

Dr. Michael Grubert

Z80-EMUF als Telefonvermittlung

Teil 2

Nach der Beschreibung der Hardware im ersten Teil dieses Artikels ist das Ziel, das mit dem Programm erreicht werden soll, klar: Es soll den Mikroprozessor dazu befähigen, die Analogschalter und die Klingeln der acht Teilnehmer so zu steuern, daß ein komfortabler Telefonanlagenbetrieb möglich wird.

Es soll nicht verschwiegen werden, daß der Zeitaufwand zur Entwicklung des Programms wesentlich größer war als der, der in die Hardware investiert wer-

den mußte. Das Problem hängt nicht etwa mit der Implementierung des Konzeptes auf dem Mikroprozessor zusammen, sondern mit der Frage: Wie läßt

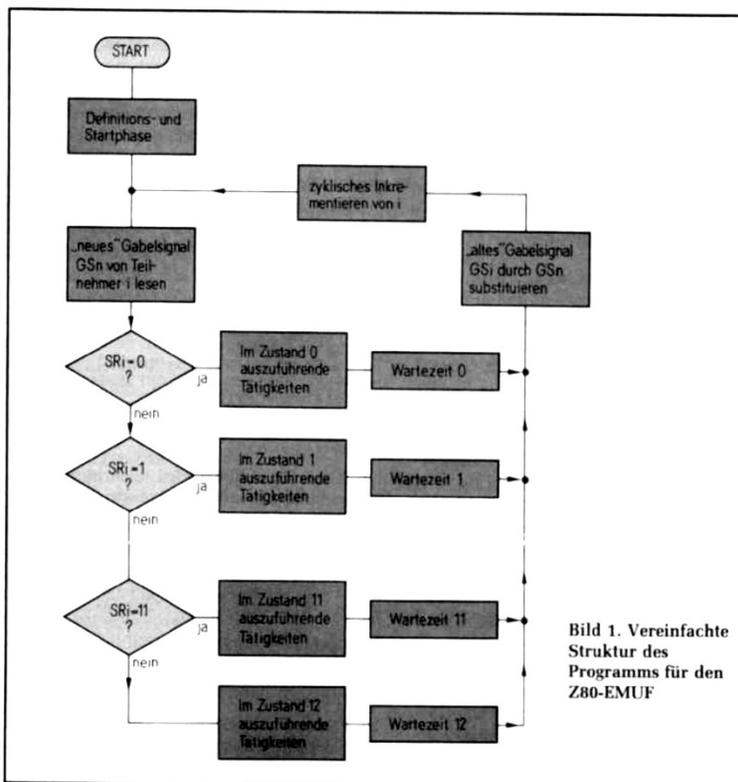
sich die Aufgabe lösen, ohne völlig unübersichtliche Programmstrukturen zu erzeugen? Bei einer Aufgabenstellung, in der so viele Dinge quasi-parallel ablaufen sollen, ist das Bewahren der Übersicht das entscheidende Kriterium. Versuche mit einem Programm auf Interruptbasis wurden wieder aufgegeben, weil einige der gesteckten Ziele bei gleichzeitiger Erhaltung der Transparenz nicht erreichbar schienen.

Zum Erfolg führte schließlich das „Time Division“-Multiplexverfahren, bei dem reihum, in festem zeitlichen Turnus, die acht Teilnehmer bedient werden. Um der CPU auch die Längenauswertung der Wählpulse übertragen zu können, durfte die Rahmenfrequenz, d. h. die Bedienungshäufigkeit, nicht zu niedrig gewählt werden. Es wurde festgelegt, daß jeder Teilnehmer 100mal pro Sekunde, d. h. alle 10 ms, bedient werden soll. Es stehen ihm dann jeweils $10\text{ ms}/8 = 1,25\text{ ms}$ CPU-Zeit zur Verfügung. Es hat sich gezeigt, daß diese Zeit reichlich bemessen ist, denn die maximale Zahl von Taktzyklen zur Bedienung eines Teilnehmers beträgt knapp 1400. Bei 2 MHz Taktfrequenz entspricht das nur etwa 0,7 ms, bei 4 MHz nur 0,35 ms. Daraus folgt, daß die CPU viel Zeit mit Warten verbringen muß und daß mit diesem Konzept die Zahl der Teilnehmer, nach entsprechender Hardware-Erweiterung und geringfügiger Programmanpassung, noch wesentlich erweitert werden könnte. Weil für den Z80-EMUF keine CTC vorgesehen wurde, muß das Programm selbst für das Timing sorgen und isochron ablaufen, da zumindest über kürzere Perioden (während die Wählscheibe abläuft) ein zeitdefiniertes Verhalten nötig ist.

Die Programmstruktur

Das Programm kann als eine Endlosschleife mit „Case“-Struktur angesehen werden. Es besteht im wesentlichen aus 13 verschiedenen eigenständigen Einheiten, die den verschiedenen Zuständen entsprechen, die ein Teilnehmer haben kann. Die Bedeutung dieser verschiedenen Zustände geht aus *Tabelle 1* hervor. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß eine solche Darstellung nur einen groben Überblick geben kann. So wird z. B. das Auflegen des Hörers in allen Zuständen 1...12 erkannt, auch wenn es nicht explizit in der Tabelle erwähnt ist.

Bild 1 zeigt den vereinfachten Aufbau des gesamten Programms. Deutlich ist



die „Case“-Struktur der Endlosschleife zu erkennen. Bei jedem Durchlauf wird, abhängig vom Status des Teilnehmers, der gerade bedient wird, nur einer der Zweige ausgeführt. Damit alle Zweige gleich schnell durchlaufen werden (1,25 ms), muß jeder eine Wartezeit enthalten. In Wirklichkeit existieren nicht nur 13 Zweige, sondern insgesamt 42, weil sich jede der „auszuführenden Tätigkeiten“ in mehrere getrennte Äste auffächert. Dies mag auf den ersten Blick verwirrend aussehen, ist es aber in Wirklichkeit nicht, weil die Programmstruktur selbst nicht komplizierter wird, sondern nur mit immer gleichartigen Zweigen erweitert wird. Der große Vorteil dieser Struktur liegt in der vollständigen Zerlegung in genau definierte Teile. Jeder einzelne Zweig kann bei Bedarf sehr einfach modifiziert werden (bei gleichzeitiger Anpassung seiner Wartezeit), ohne unübersichtliche Rückwirkungen auf andere Programmabschnitte befürchten zu müssen.

Die Wartezeiten können in Inkrementen von 20 Taktzyklen eingestellt werden. Bei 2 MHz ergibt sich für die maximale Abweichung der Laufzeit der Programmzweige vom Sollwert (2500 Taktzyklen) die Zahl von 19 Taktzyklen entsprechend 0,76 %, was für diesen Zweck völlig ausreicht.

Eine gewisse Vereinfachung des Programms könnte theoretisch durch die Verwendung eines CTC-Bausteins oder einer Echtzeituhr erreicht werden. Mit letzterer wären auch reizvolle Erweiterungen der Telefonanlage denkbar, zumal die Nummern 9 und 0 bislang noch zur Verfügung stehen.

Die Speichereinteilung

Jedem Teilnehmer ist ein Satz von acht Registern zugeordnet, die seinen aktuellen Zustand charakterisieren. Jeder Gesprächsleitung ist ebenfalls ein Register zugeordnet, in dem der Zustand der Leitung protokolliert wird, also ob und von welchen Apparaten sie momentan belegt ist. Mit Hilfe dieser gespeicherten Daten ist das Programm in der Lage, die Bedienung der Teilnehmer stückweise durchzuführen. Bei jedem Durchlauf werden diese Daten auf den neuesten Stand gebracht, so daß die CPU immer genau dort weitermachen kann, wo sie beim letzten Mal aufgehört hat. Auf Grund der häufigen Bedienung hat jeder Teilnehmer den Eindruck, daß das „Amt“ ohne Unterbrechung nur für ihn arbeitet. *Tabelle 2* gibt einen Überblick über die teilnehmer-

und leitungszugeordneten Register und deren Kurzschreibweise. *Tabelle 3* zeigt, wie der RAM-Bereich organisiert ist.

Von den CPU-Registern haben nur B, C, IX und IY eine feste Zuordnung: B ist immer mit der Nummer i des Teilnehmers belegt, der gerade an der Reihe ist, während C das neue, jeweils zu Anfang der Schleife gelesene Gabelsignal GS_n des Teilnehmers i enthält. In IX befindet sich immer die Adresse vom Register GS_i (Basisadresse für die Indexadressierung der weiteren, dem Teilnehmer i zugeordneten Register). IY wird nur in manchen Zuständen benötigt und enthält dann die Adresse des GS-Registers des von i gewählten Teilnehmers. Die CPU-Register A, D, E, H, L sind Mehr-

zweckregister ohne feste Zuordnung. Die zweite Registerbank des Z80 ist nicht verwendet.

Eine Unterroutine im RAM-Bereich

Die verschiedenen auszuführenden Tätigkeiten erfordern sowohl die Bitsetz- und Rücksetzbefehle als auch die Bit-Testbefehle. Die drei ersten RAM-Bytes (siehe *Tabelle 3*) stellen eine vom Programm her änderbare Unterroutine dar. Da die Befehle SET b,A, RES b,A und BIT b,A das gleiche erste Op-Code-Byte verwenden (CBH), wird dieses fest im ersten RAM-Register abgelegt. Das zweite Op-Code-Byte wird dann jeweils vom Programm erzeugt und vor Aufruf dieser kleinen Mehrzweck-Unterroutine in das

Tabelle 1: Die 13 möglichen Zustände eines „Teilnehmers“

Status	Bedeutung
0	i benutzt das Telefon nicht. Hörer ist aufgelegt, i ist mit keiner Gesprächsleitung verbunden. Alle teilnehmerzugeordneten Register sind 0.
1	i hat den Hörer abgehoben und hört das Freizeichen, bis er wählt oder wieder auflegt.
2	i befindet sich in einem Wahlvorgang. Das Timing der Wahlpulse wird überprüft. Zu kurze oder zu lange Pulse werden erkannt und als ungültig abgelehnt (zeitkontrollierter Zustand).
3	i befindet sich in der Zwangspause und hört während dieser Zeit das Besetztzeichen. Dieser Zustand wird in all den Fällen eingenommen, in denen eine für den Teilnehmer akustisch wahrnehmbare Zäsur bzw. Mitteilung angebracht erscheint (zeitkontrollierter Zustand).
4	Die von i gewählte Nummer wird auf Gültigkeit geprüft ($\geq 1, \leq 8, \neq i$).
5	Es wird geprüft, ob der von i gewählte Teilnehmer frei ist. Wenn ja, wird eine Gesprächsleitung reserviert.
6	i läßt beim gewählten Teilnehmer die Klingel läuten, gleichzeitig hört er selbst das Rufzeichen. Dieser Zustand dauert solange, bis der gewählte Teilnehmer abhebt oder i wieder auflegt.
7	i befindet sich in einem „Vorgesprächszustand“. Sobald er abhebt, wird er auf der schon reservierten Leitung mit dem Teilnehmer verbunden, der ihn ruft.
8	In diesem Zustand wird das eigentliche Gespräch geführt, sei es mit einem oder mit mehreren anderen Teilnehmern.
9	i hat entweder aufgelegt oder befindet sich in einem Wahlvorgang, um das Gespräch zu einem Konferenzgespräch zu erweitern. Es werden die gleichen Überprüfungen wie in Status 2 vorgenommen (zeitkontrollierter Zustand).
10	Die von i gewählte Nummer wird auf Gültigkeit geprüft ($\geq 1, \leq 8, \neq i, \neq$ der Nummern aller schon verbundenen Teilnehmer).
11	Die von i gewählte Nummer ist besetzt oder ungültig. Für die Dauer von ZVpause erhält i das Besetztsignal, danach fällt er in das laufende Gespräch zurück (zeitkontrollierter Zustand).
12	i läßt beim gewählten Teilnehmer die Klingel einmal läuten und hört dabei selbst das Rufzeichen. Hebt der gerufene Teilnehmer nicht innerhalb der Dauer von ZV ab, fällt i ins laufende Gespräch zurück (zeitkontrollierter Zustand).

Tabelle 3: Belegung des RAM-Bereichs des Z80-EMUF

Adresse	Inhalt	Bedeutung	
32768	CBH	Variable Unterroutine	
32769			
32770	C9H		
32771	ZVmax	Konstantenfeld	
32772	ZVmin		
32773	ZVpause		
32774	ZVkz		
32775	ZVkp		
32776	ZZbz		
32777	ZZle		
32778	-	nicht benutzt	
32779	LP1	Leitungsprotokolle	
32780	LP2		
32781	LP3		
32782	LP4		
32783	-	nicht benutzt	
32784	GS0	64 teilnehmerzugeordnete Register	
32785	SR0		
32786	ZV0		
32787	VF0		
32788	AS0		
32789	WZ0		
32790	LN0		
32791	ZZ0		
32792	GS1		
32793	SR1		
.	.		
.	.		
.	.		
32845	WZ7		
32846	LN7		
32847	ZZ7		
32848	-	nicht benutzt: 1966 Byte	
32849	-		
.	.		
.	.		
34812	-	Stack	
34813	-		
34814	-		
34815	-		

Tabelle 2: Die teilnehmer- und leitungszugeordneten Register

Kürzel	Bedeutung
GSi	Register für das Gabelsignal von Teilnehmer i aus dem letzten Service-Zyklus (0 oder 1).
SRI	Statusregister. Hält den aktuellen Zustand von Teilnehmer i fest (0...12).
ZVi	Zeitvorgaberegister. Wird zu Beginn von zeitkontrollierten Zuständen gesetzt und bei jedem Service-Zyklus dekrementiert (0...255).
VFi	Verlängerungsfaktor. Gestattet im Zusammenhang mit ZVi eine Vervielfachung der Länge der kontrollierten Zeitintervalle. Wird bei den Klingelsequenzen in Status 6 und 12 zur Verlängerung um den Faktor 4 verwendet.
ASi	Protokollregister für die aktuelle Position des Analogschalters von Teilnehmer i (0 oder 2...6).
WZi	Wechselzähler. Wird zum Aufsummieren der Zahl der Wechsel des Gabelsignals GSi beim Wählen verwendet (0...20). Danach dient es zum Speichern der Nummer des gewählten Teilnehmers (0...7).
LNi	Register für die Leitungsnummer (0 oder 1...4). Speichert die Leitungsnummer mit der der Teilnehmer i noch zu verbinden oder bereits verbunden ist.
ZZi	Zweiter von ZVi unabhängiger Zeitzähler, mit dem aus dem Dauersignalton das Besetztzeichen erzeugt wird. Im Gegensatz zu ZVi werden diese Register inkrementiert.
LP1...LP4	Leitungsprotokollregister. Die gesetzten Bits kennzeichnen die Teilnehmer, die mit der jeweiligen Gesprächsleitung verbunden sind.

zweite RAM-Register abgespeichert. Das dritte Register entspricht dem Code für den RET-Befehl. Mit dieser Verlagerung einer Unterroutine in den RAM-Bereich wird sowohl das zu behandelnde Bit als auch die Art der Behandlung variabel. Insgesamt werden so 24 verschiedene Unterroutinen zu einer einzigen zusammengefaßt.

Die verschiedenen Konstanten

In der Tabelle 3 ist von Adresse 32771...32777 ein Konstantenfeld deklariert, das im Folgenden noch etwas näher erläutert werden soll. Das erste und zweite Byte dieses Feldes enthält die Parameter zur Kontrolle der Wahlpulse. ZVmax hat den Wert 7 und legt die Zeit fest ($7 \cdot 10 \text{ ms} = 70 \text{ ms}$), nach der beim Wählen das Gabelsignal spätestens gewechselt haben muß. ZVmin hat den Wert 5 und bestimmt die Mindestzeitdauer $((7-5) \cdot 10 \text{ ms} = 20 \text{ ms})$ zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gabelsignal-Wechseln. Bei beiden Werten ist jeweils eine Unsicherheit von 10 ms berücksichtigt, die sich daraus ergibt, daß der Zeitpunkt der GSi-Wechsel nicht mit den Bedienungszeitpunkten korreliert. Man kann sich auf einfache Weise von der Funktionstüchtigkeit der Wahlpulskon-

trolle überzeugen, indem man beim Wählen einer freien Nummer den Ablauf der Wählscheibe bremst oder beschleunigt. In beiden Fällen muß das Besetztszeichen resultieren.

Das Byte mit der Adresse 32773 ist mit dem Wert 200 belegt und repräsentiert die Zwangspausendauer (siehe Tabelle 1, Status 3). Der Wert 200 ergibt $200 \cdot 10 \text{ ms} = 2 \text{ s}$ Pausendauer. Die Register 32774 und 32775 enthalten die beiden Parameter, die den Klingel-

zyklus definieren. ZVkp bestimmt die Gesamtlänge des Klingelzyklus und hat den Wert 125. ZVkp legt die Länge der Klingelpause fest und ist mit dem Wert 100 belegt. Da bei den Klingelsequenzen ein Verlängerungsfaktor von 4 eingestellt ist (siehe Tabelle 2, VFi) ergibt sich $125 \cdot 4 \cdot 10 \text{ ms} = 5 \text{ s}$ Klingelzyklus, $100 \cdot 4 \cdot 10 \text{ ms} = 4 \text{ s}$ Klingelpause und damit 1 s Klingeldauer.

Die beiden letzten Bytes des Konstantenfeldes (32776 und 32777) sind für das

Timing des Besetztsignals verantwortlich. ZZbz bestimmt die Dauer des Besetztszyklus und hat den Wert 40, was 400 ms Zyklusdauer entspricht. ZZte bestimmt die Ton-Einschaltdauer und hat einen Wert von 10, was eine Tondauer von 100 ms zur Folge hat. Mit diesen Parametern wird also ein Besetztsignal mit dem Tastverhältnis 1:3 erzeugt.

In diesem Zusammenhang sollte schließlich noch ein besonderes Ton-Signal erwähnt werden, das während der

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
0000	F3	31	00	88	3E	07	D3	02	D3	03	3E	CF	D3	02	3E	FF	03F0	06	80	DD	77	02	16	55	CD	BC	07	C3	25	07	FE	07	C2	
0010	D3	02	3E	CF	D3	03	3E	00	D3	03	3E	CB	32	00	80	3E	0400	1C	04	79	FE	00	C2	10	04	16	65	CD	BC	07	C3	25	07	
0020	C9	32	02	80	3E	07	32	03	80	3E	05	32	04	80	3E	CB	0410	DD	36	01	00	16	64	CD	BC	07	C3	25	07	FE	08	C2	A6	
0030	32	05	80	3E	7D	32	06	80	3E	64	32	07	80	3E	28	32	0420	04	79	FE	01	C2	07	04	DD	7E	06	5F	16	00	21	0A	80	
0040	08	80	3E	0A	32	09	08	06	46	21	0A	80	3E	00	77	23	0430	19	7E	16	09	1E	00	15	CA	4B	04	CB	7F	CA	43	04	1C	
0050	10	FC	06	07	16	00	CD	07	07	78	FE	00	CA	63	00	05	0440	C3	47	84	00	C3	47	04	07	C3	36	04	7B	FE	02	FA	65	
0060	C3	54	00	DB	00	FE	00	CA	90	00	06	52	16	63	CD	BC	0450	04	DD	7E	06	C6	02	DD	77	84	57	CD	87	07	16	3F	CD	
0070	07	10	F9	06	07	16	02	CD	07	07	78	FE	00	CA	84	00	0460	BC	07	C3	25	07	DD	7E	06	5F	16	00	21	0A	80	19	36	
0080	05	C3	75	00	06	52	16	63	CD	BC	07	10	F9	C3	52	00	0470	00	DD	36	06	00	DD	36	01	03	3A	05	80	DD	77	02	16	
0090	06	00	DD	21	10	80	CD	61	07	CA	A1	00	0E	01	C3	A6	0480	41	CD	BC	07	C3	25	07	DD	36	01	09	16	00	CD	87	07	
00A0	00	0E	00	C3	A6	00	DD	7E	01	FE	00	C2	D1	00	79	FE	0490	DD	36	04	00	DD	36	05	81	3A	03	80	DD	77	02	16	5A	
00B0	00	C2	BC	00	16	68	CD	BC	07	C3	25	07	DD	36	01	01	04A0	CD	BC	07	C3	25	07	FE	09	C2	1F	05	DD	35	02	DD	7E	
00C0	16	02	CD	97	07	DD	36	04	02	16	64	CD	BC	07	C3	25	04B0	02	B7	C2	04	05	DD	7E	00	B9	C2	EF	04	79	FE	01	C2	
00D0	07	FE	01	C2	03	01	79	FE	01	C2	E4	00	16	68	CD	BC	04C0	CE	04	DD	36	01	0A	16	5E	CD	BC	07	C3	25	07	E5	E1	
00E0	07	C3	25	07	DD	36	01	02	16	00	CD	87	07	DD	36	04	04D0	21	00	00	16	87	78	CD	70	87	DD	36	06	00	DD	36	01	
00F0	00	DD	36	05	01	3A	03	80	DD	77	02	16	60	CD	BC	07	04E0	03	3A	05	80	DD	77	02	16	52	CD	BC	07	C3	25	07	E5	
0100	C3	25	07	FE	02	72	01	DD	35	02	DD	7E	02	B7	C2	04F0	E1	E5	E1	DD	34	05	3A	03	80	DD	77	02	16	58	CD	BC	07	
0110	57	01	DD	7E	00	B9	C2	42	01	79	FE	01	C2	2B	01	DD	0500	07	C3	25	07	DD	7E	00	B9	CA	17	05	3A	04	80	DD	BC	
0120	36	01	04	16	64	CD	BC	07	C3	25	07	E5	E1	21	00	00	0510	02	F2	F3	04	C3	D3	04	16	60	CD	BC	07	C3	25	07	FE	
0130	DD	36	01	03	3A	05	80	DD	77	02	16	61	CD	BC	07	C3	0520	0A	C2	AA	05	79	FE	00	C2	46	05	16	87	78	CD	70	87	
0140	25	07	E5	E1	E5	E1	DD	34	05	3A	03	80	DD	77	02	16	0530	DD	36	06	00	DD	36	01	03	3A	05	80	DD	77	02	16	57	
0150	61	CD	BC	07	C3	25	07	DD	7E	00	B9	CA	6A	01	3A	04	0540	CD	BC	07	C3	25	07	DD	7E	05	B7	1F	3D	DD	77	02	16	
0160	80	DD	BE	02	F2	46	01	C3	30	01	16	66	CD	BC	07	C3	0550	8A	05	FE	08	F2	0F	05	88	CA	93	05	CD	9A	07	FD	7E	
0170	25	07	FE	03	C2	A8	02	DD	35	02	DD	7E	02	B7	C2	C1	0560	01	FE	00	C2	98	05	16	C7	DD	7E	05	CD	70	87	DD	7E	
0180	01	79	FE	01	CA	A8	01	DD	36	01	00	16	00	CD	87	07	0570	06	FD	77	06	FD	36	01	07	DD	36	01	00	3A	06	00	DD	
0190	DD	36	04	00	DD	36	05	00	DD	36	02	00	DD	36	07	00	0580	77	02	16	48	CD	BC	07	C3	25	07	DD	36	01	00	3E	00	3E
01A0	16	5C	DD	BC	07	C3	25	07	DD	36	01	01	16	02	CD	87	0590	00	3E	00	16	06	CD	BC	07	DD	36	01	08	3A	05	80	DD	
01B0	07	DD	36	04	02	DD	36	07	DD	36	01	00	16	5D	CD	BC	05A0	77	02	16	54	CD	BC	07	C3	25	07	FE	08	C2	3F	06	79	
01C0	07	79	FE	01	CA	ED	01	16	00	CD	87	07	DD	36	04	00	05B0	FE	00	C2	D5	05	16	87	78	CD	70	87	DD	36	06	00	DD	
01D0	3A	08	80	DD	BE	07	FA	DE	01	ED	57	C3	E2	01	DD	36	05C0	36	01	03	3A	05	80	DD	77	02	16	52	CD	BC	07	C3	25	07
01E0	07	00	DD	34	07	16	58	CD	BC	07	C3	25	07	3A	08	80	05D0	BC	07	C3	25	07	DD	35	02	DD	7E	02	FE	00	C2	01	06	
01F0	DD	BE	07	FA	FB	01	ED	57	C3	FF	01	DD	36	07	00	3A	05E0	16	00	CD	87	07	DD	36	04	00	DD	36	05	00	DD	36	02	00
0200	09	80	DD	BE	07	FA	14	02	16	02	CD	87	07	DD	36	04	05F0	00	DD	36	07	00	DD	36	01	08	16	55	CD	BC	07	C3	25	
0210	02	C3	20	02	16	00	CD	87	07	DD	36	04	00	C3	20	02	0600	07	3A	08	80	DD	BE	07	FA	0F	06	ED	57	C3	07	06	DD	
0220	79	FE	00	C2	63	02	21	00	00	21	00	00	21	00	00	21	0610	36	07	00	3A	09	00	DD	BE	07	FA	20	06	16	02	CD	87	
0230	DD	36	01	00	00	21	00	00	21	00	00	3E	00	3E	00	3E	0620	07	DD	36	04	02	C3	34	06	16	00	CD	87	07	DD	36	04	00
0240	00	00	21	00	00	21	00	00	21	00	00	3E	00	3E	00	3E	0630	00	C3	34	06	DD	34	07	16	52	CD	BC	07	C3	25	07	79	
0250	00	DD	36	01	03	3A	05	80	DD	77	02	16	61	CD	BC	07	0640	FE	00	C2	87	06	CD	53	07	DD	36	03	00	DD	36	06	00	CD
0260	C3	25	07	DD	7E	05	B7	1F	3D	DD	77	05	FA	48	02	FE	0650	07	DD	36	04	00	16	87	78	CD	70	87	DD	36	07	DD	7E	05
0270	08	F2	4D	02	B8	CA	51	02	DD	36	01	05	16	62	CD	BC	0660	CD	70	87	CD	9A	07	FD	36	06	00	DD	36	06	00	FD	36	
0280	07	C3	25	07	FE	05	C2	2D	03	79	FE	00	C2	A1	02	DD	0670	01	03	DD	36	01	03	3A	05	80	FD	77	02	DD	77	02	16	
0290	36	01	03	3A	05	80	DD	77	02	16	65	CD	BC	07	C3	25	0680	37	CD	BC	07	C3	25	07	CD	9A	07	FD	7E	00	FE	01	C2	
02A0	07	CD	9A	07	FD	7E	01	FE	00	CA	BE	02	DD	36	01	03	0690	AB	06	DD	36	03	00	16	00	CD	87	07	DD	36	04	00	DD	
02B0	3A	05	80	DD	77	02	16	5C	DD	BC	07	C3	25	07	3A	08	06A0	36	01	08	16	51	CD	BC	07	C3	25	07	DD	7E	03	FE	03	
02C0	80	B7	C2	07	02	DD	36	06	01	FD	36	06	01	DD	E5	DD	06B0	F2	B8	06	DD	34	03	ED	57	C3	C2	06	DD	36	03	00	DD	
02D0	E1	E5	E1	00	C3	09	03	3A	0C	80	B7	C2	EC	02	DD	36	06C0	35	02	3A	07	80	DD	BE	02	F2	DF	06	CD	43	07	16	02	
02E0	06	02	FD	36	06	02	E5	E1	23	C3	09	03	3A	0D	00	B7	06D0	CD	87	07	DD	36	04	02	16	46	CD	BC	07	C3	25	07	DD	
02F0	C2	FE	02	DD	36	06	03	FD	36	06	03	C3	09	03	DD	36	06E0	7E	02	FE	00	CA	FB	06	CD	53	07	16	00	CD	87	07	DD	
0300	06	04	FD	36																														

Startphase erzeugt werden kann. Es handelt sich um eine Art Besetztzeichen mit schnellerer Tonfolge. Die Zyklusdauer beträgt etwa 166 ms, das Tastverhältnis ist 1:1. Es soll die Funktion eines Reset-Signals übernehmen und die Teilnehmer auffordern, die Hörer aufzulegen. Wenn das Programm startet, prüft es, ob alle Teilnehmer die Hörer aufgelegt haben. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, wird das Reset-Signal erzeugt. Sobald alle Hörer aufgelegt sind, entspricht der Zustand der Teilnehmer den zu Programmbeginn vorausgesetzten Startbedingungen. Das Reset-Signal wird abgeschaltet, und das reguläre Durchlaufen der Endlosschleife beginnt.

Eigenschaften der Telefonanlage

Die acht Teilnehmer haben die Nummern 1...8. Welcher Apparat unter welcher Nummer erreichbar ist, hängt von der Anschlußreihenfolge der Telefonleitungen an der Buchsenleiste ab. Beim Abheben des Hörers erhält man einen Dauerton als Freizeichen. Wählt man eine freie Nummer, bekommt man, solange der Teilnehmer nicht abhebt, das Rufzeichen. Ist die gewählte Nummer ungültig (9 oder 0) oder besetzt, erhält man zwei Sekunden lang das Besetztzeichen (Zwangspause) und anschließend automatisch wieder das Freizeichen, ohne daß der Hörer aufgelegt zu werden braucht. Ein Teilnehmer kann auch nicht allein mit einer Gesprächsleitung verbunden bleiben und „Stille“ hören. Der Teilnehmer, der am Ende eines Gesprächs zuletzt übrig bleibt, kann deshalb noch das Besetztzeichen der Zwangspause hören, in die ihn der als vorletzter Auflegende versetzt hat.

Möchte man die Unterhaltung auf mehrere Teilnehmer erweitern, so wählt man einfach während des laufenden Gesprächs die gewünschte Nummer. Ist der Teilnehmer frei, wird er einmal gerufen und anschließend noch vier Sekunden gewartet. Selber erhält man dabei das Rufzeichen. Hat der gerufene Teilnehmer nach Ablauf der insgesamt fünf Sekunden nicht abgehoben, fällt man automatisch wieder ins laufende Gespräch zurück. Ist der Teilnehmer besetzt, so bekommt man zwei Sekunden lang das Besetztzeichen und fällt anschließend ebenfalls automatisch wieder ins bereits laufende Gespräch zurück. Der Vorgang kann beliebig wiederholt werden. Jeder der Gesprächsteilnehmer kann die Erweiterung zum Konferenzgespräch vornehmen oder sich selbst wieder durch

das Auflegen des Hörers aus dem Konferenzgespräch zurückziehen, ohne daß der restliche Teilnehmerkreis gestört wird.

Hebt man den Hörer ab und bekommt man das Besetztzeichen anstatt des Freizeichens, so hat gerade ein anderer Teilnehmer versucht anzurufen. Es genügt, maximal zwei Sekunden zu warten, um dann ohne Wiederauflegen das Freizeichen zu erhalten. Genauso verhält es sich auch, wenn man zur Beendigung des Gesprächs nur kurz auf die Gabel tippt. Die zwei Sekunden dauernde Zwangspause mit dem Besetztzeichen hat immer die Aufgabe, verschiedenartige Vorgänge, für den Benutzer akustisch wahrnehmbar, voneinander abzutrennen. Ein „Dauerbesetzt“ gibt es nicht. Auf die Wahl der Gesprächsleitung hat der Teilnehmer keinen Einfluß. Die CPU wählt die Leitungen entsprechend dem momentanen Belegungsgrad der Anlage selbsttätig aus. Wenn alle Teilnehmer aufgelegt haben, wird das erste zu vermittelnde Gespräch immer auf Leitung 1 geführt. Ein zweites parallel dazu ablaufendes Gespräch wird dann über die Leitung 2 abgewickelt usw. Auch bei acht

Apparaten und vier Gesprächsleitungen kann es deshalb nie zu einem vermittlungsbedingten Engpaß kommen.

Hinweise für die Inbetriebnahme

Als erstes überprüft man die Spannungswerte der Stromversorgung allein. Danach wird die Generatorplatine eingesetzt. Hier beschränkt sich der Abgleich auf die Einstellung der in Teil 1 angegebenen Amplituden. Nun kann das programmierte EPROM in die entsprechende Fassung des EMUF gesteckt werden und die Rechnerplatine sowie die Platine mit den Teilnehmerschaltungen in das Gerät eingesetzt werden. Bild 2 gibt das Hexadezimal-Listing für den Z80-EMUF in der 2-MHz-Version wieder. Interessierte Leser können gegen einen Unkostenbeitrag das Programm als EPROM oder als kommentiertes Assemblerlisting über den Software-Service des Franzis-Verlags beziehen. Jetzt muß nur noch der Netzstecker mit dem Netz verbunden werden, wobei das Programm automatisch startet. Nach dem Anschluß von zwei bis acht Fernsprechapparaten kann der Telefonbetrieb beginnen.

Die EMUF-Familie

Regelmäßig erhalten wir Anfragen, wie man einfache Probleme mit preiswerten Einplatinen-Computern lösen kann. mc hat in den letzten Monaten viele neue Leser hinzugewonnen, die noch gar nicht wissen (können), was für diesen Zweck in mc schon alles an Computern veröffentlicht wurde.

Der erste „EMUF“ (Einplatinen-Computer für universelle Festprogrammierung) lief mit der 6502-kompatiblen CPU 6504 und wurde in mc 2/1981 veröffentlicht. Er besitzt 128 Byte RAM, 16 I/O-Leitungen und einen Timer in einem 6532-RIOT-Baustein sowie ein 2715-EPROM als Programmspeicher. Alle Beiträge hierzu und zahlreiche neue Applikationen sind im mc-EMUF-Sonderheft zusammengefaßt, wie z. B. selbstlernende Heizungssteuerung, Interface für Olivetti-Schreibmaschinen, Sprachausgabe, Alarmanlage mit melodischer Türklingel, IEC-Bus-V.24-Interface und vieles andere. Außerdem gibt es zum EMUF das Buch „Mit Computern steuern“ (Franzis-Verlag, 38 DM). Wem die 128 Byte RAM und 16 I/O-Pins zu wenig sind, kann auf den im mc 1/1984 veröffentlichten „EMUF mal zwei“ zurückgreifen.

Den Z80-EMUF haben wir in mc 4/1983 vorgestellt: ein oder zwei PIO-Bausteine, 2...8 KByte RAM und bis 8 KByte EPROM. Nach und nach folgten auch hierzu zahlreiche Applikationen in mc vom Netzwerk-Interface bis zur intelligenten Telefonvermittlung. Sie sehen, die EMUFs werden auch langfristig mit Applikations-Software unterstützt! Schließlich gibt es noch den 6802- (mc 11/1983) und den 6809-EMUF (mc 7/1982). Weitere Einplatinencomputer finden sich im mc 1/1982 (MMC-1 mit Z80), mc 2/1982 (6502) und mc 2/1983 (in Basic programmierbar, MMC-5). Die EMUF-Bausätze kosten meist weniger als 100 DM, programmierte EPROMs für viele Applikationen wenig mehr als 20 DM. Eine wirklich preiswerte Sache also. Wenn Sie selbst Programme entwickeln wollen, müssen Sie Ihren Tischcomputer mit Assembler und EPROM-Programmierer ausrüsten. Manche Firmen haben das von mc eingeführte Wort „EMUF“ aufgegriffen und für eigene Entwicklungen übernommen. Bitte beachten Sie, daß nur die oben aufgeführten mc-EMUFs „echt“ sind und von uns mit Software unterstützt werden. Fe.