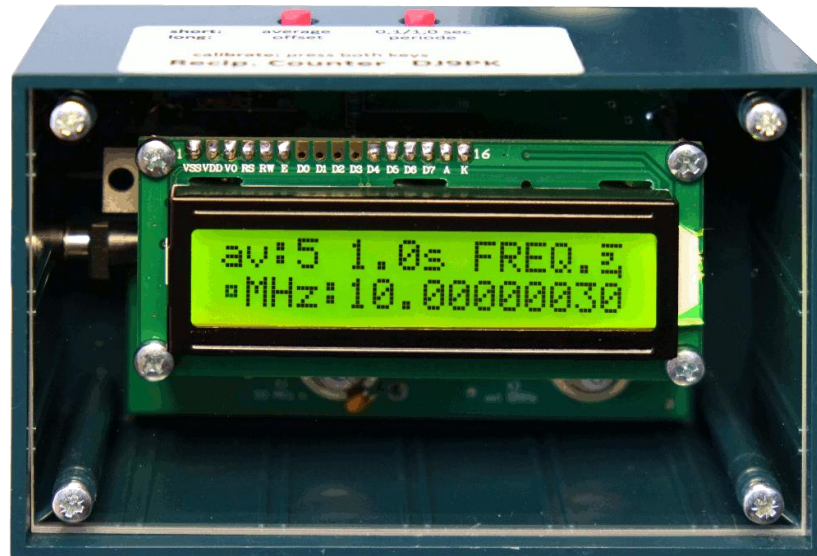


Reziprok Zähler mit 9-stelliger Anzeigegenauigkeit 10 Hz – 1300 MHz



- Dieser Reziprok Zähler kann bei allen Frequenzen eine Anzeigegenauigkeit von 9 Stellen erreichen.
- Der Frequenzbereich geht von 10 Hz bis 1300 MHz.
- Der Zähler kann durch Anlegen von genauen 10 MHz vom User kalibriert werden.
- Er kann mit OCXO geliefert werden und erreicht damit eine sehr hohe Stabilität und Genauigkeit.
- Wird er ohne OCXO geliefert, muss eine externe Referenzfrequenz von 10 MHz angeschlossen werden, um die volle Anzeigegenauigkeit auszunützen.
- Eine serielle Schnittstelle zum Aufzeichnen der Daten und zur Fernsteuerung des Zählers ist auch vorhanden.

DJ9PK

<http://dj9pk.homepage.t-online.de/>

Tastenfunktionen:

Das Gerät hat zwei Tasten, die kurz (**wirklich kurz!**) oder lang gedrückt werden können und dadurch Doppelfunktionen haben:

- **Linke Taste kurz** drücken schaltet die Mittelung (averaging) der Anzeige ein bzw. aus. Bei eingeschalteter Mittelung wird der Mittelwert der jeweils letzten 10 Messwerte zur Anzeige gebracht. Eine Zahl, links oben im Display, zählt periodisch von 0 bis 9 um anzuzeigen, wann 10 Messwerte im Speicher sind.
- **Linke Taste lang** drücken schaltet die Offset Anzeige ein bzw. wieder aus. Ist die Offset Anzeige eingeschaltet wird der letzte Messwert gespeichert und bei den folgenden Messungen die Differenz zum gespeicherten Wert angezeigt. Dies ist gut geeignet um die Frequenzdrift von Oszillatoren zu beobachten.
- **Rechte Taste kurz** drücken wechselt zwischen einer Zählzeit von 0,1 und 1,0 Sekunden. Die längere Zählzeit hat um den Faktor 10 höhere Anzeigegenauigkeit als die kurze Zählzeit.
- **Rechte Taste lang** drücken schaltet die Anzeige der Periodendauer ein bzw. aus. Die Periodendauer ist einfach der Kehrwert der Frequenz.
- **Beide Tasten kurz drücken** startet die **Kalibrierung** (response Zeit kann 1 sec sein!). Sie müssen dazu genaue 10 MHz anschließen und können dann mit der rechten Taste den Kalibriervorgang starten. Mit der linken Taste hat man die Möglichkeit abubrechen.
- **Beide Tasten beim Einschalten gedrückt halten** zeigt die gespeicherten „prescale Faktoren“ (für BNC u. SMA Buchse) an. Nach loslassen der Tasten hat man eine Reset-Möglichkeit. Diese setzt die prescale Faktoren auf 1 (deaktiviert), setzt die Sendedaten auf „Display Inhalt“ (für die DG8SAQ Software) und das transmit Intervall auf 1 (jede Messung wird gesendet).

Alle Einstellungen werden im nicht flüchtigen EE-prom gespeichert:

Der Anzeigemodus (Frequenz, Periode oder Offset), die Zählzeit (0,1 oder 1 sec) und die Mittelung (ein oder aus) sind also beim nächsten Einschalten wieder so eingestellt, wie sie vor dem Ausschalten waren.

Wenn Offset eingestellt war, wird auch die dazugehörige Vergleichsfrequenz, zu welcher das Offset angezeigt wird, gespeichert. Man kann damit z.B. die Frequenzdrift eines Signals beobachten. Die gespeicherte Offsetfrequenz geht verloren, wenn man zur Frequenzanzeige zurückkehrt. Wird Offset erneut eingestellt, wird die zuletzt angezeigte Frequenz als neue Offsetfrequenz gespeichert.

Anzeigen im display:

Die Anzeigen im Display sollten weit gehend selbsterklärend sein. Das nachfolgende Bild gibt eine kurze Beschreibung.

Zu erwähnen wäre der **Zählindikator** (kleines Quadrat links unten). Dieser ist „AN“ solange der Counter zählt oder auf ein Signal wartet. Danach ist er für kurze Zeit „AUS“. Während dieser Zeit wird der gemessene Wert auf dem Display zur Anzeige gebracht. Da sich Zählzeit und Anzeige periodisch abwechseln, blinkt der Zählindikator wenn eine Messung läuft. Dieses Blinken zeigt somit an dass der Zähler aktiv ist, auch wenn sich der Anzeigewert nicht ändern sollte.

Wenn der Zähler einen OCXO hat ist der Zählindikator **ein „!“** solange der OCXO seine Temperatur noch nicht erreicht hat (solange die Messung noch ungenau ist). Die endgültige Genauigkeit wird aber erst nach 20 bis 30 Minuten erreicht.

Rechts oben im Display ist noch ein Zeichen das anzeigt, ob das Gerät mit der eingebauten Referenzfrequenz (InT, vertikal geschrieben) läuft, oder ob eine externe Referenz (ExT) angeschlossen ist.



Bedienungshinweise:

Wenn niederfrequente Sinussignale gemessen werden kann es zu schwankenden Anzeigen kommen. Dies ist u.U. auf geringe Noise Amplituden auf einem Sinussignal zurückzuführen. Der Komparator am Messeingang hat eine Hysterese von ca. 8mV. Da kann geringer noise auf langsamen Flanken leicht zu Fehlzählungen führen. Man kann versuchen ein Tiefpassfilter vorzuschalten. Besser wäre dem Zähler ein Rechtecksignal anzubieten.

Der Eingang an der SMA- Buchse (100 – 1300 MHz) hat einen begrenzten Pegelbereich. Er arbeitet zwischen -10 und +10 dbm. Der Maximalpegel sollte nicht überschritten werden um den Eingangsfrequenz- Teiler nicht zu gefährden.

Sollte der Zähler auf „single“ (Einzelmessung) stehen und nicht mehr an der seriellen Schnittstelle hängen, dann können Sie ihn mit Aus-/ Einschalten wieder in den „run“ Mode bringen.

Kalibrierung:

Die Kalibrierung erfolgt per Software, indem ein Kalibrierfaktor ermittelt und gespeichert wird, mit dem alle Messwerte korrigiert werden. Es sind keine Trimmer Einstellungen nötig und auch nicht vorhanden. Der User kann das Gerät jederzeit durch Anlegen von genauen 10 MHz, an den Messeingang, kalibrieren. Sinnvollerweise macht man dies erst nach einer längeren Aufwärmzeit (mind. 15min).

Die Vorgehensweise ist folgende:

- 10MHz Kalibriersignal an den 10 Hz - 100 MHz Eingang anschließen.
- Beide Tasten gleichzeitig **kurz** drücken (response Zeit bis zu 1 sec.!).
- Durch Drücken der rechten Taste wird nun der Kalibriervorgang gestartet. Mit der linken Taste hat man noch die Möglichkeit abubrechen.
- Nach ca. 15 Sekunden ist der Kalibriervorgang abgeschlossen und ein neuer Korrekturfaktor gespeichert.

Ist eine externe Referenz angeschlossen, wird der gespeicherte Kalibrierfaktor ignoriert.

Hinweis zur Genauigkeit:

Maximale Stabilität und damit Genauigkeit wird erreicht wenn der Zähler immer eingeschaltet bleibt. Jedes Aus- und Einschalten bewirkt einen, wenn auch kleinen, Alterungsprozess des Quarzes im OCXO. Auch Erschütterungen können zu einem Frequenzversatz führen. Quarze, und damit auch OCXO's, sind Lage empfindlich. Ein kippen den Zählers um 90 – 180 Grad kann einen Frequenzversatz von einigen 10^{-9} zur Folge haben.

Serielle Schnittstelle:

Ab Version 5 hat der Zähler eine Serielle Schnittstelle auf dem Connector K1. Dieser ist leider nur innerhalb des Gehäuses (rechts oben) zugänglich. In einer zukünftigen Version wird er auch von außen zugänglich gemacht werden. Die Signale haben TTL Pegel. Um damit auf den COM-Port eines PC zu gehen muss z.B. ein **MAX 232** dazwischen geschaltet werden. Dieser macht die nötige Pegelanpassung und invertiert die Signale.

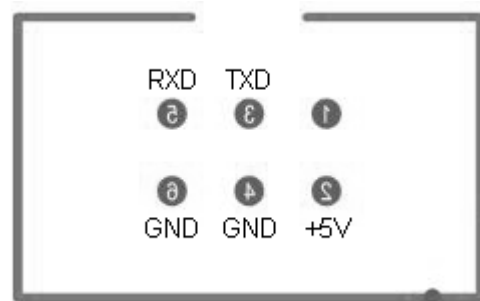
Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung des **UMFT230XB-NC** breakout board der Fa. FTDI. An dieses können die TTL Signale vom Zähler direkt angeschlossen werden (TX-data, RX-data und GND). Das FT230 Modul steckt man in den USB Port des PC und bekommt damit einen virtuellen COM port erzeugt. Den nötigen driver hat sich mein FT230 beim ersten Mal automatisch im Internet geholt.

Ein Bluetooth Serial port Modul wie das [Olimex HC-06](#), kann auch angeschlossen werden. Es erzeugt ebenfalls einen COM port auf dem PC. Thomas, DG8SAQ hat diese Anwendung, neben einer **sehr komfortablen Software** auf seiner Webpage <http://www.dg8saq.darc.de/DJ9PK-Counter/> beschrieben. Dort findet man auch einen Download für seine **Software** (siehe weiter unten: **Software von DG8SAQ**).

Pin Belegung auf K1 der Zähler Platine:

- TX data: pin 3 (an RX data des FT230 löten)
- RX data: pin 5 (an TX data des FT230 löten)
- Ground: pin 4 u. 6

Blick auf die Stecker Pins:



Terminal Programm Einstellungen:

Zum Empfang der Seriellen Daten des Zählers kann man ein sog. Terminalprogramm, wie z.B. das Hyperterminal von Windows. Die Parameter im Terminal Programm müssen wie folgt gesetzt sein:

- Den erzeugten, virtuellen, COM- port angeben und auf 9600Baud, 8 Datenbits, kein Parity, 1 Stopbit, kein handshake (Flusssteuerung) einstellen.
- Emulation: ANSI oder Autodetect
- Wenn gewünscht, Echo für gesendete Zeichen auswählen.

Kommunikation mit dem Terminal Programm:

sobald das Terminal Programm aktiv ist, und die Verbindung zum Zähler vorhanden ist werden die vom Zähler gesendeten Daten angezeigt. Die Daten fließen immer, solange der Zähler aktiv ist, d.h. solange ein Signal an einem der Eingänge anliegt. Fernsteuerbefehle können jederzeit während der Datenausgabe eingegeben werden.

Fernsteuerbefehle:

Alle Einstellungen des Zählers können auch über die Schnittstelle mit Fernsteuerbefehlen geändert werden. Die Befehle beginnen alle mit „ESC“ (escape) und haben einen nachfolgenden Buchstaben (siehe nachfolgende Tabelle), gefolgt von „ENTER“. Sie können sowohl automatisch von einem Anwendungsprogramm gesendet werden, als auch manuell in einem Terminal Programm eingetippt werden. Für die Befehlseingabe gilt ein timeout von 5 Sekunden. Sie müssen sich also ein bisschen beeilen.

Tabelle der ESC Befehle:

Befehl	Aktion
r	run (kontinuierliche Messwertausgabe)
x	stopp (stoppt die Messwertausgabe)
1	1 Messung (macht eine Messung und geht dann wieder auf Stop)
A	average ON
a	average OFF
T	time = 1 sec. (Messzeit = 1 sec.)
t	time = 0,1 sec. (Messzeit = 0,1sec.)
f	Frequenz (schaltet um auf Frequenz Anzeige)
p	Periode (schaltet um auf Perioden Anzeige)
o	Offset (schaltet auf Offset Anzeige um)
d	Display Inhalt wird gesendet
h	Hertz Ausgabe in Hz (11 stellig, hier werden auch nicht relevante Stellen angezeigt; war für debug Zwecke gedacht)
b x	x = BNC prescale Faktor (max. 30 000) gefolgt von ENTER
s x	x = SMA prescale Faktor (max. 30 000) gefolgt von ENTER
i x	x = transmit Intervall gefolgt von ENTER
l (großes i)	gibt info. aus (scalefaktoren, transmit Intervall)

Software von DG8SAQ:

Thomas, DG8SAQ, hat eine sehr komfortable Software geschrieben und freundlicherweise zum Download Verfügung gestellt:

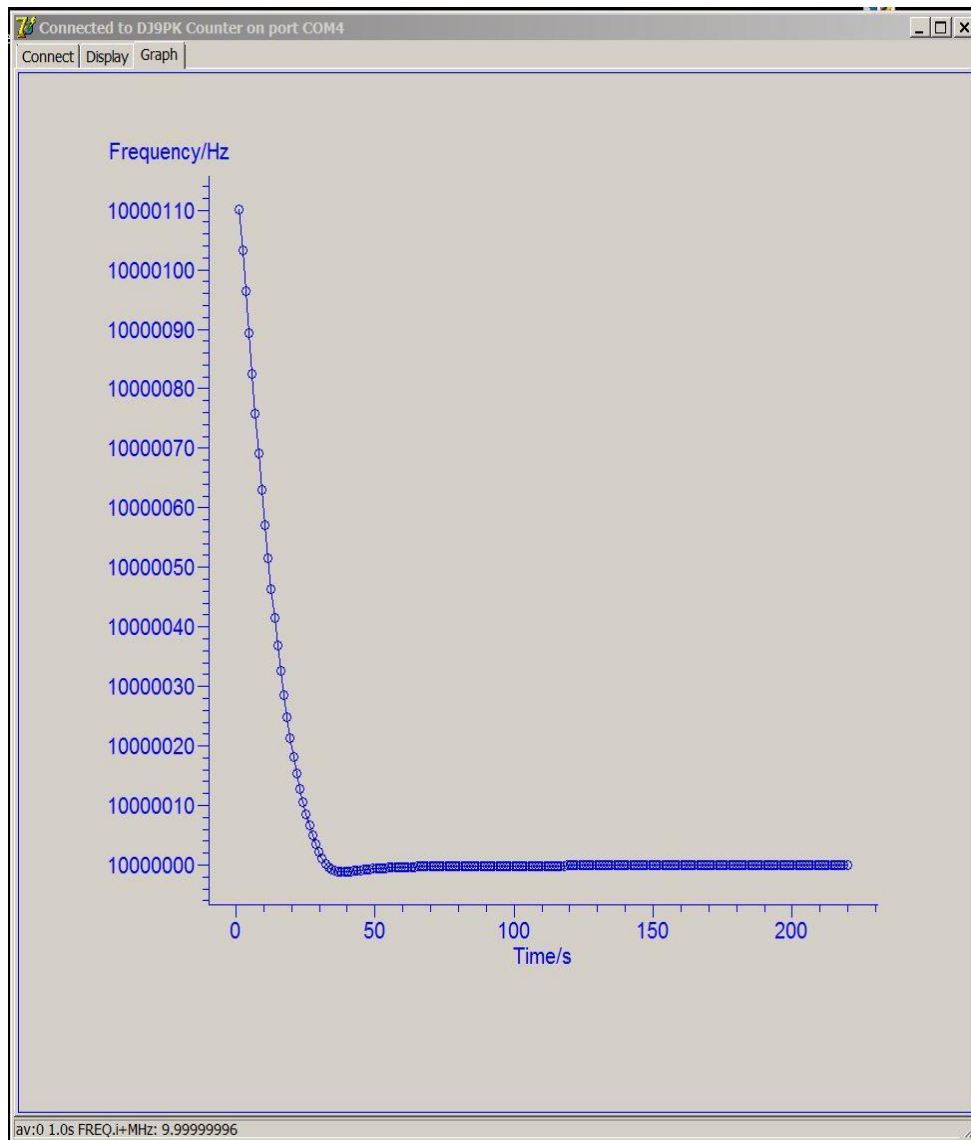
<http://www.dg8saq.darc.de/DJ9PK-Counter/>

Auf dieser Seite ist auch die Verwendung eines **bluetooth Moduls** zur Kommunikation mit dem PC oder anderen Geräten beschrieben. Deshalb wird hier nicht näher darauf eingegangen.

Die Software findet den COM port, auf dem der Zähler sendet, automatisch (der Zähler muss dabei zählen). Sie kann die empfangenen **Daten in Listenform**, zusammen mit der aufgelaufenen Zeit aufzeichnen. Die Daten können gespeichert werden, entweder im Textform (.dat), oder im .CSV Form. Letzteres Format liest EXCEL automatisch als Tabelle ein.

Die **Plot Funktion** ist selbst skalierend. D.h. die Skalierung der x- und y- Achse passt sich dem Bereich der auftretenden Daten an. Eine Zoom- und Print- Funktion ist ebenfalls vorhanden.

Schließlich kann die gemessene Frequenz in **großen Ziffern** (bis zu Bildschirm füllend) auf dem Bildschirm dargestellt werden



Einschwingvorgang des OCXO mit der dg8saq plot software dargestellt

Arbeitsweise dieses Reziprok Zählers:

Zur Verdeutlichung dient nachfolgendes Pulsdiagramm. Dort findet man die im Text erwähnten Signalnamen. Die Referenzfrequenz ist mit "clk" und die zu messende unbekannte Frequenz mit "fx" bezeichnet.

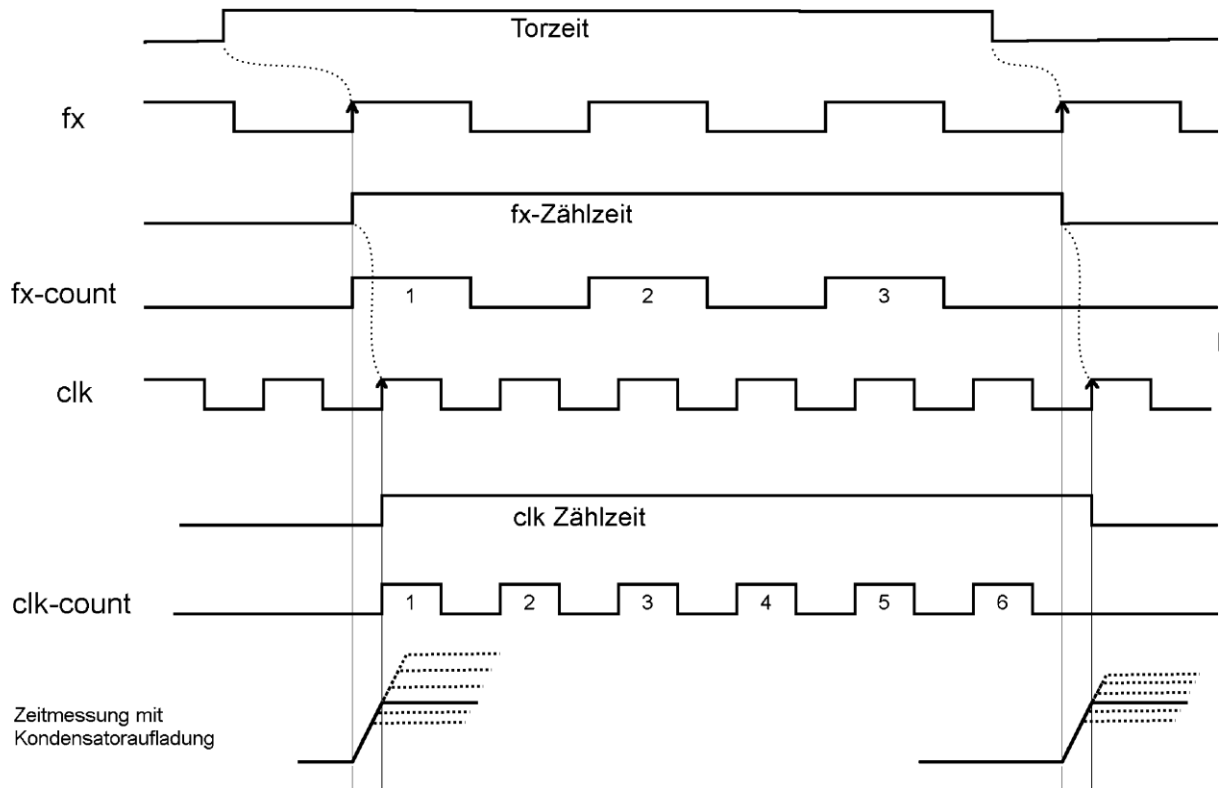
Ein Reziprok Zähler misst nicht die während einer fest eingestellten Torzeit (z.B. 1sec) am Eingang ankommende Anzahl von Perioden. Die eingestellte Torzeit entspricht nur ungefähr der tatsächlichen Zählzeit. Zu Beginn der Torzeit wird auf den Beginn einer fx-Periode am Zähl Eingang gewartet. Erst dann beginnt der Zählvorgang (fx-Zählzeit). Ebenso wird am Ende der Torzeit noch auf das Ende einer fx-Periode am Zähl Eingang gewartet, bis der Zählvorgang gestoppt wird. Innerhalb dieser fx-Zählzeit erhält man somit immer eine ganzzahlige Anzahl von fx-Perioden (im Beispiel sind es 3).

Parallel dazu wird die Zeit zwischen Zählvorgang Anfang und Zählvorgang Ende (die fx-Zählzeit) gemessen. Durch eine einfache Rechnung erhält man dann die Frequenz: $f = \text{Anzahl Perioden} / \text{fx-Zählzeit}$.

Um die angegebene Anzeigegenauigkeit von 10^{-9} zu erreichen muss als Erstes obige Rechnung mit der nötigen Auflösung gemacht werden. Eine Rechengenauigkeit von deutlich mehr als 9 Stellen ist notwendig. Der verwendete Mikroprozessor rechnet mit „64 bit floating point“ was etwa 15 Stellen Rechengenauigkeit ergibt.

Als Zweites muss die Zählzeit mit der nötigen Genauigkeit ermittelt werden. Diese muss ca. eine Nanosekunde betragen. Dazu wird zunächst die verwendete Referenzfrequenz (clk) herangezogen. Von ihr wird, wie schon bei fx, ebenfalls eine ganzzahlige Anzahl Perioden gezählt (im Beispiel = 6). Die clock-Zählzeit beginnt mit der ersten positiven Flanke von clk nach dem Beginn der fx-Zählzeit und endet mit der nächsten pos. Flanke nach dem Ende der fx-Zählzeit. Das ist als clk-Zählzeit im Pulsdiagramm eingezeichnet. Sie ergibt aber nur eine Auflösung von 200ns (clock = 5 MHz). Ein Fehler entsteht am Anfang und Ende der fx-Zählzeit, weil die clock nicht synchron mit der zu messenden Frequenz fx ist. Dieser Fehler wird mit Hilfe von ein paar Logik Schaltkreisen und einer Kondensatoraufladung auf 1ns genau gemessen und in der Rechnung berücksichtigt. Damit kann die Zählzeit insgesamt auf 1ns genau bestimmt werden und die angegebene Anzeigegenauigkeit erreicht werden.

Es kann noch ein "averaging" eingeschaltet werden. Dieses mittelt die jeweils letzten 10 Messwerte. Dadurch wird die Genauigkeit weiter verbessert.



Spezifikationen:

Spannungsversorgung	11 - 14 Volt
Stromaufnahme	Ca. 80 mA Mit OCXO 250 mA, beim Einschalten bis 650 mA
anzeigbare Werte	Frequenz Periodendauer Offset (Differenz zu einer gespeicherten Frequenz)
Messbereich	10 Hz bis ca. 1300 MHz (auf zwei separaten Eingängen)
Zählzeit	0,1 und 1,0 Sekunden
Auflösung (Anzeigegegenauigkeit)	8 bzw. 9 Stellen (je nach Zählzeit)
Messgenauigkeit (Zimmertemperatur 15-30 Grad)	1×10^{-6} (mit einfachem Quarz) 5×10^{-9} (mit OCXO) 1×10^{-9} (mit ext. Referenz, wenn diese so genau ist und averaging)
Eingangsimpedanz (10 Hz – 100 MHz)	Ca. 30kOhm 10pF
Eingangsimpedanz (100 MHz - 1300 MHz)	50 Ohm
Eingangsimpedanz (Referenzfrequenz)	50 kOhm 10pF
Eingangsspannung (10 Hz – 100 MHz)	50 mV _{ss} – 6V _{ss}
Eingangsspegel (10 MHz - 1300 MHz)	-10dbm - +10dbm
Eingangsspannung (Referenzfrequenz)	0,5 – 5 V _{ss}

