

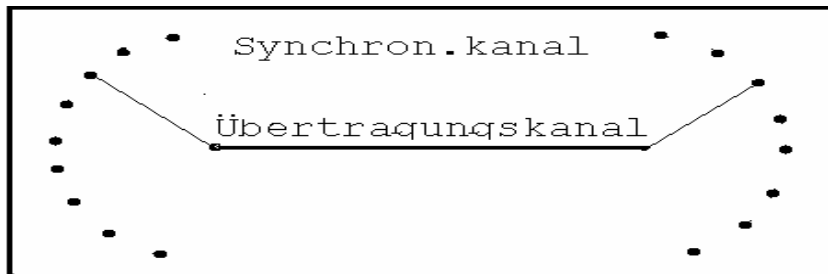
## NM Labor Versuch: Pulsmodulation - Zeitmultiplex(PCM-TDM)

Durch den Vorgang der Signalabtastung entstehen zeitliche Lücken, in denen auf dem Übertragungskanal keine Informationen übertragen werden. Diese Zeit zwischen zwei Abtastungen eines Signals kann zur Übertragung anderer Signale verwendet werden. Indem man die Abtastwerte der zur Übertragung anstehenden Nachrichtenquellen zeitlich gegeneinander verschoben, ineinandergeschachtelt auf den Übertragungsweg gibt, gelangt man zur Mehrfachausnutzung des Kanals, die man Zeitmultiplex nennt (TDM = Time Division Multiplex).

Schematisch kann dieses Prinzip durch zwei umlaufende Schalter dargestellt werden (Bild 1).

Der Schalter auf der Senderseite heißt Multiplexer. Er verbindet nacheinander alle n Quellen mit dem Kanal. Hinter dem Übertragungskanal befindet sich auf der Empfängerseite ebenfalls ein umlaufender Schalter, Demultiplexer genannt, der die vom Kanal kommenden Abtastwerte auf die n Empfänger verteilt.

Bild 1:



Beide Schalter müssen synchron arbeiten, da ansonsten Kanalübersprechen entsteht.

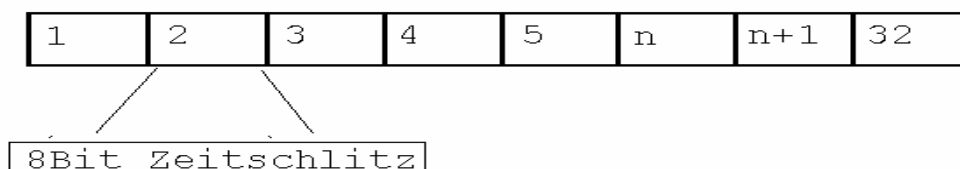
Der Schaltzyklus von Multiplexer und Demultiplexer legt den sogenannten Pulsrahmen fest. Ein Beispiel für die TDM-Übertragung ist die PCM-TDM. PCM (Pulse Code Modulation) bedeutet, daß das zu übertragende Signal mit einer festen Frequenz abgetastet, der Abtastwert quantisiert und in ein 8-Bit-Wort codiert wird, und dieses Wort anschließend bitseriell übertragen wird. Auf der Empfängerseite wird dieses Wort wieder parallelisiert und in einen Analogwert umgewandelt. Große praktische Bedeutung hat das PCM30/32-System, das kommerziell genutzt 30 Fernsprechanäle gleichzeitig verarbeitet. Jeder Fernsprechanal überträgt Frequenzen zwischen 300 Hz und 3,4 kHz. Dazu ist nach dem Abtasttheorem eine Abtastrate von  $3,4 \text{ kHz} * 2 = 6,8 \text{ kHz}$  nötig. Man nimmt aus praktischen Gründen eine Abtastrate von  $f = 8 \text{ kHz}$ , was einem Zeitintervall von 125  $\mu\text{s}$  entspricht. Dieses Intervall bildet einen Pulsrahmen, in dem 30 Fernsprechanäle, ein Synchronisations- und ein Signalisierungs- kanal übertragen werden. Zu jedem Kanal gehört ein 8-Bit-Wort. Dies erfordert eine Übertragungsrate von:

$$32 \text{ Kanäle} * 8 \text{ Bit/Kanal} * f = 32 * 8 * 8000 \text{ Bit/s} = 2,048 \text{ Mbit/s}$$

Der Pulsrahmen ist in 32 Zeitschlitz unterteilt. Im Zeitschlitz 0 wird das Synchronisations- oder Meldewort übertragen, und im Zeitschlitz 16 die vermittlungstechnischen Daten. Die Fernsprechanäle liegen in den Zeitschlitz 1..15 und 17..31 (Bild 2).

Bild 2:

Rahmen mit 32 Zeitschlitz



Das PCM30/32-System braucht dazu nur einen Grundtakt von  $f=2,048$  MHz und keinen expliziten Synchronisationstakt, da im Rahmen ein Synch Signal eingefügt ist, welches auf der Empfängerseite zur Erzeugung des Synchs benutzt wird. (Hier im Versuch wird das Synchsignal über eine Extra Leitung mitübertragen)

Übersprechen:

Als Maß für die Übertragungseigenschaften eines Multiplexsystems definiert man das Kanalübersprechen. Ideal wäre eine totale Kanaltrennung, die jedoch in der Realität nicht erreicht wird.

Als Übersprechdämpfung wird der logarithmierte Quotient aus unerwünscht von Nachbarkanälen übergekoppelter Leistung zu erwünschter Leistung des eigentlichen Kanals definiert.

Übersprechdämpfung  $d = 20 * \log(A1/A0)$

wobei A1: unerwünschte Leistung des Nachbarkanals und A0: erwünschte Leistung

## B. Aufbau eines 2-Kanal-PCM-TDM-Systems

Benötigte Geräte:

- 2x 73606 PAM-Modulator
- 2x 73607 PAM-Demodulator
- 1x 73618 Taktgenerator
- 1x 72686 Netzgerät +/-15V,3A
- 2x 72695 Funktionsgenerator 200kHz
- 1x 72699 Frequenzzähler 0..10MHz
- 1x 57529 Oszilloskop HM 205
- 2x575231 Tastkopf

Im folgenden werden die Funktionen der beteiligten Baugruppen kurz beschrieben.

Taktgenerator

Er besteht aus 2 Teilen:

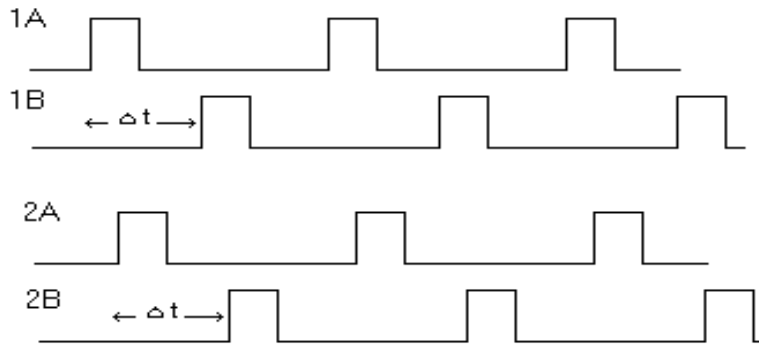
- Mastergenerator CHANNEL 1 und
- Slavegenerator CHANNEL 2.

Die Frequenz  $f_p$  des Rechtecksignals an 1A,1B,2A,2B ist mit dem entsprechenden Regler zwischen 7 und 9kHz einstellbar. 1B wird von 1A gesteuert (Kanal2 äquivalent) und hat die gleiche Frequenz. jedoch eine Verzögerung um  $\Delta-t$  damit Kanal 2 übertragen werden kann.

Die Signale 1B und 2B auf der Empfängerseite sind lediglich um die Laufzeit T verzögert die vom Sender zum Empfänger gebraucht wird.

Der Ausgang SYN liefert einen Puls nach jeder negativen Flanke von 1A und 2A. Und wird zum Takten des A/D-Wandlers benötigt.

Bild 3:



Der PAM-Modulator filtert aus dem Eingangssignal alle Frequenzen über 3,4 kHz heraus und tastet es anschließend im festen Rhythmus ab. Immer während der positiven Pulse am Steuereingang der SAMPLE-Stufe wird der HOLD-Kondensator aufgeladen. Die PAM-Pulse kommen nach den positiven Steuerpulsen an der SAMPLE-Stufe.

Der PCM-Modulator wandelt das Abtastsignal in ein 8-Bit-Wort. Der A/D-Wandler arbeitet im Bereich von -10V bis +10V. Ca. 3  $\mu$ s nach jedem SynPuls erscheinen am Ausgang des Taktübersetzers 8CLK-Impulse mit jeweils 0,5  $\mu$ s Pulsbreite. Diese CLK-Takte schieben das 8-Bit-Wort seriell aus dem PCM(TTL)-Ausgang.

PCM-Demodulator

Nach 8-CLK-Takten steht wieder ein Wort an den Ausgängen des seriell/parallel Wandlers zur Verfügung. Es wird im D/A-Wandler zum analogen PAM-Signal umgewandelt.

PAM-Demodulator

Er läßt nur zu den Zeiten, wenn ein positiver Puls als Steuertakt auf TDM/SYN liegt, das PAM-Signal auf den TP durch.

Vorabfrage: Wozu dient der 3.4 kHz Tiefpass vor den Samplestufen?

Versuchsdurchführung

- Bauen Sie den Versuch (nach eigenen Überlegungen statt Steckplan) auf.
- Speisen Sie in Kanal 1 ein Sinussignal und in Kanal 2 ein Dreiecksignal ein. Die Frequenz sollte bei ca. 200 Hz und die Amplitude bei ca. 3V liegen.

Aufgabe 1).

Oszilloskopieren Sie die 2 Ausgangssignale  $s_{11}(t)$  und  $s_{22}(t)$  hinter den PAM-Demodulatoren auf der Empfängerseite. Verstellen Sie die Frequenz  $f_p$  und  $\Delta t$  am Generator wechselseitig solange, bis am Ausgang jeweils nur noch das zugehörige Ausgangssignal  $s_{11}(t)$  bzw.  $s_{22}(t)$  auftritt. Oszilloskopieren und drucken Sie die Signale  $s_{11}(t)$  und  $s_{22}(t)$  sowie die demodulierten Signale  $s_{11}(t)$  und  $s_{22}(t)$  hinter den PAM Demodulatoren aus

Aufgabe 2).

Vertauschen Sie jetzt die Steueranschlüsse 1B und 2B des Taktgenerators miteinander. Was beobachten Sie ?

Aufgabe 3).

Messen Sie das Kanalübersprechen.

Behalten Sie die optimale Einstellung für die Einstellung des Multiplexers und Demultiplexers bei. Verbinden Sie die Steueranschlüsse 1B und 2B wieder in der richtigen Reihenfolge.

Legen Sie abwechselnd den Eingang eines PAM-Modulators auf Masse, während das Eingangssignal des jeweils anderen Kanals unverändert bleibt. Versuchen Sie am Ausgang desjenigen PAM-Demodulators, dessen Eingang geerdet ist, die Amplitude  $A_1$  des fälschlich übergekoppelten Signals zu messen.

Berechnen Sie die Übersprechdämpfung  $d$  nach:  $d = 20 * \log(A_1/A_0)$

$A_0$  ist die Amplitude des erwünschten Signals.

#### Aufgabe 4).

Erzeugen Sie absichtlich Übersprechen, indem Sie von den optimalen Einstellungen abweichen und den  $\Delta t$  Regler solange verdrehen, bis Störungen auftreten.

Oszilloskopieren Sie die gestörten Ausgangssignale und skizzieren Sie sie in Diagramm 3.

#### Aufgabe 5).

Oszilloskopieren Sie die PCM-Signale am Ausgang des PCM-Modulators.

Triggern Sie extern mit dem SYN-Signal des Taktgenerators 73618. Verändern Sie die variable Zeiteinstellung  $\Delta t$ . Was beobachten Sie?

#### Aufgabe 6).

Bestimmen Sie den Nachrichtenfluß  $C$  beim 2-Kanal-TDM-System. Gehen Sie von einer Abtastfrequenz von  $f_p = 8\text{kHz}$  aus.

#### Aufgabe 7

Skizzieren Sie Schematisch eine PCM-TDM-Strecke. Benutzen Sie folgende Elemente:

- A:  $n$  Eingangsfiler
- B: Multiplexer
- C: PCM-Modulator
- D: Übertragungskanal
- E: PCM-Demodulator
- F: Demultiplexer
- G: Synchronisierereinrichtung
- H:  $n$  Ausgangsfiler