



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

EIT

FAKULTÄT FÜR
ELEKTROTECHNIK UND
INFORMATIONSTECHNIK

Institut für Elektronik, Signalverarbeitung und Kommunikationstechnik

Laborpraktikum

Grundlagen der Kommunikationstechnik

Versuch

Analoge Pulsmodulationsverfahren

KT 03

Pulsamplitudenmodulation PAM

Pulsdauermodulation PDM

Pulsphasenmodulation PPM

Letze Bearbeitung durch:

am:

H.Bresch

15.4.2012

1. Versuchsziel

Neben der Basisbandübertragung und den analogen Modulationsverfahren gewinnen die digitalen Übertragungsverfahren zunehmend an Bedeutung. Die Umwandlung eines analogen Signals in ein Digitalsignal erfolgt in 3 Schritten:

1. Abtastung
2. Quantisierung
3. Codierung.

Die Erzeugung des PAM-Signals stellt dabei den ersten Schritt dar. Durch einen elektronischen Schalter, der von der Rechteckimpulsfolge $u_p(t)$ angesteuert wird, wird das anliegende Eingangssignal $u_E(t)$ in eine periodische Folge von Impulsen der Breite t_i "zerhackt". Dieser Vorgang wird Zeitdiskretisierung genannt, weil das PAM-Signal nur noch zu bestimmten Zeiten auftritt. In der Pulspause ist das PAM-Signal 0. Somit handelt es sich bei dem PAM-Signal um ein zeitdiskretes und wertkontinuierliches Signal.

Während bei der Pulsamplitudenmodulation (PAM) die Amplitude des Impulses zur Informationsübertragung genutzt wird, dienen bei der Pulsdauermodulation (PDM) die Impulsdauer und bei der Pulsphasenmodulation (PPM) die Phasenlage des Impulses als Informationsparameter. Der Gewinn an Störsicherheit, den diese beiden Verfahren gegenüber der Pulsamplitudenmodulation besitzen, wird durch den Einsatz zusätzlicher Baugruppen, deren Funktion in Praktikumsversuch analysiert wird, erzielt. Bezüglich des Abtasttheorems und der Eignung der Verfahren zum Aufbau von Zeitmultiplexsystemen gelten die gleichen Voraussetzungen.

Die folgenden Komplexe bilden wesentliche Schwerpunkte bei der Versuchsvorbereitung:

Pulsamplitudenmodulation (PAM)

- Bedeutung des Abtasttheorems bei der Dimensionierung eines PAM-Systems
- Realisierung von PAM-Modulatoren und -Demodulatoren
- Aufbau und Dimensionierung eines PAM-Systems
- Aufbau verschiedener PAM-Spektren und deren praktische Ermittlung
- Ermittlung des Bandbreitebedarfs

Pulszeitmodulation (PTM)

- Realisierung und Kenngrößen von PDM-Modulatoren und -Demodulatoren
- Realisierung und Kenngrößen von PPM-Modulatoren und -Demodulatoren
- Störsicherheit von PTM-Übertragungsstrecken
- Ermittlung des Bandbreitebedarfs

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:

- Signaltheorie (Fourieranalyse, Spektraldarstellung)
- Schaltungstechnik (elektronische Schalter, Sample&Hold, Filter)
- Leitungstheorie (Ersatzschaltbilder, Kenngrößen von Leitungen)

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 zur Verfügung stehenden Baugruppen können Übertragungsstrecken für PAM-, PDM- und PPM-Systeme realisiert werden. Für den Aufbau der einzelnen Systeme werden die folgenden Baugruppen in der genannten Reihenfolge im Steckrahmen montiert.

- PAM-System: PAM-Modulator 736 06
PAM-Demodulator 736 07
- PDM-System: PAM-Modulator 736 06
PPM-Modulator 736 08
PAM-Demodulator 736 07
- PPM-System: PAM-Modulator 736 06
PPM-Modulator 736 08
PPM-Demodulator 736 09
PAM-Demodulator 736 07

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 Bild 4.4 dargestellt und werden im folgenden unter Angabe der Parameter charakterisiert.

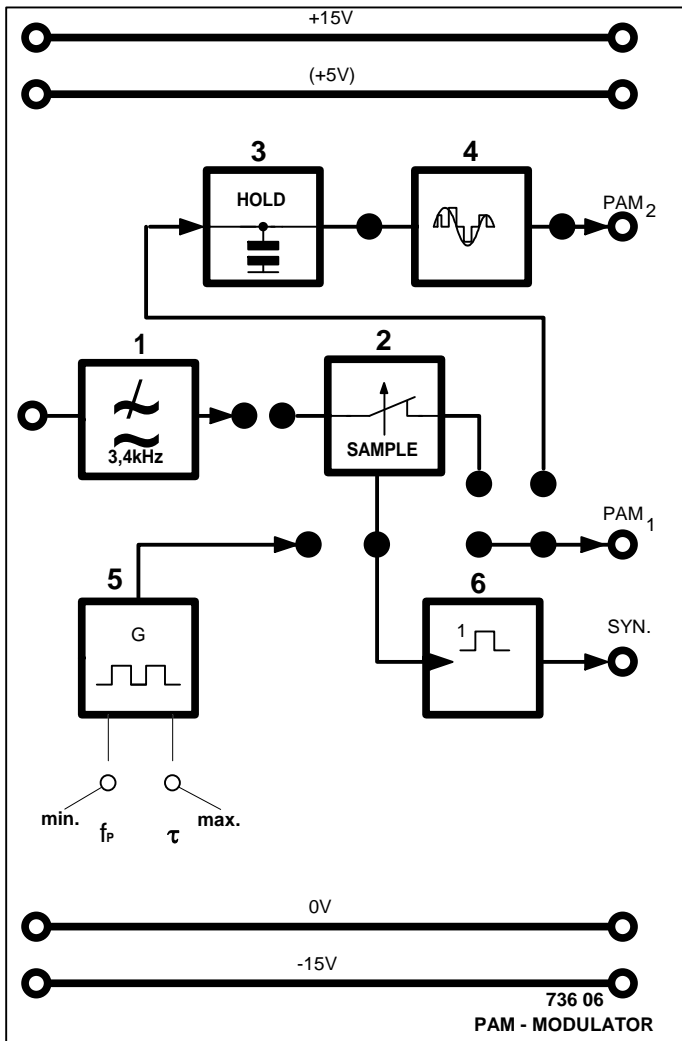


Bild 4.1: PAM-Modulator

Eingangssignal:

- NF-Signal ($0-10 V_{SS}$)

Ausgangssignale:

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

Funktion:

- Erzeugung eines PAM-Signals
- Erzeugung eines PAM-Signals unter Einbeziehung einer Sample&Hold-Schaltung
- Bereitstellung der Abtastimpuls-folge durch den Pulsgenerator 5

Komponenten:

1. Eingangstiefpaß ($f_g = 3,4 \text{ kHz}$)
2. elektronischer Schalter
3. Halteschaltung
4. Verstärker
5. Pulsgenerator
 $2 \text{ kHz} < f_p < 12 \text{ kHz}$, $0,15 < k < 0,5$
6. Impulsformer

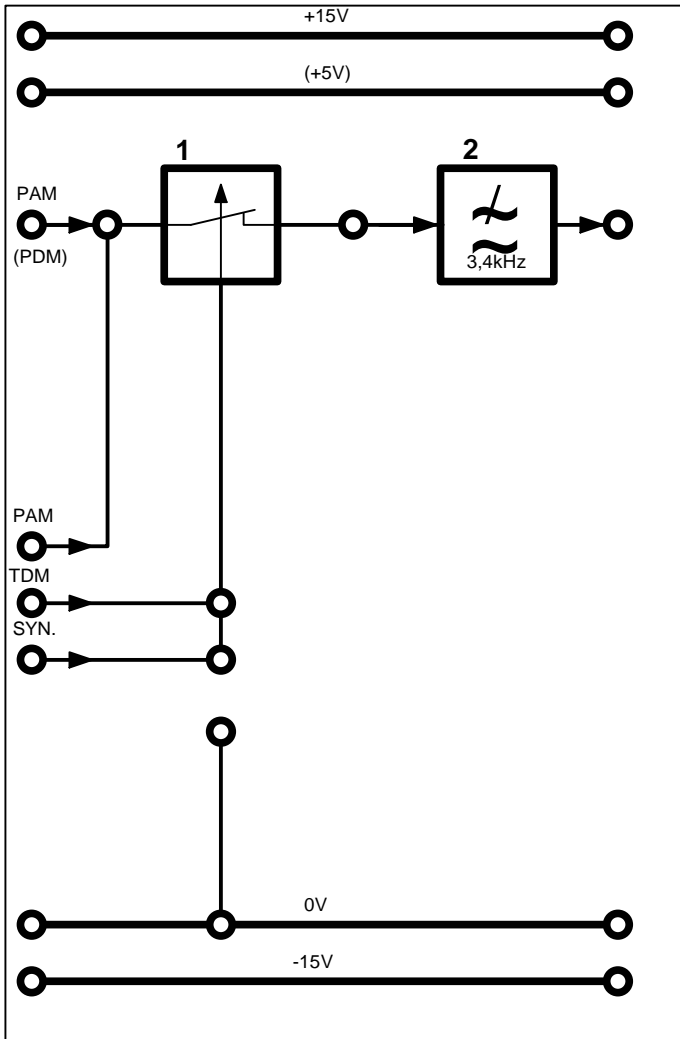


Bild 4.2: PAM-/PDM-Demodulator

Eingangssignale:

- PAM-Signal
- PDM-Signal
- TDM-Signal (für Zeitmultiplexsysteme)
- Synchronsignal

Ausgangssignale:

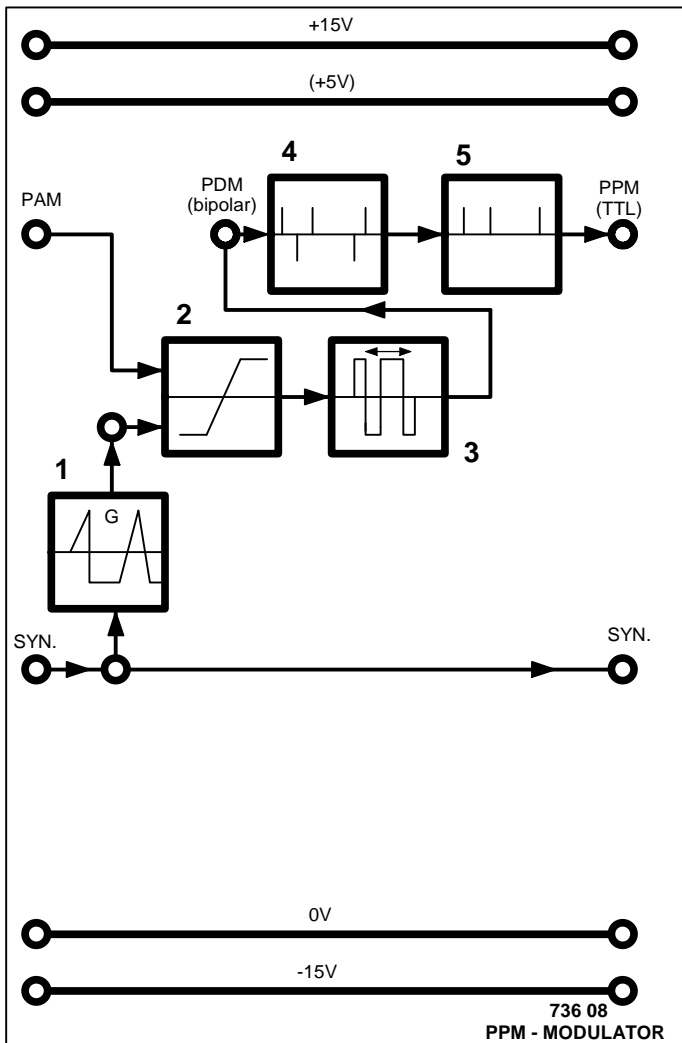
- demoduliertes PAM-Signal
- demoduliertes PDM-Signal

Funktionen:

- Demodulation des PAM-Signals durch das Tiefpaßfilter
- Demodulation des PDM-Signals durch das Tiefpaßfilter
- Aufbau eines TDM-Systems durch entsprechende Ansteuerung des Meßstellenumrichters

Komponenten:

1. elektronischer Meßstellenumrichter
2. Demodulatortiefpaß ($f_g = 3,4 \text{ kHz}$)



Eingangssignale:

- PAM-Signal
- Synchronsignal

Ausgangssignale:

- PDM-Signal
- PPM-Signal

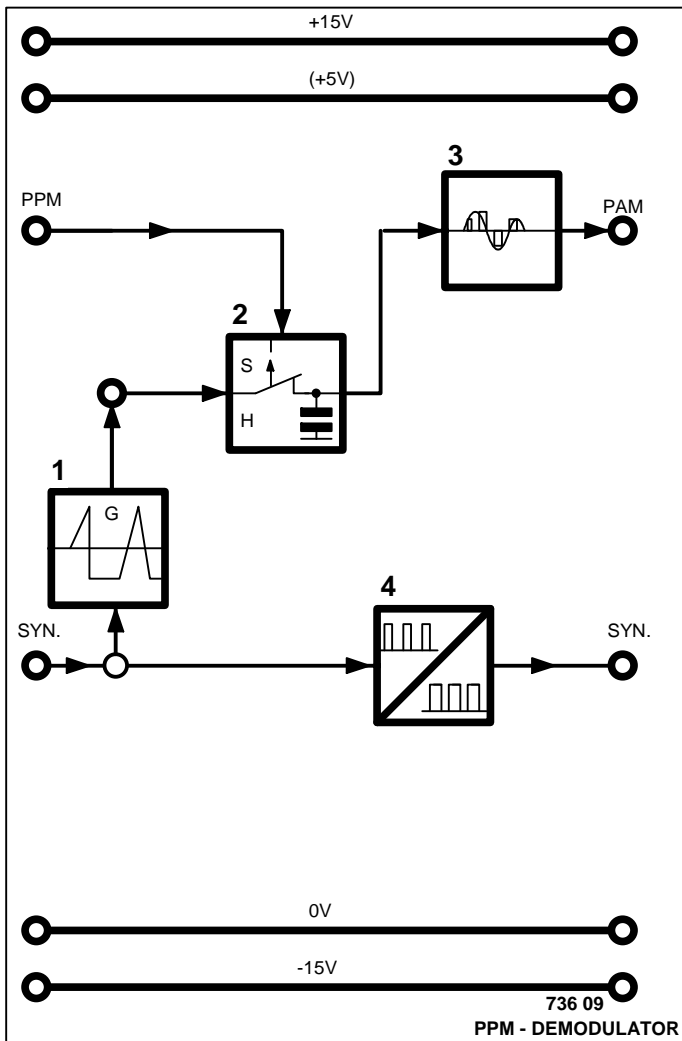
Funktionen:

- Erzeugung eines PDM-Signals nach dem Sägezahnprinzip
- Erzeugung eines PPM-Signals aus dem PDM-Signal

Komponenten:

1. Sägezahngenerator
2. Komparator
3. Impulsformer
4. Differenzierglied
5. Gleichrichter

Bild 4.3: PDM-/PPM-Modulator



Eingangssignale:

- PPM-Signal
- Synchronsignal

Ausgangssignale:

- PAM-Signal
- Invertiertes Synchronsignal

Funktionen:

- Erzeugung eines PAM-Signals aus einem PPM-Signal
- Erzeugung des invertierten Synchronsignals

Komponenten:

1. Sägezahngenerator
2. Sample&Hold
3. Signalformer
4. Impulsformer

Bild 4.4: PPM-Demodulator

5. Vorbereitungsaufgaben

1. Welche Schritte sind bei der Digitalisierung eines analogen Signals notwendig?
2. Machen Sie sich mit dem Systemaufbau eines PAM-Systems vertraut.
3. Welche Parameter des PAM-Systems kann man mittels des Abtasttheorems bestimmen?
4. Was versteht man unter Aliasing?
5. Was versteht man unter Gleich- und Wechselstrom-PAM?
6. Berechnen Sie die Spektren von Gleich- und Wechselstrom-PAM-Signalen unter Verwendung der folgenden Parameter:

Signalparameter: Signalform: \sim , $f_s = 600 \text{ Hz}$, $\hat{u} = 5 \text{ V}$

Abtastsignal: Abtastfrequenz $f_p = 2,5 \text{ kHz}$, Tastverhältnis $k = 0,2$, $\hat{u} = 6 \text{ V}$.

Stellen Sie die Ergebnisse graphisch dar. Tragen Sie die Dämpfungskurve des Demodulatorfilters ein.

7. Bestimmen Sie die Systemgleichung eines PAM-Systems.

8. Worauf beruht die Funktion des Tiefpasses als PAM-Demodulator? Welche Bedingungen sind in diesem Fall an die Zeitkonstanten des Tiefpasses und die Abtastfrequenz zu stellen?
9. Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Vorgehensweise zur Bestimmung der Filterordnung nach dem Prinzip der Toleranzfeldvorgabe.
10. Nennen Sie verschiedene Möglichkeiten zur Erzeugung von PDM-Signalen.
11. Wodurch ist die verbesserte Störsicherheit von PDM- und PPM-Systemen begründet?
12. Erläutern Sie den Aufbau und die Dimensionierung eines Zeitmultiplexsystems.

6. Versuchsdurchführung

6.1. Spektren von Rechteckimpulsfolgen

Verwenden Sie den PAM-Modulator 736 06 des PAM-Systems.

1. Stellen Sie mittels des τ -Einstellers und des Oszillographen ein Tastverhältnis von $k = 0,1$ ein, und wählen Sie eine Pulsfolgefrequenz von $f_p = 2$ kHz. Ermitteln Sie das Spektrum.
2. Verändern Sie das Tastverhältnis auf $k = 0,5$, und ermitteln Sie erneut das Spektrum.

Überprüfen Sie die Ergebnisse, und beschreiben Sie den prinzipiellen Einfluß des Tastverhältnisses k und der Pulsfolgefrequenz f_p auf den Aufbau der Spektren.

6.2. Spektren von PAM-Signalen

Verwenden Sie den PAM-Modulator 736 06 des PAM-Systems. Verbinden Sie das Eingangsfiler mit dem Funktionsgenerator, und stellen Sie die folgenden Signalparameter ein: Signalform: \sim , $f_s = 600$ Hz, $\hat{u} = 5$ V. Das Abtastsignal soll eine Abtastfrequenz von $f_p = 2,5$ kHz sowie ein Tastverhältnis von $k = 0,2$ aufweisen. Vervollständigen Sie den Signalpfad, so daß Sie das PAM-Signal am Meßpunkt PAM₁ oszillographieren können.

1. Verändern Sie am Funktionsgenerator den Offset des Eingangssignals so, daß Sie ein Gleichstrom-PAM-Signal erhalten. Ermitteln Sie das Spektrum.
2. Verändern Sie jetzt am Funktionsgenerator den Offset des Eingangssignals so, daß Sie ein Wechselstrom-PAM-Signal erhalten. Ermitteln Sie erneut das Spektrum.

Überprüfen Sie die Ergebnisse, und beschreiben Sie den prinzipiellen Einfluß der Signal- und Systemparameter auf den Aufbau der Spektren.

Zeichnen Sie in die ermittelten Spektren die Dämpfungskurven der Demodulatorfilter ein, und bestimmen Sie deren Ordnung für die gebräuchlichsten Filtertypen.

6.3. Aliasing-Effekt (Unterabtastung)

Bauen Sie eine PAM-Übertragungsstrecke auf und speisen Sie hinter dem Eingangsfiler ein Eingangssignal ein, das folgende Signalparameter besitzt: Signalform: Rechteck, $f_s = 10$ kHz, $\hat{u} = 5$ V. Das Abtastsignal soll eine Abtastfrequenz von $f_p = 15,0$ kHz sowie ein Tastverhältnis von $k = 0,5$ aufweisen.

1. Bestimmen Sie das Spektrum.
2. Verändern Sie die Frequenz des Eingangssignals im Bereich von 4...25 kHz, und bestimmen Sie die Amplitude des Ausgangssignals hinter dem Demodulatorfilter.

Warum erscheint am Ausgang des Demodulatorfilters ein Signal, obwohl es eine Grenzfrequenz von 3,4 kHz hat? Ziehen Sie zur Begründung das ermittelte Spektrum heran.

6.4. Kenngrößen des Demodulatorfilters

Ermitteln Sie den Amplitudenfrequenzgang des Demodulatortieffpasses. Stellen Sie die Ergebnisse grafisch dar, und bestimmen Sie die 3 dB-Grenzfrequenz. Bestimmen Sie anschließend die Einschwingzeit des Demodulatorfilters.

6.5. Zeitverläufe im PAM-System

Verwenden Sie das aufgebaute PAM-System. Stellen Sie mittels des τ -Einstellers und des Oszillographen ein Tastverhältnis von $k = 0,5$ ein, und wählen Sie eine Pulsfolgefrequenz von $f_p = 2$ kHz.

Ermitteln Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsspannungen der einzelnen Komponenten der Übertragungskette.

Tragen Sie die ermittelten Zeitverläufe in das Blockschaltbild ein. Welchen Einfluß haben die Parameter der einzelnen Komponenten des Systems auf den resultierenden Übertragungsfehler?

6.6. Störsicherheit von PAM-, PDM- und PPM-Systemen

Realisieren Sie die nachstehend aufgeführten Pulsmodulationssysteme unter Verwendung der angegebenen Baugruppen.

- PAM-System: PAM-Modulator 736 06
PAM-Demodulator 736 07
- PDM-System: PAM-Modulator 736 06
PPM-Modulator 736 08
PAM-Demodulator 736 07
- PPM-System: PAM-Modulator 736 06
PPM-Modulator 736 08
PPM-Demodulator 736 09
PAM-Demodulator 736 07

Im Rahmen der Versuchsdurchführung soll der Einfluß additiver Störungen auf das jeweilige Ausgangssignal untersucht werden. Führen Sie unter Einbeziehung der Störspannungsquelle Messungen mit dem Speicheroszilloskop durch. Messen Sie mit dem Kanal A den Verlauf der Störspannung und mit dem Kanal B den entsprechenden Verlauf des Ausgangssignals. Mittels der Triggereinstellung des Kanals A wird der Meßablauf für die verschiedenen Störspannungspegel gesteuert.

Führen Sie die Messungen für drei verschiedene Störspannungspegel durch. Drucken Sie die gemessenen Spannungszeitverläufe aus und interpretieren Sie anschließend die Ergebnisse.