I tell this tale, which is strictly true,
just by way of convincing you
How very little since things were made
Things have altered in the computer trade.

Frei nach R. Kipling

System .004
– Ein Rückblick –

(c) Prof. Dr. Wolfgang Matthes, 2017
http://www.controllersandpcs.de

Mit freundlicher Genehmigung und Unterstützung des Heinz Nixdorf MuseumsForum, Paderborn, war es möglich, den Aufbau dieses Gerätes fotografisch zu dokumentieren – weit mehr als 30 Jahre nach seiner Entwicklung.

Entwicklung: 1978 bis 1983.

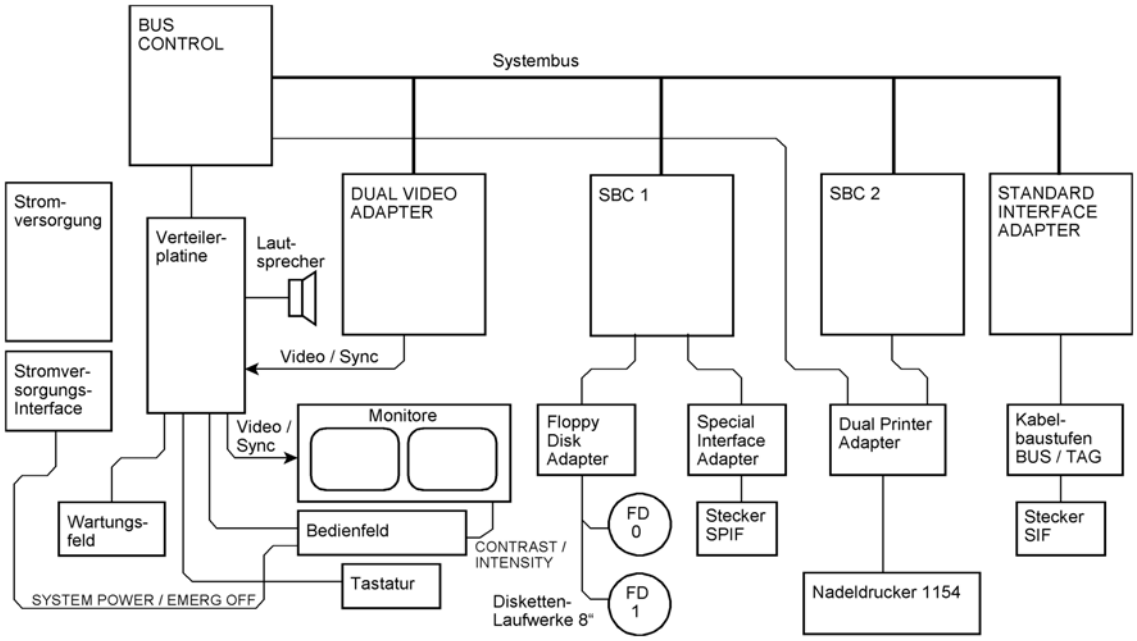
Projektiert als universelles Multi-Mikroprozessorsystem auf Grundlage des Z80. Einzige[1] Nutzung als Systemkonsole und Serviceprozessor für EDV-Anlagen – obwohl man damit wesentlich mehr hätte anstellen können...

1: Man hat wohl auch ein oder zwei Exemplare als Steuerrechner für Testsyteme verwendet. Es ist sogar gelungen, einen BASIC-Compiler auf diese Maschine zu portieren. Einzelheiten nicht bekannt.

Mehrprozessorsystem auf Grundlage eines Multimaster-Universalbus. Maximal 16 anschließbare Funktionseinheiten, 1 MBytes gemeinsamer Adreßraum. Die entscheidende Funktionseinheit ist der Single Board Computer (SBC) mit 32 kBytes DRAM, der als echter Dual-Port-Speicher betrieben wird. Wenn ein SBC nicht reicht, nehmen wir zwei, wenn zwei nicht reichen, nehmen wir drei usw. Jeder SBC kann mehrere Programme zeitmultiplex ausführen. Prinzip der Partitionierung. Realzeitbetriebsystem RTX.004 ereignisgesteuert und objektorientiert.

Elektrisch-konstruktive Auslegung mit dem Ziel, Elektronik so kostengünstig wie möglich zu verpacken. Keine Steckkarten einheitlicher Größe, keine Einbaurahmen, keine Mehrebenenplatinen usw. Jede Funktionseinheit des Mehrprozessorsystems belegt eine einzige große Zweiebenen-Platine. Alle diese Leiterplatten sind in einem Block zusammengefaßt, der wie ein Buch aufgeklappt werden kann. Alle anderen Leiterplatten sind so groß wie jeweils nötig. Sie werden dort montiert, wo Platz ist. Es gibt nur Steckverbindungen mit Flachbandkabeln, keine Kabelbäume oder dergleichen.

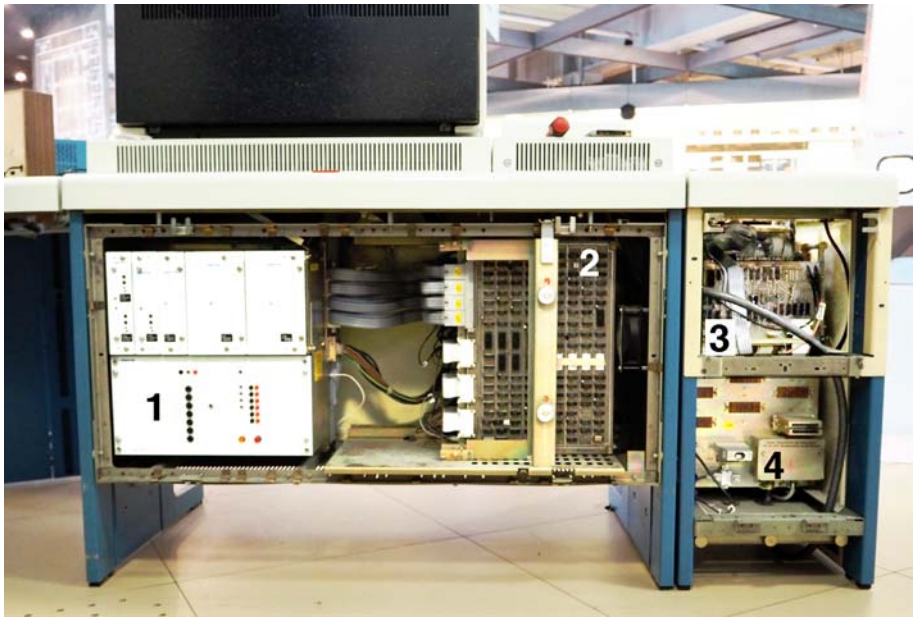
Das Blockschaltbild:



Größeres Bild am Ende dieser Schrift.

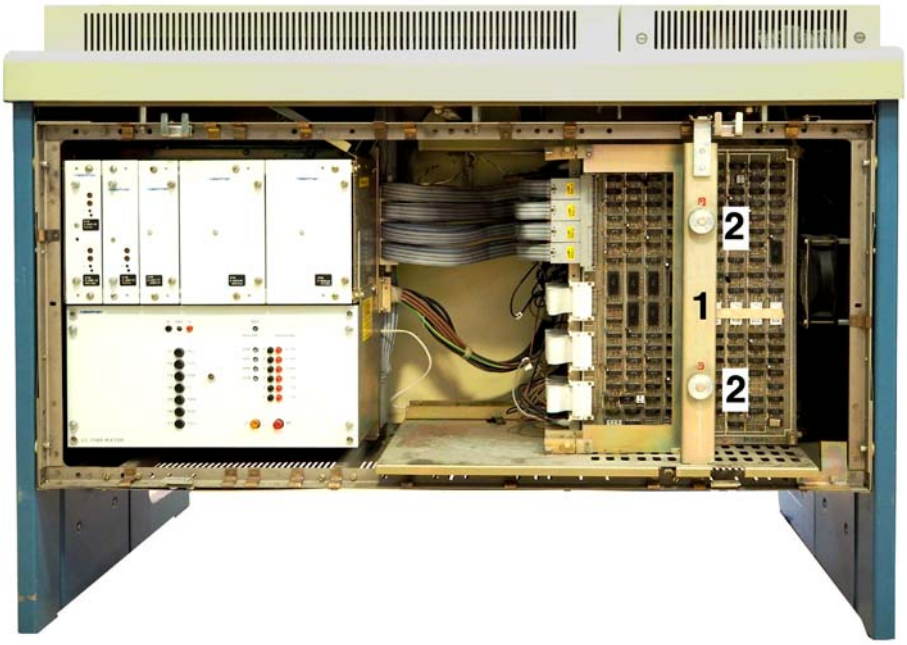
Hinweis: Alle Bezeichnung (Einzelteile, Funktionseinheiten usw.) aus dem Gedächtnis. Es kann sein, daß es nicht mit dem Zeichnungssatz übereinstimmt. Ich verwende international übliche, interne oder private Bezeichnungen, nicht die offiziellen. Dokumentation nicht verfügbar.

1 - Grundgerät, 2 - Beistellschrank, 3 - Druckertisch mit Nadeldrucker. Die Bildschirme sind eigentlich kleine Fernsehgeräte. Deshalb ist es möglich, Videos abzuspielen – wie im Museum gelegentlich zu sehen. In der Anwendungspraxis erscheinen aber nur alphanumerische Zeichen.



1 - Stromversorgung, 2 - Leiterplattenblock, 3 - Interfaceadapter, 4 - Interfacestecker und Netzanschluß (380 V).

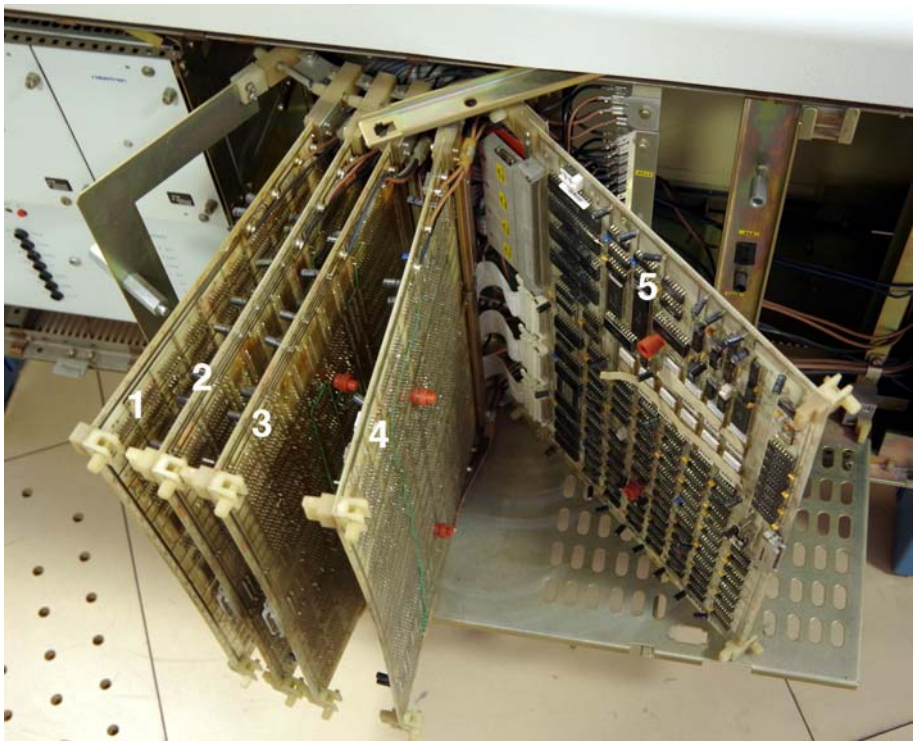
Das Grundgerät mit Stromversorgung und Leiterplattenblock:



Der Leiterplattenblock ist ausfahrbar. 1 - Andruckstrebe, 2 - Andruckschrauben. Diese Teile drücken die Leiterplatten im Block gegeneinander.

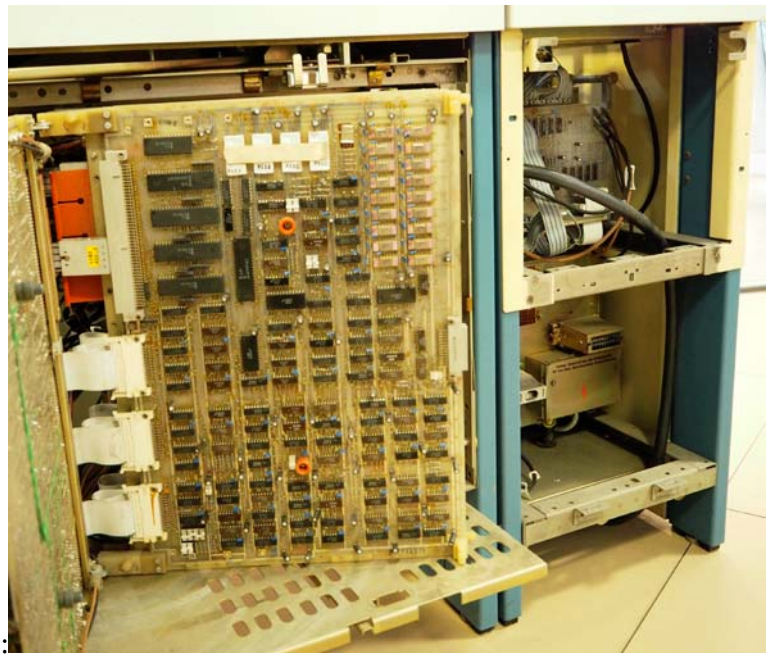
Der herausgefahrene Block. Zum Herausfahren den Arretierhebel (Pfeil) betätigen.

Nach dem Lösen der Andruckschrauben und dem Ausklinken der Andruckstrebe kann das Leiterplatten-Buch aufgeklappt werden:



1 - Standard Interface Adapter, 2 - Dual Video Adapter, 3 - SBC 2, 4 - SBC 1, 5 - Bus Control.

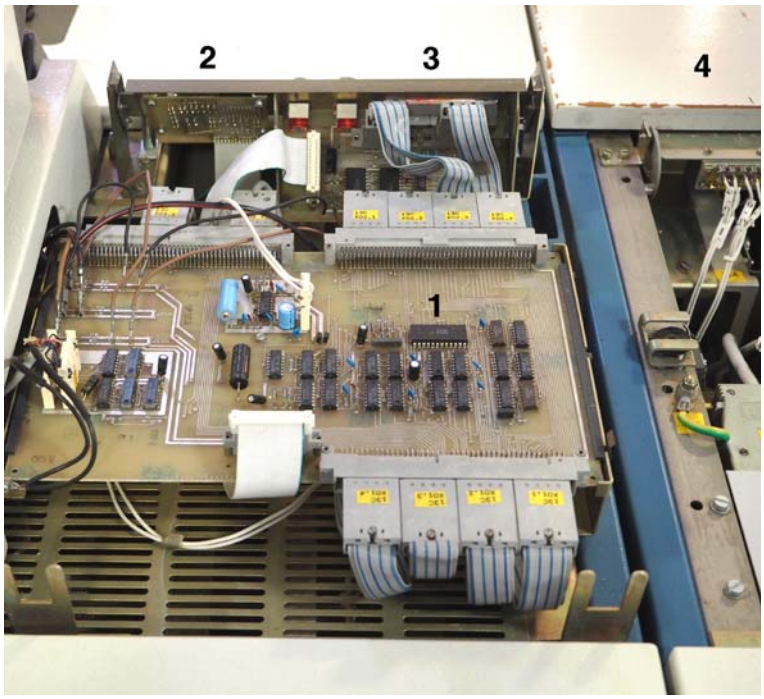
Eine der Leiterplatten (ein SBC):



:

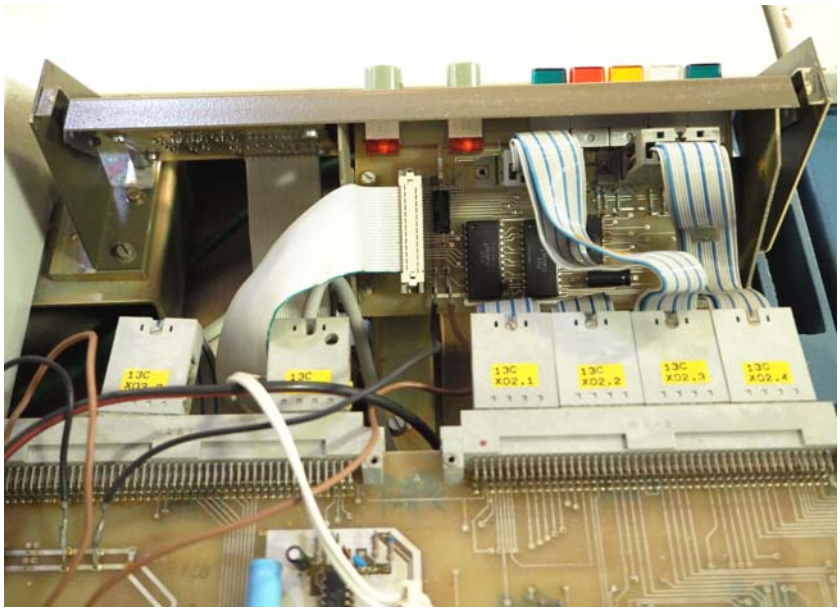
Der Beistellschrank von hinten. Oben Interfaceadapter (SPIF) und Kabelbaustufen (SIF), unten Interfacestecker und Netzanschluß (380 V). Vorn sind die Floppy-Disk-Laufwerke eingebaut, dahinter der Floppy-Disk-Adapter. Zwei Laufwerke 8", FM-Aufzeichnung.

Blick auf die Verteilerplatine und das Wartungsfeld:

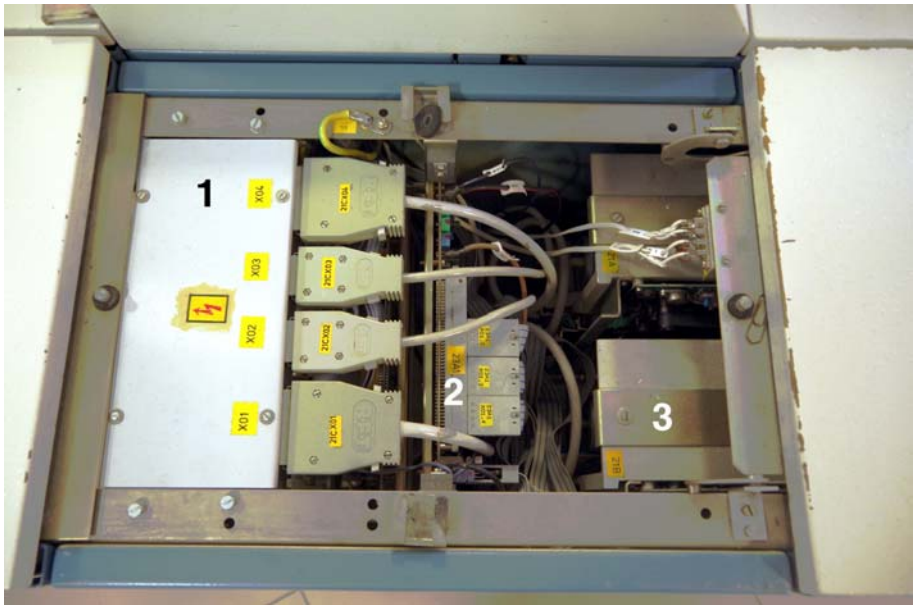


1 - Verteilerplatine, 2 - Wartungsfeldplatine mit LED-Anzeigen, 3 - Wartungsfeldplatine mit Tasten und Schaltern, 4 - Beistellschrank.

Ein weitere Blick auf die Wartungsfeldplatinen. Alle Bedien- und Anzeigeelemente, alle Steckverbinder auf gedruckten Schaltungen, alle Verbindungen über steckbare Kabel. Keine einzeln anzulötenden Schalter und Tasten, keine Kabelbäume usw. Siehe auch weiter unten das Wartungsfeld von vorn.



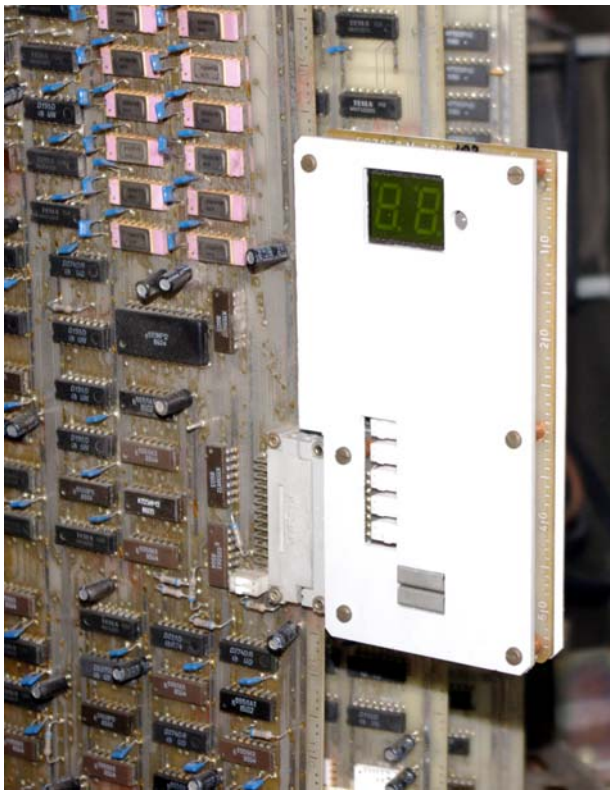
Der Beistellschrank von oben:



1 - Anschlüsse der Stromversorgungssteuerung (lokal und System); 2 - Floppy-Disk-Adapter; 3 - Floppy-Disk-Laufwerke. Die Stromversorgungssteuerung des Systems entspricht funktionell den Vorgaben der S/370 Principles of Operation (IBM).

Ein Blick auf den Floppy-Disk-Adapter. Die Trimmpotentiometer (Pfeil) dienen zum Einstellen der PLL.

SBC-Platine mit angestecktem Diagnoseadapter zur Testauslösung und Fehleranzeige:



Ein Blick auf das Wartungsfeld:

Tasten und Schalter links, LEDs rechts auf jeweils einer Leiterplatte. Prinzip: Aufteilung der Bauteile nach Bauhöhe und Art der Montage.

Darstellung mit Erläuterungen am Ende dieser Schrift.

Ein Blick auf das Bedienfeld:

Wer sich mit dem System /370 auskennt, weiß Bescheid ...

Darstellung mit Erläuterungen am Ende dieser Schrift.

Wie es innen aussieht

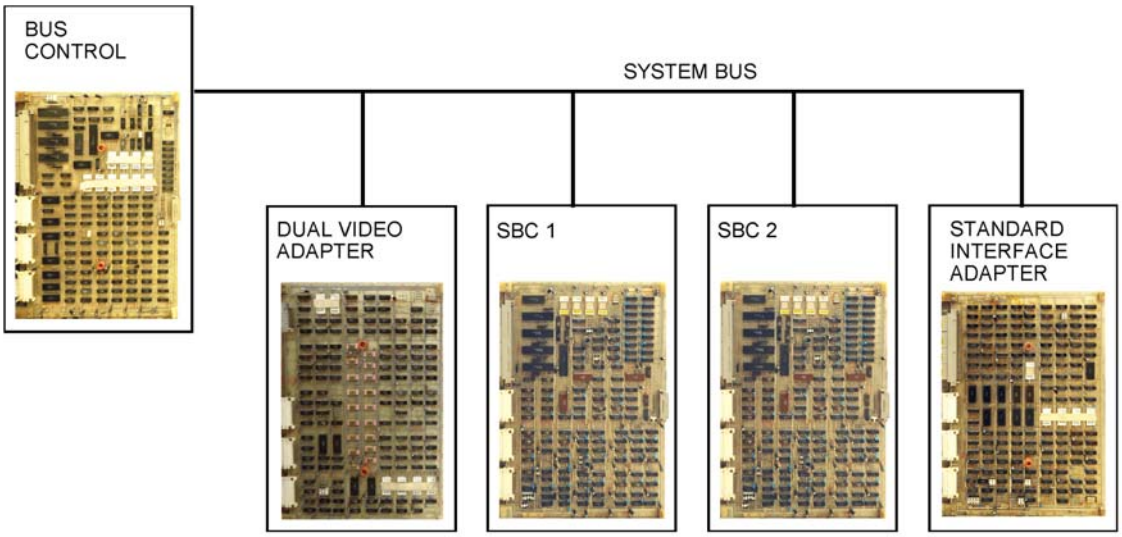
Technische Dokumentation ist nicht verfügbar. Die folgenden Erläuterungen beruhen vor allem auf dem Gedächtnis, teilweise auch auf Patentbeschreibungen. Für Typenbezeichnungen usw. verwende ich die international üblichen.

Schaltkreistechnologien:

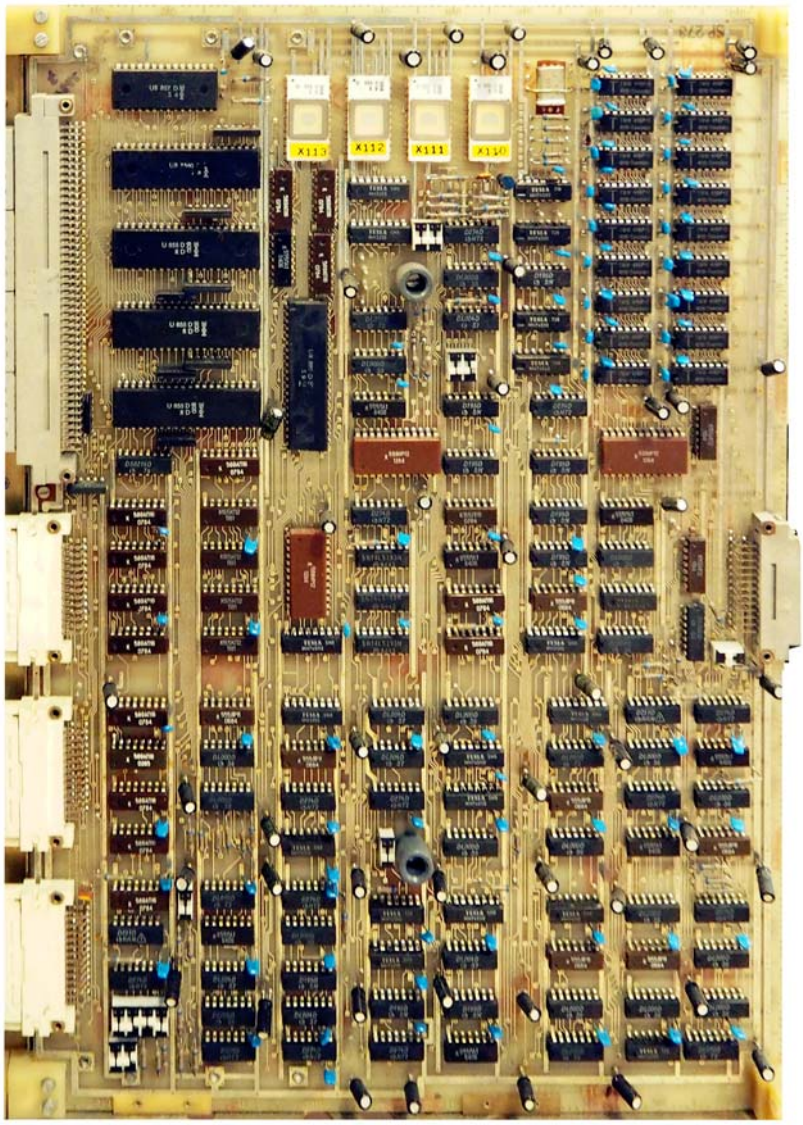
- Mikroprozessorsystem Z80 (CPU, PIO, SIO, CTC).
- EPROMs (UV-Löschung) 1 kBytes.
- SRAMs: 256 Bits und 1 kBits.
- DRAMs: 16 kBits.
- Logik: TTL und LS-TTL (SN74xx, SN74LSxx) SSI und MSI.

Entwurfsprinzip war Minimum Package Count, ganz gleich,was in den Gehäusen drin ist. Kombinatorische Schaltungen einfach, dafür ein paar Flipflops mehr, weitgehende Ausnutzung der höher integrierten Schaltkreise, insbesondere der ROMs und SRAMs.

Kennzeichnend sind die großen Platinen mit jeweils einer Funktionseinheit:



Der Single Board Computer(SBC):



- Z80 CPU, 3 • PIO, 1 • SIO, 1 • CTC.
- 4 kBytes ROM.
- 32 kBytes DRAM; 9 Bits je Byte.
- Multimaster-Bussystem. Kann als Master oder Slave wirken.
- DRAM mit Dual-Port-Zugriff (intern und als Slave).
- Autonomer Refresh.
- Eingebaute Diagnose- und Debugging-Vorkehrungen.
- Anschluß für Diagnoseadapter.

Das 9. Bit im DRAM ist im Normalbetrieb das Paritätsbit. Im Wartungsbetrieb kannn es zu Vergleichsstopzwecken verwendet werden. Ein als Eins gelesenes Bit kann NMI auslösen (das hängt von der Art des Zugriffs ab und ist einstellbar). Auf diese Art sind unbegrenzt viele Hardware-Breakpoints möglich. Befehlsweiser Betrieb ergibt sich durch Füllen aller Bits mit Einsen. Der Speicher hat zudem eine Schutzfunktion. Einteilung in nur Lesen (Schreibschutz, Pseudo ROM,) und freier Zugriff. Abgrenzung über Grenzadreßregister.

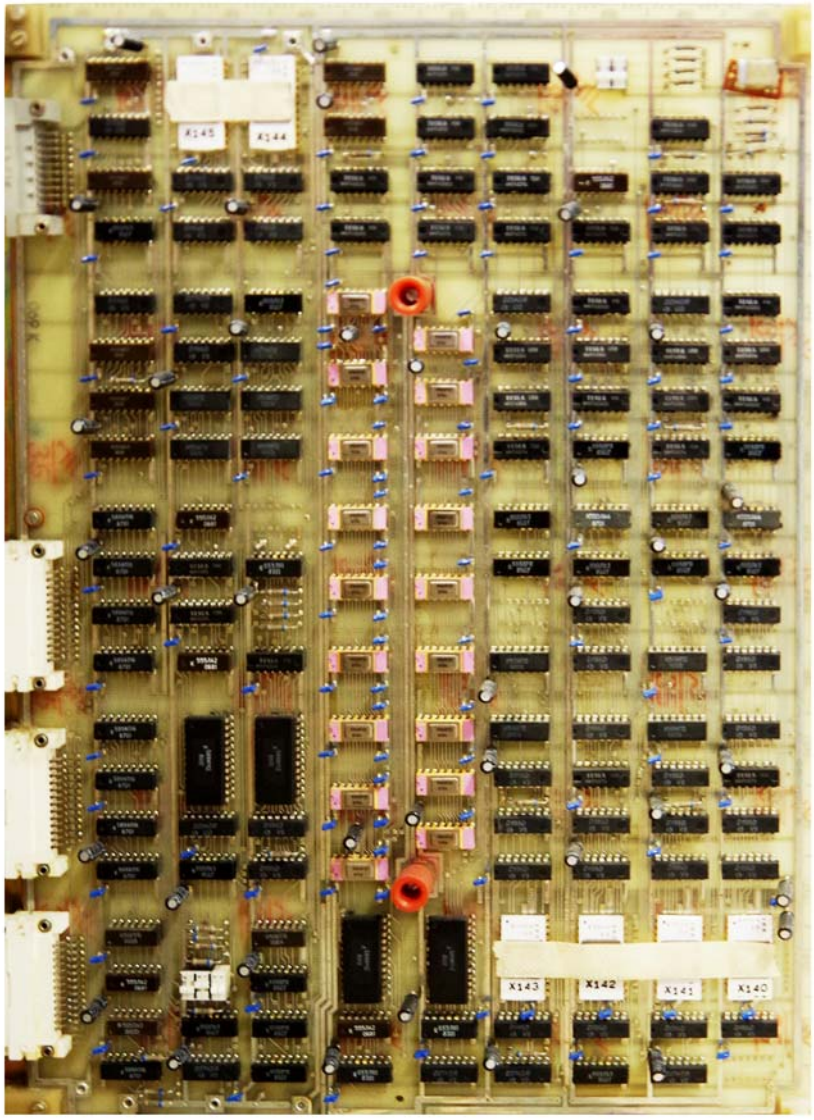
Zur gleichen Zeit haben ähnliche Single-Board-Computer etwa 100 Schaltkreise gebraucht. Unser SBC hat etwa 130, teils weil manche MSI-Typen nicht verfügbar waren, teils wegen der erweiterten Funktionen (Multimaster-Bus mit echtem Dual-Port-Zugriff zum DRAM, eingebaute Diagnose usw.). Die Systemauslegung – wenige komfortabel ausgestattete SBCs und ein vollwertiger Systembus[2] oder mehrere einfache Mikroprozessormodule mit einer leistungsschwachen und funktionell primitiven Mehrprozessorkopplung (seriell, über PIO usw.) – hat sich nach etlichen Probeentwürfen ergeben.

Die Aufgabenteilung:

- SBC 1: Spezialinterface, Bedienung der Zentraleinheit, Floppy-Disk-Subsystem.
- SBC 2: Geräte am Standardinterface, Druckersteuerung im Normalbetrieb.

2: Mit Prioritäten, Busfreigabe, Burstbetrieb, Wartungszugriffen usw. Die SBCs können auch Befehle über den Bus holen, also Programme ausführen, die in anderen Einrichtungen gespeichert sind.

Der Dual Video Adapter:

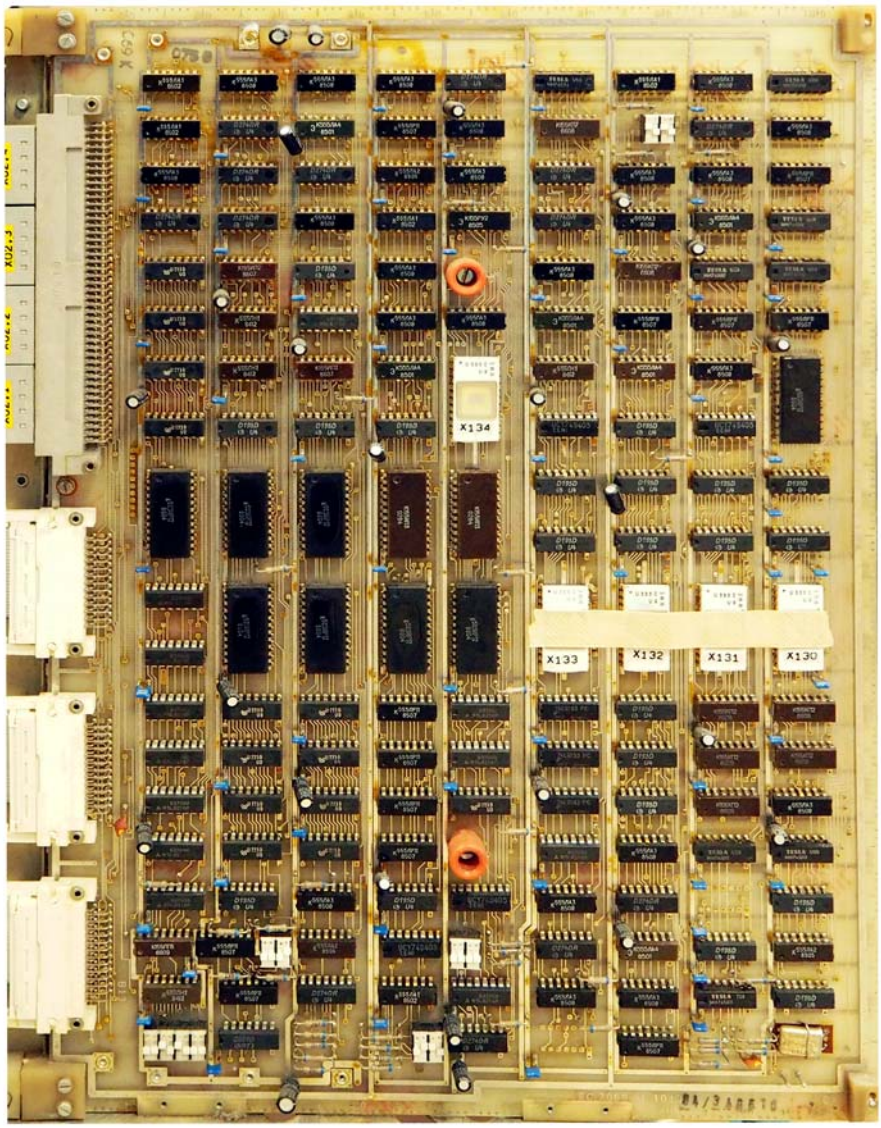


- Anschluß von zwei Monitoren.
- Alphanumerische Anzeige jeweils 24 Zeilen zu 80 Zeichen.
- Die Monitore sind im Grunde kleine Fernsehgeräte (mußten genommen werden, es gab nichts anderes). Ansteuerung in Halbbildschreibung. 50 Bilder/s zu 312 Zeilen.
- Verbesserte Zeichendarstellung in Auswertung dessen,was damals für Bildschirmarbeitsplätze gefordert wurde (Ergonomie). Zeichenraster 7 • 9, dargestellt in 9 Pixeln horizontal und 12 Zeilen vertikal. Anzeigeraster also 720 • 288 Pixel.
- Bildspeicher: 32k • 9 Bits. 16k je Monitor. Das entspricht jeweils 8 kompletten Bildern.

- Zeichencodierung: eigener 7-Bit-Code (SCM-Code). Das 8. Bit kennzeichnet Feldsteuerzeichen, das 9. die Cursorposition. Feldsteuerung entsprechend IBM 3270 (andere Codierung, aber gleiche Funktionen), darüber hinaus auch invertierte Darstellung.
- 4 ROMs Zeichengenerator (zwei je Monitor).
- 2 ROMs zur Decodierung der Pixel- und Zeilenzähler (horizontal / vertikal) und Generierung der diversen Steuersignale.
- Wirkt als Slave am Multimaster-Bussystem. Bildspeicherzugriffe sind echte Dual-Port-Zugriffe. Zugriffe über den Bus jederzeit möglich.
- Sonderzugriffsmodus, so daß das Suchen nach bestimmten Feldsteuerzeichen mit den Blocksuchbefehlen des Z80 ausprogrammiert werden kann.

CRT-Steuerschaltkreise waren nicht verfügbar. Deshalb eine eigene Lösung mit etlichen Schaltungstricks. Grundlage ist der Pixeltakt. Ein Zeichen hat je Zeile 9 Pixeltakte. Der DRAM wird zyklisch adressiert, und zwar mit drei Zugriffen zu je 6 Pixeltakten in 18 Pixeltakten: Bildschreibung Monitor 1, Bildschreibung Monitor 2, Buszugriff. Die Busvermittlung ist also eine Zeitteilungsvermittlung. Die Wartezeit (von maximal ca. 2 µs) war erträglich. Ein eigener Mikroprozessor hat nicht auf die Platine gepaßt, deshalb mußte alles im jeweiligen SBC ausprogrammiert werden. Der kritische Ablauf war das Suchen nach Feldsteuerzeichen. Das wurde mit einer Sonderzugriffsart beschleunigt, die je nach Suchaufgabe Codes liefert, nach denen man mit den Blocksuchbefehlen des Z80 suchen kann (Befehle CPIR, CPDR).

Der Standard Interface Adapter (SIFAD):



- Anschluß an einen Bytemultiplexkanal. Standardinterface (SIF) = Kanalinterface System /360.
- Unterstützt bis zu 8 Geräte mit maximal 4 Kommandosätzen.
- Mikroprogrammsteuerwerk.
- Mikrobefehle 32 Bits. Besondere Formate zur Unterstützung der Steuerfolgen am Standardinterface.
- Mikroprogrammspeicher: 1k Mikrobefehle (ROM).
- Verarbeitungseinheit: ALU 8 Bits, Lokalspeicher 256 Bytes SRAM = 32 Bytes je Gerät.

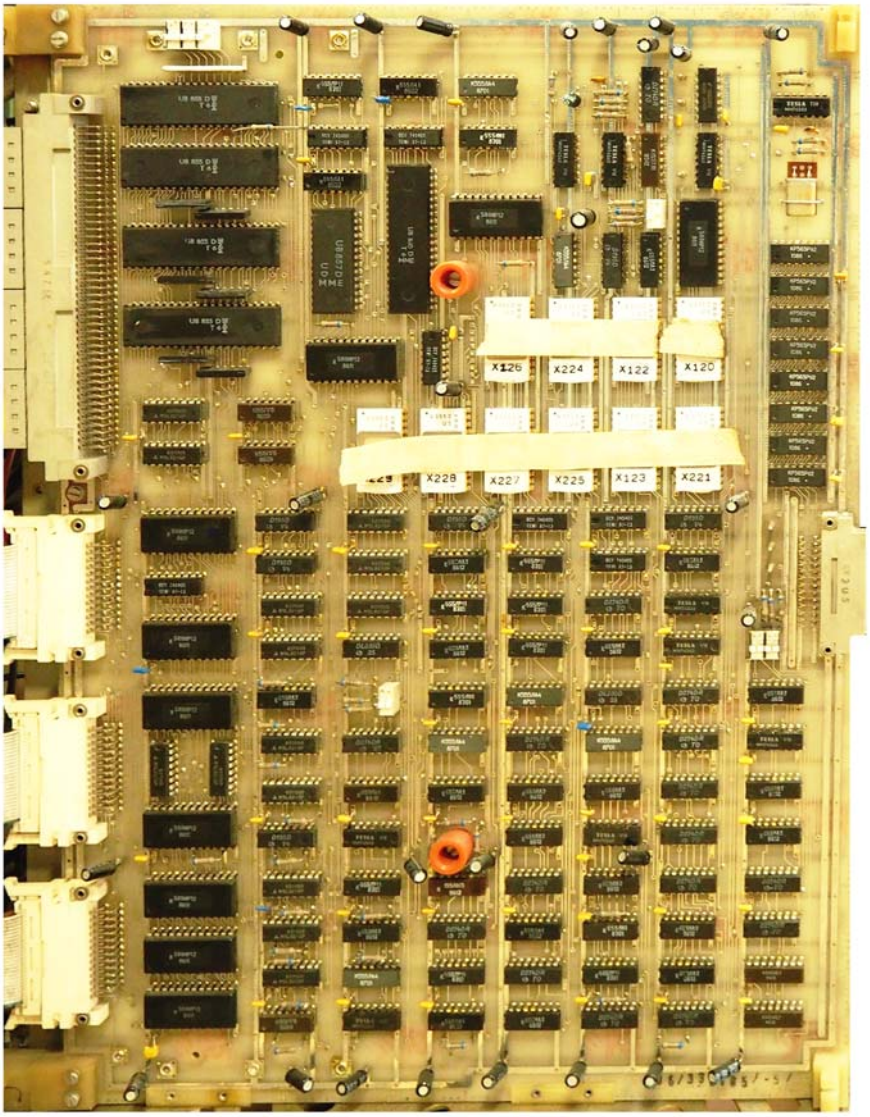
- ALU-Verknüpfungsprinzip: Lokalspeicherinhalt = Lokalspeicherinhalt OP Direktwert im Mikrobefehl. ALU besteht aus zwei SN74181. OP gemäß Operationsvorrat.
- Kommandodecodierung: ROM.
- Geräteadressierung: RAM.
- Geräteadressen und Gerätekonfiguration ladbar.
- Zugriffe am Multimaster-Bussystem: Slavezugriffe zum Lokalspeicher und zu einigen Registern, Masterzugriffe zur Interruptauslösung.
- Eingebaute Diagnose- und Debugging-Vorkehrungen: zusätzlich 1k SRAM am Mikroprogrammspeicher zu Vergleichsstopzwecken (ähnlich SBC), Mikrobefehlsregister über den Bus seriell ladbar. Auf diesem Wege können Testmikrobefehle eingespeist und ausgeführt werden.
- Interfaceanschluß über besondere Platinen mit Kabelbaustufen und Interfacesteckverbindern. Dort auch diagnostische Rückführungen. Im Testbetrieb kann der Kanal mit Software funktionell nachgebildet werden (quasistaische Diagnose).
- Testauslösung im Wartungsbetrieb (Bildschirmbedienung).
- Gerätekonfiguration, Mikroprogramm-Vergleichsstop usw. im Systembetrieb (Bildschirmbedienung).

Es ist alles soft, keine Jumper, Schalter o. dergl. Es werden drei Gerätefunktionen unterstützt:

- linker Bildschirm (Hauptkonsole): 3270 oder 1052.
- obere Hälfte rechter Bildschirm (Hilfskonsole): 1052.
- Drucker.

1052 = wie Bedienschreibmaschine (Schreibmaschinenmodus), 3270 = wie Bildschirmsystem (Displaymodus).

Die Bussteuerung (Bus Control):

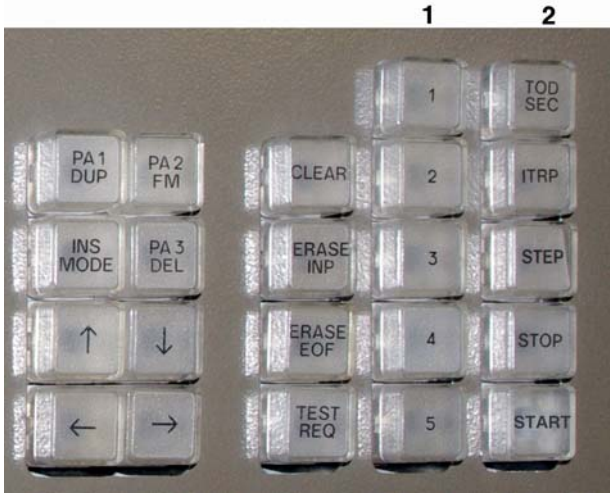


Aufgaben: Bus-Sequencer, Steuerung der "kleinen" Peripherie (Tastatur, akustische Signalisierung, Wartungsfeld, Bedienfeld usw.), Fehlerbehandlung, Wartungs- und Fehlersuchfunktionen, Protokolldruck im Fehlerfall.

- Z 80 CPU, 4 • PIO, 1 • CTC.
- 10 kBytes ROM.
- 1 kBytes SRAM.
- Anschluß für Diagnoseadapter.

Multimaster-Bussystem mit 8 Daten- und 20 Adreßleitungen. Mastervermittlung in Kombination der Prinzipien Daisy Chain (vgl. IBM-Standardinterface) und unabhängige Anforderungen (vgl. PCI). Beides mit durchgehenden Flachbandkabeln zu implementieren, also mit 1:1-Verbindungen aller Einrichtungen, erforderte einige Überlegungen (das Standardinterface hat ankommende und abgehende Kabel, der PCI-Bus hat unabhängige Anforderungs- und Bestätigungsleitungen auf dem Motherboard). Asynchroner Betrieb mit Handshaking, wählbar mit neuer Mastervermittlung nach jedem Zyklus (Multiplexbetrieb) oder nachdem der Master den Bus freigegeben hat (Burst-Betrieb). Fehlersignalisierung, Vergleichsstopsignalisierung, Interruptauslösung, selektives Rücksetzen. Ein Slave kann den Buszyklus entweder zu Ende bringen (Antwortsignal REPLY) oder abweisen (Antwortsignal RELEASE), falls er zur Zeit nicht in der Lage ist oder Wichtigeres zu tun hat. Sonderzustand (NES = Non Executive State), in dem die Bussteuerung unbeschränkten Zugriff auf alle Slaves hat, unabhängig von deren aktuellen Arbeitszustand (zwecks Fehlerbehandlung usw.). Die Mikroprozessoren in den Slaves verweilen dabei im Wartezustand.

Die Tastatur:



Das Tastenlayout war vorgegeben (QWERTY statt QWERZ). Grundsätzliches Tastenlayout wie Bildschirmsystem IBM 3270. Es gab auch eine kyrillische Tastatur. Rechts außen zwei zusätzliche Reihen Bedientasten:

1) 5 Funktionstasten, frei programmierbar (VFKs = Variable Function Keys). Beschriftung erscheint in der Mitte der unteren Hälfte des rechten Bildschirms.
2) Tasten der CPU-Bedienung. Vgl. System/370 Principles of Operation.

- Die Tastatur ist ein reines Tastenfeld. Abfrage vom Mikroprozessor der Bussteuerung. Mehrfach-Rollover und Typematic.
- Halleffekt-Tasten, also prellfrei.
- Tastenabfrage über Multiplexer. Also keine Phantom Keys / kein Ghosting. Unbeschränkte Mehrfachbetätigung. So kann man z. B. die Taste TOD SEC niederhalten und die Uhrzeit eintippen.

Die akustische Signalisierung:

- Lautsprecher. Signalerzeugung auf der Verteilerplatine, von der Bussteuerung gesteuert.
- Verschiedene Pieps- und Signaltöne (Tastenbetätigung, Eingabefehler, Gerätefehler usw.).
- Konfiguration und Lautstärkeeinstellung über Bildschirmbedienung.
- Lautstärkebeeinflussung über einen einfachen D-A-Wandler mit geschalteten Widerständen. Hierüber kann auch Musik und Sprache ausgegeben werden (nur hatte sich damals niemand gefunden, die Wavetables bzw. Phoneme herzustellen...).

Der Drucker:

Nadeldrucker, um die 40 Zeichen/s, Zeichenraster 5 • 7. Interface parallel ähnlich Centronics. Drucker ohne Zeilenpuffer. Durchlaufendes Drucken erfordert Zeichenanlieferung in harter Realzeit (sehr wenige ms). Wird die Zeit überschritten, hält der Drucker zwei Zeichen später an (Übergang in den Start-Stop-Betrieb; vom Hersteller garantiert). Das wird überwacht. Ggf. wird zweimal Rückschritt (Backspace) gegeben, dann wird neu gedruckt.

Druckeranschluß über Dual Printer Adapter:

- Drucken während des Normalbetriebs von SBC 2 gesteuert.
- Nutzung als Ausgabeberät (über Druckerkommandos) und für Bildschirmkopien.
- Zeichenausgabe über beschleunigte Interruptbehandlung unter Nutzung der Austauschregister des Z80.
- Drucken im Wartungsbetrieb von der Bussteuerung gesteuert. So werden Fehlernachrichten und Fehlerprotokolle ausgegeben (ERROR DUMP).

Das Floppy-Disk-Subsystem:

- Laufwerke 8", FM-Aufzeichung.
- Impulstrennung mit analoger PLL.
- Adaptierung an SBC 1 über Z80 SIO.
- Floppy-Disk-Adapter hat eine gewisse ROM-Ausstattung, um den SBC mit den ersten Programmen zu versorgen. Die beiden SBCs sind baugleich.
- Eigenes Format (SCM-Format[3]). Keine Sektoren, sondern jeweils die komplette Spur (4 kBytes). Komplette Spur im SBC zwischengepuffert
- Geschwindigkeitsmäßig gar kein Vergleich mit Softsektorierung. Maschine war nach dem Einschalten viel schneller betriebsbereit als die üblichen PCs (und würde womöglich auch heute noch gegen manchen PC gewinnen...).

3: SCM = Saechsische Computer Manufactur...

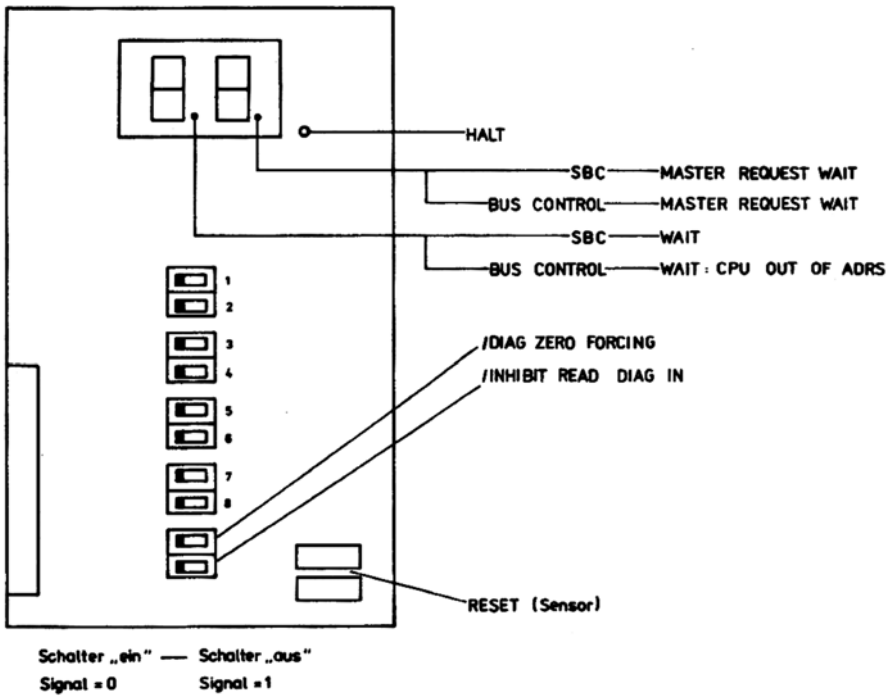
- Dateisystem auf elementare Weise objektorientiert (Deskriptorprinzip angeregt von Burroughs 5500 / 6700, aber stark vereinfacht).
- Fehlerkorrektur mit ineinandergeschachtelten (interleaved) Hamming-Codes, wie beim ECC am Arbeitsspeicher (64 Daten- und 8 ECC-Bits). Ineinanderschachtelung so, daß Burst-Fehler bis zu 128 Bits korrigiert werden können[4].
- Das übliche IBM-Format kann gelesen werden. So wurden Progammdisketten vom Entwicklungssystem in SCM-Disketten konvertiert (Dienstfunktion).

Der Diagnoseadapter:

Er dient zur Fehleranzeige und Testauslösung. Die Funktionseinheiten mit Z80 haben einen entsprechenden Anschluß. Es ist eine anzusteckende kleine Platine, ähnlich den sog. POST-Cards der Personalcomputer[5]. Die Plastikverkleidung war gut gemeint, ist aber eigentlich unnötig...

4: Intuitiv gefundene Einfachlösung. Für Theorie war keine Zeit...

5: Nur mit mehr Funktionen und von Grund auf in die Maschine eingebaut (kein Add-on, sondern ein Feature).



- Segmente der Siebensegmentanzeigen einzeln programmseitig setzbar. Damit können auch Sonderzeichen, umlaufende Balken usw. dargestellt werden.
- Dezimalpunkte für zusätzliche Zustandsanzeigen verwendet.
- Sensortaste zum Rücksetzen.Sensor deshalb, damit man keinen seitlichen Druck ausüben muß. Sanftes Berühren genügt.
- Diagnoseadapteranschluß unmittelbar am Z80, so daß Zugriffe auch dann möglich sind, wenn schwere Fehler in der Bussteuerung, Speichervermittlung usw. vorliegen. Prinzip der Hardcore-Diagnose. Am Anfang müssen nur Z80 und ROM funktionieren. Das genügt schon, um die ersten Testprogramme auszuführen.
- 8 über den Datenbus des Z80 programmseitig lesbare DIL-Schalter zur Testauswahl.
- DIL-Schalter DIAG ZERO FORCING, um zu erzwingen, daß eine feste Null vom Datenbus gelesen wird (NOP-Befehl). Freilauffunktion für Prüfungen mittels Oszilloskop und Signaturanalyse.
- DIL-Schalter INIBIT DIAG IN zum Unterdrücken von Lesezugriffen. Diagnoseadapter bleibt am Datenbus hochohmig. Vorkehrung zur Hardcoreprüfung.

Der SCM-Code:

				7	0	0	0	0	0	0	0	0
				6	0	0	0	0	1	1	1	1
				5	0	0	1	1	0	0	1	1
				4	0	1	0	1	0	1	0	1
3	2	1	0		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	Ю	g	w	b	W	G	0
0	0	0	1	1	⊓	Б	h	x	[	X	H	1
0	0	1	0	2	‖	Ц	i	y	.	Y	I	2
0	0	1	1	3	⊐	Д	j	z	<	Z	J	3
0	1	0	0	4	⊔	Ф	k	ж	(	I	K	4
0	1	0	1	5	⊏	Щ	l	b	+	,	L	5
0	1	1	0	6	NL ⊓	Г	m	ы	!	%	M	6
0	1	1	1	7	⊡	И	n	З	&	—	N	7
1	0	0	0	8	⊔	Й	o	Ш	]	>	O	8
1	0	0	1	9	‖	Ч	p	Э	¤	?	P	9
1	0	1	0	A	⊏	Л	q	a	*	:	Q	A
1	0	1	1	B	⊐	П	r	b	)	#	R	B
1	1	0	0	C	⊡	DUP	s	c	;	@	S	C
1	1	0	1	D	⊓	Я	t	d	¬	'	T	D
1	1	1	0	E	EM ⁘	FM	u	e	–	=	U	E
1	1	1	1	F	b	Y	v	f	/	"	V	F

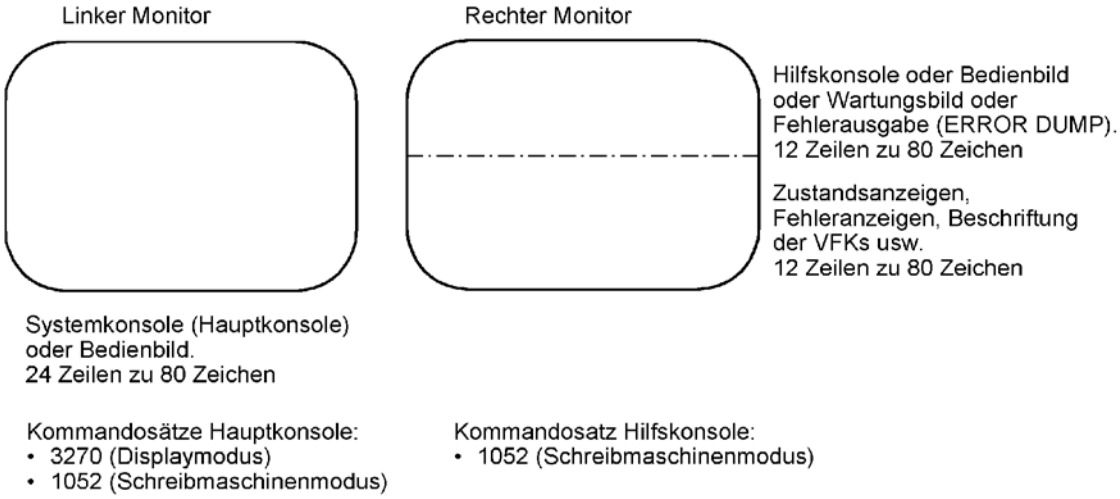
Es ist ein 7-Bit-Code mit lateinischen und kyrillischen Zeichen. Ergänzende Sonderzeichen für einfache Graphik und Siebensegmentanzeige. Weshalb etwas Eigenes?

- Um zügig entwickeln zu können. Offizielle, von internationalen Gremien verwaltete Codes werden immer wieder geändert. Die Zeichen bleiben, nur die Position in der Codetabelle ändert sich. Wir wollen aber in unseren ROMs nicht immer wieder ändern.
- Wir brauchen die 8. Bitposition für die Feldsteuerzeichen[6]. Ein 9. Bit paßt schlecht zum Z80. Auch ist es eine Aufwandsfrage. Die Platinen sind zwar groß, können aber nicht unbegrenzt viele Schaltkreise aufnehmen...
- Die Hexadezimalzeichen 0...9. A...F sollen in einer Spalte liegen, um die elementaren Routinen der Wartungsbedienung bequem programmieren zu können. Auch diese Bedienfunktionen sind soft und laufen über Bildschirm und Tastatur. Die wichtigsten sollen auch ohne Diskette funktionieren. Es sind aber nur wenige kBytes ROM...
- Die Wandlung an den äußeren Schnittstellen geht schnell (binäre Codetabellen).

6: Ähnlich 3270 Attribute Characters, nur anders codiert. Zusätzlich auch inverse Darstellung möglich.

Vermischte Einzelheiten

Die Nutzung und Aufteilung der zwei Bildschirme:



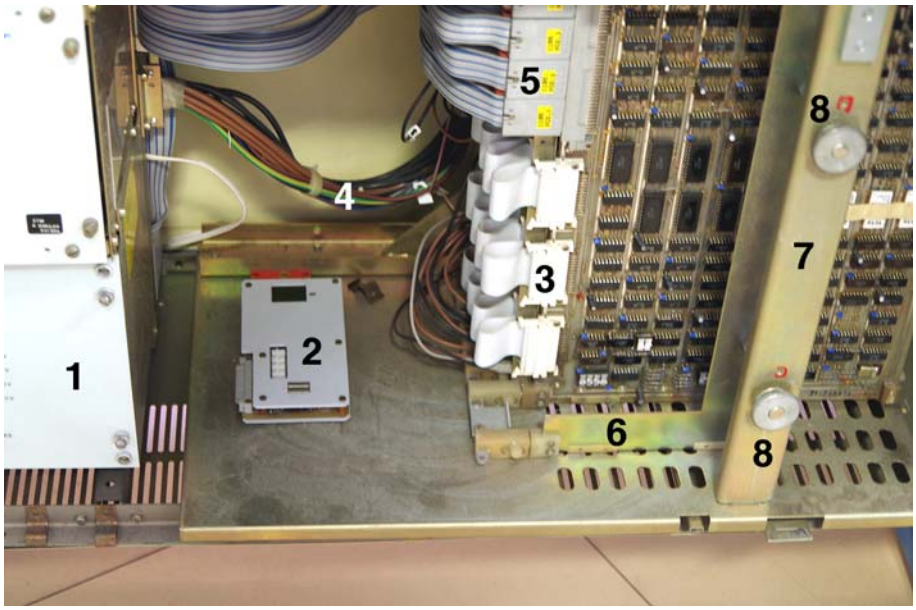
Das Gerät wird geöffnet:

1 - Diagnoseadapter, 2 - ein größerer Schlitzschraubenzieher genügt, um das Gerät zu öffnen, 3 - Andruckschrauben.

1 - Rückwand, 2 - Leiterplattenblock, 3 - Gewindestücke.

Die Gewindestücke 3 haben eine tieferen Sinn. Dort werden Griffe zum Transportieren eingeschraubt. Prinzip: Vier Mann, vier Ecken...

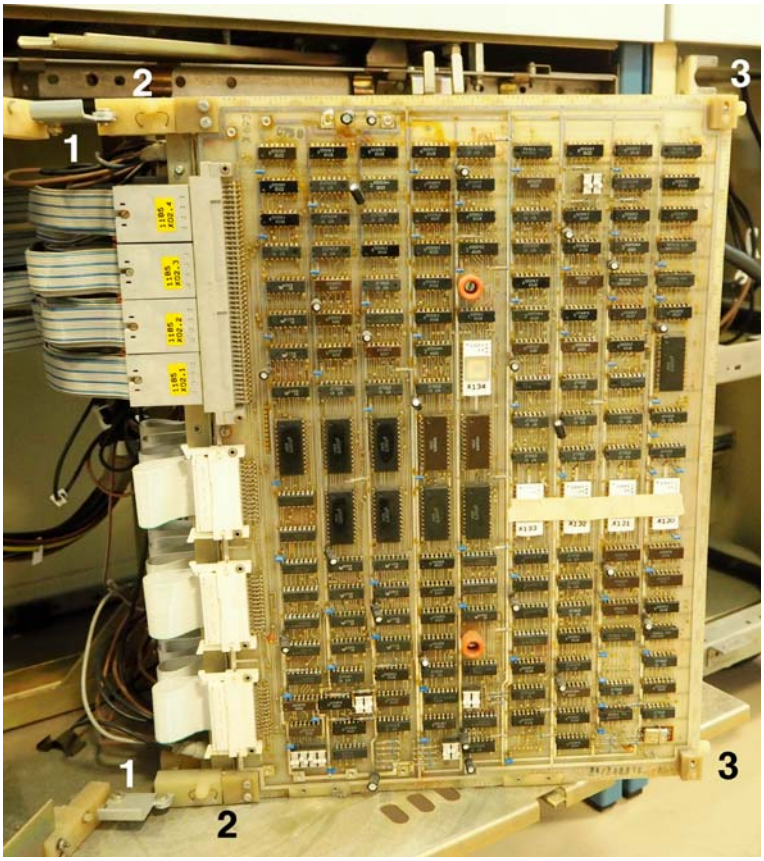
Erste Blicke auf den Leiterplattenblock:



1 - Stromversorgung, 2 - Diagnoseadapter, 3 - Buskabel, 4 - Stromversorgungskabel, 5 - Signalkabel, 6 - Andruckrahmen, 7 - Andruckstrebe, 8 - Andruckschrauben.

Der Block wird aufgeschwenkt:

Andruckschrauben herausgedreht, Andruckstrebe ausgehängt, Andruckrahmen aufgeschwenkt. Der Blick auf eine ausgeschwenkte Platine läßt Einzelheiten des Schwenkmechanismus erkennen:



1 - Scharnier, 2 - Halterung; 3 - Arretierung. Arretierungen 3 lösen und Platine aufschwenken, so daß sie freikommt. Steckverbinder abziehen, und zwar einschließlich Stromversorgung (s. weiter unten). Dann Halterungen 2 lösen und Platine herausziehen. Beim Einbau alles umgekehrt...

Die Stromversorgung:

Mit Schaltnetzteilen in steckbaren Kassetten (oben) ergibt sich eine annehmbare Größe. Gesonderter Stromversorgungsschrank unnötig. Einschaltsteuerung (unten) vergleichsweise aufwendig, weil die Maschine in die Stromversorgungssteuerung des Mainframe-Systems eingebunden ist (zentrales oder lokales Ein- und Ausschalten des Gerätes, Ein- und Ausschalten des Systems, zentrales Not-Aus).

Netzteilbestückung:

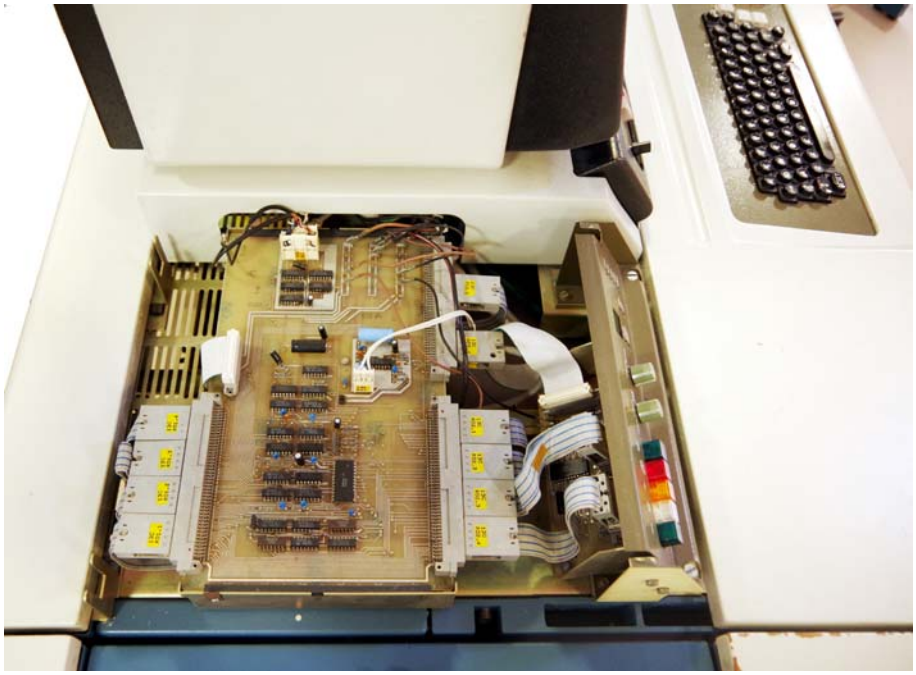
1) 5V/5A und 15 V/1,6 A: Überwachungsschaltungen usw.
2) 24 V/1,2 A (24P): Stromversorgungssteuerung (zentral und lokal).
3) 5 V/5 A (05N): – 5 V für ROMs und DRAMs (Substratvorspannung).
4) 12 V/12,5 A (12P): für ROMs und DRAMs (Drainspannung), Laufwerke, Analogschaltungen usw.
5) 5 V, 30 A (05P): Logik und Laufwerke.

Die ROMs und DRAMs in N-Kanal-Technologie brauchen drei Betriebsspannungen (– 5 V, + 5 V, + 12 V).

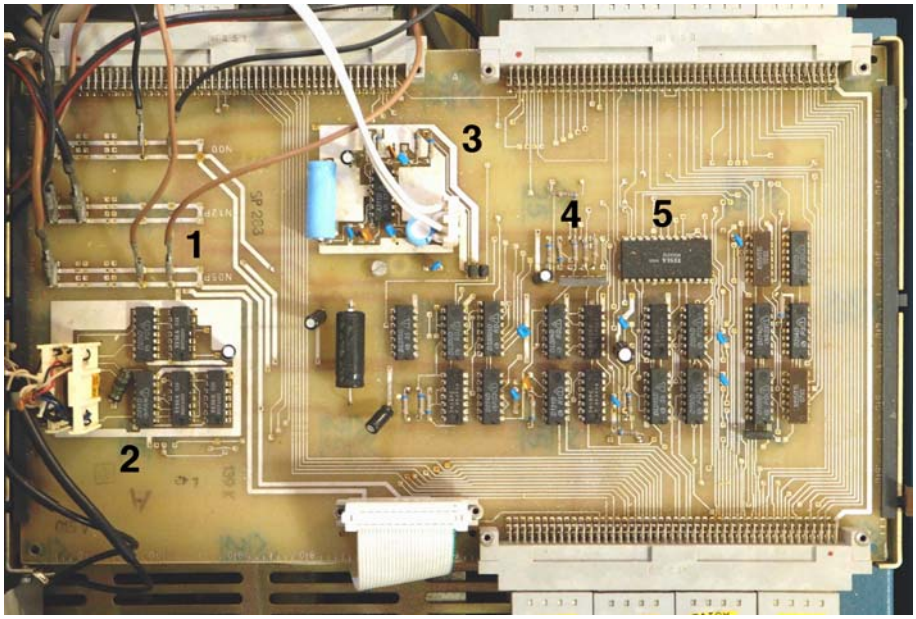
Interfacesteckverbinder und Netzanschluß (380 V):

Das Standardinterface ist IBM-kompatibel (S/360 Bytemultiplexkanal) – mit Ausnahme der IBM-Steckverbinder, die Meisterwerke der Feinmechanik sind. Ersatzweise wurde ein Steckverbinder-Baukastensystem aus sowjetischer Fertigung eingesetzt. Ein Kabel hat 20 Koaxialleitungen. Das Standardinterface (SIF) hat zwei ankommende und zwei abgehende Kabel, das Spezialinterface (SPIF) ein ankommendes und ein abgehendes. Das SPIF ist eine Eigenentwicklung, nutzt aber die gleichen Kabel, Steckverbinder und Kabelbaustufen wie das SIF. Ist das Gerät das letzte in der jeweiligen Kette, werden Abschlußstecker gesetzt. Die kleineren Steckverbinder gehören zur Stromversorgungssteuerung.

Ein Blick auf die Verteilerplatine:



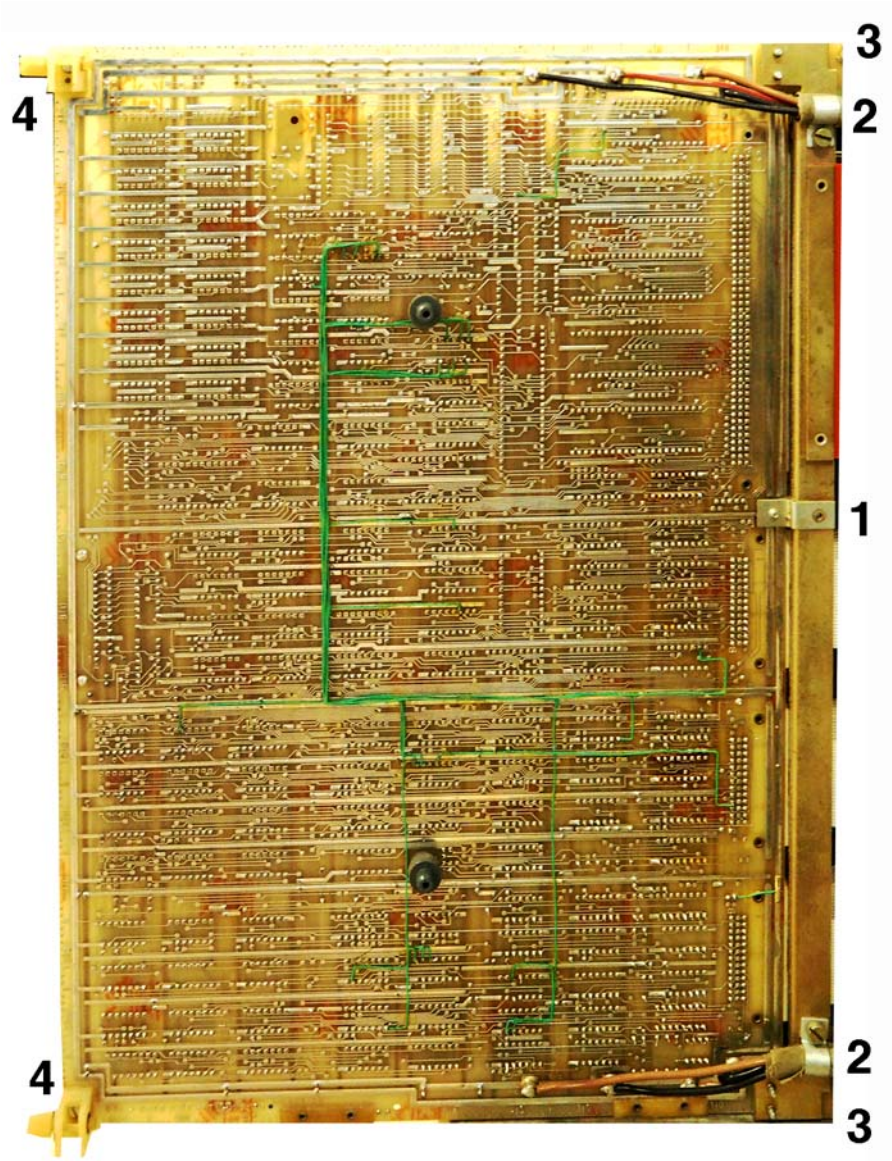
Einzelheiten:



1 - Stromversorgungsanschlüsse, 2 - Monitoranschluß mit Crossover-Steuerung, 3 - NF-Verstärker und Lautsprecheranschluß, 4 und 5 - Digital-Analog-Wandler zur Lautstärkeeinstellung und Musik- oder Sprachausgabe (brauchbare Wavetables / Phoneme vorausgesetzt). 4 - geschaltete Widerstände; 5 - Ausgaberegister.

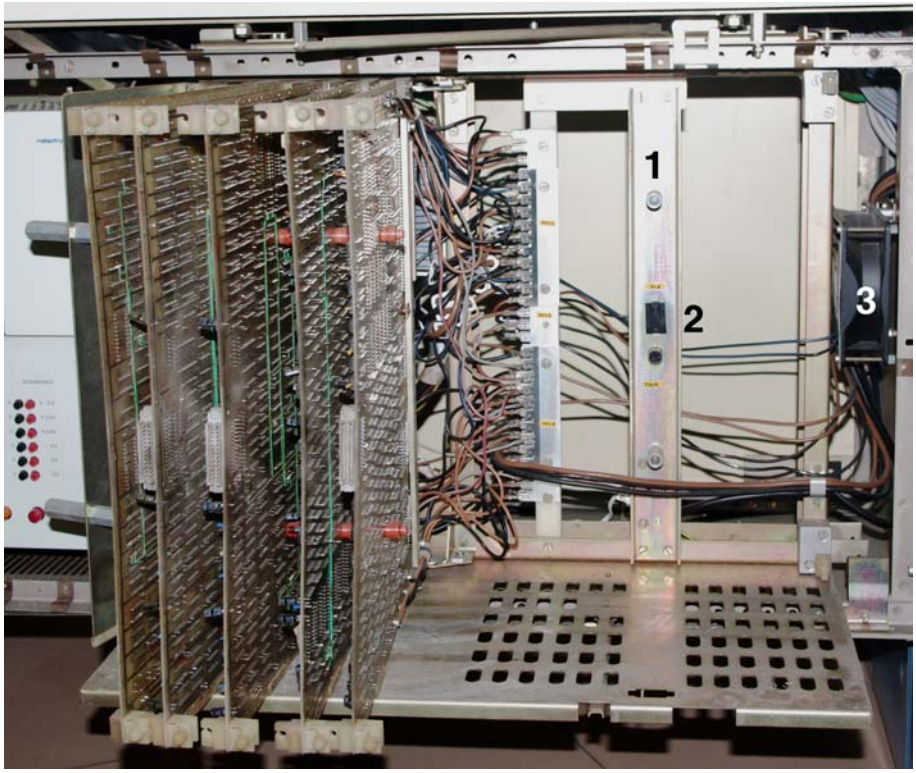
Ein herkömmliches Flachbandkabel. Die IDC-Flachbandkabel (Systembus usw.) waren etwas Neues...

Es geht nicht ohne Änderungen. Irgendwann gibt man es auf, die Leiterplatte neu zu bearbeiten und läßt die Drähte drin. Hierfür gab es eine Abnahmevorschrift (die besagt, wieviele Drähte noch zulässig sind). Zudem sind Einzelheiten der Mechanik zu erkennen:



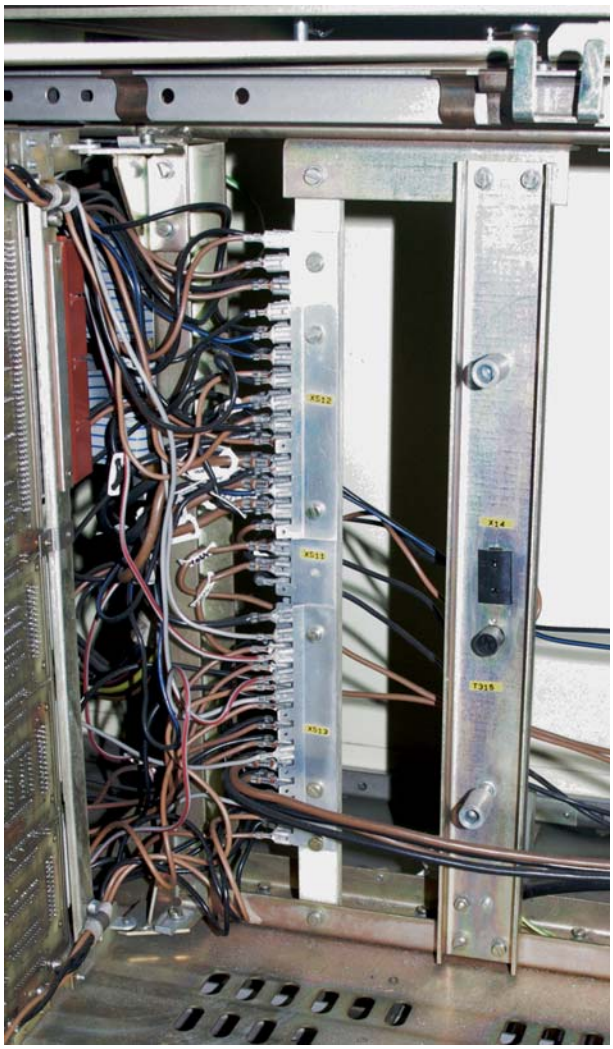
1 - Strebe, 2 - Zugentlastung der Stromversorgungskabel, 3 - die Halterungen (zum Einrasten in den Schwenkmechanismus) befinden sich auf der Bestückungsseite, 4 - Arretierungen (verbinden die Leiterplatten miteinander). Die Strebe 1 ist fest mit der Leiterplatte verbunden (Schutz gegen übermäßiges Durchbiegen, Halterung der Stromversorgungskabel).

Das Schlimmste am ganzen Gerät waren die Stromversorgungsanschlüsse der Leiterplatten. Alles einzeln über Flachsteckhülsen aus der KFZ-Technik. Es gab nichts Besseres... Beim Leiterplattentausch einzeln abziehen und wieder stecken. Wir hatten schon überlegt, die Hautabschürfungen, die man sich dabei gelegentlich zuzieht, als Berufskrankheit anerkennen zu lassen...



1 - hintere Andruckstrebe, 2 - Steckdose und Absicherung für Logikprüfstift[7] usw., 3 - Lüfter. Wir hatten versucht, ganz ohne auszukommen. Aber sicher ist sicher. Ob er thermisch gesteuert ist oder ständig läuft, weiß ich nicht mehr...

7: Gut gemeint, nützt aber hier nicht viel; der Z80 läßt sich nun mal nicht anhalten. Fehlersuche mit Oszilloskop oder Signaturanalyse und Testsoftware. Elementarbedienung über Diagnoseadapter. War eine gewisse Funktionsfähigkeit (CAPABILITY) erreicht, über Tastatur und Bildschirm (Wartungssystem).


X512
X511
X513
X14
T315

Anzeigebeispiele rechter Bildschirm:

Bildschirmfotos nicht vorhanden. Die untere Hälfte im Normalbetrieb:

```
b)Statusanzeige  b)Statusanzeige                a)CAPABILITY          ZE-Zustandsanzeigen
  für linkes       für rechtes                    Anzeige              (Ziffernwerte sind
  FD-Laufwerk      FD-Laufwerk                                         Beispiele)
                                                 Funktionszuordnung
                                                  VFK's (Beispiele)
d)interne  -DRIVE 0-    -DRIVE 1-   CAPABILITY 3   <1>  HELP    STORAGE   1024 K        x
  Testzu-                           ------------   <2>  READY
  stände                            BUS CONTROL    <3>          TRAP LATCH   STOP    ADDR COMP
                                    SBC 1  SBC 2   <4>          HARD STOP    SYS     MI ADDR
                                    SIF ADAPTER    <5>          HARD STOP    SYS     MI ADDR
                                    FRAMES: 0 7                   MCK        I/O     MICROTEST
Statusan-       --PRINTER--                                     CC1          IPL     IMPL
zeigen f.                                                       PSW  00 04   0000 80 000C04 BC
Drucker
                                                 x
           -DISPLAY1-      BUSY     -DISPLAY2-
                                                 LOCKED   x
                                                 LC       UC

                Verfügbarkeit des                Tastaturlage      c)Warnungsbereich
                ZE-Serializers am SPIF
Statusanzeigen für        Statusanzeigen für        x Zeichen sind konstant, wer-
linken Bildschirm         rechten Bildschirm          den aber nur unter bestimm-
                                                      ten Bedingungen sichtbar
```

Einige der Wartungsbilder:

Alter/Display/Print Frame

```
ADRS: 0 00 00    ALTER              0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
 HEX                                0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
OFFSET: 00 00    ADRS: 0 00 00      0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
                 BYTE: 00           0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
ERROR DUMP       FROM: 0 00 00      0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
RAM PRINT        TO:   0 00 00      0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
PGM INIT         COUNT:  00000      0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
EXIT             MOVE               0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
DRIVE: 0         READ     LOOP
TRACK: 00        WRITE    COPY
```

SBC Frame

```
A: 00   A':00   IX: 00 00        TRACE CHAN: 0
F: 00   F':00   IY: 00 00        STOP ON RD
B: 00   B':00   SP: 00 00        STOP ON WR       ADRS 1: 00 00
C: 00   C':00   PC: 00 00        CS ARMED         ADRS 2: 00 00
D: 00   D':00   C  Z  S  P  H    PARITY           SET CS ADR
E: 00   E':00   C' Z' S' P' H'   EXIT             CLR CS ADR
H: 00   H':00   SBC REGS: 00 00 00                SET CS BL
L: 00   L':00   PART STATUS: 00 01 00 00 00       CLR CS BL
HDW ERR: SLV LOC RTOC ILAG PROVI PC ARBC DPP      RESTORE
```

FD Service Frame

```
SELECT/STATUS        FUNCTIONS
DRIVE: 0        0                        SA/SCOPE LOOPS          SERVICE
TRACK: 00      00    READ          -SA LOOP1      -HEAD LOAD     VERIFY
PATTERN: 00    00    DIAG READ     -SA LOOP2      -STEP          COMPARE
LOOP TEST       N    WRITE         -SA LOOP3      -SWEEP         COPY FR 00
EXIT                 DIAG WRITE    -SA LOOP4      -TEST READ     COPY TO 76
PRECOMP.OFF     N    CONVERT SOFT SEC IMPL DATA
```

Zur Bedienung des Wartungssystems wird nur ein Teil der Tastatur ausgenutzt. Funktionswahl mit den Cursortasten. Die jeweils ausgewählte Funktion wird invers angezeigt. Nähere Einzelheiten im Fehlersuchhandbuch

Warum zwei Bildschirme?

Weil ich unbedingt sowas Ähnliches bauen wollte. Sieht doch auch wirklich nach was aus...

(Bildquelle: Control Data Corporation)

Zudem wäre ein einziger kleiner Bildschirm mit 24 Zeilen zu 80 Textzeichen etwas wenig für ein Gerät, was nicht nur als Systemkonsole dienen, sondern auch alle Bedien- und Anzeigefunktionen des Mainframe-Systems übernehmen sollte. Die Tradition wird übrigens fortgesetzt:

Gotchas

Ein solches Projekt gibt immer Gelegenheit, auf die harte Weise etwas zu lernen. Hier einige "Tough Dogs" aus der Erinnerung:

- Eine synchrone Prioritätsvermittlung muß alle Anforderungen mit einem einzigen Takt erfassen. Dann Beruhigungszeit zum Auswerten lassen. Wenn die Anforderungen dort erfaßt werden, wo sie entstehen, und zwar mit einem jeweils spezifischen Takt (die anfängliche naive Sparlösung), funktioniert es nicht immer.
- Einen einmal angefangenen DRAM-Zyklus darf man unter keinen Umständen mittendrin abbrechen, sonst kippen die Bits, und zwar sonstwo.... Das Problem war bekannt und wurde im Entwurf auch berücksichtigt. Bei den vielen Ablaufvarianten (lokale Zugriffe, Slave-Zugriffe, Refresh, selektives Rücksetzen, Interrupts, NES usw.) gab es aber eine einzige, selten vorkommende Überlagerung, die den Fehler zur Folge gehabt hat. Weil er so selten aufgetreten ist (Bitverfäschungen mit nachfolgendem Absturz im Abstand von Stunden, also nur im Dauertest überhaupt hervorzurufen), hat es auch so lange gedauert, darauf zu kommen. Die Fehlersuche war ein Sonderzustand mit verlängerten Spätschichten usw. Es wurden eigens Testprogramme geschrieben, um nachzuweisen, woran es liegt und daß die Änderung den Fehler tatsächlich beseitigt hat...
- Die Bustreiberschaltkreise 8216 geben bei der Richtungsumsteuerung Spikes aus, auch wenn sie nicht aktiviert sind (hochohmig). Manche Exemplare haben nur schwache, andere sehr intensive Spikes (nachgebaute Schaltkreise sollen gar keine mehr gehabt haben (Schaltungsänderung)). Nun macht man natürlich elektrische Vorversuche, wenn man einen eigenen Busstandard entwickelt. Dabei haben sich nur schwache Spikes gezeigt, die zunächst auf den Versuchsaufbau geschoben wurden (alles sehr provisorisch, keine wirklich hochwertigen Meßgeräte, es mußte schnell gehen). Die ersten Platinen wurden zufällig mit gutartigen 8216`s bestückt (nur kleine Spikes, die kaum zu sehen waren). So funktionierte der Bus auf Anhieb. Dann aber kam eine Platine, mit der nichts mehr ging. Zunächst haben wir einen Entwurfsfehler vermutet (Hazard o. ä.). Es lag aber wirklich am Schaltkreis. Die Spikes, die während der Busfreigabe entstanden, brachten alles durcheinander. Die große Änderung: Ein neues Bussignal AUX ACKN PULSE (wofür eine Masseleitung geopfert wurde). Urspünglich sollte ACKNOWLEDGE den Busyzklus beenden. Neu: AUX ACKN PULSE zeigt das Zyklusende an, woraufhin die beteiligten Einrichtungen in den Ruhezustand (der Bussteuerung) übergehen. ACKNOWLEDGE ist dann das Signal, die Bustreiber freizugeben. Da sich die Maschine am Bus aber bereits im Ruhezustand befindet, können beliebig viele und beliebig intensive Spikes auftreten, ohne daß sie schaden. Für die Logik sind es Don't Cares.
- Manchmal geht's nicht ohne Theorie. Clean Slate, der Ansatz, den ich bevorzuge, hat seine Vorteile, aber gelegentlich auch Grenzen. Solche haben sich anläßlich des Versuchs gezeigt, eine digitale PLL zu bauen (für den Floppy-Disk-Adapter). Der Apparat war einfach nicht zum stabilen Arbeiten zu bringen (1 bis 2 Sekunden o.k., dann Schwingungen). Was war der Fehler? Eigentlich hätte es ein digitaler PID-Regler werden müssen. Beim intuitiven Entwerfen im Schnellverfahren ohne Literaturstudium wurde jedoch der I-Anteil vergessen.

- Es gibt auch Fehler, die dann auftreten, wenn die Maschine gar nichts zu tun hat. Die Software war komplett ereignisgesteuert. Es war von Grund auf so, wie es beispielsweise ein Delphi-Programmierer angeboten bekommt (nur nicht so komfortabel)[8]. Er schreibt nur Ereignisbehandler. Wie ein solcher Behandler aufgerufen wird, darum muß er sich nicht kümmern. Die Programme hatten keine Hauptsteuerschleifen mit Abfragen oder Callback-Funktionen, sondern das System startete einen Ereignisbehandler direkt, wenn etwas zu tun war. Jede Partition (sowas wie ein Prozeß in Windows, nur einfacher) hatte einen Stack. Auf einen Systemstack wurde verzichtet. Es wäre nur ein Bereich mehr gewesen, der zu verwalten ist, und die Umschaltung ist umständlich. Wenn man die Maschine in Betrieb nimmt, läßt man natürlich Programme laufen. Dann ist immer irgend eine Partition aktiv und damit auch ein Stack verfügbar. Wenn aber gar nichts zu tun ist, läuft kein einziges Programm. Dann kann es sein, daß der Stackpointer keinen gültigen Stack adressiert. Wenn dann plötzlich etwas zu tun ist, stürzt die Maschine ab. Sowas muß man aber erst einmal finden. Der Fehler hat sich erst in der Einsatzerprobung gezeigt, und zwar nur in der Nachtschicht (weil dort nichts los war)...

Links zu tieferen Einzelheiten

Es war seinerzeit möglich, die Genehmigung zur Publikation der Entwicklungsleistungen zu erreichen – allerdings mit dem strikten Verbot, Fotos abzudrucken, ja sogar die Typenbezeichnung zu nennen (die offizielle nicht, die eigene schon gar nicht). Hier die Texte:

Multimikrorechnersysteme (1984 / 85). Eine eingehende Beschreibung der Einzelheiten und Entwurfsgrundsätze.
Diagnostik und Wartung an Multi-mikrorechnersystemen (1986). Das Wartungssystem des Systems .004.
Echtzeitbetriebssysteme für Multimikroprozessorsysteme (1985). Einführung in RTX.004.

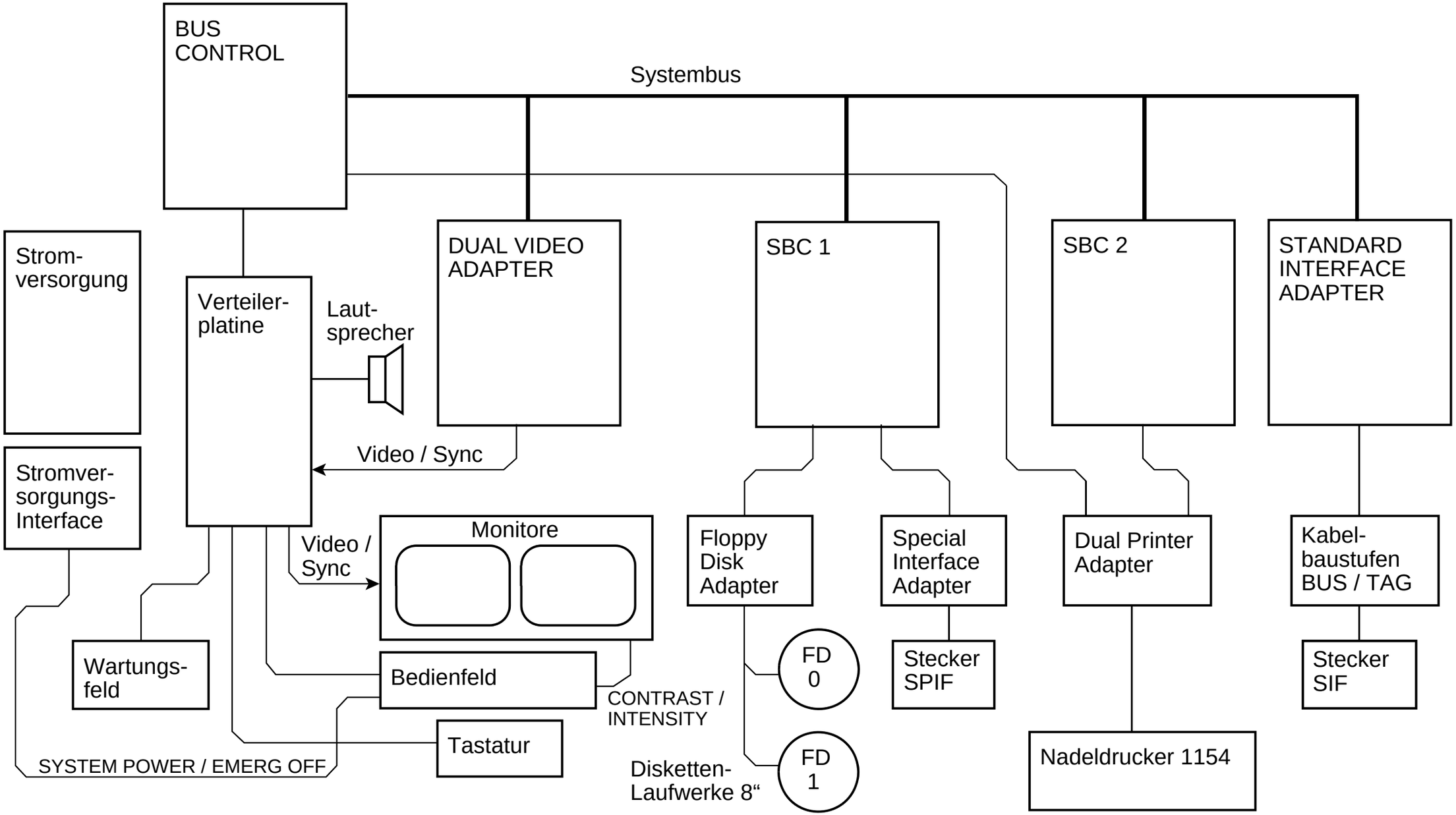
Originaldokumentation nicht verfügbar mit Ausnahme des Fehlersuchhandbuchs:

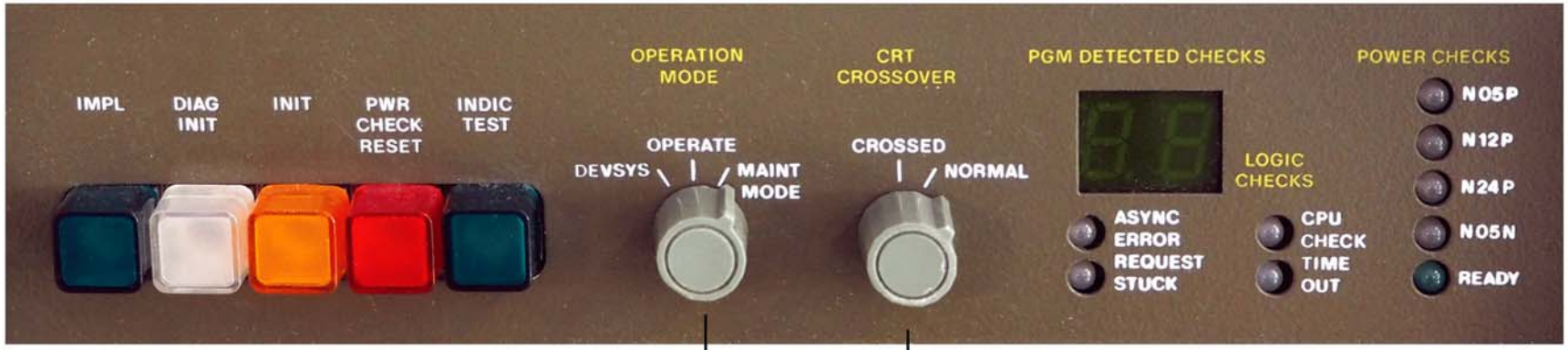
System.004 Fehlersuchhandbuch (1982).

Was sich an internen Unterlagen noch angefunden hat:

System .004 Hardware Manual (1979). Die ursprüngliche Beschreibung des Systembus. Eine Art Privatstandard..
System .004 Standard Interface Adapter (SIFAD). Blockschaltbilder und Mikrobefehlsformate (1978...84).
Memory Combines Parity Checking with Program Tracing Support (1991).
Hardware Support for Testability, Debugging, and Better Performance (1989).

8: Damals gab es aber gar kein Delphi. Die Betriebssystementwicklung wurde von zwei Anregungen beeinflußt, einem Buch über die Burroughs B 6700 und einem PL/1-Lehrbuch.


BUS
CONTROL
Systembus
Strom-
versorgung
Verteiler-
platine
Laut-
sprecher
DUAL VIDEO
ADAPTER
SBC 1
SBC 2
STANDARD
INTERFACE
ADAPTER
Video / Sync
Stromver-
sorgungs-
Interface
Video /
Sync
Monitore
Floppy
Disk
Adapter
Special
Interface
Adapter
Dual Printer
Adapter
Kabel-
baustufen
BUS / TAG
Wartungs-
feld
Bedienfeld
FD
0
Stecker
SPIF
Stecker
SIF
CONTRAST /
INTENSITY
Tastatur
SYSTEM POWER / EMERG OFF
Disketten-
Laufwerke 8“
FD
1
Nadeldrucker 1154



— Interne Fehleranzeigen —

IMPL:
Rücksetzen, verkürzter Testdurchlauf, Laden der Software von Diskette. IMPL = Initial Microprogram Loading

DIAG INIT:
Rücksetzen, vollständiger Testdurchlauf, Laden der Software von Diskette.

INIT:
Rücksetzen der CPU auf BUS CONTROL. Manuelle Auslösung einer Fehlerausgabe (ERROR DUMP) oder selektives Rücksetzen beider SBCs. Ermöglicht Übergang in den Wartungsbetrieb, wenn das Gerät hängengeblieben ist.

PWR CHECK RESET:
Die Stromversorgungsfehleranzeige löschen.

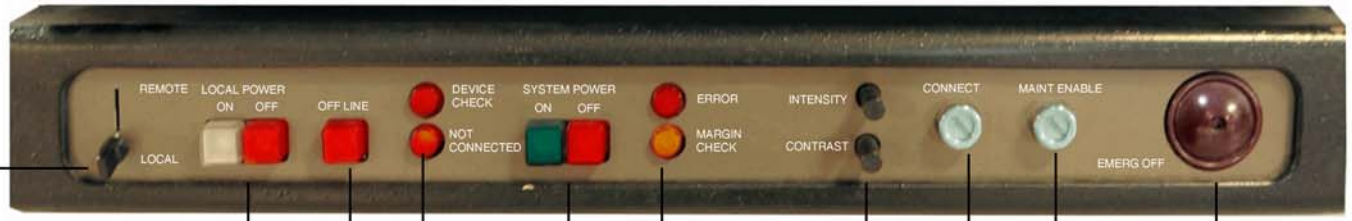
INDIC TEST:
Die Anzeigen auf dem Bedienfeld werden invertiert ("Lampentest").

Umschaltung der Bildschirme.
1:1 oder über Kreuz.
Wirkt direkt auf die Video- und Synchronsignale.
Damit kann auch ein defekter Monitor umgangen werden.

DEVSYS:
Entwicklungsbetrieb.
- Einlesen der Programme des Normalbetriebs, aber kein Start.
- Laden einer Entwicklungssystemdiskette.
- Im Normalbetrieb: kein automatischer Wiederanlauf im Fehlerfall (eine Art Stop bei Fehler)

OPERATE:
Normalbetrieb.

MAINT MODE:
Wartungsbetrieb. Wartungssystem wird aktiv.



Wie wird das Gerät ein- und ausgeschaltet?

REMOTE:
Über die Einschaltsteuerung des Systems.
Gerät fährt hoch,wenn das Systemhochfährt.

LOCAL:
Mit den Tastern rechts daneben

OFFLINE:
Am E-A-Kanal / Standard-Interface (SIF) nicht verfügbar.

DEVICE CHECK:
Sammelanzeige für Gerätefehler

NOT CONNECTED:
Keine Verbindung über das Spezialinterface (SPIF)

Die Taster zum Ein- und Ausschalten des Systems

ERROR:
Stromversorgungsfehler der CPU

MARGIN CHECK:
Grenzwertprüfung in der Stromversorgung der CPU

Helligkeit und Kontrast für beide Bildschirme

Verbindung mit der CPU über das Spezialinterface (SPIF)

Die Wartungs-bedienung der CPU zulassen

Not-Aus (fürs ganze System)