

```

COMPOSE, EDIT OR PLAY? PLAY
REPEAT? 8
TEMPO? 44
GO? _
STOP
COMPOSE, EDIT OR PLAY? 1

```

Bild 7. Damit spielt der Rechner ein Largo mit acht Wiederholungen

und zweitens das Tempo, wie dies in Bild 7 gezeigt wird. Das Tempo kann nun grundsätzlich von der Hardware als auch von der Software festgelegt werden: Hier wird der zweite Weg beschrieben. Eine Tempozahl wird als

Antwort auf die Frage: TEMPO? eingegeben und entspricht in ihrer Bedeutung der Zahl am Metronom. Das Programm beeinflusst aufgrund dieser Angabe die Länge der Zählschleife für die Erzeugung der Notenlänge. Der Vorteil liegt darin, daß das Tempo jederzeit reproduzierbar ist, da der Takt des Mikrocomputers quarzstabilisiert ist. Der Nachteil allerdings besteht darin, daß nach Spielbeginn das Tempo nicht mehr geändert werden kann. Die Hardwarerealisierung hingegen besteht aus einem externen einstellbaren Oszillator, mit dem die Notenlänge festgelegt wird.

Nachdem nun die Anzahl der Wiederholungen und die Angabe des Tempos eingegeben wurde, fragt der PACE an, ob er spielen darf: GO? Für die Wie-

dergabe der Komposition genügt es jetzt, irgendeine Taste der TTY niederzudrücken. Ist das Konzert zu Ende, drückt der Rechner STOP und fragt nach weiteren Wünschen des Komponisten, der bereits vorher durch die Taste (!) das Programm jederzeit unterbrechen kann.

Eine Version des beschriebenen mikrocomputergesteuerten Sequenzers ist im Los Angeles Center for Electronic Music in Betrieb, und die Gruppe LEM nimmt ihn mit auf die Bühne. Im Studio hat sich das Gerät gut bewährt, aber auf der Bühne ist die benutzte ASR 33 Teletype doch zu langsam. Abhilfe soll hier ein Bildschirmterminal und die Floppy Disk als Speicher für Kompositionen bringen.

Klaus Mezger

## Kapazitätsmessung mit dem KIM-1

Kapazitäten zwischen 10 pF und 999 µF können mit vierstelliger Digitalanzeige in fünf Meßbereichen untersucht werden. Der günstigste Meßbereich wird dabei vom Mikrocomputer KIM-1 automatisch ermittelt.

### Das Meßprinzip

Der zu messende Kondensator wird mit konstantem Strom bis auf eine Schwellenspannung  $U_s$  aufgeladen. Die dazu benötigte Zeit ist der Kapazität direkt proportional (Bild 1).

Der Computer hat nun die Aufgabe, die Zeit  $T_s$  zu messen. Hat die Kondensatorspannung nach der Zeit  $T_{max}$  die Schwelle  $U_s$  nicht erreicht, muß die Messung mit erhöhtem Strom wiederholt werden. Das beschriebene Programm erhöht den Strom dekadisch maximal viermal, dann wird Überlauf angezeigt (FF).

Der Computer erzeugt mit seinem internen programmierbaren Timer periodische Interrupt-Signale mit der Peri-

odenzeit  $T_M$ . Diese Impulse beginnen bei  $t = 0$  und werden gezählt bis  $t = T_s$ . Die Anzahl der Impulse ist proportional zur Zeit  $T_s$  und damit auch zur Kapazität  $C_X$ . Das Programm bewirkt das Lesen des Tastenfelds (Startbefehl), die Ansteuerung des Displays, die Steuerung des externen Zeitglieds NE 555, die Zeitmessung und die automatische Meßbereichs-Umschaltung.

### Das Programm

Das Hauptprogramm verwendet zum Lesen der KIM-Taste „0“ (Start-Befehl) das im KIM-ROM gespeicherte Unterprogramm GETKEY und zur Ansteuerung des Displays SCANDS. Die externe Elektronik wird über die E/A-Leitungen PA 0...PA 7 und PB 7 vom Programm gesteuert:

- PA 0...4: Meßbereiche 1...5
- PA 5: Startimpuls für den Timer NE 555
- PA 6: Reset des NE 555
- PA 7: Ausgang des Zeitgliedes NE 555
- PB 7: Ausgang des KIM-Timers mit NMI verbinden.

Die periodischen Zählimpulse werden mit dem internen Timer (Adr. 170D) erzeugt, welcher bei seinem Nulldurch-

gang ein Interruptsignal an PB 7 abgibt und anschließend in der Interrupt-Routine wieder gestartet wird, bis die Messung durch ein Ausgangs-Signal des NE 555 beendet wird.

Das KIM-Display soll direkt die gemessene Kapazität anzeigen. Deshalb müssen  $T_M$ ,  $T_s$  und der Strom  $I_C$  in einem festen Verhältnis zueinander stehen.

$T_M$ , die Periodenzeit der Zählimpulse, setzt sich aus folgenden Zeiten zusammen:

- 48 µs KIM-Timer
- + 18 µs Zeit vom Start des Interrupts bis zum Timer-Start
- + ca. 4 µs mittlere Wartezeit bis zum Interrupt-Service durch die CPU

$T_M$  ist also rund 70 µs. Damit wird  $T_{max} = 9999 \cdot 70 \mu s \approx 700 \text{ ms}$ .

Wenn vom KIM-Timer ein Interrupt-Signal abgegeben wird, aber kein Signal vom NE 555 vorliegt, inkrementiert das Programm den Zähler, und im Falle eines Überlaufs (>9999) wird der Speicher OVERFL = 1 gesetzt. Außerdem wird der KIM-Timer wieder gestartet.

Wird dagegen ein Signal vom NE 555 an PA 7 erkannt, erfolgt ein direkter Rücksprung zum Hauptprogramm.

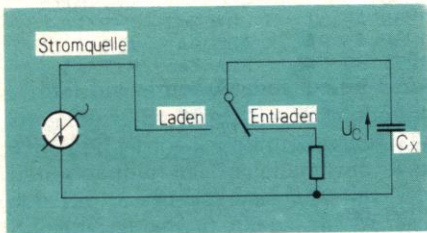


Bild 1. Die Kapazitätsmessung geschieht hier durch Messen der Zeit, die benötigt wird, um C mit einer Konstantstromquelle bis auf eine bestimmte Spannung aufzuladen



## Die externe Elektronik

Bild 2 zeigt die extern benötigte Hardware. Die Transistoren  $T_3$  und  $T_4$  bilden mit  $R_5$ ,  $R_6$  und  $R_{EX}$  eine Konstantstromquelle mit hohem Innenwiderstand.  $D_2$  und  $D_3$  kompensieren die Temperaturdrift der Basis-Emitter

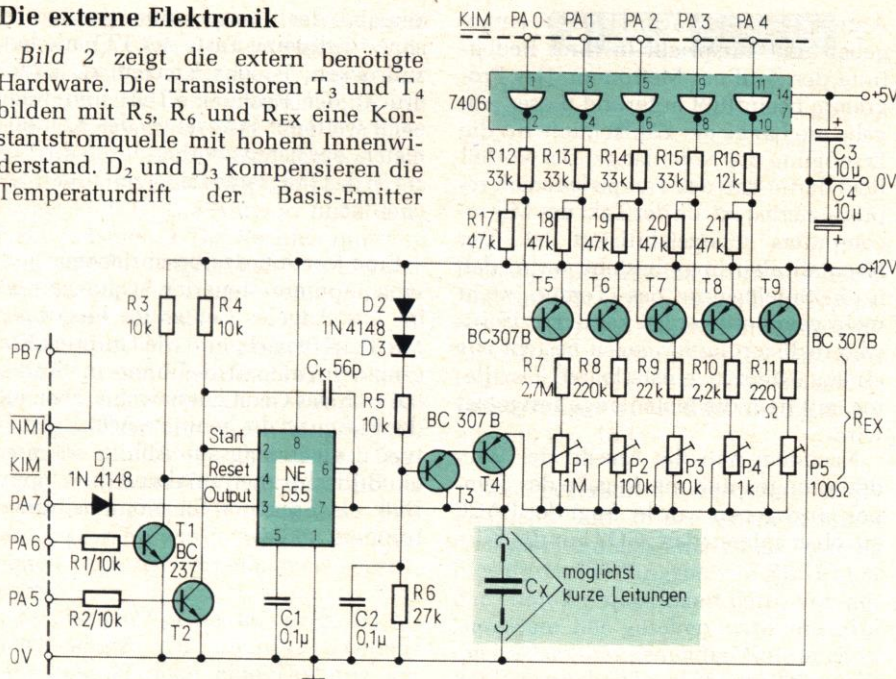


Bild 2. Schaltbild der zur Kapazitätsmessung benötigten Hardware

Spannungen  $U_{BE3}$  und  $U_{BE4}$ . Das Zeitglied NE 555 arbeitet als Schwellwertschalter und besorgt nach erfolgter Messung die Entladung von  $C_X$ . Der Kondensator  $C_X$  kann auch durch den Computer entladen werden, indem dieser den Reset Eingang über  $T_1$  an Masse legt.

Der Kondensator  $C_K$  kompensiert die zu  $C_X$  parallel liegenden parasitären Kapazitäten. (Ohne  $C_K$  wird auch bei offenen Meßklemmen etwa 30 pF angezeigt).  $T_5$  bis  $T_9$  und der TTL-Treiber 7406 schalten den entsprechenden Emitterwiderstand der Konstantstromquelle zu. Da beim KIM ohnehin schon eine 5-V-Betriebsspannung vorhanden ist, kann man mit dem TTL-Treiber fünf Transistoren einsparen.

Mit den Trimmern  $P_1...P_5$  wird die Schaltung abgeglichen, wobei am besten schon anderweitig ausgemessene Kondensatoren verwendet werden. Es ergeben sich mit der angegebenen Dimensionierung folgende Meßbereiche:

- Bereich 1: 10 pF...99,99 nF
- Bereich 2: 100 nF...999,9 nF
- Bereich 3: 1  $\mu$ F...9,999  $\mu$ F
- Bereich 4: 10  $\mu$ F...99,99  $\mu$ F
- Bereich 5: 100  $\mu$ F...999,9  $\mu$ F

### Inbetriebnahme

Das KIM-Adressen-Display soll die Kapazität anzeigen, das Daten-Display den Meßbereich. Das Programm wird zunächst ohne Elektronikteil getestet; PB 7 muß jedoch mit dem NMI-Eingang verbunden sein.

Nach dem Programmstart muß in der Anzeige 0000 01 zu sehen sein. Jetzt wird die Taste 0 gedrückt und die Kapazitätsanzeige zählt während etwa 0,7s auf 9999 hoch; dann wird auf Bereich 2 umgeschaltet und das Spiel wiederholt sich, bis der Bereich 5 durchlaufen ist. Dann wird auf dem Daten-Display „FF“, d. h. Überlauf, angezeigt. Der Zähler bleibt nicht stehen, da die Schaltung noch nicht angeschlossen ist. Läuft das Programm nicht, prüfe man zuerst, ob der Interrupt-Vektor geladen ist (17FA: 80, 17FB: 02). Läuft das Programm, so wird die Elektronik angeschlossen, wobei die Betriebsspannungen dem KIM-Netzteil entnommen werden können. Man prüfe insbesondere die richtige Polarität der Diode D1.

Wenn kein  $C_X$  angeschlossen ist, sollte das Display 0000 01 anzeigen. Wird eine kleine Kapazität angezeigt (z. B. 10 pF), sind die Anschlußdrähte zu den Meßklemmen zu lang oder  $C_K$  zu klein ( $C_K$  sollte jedoch kleiner als 68 pF bleiben). Der Abgleich erfolgt am besten erst nach ca. 5 min. Betriebszeit und im Bereich 1 mit einem bekannten Kondensator. Am oberen Bereichsende schwankt die Anzeige von Messung zu Messung um ca.  $\pm 30$  pF. Das ist jedoch nur  $\pm 0,03\%$  Meßunsicherheit und rührt von der Toleranz der Zeit  $T_M$  her.

Mit Vorteil wird die ganze externe Schaltung über einen Stecker mit dem KIM-1 verbunden, der so ausgelegt sein sollte, daß beliebige andere Geräte auch

angeschlossen werden können. Der Meßfehler hängt in erster Linie von der Genauigkeit des Abgleichs ab. Die Schaltung ermöglicht Fehler  $< 1\%$ . ■

0200	A9	7F	LDA #7F	I/O-PORTS
0202	8D	01	STA 1701	SETZEN
0205	A9	01	LDA #01	
0207	8D	00	STA 1700	MESSBER.1
020A	85	F9	STA F9	
020C	A9	00	LDA #00	ZAEHLER
020E	85	FA	STA FA	AUF NULL
0210	85	FB	STA FB	SETZEN
0212	20	1F	JSR 1F1F	ANZEIGE
0215	20	6A	JSR 1F6A	NULL-TASTE
0218	C9	00	CMP #00	ABFRAGEN
021A	D0	F6	BNE #0212	
021C	A9	01	LDA #01	MESSBER.1
021E	8D	00	STA 1700	
0221	85	F9	STA F9	
0223	A9	00	LDA #00	ZAEHLER UND
0225	85	FA	STA FA	UEBERLAUF
0227	85	FB	STA FB	AUF NULL
0229	85	00	STA 00	SETZEN
022B	A9	01	LDA #01	
022D	8D	0E	STA 170E	TIMER-START
0230	AD	00	LDA 1700	
0233	09	20	ORA #20	STARTIMPULS
0235	8D	00	STA 1700	FUER NE 555
0238	29	9F	AND #9F	START- UND
023A	8D	00	STA 1700	RESETIMPULS
023D	20	1F	JSR 1F1F	ANZEIGE-SUBR.
0240	AD	00	LDA 1700	TEST, OB
0243	10	CD	BPL #0212	MESS-ENDE
0245	A5	00	LDA 00	UEBERLAUF-
0247	F0	F4	BEQ #023D	PRUEFUNG
0249	AD	00	LDA 1700	
024C	09	40	ORA #40	NE 555
024E	8D	00	STA 1700	RUECKSETZEN
0251	0A		ASL A	TEST, OB
0252	0A		ASL A	BEREICH 5
0253	0A		ASL A	ERREICHT
0254	10	07	BPL #025D	NEIN
0256	A9	FF	LDA #FF	UEBERLAUF-
0258	85	F9	STA F9	ANZEIGE
025A	4C	12	02 JMP #0212	
025D	A9	FF	LDA #FF	RESET-SIGNAL
025F	8D	07	STA 1707	FUER NE 555
0262	AD	07	LDA 1707	VERLAENGERN
0265	F0	FB	BEQ #0262	
0267	AD	00	LDA 1700	
026A	0A		ASL A	NAECHSTE
026B	09	40	ORA #40	STROMSTUFE
026D	8D	00	STA 1700	
0270	E6	F9	INC F9	BER.-ANZEIGE
0272	4C	23	02 JMP #0223	

INTERRUPT-ROUTINE				
0280	48		PHA	
0281	AD	00	LDA 1700	INTERRUPT-
0284	10	17	BPL #029D	QUELLE TESTEN
0286	A9	06	LDA #06	
0288	8D	0D	STA 170D	TIMER-START
028B	F8		SED	
028C	18		CLC	DEZIMALE
028D	A9	01	LDA #01	2-BYTE-
028F	65	FA	ADC FA	ADDITION
0291	85	FA	STA FA	MIT 01
0293	A9	00	LDA #00	
0295	65	FB	ADC FB	
0297	85	FB	STA FB	UEBERLAUF
0299	90	05	BCC #02A0	PRUEFEN
029B	E6	00	INC 00	
029D	AD	06	LDA 1706	
02A0	D8		CLD	
02A1	68		PLA	
02A2	40		RTI	

Bild 3. Das 6502-Programm, mit dem die Steuerung der Hardware aus Bild 2 erfolgt. Der NMI-Vektor ist auf die Adresse 0280 zu setzen