

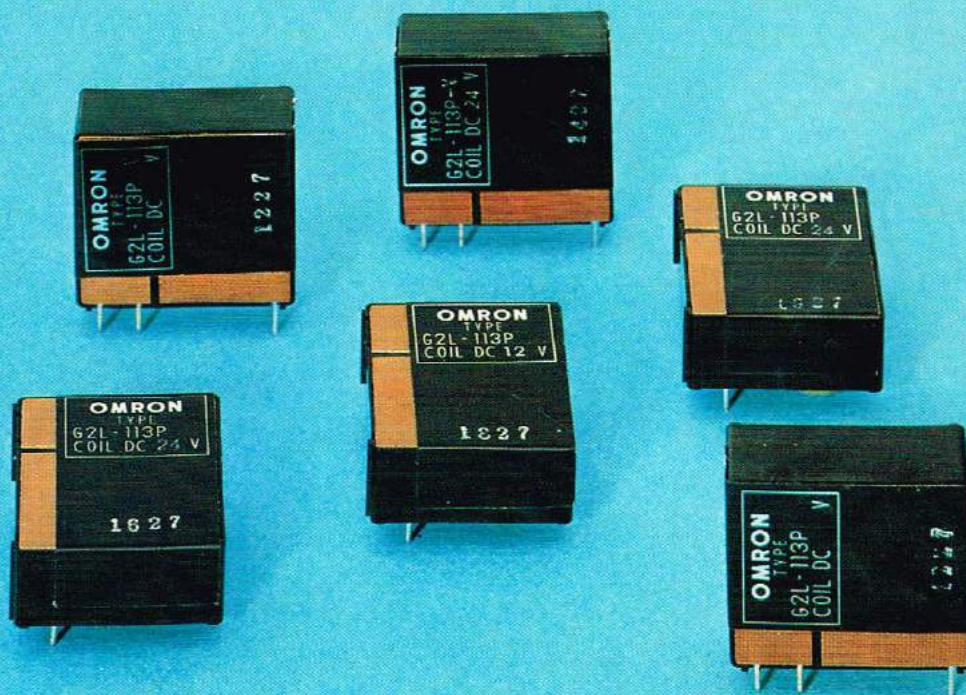
Elektroniker[®]

Elektronik-Magazin
Elektronik-Fachteil
Aktuelle Computertechnik

Ausklappbare
Leserdienstkarten
am Schluss
des Heftes

6/77

Printrelais: ein neuer Leistungstyp von OMRON für vertikale und horizontale Montage
(Carlo Gavazzi AG, Kanzleistrasse 80, CH-8026 Zürich)



Redaktion

Hans Biefer, dipl. El.-Ing.,
Chefredaktor
CH-3400 Burgdorf
Scheunenstrasse 18 d
Telefon 034/22 14 61

Peter Stuber, dipl. El.-Ing.
CH-3400 Burgdorf
Herzogstrasse 4
Telefon 034/22 18 64

Georg Moellerke, El.-Ing. und
staatlich geprüfter Übersetzer
CH-5415 Nussbaumen
Kornweg 5
Telefon 056/82 23 51

Richard Squire, El.-Ing.
Postfach
CH-8968 Mutschellen
Telefon 057/5 48 60

Verlag, Copyright, Inserate, Druck, Expedition

© Fachschriftenverlag
Aargauer Tagblatt AG
CH-5001 Aarau
Bahnhofstrasse 39-43
Telefon 064/22 63 34, Telex 68 146

Inseratenverwaltung für die
französischsprachige Schweiz:
IVA SA de publicité internationale,
1004 Lausanne,
19, avenue de Beaulieu,
Téléphone 021/37 72 72

Erscheinungsweise, Abonnemente

Erscheint monatlich (12 Hefte)
Abonnementspreise Inland Fr. 63.-
Ausland Fr. 70.-
Aussereuropäische Länder und
Ostblockstaaten Fr. 79.-

Verlags- und Übersetzungsrechte

Mit der Annahme von Manuskripten
durch die Redaktion und der Autor-
Honorierung durch den Verlag,
erwirbt der Verlag das Copyright
und insbesondere alle Rechte zur
Übersetzung und Veröffent-
lichung der entsprechenden Beiträge
in anderen verlagseigenen Zeit-
schriften sowie zur Herausgabe
von Sonderdrucken.

Nachdruck nicht gestattet

Das Photokopieren aus dem
«Elektroniker», das über Einzel-
stücke hinausgeht, ist untersagt

Zeitschriften im gleichen Verlag

«électronique»
revue professionnelle d'actualité sur
l'électronique et l'automatique
rubrique permanente en anglais
technique
Elektrotechnik
Autotechnik
Sanitär-Installateur
installateur sanitaire
Heizung/Klima

Elektronik-Magazin

4-Farben-Plotter mit Mikroprozessorsteuerung	3
Revolutionäres Messgerätekonzept: das Kontron-Calcumeter	3
Es darf geschraubt werden	4
Datensicherheit bei Verwendung von Magnetbandkassetten	5
Neues 8-A-Printrelais	7
Schneller 8-Bit-Präzisions-D/A-Umsetzer	8
Schlumberger präsentiert...	8
Schnelles Netzwerk- und Modultesten	9
Geräteschutzschalter thermisch/magnetisch	11
Grundig stellt die Weichen für die 80er Jahre	11
Gigahertz-Telemetrie	12
Kartentrick Nr. 64	13
Electronic News	15
Distributed Processing in der Fertigungsindustrie	16
Mittelklasserechner PDP-11/60	16
Steckkompatible Ein-/Ausgabekarte für Mikrocomputer	17
SC/MP auf Europakarten	17
Mikrocomputer modular	19
Neuer Eclipse-Computer	19
Neuartige Prüfmethode für komplexe Logikschaltungen	20
Neuer bipolarer Mikrocomputerchip-Satz	21
System HP-3000 wird schneller!	21
Modulares Terminal-System	23
Burroughs B 800, ein leistungsfähiger Kleincomputer	24
Bis zu 8 Datenstationen anschliessbar	24
Computer News	25
20. April 1977: Start des Geos-Satelliten	27
Fachliteratur	28
Vom integrierten Schaltkreis bis zum Starkstromkabel	29
Veranstaltungen	31
Kurz-Informationen/Elektronische Bauelemente	33
Nichtelektronische Bauelemente	45
Messung elektrischer Grössen	53
Messung nichtelektrischer Grössen	58
Regeln, Steuern, Automatisieren	63
Fertigungstechnik, Werkstoffe	64
Datentechnik	68
Kataloge, Datensammlungen	70
Ausbildung	71
Nachrichtentechnik	71
Stromversorgung, Energieelektronik	72
Verschiedenes	74

Elektronik-Fachteil (nur in Ausgabe A enthalten)

MUBUS-Standard R. Juillerat, J. D. Nicoud	EL 1
Laplace-Transformation für Elektroniker (Schluss) R. Best	EL 8
Datenspeicherung auf Audio-Kassettenrecordern R. Zinniker	EL 18
Lötstopplack K. Etter	EL 26
Analyse und Dimensionierung von Quarzoszillatoren L. Omlin	EL 30
Aus der Elektronikindustrie:	
Transistor-Servodriver bis zu 12 kW Dauerleistung/Autoradios mit «7. Sinn»	EL 37
25 Jahre Braun-Elektronenblitz	EL 38
Kopierer, Mikrofilmsysteme, Rechner	EL 39
«Das ist Betriebsdatenerfassung...»/Freiprogrammierbare Steuerungen	EL 40
Mehr Sicherheit dank Mikroprozessoren/ Messung des Reaktionsmomentes eines Schrittmotors in Abhängigkeit vom Drehwinkel	EL 41
Mikroprozessor erfasst Telefongesprächsdaten/Die kleinste Uhrenbatterie der Welt	EL 42
Technisches Englisch:	
Electronic piano using GIM microcircuit creates new consumer market	EL 43
Human sniffers go into action	EL 44
Thick-film hybrids—what they can offer D. R. Hetherington	EL 45

Datenspeicherung auf Audio-Kassettenrecordern

Dr. R. Zinniker, Dipl. El.-Ing. ETH, Institut für Elektronik ETHZ, CH-8006 Zürich

Nachdem in einem früheren Aufsatz [1] ein FSK-Modem für die Datenaufzeichnung auf Audio-Kassettenrecordern eingehend beschrieben wurde, wird die allgemeine Konzeption und Realisierung eines entsprechenden Speichersystems besprochen. Die Wahl der Modulationsart und des Datenformates wird begründet, und als Einführung für den mit der Datenübertragungstechnik wenig vertrauten Leser wird die Funktionsweise eines asynchronen Senderempfängers (UART) erläutert. Nach der Blockschaltung des ganzen Systems werden die zur Steuerung des Datentransfers notwendigen Signale behandelt, die vollständige Steuerschaltung mit einem Sprach-Daten-Erkennungsteil wird angegeben. Am Schluss wird über die Betriebserfahrungen in der Anwendung als Programmspeicher für Mikrocomputer berichtet. Obwohl der Aufsatz nicht als Bauanleitung gedacht ist, sollte dank der vollständigen Angabe aller relevanten Schaltungsdetails ein Nachbau möglich sein.

1. Einführung

Jeder Computer muss, soll er universell verwendbar sein, mit verschiedenen Programmen geladen werden können. Diese müssen auf einem geeigneten Datenträger gespeichert sein. Praktisch werden dafür fast ausschliesslich zwei Speichermedien eingesetzt, Papier in Form von Lochstreifen oder Lochkarten und Magnetschichten auf Platten und Bändern. Da heute ein Kleinstcomputer durch den Einsatz eines Mikroprozessors und anderer hoch integrierter Schaltungen bereits zu einem Preis um tausend Franken realisierbar ist (ohne Peripheriegerä- te!), muss auch für die Programmspeicherung nach einer preiswerten Lösung gesucht werden. Sollen auch eigene Programme abgespeichert werden können, so scheidet Papier als Datenträger aus, da zum Stan- zen der Löcher anspruchsvolle mechanische und damit teure Geräte verwendet werden müssen. Zudem ist die Handhabung von Kartenpa- keten und Lochstreifen recht umständlich und eigentlich als Anachro- nismus zu betrachten. Übrig bleibt die Magnetschicht, welche in Form der Tonbandkassette auf dem Unterhaltungssektor die wohl grösste Verbreitung gefunden hat. Auch in der Datentechnik wird sie vor allem in grösseren Tischrechnern recht häufig verwendet. In Verbin- dung mit Inkrementallaufwerken und hoher Aufzeichnungsdichte ist ihr Einsatz jedoch nicht immer problemlos. Sollen auf einer Kassette nur Programme gespeichert werden, so kann sowohl auf den Inkre- mentalbetrieb (bei welchem nach Belieben auch einzelne Wörter oder kurze Datenfolgen in Verbindung mit einer schnellen Suchautomatik gelesen oder geschrieben werden können) wie auch auf eine hohe

Datendichte verzichtet werden. Dann genügt aber als Aufnahme- und Wiedergabegerät bereits ein einfacher Kassettenrecorder aus der unteren Unterhaltungselektronik-Preisklasse (100 bis 200 Franken) vollauf. Nimmt man sehr vorsichtig die ausnutzbare Bandbreite dabei mit 6 kHz an, so lassen sich bereits mit einfachen Modulationsverfah- ren auf einer C60-Kassette mehr als 2,5 Millionen 8-Bit-Worte spei- chern: Vom Gesichtspunkt der Speicherkapazität her kann die Daten- dichte zugunsten einer höheren Fehlersicherheit somit fast beliebig reduziert werden. Etwas anders sehen die Dinge aus, wenn man die Übertragungszeit als Beschränkung betrachtet. Sicher ist es unzumut- bar, für das Einlesen eines Programmes etwa eine halbe Stunde auf- wenden zu müssen, dagegen ist es wohl völlig gleichgültig, ob dies nun eine Sekunde oder eine Minute dauert. Bei der nach diesen Überlegun- gen gewählten Datenrate von 600 Bit/s. dauert das Einlesen eines Pro- grammes von 4K 8-Bit-Worten ungefähr 75 Sekunden (durch das gewählte Aufzeichnungsformat wird jedes Wort noch mit drei Zusatz- bit versehen). Dabei liegt ein Programm mit 4000 Worten wohl bereits hart an der oberen Grenze der für einen Mikrocomputer noch sinnvol- len Programmlänge. Ein am Institut für Elektronik entwickelter resi- denter Assembler für den Motorola-Mikroprozessor M 6800 hat zum Beispiel einen Umfang von knapp 2500 Worten, in Studien- und Diplomarbeiten entwickelte, zum Teil recht anspruchsvolle Anwen- dungsprogramme übersteigen selten 1K Worte.

2. Systemkonzeption

2.1 Modulationsart

Um ein Datensignal fehlerfrei übertragen zu können, muss es im allge- meinen durch eine geeignete Modulation dem Übertragungskanal angepasst werden. Dieser wird in unserem Fall durch den Kassetten- recorder und die Magnetbandkassette gebildet. Er hat Bandpasscha- rakter (keine DC-Komponente übertragbar!) und einen sehr schlech- ten Phasengang. Die zwischen den zeitlich getrennten Aufnahme- und Wiedergabevorgängen liegende Speicherung führt lediglich eine ideale Verzögerung ein, da das Magnetband die aufgezeichneten Signale bei- nahe unbeschränkt und unverändert zu speichern vermag.

Unter den möglichen Modulationsarten scheidet jede Art der Amplitu- denmodulation aus. Die bei der Wiedergabe auftretenden Pegel- schwankungen, hauptsächlich verursacht durch ungleichmässigen Band-Kopf-Kontakt (als Folge von Staubteilchen auf der Bandober-



Bild 1.1 Das am Institut für Elektronik der ETHZ entwickelte Mikroprozessorsystem M 6800 mit dem Kassettenspeichergerät, Modem- und Interfaceein- schub herausgezogen.

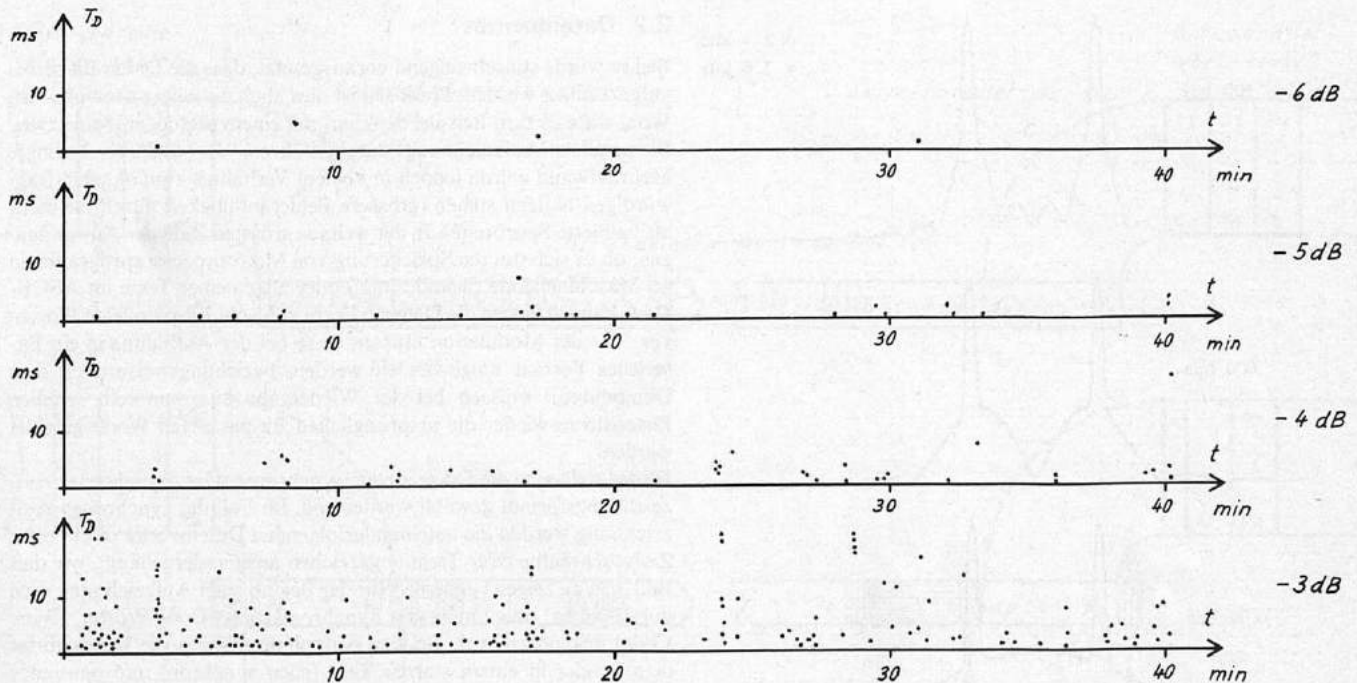


Bild 2.1 Messung der Dauer der Pegel einbrüche bei der Wiedergabe einer C90-LH-Kassette um mehr als 3, 4, 5 und 6 dB unter den mittleren Wiedergabepegel bei 6 kHz

fläche, Bandzugschwankungen, unpräziser Bandführung und Laufwerkmechanik), würden zu viele Fehler erzeugen. Entsprechende Untersuchungen wurden vor einigen Jahren vom Autor durchgeführt. Bild 2.1 zeigt als Beispiel die Aufzeichnung der Dauer T_D der Pegel einbrüche bei der Wiedergabe eines konstanten Signales von 6 kHz über einen Zeitraum von jeweils 40 Minuten (eine Seite einer bereits mehrfach überspielten C 90-Kassette mit LH-Band) von mehr als 3, 4, 5 und 6 dB unter den mittleren Wiedergabepegel. Die Auswertung des zweitobersten Diagrammes ergibt, dass während der Wiedergabezeit von 40 Minuten der Ausgangspegel 25mal um mindestens 5 dB einbricht, die mittlere Dauer der Einbrüche ist jedoch mit 1,6 ms sehr kurz, der längste wurde nach 17,5 Minuten mit 7 ms registriert. Die in jeweils aufeinanderfolgenden Durchläufen aufgenommenen Diagramme zeigen praktisch keine Korrelation, die Pegel einbrüche sind nicht durch die Bandposition bestimmt. Ein durch eine feste Störung auf der Bandoberfläche verursachter Einbruch von mehr als 6 dB (oberstes Diagramm) müsste an der gleichen Stelle der Zeitachse auch als mindestens ebenso langer Einbruch von 5, 4 und 3 dB aufgezeichnet worden sein. Das heisst, dass Pegel einbrüche und eventuell dadurch erzeugte Übertragungsfehler bei jedem Abspielen zufallsbedingt sind und nicht wiederholt auftreten. Damit kann bei einem zum Beispiel mit einem Paritätsbit festgestellten Fehler ein zweitesmal gelesen werden, mit der grossen Wahrscheinlichkeit, dass dann der Fehler nicht mehr auftritt.

Da die Datenrate mit 600 Bit/s weit unterhalb der Bandbreite des Übertragungskanales von sicher mehr als 6 kHz liegt, bringen die sonst oft gewählten Phasenmodulationsarten (Phase Shift Keying, PSK) gegenüber der schaltungstechnisch einfacher realisierbaren Frequenzmodulation (Frequency Shift Keying, FSK) kaum Vorteile, so dass sich diese zur Anwendung geradezu aufdrängt. Im vorliegenden Falle eines binären Datensignales degeneriert sie zu einer zweiwertigen Frequenzumtastung, bei der die Frequenz einer Trägerschwingung

zwischen zwei festen Werten entsprechend dem Zustand des Datensignales umgeschaltet wird. Für die Festlegung der beiden Frequenzen sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen. Zur Demodulation des FSK-Signales im Empfänger muss dessen augenblickliche Frequenz bestimmt werden. Dazu wird der zur Frequenz umgekehrt proportionale Abstand der Nulldurchgänge des Signales bestimmt. Das bedingt, dass pro Datenbit mindestens eine halbe Periode der zugehörigen Trägerfrequenz übertragen wird. Da die Störungsempfindlichkeit mit der Anzahl der pro Datenbit übertragenen Halbwellen stark abnimmt (der Entscheid, welche Frequenz vorliegt, kann aufgrund mehrerer Nulldurchgangsabstandsmessungen getroffen werden, die Verschiebung eines einzelnen Nulldurchganges erzeugt keinen Fehler), ist es günstig, die beiden Frequenzen möglichst hoch zu wählen. Eine absolute obere Grenze bildet natürlich die Bandgrenze des Übertragungskanales. Der Abstand der beiden Frequenzen sollte, um die Unterscheidung im Empfänger zu vereinfachen, gross gewählt werden. Ein zu grosser Frequenzhub führt jedoch zu einer stark asymmetrischen Entscheidungssicherheit. Bei der tieferen Frequenz stehen weniger Nulldurchgänge pro Bit als Entscheidungsgrundlage zur Verfügung als bei der höheren. Im vorliegenden Fall wurden die beiden Frequenzen mit 2,4 kHz (f_1) und 3,6 kHz (f_2) gewählt, wobei die höhere dem Nullzustand des Datensignales entspricht. Der relativ grosse Frequenzabstand ermöglicht, die Anforderungen an die Stabilität des Generators, des Demodulators und an die absolute und relative Geschwindigkeitskonstanz des Kassettenlaufwerkes in bescheidenem Rahmen zu halten. Abweichungen von jeweils mehreren Prozenten sind gleichzeitig ohne weiteres zulässig. Die im Vergleich zur oberen Bandgrenze eines Kassettenrecorders tiefe Lage der beiden Frequenzen ermöglicht eine hohe Aussteuerung des Magnetbandes, welche bei höheren Frequenzen stark abnehmen würde. Zudem ist damit auch noch eine direkte Übertragung im Telefon-Basisband (Ortsnetz) problemlos möglich.

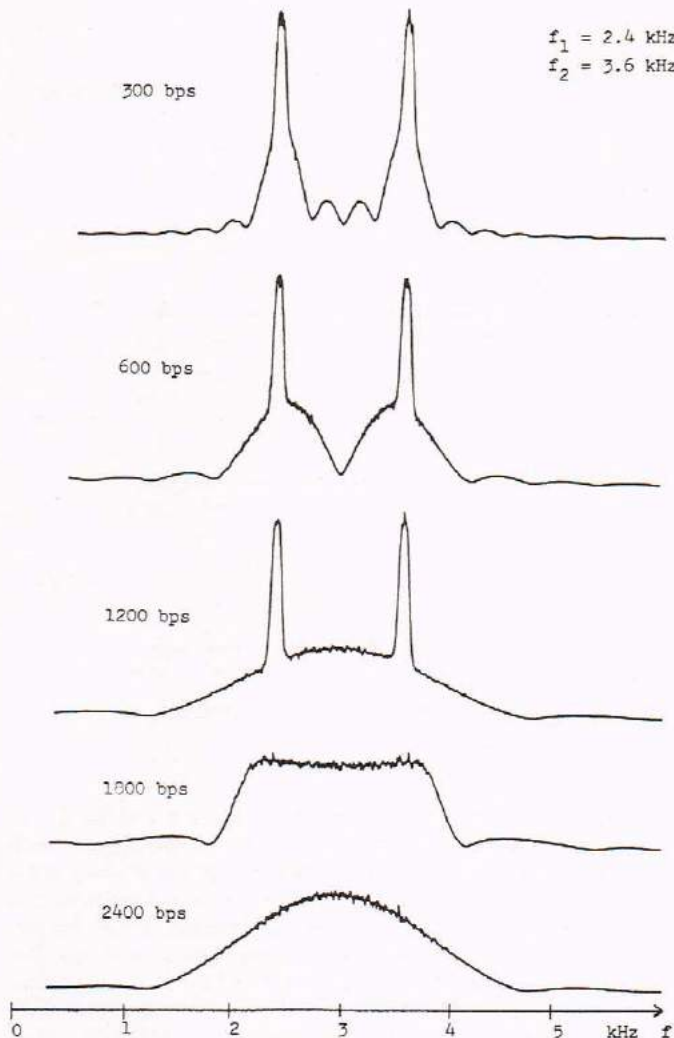


Bild 2.2 Frequenzspektrum eines asynchron getasteten FSK-Signales bei verschiedenen Datenraten

Die schaltungstechnische Realisierung des für die vorliegende Anwendung vorgesehenen FSK-Modems wurde in [1] ausführlich beschrieben. Im Bild 2.2 sind einige an dessen Ausgang gemessene Frequenzspektren des FSK-Signales für verschiedene Datenraten aufgezeichnet. Als Eingangssignal wurde ein pseudostatistisches Datensignal benutzt (23 Bit MLS-Sequenz), die Spektralanalyse erfolgte mit einem Waveanalyzer B+K 2110. Eine geschlossene Berechnung der Spektren ist im Fall der asynchronen FSK-Modulation nicht möglich (wenn Träger und Datensignal gegenseitig nicht starr synchronisiert sind), so dass sich deren Diskussion auf die Messergebnisse stützen muss. Bei den niedrigen Datenraten von 300, 600 und 1200 bps (Bit pro Sekunde) ist die Signalenergie hauptsächlich in zwei schmalen Bereichen um die beiden Trägerfrequenzen deutlich konzentriert. Bei 1800 bps verschwinden diese vollständig, die Signalenergie ist praktisch gleichmässig im Frequenzbereich von ca. 2 bis 4 kHz verteilt. Bei 2400 bps fließt das Spektrum schliesslich über einen grösseren Frequenzbereich auseinander.

2.2 Datenformat

Bisher wurde stillschweigend vorausgesetzt, dass die Daten Bit-seriell aufgezeichnet werden. Praktisch ist dies auch die einzig sinnvolle Art. Wohl wäre es zum Beispiel denkbar, mit einem Stereogerät eine zwei-Bit-parallele Aufzeichnung durchzuführen, der dadurch bedingte Mehraufwand würde jedoch in keinem Verhältnis zum ohnehin fragwürdigen Nutzen stehen (grössere Fehleranfälligkeit durch die mehr als halbierte Spurbreite). In der weitaus grössten Zahl der Anwendungen, ob es sich um die Speicherung von Mikroprozessorprogrammen im Maschinencode (hexadezimal) oder allgemeiner Texte im ASCII-Code handelt, liegen die Daten in Form von acht Bit-parallelen Worten vor. Vor der Modulation müssen diese bei der Aufnahme in ein Bit-serielles Format umgewandelt werden, beziehungsweise nach dem Demodulator müssen bei der Wiedergabe aus dem rein seriellen Datenstrom wieder die ursprünglichen Bit-parallelen Worte gebildet werden.

Weiter stellt sich die Frage, ob ein synchrones oder asynchrones Aufzeichnungsformat gewählt werden soll. Im Fall der synchronen Aufzeichnung werden die aufeinanderfolgenden Datenwörter direkt ohne Zwischenräume oder Trennzeichen aneinandergehängt, wie dies Bild 2.3a zu zeigen versucht. Nur der Beginn einer Aufzeichnung wird durch eines oder mehrere Synchronisations-Code-Wörter (Sync Code) gekennzeichnet. Bei der Aufnahme müssen die Datenwörter dem Sender in einem starren Takt (eben synchron) und pausenlos zugeführt werden. Werden nur ASCII-Zeichen übertragen, so ist es möglich, eine der normalerweise nicht benutzten Codekombinationen als Pausenzeichen zu definieren, welches bei ausbleibenden Daten im Sender automatisch eingesetzt und im Empfänger wieder entfernt wird. Diese Funktion ist in grossintegrierten Schaltungen, zum Beispiel dem synchronen seriellen Daten-Adapter MC 6852 von Motorola bereits eingebaut. Bei der Wiedergabe muss der ursprüngliche Sendetakt (Bittakt) im Empfänger mit einem speziellen Phasenregelkreis (PLL) [2] aus dem Signal zurückgewonnen werden. Damit die kontinuierliche Datenfolge wieder in die ursprünglichen Worte zerlegt werden kann, muss eine durch den «Sync Code» eingeleitete Wortsynchronisation über die ganze Empfangszeit den Worttakt aufrechterhalten.

Im Fall der asynchronen Aufzeichnung werden der Anfang und das Ende jedes einzelnen Wortes durch je ein Start- und Stopbit gekennzeichnet. Meistens wird zugleich auch noch jedem Wort ein Kontrollbit (Paritybit, gibt an, ob die Anzahl der 1 oder 0 im Wort gerade oder ungerade ist) zur Fehlererkennung (Ein-Bit-Fehler) beigefügt. Damit können die Datenwörter dem Sender in einem beliebigen (nach oben natürlich durch die Übertragungsgeschwindigkeit begrenzten) Takt zugeführt werden (eben asynchron). Pausen werden durch ein unbeschränkt verlängerbares Stopbit ausgefüllt (Bild 2.3b). Im Empfänger ist eine Taktregeneration nicht notwendig, da das Startbit jedes Wortes als Synchronisationszeichen verwendet wird, auf welches der Empfängertakt einfach synchronisiert werden kann. Die einzige Voraussetzung ist dabei, dass der durch einen freilaufenden Oszillator gebildete Empfängertakt (Bittakt) nur soviel vom Takt der empfangenen Daten abweicht, dass der Gleichlauffehler am Wortende (also beim Stopbit) noch innerhalb eines Bitintervalles liegt. Ist n die Anzahl der zwischen dem Start- und Stopbit eines Wortes liegenden Informationsbit, so erhält man nach Bild 2.4 als maximal zulässige Abweichung ΔT der Empfängertaktperiode T :

$$\left| \frac{\Delta T}{T} \right| < \frac{1}{2(n+1)} \quad (2.1)$$

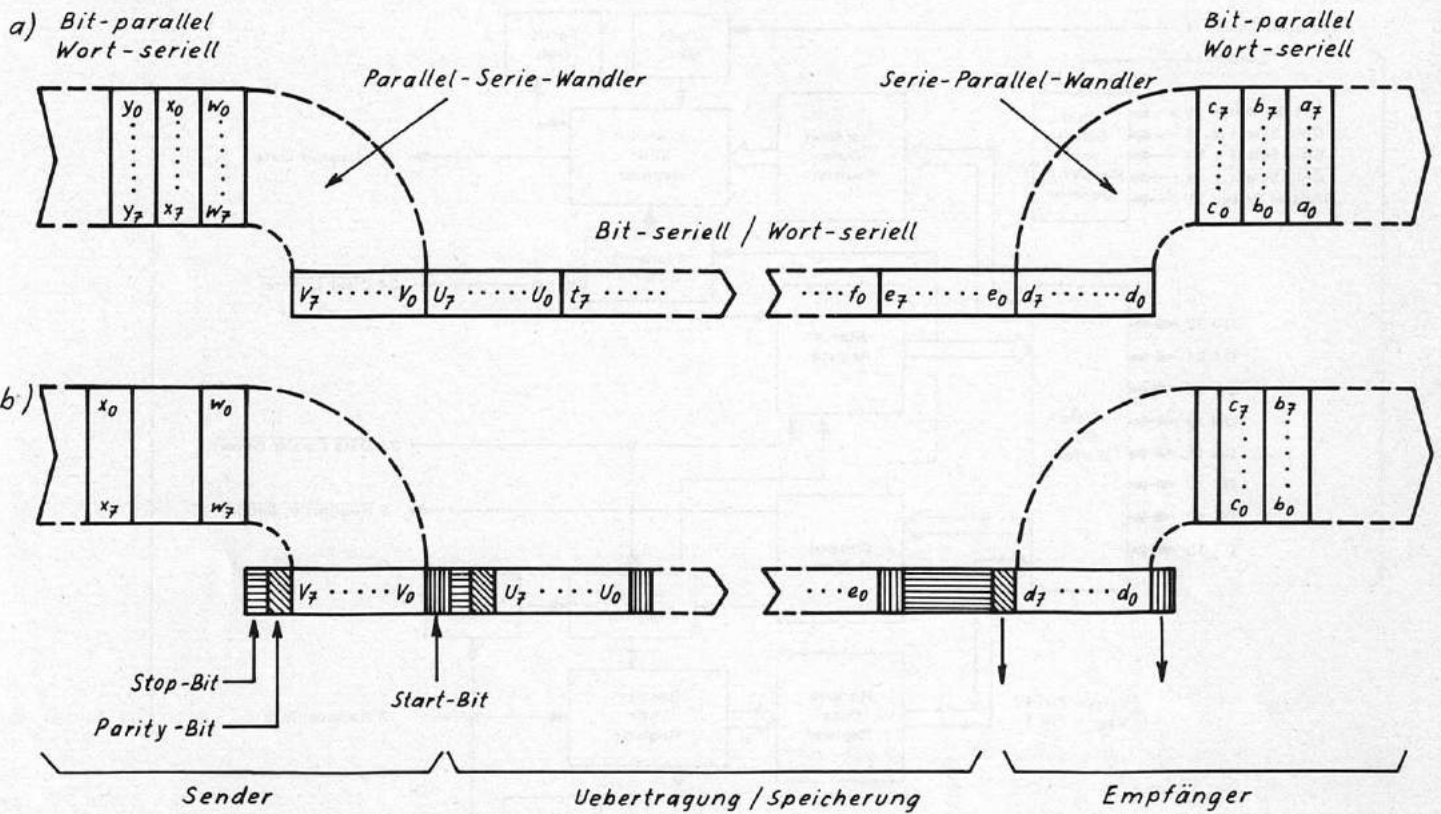


Bild 2.3 Serielle Übertragung oder Speicherung a) synchron b) asynchron

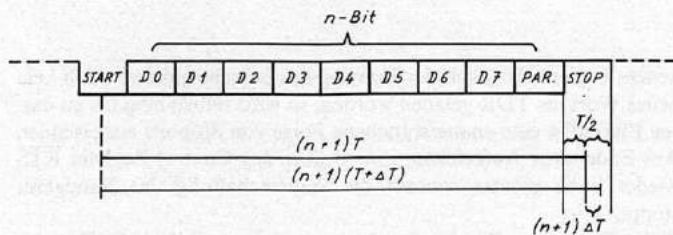


Bild 2.4 Zur Besprechung der maximal zulässigen Taktabweichung beim Empfang eines asynchronen Signales

Besteht der Wortinhalt aus acht Datenbit und einem Paritybit, so ergibt sich daraus mit $n = 9$ eine maximal zulässige Takttoleranz $\Delta T/T$ von $\pm 5\%$. Dabei setzt sich der Taktfehler aus vier Komponenten zusammen:

1. Abweichung des Taktgenerators bei der Aufnahme vom Sollwert (600 bps)
2. Geschwindigkeitsabweichung des Bandgerätes vom Sollwert (4,75 cm/s)
3. Gleichlaufschwankung des Bandgerätes
4. Abweichung des Taktgenerators bei der Wiedergabe vom Sollwert (600 bps)

Nach [3] liegen die Werte von 3. und 4. für in Frage kommende Kassettenlaufwerke je deutlich unter 1%. Wird der Sender- und Empfängertakt aus einer Quarzreferenz abgeleitet, so erübrigt sich jede Dis-

kussion über die Fehler 1. und 4. Die Verwendung eines Quarzoszillators ist jedoch nicht notwendig, da mit einem einfachen CMOS-Rechteckgenerator bereits eine Langzeitstabilität besser als 1% erreicht werden kann.

Da der einzige Vorteil der synchronen Aufzeichnung in einer grösseren Datendichte liegt (Start-, Stop- und evtl. Paritybit pro Wort fallen weg), diese nach den Ausführungen in der Einleitung bedeutungslos ist, fällt die Entscheidung zugunsten der asynchronen Aufzeichnung leicht.

2.3 Asynchroner Sender-Empfänger

Zur Formattierung der Daten im Sender bei der Aufzeichnung und der Rückgewinnung der ursprünglichen Datenworte im Empfänger bei der Wiedergabe kann eine einzige unter dem Namen UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter = universeller asynchroner Empfänger und Sender) bekannte grossintegrierte Schaltung eingesetzt werden. Diese führt sämtliche notwendigen Funktionen aus und kann für verschiedene Betriebsarten universell programmiert werden. Entsprechend dem in erster Linie vorgesehenen Verwendungszweck als Programmspeicher für MC-6800-Mikrocomputersysteme wird der entsprechende von Motorola dazu angebotene Baustein MC 6850, Asynchroner Interface Adaptor, kurz ACIA, verwendet und besprochen. Bild 2.5 zeigt die Blockschaltung.

Vom Mikroprozessor her sind vier Register (enthaltend je ein 8-Bit-Wort) adressierbar. Durch den Inhalt des «Control Register» wird die Betriebsart des ACIA festgelegt (7 oder 8 Datenbit pro Wort, 1 oder 2 Stopbit, Paritybit gerade oder ungerade) und die Steuerleitung

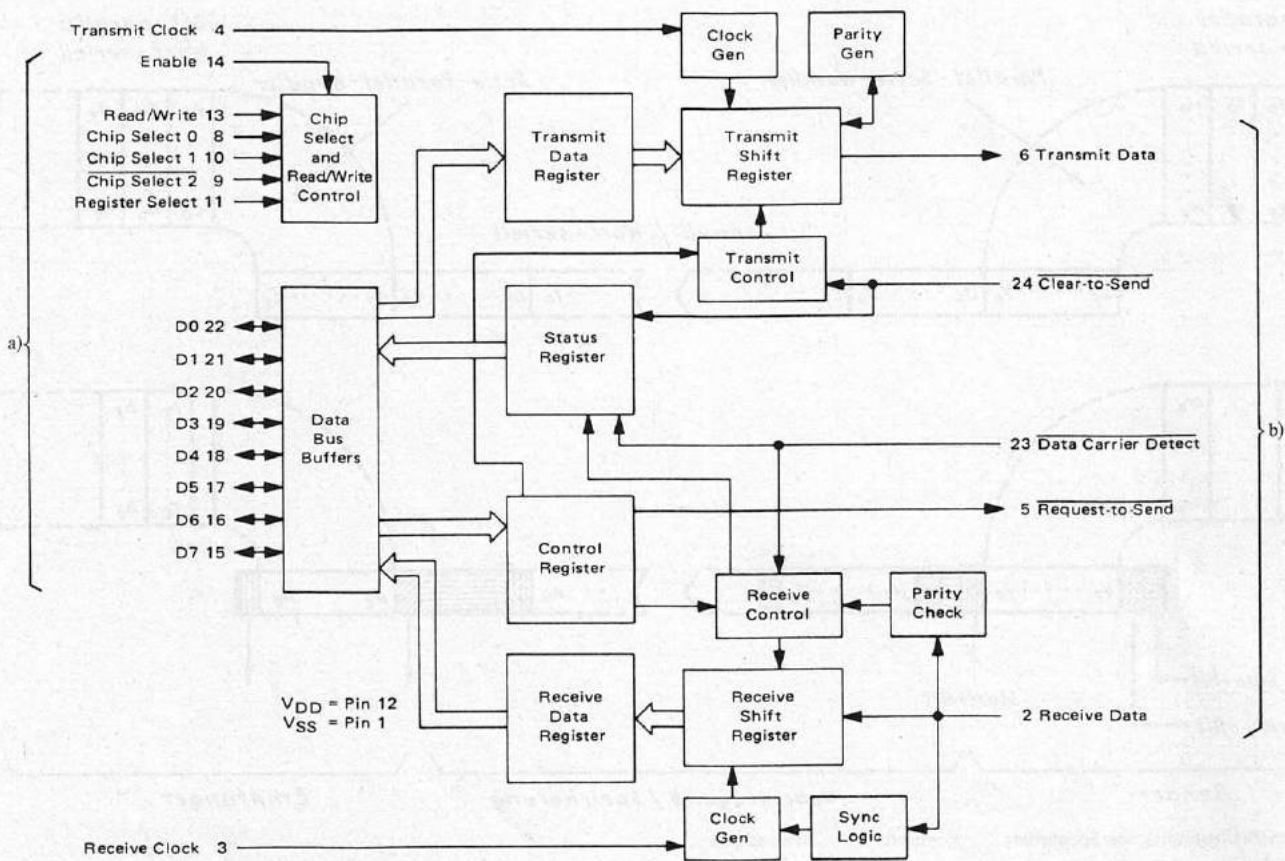


Bild 2.5 Blockschaubild des ACIA MC 6850 von Motorola
 a) Prozessor
 b) FSK-Modem

«Request to Send», kurz \overline{RTS} , kontrolliert. Zu Beginn einer Aufzeichnung wird das entsprechende Codewort ins Control-Register geschrieben und \overline{RTS} als Aufzeichnungsbefehl tief (logisch 0) gesetzt. Dadurch startet die im Abschnitt 2.4 noch zu besprechende Steuerschaltung das Kassettengerät und gibt, sobald dieses läuft und auch tatsächlich auf Aufnahme geschaltet ist, die Sendebereitschaftsmeldung «Clear to Send», kurz CTS, an das ACIA zurück. Darauf wird im «Status Register» ein entsprechendes Bit (Bit 3, CTS) von 1 auf 0 gesetzt (alle Steuersignale werden entsprechend einer allgemeinen Norm invertiert betrieben, einer aktiven Funktion entspricht der logische 0-Zustand). Durch das Auslesen des Statusregisters in einer Warteschleife erkennt darauf der Prozessor die Aufnahmebereitschaft des Kassettengerätes und schreibt das erste zu speichernde Datenwort ins «Transmit Data Register», kurz TDR, des ACIA. Von diesem gelangen die Daten automatisch ins Sende-Schieberegister, «Transmit Shift Register», in welchem zugleich Start-, Stop- und Paritybit zugefügt werden. Mit dem über die Leitung «Transmit Clock» zugeführten Sendebittakt wird das Schieberegister seriell auf die Sendeleitung «Transmit Data», kurz TXD, ausgelesen. Über diese gelangen die Daten auf den Eingang des FSK-Modulators. Sobald die Daten vom TDR ins Schieberegister übertragen worden sind, wird dem Prozessor über ein Bit im Statusregister (Bit 1, «Transmit Data Register Empty», kurz TDRE) mitgeteilt, dass das nächste Wort ins TDR geladen werden kann. Ist das vorhergehende Wort vollständig aus dem Schieberegister ausgelesen, so wird automatisch der neue Inhalt des TDR zur Parallel-Serien-Umwandlung übernommen, worauf der Zyklus wieder von

neuem beginnt. Ist nach der Leerung des Schieberegisters noch kein neues Wort ins TDR geladen worden, so wird selbständig bis zu dessen Eintreffen eine ununterbrochene Folge von Stopbits ausgesendet. Am Ende einer Aufzeichnung wird über das Control Register \overline{RTS} wieder hoch gesetzt, worauf die Steuerschaltung das Bandgerät stoppt.

Sollen Daten vom Bandgerät gelesen werden, so wird wieder über das Control Register und das \overline{RTS} -Signal das Kassettengerät gestartet. Dieses darf jetzt natürlich nicht auf Aufnahme geschaltet sein! Nachdem die Steuerschaltung den Anfang einer Datenaufzeichnung erkannt hat (das Band kann auch aufgesprochenen Kommentar enthalten), wird das Signal DCD («Data Carrier Detect», Daten-Träger detektiert) tief gesetzt. Der Prozessor wird dadurch über ein entsprechendes Bit im Statusregister (Bit 2, DCD) orientiert und die Empfangskontrolllogik «Receive Control» aktiviert. Das vom FSK-Demodulator ankommende Empfangssignal «Receive Data», kurz RXD, wird durch die Synchronisationslogik «Sync Logic» nach dem Startbit des ersten Wortes abgesucht. Sobald dieses gefunden ist, wird der Empfängerakt «Receive Clock» intern darauf synchronisiert und das Datenwort wird seriell ins Empfangsschieberegister «Receive Shift Register» eingelesen. Gleichzeitig prüft die Parity-Kontrolllogik, «Parity Check», den richtigen Empfang des Wortes und die Ankunft des Stopbits. Sobald das Wort vollständig ins Schieberegister eingelesen ist, wird dieses parallel ins Datenempfangsregister, «Receive Data Register», kurz RDR, ausgelesen und dem Prozessor über ein Bit im Statusregister (Bit 0, Receive Data Register Full, RDRF) mitgeteilt,

dass ein Wort zur Übernahme aus dem RDR bereitsteht. Wurde ein Parityfehler oder kein Stopbit gefunden, so werden im Statusregister entsprechende Fehlerbit gesetzt (Bit 6, Parity Error, PE oder Bit 4, Framing Error, FE). Falls vor der Ankunft eines neuen Wortes das vorhergehende nicht aus dem RDR ausgelesen wurde, wird dieses überschrieben und das Fehlerbit «Receiver Overrun», OVRN, im Statusregister gesetzt, sonst beginnt der Zyklus von neuem mit der Synchronisation auf das nächste Startbit. Das Ende einer Aufzeichnung erkennt der Prozessor durch den Wegfall des Signales «Data Carrier Detect» über das Statusregister. Die Vorgänge wurden hier zum Teil vereinfacht und unvollständig dargestellt, für ein genaues Studium sei auf [4] oder [5] verwiesen.

2.4 Steuerschaltung

Wie bereits erwähnt, verarbeitet die Steuerschaltung (Control Logic, CTRL) die Steuersignale von und zum ACIA. Sie übernimmt damit die Kopplung zwischen ACIA, FSK-Modem und dem Kassettengerät. Bild 2.6 zeigt die Blockschaltung des ganzen Systems. Die Hauptaufgabe besteht in der Steuerung des zeitlichen Ablaufs der Aufnahme- und Wiedergabevorgänge. Zudem muss sie bei der Wiedergabe zwischen Daten- und Sprachsignalen unterscheiden können. Dadurch ist es nicht notwendig, das Band manuell exakt auf den Anfang einer Datenaufzeichnung zu positionieren, auch wenn davor zur Erläuterung ein Begleittext aufgesprochen wurde. Aus der Literatur ist die spektrale Energieverteilung von Sprachsignalen hinlänglich bekannt [6]. Danach ist das Sprachspektrum im Frequenzbereich von 150 Hz bis 1,5 kHz annähernd konstant und fällt darüber mit einer Steilheit von etwa 40 dB/Dekode stetig ab. Nach Bild 2.2 ist das Spektrum des Datensignales im wesentlichen auf den Frequenzbereich 2 bis 4 kHz beschränkt. Somit könnte für die Sprachdetektion die Signalamplitude im Frequenzbereich unterhalb etwa 1 kHz ausgewertet werden. In der Steuerschaltung wird jedoch ein anderes Verfahren mit geringerem Aufwand realisiert. Der FSK-Demodulator liefert das Signal DCD', welches anzeigt, ob die Frequenz des empfangenen Signales im Bereich 1,5 bis 4,5 kHz liegt. Währenddem ein Datensignal dauernd in diesem Frequenzbereich liegt und damit DCD' unverändert im logischen 1-Zustand bleibt, treten Komponenten eines Sprachsignals darin nur kurzzeitig auf, wodurch DCD' dauernd den Zustand wech-

selt. Eigene praktische Versuche haben gezeigt, dass die Zeitdauer, während der ein Sprachsignal durch den FSK-Demodulator ununterbrochen im Frequenzbereich 1,5 bis 4,5 kHz detektiert wird, selten 200 ms übersteigt, 500 ms dagegen nie. Demzufolge darf das Steuersignal \overline{DCD} zum ACIA durch die Steuerschaltung erst dann zur Kennzeichnung des Empfangs eines Datensignales tief gesetzt werden, wenn DCD' für mindestens 500 ms ununterbrochen im logischen 1-Zustand gewesen ist. Die Rückstellung ($\overline{DCD} = 1$) soll jedoch sofort nach dem Übergang von DCD' nach 0 erfolgen. Bild 2.7 zeigt die entsprechende Schaltung mit den zugehörigen Spannungsverläufen. Damit \overline{DCD} nicht durch sehr kurze Signalausfälle (drop outs) in einem Datensignal in den 1-Zustand gebracht werden kann, wurde zur Bildung einer Rückstellverzögerung von etwa 50 ms die Entladezeitkonstante mit dem 470-k Ω -Widerstand entsprechend vergrößert. Aus der angewendeten Methode der Sprach-Daten-Unterscheidung folgt die Notwendigkeit, am Anfang jeder Datenaufzeichnung während mindestens der Detektionszeit T_{DCD} ein informationsfreies Signal aufzuzeichnen (praktisch eine ununterbrochene Folge von Stopbits entsprechend dem Trägersignal $f_1 = 2,4$ kHz), da während dieser Zeit das ACIA mit $\overline{DCD} = 1$ noch keine Daten empfangen kann. Den zeitlichen Zusammenhang zwischen den durch die Steuerlogik verarbeiteten

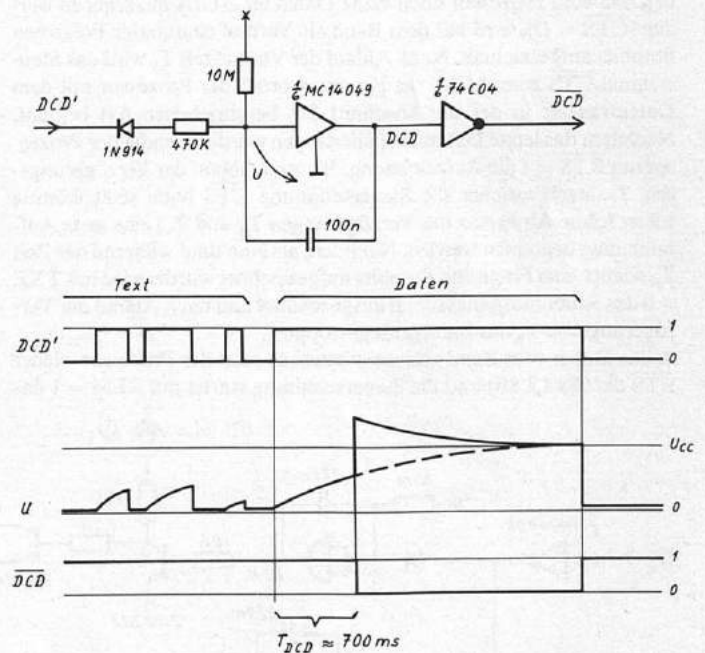


Bild 2.7 Schaltschema der Sprach-Data-Erkennungsschaltung mit den zugehörigen Spannungsverläufen

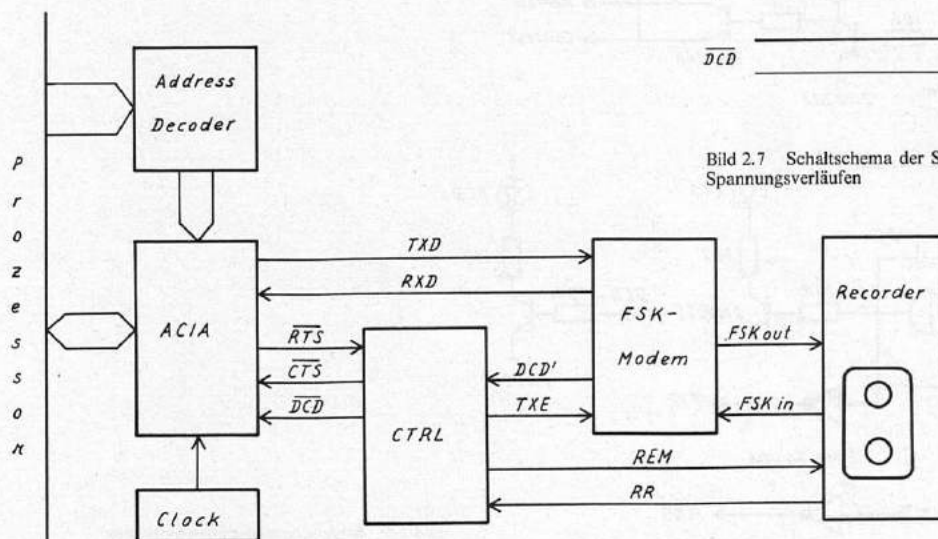


Bild 2.6 Blockschaltung des Kassettenspeichersystems

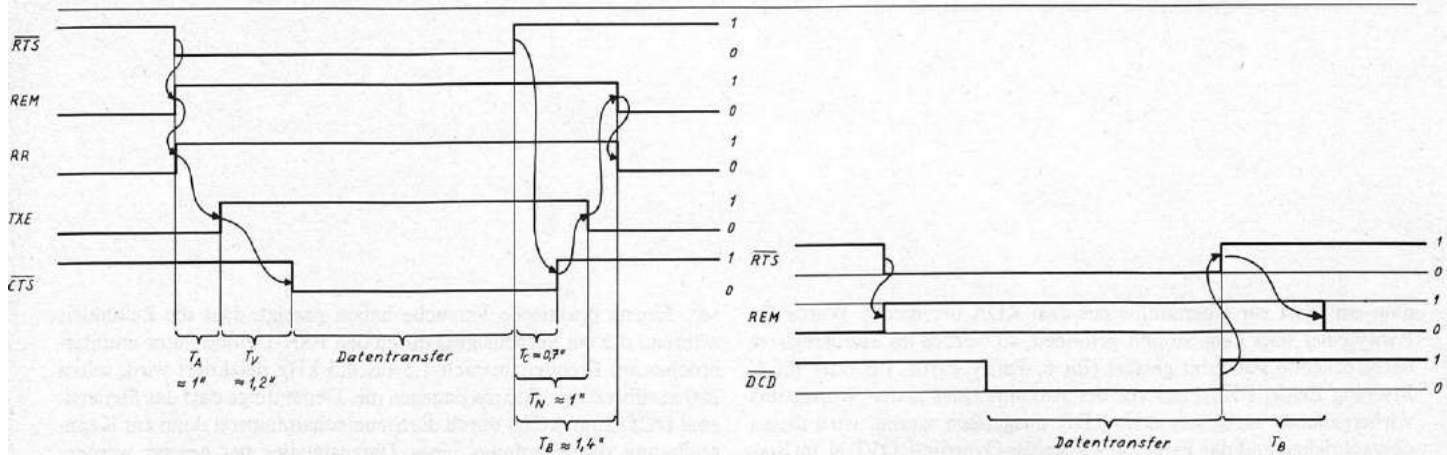


Bild 2.8 Zeitdiagramm der durch die Steuerschaltung verarbeiteten Signale
a) Aufnahme

b) Wiedergabe

ten Signalen zeigt Bild 2.8a für den Aufnahmevorgang. Nachdem vom Prozessor durch $\overline{RTS} = 0$ eine Aufzeichnung verlangt wurde, schaltet die Steuerlogik über das Signal REM das Bandgerät ein (Betriebsspannung über den Fernsteueranschluss Remote). Wenn das Gerät vorher manuell auf Aufnahme geschaltet wurde, so geht mit dem Einschalten das Aufnahmebereitschaftssignal RR (Run and Record) hoch. Dieses muss aus der Schaltung des Bandgerätes abgeleitet werden. Beim verwendeten Gerätetyp Sanyo 2502 kann dazu einfach die Speisespannung des HF-Oszillators verwendet werden, welcher nur eingeschaltet ist, wenn das Gerät läuft und auf Aufnahme geschaltet ist. Nach Ablauf der Verzögerungszeit T_A , während der ein stabiler Betriebszustand erreicht werden kann (Bandgeschwindigkeit!) wird mit TXE = 1 (Transmitter enable) das Ausgangssignal des FSK-Senders freigegeben. Da vom Prozessor noch keine Daten ins ACIA ausgegeben werden ($\overline{CTS} = 1$), wird auf dem Band als Vorlauf eine stetige Folge von Stopbits aufgezeichnet. Nach Ablauf der Vorlaufzeit T_V wird das Steuersignal \overline{CTS} zum ACIA tief gesetzt, worauf der Prozessor mit dem Datentransfer in der im Abschnitt 2.3 beschriebenen Art beginnt. Nachdem das letzte Datenwort übertragen wurde, beendet der Prozessor mit $\overline{RTS} = 1$ die Aufzeichnung. Bis zum Ablauf der Verzögerungszeit T_C , nach welcher die Steuerschaltung \overline{CTS} hoch setzt, könnte sofort (ohne Abwarten der Verzögerungen T_A und T_V) eine neue Aufzeichnung begonnen werden. Nachdem als Nachlauf während der Zeit T_N wieder eine Folge von Stopbits aufgezeichnet wurde, wird mit TXE = 0 das Senderausgangssignal ausgeschaltet und nach Ablauf der Verzögerungszeit T_B das Bandgerät gestoppt.

Sollen Daten vom Band gelesen werden, so setzt der Prozessor wieder \overline{RTS} tief (Bild 2.8b) und die Steuerschaltung startet mit REM = 1 das

Bandgerät. Sobald der Anfang einer Aufzeichnung gefunden ist (Detektion des Vorlaufes durch die Sprach-Daten-Erkennungsschaltung) wird \overline{DCD} tief gesetzt und der Datentransfer wird in der im Abschnitt 2.3 beschriebenen Weise durchgeführt. Das Aufzeichnungsende erkennt der Prozessor aus dem Hochgehen des Signales \overline{DCD} , worauf \overline{RTS} wieder auf 1 gesetzt wird und die Steuerschaltung nach der Zeit T_B das Bandgerät ausschaltet.

Die schaltungstechnische Realisierung der Steuerschaltung zeigt Bild 2.9. Zur Überwachung des Betriebes werden die Kontrollsignale RTS, CTS und DCD jeweils durch Leuchtdioden angezeigt. Zur Erzeugung der Zeitverzögerungen werden kapazitiv mitgekoppelte nicht invertierende CMOS-Gatter verwendet. Mit dieser Beschaltung kann die Ausgangsspannung erst dann wechseln, wenn der Rückkopplungskondensator durch den Eingangsstrom auf die Transferspannung des Tores umgeladen wurde. Zur Fernsteuerung des Bandgerätes wird dessen positive Speisespannung, mit einem Transistorschalter gesteuert, durch das Kontrollsignal REM ein- und ausgeschaltet. Damit trotzdem noch eine manuelle Bedienung möglich ist (zur Positionierung des Bandes), kann die Fernsteuerung mit dem Schalter S_1 überbrückt werden.

2.5 Datentaktgenerator

Wie im Abschnitt 2.3 besprochen und aus der Blockschaltung von Bild 2.6 ersichtlich, muss dem Sender- und Empfängerteil des ACIA der Datentakt von einem freilaufenden Oszillator zugeführt werden. Damit im Empfängerteil die automatische Synchronisation auf das Startbit jedes Wortes durchgeführt werden kann, muss dem Baustein

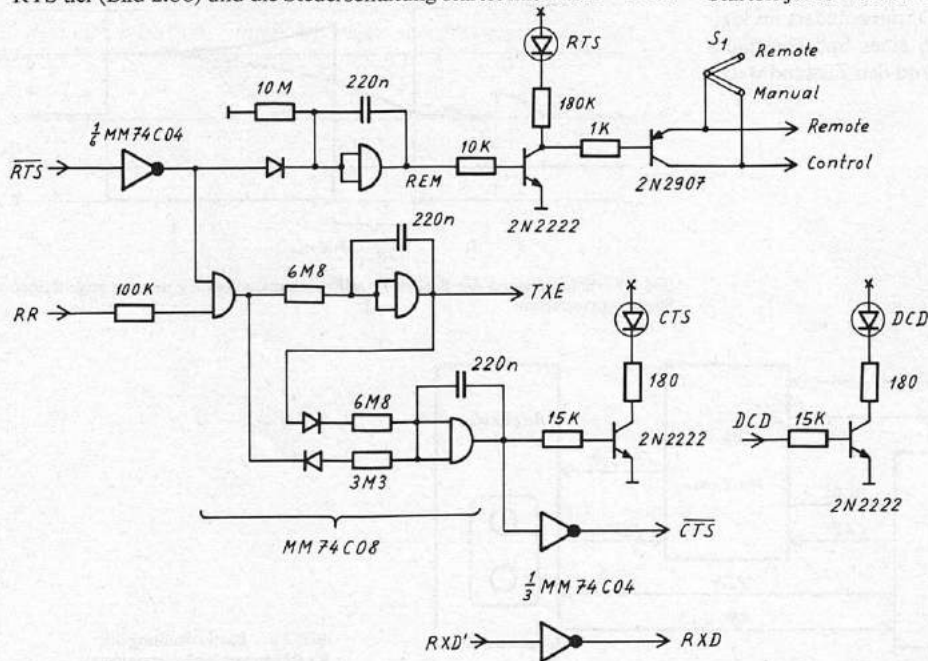


Bild 2.9 Schaltschema der Steuerschaltung

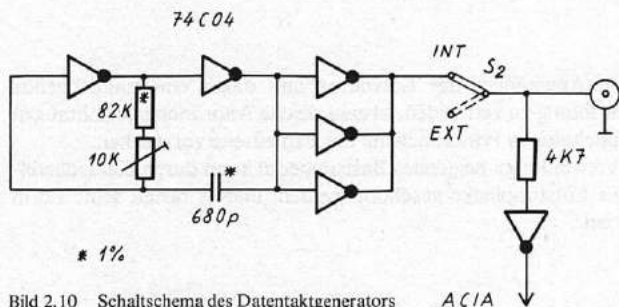


Bild 2.10 Schaltschema des Datentaktgenerators

die sechzehnfache Bitfrequenz zugeführt werden. Die notwendige Teilung findet intern statt. Bei einer Datenrate von 600 bps somit 9,6 kHz. Das Taktsignal wird mit einem einfachen astabilen Multivibrator mit zwei CMOS-Invertoren erzeugt. Die Stabilität ist vollauf genügend, wenn als passive Elemente Präzisionstypen (1%) verwendet werden; die Schaltung zeigt Bild 2.10. Die überzähligen Inverter der Packung werden zusätzlich als Puffer verwendet, das Taktsignal kann an einer Buchse abgenommen werden oder in der Stellung EXT des Taktquellenumschalters S_2 über den gleichen Anschluss extern zugeführt werden.

3. Aufbau

Den Aufbau des vollständigen Kassettenspeicherinterfaces zeigt Bild 3.1. Das Gerät ist als Standardeinschub von 30 mm Breite im MC-6800-Mikroprozessorsystem des Institutes für Elektronik der ETHZ konzipiert und auf zwei Schaltungsplatten aufgebaut. Die die Verbindung mit dem Prozessorbus herstellende Hauptplatte trägt das ACIA, den Adressdecoder (das Interface belegt im System die Adressen BFOE/F) und den Datentaktgenerator. Die zweite, auf dieser über Distanzbolzen aufgeschraubte Platte, umfasst das FSK-Modem [1] und die Steuerschaltung. Auf der Frontplatte sind von oben nach unten die Anzeigeleuchtdioden der Kontrollsignale, der Überbrückungsschalter für die Fernsteuerung (S_1), das Trimpotentiometer zum Abgleich des Datentaktgenerators, der Datentaktumschalter (S_2) mit der Datentaktbuchse und der 6polige DIN-Anschluss für das Bandgerät angeordnet. Der ganze Einschub benötigt als Speisespannung nur 5 V, die Stromaufnahme liegt bei 50 mA.

4. Betriebserfahrungen

Seit knapp einem Jahr sind am Institut vier Kassettengeräte mit dem beschriebenen Interface und FSK-Modem im Einsatz und werden sowohl von den Assistenten wie auch von den Studenten als zurzeit einziges Mittel zur Speicherung von Mikroprozessorprogrammen rege benützt (Lochstreifen gibt es keine!). Für die Aufzeichnung werden ausschliesslich normale Kassetten mit LH-Band aus dem Unterhaltungselektronik-Angebot verwendet. Die Bedienung hat sich in Verbindung mit der dazu entwickelten Software als zweckmässig, sicher und einfach erwiesen. Besonders geschätzt wird die Möglichkeit, zwischen den einzelnen Datenaufzeichnungen Kommentare aufzusprechen. Diese erleichtern die spätere Identifikation ausserordentlich und können zudem auch noch gerade die notwendigen Erklärungen für die Anwendung der einzelnen Programme enthalten. Dank der beim verwendeten Kassettengerät (Sanyo 2502) vorhandenen Mithörmöglichkeit beim schnellen Umspulen und mit Hilfe des Bandzählwerks ist ein gewünschtes Programm sehr rasch gefunden. Eine genaue Positionierung an den Datenanfang ist, wie beschrieben, nicht notwendig. Zudem wird softwaremässig die gewünschte Aufzeichnung anhand

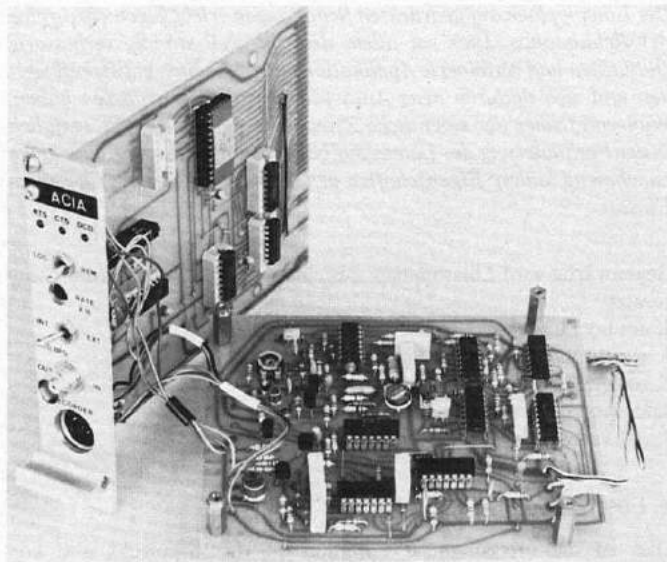


Bild 3.1 Aufbau des Kassettenspeicherinterfaces mit Steuerschaltung und FSK-Modem

einer Identifikationsnummer am Anfang erkannt. Dadurch kann die Kassette auch nur auf den Anfang positioniert werden, der Prozessor wartet automatisch das Erscheinen der gewünschten Aufzeichnung ab. Bei der Wiedergabe wird für jedes Wort eine Paritätskontrolle (Paritybit) durchgeführt, wodurch Übertragungsfehler mit grosser Wahrscheinlichkeit erkannt werden und ein erneuter Lesevorgang eingeleitet werden kann. Um bei der Aufnahme sicherzugehen, dass die Daten richtig aufgezeichnet werden, kann durch einen Kontrollesevorgang ein unmittelbarer, direkter softwaregesteuerter Vergleich der wiedergegebenen Daten mit dem Original im Speicher durchgeführt werden. Damit ist ein sehr weitgehender Fehlerschutz gegeben.

Dank der seriösen Konzeption und Realisierung des Speichersystems, bei welcher keinerlei Konzessionen zugunsten zweifelhafter Vereinfachungen eingegangen wurden, konnte im praktischen Betrieb eine überraschende Zuverlässigkeit erreicht werden: Während der ganzen bisherigen Betriebszeit wurden überhaupt keine Übertragungsfehler festgestellt! Die besonderen Qualitäten des Systems vermag auch die folgende «Story» zu illustrieren: Anlässlich eines Besuches bei einem Importeur fernöstlicher Kassettenspeicher der unteren Preisklasse wurde dem Autor ein Gerät geschenkt, welches trotz Reparatur nicht mehr einwandfrei funktionierte. Die Sprachqualität ist denn auch gerade noch als verständlich zu bezeichnen, die Datenspeicherung dagegen funktioniert seit über einem Jahr fehlerfrei.

Selbstverständlich ist das beschriebene Kassettenspeichersystem erst in Verbindung mit zugehörigen Betriebsprogrammen praktisch einsetzbar. Dieses Thema wird in einem folgenden Aufsatz noch zu behandeln sein.

Literaturverzeichnis

- [1] R. Zinniker, Ein einfaches FSK-Modem zur Datenspeicherung auf Audio-Kassettenrecordern, *Elektroniker* 16, Nr. 1, Januar 1977.
- [2] R. Best, Theorie und Anwendung des «Phase-locked Loops», *Elektroniker* ab Heft 6/1975 bis Heft 12/1976, auch als Buch im Verlag Aargauer Tagblatt, CH-5001 Aarau, erschienen.
- [3] Unterhaltungselektronik Testjahrbuch 1976, Hudson Fachpresse, CH-9403 Goldach.
- [4] Motorola Semiconductor Inc, M 6800 Systems Reference and Data Sheets.
- [5] Motorola Semiconductor Inc, M 6800 Microprocessor Applications Manual, Motorola Inc 1975.
- [6] T. Tarnoczy, Energiespektrum der Sprache, *Acustica* 24, Nr. 2, Februar 1971.