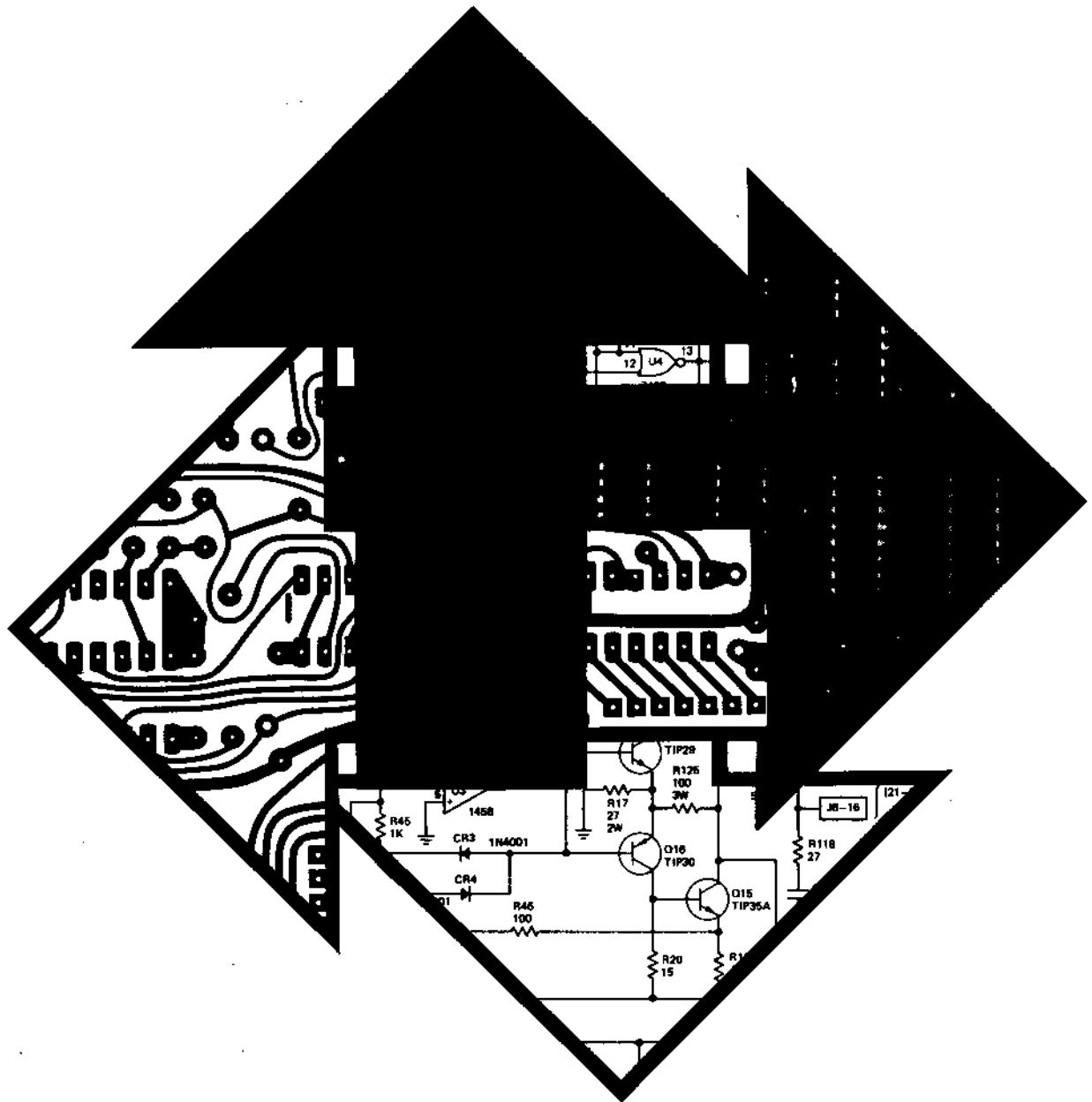


Das technische Handbuch



Colour-GENIE



ISBN: 3-88965-002-3

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere auch diejenigen aus der spezifischen Gestaltung, Anordnung und Einteilung des angebotenen Stoffes. Der auszugsweise oder teilweise Nachdruck sowie fotomechanische Wiedergabe oder Übertragung auf Datenträger zur Weiterverarbeitung ist untersagt und wird als Verstoß gegen das Urheberrechtsgesetz und als Verstoß gegen das Gesetz gegen den unlauteren Wettbewerb gerichtlich verfolgt. Für etwaige technische Fehler, sowie für die Richtigkeit aller in diesem Buch gemachten Angaben, übernehmen der Herausgeber und Autor keine Haftung.

Vorwort

Dieses technische Handbuch beinhaltet folgende Themen:

Zum ersten soll es dem Programmierer Kenntnisse vermitteln, die es gestatten, die Leistungsfähigkeit der hochintegrierten Bausteine über die Möglichkeiten des BASIC hinaus auszunutzen.

Zum zweiten bietet es eine Beschreibung der Schnittstellen und deren Ansteuerung, die beim Anschluß von Peripherie hilfreich ist.

Drittens erfolgt eine Erklärung des Speicheraufbaus und eine Liste der BASIC Befehle und ihre Tokens.

Am Ende finden Sie eine Sammlung der Colour Genie Schalt- und Bestückungspläne.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß es sich bei diesem technischen Handbuch nicht um ein Servicehandbuch handelt. Auch soll der Leser nicht aufgefordert werden, technische Veränderungen am Gerät vorzunehmen.

Unsachgemäße Eingriffe in die Hardware des Rechners ziehen oft fatale Schäden am Gerät nach sich, die nicht mehr im Rahmen der Garantieleistung beseitigt werden können.

Außerdem müssen wir uns vorbehalten, bei der Reparatur modifizierter Geräte die vom Kunden vorgenommenen Änderungen gegen Berechnung rückgängig zu machen.

Voraussetzung zum Verständnis dieses Buches sind allg. Kenntnisse der Informatik und der Programmierung in BASIC. Wenn Sie also jetzt gerade erst Ihr Colour Genie ausgepackt haben und noch nicht die Grundlagen der Datenverarbeitung und Programmierung beherrschen, sollten Sie, bevor Sie in diesem Buch weiterlesen, zumindest erst das dem Rechner beigelegte Handbuch "COLOUR BASIC leicht gelernt" durcharbeiten.

Inhaltsverzeichnis

Kap.	Thema	Seite
	Vorwort	1
	Inhaltsverzeichnis	3
1	Blockdiagramm	5
2	Netzteil	7
3	Speicherbelegung	9
4	Der CRTC	13
	Die CRTC-Register	16
	Standardeinstellungen	20
5	Der PSG	21
	Die PSG-Register	22
6	Die Z80-CPU	25
	Der Z80-CPU-Befehlssatz	29
	Anhang A	33
	Liste der BASIC-Befehle und ihrer Tokens	
	Anhang B	35
	Der Parallelport	
	Anhang C	37
	Die serielle Schnittstelle	
	Anhang D	39
	Das Cassetteninterface	
	Kontaktbelegungen	41
	Stücklisten	43
	Schaltpläne	49
	Literaturhinweis	81

1. Blockdiagramm

Das Blockdiagramm des gesamten Systems ist in Bild 1 dargestellt.

Es beinhaltet als Zentraleinheit den Mikroprozessor Z80.

Der RAM-Bereich ist in einen dynamischen von 16 K- bzw. 32 K- und einen statischen von 2 K-Byte Speicherlänge aufgeteilt. BASIC-Interpreter und Character-Generator liegen in 16 K- bzw. 2 K-Byte ROM.

Bei der Tastatur handelt es sich um eine 8 x 8 Matrix. Sie ist in den Speicher gelegt und jede Taste belegt dort ein Bit.

Das Videointerface, der sogenannte CRTC, sorgt über Color-Encoder und PAL-Karte für die Ausgabe des Bildes auf einen anschließbaren Monitor. In einem Modulator wird das Bildsignal zur Darstellung auf einem handelsüblichen Farbfernsehgerät entsprechend aufbereitet.

Über einen programmierbaren Ton-Generator, PSG genannt, erfolgt die Ein- und Ausgabe an Joy-Sticks, Drucker und weitere periphere Geräte mit paralleler Schnittstelle. Durch den PSG erzeugte Töne werden entweder direkt als NF-Signal an der Audio-Buchse oder über den Modulator an ein angeschlossenes Farbfernsehgerät ausgegeben.

Durch das Kassetten-Interface ist die Möglichkeit gegeben, einen Rekorder als Programmspeicher zu verwenden. Die Ein- und Ausgabe von Daten und Programmen erfolgt mit einer Übertragungsrate von 1200 Baud.

Die Ansteuerung der seriellen Schnittstelle muß einschließlich Serien/Parallelumwandlung per Software erfolgen. Ein entsprechendes Treiberprogramm ist in der Betriebssoftware nicht enthalten.

Über einen BUS-Stecker ist es möglich, einen Floppy-Disk-Controller und eine ROM-Einschubkassette, auch Cartridge genannt, anzuschließen. Der Floppy-Controller ist die Voraussetzung zum Anschluß eines Disketten-Laufwerks. Mit Hilfe der Cartridge können Programme, die in EPROMS abgelegt sind, per Autostart oder auch softwaremäßig aufgerufen werden.

Im folgenden wird auf die wichtigsten Teile des Blockdiagramms in Bild 1 noch näher eingegangen werden.

2. Das Netzteil

Der Netztansformator des Gerätes gibt an die Netzteilplatine Wechselspannungen von 9V und 26V ab. Um einen Transformatorbrand bei Wicklungskurzschlüssen zu verhindern, befindet sich in ihm eine Sicherung, die im Notfall durchbrennt. Sollte es einmal dazu kommen, so muß der Trafo ausgetauscht werden, da eine Reparatur der eingebauten Brandsicherung nicht möglich ist. Eine weitere Überlastsicherung ist durch die kurzschlußfesten Spannungsregler gegeben.

Die Schaltung des Colour-Genie-Netzteils gibt an die Hauptplatine die Spannungen +5V, +12V und -12V ab. Über den Leistungstransistor MJ2955 (Q1), werden mit Hilfe des integrierten Spannungsreglers 7805 (Z1) konstant +5V abgegeben. Die Stromaufnahme der Schaltung ist für den alleinigen Einsatz des 7805 zu hoch. Sollte es einmal vorkommen, daß sich die Befestigung des MJ2955 etwas gelöst hat, so ist gleichzeitig sein Kollektor nicht angeschlossen. Der gesamte Strom fließt dann über den 7805. Dieser erhitzt sich nun so stark, daß seine integrierte Thermoschutzschaltung anspricht und seine Zerstörung durch Überhitzung verhindert. Meßbar ist dieser Defekt an der Spannung zwischen dem mittleren Anschluß des 7805 (Masse) und dem Kollektor (Gehäuse) des MJ2955. Die Gleichspannungsmessung muß dort einen Wert von ca. 5V ergeben. Bei einer oben beschriebenen Störung liegt sie etwa bei 8-10 V. Gleichzeitig erhitzt sich der 7805 sehr stark und der Leistungstransistor bleibt kalt.

3. Speicherbelegung

Das Colour-Genie verfügt über einen Speicherbereich von maximal 64 K-Byte. Er setzt sich aus ROM- und RAM-Bereichen und einer Tastatur mit einer 8 x 8 Matrix zusammen.

Der BASIC-Interpreter ist in einem 16 K umfassenden ROM-Bereich abgelegt. Hardwaremäßig handelt es sich dabei um vier EPROMs vom Typ 2532 mit je 4 K-Byte.

Die meisten ROM-CALLs stimmen mit denen des GENIE I und II überein. Abweichend sind jedoch z.B. die Kassetten I/O CALLs mit

Read Byte = CALL 01EDH, SEARCH for LEADER = CALL 024CH

Write Byte = CALL 021FH, WRITE LEADER = CALL 023FH

Im Gegensatz zum GENIE I und II gibt es keine CALLs um den Motor des Recorders ein- oder auszuschalten.

Es würde an dieser Stelle zu weit führen auf den ROM-Inhalt noch näher einzugehen. Weitere Informationen darüber sind einem ROM-Listing zu entnehmen.

Die ersten 16 K RAM sind in Kommunikationsbereich, Bildschirmspeicher für den Textmodus, Bildschirmspeicher für die hochauflösende Grafik und freien Benutzerspeicher aufgegliedert.

Weitere 16k Benutzer-RAM sind durch Einbau des Erweiterungsmoduls EG2011 verfügbar. Als RAM verwendet das Colour Genie

8 bzw. 16 Bausteine der Sorte 4116 mit je 16 K-Bit RAM. Es ist zu beachten, daß nach Einbau des EG2011 die PEEK- und POKE-Adressen oberhalb von dezimal 32767 mit einem negativen Vorzeichen versehen werden müssen.

Die höchste dezimale Adresse bei einem Gerät in der Grundausführung ist 32767. Nach Einbau des EG2011 wird der freie Benutzer-Speicher um den dezimalen Bereich -32768 bis -16385 erhöht.

Da alle Zeichenketten-Variablen immer automatisch an das Ende des RAM-Bereiches unter die SHAPE TABLE gelegt werden, kann es passieren, daß Programme, die durch PEEK und POKE auf Strings in diesem Bereich zugreifen, nach Einbau des EG2011 nicht mehr fehlerfrei laufen. Auch Zahlenvariablen können in diesem Bereich liegen, wenn ein BASIC-Programm entsprechend groß ist, da sie direkt über ihm gespeichert werden.

Beim "Sound Editor" aus dem Benutzer-Handbuch "COLOUR BASIC - leicht gelernt" tritt nach Einbau des EG2011 aus diesem Grunde ein Fehler in der Zeile 500 auf. Man muß nun entweder das Programm entsprechend umschreiben oder aber, der Einfachheit halber, vor dem Einladen eines solchen Programms bei der Abfrage MEM SIZE nach Einschalten des Gerätes den obersten Speicherbereich auf 32767 festlegen. In diesem Falle ist natürlich für BASIC-Programme der freie Speicherplatz im EG2011 nicht mehr erreichbar.

Mit Hilfe einer ROM-Einschubkassette, auch Cartridge genannt, wurde die Möglichkeit geschaffen, Festprogramme von maximal 12 K-Byte Länge, die in drei EPROMs des Typs 2532 abgelegt sind, aufzurufen oder auch nach Einschalten automatisch starten zu lassen. Als Beispiel für den Einsatz sei hier das Diskettenbetriebssystem genannt. Der Betrieb eines Diskettenlaufwerkes am Colour Genie ist ohne das in einer Cartridge bereitgestellte DOS nicht möglich.

Der Speicher für die programmierbaren Zeichen liegt von F400H bis F7FFH. Er ist ebenfalls statisch und besteht aus 2 Bauteilen des Typs 2114 (Z30 und Z31).

Jedes gesetzte Bit in einem Byte entspricht dort einem Punkt in einer Zeile des jeweiligen Zeichens. Es können bis zu 128 Zeichen programmiert werden und es ist möglich mit diesem Prinzip eine Grafikauflösung von 320 mal 192 Punkte zu erreichen, da alle Zeichen aus einer 8 x 8 Matrix bestehen. Ein Zeichen enthält also 64 einzeln programmierbare Punkte.

Schaltet man den Computer ein, so werden alle definierbaren Zeichen als Leerzeichen ausgegeben.

Beim Colour-Genie ist die 8 x 8 Matrix der Tastatur in den Speicher gelegt, d.h. jede Taste belegt dort ein Bit im Bereich von F800H bis FBFFH.

Die Tastaturmatrix spiegelt sich in diesem Bereich viermal mit den Adressen F801H, F901H, FA01 und FB01 beginnend.

Die Funktion der Tasten kann mit dem Befehl "PEEK" abgefragt werden.

ADRESSE (HEX)	BITNR.	0	1	2	3	4	5	6	7
F801		@	A	B	C	D	E	F	G
F802		H	I	J	K	L	M	N	O
F804		P	Q	R	S	T	U	V	W
F808		X	Y	Z		F1	F2	F3	F4
F810		0	1	2	3	4	5	6	7
F820		8	9	:	;	,	-	.	/
F840		RET.	CLR	BRK	↑	↓	←	→	
F880		SHIFT	MS.		RPT	CTRL			

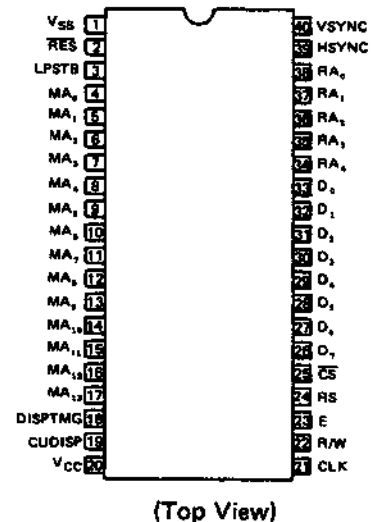
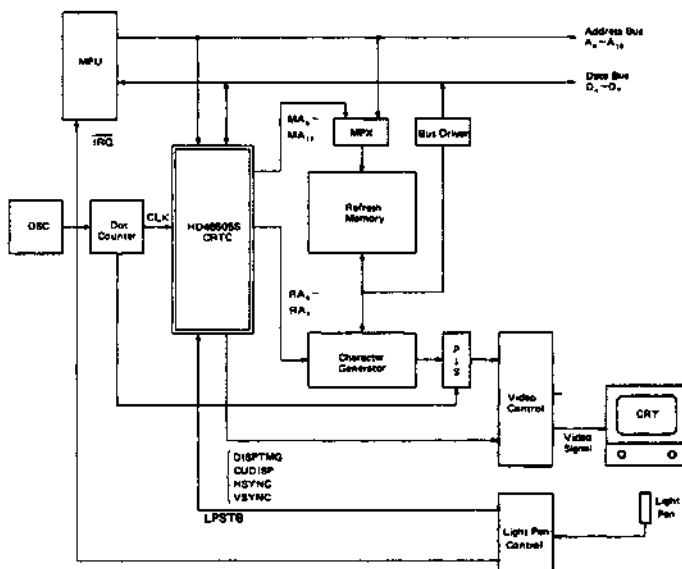
Der ROM-Bereich von FC00H bis FFFFH ist für die Adressierung weiterer externer Geräte vorgesehen. Insbesondere erfolgt dort die Adressierung der Disketten-Laufwerke.

4. Der CRTC

CRTC ist die Abkürzung für Cathode Ray Tube Controller. Darunter hat man ein hochintegriertes Bauteil zu verstehen, das sämtliche Bildschirmausgaben des Colour-Genies organisiert. Dabei ist die Ausgabeform des Bildes auf dem Monitor oder einem Fernsehgerät in großem Maße frei programmierbar. Es ist z.B. möglich den Cursor in seiner Darstellung und in seiner Blinkfrequenz zu verändern und das gesamte Bild in horizontaler und vertikaler Richtung zu verschieben. Eine Änderung der Anzahl der angezeigten Zeilen und deren Länge (Zeichen pro Zeile) ist programmierbar. Die Vertikal- und Horizontalsynchronisation des Bildes ist über den CRTC leicht verstellbar. Ferner erkennt er die Position eines angeschlossenen Lichtgriffels auf dem Bildschirm.

System Block Diagramm

Anschlußbelegung



Horizontal Sync (HSYNC)

HSYNC ist ein aktives "High" Signal, das die Horizontalsynchronisation des Datensichtgerätes liefert.

Vertical Sync (VSYNC)

VSYNC ist ein aktives "High" Signal, das die Vertikalsynchronisation des Datensichtgerätes liefert.

Display Timing (DISPTMG)

DISPTMG ist aktiv "High" und definiert die Anzeigeperiode im horizontalen und vertikalen Raster. Es dient zur Unterdrückung des Videosignals außerhalb des dargestellten Bildes (Ränder).

Refresh Memory Address (MA0 - MA13)

MA0 - MA13 sind Bildspeicher-Adress-Leitungen, mittels derer der CRTC die Speicherstelle des darzustellenden Zeichens adressiert.

Raster Address (RA0 - RA4)

Es handelt sich dabei um Adress-Signale, die dazu notwendig sind, die Rasterzeile eines Zeichens im Zeichen-Generator zu selektieren.

Cursor Display (CUDISP)

Dieses aktive "High" Videosignal erzeugt den Cursor auf dem Bildschirm. Während DISPTMG "Low" ist, wird CUDISP unterdrückt.

Light Pen Strobe (LPSTB)

LPSTB ist ein aktiv "High" Eingangssignal, das durch Strobe Impulse, die vom Lichtgriffel erzeugt werden, entsteht. Wenn dieses Signal aktiviert ist, werden MA0 - MA13 im 14-Bit Lichtgriffel-Register abgespeichert.

Vertical Total Adjust Register (R5)

Dieses Register dient dem Feinabgleich der Bildfrequenz durch Hinzufügen einzelner (bis 31) Elektronenstrahlzeilen zum durch R0, R4 und R9 festgelegten Raster.

Vertical Displayed Register (R6)

Dieses Register wird dazu benötigt, um die Anzahl der angezeigten Zeilen auf dem Bildschirm programmieren zu können.

Vertical Sync Position Register (R7)

Durch Programmierung dieses Registers wird die vertikale Synchronisationsposition definiert. Dadurch wird es möglich, das Bild vertikal zu versetzen. Wenn der Wert des Registers erhöht wird, verschiebt sich das Bild nach oben. Bei seiner Verringerung verschiebt es sich dementsprechend nach unten.

Interlace and Skew Register (R8)

Interlace bedeutet soviel wie Zeilensprungverfahren. Die Interlacefunktion ist bedeutsam, wenn Schrift oder Zeichen eines Computers in ein normales Fernsehbild eingeblendet werden sollen. Beim Colour Genie ist dies jedoch nicht möglich. Die Skew Funktion dient dazu, das DISPTMG- und CUR-Signal zu verzögern. Bei der Verzögerung handelt es sich um die Anzahl der Taktzyklen, die zwischen der Adressierung der das Zeichen enthaltenden Speicherzelle durch den CRTC und dem Erscheinen des Zeichens auf dem Bildschirm ablaufen.

Dabei wird die

1. Verzögerung durch eine Zwischenspeicherung in Z8 und die
 2. Verzögerung durch das Schieberegister Z28 hervorgerufen.
- Da beim Colour Genie also eine Verzögerung von 2 Zeichentakten nötig ist, liegt die einzige Anwendung darin, durch Setzen jeweils beider Verzögerungsbits beim DISPTMG den Bildschirm völlig abzuschalten.

Das gleiche gilt für das Abschalten des Cursors.

DISPTMG und CUR Verzögerungsbits:

D1/C1	D0/C0	DISPTMG/CUR
0	0	keine Verzögerung
0	1	eine Taktverzögerung
1	0	zwei Taktverzögerungen
1	1	keine Anzeige

Maximum Raster Address Register (R9)

Der Inhalt dieses Registers bestimmt die Anzahl der Elektronenstrahlzeilen pro Textzeile. Da diese auch durch die Hardware festgelegt ist, sind Änderungen sinnlos.

■ REGISTER DESCRIPTION

Table 1 Internal Registers Assignment

CS	RS	Address Register					Register #	Register Name	Program Unit	READ	WRITE	Data Bit						
		4	3	2	1	0						7	6	5	4	3	2	1
1	x	x	x	x	x	x			—	—	—							
0	0	x	x	x	x	x	AR	Address Register	—	x	o							
0	1	0	0	0	0	0	R0	Horizontal Total *	Character	x	o							
0	1	0	0	0	0	1	R1	Horizontal Displayed	Character	x	o							
0	1	0	0	0	1	0	R2	Horizontal Sync* Position	Character	x	o							
0	1	0	0	0	1	1	R3	Sync Width	Vertical-Raster, Horizontal-Character	x	o	wv3	wv2	wv1	wv0	wh3	wh2	wh1
0	1	0	0	1	0	0	R4	Vertical Total *	Line	x	o							
0	1	0	0	1	0	1	R5	Vertical Total Adjust	Raster	x	o							
0	1	0	0	1	1	0	R6	Vertical Displayed	Line	x	o							
0	1	0	0	1	1	1	R7	Vertical Sync * Position	Line	x	o							
0	1	0	1	0	0	0	R8	Interlace & Skew	—	x	o	C1	C0	D1	D0			V
0	1	0	1	0	0	1	R9	Maximum Raster Address	Raster	x	o							
0	1	0	1	0	1	0	R10	Cursor Start Raster	Raster	x	o		B	P				
0	1	0	1	0	1	1	R11	Cursor End Raster	Raster	x	o							
0	1	0	1	1	0	0	R12	Start Address(H)	—	o	o							
0	1	0	1	1	0	1	R13	Start Address(L)	—	o	o							
0	1	0	1	1	1	0	R14	Cursor(H)	—	o	o							
0	1	0	1	1	1	1	R15	Cursor (L)	—	o	o							
0	1	1	0	0	0	0	R16	Light Pen(H)	—	o	x							
0	1	1	0	0	0	1	R17	Light Pen(L)	—	o	x							

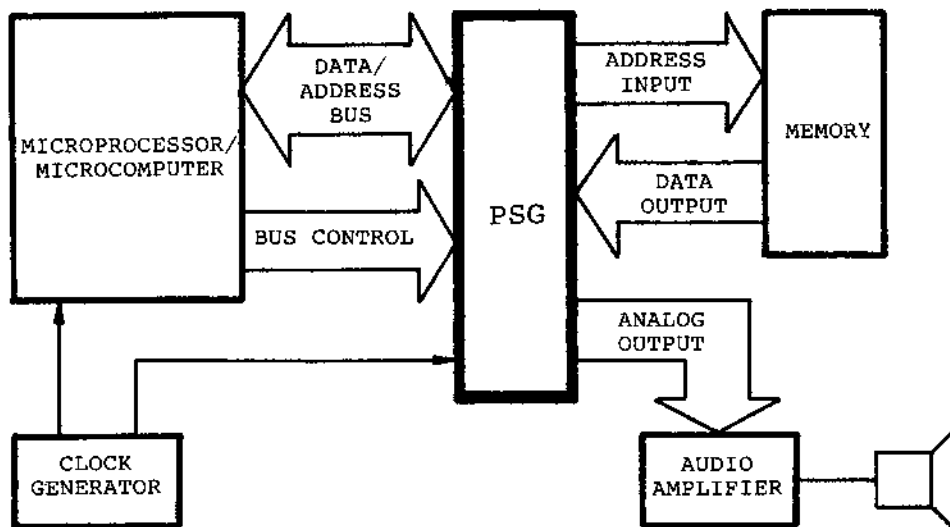
- [NOTE] 1. The Registers marked *: (Written Value) = (Specified Value) - 1
2. Written Value of R9 is mentioned below.
1) Non-interlace Mode } (Written Value Nr) = (Specified Value) - 1
Interlace Sync Mode }
2) Interlace Sync & Video Mode
(Written Value Nr) = (Specified Value) - 2
3. C0 and C1 specify skew of CUDISP output signal.
D0 and D1 specify skew of DISPTMG output signal.
When S is "1", V specifies video mode. S specifies the Interlace Sync Mode.
4. B specifies the cursor blink. P specifies the cursor blink period.
5. wv0~wv3 specify the pulse width of Vertical Sync Signal.
wh0~wh3 specify the pulse width of Horizontal Sync Signal.
6. R0 is ordinally programmed to be odd number in interlace mode.
7. O: Yes, x: No

5. Der PSG

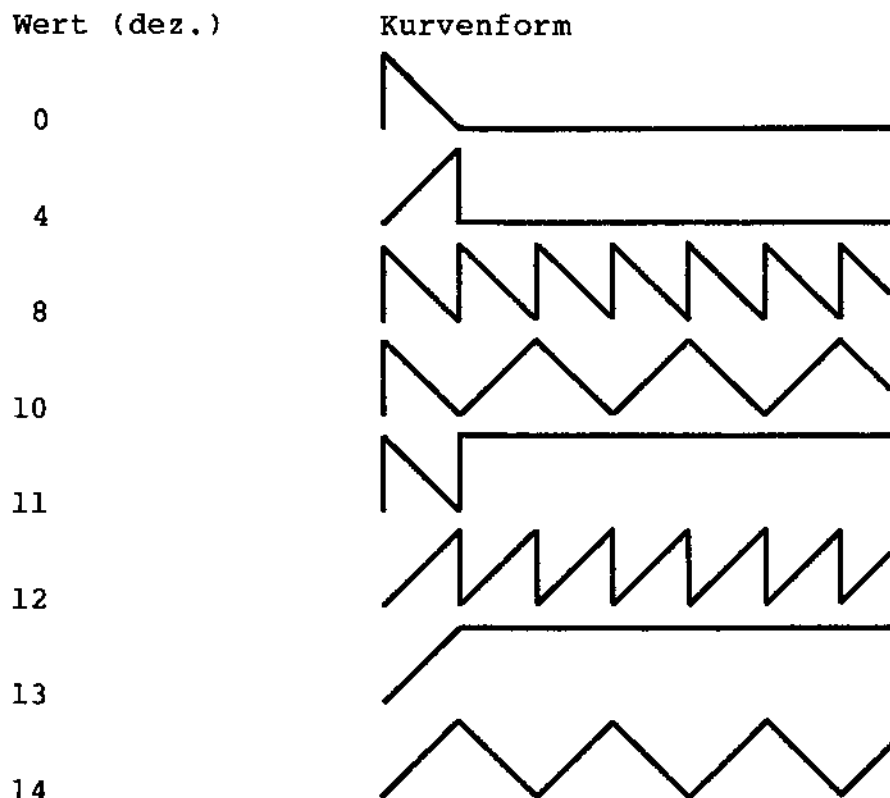
PSG ist die Abkürzung für "Programmable Sound Generator". Es handelt sich bei diesem hochintegrierten Bauteil um einen AY-3-8910, der mit 8- und 16-Bit Prozessoren zusammengeschaltet werden kann. Im Colour Genie übernimmt er die gesamte Tonausgabe. Der Ton wird über den Lautsprecher des Fernsehers oder aber auch am Audio-Ausgang des Colour Genies als NF-Signal (anschließbar an alle üblichen Verstärkeranlagen) ausgegeben.

Durch seine Flexibilität ist er zur Erzeugung von Musik, Geräusch Effekten, Alarmsignalgeber und FSK-Modulator einsetzbar. Über den AY-3-8910 erhält der Mikroprozessor zwei parallele bidirektionale 8-Bit Ports, deren Aus- bzw. Eingänge TTL-kompatibel sind. Eine Tonausgabe erfolgt über die drei analogen Ausgänge des PSG, die mit Frequenz, Hüllkurve und Rauschen belegt werden können.

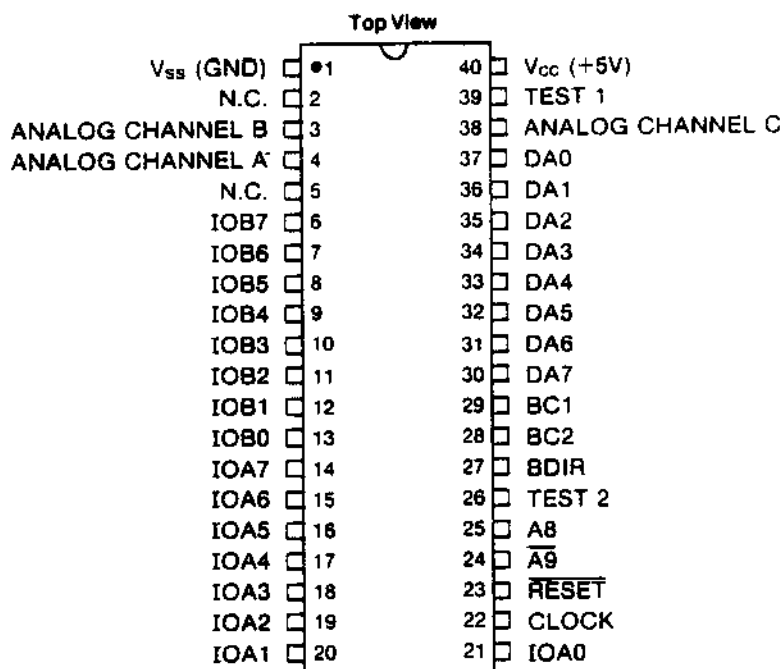
System Diagramm:



Erhalten die Register 8,9 und 10 als Inhalt den Wert 16, so wird eine Modulation des Signals mit der Hüllkurve erreicht. Die Hüllkurve kann 8 verschiedene Formen annehmen, die durch den Inhalt des Registers 13 bestimmt werden.



Die Anschlußbelegung des AY-3-8910:

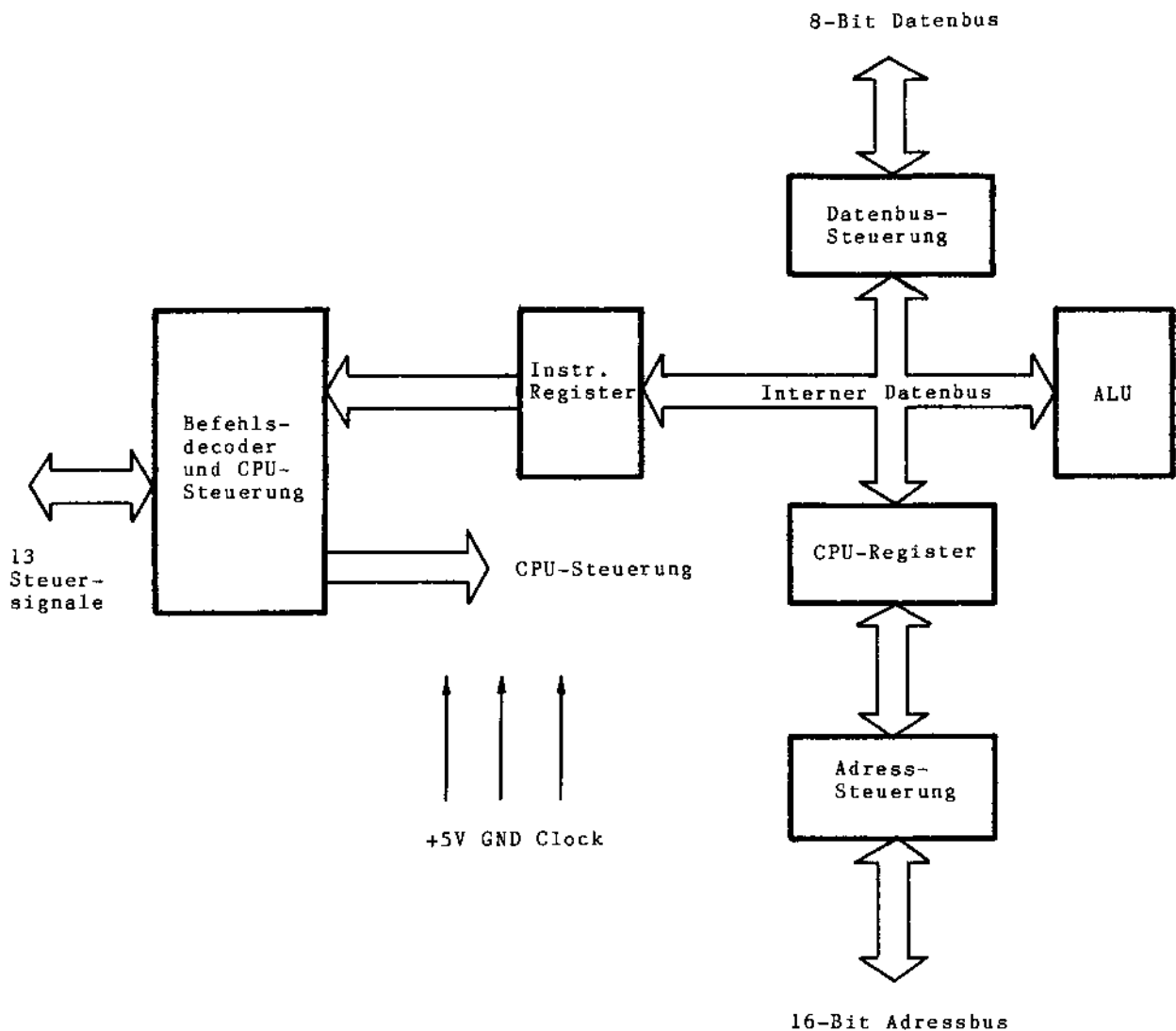


6. Die Z80-CPU:

Das Colour Genie enthält einen Mikroprozessor vom Typ Z80. Bei der Z80-CPU handelt es sich um einen 1 Chip-Mikroprozessor in n-Kanal-Silicon-Gate-Technologie. Sein Befehlssatz umfaßt 158 Befehle, darunter auch sämtliche 78 Instruktionen des 8080. Er beinhaltet 17 interne Register und ermöglicht 3 schnelle Interrupt-Behandlungsarten, sowie einen zusätzlichen, nichtmaskierbaren Interrupt. Da alle Anschlüsse TTL-kompatibel sind, ist ein direkter Anschluß von dynamischen oder statischen Standardspeicherchips ohne zusätzlichen Bauteileaufwand möglich. Der Prozessor enthält eine eingebaute dynamische Refresh-Hardware, die jedoch beim Colour Genie keine Verwendung findet. Die Z80-CPU benötigt nur eine einzige 5V-Versorgungsspannung.

Das folgende Blockdiagramm zeigt den internen Aufbau.

Z80-CPU-Blockschaltbild:



Input/Output Request ($\overline{\text{IORQ}}$)

Wird dieser Tri-State-Ausgang aktiv, so hat das die Bedeutung, daß an den niederwertigen 8 Bits vom Adressbus eine Adresse zur I/O-Portauswahl ansteht. Das Signal wird auch dann erzeugt, wenn eine Interruptanforderung akzeptiert wurde. In diesem Fall kann dann der zugehörige Interrupt-Vektor auf den Datenbus gelegt werden.

Memory Read ($\overline{\text{RD}}$)

Ein $\overline{\text{RD}}$ -Signal an dem Tri-State Ausgang bedeutet, daß die CPU Daten vom Speicher oder von einem I/O-Port lesen wird. Der angesprochene Speicher oder I/O-Baustein interpretiert das Signal als Aufforderung, Daten auf den Datenbus zu legen.

Memory Write ($\overline{\text{WR}}$)

Das $\overline{\text{WR}}$ -Signal erscheint an einem Tri-State Ausgang und zeigt an, daß die CPU Daten für den Speicher oder einen I/O-Baustein bereithält.

Refresh ($\overline{\text{RFSH}}$)

Wenn die niederwertigen 7 Bit des Adressbus eine Refreshadresse für dynamische Speicher führen, und das laufende $\overline{\text{MREQ}}$ -Signal zur Einleitung eines Refresh-Zyklus für alle angeschlossenen dynamischen Speicher benutzt werden soll, so wird das Signal $\overline{\text{RFSH}}$ aktiv.

Halt state ($\overline{\text{HALT}}$)

Ein Signal am $\overline{\text{HALT}}$ -Ausgang bedeutet, daß die CPU einen (Software-) $\overline{\text{HALT}}$ -Befehl ausgeführt hat und zur weiteren Bearbeitung des Programms auf ein Interrupt-Signal wartet. Dabei kann es sich um einen nicht-maskierbaren Interrupt oder aber auch um einen freigegebenen maskierbaren Interrupt handeln. Im Halt-Zustand führt die CPU zur Sicherstellung des Refresh-Vorganges Leerbefehle (NOPs) aus.

Wait ($\overline{\text{WAIT}}$)

Ein Low-Signal am $\overline{\text{WAIT}}$ -Eingang zeigt der CPU, daß die angesprochenen Speicher- oder I/O-Bausteine noch nicht zur Datenübertragung bereit sind. Die CPU führt Wait-Zyklen aus, solange der Eingang aktiviert wird. Ein Refresh-Zyklus findet in dieser Zeit nicht statt.

Der Z80-CPU-Befehlssatz:

Im folgenden wird lediglich ein Überblick über den Z80-Befehlssatz gegeben. Genauere Einzelheiten über die Programmierung des Z80 sind der Fachliteratur zu entnehmen.

Zu unterscheiden sind folgende Befehlsgruppen:

- * 8 Bit-Ladebefehle
- * 16 Bit-Ladebefehle
- * Austauschbefehle
- * Blocktransfers im Speicher
- * Blocksuchbefehle
- * 8 Bit arithmetische und logische Befehle
- * 16 Bit arithmetische Befehle
- * Allgemeine Akkumulator- und Statusanweisungen
- * Akku-Rotieren und -Schieben
- * Bit Setzen, Rücksetzen und Testen
- * Ein/Ausgabe
- * Sprünge
- * Unterprogrammaufrufe
- * Restarts
- * Rücksprünge
- * Sonstige Befehle

Der Z80-Befehlssatz, alphabetisch sortiert:

Mnemonisch	Operation
ADC A,s	Addiere den Akku und den festgelegten Operanden mit Übertrag (Carry)
ADC HL,ss	Addiere HL und das Registerpaar ss mit Übertrag (Carry)
ADD A,(HL)	Addiere den Akku mit der indirekt adressierten Speicherstelle (HL)
ADD A,(IX+d)	Addiere den Akku mit der indiziert adressierten Speicherstelle (IX+d)
ADD A,(IY+d)	Addiere den Akku mit der indiziert adressierten Speicherstelle (IY+d)
ADD A,n	Addiere den Akku mit den unmittelbaren Daten n
ADD A,r	Addiere den Akku mit dem Register r
ADD HL,ss	Addiere HL und das Registerpaar ss
ADD IX,pp	Addiere IX und das Registerpaar pp
ADD IY,rr	Addiere IY und das Registerpaar rr
AND s	Akku und Operand s werden durch die logische Funktion "UND" verknüpft
BIT b,(HL)	Teste Bit b der indirekt adressierten Speicherzelle (HL)
BIT b,(IX+d)	Teste Bit b der indiziert adressierten Speicherzelle (IX+d)
BIT b,(IY+d)	Teste Bit b der indiziert adressierten Speicherzelle (IY+d)
BIT b,r	Teste Bit b des Registers r
CALL cc,nn	Bedingter Unterprogrammaufruf
CALL nn	Aufruf eines Unterprogramms an der Adresse nn
CCF	Komplementiere Übertragsflag
CP s	Vergleiche den Operanden s mit dem Akku
CPD	Vergleiche und dekrementiere
CPDR	Blockvergleich und Dekrementieren

Mnemonisch	Operation
LD r,r'	Lade das Register r aus dem Register r'
LD (BC),A	Lade die indirekt adressierte Speicherzelle (BC) aus dem Akku
LD (DE),A	Lade die indirekt adressierte Speicherzelle (DE) aus dem Akku
LD (HL),n	Lade die unmittelbaren Daten n in die indirekt adressierte Speicherzelle (HL)
LD (HL),r	Lade die indirekt adressierte Speicherzelle (HL) aus dem Register r
LD r,(IX+d)	Lade das Register r indirekt aus der indiziert adressierten Speicherzelle (IX+d)
LD r,(IY+d)	Lade das Register r indirekt aus der indiziert adressierten Speicherzelle (IY+d)
LD (IX+d),n	Lade die indiziert adressierte Speicherzelle (IX+d) mit den unmittelbaren Daten n
LD (IY+d),n	Lade die indiziert adressierte Speicherzelle (IY+d) mit den unmittelbaren Daten n
LD (IX+d),r	Lade die indiziert adressierte Speicherzelle (IX+d) aus dem Register r
LD (IY+d),r	Lade die indiziert adressierte Speicherzelle (IY+d) aus dem Register r
LD A,(nn)	Lade den Akku aus der Speicherstelle (nn)
LD (nn),A	Lade die direkt adressierte Speicherstelle (nn) aus dem Akku
LD (nn),dd	Lade die durch nn und nn+1 adressierten Speicherstellen aus dem Registerpaar dd
LD (nn),HL	Lade die durch nn und nn+1 adressierten Speicherstellen aus dem Register HL
LD (nn),IX	Lade die durch nn und nn+1 adressierten Speicherstellen aus dem Register IX
LD (nn),IY	Lade die durch nn und nn+1 adressierten Speicherstellen aus dem Register IY
LD A,(BC)	Lade den Akku aus der durch das Registerpaar BC indirekt adressierten Speicherstelle
LD A,(DE)	Lade den Akku aus der durch das Registerpaar DE indirekt adressierten Speicherstelle
LD A,I	Lade den Akku aus dem Interruptvektor-Register I
LD I,A	Lade das Interruptvektor-Register I aus dem Akku
LD A,R	Lade den Akku aus dem Memory-Refresh-Register R
LD HL,(nn)	Lade das Register HL aus den Speicherzellen nn und nn+1
LD IX,nn	Lade das Register IX mit den unmittelbaren Daten nn
LD IX,(nn)	Lade das Register IX aus den Speicherzellen nn und nn+1
LD IY,nn	Lade das Register IY mit den unmittelbaren Daten nn
LD IY,(nn)	Lade das Register IY aus den Speicherzellen nn und nn+1
LD R,A	Lade das Memory-Refresh-Register aus dem Akku
LD r,(HL)	Lade das Register r indirekt aus der Speicherstelle (HL)
LD SP,HL	Lade den Stapelzeiger aus HL
LD SP,IX	Lade den Stapelzeiger aus dem Register IX
LD SP,IY	Lade den Stapelzeiger aus dem Register IY
LDD	Blockladen mit Dekrementieren
LDDR	Wiederholtes Blockladen mit Dekrementieren

Liste der Basic-Befehle und ihrer Tokens

Microsoft-Basic speichert Befehlsworte nicht Buchstabe für Buchstabe, sondern platzsparend als Codezahlen (sogen. Tokens). Diese unterscheiden sich von normalen Schriftzeichen durch das gesetzte Bit 7, also einen Wert über 127 (128-255).

Beim Abschluß der Eingabe einer Zeile durch <ENTER> "übersetzt" der Computer die hier benutzten Befehle in diese Tokens; bei der Ausgabe per LIST findet eine "Rückübersetzung" in die entsprechenden Befehlsworte statt.

Die gleichen Codes werden beim Colour-Genie auch für Graphikzeichen verwendet. Mithin erscheinen sie in einem Listing als solche, wenn sie innerhalb eines Strings (" ") stehen, jedoch als Befehle, wenn sie sich im Programmtext außerhalb von Anführungsstrichen befinden.

Da auf diese Weise nur ein Befehlssatz von maximal 128 unterschiedlichen Statements kodiert werden kann, wird für die speziellen Befehle des Colour-Genies (z. B.: COLOUR, PLOT, SOUND) auf Doppeltokens zurückgegriffen, d.h., diese werden durch zwei Zahlen dargestellt, deren erste immer den Wert 255 hat.

Die Statements ELSE und ' ("Kurzform" von REM) werden ebenfalls durch mehrere Zeichen dargestellt:

ELSE = 58 149 Hierbei ist 58 der Doppelpunkt, den der BASIC-Interpreter zur Befehlstrennung braucht, der aber hier nicht mit eingegeben werden muß und der auch nicht im Listing erscheint.

' = 58 147 251 Für den Doppelpunkt gilt das oben gesagte; ' kann also für Remarks am Zeilenende ohne vorhergehenden Doppelpunkt eingegeben werden (nicht aber REM). 147 ist das Token für REM und 251 dasjenige für ', welches beim LISTen auch dafür sorgt, daß Doppelpunkt und REM nicht erscheinen.

Anhang B

Der Parallelport

Der Parallelport ist über die Register 14 und 15 des PSG zugänglich, wobei die Bits 6 und 7 des Registers 7 die Datenrichtung bestimmen (Input oder Output).

Wenn z.B. Port A als Ausgang und Port B als Eingang benutzt werden soll, so ist Bit 6 zu setzen und Bit 7 zurückzusetzen. Dazu kann der Befehl SOUND 7,127 benutzt werden, der allerdings gleichzeitig jegliche Tonausgabe abschaltet.

Danach kann ausgegeben werden mit SOUND 14,DA und eingelesen werden mit DB = SOUND (15).

Bei den älteren ROM's ist zum Einlesen die Befehlsfolge
OUT 248,15 : DB = INP (249).

Da der PSG das Auslesen aller Registerinhalte gestattet - mit DR = SOUND (R) bzw. OUT 248,R : DR = INP (249) - kann eine Beeinflussung der Bits 0 - 5 des Registers 7 beim Rück-/Setzen der Bits 6 und 7 verhindert werden, indem man zuerst den Registerinhalt liest und ihn dann per AND und OR entsprechend verändert wieder zurückschreibt. Im gewählten Beispiel:

SOUND 7,(SOUND (7) OR 64 AND 127)

bzw.

OUT 248,7 : OUT 249,(INP (249) OR 64 AND 127)

Diese Eigenschaft gewährleistet ebenfalls, daß von Register 14 und 15 immer die an den Ports anliegenden Daten gelesen werden: Ist ein Port als Ausgang programmiert, so werden die Ausgangsdaten auch eingelesen, ist er als Eingang programmiert, so werden die Ausgangsdaten nur intern im PSG gespeichert - also nicht ausgegeben - und die Eingangsdaten gelesen.

Für die Druckerausgabe bei LPRINT oder LLIST werden die Ports A und B folgendermaßen verwendet:

Leitung	Signal	I/O	norm. Status
A0 - A7	= Daten	(OUTPUT)	-
B0	= STROBE	(OUTPUT)	LOW-Impuls
B4	= ERROR*	(INPUT)	HIGH
B5	= SELECT	(INPUT)	HIGH
B6	= PAPER END	(INPUT)	LOW
B7	= BUSY	(INPUT)	LOW

Im einfachsten Fall können die Datenleitungen des Druckers direkt mit Port A verbunden werden. Die Statusleitungen sollten über Vorwiderstände von 1 Kiloohm mit Port B verbunden werden, da dieser zur Ausgabe jedes STROBE-Impulses als OUTPUT geschaltet wird, was ohne diese Widerstände zu Kurzschlüssen führen würde.

Da die meisten Drucker mit der BUSY-Leitung auskommen, können B4 und B5 offen gelassen (= HIGH) und B6 über einen Widerstand mit Masse verbunden werden (= LOW).

Anhang C

Die serielle Schnittstelle

Die RS-232-Schnittstelle ist im Colour-Genie nur insofern hardwaremäßig realisiert, daß Pegelwandler für einen Ausgang und zwei Eingänge eingebaut sind, die über die Bits 1 und 2 des Ports 255 angesprochen werden.

Da hier über verschiedenen Bits auch andere Funktionen gesteuert werden (LGR - FGR, CHAR, BGRD, Cassettenfunktionen), existiert eine Speicherstelle im RAM (17180 dez. / 431C hex), die den momentanen Output-Status beinhaltet. Dieser wird bei jeder der genannten Funktionen dazu benutzt, die Beeinflussung der nicht beteiligten Bits zu vermeiden.

Hier kann auch der Ruhezustand des TXD-Ausganges eingestellt werden:

MARK (-) = POKE 17180, PEEK (17180) OR 2
SPACE (+) = POKE 17180, PEEK (17180) AND 253

Bei den neuen ROMs läßt sich dasselbe erreichen mit:

SET 1,17180 bzw. RESET 1,17180

Das Einlesen des Modem-Status (CD) oder des Status der RXD-Leitung kann über

CD = INP (255) AND 4 bzw.
RX = INP (255) AND 2

erfolgen.

Serielle Software

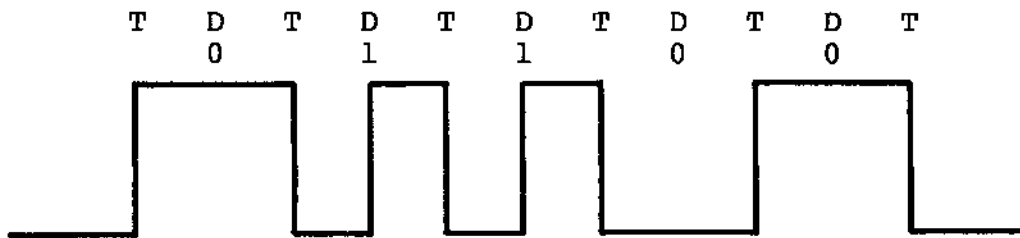
Da im Colour-Genie kein UART eingebaut ist, müssen die Serien-Parallel-Wandlung, die Start/Stopbit-Erzeugung sowie das Timing (Baud-Rate) per Maschinensoftware vorgenommen werden.

Auch hierbei ist der Inhalt der Speicherstelle 431C hex zur Verknüpfung mit dem auszugebenden Datum heranzuziehen, um während des Sendens eine Umschaltung anderer Funktionen zu vermeiden.

Anhang D

Das Cassetteninterface

Zur Aufzeichnung von Programmen und Daten auf Band wird beim Colour-Genie das Biphase-M-Verfahren benutzt. Hierbei werden sowohl Takt- als auch Datenbits in Form von Flußwechseln (Änderungen der Magnetisierungsrichtung) auf Band aufgezeichnet. Folgt auf einen (Takt-) Flußwechsel innerhalb einer gewissen Zeit ein weiterer, so ist das dazugehörige Datenbit = 1, folgt keiner, so ist es 0. Der nächste Flußwechsel ist dann wieder ein Taktbit.



Beim Laden dient ein rückgekoppelter Operationverstärker als Flankendetektor. Aufgrund seiner Beschaltung verbleibt er in dem Zustand, in den er durch die letzte Flanke des Eingangssignales "gekippt" wurde und reagiert dann nur noch auf Flanken in der anderen Richtung, wie sie der Aufzeichnung entsprechend folgen müssen. Hierdurch wird ein vom Computer verwertbares Rechtecksignal erzeugt, dessen weitere Decodierung dann per Software erfolgt. Zwei antiparallel geschaltete Dioden im Eingang des Interfaces "blenden" Störungen mit kleinen Pegeln aus.

Aus den obigen Ausführungen ist leicht zu ersehen, daß der zeitliche Bezug der Flußwechsel zueinander die Information trägt; das Verfahren ist also nicht auf bestimmte Pegel oder Pegelkonstanz und auch nicht auf eine hohe Steilheit der Flanken (entsprechend einer hohen oberen Grenzfrequenz des Rekorders) angewiesen. Ebensowenig ist der Über-Alles-Frequenzgang ausschlaggebend. Wichtig ist allein, daß die Phasenbeziehungen des Signals über Band erhalten bleiben.

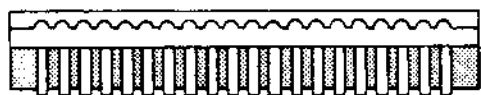
Dazu muß die Tonkopfeinstellung des verwendeten Rekorders möglichst optimal sein, bzw. die des wiedergebenden Rekorders mit der des aufnehmenden übereinstimmen.

Eine Justage des Tonkopfes hilft meist, jegliche Ladeprobleme zu beseitigen. Hierbei kann einfach nach Gehör auf beste Höhenwiedergabe abgeglichen werden (das menschliche Gehör reagiert praktisch nicht auf Phasenverschiebungen).

Bei neueren Colour-Genies ist eine Pegelanzeige eingebaut, die im optimalen Bereich (Mittelstellung des Zeigers) einen Pegel von etwa 3 V Spitze-Spitze anzeigt.

Kontaktbelegungen:

Parallelport:



20

1

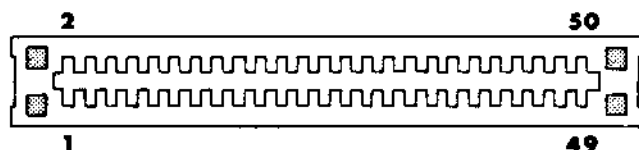
1. - 12V
2. + 5V
3. B6
4. B7
5. B5
6. B4
7. B3
8. B0
9. B1
10. B2

Port B
(Reg. 15 PSG)

11. A6
12. A7
13. A2
14. A1
15. A5
16. A0
17. A4
18. A3
19. + 12V
20. Masse

Port A
(Reg. 14 PSG)

Expansion-Port:



2

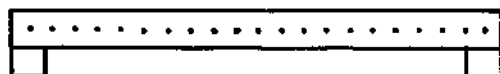
50

1

49

- | | | | | |
|----------|------------------|-------------------|---------------|------------------|
| 1. Masse | 11. A11 | 21. <u>NMI</u> | 31. BD3 | 41. BD5 |
| 2. A8 | 12. A1 | 22. <u>WAIT</u> | 32. <u>C3</u> | 42. NC |
| 3. A7 | 13. A0 | 23. <u>HALT</u> | 33. NC | 43. BD0 |
| 4. A6 | 14. A12 | 24. <u>BUSAK</u> | 34. <u>C2</u> | 44. NC |
| 5. A9 | 15. A14 | 25. <u>ROMDIS</u> | 35. BD6 | 45. <u>BD2</u> |
| 6. A5 | 16. A13 | 26. <u>MREQ</u> | 36. <u>RD</u> | 46. <u>RESET</u> |
| 7. A4 | 17. <u>RESH</u> | 27. <u>WR</u> | 37. BD4 | 47. <u>MI</u> |
| 8. A3 | 18. A15 | 28. <u>C4</u> | 38. NC | 48. <u>TORQ</u> |
| 9. A10 | 19. <u>INT</u> | 29. NC | 39. BD7 | 49. BD1 |
| 10. A2 | 20. <u>BUSRQ</u> | 30. <u>CT</u> | 40. NC | 50. + 5V |

Tastatur:



1

20

- | | | | |
|----------|---------------|---------|---------|
| 1. Masse | 6. <u>NMI</u> | 11. DK3 | 16. AK5 |
| 2. NC | 7. DK2 | 12. DK7 | 17. AK4 |
| 3. DK6 | 8. DK1 | 13. AK0 | 18. AK6 |
| 4. DK4 | 9. DK0 | 14. AK1 | 19. AK3 |
| 5. NM5 | 10. + 5V | 15. AK2 | 20. AK7 |

Stückliste Hauptplatine:

Symbol	IC	Symbol	IC
Z1	74LS02	Z56	74LS139
Z2	74LS04	Z57	CRTC HD46505
Z3	74LS86	Z58	74LS157
Z4	74LS32	Z59	74LS157
Z5	74LS74	Z60	PSG AY-3-8910
Z6	74LS00	Z61	LM747
Z7	74LS32	Z62	LM747
Z8	74LS374	Z63	74LS74
Z9	74LS00	Z64	74LS27
Z10	74LS74	Z65	74LS161
Z11	74LS08	Z66	74LS04
Z12	4116		
Z13	4116	Symbol	Transistor
Z14	4116	Q1	9012
Z15	4116	Q2	9013
Z16	74LS374	Q3	9013
Z17	74LS173	Q4	9013
Z18	74LS273		
Z19	74LS157	Symbol	Zener Diode
Z20	4116	Z1	5,6V
Z21	4116	Z2	6V
Z22	4116	Z3	6V
Z23	4116	Z4	6V
Z24	74LS368		
Z25	74LS174	Symbol	Diode
Z26	74LS245	D1	1N60
Z27	2716	D2	1N60
Z28	74LS166	D3	1N60
Z29	74LS367	D4	1N60
Z30	2114	D5	1N60
Z31	2114	D6	1N60
Z32	74LS08	D7	1N60
Z33	74LS368	D8	1N60
Z34	74LS368	D9	1N60
Z35	74LS245	D10	1N4148
Z36	74LS367	D11	1N4148
Z37	74LS166	D12	1N60
Z38	74LS166	D13	1N60
Z39	2114	D14	1N60
Z40	74LS138	D15	1N60
Z41	74LS20	D16	1N4148
Z42	74LS157	D17	1N4148
Z43	74LS157	D18	1N60
Z44	74LS00	D19	1N60
Z45	ROM1		
Z46	ROM2		
Z47	Z80CPU		
Z48	74LS08		
Z49	74LS157		
Z50	74LS157		
Z51	74LS10		
Z52	74LS367		
Z53	74LS32		
Z54	74LS132		
Z55	74LS139		

Symbol	Kondensator	Symbol	Kondensator
C62	0,1u	C67	0,1u
C63	0,1u	C68	150p
C64	0,1u	C69	1n
C65	0,1u	C70	33u
C66	0,1u	C71	1u
		C72	1u

Stückliste BASIC-Interpreter Karte:

Symbol	IC	Symbol	Kondensator
Z1	2532 (ROM1)	C1	0,1u
Z2	2532 (ROM2)	C2	0,1u
Z3	2532 (ROM3)	C3	0,1u
Z4	2532 (ROM4)	C4	0,1u
Z5	74LS139	C5	0,1u

Stückliste Color Encoder:

Symbol	IC	Symbol	Widerstand
Z1	74LS74	R1	---
Z2	74LS86	R2	2K7
Z3	74LS125	R3	3K3
Z4	74LS125	R4	2K7
Z5	74LS02	R5	2K
		R6	2K
		R7	2K
		R8	2K
		R9	3K3
		R10	1K8
		R11	56K
		R12	3K3
		R13	47
		R14	10K
		R15	10K
Symbol	Transistor	Symbol	Kondensator
Q1	9018	C1	0,1u
Q2	9018	C2	0,1u
Q3	9018	C3	50p
		C4	0,1u
		C5	20p
		C6	2,7n
		C7	0,1u
		C8	0,1u
		C9	0,1u
Symbol	Diode		
D1	1ss99		
D2	1N60		
D3	1ss99		
Symbol	Induktivität		
L1	10uH		
L2	10uH		

Stückliste EG2012 (Druckerinterface):

Symbol	IC	Symbol	Widerstand
Z1	74LS367	R1	3K9
Z2	74LS02	R2	3K9
Z3	74LS123	R3	3K9
		R4	20K
		R5	100K
Symbol	Kondensator		
C1	22n		
C2	220p		
C3	0,1u		
C4	0,1u		

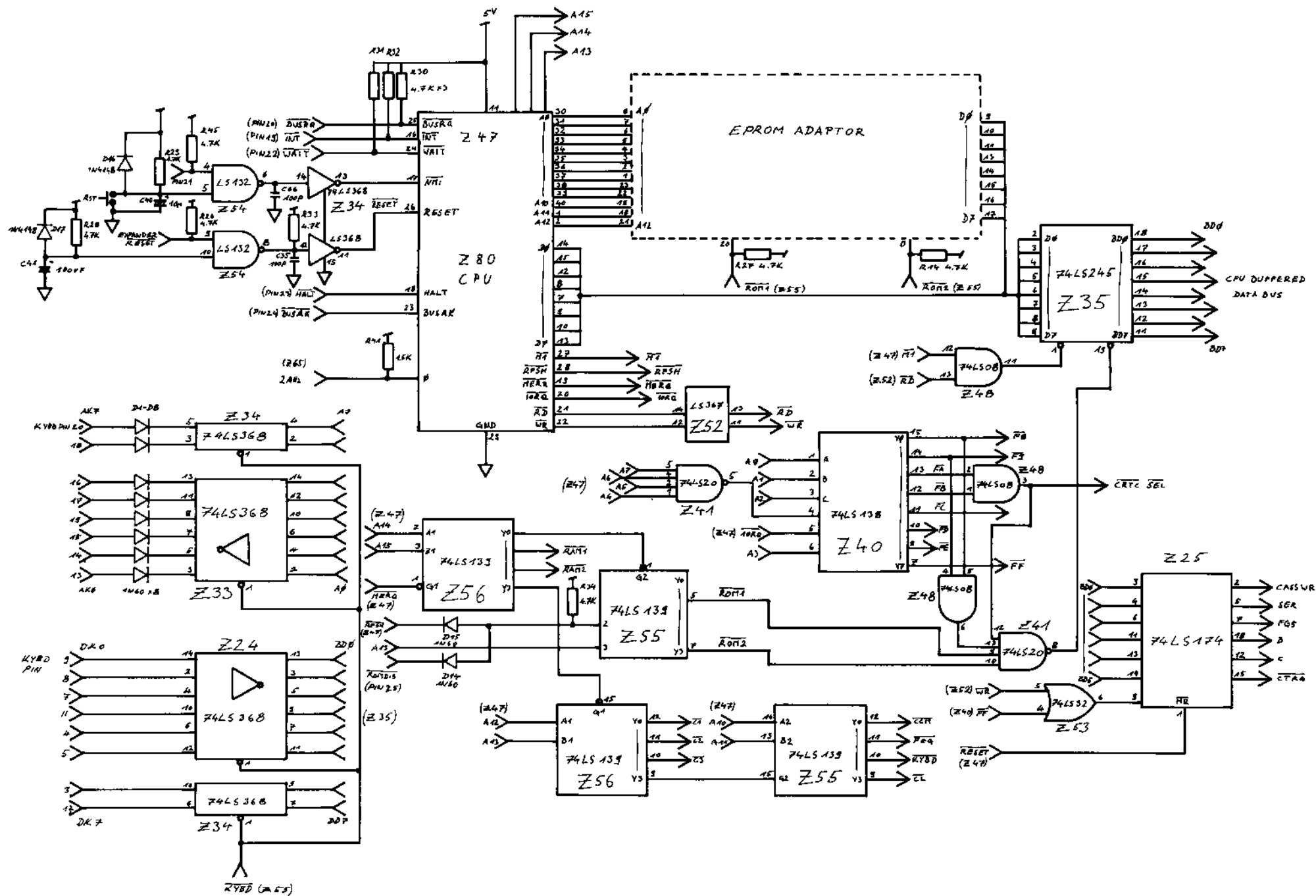
Stückliste ROM-Einschubkassette:

Symbol	IC	Symbol	Kondensator
Z1	2532	C1	0,1u
Z2	2532	C2	0,1u
Z3	2532	C3	0,1u
Z4	74LS367		
Z5	74LS367		

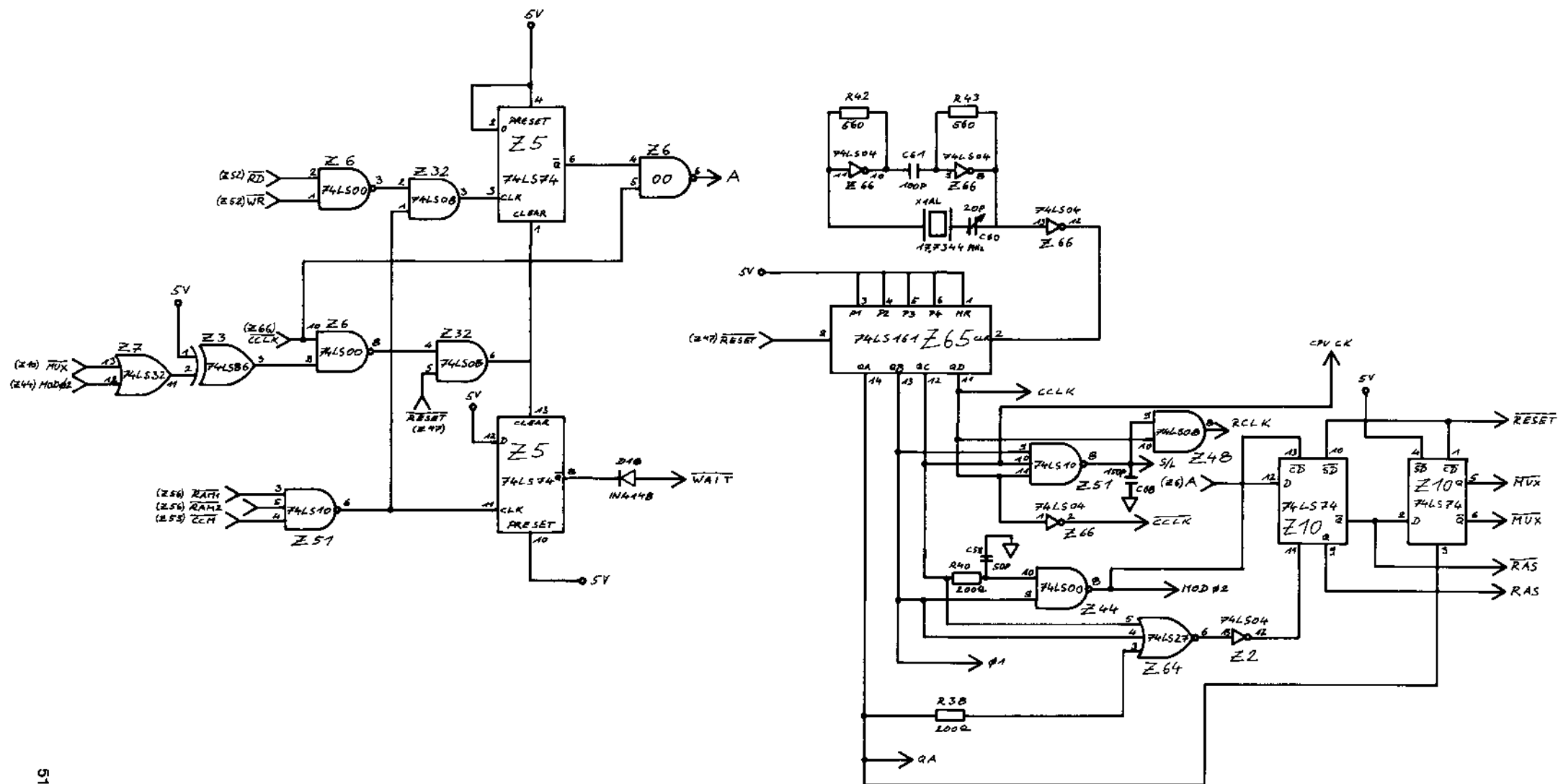
Stückliste Netzteil:

Symbol	IC	Symbol	Widerstand
Z1	7805	R1	4,7
Z2	7812		
Z3	7912		
Symbol	Transistor	Symbol	Kondensator
Q1	MJ2955	C1	0,1u
		C2	0,1u
		C3	0,1u
		C4	10000u
		C5	220u
Symbol	Gleichrichter		
G1	4A/50V	C6	47u
G2	1A/50V	C7	0,1u
		C8	0,1u
		C9	0,1u
		C10	22000u
		C11	47u
		C12	0,1u
		C13	22000u
		C14	47u

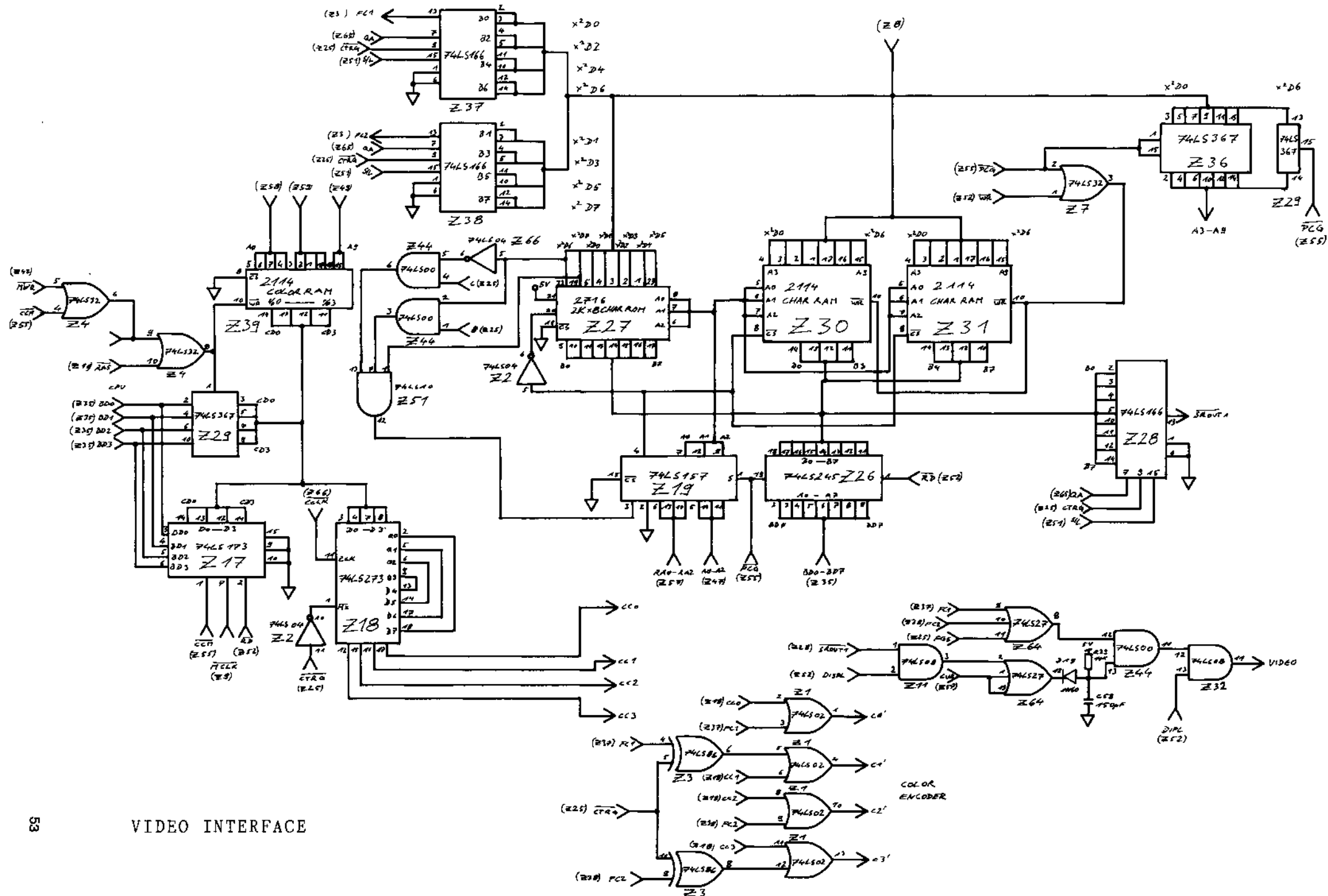
CPU AND DECODING CIRCUIT



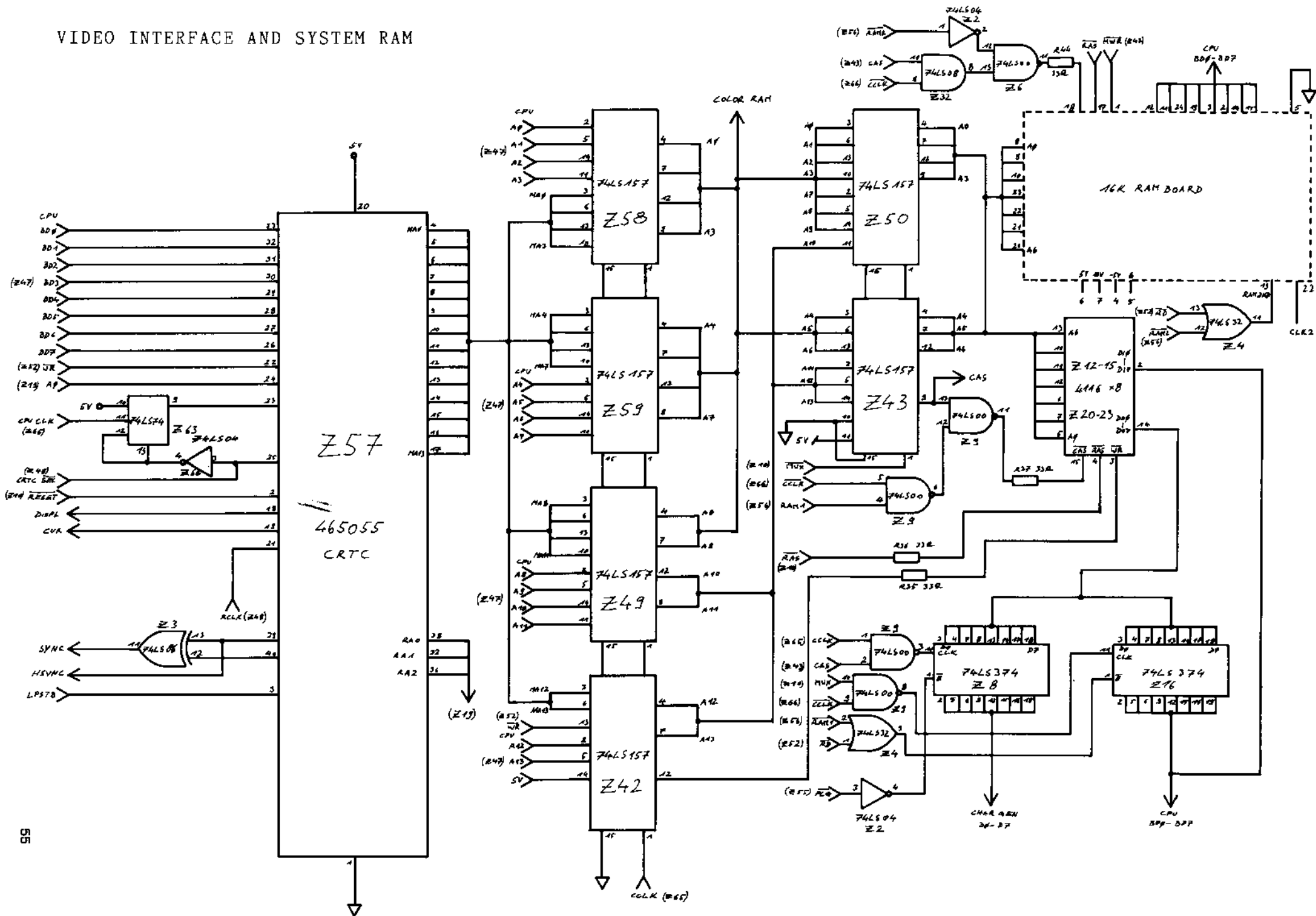
SYSTEM TIMING CIRCUIT



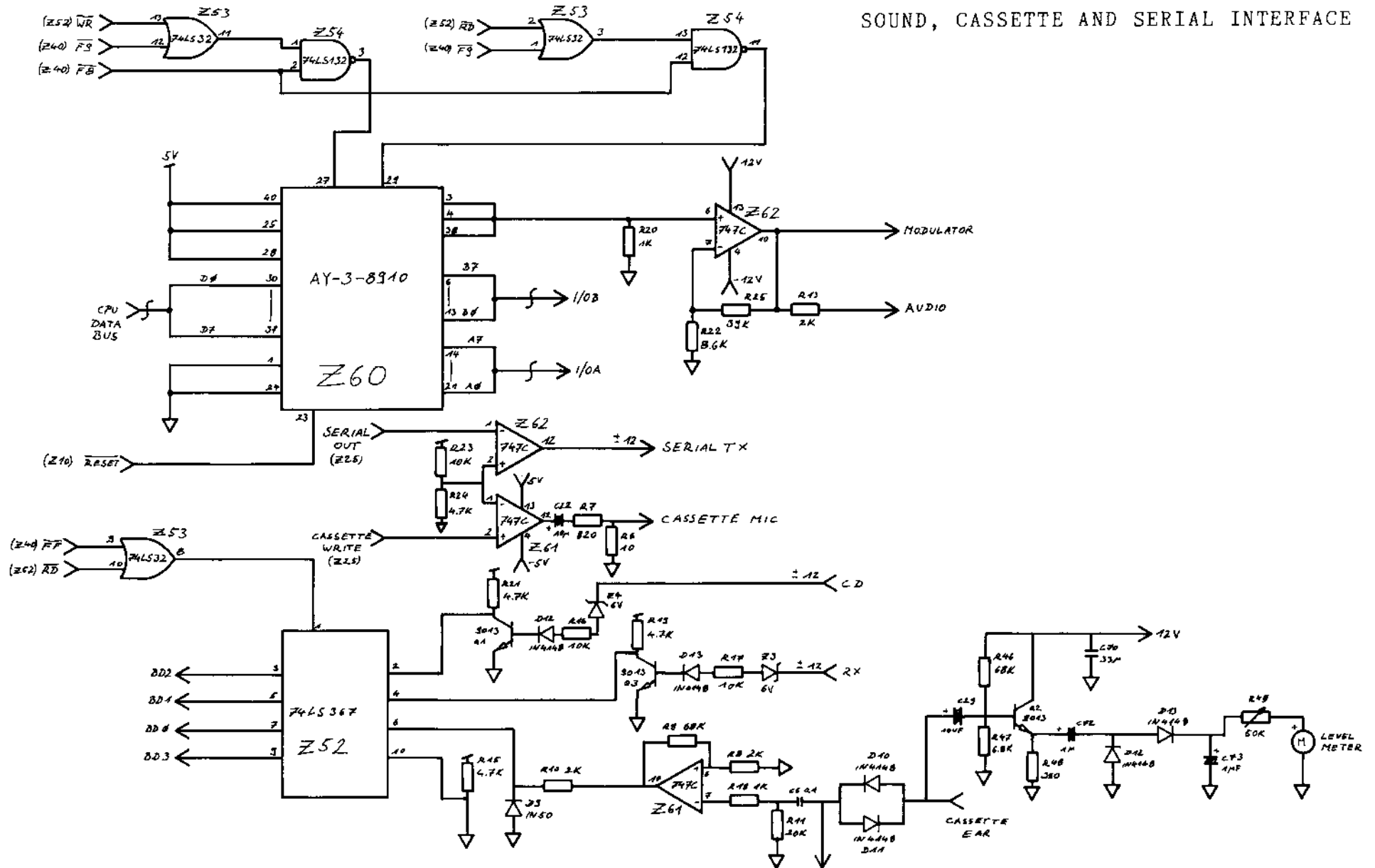
VIDEO INTERFACE

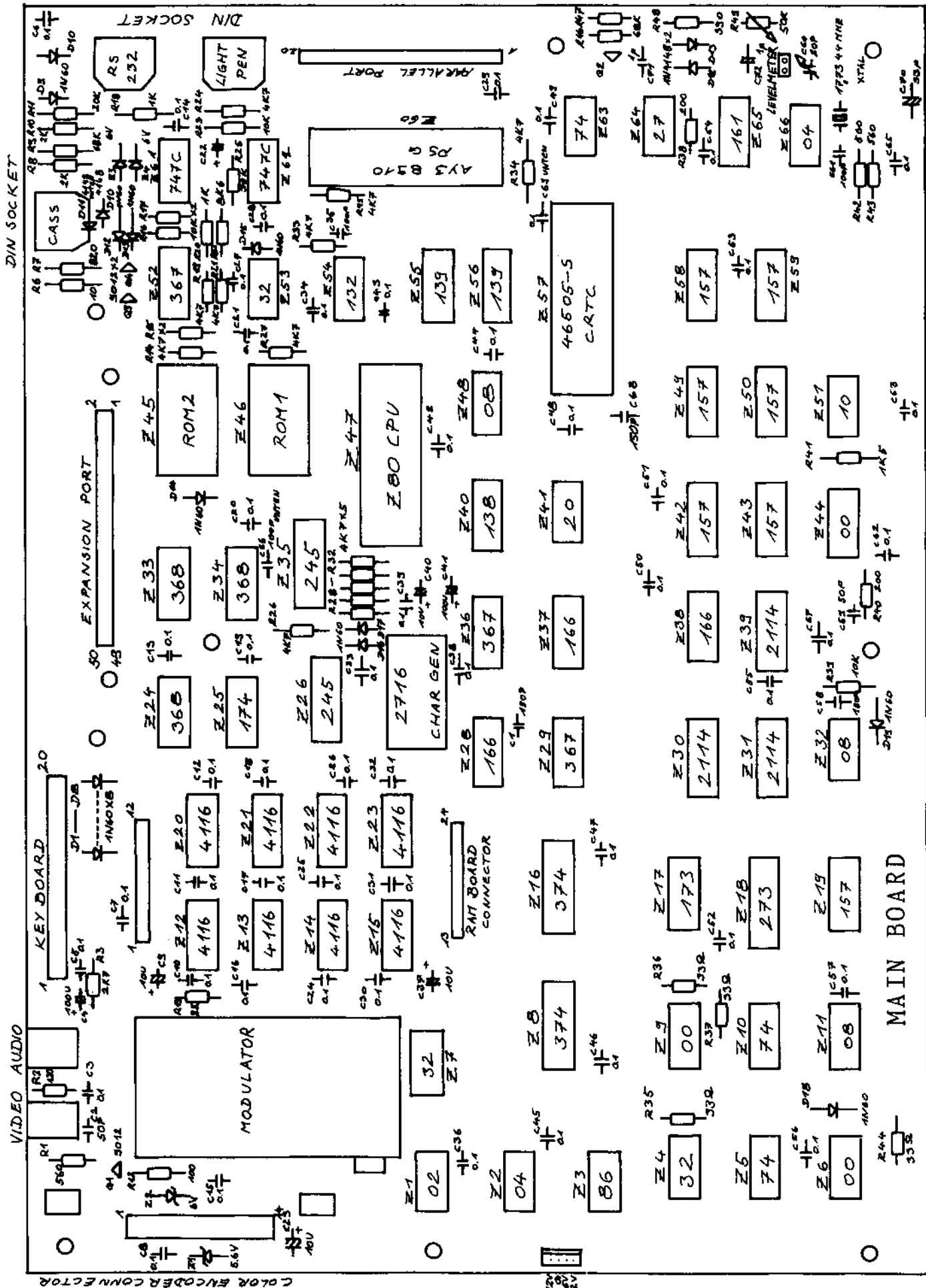


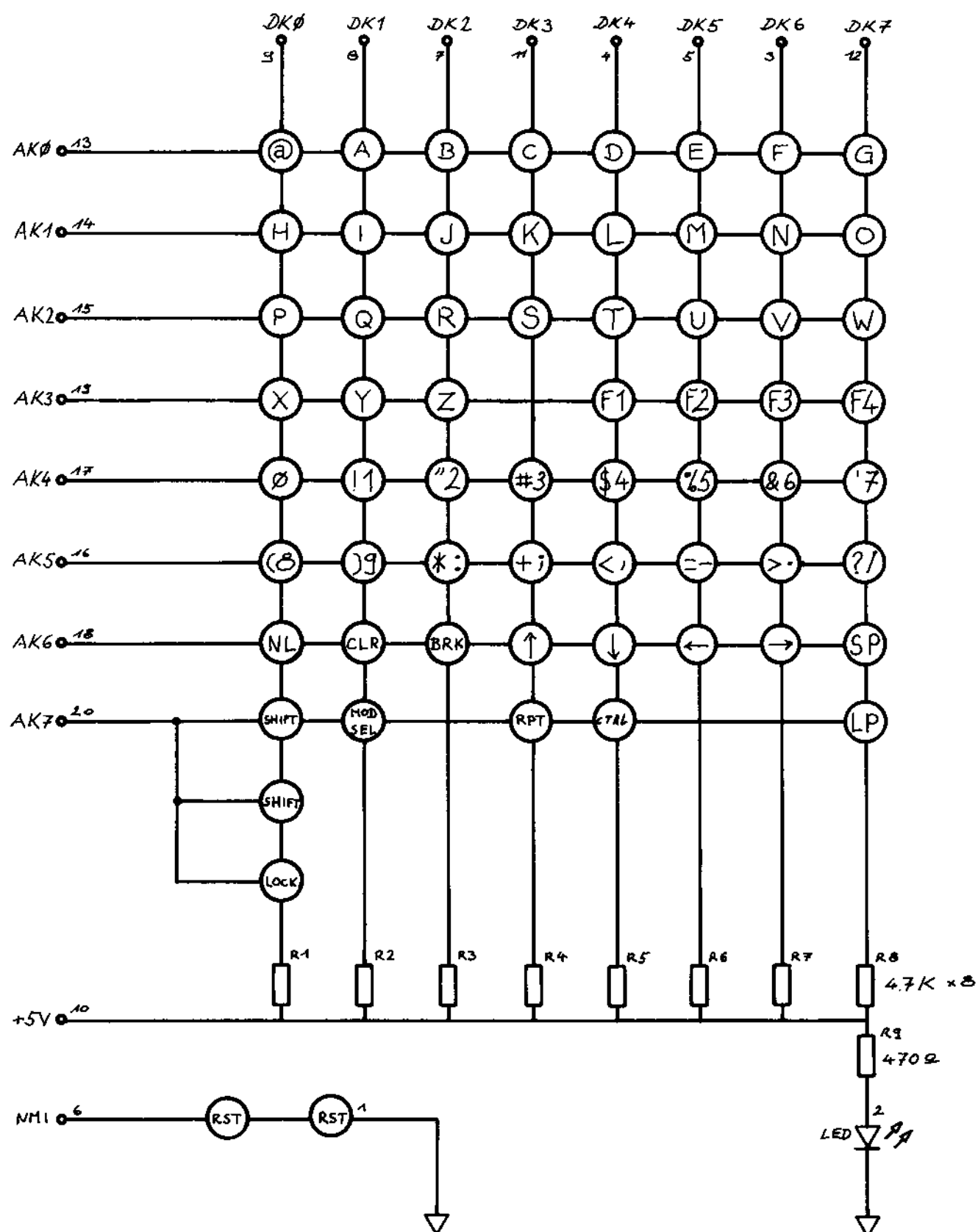
၆၁



SOUND, CASSETTE AND SERIAL INTERFACE

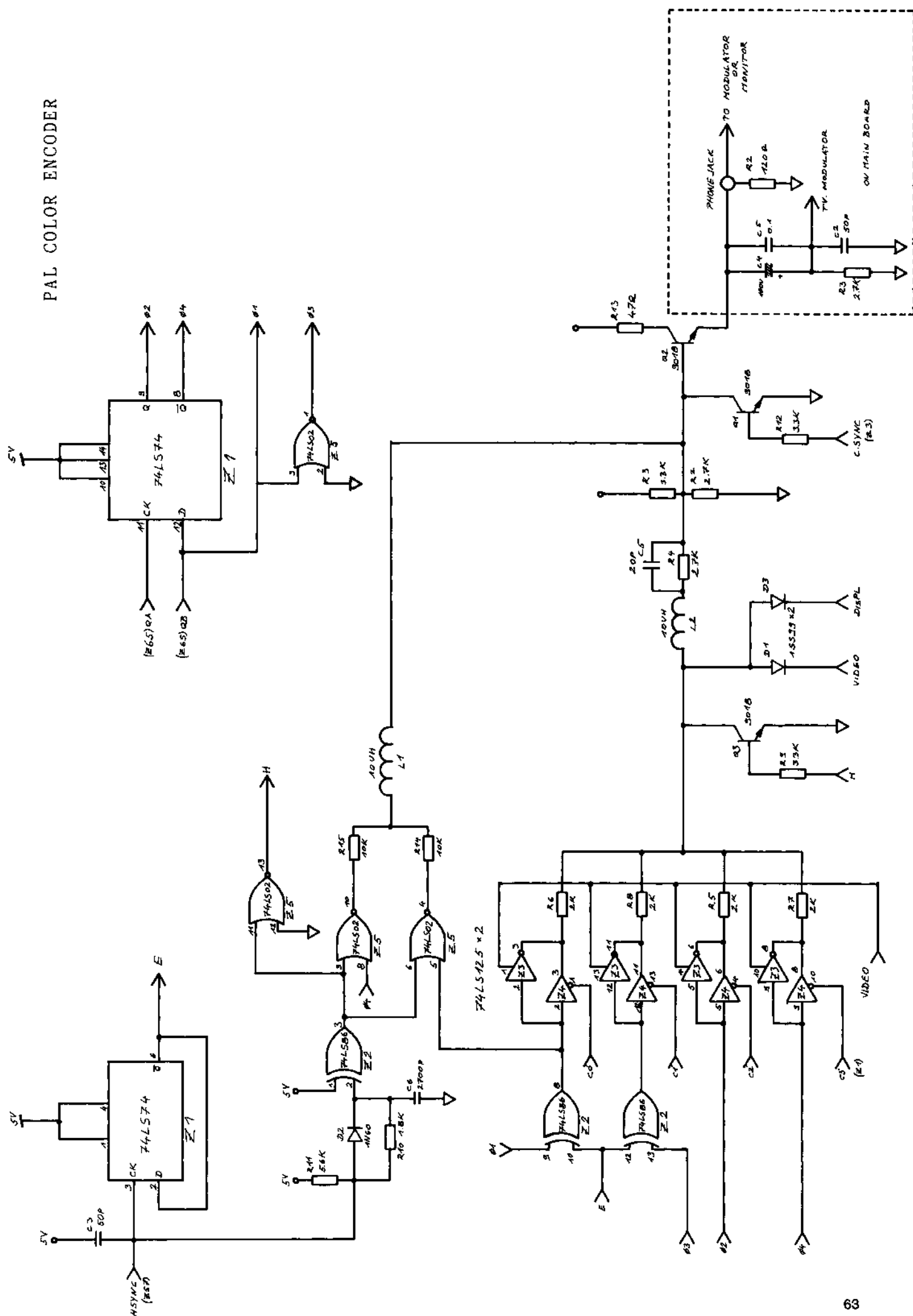


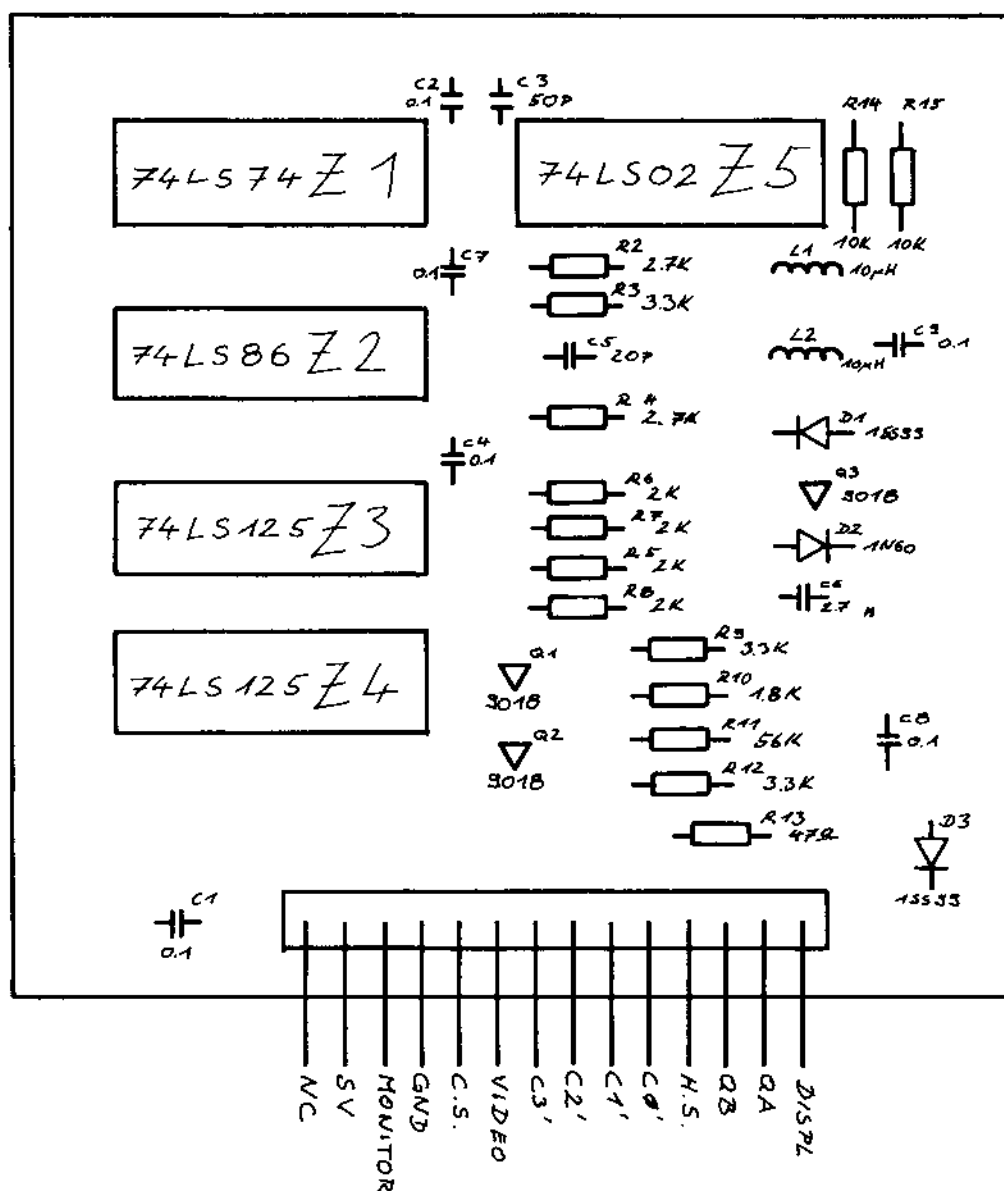




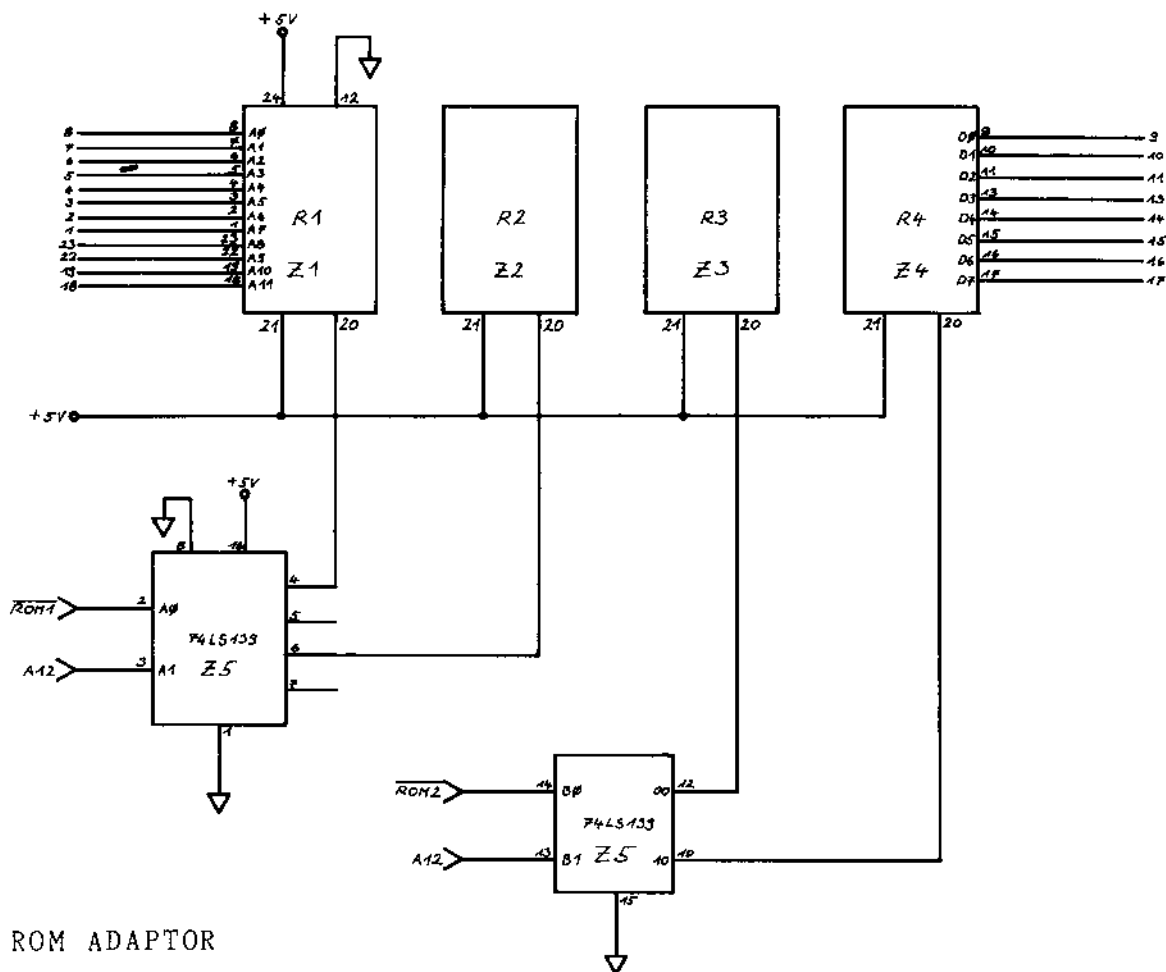
KEYBOARD CIRCUIT

PAL COLOR ENCODER

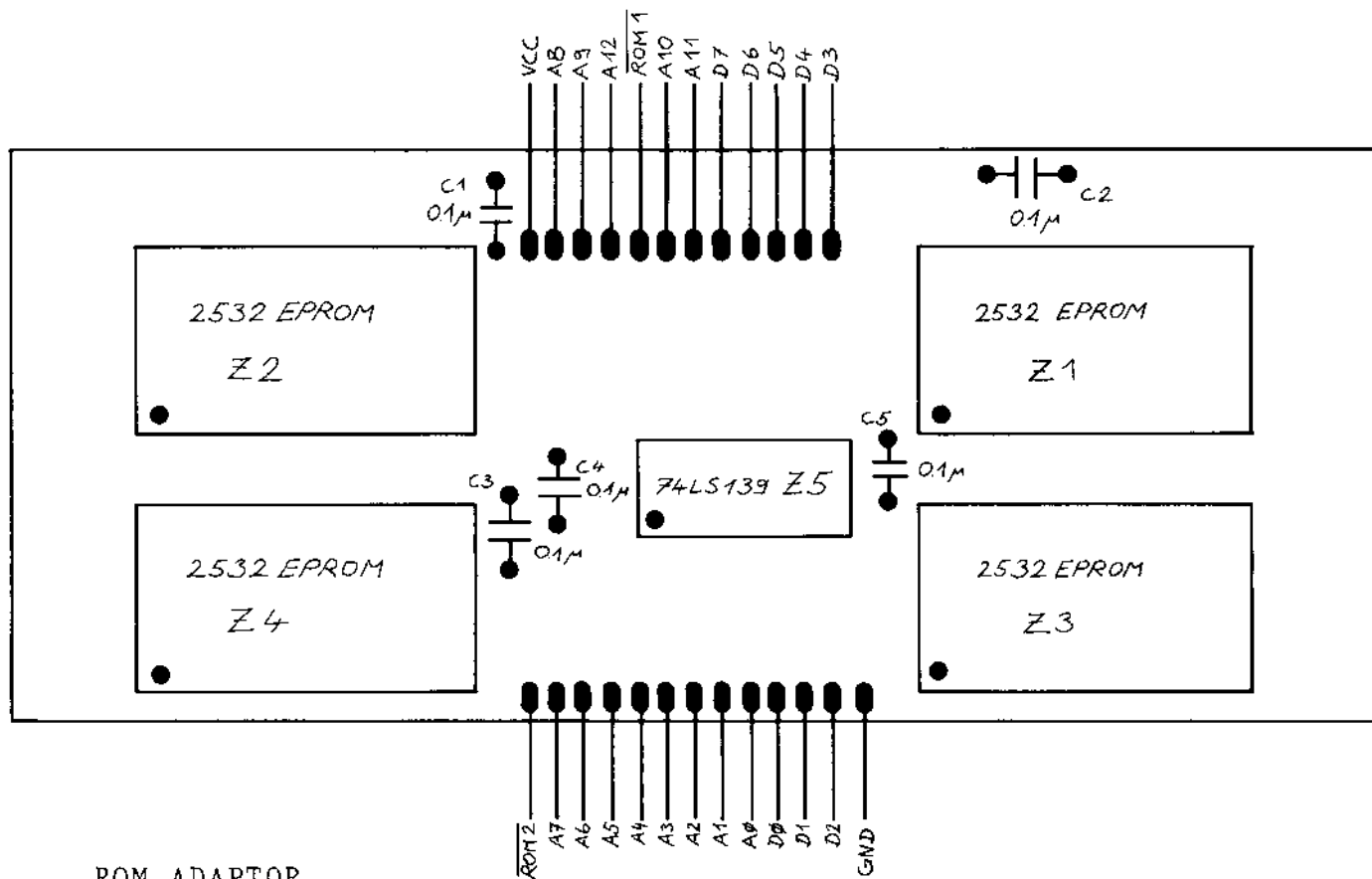




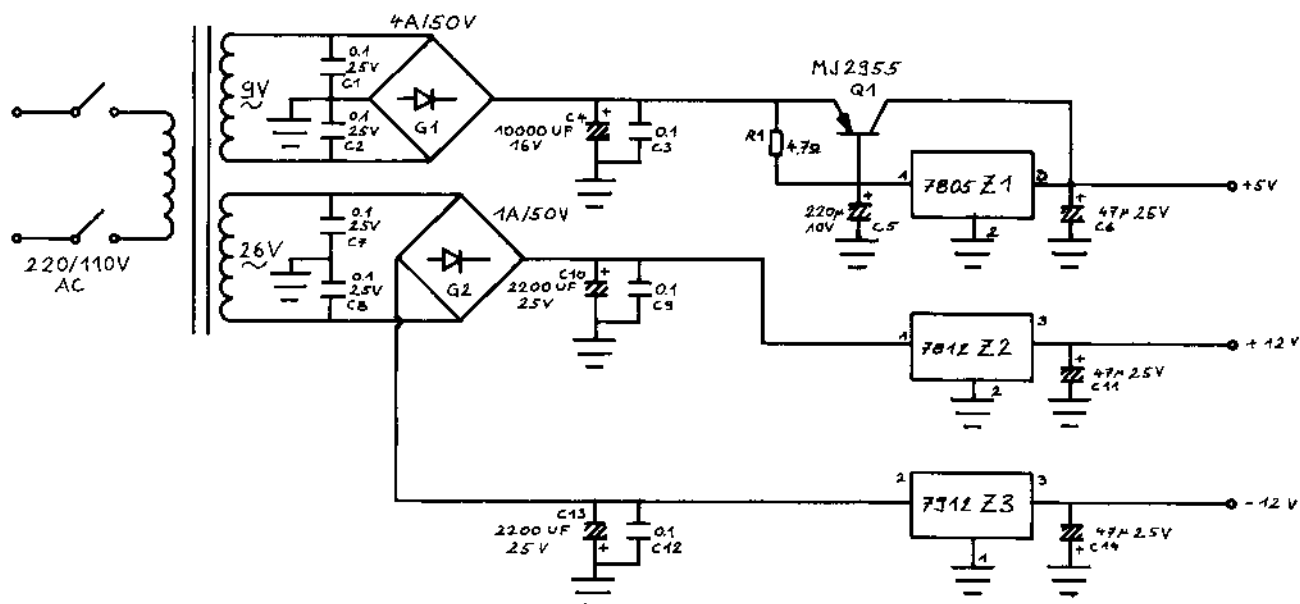
PAL COLOR ENCODER



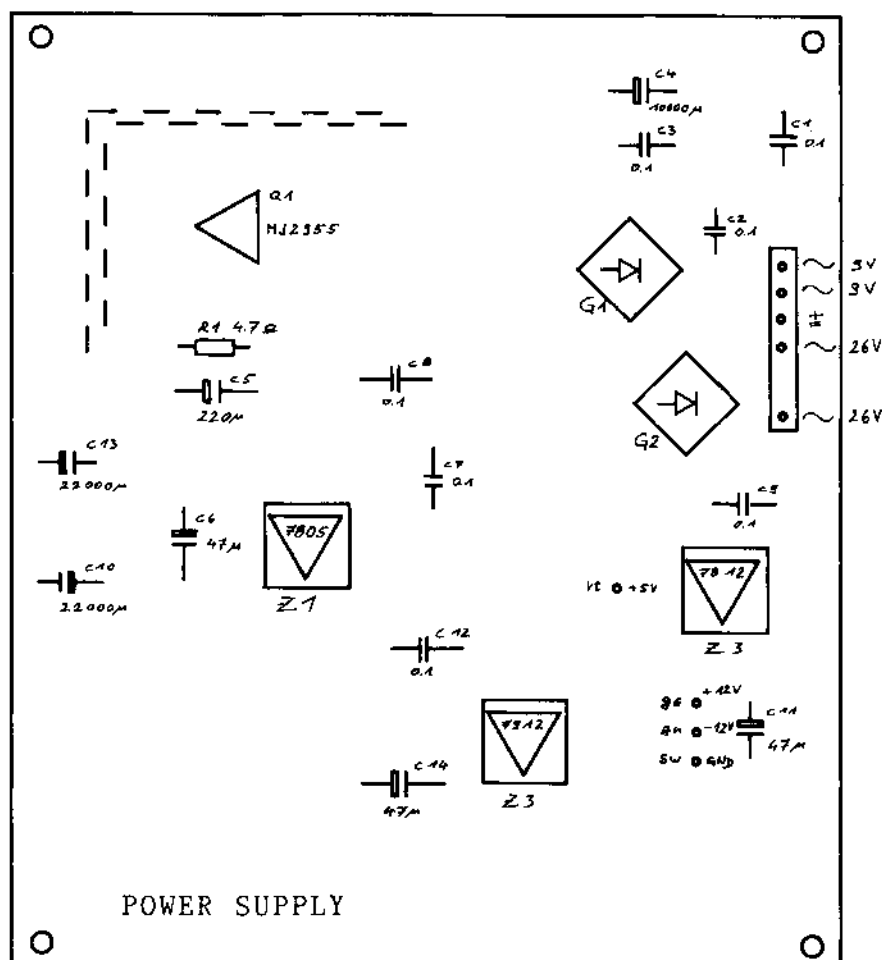
ROM ADAPTOR

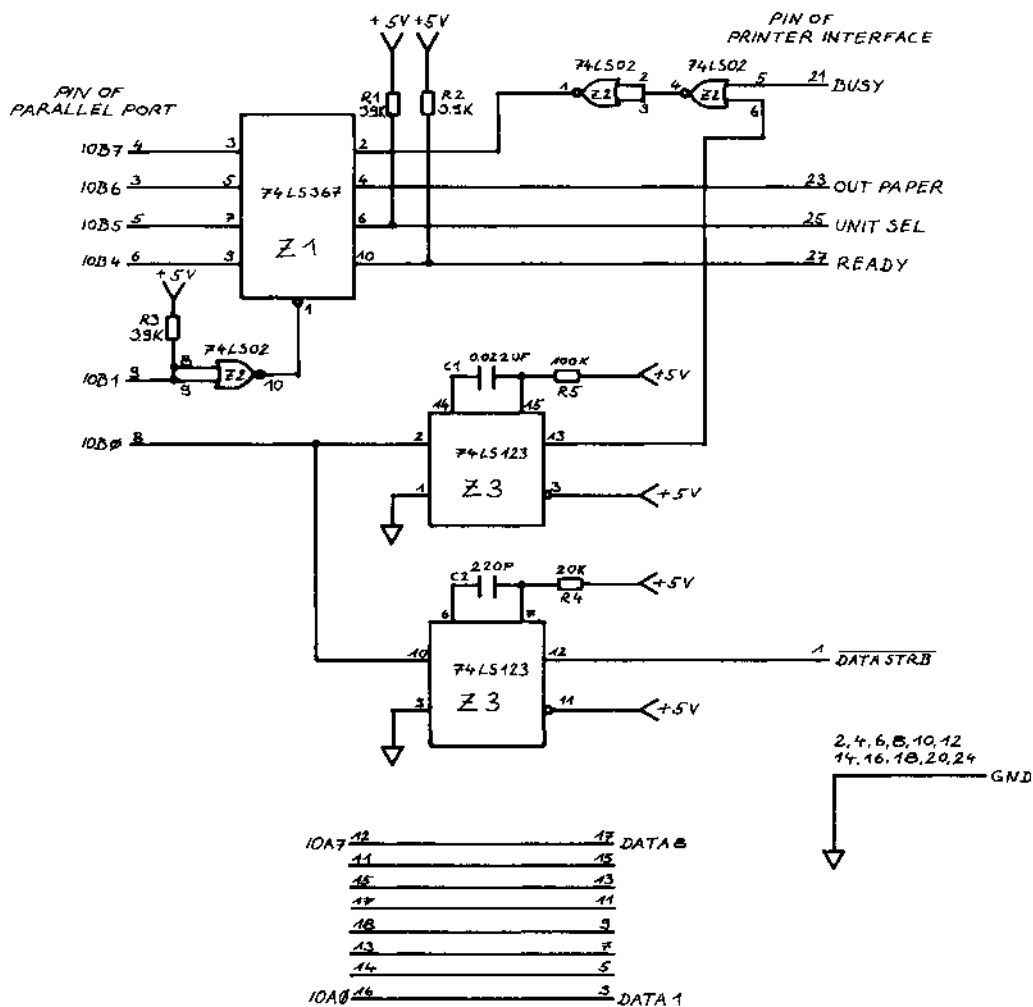


ROM ADAPTOR

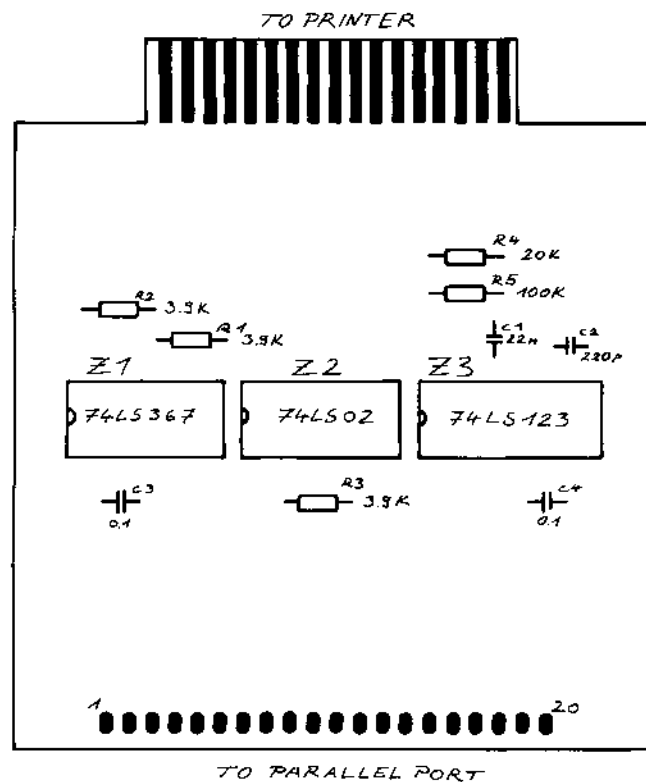


POWER SUPPLY

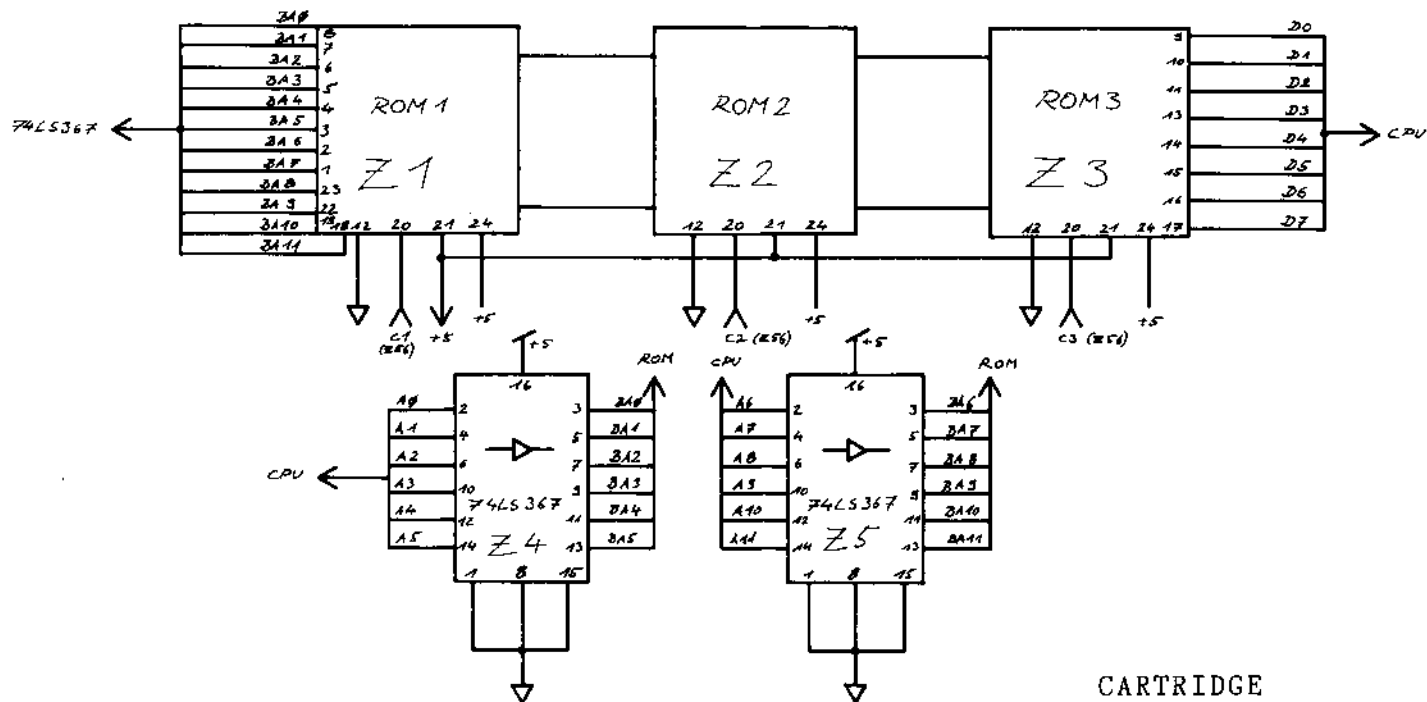




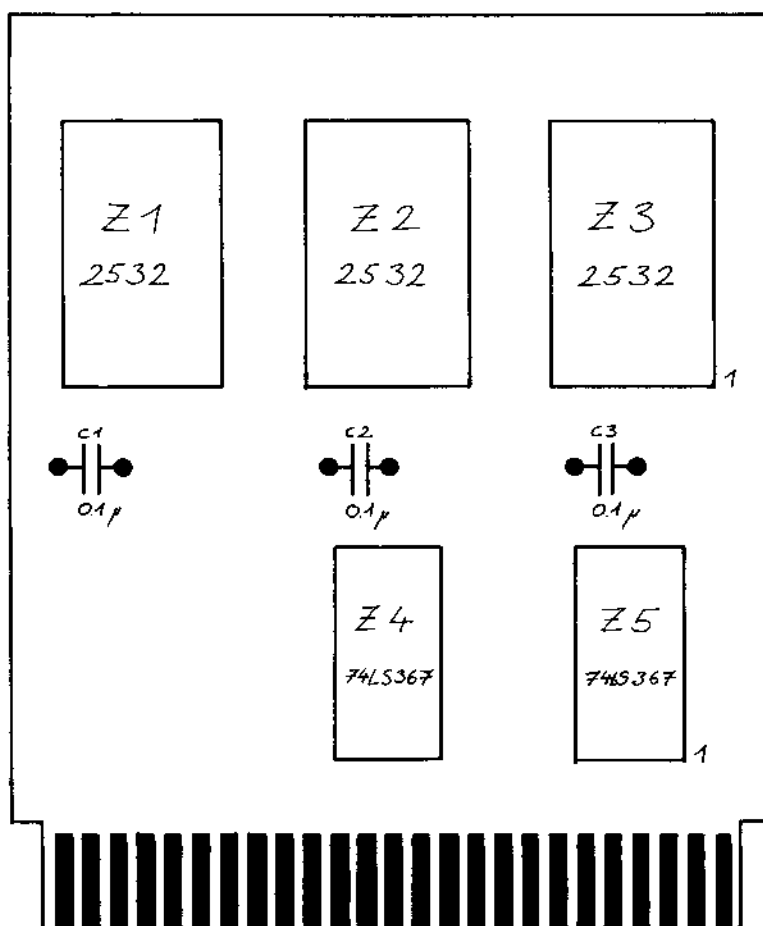
PRINTER INTERFACE



PRINTER INTERFACE

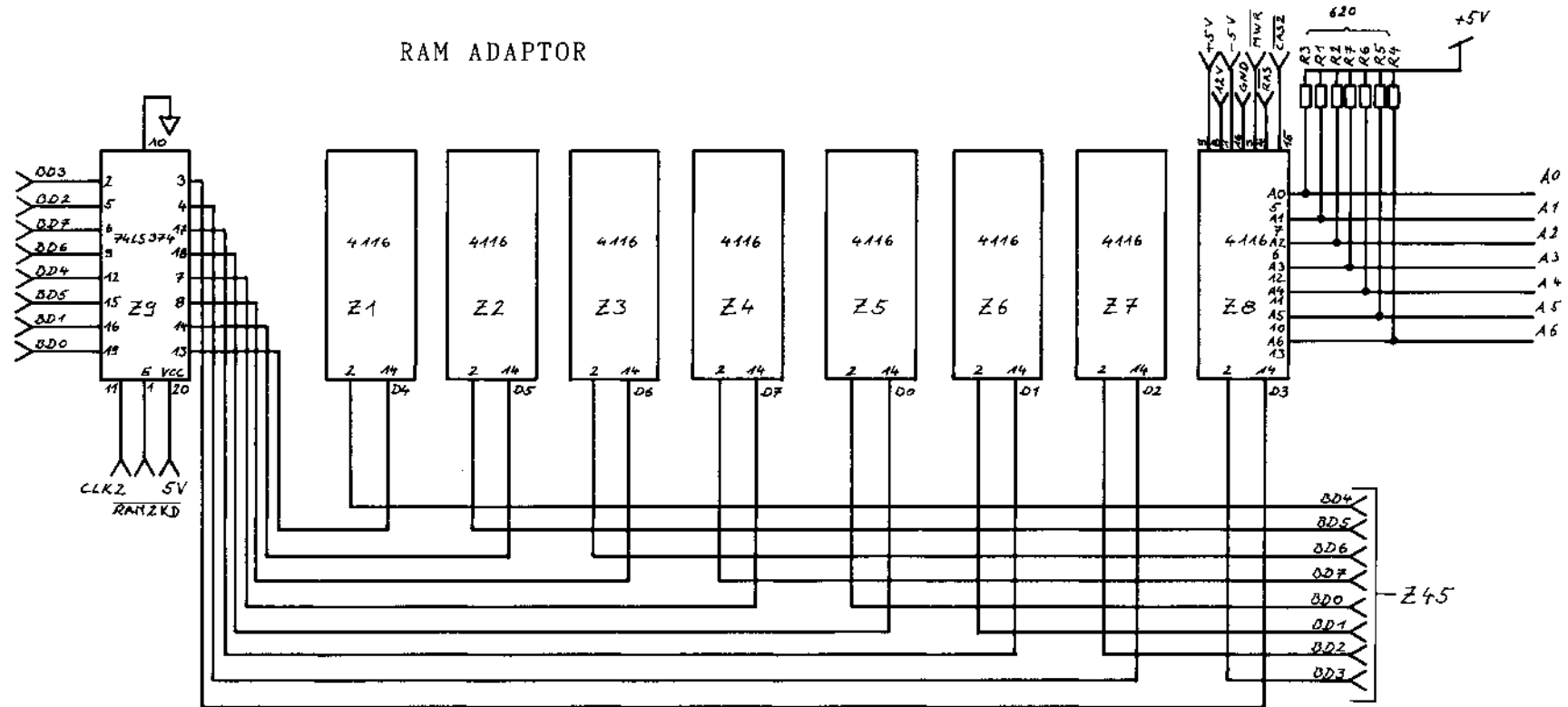


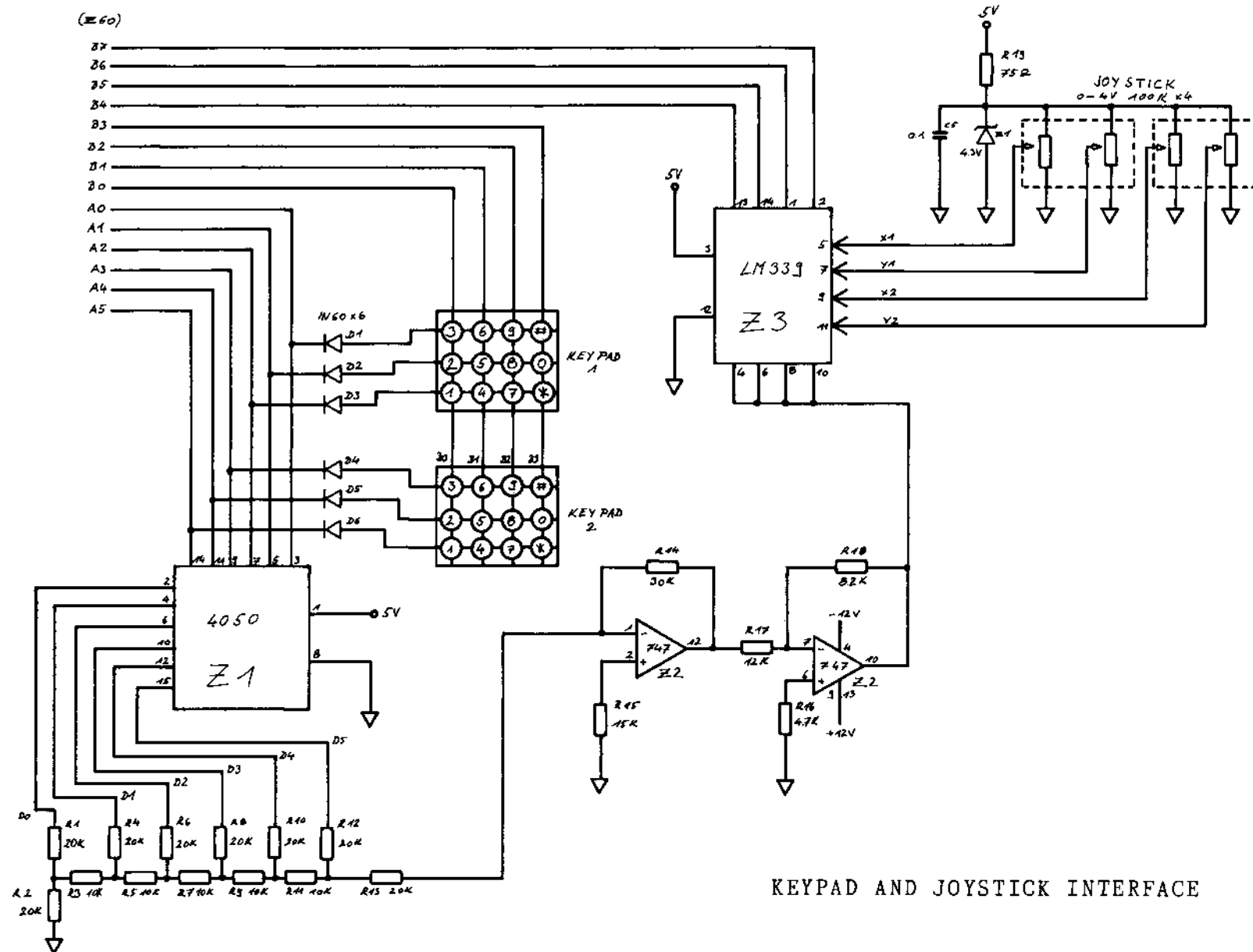
CARTRIDGE



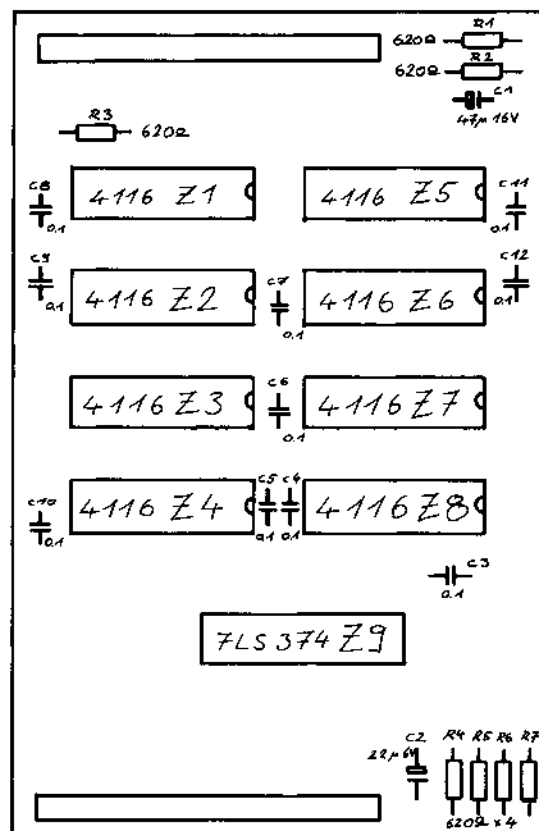
CARTRIDGE

RAM ADAPTOR

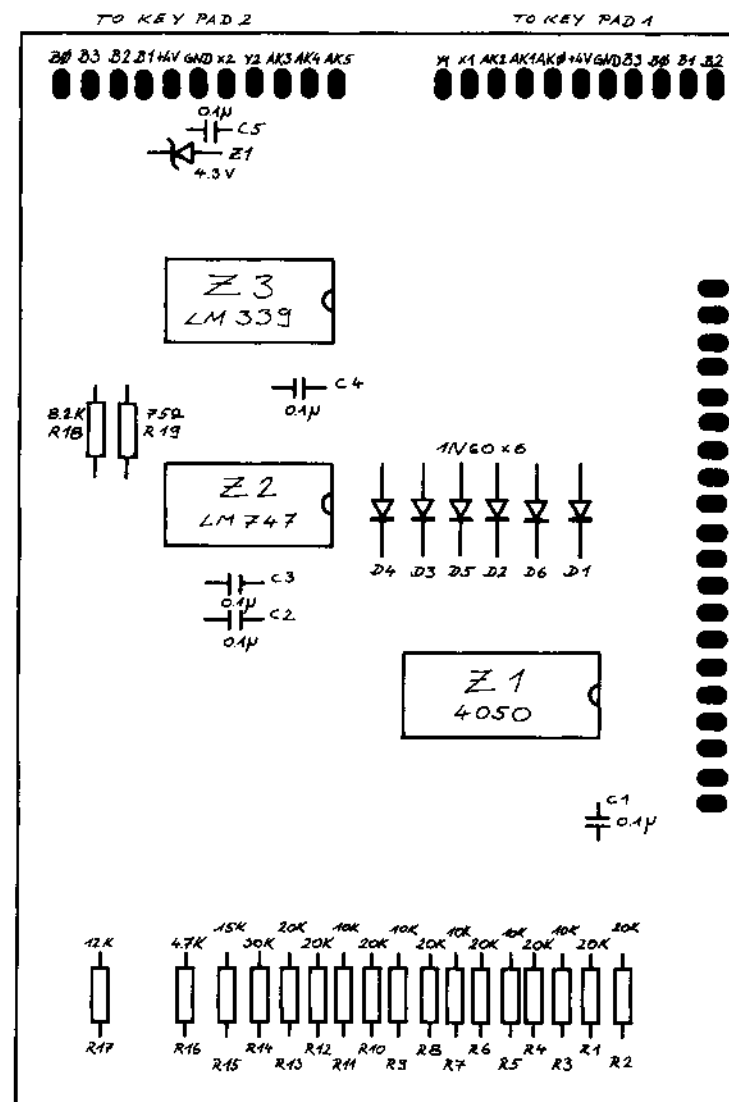




KEYPAD AND JOYSTICK INTERFACE



RAM ADAPTOR



KEY PAD AND JOYSTICK INTERFACE

Nähere technische Einzelheiten über die Bauteile des Colour Genies, sowie auch die genaue Beschreibung der Z80 Programmierung sind der Fachliteratur zu entnehmen.

Literaturhinweise:

Programmierung des Z80
v. Rodney Zaks
SYBEX-Verlag GmbH., Düsseldorf

The TTL Data Book for Design Engineers
v. TEXAS INSTRUMENTS

Datenblätter des
CRTC HD46505S
v. HITACHI

Datenblätter des
PSG AY-3-8910
v. GENERAL INSTRUMENT

Datenblätter der
Z80-CPU
v. MOSTEK

Datenblätter der
Z80-CPU
v. Zilog

COLOUR BASIC - leicht gelernt
v. Trommeschläger Computer GmbH

Stichwortregister

Address Bus	24,26	Grafik Modus	20
Address Register	16	Grafikauflösung	11
Analog Channel A,B,C	24		
Autostart	10	Halt State	27
		Horiz. Displayed Register	16
Bandaufzeichnung	39	Horiz. Sync	15
BASIC-Befehle	33	Horiz. Sync Pos. Register	16
BASIC-ROM	9	Horiz. Total Register	16
BASIC-ROM-Karte	42	Hüllkurve	22,23
Blockdiagramm	5,6		
BUS Acknowledge	28	Input/Output	24
BUS Control	24	Input/Output Request	27
BUS Direction	24	Interlace a. Skew Register	17
BUS Request	28	Interrupt Request	28
BUS Stecker	5		
		Keyboard Circuit	61
Cartridge	9,10,73	Keyboard Buffer	49
Cassette Interface	5,39,57	Keypad/Joystick Interf.	77,79
Character Clock	14	Kontaktbelegungen	41,42
Character RAM	53		
Character ROM	53	Laden	39
Chip Select	14	Lautstärke	22
Clock	24,28	Level Meter	57
Color RAM	53	Lichtgriffel	42
Color Encoder	42	Light Pen Register	18
CPU and Decoding Circuit	49	Light Pen Strobe	15
CRTC	13,55	Literaturhinweise	81
CRTC Anschlußbelegung	13		
CRTC Blockdiagramm	13	Machine Cycle One	26
CRTC Datenblatt	19	Mainboard	59
CRTC Programmierung	20	Max. Raster Address Reg.	17
CRTC Signale	14,15	Mem Size	9
CRTC Standardeinstellung	20	Memory Map	12
CRTC Register	16	Memory Read	27
Cursor Anzeigemodus	18	Memory Request	26
Cursor Display	15	Memory Write	27
Cursor End Raster Register	18	Microsoft-BASIC	33
Cursor Register	18	Mikroprozessor	25
Cursor Start Raster Register	18		
		Netzsicherung	7
Datenaufzeichnung	39	Netzteil	7,69
Datenausgabe	35	Netzteilstörung	7
Datenbus	14,24,26	Non-maskable-Interrupt	28
Dateneingabe	35		
Datenleitungen	35	PAL-Color-Encoder	63,65
Diskettenlaufwerk	9	Parallel Port	35,41
Display Timing	15	Pegelanzeige	39
Drucker	35	Periodendauer	22
Druckeranschluß	35	Power On Reset	49
		Printer Interface	71
EG2011	75	Programmierbare Zeichen	11
Enable	14	PSG	21,57
Expansion Port	41	PSG Anschlußbelegung	23
		PSG Blockdiagramm	21
Farbtabelle	10	PSG Programmierung	22
Festprogramme	9	PSG Register	
Flußwechsel	39		

Quarz	51	Stückliste EG2012	47
		Stückliste Mainboard	43,44,45
RAM	5,9,55	Stückliste Joysticks	46
RAM Adaptor	79	Stückliste Netzteil	47
Raster Address	15	Sync Width Register	16
Rauschen	22	System RAM	55
Read/Write	14	System Timing Circuit	51
Refresh	27		
Refresh Memory Address	15	Tastatur	5,41
Register Select	14	Tastaturmatrix	11
Rekorder	42	Text Modus	20
Reset	14,24,28	Tokens	33
ROM Adaptor	67	Tokens doppelt	34
ROM Calls	9	Tokens einfache	34
RS-232	37	Ton-Generator	5
RS-232 Programmierung	37	Tonkopfeinstellung	39
RXD-Leitung	37	Transformator	7
		TXD-Leitung	37
Schaltpläne	49 ff		
Schnittstellen	5	Vert. Displayed Register	17
Schwingungsdauer	22	Vert. Sync	15
Serial Interface	57	Vert. Sync Pos. Register	17
Serielle Software	37	Vert. Total Adjust Reg.	17
Serieller Port	42	Vert. Total Register	16
Sound	57	Video Interface	5,53,55
Spannungen	7		
Spannungsregler	7	Wait	27
Speichererweiterung	9		
Stringvariablen	9	Z80-CPU	25,49
Stückliste BASIC-ROM-Card	45	Z80-CPU Anschlußbelegung	26
Stückliste Cartridge	47	Z80-CPU Befehlssatz	29
Stückliste Color Encoder	45	Z80-CPU Blockdiagramm	25
Stückliste EG2011	46	Zeichenfarbe	10