäre Signalzuordnung bei der Basisbandübertragung.
6. Bestimmen Sie die notwendige Übertragungsbandbreite bei der Übertragung von PCM-Signalen.
7. Erläutern Sie die Ursache des Quantisierungsrauschens.
8. Unter welchen Voraussetzungen wird ein DPCM-System eingesetzt?
9. Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Schaltungsstruktur der Komponenten zum Aufbau eines DPCM-Systems.
10. Erläutern Sie das Grundprinzip der Deltamodulation anhand der Spannungszeitverläufe der Ein- und Ausgangssignale. Leiten Sie aus der Funktionsweise ein geeignetes Blockschaltbild ab.
11. Was versteht man unter dem Prädiktor-Korrektur-Prinzip?
12. Stellen Sie im Nachrichtenquader eine beliebige, konstante Nachrichtenmenge M für ein 8 bit-PCM-System und für ein 1 Bit-DM-System dar. Kennzeichnen Sie an den Kanten des Quaders die Abtastfrequenz f_p , die Dynamik $n = \lg N$ und die Übertragungsdauer T .

6. Versuchsdurchführung

6.1. Pulscodemodulation (PCM)

Bauen Sie das PCM-System auf.

1. Überprüfen Sie die Linearität des PCM-Systems. Was heißt lineare Quantisierung und welche Alternativen kennen Sie?
2. Skizzieren Sie die Bitmuster am Ausgang des PCM-Modulators in einem Diagramm entsprechend der Aufgabenstellung 1. Was bedeutet mehrvalente PCM?
3. Bestimmen Sie die Größe der Amplitudenintervalle in mV und berechnen Sie den Quantisierungsfehler.
4. Bestimmen Sie den absoluten und relativen Fehler sowie die obere und untere Grenzfrequenz des Systems.

6.2. Differenzpulscodemodulation (DPCM)

Bauen Sie das DPCM-System mit folgenden Komponenten auf:

PAM-Modulator 73606, PCM-Modulator 73610, DPCM-Modulator 73614, DPCM-Demodulator 73615, PCM-Demodulator 73611 und PAM-Demodulator 73607.

Wählen Sie am Funktionsgenerator die Dreieckssignalfunktion, stellen Sie folgende Parameter ein::

Signalfrequenz $f_s = 500$ Hz und Signalspannung $V_{SS} = 10$ V.

Passen Sie das DPCM-Signal an den Dynamikbereich des AD-Wandlers im PCM-Modulator an. Stellen Sie die Verstärkung des DPCM-Demodulators so ein, daß das Ausgangssignal des PAM-Demodulators die gleiche Amplitude besitzt, wie das Eingangssignal.

1. Stellen Sie die ausgangsseitigen Signalverläufe des Eingangsfilters $s_1(t)$, des Samplers $s_2(t)$, der Hold-Stufe $s_3(t)$ und des DPCM-Modulators $s_4(t)$ dar. Nehmen Sie eine Klassifizierung der Signale vor. Erläutern Sie anhand der aufgenommenen Signalverläufe das Prinzip der Differenzpulsmodulation (DPCM). Warum muß das Eingangssignal des DPCM-Modulators hinter der Hold-Stufe abgegriffen werden?
2. Bestimmen Sie die Bitratenreduktion und den Informationsfluß.
3. Bestimmen Sie den absoluten und relativen Fehler sowie die obere und untere Grenzfrequenz des Systems.

6.3. Deltamodulation (DM)

Bauen Sie das DM-System auf. Stellen Sie die Clockfrequenz des D-FF auf 50 kHz ein. Verbinden Sie das Eingangsfilter des Deltamodulators mit dem Funktionsgenerator, und stellen Sie die folgenden Signalparameter ein: Signalform: \sim und $f_s = 600$ Hz. Wählen Sie die Amplitude des Signals so, daß es zu keiner Übersteuerung des Systems kommt (ca. 2 V).

Schalten Sie den Funktionsgenerator auf Rechtecksignale um.

1. Nehmen Sie folgende Signalverläufe auf:

Eingangssignal vor dem Eingangsfilter

Ausgangssignal

Prädiktionssignal x am negativen Eingang des Komparators

Ausgangssignal des DM-Modulators

Ausgangssignal des DM-Demodulators.

Erläutern Sie anhand der Signalverläufe das Prinzip der Deltamodulation (DM). Ermitteln Sie den Informationsfluß.

2. Verwenden Sie ein harmonisches Eingangssignal, und wiederholen Sie die Messung entsprechend Punkt 1. Erläutern Sie die unterschiedlichen Ergebnisse. Wie groß ist der Informationsfluß?
3. Stellen Sie die Clockfrequenz des D-FF auf 300 kHz ein. Ermitteln Sie die Signalverläufe des Prädiktionssignal x und des Deltamodulatorausgangssignals. Kommentieren Sie die Ergebnisse. Bestimmen Sie den Informationsfluß.