

Dr. Michael Grubert

Z80-EMUF als Telefonvermittlung

Teil 1

Das Innenleben und die Funktionsweise eines konventionellen Telefonapparates dürften sicherlich den meisten Lesern geläufig sein. Sie brauchen hier nicht näher erläutert zu werden. Literatur über Vermittlungseinrichtungen hingegen findet nur geringe Verbreitung. Dies hat seine Ursachen in der Monopolstellung der Post und einiger großer Zulieferfirmen. In dieser Arbeit wird eine mikroprozessorgesteuerte Vermittlungseinrichtung für acht Telefonapparate beschrieben. Sie basiert auf dem in mc 4/1983 vorgestellten Z80-Einplatinencomputer.

Die Prinzipschaltung in Bild 1 zeigt, wie die Gesprächsteilnehmer auf einfache Weise miteinander verbunden werden können. Die Parallelschaltung hat den Vorteil der leichten Erweiterbarkeit auf mehrere Teilnehmer (Konferenzgespräch). Die 470-Ω-Widerstände sorgen für einen Apparatebetriebsstrom von 20...25 mA, was einem guten Mittelweg zwischen erzieltm Effekt und möglichst geringer Verlustleistung entspricht. Benötigt man eine Telefonanlage, auf der jeweils nur ein Gespräch zwischen zwei Teilnehmern geführt werden kann, so ist der dazu erforderliche Aufwand noch nicht besonders groß. Die Schal-

tung kann durchaus, wenn auch bereits recht unübersichtlich, noch als reine Hardware-Lösung realisiert werden [1, 2]. Möchte man aber gleichzeitig mehrere Gespräche führen können, wobei jedes dieser Gespräche nicht auf nur zwei Teilnehmer beschränkt sein soll, so kommt schon allein aus Gründen der Transparenz eine festverdrahtete Lösung nicht in Betracht. Hier beginnt sich die Rolle des Mikroprozessors abzuzeichnen. Was ist nun für eine solche Anlage erforderlich? Um aus der Prinzipschaltung nach Bild 1 etwas Verwendungsfähiges zu machen, bedarf es einiger Zusätze: Betriebszustandsmeldung an den

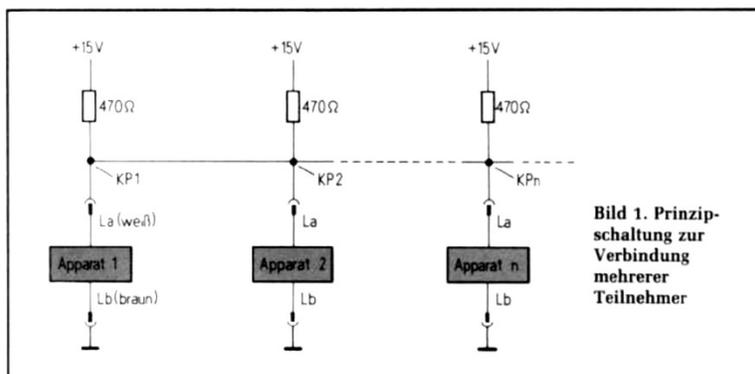


Bild 1. Prinzipschaltung zur Verbindung mehrerer Teilnehmer

Mikroprozessor, Einkoppeln der Klingelwechselfspannung, Verbindung mit den Signal- und Sprechleitungen. Bild 2 zeigt eine der Teilnehmerschaltungen im Detail.

Meldung des Betriebszustandes

Um dem Mikroprozessor mitzuteilen, was der einzelne Apparat macht, genügt es vollständig, pro Teilnehmer ein einziges digitales Signal zur Verfügung zu stellen. Dieses Signal wird aus der Spannung, die am Knotenpunkt KP anliegt, abgeleitet. Bild 3 zeigt, wie dieses Signal von der Spannung an KP abhängt. Unterschreitet sie 7,7 V, so wird das Gabelsignal GS high, sonst bleibt es low. Aus der Information GS, die der Mikroprozessor von jedem Apparat bekommt, kann also nicht mehr ohne weiteres zwischen Signalen von der Wählscheibe und Signalen, die vom Abheben und Auflegen des Hörers stammen, unterschieden werden. Die nötige Differenzierung muß deshalb durch das Programm aus dem Zeitablauf des GS-Signals vorgenommen werden.

Einkoppeln der Klingelwechselfspannung

Postapparate besitzen 25-Hz-Klingeln, die mit 120...160 V_{ss} betrieben werden müssen. Um hier sicher zu gehen, wurde die Einkoppelung mit Hilfe von DIL-Reed-Relais vorgenommen. Auf diese Weise kann die Klingelspannung in keinem Fall auf Teile aus dem Niederspannungsbereich übergreifen. Die Ansteuerung der Relais erfolgt über Transistoren.

Alle Einstellungen, die der Mikroprozessor in den Teilnehmerschaltungen vornimmt, müssen gespeichert werden. Dazu dient der 4-Bit-Puffer 4042. Eines der vier gespeicherten Bits (D3) ist das „Klingel-An-Aus“-Signal. Um die Klingelspannungsquelle nicht unnötigerweise in Betrieb zu halten, besitzt sie einen digitalen Steuereingang, mit dem sie an- und ausgeschaltet werden kann. Die „Klingel-An-Aus“-Signale aller acht Teilnehmerschaltungen sind zu diesem Zweck mit einer Diode 1N4148 zu einer Wired-OR-Funktion verbunden. Sobald in einer oder in mehreren der Teilnehmerschaltungen die Klingelspannung benötigt wird, wird der Klingelspannungsgenerator über die Wired-OR-Leitung eingeschaltet. Um die Relaiskontakte möglichst ohne Last zu schalten, wurde eine Abfallverzögerung vorgesehen. Die Kontakte bleiben etwa 20 ms

länger geschlossen und ermöglichen so vor der Umschaltung die Entladung des 1- μ F-Kondensators im Telefon über die Klingel und den Generator.

Verbindung der Teilnehmer

Für die Signal- und Sprechleitungen wird der Analogschalter 4051 verwendet. Von den acht zur Verfügung stehenden Positionen werden nur sechs benötigt: Die Position 0 für „Stille“, die Position 2 für das 440-Hz-Signal, welches über den 1- μ F-Kondensator übertragen wird, und die Positionen 3, 4, 5, 6 für die Verbindung mit den anderen Teilnehmern. Die Positionen 1 und 7 bleiben unbenutzt, können aber bei Bedarf zur Erweiterung der Anlage herangezogen werden, sei es zur Erhöhung der Zahl der Gesprächsleitungen oder zum Einkoppeln zusätzlicher Signalquellen. Die Zuordnung der Schalterpositionen ist willkürlich festgelegt worden und kann bei Bedarf geändert werden. Das Pro-

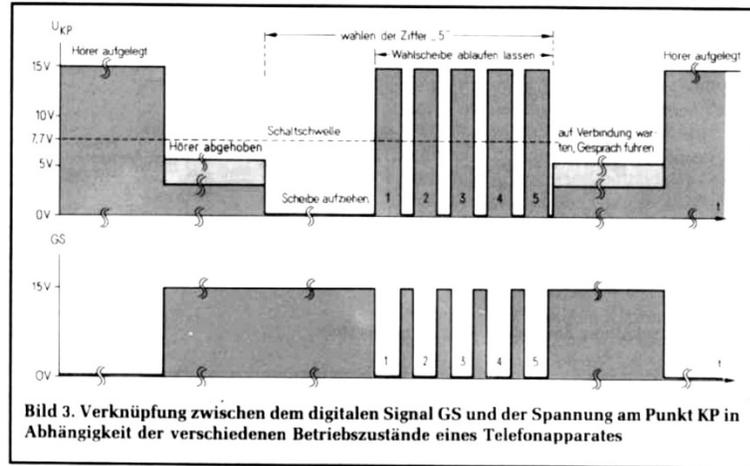


Bild 3. Verknüpfung zwischen dem digitalen Signal GS und der Spannung am Punkt KP in Abhängigkeit der verschiedenen Betriebszustände eines Telefonapparates

gramm zur Steuerung der Anlage geht jedoch von der hier beschriebenen Besetzung aus. Sollte daran etwas geändert

werden, muß auch das Programm entsprechend modifiziert werden.

Die Position der 4051-Schalter wird über drei Leitungen (D0, D1, D2) gesteuert, deren Information genauso wie das „Klingel-An-Aus“-Signal in den 4042-Puffern zwischengespeichert wird. Jede Teilnehmerschaltung verfügt über eine Enable-Leitung EN, mit der der Speichervorgang vom Mikroprozessor kontrolliert wird. Die Stellung des Analogschalters läßt sich auf diese Weise beliebig festhalten. Die beiden Z-Dioden am Ausgang des Analogschalters sorgen dafür, daß die Signale nicht den Betriebs Spannungsbereich des Schalters verlassen können. Der 220- Ω -Widerstand verleiht jedem der Teilnehmer die nötige Freiheit, sich genügend vom Potential der Sprechleitung ablösen zu können, wenn er sich aus einem Gespräch zurückziehen möchte. Die Schaltschwelle von 7,7 V wird dabei sicher überschritten, der Mikroprozessor erkennt die Änderung des Gabelsignals und kann somit das Nötige veranlassen.

Es sollte noch darauf hingewiesen werden, daß in Bild 2 der Telefonapparat nur zur besseren Veranschaulichung in die Teilnehmerschaltung mit eingezeichnet wurde. Deshalb sind zusätzlich acht, in Bild 2 nicht eingezeichnete Kontakte (La 1...8) erforderlich.

Es bietet sich an, alle acht Teilnehmerschaltungen gemeinsam auf einer Steckkarte unterzubringen. Diese Steckkarte benötigt dann insgesamt mindestens 34 Kontakte: acht für die Gabelsignale GS 1...8, acht für die Enable-Signale EN 1...8, acht für die Telefonleitungen La 1...8, vier für die Datenleitungen D 0...3, eine für die Wired-OR-Funktion und fünf für die Versorgungsleitungen + 5 V,

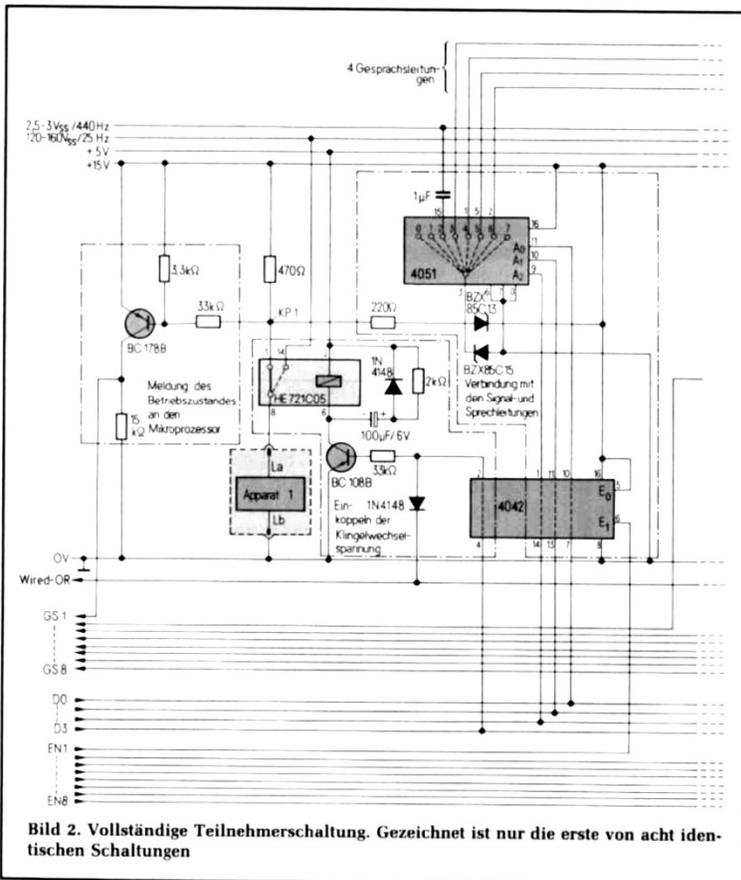
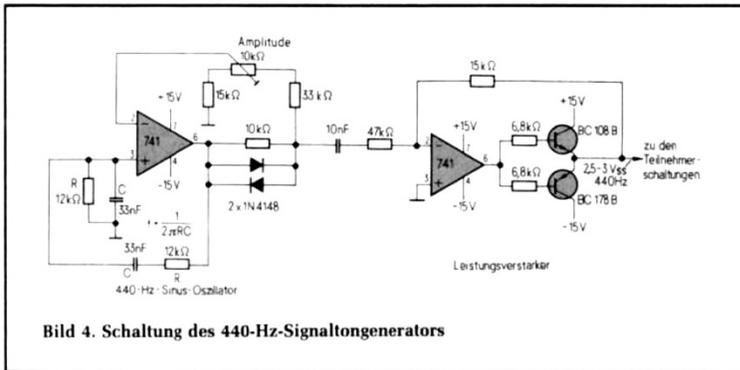


Bild 2. Vollständige Teilnehmerschaltung. Gezeichnet ist nur die erste von acht identischen Schaltungen



+15 V, 0 V, 440 Hz, 25 Hz. Um ein Übersprechen mit Sicherheit zu vermeiden, muß auf die saubere Auslegung der 0-V-Leitung (Masse) geachtet werden. Am besten ist es, für jede Teilnehmer-schaltung eine getrennte Leitung zum 0-V-Kontakt vorzusehen.

Der 440-Hz-Generator

Einige Versuche haben gezeigt, daß ein Rechtecksignalton im Telefonhörer einen unangenehmen Klang hat. Aus diesem Grund wurde ein Sinusgenerator vorgesehen, dessen Schaltung aus Bild 4 hervorgeht. Es handelt sich um einen Wien-Brückenszillator [3]. Frequenzbestimmend sind die beiden RC-Glieder am nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers. Die beiden Dioden dienen der automatischen Amplitudenstabilisierung. Mit größer werdender Amplitude beginnen die Dioden zu leiten, was den Umfang der negativen Gegenkopplung vergrößert. An dem Potentiometer läßt sich die Amplitude einstellen, bei der die Amplitudenstabilisierung erfolgt. Diese Oszillatorschaltung muß unter konstanter Last betrieben werden. Wenn dies nicht gewährleistet werden kann, muß ein Leistungsverstärker nachgeschaltet werden. In der hier beschriebenen Schaltung wird das Oszillatorsignal kapazitiv auf einen Leistungsverstärker übertragen, der einen komplementären Emitterfolger verwendet. Der nun niederohmige Ausgang des Generators erlaubt die gleichzeitige Versorgung aller acht Telefonapparate mit dem Tonsignal ohne Lastabhängigkeit. Das Oszillator-Potentiometer ist so einzustellen, daß das 440-Hz-Ausgangssignal eine Amplitude von etwa 2,5...3 V_{ss} erreicht. Damit ergibt sich später etwa die von Postapparaten her gewohnte Lautstärke. Dieser Generator bleibt dauernd in Betrieb.

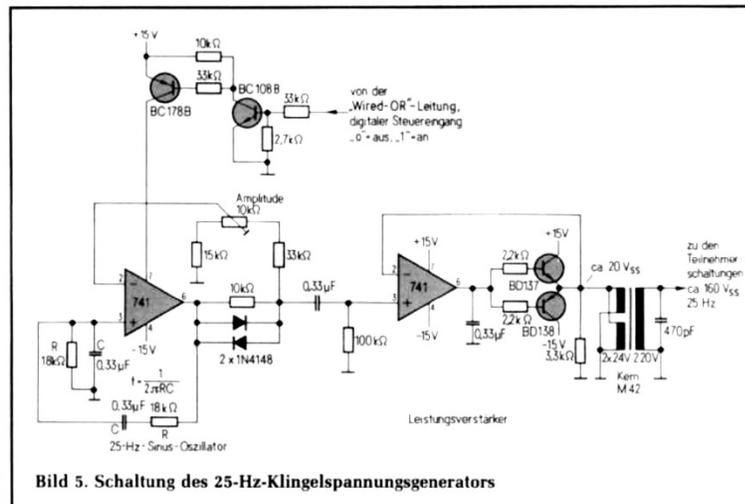
Der 25-Hz-Generator für die Klingelspannung

Als Oszillator wurde die gleiche Schaltung verwendet wie für den 440-Hz-Generator (Bild 5). Sie wurde lediglich für den Start-Stop-Betrieb erweitert. Zur Oszillatorsteuerung wird einfach die Betriebsspannung von +15 V des Operationsverstärkers über einen PNP-Transistor an- und abgeschaltet. Die Vorstufe mit dem Transistor BC108B invertiert den logischen Pegel, so daß nunmehr der Generator direkt durch die bereits erwähnte Wired-OR-Leitung gesteuert werden kann. Der nachfolgende Leistungsverstärker wurde etwas kräftiger ausgelegt und verwendet die Transistoren BD137 und BD138 als komplementäre Emitterfolger. Die dort gemessene Ausgangsspannung wird mit dem Amplituden-Potentiometer auf einen Wert von etwa 20 V_{ss} eingestellt. Mit einem

Ausgangsübertrager wird schließlich die Wechselspannung noch auf den für die Klingeln notwendigen Wert angehoben. Hier wurde kein speziell für den 25-Hz-Betrieb ausgelegter Transformator verwendet, sondern ein normaler Netztrafo (sekundärseitig 2×24 V/100 mA, primär 220 V). Wegen des 25-Hz-Betriebs wird zwar nicht das volle Übertragungsverhältnis erreicht, durch die Amplitudenreserve der Operationsverstärkerschaltung kann dieser Effekt jedoch mehr als kompensiert werden. In der Regel wird man zur vollständigen Unterdrückung unerwünschter hochfrequenter Schwingungen des Leistungsverstärkers noch einige passive Bauelemente benötigen. Diesem Zweck dienen der 0,33-µF- und der 470-pF-Kondensator sowie der 3,3-kΩ-Widerstand.

Die Mikroprozessor-Steuerung

Außer der Stromversorgung fehlt jetzt noch das unermüdliche „Fräulein vom Amt“, das die Klingeln und die Analogschalter entsprechend den Wünschen der Teilnehmer bedient. Für diese Rolle wurde eine Z80-Minimalkonfiguration auf einer dritten Steckkarte vorgesehen. Der Verfasser verwendet hierfür einen eigenen Entwurf, der strikt auf die Bedürfnisse dieser Anlage zugeschnitten ist. Er ist mit einem abgemagerten Z80-EMUF [4] zu vergleichen, der ohne Quarz arbeitet und mit einem passiven RC-Glied für den automatischen „Power-On-Reset“ auskommt. Da die Adressenbelegung mit der des Z80-EMUF übereinstimmt, braucht diese Mikroprozess-



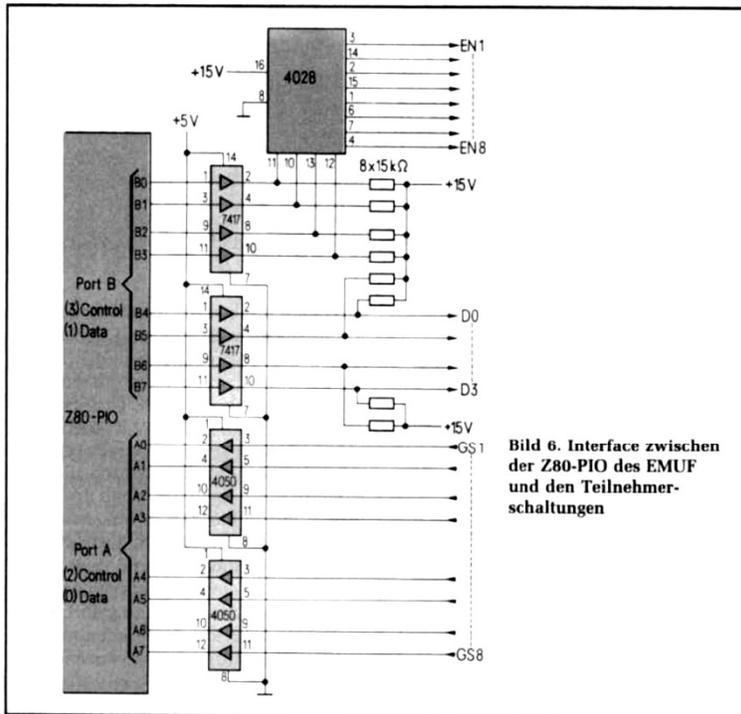


Bild 6. Interface zwischen der Z80-PIO des EMUF und den Teilnehmerschaltungen

sorkonfiguration hier nicht vorgestellt zu werden. Am Nachbau interessierte Leser sollten deshalb auf einen Z80-EMUF zurückgreifen. Erforderlich ist ein PIO-Baustein auf den Adressen 0...3, 2 KByte EPROM (0000H...07FFH) und 2 KByte RAM (8000H...87FFH), wovon jedoch nur gut 80 Bytes benötigt werden.

Da die bisher beschriebenen logischen Schaltungen alle mit 15-V-CMOS-Pegeln arbeiten, ist eine Interfaceschaltung zur Verbindung mit der PIO nötig. Sie hat auf dem freien Verdrahtungsfeld des EMUF reichlich Platz und ist in Bild 6 dargestellt. Alle Leitungen von Port A dienen zur Eingabe. Es können somit gleichzeitig die acht Gabelsignale GS 1...8 gelesen werden. Alle Port-B-Leitungen dienen zur Ausgabe. Der Baustein 4028 arbeitet als 3-Bit-Binärdecoder, der über die B0-Leitung von Port B aktiviert werden kann. Seine acht Ausgänge EN 1...8 kontrollieren die Übernahme der Daten D 0...3 in die 4042-Puffer der Teilnehmerschaltungen.

Die Stromversorgung

Es werden drei stabilisierte Spannungen (+5 V, +15 V, -15 V) benötigt. Der ma-

ximale Strombedarf bei +5 V und +15 V beträgt jeweils etwa 250 mA, bei -15 V maximal rund 50 mA. Die verwendete Schaltung geht aus Bild 7 hervor. Die Festspannungsregler für die beiden positiven Spannungen sollten auf einen Kühlkörper montiert werden; bei -15 V ist das nicht nötig. Wenn man darauf achtet, daß die drei Sekundärwicklun-

gen des Netztransformators spannungsmäßig so dimensioniert werden, daß an den Reglern nur etwa 3 V abfallen, ist ihre anfallende Verlustleistung sehr gering. Das Gehäuse kann in diesem Fall vollständig geschlossen sein, Kühl-schlitzte erübrigen sich dann. Wenn nicht telefoniert wird, beträgt die Leistungsaufnahme des Gerätes etwa 2...2,5 W.

Hinweise für den Aufbau

Außer einer 16poligen Klemmleiste für den Anschluß der acht Telefonapparate (Leitungen La 1...8 und Lb 1...8) sind keinerlei Bedienungselemente notwendig. Leuchtdioden oder andere Anzeigeelemente sind ebenfalls unnötig, weil man erfahrungsgemäß von ihnen nach erfolgter Inbetriebnahme keine Notiz mehr nimmt.

Bild 8 zeigt das geöffnete Gerät des Verfassers. Die erste Steckkarte ist die mit den acht Teilnehmerschaltungen. Für die Funktionsfähigkeit der Anlage brauchen natürlich nicht alle acht Teilnehmerschaltungen vorhanden zu sein. Es ist in diesem Fall nur darauf zu achten, daß die den nicht vorhandenen Teilnehmerschaltungen entsprechenden GS-Leitungen mit Masse verbunden werden, d. h. sich immer auf Low-Pegel befinden. Diese Bedingung ist auch dann erfüllt, wenn zwar die Teilnehmerschaltung vorhanden ist, aber kein Telefon angeschlossen ist. Auf Grund der Programmstruktur dürfen im übrigen Telefone jederzeit während des Betriebs der Anlage angeschlossen oder entfernt werden. Im Zusammenhang mit der Hausteleanlage spielt auch die La-Lb-

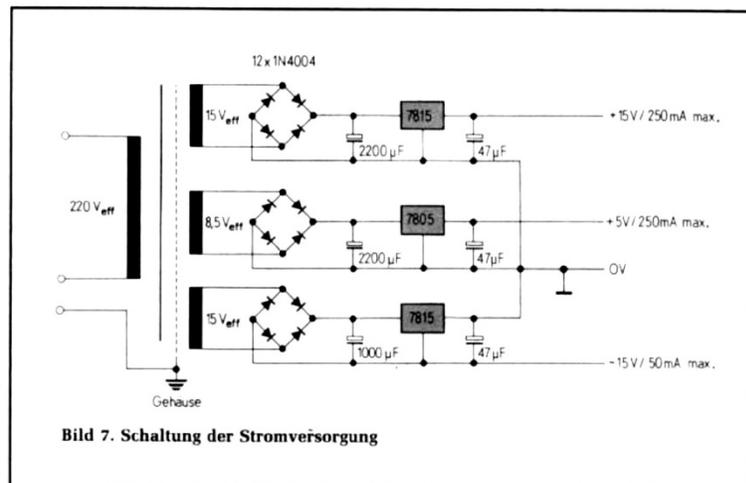


Bild 7. Schaltung der Stromversorgung

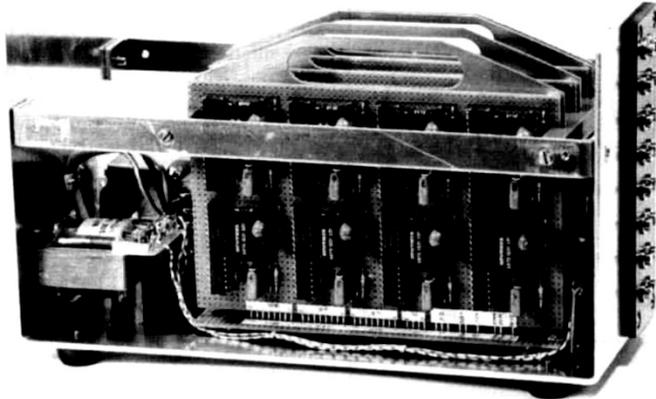


Bild 8. Blick in das geöffnete Gerät des Verfassers

Unterscheidung der Telefonanschlußleitungen keine Rolle. Beim Anschließen dürfen deshalb die beiden zu einem Apparat gehörenden Leitungen miteinander vertauscht werden. Die hardwaremäßige Beschreibung des Gerätes ist hiermit abgeschlossen. Der zweite Teil wird sich mit der zum Betrieb dieser Anlage nötigen Software befassen.

Fortsetzung folgt

Literatur

- [1] Keil, G.; Keil, R.: Elektronische Wahlvermittlung. Funkschau 24/1982, S. 93.
- [2] Keil, G.; Knobloch, W.: Leiser Wähler. ELO 3/1984, S. 55.
- [3] Graeme, J.; Tobey, G.; Huelsman, L.: Operational Amplifiers, Band 1, S. 385. Mc Graw-Hill Verlag, New York, 1971.
- [4] Kanis, W.: Der Z80-EMUF. mc 4/1983, S. 112.

Funktionseingabe per INPUT

In Programmen, mit denen Funktionen untersucht werden sollen (Funktionsplot, Nullstellenbestimmung, Extremwertbestimmung), muß der Benutzer die zu untersuchende Funktion selbst eingeben. Dies geschieht in der Regel auf eine der folgenden beiden Weisen:

1. Man sagt dem Benutzer, in welcher Programmzeile er die Funktion definieren und in welcher Zeile er das Programm erneut starten soll.
2. Man erfragt den Funktionsterm (die rechte Seite der Funktionsgleichung) und läßt den Rechner mit Hilfe des Tastaturpuffers die neue Programmzeile selbst schreiben und das Programm an einer bestimmten Zeile starten.

Beide Methoden haben Nachteile. Im ersten Fall wird der normale Programmab-

lauf erheblich gestört. Der Benutzer muß sich als Programmierer betätigen. Dies wird zwar im zweiten Fall vermieden. Doch auch hierbei wird eine neue Basic-Zeile in das Programm eingefügt. In beiden Fällen werden also durch die Funktionseingabe alle Variablen gelöscht. Insbesondere steht der Funktionsterm nur in der DEFFN-Zeile als Anweisung zur Verfügung, kann aber anderweitig nicht verarbeitet, z. B. nicht als Überschrift ausgedruckt werden. Diesen Mängeln hilft das nachstehend beschriebene Maschinenprogramm ab. Bild 1 zeigt, wie man dieses Maschinenprogramm in ein Basic-Programm einbaut. Zunächst wird eine Zeile für die zu definierende Funktion reserviert. Dazu legen Sie den Namen der Funktion fest, z. B. F0. Direkt hinter das Gleichheits-

```
800 rem test-programm
810 deffnf0(x)=0
820 input f0$: sys 826,f0$
830 print"fuer x=5 ist "f0$="fnf0(5)
```

Bild 1. Ein Beispiel für die Anwendung der Funktionseingabe

Benutzte Routinen im Betriebssystem

Betriebsroutinen	Adressen	
	3000	4000
KOMMA	CDF8	BEF5
ARGUM	CC9F	BD98
STRTYP	CC90	BD89
SBAV	CFC9	C187
CRUNCH	C495	B4FB
ERROR	C36A	B3E0

zeichen schreiben Sie irgendein Zeichen (nicht Space), z. B. eine Null, geben dahinter möglichst viele Leerfelder (Space) ein und schließen die Zeile mit einem Doppelpunkt ab. Mit INPUT lassen Sie dann den Funktionsterm auf einen String mit dem gleichen Namen (im Beispiel also F0\$) eingeben. Durch „SYS 826,F0\$“ wird dann der Inhalt des Strings F0\$ in Basic-Code umgewandelt und die Funktion F0 als Funktionsterm in die reservierte Zeile hineingeschrieben, ohne daß eine Variable gelöscht wird. Die Funktion ist dann sofort definiert. Man kann also im Programm unmittelbar fortfahren. Selbstverständlich

```
033a 20 f5 b0 20 90 b0 20 85
0342 b0 a5 42 09 80 85 42 a5
034a 43 29 7f 85 43 20 07 c1
0352 a5 77 48 a5 78 48 a0 02
035a b1 61 85 5f 88 b1 61 85
0362 5e b1 44 85 64 88 b1 44
036a 85 63 b1 61 aa 8c ff 02
0372 a9 02 85 78 8a a8 49 ff
037a aa 85 77 88 b1 5e 91 77
0382 08 10 f9 20 fb b4 a0 00
038a 84 77 a9 02 85 78 b1 77
0392 f0 14 aa b1 63 f0 0a c9
039a 3a f0 06 8a 91 63 c8 d0
03a2 ed a2 10 20 e0 b3 a2 20
03aa b1 63 c9 3a f0 06 8a 91
03b2 63 c8 d0 f4 68 85 78 68
03ba 85 77 60 ea ea ea ea ea
```

Bild 2. Das Programm als Hexdump. Die Sprünge in Routinen des Betriebssystems sind markiert

kann auf diese Weise eine Funktion mehrfach definiert werden. Andere Funktionen werden genauso definiert (z. B. die Funktion FN HF mit dem String HFS). Der Stringinhalt wird durch die Übertragung in die DEFFN-Zeile nicht gelöscht, steht also zur weiteren Verarbeitung durch das Programm zur Verfügung.

Bild 2 zeigt das Programm im Kassettenspeicher in der Version für CBM-4/8000. Mit Hilfe der Tabelle kann es an das Betriebssystem CBM-3000 angepaßt werden.

Dr. Michael Stenzel