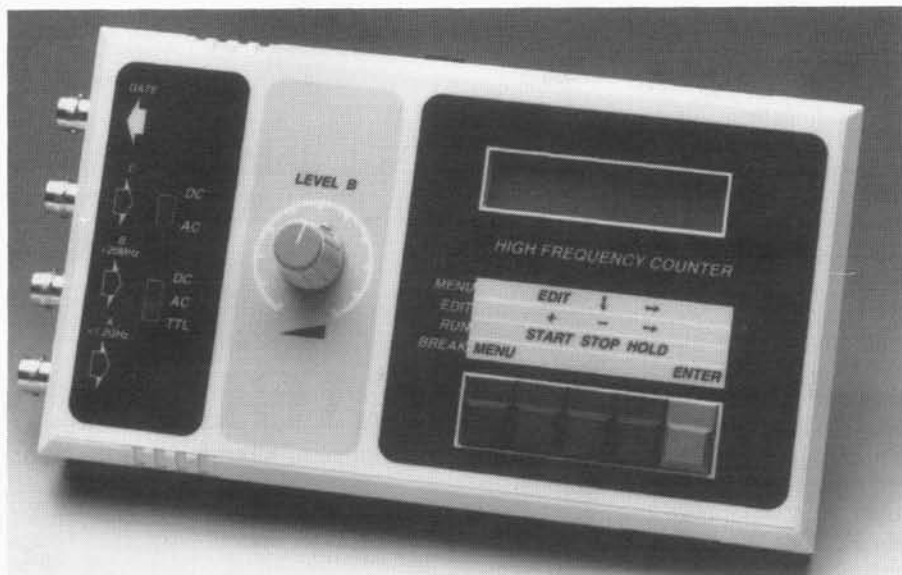


GHZ-UNIVERSALZÄHLER

**Der ultimative batteriebetriebene Zähler/Rechteckgenerator im Taschenformat.
Teil 1: Schaltung und Aufbau**

Von Dipl.-Ing. Bernhard C. Zschocke



Jedes bessere Meßgerät, das heutzutage entwickelt wird, ist mit mindestens einem Prozessor bestückt. Daher sind auch wir von vorneherein davon ausgegangen, unser neuestes Frequenzzählerprojekt um einen Mikrocontroller herum zu bauen. Bei der Festlegung der Features kam dann eins zum anderen: Aus dem ursprünglich vorgesehenen einfachen Frequenzzähler wurde ein universelles Kombigerät, das auch noch Impulse und Periodendauern anzeigen kann. Und da intern sowieso ein Quarz als Taktgeber sitzt, ist die präzise Rechtecksignalausgabe eigentlich auch kein Problem. Was schlußendlich dabei herausgekommen ist, läßt sich in einem Artikel allein schon gar nicht mehr beschreiben: Die Liste der Möglichkeiten ist lang!

Die Auswahl des geeigneten Prozessors fiel nicht schwer. Der Mikrocontroller 8032 von Intel bietet sich dank des geringen Stromverbrauchs der CMOS-Version für ein batteriebetriebenes Gerät an. Als Mikrocontroller verfügt er on-chip über die nötigen Ports, um eine 2-zeilige LC-Anzeige, die Meßperipherie und nebenbei eine serielle Schnittstelle für den Datenaustausch steuern zu können. Die zusätzliche Hardware beschränkt sich daher auf einige Gatter, ein EPROM als Programmspeicher, den analogen Signalaufbereitungsteil und eine LC-Anzeigeeinheit. Über das LCD-Modul wird nicht nur der aktuelle

Meßwert angezeigt, sondern auch eine komfortable Menüsteuerung zur Wahl der Betriebsart und zur Vorgabe von Parametern realisiert. Wenn beim Nachbau einer computer-gesteuerten Schaltung irgendetwas nicht auf Anhieb funktioniert, steht man zuerst einmal vor dem Problem, herauszufinden, ob der Fehler in der Hard- oder der Software liegt. Dem haben wir diesmal vorgebaut: Wenn unser Frequenzzähler beim ersten Einschalten aufgrund irgendwelcher Baufehler nicht laufen sollte, ist das kein Beinbruch. Eine Menge verschiedener Test-routinen im EPROM erlaubt die schritt-

weise Überprüfung und Inbetriebnahme jeder einzelnen Funktionsgruppe.

Blöcke

Der 80C32 ist intern mit 3 Zählern ausgestattet. Was liegt da näher, als diese für einen Frequenzzähler zu verwenden. Einer kann die Torzeit vorgeben, ein zweiter die Impulse zählen. Leider hat diese Sache ein Haken: Die maximale Frequenz, die gezählt werden kann, beträgt weniger als 1/24 der Oszillator-Frequenz. Das ist natürlich für einen GHz-Zähler viel zu wenig. Mit IC5 als externe Erweiterung kann diese Beschränkung umgangen werden. Die Blockschaltung in **Bild 1** zeigt, wie es gemacht ist. Zwei verschiedene Signalwege sind möglich: entweder über Kanal A und einen GHz-Vorteiler (IC10), oder über Kanal B und den Vorverstärker (T1/T4/T5). Ein Multiplexer wählt eins der Signale aus und liefert es an den Clockeingang eines *Precounters*. Der Übertrag-Ausgang dieses Zählers sorgt für einen ausreichend langen Puls am Eingang des internen Zählers im Mikrocontroller IC3A. Der Zählvorgang des *Precounters* wird vom Mikrocontroller (über P1.7) gesteuert. Der Mikrocontroller liefert also das Gate-Signal, das verstärkt auch am Gate-Ausgang des Gerätes zur Verfügung steht, und produziert auch im *Rechteckgenerator*-Betrieb das Signal.

Zur Festlegung verschiedener Triggerbedingungen (positive oder negative Flanke) dient Kanal C, der zu den Interrupt-Eingängen des Mikrocontrollers führt. Dadurch können via Software beide Signalfanken des Eingangssignals als Triggerbedingung ausgewählt werden.

Der Frequenzzähler arbeitet nach dem reziproken Frequenzzählprinzip. Hierbei wird über eine vorgegebene Torzeit die zu messende Frequenz und die Referenzfrequenz (dies übernimmt der dritte Zähler des Mikrocontrollers) gemessen. Anschließend kann man durch einfache Division der beiden Zählerstände und anschließender Multiplikation des Ergebnisses mit dem bekannten Wert der Referenzfrequenz die Meßsignalfrequenz errechnen. Bei geeigneter Synchronisation der Torzeit mit der zu messenden Frequenz können auch niedrige Frequenzen sehr genau gemessen werden. Aber das Meßprinzip soll hier nicht Gegenstand der Betrachtung sein. Der zugrundeliegenden Theorie der vom Frequenzzähler verwendeten Meßmethode gönnen wir noch einen eigenen Artikel.

Die Schaltung im Detail

Die Elemente des Blockschaltbilds lassen sich in der Schaltung in **Bild 2** leicht wiederfinden, weshalb wir im folgenden nur auf die Besonderheiten eingehen.

Der **Eingang A** ist für hohe Frequenzen (>20 MHz) vorgesehen. Das Signal gelangt über die Koppelkondensatoren C22/C23 an den GHz-Vorteiler. Die Schottky-Dioden D12 und D13 begrenzen die Signalamplitude auf maximal $\pm 0,3$ V. Als Vorteileiler eignen sich unter-

schiedliche IC-Typen von verschiedenen Herstellern.

Leider schwingen einige (SDA4212, U664B, SAB6465, SP4731, die ersten drei Typen sind nur noch als Restposten erhältlich), wenn kein Signal anliegt. Der Frequenzzähler zeigt dann irgendeine Phantasie-Frequenz an. Andere ICs wie der SP6433 arbeiten zwar auch bei fehlendem Eingangssignal stabil, bieten aber erst jenseits von 50 MHz eine ausreichende Verstärkung.

Der HF-Transistor T9 bringt das Vorteiler-Ausgangssignal auf TTL-Niveau. Da die Vorteiler-ICs fast durchweg 50 mA Strom aufnehmen, ist mit dem FET T6 eine Abschaltung der IC-Versorgungsspannung vorgesehen. Wenn man also keine hohen Frequenzen messen will - was man der Controller-Software schließlich via Menüauswahl mitgeteilt hat - bleibt der Vorteiler ausgeschaltet und die Batterie entlastet.

Eingang B ist für Signale unter etwa 20 MHz ausgelegt. Am Schalter S9, mit dem zwischen *Kein Vorverstärker* (TTL), AC- oder DC-Kopplung gewählt werden kann, gelangt das Meßsignal entweder direkt auf Pin 13 von IC1d oder über R10, die Schutzdioden D10 und D11 an ein Gate des Dual-Gate-MOSFET T4. Mit Poti P3 kann der Arbeitspunkt des Transistors eingestellt und damit die Verstärkung gewählt werden. T4 und T1 passen das verstärkte und rechteckförmig begrenzte Signal an das TTL-Niveau an. Der Verstärker reagiert sehr sensibel auf die Stromversorgung, weswegen diese mit C17 und C18 entkoppelt wird. Auch hier läßt sich die Eingangsstufe mit T3 abschalten. Poti P2 dient zur Begrenzung des Einstellbereiches von P3.

Nach **Eingang C** folgt kein Vorverstärker. Um dennoch eine möglichst hohe Empfindlichkeit zu erreichen, wird der Ruhepegel mit Poti P4 über Widerstand R1 auf die Mitte zwischen der unteren und oberen Schwellspannung von IC1a gestellt. Dies hat jedoch nur bei Schalterstellung AC von S8 eine Wirkung. R16 und D14/D15 dienen auch hier zum Schutz des Eingangs.

Der Eingangsmultiplexer von Kanal A und Kanal B ist mit einem Teil des De-

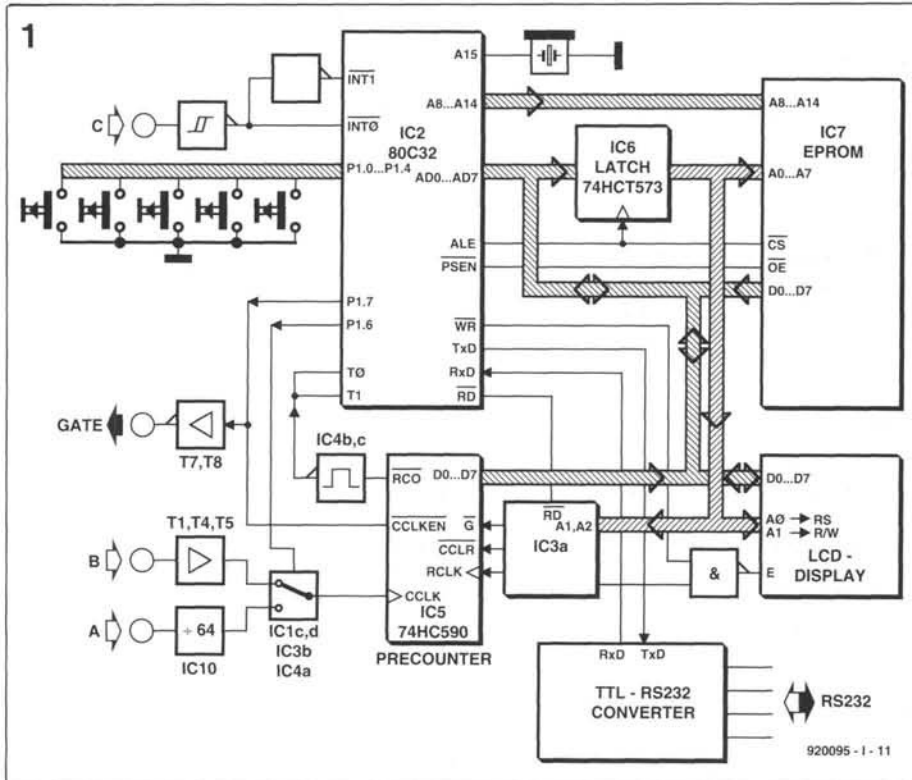


Bild 1. Das Blockschaltbild

Anzeige

Boardmaker

Leiterplatten-Layout, Schaltungs-CAD und Autorouter ab 295 DM

Von Dipl.-Ing.(FH) Ralf Göbel

Für alle Elektronik-Entwickler, die Ihre Platinen per Computer entflechten wollen, jedoch bisher die Kosten hierfür gescheut haben gibt es die leistungsfähige und preiswerte Software Boardmaker jetzt endlich mit einem 350 Seiten starken deutschen Handbuch.

Warum soll Elektronik CAD Software eigentlich mehr kosten als ein leistungsfähiges Textverarbeitungsprogramm? Diese Frage hat sich 1988 in Cambridge (UK) ein Team von Elektronik- und Software-spezialisten gestellt und als Antwort darauf Boardmaker entwickelt. Das Ergebnis konnte sich gleich von Anfang sehen lassen und mittlerweile ist die Software weltweit zigtausendfach bei Elektronik-Ingenieuren im Einsatz.

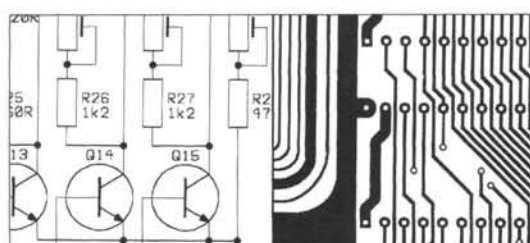
Die Gründe für diesen überwältigenden Erfolg und die Zufriedenheit der Anwender sind die Qualität und die leichte

Bedienbarkeit der Software, die es selbst dem Amateur in kürzester Zeit ermöglicht pro-

fessionelle Leiterplatten-Layouts zu erstellen. Mit Boardmaker können auf praktisch jedem PC/AT Schaltpläne gezeichnet und Leiterplatten entflochten werden, die den aktuellen Industrieanforderungen genügen - von der einseitigen Platine bis zum komplizierten Multilayer, mit konventionellen oder den neuen SMD-Bauelementen. Mit ein Grund für die Boardmaker Erfolg-story ist freilich auch das revolutionäre Preis-/Leistungsverhältnis des Systems. Boardmaker ist so preiswert, daß auch Amateure endlich professionell arbeiten können. Dabei findet man viele der Boardmaker Funktionen, wie beispielsweise kreisförmige Leiterbahn-segmente und einen rasterlosen Autorouter nicht einmal bei vielfach teureren Systemen.

Boardmaker ist außerdem sehr komplett ausgestattet: Bauteilbibliotheken und Treiber für Gerber Fotoplotter, NC-Bohrmaschinen, Drucker, Plotter und Postscript Satz-belichter sind im Kaufpreis bereits mitenthalten. (at)

Kritische Anwender können sich vor dem Kauf der Vollversion mit dem Boardmaker Demopakete von der Leistungsfähigkeit des Programms überzeugen. Das Demopakete enthält für 25 DM das 350-seitige deutsche Handbuch und eine Testversion der Software.



Schaltpläne zeichnen, Platinen Layouts entflechten und Autorouten - Boardmaker bietet alle Funktionen in einem Programm und ist ab 295 DM jetzt mit deutschem Handbuch lieferbar. Das komplette Demopakete (einschließlich 350-Seiten Handbuch) kostet nur 25 DM.

Boardmaker-Pakete

Demo-Paket (einschließlich dem 350-Seiten starken, deutschen Original Handbuch)	25 DM
Boardmaker I (Schaltungs-CAD & Layout)	295DM
Boardmaker II (+ Einlesen von Netzlisten)	595DM
Boardrouter (rasterloser Autorouter)	595DM
BoardmakerII/Boardrouter (Vorzugs-Komplettpaket)	995DM

Preise ab Lager. Bei Vorausscheck oder bei Kreditkarten-Vorkasse (VISA/EuroCard) Lieferung frei Haus. Bei Lieferung durch Nachnahme zuzüglich 7,50 DM Versandkosten (Ausland 19,50 DM). Wir liefern schnell und zuverlässig per UPS.

Rudolf-Plank-Straße 21 Postf. 142 W-7505 Ettlingen
Tel.: 07243/31048 Fax: 07243/30080

ASIX
TECHNOLOGY GMBH

Kostenlos bestellen:
0130/84 66 88

multiplexer IC3 aufgebaut. Das Signal von Kanal A, aufbereitet und negiert durch IC1C, wird durch den Enable-Eingang (Pin 15) freigegeben und auf einen der Ausgänge 0 bis 3 durchgeschaltet. Die Eingänge A und B selektieren den jeweiligen Ausgang. Da das Signal aber ebenfalls an einem Select-Eingang liegt, wechselt ständig der Ausgang (Pin 12/Pin 11). Liegt nun ein Low-Pegel am Enable-Eingang, so entspricht das Signal an Ausgang 0 dem Eingangssignal und an Ausgang 1 dem negierten Eingangssignal. Liegt am Enable-Eingang ein High-Pegel, so sind alle Ausgänge High. Gleichzeitig wird IC1D und somit Kanal B freigegeben. IC4A faßt die verschiedenen Signalwege zusammen.

IC4B und IC4C bilden ein Monoflop zur Impulsverlängerung vom Übertragspuls des externen Zähler IC5. Die Pulsdauer wird durch C4 und R3 bestimmt, D1 und R2 dienen zum Schutz von Eingang und Ausgang am Ende des Pulses. Ist der Übertragspuls ohnehin *länger* als die Monoflopzeit, dann hat das Monoflop natürlich keine Funktion.

T7 und T8 sorgen für die nötige Belastbarkeit am Gate-Ausgang. Die Widerstände R4 und R5 begrenzen die Drain/Source-Ströme der Feldeffekt-Transistoren soweit, daß der Ausgang kurzschlußfest ist.

Der **TTL/RS232-Konverter** ist mit IC8 und Transistor T2 aufgebaut und benötigt keine gesonderte ± 12 -V-Spannungsversorgung, da er die nötigen Spannungen der Schnittstelle entnimmt. Ist die Schnittstelle vom PC her initialisiert, dann liegt TX im Ruhezustand auf -12V und die RTS-Leitung auf +12V. Über D5 liegt -12 V am Kondensator C20 und über die Diode D6 +12 V am Kondensator C15.

Die beiden Kondensatoren puffern die Spannungen. Die Dioden D2 und D4 schützen die Schaltung bei nicht angeschlossener oder fehlerhaft initialisierter Schnittstelle. IC8 setzt das Sendesignal vom Mikrocontroller auf RS232-Pegel um. Der Spannungsabfall von etwa 2 V über der Leuchtdiode D3 dient dabei als Referenzspannung. Das vom PC kommende TxD-Signal wird von R8 ausgekoppelt, von Diode D7 auf maximal +15 V begrenzt und nach Invertierung mit Transistor T2 mit dem RxD-Eingang des Mikrocontrollers verbunden. Da im Controller intern bereits Pull-up-Widerstände integriert sind, ist hier ein externer Pull-up nicht mehr nötig.

Etwas ungewöhnlich ist die Tonerzeugung mit dem Piezosignalgeber Bz1. Eine flache Piezokristall-Scheibe (nicht etwa ein Piezo-Summer mit eingebauter Elektronik) ist an die Adreßleitung

Ausstattung:

- 2 Eingänge AC/DC-Kopplung wählbar
- 1 TTL-Eingang
- Gate-Ausgang (kurzschlußfest)
- Serielle Schnittstelle zur Steuerung über PC
- Erweiterungsport
- Batteriebetrieb
- Signal-Tongeber
- 16-stellige alphanumerische Anzeige, 2-zeilig
- Handliches Format (flaches Europakartengehäuse)

Leistungsumfang:

als Meßgerät:

- Frequenz von 1 mHz bis 1,2 GHz
- 1/Frequenz (Periodendauer) von 1 ps bis 4000 s
- Drehzahl von 0,001 Upm bis $4 \cdot 10^6$ Upm
- Impulse von 1 bis $4 \cdot 10^9$
- Up-/Down-Counter von 1 bis $\pm 4 \cdot 10^9$
- Zero-Counter von 1 bis $4 \cdot 10^9$

als Generator:

- Zeitgeber von 1 μ s bis 4000 Sekunden
- Impulsgenerator von 8500 s (0,117 mHz) bis 4 μ s (250kHz)
- Tastverhältnis von 1:1 bis $1:4 \cdot 10^9$
- Periodenanzahl $1 \dots 4 \cdot 10^9$

Einstellungen:

- Einzel-Messung, kontinuierliches Messen
- gleitende Torzeit
- Anzeige von Zwischenergebnissen bei der Messung
- Periodenanalyse (Genaue Messung von niedrigen Frequenzen bei kurzen Torzeiten)
- Ruhepegel
- Pulpolarität
- Signaltongeber

Testroutinen:

- LCD-Test
- Main-Test
- Test Serielles Interface

A15 angeschlossen. Da A15 nicht ausdekodiert wird, ist der Inhalt des 32-KByte großen EPROMs in den oberen Adreßraum gespiegelt. Diese Tatsache wird mit folgender Routine zur Tonerzeugung ausgenutzt:

```
Gib Ton: push ACC; verwendete Register
         retten
         push DPL;
         clr A; Register löschen
         mov DPL, A;

GT1:    djnz DPL, $; 512  $\mu$ s warten
         ljmp GT2 + #8000H; A15 setzen

GT2:    djnz DPL, $; 512  $\mu$ s warten
         ljmp GT3; A15 zurücksetzen

GT3:    djnz ACC, GT1; Tondauer 256 Perioden

pop DPL ; Inhalt der Register wiederherstellen
pop ACC;
ret; fertig
```

Aufbau

Für den Zähler wurde eine Platine entwickelt (**Bild 3**), die in ein flaches Europa-Platinen-Gehäuse paßt. Mit ihr dürfte der Aufbau ohne Probleme möglich sein. Wer einen anderen Aufbau wählt, der muß darauf achten, daß der Vorverstärker von Kanal B (die Bauteile von T1, T3...T5) und der Vorteiler von Kanal A (alles um IC10 und T9) unbedingt **abgeschirmt** werden muß. Die Störeinstrahlung vom Digitalteil würde sonst ein genaues Messen unmöglich machen.

Zurück zur Platine. Als erstes muß der Teil für die Tastatur abgebrochen werden. Der frei werdende Raum wird später von der 9-V-Batteriehalterbox benötigt. Es empfiehlt sich, dies durch den testweisen Einbau der unbestückten Platine in das Gehäuse zu überprüfen. Anschließend wird die Tastatur bestückt und gelötet. Da sie später huckepack auf die Hauptplatine montiert wird, sind die Anschlußdrähte der Ta-

2

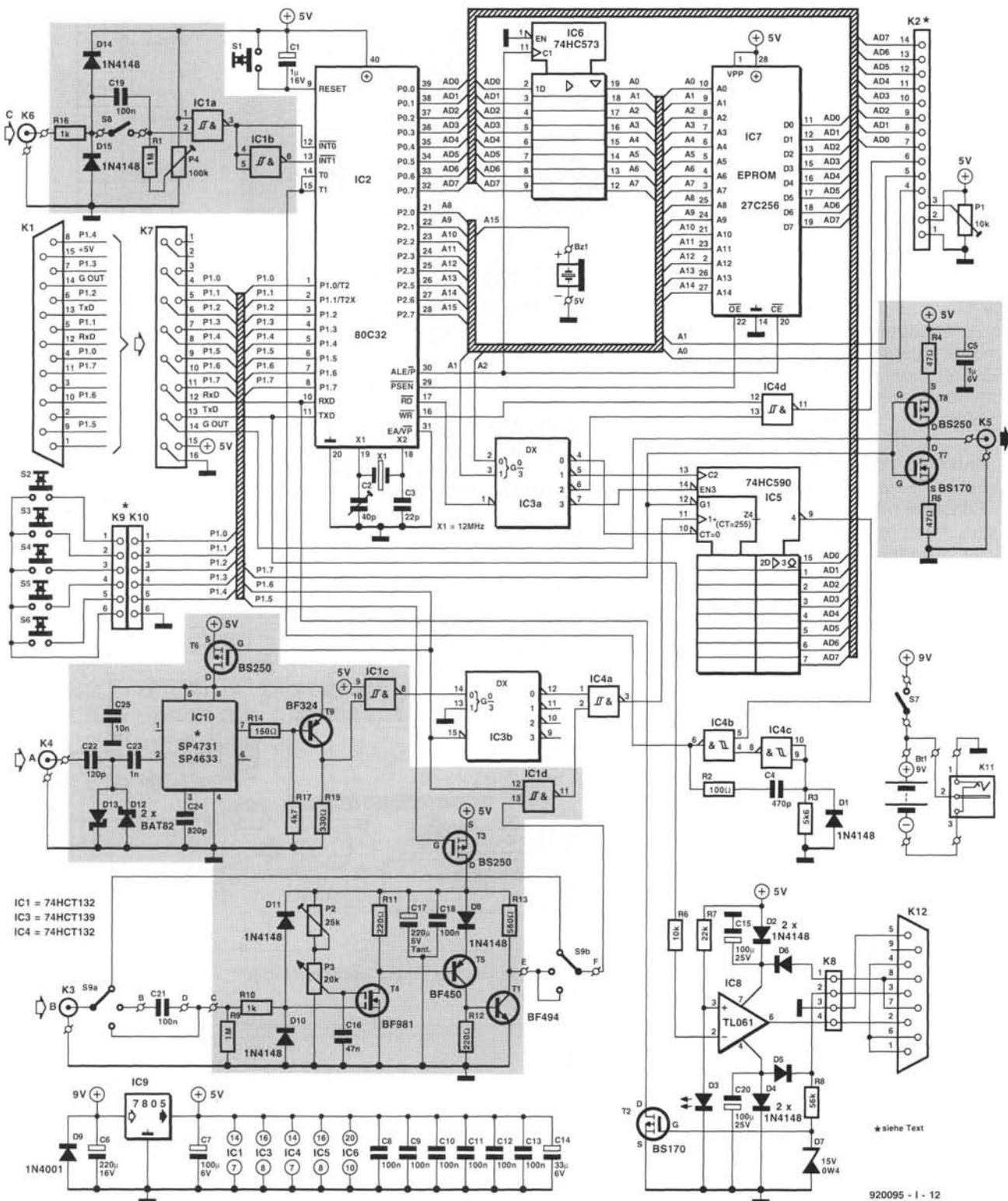


Bild 2. Die Elemente des Blockschaltbildes lassen sich im Schaltbild leicht wiederfinden.

ster so kurz wie irgend möglich zu halten.

Die Gehäuseaussparungen für Tastatur, LC-Anzeige und Schiebeschalter sowie die Bohrungen für Poti P1, P3 und den Reset-Taster S1 sollte man vor

dem Bestücken der Hauptplatine anbringen, damit jederzeit die Bauhöhe der eingelöteten Teile überprüft werden kann. Wenn entsprechend flache Bauteile für den Taster S1 beziehungsweise Poti P1 verfügbar sind, dann empfiehlt

es sich, beide auf der Lötseite zu bestücken und die zugehörigen Bohrungen auf der Gehäuseunterseite vorzusehen. Zur Erleichterung der mechanischen Arbeiten haben wir in **Bild 4** eine Bohrschablone abgedruckt. Nachdem

das Gehäuse vorbereitet ist, werden die LC-Anzeige und die bestückte Tastaturplatte probeweise auf die Hauptplatine geschraubt und mit Abstandsrollchen in der Höhe angepaßt. Zuerst wird die Platine mit allen Widerständen, allen Dioden bis auf D3 und mit dem Transistor T4 bestückt und diese dann festgelötet. Achten Sie darauf, daß im Bereich des Vorverstärkers/teilers keine Kurzschlüsse mit der Abschirmung entstehen und daß T4 so eng wie möglich montiert ist. Anschließend werden die IC-Fassungen eingelötet. Erst jetzt werden die restlichen Bauteile (ohne eventuelle Lötnägel) bestückt und festgelötet.

Um die LC-Anzeige und die Tastaturplatte einwandfrei montieren zu können, müssen gegebenenfalls die Plastik-Füßchen vom Trimmkondensator C2 abgetrennt werden. Die LED D3 kommt bündig auf die Platinenoberseite.

Zum Anschluß der Tastaturplatte braucht man *keine* Drähte einzulöten. Eine einreihige Buchsenleiste K10 reicht aus, wenn man die zugehörigen Stiftleisten an der Tastaturplatte so einlötet, daß diese bei der Huckepack-Montage ausreichend tief in der Buchsenleiste stecken. Beim Display klappt das leider nicht, da die Anschlüsse nicht exakt übereinanderliegen.

Mit Ausnahme der Schalter S7, S8 und S9 sind für alle Schalter entsprechende Bohrungen auf der Platine vorgesehen. Für S9 wird ein doppelreihiger Schiebescalter mit drei Stellungen verwendet werden. Die Verdrahtung geht aus dem Schaltbild und aus **Bild 5** hervor. Die Anschlußpunkte B, C und D sind Lötstifte am Rand der Platine, Anschlußpunkte E ist lediglich eine Lötfläche auf der Platinenunterseite neben Transistor T1. Letzteres gilt auch für den Punkt F (Lötfläche unter IC1). Hier muß auf jeden Fall abgeschirmtes Kabel verwendet werden!

Jetzt fehlt noch die Abschirmung für die Vorverstärker/Vorteiler-Baugruppe. Ein circa 13-mm-hoher Rahmen aus verzinktem Blech oder Kupfer wird um die vier Lötnägel an den Ecken der Baugruppe gebogen und daran festgelötet. Mit einem weiteren Blechstück biegt man sich den passenden Deckel zurecht. In diesen Deckel müssen Löcher für die Potis P2...P4 gebohrt werden, damit sie auch nach dem Festlöten des Deckels erreichbar bleiben. Der Deckel sollte zweckmäßigerweise erst nach dem abschließenden Funktionstüchtigkeitstest verlötet werden. Die Schiebescalter S8 und S9 können auf ein gewinkeltes, an die Abschirmung gelötetes Stück Blechstreifen geklebt werden. Am besten geht das mit Sekundenkleber. Wie das alles ausse-

3

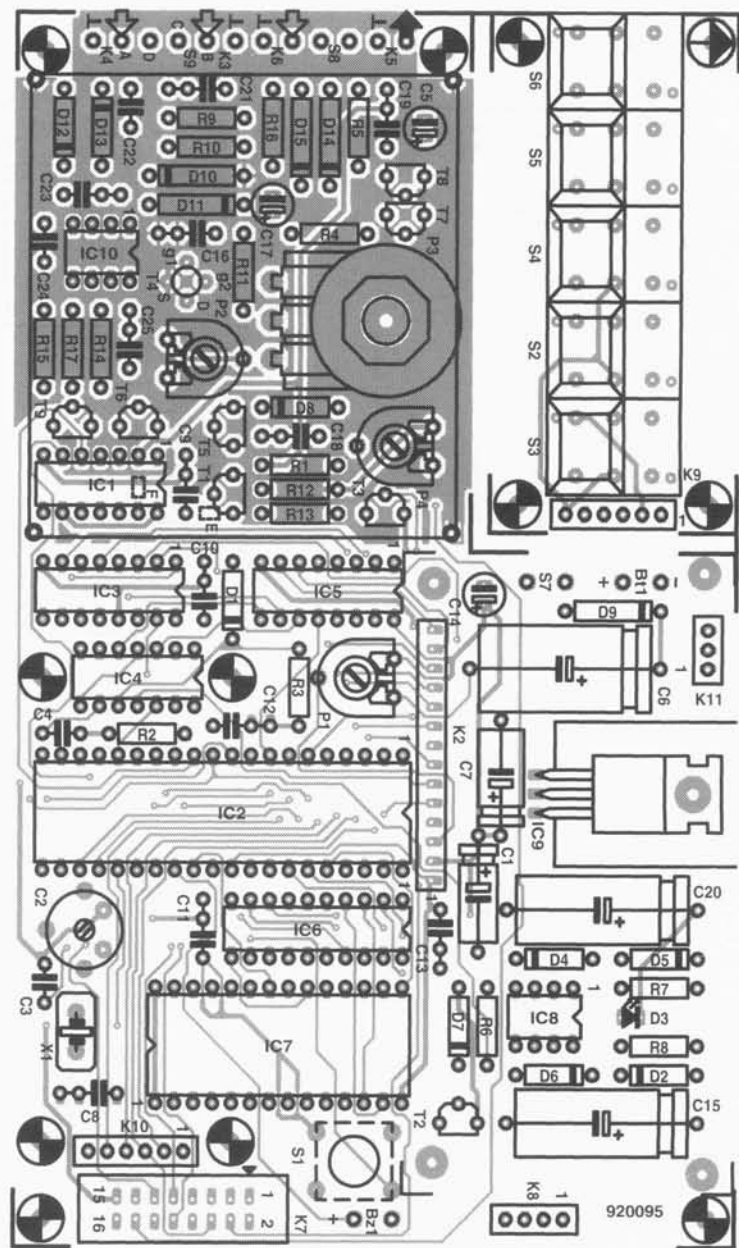


Bild 3. Für den Zähler wurde eine Platine entwickelt, die in ein flaches Europa-Platinen-Gehäuse paßt.

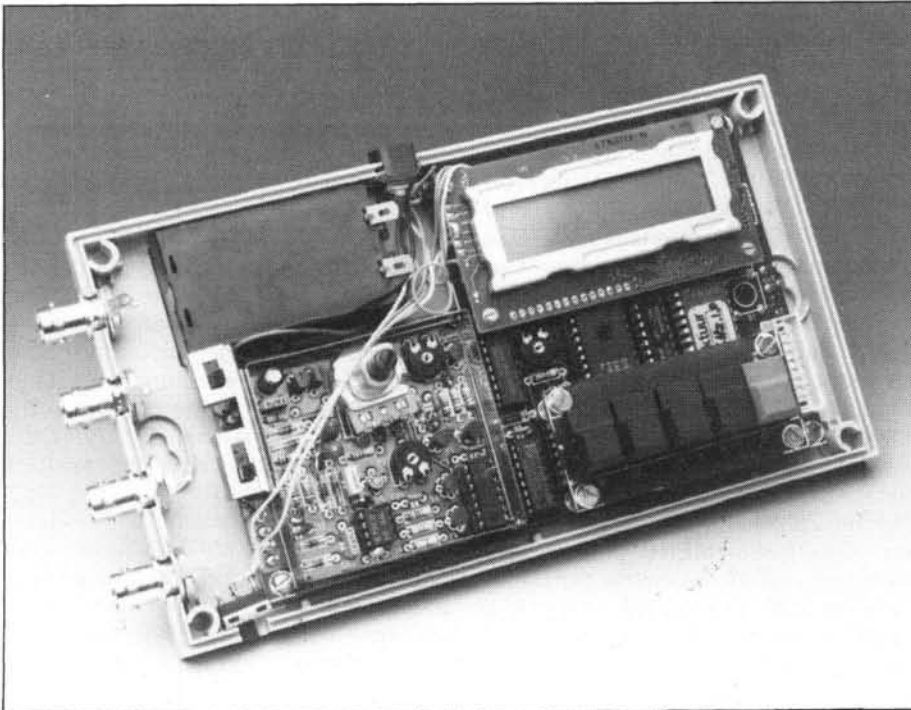
Stückliste

Widerstände:

R1, R9 = 1 M Ω
 R2 = 100 Ω
 R3 = 5k Ω
 R4, R5 = 47 Ω
 R6 = 10 k Ω
 R7 = 22 k Ω
 R8 = 56 k Ω
 R10, R16 = 1 k Ω
 R11, R12 = 220 Ω
 R13 = 560 Ω
 R14 = 150 Ω
 R15 = 330 Ω
 R17 = 4k7
 P1 = 10-k Ω -Trimpotentiometer
 P2 = 25-k Ω -Trimpotentiometer
 P3 = 20-k Ω -Potentiometer, linear, 6-mm-Achse
 P4 = 100-k Ω -Trimpotentiometer

Kondensatoren:

C1 = 1 μ F/16 V
 C2 = 40-pF-Trimmer
 C3 = 22 pF
 C4 = 470 pF
 C5 = 1 μ F/6,3 V, stehend
 C6 = 220 μ F/16 V
 C7 = 100 μ F/6,3 V
 C8...C13, C18, C19 = 100 nF
 C14 = 33 μ F/10 V, Tantal
 C15, C20 = 100 μ F/25 V
 C16 = 47 nF
 C17 = 220 μ F/6,3 V, Tantal
 C21 = 100 nF
 C22 = 120 pF
 C23 = 1 nF
 C24 = 820 pF
 C25 = 10 nF



Stückliste

Halbleiter:

D1,D2,D4...D6,D8,D10,D11,D14,D15 = 1N4148

D3 = 5-mm-LED, grün

D7 = Z-Diode 15 V/400 mW

D9 = 1N4001

D12,D13 = BAT82

T1 = BF494

T2,T7 = BS170

T3,T6,T8 = BS250

T4 = BF981

T5 = BF450

T9 = BF324

IC1,IC4 = 74HCT132

IC2 = 80C32

IC3 = 74HCT139

IC5 = 74HC590

IC6 = 74HCT573

IC7 = 27C256 (ESS6142)

IC8 = TL061

IC10 = SP4731 oder SP4633 (Plessey); Alternativ SDA4212 (Siemens), U664B (Telefunken) oder SAB6456 (Philips)

IC9 = 7805

Außerdem:

Bt1 = 9-V-Blockbatterie

Bz1 = Piezo-Schallwandler ohne Elektronik für 5 V

K1 = 15-polige Sub-D-Buchse

K2 = 14-polige Buchsenleiste, 1-reihig und

14-polige Steckerleiste, 1-reihig

K3...K6 = BNC-Buchse (Einlochbuchse mit Lötflanke)

K7 = 16-polige Pfostenfeldleiste

K8 = 4-polige Pfostenfeldstecker, 1-reihig

K9 = 6-polige Buchsenleiste 1-reihig

K10 = 6-polige Steckerleiste 1-reihig

K11 = Niedervolt-Buchse, passend zum Steckernetzteil

K12 = 9-polige Sub-D-Buchse

S1 = Drucktaster (Multimec 2CTL2)

S2...S6 = Drucktaster (Multimec 2CTL2 oder Digitast)

S7,S8 = Schiebeschalter mit Arbeitskontakt

S9 = Schiebeschalter mit 3 Stellungen

X1 = 12-MHz-Quarz

LC-Display supertwisted, 2 x 16 Zeichen, 14 Anschlüsse in einer Reihe, z.B. LTN211F10 (Philips) od. LM016L (Hitachi) od. EA-D16025AR (Epson/Seiko)

Gehäuse Bopla EG2030

9-V-Batteriekasten für Gehäuse, beispielsweise Bopla BE30

9-V-Batterieanschlusssklemmen

4 Schrauben M2,5, 16...20 mm lang

8 Muttern M2,5

4 Schrauben M3, 16...20 mm lang

8 Muttern M3

8 Kunststoff-Abstandsrollchen 10 mm lang

IC-Fassungen für IC1...IC8 u. IC10

30 Lötneigel 1 mm

Platine 920095 inkl. EPROM

Frontfolie 920095-F

4

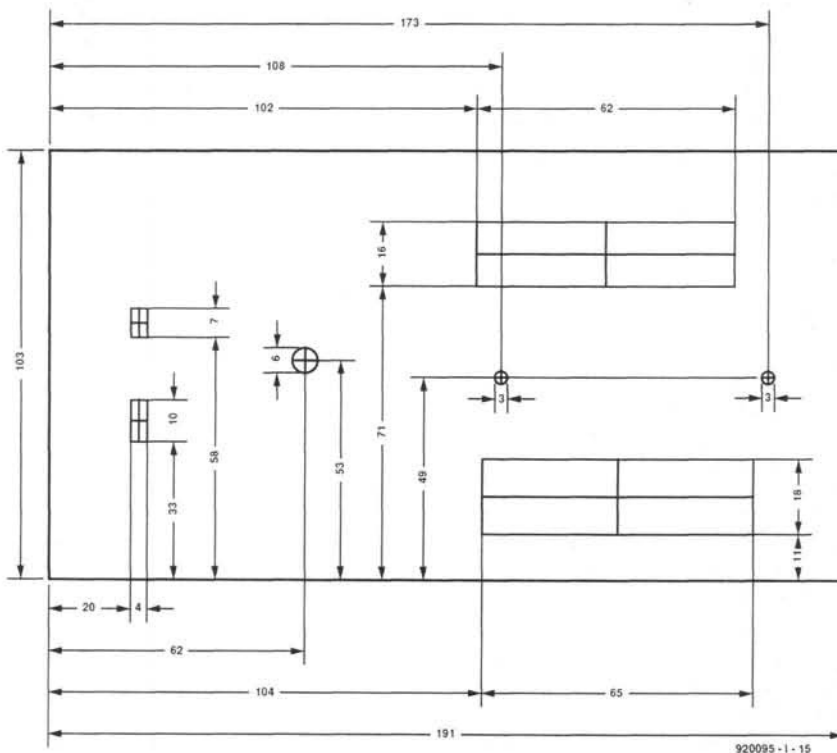


Bild 4. Zur Erleichterung der mechanischen Arbeiten habe wir eine Bohrschablone abgedruckt.

hen soll, ist im Foto des geöffneten Prototyps gut zu erkennen.

Inbetriebnahme

Nach kompletter Bestückung empfiehlt sich eine sorgfältige Sichtprüfung, um falsch bestückte Bauteile oder unerwünschte Lötbrücken zu finden, bevor

die Schaltung zum ersten Mal an Spannung gelegt wird. Achtung: Nicht alle ICs zeigen mit der Kerbe in die gleiche Richtung. Abschließend werden Poti P1 und P4 im Uhrzeigersinn und Poti P2 und P3 entgegen dem Uhrzeigersinn bis an den Anschlag gedreht. Wenn alles OK ist, werden Tastatur, LC-Anzeige und die Stecker angeschlos-

sen. Nachdem der Frequenzzähler an die Versorgungsspannung angeschlossen und eingeschaltet worden ist, wird das Poti P1 solange verdreht, bis in der Anzeige: **GHertz - Zaehler** in der ersten Zeile des LC-Displays und in der zweiten **START oder MENU** erscheint. Was tun wenn nicht? Keine Sorge, hier helfen die eingebauten Testroutinen

weiter. Zusätzlich braucht man ein Multimeter und ein Oszilloskop. Ohne Scope gehts aber auch, nämlich mit dem Testadapter, dessen Schaltung in **Bild 6** zu sehen ist. Für den Kommunikationstest zwischen Frequenzzähler und PC über die RS232-Schnittstelle braucht man natürlich auch einen PC.

Testroutinen

Wenn die Einschaltmeldung nicht auf dem Display erscheint, muß der Zähler sofort wieder ausgeschaltet werden. Nach Überprüfung der Versorgungsspannung wird als nächstes die Stromaufnahme gemessen. Sie muß unter 100 mA liegen. Werte über 100 mA können auf einen Kurzschluß durch die Diode D9 hindeuten. In diesem Fall ist

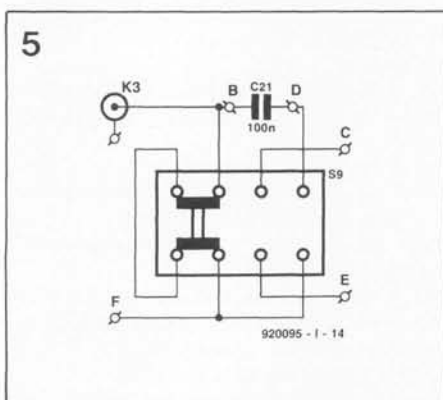


Bild 5. Verdrahtung von S9.

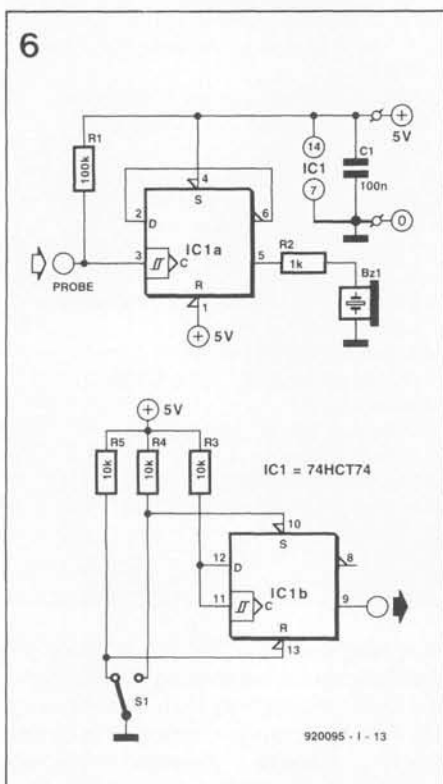


Bild 6. Wer kein Oszi besitzt, der muß den Testadapter aufbauen, um alle Tests auszuwerten zu können.

die Versorgungsspannung falsch gepolt. Ansonsten heißt es den Fehler suchen (zum Beispiel Leiterbahn-Kurzschluß, falsche Bestückung oder falscher Bauteileinbau).

Für die folgenden Schaltungstests wird das einwandfreie Zusammenspiel von EPROM (IC7), Adreßlatch (IC6) und CPU sowie Quarz vorausgesetzt. Das Durchmessen aller hier beteiligten Leiterbahnen kann man sich sparen, wenn man den CPU-Adreßleitungstester aus Elektor Heft 12/91 dafür benutzt.

Die Testroutinen sind in drei Gruppen aufgeteilt: LCD-Test, Main-Test und Serielle-I/O-Test. Durch das Einschalten des Gerätes bei gleichzeitig gedrückten Tasten **START**, **STOP** und **HOLD** wird der Zähler in den Testmodus versetzt. Die Tasten **MENU** und **ENTER** führen in eine Warteroutine (Anzeige: *End Test with >> Break <<*). Aus dieser können alle Gruppen mit der jeweils zugehörigen Taste aufgerufen werden. Die Warteroutine kann durch das gleichzeitige Drücken der Tasten **ENTER** und **MENU** (entspricht der Funktion "Break") beendet werden. Der Zähler wechselt dann in den normalen Modus. Innerhalb der Gruppen werden die einzelnen Tests nacheinander abgearbeitet. Das Weiterschalten geschieht durch die Taste **ENTER**, mit der Ausnahme des *Key-Tests*, wo mit *Break* (also gleichzeitigem Druck auf **ENTER** und **MENU**) weitergeschaltet wird.

LCD-Test

Die Gruppe *LCD-Test* wird mit der Taste **START** eingeleitet. Funktioniert die Anzeige (eventuell den Kontrast mit P1 einstellen), so erscheint der Text: *LCD-Test: press ENTER to go on..* Nach zweimaligen Drücken der Taste **ENTER** folgt als erster Test der IC3A-Test. Bei diesem werden die Ausgänge 0 und 1 von IC3A der Reihe nach so angesteuert, daß in Verbindung mit dem Testadapter an jedem Ausgang ein deutlicher Ton hörbar ist, oder auf dem Oszilloskop eine Rechteckschwingung mit nahezu TTL-Pegel zu sehen ist. Die nächste Testroutine steuert die beiden Eingänge von IC4D abwechselnd an. Der resultierende Ton vom Adapter-Signalgeber ist am IC-Ausgang doppelt so hoch wie an den Eingängen. Auf der LC-Anzeige erscheint dabei ein unregelmäßiges Muster.

Der letzte Test in der LCD-Test-Gruppe bringt nacheinander alle Zeichen des eingebauten Zeichensatzes auf das Display. Die Zeichen wandern in einer Art Laufschrift vom Ende der unteren Zeile bis zum Anfang der ersten Zeile. Da die frei definierbaren Zeichen des Zeichensatzes zu diesem Zeitpunkt

noch nicht initialisiert sind, können zwischen den normalen ASCII- und japanischen Zeichen undefinierte Muster erscheinen. Für die folgenden Tests wird die einwandfreie Funktion der LC-Anzeige vorausgesetzt.

Main-Test

Die Gruppe *Main-Test* wird mit der Taste **STOP** eingeleitet. Der erste Test (*KEY-TEST*) dient zur Überprüfung des Tastaturanschlusses. Er fordert zum Drücken einer Taste auf und zeigt dann die Funktion an, die die gedrückte Taste im RUN-Modus hat. Die Funktion *Break* beendet den Key-Test, es folgt der Gate-Out-Test. Am Ausgang P1.7 des Mikrokontrollers wird eine hörbare Frequenz erzeugt. Mit dem Testadapter oder einem Oszilloskop kann man dieses Signal bis zum Gate-Out-Ausgang verfolgen. Wenn es dort ankommt, sind die Verdrahtung von P1.7 und die Transistoren T7 und T8 in Ordnung.

Der folgende *Channel-A-Test* schaltet mit T6 den GHz-Vorteiler ein (+5 V an Pin 8 von IC10 und Emitter von T9) und den Kanalwähler auf Kanal A. Gleichzeitig wird am Gate-Ausgang eine Frequenz von 971 Hz erzeugt. Diese kann dazu verwendet werden, den Kanalwähler und T9 zu testen. Dazu muß der Vorteiler IC10 vor (!) dem Einschalten der Stromversorgung des Gerätes aus seiner Fassung entfernt und der Gate-Ausgang über einen Kondensator von 100 nF mit Pin 7 der leeren Fassung verbunden werden. Nun muß an Pin 8 und 10 von IC1C, Pin 12 und 14 von IC3B und Pin 1 und 3 von IC4A ein Ton hörbar sein.

Beim nächsten Test, dem *Channel-B-Test*, wird der Kanalwähler auf Kanal B gestellt und der zugehörige Vorverstärker mit T3 eingeschaltet (+5 V an C17). Auch hier wird am Gate-Ausgang eine Frequenz von 971 Hz zur Verfügung gestellt. Der Gate-Ausgang kann direkt mit dem Kanal-B-Eingang verbunden werden. Der Ton muß jetzt an den Transistoren T1, T5 und T4, an Pin 13 und 11 von IC1D und an Pin 2 und 3 von IC4A hörbar sein.

Für den *Channel-C-Test* muß der Gate-Ausgang mit dem Eingang von Kanal C verbunden werden und die Eingangskopplung auf DC stehen. Erscheint im Display hinter IC1A bzw. hinter IC1B ein ??, dann ist entweder die Verbindung zwischen Kanal C und dem Gate-Ausgang oder das entsprechende IC fehlerhaft. Ist alles in Ordnung erscheint ein OK.

Der Precounter-Test dient zur Überprüfung von IC5, IC4B und IC4C. Da der Gate-Ausgang zum Steuern des Vorzählers IC5 gebraucht wird, muß Eingang B mit einer externen Frequenz

gespeist werden. Dafür kann beispielsweise das ALE-Signal (Pin 30 der CPU, Pin 20 des EPROMs oder Pin 11 von IC6) verwendet werden. An Pin 9 von IC5, an Pin 4,5 und 6 von IC4B und an Pin 8, 9 und 10 liegt dann die um 256 geteilte Eingangsfrequenz.

Der letzte Test in dieser Gruppe ist der **Buzzer-Test**. Das Piezo-Kristall funktioniert einwandfrei, beziehungsweise ist korrekt verdrahtet, wenn beim Druck auf die Taste **HOLD** ein Ton hörbar wird.

Der **Serielle-I/O-Test**. Diese Gruppe wird mit der Taste **HOLD** eingeleitet und dient zum Test der RS232-Schnittstelle. Dazu muß der Zähler an einen PC angeschlossen und auf diesem ein Terminal-Programm gestartet werden, das den RTS-Ausgang korrekt initialisiert. Achten Sie darauf, daß die Stromversorgung im Bezug zum PC potentialfrei ist (zum Beispiel über ein Steckernetzteil oder mit Batteriebetrieb) und kein Signal an den Eingängen liegt. In einer späteren Veröffentlichung wird ein opto-gekoppelter RS232-Schnittstellenadapter vorgestellt, der zwischen Zähler und PC geschaltet wird und auf jeden Fall eine Potentialtrennung sicherstellt.

Die Übertragungsrate beträgt 2400 Baud. Nach der Initialisierung der Schnittstelle durch den PC muß an Kondensator C15 eine positive und an Kondensator C20 eine negative Spannung bezogen auf Masse zu messen sein, die deutlich größer als 5 Volt sein muß. An Pin 3 von IC 8 muß gegen

Masse eine Spannung von circa 2 Volt zu messen sein.

Beim **SIO-Send-Test** wird vom Zähler kontinuierlich die Zeichenfolge **BCZ** gesendet, die das Terminal-Programm anzeigt, sofern IC8 richtig funktioniert und der Zähler korrekt an den PC angeschlossen ist. Sollte die Zeichenfolge zu schnell gesendet werden, so kann der Sendevorgang durch Druck auf die Taste **HOLD** verlangsamt werden.

Beim **SIO-Receive-Test** wird das vom PC gesendete Zeichen auf der LC-Anzeige dargestellt, wenn außer einer korrekten Verbindung zum PC auch der Transistor T2 einwandfrei arbeitet.

Damit sind die Testroutinen in der letzten Gruppe abgeschlossen. Wie schon erwähnt, kann jetzt der Testmodus mit **Break** verlassen werden.

Abgleich

Der Abgleich ist ohne Schwierigkeiten möglich. Zuerst werden alle Potis an den im Abschnitt Inbetriebnahme beschriebenen Anschlag gedreht. P1 wird so eingestellt, daß die Anzeige kontrastreich lesbar ist. Für den Abgleich von P2 muß P3 im Uhrzeigersinn bis zum Anschlag (volle Verstärkung) gedreht werden. Anschließend wird mit P2 am Kollektor von T1 die halbe Betriebsspannung (2,5 V) eingestellt. P4 wird so justiert, daß die Spannung am Schleifer in der Mitte zwischen oberer und unterer Schwellspannung von IC1A liegt. Dazu wird P4 langsam so lange

entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht, bis der Ausgang 3 von IC1A von High nach Low wechselt. Am Schleifer läßt sich nun mit einem hochohmigen Multimeter die obere Schwellspannung ablesen. Nun wird der Schleifer langsam im Uhrzeigersinn zurückgedreht, bis der Ausgang wieder den High-Pegel annimmt, womit die untere Schwellspannung erreicht ist. Jetzt wird das Poti auf die Spannung in der Mitte zwischen den Schwellwerten eingestellt. Alternativ kann der Schleifer in die Mitte der Schleiferstellungen beim oberen und unteren Schwellwert gestellt werden.

Mit C2 wird der Oszillator auf genau 12 MHz abgeglichen. Dazu wird eine bekannte (genaue) Referenzfrequenz gemessen und solange C2 verstellt, bis das Gerät die Referenzfrequenz genau anzeigt. Sollte der Ziehbereich von C2 nicht ausreichen, so kann ein kleiner Kondensator (etwa 20 pF) parallel zum Quarz eingelötet werden.

Bedienung

Zum Einstellen der Betriebs- (Meß-) Art wird mit der **MENU**-Taste der Menu-Modus gewählt. Mit der **Pfeil abwärts**-Taste kann dann ein beliebiger Menu-Punkt ausgewählt und mit der **ENTER**-Taste übernommen werden. Anschließend erscheint das nächste Menu. Mit der Taste **EDIT** können benutzer-definierte Einstellungen vorgenommen werden. Mit **EDIT** kommt man in den

7

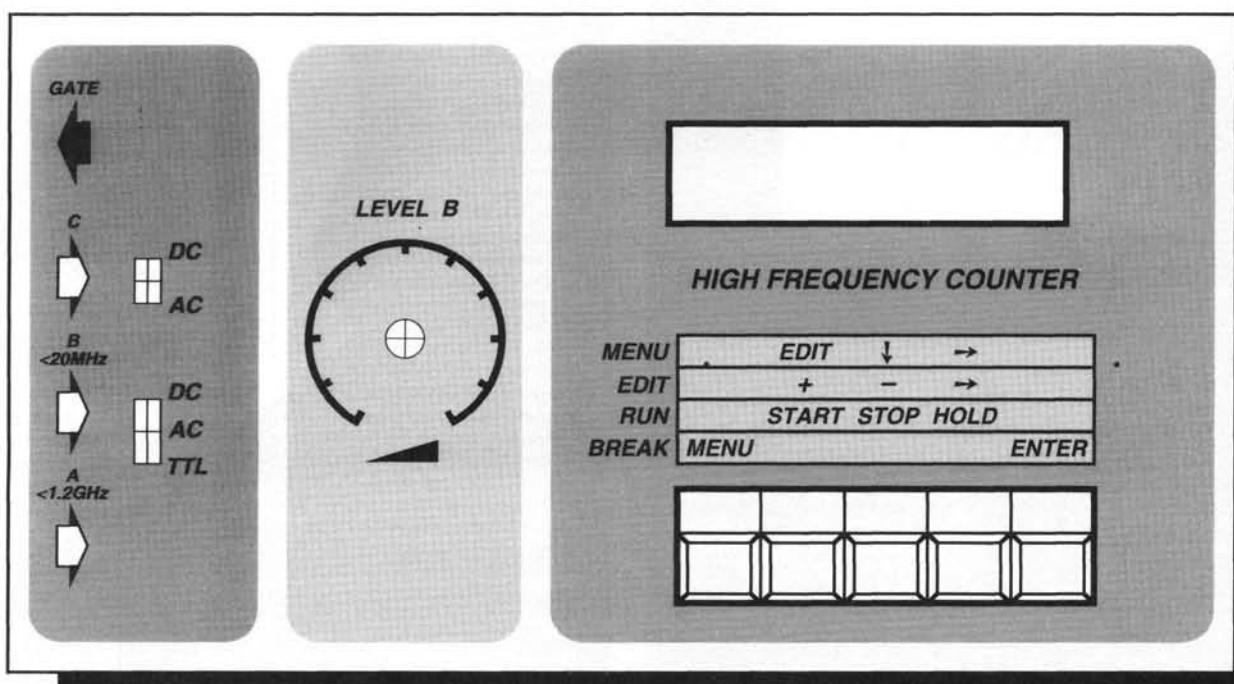


Bild 7. Die Frontplatte für den Taschenzähler.

Editiermodus, der mit **ENTER** wieder verlassen wird. Gleichzeitiges Drücken von **MENU** und **ENTER** beendet sowohl den Menu-Modus als auch eine Messung. Eine ausführliche Beschreibung der Zählerbedienung folgt aus Platzgründen im nächsten Heft.

Registrierung

Für den Betrieb des Zählers wurde eine umfangreiche Software in Assembler geschrieben und ausgiebig getestet. Nach der Weisheit: "Nobody ist perfect" können auch wir nicht ausschließen, daß bei diesen Tests noch kleine Unschönheiten übersehen wurden. Deshalb wollen wir eine Benutzerregistrierung durchführen, um zusätzlich zu einem Hinweis im Heft den Benutzer direkt über ein verfügbares Update informieren zu können. Dem Eprom mit der Software ist eine Registrierungskarte beigelegt, die gut lesbar (mit Druckbuchstaben) ausgefüllt, abgetrennt und an die aufgedruckte Adresse zurückgeschickt werden sollte. Falls die Karte aus irgend einem Grund fehlt, dann kann eine weitere angefordert werden. Eine Benachrichtigung über den Eingang der Karte erfolgt nicht. Die auf der

Die Tests in der Übersicht.

Bauteil	Test-Gruppe	Test
T1	Gruppe 2	Channel B - Test
T2	Gruppe 3	SIO-Receive Test
T3, T4, T5	Gruppe 2	Channel B - Test
T6	Gruppe 2	Channel A - Test
T7, T8	Gruppe 2	Gate-Out - Test
T9	Gruppe 2	Channel A - Test
IC 1 A, B	Gruppe 2	Channel C - Test
IC 1 C	Gruppe 2	Channel A - Test
IC 1 D	Gruppe 2	Channel B - Test
IC 2	nicht möglich	
IC 3 A	Gruppe	IC 3A Test
IC 3 B	Gruppe 2	Channel A - Test
IC 4 A	Gruppe 2	Channel B - Test
IC 4 B, C	Gruppe 2	Precounter - Test
IC 4 D	Gruppe 1	IC 4D Test
IC 5	Gruppe 2	Precounter Test
IC 6, IC 7	nicht möglich	
IC 8	Gruppe 3	SIO-Send-Test
IC 9	Stromversorgung	
IC 10	nicht möglich	
S2, ..., S6	Gruppe 2	KEY-Test
Bz1	Gruppe 2	Buzzer-Test

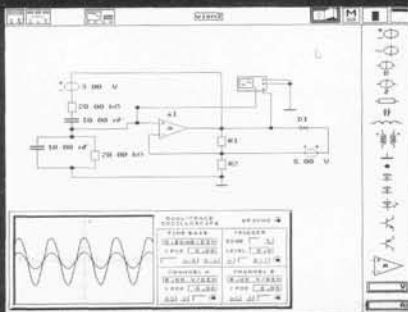
Karte angegebenen Daten werden vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben. Zu guter Letzt wünschen wir viel Spaß

beim Aufbau des Zählers und bei dessen Einsatz. Ausführliche Hinweise zur Anwendung finden Sie in der nächsten Ausgabe.

Anzeige

Electronics Workbench™

Das Elektroniklabor im Computer



CAE-Software zur Simulation von analogen und digitalen Schaltkreisen.

Ausgezeichnet mit dem Media & Methods Award 1989.

Testberichte in INFO-WORLD, ELRAD, ELEKTOR, MAC-WORLD, RADIO-ELECTRONICS-MAGAZINE ...

Rund um die Welt in Schulen, Universitäten und Firmen im Einsatz.

Fordern Sie noch heute kostenloses Informationsmaterial an.

Preise	
Profiversion	900 DM
Studentenversion	285 DM
Demoversion	25 DM
Schulizenzen	auf Anfrage
alle Preise zuzüglich Mwst.	

Exklusiv bei

Com Pro Hard & Software Beratung
Vogelsangstraße 12 D-7000 Stuttgart 1
Tel. 0711 - 628275 Fax. 0711 - 613516

Interactive Image Technologies Ltd.

Das Lehrbuch für korrektes Messen

Messen ist besser als Schätzen

Wer korrekt messen möchte, muß wissen, welche Meßfehler sich einschleichen und wie groß sie sind. Denn Meßfehler sind unvermeidlich. Dieses Lehrbuch beschreibt umfassend, wie man korrekt mißt: Mit welchen Verfahren man vorteilhaft arbeitet, welche Fehler zu berücksichtigen sind, und wie man die Fehler eingrenzt. Der Autor, ein Praktiker, stellt die Grundlagen anschaulich dar, und er gibt konkrete Anleitung zum Messen und Rechnen. Der Band eignet sich für Profis wie Hobby-Elektroniker gleichermaßen. Man sollte dieses Buch kennen, bevor man Meßgeräte anschafft, denn es hilft bei der Kaufentscheidung und spart Geld.

Erhältlich im Buch- und Fachhandel

Elektor-Verlag, Süsterfeldstr. 25, 5100 Aachen, Tel. 0241/8 89 09-0

elektor

...damit's klapp't!



A.J. Dirksen
Elektronische Meßinstrumente
17 x 24 cm Hardcover
3-921608-65-1
294 Seiten
DM 44,80

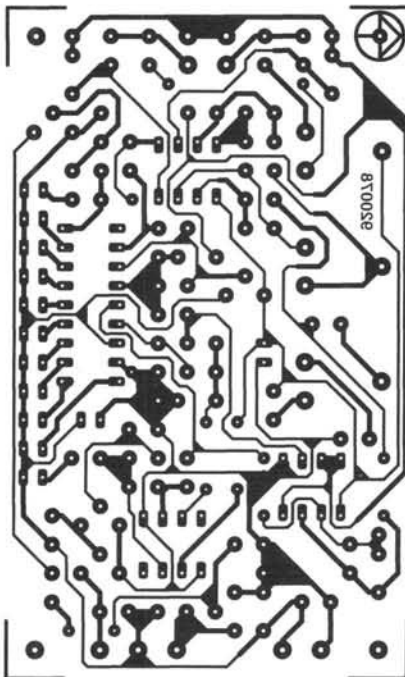
Wichtige Hinweise zur Platinenherstellung

Auf keinen Fall verbrauchte Ätzlösung oder Spülwasser in den Abfluß schütten!

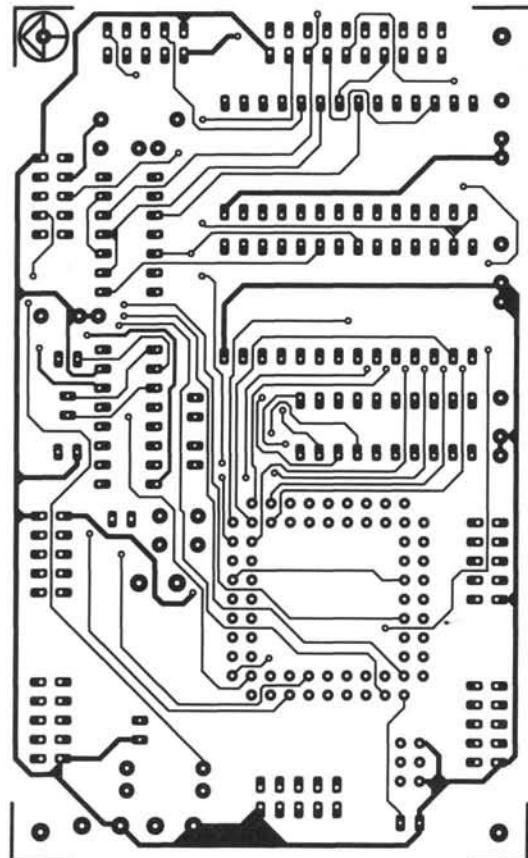
Egal, welches Ätzmittel verwendet wird: Das darin gelöste Kupfer ist immer hochgiftig und extrem umweltschädlich! Verbrauchtes Ätzmittel, aber ebenso Entwickler, Lösungsmittel und andere Chemikalien unbe-

dingt und vollständig zur nächsten Problemstoff-Sammelstelle bringen (siehe hierzu auch "test" 8 u. 9/89). Grundsätzlich gilt: Je weniger anfällt, desto besser für die Umwelt. Achten Sie bei Sprühdosen auf das

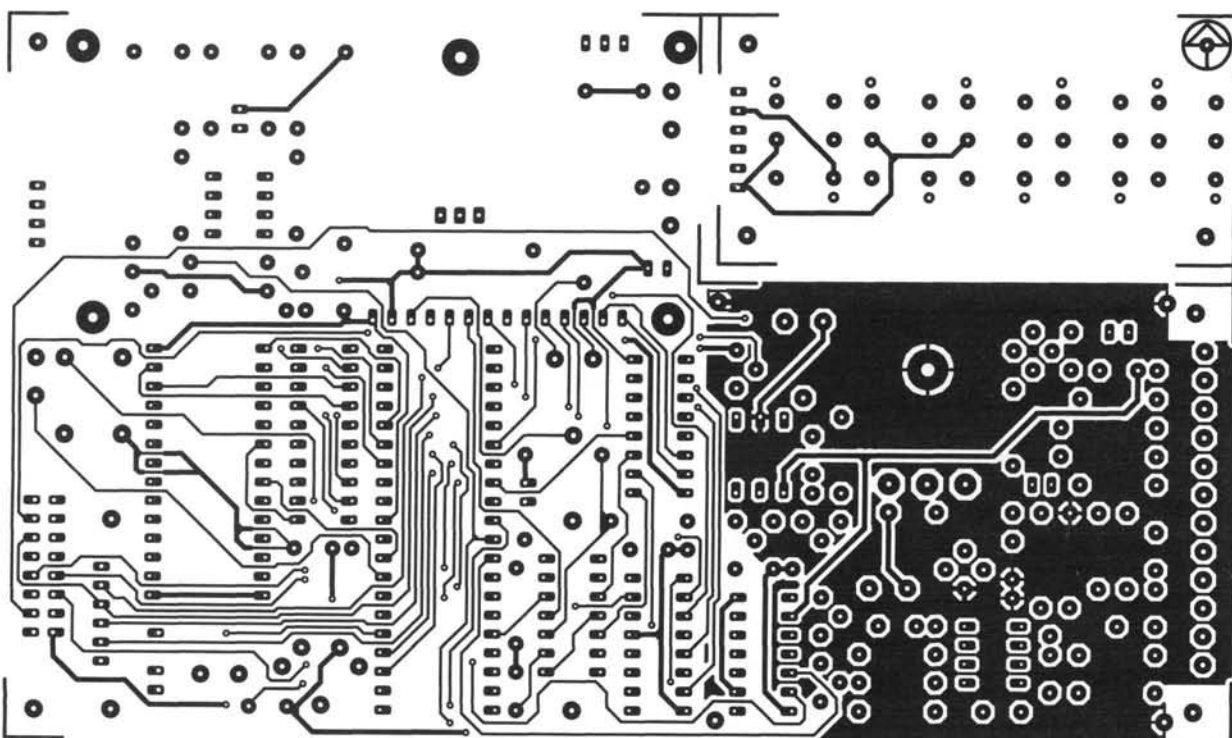
verwendete Treibgas. Am wichtigsten ist aber: Keine Chemikalien in die Umwelt gelangen lassen, weder über die Kanalisation noch als Hausmüll!



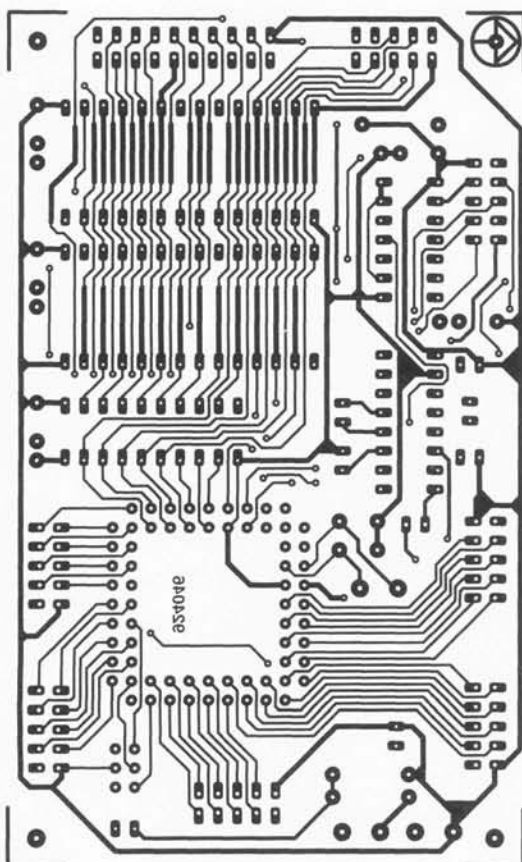
920078 Differenzthermometer



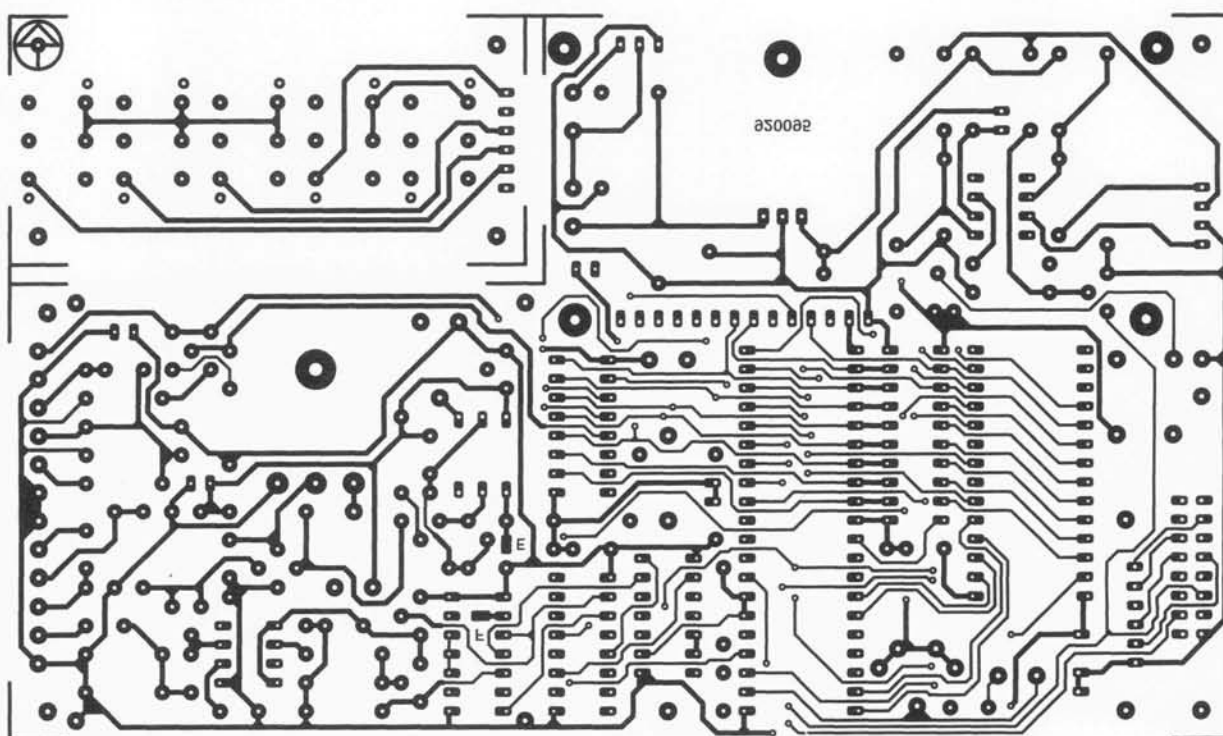
924046 80C535-Compuboard Bestückungsseite



920095 GHz-Universalzähler Bestückungsseite



924046 80C535-Compuboard Unterseite



920095 GHz-Universalzähler Unterseite

GHZ-UNIVERSALZÄHLER

Teil 2: Die Bedienung

Von Bernhard C. Zschocke

Nach dem Aufbau des Zählers im letzten Heft widmet sich dieser Beitrag der Bedienung des Meßgerätes. Eine nur mit 5 Tasten zu realisierende und dennoch einfach zu verstehende Bedienung muß sehr sorgfältig durchdacht sein.

Die, wie der gesamte Code, in Assembler verwirklichte Benutzereingabe baut aus den einzelnen Auswahlpunkten intern eine Nachricht auf, die an die verschiedenen Software-Meßmodule (Meßobjekte) gesendet wird. Die Nachricht wird intern zwischengespeichert und steht als Default-Nachricht (Default-Messung) zur Verfügung.

Die Auswahl

Einer Messung erfolgt ähnlich dem Lesen der Funktionstabelle in Bild 1. Die Tabelle besteht aus sechs (Meß-) Funktionsgruppen:

- Frequenz, 1/Frequenz und Drehzahlmessung
- Impulszählung auf Kanal A und B
- Zeitmessung
- Impuls- (Frequenz-) Generator
- Zeitgeber
- Handzähler bzw. Impulszählung auf Kanal C.

Jede Gruppe besitzt horizontal und vertikal angeordnete Funktionskästen mit einer Auswahl von Funktions-Optionen. In der obersten Zeile steht die Bedeutung der vertikal angeordneten Kästen. Bis auf den Kasten *Einstellungen* wird jeweils nur eine Option innerhalb eines Kastens ausgewählt. Es wird mit dem ganz linken Kasten *Funktion* begonnen. Nach Auswahl einer Funktion wird im rechts anschließenden Kasten eine Option gewählt. Dies wird solange bis zum Kasten *Einstellungen* wiederholt. Hier kann zu jeder Zeile mit der Taste "TA-EDIT" eine Ja/Nein-Auswahl getroffen werden. Zum besseren Verständnis ein Beispiel aus der 1. Gruppe:

Drehzahl → Kanal B → Torzeit →
1 min → TA-START → kontinuierlich,
mit Periodenanalyse, ohne Zwischenwerte, ohne Ton

Eingabe

Die meisten Begriffe aus der Funktionstabelle finden sich bei der Einstellung der Meßart im Display wieder, nur in wenigen Fällen sind die Begriffe in der Tabelle gekürzt. So wurde aus der Displayinformation *Tongeber ist an* in der Tabelle *mit Ton*. Die logische Zuordnung von Text auf dem LC-Display und Text in der Funktionstabelle ist aber ohne weiteres leicht möglich. Die Taster sind von links nach rechts wie folgt bezeichnet: TA-MENÜ (S6), TA-START (S5), TA-STOP (S4), TA-HOLD (S2), TA-ENTER (S3).

Bei der Eingabe einer Meßart wird nun so vorgegangen: Nach dem Wechsel vom Grundzustand des Zählers in den Menü-Modus mit der Taste TA-MENÜ, kann mit der Taste TA-STOP eine Funktion aus der ersten vertikalen Spalte (Funktion) ausgewählt werden. Dabei zeigt die obere Zeile im LC-Display eine Überschrift zu den verschiedenen Funktionen und die untere Zeile die ausgewählte Funktion an. Mit der Taste TA-ENTER wird nun die ausgewählte Funktion übernommen und in die benachbarte Spalte gewechselt. Will man jedoch die ursprüngliche Default-Funktion verwenden und die ausgewählte verwerfen, so ist statt der Taste TA-ENTER die Taste TA-HOLD zu drücken. Nun kann wieder eine Funktion oder Option ausgewählt werden und so weiter.

Eine Ausnahme stellt der Funktionskasten *Einstellungen* dar. Hier kann man keine Option auswählen, sondern die in der LC-Anzeige abgebildete Einstellung mit TA-EDIT (S5) wechseln (z.B. Tongeber ist aus / Tongeber ist an). Dazu müssen jedoch die einzelnen Optionen mit der Taste TA-STOP aufgerufen werden. Am Ende erscheint eine nicht in der Tabelle aufgeführte Auswahl *Eingabe: -beenden und messen, -beenden, -wiederholen oder -abbrechen*. Sie erklärt sich selbst.

Besonderheiten

Während der Auswahl einer Funktion oder Option können mit TA-MENÜ die Default-Einstellungen zurückgerufen werden. Die Default-Funktion/Option wird auch immer als erste Auswahl angezeigt, so daß ein schneller Austausch einzelner Funktionen/Optionen möglich ist. Ist die Angabe einer Default-Funktion/Option nicht möglich, weil zum Beispiel die Meßart gewechselt wurde, erscheint die erste Funktion/Option aus dem Funktionskasten. Nur bei einer vollständig abgeschlossenen Eingabe werden die in ihr ausgewählten Funktionen/Optionen als Default übernommen. Nach dem Einschalten ist die Default-Messung eine Frequenzmessung auf Kanal B. Das gleichzeitige Drücken der Tasten TA-START und TA-ENTER beendet die Eingabe unter der Verwendung der noch vorhandenen Defaultfunktionen und startet die Messung.

Wo in der Funktionstabelle *user def.* steht, erscheint auf der unteren LCD-Zeile eine Zahl. Diese Zahl, nach dem Einschalten meistens eine Null oder eine aus der letzten Eingabe/Messung übernommene, läßt sich nun durch den Benutzer variieren. Dazu muß er durch TA-START in den Edit-Modus umschalten. Daraufhin erscheint die Zahl mit führenden Nullen, einem Pfeil zur Kennzeichnung des Edit-Modus am Anfang der Zeile und einem Cursor-Strich unter der am weitesten links stehenden, ersten Ziffer. Mit TA-START (+) läßt sich im Bereich zwischen Null und 2^{32} die Ziffer um Eins erhöhen und mit TA-STOP (-) um Eins verringern. Mit TA-HOLD kann nun der Cursor eine Ziffer nach rechts bewegt und die Ziffer mit TA-START beziehungsweise TA-STOP eingestellt werden. Nach der letzten Ziffer springt der Cursor wieder zur ersten Ziffer zurück. So läßt sich die gewünschte "user-definierte"-Zahl einstellen. Mit TA-ENTER wird der Edit-Modus wieder verlassen. Achtung: Es besteht keine Möglichkeit, die ursprüngliche Zahl zu erhalten. Die Änderungen finden direkt statt!

Jetzt sollte eine Eingabe ohne weiteres möglich sein. Die Erfahrung bei den Testaufbauten hat gezeigt, daß auch ungeübte Benutzer diese Eingabeart sehr schnell beherrschen. Doch was steckt nun alles hinter den einzelnen ausgewählten Funktionen und Optionen? Auf Grund der Vielseitigkeit des Gerätes scheint eine tabellarische Übersicht am sinnvollsten und am

Funktion	Eingang	Meßdauer (Gate)	Torzeit	Meßbeginn	Einstellungen
Frequenz	Kanal A	Torzeit	0,1 s, 1 s, 10 s	sofort	kontinuierlich
1/Frequenz	Kanal B		0,1 s steigend bis 12 s	Signal vorhanden	einzel
Drehzahl			1 min	TA-START	mit Periodenanalyse
			user def. 100 μ s - 2 ³² s	Kanal C LH-Flanke	mit Ton
		Kanal C High Kanal C Low Kanal C LH-Flanke - Start/Stop Kanal C HL-Flanke - Start/Stop	gemessen	sofort Signal vorhanden TA-START	
		TA-Start gedrückt TA-START/STOP	gemessen	sofort Signal vorhanden	

Funktion	Eingang	Meßdauer (Gate)	Torzeit	Meßbeginn	Einstellungen
Impulse zählen	Kanal A	Torzeit	0,1 s, 1 s, 10 s	sofort	kontinuierlich
	Kanal B		0,1 s steigend bis 12 s	Signal vorhanden	einzel
			1 min	TA-START	mit Zwischenergebnissen
			user def. 100 μ s - 2 ³² s	Kanal C LH-Flanke	mit Ton
		Kanal C High Kanal C Low Kanal C LH-Flanke - Start/Stop Kanal C HL-Flanke - Start/Stop	entfällt	sofort TA-START	
		TA-HOLD gedrückt TA-START/STOP	entfällt	sofort Signal vorhanden	einzel mit Zwischenergebnissen mit Ton

Funktion	Meßdauer (Start/Stop)	Ausgang	Einstellungen
Zeitmessung	TA-START/STOP Taste Start gedrückt	High während der Messung	mit Zwischenergebnissen mit Ton

Funktion	vorgegebene Zeiten (Impulsfrequenz)	Beginn (Start)	Ende (Stop)	Einstellungen
Impulsgenerator	user def. Periodendauer user def. Pulsdauer/Pulspausendauer	sofort Taste START Kanal C LH-Flanke Kanal C HL-Flanke Signal an Kanal A Signal an Kanal B	Taste STOP user def. Anzahl Perioden Kanal C HL-Flanke Kanal C LH-Flanke	kontinuierlich einzel Ruhepegel Pulsform mit Ton

Funktion	Zeitdauer	Beginn (Start)	Puls am Ausgang	Einstellungen
Zeitgeber	user def. Zeitdauer	Taste START Kanal C LH-Flanke Kanal C HL-Flanke Signal an Kanal A Signal an Kanal B	Aktiv während der Zeitdauer am Anfang und Ende am Ende am Anfang	kontinuierlich einzel Ruhepegel mit Zwischenzeiten mit Ton

Funktion	Startwert	Eingang	Ausgang	Beginn (Start)	Einstellungen	Besonderheiten
Handzähler (Impulse vorwärts- zählen)	Null user definiert	Kanal C LH-Flanke (+) Kanal C HL-Flanke (+) zusätzlich: Taste START (+) Taste STOP (-)	Aktiv bei Zähler = 0 Puls bei Zähler = 0 Aktiv während Zähler (0) Puls pro Zählung	sofort Taste START	Ruhepegel mit Ton	Tasten ENTER + STOP: Zählung beenden Tasten ENTER + START Startwert laden Taste START: 1 addieren Taste STOP: 1 subtrahieren
Nullzähler (Impulse rückwärts- zählen)	Null user definiert	Kanal C LH-Flanke (-) Kanal C HL-Flanke (-) zusätzlich: Taste START (+) Taste STOP (-)				

Bild 1. Funktionsübersicht des GHZ-Zählers.

Betriebsmodus	Taste S6 "TA-MENU"	Taste S5 "TA-START"	Taste S4 "TA-STOP"	Taste S2 (!) "TA-HOLD"	Taste S3 "TA-ENTER"
Nach dem Start, Nach Break (Grundzustand)	Startet die Eingabe (Menu-Modus)	Startet die Default-Messung (Run-Modus)	ohne Funktion	ohne Funktion	ohne Funktion
Run-Modus (messen)	Wechsel in den Menü-Modus (nicht bei allen Funktionen realisiert)	Startet eine Messung, wenn für den Meß Beginn TA-START eingestellt wurde oder durch die Taste TA-STOP angehalten wurde	Hält eine Messung an.	Hält ein Zwischenergebnis bis zum Endergebnis fest. Hält Endergebnisse immer fest.	ohne Funktion
Menü-Modus (Funktions-Auswahl)	Default-Einstellung auswählen	Schaltet bei einer User-Eingabe in den Edit-Modus zur Eingabe einer Zahl um, wechselt den Zustand einer Einstellung im Menü Einstellungen	Vertikale Menü-(Tabellen-)Auswahl (In der Funktionstabelle, innerhalb eines Kastens eine Zeile tiefer)	horizontale Menü-(Tabellen-) Auswahl ohne (!) Übernahme. (Wechsel zu einem rechts angrenzenden Kasten in der Funktionstabelle)	horizontale Menü-(tabellen-) Auswahl mit Übernahme (Wechsel zu einem rechts angrenzenden Kasten in der Funktionstabelle)
Edit-Modus (Eingabe von Zahlen)	ohne Funktion	Erhöht die Stelle, an der der Cursor steht, um 1	Vernüßert die Stelle, an der der Cursor steht, um 1	Cursor eine Stelle nach rechts, bzw. an den Anfang der Zahl	Beendigung des Edit-Modus und Rückkehr in den Menü-Modus

Tasterkombinationen:

Alle Modi:	"TA-MENU" zusammen mit "TA-ENTER":	bedingungslose Rückkehr in den Grundzustand (BREAK)
Menü-Modus:	"TA-START" zusammen mit "TA-ENTER"	Verwendung der Defaultwerte für die restlichen Auswahlmöglichkeiten und Start der Messung.

Bild 2. Belegung der Tasten in allen Modi und in Kombinationen.

übersichtlichsten. Zu einer kompletten Einstellung müssen die einzelnen Funktionen/Optionen nur noch zusammengesetzt werden.

Funktion: Frequenz

Eine Frequenzmessung ist über Kanal A und Kanal B möglich. Kanal A (mit Vorteiler) erlaubt Messungen bis über 1 GHz, Kanal B Messungen bis circa 20...25 MHz. Mit Kanal B lassen sich auch DC-gekoppelte Signale im mHz-Bereich messen. Um eine möglichst genaue Messung zu ermöglichen, wird die Torzeit mitgemessen und anschließend mit einer 64-Bit-ALU die Frequenz berechnet. Dies erlaubt auch "krumme" oder externe Torzeiten, was zum Beispiel bei gepulsten Signalen wichtig ist.

Funktion: 1/Frequenz

In dieser Meßart wird die Periodendauer des zu messenden Signals angezeigt. Das Meßverfahren ist das gleiche wie bei der Frequenz-Messung, nur wird hier mit Hilfe der 64-Bit-ALU der Kehrwert errechnet. Deshalb auch die für eine Periodendauer ungewöhnliche Angabe einer Torzeit und nicht Anzahl der Perioden.

Funktion: Drehzahl

Auch hier wird das gleiche Meßverfahren

wie bei der Frequenzmessung angewendet, das Ergebnis aber nicht in Hertz sondern in Umdrehungen pro Minute angezeigt.

Funktion: Impulse zählen

Hier werden die Anzahl der Impulse auf Kanal A oder Kanal B gezählt. Die Messung läßt sich durch eine Torzeit beschränken. Achtung: Die Verschachtelung der Interrupts der einzelnen Zähler innerhalb des 80C32 hat zur Folge, daß die Torzeiten nicht genau eingehalten werden können. Eine Umrechnung der Anzahl der Impulse in eine Frequenz ist deshalb ungenau.

Funktion: Zeitmessung

Die Zeitmessung ist mit einer Stop-Uhr vergleichbar. Um die Tasten zu entprellen, wurde ein interner Taktgenerator realisiert, der regelmäßig die Tastatur abfragt. Durch diesen Generator ist die Genauigkeit auf etwas weniger als 0,1 s beschränkt. Während der Messung ist der Gate-Ausgang auf High-Level.

Funktion: Zeitgeber

Der Zeitgebermodus erlaubt, am Gate-Ausgang Zeiten in 1µs-Schritten bis über eine Stunde einzustellen. Gestartet werden kann der Zeitgeber in dem Moment, in dem eine Signalfanke an Kanal A oder Kanal B oder eine HL- oder LH-Flanke an Kanal C anliegt oder die Taste TA-START gedrückt wird.

Funktion: Impulsgenerator

Eine erweiterte Version des Zeitgebers ist der Impulsgenerator oder auch Frequenzgenerator. Bei ihm lassen sich Einzelpulse, Pulsfolgen mit (fast) beliebigen Puls-Dauern, Puls-Pausenzeiten und Pulsanzahlen generieren. Die Periodenanzahl kann nur ausgewertet werden, wenn die Periodendauer (Puls-Dauer und Puls-pausen-Dauer) größer als 256 ist. Frequenzen können durch Eingabe ihrer Periodendauer generiert werden. Die Pulse liegen am Gate-Ausgang an. Die Startbedingungen sind die gleichen wie beim Zeitgeber.

Eingang wählen: Kanal A

Kanal A dient der HF-Messung. Kondensatoren am Eingang und die Beschränkungen des Vorteilerters verhindern die Messung von niedrigen Frequenzen. Der Vorteiler verstärkt das Signal und teilt die Frequenz durch 64.

Eingang wählen: Kanal B

Kanal B dient der Messung von Signalen mit Frequenzen von einigen Millihertz bis etwa 25 MHz. Durch Schalter S9 läßt sich der Eingang als TTL-konform oder als AC- oder DC-gekoppelt mit Vorverstärker betreiben. Die Verstärkung läßt sich mit Poti P3 einstellen.

Eingang wählen: Kanal C

Der Eingangskanal C läßt sich mit

Schalter S8 entweder als TTL-konform oder AC-gekoppelt schalten. Durch die Vorspannung mit Trimmer P4 kann die Eingangsempfindlichkeit in der AC-Kopplung auf unter 1 Volt gesteigert werden.

Meßdauer: Torzeit

Hier wird die Meßdauer durch den internen Torzeit-Generator bestimmt. Es können verschiedene fest vorgegebene Torzeiten (0,1 s, 1 s, 10 s, 1 min), eine gleitende oder eine vom Benutzer beliebig gewählte Torzeit eingestellt werden. Bei der gleitenden Torzeit wird die erste Messung mit 0,1 s Torzeit durchgeführt und mit jeder folgenden Messung die Torzeit verdoppelt, bis sie 12,8 s erreicht. Bei der frei einstellbaren Torzeit wird eine untere Grenze nicht abgefragt. Es empfiehlt sich, die Torzeit als ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer eines störenden Signals beziehungsweise einer eventuellen Modulationsfrequenz einzustellen. Achtung: Aufgrund der internen Interruptverschachtelung im 80C32 kann die Torzeit nicht genau eingehalten werden. Die Ungenauigkeit beträgt etwa 100 µs. Für die Messung ist das aber ohne Bedeutung, wie man im Anhang sehen kann.

Meßdauer: Kanal C High (Low)

In diesem Modus wird gemessen, wenn der Pegel an Kanal C High, (Low) ist. Die Torzeit entspricht ungefähr der Zeit, bei der der Kanal C High (Low) ist. Vor der Messung muß der Kanal C Low (High) sein, da der Beginn der Messung durch die entsprechende Flanke erkannt wird.

Meßdauer: Kanal C LH-Flanke - Start/Stop Kanal C HL-Flanke - Start/Stop

In diesem Modus bewirkt ein LH-Flanke (HL-Flanke) an Kanal C den Start und eine weitere LH-Flanke (HL-Flanke) den Stop der Messung. Die Torzeit entspricht ungefähr der Zeit zwischen zwei Flanken.

Meßdauer: TA-START gedrückt

Hier entspricht die Torzeit der Zeit, die die Taste TA-START gedrückt wird.

Meßdauer: TA-START / STOP

Hier beginnt die Torzeit mit einem Druck auf TA-START und stoppt mit TA-STOP.

Torzeit extern: Messen

Hinweis an den Benutzer, daß die Torzeit nicht durch den Torzeit-Generator, sondern durch Kanal C oder Tastenbedienung vorgegeben und vom Gerät gemessen wird.

Meßbeginn: sofort

Die Option bedarf keiner näheren Erläuterung, die Messung beginnt sofort.

Meßbeginn: Signal vorhanden

Ist diese Option eingeschaltet, wird so-

lange gewartet, bis ein Signal am Eingang anliegt. Bestimmt man die Torzeit durch Kanal C oder eine Taste, wird intern erst auf das Signal und dann auf die Bedingung am Kanal C oder auf den Tastendruck gewartet.

Meßbeginn: TA-START [Taste START]

Hier wird die Messung erst nach Druck auf die Taste TA-START begonnen.

Meßbeginn: Kanal C LH-Flanke, Kanal C HL-Flanke

Hier wird die Messung nach einer LH- (HL-) Flanke an Kanal C gestartet.

Einstellungen: kontinuierlich / einzeln

Die kontinuierliche Messung wird so oft wiederholt, bis sie durch Break - gleichzeitiges Drücken von TA-MENÜ und TA-ENTER- abgebrochen wird. Bei der Einzel-Einstellung wird nur einmal gemessen.

Einstellungen: Periodenanalyse

Die Periodenanalyse ist eine Besonderheit dieses Meßgerätes. Wie im Artikel "Alternatives Meßverfahren" noch beschrieben wird, läßt sich die Genauigkeit einer Frequenzmessung dadurch erhöhen, daß die Torzeit ein ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer des zu messenden Signals ist. Dies ist insbesondere für die Messung von NF-Signalen wichtig. Nach dem Start der Messung wartet die Software in einer Schleife solange, bis die erste Periode gezählt wurde. Anschließend wird der Torzeit-Generator gestartet. Ist die eigentliche Torzeit abgelaufen, wird in einer weiteren Schleife solange gewartet, bis eine eventuell angefangene Periode des zu messenden Signals beendet ist. Mit einigen Tricks konnte die Schleife auf 4 Maschinenbefehle reduziert werden, so daß die Genauigkeit der Periodenanalyse circa 8 µs beträgt. Daraus resultiert eine Genauigkeit von maximal 5 Digit pro Sekunde Torzeit. Ein Einsatz der Periodenanalyse bei Frequenzen oberhalb von etwa 100 kHz ist nicht sinnvoll. Da die Periodenanalyse genauso wie die Option *Signal-vorhanden* auf den Beginn einer Periode wartet, ist die gleichzeitige Verwendung von *Signal-vorhanden* und Periodenanalyse unnötig und verlängert nur die Messung, insbesondere bei niedrigen Frequenzen. Eine genaue Messung von niedrigen Frequenzen, insbesondere im Millihertz-Bereich, ist nur mit der Periodenanalyse möglich. Durch die Verlängerung der Torzeit auf mindestens eine Periode, kann eine Messung von niedrigen Frequenzen, unabhängig von der eingestellten Torzeit, lange dauern. Die auf TA-START folgende Einstellung kann man mit der Taste TA-EDIT ändern.

Einstellungen: Zwischenergebnisse

Bei den meisten Meßroutinen besteht die Möglichkeit, während der Messung

Zwischenergebnisse anzuzeigen. Dazu ist die Interruptroutine des Torzeit-Meßobjektes so erweitert, daß ungefähr alle 2 Sekunden versucht wird, den aktuellen Zählerstand des Frequenzmeßobjektes und die bis dahin vergangene Torzeit in der sekundären Registerbank zwischenzuspeichern. Mißlingt der Versuch, wird erneut 2 Sekunden gewartet. Anschließend wird aus den gespeicherten Zählerständen die Frequenz errechnet. Dabei gibt es folgende Einschränkungen: 1. Bei hohen Frequenzen kann der Versuch jedesmal fehlschlagen und 2. Der angezeigte Meßwert besitzt einen um so höheren Fehler, je niedriger die zu messende Frequenz ist. Ein Zwischenwert wird in der Anzeige mit einer Raute () angezeigt. TA-HOLD bewirkt ein Festhalten des Wertes in der Anzeige bis zum Endergebnis. Die auf TA-START folgende Einstellung kann man mit der Taste TA-EDIT ändern.

Einstellungen: Ton

Wie im ersten Teil des Artikels schon dargestellt, besitzt das Meßgerät die Möglichkeit, softwaremäßig Töne zu erzeugen. Dies wird dazu ausgenutzt, den Beginn und das Ende eines Meßvorgangs zu kennzeichnen. Während der Tongenerierung steht der Prozessor für andere Aufgaben, inklusive der Abarbeitung der Interruptroutinen, nicht zur Verfügung. Für geräuschlose Messungen und um die Totzeiten zu vermeiden, kann der Tongenerator softwaremäßig abgeschaltet werden. Die auf TA-START folgende Einstellung kann man mit der Taste TA-EDIT ändern.

Ausgang (bei Frequenz und Zeitmessung)

Der Gateausgang ist während der Torzeit einer Messung und während des Wartens auf eine Signalfanke (Optionen: Periodenanalyse, Signal vorhanden) auf High-Potential.

Zeitdauer: User def. Zeitdauer

Aufforderung die Zeitdauer anzugeben.

Puls am Ausgang: Aktiv während der Zeit

Hier ist beim Zeitgeber der Gate-Ausgang solange wie die eingestellte Zeit High.

Puls am Ausgang: Am Ende

Nach Ablauf der vom Zeitgeber zu gebenden Zeit erscheint ein 1 µs langer Impuls am Ausgang. Diese Option ist nur bei langen Zeiten sinnvoll, da der Zeitraum zwischen Start des Zeitgebers und Beginn der eigentlichen Zeit nicht festlegbar ist und etwa 100 µs betragen kann.

Puls am Ausgang: Am Anfang

Es erscheint mit dem Beginn der vom Zeitgeber zu gebenden Zeit ein Impuls von 1 µs Länge. Diese Option hat nur ei-

nen Sinn, wenn der Benutzer durch den Tongenerator auf das Ende der Zeit hingewiesen wird.

Puls am Ausgang: Am Anfang und Ende

Hier wird zu Beginn und am Ende der vom Zeitgeber zu gebenden Zeit ein Impuls von 1 μ s Dauer am Ausgang gegeben. Die Zeitdauer bezieht sich von HL-Flanke zu HL-Flanke beziehungsweise von LH-Flanke zu LH-Flanke. Ist als Zeitdauer 1 μ s vorgegeben, so erscheint am Ausgang nur ein Puls.

Einstellungen: Ruhepegel

Mit dieser Option läßt sich festlegen, ob der Ausgang im Ruhezustand High- oder Low-Pegel annimmt. Im Grundzustand des Gerätes und bei der Menü-Eingabe hat die Vorgabe des Ruhepegels keine Wirkung.

Vorgegebene Zeiten: User def. Periodendauer

Hier kann der Benutzer die Puls-Periodendauer mit einer Auflösung von 1 μ s einstellen. Die Software generiert daraus eine Puls-Dauer und eine Pulspausen-Dauer, die bei ganzzahliger Periodendauer gleich sind und sich bei ungerader Periodendauer um 1 μ s unterscheiden. Die minimale Periodendauer beträgt 4 μ s (250 kHz).

Vorgegebene Zeiten: User def. Pulsdauer, user def Pulspausendauer

Hier können sowohl die Pulsdauer (High-Phase) als auch die Pulspausen-Dauer (Low-Phase) einzeln eingegeben werden.

Ende (Stop): Taste Stop

Impulsgenerator stoppt auf Tastendruck von TA STOP.

Ende (Stop): User def. Anzahl Perioden

Neben der kontinuierlichen Pulsfolge kann der Benutzer eine Anzahl von Pulsen vorgegeben, nach denen der Generator automatisch anhalten soll. Aus software-technischen Gründen ist dies erst dann möglich, wenn entweder die Pulsdauer oder die Pulspausen-Dauer größer als 256 μ s ist.

Ende (Stop): Kanal C LH-Flanke, Kanal C HL-Flanke

Je nach Einstellung läßt sich der Frequenzgenerator mit einer HL-Flanke oder einer LH-Flanke an Kanal C anhalten.

Einstellungen: Pulsform

Die Polspolarität ist hier wie folgt definiert: Bei eingestellter positiver Polspolarität wird ein Puls mit der aktiven Phase begonnen, der die Pulspause folgt. Dem entsprechend ist die negative Polspolarität so definiert, daß zuerst die Pulspause und dann der Impuls folgt. Der Zustand des Ruhepegels wird nicht berücksichtigt. Ist der Ruhepegel auf High gestellt, dann gehen Ruhezustand und Puls-Dauer-Phase ineinander

der über und umgekehrt.

Funktion: Handzähler / Nullzähler

Aufgabe beider Funktionen ist das Zählen. Im Unterschied zur Funktion *Impulse zählen* wird hier jedes Zählereignis direkt angezeigt, wobei Aufwärts- wie Abwärtszählen möglich ist. Auch das Zählen in den negativen Bereich ist vorgesehen. Beide Funktionen unterscheiden sich nur durch die Wirkung einer Flanke an Kanal C. Beim Nullzähler vermindert jede HL- beziehungsweise LH-Flanke (je nach Wahl) den Zählerstand um Eins, beim Handzähler erhöht eine Flanke den Zählerstand um Eins.

Startwert: Null / user definiert

Als Startwert können entweder Null oder eine beliebige positive Zahl (*user definiert*) eingegeben werden

Ausgang: Aktiv beim Zählerstand = 0

Der Ausgang wird bei dem Zählerstand Null aktiv

Ausgang: Aktiv beim Zählerstand <>0

Der Ausgang wird aktiv, wenn der Zählerstand ungleich Null ist.

Ausgang: Puls bei Zähler = 0

Am Ausgang erscheint ein Puls von 1 μ s Dauer, wenn der Zählerstand Null erreicht wird.

Ausgang: Puls pro Zählung

Am Ausgang erscheint pro Zählvorgang ein Impuls.

Besonderheiten

Zusätzlich zu der Tastenkombination *BREAK* (TA-MENÜ & TA-ENTER) besteht beim Hand/Null-Zähler die Möglichkeit, mit der Kombination *TA-ENTER* und *TA-START* den Startwert zu laden. Die Kombination *TA-ENTER* und *TA-STOP* beendet die Zählung genauso wie *BREAK*. Mit den Taster *TA-START* und *TA-STOP* läßt sich der gezählte Wert um Eins erhöhen beziehungsweise verringern.

Status- und andere Meldungen

Während der Messung gibt der Zähler verschiedene Statusmeldungen aus. In der oberen Zeile von links folgt ein ICON, welches die Meßfunktion symbolisiert, dann der Buchstabe von dem Kanal, an dem gemessen wird, dann eine Kennung, wie die Torzeit bestimmt wird und am Ende der Zeile den augenblicklichen Zustand. Es bedeuten:

- A** Es wird von Kanal A gemessen
- B** Es wird von Kanal B gemessen
- GT** Die Torzeit wird durch den Torzeitgenerator vorgegeben.
- C+** Die Torzeit entspricht der High-Phase an Kanal C

- C-** Die Torzeit entspricht der Low-Phase an Kanal C
- C↑** Die Torzeit wird durch eine LH-Flanke begonnen und beendet.
- C↓** Die Torzeit wird durch eine HL-Flanke begonnen und beendet.
- TA** Die Torzeit wird durch drücken der Taste *TA-START* bestimmt.
- SS** Die Torzeit wird mit der Taste *TA-START* begonnen und mit der Taste *TA-STOP* beendet.
- bereit** Das Gerät wartet auf die Startbedingung
- warte** Das Gerät wartet auf das Signal (Flanke) am Kanal
- messen** Das Gerät mißt gerade
- beendet** Die Messung ist beendet

In der zweiten Zeile wird das Meßergebnis oder die Zwischenergebnisse angezeigt. Dabei bedeuten:

- ◇ In der Anzeige ist ein Zwischenergebnis.
- * In der Anzeige ist das Endergebnis
- EDIT-Modus, Zahl kann geändert werden

Schließlich zu den Fehlermeldungen. Es bedeutet:

Zählerüberlauf Es wurden mehr als 2^{32} Impulse am Eingang gezählt.

Torzeitüberlauf Es wurde extern mehr als 2^{32} μ sek Torzeit vorgegeben.

Ergebnisüberlauf Die Berechnung des Ergebnis führte zu einem Überlauf.

Periode zu kurz Es wurde eine zu kurze Periodendauer eingegeben oder die Summe von Puls-Dauer und Pulspausen-Dauer ist zu kurz.

Im 3. Teil beschreiben wir die Funktion der Schnittstelle. Dem vom Zähler verwendeten Meßverfahren widmen wir einen separaten Artikel.

GHZ-UNIVERSALZÄHLER

Zähler und PC

Von Dipl.-Ing. Bernhard C. Zschocke

Nach der Beschreibung der manuellen Bedienung des Zählers geht es im letzten Teil der Artikelfolge um die Kopplung des Zählers mit einem Computer über die serielle Schnittstelle. Der Zähler kann von jedem Computer mit RS232-Port gesteuert werden. Voraussetzung für die Erstellung eines Anwenderprogramms zur Zähler-Steuerung ist die vollständige Beschreibung der eingebauten Funktionen, und die liefert der folgende Beitrag.

Die Steuerung des Zählers durch den PC entspricht weitgehend der manuellen Bedienung. Mit dem PC werden im Speicher des Zählers die gleichen Werte abgelegt wie bei der manuellen Eingabe. Ein Startbefehl löst den gewünschten Meßvorgang aus. Die Meßergebnisse stehen nach der Funktionsausführung ebenfalls wieder im zähler-internen Speicher und können vom PC abgerufen und ausgewertet werden. Die angesprochenen Speicherstellen werden im folgenden *Register* genannt.

Hardware

Bei der RS232-Verbindung sind zwei Dinge zu beachten. Zum einen **muß** der Computer eine aktive RS232-Schnittstelle besitzen, da der RS232-Pegelwandler im Zähler seine Stromversorgung aus der Schnittstelle selbst bezieht. Zum anderen ist die Masse des Zählers mit der Masse der RS232-Schnittstelle und damit über den PC mit dem Lichtnetz-Schutzleiter verbunden: es wird also **nicht erdfrei** gemessen. Bei den Messungen ist daher die nötige Vorsicht angebracht. Die Bauanleitung einer galvanischen Trennung für RS232-Verbindungen, die auch am GHz-Zähler funktioniert, ist in dieser Ausgabe zu finden. Damit kann man dann erdfrei messen.

Grundsätzliches

Zuerst wird der Computer mit dem Zähler verbunden und eingeschaltet. Dann initialisiert man die serielle Schnittstelle des Computers - in MS/DOS beispielsweise mit dem *Mode*-Befehl - auf die Werte: 2400 Baud, 1 Startbit, 8 Datenbit, kein Parity-Bit, 1 Stop-Bit. Dabei

darf man nicht vergessen, auch die RTS-Leitung zu initialisieren. Das erledigt der MS/DOS-Mode-Befehl zwar automatisch, bei anderen Computern muß man möglicherweise selbst dafür sorgen.

Als nächstes muß der Zähler in den Grundzustand versetzt werden. Dafür reicht einfaches Einschalten oder ein Druck auf die Break-Taste.

Zur Kommunikation zwischen Computer und Zähler werden alle ASCII-Codes verwendet. Die Zeichen von $0_{16} \dots 1F_{16}$ dienen der Ablaufsteuerung (Befehle), der Rest ab 20_{16} wird zur Kennzeichnung von Funktionen (Befehlsparameter) eingesetzt.

Die ASCII-Codes bis $1F_{16}$ sind noch aus der Telegrafie-Zeit mit 3-Buchstaben-Kürzeln gekennzeichnet, die wir in der folgenden Beschreibung anstelle der Code-Nummer verwenden. Eine Auflistung von Kürzeln und ASCII-Zeichen ist in **Tabelle 1** zu sehen.

Der PC wartet jetzt auf Daten. Empfängt er vom Zähler ein DLE-Zeichen (10_{16}), bedeutet das: Verbindung nicht möglich. In diesem Fall muß man den Zähler kurz aus- und wieder einschalten oder ihn mit einem Druck auf die Break-Taste zur Ausgabe eines SYN-Zeichen (16_{16}) veranlassen. Letzteres bedeutet: Verbindung möglich. Dieser Wartezustand wird als *nicht verbunden* bezeichnet und in den Grafiken mit U angegeben. Nur in diesem Modus ist die Handbedienung des an dem Computer angeschlossenen Zählers möglich.

Nach dem Empfang eines SYN-Zeichens kann der Computer mit ENQ eine Verbindung anfordern, die der Zähler aufbaut und mit ACK bestätigt. Jetzt ist der Zähler im *Connect-Modus* (Ab-

kürzung: K). Ab hier kann der Computer die Steuerung übernehmen. Im Connect-Modus kann eine Messung nur gestartet werden. Zur Auswahl der Zähler-Funktion, des gewünschten Eingangs oder beispielsweise der Torzeit muß der Computer vor dem Meßbeginn einen aus mehreren Zeichen bestehenden Befehl an den Zähler schicken. Das geht nur im *Befehlseingabemodus* (Kürzel: B), in den der Zähler durch den Empfang des Zeichens STX gelangt. In diesem Modus wird jedes an den Zähler gesendete Zeichen der Reihe nach im zähler-internen Befehlsspeicher abgelegt, bis der Befehl komplett ist. Die Rückkehr aus der Befehlseingabe in den Connect-Modus wird mit dem ETX-Zeichen veranlaßt. Nach Empfang des zur Funktion *Befehl ausführen* gehörenden ASCII-Zeichens DC2 führt der Zähler den im Befehlsspeicher abgelegten Befehl aus.

Mit EOT kommt man aus dem Connect-Modus wieder in den Zähler-Grundzustand zurück.

Tabelle 1. Die ASCII-Zeichen und ihre Bedeutung.

Dez.	Hex.	Bez.
0	00	NUL
1	01	SOH
2	02	STX
3	03	ETX
4	04	EOT
5	05	ENQ
6	06	ACK
7	07	BEL
8	08	BS
9	09	HT
10	0A	LF
11	0B	VT
12	0C	FF
13	0D	CR
14	0E	SO
15	0F	SI
16	10	DLE
17	11	DC1
18	12	DC2
19	13	DC3
20	14	DC4
21	15	NAK
22	16	SYN
23	17	ETB
24	18	CAN
25	19	EM
26	1A	SUB
27	1B	ESC
28	1C	FS
29	1D	GS
30	1E	RS
31	1F	US

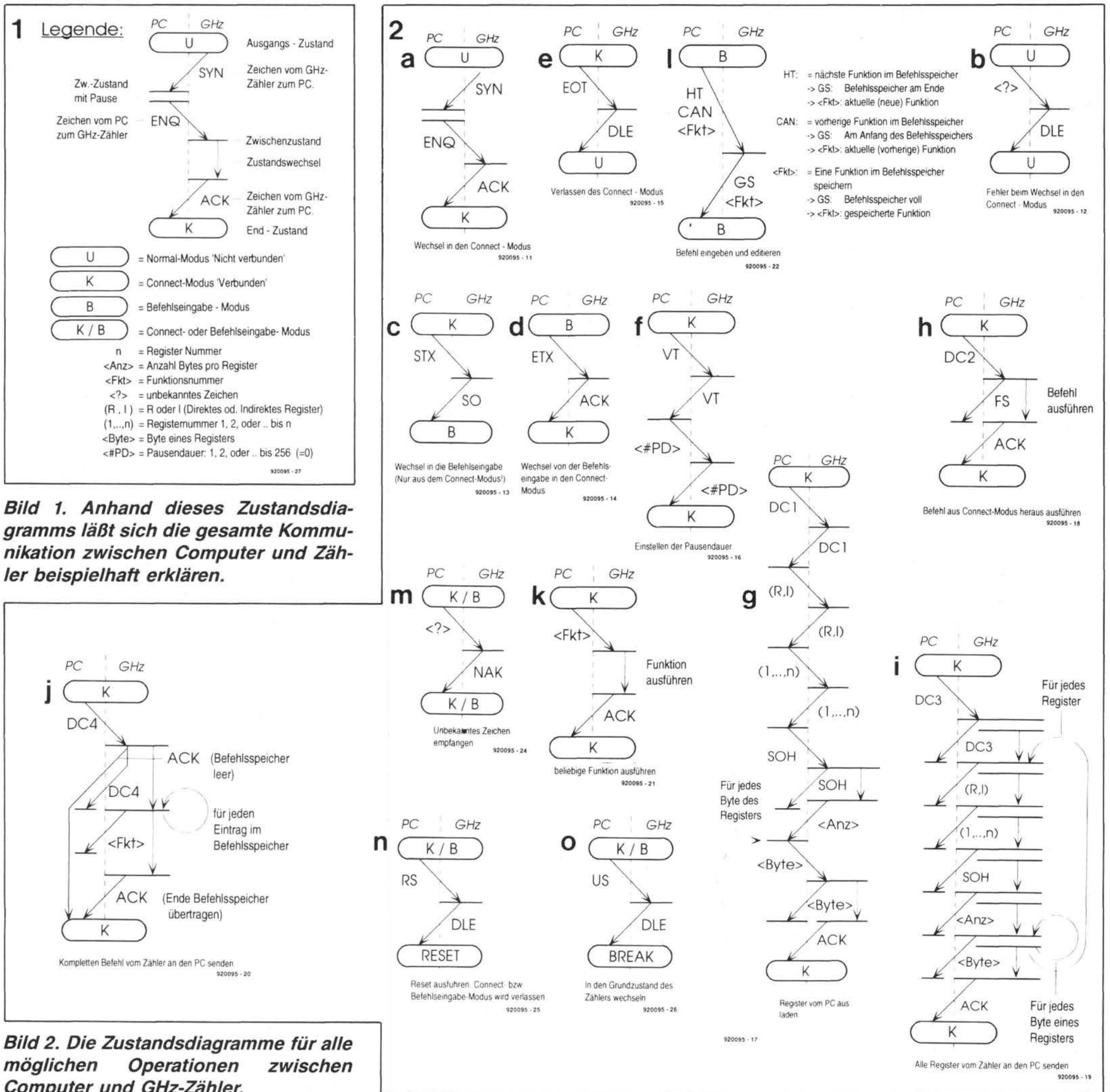


Bild 1. Anhand dieses Zustandsdiagramms läßt sich die gesamte Kommunikation zwischen Computer und Zähler beispielhaft erklären.

Bild 2. Die Zustandsdiagramme für alle möglichen Operationen zwischen Computer und GHz-Zähler.

Anzeige

Anzeigenschlußtermin

ELEKTOR **03/93**

für fertige Druckvorlagen

29. Januar 1993

Wollen Sie nicht helfen?

CCF Kinderhilfswerk

Für nur 45 DM pro Monat retten Sie ein Kind aus seinem Elend. Werden Sie CCF Pate. Helfen Sie uns helfen.

CCF Kinderhilfswerk e.V. Postfach 1105 - W-7440 Nürtingen

Spendenkonto: Bank für Sozialwirtschaft, Stuttgart (BLZ 60120500) Konto-Nr. 77 800 00

Für mehr Info: Einsenden an CCF, Postfach 1105, W-7440 Nürtingen



Qualitäts-Bauteile für den anspruchsvollen Elektroniker

Electronic Am Wall

4600 Dortmund 1, Hoher Wall 22

Tel. (02 31) 1 68 63

Zustandsdiagramme

In Bild 1 und Bild 2 haben wir den Ablauf der Kommunikation zwischen PC und Zähler mit sogenannten Zustandsdiagrammen dargestellt. Zur Erläuterung betrachten wir das Beispiel-Zustandsdiagramm in Bild 1. Alle Diagramme sind durch eine senkrechte gestrichelte Linie in zwei Hälften geteilt, gehen von einem Ausgangs-Zustand (oben) aus und gelangen zum End-Zustand. Horizontale Linien kennzeichnen Zwischenzustände. Die linke Hälfte ist jeweils die Computer-, die rechte die Zähler-Seite. Ein Pfeil von der Zähler- zur Computer-Seite bedeutet, daß ein Zeichen vom Zähler zum PC gesendet wird, ein Pfeil von der PC-Seite zur Zähler-Seite entsprechend ein Zeichen vom PC zum Zähler. Welches Zeichen gefordert wird, steht rechts oder links neben dem Pfeil. Nachdem ein Zeichen gesendet wurde, tritt ein neuer (Zwischen- oder End-) Zustand ein. Bisweilen bleibt ein Pfeil auf der Zähler-Seite, teilweise führt er wieder zu einem früheren Zustand. In beiden Fällen findet ein Zustandswechsel ohne Einwirkung der anderen Seite statt. Dabei kann eine Aktion (Bild 2c) stattfinden.

Zwei Linien übereinander kennzeichnen einen Zwischenzustand mit Pause, deren Dauer mit der Steuerfunktion VT eingestellt werden kann.

Das Beispieldiagramm in **Bild 1** liest sich nun wie folgt: Im Grundzustand U sendet der Zähler ein SYN-Zeichen an den PC. Nach einer Pause antwortet

der PC mit einem ENQ-Zeichen. Daraufhin nimmt der Zähler einen Zustandswechsel in den Connect-Modus vor und quittiert dies mit einem ACK-Zeichen.

Ist der Anfangs- beziehungsweise ein End-Zustand im Diagramm mit K/B bezeichnet, dann gilt das Diagramm sowohl im Connect-Modus als auch im Befehlseingabe-Modus. Eine Registernummer (1, ..., n) wird immer als ASCII-Ziffer, die Anzahl von Bytes <ANZ> binär, die Registerkennung (R, I) als ASCII-Zeichen, die Pausendauer <#PD> und ein Byte eines Registers <Byte> binär übertragen.

In Bild 2a...p ist jeweils ein Diagramm für jede mögliche Konstellation dargestellt. In den **Bildern 2a bis 2e** sind die Befehlsfolgen für die Wechsel zwischen den drei Modi *Grundzustand U*, *Connect-Modus K* und *Befehlseingabe-Modus B* aufgeführt.

Im Grundzustand ist **nur** das ENQ-Zeichen vom PC gültig. Bei allen anderen Zeichen antwortet der Zähler mit DLE und verweigert den Moduswechsel (Bild 2b).

Beim Übertragen der Registerinhalte und des im Zähler gespeicherten Befehls, also immer dann, wenn der Zähler mehr als zwei Zeichen sendet, kann es zu einem Überlauf im PC kommen. Deshalb ist im Zähler eine Programmschleife eingebaut, die zwischen den zu sendenden Zeichen eine kurze Pause bewirkt. Die Pausendauer kann vom PC aus eingestellt werden (**Bild 2f**). Ein Wert von 1 entspricht einer kurzen Pau-

se, 256 bewirkt maximale Pausendauer. Nach dem Einschalten des Zählers oder nach einem Reset ist immer die maximale Pausendauer eingestellt.

Bei einigen Meßarten (Frequenz, Drehzahl, usw.) erwartet der Zähler vor Meßbeginn verschiedene Eingaben, beispielsweise die Dauer der Torzeit. Der PC muß diesen Wert in das dafür vorgesehene Register schreiben (**Bild 2g**). Welches Register für welchen Wert vorgesehen ist, geht aus **Tabelle 2** hervor. Zum Laden dient das Steuerzeichen DC1, mit dem immer nur ein mit R oder I und mit der zugehörigen Nummer (1, ..., n) bezeichnetes Register (-Inhalt) übertragen werden kann. Besonders wichtig ist folgendes: Der GHz-Zähler meldet dem PC binär kodiert mit <ANZ> wieviele Zeichen er erwartet, der PC muß die Übertragung des Werts mit dem niedrigwertigsten Byte beginnen. Fordert der Zähler beispielsweise fünf Bytes an, so muß der PC auch fünf Bytes senden. Wenn zur Darstellung des Wertes drei Bytes ausreichen, muß das Programm in diesem Fall also zwei Null-Bytes hinterherschicken.

Das Zeichen DC2 veranlaßt den Zähler im Connect-Modus dazu, den intern gespeicherten Befehl auszuführen (**Bild 2h**). Je nach Meßart, beispielsweise Frequenzmessung mit 10 s Torzeit, kann die Ausführung einige Zeit in Anspruch nehmen. Damit der PC weiß, daß das Zeichen beim Zähler korrekt angekommen ist, sendet dieser als Bestätigung ein FS. Ist der Befehl ausgeführt, sendet der Zähler ACK. Der PC darf während der Befehlsausführung kein Zeichen an den Zähler senden. Jedes Zeichen, insbesondere US, hat dieselbe Wirkung wie ein von Hand ausgeführter BREAK. Es unterbricht die Befehlsausführung und der Zähler kehrt in den Grundzustand zurück. Dieser Mechanismus kann natürlich auch gezielt zum Abbruch einer Messung verwendet werden.

Mit dem Zeichen DC3 fordert der PC den Zähler auf, ihm die Inhalte aller Register zu senden (**Bild 2i**).

Mit der Steuerfunktion DC4 kann der PC den aktuell im Zähler gespeicherten Befehl anfordern (**Bild 2j**). Die Übertragung beginnt mit der ersten im Befehl gespeicherten Funktion. Ein ACK kennzeichnet, daß der gesamte Befehl übertragen ist. Folgt nach DC4 direkt ein ACK, ist der Befehlsspeicher leer.

Alle Funktionen eines Befehls lassen sich auch einzeln direkt ausführen (**Bild 2k**), indem der Computer im Connect-Modus die Funktion an den Zähler schickt. Dies ist besonders dann sinnvoll, wenn ständige Einstellungen, wie etwa Tongeber ein/aus, geändert werden sollen.

Ein Befehl ist intern als Folge von Funk-

Tabelle 2. Die komplette Funktionstabelle des GHz-Zählers ist bereits in Heft 10/92 abgedruckt. Dieser Auszug erleichtert das Verständnis des Befehlsaufbaus.

Funktion	Eingang	Meßdauer (Gate)	Torzeit	Meßbeginn	Einstellungen
Frequenz 1/Frequenz Drehzahl	Kanal A Kanal B	Torzeit	0,1 s, 1 s, 10 s 0,1 s steigend bis 12 s 1 min user def. 100 µs - 2 ³² s	sofort Signal vorhanden TA-START Kanal C LH-Flanke Kanal C HL-Flanke	kontinuierlich einzeln mit Periodenanalyse mit Zwischenergebnissen mit Ton
		Kanal C High Kanal C Low Kanal C LH-Flanke - Start/Stop Kanal C HL-Flanke - Start/Stop	gemessen	sofort Signal vorhanden TA-START	
		TA-Start gedrückt TA-START/STOP	gemessen	sofort Signal vorhanden	

Funktion	Eingang	Meßdauer (Gate)	Torzeit	Meßbeginn	Einstellungen
Impulse zählen	Kanal A Kanal B	Torzeit	0,1 s, 1 s, 10 s 0,1 s steigend bis 12 s 1 min user def. 100 µs - 2 ³² s	sofort Signal vorhanden TA-START Kanal C LH-Flanke Kanal C HL-Flanke	kontinuierlich einzeln mit Zwischenergebnissen mit Ton
		Kanal C High Kanal C Low Kanal C LH-Flanke - Start/Stop Kanal C HL-Flanke - Start/Stop	entfällt	sofort TA-START	
		TA-HOLD gedrückt TA-START/STOP	entfällt	sofort	

Funktion	Meßdauer (Start/Stop)	Ausgang	Einstellungen
Zeitmessung	TA-START/STOP Taste Start gedrückt	High während der Messung	mit Zwischenergebnissen mit Ton

tionen gespeichert. Nach dem Wechsel durch STX in den Befehlseingabe-Modus zeigt im Zähler ein Zeiger auf die erste Funktion im Befehl (**Bild 2l**). Wird nun eine Funktion zum Zähler gesandt, dann wird diese an der Stelle im Befehl eingetragen, auf die der Zeiger weist und anschließend der Zeiger um eine Position weitergerückt. Zur Kontrolle wird das abgespeicherte Zeichen vom Zähler an den PC zurückgesandt. Ist der Befehlsspeicher voll, dann wird die Funktion nicht abgespeichert und ein GS zum PC gesendet. Die Steuerfunktion HT sendet die Funktion, auf die der Zeiger zeigt, an den PC zurück und bewegt anschließend den Zeiger eine Position weiter, ohne jedoch eine Funktion zu speichern. Die Funktion CAN bewegt den Zeiger eine Position zurück und sendet dann das Zeichen, auf das der Zeiger jetzt zeigt.

Wurde vom GHz-Zähler ein Zeichen empfangen, das er nicht interpretieren kann (Steuerzeichen oder Funktion), dann antwortet er mit NAK (**Bild 2m**). Mit dem Zeichen RS kann der PC den GHz-Zähler zurückstellen (**Bild 2n**). Diese Funktion ist gleichbedeutend mit Aus- und Einschalten des Zählers. Alle Registerinhalte sind danach undefiniert.

Nach Empfang des Zeichens US kehrt der GHz-Zähler in den Grundzustand zurück (Break, **Bild 2o**). Gleichzeitig verläßt er den Connect- beziehungsweise den Befehlseingabe-Modus.

Befehle

Ein Befehl besteht aus einer Folge von Einzelanweisungen. Der PC muß den Befehl von links nach rechts genau so aufbauen, wie es dem Lesen in Tabelle 2 entspricht, also mit **Funktion** beginnen und mit **Einstellungen** aufhören. In **Tabelle 4** sind alle Funktionen und die zugehörigen Codes aufgelistet. Die Anweisung für die Frequenzmessung mit Kanal A, einer Torzeit von 1 Sekunde und Meßbeginn mit Druck auf die Taste START sieht beispielsweise so aus:

21	2F	57	3C	65	77	7F
						6. Meter (Einst.: Periodenanalyse ein)
						5. Parameter (Einstellungen: einzeln)
						4. Parameter (Meßbeginn: Taste START)
						3. Parameter (Torzeit: 1 s)
						2. Parameter (Gate: Torzeit)
						1. Parameter (Eingang: Kanal A)
						Funktion: Frequenzmessung

Die zweistelligen Hexadezimalzahlen werden jeweils als 1 Byte zum Zähler geschickt. Die Anzahl der Bytes pro Befehl ist nicht konstant, da, wie in obigem Beispiel, mehr als 1 Parameter für

Tabelle 3. Die Liste aller Steuerfunktionen des Zählers. Die hinter *equ* aufgeführte Hexadezimalzahl muß als Byte an den Zähler geschickt werden, um die jeweilige Aktion auszulösen.

allgemeine Steuerfunktionen

ENQ	equ 005H ; Anruf, Aufbau einer Verbindung
ACK	equ 006H ; Steuerzeichen korrekt angekommen und akzeptiert
NAK	equ 015H ; Nach ENQ: Anruf kann nicht angenommen werden ; sonst: Fehlerhaftes Zeichen empfangen
EOT	equ 004H ; Ende der Verbindung
SOH	equ 00EH ; nächstes Zeichen bestimmt die Anzahl der anschließend ; folgenden transparenten Zeichen (in der Regel ; Anzahl Bytes)
RS	equ 01EH ; Reset

Steuerfunktionen vom PC zum Zähler

STX	equ 002H ; Beginn einer Befehlsübertragung
CAN	equ 018H ; eine Funktion im Befehl zurück
HT	equ 009H ; eine Funktion im Befehl weiter
VT	equ 00BH ; es folgt Pausendauer
ESC	equ 01BH ; reserviert
ETX	equ 003H ; Ende der Befehlsübertragung
DC1	equ 011H ; Es folgt Register
DC2	equ 012H ; Befehl im Befehlsspeicher ausführen
DC3	equ 013H ; Registersatz zurücksenden
DC4	equ 014H ; Befehl aus Befehlsspeicher zurück senden
US	equ 01FH ; Break (Messung unterbrechen)

Steuerfunktionen vom Zähler zum PC

SYN	equ 016H ; Bereit für eine Verbindung
SO	equ 00EH ; Fertig zum Befehlsempfang
FS	equ 01CH ; Zeichen empfangen, Antwort abwarten.
GS	equ 01DH ; Befehlsspeicher voll
DLE	equ 010H ; Abbruch der Verbindung

Einstellungen angegeben werden kann.

Der GHz-Zähler arbeitet den Befehl von rechts nach links ab; Also *Einstellungen* zuerst und *Funktionen* zuletzt.

Es sind nur die Parameter in einem Befehl erlaubt, deren Funktion in der Tabelle in Heft 10/92 beziehungsweise in dem Auszug in Tabelle 2 aufgeführt sind. Da keine Plausibilitätsprüfung im Zähler-Betriebssystem vorgesehen ist, muß man selbst für die sinnvolle Zusammenstellung der Parameterfunktionen zu einem kompletten Befehl sorgen. In der Programmentwicklungsphase hilft dabei ein simpler Trick: Die

Anzeige

Layout-Service-Kiel
ATARI® System-Center
 Eckernförder Str. 83
 2300 Kiel 1, Tel: 0431-180975, Fax 17080

GAL-Ed für ST/E-TT-FALCON30

GAL-Entwicklung nun schnell und komfortabel.
 > Simplemode
 > Complexmode
 > Registermode
 > Gattersetzen
 > Gattertesten
 > Gattersimulieren
 > Logiktesten
 > Karnaugh-Diagramm
 > und ein eigener
 sehr schneller Assembler für Logikgleichungen
 > JEDEC-Dateien im Maxon/PC-Format speichern
 Ein muß für jeden Entwickler! Nur DM 498.-

Neuheit! Das Hassen-Accessory!
 Ist immer für Sie dienstbereit!
 Einkaufs-, Verkaufs- & Händlerpreise auch Listenausgabe, Automatische Adress-, Artikel- & Buchungslisten Anlage, Quittungen- & Rechnungen, Schnittstelle zu fibuMan = DM 498.-

Fotoplotter/-zusatz
 Für die Herstellung von Reprofilmen bis DIN A3. Das Gerät ist für alle HP-GL-Codes erzeugenden Programme einsetzbar! Ein Filmbelichter ist nicht mehr erforderlich, fertigen Sie Ihre Reprovorlagen selbst! Ligthpen - Fotoplotter mit eingebautem Plottzusatz, 1 Lightpen (S25), 8 Farbpens, 10 Filme (DINA3), Entwicklungsmat. und Rotlichtl. DM 3899.-, Fotoplotterzusatz & Ausstattung wie vor DM 1638.-

FAST Fourieranalyse
 ATARI ST/E, TT und FALCON
 FAST-Fourier ein Programm zur Bestimmung der Frequenzspektren von Samples.
 Erstellung der Spektren von Musikinstrumenten, Raumcharakteristiken, Analyse von 8/(16)-Bitsamples, Amplitudendiagramme, Frequenzspektren, zeitliche Entwicklung von Signalen, Eichung & Skalierung für Galactic-Soundsampler DM 398.-

Tabelle 4. Die Funktionsübersicht.

Hauptfunktionen

* Fkt First Nummer	equ 020H = ' ';
* Fkt Mess Funktion	equ 020H = Fkt First Nummer
Fkt Frequenz	equ 021H = Fkt Mess Funktion + 001H;
Fkt 1 Frequenz	equ 022H = Fkt Mess Funktion + 002H;
Fkt Drehzahl	equ 023H = Fkt Mess Funktion + 003H;
Fkt Impulse	equ 024H = Fkt Mess Funktion + 004H;
* Reserviert	equ 025H = Fkt Mess Funktion + 005H;
* " "	
* Reserviert	equ 028H = Fkt Mess Funktion + 008H;
Fkt Zeit	equ 029H = Fkt Mess Funktion + 009H;
Fkt Zeitgeber	equ 02AH = Fkt Mess Funktion + 00AH;
Fkt Impulsgenerator	equ 02BH = Fkt Mess Funktion + 00BH;
Fkt Nullzaehler	equ 02CH = Fkt Mess Funktion + 00CH;
Fkt Handzaehler	equ 02DH = Fkt Mess Funktion + 00DH;

Parameterfunktionen

* Fkt Eingang	equ 02EH = Fkt Mess Funktion + 00EH;
Fkt Kanal A	equ 02FH = Fkt Eingang + 001H;
Fkt Kanal B	equ 030H = Fkt Eingang + 002H;
Fkt Kanal C	equ 031H = Fkt Eingang + 003H;
Fkt Kanal CH	equ 032H = Fkt Eingang + 004H;
Fkt Kanal CL	equ 033H = Fkt Eingang + 005H;
Fkt Kanal CHL	equ 034H = Fkt Eingang + 006H;
Fkt Kanal CLH	equ 035H = Fkt Eingang + 007H;

* Fkt Verhaeltnis von	equ 036H = Fkt Eingang + 008H;
-----------------------	--------------------------------

Fkt Dauer Periode	equ 037H = Fkt Verhaeltnis von + 001H;
Fkt Pause Periode	equ 038H = Fkt Verhaeltnis von + 002H;
Fkt Dauer Pause	equ 039H = Fkt Verhaeltnis von + 003H;

* Fkt Torzeit	equ 03AH = Fkt Verhaeltnis von + 004H;
---------------	--

Fkt Torzeit 01 sek	equ 03BH = Fkt Torzeit + 001H;
Fkt Torzeit 1 sek	equ 03CH = Fkt Torzeit + 002H;
Fkt Torzeit 10 sek	equ 03DH = Fkt Torzeit + 003H;
Fkt Torzeit 1 min	equ 03EH = Fkt Torzeit + 004H;
Fkt Torzeit user def	equ 03FH = Fkt Torzeit + 005H;
Fkt Torzeit gemessen	equ 040H = Fkt Torzeit + 006H;
Fkt Torzeit steigend	equ 046H = Fkt Torzeit + 00CH;
Fkt geg Periodendauer	equ 047H = Fkt Torzeit + 00DH;
Fkt geg Puls Pause	equ 048H = Fkt Torzeit + 00EH;
Fkt User def Periode	equ 049H = Fkt Torzeit + 00FH;
Fkt User def Dauer	equ 04AH = Fkt Torzeit + 010H;
Fkt User def Pause	equ 04BH = Fkt Torzeit + 011H;
Fkt User def Pulse	equ 04CH = Fkt Torzeit + 012H;

* Fkt Periodenanzahl	equ 04DH = Fkt Torzeit + 013H;
----------------------	--------------------------------

* Reserviert	equ 04EH = Fkt Periodenanzahl + 001H;
--------------	---------------------------------------

* " "	
* Reserviert	equ 052H = Fkt Periodenanzahl + 005H;

* Fkt Startwert	equ 053H = Fkt Periodenanzahl + 006H;
-----------------	---------------------------------------

Fkt Startwert Null	equ 054H = Fkt Startwert + 001H
Fkt Startwert user def	equ 055H = Fkt Startwert + 002H
* Fkt Gate	equ 056H = Fkt Startwert + 003H

Fkt Gate Vorgabe	equ 057H = Fkt Gate + 001H;
Fkt Gate Kanal C High	equ 058H = Fkt Gate + 002H;
Fkt Gate Kanal C Low	equ 059H = Fkt Gate + 003H;
Fkt Gate Kanal C HL	equ 05AH = Fkt Gate + 004H;
Fkt Gate Kanal C LH	equ 05BH = Fkt Gate + 005H;
Fkt Gate TA gedruickt	equ 05CH = Fkt Gate + 006H;
Fkt Gate TA Start Stop	equ 05DH = Fkt Gate + 007H;

* Fkt Messbeginn	equ 05EH = Fkt Gate + 008H;
------------------	-----------------------------

Fkt Beginn sofort	equ 05FH = Fkt Messbeginn + 001H;
Fkt Beginn Signal	equ 060H = Fkt Messbeginn + 002H;

Fkt Beginn Signal A	equ 061H = Fkt Messbeginn + 003H;
Fkt Beginn Signal B	equ 062H = Fkt Messbeginn + 004H;
Fkt Beginn Kanal C HL	equ 063H = Fkt Messbeginn + 005H;
Fkt Beginn Kanal C LH	equ 064H = Fkt Messbeginn + 006H;
Fkt Beginn TA Start	equ 065H = Fkt Messbeginn + 007H;

* Fkt Ende	equ 066H = Fkt Messbeginn + 008H;
------------	-----------------------------------

Fkt Ende Anz Perioden	equ 067H = Fkt Ende + 001H;
Fkt Ende Kanal C HL	equ 068H = Fkt Ende + 002H;
Fkt Ende Kanal C LH	equ 069H = Fkt Ende + 003H;
Fkt Ende TA Stop	equ 06AH = Fkt Ende + 004H;

* Fkt Ausgang	equ 06BH = Fkt Ende + 005H;
---------------	-----------------------------

Fkt Puls Start Ende	equ 06CH = Fkt Ausgang + 001H;
Fkt Puls Start	equ 06DH = Fkt Ausgang + 002H;
Fkt Puls Ende	equ 06EH = Fkt Ausgang + 003H;
Fkt Puls Start bis Ende	equ 06FH = Fkt Ausgang + 004H;
Fkt Aktiv NE0	equ 070H = Fkt Ausgang + 005H;
Fkt Aktiv EQ0	equ 071H = Fkt Ausgang + 006H;
Fkt Puls EQ0	equ 072H = Fkt Ausgang + 007H;
Fkt Zaehlpuls	equ 073H = Fkt Ausgang + 008H;

Funktionen zu den Einstellungen des Zählers

* Fkt Verschiedenes	equ 074H = Fkt Ausgang + 009H;
---------------------	--------------------------------

Fkt Messfolge	equ 075H = Fkt Verschiedenes + 001H;
Fkt kontinuierlich	equ 076H = Fkt Verschiedenes + 002H;
Fkt einzeln	equ 077H = Fkt Verschiedenes + 003H;

Fkt Tongeber	equ 078H = Fkt Verschiedenes + 004H;
Fkt mit Piep	equ 079H = Fkt Verschiedenes + 005H;
Fkt ohne Piep	equ 07AH = Fkt Verschiedenes + 006H;

Fkt Zwischenwert	equ 07BH = Fkt Verschiedenes + 007H;
Fkt mit ZW Ergebnis	equ 07CH = Fkt Verschiedenes + 008H;
Fkt ohne ZW Ergebnis	equ 07DH = Fkt Verschiedenes + 009H;

Fkt Periodenanalyse	equ 07EH = Fkt Verschiedenes + 00AH;
Fkt Periodenanalyse ein	equ 07FH = Fkt Verschiedenes + 00BH;
Fkt Periodenanalyse aus	equ 080H = Fkt Verschiedenes + 00CH;

Fkt Polspolaritaet	equ 081H = Fkt Verschiedenes + 00DH;
Fkt Polspolar pos	equ 083H = Fkt Verschiedenes + 00FH;
Fkt Polspolar neg	equ 084H = Fkt Verschiedenes + 010H;

Fkt Ruhepegel	equ 085H = Fkt Verschiedenes + 011H;
Fkt Ruhepegel low	equ 086H = Fkt Verschiedenes + 012H;
Fkt Ruhepegel High	equ 087H = Fkt Verschiedenes + 013H;

* Reserviert	equ 088H = Fkt Verschiedenes + 014H;
--------------	--------------------------------------

sonstige Funktionen

* Fkt Eingabe	equ 089H = Fkt Verschiedenes + 015H;
---------------	--------------------------------------

* Reserviert	equ 08AH = Fkt Eingabe + 001H;
--------------	--------------------------------

* " "	
* Reserviert	equ 092H = Fkt Eingabe + 009H;
Fkt Main Break	equ 093H = Fkt Eingabe + 00AH;
Fkt Reset	equ 094H = Fkt Eingabe + 00BH;

* Fkt System	equ 095H = Fkt Eingabe + 00CH;
--------------	--------------------------------

* Reserviert	equ 096H = Fkt System + 001H;
* Reserviert	equ 097H = Fkt System + 002H;
Fkt Run Befehl	equ 098H = Fkt System + 003H;
Fkt Ton	equ 099H = Fkt System + 004H;
* Reserviert	equ 09AH = Fkt System + 005H;

(* = Funktion ohne Bedeutung für den PC)

Tabelle 5. Die Beschreibungen aller Funktionen.

Hauptfunktionen

Fkt Frequenz: Frequenzmessung
 Fkt 1 Frequenz: Frequenzmessung, Anzeige in 1 / Frequenz
 Fkt Drehzahl: Frequenzmessung, Anzeige in Umdrehungen pro Minute
 Die Frequenzmessung benötigt die Parameterfunktionen:
 Fkt Kanal... (Eingang)
 Fkt Gate... (Meßdauer)
 Fkt Torzeit... (Torzeit, einschließlich
 'Fkt Torzeit gemessen')
 Fkt Beginn... (Meßbeginn)

Fkt Impulse: Impulse zählen
 Als Parameterfunktionen werden benötigt:
 Fkt Kanal... (Eingang)
 Fkt Gate... (Meßdauer)
 Fkt Torzeit... (Torzeit, nur bei Fkt Gate Vorgabe)
 Fkt Beginn... (Meßbeginn)

Fkt Zeit: Zeitmessung
 Als Parameterfunktionen werden benötigt:
 Fkt Gate TA gedrueckt oder Fkt Gate TA Start Stop

Fkt Zeitgeber: Zeitgeber
 Als Parameterfunktionen werden benötigt:
 Fkt User def Periode (lädt die zu gebende Zeit!)
 Fkt Beginn... (Meßbeginn)
 Fkt Puls... (Puls am Ausgang)

Fkt Impulsgenerator Impulsgenerator
 Als Parameterfunktionen werden benötigt:
 Fkt geg Periodendauer oder Fkt geg Puls Pause
 Fkt User def Periode oder
 Fkt User def Dauer und Fkt User def Pause
 Fkt Beginn... (Beginn (Start))
 Fkt Ende... (Ende (Stop))
 Fkt User def Pulse (Bei Fkt Ende Anz Perioden)

Fkt Nullzaehler Nullzähler
 Fkt HandzaehlerHandzähler
 Für den Nullzähler und den Handzähler werden als Parameterfunktionen benötigt:
 Fkt Startwert... (Startwert)
 Fkt Kanal CLH oder Fkt Kanal CHL (Eingang)
 Fkt Aktiv... oder Fkt Puls EQ0 oder Fkt Zaehlpuls (Ausgang)
 Fkt Beginn... (Beginn (Start))

Parameterfunktionen**Signaleingang**

Fkt Kanal A Signaleingang: Kanal A
 Fkt Kanal B Signaleingang: Kanal B
 Fkt Kanal C Signaleingang: Kanal C
 Fkt Kanal CH Signaleingang: Kanal C, aktiv High-Phase
 Fkt Kanal CL Signaleingang: Kanal C, aktiv Low-Phase
 Fkt Kanal CHL Signaleingang: Kanal C, aktiv H->L Flanke
 Fkt Kanal CLH Signaleingang: Kanal C, aktiv L->H Flanke

Torzeit (Gate)

Fkt Torzeit 01 sek Torzeitregister mit 0,1 Sekunde laden
 Fkt Torzeit 1 sek Torzeitregister mit 1 Sekunde laden
 Fkt Torzeit 10 sek Torzeitregister mit 10 Sekunden laden
 Fkt Torzeit 1 min Torzeitregister mit 1 Minute laden
 Fkt Torzeit user def Torzeit laut Inhalt des Torzeitregisters
 Fkt Torzeit gemessen Torzeit wird gemessen
 Fkt Torzeit steigend Torzeit steigt mit jeder Messung an

vorgegebene Zeiten für Impulsgenerator

Fkt geg Periodendauer Es ist die Periodendauer vorgegeben (im Periodendauerregister)
 Fkt geg Puls Pause Es sind die Pulsdauer und -pause in den entsprechenden Register vorgegeben
 FKT User def Periode Periodenregister laden
 Fkt User def Dauer Pulsdauer-Register laden
 Fkt User def Pause Pulspausen-Register laden
 Fkt User def Pulse Register mit Anzahl Pulse laden

Startwert

Fkt Startwert Null Startwertregister mit 0 vorbesetzen und laden.
 Fkt Startwert user def Startwertregister laden

Meßdauer (Gate)

Fkt Gate Vorgabe Torzeit durch Torzeitregister vorgegeben
 Fkt Gate Kanal C High Torzeit durch Kanal C, Puls High vorgeben
 Fkt Gate Kanal C Low Torzeit durch Kanal C, Puls Low vorgeben
 Fkt Gate Kanal C HL Torzeit durch Kanal C, H->L Flanke vorgeben
 Fkt Gate Kanal C LH Torzeit durch Kanal C, L->H Flanke vorgeben
 Fkt Gate TA gedrueckt Torzeit solange Taste START gedrückt
 Fkt Gate TA Start Stop Torzeit beginnt mit Taste START und endet mit Taste STOP

Beginn (Start)

Fkt Beginn sofort Messung/Impulsgenerator sofort starten
 Fkt Beginn Signal Messung beginnen wenn Signal anliegt
 Fkt Beginn Signal A Messung/Impulsgenerator starten, wenn Signal an Kanal A anliegt
 Fkt Beginn Signal B Messung/Impulsgenerator starten, wenn Signal an Kanal B anliegt
 Fkt Beginn Kanal C HL Messung/Impulsgenerator mit H->L-Flanke an Kanal C starten
 Fkt Beginn Kanal C LH Messung/Impulsgenerator mit L->H-Flanke an Kanal C starten
 Fkt Beginn TA Start Messung/Impulsgenerator mit Druck auf Taste START starten

Ende (Stop)

Fkt Ende Anz Perioden Ende nach vorgegebender Anzahl von Perioden
 Fkt Ende Kanal C HL Ende bei einer H->L Flanke an Kanal C
 Fkt Ende Kanal C LH Ende bei einer L->H Flanke an Kanal C
 Fkt Ende TA Stop Ende bei Druck auf Taste STOP

Ausgang (Zeitgeber)

Fkt Puls Start Ende Ausgangspuls beim Start und beim Ende
 Fkt Puls Start Ausgangspuls beim Start
 Fkt Puls Ende Ausgangspuls beim Ende
 Fkt Puls Start bis Ende Ausgang aktiv vom Anfang bis zum Ende

Ausgang (Hand-/Null-Zähler)

Fkt Aktiv NE0 Ausgang aktiv solange Zähler <> 0
 Fkt Aktiv EQ0 Ausgang aktiv solange Zähler = 0
 Fkt Puls EQ0 Ausgangspuls wenn Zählerstand 0 erreicht
 Fkt Zaehlpuls pro Zählimpuls ein Ausgangspuls

Folgende Funktionen können direkt oder als Parameterfunktion ausgeführt werden:

Fkt Messfolge Wechsel von 'kontinuierlicher Meßfolge' zu 'Einzelmessung' und umgekehrt.
 Fkt kontinuierlich Meßfolge kontinuierlich
 Fkt einzeln Einzeln messen

Fkt Tongeber Wechsel von 'Tongeber ein' zu 'Tongeber aus' und umgekehrt

Fkt mit Piep Tongeber einschalten ('Tongeber ein')
 Fkt ohne Piep Tongeber ausschalten ('Tongeber aus')

Fkt Zwischenwert Wechsel von 'mit Zwischenwertanzeige' zu 'ohne Zwischenwertanzeige' und umgekehrt.
 Fkt mit ZW Ergebnis Zwischenwertanzeige einschalten ('mit Zwischenwertanzeige')
 Fkt ohne ZW Ergebnis Zwischenwertanzeige ausschalten ('ohne Zwischenwertanzeige')

Fkt Periodenanalyse Wechsel von 'mit Periodenanalyse' zu 'ohne Periodenanalyse'
 Fkt Periodenanalyse ein Periodenanalyse ein ('mit Periodenanalyse')
 Fkt Periodenanalyse aus Periodenanalyse aus ('ohne Periodenanalyse')

Fkt Polarpolarität Wechsel der Polarpolarität
 Fkt Polarpolar pos Polarpolarität positiv
 Fkt Polarpolar neg Polarpolarität negativ

Fkt Ruhepegel Wechsel des Ruhepegels
 Fkt Ruhepegel low Ruhepegel Low (0 Volt)
 Fkt Ruhepegel High Ruhepegel High (+5Volt)

Fkt Main Break BREAK ausführen (Zähler wechselt in den Grundzustand)
 Fkt Reset RESET ausführen
 Fkt Run Befehl Befehl ausführen
 Fkt Ton Ein Ton geben

Registerbedeutungen (Alle Werte ohne Vorzeichen)**Direkte Register (R1, ..., Rn)**

R1 Frequenzmessung: tatsächliche Meß-(Tor-)zeit in μsek (nach der Messung)
 Impulszahl: tatsächliche Meß-(Tor-)zeit in μsek (nach der Messung)
 Zeitmessung: gemessene Zeit in μsek
 Impulsgenerator: vorgegebene Pulsdauer in μsek
 Zeitgeber: Restzeit in μsek
 R2 Impulsgenerator: Periodendauer (wenn vorgegeben) in μsek
 Zeitgeber: vorgegebene Zeit in μsek
 Hand-/Null-Zähler: Startwert
 R3 Frequenzmessung: gezählte Impulse, (ohne Berücksichtigung des Vorteilers). Die gemessene Frequenz errechnet sich aus: $R3/R1$ Impulszahl: gezählte Impulse, (ohne Berücksichtigung des Vorteilers)
 Impulsgenerator: vorgegebene Pulspausen-Dauer in μsek
 Hand- Null-Zähler: Betrag des Zählerstands
 R4 reserviert
 R5 Impulsgenerator: Anzahl zu generierende Impulse

Indirekte Register (I1, ..., In)

I1 reserviert
 I2 Frequenzmessung: Ergebnis (wie in LCD-Anzeige) ohne Exponent
 I3 reserviert
 I4 reserviert
 I5 Frequenzmessung: vorgegebene Torzeit in μsek