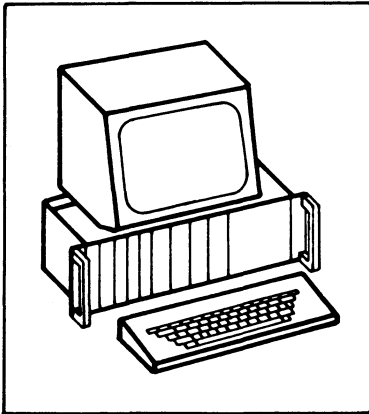


FACHPRAKTISCHE ÜBUNG MIKROCOMPUTER-TECHNIK



Kassetten-Interface

BFZ/MFA 4.4.a



Diese Übung ist Bestandteil eines Mediensystems, das im Rahmen eines vom Bundesminister für Bildung und Wissenschaft, vom Bundesminister für Forschung und Technologie sowie der Bundesanstalt für Arbeit geförderten Modellversuches zum Einsatz der "Mikrocomputer-Technik in der Facharbeiterausbildung" vom BFZ-Essen e.V. entwickelt wurde.

Kassetten-Interface

1. Einleitung

Jeder Mikrocomputer enthält neben dem Prozessor und dem Speicher Ein- und Ausgabeeinheiten, über die der Datenverkehr mit Geräten außerhalb des Mikrocomputers stattfindet. Häufig bezeichnet man Ein- und Ausgabeeinheiten als "Eingabe- bzw. Ausgabe-Ports" oder als "Eingabe- bzw. Ausgabeschnittstellen" und die Geräte außerhalb des Mikrocomputers als "Peripheriegeräte".

Ein häufig verwendetes Peripheriegerät des Mikrocomputers ist ein Kassetten-Recorder zur externen Datenspeicherung. Zu seinem Anschluß an einen Computer ist ein "Kassetten-Interface" erforderlich.

In dieser Übung wird ein Kassetten-Interface beschrieben, das nach dem "FSK-Verfahren" (Frequency-Shift-Keying, Frequenzumtastung) arbeitet. Bild 1 zeigt das Prinzip dieses Verfahrens, das "FSK-Modulation" genannt wird.

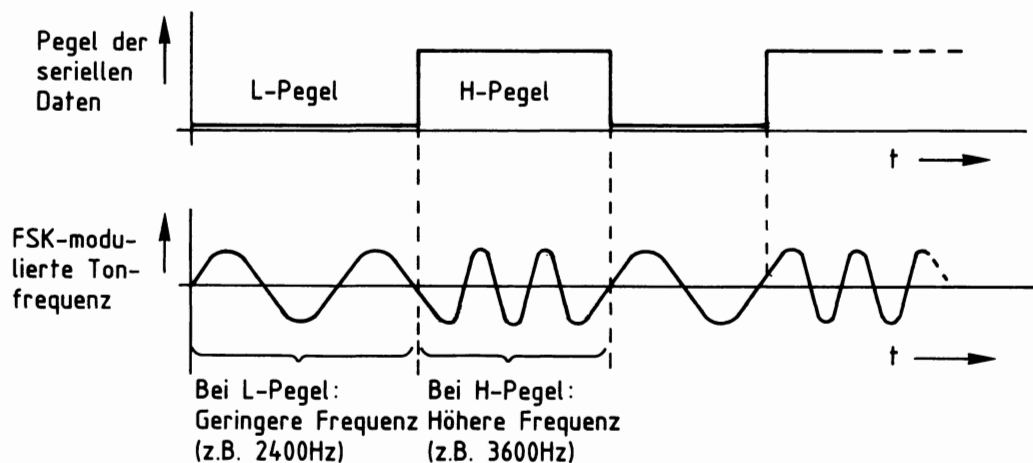


Bild 1: Prinzip der FSK-Modulation

Beim FSK-Verfahren nimmt eine Tonfrequenz in Abhängigkeit des Datenpegels zwei verschiedene Werte an. Im BFZ/MFA-Kassetten-Interface entspricht L-Signal einer Frequenz von 2400 Hz und H-Signal einer Frequenz von 3600 Hz. Diese Tonfrequenzen können von einem Kassetten-Recorder aufgezeichnet und von ihm auch wiedergegeben werden.

Vor der Behandlung von Einzelheiten wird zunächst das Prinzip von Datenspeicherung und Datenwiedergabe mit Hilfe eines Kassetten-Recorders erläutert.

Kassetten-Interface

2. Das Prinzip der Datenspeicherung mit Hilfe eines Kassetten-Recorders

Bei der Datenspeicherung arbeitet der Kassetten-Recorder in der Betriebsart "Aufnahme". Hierzu ist der in Bild 2 gezeigte Aufbau erforderlich.

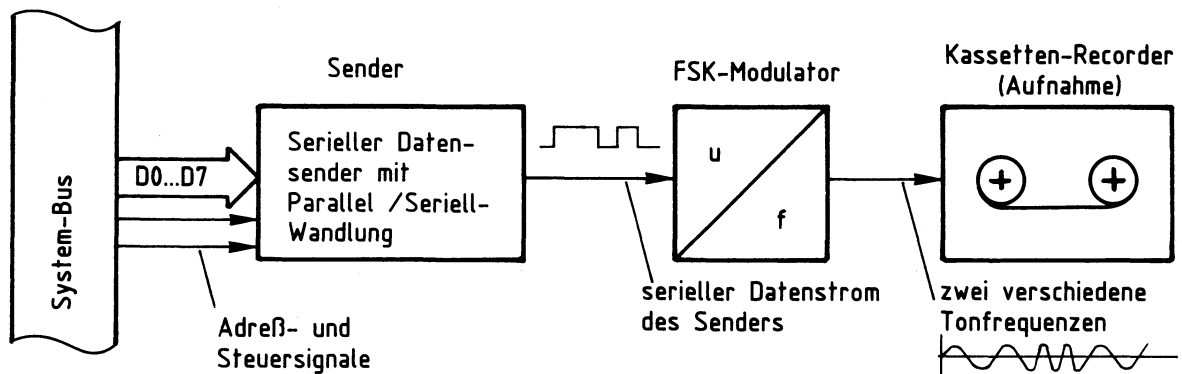


Bild 2: Prinzip der Datenspeicherung auf einem Kassetten-Recorder

Die zu speichernden Daten gelangen vom Systembus zu einem Datensender, der die parallelen Daten des Mikrocomputers in einen seriellen Datenstrom umwandelt (Bild 2). Außerdem fügt der Sender die zur seriellen Datenübertragung erforderlichen Start- und Stopbits in den Datenstrom ein.

Dem Sender nachgeschaltet ist ein FSK-Modulator, der einen Tongenerator besitzt, dessen Frequenz -abhängig vom logischen Pegel der gesendeten Bits- auf zwei verschiedene Werte umgeschaltet (umgetastet) wird.

Bild 3 zeigt, welche Stufen beim Einlesen von gespeicherten Daten erforderlich sind. Der Kassetten-Recorder arbeitet hierbei in der Betriebsart "Wiedergabe".

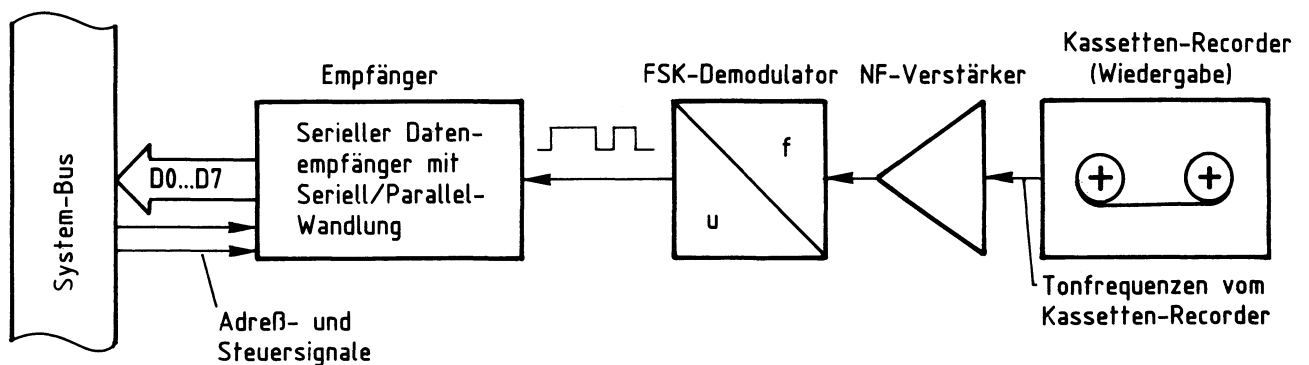


Bild 3: Prinzip der Datenwiedergabe von einem Kassetten-Recorder

Kassetten-Interface

Die vom Kassetten-Recorder gelieferten Tonsignale werden zunächst verstärkt (Bild 3). Der anschließende FSK-Demodulator gibt an seinem Ausgang L-Pegel ab, wenn die empfangene Frequenz geringer als 3000 Hz ist. Oberhalb von 3000 Hz liefert er H-Pegel. Im Empfänger werden die seriellen Daten wieder in die parallele Form gewandelt und von Start- und Stop-Bits befreit. Die empfangenen Daten gelangen auf den Systembus des Mikrocomputers.

3. Blockschaltbild, Aufbau und Wirkungsweise des Kassetten-Interfaces

Bild 4 zeigt das Blockschaltbild des Kassetten-Interfaces. Serieller Sender, Empfänger und die erforderliche Steuerlogik befinden sich im Teil "Programmierbare Serienschnittstelle", deren Erklärung auf die Anwendung im Kassetten-Interface beschränkt wird. Darüber hinausgehende Einzelheiten und Grundlagen der seriellen Datenübertragung sind in der Fachpraktischen Übung BFZ/MFA 4.4. "Programmierbare Serienschnittstelle" beschrieben.

FSK-Modulator, -Demodulator und NF-Verstärker des Kassetten-Interfaces sind zusammen auf einer Leiterplatte aufgebaut, die häufig als "FSK-Modem" (FSK-Modulator/Demodulator) bezeichnet wird. Das Modem selbst ist eine Zusatzplatine der programmierbaren Serienschnittstelle. Beide Einheiten zusammen bilden das Kassetten-Interface.

Serieller Datensender und -empfänger werden durch den Schnittstellenbaustein 8251 gebildet (Bild 4). Die Bezeichnung "USART" ist eine Abkürzung der Begriffe "Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter". Dies bedeutet "Universal synchroner/asynchroner Empfänger und Sender" (engl. "Receiver" = Empfänger, "Transmitter" = Sender).

Darüber hinaus enthält die programmierbare Serienschnittstelle einen Adreßvergleichler und einen Baudratenteiler. Vor der Behandlung dieser Schaltungsteile wird zunächst die Wirkungsweise der Serienschnittstelle anhand des Blockschaltbildes kurz erklärt.

Die Datenanschlüsse des 8251 sind mit den Datenleitungen D0 bis D7 des Systembusses verbunden (Bild 4). Sie führen über den Datenbus-Puffer zum internen Datenbus des Bausteins, an den insgesamt fünf Register mit folgenden Funktionen angeschlossen sind:

Das Betriebsarten- und das Kommandoregister bestimmen gemeinsam die Funktion des seriellen Schnittstellenbausteins. Durch "Programmierung", womit das Einschreiben bestimmter Steuerworte in diese Register gemeint ist, wird die Betriebsart festgelegt.

Kassetten-Interface

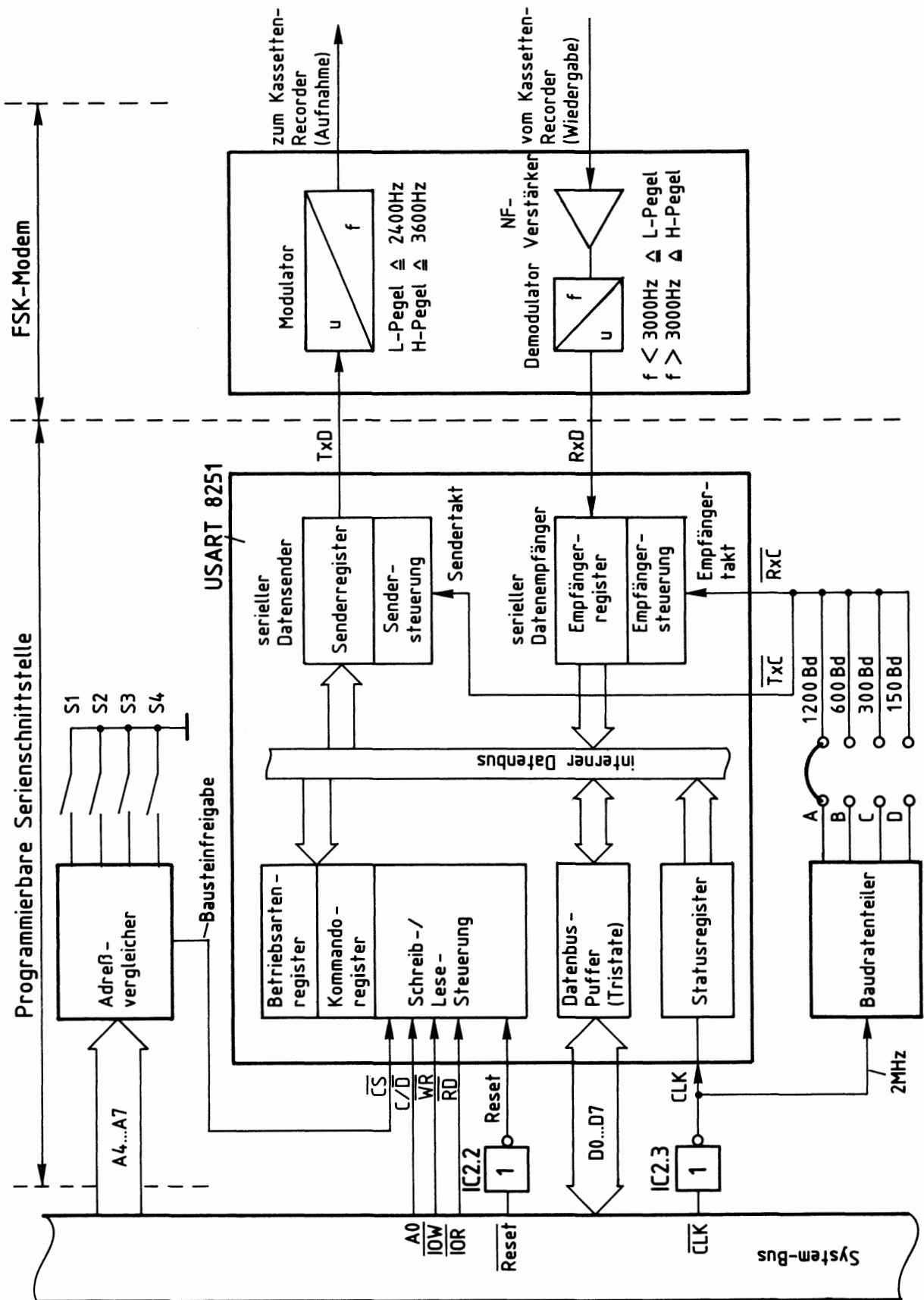


Bild 4: Blockschaltbild der Baugruppe Kassetten-Interface

Kassetten-Interface

Diese "Initialisierung" der seriellen Schnittstelle zum Betrieb als Kassetten-Interface erfolgt durch das Betriebssystem MAT 85 automatisch beim Einschalten des Gerätes.

Das Senderregister gehört zum seriellen Datensender und erhält die seriell auszugebenden Daten in paralleler Form über den Datenbus-Puffer und den internen Datenbus. Innerhalb des Datensenders werden Start- und Stopbits in den Datenstrom eingefügt, der am Anschluß "TxD" (Transmitter-Data) seriell als eine Folge von H/L-Signalen ausgegeben wird. Der Datensender führt die erforderliche Parallel-/Seriell-Wandlung mit Hilfe des vom Baudratenteiler stammenden Sendertaktes " $\overline{\text{TxC}}$ " (Transmitter-Clock) durch. Die Ausgangsspannung des Modulators ist sinusförmig.

Das Empfängerregister kann am Anschluß "RxD" (Receiver-Data) einen seriellen Datenstrom empfangen. Er stammt vom Demodulator, der aus den Signalen des Kassetten-Recorders in Abhängigkeit der Frequenz H- oder L-Pegel erzeugt. Innerhalb des Datenempfängers findet die Seriell-/Parallel-Wandlung der empfangenen Daten statt, wobei alle zusätzlichen Bits (z.B. Start- und Stopbits) aus dem empfangenen Signal entfernt werden. Vom Baudratenteiler erhält die Empfängersteuerung den Empfängertakt " $\overline{\text{RxC}}$ " (Receiver-Clock), der gleich dem Sendertakt ist.

Das Statusregister (Status = Zustand) erhält sowohl vom seriellen Datensender als auch vom seriellen Datenempfänger Informationen über den Zustand dieser Einheiten. Beispiele hierfür sind Meldungen wie "Senderregister leer" und "Empfängerregister hat Zeichen empfangen". Der Prozessor kann das Statusregister lesen und erkennt hierdurch, ob er ein neues Zeichen zur seriellen Ausgabe an die Baugruppe ausgeben kann oder ob ein seriell empfangenes Zeichen vorliegt und eingelesen werden muß.

Die Auswahl der einzelnen Register beim Datenverkehr mit der CPU erfolgt mit Hilfe der Bausteinanschlüsse " $\overline{\text{C/D}}$ ", " $\overline{\text{WR}}$ " und " $\overline{\text{RD}}$ ", auf die später noch eingegangen wird.

Damit der serielle Schnittstellenbaustein Daten vom Prozessor erhalten oder an ihn abgeben kann, muß der Anschluß " $\overline{\text{CS}}$ " (Chip-Select) über die Leitung "Bausteinfreigabe" L-Signal erhalten (Bild 4). Es stammt vom "Adreßvergleicher" und wird nur abgegeben, wenn die Baugruppe vom Prozessor "angesprochen" wird, d.h., wenn die Bitkombination der Adreßleitungen A4 bis A7 gleich ist mit der Bitkombination, die mit den Schaltern S1 bis S4 eingestellt wurde (Baugruppennummer).

Kassetten-Interface

Zur zeitlichen Steuerung der internen Vorgänge besitzt der Baustein 8251 die drei Taktanschlüsse " $\overline{\text{RxC}}$ ", " $\overline{\text{TxC}}$ " und "CLK" (Bild 4). " $\overline{\text{RxC}}$ " und " $\overline{\text{TxC}}$ " bestimmen die sender- bzw. empfängerseitige Datenübertragungsrate (Baudrate). Hierzu wird der 2-MHz-Systemtakt einem Baudratenteiler zugeführt, der Baudraten von 1200 Bd, 600 Bd, 300 Bd und 150 Bd ermöglicht.

An "CLK" ist ein Taktsignal erforderlich, dessen Frequenz wesentlich höher ist als die höchste Ausgangsfrequenz des Baudratenteilers. Hierzu eignet sich der 2-MHz-Systemtakt, der durch IC2.3 invertiert auf den CLK-Anschluß geführt wird. Diese Invertierung soll das $\overline{\text{CLK}}$ -Signal lediglich auffrischen.

IC2.2 invertiert das L-aktive $\overline{\text{Reset}}$ -Signal des Systembusses, da der Schnittstellenbaustein 8251 einen H-aktiven Reset-Eingang besitzt. Nach jedem Reset muß der Baustein neu programmiert werden. Dies geschieht selbständig durch das Betriebssystem.

3.1. Steuerregister und Datenregister

Vergleicht man die Register des Bausteins 8251 miteinander, so kann zwischen "Steuerregistern" (engl. "Control-Register") und "Datenregistern" unterschieden werden. In einige der Register kann der Prozessor Daten einschreiben, andere dagegen nur lesen. Bild 5 zeigt die Aufteilung der Register in diese Gruppen und die erforderlichen Steuersignale zu ihrer Ansteuerung.

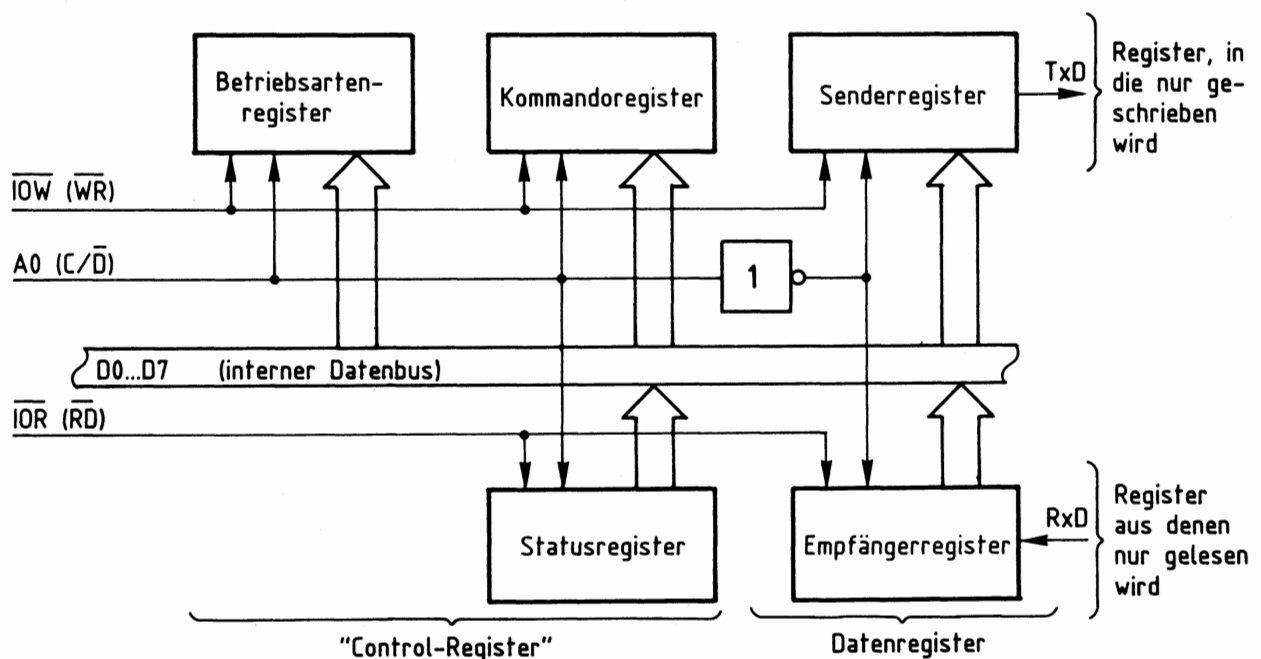


Bild 5: Aufteilung der Register in Gruppen

Kassetten-Interface

Zur Unterscheidung der Gruppen "Control-" und "Datenregister" dient der Bausteinanschluß "C/D": Führt C/D H-Pegel, sind die Control-Register, bei L-Pegel die Datenregister ausgewählt. Aus Bild 5 geht ebenfalls hervor, welche Register vom Prozessor gelesen und welche mit Daten beschrieben werden können: Status- und Empfängerregister können nur gelesen, Betriebsarten-, Kommando- und Senderregister nur beschrieben werden.

Mit Hilfe der L-aktiven Steuerleitung " \overline{IOW} ", die mit dem Bausteinanschluß " \overline{WR} " verbunden ist, schreibt der Prozessor Datenwerte in den Baustein ein. Zur Unterscheidung, ob bei einem Schreibvorgang das Senderregister (mit den seriell auszugebenden Daten) oder das Betriebsarten- bzw. Kommandoregister (mit Steuerworten) beschrieben wird, dient der Bausteinanschluß C/D (Control/Data), der mit der Adreßleitung A0 verbunden ist. Bei L-Signal an C/D (entspricht "Data") gelangen die vom Prozessor ausgegebenen Datenworte in das Senderregister. Liegt bei einem Schreibvorgang am Anschluß C/D jedoch H-Pegel vor (entspricht "Control"), wird entweder das Betriebsarten- oder das Kommandoregister mit einem Steuerwort beschrieben. Diesen Vorgang nennt man "Initialisieren" des Schnittstellenbausteins.

Bedingt durch die Vielzahl der Programmiermöglichkeiten besitzt der 8251 nicht nur ein, sondern zwei Register zur Betriebsartenprogrammierung. Die Unterscheidung, ob das ausgegebene Steuerwort in das Betriebsartenregister oder in das Kommandoregister gelangt, erfolgt nicht durch die Schaltung, sondern durch folgende Festlegung: Nach einem Kaltstart des Mikrocomputers (Einschalten oder "Reset") wird das erste Initialisierungsbyte stets in das Betriebsartenregister geschrieben. Das zweite Steuerbyte gelangt in das Kommandoregister. Beide Register werden dabei unter der gleichen Adresse angesprochen. Die Programmierung des Schnittstellenbausteins für den Betrieb als Kassetten-Interface ist in einem eigenen Kapitel beschrieben.

Mit Hilfe der L-aktiven Steuerleitung " \overline{IOR} ", die mit dem Bausteinanschluß " \overline{RD} " verbunden ist, löst der Prozessor das Lesen von Daten aus dem Schnittstellenbaustein aus (Bild 5). Der Signalzustand des Anschlusses C/D bestimmt dabei, welches Register gelesen wird: Bei H-Pegel an C/D (entspricht "Control") gelangt der Inhalt des Statusregisters auf den Datenbus, bei L-Pegel (entspricht "Data") der des Empfängerregisters.

Kassetten-Interface

3.2. Der Adreßvergleichler und die Baugruppennummer

Der Mikroprozessor steuert die Baugruppe "Kassetten-Interface" wie jede andere Ein- und Ausgabe-Einheit an. Da immer nur eine einzige Einheit aktiviert sein darf, müssen alle im System vorhandenen Ein- und Ausgabe-Einheiten unterschiedliche Baugruppennummern besitzen. Aus diesem Grund ist die Baugruppennummer der Baugruppe "Kassetten-Interface" mit Hilfe von Schaltern einstellbar. Ein Adreßvergleichler übernimmt die Aufgabe, die Baugruppe nur dann zu aktivieren, wenn der Prozessor diejenige Adresse aussendet, die der eingestellten Baugruppennummer entspricht. Bild 6 zeigt die Schaltung des Adreßvergleichers.

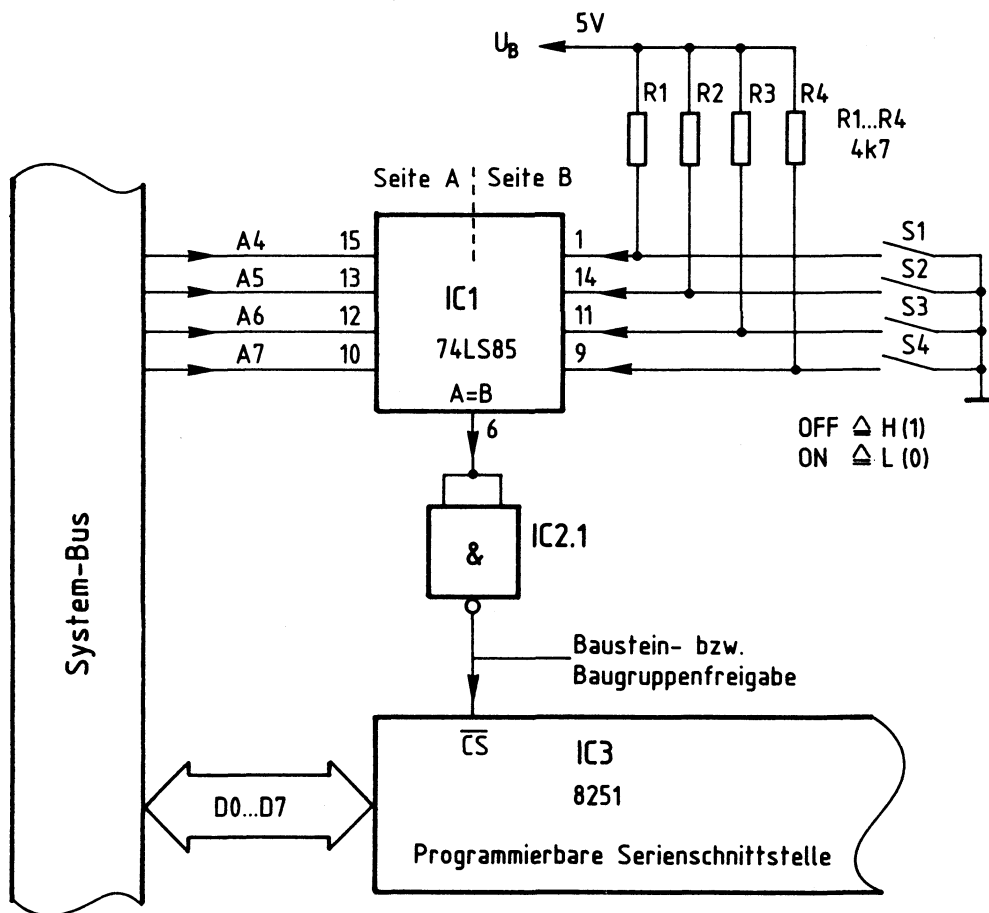


Bild 6: Baugruppenadresse, Bausteinfreigabe

Kassetten-Interface

Nur wenn die Bitkombination auf den Adreßleitungen A4 bis A7 der mit den Schaltern S1 bis S4 eingestellten Bitkombination entspricht, gibt der 4-Bit-Vergleicher IC1 an seinem Ausgang "A=B" ein H-Signal ab (Bild 6). Da der serielle Schnittstellenbaustein 8251 (IC3) zur Aktivierung jedoch ein L-Signal benötigt, wird das Ausgangssignal von IC1 durch IC2.1 invertiert. Die Baugruppe kann nun Daten empfangen oder an den Prozessor abgeben.

Der Prozessor gibt stets eine vollständige 8-Bit-Adresse an A0 bis A7 aus, wenn er eine Ein- oder Ausgabe-Einheit anspricht. Beim hier vorgenommenen Adreßvergleich werden jedoch die Adreßleitungen A0 bis A3 nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund steht nicht der volle Adreßbereich von 00H bis FFH mit 256 verschiedenen Adreßwerten zur Verfügung, sondern mit den Schaltern S1 bis S4 können lediglich 16 verschiedene Signalzustände (Bausteinadressen) eingestellt werden. Da diese Schalter den vier höherwertigen Adreß-Bits A4 bis A7 zugeordnet sind, kann die Baugruppennummer nur die hexadezimalen Werte von 0X bis FX annehmen. "X" steht hier für die vier niederwertigen Adreß-Bits A0 bis A3, die beim Adreßvergleich nicht benutzt werden. Die Tabelle in Bild 7 zeigt die Bildung der möglichen Baugruppennummern.

A7 (S4)	A6 (S3)	A5 (S2)	A4 (S1)	A3 A2 A1 A0 - unberücksichtigt -				HEX- Adresse
0	0	0	0	—	—	—	—	0 X
0	0	0	1	—	—	—	—	1 X
0	0	1	0	—	—	—	—	2 X
0	0	1	1	—	—	—	—	3 X
0	1	0	0	—	—	—	—	4 X
~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~								
1	0	1	1	—	—	—	—	B X
1	1	0	0	—	—	—	—	C X
1	1	0	1	—	—	—	—	D X
1	1	1	0	—	—	—	—	E X
1	1	1	1	—	—	—	—	F X

Bild 7: Bildung der Baugruppennummern der Baugruppe "Kassetten-Interface"

Kassetten-Interface

Im fachpraktischen Teil dieser Übung werden die Adreßschalter bei der Inbetriebnahme der Baugruppe folgendermaßen eingestellt:

S4 (A7)	S3 (A6)	S2 (A5)	S1 (A4)
OFF	OFF	OFF	OFF
1	1	1	1

Hierdurch ergibt sich die Baugruppennummer "FXH". Prinzipiell kann jede der 16 möglichen Baugruppennummern verwendet werden. Es ist aber darauf zu achten, daß sämtliche Ein- oder Ausgabe-Baugruppen eines Mikrocomputer-Systems unterschiedliche Adressen besitzen, da es anderenfalls zu Schäden am Gerät kommen kann.

3.3. Adressierung und Schreib-/Lesesteuerung

Die folgende Tabelle (Bild 8) zeigt die Zusammenhänge der Adressierung und der Schreib-/Lesesteuerung bei der Baugruppe "Kassetten-Interface". Dabei wird von der Baugruppennummer "FXH" ausgegangen.

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0 (C/ \bar{D})	\overline{IOW} (\overline{WR})	\overline{IOR} (\overline{RD})	Betriebszustand Nr.
1	1	1	1	X	X	X	X	1	1	1 (nicht aktiv)
1	1	1	1	X	X	X	0	0	1	2 (Prozessor schreibt Daten in das Senderregister)
1	1	1	1	X	X	X	1	0	1	3 (Prozessor schreibt Daten in das Betriebsarten- oder Kommando register)
1	1	1	1	X	X	X	0	1	0	4 (Prozessor liest Daten aus dem Empfängerregister)
1	1	1	1	X	X	X	1	1	0	5 (Prozessor liest das Statusregister)

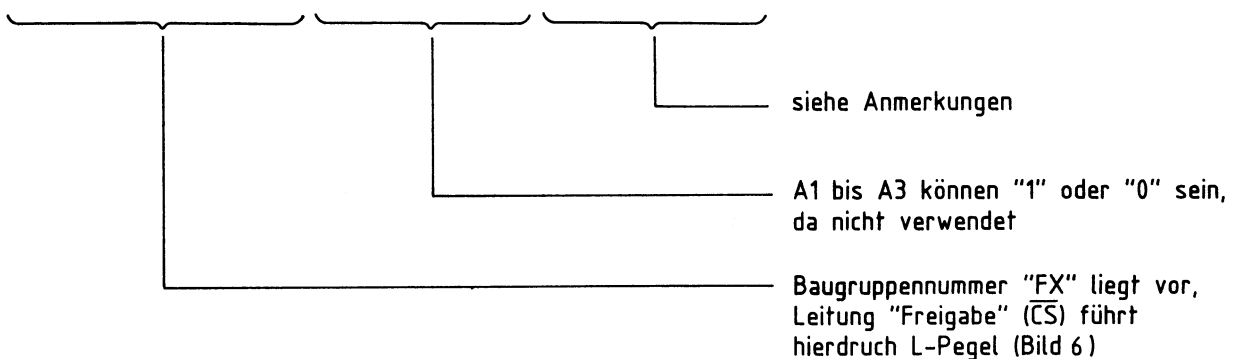


Bild 8: Adressierung und Schreib-/Lesesteuerung

Kassetten-Interface

Die Adreßleitungen A4 bis A7 besitzen die in Bild 8 angegebenen Signalzustände, die der Baugruppennummer "FXH" entsprechen. Der serielle Schnittstellenbaustein 8251 erhält am Anschluß \overline{CS} L-Pegel und ist freigegeben. Da die Adreßleitungen A1 bis A3 nicht angeschlossen sind, kann ihr logischer Pegel "1" oder "0" sein. Dies wird in der Tabelle durch die Bezeichnung "X" ausgedrückt.

Zum Betriebszustand 1 (Bild 8):

Da die Schreibleitung " \overline{IOW} " und die Leseleitung " \overline{IOR} " H-Pegel (1-Signal) führen, werden weder Daten in die Baugruppe geschrieben, noch werden Daten der Baugruppe gelesen. Der Signalzustand der Adreßleitung A0 ist daher beliebig. In diesem Betriebszustand verhält sich das "Kassetten-Interface" passiv. Dennoch muß dieser Fall beachtet werden, da er immer auftritt, wenn der Prozessor eine Speicherzeile mit der Adresse XXFXH anspricht.

Zum Betriebszustand 2 (Bild 8):

Der Prozessor steuert die Schreibleitung " \overline{IOW} " auf L-Pegel. In diesem Betriebszustand schreibt er Daten in die Baugruppe. Da die Adreßleitung A0 (bzw. der Anschluß C/ \overline{D}) L-Pegel aufweist, werden die Daten in das Senderregister geschrieben (siehe auch Bild 5). Wegen der nicht benutzten Adreßleitungen A1 bis A3 kann das Senderregister unter folgenden Adressen angesprochen werden: FOH, F2H, F4H, F6H, F8H, FAH, FCH und FEH. Diese Mehrfachadressierung ist durch die einfache Schaltung bedingt, die nicht alle Adreßleitungen zur Adreßbildung verwendet. Von den acht Adreßmöglichkeiten wird in dieser Übung der Wert "FOH" verwendet, um Daten an das Senderregister auszugeben.

Zum Betriebszustand 3 (Bild 8):

Die Schreibleitung " \overline{IOW} " führt weiterhin L-Pegel, aber die Adreßleitung A0 hat H-Pegel. Da bei H-Pegel an A0 eines der Control-Register angesprochen wird, gelangen die Prozessordaten jetzt als Steuerworte in das Betriebsarten- oder das Kommandoregister (Bild 5). Die Initialisierung der seriellen Schnittstelle kann unter folgenden Adressen erfolgen: F1H, F3H, F5H, F7H, F9H, FBH, FDH und FFH. In dieser Übung wird davon der Wert "F1H" verwendet.

Beachtet werden muß, daß beide Control-Register Steuerworte erhalten müssen, bevor der Baustein betriebsbereit ist. Hierbei ist festgelegt, daß zuerst das Betriebsarten- und danach das Kommandoregister beschrieben wird. Da die erforderliche Initialisierung durch das Betriebssystem MAT 85 erfolgt, braucht hierauf nicht weiter eingegangen zu werden.

Kassetten-Interface

Zum Betriebszustand 4 (Bild 8):

" \overline{IOW} " liegt wieder auf H-Pegel, aber die Leseleitung " \overline{IOR} " führt L-Pegel. Da die Adreßleitung A0 ebenfalls L-Pegel besitzt, werden in diesem Fall vom Prozessor die Daten des Empfängerregisters gelesen (siehe auch Bild 5). Das Lesen der Daten ist unter den gleichen Adressen wie im Betriebszustand 2 möglich und erfolgt in dieser Übung unter der Adresse "FOH".

Zum Betriebszustand 5 (Bild 8):

" \overline{IOR} " führt weiterhin L-Pegel, aber A0 hat H-Pegel angenommen. In diesem Betriebszustand wird vom Prozessor das Statusregister des Schnittstellenbausteins gelesen. Dies kann wieder unter 8 verschiedenen Adressen erfolgen (wie im Betriebszustand 3). In dieser Übung wird davon der Wert "F1H" verwendet.

" \overline{IOW} " und " \overline{IOR} " haben nie zusammen L-Pegel. Liegt eine andere Adresse als die gewählte Baugruppennummer vor, ist das "Kassetten-Interface" nicht aktiv (wie im Betriebszustand 1).

3.4. Der Baudratenteiler

Das an den Anschlüssen \overline{RxC} und \overline{TxC} des Schnittstellenbausteins angeschlossene TTL-Rechtecksignal bestimmt durch seine Frequenz die Datenübertragungsrate ("Baudrate") der seriellen Datenübertragung. Für vier unterschiedliche Baudraten werden die erforderlichen Taktfrequenzen aus dem 2-MHz-Systemtakt gewonnen. Hierzu dienen mehrere Frequenzteilerstufen. Bild 9 zeigt den Aufbau des Baudratenteilers und gibt die möglichen Ausgangsfrequenzen an.

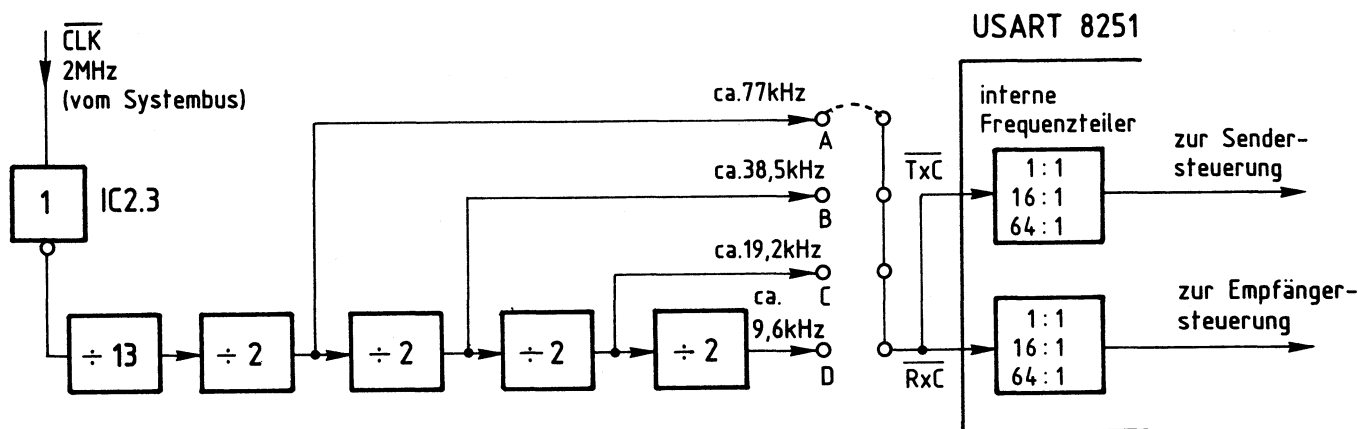


Bild 9: Aufbau des Baudratenteilers

Kassetten-Interface

Der Baudratenteiler besteht aus einem 13:1-Frequenzteiler und vier nachgeschalteten 2:1-Teilerstufen (Bild 9). Angesteuert wird er durch den von IC2.3 "aufgefrischten" 2-MHz-Systemtakt. An den vier Ausgängen A, B, C und D treten die angegebenen Frequenzwerte auf. Jeweils eines dieser Signale wird durch eine Lötbrücke auf die miteinander verbundenen Takteingänge \overline{RxC} und \overline{TxC} des seriellen Schnittstellenbausteins geschaltet. Beachtet werden muß, daß immer nur eine einzige Lötbrücke vorhanden sein darf.

Innerhalb des Schnittstellenbausteins befinden sich hinter den Takteingängen \overline{RxC} und \overline{TxC} zusätzliche Frequenzteilerstufen (in Bild 4 nicht eingezeichnet), deren Teilungsraten durch die Initialisierung auf die Werte 1:1, 16:1 und 64:1 programmierbar sind. Beim Einsatz als Kassetten-Interface wird durch das Betriebssystem MAT 85 ein Teilverhältnis von 64:1 programmiert. Hieraus ergeben sich die in Bild 10 aufgeführten möglichen Baudraten des Kassetten-Interfaces.

Lötbrücke bei ...	Frequenzen an \overline{RxC} und \overline{TxC}	Baudraten bei einem internen Teilverhältnis von ...	
		16 : 1	64 : 1
A	ca. 77 kHz	4800 Bd	1200 Bd
B	ca. 38,5 kHz	2400 Bd	600 Bd
C	ca. 19,2 kHz	1200 Bd	300 Bd
D	ca. 9,6 kHz	600 Bd	150 Bd

Bild 10: Mögliche Baudraten des Kassetten-Interfaces

4. Der Modulator des Kassetten-Interfaces

Bild 11 zeigt den Blockaufbau des Modulators. Er besteht aus den Funktionseinheiten "Frequenzumtastung", "Dreieckgenerator" und "Dreieck/Sinus-Wandler". Der Modulator arbeitet nach folgendem Prinzip: Die Frequenz des Dreieckgenerators wird durch die seriellen Daten zwischen 2400 Hz und 3600 Hz umgetastet. Hierzu dient der Block "Frequenzumtastung". Dem Dreieckgenerator nachgeschaltet ist ein Dreieck/Sinus-Wandler, der die Ausgangsspannung des Modulators in eine annähernde Sinusform bringt. Diese kann von einem Kassetten-Recorder gut aufgenommen werden.

Kassetten-Interface

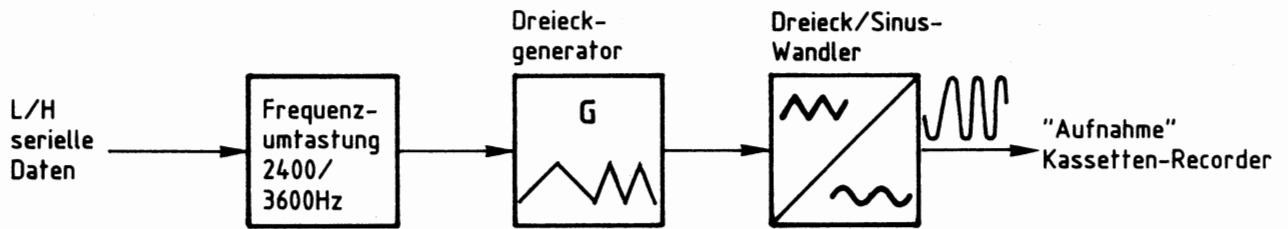


Bild 11: Blockaufbau des Modulators

4.1. Der Dreieckgenerator

Der Dreieckgenerator des Modulators von Bild 11 ist nach einer Grundschaltung aufgebaut, die mit Operationsverstärkern arbeitet und aus einem Integrator mit nachgeschaltetem Komparator besteht. Bild 12 zeigt diese Grundschaltung und Bild 13 die zugehörigen Diagramme.

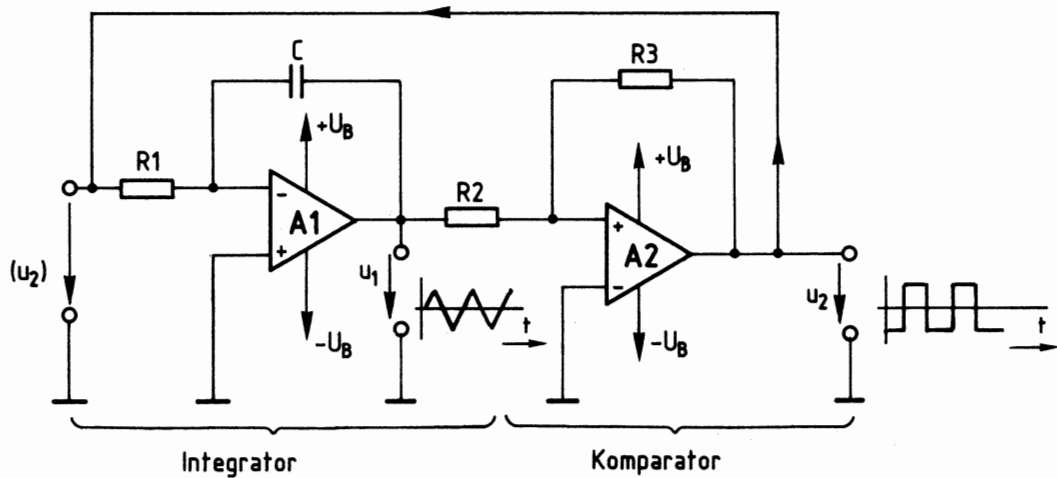


Bild 12: Dreieckgenerator mit Operationsverstärkern

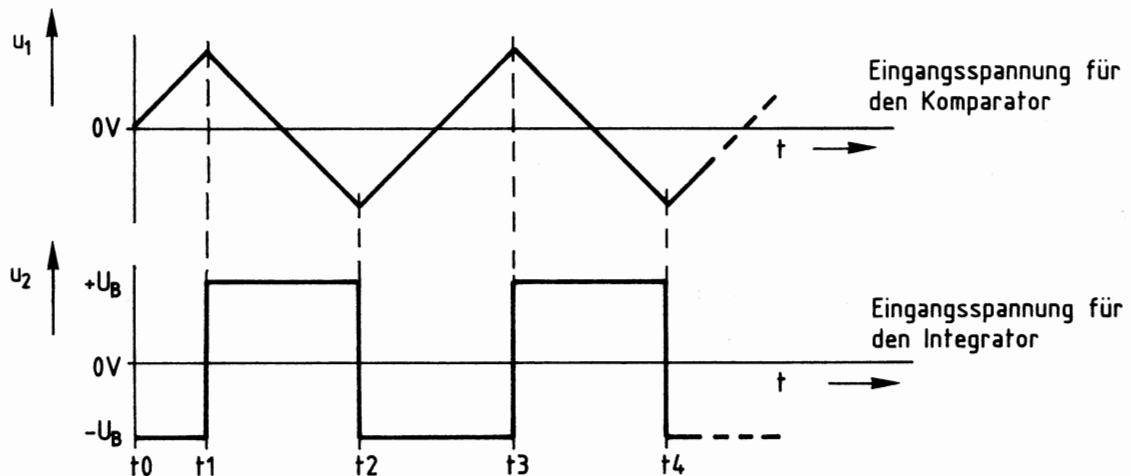


Bild 13: Diagramme des Dreieckgenerators mit OPV

Kassetten-Interface

Die rechteckförmige Ausgangsspannung u_2 des Komparators ist gleichzeitig die Eingangsspannung für den Integrator (Bild 12 und Bild 13). Sie beträgt entweder $-U_B$ oder $+U_B$. Die Ausgangsspannung des Integrators ist Eingangsspannung für den Komparator. Sie besitzt einen dreieckförmigen Verlauf.

Es wird angenommen, daß der Kondensator C zum Zeitpunkt t_0 entladen ist und am Komparatorausgang zunächst $-U_B$ ansteht. Der Kondensator C wird dann über R_1 mit einem konstanten Strom, der sich aus u_2/R_1 ergibt, geladen. Als Folge davon steigt u_1 , vom Zeitpunkt t_0 beginnend, linear an. Da u_2 momentan negativ ist und der Operationsverstärker A_1 am invertierenden Eingang angesteuert wird, nimmt u_1 zunächst positive Werte an.

Sobald u_1 zum Zeitpunkt t_1 die positive Schaltschwelle des Komparators erreicht hat, wechselt u_2 von $-U_B$ auf $+U_B$. Hierdurch wird der Kondensator zunächst entladen und anschließend mit umgekehrter Polarität wieder aufgeladen. Als Folge davon verringert sich u_1 linear und nimmt schließlich auch negative Werte an, bis zum Zeitpunkt t_2 die negative Schaltschwelle des Komparators erreicht ist. Nun beginnt der Vorgang von vorn, der Generator schwingt periodisch.

Die Frequenz dieser Schaltung, die je nach verwendetem Ausgang als Rechteck- oder Dreieckgenerator bezeichnet werden kann, ist in erster Linie von R_1 und C bestimmt. Auch die Schaltschwellen des Komparators besitzen einen gewissen Einfluß auf die Frequenz.

Anstelle von Operationsverstärkern werden in dieser Übung CMOS-Inverter eingesetzt, die eigentlich für digitale Anwendungen vorgesehen sind. Unter bestimmten Bedingungen können einige CMOS-Schaltkreise jedoch auch linear betrieben und somit für analoge Zwecke eingesetzt werden. Hierdurch ergibt sich gegenüber der Verwendung von Operationsverstärkern der Vorteil, daß nur eine Versorgungsspannung ($+5\text{ V}$) benötigt wird, wodurch das Zusammenwirken mit digitalen Schaltungsteilen ohne Pegelanpassung möglich ist. Bild 14 zeigt den Aufbau des Generators mit Hilfe von CMOS-Invertern.

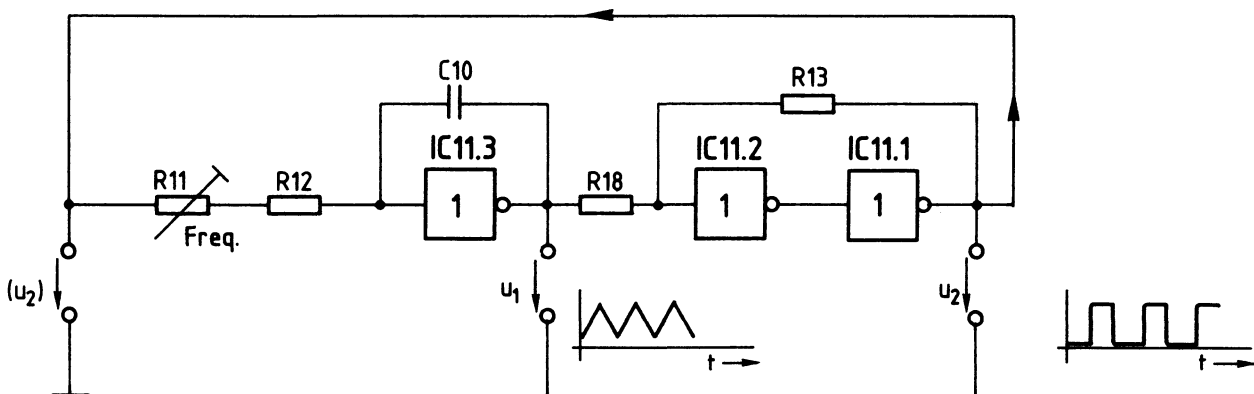


Bild 14: Dreieckgenerator mit CMOS-Invertern

Kassetten-Interface

Der mit CMOS-Invertern aufgebaute Generator gleicht weitgehend der Operationsverstärker-Schaltung von Bild 12. Vergleichen Sie beide Schaltungen miteinander!

Da der Integrator invertierendes Verhalten besitzt, ist hierfür der Inverter IC11.3 direkt geeignet. Zur Bildung des Komparators mit nichtinvertierendem Verhalten sind zwei hintereinandergeschaltete Inverter (IC11.2 und IC11.1) erforderlich. Mit R11 kann die Generatorfrequenz eingestellt werden.

Der Verlauf der Ausgangsspannungen u_1 und u_2 des Integrators bzw. Komparators ist in Bild 15 dargestellt. Beide Spannungen nehmen nur Werte zwischen 0 V und 5 V an, da die Schaltung ohne negative Betriebsspannung arbeitet.

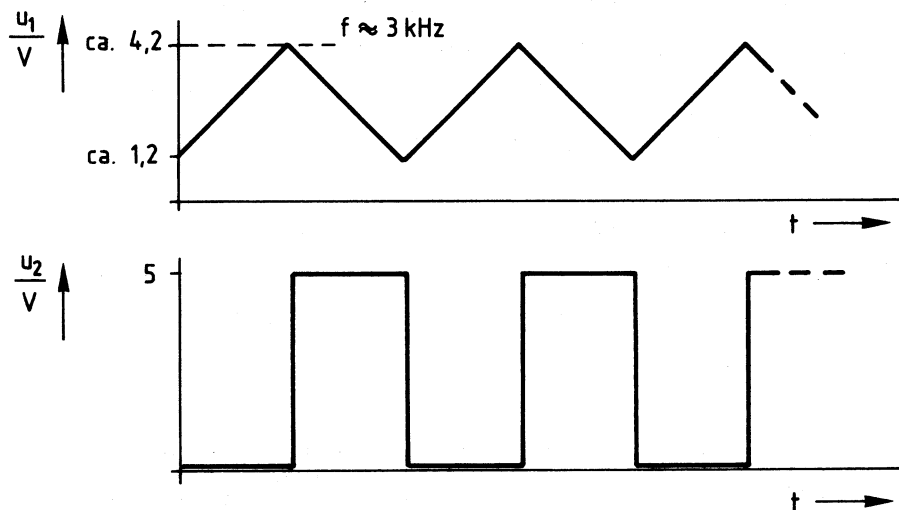


Bild 15: Diagramme des Dreiecksgenerators mit CMOS-Invertern

4.2. Die Frequenzumtastung des Dreiecksgenerators

Der Dreiecksgenerator erhält vom Anschluß "TxD" der programmierbaren Serienschnittstelle eine Folge von 1/0-Signalen, welche die Frequenz des Generators zwischen 2400 Hz (bei L-Pegel) und 3600 Hz (bei H-Pegel) umschaltet. Zur Frequenzumschaltung bzw. Frequenzumtastung dienen "Exklusiv-Oder-Verknüpfungen" (EXOR-Glieder), die auch als "Antivalenzstufen" bezeichnet werden. Bild 16 zeigt das Schaltsymbol eines EXOR-Gliedes und die dazugehörige Wertetabelle.

Kassetten-Interface

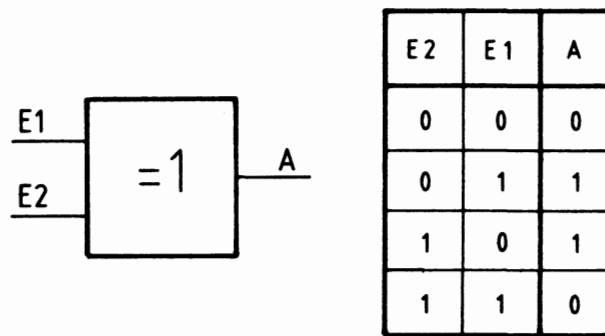


Bild 16: EXOR-Schaltkreis (Antivalenz)

Ein EXOR-Schaltkreis nach Bild 16 führt am Ausgang A nur dann H-Pegel, wenn einer der beiden Eingänge (E1 oder E2) H-Pegel besitzt. Zur Frequenzumtastung des Dreieckgenerators werden zwei EXOR-Stufen mit unterschiedlichen Aufgaben eingesetzt. Bild 17 zeigt die Schaltung hierzu.

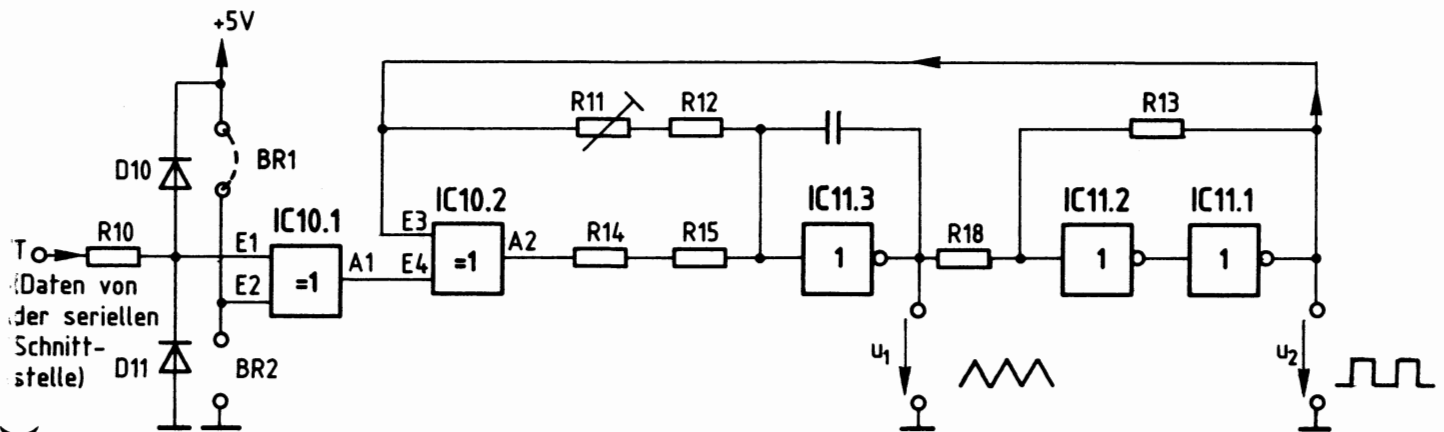


Bild 17: Dreiecksgenerator mit Frequenzumtastung

Der Modulatoreingang "T" erhält vom Senderausgang "TxD" der programmierbaren Serienschnittstelle entweder H- oder L-Signal (Bild 17). R10 dient als Vorwiderstand für die Dioden D10 und D11, die das Datensignal auf TTL-Pegel begrenzen. Obwohl diese Maßnahme im BFZ/MFA-Computer eigentlich nicht erforderlich ist, wurde die Pegelbegrenzung für andere Anwendungsfälle der Modem-Zusatzplatine vorgesehen.

Kassetten-Interface

Das Datensignal gelangt zum Eingang E1 der EXOR-Stufe IC10.1 (Bild 17). Der Eingang E2 kann über die Lötbrücken BR1 oder BR2 entweder mit 0 V (L-Pegel) oder +5 V (H-Pegel) verbunden werden. Hierdurch arbeitet IC10.1 entweder als Inverter (BR1 geschlossen) oder als nichtinvertierende Durchgangsstufe (BR2 geschlossen). Die folgende Funktionstabelle (Bild 18) zeigt diese beiden Fälle.

E2	E1 (T)	A1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

} BR2 geschlossen, E2 führt L-Pegel
 Hierdurch keine Invertierung des
 Signals T ($A1 = E1$)

} BR1 geschlossen, E2 führt H-Pegel
 Hierdurch Invertierung des
 Signals T ($A1 = \overline{E1}$)

Bild 18: Wirkung von IC10.1

In den beiden oberen Zeilen von Bild 18 führt E2 L-Pegel. Dieser Zustand liegt vor, wenn BR2 geschlossen ist. Das Signal an "T" bzw. E1 tritt hierbei unverändert am Ausgang A1 auf, also arbeitet die Stufe jetzt nichtinvertierend. Wird die Brücke BR1 geschlossen, führt E2 von IC10.1 H-Pegel. Dieser Zustand entspricht den beiden unteren Zeilen von Bild 18, bei denen IC10.1 das Signal von "T" bzw. E1 am Ausgang A1 invertiert abgibt.

Ohne die Schaltung zu verändern, kann das Datensignal somit entweder nichtinvertiert oder invertiert auf den Eingang E4 der zweiten EXOR-Stufe gegeben werden. Im BFZ/MFA-Computer ist zur Erzielung der richtigen Frequenzlage (H-Signal entspricht der höheren Frequenz, L-Signal der niedrigeren) die Brücke BR1 geschlossen, wodurch IC10.1 als Inverter arbeitet. Andere Anwendungen des Kassetten-Interfaces erfordern eventuell ein nichtinvertiertes Datensignal.

Die Frequenzumschaltung des Generators erfolgt durch die EXOR-Stufe IC10.2 und die Widerstände R14/R15, die zur Erzielung einer höheren Schwingfrequenz parallel zu R11/R12 geschaltet werden (Bild 17). Hierzu dient IC10.2. Bild 19 zeigt dies im einzelnen.

Kassetten-Interface

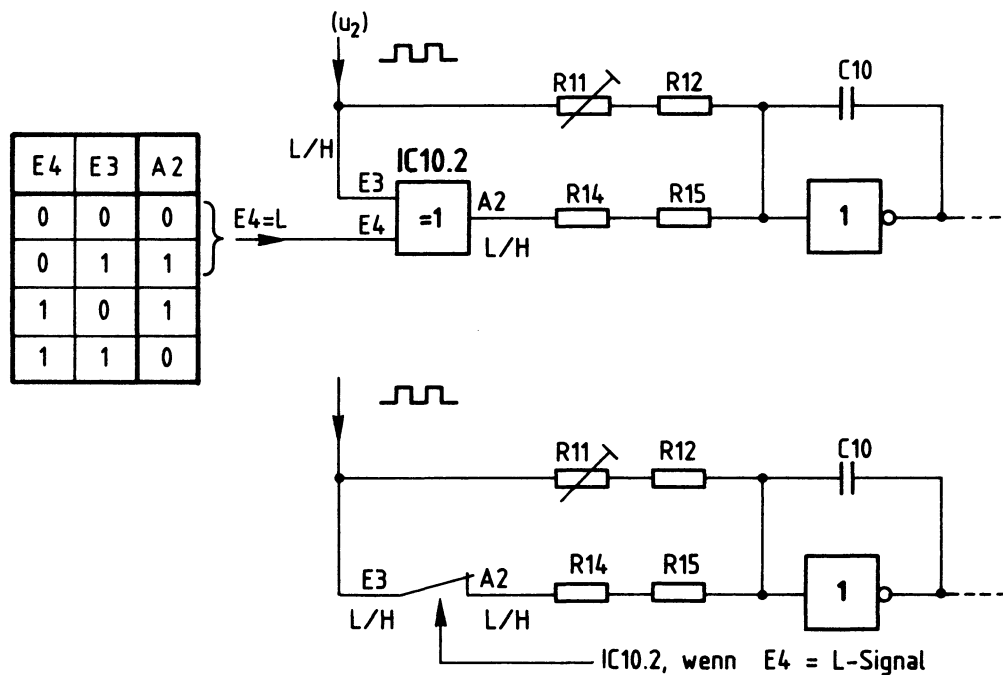


Bild 19: Frequenzumtastung, Wirkung von IC10.2

Der Dateneingang "T" von Bild 17 soll H-Pegel führen. Hierdurch besitzt E4 von IC10.2 L-Pegel, weil IC10.1 als Inverter arbeitet.

Der Eingang E3 von IC10.2 ist an die Rechteckspannung u_2 angeschlossen, die abwechselnd L- und H-Signal annimmt. Der Wertetabelle in Bild 19 ist zu entnehmen, daß bei L-Pegel an E4 der Ausgang A2 stets das gleiche Signal wie der Eingang E3 führt. Dies entspricht in seiner Wirkung einer Verbindung zwischen E3 und A2, wodurch R14/R15 und R11/R12 parallelgeschaltet sind. Hierdurch erhält C10 einen erhöhten Lade- und Entladestrom. Dies führt zu einer schnelleren Kondensatorladung und damit zu einer höheren Frequenz.

Sind die Widerstandszweige nicht parallel geschaltet, wird der Ladestrom für C10 nur durch R11/R12 bestimmt. Hierdurch ergibt sich ein geringerer Lade- und Entladestrom und somit eine niedrigere Schwingfrequenz des Oszillators. Dieser Fall tritt immer dann ein, wenn E4 H-Pegel besitzt, wozu das Eingangssignal an "T" L-Pegel führen muß. Aus der Wertetabelle von Bild 19 kann entnommen werden, daß bei H-Signal an E4 die Signale E3 und A2 invers zueinander sind, wodurch die Parallelschaltung von R14/R15 und R11/R12 aufgehoben ist.

Kassetten-Interface

4.3. Der Dreieck/Sinus-Wandler

Normale Kassettenrecorder sind für die Verarbeitung von Sprache und Musik ausgelegt und können daher Sinussignale gut verarbeiten. Die Aufzeichnung von Rechteck- oder Dreiecksignalen ist dagegen nur unvollkommen möglich. Der in Bild 11 dargestellte Dreieck/Sinus-Wandler dient dazu, aus der Dreiecksspannung des Generators eine Sinusspannung zu erzeugen.

Hierzu wird das nicht ganz lineare Übertragungsverhalten eines diskret aufgebauten Differenzverstärkers ausgenutzt. Bild 20 zeigt die Schaltung des mit PNP-Transistoren arbeitenden Wandlers.

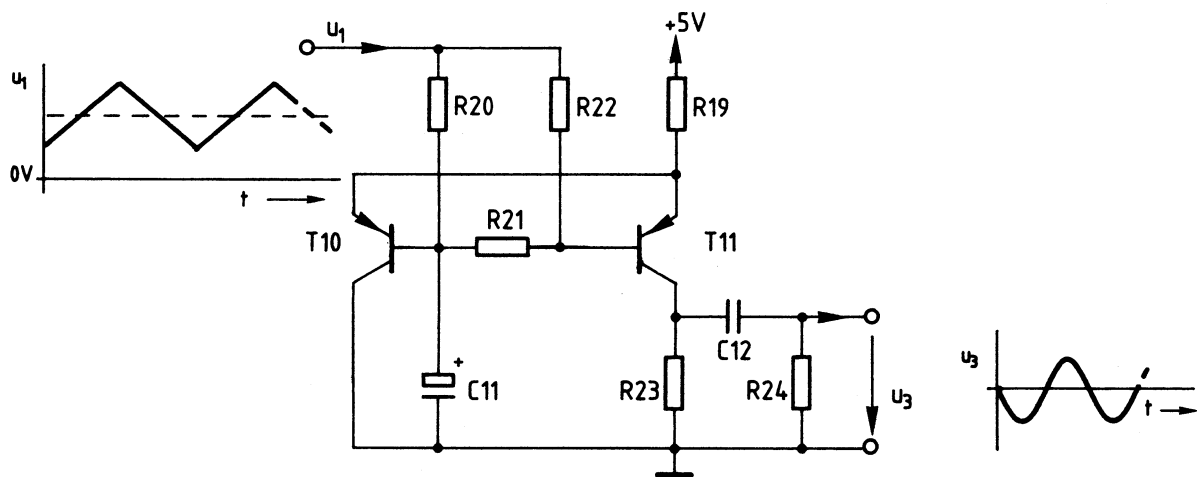


Bild 20: Dreieck/Sinus-Wandler

Die Dreiecksspannung u_1 wird über R_{20} und R_{22} auf die Basisanschlüsse der Transistoren geführt (Bild 20). R_{19} ist der gemeinsame Emittterwiderstand des Differenzverstärkers. R_{20} und C_{11} bilden einen Tiefpaß mit sehr niedriger Grenzfrequenz (etwa 1,6 Hz). Da die Dreiecksspannung eine wesentlich höhere Frequenz besitzt, arbeitet der Tiefpaß als Integrator und bildet den Mittelwert der Dreiecksspannung. T_{10} wird daher mit einer konstanten Gleichspannung angesteuert. Sie dient zur Arbeitspunkteinstellung beider Transistoren, da auch die Basis von T_{11} diese Gleichspannung erhält (über R_{21}).

Die Basisspannung von T_{11} wird über R_{22} mit der Dreiecksspannung u_1 überlagert. Bedingt durch die Schaltungsdimensionierung, die Nichtlinearitäten der Transistor-Eingangskennlinien und die Gegenkopplung über R_{19} wird die Dreiecksspannung durch den Differenzverstärker so verändert, daß am Arbeitswiderstand (R_{23}) eine Spannung mit annähernd Sinusform auftritt. C_{12} wirkt als Koppelkondensator und trennt den Gleichspannungsanteil der Ausgangsspannung ab, so daß am Widerstand R_{24} eine sinusförmige Wechselspannung auftritt, die von einem Kassetten-Recorder aufgenommen werden kann. Bild 21 zeigt die Ein- und Ausgangsspannung des Dreieck/Sinus-Wandlers.

Kassetten-Interface

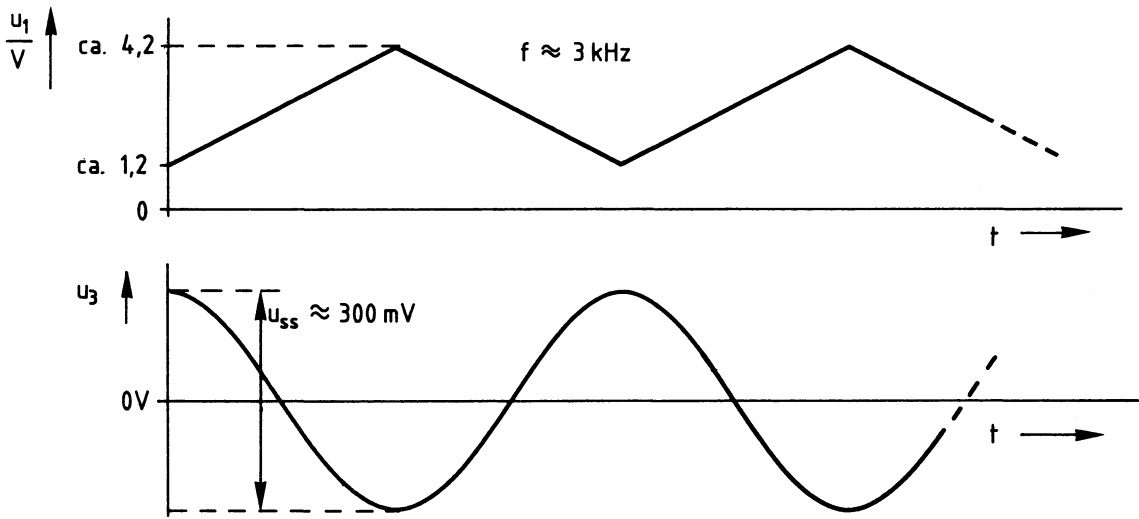


Bild 21: Ein- und Ausgangsspannung des Dreieck/Sinus-Wandlers

5. Die Demodulatoreinheit des Kassetten-Interfaces

Zur Demodulatoreinheit des Kassetten-Interfaces gehört eine NF-Signalaufbereitung und ein FSK-Demodulator, der die verschiedenen Tonfrequenzen wieder in H- oder L-Pegel umsetzt. Bild 22 zeigt den Blockaufbau der Demodulatoreinheit.

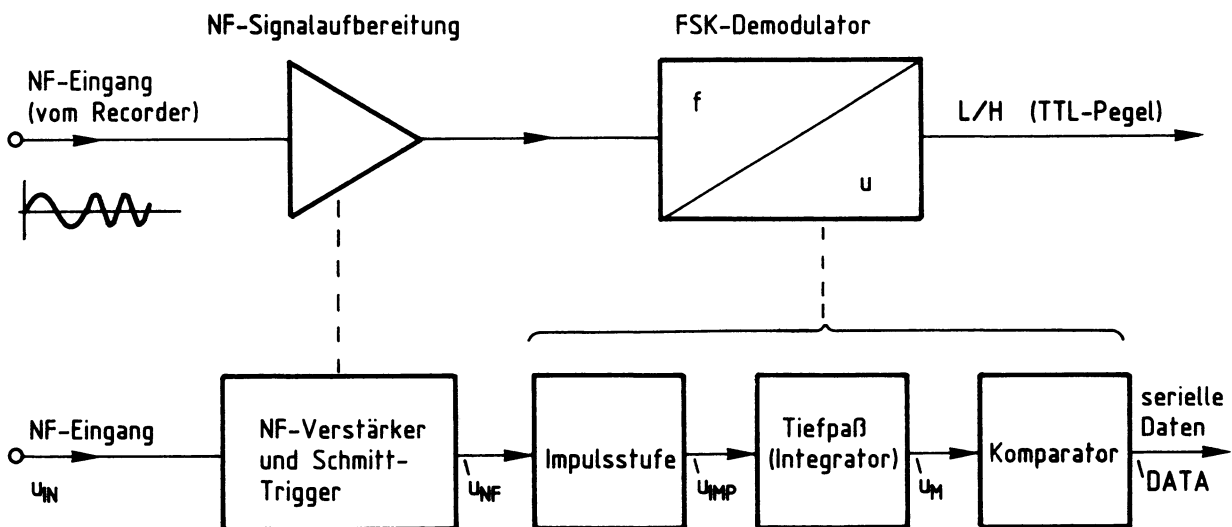


Bild 22: Blockaufbau der Demodulatoreinheit

Kassetten-Interface

Vor der Behandlung von Schaltungseinheiten wird zunächst die grundsätzliche Funktion der in Bild 22 dargestellten Demodulatoreinheit erklärt. Hierzu dienen die Diagramme in Bild 23.

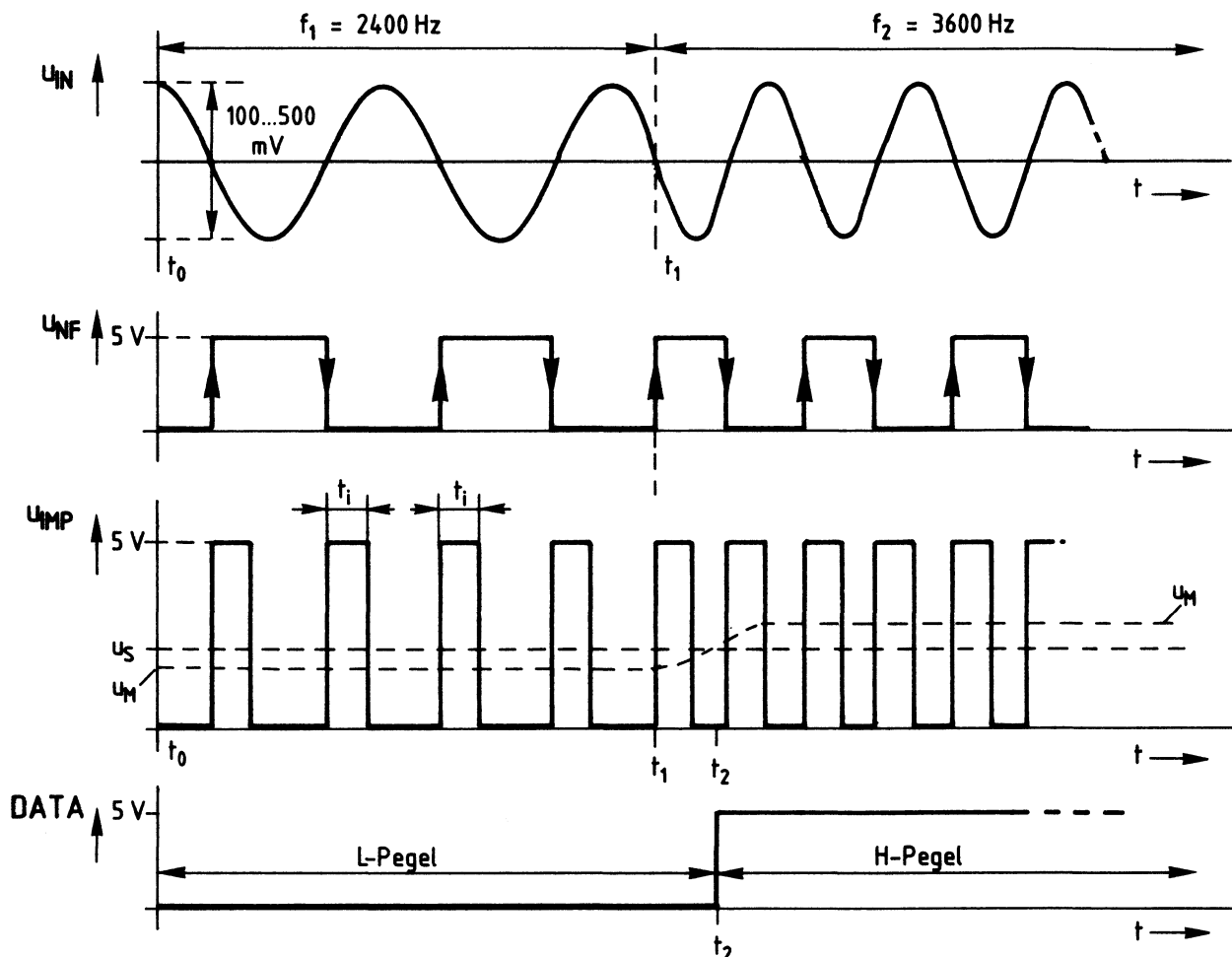


Bild 23: Wirkungsprinzip der Demodulatoreinheit

Bei der Wiedergabe gespeicherter Daten liefert ein Kassetten-Recorder sinusförmige NF-Signale, deren Frequenz entweder 2400 Hz oder 3600 Hz beträgt. Der Spitze-Spitze-Wert dieser im Diagramm u_{IN} von Bild 23 dargestellten Spannung liegt im Bereich von etwa 100 mV bis 500 mV.

Aus den Frequenzen des NF-Signals bildet ein FSK-Demodulator wieder H- und L-Pegel. Hierzu wird das NF-Signal zunächst aufbereitet, womit die Umwandlung der Eingangsspannung u_{IN} in Rechtecksignale mit TTL-Pegel gemeint ist. Dies geschieht im Block "NF-Signalaufbereitung" von Bild 22. Das Ausgangssignal der NF-Aufbereitung ist im Diagramm u_{NF} von Bild 23 dargestellt. Es nimmt für die Dauer der negativen Halbperiode der Sinus-Eingangsspannung H-Pegel an.

Kassetten-Interface

Das aufbereitete NF-Signal u_{NF} gelangt zur Impulsstufe von Bild 22, deren Ausgangssignal im Diagramm u_{IMP} von Bild 23 dargestellt ist. Die Impulsstufe gibt sowohl bei der ansteigenden als auch bei der abfallenden Flanke der Spannung u_{NF} einen Impuls ab, dessen Impulsdauer t_i konstant ist und etwa 1/4 der Periodendauer der höchsten vorkommenden Frequenz beträgt.

Der nachgeschaltete Tiefpaß bildet durch Integration den Mittelwert u_M der auftretenden Impulse. Da vor dem Zeitpunkt t_1 eine niedrigere Eingangsfrequenz vorliegt als nachher, treten die Impulse der Impulsstufe vor t_1 mit größeren Abständen auf als nach t_1 . Hierdurch ergibt sich bei einer Eingangsfrequenz von 2400 Hz mit etwa 1,7 V ein geringerer Mittelwert der Impulsspannung als bei 3600 Hz. Bei dieser Frequenz beträgt der Mittelwert der Impulsspannung etwa 2,5 V.

Diese Spannungswerte werden von dem nachgeschalteten Komparator, der eine Schaltschwelle von etwa 2,2 V besitzt, unterschieden und in H- und L-Signale umgesetzt. Die Folge der H- und L-Signale entspricht dem seriellen Datenstrom.

Im Diagramm u_{IMP} von Bild 23 ist neben der Impulsspannung auch der Mittelwert der Impulse u_M und die Schaltschwelle u_S des Komparators eingezeichnet. Das Diagramm DATA zeigt das Umschalten des Komparators zum Zeitpunkt t_2 , wenn die Schaltschwelle u_S des Komparators vom Mittelwert u_M der Impulsspannung überschritten wird.

In den nächsten Abschnitten werden die verschiedenen Schaltungsteile der Demodulatoreinheit erklärt.

5.1. Die NF-Signalaufbereitung

Bild 24 zeigt den Schaltungsauszug der NF-Signalaufbereitung, die mit insgesamt vier Operationsverstärkern aufgebaut ist. Zwei davon verarbeiten das NF-Signal, die beiden anderen OPVs übernehmen Hilfsfunktionen.

Die vom Kassetten-Recorder stammende NF-Spannung gelangt über R25 auf den Trimmerwiderstand R26, mit dessen Hilfe die Eingangsempfindlichkeit der Schaltung eingestellt werden kann. Bei voller Empfindlichkeit reichen etwa 30 mV (Spitze-Spitze) zur Ansteuerung der Schaltung aus. Die tatsächliche Eingangsspannung sollte jedoch mehr als 100 mV (Spitze-Spitze) betragen, damit das Kassetten-Interface auch bei geringen Pegelschwankungen ohne Aussetzer arbeitet. Zu große Eingangsspannungspegel werden durch die Dioden D12 und D13 begrenzt.

Kassetten-Interface

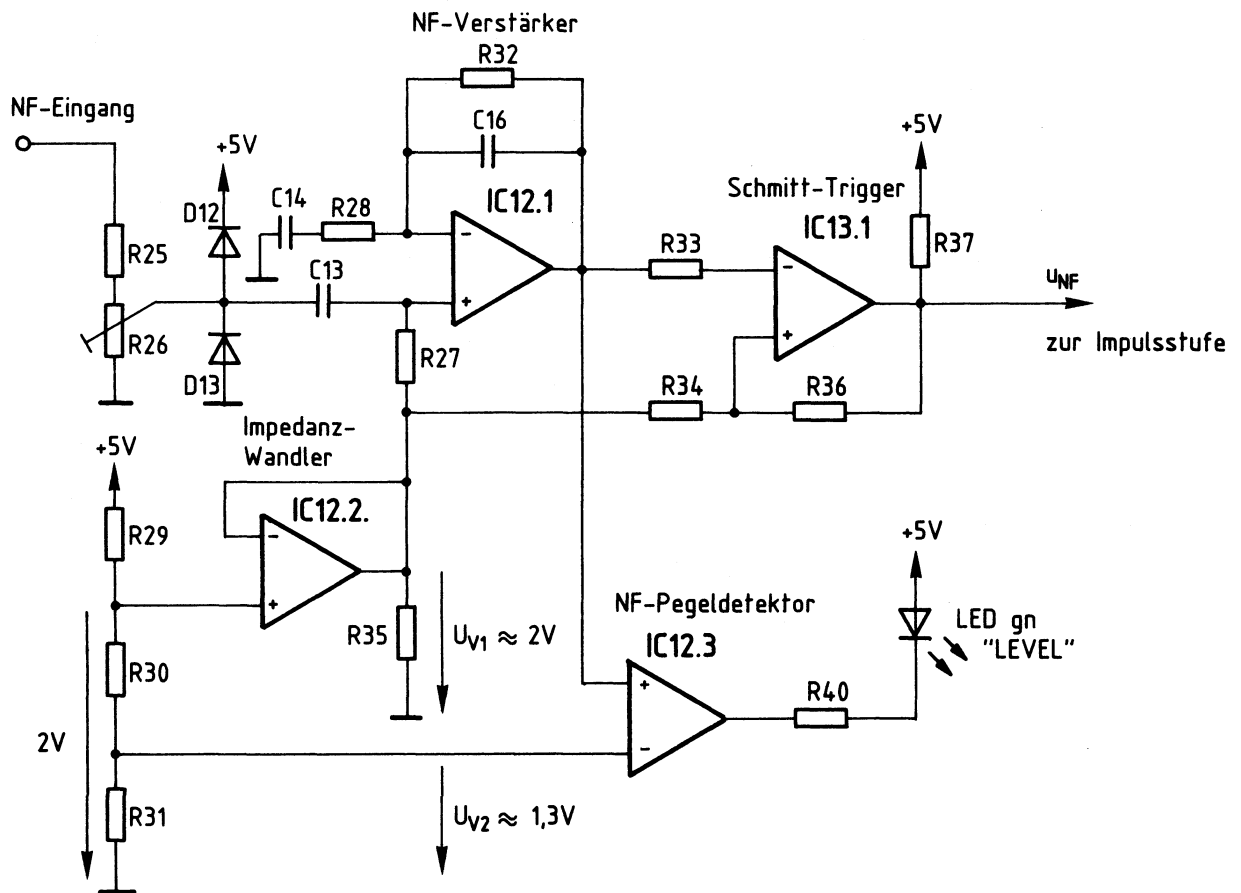


Bild 24: Schaltung der NF-Signalaufbereitung

IC12.1 arbeitet als nichtinvertierender NF-Verstärker mit Bandpaßverhalten. Die Kondensatoren C13, C14 und C16 legen den Arbeitsbereich des Verstärkers für den Frequenzbereich von etwa 1,5 kHz bis 6 kHz fest.

Da nur eine Betriebsspannung von 5 V zur Verfügung steht, IC12.1 jedoch eine Wechselspannung verstärken muß, wird der Arbeitspunkt dieses OPV etwa in die Mitte des Aussteuerungsbereiches zwischen 0 V und 5 V verschoben. Hierzu erhält der nichtinvertierende Eingang von IC12.1 über R27 eine Spannung in Höhe von +2 V zugeführt. Sie wird durch den Spannungsteiler R29 bis R31 erzeugt und von dem als Impedanzwandler geschalteten OPV IC12.2 niederohmig abgegeben. Da diese Spannung auch als Vergleichsspannung für den Schmitt-Trigger IC13.1 dient, wird sie mit " U_{V1} " bezeichnet.

Das von IC12.1 verstärkte NF-Signal gelangt über R33 auf den invertierenden Eingang von IC13.1. Über R34 erhält der andere Eingang dieses ICs die Spannung U_{V1} , welche die Schaltschwelle des Schmitt-Triggers bildet.

Kassetten-Interface

Überschreitet die verstärkte NF-Spannung die Vergleichsspannung U_{V1} , so schaltet der Ausgang von IC13.1 auf L-Pegel. Unterhalb der Schaltschwelle führt IC13.1 H-Pegel am Ausgang. Der Mitkoppelwiderstand R36 bewirkt eine Schalthysterese. Das Ausgangssignal des Schmitt-Triggers besitzt einen rechteckförmigen Verlauf. Es ist im Diagramm u_{NF} von Bild 23 dargestellt.

IC12.1 von Bild 24 dient zu Erkennung eines ausreichenden NF-Pegels, daher wird dieser Schaltungsteil als "NF-Pegeldetektor" bezeichnet. Der nichtinvertierende Eingang von IC12.1 erhält die verstärkte NF-Spannung und der invertierende Eingang die Vergleichsspannung U_{V2} . Sie wird ebenfalls vom Spannungsteiler R29 bis R31 gebildet. Die Höhe dieser Vergleichsspannung ist so gewählt, daß IC12.3 ab einer Eingangsspannung von etwa 100 mV (Spitze-Spitze) durch das NF-Signal periodisch durchgeschaltet wird, wodurch die grüne Leuchtdiode "LEVEL" aufleuchtet. Hierdurch wird ein ausreichender NF-Eingangspegel signalisiert.

5.2. Die Impulsstufe

Nach der NF-Signalaufbereitung folgt im Blockschaltbild der Demodulatoreinheit eine Impulsstufe (Bild 22). Ihre Aufgabe ist es, bei der ansteigenden und der abfallenden Flanke des Signals u_{NF} einen Impuls konstanter Länge abzugeben. Dies wurde bereits im Bild 23 dargestellt. Zur Impulserzeugung dient der in Bild 25 gezeigte Aufbau. Er besteht aus einer Impuls-Verzögerungsstufe und einem EXOR-Schaltkreis zur Signalverknüpfung.

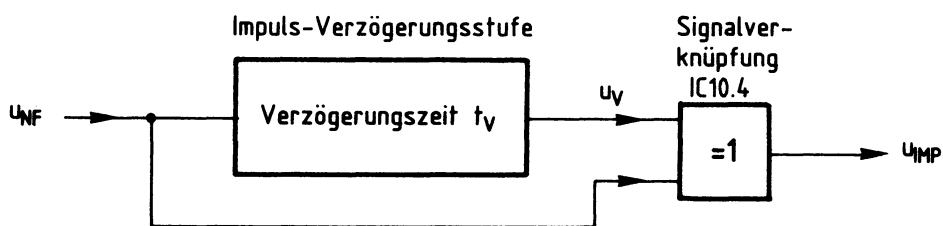


Bild 25: Prinzipaufbau der Impulsstufe

Das aufbereitete NF-Signal u_{NF} durchläuft eine Impuls-Verzögerungsstufe und wird um etwa $100 \mu s$ zeitverzögert auf den oberen Eingang der EXOR-Stufe IC10.4 gegeben (Bild 25). Der zweite Eingang der EXOR-Stufe erhält u_{NF} direkt zugeführt. Als Folge der Signalverknüpfung tritt am Ausgang von IC10.4 die Impulsspannung u_{IMP} auf. Bild 26 zeigt die Diagramme der Impulsstufe für die beiden NF-Frequenzen von 2400 Hz und 3600 Hz.

Kassetten-Interface

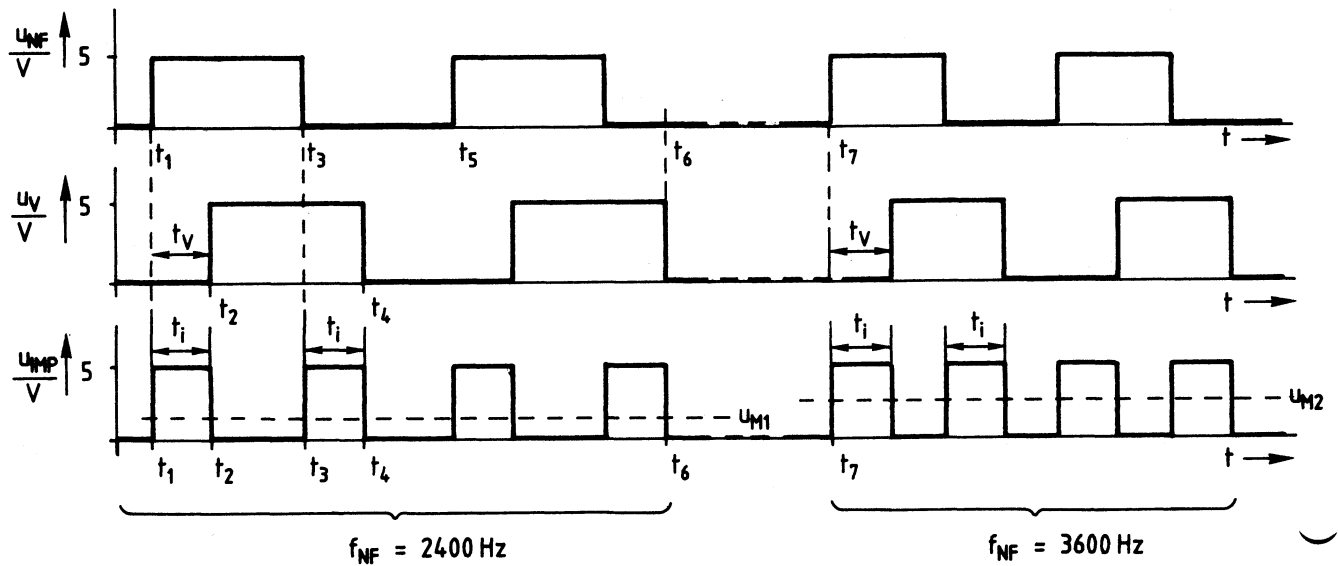


Bild 26: Wirkungsweise der Impulsstufe

Zum Zeitpunkt t_1 wechselt das Signal u_{NF} von L- auf H-Pegel und geht zum Zeitpunkt t_3 wieder auf L-Pegel zurück (Bild 26). Die Spannung u_V nimmt, da sie gegenüber u_{NF} um die Zeit t_v verzögert ist, zum Zeitpunkt t_2 H-Pegel und zum Zeitpunkt t_4 wieder L-Pegel an. Die Signale u_{NF} und u_V werden miteinander EXOR-verknüpft. Das Ergebnis dieser Verknüpfung ist im Diagramm u_{IMP} dargestellt.

In den Zeitabschnitten von t_1 bis t_2 und t_3 bis t_4 sind die logischen Pegel von u_{NF} und u_V ungleich, zwischen t_2 und t_3 sowie t_4 und t_5 jedoch gleich. Bei ungleichen Eingangssignalen führt eine EXOR-Stufe am Ausgang H-Pegel, bei gleichen Signalen dagegen L-Pegel (siehe auch Bild 16). Hierdurch ergibt sich der Ausgangsspannungsverlauf u_{IMP} von Bild 26: Am Ausgang der Impulsstufe tritt während der Zeitabschnitte, bei denen u_{NF} und u_V ungleich sind, H-Pegel auf. Die Ausgangsimpulse besitzen die Dauer t_i , die der Verzögerungszeit t_v entspricht.

Für die Funktion der Impulsstufe ist nicht die Dauer der Ausgangsimpulse von Bedeutung, sondern ihre zeitlichen Abstände zueinander, da diese durch die Höhe der Frequenz der Eingangsspannung u_{NF} bestimmt werden. Bild 26 stellt dies für die beiden vorkommenden Frequenzen von 2400 Hz (zwischen t_1 und t_6) und 3600 Hz (ab t_7) dar: Bei 2400 Hz treten die Ausgangsimpulse u_{IMP} mit größeren Abständen auf als bei 3600 Hz.

Hierdurch ergibt sich folgender wichtige Zusammenhang: Bei 2400 Hz ist der Mittelwert der Impulsspannung u_{M1} geringer als bei 3600 Hz (u_{M2}). Beide Mittelwerte sind im Diagramm u_{IMP} eingezeichnet. Auf ihre Bedeutung wurde bereits in Bild 23 eingegangen.

Kassetten-Interface

Zur Erzielung der erforderlichen Impulsverzögerung innerhalb der Impulsstufe dient die in Bild 27 wiedergegebene Schaltung. Sie besitzt ein RC-Glied und einen EXOR-Schaltkreis. Da die Funktion dieser etwas ungewöhnlichen Schaltung sicherlich nicht überall bekannt ist, wird sie mit Hilfe der Impulsdiagramme von Bild 28 erklärt.

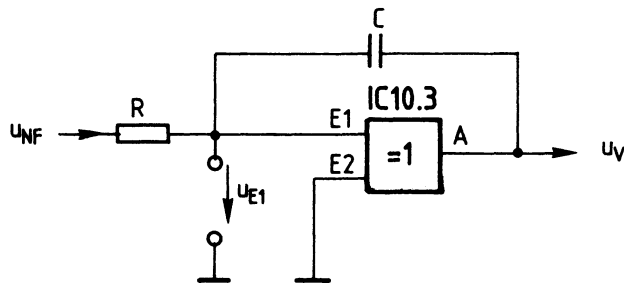


Bild 27: Schaltung der Impuls-Verzögerungsstufe

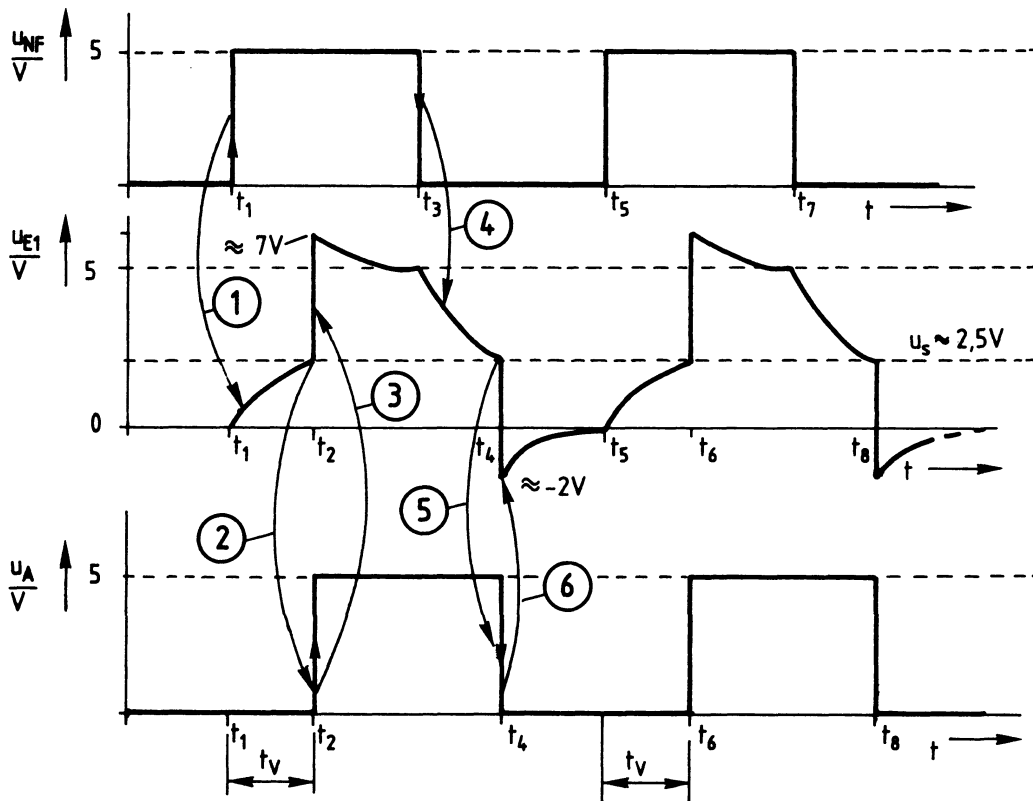


Bild 28: Impulsdiagramme der Impuls-Verzögerungsstufe

Kassetten-Interface

E2 der EXOR-Stufe IC10.3 erhält ständig L-Pegel (Bild 27). Daher arbeitet der Schaltkreis nicht als Signal-Verknüpfungsstufe, sondern lediglich als nichtinvertierender Treiber.

Vor dem Zeitpunkt t_1 führt der Eingang E1 und damit auch der Ausgang A L-Pegel (Bild 28). Der Kondensator C ist entladen und mit seinem rechten Anschluß z.Zt. über den Ausgang mit 0 V verbunden.

Zum Zeitpunkt t_1 wechselt die Spannung u_{NF} auf H-Pegel. Hierdurch wird der Kondensator C über den Widerstand R geladen. Als Folge davon steigt die Spannung am Eingang E1 nach einer e-Funktion an. Dies ist unter (1) im Diagramm u_{E1} dargestellt.

Nach einer gewissen Zeit ist zum Zeitpunkt t_2 die Spannung u_{E1} soweit angestiegen, daß sie von IC10.3 als H-Pegel aufgefaßt wird. Hierzu sind bei einer Betriebsspannung von 5 V etwa 2,5 V erforderlich, da IC10.3 ein CMOS-Schaltkreis ist, dessen Schaltschwelle etwa $1/2 U_{Batt}$ beträgt.

Beim Erreichen der Schaltschwelle u_s nimmt der Ausgang A zum Zeitpunkt t_2 H-Pegel an. Dies ist bei (2) im Diagramm u_A dargestellt. Der Ausgangsspannungssprung von 0 V auf 5 V wird vom Kondensator C auf den Eingang E1 übertragen. Als Folge davon nimmt die Spannung u_{E1} plötzlich etwa den Wert 7 V an. Dies ist bei (3) im Diagramm u_{E1} zu beobachten. Der plötzliche Spannungsanstieg am Eingang E1 wirkt als Mitkopplung, wodurch es zu dem eindeutig rechteckförmigen Schaltverhalten der Stufe kommt.

Da der linke Kondensatoranschluß zum Zeitpunkt t_2 eine Spannung von 7 V besitzt, am Anschluß u_{NF} aber nur 5 V anstehen, beginnt zwischen t_2 und t_3 ein Entladevorgang des Kondensators auf einen Spannungswert von 5 V. Diese Entladung wird zum Zeitpunkt t_3 , wenn die Spannung u_{NF} wieder auf L-Pegel wechselt, verstärkt und strebt nunmehr 0 V an. Dies kann bei (4) im Diagramm u_{E1} beobachtet werden.

Zum Zeitpunkt t_4 wird die Schaltschwelle von IC10.3 wieder unterschritten. Als Folge davon nimmt der Ausgang A des Schaltkreises L-Pegel an. Dies ist bei (5) im Diagramm u_A dargestellt.

Der H/L-Spannungssprung am Ausgang A überträgt sich durch den Kondensator auf den Eingang E1, der aus diesem Grund zum Zeitpunkt t_4 einen Spannungswert von etwa -2 V annimmt (siehe bei (6) im Diagramm u_{E1}). Diese Spannung baut sich wieder auf 0 V ab, bevor bei t_5 ein neuer Zyklus beginnt.

Zwischen dem Auftreten des Eingangssignals u_{NF} und dem Ausgangssignal u_A liegt die Verzögerungszeit t_v . Sie wird durch das RC-Glied bestimmt und beträgt etwa eine Zeitkonstante. Hierbei können z.B. durch unterschiedliche Schaltschwellen geringe Abweichungen auftreten. Die Länge des Ausgangssignals (zwischen t_2 und t_4) entspricht fast genau der Länge des Eingangssignals (zwischen t_1 und t_3). Auch hierbei sind gewisse Abweichungen nicht störend.

Kassetten-Interface

Bild 29 zeigt die vollständige Schaltung der Impulsstufe. Der zeitbestimmende Widerstand besteht aus dem Festwiderstand R39 und dem Trimmerwiderstand R38 zur Einstellung der genauen Impuls-Verzögerungszeit. Der Abgleich dieser Stufe ist im fachpraktischen Teil dieser Übung beschrieben.

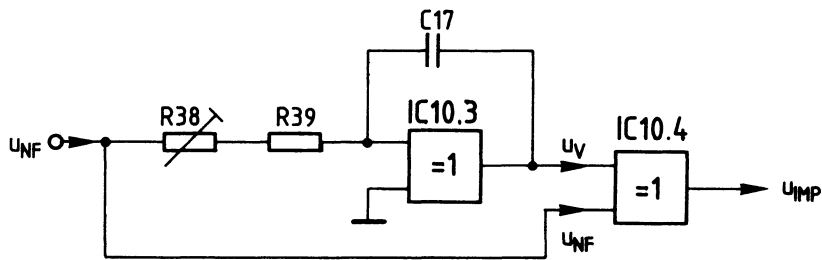


Bild 29: Schaltung der Impulsstufe

5.3. Die Mittelwertbildung der Impulse

Zur Mittelwertbildung einer Impulsspannung ist eine Schaltung mit integrierendem Verhalten erforderlich. Hierzu eignet sich ein Tiefpaß, der oberhalb seiner Grenzfrequenz, also im Sperrbereich, betrieben wird. Ein derartiger Tiefpaß ist der Impulsstufe nachgeschaltet (Bild 22).

RC-Glieder, wie sie z.B. als "Siebglieder" in einfachen Netzgeräten zur Glättung der Ausgangsspannung verwendet werden, besitzen integrierendes Verhalten und bilden den Mittelwert der angeschlossenen Spannung. Zur Erzielung einer geringen Restwelligkeit bei möglichst kurzem Einschwingverhalten sind jedoch mit Operationsverstärkern aufgebaute aktive Tiefpaßfilter wesentlich besser geeignet. Bild 30 zeigt die verwendete Schaltung.

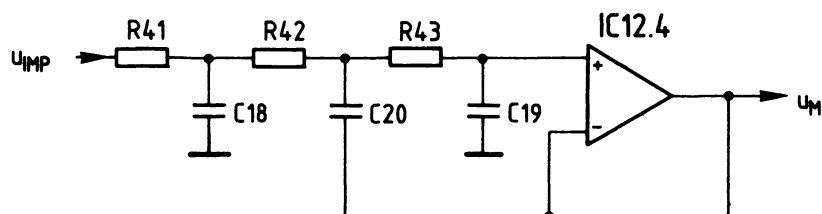


Bild 30: Schaltung des Tiefpasses zur Mittelwertbildung

Kassetten-Interface

In der Schaltung des aktiven Tiefpasses (Bild 30) sind zunächst zwei "normale" RC-Glieder erkennbar. Die Rückführung der Ausgangsspannung über C20 auf die Widerstände R42 und R43 bewirkt einen besonders steilen Dämpfungsanstieg im Sperrbereich des Tiefpasses und damit ein gutes Integratorverhalten. Dies liegt an den bei verschiedenen Eingangsfrequenzen unterschiedlichen Phasenverschiebungen der Signale, wodurch teilweise Phasenauslöschungen entstehen. Auf weitere Einzelheiten des aktiven Tiefpasses soll hier nicht eingegangen werden, da hierzu umfangreiche mathematische Betrachtungen nötig sind. Die optimale Dimensionierung des Tiefpasses wurde auch nicht durch eine exakte Berechnung der Schaltung, sondern experimentell gefunden, weil dies einfacher und schneller zum Ziel führte.

Durch den Tiefpaß ergibt sich ein bestimmter Zusammenhang zwischen der Frequenz der Eingangsspannung und der Ausgangsspannung des Tiefpasses. Dieser Zusammenhang ist in Bild 31 als "Kennlinie der Frequenz/Spannungs-Wandlung" wiedergegeben.

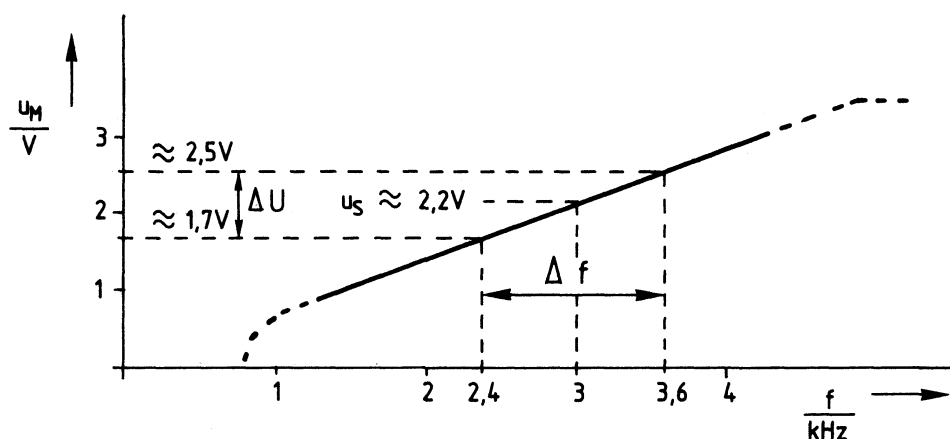


Bild 31: Kennlinie der Frequenz/Spannungs-Wandlung

Die Ausgangsspannung u_M des Tiefpasses besitzt bei verschiedenen Eingangsfrequenzen unterschiedliche Werte, wobei nur der Bereich zwischen 2,4 kHz und 3,6 kHz interessiert (Bild 31). Diese beiden Frequenzwerte entsprechen L- und H-Signal der seriellen Daten. Die Mittenfrequenz beträgt 3 kHz und die dazugehörige Gleichspannung etwa 2,2 V. Auf diesen Wert ist die Schwellspannung des dem Tiefpaß nachgeschalteten Komparators eingestellt (Bild 22). Der Komparator unterscheidet zwischen Frequenzen unterhalb und oberhalb von 3 kHz bzw. den sich daraus ergebenden Spannungswerten.

Kassetten-Interface

5.4. Die Komparatorstufe

Neben der Unterscheidung zwischen H- und L-Pegel, die bei einer Frequenz von 3 kHz erfolgt, wird in der Komparatorstufe geprüft, ob sich die Frequenz des empfangenen Signals innerhalb bestimmter Grenzen bewegt. Frequenzwerte unterhalb von 1,6 kHz oder oberhalb von 4,3 kHz liegen deutlich außerhalb der Sollfrequenzen von 2,4 kHz und 3,6 kHz und werden daher als Fehler bewertet. Hierdurch können z.B. Sprach- und Musikanteile innerhalb einer Datenaufzeichnung erkannt und als Datensignale verworfen werden.

Insgesamt besitzt die Komparatorstufe drei Komparatoren mit Schwellspannungen, die den Frequenzwerten 1,6 kHz, 3 kHz und 4,3 kHz entsprechen. Die Ausgangssignale der drei Komparatoren werden miteinander logisch verknüpft. Bild 32 zeigt das Blockschaltbild des Komparatorteils.

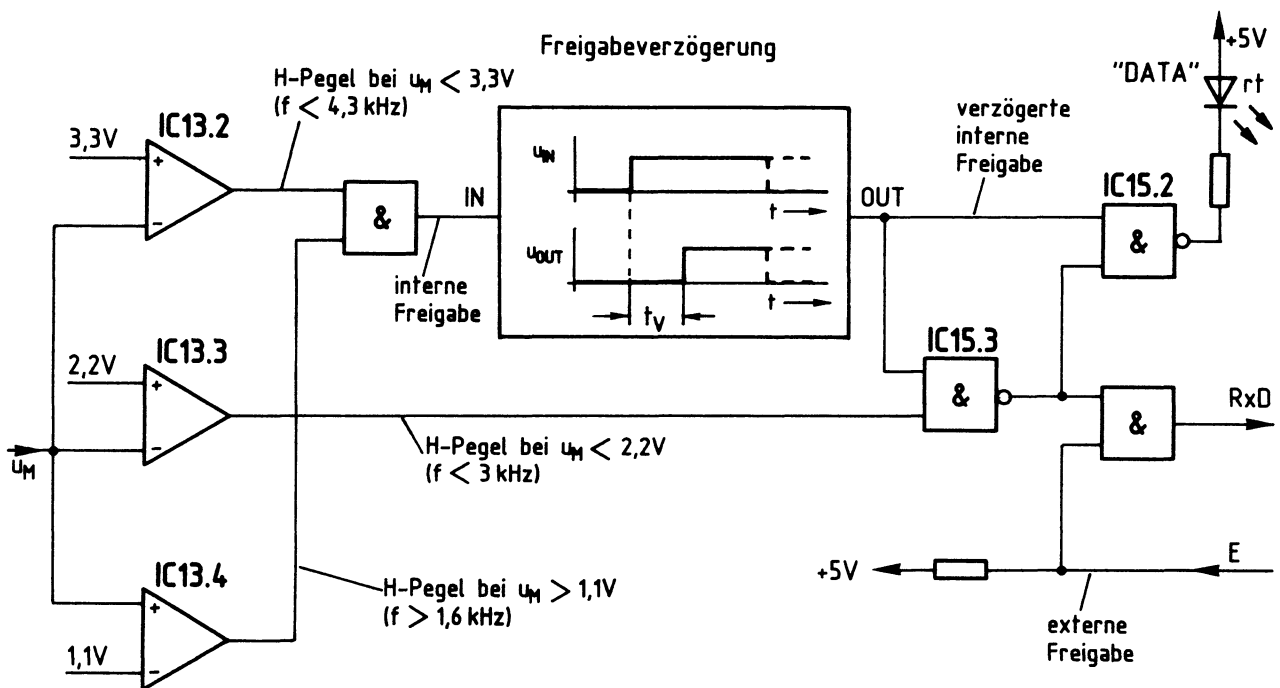


Bild 32: Blockschaltbild des Komparatorteils

Alle Komparatoren werden von der Spannung u_M angesteuert, deren Höhe von der Eingangsfrequenz abhängig ist. Dieser Zusammenhang geht aus dem Diagramm u_M von Bild 33 hervor. Beachten Sie bei den folgenden Erklärungen sowohl Bild 32 als auch Bild 33.

Kassetten-Interface

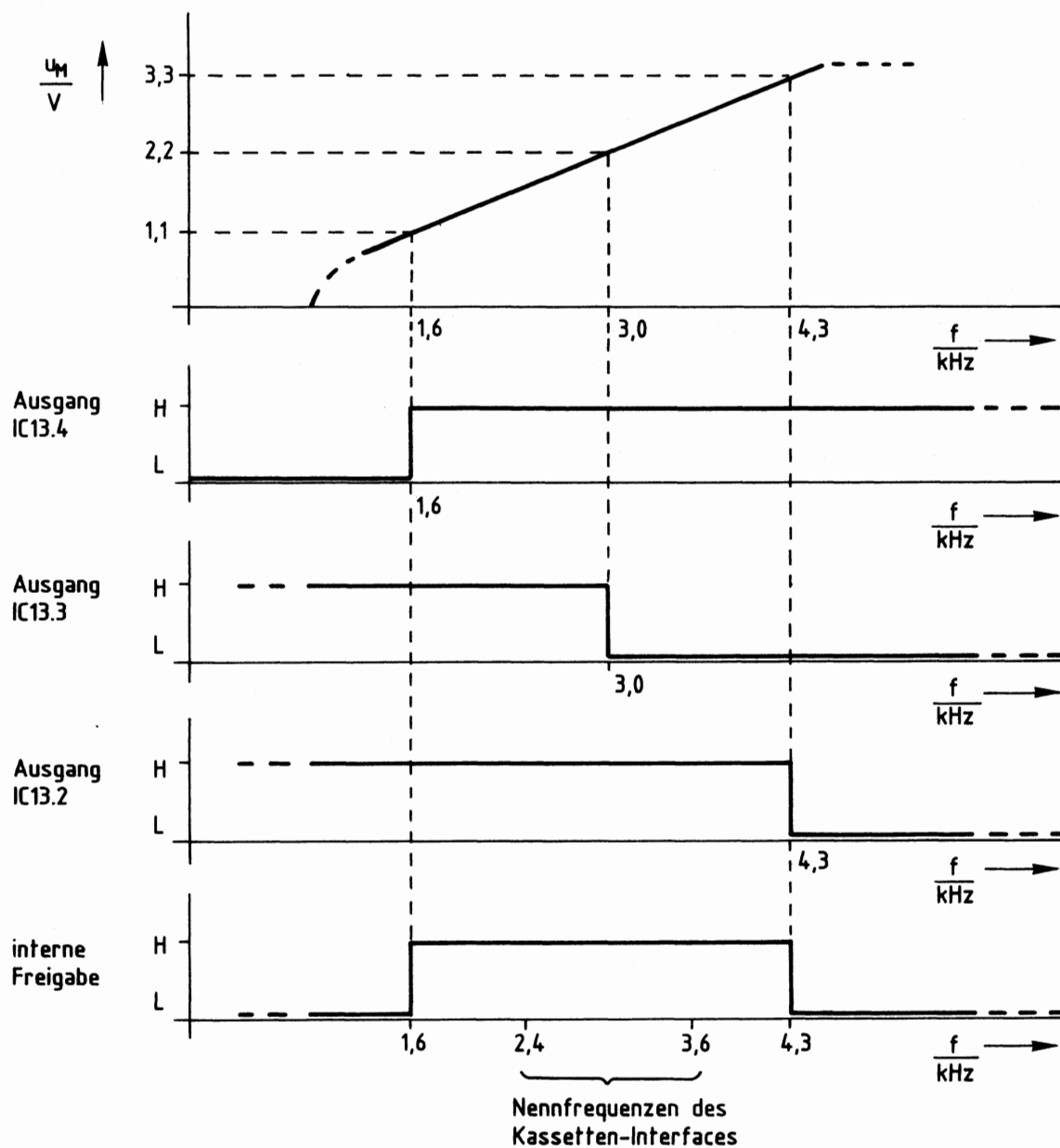


Bild 33: Wirkungsweise der drei Komparatoren und der internen Freigabe

IC13.4 erhält am invertierenden Eingang eine Vergleichsspannung von 1,1 V. Wenn u_M diesen Wert überschreitet, führt IC13.4 H-Pegel am Ausgang. Hierzu muß die Frequenz größer als 1,6 kHz sein.

Der Komparator IC13.3 erhält am nichtinvertierenden Eingang eine Vergleichsspannung von 2,2 V, wodurch er bei einer Frequenz von 3 kHz umschaltet. Unterhalb von 3 kHz überwiegt die Vergleichsspannung. IC13.3 führt in diesem Fall H-Pegel am Ausgang. Oberhalb von 3 kHz ist u_M größer als die Vergleichsspannung, so daß IC13.3 dann L-Pegel abgibt.

Kassetten-Interface

Es fällt auf, daß die Eingangsfrequenz und das Datensignal zueinander invers sind: Bei hoher Eingangsfrequenz tritt L-Pegel auf und umgekehrt. Zur Erzielung der richtigen Frequenzlage (L-Signal entspricht 2400 Hz, H-Signal 3600 Hz) braucht das durch IC13.3 gewonnene Datensignal lediglich invertiert zu werden.

Mit 3,3 V erhält IC13.2 die Vergleichsspannung für eine Frequenz von 4,3 kHz. Solange die empfangene Frequenz geringer ist, überwiegt die Vergleichsspannung. IC13.2 führt dann H-Pegel am Ausgang. Erst bei Frequenzen oberhalb von 4,3 kHz schaltet IC13.2 auf L-Pegel durch.

Die Ausgänge der Komparatoren für 1,6 kHz und 4,3 kHz sind miteinander UNDN- verknüpft (Bild 32). Als Ergebnis dieser Verknüpfung ergibt sich im Diagramm "interne Freigabe" von Bild 33 zwischen 1,6 kHz und 4,3 kHz H-Pegel. Innerhalb dieses Bereichs liegen die Nennfrequenzen des Kassetten-Interfaces.

Im Block "Freigabeverzögerung" wird geprüft, ob es sich bei den empfangenen Frequenzen um einen kontinuierlichen Datenstrom oder nur um kurzzeitige und damit unbrauchbare Signale handelt. Dies geschieht auf folgende Weise:

Der Ausgang "out" der Freigabeverzögerung gibt erst dann H-Signal ab, wenn ohne Unterbrechung etwa 0,5 s lang eine Frequenz zwischen 1,6 kHz und 4,3 kHz erkannt wurde. Erst nach Ablauf dieser " t_v " genannten Verzögerungszeit erhält IC15.3 am oberen Eingang H-Pegel (Bild 32). Nun werden die von IC13.3 stammenden Daten weitergeleitet und dabei invertiert. Hierdurch entsteht die richtige Frequenzlage. Bei einer eventuellen Unterbrechung des Datenstroms nimmt "out" sofort L-Pegel an und blockiert IC15.3. Anschließend muß der Datenstrom erst wieder 0,5 s lang vorliegen, bevor er durch die "verzögerte interne Freigabe" weitergeleitet wird. Durch diese Maßnahme erkennt das Kassetten-Interface den Anfang und das Ende einer Datenübertragung und blendet selbständig eventuell vorhandene Sprach- und Musiksignale aus.

Der Ausgang von IC15.3 ist durch IC15.2 mit dem verzögerten Freigabesignal verknüpft. Die rote LED "DATA" leuchtet bei freigegebenem Datenweg im Rhythmus der H/L-Datensignale auf.

Neben der internen Freigabe bzw. der verzögerten internen Freigabe besitzt die Schaltung mit dem Anschluß "E" eine zusätzliche Freigabeleitung zur "externen Freigabe" des Datenweges. Führt der Anschluß "E" H-Pegel, werden die empfangenen Daten über "RXD" an die programmierbare Serienschnittstelle abgegeben. Im BFZ/MFA-Computer wird diese Steuerungsmöglichkeit jedoch nicht benutzt. Der Anschluß "E" führt hier durch einen Pull-Up-Widerstand ständig H-Pegel.

Kassetten-Interface

Hierdurch ist die UND-Stufe am Ausgang "RxD" unwirksam und läßt die Datensignale ständig passieren.

Bild 34 zeigt die Schaltung des Komparatorteils. Im Anschluß daran werden die bisher noch nicht behandelten Einzelheiten erklärt.

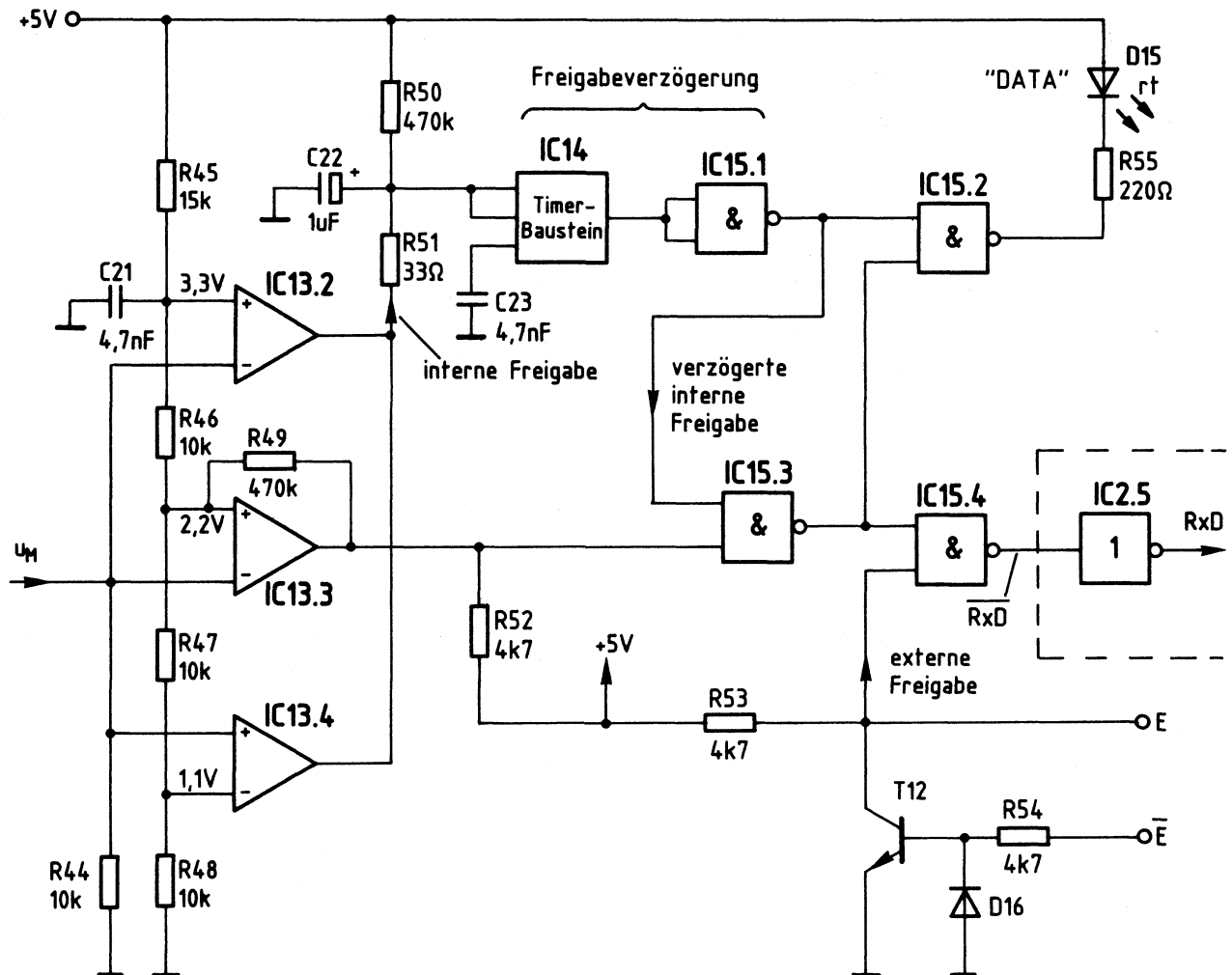


Bild 34: Schaltbild des Komparatorteils

R45 bis R48 bilden den Spannungsteiler für die Vergleichsspannungen der drei Komparatoren in Höhe von 1,1 V, 2,2 V und 3,3 V. R49 sorgt für eine Mitkopplung des Datenkomparators IC13.3, wodurch ein exaktes Schaltverhalten dieser Stufe gewährleistet ist.

Die in Bild 32 dargestellte UND-Stufe zur Verknüpfung der Ausgangssignale von IC13.2 und IC13.4 wird nicht durch einen Schaltkreis gebildet, sondern durch eine "Wired-AND-Schaltung". Dies ist möglich, weil die Komparatoren von IC13 Open-Collektor-Ausgänge besitzen, die miteinander verbunden werden dürfen. Hierdurch ergibt sich die Funktion einer UND-Stufe.

Kassetten-Interface

R52 ist der für IC13.3 erforderliche Arbeitswiderstand. R50/R51 wirken als Arbeitswiderstand für die Wired-AND-Schaltung von IC13.2 und IC13.4. Die Freigabeverzögerung wird durch R50, C22, IC14 und IC15.1 gebildet und arbeitet auf folgende Weise:

Besitzt u_M einen Wert zwischen 1,1 V und 3,3 V, sind die Ausgangstransistoren von IC13.2 und IC13.4 gesperrt. C22 wird über R50 geladen, wodurch die Spannung am Eingang des Timer-Bausteins nach einer e-Funktion ansteigt. Der innerhalb von IC14 vorhandene Komparator besitzt eine festliegende Schaltschwelle von $2/3$ der Betriebsspannung (etwa 3,4 V). Bis C22 auf diesen Wert aufgeladen ist, vergeht etwa eine Zeit von 0,5 s. Nach Ablauf dieser Zeit schaltet der Ausgang des Timers auf L-Pegel. Da für die "verzögerte Freigabe" jedoch ein H-Signal benötigt wird, ist IC15.1 als Inverterstufe nachgeschaltet.

Sobald u_M einen Wert außerhalb der festgelegten Grenzen zwischen 1,1 V und 3,3 V annimmt, wird C22 über R51 rasch entladen, wodurch IC14 auf H-Pegel zurückschaltet. Hierdurch nimmt die "verzögerte Freigabe" L-Pegel an und sperrt IC15.2 und IC15.3. Die Zeit hierzu ist äußerst kurz und wird durch C22 und R51 sowie die inneren Widerstände der Komparatoren IC13.2 bzw. IC13.4 bestimmt. R51 begrenzt den Entladestrom des Kondensators auf einen zulässigen Wert.

C23 hat keinen Einfluß auf die Zeitverzögerung, sondern dient lediglich zur Unterdrückung eventuell auftretender Störimpulse.

Die in Bild 32 dargestellte UND-Stufe am Ausgang "RxD" des Komparatorteils wird durch die NAND-Stufe IC15.4 und den nachgeschalteten Inverter IC2.5 gebildet (Bild 34). IC2.5 befindet sich nicht innerhalb des Kassetten-Interfaces, sondern ist Teil der "Programmierbaren Serienschnittstelle".

Neben dem Anschluß "E", über den durch H-Pegel die "externe Freigabe" der empfangenen Datensignale erfolgt, kann mit Hilfe des Eingangs "E" auch eine Freigabe durch L-Pegel erzielt werden. T12 dient hierbei als Inverter. R54 begrenzt den Basisstrom für T12, und D16 schützt den Transistor vor negativen Eingangsspannungen. Bei der Anwendung des Kassetten-Interfaces im BFZ/MFA-Computer werden weder "E" noch " \bar{E} " angeschlossen. Da R53 ständig H-Pegel an den unteren Eingang von IC15.4 führt, ist der Datenweg trotzdem freigegeben.

Kassetten-Interface

6. Stromlaufpläne

Bild 35 zeigt den Stromlaufplan der programmierbaren Serienschnittstelle und Bild 36 den des Modems. Beide zusammen bilden das Kassetten-Interface.

Zwischen beiden Leiterplatten bestehen folgende Verbindungen:

- Betriebsspannungsanschlüsse 5 V und 0 V
- Verbindung "T" (Daten von "TxD" der Serienschnittstelle zum Modem)
- Verbindung "R" (Daten vom Modem zum Anschluß "RxD" der Serienschnittstelle)

Die folgenden Hinweise fassen die wichtigsten Gesichtspunkte des Kassetten-Interfaces zusammen und beschreiben in knapper Form die Aufgabe jeder Stufe.

Hinweise zu Bild 35:

- C1 ist ein Stützkondensator für die Betriebsspannung von 5 V.
- IC1 und IC2.1 erzeugen das L-aktive Freigabesignal "Chip-Select" für den seriellen Schnittstellenbaustein IC3.
- Mit S1 bis S4 kann die Baugruppennummer eingestellt werden.
- IC2.2 invertiert das L-aktive Reset-Signal des Systembusses, da IC3 einen H-aktiven Reset-Eingang besitzt.
- IC2.3 frischt den Systemtakt (2 MHz) auf.
- IC4, IC5.1, IC5.2 und IC6 bilden den Baudratenteiler. Die Brücken A bis D legen die Baudrate fest, wobei immer nur eine Brücke geschlossen sein darf.
- IC2.5 bringt das vom Modem empfangene Datensignal in die richtige Frequenzlage (2400 Hz entspricht L-Pegel, 3600 Hz entspricht H-Pegel).

Hinweise zu Bild 36:

- C24 und C25 sind Stützkondensatoren für die Betriebsspannung von 5 V.
- IC10.1 ist zur Erzielung der richtigen Frequenzlage beim Senden als Inverter geschaltet.
- IC11.3 bildet den Integrator, IC11.1 und IC11.2 zusammen den Komparator des Dreieckgenerators.
- Am Meßpunkt MP1 kann die Dreieckspannung mit Hilfe eines Oszilloskops kontrolliert werden.
- Durch R16 bzw. R17 können eventuelle Unsymmetrien der Dreieckspannung korrigiert werden. Die Werte für diese Widerstände müssen experimentell ermittelt werden, sie liegen im Bereich von etwa 680 k Ω bis 1 M Ω .

Kassetten-Interface

- Mit Hilfe von IC10.2 erfolgt die Frequenzumtastung des Dreieckgenerators.
- R11 dient zur Einstellung der Generatorfrequenz.
- Die Transistoren T10 und T11 formen aus der Dreieck- eine Sinusspannung.
- Mit R26 kann die NF-Eingangsempfindlichkeit des Modems eingestellt werden (Bei ausreichendem NF-Pegel leuchtet die LED D14 auf).
- IC12.1 bis IC12.3 und IC13.1 gehören zur NF-Signalaufbereitung.
- IC10.3 und IC10.4 bilden die Impulsstufe. Ihr Arbeitsverhalten wird mit R38 eingestellt.
- IC12.4 bildet den Mittelwert der Impulsspannung.
- IC13.2 ist der Komparator zur Überwachung der Maximalfrequenz von 4,3 kHz.
- IC13.3 ist der Datenkomparator und schaltet bei einer Frequenz von 3 kHz.
- IC13.4 ist der Komparator zur Überwachung der Minimalfrequenz von 1,6 kHz.
- IC14 und IC15.1 geben die empfangenen Datensignale erst dann frei, wenn für mindestens 0,5 s ein ununterbrochenes NF-Signal im zulässigen Frequenzbereich erkannt wurde. In diesem Fall leuchtet bei H-Pegel der Daten die von IC15.2 angesteuerte LED "DATA" auf.
- Am Anschluß "R" werden die empfangenen Daten abgegeben, wenn der Eingang "E" H-Pegel führt (oder nicht beschaltet ist).
- Zur Abgabe der Daten muß der Eingang "E" unbeschaltet sein oder L-Pegel führen.

Kassetten-Interface

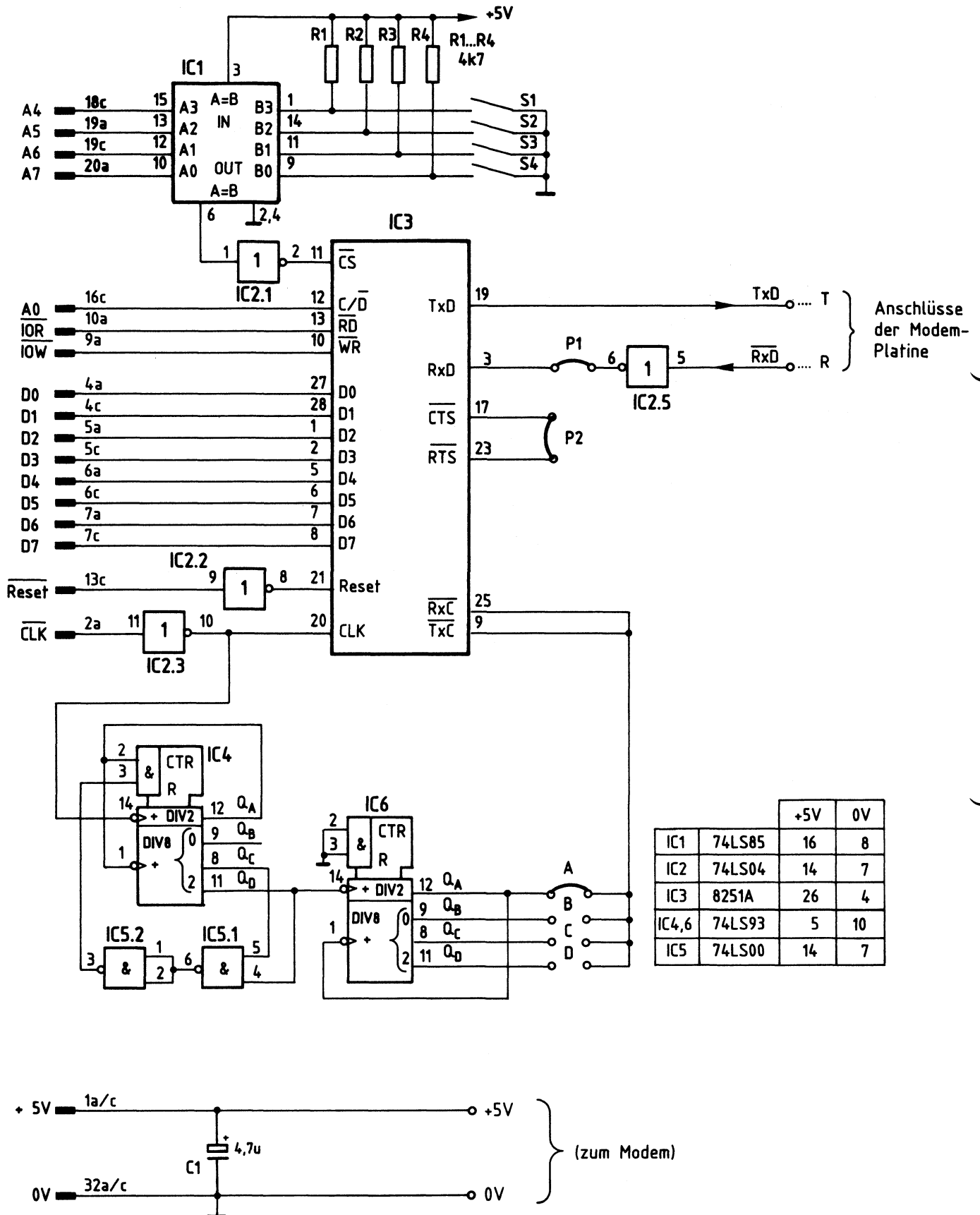
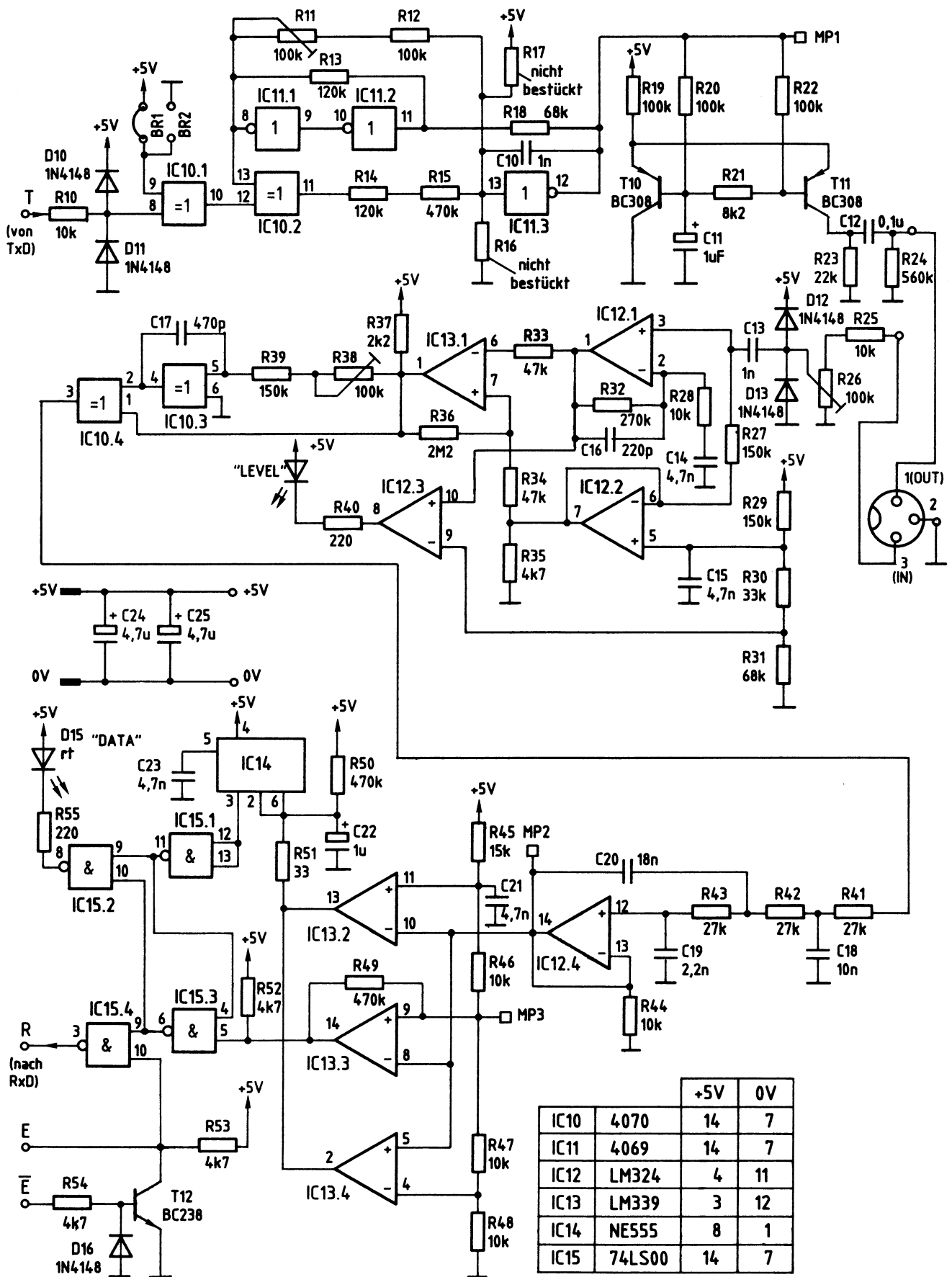


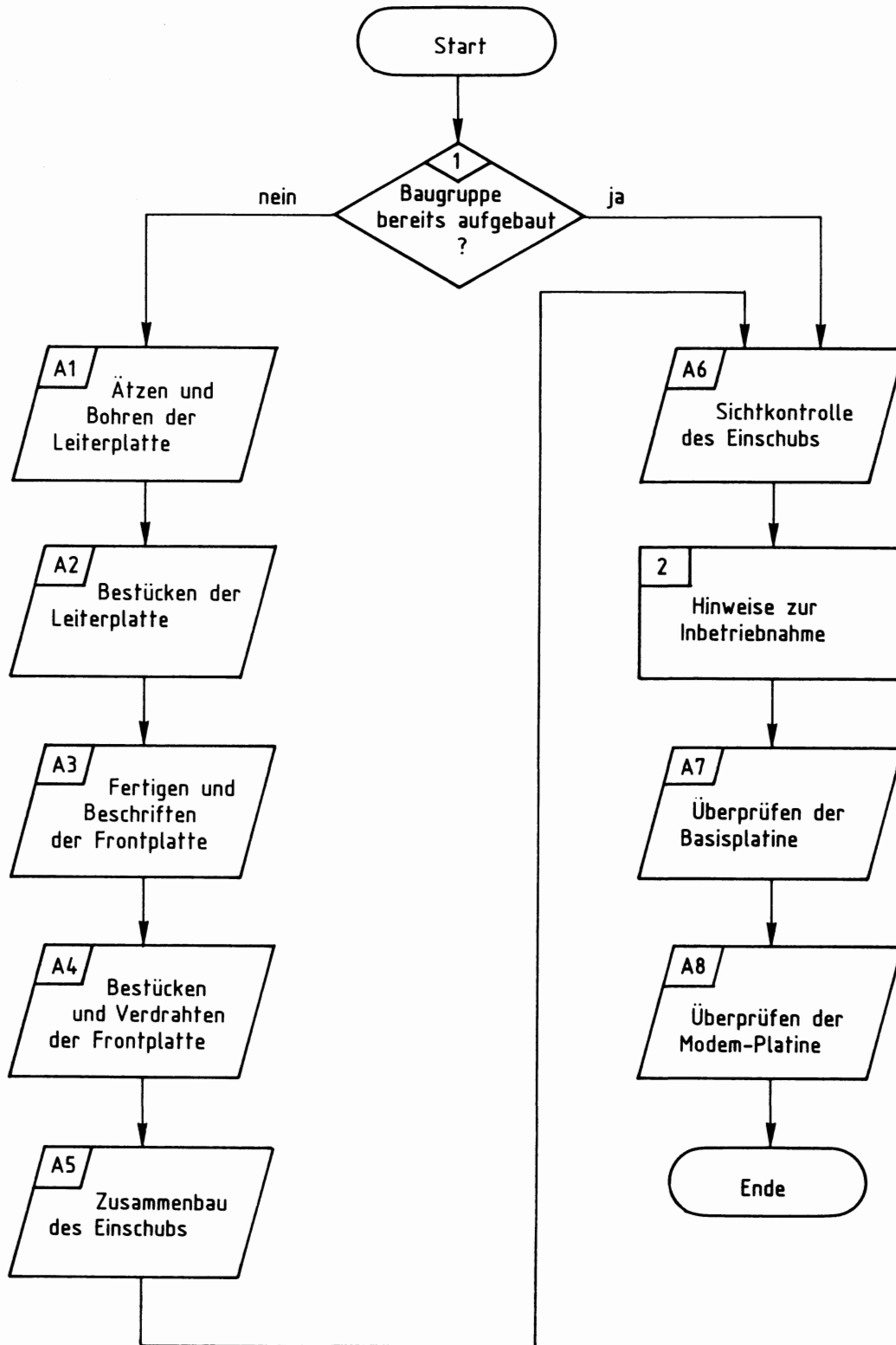
Bild 35: Stromlaufplan der programmierbaren Serienschnittstelle

Kassetten-Interface



Kassetten-Interface

Flußdiagramm für den Arbeitsablauf



Kassetten-Interface

Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	Leiterplatte, ca. 110x170 mm Mat.: Epoxid-Glashartgewebe (Hgw 2372)	doppelseitig Cu-kaschiert (35 µm) u. mit Fotolack beschichtet
je 1	Filmvorlage BFZ/MFA 4.4.L u. 4.4.B zum Belichten der Leiterplatte	je nach Ätzverfahren Pos.- oder Neg.-Film
1	Leiterplatte, ca. 85x110 mm Mat.: Epoxid-Glashartgewebe (Hgw 2372)	doppelseitig Cu-kaschiert (35 µm) u. mit Fotolack beschichtet
je 1	Filmvorlage BFZ/MFA 4.4.a.L u. 4.4.a.B zum Belichten der Leiterplatte	je nach Ätzverfahren Pos.- oder Neg.-Film
1	Frontplatte, Teilung L-C 05 Alu, 2 mm dick, Breite: 25,1 mm	z.B. Intermas Nr. 409-017 665
1	Griff komplett mit Abdeckung T03	z.B. Intermas Nr. 409-017 927
1	Frontverbinder 1,6 FEE	z.B. Intermas Nr. 409-024 830
1	Messerleiste 64polig, DIN 41612	z.B. Erni STV-P-364 a/c Nr. 9722.333.401
2	Zylinderschraube M2,5x6 DIN 84	
1	Zylinderschraube M2,5x8 DIN 84	
2	Zylinderschraube M2,5x10 DIN 84	
7	Zylinderschraube M2,5x12 DIN 84	
2	Zylinderschraube mit Schaft BM2,5x10/5 DIN 84	
9	Federscheibe A2,7 DIN 137	
1	Federring B2,5 DIN 127	
2	Schraubensicherung, Kunststoff	z.B. Intermas Nr. 409-026 748
10	Sechskantmutter M2,5 DIN 439	
4	Distanzhülse, Kunststoff	Innen-Ø 3,2 mm, Außen-Ø 7 mm, 5 mm lang

Kassetten-Interface

Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
2	Befestigungshülse für 5-mm-LED, sw	Einbau-Ø 6 mm
2	Befestigungsring für 5-mm-LED, sw	
1	Diodenbuchse 5polig, 180°	
2	Diodenstecker 5polig, 180°	
1,5 m	Diodenleitung 4polig abgeschirmt	z.B. 4x0,08 mm ²
3	Stecklötöse/Lötstift, Ø 1,3 mm	als Meßpunkt
1	LED, Ø 5 mm, rt	
1	LED, Ø 5 mm, grün	
1	Widerstand 33 Ω	alle Widerstände 0,25 W/+ 5% Tol.
2	Widerstand 220 Ω	
1	Widerstand 2,2 kΩ	
8	Widerstand 4,7 kΩ	
1	Widerstand 8,2 kΩ	
7	Widerstand 10 kΩ	
1	Widerstand 15 kΩ	
1	Widerstand 22 kΩ	
3	Widerstand 27 kΩ	
1	Widerstand 33 kΩ	
2	Widerstand 47 kΩ	
2	Widerstand 68 kΩ	
4	Widerstand 100 kΩ	
2	Widerstand 120 kΩ	
3	Widerstand 150 kΩ	
1	Widerstand 270 kΩ	
3	Widerstand 470 kΩ	
1	Widerstand 560 kΩ	

Kassetten-Interface

Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	Widerstand 1 M Ω	
1	Widerstand 2,2 M Ω	
3	Trimmwiderstand 100 k Ω /0,1 W	liegend, RM 10x5
1	Keramikkondensator 220 pF	alle Kondensatoren (außer Elkos) für 63 V oder 100 V
1	Keramikkondensator 470 pF	
2	Folienkondensator 1000 pF	RM 7,5 oder 10
1	Folienkondensator 2200 pF	RM 7,5 oder 10
4	Folienkondensator 4700 pF	RM 7,5 oder 10
1	Folienkondensator 0,01 μ F	RM 7,5 oder 10
1	Folienkondensator 0.018 μ F Toleranz <u>+5 %</u>	RM 7,5 oder 10
1	Folienkondensator 0,1 μ F	RM 7,5 oder 10
2	Tantal-Elko 1 μ F/35 V	Tropfenform
5	Tantal-Elko 4,7 μ F/35 V	Tropfenform
5	Si-Diode	z.B. 1 N 4148
2	Si-PNP-Transistor	z.B. BC 308
1	Si-NPN-Transistor	z.B. BC 238
1	IC LM 324, Vier Operationsverstärker	
1	IC LM 339, Vier Operationsverstärker	offener Kollektor
1	IC 4069, Sechs Inverter	CMOS
1	IC 4070, Vier Exklusiv-ODER	CMOS
1	IC NE 555, Timer	
2	IC 74 LS 00, Vier NAND mit je 2 Eing.	
1	IC 74 LS 04, Sechs Inverter	
1	IC 74 LS 85, 4-Bit-Vergleicher	
2	IC 74 LS 93, 4-Bit-Binärzähler	

Kassetten-Interface

Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	IC 8251, Programmierbarer Serienschchnittstellen-Baustein	
1	Miniaturschiebeschalter 4polig, DIL	als Codierschalter
1	IC-Fassung 8polig DIL	} siehe Anmerkung
9	IC-Fassung 14polig DIL	
1	IC-Fassung 16polig DIL	
1	IC-Fassung 28polig DIL	
n.B.	Isolierschlauch, \varnothing 2 mm	
n.B.	Schaltlitze, 0,25 mm ² , rt, sw, bn, ws	
n.B.	Schaltdraht \varnothing 0,5 mm, versilbert	
n.B.	Löt draht	
n.B.	Lötlack	
n.B.	Reinigungsmittel	zum Entfetten der Frontplatte
n.B.	Beschriftungsmaterial, Abreibe-symbole oder Tuscheschreiber	zum Beschriften der Frontplatte
n.B.	Plastik-Spray	zum Besprühen der Frontplatte

Anmerkung

Je nach Ausführung der geätzten Leiterplatte müssen unterschiedliche IC-Fassungen bereitgestellt werden:

Ist die Leiterplatte durchkontaktiert, können Sie gewöhnliche IC-Fassungen verwenden.

Bei nicht durchkontaktierten Leiterplatten müssen IC-Fassungen eingesetzt werden, die auch von der Bestückungsseite her verlötbar sind. Hierzu eignen sich sehr gut die sog. "Carrier-IC-Fassungen", die aus zusammengesetzten Einzelkontakten bestehen. Falls Sie die als Meterware erhältlichen Kontaktfederstreifen verwenden, benötigen Sie davon 455 mm.

Kassetten-Interface

Zur Inbetriebnahme der Baugruppe "Kassetten-Interface" benötigen Sie zusätzlich:

Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	Baugruppenträger mit Busverdrahtung BFZ/MFA 0.1.	Alle Baugruppen komplett aufgebaut und geprüft
1	Bus-Abschluß BFZ/MFA 0.2.	
1	Trafo-Einschub BFZ/MFA 1.1.	
1	Spannungsregelung BFZ/MFA 1.2.	
1	Prozessor 8085 BFZ/MFA 2.1.	
1	8-K-RAM/EPROM BFZ/MFA 3.1.	bestückt mit MAT 85, Basisadresse 0000
1	8-K-RAM/EPROM BFZ/MFA 3.1.	bestückt mit mindestens einem 2-K-RAM-Baustein auf Adresse F800, Basisadresse E000
1	Bus-Signalgeber BFZ/MFA 5.1.	
1	Bus-Signalanzeige BFZ/MFA 5.2.	
1	Adapterkarte 64polig BFZ/MFA 5.3.	
1	Video-Interface BFZ/MFA 8.2.	
1	ASCII-Tastatur BFZ/MFA 8.1.	
1	Monitor mit Cinch-Anschluß	
1	Kassetten-Recorder mit Kassette	
1	Widerstand 100 k Ω /0,25 W	

Kassetten-Interface


In dieser Übung werden Sie den zum Mikrocomputer-Baugruppensystem gehörenden Einschub "Kassetten-Interface" aufbauen und in Betrieb nehmen. Er besteht aus einer Basisplatine ("Programmierbare Serienschnittstelle", BFZ/MFA 4.4.) und einer darauf befestigten Zusatzplatine, die zusammen die Schnittstelle bzw. das Interface für einen Kassettenrecorder bilden.

1

Falls Sie bereits einen zusammengebauten Einschub erhalten haben, besteht Ihre Aufgabe darin, ihn zu überprüfen und in Betrieb zu nehmen.

Entscheiden Sie nun, wie Sie vorgehen.

Aufbau nach Arbeitsunterlagen  A1

Überprüfen des fertigen Einschubs und Inbetriebnahme  A6

In den folgenden Arbeitsschritten wird die Baugruppe "Kassetten-Interface" in Betrieb genommen und ihre Funktion geprüft.

2

Dazu benötigen Sie:

- 1 Baugruppenträger mit Busverdrahtung (BFZ/MFA 0.1.)
- 1 Bus-Abschluß (BFZ/MFA 0.2.)
- 1 Trafo-Einschub (BFZ/MFA 1.1.)
- 1 Spannungsregelung (BFZ/MFA 1.2.)
- 1 Prozessor 8085 (BFZ/MFA 2.1.)
- 1 8-K-RAM/EPROM (BFZ/MFA 3.1.), bestückt mit MAT 85, Basisadresse 0000
- 1 8-K-RAM/EPROM (BFZ/MFA 3.1.), bestückt mit mindestens einem 2-K-RAM-Baustein auf Adresse F800, Basisadresse E000
- 1 Bus-Signalgeber (BFZ/MFA 5.1.)
- 1 Bus-Signalanzeige (BFZ/MFA 5.2.)
- 1 Adapterkarte 64polig (BFZ/MFA 5.3.)
- 1 ASCII-Tastatur (BFZ/MFA 8.1.)
- 1 Video-Interface (BFZ/MFA 8.2.)
- 1 Monitor mit Cinch-Anschluß
- 1 Kassettenrecorder mit Kassette
- 1 Widerstand 100 k Ω /0,25 W

Alle aufgeführten Teile komplett aufgebaut und geprüft.



Kassetten-Interface

2

Darüberhinaus sollten Sie den Stromlaufplan, das Blockschaltbild und den Bestückungsplan dieser Übung bereithalten.

Die Inbetriebnahme erfolgt schrittweise durch Prüfen der einzelnen Funktionsblöcke. Hierzu werden immer nur diejenigen ICs zusätzlich in die Sockel eingesteckt, die dem gerade zu prüfenden Block angehören. Alle dazu vorgegebenen Arbeitsblätter enthalten:

- Angaben darüber, welcher Funktionsblock geprüft wird
- Angaben über Aufgabe und Funktion des Blocks innerhalb des Kassetten-Interfaces
- Angaben zur Vorbereitung der Prüfschritte (z.B. welche ICs zu stecken sind), vor dem Einstecken von ICs immer die Betriebsspannung ausschalten!
- Meßaufgaben; es werden hauptsächlich Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse mit vorgegebenen Kontrollwerten zu vergleichen sind

Bei sorgfältiger Durchführung der einzelnen Arbeitsschritte lassen sich eventuell vorhandene Fehlerquellen, wie Kurzschlüsse zwischen Leiterbahnen oder defekte Bauteile, leicht ausfindig machen und beheben.

Bei der Inbetriebnahme wird zunächst die programmierbare Serienschnittstelle und anschließend die Modem-Zusatzplatine überprüft.

Hierbei kommen die Kommandos "OUT", "IN", "ASSEMBLER", "GO", "SAVE", "LOAD" und "PRINT" des Betriebsprogramms MAT 85 zur Anwendung. Wenn hierbei Schwierigkeiten auftreten, sollten Sie die entsprechenden Kapitel der Übung BFZ/MFA 7.1. durcharbeiten. Die Assembler-Programme können auch mit dem Kommando "MEMORY" eingegeben werden.

→ A7

Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Für die Baugruppe "Kassetten-Interface" müssen zwei doppelseitig kupferkaschierte Leiterplatten geätzt werden. Stellen Sie diese in folgenden Arbeitsschritten her:

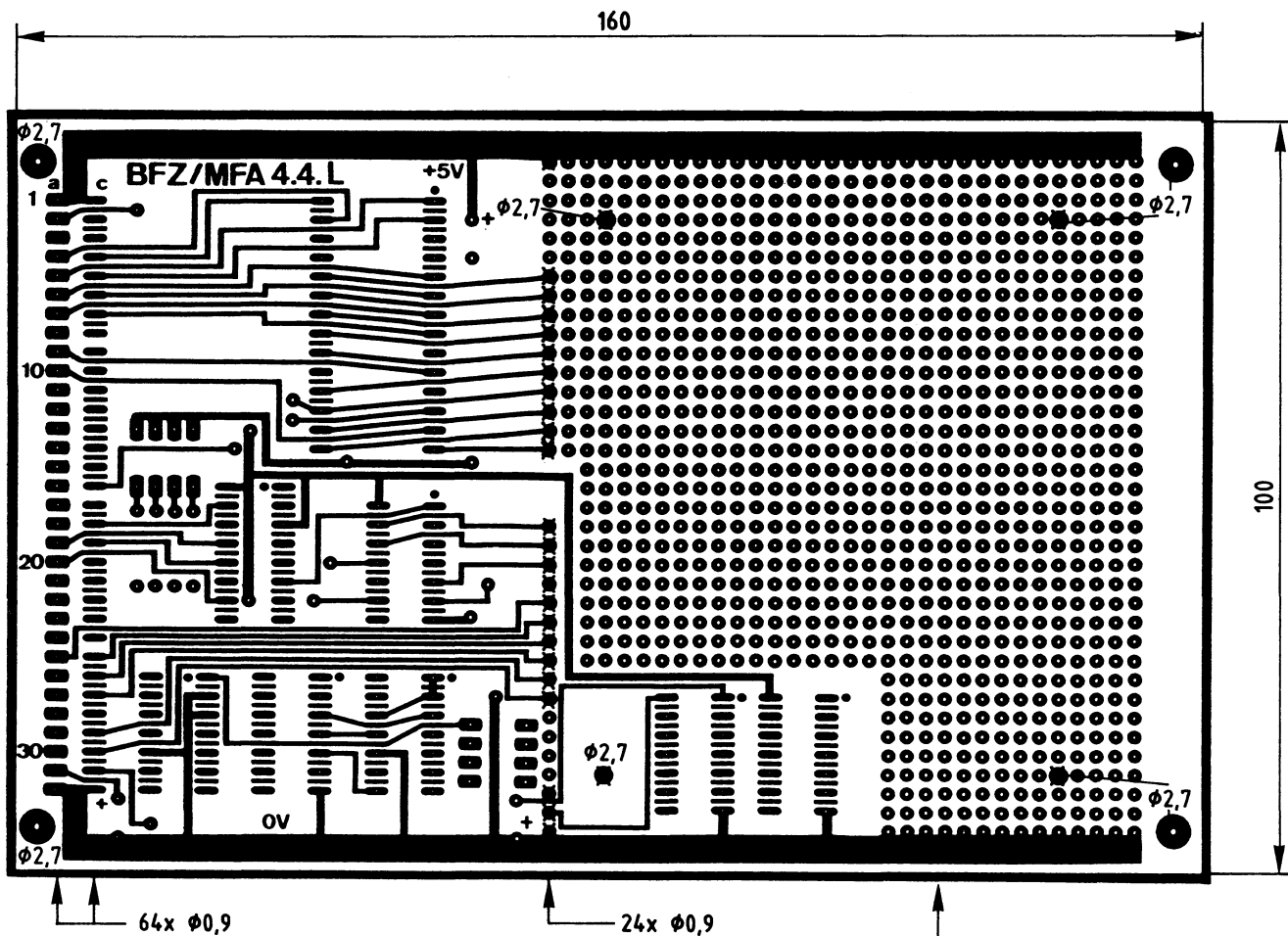
A1.1

1. Belichten nach Filmvorlagen BFZ/MFA 4.4.L und 4.4.B sowie nach BFZ/MFA 4.4.a.L und 4.4.a.B
2. Entwickeln
3. Ätzen und Fotolack entfernen
4. jeweils auf Maß zuschneiden

Material: Epoxid-Glashartgewebe 1,5 dick (Hgw 2372)

Bohren Sie die Leiterplatten nach den folgenden Bohrplänen. Anschließend sind jeweils beide Seiten zu reinigen und mit Lötlack zu besprühen.

Bohrplan Leiterbahnseite 4.4.L



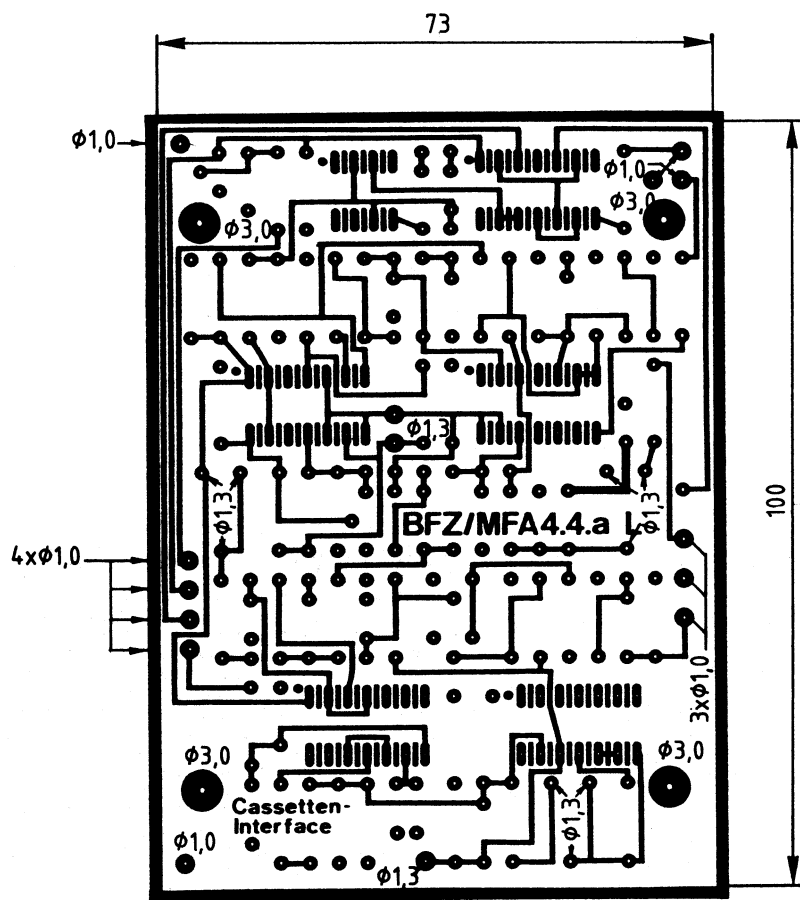
Alle nicht bemaßten Bohrungen $\phi 0,8$ mm
Benötigte Bohrer: 0,8 - 0,9 - 2,7 mm

Rasterfeld bis auf die mit
X gekennzeichneten Bohrungen
nicht gebohrt



A1.2

Bohrplan Leiterbahnseite 4.4.a.L



Alle nicht bemaßten Bohrungen $\phi 0,8$ mm
Benötigte Bohrer: 0,8 - 1,0 - 1,3 - 3,0 mm



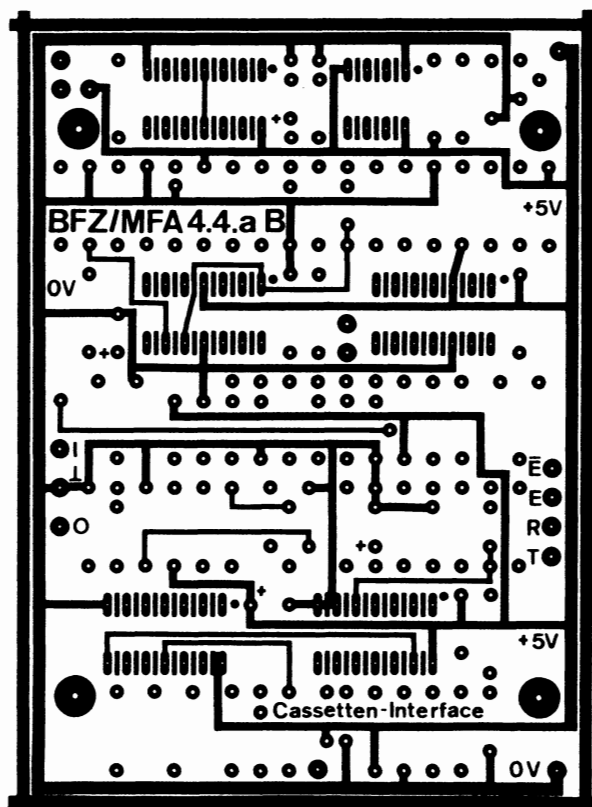
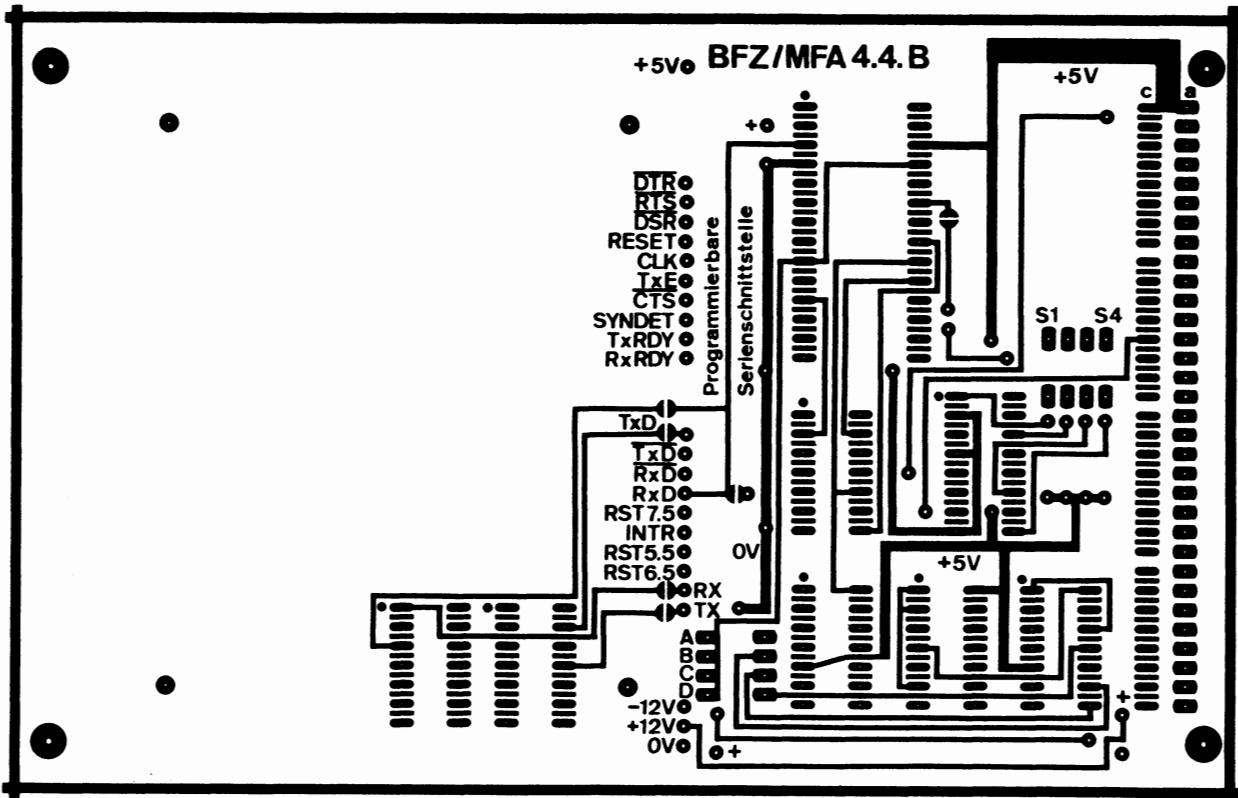
Name: _____

Kassetten-Interface

Datum: _____

Die folgenden Abbildungen zeigen die Layouts der Bestückungsseiten der Leiterplatten BFZ/MFA 4.4. und BFZ/MFA 4.4.a.

A1.3



→ A2

Name: _____

Kassetten-Interface

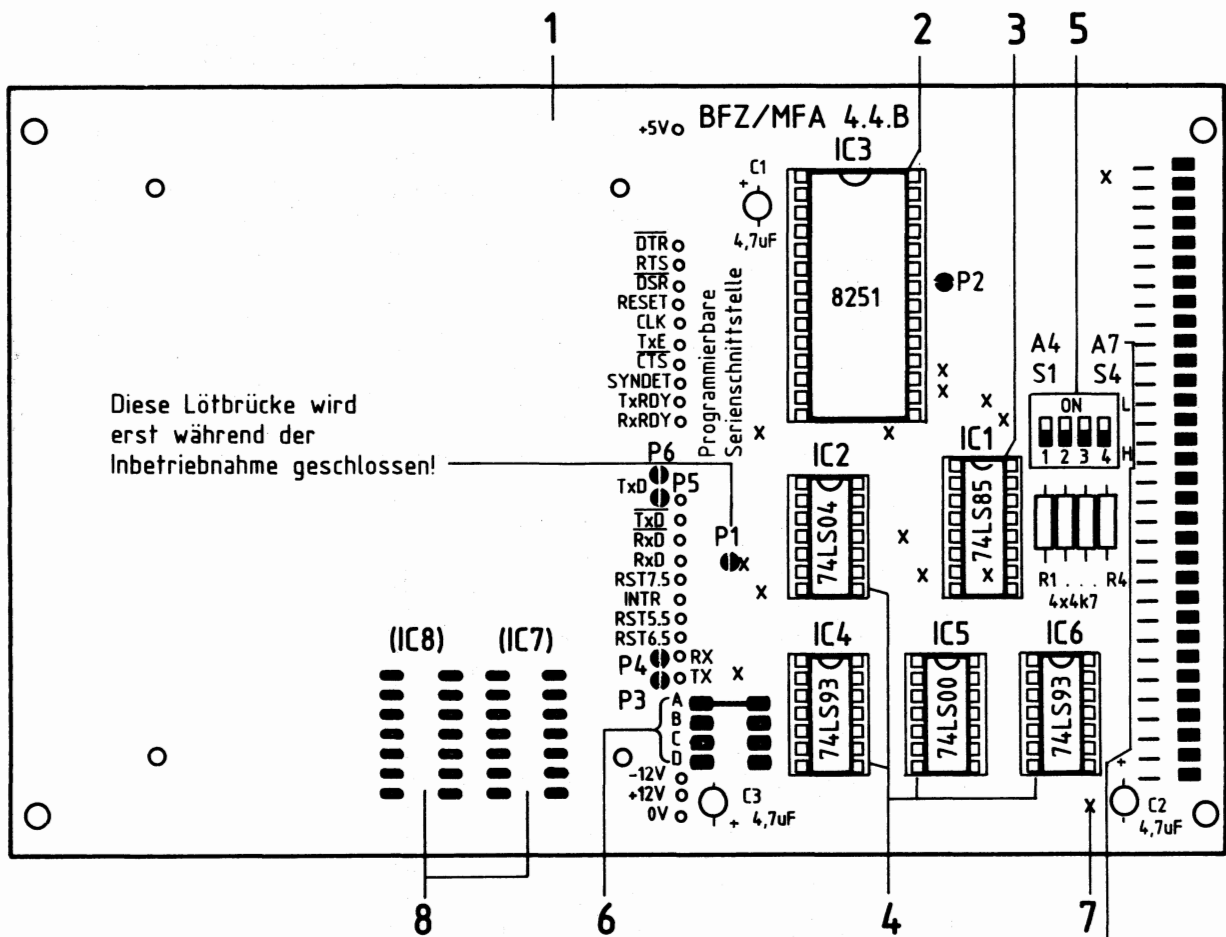
Datum: _____

A2.1

Bestücken Sie die Leiterplatten BFZ/MFA 4.4. und BFZ/MFA 4.4.a mit Hilfe der folgenden Bestückungspläne sowie der Stück- und Bauteillisten. Vorher sollten Sie alle Leiterbahnen möglichst mit einer Lupe nach Rissen und Kurzschlüssen (Ätzfehler, Bohrgrat) untersuchen und Fehler entsprechend beseitigen.

Stecken Sie zunächst noch keine ICs in die Sockel!

Bestückungsplan Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.



Lötbrücken P...: ≙ Brücke offen
 ≙ Brücke geschlossen

Bedeutung der Lötbrücken siehe Stromlaufplan

Beschriften Sie die Karte mit einem wasserfesten Stift.



Name: _____

Kassetten-Interface

Datum: _____

Stückliste Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.

A2.2

Pos.	Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	1	Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.	
2	1	IC-Fassung 28polig	} siehe Anmerkung
3	1	IC-Fassung 16polig	
4	4	IC-Fassung 14polig	
5	1	Miniatur-Schiebeschalter 4polig	
6	1	Lötbrücke bei "A", hergestellt aus Schaltdraht 0,5 mm Cu-Ag	siehe Stromlaufplan
7	14	Durchkontaktierung, hergestellt aus Schaltdraht 0,5 mm Cu-Ag	nur erforderlich bei nicht galvanisch durchkontaktierter Leiterplatte

Anmerkung

Alle ICs werden auf Fassungen gesteckt, die je nach Ausführung der geätzten Leiterplatte unterschiedlicher Bauart sind. Wenn die Leiterplatte galvanisch durchkontaktiert ist, werden gewöhnliche IC-Fassungen verwendet. Bei nicht durchkontaktierten Leiterplatten müssen IC-Fassungen eingesetzt werden, die auch von der Bestückungsseite her verlötbar sind. Hierzu verwenden Sie entweder "Carrier-IC-Fassungen", die aus zusammengesetzten Einzelkontakten bestehen oder die als Meterware erhältlichen Kontaktfederstreifen.

Bauteilliste Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.

Kennz.	Benennung/Daten	Bemerkung
R1 ... R4	Widerstand 4,7 k Ω	
C1 ... C3	Tantal-Elko 4,7 μ F/25 V oder 35 V	Tropfenform
IC1	4-Bit-Vergleicher 74 LS 85	ICs nicht eingesteckt!
IC2	6 Inverter 74 LS 04	
IC3	Programmierbarer Serienschnittstellen-Baustein 8251	
IC4, IC6	4-Bit-Binärzähler 74 LS 93	
IC5	4 NAND je zwei Eingänge 74 LS 00	

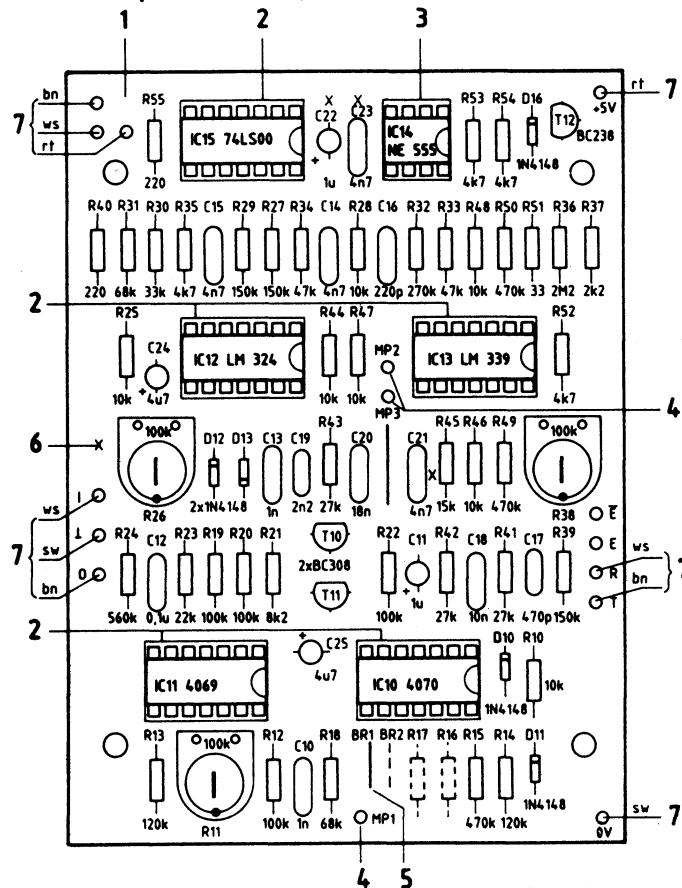


Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Bestückungsplan Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.a

A2.3

Stückliste Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.a

Pos.	Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	1	Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.a	
2	5	IC-Fassung 14polig	} siehe Anmerkung Seite A2.2
3	1	IC-Fassung 8polig	
4	3	Stecklötöse, Lötstift 1,3 mm	
5	1	Lötbrücke, hergestellt aus Schaltlitze 0,25 mm ² , Brücke BR1 bestückt, BR2 nicht bestückt	Länge angepaßt
6	4	Durchkontaktierung, hergestellt aus Schaltdraht 0,5 mm Cu-Ag	nur erforderlich bei nicht galvanisch durchkontaktierter Leiterplatte
7	10	Schaltlitze 0,25 mm ² , 60 mm lang, freies Ende abisol. und verzinkt	Farben rt, sw, ws, bn



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Bauteilliste Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.a

A2.4

Kennz.	Benennung/Daten	Bemerkung
R10	Widerstand 10 k Ω	
R11	Trimmwiderstand 100 k Ω	
R12	Widerstand 100 k Ω	
R13, R14	Widerstand 120 k Ω	
R15	Widerstand 470 k Ω	
R16, R17	Abgleichwiderstände	nicht bestückt
R18	Widerstand 68 k Ω	
R19, R20	Widerstand 100 k Ω	
R21	Widerstand 8,2 k Ω	
R22	Widerstand 100 k Ω	
R23	Widerstand 22 k Ω	
R24	Widerstand 560 k Ω	
R25	Widerstand 10 k Ω	
R26	Trimmwiderstand 100 k Ω	
R27	Widerstand 150 k Ω	
R28	Widerstand 10 k Ω	
R29	Widerstand 150 k Ω	
R30	Widerstand 33 k Ω	
R31	Widerstand 68 k Ω	
R32	Widerstand 270 k Ω	
R33, R34	Widerstand 47 k Ω	
R35	Widerstand 4,7 k Ω	
R36	Widerstand 2,2 M Ω	
R37	Widerstand 2,2 k Ω	
R38	Trimmwiderstand 100 k Ω	
R39	Widerstand 150 k Ω	
R40	Widerstand 220 Ω	
R41 ... R43	Widerstand 27 k Ω	
R44	Widerstand 10 k Ω	
R45	Widerstand 15 k Ω	
R46 ... R48	Widerstand 10 k Ω	
R49, R50	Widerstand 470 k Ω	



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

A2.5

Bauteilliste Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.a (Fortsetzung)

Kennz.	Benennung/Daten	Bemerkung
R51	Widerstand 33 Ω	
R52 ... R54	Widerstand 4,7 k Ω	
R55	Widerstand 220 Ω	
C10	Folienkondensator 1 nF	
C11	Tantal-Elko 1 μ F	
C12	Folienkondensator 0,1 μ F	
C13	Folienkondensator 1 nF	
C14, C15	Folienkondensator 4,7 nF	
C16	Ker. Scheibenkondensator 220 pF	
C17	Ker. Scheibenkondensator 470 pF	
C18	Folienkondensator 10 nF	
C19	Folienkondensator 2,2 nF	
C20	Folienkondensator 18 nF	
C21	Folienkondensator 4,7 nF	
C22	Tantal-Elko 1 μ F	
C23	Folienkondensator 4,7 nF	
C24, C25	Tantal-Elko 4,7 μ F	
D10 ... D13	Si-Diode 1 N 4148	
D16	Si-Diode 1 N 4148	
T10, T11	Si-PNP-Transistor	z.B. BC 308
T12	Si-NPN-Transistor	z.B. BC 238
IC10	Vier Exklusiv-ODER 4070	
IC11	Sechs Inverter 4069	
IC12	Vier Operationsverstärker LM 324	
IC13	Vier Operationsverstärker LM 339	offener Kollektor
IC14	Timer NE 555	
IC15	Vier NAND-Gatter 74 LS 00	

 **A3**

Kassetten-Interface

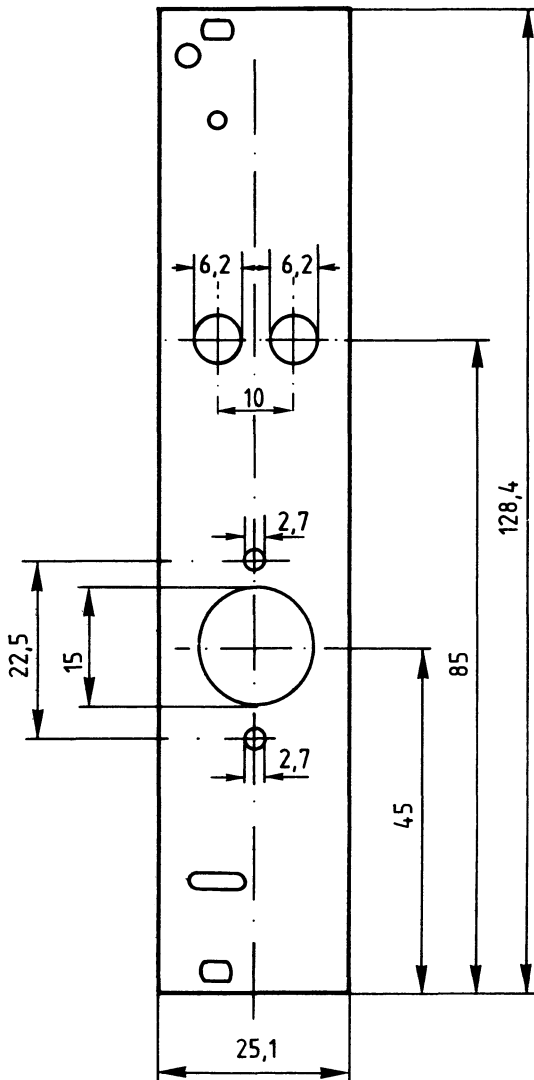
Name: _____

Datum: _____

Stellen Sie die Frontplatte nach den folgenden Zeichnungen her. Vor dem Beschriften muß die Frontplatte gereinigt und entfettet werden. Die Beschriftung kann mit einem Tuscheschreiber oder Abreibebuchstaben erfolgen. Nach dem Beschriften sollten Sie die Frontplatte mit Plastik-Spray besprühen.

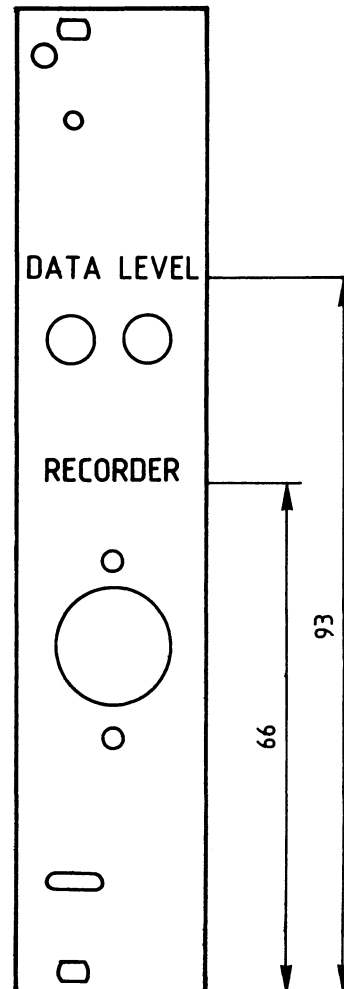
A3

Bohrplan Frontplatte



Material: Frontplatte L-C05
Alu 2 mm

Beschriftungsvorschlag



Schrifthöhe 3 mm

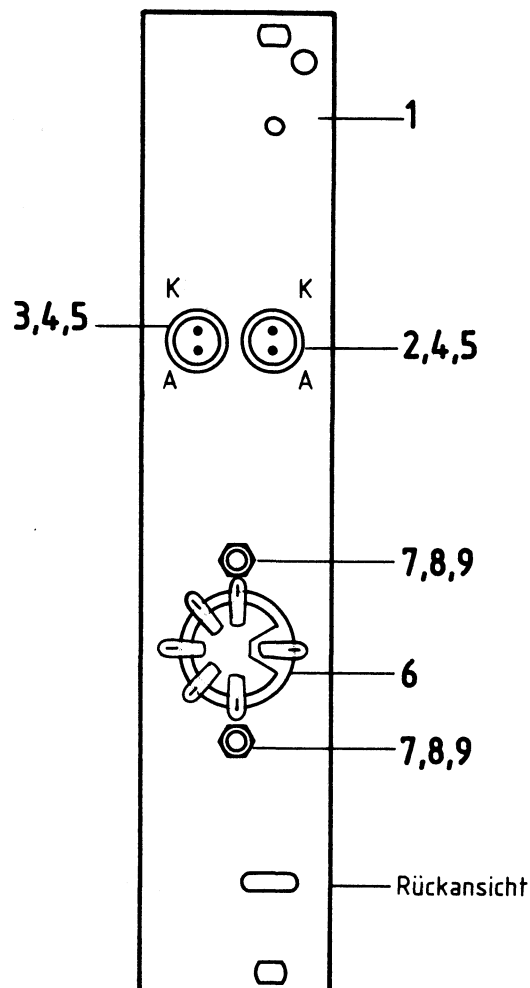
→ **A4**

Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Bestücken Sie die Frontplatte nach der folgenden Zeichnung und der Stückliste.

A4**Bestückungsplan Frontplatte****Stückliste Frontplatte**

Pos.	Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	1	Frontplatte	
2	1	Leuchtdiode rot, 5 mm	
3	1	Leuchtdiode grün, 5 mm	
4	2	Befestigungshülse für LED	
5	2	Befestigungsring für LED	
6	1	Diodenbuchse	
7	2	Zylinderschraube M2,5x6 DIN 84	
8	2	Federscheibe A2,7 DIN 139	
9	2	Sechskantmutter M2,5 DIN 439	

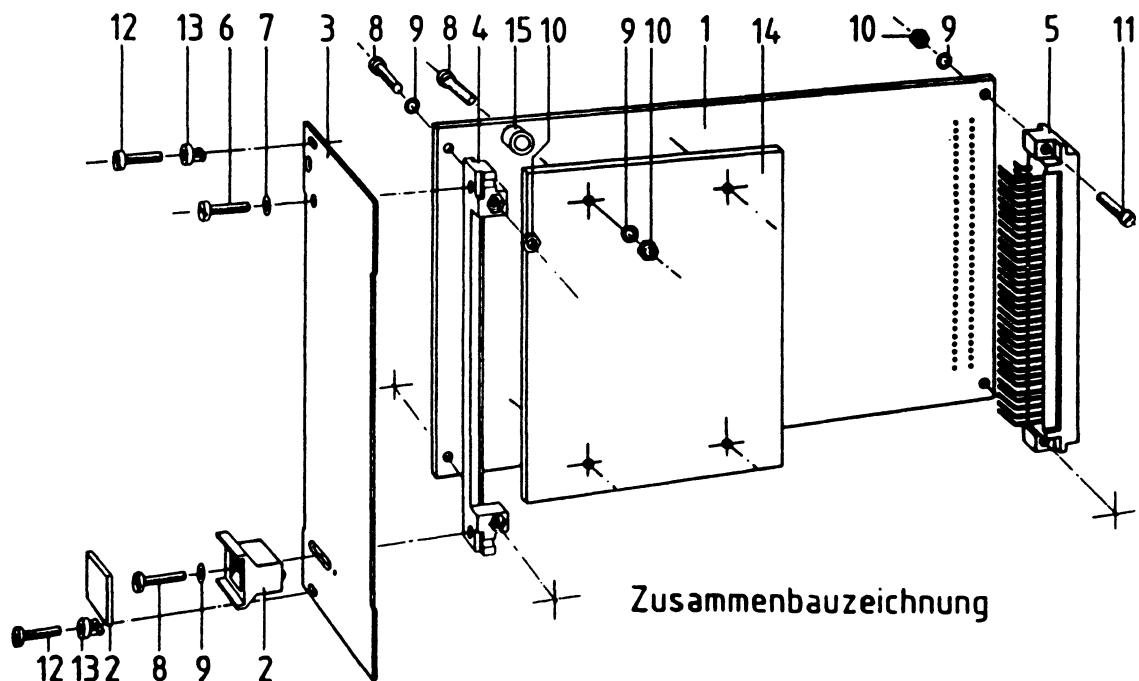
→ **A5**

Name: _____

Kassetten-Interface

Datum: _____

Bauen Sie den Einschub nach der folgenden Zeichnung und Stückliste zusammen. Anschließend wird verdrahtet.

A5.1

Stückliste für den Zusammenbau

Pos.	Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	1	Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.	kompl. bestückt
2	1	Griff komplett	
3	1	Frontplatte	bestückt
4	1	Frontverbinder	
5	1	Messerleiste 64polig, DIN 41612	
6	1	Zylinderschraube M 2,5x8 DIN 84	
7	1	Federring B2,5 DIN 127	
8	7	Zylinderschraube M2,5x12 DIN 84	
9	9	Federscheibe A2,7 DIN 137	
10	8	Sechskantmutter M2,5 DIN 439	
11	2	Zylinderschraube M2,5x10 DIN 84	
12	2	Zylinderschraube mit Schaft BM2,5x10/5 DIN 84	
13	2	Schraubensicherung, Kunststoff	
14	1	Leiterplatte BFZ/MFA 4.4.a	kompl. bestückt
15	4	Distanzhülse, Kunststoff	



Name: _____

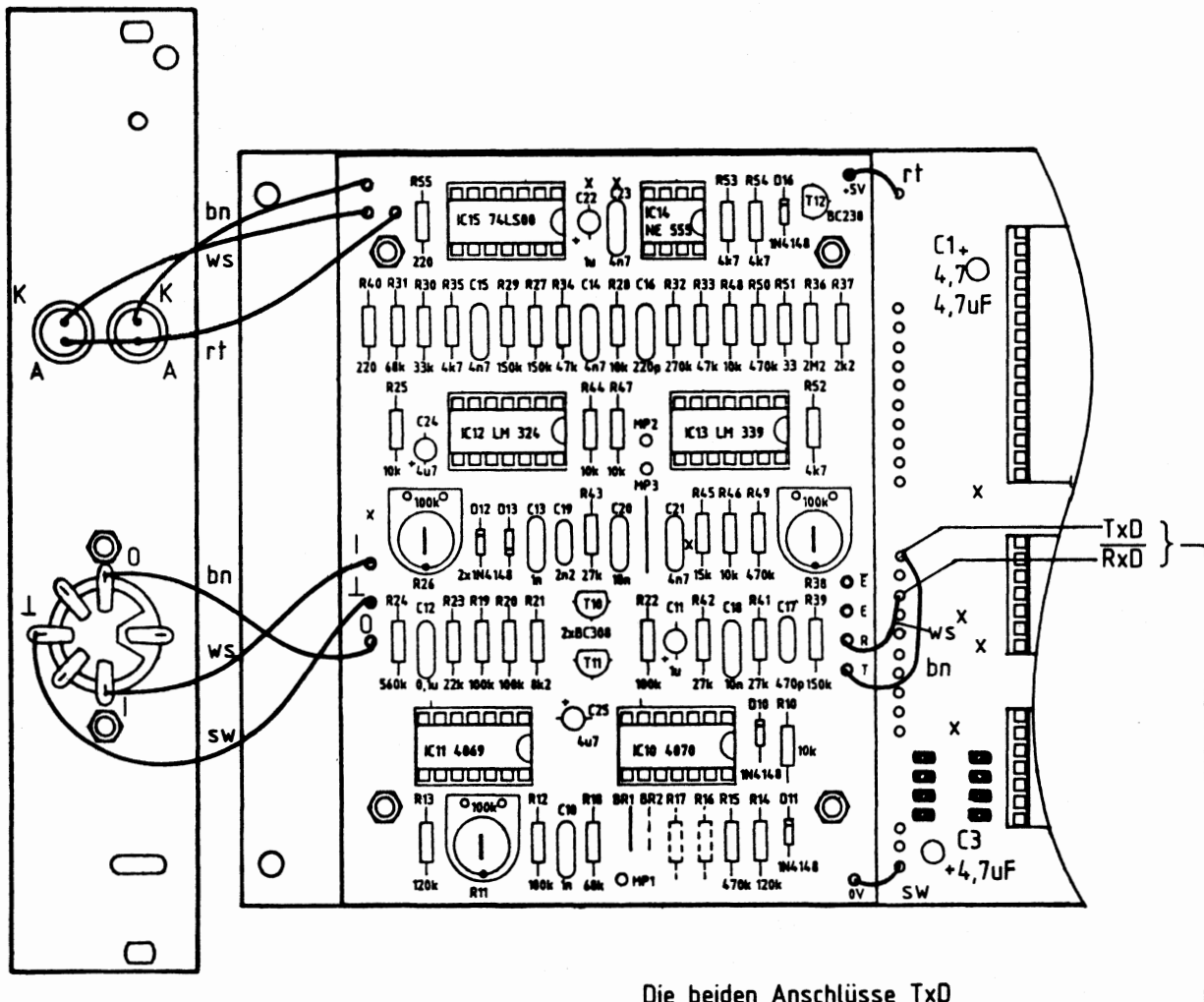
Kassetten-Interface

Datum: _____

Verdrahten Sie den Einschub nach dem folgenden Verdrahtungsplan. Isolieren Sie die Kathodenanschlüsse der LEDs mit Isolierschlauch. Die Verbindungen zwischen "R" und "RxD" sowie zwischen "T" und "TxD" werden noch nicht eingelötet.

A5.2

Verdrahtungsplan Frontplatte und Leiterplatte



Die beiden Anschlüsse TxD und RxD noch nicht einlöten. Dies geschieht erst bei der Inbetriebnahme.

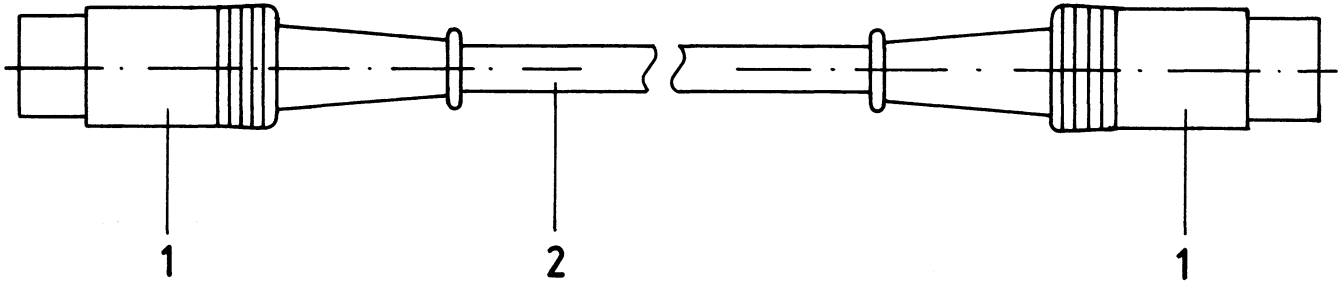


Name: _____

Kassetten-Interface

Datum: _____

Stellen Sie ein Verbindungskabel für den Anschluß eines Kassettenrecorders an das Kassetten-Interface nach den folgenden Angaben her:

A5.3

Stückliste

Pos.	Stckz.	Benennung/Daten	Bemerkung
1	2	Diodenstecker 5polig, 180°	
2	1,5 m	Diodenleitung	3- oder 5polig

Verbinden Sie die gleichbezeichneten Anschlüsse 1, 2 und 3 der Stecker miteinander, wobei die Abschirmung der Leitung an den Anschluß 2 kommt. Bei einer 4adrigen Leitung werden alle Stifte belegt.

→ **A6**

Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Sichtkontrolle

A6

Führen Sie eine Sichtkontrolle des fertigen Einschubs durch. Dazu sollten Sie den Stromlauf- und Bestückungsplan bereitlegen. Beheben Sie erkannte Fehler und Mängel.

Lötstellen

Sind auf den mit "L" bezeichneten Seiten der Karten (Leiterbahnseite, Lötseite) alle Bauteilanschlüsse sachgemäß angelötet?

Achten Sie bei den Lötstellen besonders auf Kurzschlüsse, die bei der Enge der Leiterbahnen leicht durch das Auftragen einer zu großen Menge von Lötzinn oder durch Lötzinnspritzer und -perlen entstehen können.

Bei galvanisch nicht durchkontaktierten Leiterplatten müssen auch Lötstellen auf den mit "B" bezeichneten Kartenseiten (Bauteilseite, Bestückungsseite) überprüft werden. Dort müssen alle Bauteilanschlüsse, an die eine Leiterbahn führt, verlötet sein. Außerdem müssen bei nicht durchkontaktierten Leiterplatten alle in den Bestückungsplänen mit "x" bezeichneten Bohrungen durch Einsetzen von Drahtstücken durchkontaktiert sein.

Bestückung

- Sind alle Widerstände mit ihren Werten richtig eingebaut?
- Sind die Elkos und Dioden richtig gepolt?
- Sind die ICs bereits eingesteckt? Wenn ja, ziehen Sie alle ICs heraus.
- Ist der DIL-Schalter richtig geschaltet? S1 bis S4 müssen in Stellung OFF stehen.

Gesamtaufbau

- Kontrollieren Sie auch die Montage der Bauteile in der Frontplatte sowie die Verbindungen zwischen Front- und Leiterplatte.
- Zwei Leitungen zwischen beiden Leiterplatten sollen noch nicht angelötet sein. Kontrollieren Sie dies lt. Arbeitsblatt A5.2.

2 ←

Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Inbetriebnahme**A7.1**

Die Inbetriebnahme des Kassetten-Interfaces erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst wird die programmierbare Serienschnittstelle, danach die Modem-Zusatzplatine (Modem = Modulator/Demodulator) überprüft. Anschließend erfolgt eine gemeinsame Inbetriebnahme und der Abgleich.

Die Adreß- und Steuersignale der Baugruppe werden zunächst mit Hilfe des Bus-Signalgebers statisch überprüft und mit einem Logiktester kontrolliert.

Danach erfolgt die Untersuchung des programmierbaren Schnittstellenbausteins 8251 (IC3) mit Hilfe des Betriebsprogramms MAT 85.

Bei der Überprüfung und dem Abgleich des Modulators/Demodulators kommen ein Sinusgenerator und ein Oszilloskop zum Einsatz.

Vorbereitung für die Überprüfung der Funktionsblöcke

- Stellen Sie mit den Schiebeschaltern S1 bis S4 die Basisadresse "F" ein. Hierzu sind alle Schalter in die Stellung "OFF" zu bringen.
- Löten Sie, falls noch nicht geschehen, folgende Brücken auf der Bauteilseite der Basisplatine ein: Lötbrücke P2 und Lötbrücke A.
- Öffnen Sie die Lötbrücke P1, sofern sie schon eingelötet ist.
- Unterbrechen Sie die Verbindungen von "T" nach "TxD" und von "R" nach " $\overline{\text{RxD}}$ " zwischen Basis- und Zusatzplatine, falls diese schon eingelötet sind. Alle anderen Verbindungen müssen entsprechend dem Verdrahtungsplan eingelötet sein.

Prüfen der Betriebsspannung für die ICs

- Baugruppe "Kassetten-Interface" über Adapterkarte am Systembus
- Außer Netzgerät keine anderen Karten eingeschoben
- Betriebsspannung eingeschaltet

Suchen Sie sich aus den Stromlaufplänen die entsprechenden IC-Stifte heraus; tragen Sie IC-Typ, Stift-Nummern und die dort gemessenen Spannungen in die folgende Tabelle ein (siehe Muster).



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

A7.2

	IC1	IC2	IC3	IC4	IC5	IC6
Typ	74LS85					
U _B -Pin	16					
0V-Pin	8					
U _B	5V					

	IC10	IC11	IC12	IC13	IC14	IC15
Typ						
U _B -Pin						
0V-Pin						
U _B						

Prüfen der Bausteinauswahl (Chip-Select) von IC3

Das Chip-Select-Signal (Pin 11 von IC3) führt L-Pegel, wenn der Adreßvergleich IC1 Adressengleichheit meldet. Dies ist bei der vorliegenden Schalterstellung von S1 bis S4 (alle Kontakte geöffnet) immer dann der Fall, wenn folgende Hex-Adresse auf dem 16-Bit-Adreßbus vorliegt:

X X F X

"X" bedeutet, daß an dieser Stelle eine beliebige hexadezimale Ziffer stehen kann. Die zweite Stelle von rechts muß also den Wert "F" haben, während die übrigen drei Stellen beliebig sein können.



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Gehen Sie folgendermaßen vor:

A7.3

- IC1 und IC2 in ihre Sockel stecken
- Bus-Signalgeber (BFZ/MFA 5.1.) und Bus-Signalanzeige (BFZ/MFA 5.2.) in den Baugruppenträger stecken
- Kassetten-Interface über Adapterkarte in den Baugruppenträger stecken
- Betriebsspannung einschalten

Stellen Sie am Bus-Signalgeber die in der folgenden Tabelle angegebenen Adressen ein, und messen Sie jeweils den logischen Pegel an Pin 11 der Fassung von IC3 (\overline{CS}).

Adreßwert	\overline{CS}	
	Soll	Ist
17F8	L	
021C	H	
00F0	L	

Prüfen des Adreßsignals A0

Überprüfen Sie mit einem Logiktester am Anschlußstift 12 des Sockels für IC3 (C/\overline{D}) die in der folgenden Tabelle angegebenen Signalzustände bei verschiedenen Adressen.

Adreßwert	Sockel IC3, Pin 12	
	Soll	Ist
XXX0	L	
XXX1	H	
XXX2	L	
XXX3	H	



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Prüfen der Steuersignale \overline{IOR} und \overline{IOW} **A7.4**

Diese Steuersignale werden ebenfalls an den Sockelanschlüssen von IC3 abgegriffen.

Taster	\overline{IOR} bzw. \overline{RD}		\overline{IOW} bzw. \overline{WR}	
	Sockel IC3, Pin 13		Sockel IC3, Pin 10	
	Soll	Ist	Soll	Ist
IOR	betätigt	L	H	
	nicht betätigt	H	H	
IOW	betätigt	H	L	
	nicht betätigt	H	H	

Prüfung des Baudraten-Taktes

Der programmierbare Serienschnittstellen-Baustein 8251 (IC3) erhält ein aus dem 2-MHz-Systemtakt der CPU abgeleitetes Taktsignal. Hieran sind IC4, IC5 und IC6 der Schnittstellenkarte beteiligt. Die Höhe des Baudraten-Taktes ist durch die Lötbrücken A bis D in vier Stufen veränderbar, wobei aber immer nur eine einzige Brücke eingelötet sein darf.

Das Kassetten-Interface arbeitet mit einer Baudrate von 1200 Baud, dies wird durch die Brücke A festgelegt. Die Brücken B, C oder D ergeben jeweils um den Faktor 2 kleinere Baudraten (600, 300 und 150 Baud).

Die Taktfrequenz für IC3 ist 64mal größer als die gewünschte Baudrate. Somit ergibt sich für 1200 Baud eine Taktfrequenz von 76,8 kHz. Für die anderen Baudraten ist die Taktfrequenz entsprechend geringer.

Bei der Prüfung des Baudraten-Taktes gehen Sie bitte folgendermaßen vor:

- IC4, IC5 und IC6 der Schnittstellenkarte zusätzlich einsetzen
- Baugruppe Prozessor 8085 zusätzlich in den Baugruppenträger einstecken
- Betriebsspannung einschalten



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Messen Sie nun mit einem Oszilloskop die Periodendauer der Signale an den in der folgenden Tabelle angegebenen IC-Stiften. Bestimmen Sie daraus anschließend die Frequenzen dieser Signale. Wenn sie im Bereich der angegebenen Kontrollwerte liegen, ist die Takterzeugung für die Baudrate in Ordnung.

A7.5

Meßort	T	f	f (Kontrollwert)
IC3, Pin 20			2 MHz
IC3, Pin 9			ca. 77 kHz
IC3, Pin 25			ca. 77 kHz

Prüfen des Reset-Signals

Bei nicht betätigter Reset-Taste der CPU-Baugruppe muß am Anschluß 21 des Sockels für IC3 L-Pegel anliegen. Wird die Reset-Taste betätigt, liegt H-Signal vor.

Prüfen des Schnittstellenbausteins 8251 (IC3)

Der programmierbare Schnittstellenbaustein 8251 übernimmt parallele Daten vom Mikroprozessor und wandelt diese in serielle Daten um, die am Anschluß "TxD" (Transmitter-Data, Sender-Daten) abgegeben werden.

Zusätzlich kann der Baustein am Anschluß "RxD" (Receiver-Data, Empfänger-Daten) einen seriellen Datenstrom empfangen und ihn in parallele Daten für den Mikroprozessor umwandeln.

Zur Prüfung dieser Funktionen wird der vollständige Mikrocomputer einschließlich Betriebssystem MAT 85, Tastatur und Bildschirm benötigt.



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Gehen Sie dabei folgendermaßen vor:

- IC3 (8251) in den Sockel stecken
- Baugruppe 8-K-RAM/EPROM, bestückt mit MAT 85, einsetzen (Basisadresse 0000)
- Baugruppe 8-K-RAM/EPROM, bestückt mit mindestens einem 2-K-RAM-Baustein auf Adresse F800 einsetzen (Basisadresse E000)
- Bus-Signalgeber entfernen
- Video-Interface in den Baugruppenträger einsetzen
- ASCII-Tastatur und Monitor an das Video-Interface anschließen
- Betriebsspannung einschalten
- Betriebsprogramm durch Betätigen der SPACE-Taste starten

A7.6

Auf dem Monitor müssen nun alle Kommandos des Betriebsprogramms erscheinen

Mit dem Start des Betriebsprogramms wird die programmierbare Serienschnittstelle richtig initialisiert, d.h. in ihrer Betriebsart programmiert.

Innerhalb des Schnittstellen-Bausteins befindet sich ein Sender- und ein Empfängerregister, deren Funktionen überprüft werden sollen. Das Senderregister hat bei der eingestellten Basisadresse "F" die Port-Nr. "F0", unter der es mit dem Betriebsprogramm-Kommando "OUT" angesprochen werden kann.

Überprüfung des Senderregisters

- Rufen Sie das Kommando "OUT" auf. Adresse: F0, Daten: 55

Jedesmal, wenn Sie die Leertaste betätigen, wird der Datenwert 55 an das Port mit der Nr. F0 übergeben und vom Schnittstellen-Baustein in serieller Form am Anschluß "TxD" (Pin 19 von IC3) ausgegeben. Beobachten Sie dies mit einem Oszilloskopen oder einem Logiktester. Im Ruhezustand liegt TxD auf H-Pegel. Bei Betätigung der Leertaste entstehen für kurze Zeit wechselnde Ausgangssignale.

Die folgende Aufstellung zeigt die Bildschirmdarstellung bei diesem Versuch. Ihre Eingaben davon sind unterstrichen. Durch die Betätigung der CR-Taste (zum Schluß) wird der Versuch abgebrochen.



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

```
KMD >  OUT
PORT-NR = 00 FO SP
DATEN   = 00 55 SP
DATEN   = 55 SP
DATEN   = 55 SP
DATEN   = 55 SP
DATEN   = 55 SP
DATEN   = 55 CR
```

Hinweis:

```
SP = Leertaste betätigen
CR = CR-Taste betätigen
```

A7.7

Überprüfung des Empfängerregisters

Der serielle Empfänger von IC3 kann überprüft werden, indem eine Brücke zwischen dem Senderausgang TxD (IC3, Pin 19) und dem Empfängereingang RxD (IC3, Pin 3) hergestellt wird. Damit werden die gesendeten Daten vom gleichen Baustein wieder empfangen und im Empfängerregister gespeichert. Daten, die mit dem OUT-Kommando dem Sender übergeben werden, können Sie anschließend mit dem IN-Kommando wieder einlesen.

Das Empfängerregister besitzt wie das Senderregister die Port-Nr. "FO".

```
KMD >  OUT
PORT-NR = 00 FO SP
DATEN   = 00 55 CR (gesendetes Daten-Byte)
```

```
KMD >  IN
PORT-NR = FO SP
DATEN   = 55 CR (empfangenes Daten-Byte)
```

Abschließende Überprüfung der Basisplatine

Mit Hilfe eines Testprogramms wird der Serienschnittstellenbaustein unter Anwendung der im Betriebssystem MAT 85 vorhandenen seriellen Ein- und Ausgaberroutinen abschließend überprüft. Geben Sie hierzu das folgende Assemblerprogramm ohne die durch Semikolon abgesetzten Kommentare ein.



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

KMD > ASSEMBLER

START-ADR =0000 F800

A7.8

```
F800 3E 55      START: MVI A,55 ;Lade Akku mit dem Wert 55H (dies ist die
                        ;Verschlüsselung des ASCII-Zeichens "U")
F802 CD 2108    CALL 0821 ;Sende Akku-Wert an das Kassetten-Interface
                        ;(0821 ist die Anfangsadresse des Unter-
                        ;programms "CASO", Cassetten-Out-Routine)
F805 CD EF07    CALL 07EF ;Empfange Zeichen vom Kassetten-Interface
                        ;(07EF ist die Anfangsadresse des Unter-
                        ;programms "CASI"(Cassetten-In-Routine)
F808 CD 5200    CALL 0052 ;Drucke empfangenes Zeichen auf dem Bild-
                        ;schirm (0052 ist die Anfangsadresse des
                        ;Unterprogramms "WCHR", Write Character")
F80B C3 00F8    JMP START ;Beginne wieder bei START
F80E            END      ;Assembler-Ende
```

Starten Sie das Programm mit dem GO-Kommando bei Adresse F800. Hierdurch sendet die CPU ständig das ASCII-Zeichen "U" an den Serienschnittstellenbaustein. Durch die Brücke zwischen TxD und RxD wird es sogleich wieder empfangen und auf dem Bildschirm ausgedruckt. Wenn Sie dies beobachten können, arbeitet die serielle Schnittstelle (IC3) und das Programm einwandfrei.

Lösen Sie nun wieder die Verbindung zwischen den Anschlüssen 19 und 3 von IC3. Löten Sie anschließend die Brücke "P1" ein. Sie wird beim Anschluß des Modulators/Demodulators benötigt. Die Inbetriebnahme dieser Zusatzplatine erfolgt im nächsten Arbeitsschritt.

→ A8

Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Hinweise zur Zusatzplatine

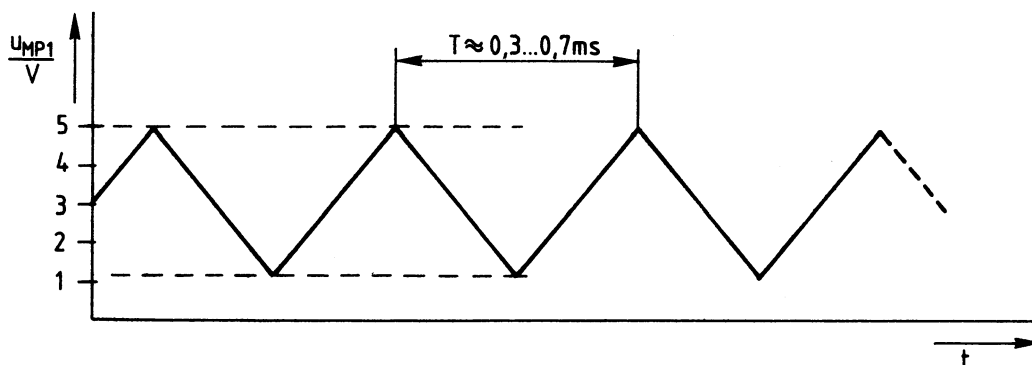
A8.1

Die vom Sendeteil der seriellen Schnittstelle ("TxD") kommenden H- und L-Signale werden von einem Modulator in unterschiedliche Tonfrequenzen umgesetzt. Hierbei entsteht eine sinusförmige Spannung, deren Frequenz bei H-Pegel 3,6 kHz und bei L-Pegel 2,4 kHz beträgt. Dieses Verfahren heißt "FSK" (Frequenz Shift Key, Frequenzumtastung) und macht es möglich, digitale Signale in Form von Tonfrequenzen auf einem Magnetband abzuspeichern. Der Modulatorteil wird im wesentlichen von IC10 und IC11 sowie T10 und T11 gebildet.

Die anderen Schaltungsteile der Zusatzplatine bilden den Demodulator. Er erhält die vom Kassetten-Recorder stammenden Tonfrequenzen und wandelt sie wieder in H- und L-Signale um. Diese werden dem Empfangsteil der seriellen Schnittstelle ("RxD") zugeführt.

Kontrolle der Kurvenform des Modulators

- Zusätzlichen Widerstand $R = 100 \text{ k}\Omega$ vom Anschluß "T" nach 0 V anlöten (hierdurch wird Pin 8 von IC10.1 auf L-Pegel gebracht)
- IC10 und IC11 in ihre Sockel stecken
- Trimmwiderstand R11 in Mittelstellung bringen
- Oszilloskop an Meßpunkt MP1 anschließen
- Betriebsspannung einschalten und Kurvenform mit folgendem Bild vergleichen



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Geringfügige Amplitudenabweichungen oder Verzerrungen haben keine Bedeutung. Eine deutliche Verformung der Dreiecksspannung in eine Sägezahnspannung kann folgendermaßen korrigiert werden:

A8.2

- Einlöten eines Widerstandes von etwa 680 k Ω bis 1 M Ω als R16 oder R17. Der genaue Wert sowie die Position dieses Abgleichwiderstandes müssen durch Versuche ermittelt werden.


Vorabgleich des Modulators, Kontrolle der Frequenzumschaltung

- Stellen Sie mit dem Trimmwiderstand R11 die Frequenz der Dreiecksspannung auf 2,4 kHz ein (gemessen am Meßpunkt MP1).
- Verbinden Sie mit Hilfe einer Meßleitung den Anschluß "T" des Modulators mit +5 V. Hierdurch erhält der Modulatoreingang H-Pegel, wodurch sich die Frequenz von 2,4 kHz auf 3,6 kHz +10% verändern muß. Bitte überprüfen Sie dies.

Oberprüfung des Dreieck/Sinus-Wandlers

- Entfernen Sie die Verbindung vom Anschluß "T" nach +5 V (falls noch vorhanden).
 - Oszilloskopieren Sie die Spannung am Anschluß "0" (Out, Pin 1 der Diodenbuchse).
- Sie müssen eine sinusförmige Wechselspannung mit einem Spitze-Spitze-Wert von etwa 0,3 V bis 0,4 V und einer Frequenz von 2,4 kHz messen. Geringfügige Verzerrungen der Sinusform sind unbedenklich.

Prüfen und Einstellen des Demodulators

- Alle noch fehlenden ICs (IC12 bis IC15) in ihre Fassungen stecken
 - Trimmwiderstand R26 auf Rechtsanschlag (größte Eingangsempfindlichkeit) stellen
 - Trimmwiderstand R38 in Mittelstellung bringen
 - Sinusgenerator an den Demodatoreingang "I" (Pin 3 der Diodenbuchse) anschließen, Generatoreinstellung: $f = 2 \text{ kHz}$, $u = 0,2 \text{ V}$ (Spitze-Spitze)
 - Betriebsspannung einschalten
- 

Name: _____

Kassetten-Interface

Datum: _____

A8.3

Nach dem Einschalten der Betriebsspannung muß die grüne LED aufleuchten. Sie signalisiert, daß die Eingangsspannung einen ausreichend hohen Pegel besitzt, und daß der Vorverstärker (IC12.1) in Ordnung ist.

Erhöhen Sie ab 2 kHz langsam die Generatorfrequenz. Bei einem Wert von etwa 3 kHz sollte auch die rote LED aufleuchten und bei etwa 4,5 kHz wieder verlöschen. Wichtig ist der bei 3 kHz liegende Umschaltunkt!

- Stellen Sie den Umschaltunkt der roten LED mit R38 auf genau 3 kHz ein und überprüfen Sie ihn.

Folgendes Verhalten muß sich ergeben:

Zwischen 2,9 kHz (LED "AUS") und 3,1 kHz (LED "EIN") oder mit einem geringeren Frequenzabstand (Hysterese) muß die rote Leuchtdiode durch Verändern der Frequenz geschaltet werden. Sie leuchtet, wenn der Demodulator eine Eingangsfrequenz etwas oberhalb von 3 kHz erhält. Dies entspricht (wie beim Modulator) H-Pegel, dem eine Frequenz von 3,6 kHz zugeordnet ist. Bei Frequenzwerten geringfügig unterhalb von 3 kHz leuchtet die LED nicht mehr. Dies entspricht L-Pegel, dem eine Frequenz von 2,4 kHz zugeordnet ist. Der Umschaltunkt des Demodulators liegt mit 3 kHz genau in der Mitte beider Werte.

Endabgleich

Nun werden Sende- und Empfangsteil der Modem-Zusatzplatine optimal aufeinander abgestimmt. Hierzu erhält der Modulator eine ständig von 0 auf 1 wechselnde Bitfolge. Das entstehende FSK-Signal wird direkt wieder dem Empfangsteil zugeführt und demoduliert.

- Verbinden Sie den Senderausgang und den Empfängereingang der Zusatzplatine miteinander, indem Sie die Anschlüsse 1 und 3 der Diodenbuchse überbrücken.
- Schließen Sie den Generator an den Modulatoreingang der Zusatzplatine (Anschluß "T") an. Generatoreinstellung: TTL-Rechteckspannung, $f = 100$ Hz.
- Schließen Sie die Eingänge eines Zweikanal- oder Zweistrahloszilloskopen an die Meßpunkte MP2 und MP3 an. Einstellung des Oszilloskopen:
X-Ablenkung auf 1 ms/Teil, Triggerung mit Signal von MP 2.
Die Y-Ablenkung ist für beide Kanäle gleich: "DC", 0,5 V/Teil, beide Nulllinien 1 Teil über dem unteren Bildrand.



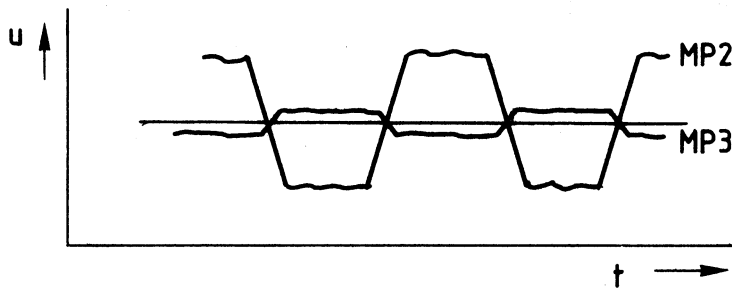
Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

A8.4

- Schalten Sie die Betriebsspannung ein.
- Gleichen Sie den Demodulator mit Hilfe des Trimmwiderstandes R11 so ab, daß sich die im folgenden Bild dargestellte Symmetrie ergibt: Die Mittellinien beider Kurven sollen auf einer Linie verlaufen.



Beim Anschluß beider Kanäle des Oszilloskops an "T" und "R" können Sie das modulierende Signal des Generators und das demodulierte Signal des Empfängers miteinander vergleichen. Außer einer durch die Signallaufzeit bedingten Phasenverschiebung müssen beide gleich sein.

Wenn Sie während des Betriebes die Verbindung zwischen den Anschlüssen 1 und 3 der Diodenbuchse entfernen, verlöschen sogleich beide LEDs. Beim Wiederherstellen dieser Verbindung leuchtet die grüne LED sofort, die rote dagegen etwas verzögert auf.

Gesamtinbetriebnahme

Die Gesamtinbetriebnahme des Kassetten-Interfaces erfolgt unter Einbeziehung des Mikrocomputers einschließlich des Betriebssystems MAT 85.

- Entfernen Sie alle Meßgeräte. Die Verbindung zwischen Pin 1 und Pin 3 der Diodenbuchse bleibt bestehen.
- Löten Sie den 100-k Ω -Widerstand vom Anschluß "T" nach 0 V wieder aus.
- Löten Sie die noch fehlenden Verbindungen zwischen "R" und "RxD" und zwischen "T" und "TxD" ein.
- Kontrollieren Sie, ob die Brücke "P1" der Basisplatte eingelötet ist.
- Schalten Sie die Betriebsspannung ein, und starten Sie das Betriebsprogramm durch Betätigen der Leertaste.
- Geben Sie mit Hilfe des Assemblers das folgende Testprogramm ein:



Kassetten-Interface

Name:

Datum:

KMD > ASSEMBLER
START-ADR = 0000 F800

A8.5

```
F800 3E 55      START: MVI A,55      ;Lade Akku mit dem ASCII-Zeichen "U"
F802 CD 21 08          CALL 0821      ;Sende dieses Zeichen an das Kassetten-
                        ;Interface
F805 CD EF 07          CALL 07EF      ;Empfange Zeichen vom Kassetten-Interface
F808 CD 52 00          CALL 0052      ;Drucke empfangenes Zeichen auf dem
                        ;Bildschirm aus
F80B C3 00 F8          JMP START     ;Beginne wieder bei START
F80E                      END           ;Assembler-Ende
```

Nach dem Start dieses Programms mit Hilfe des GO-Kommandos wird ständig das ASCII-Zeichen "U" an das Kassetten-Interface gesendet und dort in eine Tonfolge umgewandelt. Durch die direkte Verbindung des Senderausgangs mit dem Empfängereingang wird das gesendete Zeichen unmittelbar wieder empfangen, demoduliert und auf dem Bildschirm dargestellt.

Mit dieser Überprüfung ist die meßtechnische Untersuchung des Kassetten-Interfaces abgeschlossen.

Entfernen Sie die Verbindung zwischen Senderausgang und Empfängereingang.

Abschließend erfolgt ein Test unter Einbeziehung Ihres Kassettenrecorders, damit Sie das Gerät selbst, das Bandmaterial und die richtige Aussteuerung überprüfen können.

Speichern und Einlesen von Daten und Programmen

- Schließen Sie einen Kassetten-Recorder über eine Diodenleitung an das Kassetten-Interface an.
- Schalten Sie die Betriebsspannung ein, und starten Sie das Betriebssystem.
- Rufen Sie das Kommando "SAVE" auf, und speichern Sie den Inhalt des Speicherbereichs von 0000 bis 001F auf einer Kassette ab.



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

A8.6

```

KMD > SAVE ;Hinweise und Erläuterungen:
;Nur S eingeben und [CR]

START-ADR = 0000 [CR] ;Durch [CR] Annahme der Vorschlagsadresse 0000
STOP -ADR = 0000 001F [CR] ;Gewünschte Stopadresse 001F und [CR] eingeben

BAND EINSCHALTEN, DANN SPACE ;Kassettenrecorder auf "Aufnahme" schalten
;und laufen lassen, ca. 5 s warten und dann
;die SPACE-Taste (Leertaste) der ASCII-Tastatur
;betätigen. Anschließend warten Sie, bis
;wieder "KMD >" erscheint.

KMD > ;Das Abspeichern ist beendet. Band anhalten
;und zurücklaufen lassen.

```

Durch diesen Vorgang wurde ein Teil des ROM-Speicherinhaltes auf der Kassette abgelegt. Das korrekte Aufzeichnen und die richtige Wiedergabe der gespeicherten Werte kann durch Einlesen in den RAM-Bereich und anschließenden Vergleich mit dem Inhalt des ROM-Bereichs geprüft werden.

- Rufen Sie das Kommando "LOAD" auf. Lesen Sie die von der Kassette kommenden Daten in den RAM-Bereich ab Adresse F800 ein.

```

KMD > LOAD TAPE ;Hinweise und Erläuterungen
;Nur L eingeben und [CR]
START-ADR = F800 [CR] ;Speicheradresse, ab der die gelesenen Daten
;in den RAM-Speicher eingeschrieben werden
;und [CR] eingeben.

SPACE, DANN BAND EINSCHALTEN ;Erst die SPACE-Taste betätigen, danach Kas-
;settenrecorder auf "Wiedergabe" schalten.

READY ;Fertig, keine Datenfehler!
KMD > _ ;Meldung des Betriebssystems

```



Kassetten-Interface

Name: _____

Datum: _____

Kontrolle der Daten

A8.7

- Lassen Sie sich mit Hilfe des Kommandos "PRINT" den Inhalt des ursprünglichen Speicherbereichs (0000 bis 001F) auf dem Bildschirm ausgeben.
- Drucken Sie ebenfalls den Inhalt des mit den Daten der Kassette beschriebenen Speicherbereichs (F800 bis F81F) auf dem Bildschirm aus.
- Vergleichen Sie die Speicherinhalte, sie müssen gleich sein.

Sollten Schwierigkeiten beim Speichern oder Einlesen der Daten auftreten, kann dies z.B. folgende Gründe haben:

- Diodenleitung defekt, Aussteuerung bei "Aufnahme" zu gering
- Tonkopf verschmutzt; Reinigung z.B. mit Wattestäbchen und Spiritus
- Aussteuerung bei "Wiedergabe" zu gering oder übersteuert, Einstellung des Lautstärkeknopfes des Kassettenrecorders verändern, PegelEinstellung mit Trimmwiderstand R26 so vornehmen, daß ausreichend ausgesteuert wird (ca. 200 mV Spitze-Spitze)
- Bandmaterial mangelhaft! Neue Kassette, anderen Bandtyp, anderes Fabrikat verwenden!
- Teile der Daten wurden auf das nicht magnetisierbare Vorspannband geschrieben
- Kassetten-Interface fehlerhaft, falscher Abgleich
- Kassetten-Recorder nicht geeignet, versuchsweise anderen Recorder verwenden!

Damit ist die Übung beendet!