

# NM-Labor Versuch : Digitale Modulationsverfahren (ASK,FSK,PSK)

## Einleitung

Die Basisbandübertragung digitaler Signale, wie sie bei vielen LAN-Anwendungen üblich ist, ist bei der Übertragung über einen beliebigen Kanal (z.B. eine Funkstrecke) nicht möglich oder nicht sinnvoll. Es muß eine Anpassung an den Übertragungskanal erfolgen, d.h. ein geeignetes Trägersignal  $s_T(t)$  mit der Form

$$s_T(t) = A \cos(2\pi f t + pT)$$

wird durch das Digitalsignal moduliert (da es nur die binären Zustände 0 und 1 gibt, kann man auch von Tastung reden). Es können die folgenden drei Parameter moduliert werden:

1. die Amplitude  $A$  (ASK) (Amplitude Shift Keying) durch den Wechsel zwischen zwei Amplitudenwerten des Trägers, z.B. den Wechsel von 0 nach  $A_{max}$
2. die Frequenz  $f$  (FSK) (Frequency Shift Keying) durch den Wechsel zwischen zwei definierten Trägerfrequenzen  $f_1$  und  $f_2$
3. die Phase  $p$  (PSK) (Phase Shift Keying) durch den definierten Phasensprung des Trägers von z.B.  $p_1=0$  nach  $p_2=180$  (2-Phasen-PSK)

Durch die verschiedenen Binärkombinationen entstehen Zeichen unterschiedlicher Dauer.

Für die automatische Zeichenverarbeitung ist es jedoch günstiger, mit Zeichen von gleicher Signaldauer zu arbeiten. Hierzu gibt es diverse Codierungsformen wie z.B. den Manchestercode...

Ein Charakteristikum für ein Datensignal ist die Zahl der Schritte pro Sekunde, die sogenannte Schrittgeschwindigkeit  $v_s$ . Hat das kürzeste Zeichen die Länge  $s$ , so ist die Schrittgeschwindigkeit  $v_s = 1/s$ .

Mit der Schrittdauer hängt auch die Punktfrequenz  $f_p$ , auch Schwerpunkt-, Schritt- oder Nyquistfrequenz bezeichnet, zusammen. Die Punktfrequenz ist nichts anderes als die Grundfrequenz einer 1:1-Pulsfolge, wobei Impulsdauer bzw. Impulspause der (kürzest möglichen) Schrittdauer entspricht.

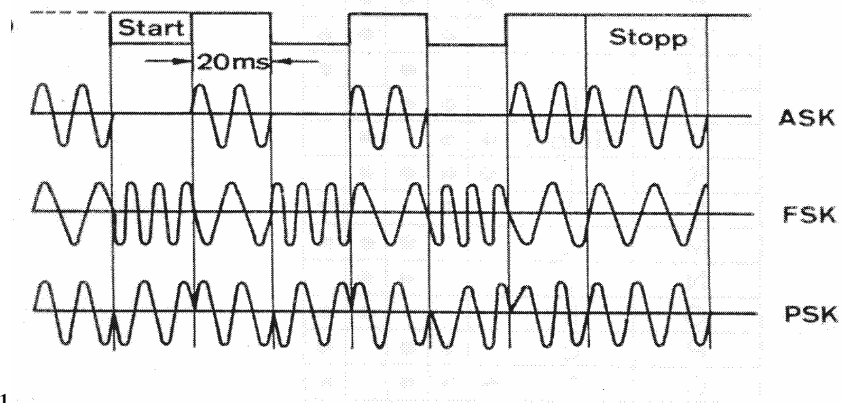


Bild 1

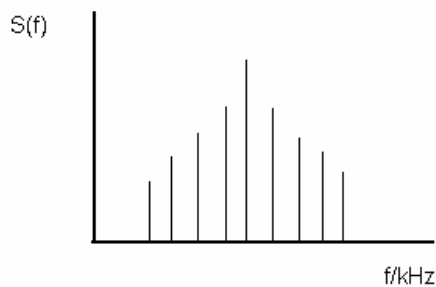
Da die Periodendauer dieser Pulsfolge  $T_p=2s$  ist, ergibt sich für die Punktfrequenz:  $f_pT = 1/2s$ . Die Tastung wird eingesetzt, wenn der harmonische Träger besser den Eigenschaften des Übertragungskanales angepaßt ist als das modulierende Digitalsignal.

Bild 1 zeigt grundsätzlich den Verlauf von ASK, FSK und PSK für ein beliebiges digitales Modulationssignal.

### B1. Vorbemerkungen zur ASK

Durch die periodischen Schaltvorgänge der Tastung entstehen neue Spektralkomponenten, die das ursprüngliche Trägersignal nicht enthält.

Unter der Annahme, das die ASK durch ein symmetrisches Rechtecksignal gesteuert wird, (Gleichverteilung von „0“ u. „1“) entsteht ein Spektrum mit dem Aussehen nach Bild 2.



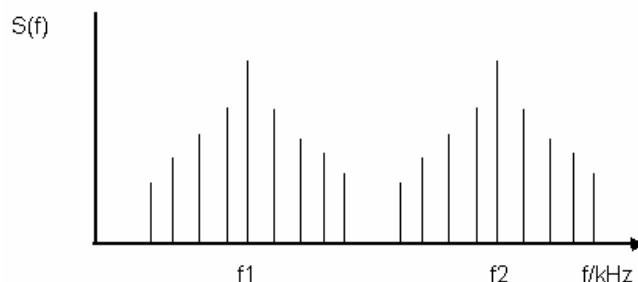
Die Amplituden des Tastspektrums teilen sich je zur Hälfte auf die Seitenlinien rechts und links des Trägers im AM-Spektrum auf. Das Spektrum eines mit beliebigem Datensignals getasteten Trägers besteht jedoch nicht aus einzelnen diskreten Linien, sondern ist ein kontinuierliches Spektrum, da sich das Signal aus unregelmäßig aufeinanderfolgenden verschieden langen Schritten zusammensetzt. Aus Gründen der Frequenzökonomie ist es jedoch nicht erwünscht, ein solch ausgedehntes Spektrum zu übertragen. Grundsätzlich ist es denkbar, z.B. das Band nach der Modulation durch einen Sendefilter soweit zu beschneiden, wie es unter Berücksichtigung maximal erlaubter Verzerrungen im Empfänger noch tragbar ist. Dadurch entsteht am Filterausgang ein weichgetastetes Signal. Die Weichtastung läßt sich auch bereits vor der Modulation mittels eines Tiefpaßes auf das Modulationssignal anwenden. Dadurch läßt sich u.U. das aufwendige Sendefilter vermeiden. Hat nun der Tiefpaß eine Grenzfrequenz von  $1,6f_p$ , so hat das geträgerte Signal, infolge der Spiegelung des Spektrums um den Träger, die doppelte Bandbreite. Es gilt für die Berechnung der Bandbreite in der Trägerfrequenzlage folgende Beziehung:  $B = 2 * 1,6 * f_p$ .

## B2. Vorbemerkungen zur FSK

Die ASK besitzt den Nachteil, daß Leitungsunterbrechungen oder Senderausfälle nicht von der binären Übertragung des Zustandes 0 unterschieden werden können. Die FSK besitzt diesen Nachteil nicht, da die Information in den diskreten Frequenzen  $f_1$  bzw.  $f_2$  enthalten ist. Ein Ausbleiben des Sendesignales muß zwangsläufig auf einen Fehler in der Übertragung zurückzuführen sein. Damit ist es leicht möglich, automatische Kontrolleinrichtungen zur Datenüberwachung einzusetzen. Die FSK kann als Sonderform der Frequenzmodulation betrachtet werden. Dementsprechend ist ihre Erzeugung mit einem VCO möglich. Besser, weil frequenzstabiler, ist der Einsatz von zwei getrennten Oszillatoren zur Erzeugung der Modulationsfrequenzen  $f_1$  bzw.  $f_2$ , zwischen denen umgeschaltet wird.

Das Spektrum der FSK

Man unterscheidet bei der FSK zwischen harter und weicher Tastung. Die Harte Tastung liefert die beiden Kennfrequenzen  $f_1$  und  $f_2$ , wie das Linienspektrum (Bild) zeigt.



Das Spektrum der FSK setzt sich aus zwei hartgetasteten AM-Spektren mit verschiedener Träger- aber gleicher Taktfrequenz zusammen. Durch Zerlegung der FM in zwei AM-Schwingungen läßt sich das Spektrum einfach darstellen als die Superposition (Überlagerung) der beiden ASK-Spektren. Die Amplituden setzen sich jeweils aus zwei Spektrallinien der Einzelspektren zusammen, mit Ausnahme der beiden Kennfrequenzen  $f_1$  und  $f_2$ , da bei diesen das jeweilige Nachbarspektrum an dieser Stelle keine Spektrallinie aufweist (geradzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind im Tastspektrum nicht vorhanden).

### B3. Vorbemerkungen zur PSK:

Bei der Phasenmodulation steckt die Information in der Phasenlage des Trägers. Die Änderung der Phasenlage erfolgt sprunghaft im Takt des Datensignales, wobei die Umastung nicht grundsätzlich im Nulldurchgang der Trägerschwingung erfolgen muß. Der sprunghafte Übergang wird, wie bei allen harten Tastungsverfahren, bei Bandbegrenzung durch die Eigenschaften des Senders, Übertragungskanales oder Empfängers verschoben.

Phasenmodulation ist das am wenigsten stör anfällige Verfahren zur Übertragung von Informationen. Das Spektrum des 1:1-rechteckförmig phasengetasteten Signales setzt sich aus zwei hart getasteten AM-Spektren zusammen. Während sich deren Seitenschwingungen höherer Ordnung verstärken, hebt sich die Trägerschwingung heraus, so daß das Spektrum nur aus den Frequenzen  $f_T \pm f_M$ ,  $f_T \pm 3f_M$ ,  $f_T \pm 5f_M$  usw. mit abnehmender Amplitude besteht.  $f_M$  ist die sog. Punktfrequenz:  $f_M = 1/T_M$  mit  $T_M$  = Periodendauer des Modulationssignales.

Es handelt sich also um eine AM mit unterdrücktem Träger. Wird nun die Bandbreite des Signales soweit verringert, daß nur noch die Frequenzen  $f_T \pm f_M$  übrig sind, erhält man das Bild einer sogenannten Schwebung. Es enthält zwar noch den Phasensprung, gleichzeitig aber eine sehr starke Amplitudenmodulation. Der Vorteil gegenüber FM zeigt sich hier derart, daß der Träger, der ohnehin keine Information enthält, im Spektrum nicht vorhanden ist. Die Energie des Trägers wird in die beiden Seitenbänder gesteckt, was sich positiv auf die Störanfälligkeit auswirkt.

### C1. Vorabfragen

1. Berechnen Sie die benötigte Bandbreite der ASK.. Gehen Sie von der Punktfrequenz  $f_p = 10\text{kHz}$  aus.
2. Wie läßt sich eine Weichtastung realisieren?
3. Warum ist es sinnvoll, das Spektrum der ASK bei Modulation mit einem symmetrischen Rechtecksignal (Tastverhältnis 1/1) zu diskutieren, obwohl bei der praktischen Anwendung der ASK kein deterministisches, sondern ein stochastisches Datensignal mit ungleichem Tastverhältnis übertragen wird?

### Versuchsdurchführung

Stecken Sie die zum Versuch notwendigen Komponenten zur Durchführung zusammen. Untersuchen Sie folgende Signale mit dem Oszilloskop und dem HP FFT- Spektrumanalyzer.

Aufgabe1). ASK Signal bei: a). harter Tastung b). weicher Tastung.

Aufgabe2). FSK Signal bei: a). harter Tastung b). weicher Tastung.

Aufgabe3). PSK Signal bei: a). harter Tastung b). weicher Tastung.

Aufgabe4) Benutzen Sie nun ein Rauschsignal oder einen gewobbelten Sinus zur Spektralanalyse.

### Aufgabe5)

Benutzen Sie nun einen PAM Modulator und untersuchen Sie das Spektrum. des abgetasteten Signals. Vergleichen Sie mit dem Originalsignal!! Was stellen Sie fest ?

Hinweis:

Zur vereinfachten Bedienung des FFT-Analyzers benutzen Sie die Taste Recall im Bedienfeld SYSTEM des Analyzers. Wählen Sie hier setup1 zum Laden. Die für diesen Versuch günstigen Einstellungen werden dann automatisch geladen. Vergleichen Sie die drei Modulationsarten und deren Eigenschaften im Zeit und im Spektralbereich sowie deren Störanfälligkeit bei Übertragung.