

# Bau eines 10 MHz Referenzoszillators mit geringem finanziellem Aufwand

Ing. Helmut Pein, OE6PLG

Als messbegeisterter Funkamateurliebling habe ich in meinem Labor im Laufe der Zeit schon einige Referenzoszillatoren gebaut. Als ich mir Anfang des Jahres 2015 das Skriptum der Vorträge der 59. Weinheimer UKW-Tagung (12.–14. September 2014) bestellt habe, fiel mir sofort der Artikel von Peter J. Gödecke, DJ7GP auf. Er referierte über Referenzoszillatoren für Mikrowellenstationen.

Der dort als 1. von mehreren möglichen verwendbaren Referenzoszillatoren angeführte war ein OCXO, ein Doppelthermostat namens MV89 von Morion. Dieses Frequenznormal mit 10 MHz Sinus-Ausgang und ca. +7dBm Ausgangspegel hat mich sofort in den Bann gezogen, da der ebay-Preis mit ca. 30 Euro genau das war, was ich für meine Bastellei suchte.

## Technische Daten OCXO Morion MV89

**Hersteller:** Morion Inc.  
**Bezeichnung:** MV89  
**Typ:** OCXO, Doppelofen  
**Betriebsspannung:**

12 Volt, +/- 5%

**Ausgang:** 10 MHz,  
ca. +7 dbm/50 Ohm, Sinus

**Stromaufnahme:**

Aufheizen ~1,2A und Betrieb ~350mA

**Abmessungen:** 51\*51\*38 mm, 150g

**Allan Deviation 100s:**  $8 \cdot 10^{-11}$

**Frequenzstabilität:**  $< 1 \cdot 10^{-10}$

**Phasenrauschen/1kHz:** -150 dBc/Hz



Die angeführte Frequenzstabilität von  $< 1 \cdot 10^{-10}$  ist ein Wert, welcher für meine Aktivitäten im Bereich von einigen GHz vollkommen ausreichend ist. Auch die Allan Deviation lässt sich sehen. Die Allan Deviation ist eine mathematische Größe, deren Berechnung vielleicht nur von Mathematik-Professoren verstanden wird. Es soll damit die Kurzzeitstabilität für eine gewisse Beobachtungszeit angegeben werden. In diesem Falle ist für 100s der Wert von  $8 \cdot 10^{-11}$  angegeben. Dies bedeutet, dass innerhalb von 100s eine Frequenzänderung von ca. 1 mHz auftreten wird. Für uns mathematisch nicht so gebildete Funkamateure genügt es zu wissen – je höher die negative Hochzahl der Potenz, umso weniger schwankt die Frequenz im beobachteten Zeitraum.

Bei diesen technischen Werten und diesem Preis konnte ich nicht anders. Ich musste dieses Frequenznormal bestellen, und es kam wie angekündigt pünktlich an.

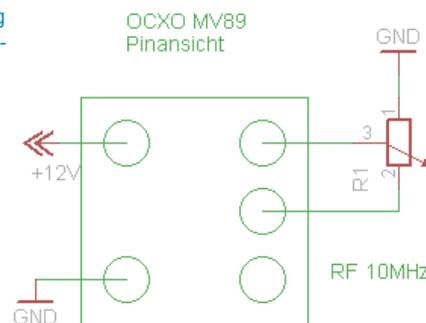
## Inbetriebnahme, erste Tests, Frequenzvergleich

Sofort musste ich mit dem Frequenznormal in mein Labor um es auszuprobieren (Bild 1):

Die beiden 10 MHz Signale lassen sich meines Erachtens als Liniendiagramm dargestellt bezüglich Frequenzabweichung am besten vergleichen. Besser als bei Einstellung des Oszi

Bild 1: Spannungsversorgung 12V provisorisch angeschlossen und HF-Ausgang an den Kanal 1 eines Oszilloskops.

Als Referenz diente vorerst das 10 MHz Signal meines R&S-Mess-Senders, an den Kanal 2 des Oszi gelegt.



im x-y Betrieb (ergäbe eine Lissajousfigur). Da mein Messender bei 10 MHz etwa +1 Hz Abweichung aufweist und in 1 Hz Schritten abstimbar ist, konnte ich sofort feststellen, dass der MV 89 einwandfrei arbeitet. Da ich noch keine Spannung an den Anschluss Uin angelegt hatte, welcher für die Feinabstimmung des Frequenznormales vorhanden ist, war natürlich noch eine große Frequenzabweichung gegeben.

## Aufheizphase

Mit zunehmender Einschaltzeit konnte man die stetig abnehmende Stromaufnahme am eingefügten Amperemeter sehen, die mit zunehmender Erwärmung des Ofens einher gehen muss. Und das Liniendiagramm zeigte ebenfalls die stetige Annäherung an 10 MHz. Also war der Kauf in Ordnung und ich konnte weitere Überlegungen bezüglich des mechanischen und elektrischen Aufbaues anstellen.

## Einige wichtige Eckpunkte sind festzulegen:

- thermische Isolierung des Bausteines
- Stromversorgung
- Gehäuse

### Zu a) thermische Isolierung

Bei einem Frequenznormal ist eine bestmögliche Abschottung gegen Umwelteinflüsse unbedingt erforderlich. Ein Wärmeverlust bedeutet ein Nachheizen des OCXO und dies führt unweigerlich zur Veränderung der Frequenz. Ich habe den würfelförmigen MV89 mit einem Wickel aus luftgepolsterter Kunststoff-Folie mehrlagig eingewickelt. Da ich einen großen, nach oben offenen Porozellwürfel mit einer Wandstärke von 1,5 cm hatte, welcher genau mit meinen Isoliermaßnahmen und der Größe des MV89 übereinstimmte, hatte ich auch das Isolierproblem fast geschafft. Als Deckel nahm ich eine 1,5 cm starke Porozellplatte, von welcher ich das passende Stück abschnitt. Den gesamten Würfel habe ich noch zusätzlich mit einer vorhandenen silbrig glänzenden Kunststoffolie eingewickelt.

Der Aufwand hat sich im Endeffekt gelohnt. Dem Datenblatt des MV89 ist zu entnehmen: „steady state current consumption @ 250 C (still air) < 350mA“ Meine Stromaufnahme im eingeschwungenem Zustand: 250 mA.

## Rauscharmes Netzteil für OCXO

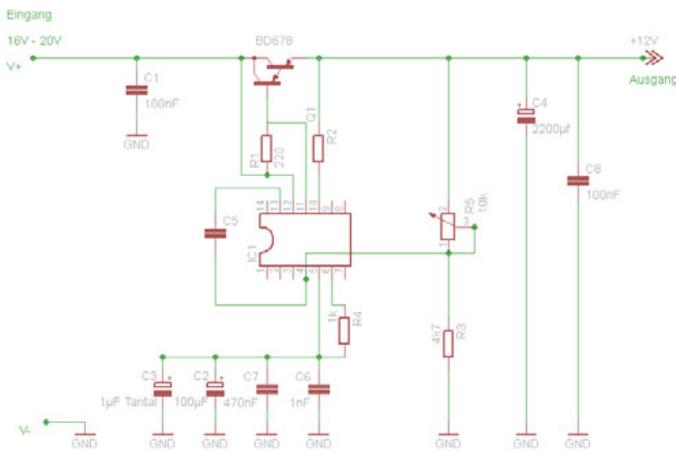


Bild 2: Je genauer und rauschfreier die benötigte Versorgungs-Spannung bereitgestellt wird, umso weniger wird im Betrieb eine Frequenzänderung vorhanden sein (Allan Deviation). Der Transistor BD678 war in meiner Bastelkiste vorhanden, und ist nicht zwingend zu verwenden.

### Zu b) Stromversorgung

Ebenfalls ist für ein Frequenznormal unbedingt eine optimale Stromversorgung herzustellen. Als erfahrener OM mit schon vielen PA-Windungen ist mir aus der „alten“ Zeit der ausgezeichnete IC LM723 in bester Erinnerung. Mit diesem IC habe ich schon des Öfteren ausgezeichnet arbeitende Netzgeräte hergestellt. Auch diesmal griff ich auf dieses „gute Stück“ zurück. Eine Versorgungsspannung von 12 V wurde gefordert. Als Einschalt-Strom sind ca. 1,3 A im Datenblatt angegeben. Mit diesen Eckdaten war eine entsprechende Stromversorgung bald erstellt (Bild 2).

Zum Punkt „Versorgung“ gehört auch die Errichtung eines Stromkreises, welcher ermöglicht die Normalfrequenz von 10 MHz exakt einzustellen. Dafür wird im MV89 intern aus der extern zugeführten 12 V Spannungsversorgung am Pin Uref eine Spannung von 5 V zur Verfügung gestellt. Im Prinzip könnte man mittels eines 10 kOhm Potentiometers, welches an die 3 Punkte Masse-Uin-Uref angeschlossen wird, die Ausgangsfrequenz genau auf 10 MHz einstellen. Doch die endliche Auflösung eines noch so guten Potentiometers würde nicht zum Erfolg führen.

Praktisch habe ich das Problem so gelöst: Ich lötete provisorisch ein 10 kOhm Potentiometer ein. Danach wurde das Frequenznormal in Betrieb genommen. Mittels des Potentiometers und meiner Messmöglichkeiten wurde die Ausgangsfrequenz so genau wie möglich auf die 10 MHz eingestellt. Dann wurde eine Woche lang zugewartet, damit sich ein thermisch stabiler Zustand einstellt.

Bei der nun durchgeführten Frequenzmessung wurde mittels des 10 kOhm Potentiometers abermals versucht, die Frequenz so genau wie möglich auf die 10 MHz einzustellen. Danach habe ich das Potentiometer ausgelötet und die Widerstandswerte zwischen Anfang-Mitte-Ende mittels eines präzisen Ohmmeters vermessen. Diese recht „krummen“ Widerstandswerte habe ich mittels einer Kette von Metallschichtwiderständen nachgebildet. In der „Mitte“ dieser Kette habe ich zusätzlich noch einen 50 Ohm 10-Gang-Spindeltrimmer eingelötet. Dieser soll in Zukunft den Feinabgleich der Frequenz (bei Bedarf) ermöglichen. Daran darf natürlich

nur gedreht werden, wenn ein noch frequenzgenauerer Oszillator zum Vergleich zur Verfügung steht.

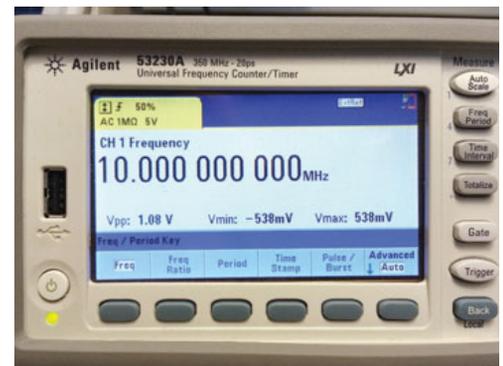
### Zu c) Gehäuse

Zum Gehäuse ist nicht viel zu sagen. Wie schon Eingangs ausgeführt, habe ich den thermisch bestens isolierten MV89 in ein Metallgehäuse (vormals PC-Netzteil) eingebaut. Die notwendige elektrische Verkabelung habe ich mit dünnen teflonisolierten Drähten durch die thermische Isolierung herausgeführt, zur Verhinderung einer Kältebrücke. Teflon-Isolierung wegen des Anfangs doch recht hohen Einschaltstromes von 1,3 A und der Erwärmung des MV89 im Betrieb auf über 70°C. Auch für das Koaxkabel habe ich das im Durchmesser dünnste mir zur Verfügung stehende Kabel verwendet. Eine BNC-Buchse ist der Ausgang für die nun hochgenaue 10 MHz-Frequenz.

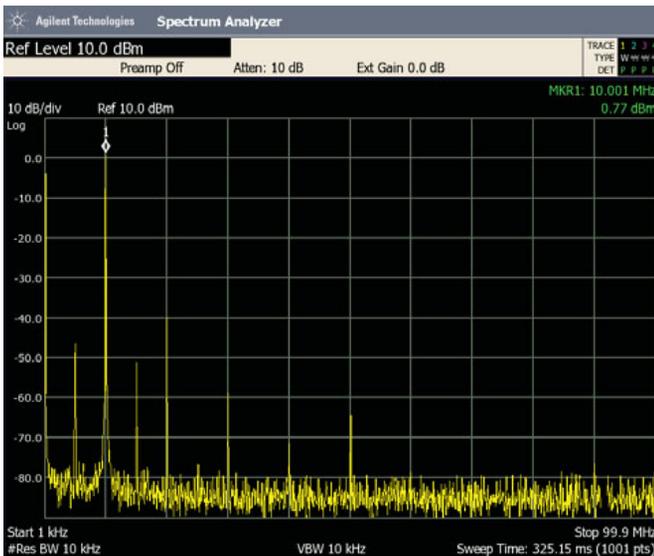
### Messwerte nach ca. einem Jahr und ununterbrochenem Betrieb

Zwecks Überprüfung wurde nur kurzfristig (ca. 1 Minute lang) die Stromversorgung abgeschaltet. Nach dem Einschalten zieht der OCXO ca. 0,9 Ampere aus der Versorgung. Die Frequenz liegt anfangs ca. 3 Hz unter Soll. In der Aufheizphase steigt die Ausgangsfrequenz bis auf +1 Hz an, und danach sinkt der Versorgungsstrom auf ca. 0,25 A und die Ausgangsfrequenz stabilisiert sich auf dem Sollwert.

Ein Neu-Abgleich der Referenzspannung am Anschlusspin UIN brachte den OCXO wieder auf seinen Sollwert: Anzeige am kalibrierten Frequenzmesser, betrieben mit externem GPS-Referenzsignal.



Zwei 10 MHz-Signale im Vergleich: Die gelbe Kurve stammt von einem GPDSO (GPS Disziplinierter Oszillator), einem mittels GPS synchronisierten Referenzsignal. Die grüne Kurve stammt vom Morion MV89. Wenn sich die grüne Kurve gegenüber der getriggerten gelben Kurve seitlich bewegt, ist eine Frequenzabweichung vorhanden. Bei 10 MHz ist auf diese Weise ein Abgleich (Stillstand der grünen Kurve einstellen) bis auf ca. +/- 5 milli-Hz sehr einfach möglich.



Ausgangsspektrum zwischen ~0 und 100 MHz: Die erste Oberwelle ist ca. 42 dB unterdrückt. Zwei Nebensignale auf 5 MHz und 15 MHz liegen rund 50 dB unter dem Pegel des 10 MHz-Signals.

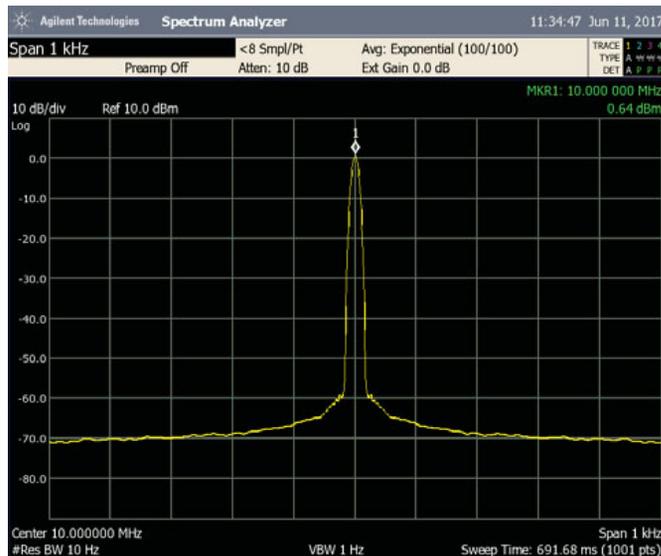
Nach einem vollem Jahr Dauerbetrieb mit mehreren Transporten war das Frequenznormal um ~0,3 Hertz nach unten abgewandert. Der Einstellbereich des 10-Gang-Spindeltrimmers liegt bei etwa 35 mHz (milliHertz), der Spannungsteiler wurde erneut angepasst.

Der Neu-Abgleich im mHz-Bereich schien mühsam, bis sich die Erkenntnis breit machte, dass die Schwerkraft auf den Quarz ja nach Lage/Orientierung des Gerätes einwirkt. Aufgestellt, seitlich gestellt, ... die gut reproduzierbare Änderung liegt in der Größenordnung von etwa +/- 10 mHz. Diese Einflüsse sind auch mit der einfachen Oszilloskop-Methode bereits gut erkennbar. Das Gerät sollte also immer in derselben Aufstellungsweise abgeglichen und betrieben werden.

### Zusammenfassung

Ich nehme an, dass ich mit diesem Bastelprojekt dem einen oder anderen Funkerkollegen ein äußerst preiswertes autonomes Frequenznormal mit guten technischen Daten (und sauberem Sinus-Signal am Ausgang) vermitteln kann.

Eine gelegentliche Kontrolle (und bei Bedarf ein Neuabgleich) eines Frequenznormals bei einem Kollegen, welcher über die



Ein sehr sauberes Ausgangssignal auf 10 MHz.



So sieht der komplettierte OCXO aus: Ein Gehäuse zum Nulltarif, von einem PC-Netzteil stammend, schien mir persönlich ausreichend. Der Abgleichschraubendreher wird durch ein Röhrchen ins Innere zum Zehngang-Spindeltrimmer geführt.

nötigen Messgeräte verfügt, ist jedenfalls sinnvoll – auch wegen der netten Fachsimpelien, welche sich bei einer solchen Gelegenheit ergeben.

Meinen herzlichen Dank für die messtechnische Unterstützung meines Bastelprojektes möchte ich an dieser Stelle an OM Fritz OE6NIG (Fa. Neuhold Elektronik, Graz) und Thomas OE6TZE aussprechen, der mir beim Abgleich und bei der Dokumentation ganz wesentlich geholfen hat.

Helmut Pein, OE6PLG  
oe6plg@oevsv.at

**HIDES** Please visit us on Jul 14~16 in Hall A3 of HAM RADIO 2017, 10~15% discount will be available for all products. We can support down to 1~8MHz bandwidth and up to 13cm band.  
[www.hides.com.tw](http://www.hides.com.tw) E-Mail: [sales@hides.com.tw](mailto:sales@hides.com.tw); [info@hides.com.tw](mailto:info@hides.com.tw)

<p><b>BU-500</b> \$169 Excellent 13cm UP converter for SSB CW FM FM-ATV DVB Good for EsHailSat-2, first geostationary satellite with HamRadio transponder Input: 100MHz ~ 950MHz Output: 2300MHz ~ 2500MHz Cable Gain: &gt;14dB Local Osc: 1970MHz Out. Pow: 500mW (SSB CW FM ATV FMATV) 150mW (DVB-DVB-S)</p>	<p><b>HV-202E</b> \$660 DVB-T Full HD Transmitter HDMI/SDI/CVBS input Professional 4-band 100~2500MHz Professional grade modulation error rate (MER) MER 40dB@V-band, &gt;35dB@470-950MHz, &gt;33dB@950-1900MHz, &gt;30dB@1900-2500MHz</p>	<p><b>HV-320E</b> \$369 DVB-T Full HD Transmitter HDMI/CVBS input H.264 only 100~2500MHz, BW: 1~8MHz +6.5dBm @474M, +5.5dBm @1250M, 0dBm @2450M</p>	<p><b>HV-122A</b> \$299 DVB-T Receiver BW: 1~8MHz Mpeg2/ H.264 Full HD decoding 2-Way diversity (BW:2.5~8MHz) 170~2700MHz (170~700MHz sensitivity is 20dB less, model HV-122TV is available for good sensitivity in this band)</p>	<p><b>DC-105</b> \$279 DVB-T Full HD Camera 70~1450MHz, 1~8MHz bandwidth 1/2.9" SONY Exmor CMOS 2M image sensor 1920x1080x30p H.264 only 0 dBm @177MHz -2 dBm @430MHz -10 dBm @950MHz -24 dBm @1250MHz</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------