

Welcher Oszillator in einem SDR Modul?

Dr.-Ing. Bodo Scholz, DJ9CS

In den einfachen SDR Empfänger- und Transceiver-Baugruppen werden Quarzoszillatoren für jeweils eine bestimmte Mittenfrequenz eingesetzt [1, 2, 3, 4]. Die Begeisterung über die hervorragenden Eigenschaften der Baugruppen führt sehr schnell zu dem Wunsch für mehr Flexibilität im Frequenzbereich. Der Quarzoszillator wird in einem solchen Fall ersetzt, wobei häufig

- ein programmierbarer Oszillator, wie z.B. das Blueberry Board von CYPRESS bzw. entsprechende Bausteine mit dem CY27EE16 Chip, oder
- ein DDS-Oszillator.

eingesetzt wird. Oft wird dabei übersehen, welche negativen Auswirkungen diese Oszillatoren im Betrieb mit sich bringen können. So besitzen diese Oszillatoren zum Teil Rauschseitenbänder mit erheblichen Pegeln oder insbesondere die DDS nicht zu vernachlässigbare Anteile von Störsignalen. Als Referenz sei zunächst das Spektrum eines Quarzoszillators betrachtet. Bild 1 zeigt ein solches Spektrum bei 28060 kHz eines Oszillators wie er in einem SoftRock Modul eingesetzt wird [1].

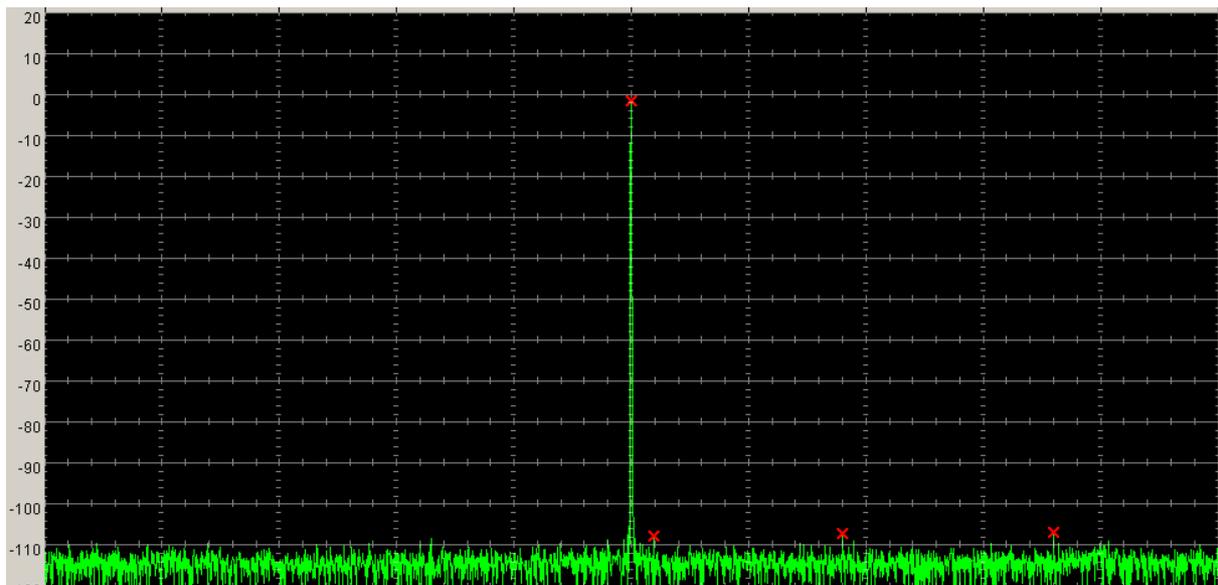


Bild 1: Spektrum eines 28060 kHz Quarzoszillators +/-50 kHz um die Mittenfrequenz.

Diese und alle folgenden Messungen zu den Spektren wurden mit dem SDR-IQ bei gleicher Kalibrierung durchgeführt [5]. So sind die Pegel in dB der Vertikalskala direkt vergleichbar. Der Hintergrundrauschpegel liegt im Mittel bei -115 dB, wobei dieser hier durch den Messaufbau bestimmt ist.

Programmierbare Oszillatoren mit dem CY27EE16 von CYPRESS

Programmierbare Oszillatorbaugruppen mit dem CY27EE16 von CYPRESS Semiconductor werden u.a. als Blueberry Board (USB-Schnittstelle) oder als programmierbarer Quarzoszillator (RS232 Schnittstelle) angeboten [6]. Dieser wird zudem in dem populären ELEKROR SDR-Empfänger [7] eingesetzt. Diese Oszillatoren sind auf diesem Wege sehr bekannt und werden vielfach genutzt. Ihre Eigenschaften und die Auswirkungen auf die Empfängereigenschaften sollen zusammen mit einem SoftRock Baustein für das 40m Band im Vergleich mit dem Quarzoszillator betrachtet werden.

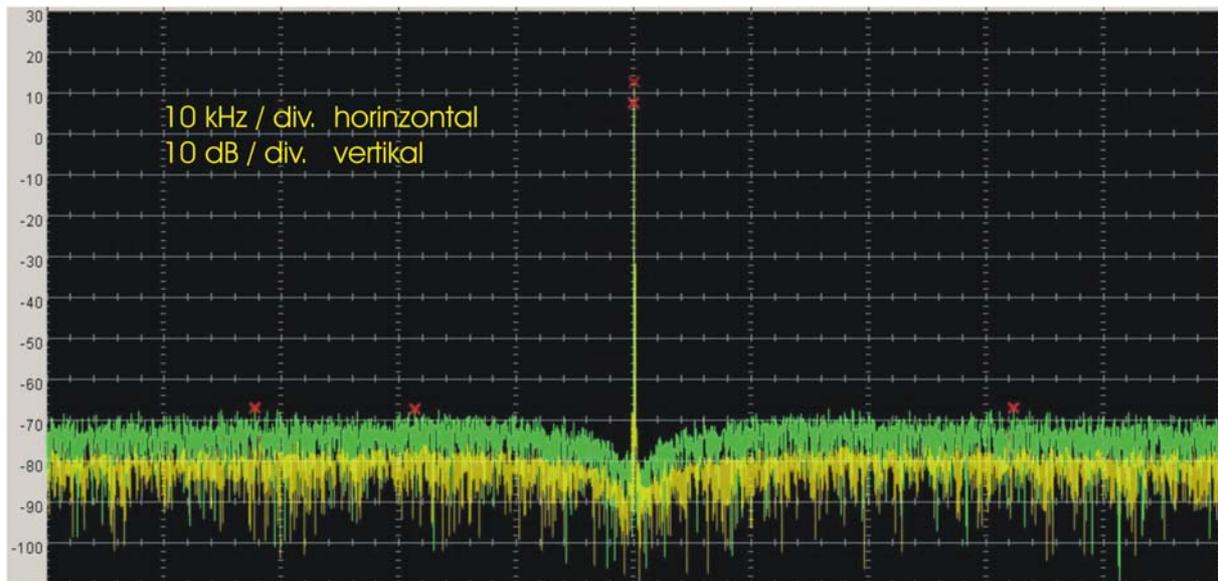


Bild 2: Spektren des Blueberry Boards mit dem CY27EE16 Chip bei einer eingestellten Mittenfrequenz von 28200 kHz (grün) sowie nach der Teilung durch 4 am Ausgang des 74HC74 (gelb) bei 7050 kHz.

Für einen Mittenfrequenz von 7050 kHz wird das Blueberry Board auf 28200 kHz eingestellt. Im Bild 2 sind die Spektren bei 28200 kHz und 7050 kHz für diese Konfiguration dargestellt. Es fällt sofort ins Auge, dass im Vergleich mit dem Quarzoszillator die Pegel der Rauschseitenbänder bei 282000 kHz um etwa 40 dB (!) höher liegen. In der Realität wird der Unterschied noch deutlich größer sein, konnte aber hier nicht messtechnisch erfasst werden. Nach der Teilerkette liegt bei 7050 kHz der Pegel der Rauschseitenbänder um 6 bis 8 dB niedriger, aber immer noch sehr hoch. Im praktischen Empfangsbetrieb stellt sich dieser Unterschied wie folgt dar.

Verglichen wird mit einem Original SoftRock v6.1 Empfänger für 40m mit dem Quarzoszillator bei 28.224 MHz. Dies ergibt eine Mittenfrequenz für den Empfangsbereich von 7056 kHz. Zusammen mit der USB-Soundkarte Live!24 Bit von Creative bei 96 kHz Abtastrate ergibt sich ein Empfangsbereich von 7008 bis 7104 kHz.

Neben der Soundkarte bestimmt die Grenzfrequenz der Audio-Ausgangsverstärker diese Bandbreite. Der Empfänger wird auf den Empfang von CW-Signalen bei 7040 kHz und 500 Hz Bandbreite abgestimmt. Aus einem Generator wird an die Antennebuchse bei 7120 kHz ein Signal eingespeist, das außerhalb der angesprochenen Bandbreite liegt. Gemessen wird die Rauschleistung in 500Hz Bandbreite bei 7040 kHz:

Signal S 9 -> Rauschleistung bei -125dBm

Signal S 9+50dB -> Rauschleistung bei -125dBm

Das kräftige Signal hat also keinen Einfluss auf die Empfängerempfindlichkeit. Ganz anders sieht dies aus, wenn der Quarzoszillator durch das Blueberry Board ersetzt wird:

Signal S 9 -> Rauschleistung bei -125dBm

Signal S 9+10dB -> Rauschleistung bei -125dBm

Signal S 9+20dB -> Rauschleistung bei -123dBm

Signal S 9+30dB -> Rauschleistung bei -118dBm

Signal S 9+40dB -> Rauschleistung bei -108dBm

Ein Signal von S 9+40dB verringert die Empfängerempfindlichkeit um 17 dB entsprechend fast 3 S-Stufen. Die Rauschseitenbänder des Oszillatorsignals führen im Mischer zu kräftigen Rauschseitenbändern auch von Signalen, die weit außerhalb der Empfangsbandbreite liegen. Obiges Beispiel zeigt die Auswirkung nur eines einzelnen Signals. Sind nun mehrere Signale mit S 9+40dB vorhanden, so addieren sich die Rauschleistungen in der Bandbreite von 500Hz, jeweils eine Verdopplung der Anzahl der Signale verringert dann die Empfindlichkeit um weitere 3 dB.

DDS Oszillatoren

DDS Oszillatoren sind sehr flexibel einsetzbar, zeichnen sich aber durch einen großen Anteil sogenannter Spurious Signals mit unterschiedlichen Pegeln aus. Diese Signale können dann zu störendem Nebenempfang führen bzw. im Sendebetrieb zu entsprechenden Nebenaussendungen. Im folgenden wird ein DDS mit dem bekannten AD9851 von Analog Devices betrachtet. Im Bild 3 wird in der oberen Hälfte das Spektrum des 28,000 MHz Signals dargestellt, das dann durch den Faktor 4 geteilt wird, um die um 90° verschobenen Signale zur Ansteuerung des Mixers für den Betrieb im 40m Band zu erzeugen. Die 'Spurious Signals' sind nicht zu übersehen. In der unteren Bildhälfte ist das Spektrum nach der Teilerkette bei 7 MHz dargestellt. Auch die Spurious Signals erscheinen weiter, nun auch bei einem Viertel der Frequenz. An dieser Stelle komme ich zurück auf eine gelegentlich zu hörende Aussage, dass die Amplitude bei der gewollten Frequenz so hoch verstärkt ist, dass beim Schaltvorgang im Flipflop an der Flanke die Frequenzanteile mit geringen Amplituden praktisch unterdrückt würden. In der Realität sind alle Anteile eines Signalgemisches auch den Flanken überlagert. So wird der Schaltvorgang direkt auch von den kleinsten Amplitudenwerten mitbestimmt. So bleiben auch alle Anteile des Spektrums erhalten, skaliert mit dem Teilerfaktor.

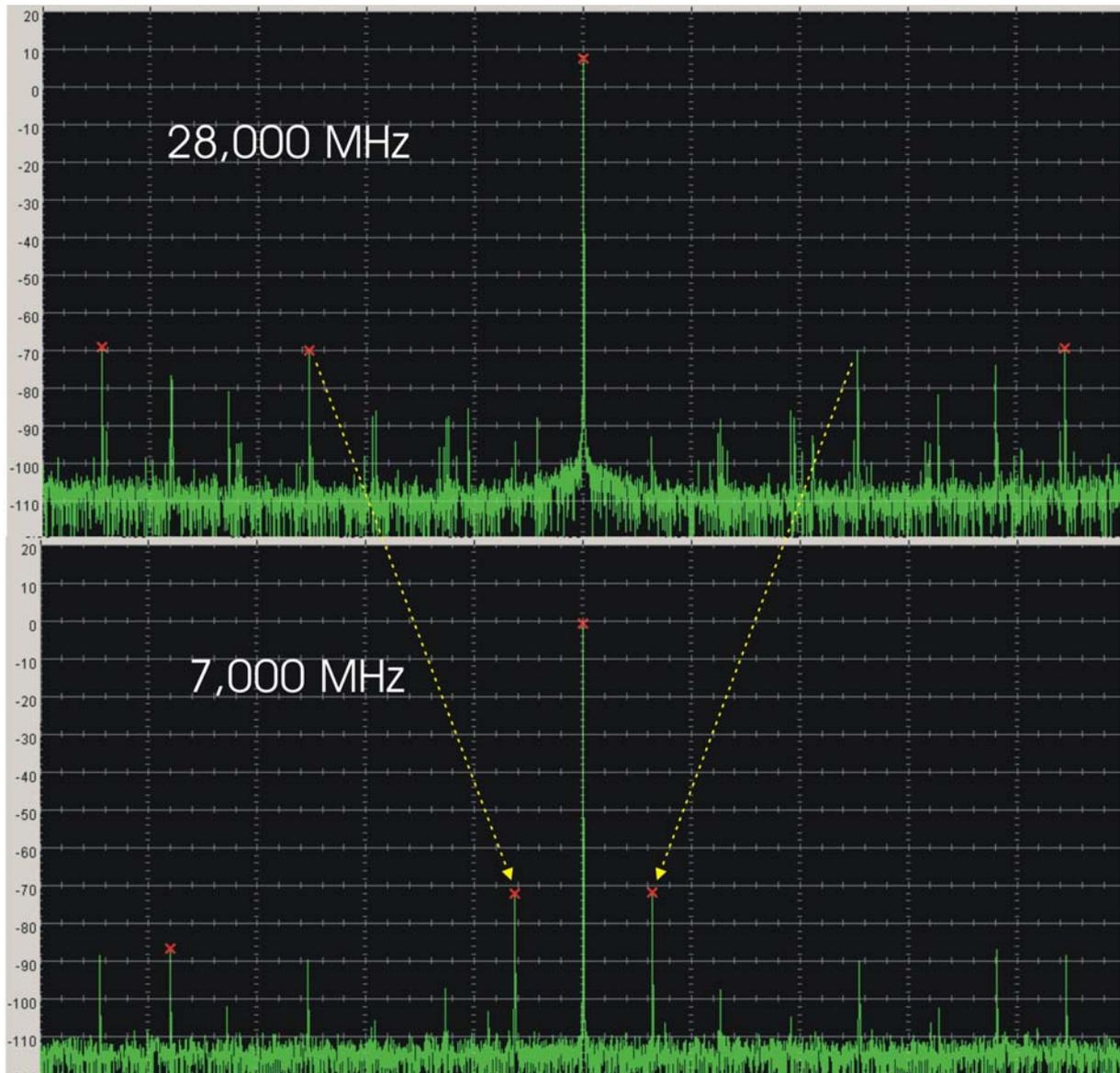


Bild 3: Spektren des Signals eines DDS Bausteins mit dem AD9851. Oben für das direkte Ausgangssignal bei 28000 kHz, sowie nach der Teilung durch 4 am Ausgang des 74HC74 bei 7000 kHz.

Der hier vorgestellte DDS AD9851 ist älterer Bauart mit einem 10 Bit DAC. Der SFDR (Spurious Free Dynamic Range) ist mit nur >43 dB im Datenblatt spezifiziert. Die modernen Typen mit einem 14 Bit DAC im Ausgang, wie der AD9951 werden mit einem SFDR >80 dB angegeben und sind somit viel besser geeignet.

Zusammen mit einem SDR-Empfängermodul ähnlich dem SoftRock wird aus Japan von JA7TDO eine preiswerte DDS-Baugruppe mit der Bezeichnung DDS-34B angeboten [8]. Diese Baugruppe nutzt von Analog Devices den AD9834. Es wird der DDS auf die Empfangsfrequenz programmiert, zur Ansteuerung der Teilerkette wird dann hinter dem DDS ein IC zur Frequenzvervierfachung vom Typ ICS512M eingesetzt. Dieser Vervierfacher führt zu katastrophalen Eigenschaften. Vor dem

Einsatz einer solchen Baugruppe kann nur gewarnt werden. Das im Bild 4 dargestellte Spektrum besagt ohne weiteren Kommentar alles.

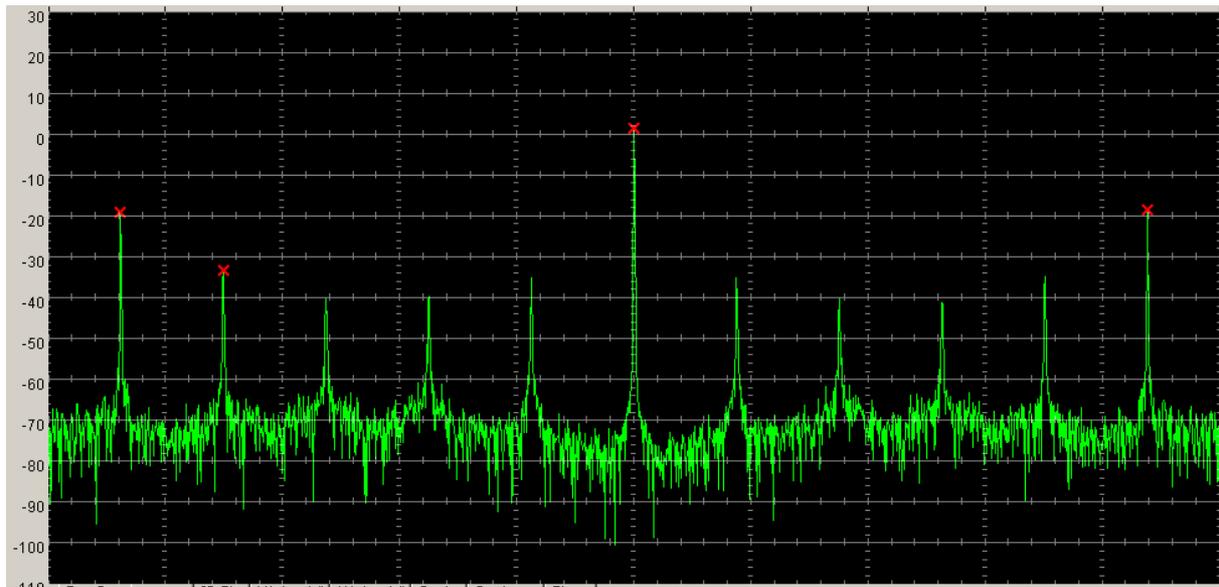


Bild 4: Spektren des Ausgangssignals der Baugruppe DDS-34B von JA7TDO. Eingestellte Ausgangsfrequenz 14600 kHz zum Betrieb auf 80m bei einer Mittenfrequenz 3650 kHz, horizontal 10 kHz/div.

Programmierbarer Oszillator Si570

Seit Ende 2007 wird von der Firma Silicon Labs ein programmierbarer Quarzoszillator mit hervorragenden Eigenschaften bezüglich spektraler Reinheit angeboten. Dieser Chip hat inzwischen sehr viel Aufmerksamkeit gewonnen [9]. So auch in verschiedenen Foren zum Thema SDR und natürlich im Umkreis der Entwickler der SoftRock Baugruppen. Bild 5 zeigt eine kleine Platine mit dem Si570, in einem PIC sind die gewünschten Frequenzen abgelegt, die mittels DIP-Schalter ausgewählt werden. Diese Platine ist als Ersatz für den Quarzoszillator in SoftRock Transceivern vorgesehen. Das saubere Spektrum bei einer Mittenfrequenz von 28100 kHz zeigt Bild 6. Das Hintergrundgeräusch in dieser Messkonfiguration liegt bei etwa -125 dB. Der Schaltkreis Si570 bietet sich daher für viele Anwendungen als flexibler Ersatz für Quarzoszillatoren an.

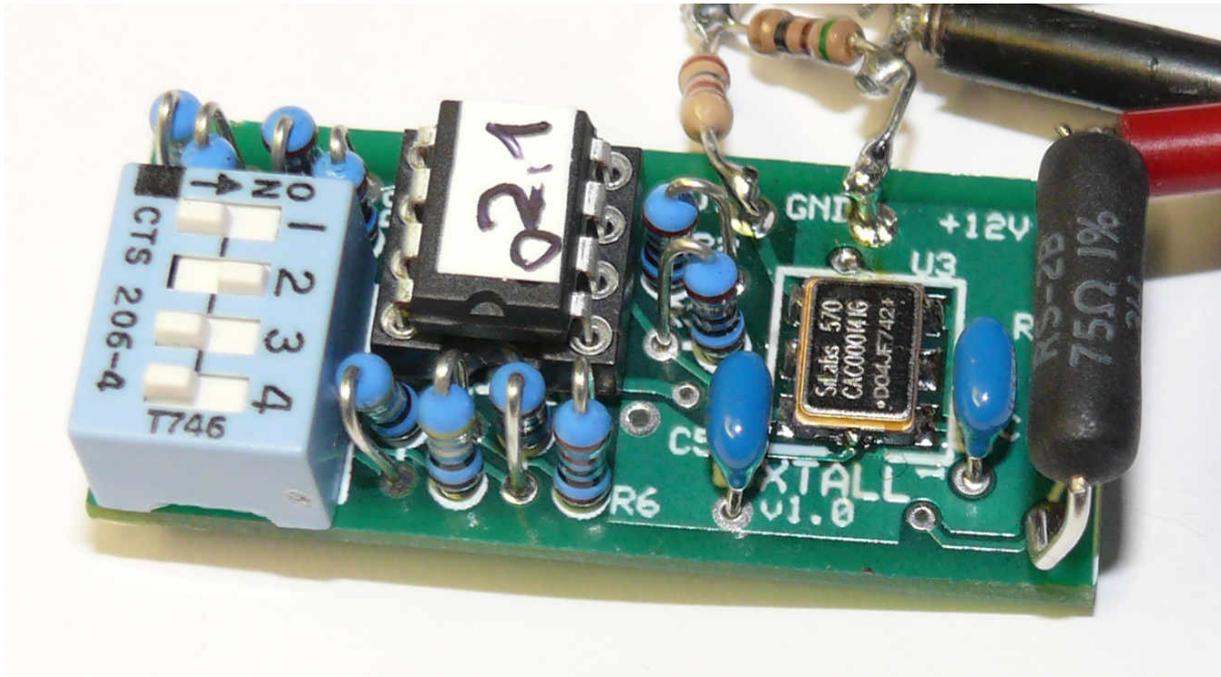


Bild 5: Platine mit einem Si570 als Ersatz für einen Quarzoszillator

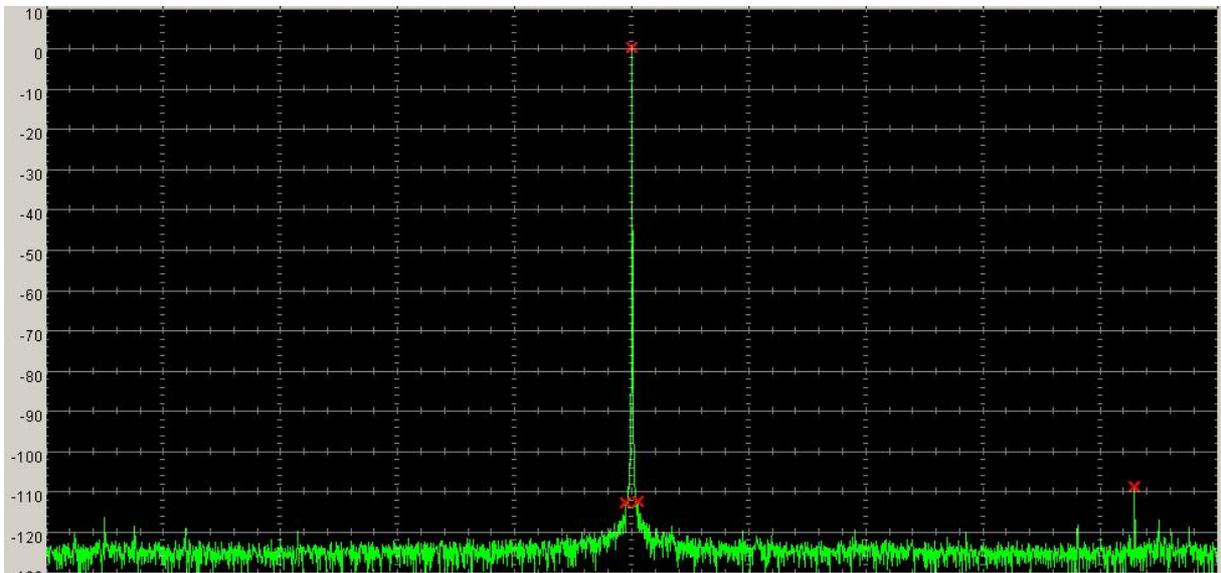


Bild 6: Spektrum des programmierbaren Quarzoszillators mit dem Si570 bei einer Mittenfrequenz von 28100 kHz

Literatur

- [1] Bodo Scholz, DJ9CS
SoftRock – Einstiegsplattform für softwaredefiniertes Radio
FUNKAMATEUR Heft 6/2006 S. 665
FUNKAMATEUR Heft 7/2006 S. 792

- [2] Klaus Raban, DM2CQL
IQ-SDR-Minimalsystem für 40/80m
FUNKAMATEUR Heft 9/2006 S. 1040
<http://www.box73.de/catalog/pdf/BX-050.pdf>

- [3] Siniša Tasić, YU1LM
HF SDR Receiver and Transmitter
<http://yu1lm.grpradio.com/homebrew.htm>

- [4] Bodo Scholz, DJ9CS
Programme für einfache SDR Transceiver
In diesem Heft

- [5] Bodo Scholz, DJ9CS
SDR-IQ – Spektrumanalyzer und softwaredefinierter Empfänger
FUNKAMATEUR Heft 7/200 S. 721

- [6] Programmierbare Quarzoszillatoren
<http://www.ak-modul-bus.de>

- [7] Burkard Kainka, DK7JD
Software Defined Radio mit USB-Interface
ELEKTOR Mai 2007, S. 18
CQ DL Heft 10 / 2007 S. 717

- [8] JA7TDO, New DDS board for Soft66 series
http://zao.jp/radio/dds34en/index_e.php

- [9] Silicon Labs, Si570, Programmable XO/VCXO
www.silabs.com/