

# ALTERNATIVES FREQUENZMESSVERFAHREN

## Schnell und genau

Von Dipl.-Ing. Bernhard C. Zschocke

*Lange Zeit war bei der Frequenzmessung die Zählung der Flanken des Meßsignals während einer fest vorgegebenen Torzeit das Standardverfahren schlechthin, weil es sich mit wenig Aufwand schaltungstechnisch realisieren ließ. Da mittlerweile Prozessoren und Mikro-Controller zu den Standardbauteilen in Meßgeräten zählen, konnten sich mathematisch aufwendigere Frequenzmeßmethoden etablieren, die wesentlich schneller und genauer sind. Zur PC-Multimeßkarte (Heft 12/90) haben wir bereits in Heft 2/91 das Periodendauermeßprinzip als ein abweichendes und wesentlich genaueres Verfahren vorgestellt. Beim GHz-Zähler (9/92) ging's aber auch noch schneller: mit der Verhältnismessung.*

Die klassische digitale Frequenzmessung mit fest vorgegebener Torzeit besitzt einen von der zu messenden Frequenz unabhängigen absoluten Fehler. Dieser Fehler macht sich besonders bei niedrigen zu messenden Frequenzen sehr störend bemerkbar und ist verantwortlich dafür, daß eine Frequenz, die unter einem Minimum liegt, nicht mehr gemessen werden kann. Das hier vorgestellte alternative Verfahren vermeidet diesen Fehler. Es mißt das Verhältnis der unbekannten Frequenz zu einer bekannten Referenzfrequenz und besitzt einen von der zu messenden Frequenz unabhängigen relativen Fehler. Eine untere Grenzfrequenz ist nur noch durch einen Zählerüberlauf und nicht durch das Meßverfahren gegeben. Darüber hinaus ermöglicht es, im Gegensatz zum klassischen Verfahren, während der Messung Zwischenergebnisse auszugeben, deren Genauigkeit mit der Meßzeit steigt.

Der Gewinn an Genauigkeit ist beträchtlich. Unter der Annahme, daß der Torzeitgenerator beziehungsweise die Referenzfrequenz als genau anzusehen ist, beträgt der mögliche Fehler bei einer Torzeit von 0,1 s für das klassische Frequenzmeßverfahren 10 Hz, während er bei dem hier vorgestellten alternativen Verfahren, bei gleicher Meßzeit und einer Referenzfrequenz von 20 MHz, nur 0,00005 % = 0,5 ppm der Anzeige beträgt.

Bei der klassischen digitalen Frequenzmessung werden in einer fest vorgegebenen (Tor-) Zeit die vorkommenden Perioden der zu messenden Frequenz gezählt.

Die Torzeiten (zum Beispiel 0,1 s, 1 s, 10 s) werden so gewählt, daß der Zählerstand direkt zur Frequenzanzeige verwendet werden kann und je nach Torzeitdauer nur der Exponent geändert werden muß.

Das Meßverfahren zählt nur ganze Perioden. Selbst wenn der Beginn der Torzeit mit dem zu messenden Signal

synchronisiert wird, beträgt der mögliche Fehler der Zählung eine Periode. Das hat zur Folge, daß die Messung, unabhängig von der Genauigkeit der Torzeit, einen absoluten Fehler enthält:

$$\text{Fehler}_{\text{abs}} [\text{Hz}] = \frac{1}{\text{Torzeit} [\text{s}]}$$

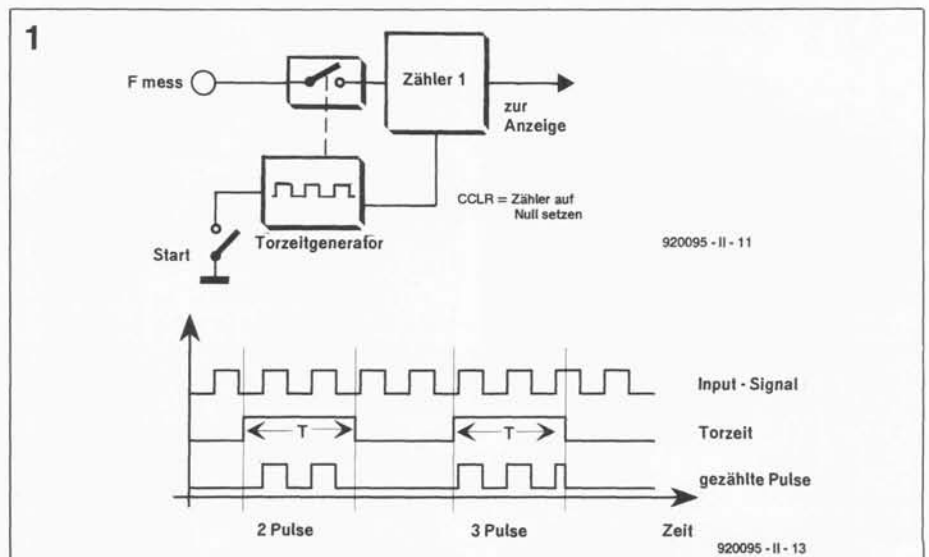
In folgender Tabelle werden die Fehler im klassischen Verfahren demonstriert (ohne Torzeitgenauigkeit):

Frequenz	Torzeit	abs. Fehler	rel. Fehler
1 MHz	0,1 s	10 Hz	0,001%
1 kHz	0,1 s	10 Hz	1%
10 Hz	0,1 s	10 Hz	100%
1 Hz	0,1 s	nicht meßbar	

Das hier verwendete alternative Verfahren zählt während der Meßzeit gleichzeitig die Perioden der zu messenden Frequenz und die einer Referenzfrequenz. Die Meßzeit wird dabei so synchronisiert (verlängert), daß diese einem ganzzahligen Vielfachen der Periodendauer der zu messenden Frequenz entspricht.

Die mit diesem Verfahren gemessene Frequenz ergibt sich wie folgt:

$$F_{\text{meß}} = \frac{N_1}{N_2} \cdot F_{\text{ref}}$$



**Bild 1.** Das klassische Verfahren zur digitalen Frequenzmessung zählt die Meßfrequenzimpulse während einer definierten Torzeit.

In dieser Formel ist

$N_1$  = Zählerstand des Zähler 1 nach der Messung

$N_2$  = Zählerstand des Zähler 2 nach der Messung

Für die Ausgabe von Zwischenergebnissen müssen beide Zählerstände gleichzeitig und synchronisiert mit der zu messenden Frequenz ausgelesen werden. Das geschieht sinnvollerweise durch eine Übernahme in ein Ausgangsregister und bedarf keines besonderen Schaltungsaufwands.

Bei der folgenden Fehlerbetrachtung wird vorausgesetzt, daß die Referenzfrequenz genau bekannt ist. Aufgrund der Synchronisierung der Meßzeit mit der zu messenden Frequenz, reicht es aus, für die Fehlerberechnung nur Zähler 2 zu betrachten. Mit schaltungstechnischen Maßnahmen (geschalteter Inverter am Zählereingang, Referenzfrequenz mit einem symmetrischen Tastverhältnis und Auswertung, in welcher Hälfte einer Periode die Zählung beendet wird) läßt sich sicherstellen, daß der Zählfehler des Zählers 2 maximal eine Periode beträgt. Der mögliche absolute Meßfehler errechnet sich dann wie folgt:

$$\text{Fehler}_{\text{abs}} = F_{\text{ref}} \cdot \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{1}{N_2 + 1}$$

$$\text{mit } F_{\text{mess}} = F_{\text{ref}} \cdot \frac{N_1}{N_2}$$

folgt als relativer Fehler

$$\text{Fehler}_{\text{rel}} = \frac{1}{N_2 + 1}$$

Anzeige

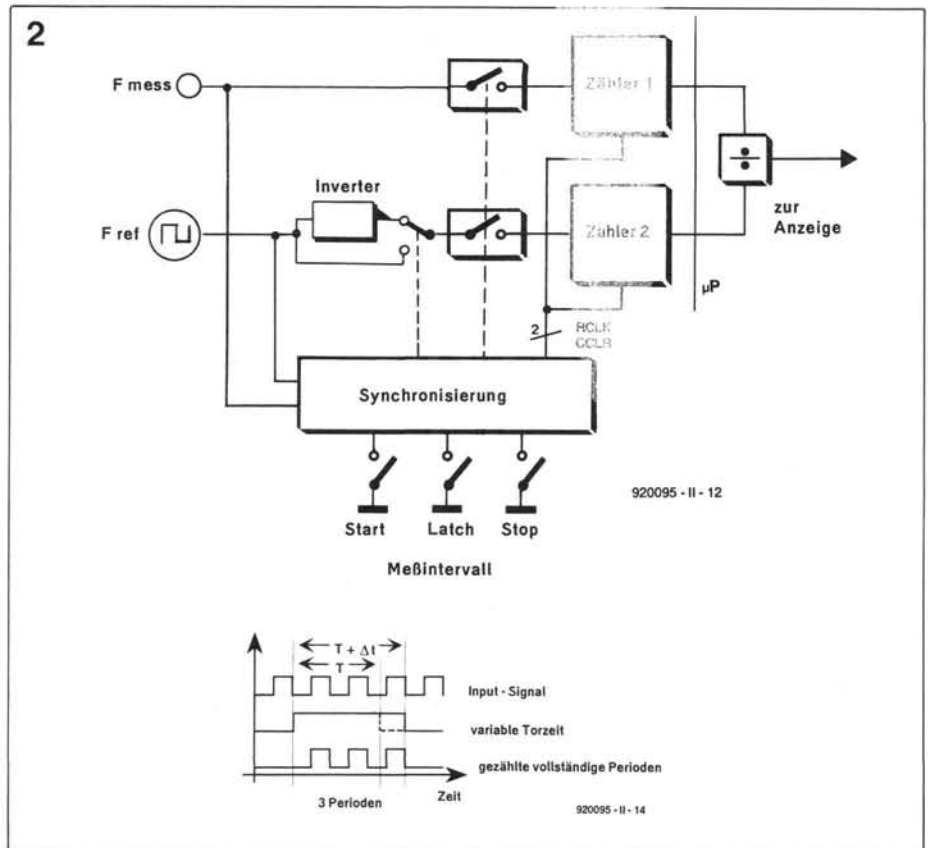


Bild 2. Beim alternativen Frequenzmeßverfahren ist die Torzeit variabel.

Ersetzt man  $N_2$  durch  $F_{\text{ref}} \cdot \text{Meßzeit}$ , ergibt sich der relative Fehler

$$\text{Fehler}_{\text{rel}} = \frac{1}{F_{\text{ref}} \cdot \text{Meßzeit} + 1}$$

Es wird deutlich, daß der relative Fehler unabhängig von der zu messenden

Frequenz ist und nur von der Höhe der Referenzfrequenz und der Dauer der Meßzeit abhängt. So beträgt der relative Fehler bei einer Referenzfrequenz von 20 MHz und einer Meßzeit von 0,1 sek nur 0,00005 % oder 0,5 ppm (!) der Anzeige unter der Voraussetzung, daß die Referenzfrequenz genau bekannt ist.

## Das ELEKTOR - Inhaltsverzeichnis

der Jahre 1980 - 1992 als Programm für den Atari ST.  
Suchbegriff eingeben und Auswahl treffen --> Jahr, Monat und Seite des Titels und evtl. einer Nachlese wird angezeigt.  
Preis: 30 DM bei Vorkasse bzw. + 6 DM bei NN. (Update 10 DM)  
Eine PC-Version ist in Vorbereitung. Info kostenlos.

K. Warns Mühlensteinweg 43 2302 Flintbek 04347/4402

## Haben Sie auch wirklich die ganze Kontrolle ???

Mikro-Kontroller & Periferie aus einer Hand und Sie haben die ganze Kontrolle! — Unterlagen noch heute anfordern.

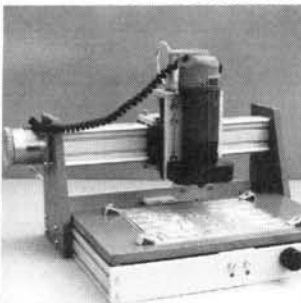
z.B. 12 MHz. Mikrokontrollerkarte I 2110 plus MNemonics — Assembler-Software (DOS Kompat.) nur DM 395,—

Neill Hard- und Software

Postfach 1361, 3057 Neustadt 1.  
Fax: 05131-95055.



## Frontplatten gravieren Platinen nach Programm bohren



### GRAV 100

Fertigmodell 1820,— DM

Software 120,— DM

### PLB 2000

Fertigmodell 595,— DM

Bausatz 485,— DM

Software 45,— DM

Preise ohne Kleinbohrmaschine

Bitte Prospekt anfordern!



Walter Konrad \* Obere Rutenbeck 95 \* D-56 Wuppertal 12 \* Tel. + FAX 0202/401667