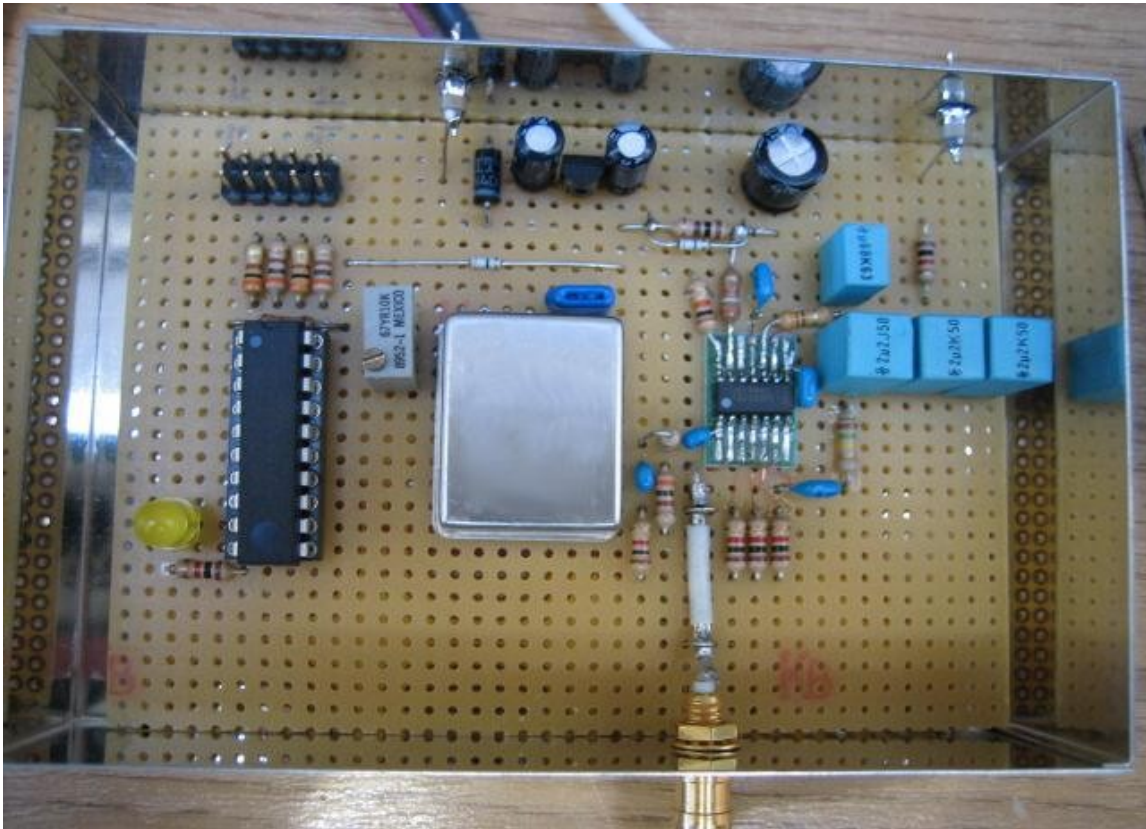
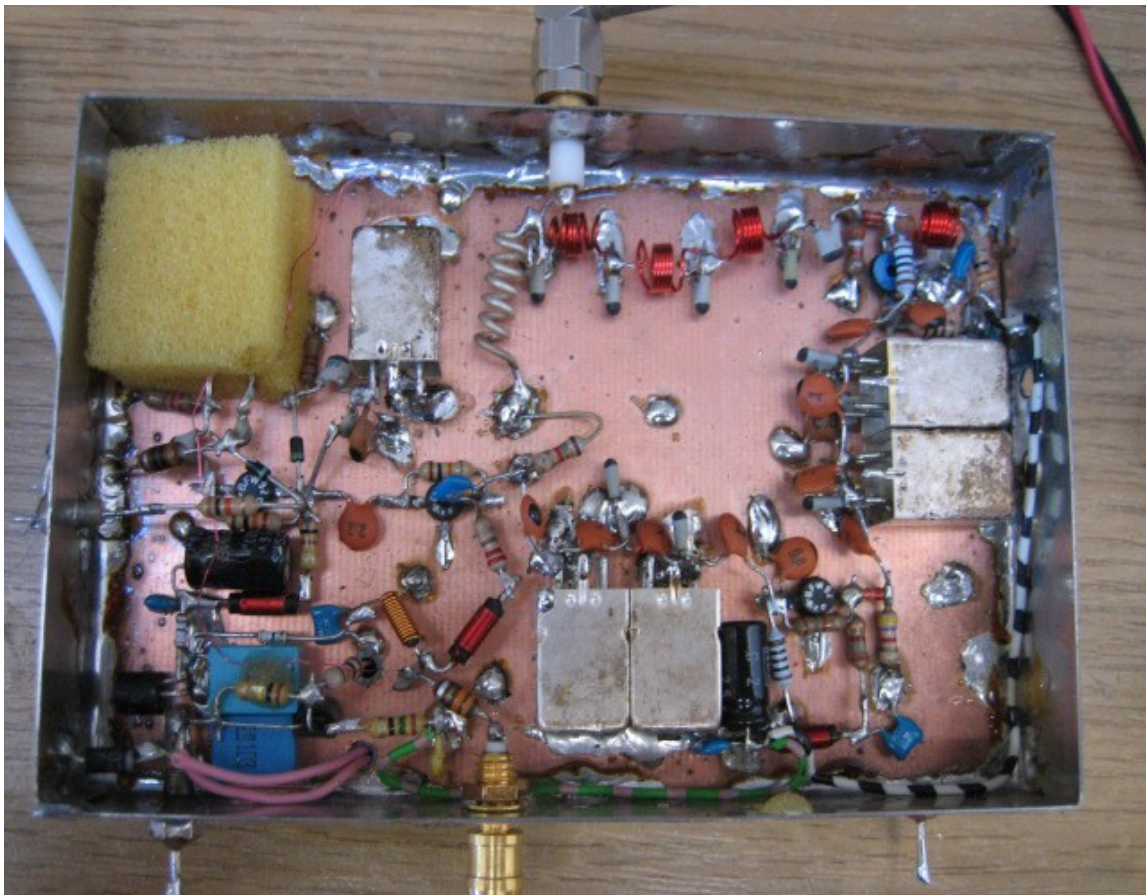


PLL – Zusatz für 2m-Amateurfunkbake DB0JT

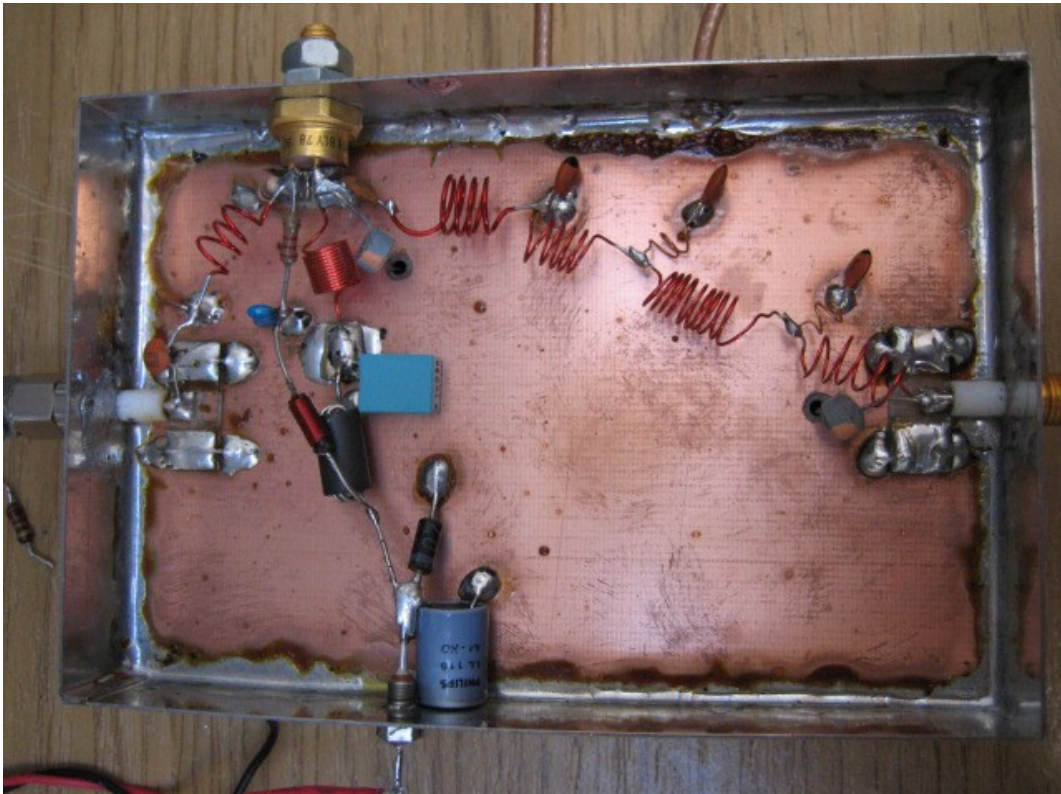


PLL-Zusatz-Baugruppe

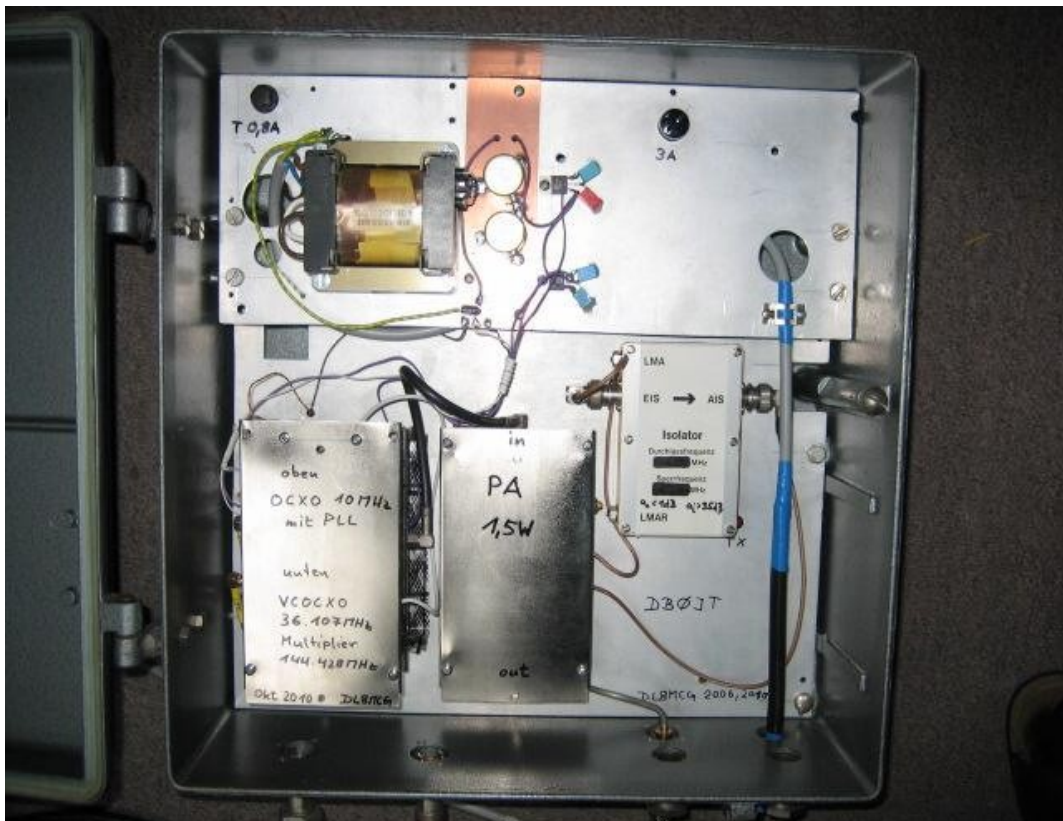


VCO + Multiplier

DB0JT 2m Amateurfunkbake

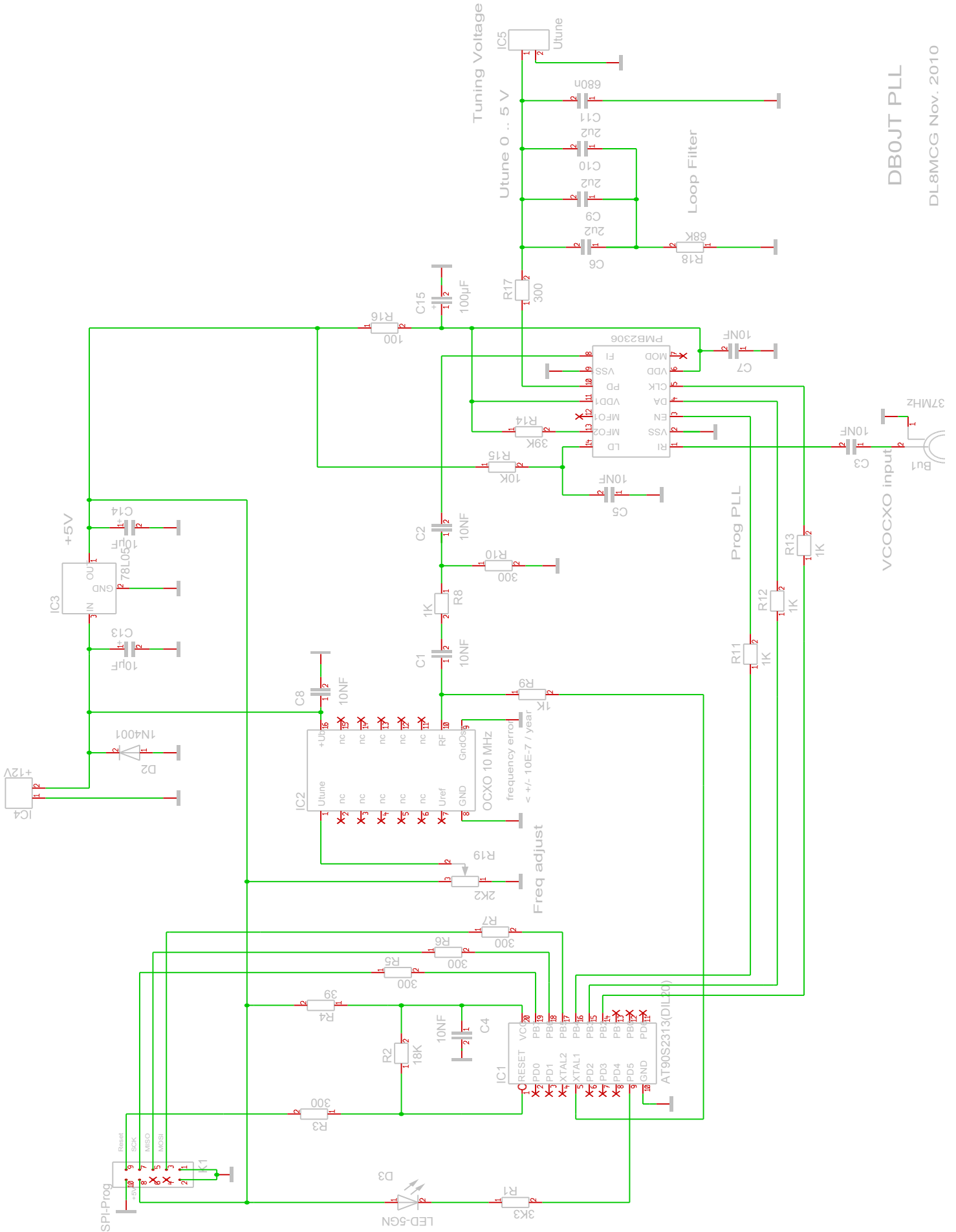


PA-Baugruppe



Gehäuseeinbau

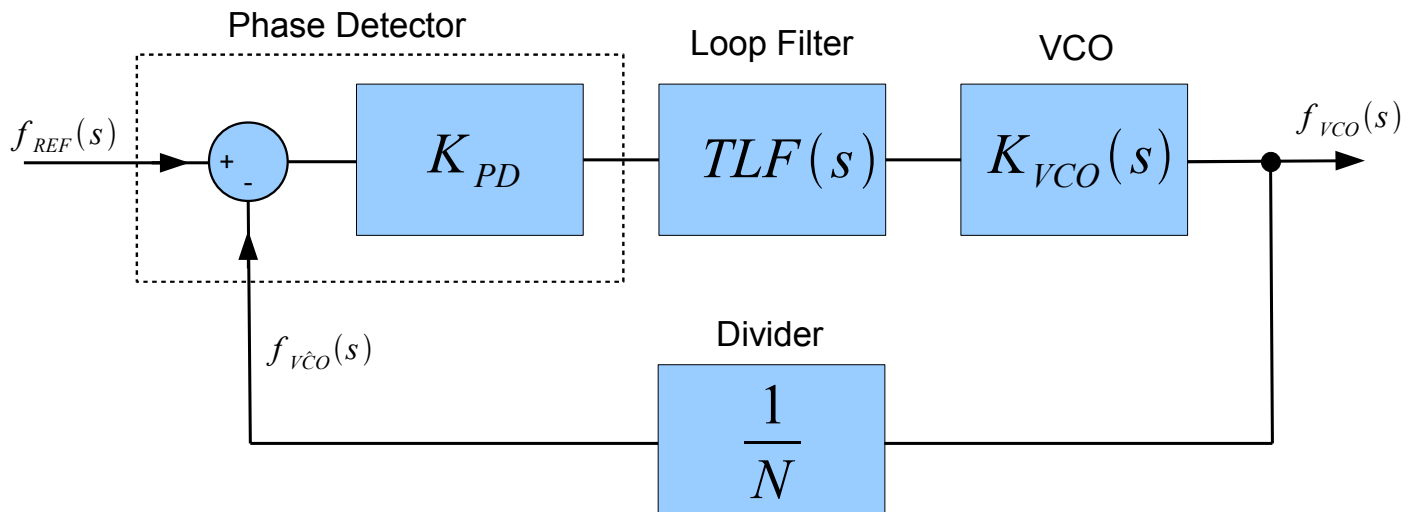
Schaltplan PLL-Zusatz DB0JT



DB0JT PLL

DL8MCG Nov. 2010

Regelkreis - Systemdarstellung



$$f_{VCO}(s) = f_{\hat{VCO}}(s) * N$$

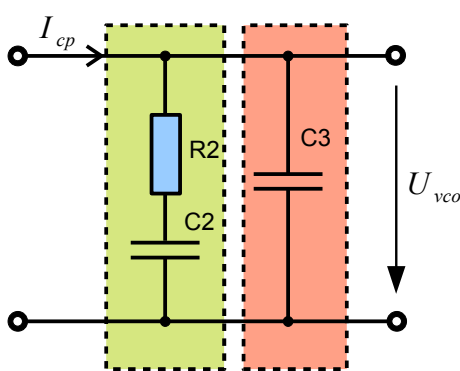
$$[f_{REF}(s) - f_{\hat{VCO}}(s)] * K_{PD} * TLF(s) * K_{VCO}(s) = f_{\hat{VCO}}(s)$$

↓

$$\frac{f_{\hat{VCO}}(s)}{f_{REF}(s)} = \frac{K_{PD} * TLF(s) * K_{VCO}(s)}{1 + K_{PD} * TLF(s) * K_{VCO}(s)}$$

Loop-Filter-Berechnung

Passives Loop-Filter für PD mit Stromausgang:



$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_{vco} K_{pd}}{N C_2}} \quad \left[\frac{1}{s} \right]$$

$$\xi = \frac{1}{2} R_2 C_2 \omega_n$$

$$C_2 = \frac{K_{vco} K_{pd}}{N \omega_n^2} \quad \left[\frac{sA}{V} \right]$$

$$R_2 = \frac{2 \xi \omega_n N}{K_{vco} K_{pd}} \quad \left[\frac{V}{A} \right]$$

$$C_3 = \frac{C_2}{10} \quad \left[\frac{sA}{V} \right]$$

$$N = \frac{f_{vco}}{f_{pd}}$$

C_3 wird zur Vereinfachung in der Berechnung nicht berücksichtigt

Parameter DB0JT

$$f_{vco} = 36,107 \text{ MHz}$$

$$VCO_{slope} = 600 \frac{\text{Hz}}{\text{V}}$$

$$K_{vco} = VCO_{slope} 2\pi \quad \left[\frac{\text{rad}}{sV} \right]$$

$$f_{pd} = 1 \text{ kHz}$$

$$N = 36107$$

$$I_{cp} = 2 \text{ mA}$$

$$K_{pd} = \frac{I_{cp}}{4\pi} \quad \left[\frac{A}{\text{rad}} \right]$$

$$f_n = 0,25 \text{ Hz}$$

$$\xi = 0,8$$

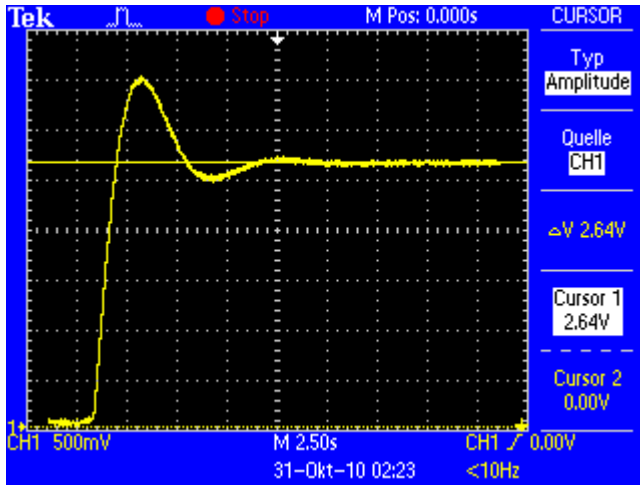
Loop-Filter-Elemente-Werte

$$C_2 = 6,7 \text{ yF}$$

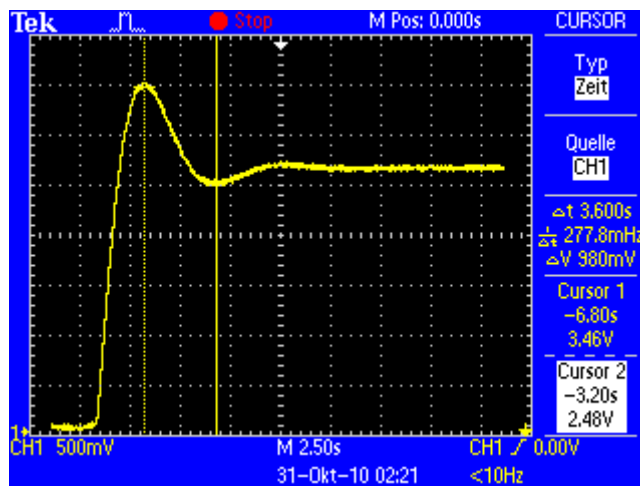
$$C_3 = 0,67 \text{ yF}$$

$$R_2 = 151 \text{ k}\Omega$$

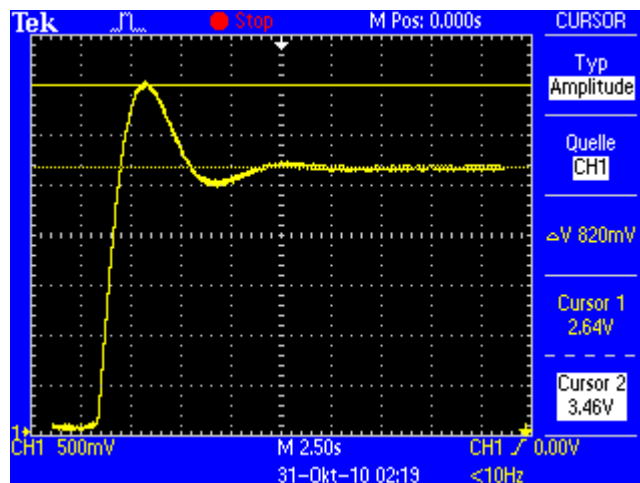
Messungen am Regelkreis



Die Abstimmspannung beträgt nach dem Einschwingvorgang 2,64V



Die Regelkreisfrequenz beträgt 278 mHz, was dem berechneten Wert von 250 mHz sehr nahe kommt.



Aus dem Überschwinger u lässt sich der Dämpfungsfaktor ξ berechnen:

$$u = e^{-\frac{\pi \xi}{\sqrt{1-\xi^2}}}$$

Aus $u = 30\%$ ergibt sich ein ξ von 0.35

Loop-Filter-Simulation mit Matlab

```
% Loopfilter - Simulation für die Regelschleife in DB0JT
% Phasendetektor mit Stromausgang, passives Loopfilter
% Hans Schlecht, DL8MCG, Nov. 2010
close all
clear all

%% Abschnitt Schleifenparameter
Kpd = 0.002 / 4 / pi % Charge-Pump-Current = 2mA
Kvco = 250 * 2 * pi % vermutlich echter Wert für Kvco (250Hz/V statt 600Hz/V)
N = 36107; % Teilerwert
fn = 0.28; % gemessener Wert für Schleifenresonanzfrequenz (280mHz)
xi = 0.35; % gemessener Wert, rückgerechnet aus 30% Überschwingen

%% Abschnitt Elementeberechnung
% Loopfilter-Elementeberechnung für Phasendetektor mit Stromausgang:
%R2 = 2*xi*fn*2*pi*N/Kvco/Kpd;
%C2 = Kvco*Kpd/N/2/pi/fn/2/pi/fn;
%C3 = C2 / 10;

%% Tatsächlich eingebaute Loopfilter-Elementewerte:
R2 = 150e3; % 150 kOhm
C2 = 6.6e-6; % 6,6 uF
C3 = 680e-9; % 680 nF

%% Abschnitt Schleifensimulation
s = tf('s'); % transfer function model

TFipas2 = [1 , 0 ; 1/(R2 + 1/(s*C2)) , 1]; % Transfer-Matrix für R2 + C2
TFipas3 = [1, 0 ; s*C3 , 1]; % Transfer-Matrix für C3
TFipas = TFipas2 * TFipas3; % Produkt der Einzelmatrizen
Clf = 1/TFipas(2,1); % bei Phasendetektoren mit Stromausgang
% wird das Transfer-Matrixelement [2,1] verwendet

Pvco = tf([Kvco] , [1 , 0]); % VCO-Modell (Integrator der Frequenz)

Cdiv = 1 / N; % Einfluss des Teilerfaktors

L = Kpd * Clf * Pvco * Cdiv;

T = minreal(L/(1+L)); % Phasenübertragungsfunktion
F = minreal(1/(1+L)); % Fehlerübertragungsfunktion

%% Abschnitt Wertedarstellung
subplot(2,1,1);
opt = bodeoptions;
opt.XLimMode = {'manual'};
opt.Xlim = {[0.01 1]}; % Skalierung X-Achse
opt.FreqUnits = 'Hz';
bodeplot(T,opt); % Bodediagramm (Betrag, Phase)
grid;
subplot(2,1,2);
step(T); % Sprungantwort
grid;

%% Ausgabe der Loopfilterelemente
R2
C2
C3
```

Loop-Filter-Simulation mit Matlab

