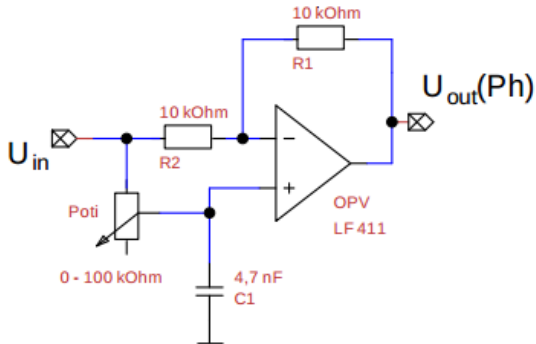


Aufzubauen war folgende Schaltung:

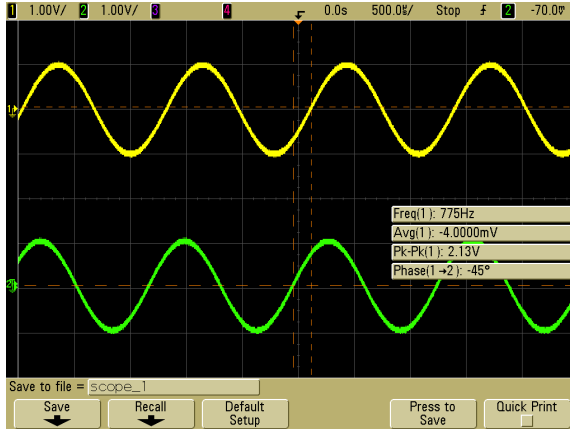


## Funktionsweise der Schaltung

- Op-Amp verstärkt mit  $|V| = 1$
- Poti und Kondensator wirken als Tiefpass, der die Phase verschiebt

Phasenschieber und alle weiteren Bauteile Lock-Ins wurden mit einem sinusförmigen Teststrom von  $U_{pp} = 1V$  und  $f = 777Hz$  betrieben

Es wurden mittels Potentiometer verschiedene Phasen eingestellt und die dazugehörigen Potentiometerwiderstände gemessen:



Beispiel für das sich ergebende Bild am Oszilloskop

Phase	zugehöriger $R_{Pot}$ in $k\Omega$
-176	0.0015 ( $R_{Pot,min}$ )
45	18.1
91	43.9
120	78.94

Herleitung der Theoriekurve zur Phasenverschiebung:

Es ergibt sich für die Spannungen an den Eingängen:

$$U_+ = U_{in} \cdot \frac{Z_{C1}}{Z_{C1} + R_{pot}} \quad (1)$$

$$U_- = U_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot (U_{out} - U_{in}) \quad (2)$$

Benutze nun goldene Regel:

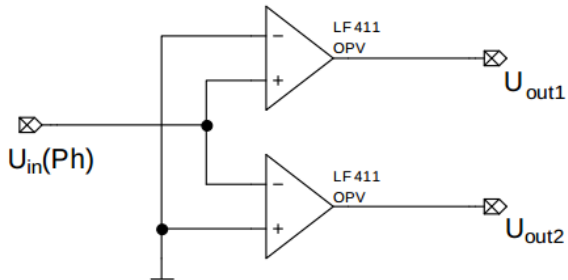
$$\Rightarrow U_{out} = U_{in} \cdot \frac{Z_{C1} - R_{pot}}{Z_C + R_{pot}} \quad (3)$$

Nach Betragsetzung  $|U_{out}| = |U_{in}|$  ergibt sich:

$$\phi = \arctan\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{pot} \cdot C}{1 - (2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{pot} \cdot C)^2}\right) \quad (4)$$

plot kaputt

Schaltplan:



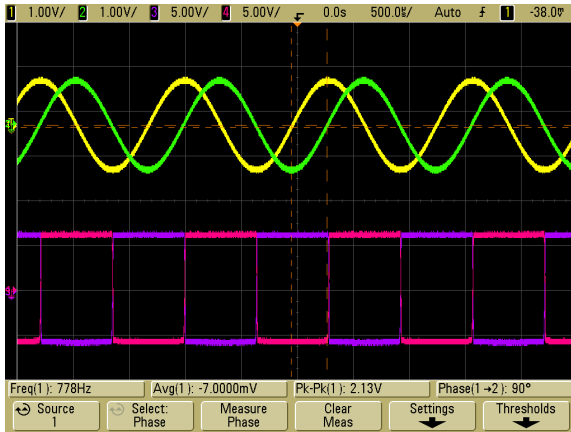
## Funktionsweise der Schaltung

- Operationsverstärker ohne Gegenkopplung funktioniert als Komparator
- ideales Bauteil gibt bei  $U_{\text{versorgung}} = \pm 7V$  ein  $U_{\text{out}} = \text{sign}(U_3 - U_2) \cdot U_{\text{versorgung}}$  aus
- Pin 2 bzw. Pin 3 werden geerdet,  $U_{\text{in}}$  liegt jeweils am anderen Pin an  $\Rightarrow$  Ein Op-Amp. invertiert, der andere nicht

Schaltung gibt zwei zueinander inverse, sonst identische Rechtecksspannungen aus  
Verstärkung gleich 1,

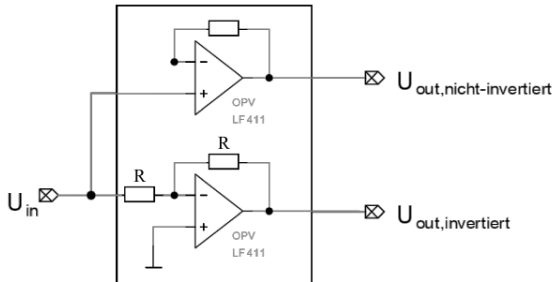


## Komparatoren



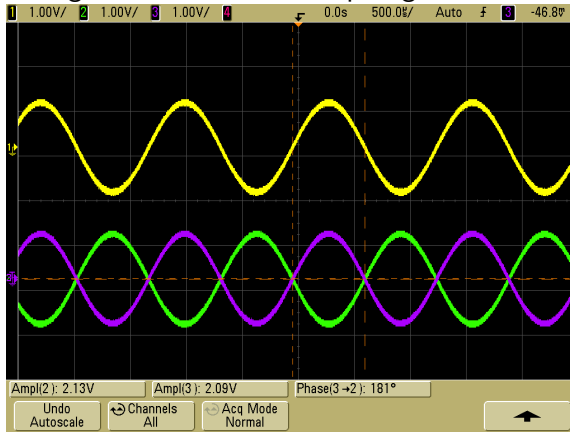
Vergleich der von  $U_{generator}$ ,  $U_{in}$ ,  $U_{out,1}$  und  $U_{out,2}$

Schaltung:



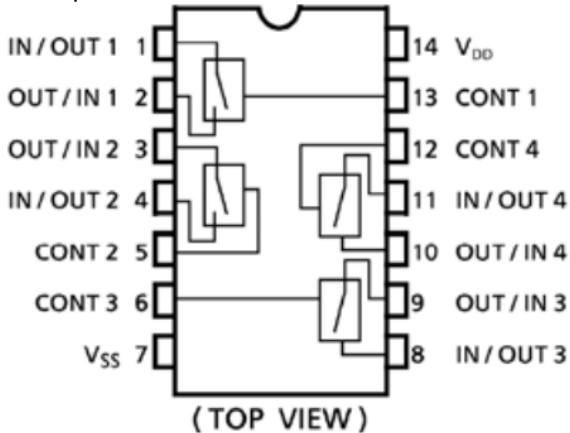
Beide Schaltungen verstärken mit Faktor 1, obere normal (da  $U_{in}$  auf Pin 3 trifft), untere invertiert (da  $U_{in}$  auf invertierenden Pin 2 trifft)

Es ergibt sich am Oszilloskop folgendes Bild:



Bisherige Schaltungen (Phasenverschieber, Komperatoren, Verstärker) werden nun miteinander zum Lock-In-Verstärker zusammengefügt:  
Benötogtes Bauteil ist ein Analogschalter

Schaltplan des Bauteils:



## Funktionsweise eines Analogschalters

- Technische Realisierung des Schalters durch Feldeffekt-Transistoren
- Schalter schließt ( $R \approx 10^6 \Omega$ ), wenn Potential des zugehörigen "ControlPins gleich  $V_{DD}$  ist
- Schalter ist offen, wenn Pin-Potential gleich  $V_{SS}$

Vervollständigt wird Schaltung noch mit Tiefpass:  
Grenzfrequenz:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot F \cdot R} \approx 1.59 \text{ Hz} \quad (5)$$

### Fazit

Alle Komponenten des Lock-In-Verstärkers funktionieren wie erwartet