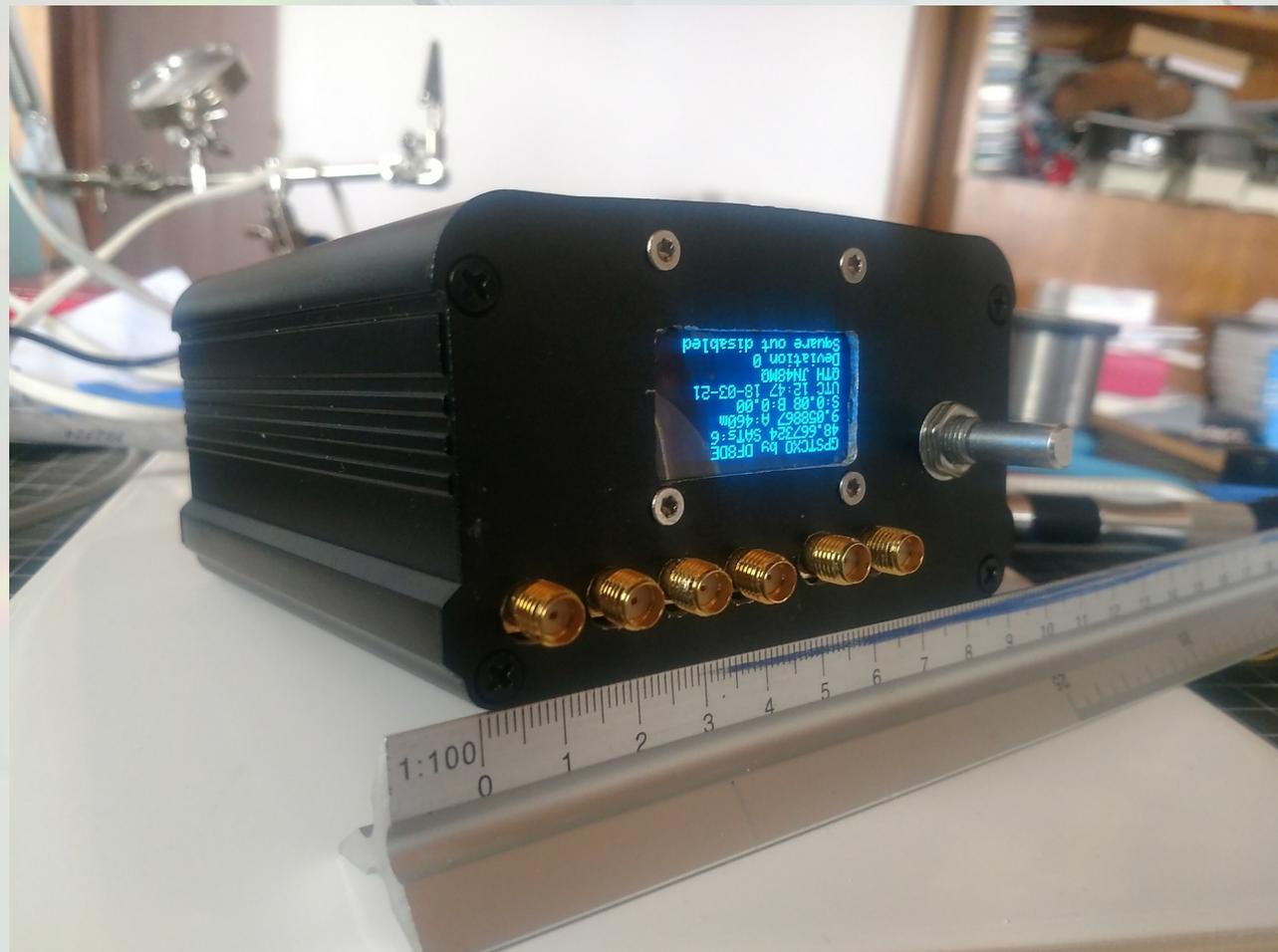


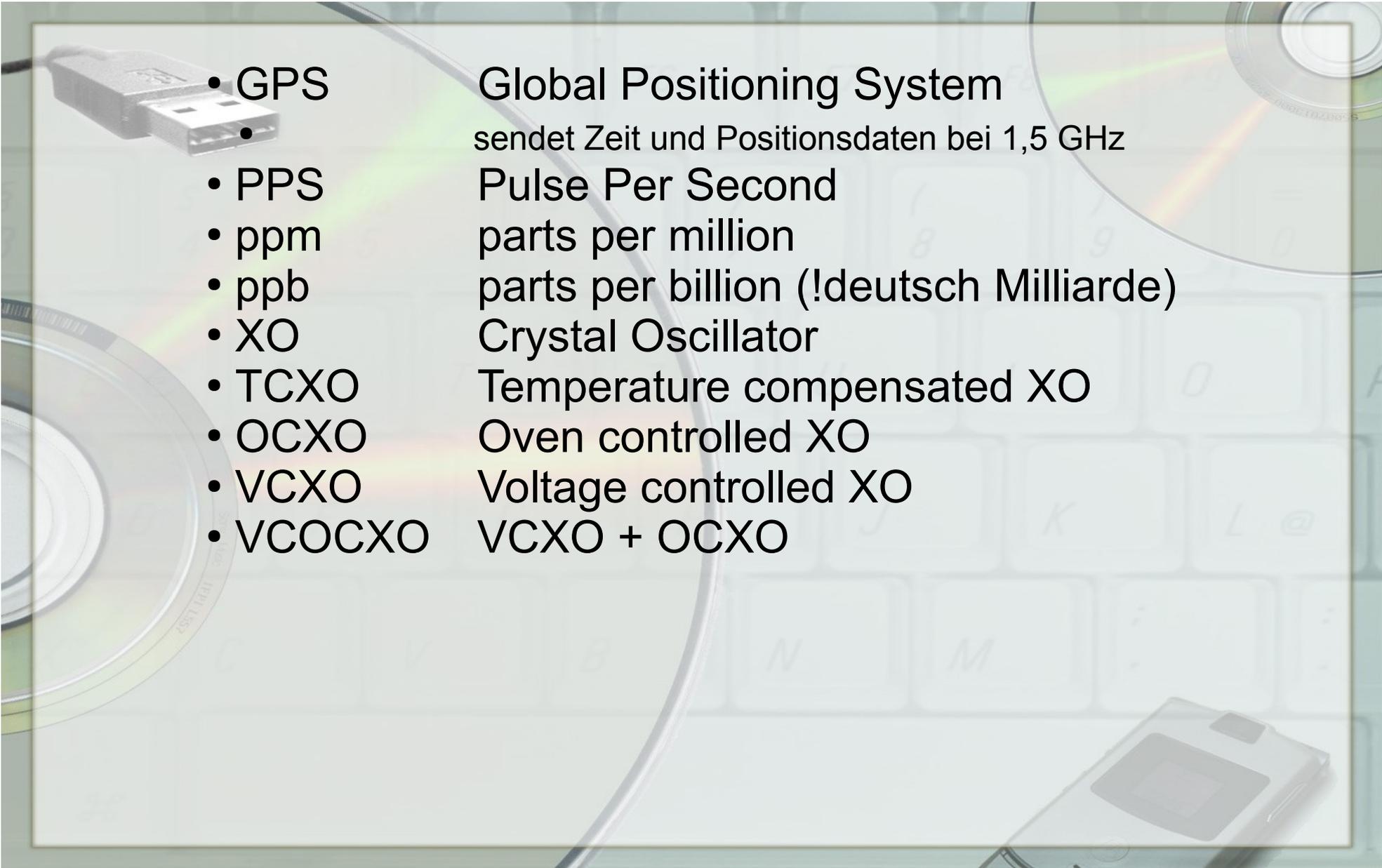


GPS disciplined OCXO



Dietmar Schmunkamp
DF8DE

Glossar

- 
- GPS Global Positioning System
sendet Zeit und Positionsdaten bei 1,5 GHz
 - PPS Pulse Per Second
 - ppm parts per million
 - ppb parts per billion (!deutsch Milliarde)
 - XO Crystal Oscillator
 - TCXO Temperature compensated XO
 - OCXO Oven controlled XO
 - VCXO Voltage controlled XO
 - VCOCXO VCXO + OCXO

Problem

- Standard Quarzoszillatoren haben eine Genauigkeit von 10 ppm bis 100 ppm
- TCXOs erreichen eine Genauigkeit um 0.5 ppm
- OCXOs erreichen eine Genauigkeit 1 ppb bis 20 ppb
- 1 ppm bedeutet eine Abweichung von 1 Hz bei 1 MHz, d.h. 10 kHz bei 10 GHz
- => SSB QSO über QO100 muss der Oszillator wesentlich besser als 1 ppm sein



Ursachen für Abweichungen

Quarze und Quarzoszillatoren gehören zu den genauesten Bauelementen die wir kaufen können
100 ppm = 0,01% Toleranz, da muss man bei R, L und C lange suchen :-)

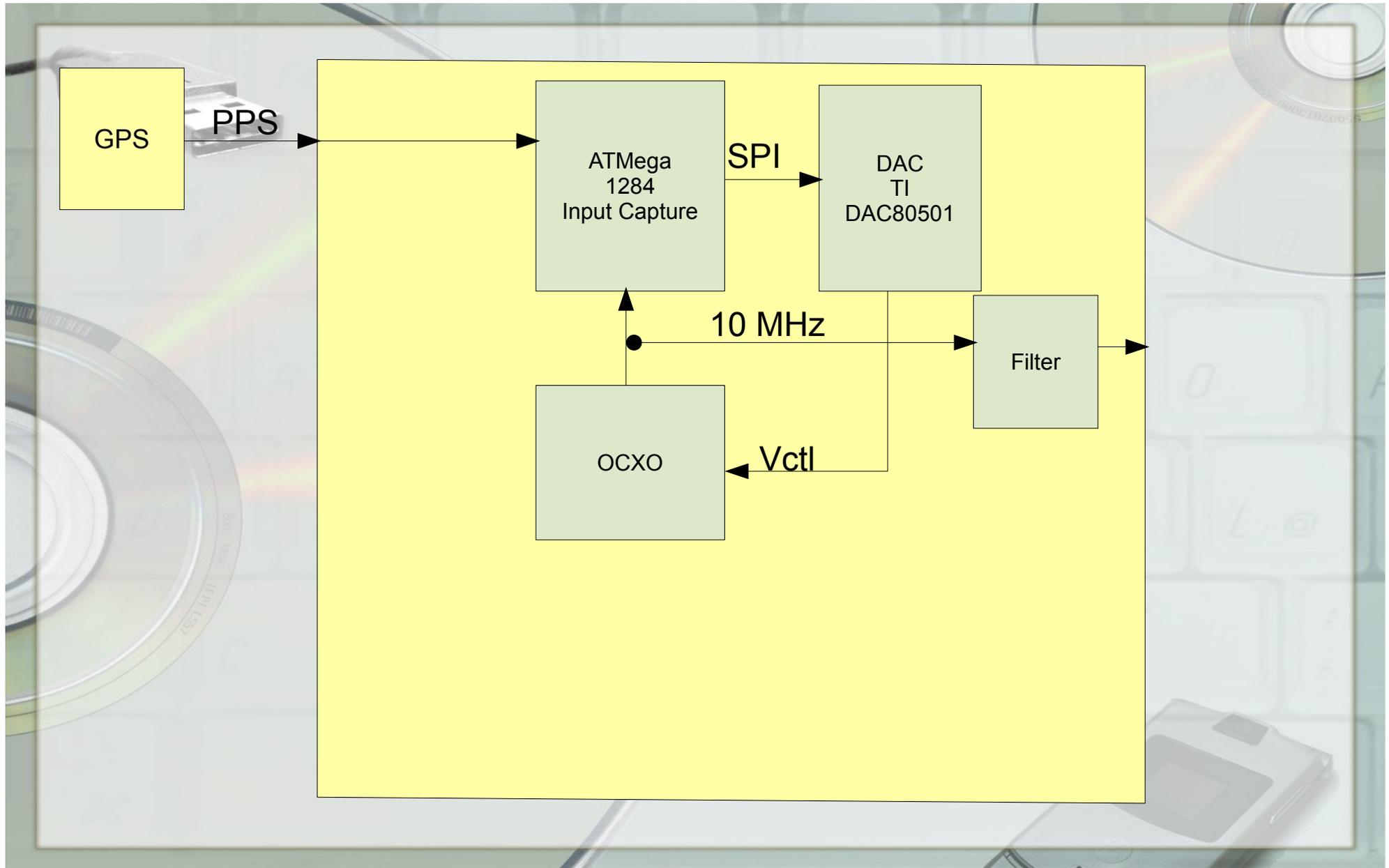
- Versorgungsspannung
- Temperatur
- Alterung
- Oszillatorschaltung

Datenblatt genau lesen, viele Hersteller geben jeden Effekt einzeln an, addieren muss der Anwender, vielfach wird die initial tolerance hervorgehoben.

Lösung

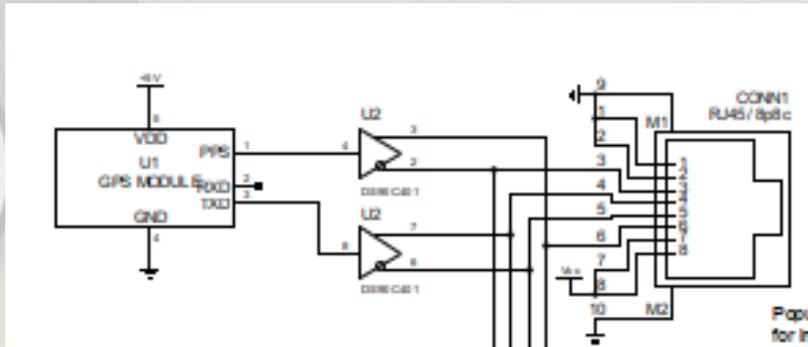
- Vergleich der Frequenz eines xCXOs mit einem genaueren Referenzsignal
- Mögliche Quellen:
 - PPS signal eines GPS Receiver
 - DCF77
 - Früher™: Zeilenfrequenz des Fernsehsignals
 - Rubidium Oscillator
- Regelung des xCXOs aufgrund der Abweichung

Blockschaltbild



GPS Empfänger

- Der GPS Empfänger ist abgesetzt und das PPS signal sowie die GPS Daten werden differentiell über ein Standard Ethernet Patchkabel übertragen
- GPS Empfang in geschlossenen Räumen (Shack im Keller) ist schwierig, lange Antennenkabel haben eine hohe Dämpfung bei 1,5 GHz



GPS module
uBlox NEO 6m

differential drv

RJ45

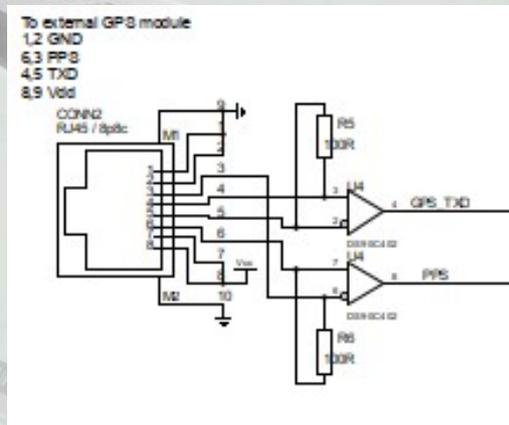


Hauptplatine

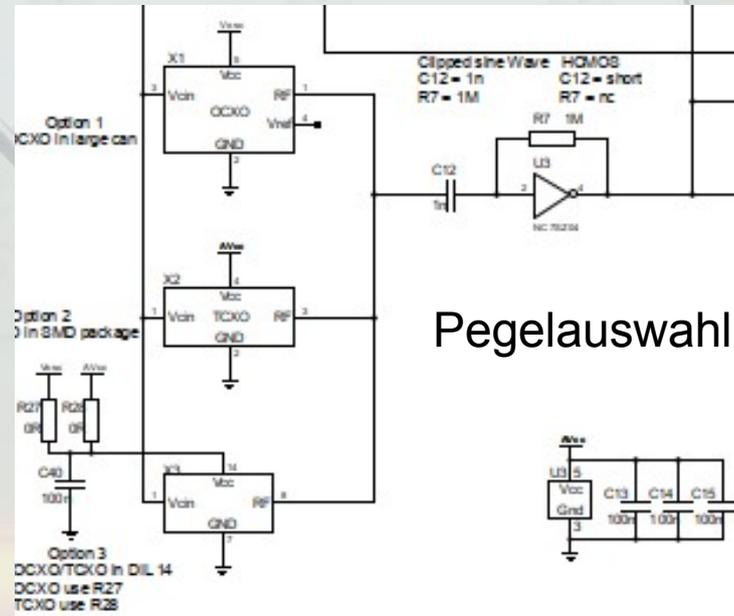


... mit all ihren Fehlern :-)

Schaltplan (1)

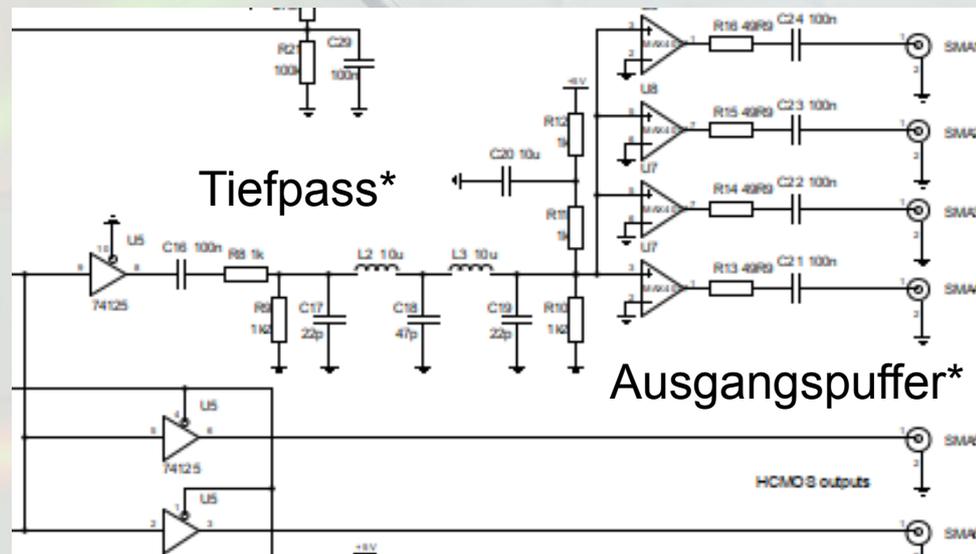


Interface zum GPS Empfänger



Oszillator
(nur 1 wird bestückt)

Schaltplan (2)



4 * Sinus

2 * Rechteck

*nach DJ7GP, UKW Tagung Weinheim 2014

Beschreibung (1)

- Prozessor ist eine ATMega 1284p
 - Takt aus dem Oszillator (ohne weitere PLL)
 - Ein freilaufender Zähler zählt die Oszillatorimpulse
 - Bei jeder steigenden Flanke des PPS signals wird der Zählerstand gespeichert (input capture) und die Differenz zum vorherigen Stand gebildet
 - Sie sollte genau 10 Millionen sein
 - Theoretisch haben wir eine Genauigkeit von 0,1 ppm
 - In der Praxis nur 0,4 ppm (Toleranz des pps Signals)
 - Schon mal nicht schlecht, aber es geht noch besser
 - Intern wird mit 64 bit gerechnet (16 bit Timer + 48 bit timer overflow), d.h. nach 58000 Jahren ist mit einem Fehler zu rechnen => geplante Obsoleszenz :-)

Beschreibung (2)

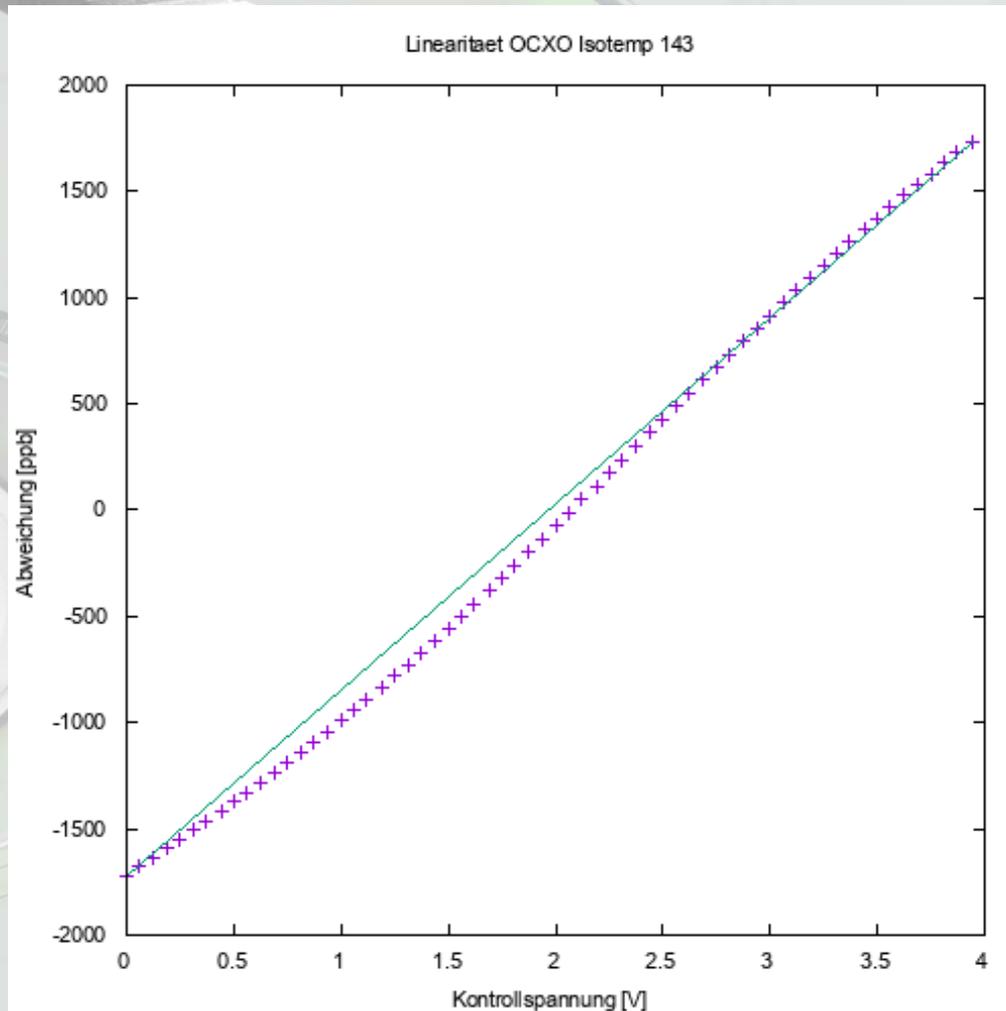
- Nach 1024 Iterationen (10 Milliarden Oszillatorimpulsen) wird die gesammelte Abweichung ausgewertet und der Oszillator nachgeregelt
- Innerhalb der 1024 Iterationen (1024 s oder ca. 17 min) ist die Genauigkeit nur vom Oszillator abhängig
 - Nur hochwertige Oszillatoren verwenden (Kurzzeitstabil)
 - **Man kann aus einem Ackergaul kein Rennpferd machen, aber ein Rennpferd noch trainieren**
- Kontrollspannung für den Oszillator wird über ein 16 bit DAC (DAC80501 von TI) erzeugt
 - Interne Referenz
 - SPI Interface
 - SMD Gehäuse aber soeben noch von Hand lötbar
 - VSSOP 10 Gehäuse mit 0,5mm pin Abstand
 - **KEIN** exposed Pad

Oszillator

- Unterschiede zwischen Oszillatoren
 - OCXO/TCXO
 - Gehäuse
 - Minimale und maximale Kontrollspannung
 - Kennlinie Kontrollspannung/Ausgangsfrequenz
 - Output Waveform
- Oszillatorparameter werden im EEPROM gespeichert
 - ➔ Update ohne Neuprogrammierung
 - ➔ Auswahl unter verschiedenen Oszillatoren
 - ➔ Definition neuer Oszillatoren

```
struct oscdef {  
    char name[16];           ///< Descriptive Name  
    uint8_t dac_gain;       ///< Gain of the DAC80501, maybe 1 or 2  
    uint16_t vmin;         ///< Minimum control voltage in DAC units, see datasheet of oscillator  
    uint16_t vmax;         ///< Maximum control voltage in DAC units, see datasheet  
    uint16_t vctl;         ///< Control voltage, initialize to (vmax+vmin)/2, update when running  
    uint32_t devmin;       ///< Deviation at vmin measure at very first startup  
    uint32_t devmax;       ///< Deviation at vmax measure at very first startup  
};
```

Linearität Isotemp 143

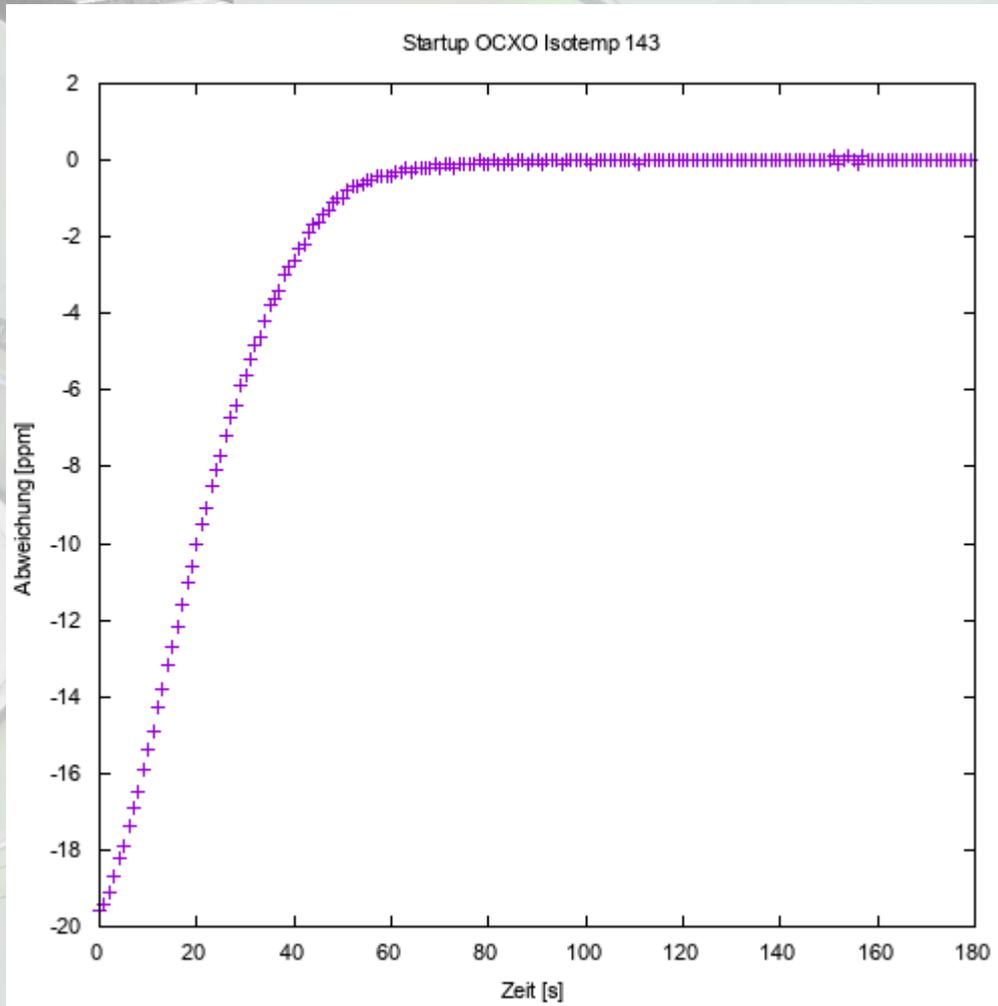


Die Messung ergibt ein Punkt auf der Linie mit den blauen Kreuzen
Nachgeregelt wird mit der Steigung der durchgezogenen Linie
Abweichung ist klein genug und erfordert maximal einen Schritt mehr

Passt das Ganze ?

- Wir messen mit einer theoretischen Auflösung von 0,1 ppb
- Der DAC hat 16 bit bei 5 Volt range => 76,3 μV / bit
- Der Oszillator hat eine Abweichung von 3400 ppb bei 4 Volt
=> 117 μV Änderung führen zu 0,1 ppb Frequenzänderung
 - Passt, aber mehr Genauigkeit erfordert wesentlich höheren Aufwand in der Schaltung
- In der Praxis lassen sich Genauigkeiten von unter 1 ppb erreichen, Abweichungen liegen im Bereich von 0,1 ppb zwischen zwei Messzyklen (ab 0,4 ppb wird nachgeregelt)
- Zum Vergleich (ohne Saarland und Fussballplatz):
1 ppb ist die Entfernung Oberstdorf-Flensburg auf 1mm genau

Warmup Isotemp 143



Nach ca. 100 Sekunden ist der Oszillator hinreichend aufgeheizt (bei Raumtemperatur, nomineller Spannung ...)

Wie geht es weiter?

- 4-lagige Platine mit richtigem Footprint und Drehgeber
- Aufbau mit TCXO
- Test der Versorgung mit Akku
- PPS Monitor (LED) und Ausgang
- Bootloader
- Software Erweiterungen
- Langzeitlauf (> 1 Woche)
- Verschiedene GPS Antennen
- GPS Referenz Station für Robotermäher :-)

Rückseite



9Volt in GPS USB Reset

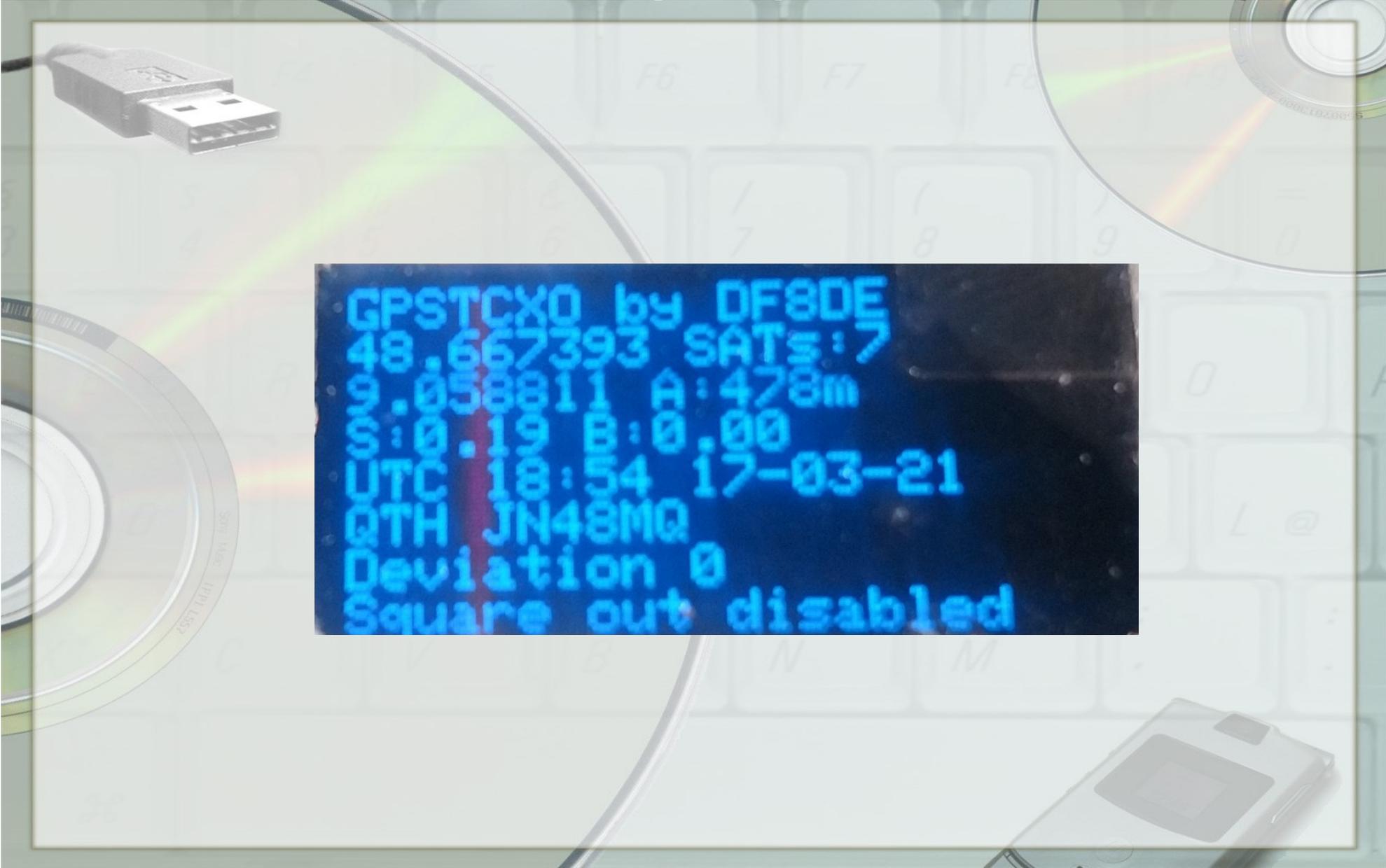
Vorderseite



4 * Sinus

2 * Rechteck

Display

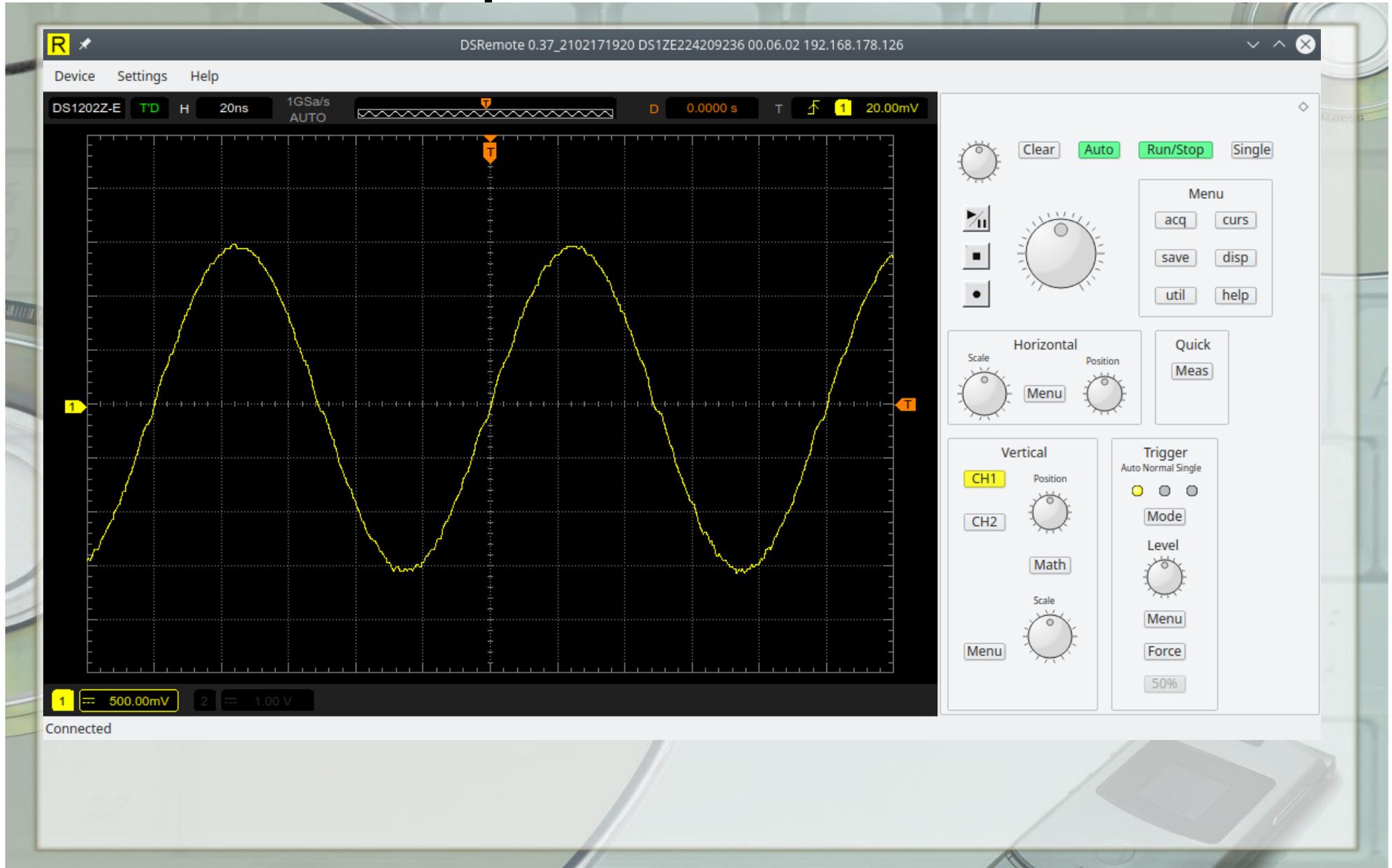


GPSTCX0 by DF8DE
48.667393 SATs:7
SS:0.58811 A:478m
UTC:0.19 B:0.00
QTH JN48MQ
Deviation 0
Square out disabled

Cabrio



Output Waveform



A collage of technology-related items including a USB cable, a CD/DVD, and a mobile phone, with the word 'DANKE' in the center.

DANKE