



1. Einleitung

Ein Frequenzzähler ist ein universelles Meßgerät, das oft benötigt wird, hauptsächlich zum Abgleich von Oszillatoren aller Art. Bei der üblichen Bauweise teilt man eine Quarzfrequenz auf z.B. 10 Hz. Damit wird dann 1 Tor genau 1/10 s geöffnet, und man zählt alle in dieser Zeit eintreffenden Impulse. Ihre Anzahl, mit 10 multipliziert, ergibt eine Frequenz in Hertz. Das Verfahren hat 2 Nachteile. Einmal wird ein schlecht beschaffbarer Quarz mit einer »glatten« Frequenz benötigt (100 kHz, 1 MHz, 10 MHz). Zum anderen können Frequenzen im NF-Bereich nur mit einer geringen Genauigkeit gemessen werden, da man die Torzeit nicht beliebig vergrößern kann. Abhilfe schafft die Zeitmessung. Dabei öffnet die zu messende Frequenz das Tor, und man zählt die Impulse des Taktgenerators. Mit dem Taschenrechner kann man dann die Zeit in eine Frequenz umrechnen. Statt eines Taschenrechners läßt sich auch ein Computer verwenden.

Der vorgestellte Zähler arbeitet mit einem Einchipmikrorechner (EMR) UB 8820. Auch die Typen UB 8821, UB 8840 und UB 8841 können verwendet werden. Diese EMR haben intern 124 byte RAM, 2 Zeitgeber und 4 Tore mit je 8 byte zur Ein- und Ausgabe von Daten. Ein EPROM als Programmspeicher läßt sich davon unabhängig anschließen.

8000:	01 B4 00 0C	01 B7 00 0C	01 BA 00 0C	8F 31 F0 E6
8010:	FF 80 E6 FE	00 BC 15 AC	00 9C 10 8C	65 7C 01 6C
8020:	00 5C 00 4C	00 3C 03 2C	00 1C 1F 31	70 1C 70 2C
8030:	00 B1 72 20	72 1A FA E6	1E 3E 31 00	B0 02 1C 01
8040:	FC 18 3C 70	46 01 80 E6	FA 00 9F 80	04 78 E4 56
8050:	01 7F A6 04	40 FB 05 A6	07 80 78 F6	3C F0 A8 E3
8060:	56 0A 01 EB	09 52 44 E8	F5 E6 1E 3E	88 CC 88 E0
8070:	8F 3C 80 98	E0 3C 90 58	E0 3C 80 68	E0 E6 13 CC
8080:	E6 14 77 E6	15 C0 80 10	80 11 80 12	BC 18 CF C0
8090:	10 C0 11 C0	12 C0 13 C0	14 C0 15 FB	09 04 09 12
80A0:	14 08 11 14	07 10 6A E7	C0 10 C0 11	C0 12 C0 13
80B0:	C0 14 C0 15	EC 19 80 07	80 08 80 09	80 0A A4 04
80C0:	10 78 17 EB	0C A4 05 11	78 10 EB 05	A4 06 12 7B
80D0:	09 24 06 12	34 05 11 34	04 10 EF 12	AA 40 0A 12
80E0:	99 40 09 12	88 40 08 12	77 40 07 10	15 10 14 10
80F0:	13 10 12 10	11 10 10 EA	C5 E8 E8 56	0E F0 42 E7
8100:	EB 58 80 08	80 0C 80 0D	EC 10 A4 04	10 78 17 EB
8110:	0C A4 05 11	78 10 EB 05	A4 06 12 7B	09 24 06 12
8120:	34 05 11 34	04 10 EF 10	17 10 16 CF	10 12 10 11
8130:	10 10 EA D6	EC 10 C0 16	C0 17 C0 08	C0 0C C0 0D
8140:	4C 08 5C 03	E3 64 56 E6	08 68 03 27	04 03 E3 64
8150:	56 E6 80 68	03 27 04 30	4E 5A E9 EA	09 5C 08 E6
8160:	15 18 E6 10	05 E6 1E 76	52 77 68 08	E6 10 01 5C
8170:	07 E6 1E 37	80 EE 43 E5	E8 08 20 05	00 10 00 10
8180:	8B F2 56 0E	F0 EB 03 D6	01 CE E6 11	06 E3 E5 F0
8190:	0E 46 EE F0	E9 13 E6 12	01 31 10 C2	42 F3 54 52
81A0:	00 EB 03 47	E5 80 20 15	31 00 D6 01	CE 00 11 EB
81B0:	0C 80 00 3A	20 04 BF 20	07 BF 20 0F	A6 0F 1F 78
81C0:	06 E6 0F 18	E6 01 00 EF	10 01 E5 0F	02 BF 6C 04
81D0:	20 05 20 05	20 05 11 05	00 05 11 05	00 05 11 05
81E0:	00 05 11 05	6A EA 00 10	AF FF FF FF	FF FF FF FF
81F0:	3F 06 58 4F	66 6D 7D 07	7F 6F 77 7C	FF FF FF FF

2. Arbeitsweise des Zählers

Der Zähler besteht aus 2 Teilerketten zu je 24 bit (Bild 1). 16 bit werden durch $4 \times DL 193$ gezählt. Die restlichen 8 bit werden softwaremäßig realisiert, wobei das 8 bit als Überlauf behandelt wird. Nach dem Rücksetzen aller DL 193 durch den START-Impuls schaltet der 1. Impuls der zu messenden Frequenz den Zähler ein. Beide Teilerketten arbeiten so lange, bis bei der 1. ein Überlauf auftritt. Daraufhin sendet der EMR das STOP-Signal. Der nächste Impuls der Meßfrequenz beendet das Zählen (Bild 2). Nun werden die Zählerstände der DL 193 nacheinander abgefragt, indem die dazwischen liegenden Zähler auf Laden geschaltet werden (Bild 3). Ausgewertet wird nach der Formel

$$f_x = f_Q \frac{Z_x}{Z_Q}$$

f_x – Meßfrequenz,
 f_Q – Quarzfrequenz,
 Z_x, Z_Q – Zählerstände

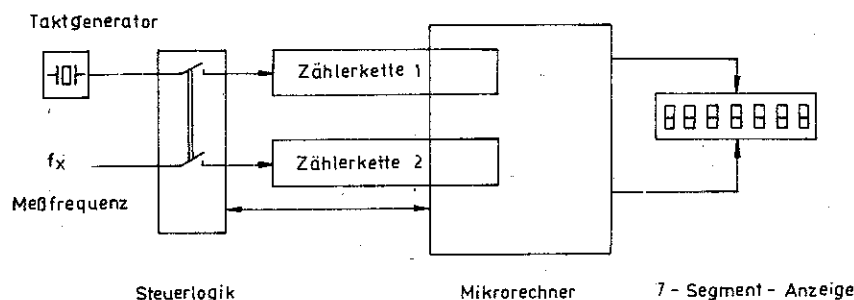


Bild 1
Übersichtsschaltplan des
Zählers

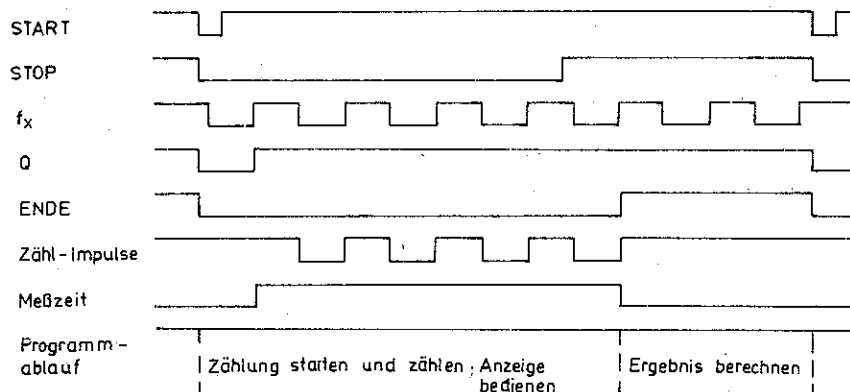
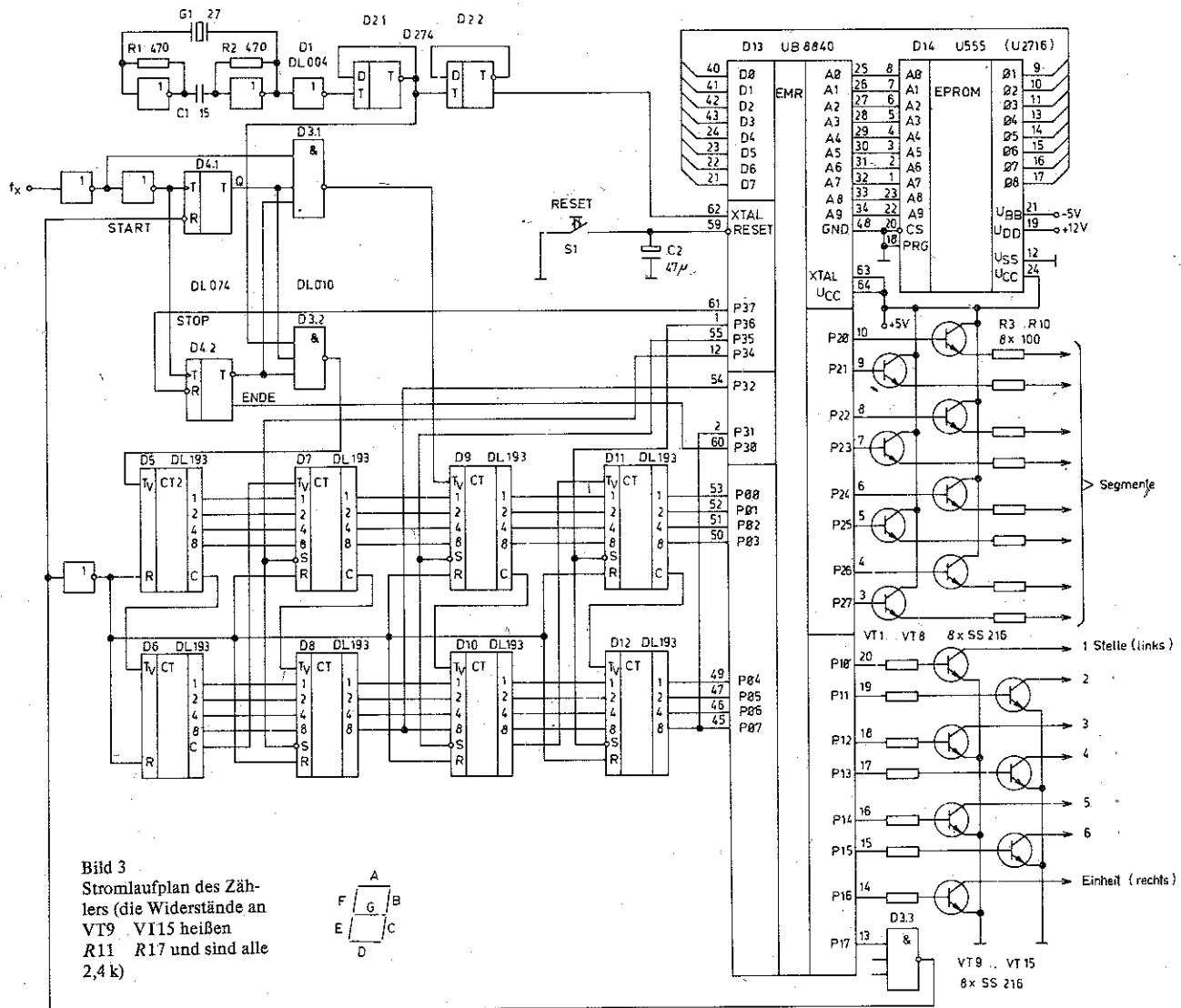


Bild 2
Zeitablauf eines Zählzyklus



Das Ergebnis wird in eine Dezimalzahl umgerechnet und angezeigt. Dazu verwendet man eine 7stellige LED-Anzeige. Das Verfahren hat den Vorteil, daß jede Frequenz im Bereich von 1 Hz bis 25 MHz ohne Umschalten mit einer Genauigkeit von 6 Stellen angezeigt werden kann. Die letzte Stelle der Anzeige wird zur Darstellung des Meßbereichs benutzt. M bedeutet MHz, H bedeutet Hz. Wenn keine Impulse anliegen, erscheint ein U (Überlauf).

Zur Steuerung des Zählers wurde das Programm in der Assemblersprache des EMR entwickelt. Tabelle 1 zeigt seinen Aufbau. In Tabelle 2 wird das vollständige Programm als Hex-Dump dargestellt.

3. Schaltungsaufbau

Insgesamt werden 14 IC benötigt, die auf einer doppelseitigen Leiterplatte von 95 mm × 120 mm Platz finden (Bild 4 und Bild 5). Als Programmspeicher können die EPROM U 555 C oder U 2716 C verwendet werden. Die Programmlänge beträgt nur 512 byte. Der U 555 C hat allerdings den Nachteil, daß 3 unterschiedliche Versorgungsspannungen benötigt werden. Beim U 2716 C vereinfacht sich die Stromversorgung, da man mit 5 V auskommt. Wenn die Schaltung mit Standard-TTL aufgebaut wird, nimmt sie etwa 1 A auf. Mit LS-TTL verringert sich die Stromaufnahme auf etwa 400 mA, was leider immer noch zuviel für Batteriebetrieb ist. Den größten Anteil (180 mA) beansprucht der EMR. Er nimmt im Betrieb eine relativ hohe Temperatur an.

Der Schaltungsaufbau insgesamt ist unkritisch. Allerdings muß die Stromversorgung gegen Störimpulse gut abgeblockt werden. Dazu werden Keramik Kondensatoren von 10 nF direkt auf die

Stromversorgungsanschlüsse der IC gelötet (s. Bestückungsplan Bild 6). Die RESET-Taste wird nur bei eventuellen Abstürzen des EMR benötigt. Sie kann im allgemeinen entfallen.

Der Eingang f des Zählers kann nur TTL-Signale verarbeiten. Auf eine Darstellung eines Triggers, der beliebige Signale TTL-gerecht umformt, wurde bewußt verzichtet. Da jeder Trigger seine Vor- und Nachteile hat, muß sich der Anwender aus den reichlich vorhandenen Veröffentlichungen zu dieser Thematik den Trigger herausuchen, der seinen Anforderungen am besten entspricht.

(Anmerkung der Herausgeber: In der 4. Lieferung der Schaltungssammlung ist auf Blatt 3-1 und Blatt 3-2 ein Vorverstärker für digitale Zähler beschrieben!)

4. Ziffernanzeige

Die Ziffernanzeige arbeitet im Multiplexbetrieb. Der EMR übernimmt dabei die gesamte Steuerung und Dekodierung, so daß man außer den Treibertransistoren keine weiteren Bauelemente benötigt. Der interne Zeitgeber löst alle 2 ms einen Interrupt aus. Dabei wird das nächste Digit der Anzeige angesteuert (Tor 1), und für Tor 2 wird ein neues bit-Muster bereitgestellt.

Als Lichtemitteranzeigen sind VQB 17, VQB 27, VQB 37 und VQE 23 geeignet (gemeinsame Katoden). Im Mustergerät wurde eine alte Taschenrechneranzeige eingesetzt. Die 7. Stelle der Anzeige kann auch durch 3 LED ersetzt werden: MHz – Segment A, kHz – Segment G und Überlauf – Segment D.

Sowohl Stellen als auch Segmente erhalten einen H-Impuls, wenn sie angesteuert werden. Damit besteht auch die Möglichkeit, durch einen entsprechenden Anschluß der Treiber Anzeigen mit gemeinsamen Anoden zu verwenden.

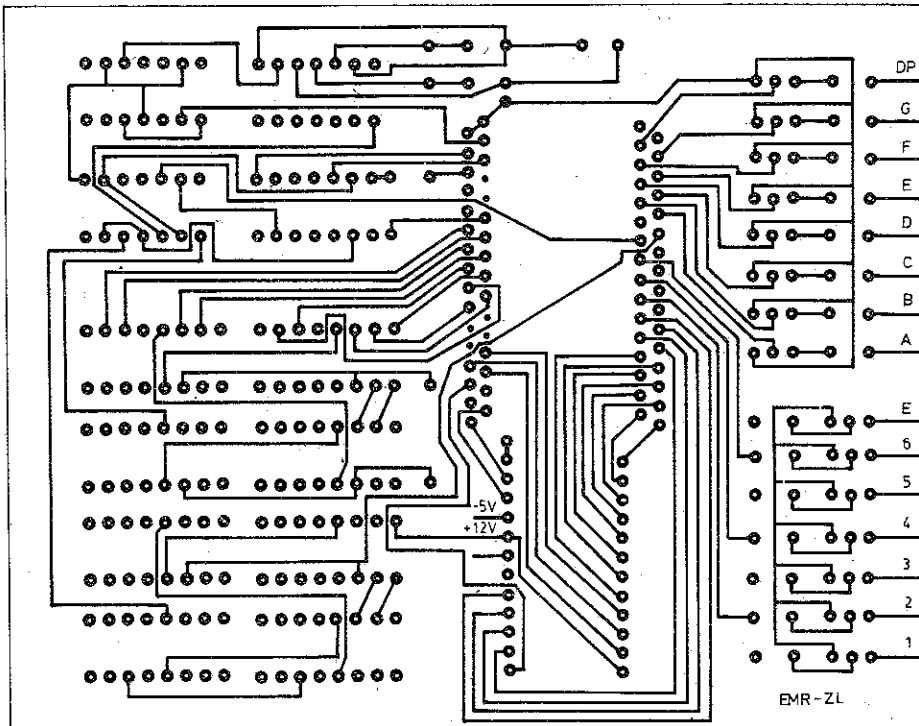


Bild 4 Leiterseite der Leiterplatte des Zählers nach Bild 3

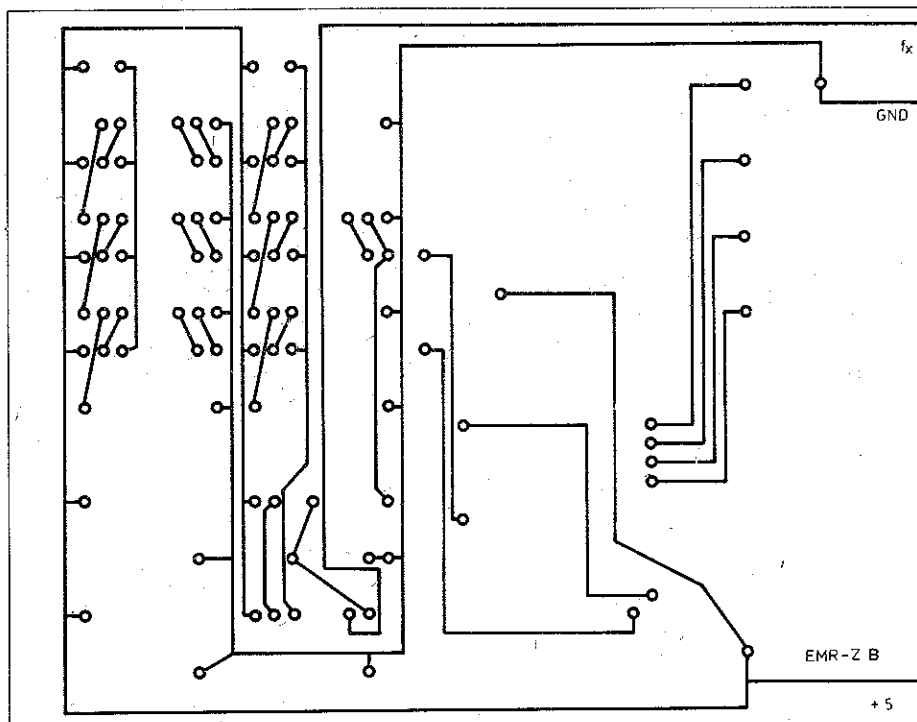


Bild 5 Bestückungsseite der Leiterplatte

Schaltungssammlung für den Amateur, 5. Lieferung
Universalzähler mit EMR

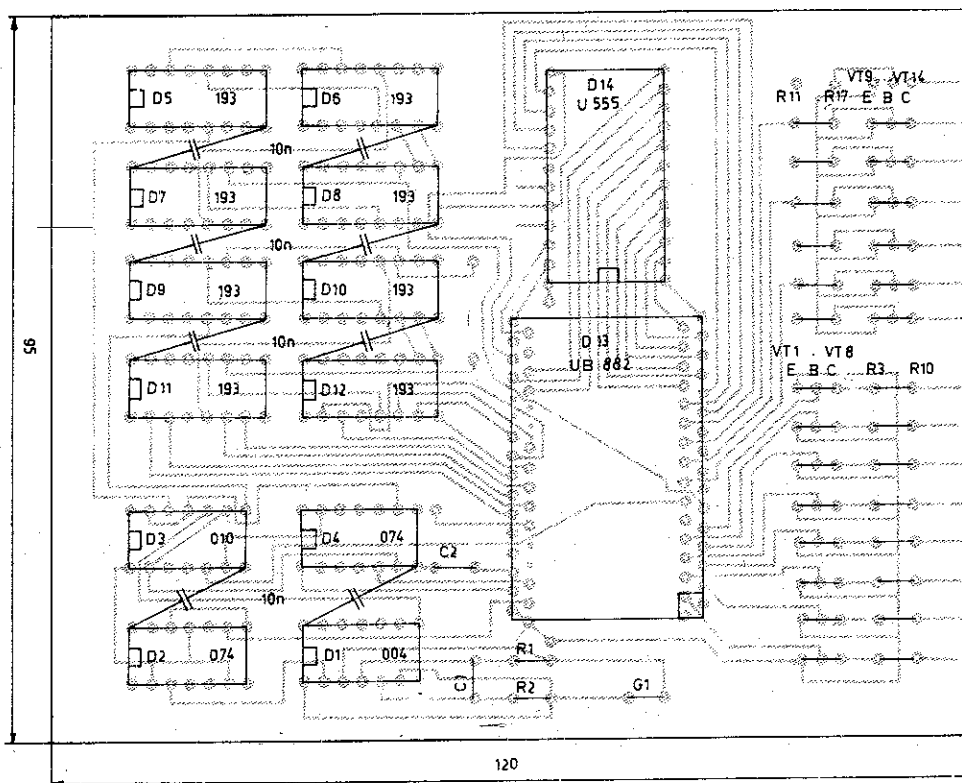
Bl 5/1/2

Auf der Leiterseite sind Fehler enthalten:

Leiterseite: Verbindung zwischen Pin 52 von D 13 und Pin 3 von D 11 sowie zwischen Pin 53 von D 13 und Pin von D 11 auftrennen und wie folgt ändern: Pin 52 von D 13 an Pin 2 von D 11; Pin 53 von D 13 an Pin 3 von D 11. Verbindung zwischen Pin 10 von D 3 und Pin 8 von D 1 trennen, dafür Pin 10 von D 3 mit Pin 9/10 von D 1 verbinden. Pin 18 von D 14 ist an Masse zu legen. Bei Einsatz eines U 2716 sind die Pins 18, 19 und 20 mit Masse zu verbinden.

Bestückungsseite: Der Leiterzug für fx ist vom Pin 8 des D 1 zu trennen und dafür an Pin 11 von D 1 anzuschließen.

B. Rabich



Da die Gefahr besteht, daß bei einem Aussteigen des Rechners die Anzeige auf einer Stelle stehenbleibt, darf der maximale Strom je Segment 20 mA nicht wesentlich überschreiten, um eine Zerstörung der Anzeige zu verhindern

5. Anpassung an andere Quarzfrequenzen

Als Schwingquarz wurde ein Fernsteuerquarz von 26,8 MHz eingesetzt (kleine Ausführung). Diese Frequenz ist fest im Programm des EMR vereinbart. Wenn man eine andere Frequenz benutzen möchte, müssen die betreffenden Zellen im EPROM geändert werden. Vorher muß man die Frequenz in eine Hexadezimalzahl umwandeln. Dafür gibt es einen einfachen Algorithmus (Tabelle 3). Zunächst wird die Frequenz durch 2 geteilt. Damit berücksichtigt man D2.1. Das Ergebnis wird durch 16 dividiert. Vom Resultat werden die Stellen vor dem Komma für die Weiterverarbeitung abgetrennt. Die Stellen hinter dem Komma, wieder mit 16 multipliziert, ergeben den Rest. Dieses Verfahren wird 6mal wiederholt. Die 6 Reste, von hinten nach vorn gelesen, ergeben die Frequenz als Hexadezimalzahl (im Beispiel 0CC77C0H). Die ersten beiden Stellen kommen in Zelle 07FH des Programms, die mittleren in 082H und die letzten beiden Stellen nach 085H.

Bei der Auswahl eines Quarzes ist zu beachten, daß die zu messende Frequenz nicht höher sein kann als das Doppelte der Taktfrequenz des EMR. Die untere Grenze liegt bei 4 MHz. Dann muß man D2 1 umgehen und kann Frequenzen bis 8 MHz messen.

6. Inbetriebnahme

Nach Bestücken und Sichtkontrolle der Leiterplatte wird die Stromaufnahme kontrolliert. Sie darf bei LS-TTL 500 mA nicht übersteigen. Dann kann die Anzeige angeschlossen werden. Bei einem ordnungsgemäßen Aufbau erscheint in der 7. Stelle ein U. Wenn die Anzeige dunkel bleibt, sollte man die Schaltung in folgenden Schritten kontrollieren:

- Schwingt der Taktgenerator?
- Sendet der EMR Adressenimpulse aus?
- Liefert der EPROM Daten?
- Arbeiten die Treiber?

Dabei leistet ein Oszillograf gute Dienste. Wenn das U erscheint, verbindet man den Eingang f mit dem Ausgang von D2.1. Nun muß die halbe Quarzfrequenz auf der Anzeige erscheinen. In

Tabelle 3 Rechenalgorithmus bei Veränderung der Quarzfrequenz

Ganzer Teil	Gebrochener Rest Teil	Hex	Faktor	Kontrolle
13 400 000				
837 500	0	0	1	0
52 343	0,75	12	C	16
3 271	0,4375	7	7	256
204	0,4375	7	7	4096
12	0,75	12	C	65 535
0	0,75	12	C	1 048 576
				+ 12 582 912
				<u>13 400 000</u>

diesem Fall ist die Schaltung in Ordnung. Andernfalls steckt ein Fehler in den Zählern oder in der Steuerlogik. Wenn eine falsche Frequenz erscheint, kann das allerdings auch daran liegen, daß sich bei der Umrechnung ein Fehler eingeschlichen hat.

Um den Zähler zu eichen, muß er mit einer genau bekannten Frequenz getestet werden. Dazu eignet sich die Zeilenfrequenz des **DDR-Fernsehens**. Sie beträgt genau 15 625 Hz und wird bei Testbildern durch eine Atomuhr stabilisiert.

Eichen kann man durch einen Trimmkondensator in Reihe mit dem Quarz oder rein digital durch geringfügiges Verändern der im EPROM gespeicherten Quarzfrequenz.

7. Anwendungen

Für den Einsatz des Zählers gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Denkbar ist der Einbau in ein taschenrechnerähnliches Gehäuse, wobei das Netzteil im Netzstecker untergebracht wird. Man erhält ein handliches Meßgerät, das auch mit einer Prüfspitze ausgerüstet werden kann.

Eine andere Anwendung ist der Einbau in einen Oszillografen, wobei der Eingang des Zählers mit dem Ausgang des Triggers verbunden wird. So kann man außer der Kurvenform auch ständig die Frequenz beobachten. Günstig ist dabei, daß wegen der automatischen Meßbereichumschaltung keine zusätzlichen Bedienelemente benötigt werden.

Literatur

- [1] W. Bennewitz/H. Podszuweit, Programmierung von Einchipmikrorechnern, Berlin 1985.
[2] H. Kieser/M. Bänkel, Einchipmikrorechner, Berlin 1986