

# 45-MHz-Frequenzzähler mit geringem Aufwand

KLAUS RABAN – DG2XK • FUNKAMATEUR-LESERSERVICE

Dieser Bausatz für einen einfachen Frequenzzähler basiert auf der Veröffentlichung im FUNKAMATEUR 6/2003. Der vorliegende Bausatz beinhaltet einige Verbesserungen.

Die augenfälligste Verbesserung ist die erhöhte Mindestzählfrequenz von 45 MHz, die sich durch die Auswahl der ICs ergibt. In die Schaltung wurde außerdem ein 5-V-Spannungsregler eingefügt, so dass sich der Zähler sowohl mit einer Gleichspannung von 5 V als auch mit einer Gleichspannung zwischen 7 und 20 V betreiben lässt. Die Stromaufnahme beträgt max. 65 mA. Für weitere Baugruppen kann in diesem Fall eine Spannung von +5 V abgenommen werden.

Die finale Platine ist zweiseitig ausgeführt, wodurch keine einzige Brücke mehr erforderlich ist.

Als für den Nachbau wichtigste Verbesserung darf Gestaltung der Anzeigeplatine gelten. Die neue Leitungsführung macht das Löten im 1,25-mm-Raster entbehrlich; die kleinsten Abstände zwischen zwei Lötunkten betragen 2,5 mm, die sich mit einem „normalen“ kleinen LötKolben beherrschen lassen.

Die Anzeigeplatine erlaubt außerdem verschiedene Varianten der Verbindung zwischen Hauptplatine und Anzeige.

## Schaltung

Der Eingangstransistor T1 verstärkt die ankommenden HF-Signale ab  $U_{\text{ESS}} 20 \text{ mV}$  bis auf Pegelwerte, die von dem auf  $U_b/2$

(2,5 V) vorgespannten Eingang des Vor-  
teilers IC1 verarbeitet werden.

Die sich an den 10:1-Vorteiler anschließende Dezimalzähler/Decoder-Kette (4026) aus IC4 bis IC8 steuert jeweils eine 7-Segment-LED-Anzeige.

Die Ablaufsteuerung leitet sich aus einem 50-Hz-Taktsignal ab, dessen Erzeugung mit Hilfe von IC3 und IC2 erfolgt. Die Quarzfrequenz von 3,2768 MHz wird so geteilt, sodass an den Ausgängen von IC2b zwei um 180° phasenverschobene 50-Hz-Signale anliegen. Die S- und R-Eingänge sind Low-aktiv und müssen in diesem Anwendungsfall fest auf High (+5 V) gelegt werden.

Das Q-Signal geht an die Pins 2 und 3 der ICs 4 bis 8 und steuert die Zähl- und Anzeigezeit von je 10 ms. Aus dem invertierten 50-Hz-Signal wird durch das Differenzierglied C3/R3 alle 20 ms ein schmaler Reset-Impuls gebildet, der die 5 ICs der dezimalen Zählstufen zurücksetzt.

Die obere Grenzfrequenz wird vom Vor-  
teiler IC1 und dem ersten Teiler/Decoder IC4 bestimmt. Laut Datenblatt für den CD4026 [2] sind das bei  $U_b = 5 \text{ V}$  mindestens 2,5 MHz.

Zusammen mit dem Vor-  
teiler wurden bei den bisherigen Mustern Eingangsfrequenzen bis über 50 MHz noch sauber gezählt.

45 MHz gelten auch bei ungünstigen Schaltkreis- und Bauelemente-Toleranzen als sicher, wenn der Arbeitspunkt des Vorverstärkers stimmt ( $I_C$  etwa 3,5 mA).

## Fehlerbetrachtung

Sicher hat eine so verblüffend einfache Schaltung auch Nachteile, die nicht verschwiegen werden sollen. Der erste ist durch die niedrige Auflösung von 1 kHz vorgegeben. Da man die niederwertigste Stelle (LSB) immer mit  $\pm 1$  Digit bewerten muss, gilt für die Anzeige ein Mindestfehler von  $\pm 1 \text{ kHz}$ .

### Stückliste für den 5-stelligen Zähler

Kurzz.	Typ, Wert	Anmerkungen
IC1	74HC4017	
IC2	74HC74	
IC3	74HC4060	
IC4-IC8	4026BE	
T1	SF245	HF-Transistor
Q1	3,2768 MHz	HC18-Standardquarz
R1	2,2 kΩ	rot-rot-rot
R2	1 MΩ	braun-schwarz-grün
R3	10 kΩ	braun-schwarz-orange
R4, 8	1,2 kΩ	braun-rot-rot
R5	12 kΩ	braun-rot-orange
R6, R7	150 kΩ	braun-grün-gelb
C1, C2	100 pF	„101“ NPO, Kerko, 5-mm-Raster
C3	220 pF	„221“ NPO, Kerko 5-mm-Raster
C4, C5, C6, C8, C10, C12	100 nF	Vielschichtkondensator 5-mm-Raster
C7, C9, C11	47 μF	Elko, 16 oder 25 V
LED1-5	SC52-11 LSRWA	superrot, 5 Stück, von KINGBRIGHT, gemeinsame Katode
U1	7805	5-V-Spannungsregler
BU1	DC-Buchse	
P1...6	Lötstifte	6 Stück, Ø 1,0 mm
D1	1N4148	Si-Diode

Alle Widerstände werden im 10-mm-Raster liegend eingelötet.

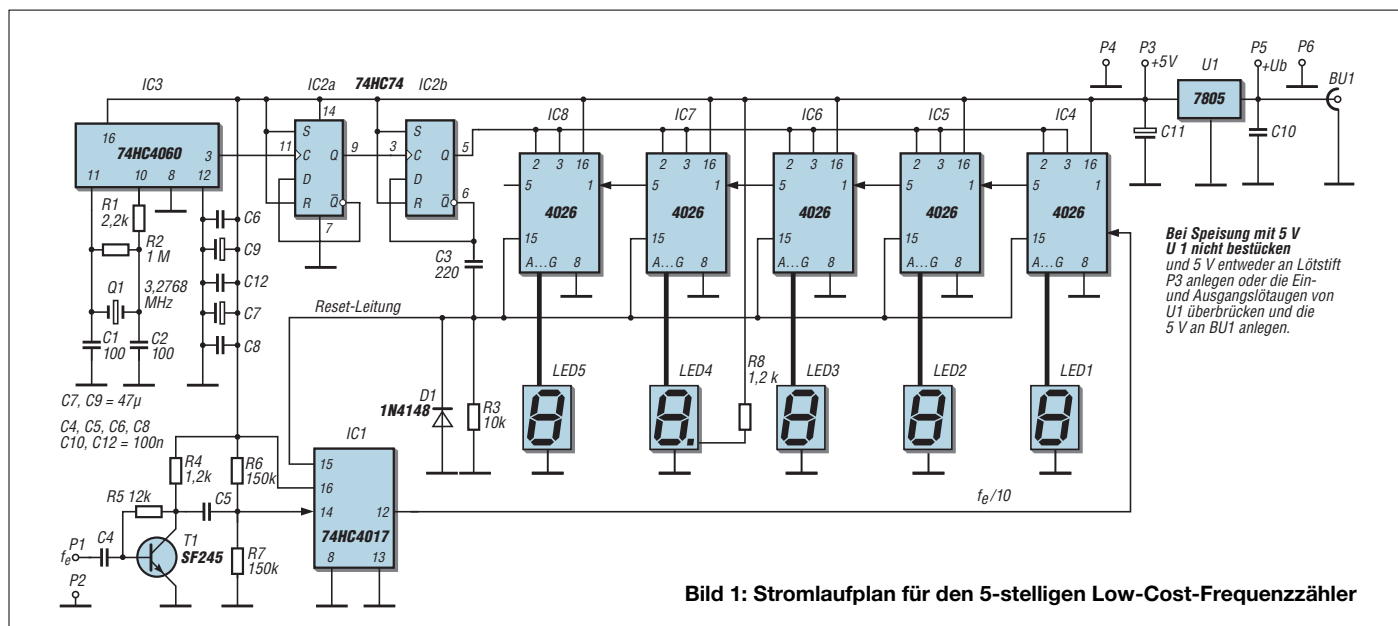
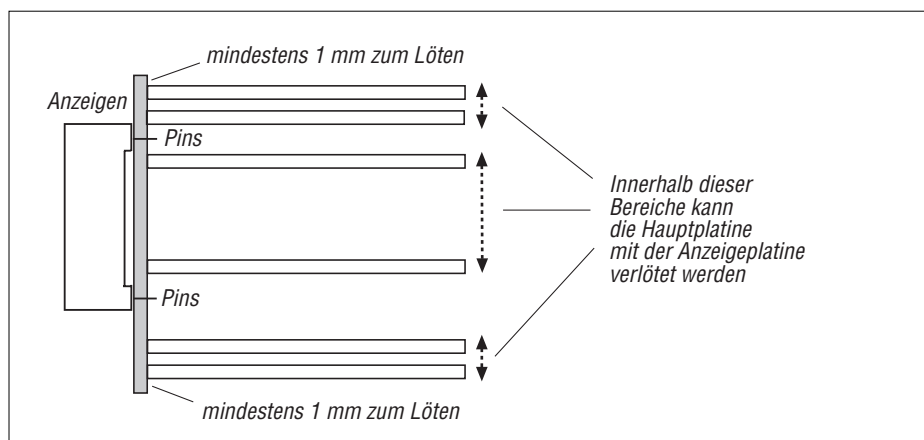
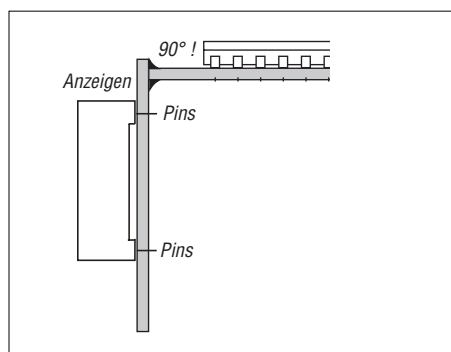


Bild 1: Stromlaufplan für den 5-stelligen Low-Cost-Frequenzzähler



**Bild 2:** Höhen, an denen die beiden Platinen miteinander verlötet werden können

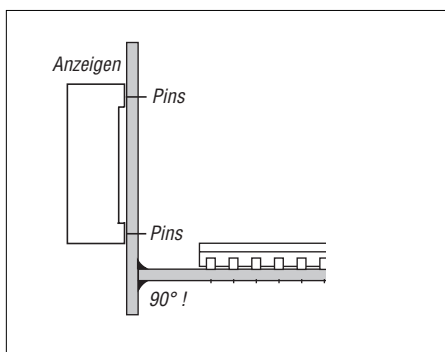


**Bild 3:** Anzeigeplatine und Hauptplatine durch verlöten so verbunden, dass sich ein „hängendes“ Display ergibt.

Hinzu kommt, dass die Reset-Impulsbreite von der Zählzeit (theoretisch 10 ms) prinzipbedingt abgezogen wird. Bis zu Eingangsfrequenzen von 10 MHz ist dieser Einfluss noch relativ gering, weil die Zeitkonstante aus C3 und R3 mit rund 2,2 µs sehr klein ausfällt, darüber hinaus muss man aber bei zunehmender Frequenz mit weiteren Zählverlusten rechnen.

Man kann diesem Einfluss entgegenwirken, indem die Taktzeit durch Verringerung der Quarzfrequenz etwas vergrößert wird. Leider lassen sich Quarze um 3 MHz, ohne die Stabilität zu verschlechtern, nicht weit genug nach unten ziehen. Im konkreten Fall wurde die Lastkapazität von 32 pF (Sollwert) auf 50 pF vergrößert und die Zählgauigkeit damit etwas verbessert.

Um die Zählverluste zu senken und evtl. sogar die Auflösung zu verbessern, könnte man natürlich die Taktzeit verlängern. Das wird auch bei Zählern, die einen Datentpuffer haben, so gemacht. In diesem einfachen Konzept werden aber Dezimalzähler und 7-Segment-Decoder ohne Speicher eingesetzt. Würde man hierbei die Taktzeit erhöhen, käme es zum starken Flimmern der Anzeige. Bei 50 Hz klappt es auf Grund der Augenträgheit gerade noch. Alles, was darüber liegt, erfordert ein anderes Mess- und Steuerungsprinzip. Die folgende Tabelle sagt aus, wie die



**Bild 4:** Anzeigeplatine und Hauptplatine so verlötet, dass das Display auf der Hauptplatine „steht“.

Zählergebnisse zu bewerten sind. Zunächst muss festgestellt werden, dass dieser Zähler – wie oben begründet – in allen Fällen zu wenig Impulse anzeigt.

Experimentell ermittelte Anzeigefehler bei verschiedenen Frequenzen			
Sollwert [kHz]	Istwert [kHz]	absoluter Fehler [kHz]	relativer Fehler!
100,1	100	-0,1	10 <sup>-3</sup>
500,2	500	-0,2	4 × 10 <sup>-4</sup>
1000,6	1000	-0,6	6 × 10 <sup>-4</sup>
5001	5000	-1	2 × 10 <sup>-4</sup>
10009	10008	-1	10 <sup>-4</sup>
15204	15203	-1	7 × 10 <sup>-5</sup>
20059	20058	-1	5 × 10 <sup>-5</sup>
25094	25092	-2	8 × 10 <sup>-5</sup>
30005	30002	-3	10 <sup>-4</sup>

Im praktischen Betrieb kann man bis 20 MHz durchaus einen absoluten Fehler von -1 Digit ansetzen, darüber sind es je nach Frequenz -2 bis -3 Digit. Bezogen auf den relativen Fehler von 0,1 % liegt man bei einfachen Amateurfunkanwendungen immer noch auf der „brauchbaren“ Seite ... Das ist jedenfalls besser, als es eine mechanisch aufwändige Analogskala bieten kann.

**Preis-Leistungs-Verhältnis**

Trotz der besagten Nachteile erhält man nach diesem Konzept einen für viele Anwendungen brauchbaren Zähler mit ausgezeichnetem Preis-Leistungs-Verhältnis.

**Aufbau**

Ein Platinensatz besteht aus einer Anzeige- und einer Hauptplatine, die man zunächst durch Brechen trennen muss.

Bevor mit der Bestückung der Bauteile begonnen wird, sollten die beiden Platinen zusammengelötet werden. Natürlich kann man auch jede Platine getrennt bestücken und sie danach zusammenlöten.

Das Zusammenlöten muss aus zwei Gründen ganz besonders sorgfältig erledigt werden:

1. Zunächst muss man sich entscheiden, auf welcher Höhe die Platinen miteinander verlötet werden sollen. Hierbei hat man bis auf zwei Einschränkungen freie Wahl: Oben oder unten muss ein Mindestabstand von 1 mm eingehalten werden, damit sich die Leiterzüge auf der Hauptplatine beidseitig verlöten lassen, und ein Zusammenlöten ist in unmittelbarer Nähe der Pins der LED-Anzeigen nicht möglich.
2. Beide Platinen im Winkel von 90° zusammenhalten und eine erste Lötverbindung herstellen. Winkel und Lage der Platinen zueinander vorsichtig korrigieren und zweite Lötverbindung herstellen. Beim Erkalten der Lötstellen schrumpft das Zinn etwas und kann daher den Winkel verändern. Dies muss beim Zusammenbau beachtet werden. Gewaltsames Nachbiegen vermeiden, die dünnen Leiterzüge reißen dabei möglicherweise ab. Eine Hilfe bieten ggf. dünne Gummiringe, mit denen beide Platinen zusammengehalten werden. Erst wenn die Platinen ausgerichtet sind, können die „restlichen“ Lötverbindungen zwischen beiden Platinen hergestellt werden.

Wenn die Hürde mit dem Zusammenfügen der Platinen genommen ist, dürfte es wegen der wenigen Bauteile für diesen Zähler kaum zu Problemen bei der Bestückung und der Inbetriebnahme kommen.

Beachten Sie dabei aber bitte den folgenden Hinweis:

**Das Quarzgehäuse nicht auf die Platine aufsetzen! Es würde die beiden Lötungen kurzschließen. Daher den Quarz vor dem Löten etwa 1 mm über der Platine justieren.**

Wichtig ist, dass vor dem Anlegen der Betriebsspannung (U<sub>b</sub> = +5,0 V) eine sorgfältige Kontrolle erfolgt. Nehmen Sie zur Not eine Lupe zur Hand und achten Sie auf saubere Lötstellen, eventuelle ungewollte Lötbrücken und darauf, dass wirklich alle Lötstellen verlötet wurden.

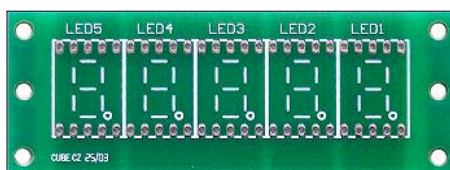


Bild 5: Bestückungsdruck der Anzeigeplatine

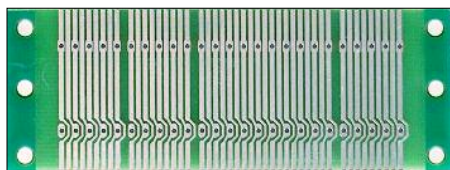


Bild 6: Leitungsführung der Anzeigeplatine

### ■ Noch ein paar Hinweise

Wenn der Zähler direkt mit 5 V, also ohne Spannungsregler betrieben werden soll, die Betriebsspannung einhalten und Falschpolung vermeiden – die Hauptplatine enthält keine Schutzdiode. Der Zähler arbeitet bei direkt angelegter Betriebsspannung auch mit vier NC- oder NiMH-Zellen (4,8 V) einwandfrei.

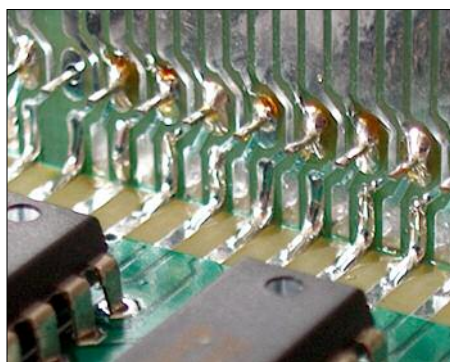


Bild 7: So werden Anzeige- und Hauptplatine oben verlötet...

R6 und R7 legen den Eingang des 74HC4017 auf  $U_T/2$ , damit der Vorteiler bereits mit kleinen, von T1 verstärkten HF-Spannungen schalten kann.

Ein Elko und ein 100-nF-Abblock-Kondensator befinden sich jeweils an den beiden Enden der Plus-Schiene, damit werden unerwünschte Koppelwirkungen zwischen den Stufen vermieden.

Der Vorwiderstand R8 für den Dezimalpunkt (auf der fünfstelligen Anzeigeplatine) kann je nach der gewünschten Helligkeit des Punktes zwischen 1,0 und 1,5 k $\Omega$  liegen.

Messen Sie zur Kontrolle die Gleichspannung am Kollektor von T1 (gegen GND), sie soll etwa bei  $1,8 \pm 0,3$  V liegen. Mit einem Kollektorstrom von ca. 3 bis 4 mA spricht der Zähler schon bei Eingangsspannungen von  $U_{eSS} = 20$  mV an (Messfrequenz = 30 MHz).

Wichtig ist dabei, dass auch der Vorteiler (74HC4017) und der erste Zähler/Decoder eine hohe Grenzfrequenz haben. Nach meinen Erfahrungen eignen sich hierfür

die ICs von Philips und ST besonders gut. Im Philips-Datenblatt zum 74HC4017 wird eine maximale Clockfrequenz von 77 MHz angegeben, beim 74HCT4017 sind es 67 MHz. Die Firma ST gibt für ihren HCF4026B eine Clockfrequenz von mindestens 2,5 MHz an, als typisch werden 5 MHz genannt.

### ■ Einbau

Da die Anzeigeplatine an die Hauptplatine gelötet wird, braucht nur diese mit vier Schrauben befestigt zu werden. Verwenden Sie Distanzrollen aus Isolierstoff. Metallbolzen könnten u. U. Kurzschlüsse an nahe liegenden Leiterzügen verursachen.

#### Empfindlichkeit des Zählers

1 MHz	2 mV
10 MHz	2 mV
20 MHz	4 mV
30 MHz	8 mV
45 MHz	15 mV

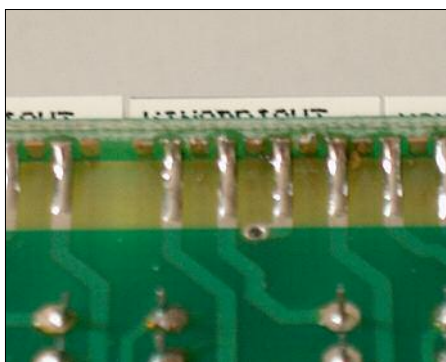


Bild 8: ... und so an der Unterseite der Hauptplatine verlötet.

#### Tipps zur Platinenbestückung

##### Lötzinn muss immer sauber fließen

Dazu gehört die richtige Temperatur der Lötspitze. Eine perfekt ausgeführte Lötstelle glänzt nach der Lötung.

##### Bauteile mit geringer Bauhöhe zuerst

bestücken, z. B. die Widerstände und Diode. Danach die anderen Teile mit zunehmender Höhe weiterbestücken.

##### Teile sauber auf die Platine aufsetzen

Bei ICs lötet man zuerst zwei diagonal gegenüberliegende Beine an und kontrolliert noch einmal, bevor die restlichen Beine verlötet werden. Keinesfalls ICs falsch einlöten, genau nachsehen, wo die Markierung liegt und wo Pin1 sein muss.

##### Elkos richtig herum einlöten

Polkennzeichnung fällt bei den verschiedenen Typen nicht immer gleich aus.

##### Der Quarz

... darf bei durchkontaktierten Lötäugen nicht auf der Platine aufsitzen, weil es sonst zum Kurzschluss der beiden Anschlüsse kommt.

##### Kondensatoren ...

... sind oft so klein, dass kein Platz für ausführliche Daten vorhanden ist, man muss demzufolge mit Abkürzungen zufrieden sein. Hier die wichtigsten Kürzel: 101 bedeutet eine Zehn mit einer Null, das sind dann 100 pF, sinngemäß folgt: 104 = 10 0000 pF = 100 nF, der 220 pF-Kondensator am Differenzierglied ist so bezeichnet: 221, d.h. 22 mit einer Null = 220 pF. Weitere Hinweise finden Sie in den FUNKAMATEUR-Ausgaben 5/99, S. 553, 9/2001, S. 1036, und 10/2001, S.1157.

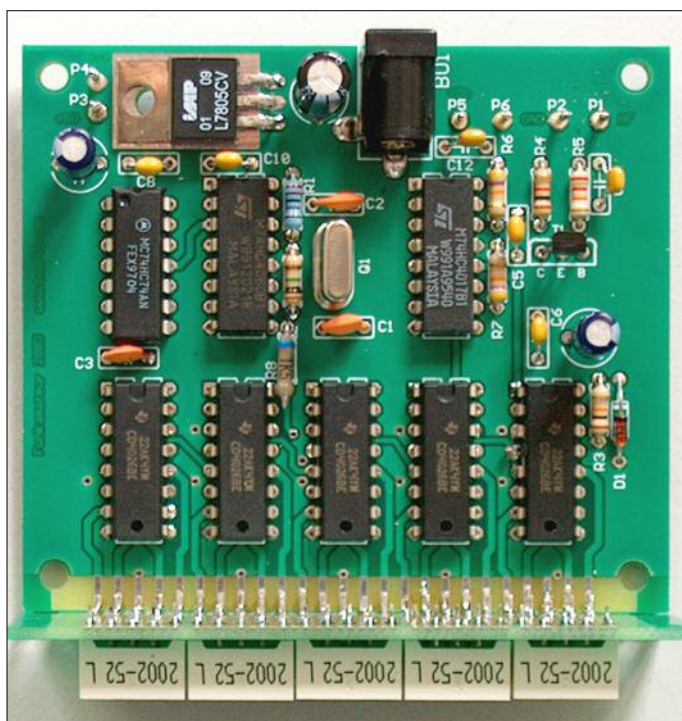


Bild 9: Der fertige Zähler: Anzeige- und Hauptplatine sind vollständig bestückt und zusammengeklötet.