

# Elektronikpraktikum Auswertung: Versuchstag 6

## Lock-in Verstärker

Gruppe 01  
Patrick Heuer  
Benjamin Lotter

# Übersicht

- 1 Einführung
  - Ziel des Versuchs:
- 2 Aufbau eines Lock-In Verstärkers
  - Phasenschieber
  - Komparatorenschaltung
  - Eingangsverstärker
  - Analogschalter
- 3 Test und Anwendung des Lock-In-Verstärkers
  - Erster Funktionstest
  - Übertragung eines Lichtsignals

# Übersicht

- 1 Einführung
  - Ziel des Versuchs:
- 2 Aufbau eines Lock-In Verstärkers
  - Phasenschieber
  - Komparatorenschaltung
  - Eingangsverstärker
  - Analogschalter
- 3 Test und Anwendung des Lock-In-Verstärkers
  - Erster Funktionstest
  - Übertragung eines Lichtsignals

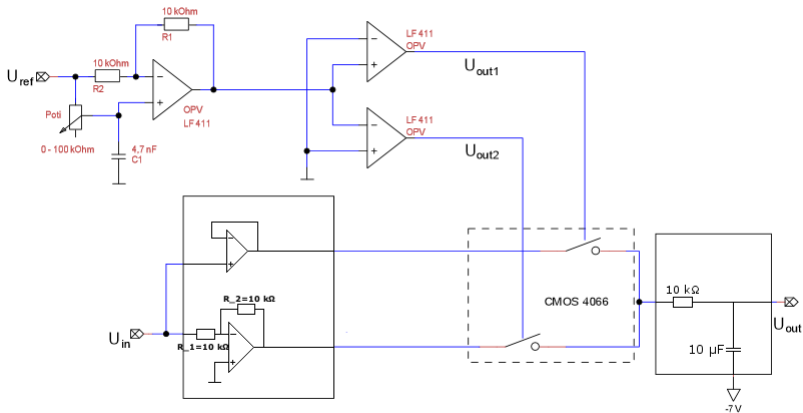
# Ziel

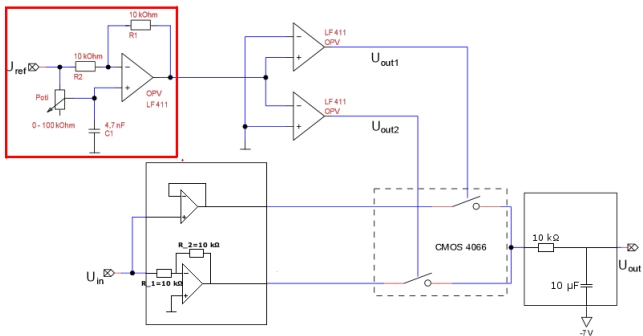
- Problem: sehr starke Störungen in Messsignal
- Lösung: Filterung einer bestimmten Frequenz aus dem Signal  
→ Lock-In-Verstärker

## Lock-In-Verstärker

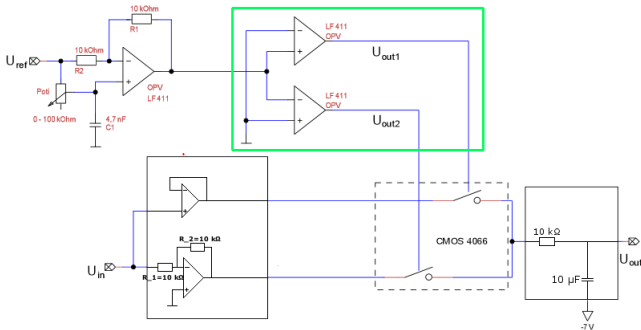
- Vermischen des Messsignals mit Referenzsignal
- unerwünschte Frequenzen werden durch Tiefpass herausgefiltert

# Gesamtschaltung

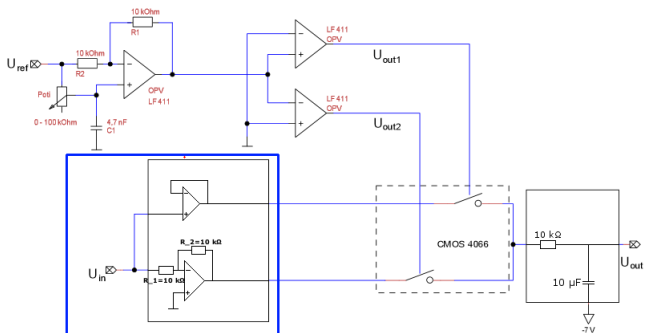




Phasenschieber bringt Referenzsignal auf Phase mit Messsignal

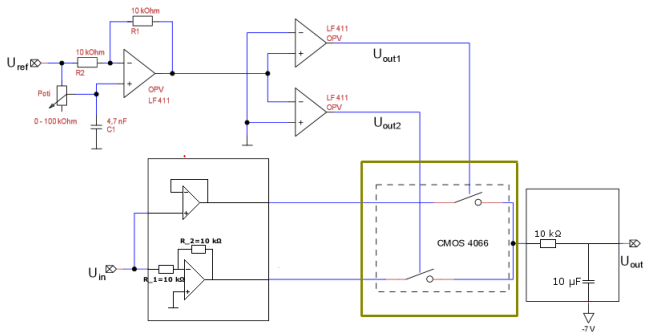


Komparatoren modulieren Sinus-Referenzsignal zu  
(gegensätzlichen) Rechtecksspannungen

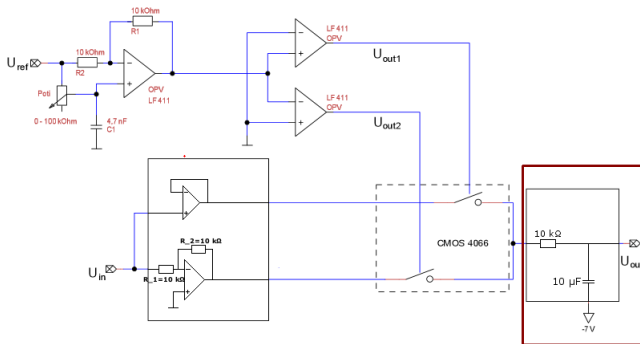


Eingangsverstärker lassen Signal durch und "drehen es um"





Analogschalter multipliziert Referenzsignale mit Messsignalen



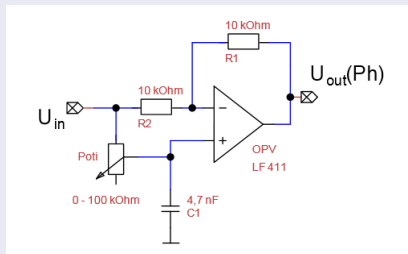
Tiefpassfilter integriert unerwünschte Frequenzen heraus

# Übersicht

- 1 Einführung
  - Ziel des Versuchs:
- 2 Aufbau eines Lock-In Verstärkers
  - Phasenschieber
  - Komparatorenschaltung
  - Eingangsverstärker
  - Analogschalter
- 3 Test und Anwendung des Lock-In-Verstärkers
  - Erster Funktionstest
  - Übertragung eines Lichtsignals

# Phasenschieber

## Phasenschieber



- Verschiebung der Phase  $U = e^{-i\omega} \rightarrow e^{-i\omega+\varphi}$  in Abhängigkeit vom Potentiometer  $R_{pot}$

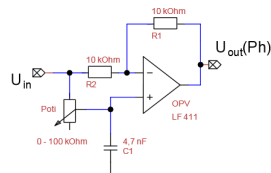
# Phsenscheiber

## Funktionsweise

- Aus Vorbereitung wissen wir:

$$U_{out} \approx \underbrace{\frac{1 - if2\pi R_{poti}C}{1 + if2\pi R_{poti}}}_{|\cdot|=1} \cdot U_{in}$$

$$\varphi = \arctan \left( \frac{2CR_{poti}f2\pi}{1 - C^2R_{poti}^2(f2\pi)^2} \right)$$



# Phsenscheiber

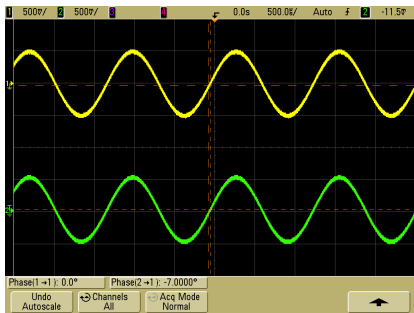


Figure:  $\varphi = 0^\circ$

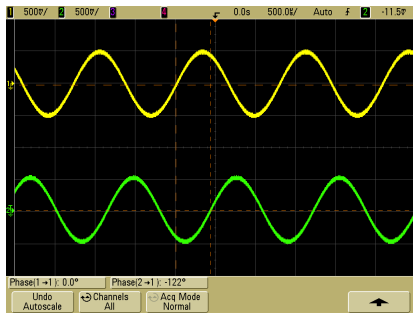
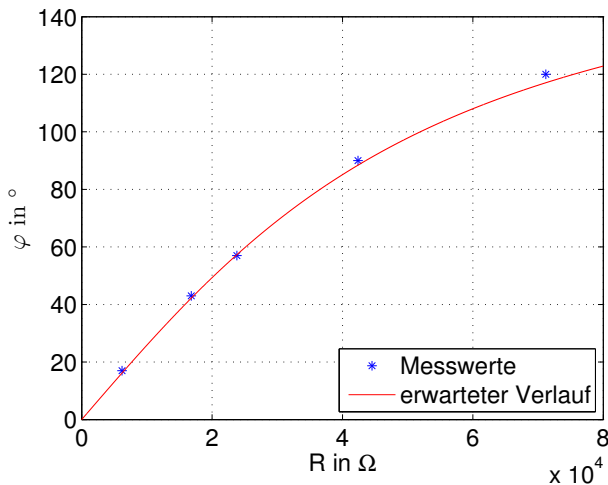


Figure:  $\varphi = 130^\circ$

# Phasenschieber

$R_{poti}/k\Omega$	$\varphi/^\circ$
6.18	17
16.8	43
23.8	57
42.38	90
71.2	120



# Phasenschieber

Funktioniert der Phasenschieber auch für andere Signalformen?

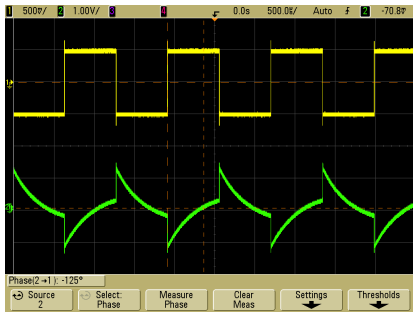


Figure: Rechtecksspannung



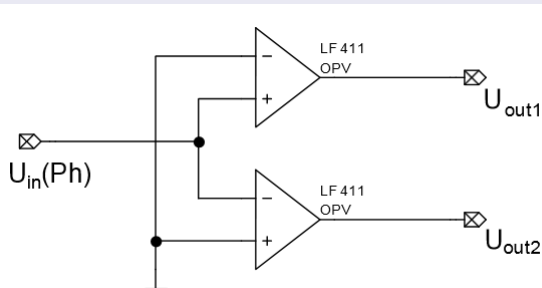
Figure: Dreiecksspannung

→ Phasenschieber funktioniert nur bei Sinus-Signal



# Komparatoren

## Komparatoren



- Wandlung des Sinus-Signals in Rechteckssignal

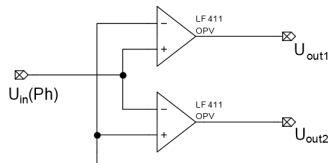
# Komparatoren

## Funktionsweise

- Funktion eines Komparators

$$U_{out} = \begin{cases} U_{CC} & \text{falls } U_1 > U_2 \\ U_{EE} & \text{falls } U_1 < U_2 \end{cases}$$

- Sinus and Komparator erzeugt Rechteckssignal
- Anschlüsse entgegengesetzt geschaltet → Signale gegengleich



# Komparatoren

## Messungen

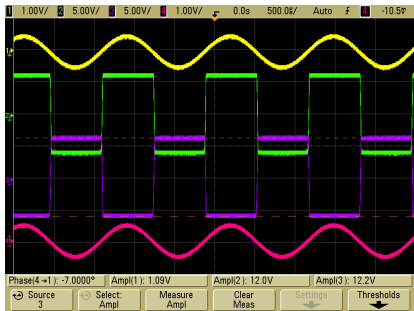


Figure: ohne Phasenverschiebung

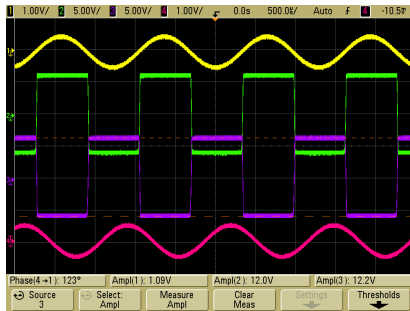


Figure: mit Phasenverschiebung

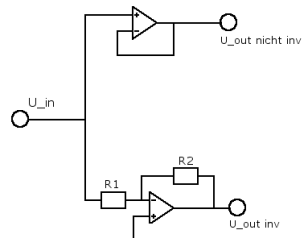
### Bemerkung

- Amplituden erreichen nicht ganz 14V

# Eingangsverstärker

## Eingangsverstärker

- Sinn: Signal soll einmal invertiert und einmal nichtinvertiert weitergeleitet werden
- Spannungsfolger: Impedanzwandlung zum Schutz des Analogschalters
- invertierender Verstärker: Signal wird "umgedreht"

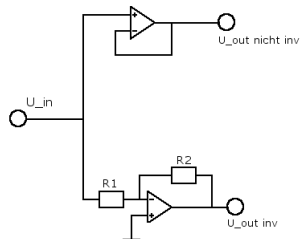


# Eingangsverstärker

## Widerstände

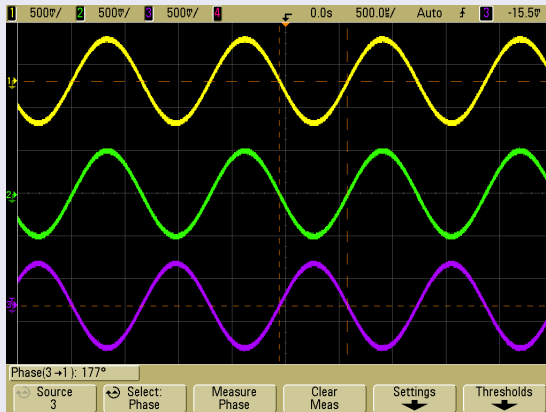
- Spannungsfolger:  $v = 1 \rightarrow$  kein Widerstand
- invertierender Verstärker:

$$G = -\frac{R_2}{R_1} = -1 \rightarrow R_2 = R_1 = 10k\Omega$$



# Messung

## Messung



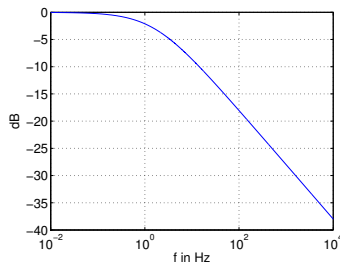
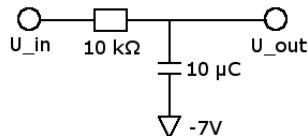
- Verschiebung um  $177^\circ$  (Theorie  $180^\circ$ )

# Tiefpass

## Tiefpass

- Tiefpassfilter zum Integrieren über Ausgangssignal
- $R = 10k\Omega$ ,  $C = 10\mu F$
- Grenzfrequenz

$$f_G = \frac{1}{2\pi RC} = 1.59Hz$$



# Übersicht

- 1 Einführung
  - Ziel des Versuchs:
- 2 Aufbau eines Lock-In Verstärkers
  - Phasenschieber
  - Komparatorenschaltung
  - Eingangsverstärker
  - Analogschalter
- 3 Test und Anwendung des Lock-In-Verstärkers
  - Erster Funktionstest
  - Übertragung eines Lichtsignals



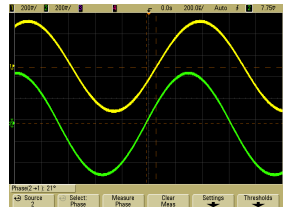
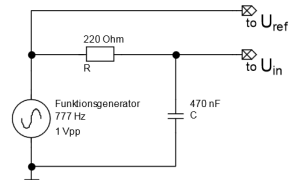
# Testsignalschaltung

 $U_{in}$ 

- $U_{in}$  liegt an Tiefpass:

$$U_{in} = \frac{1}{\sqrt{1 + (R2\pi fC)^2}} \cdot U_{Fg} = 0.892V$$

für  $f = 777Hz, U_{Fg} = 1V$



# Testsignalschaltung

## Phase

- Theoretische Phasenverschiebung:

$$\varphi_{Th} = -\arctan(2\pi fCR) = 26.78^\circ$$

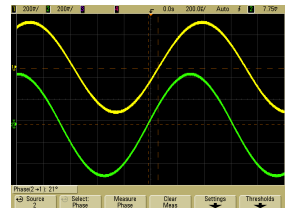
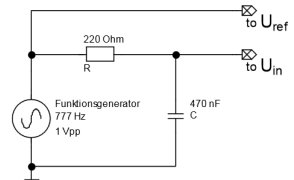
für  $f = 777\text{ Hz}$

- Gemessene Phasenverschiebung:

$$\varphi_{Ge} = 21^\circ$$

- Mit  $R_{Poti} = 6.96\text{ k}\Omega$  bei maximalem  $U_{out}$  ergibt sich eine Phasenverschiebung

$$\varphi = 17.71^\circ$$



# Messung

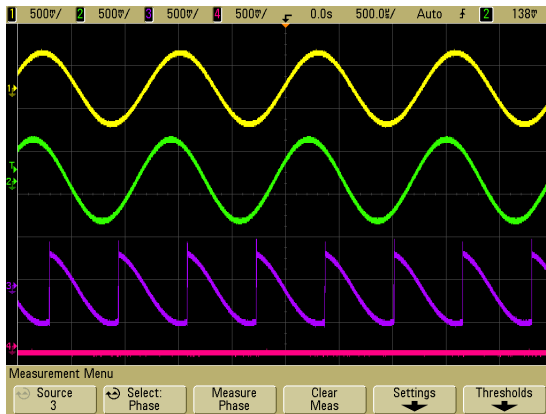


Figure:  $U_{in}$  und  $U_{ref}$  Phasenverschoben

# Messung

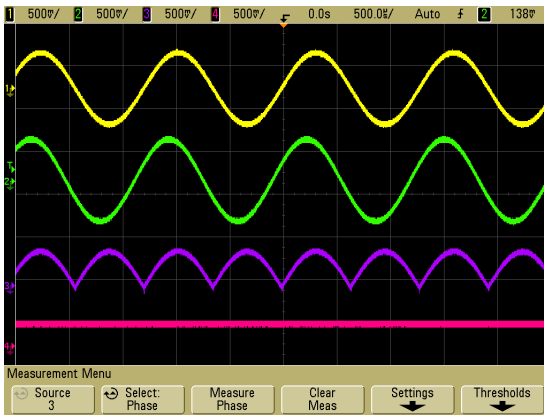


Figure:  $U_{in}$  und  $U_{ref}$  gleichphasig

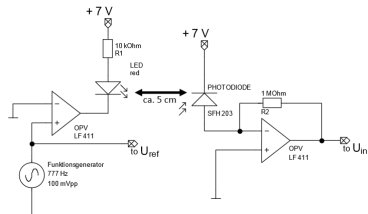
# Übertragung eines Lichtsignals

## Ziel:

- Filterung der Störungen durch
  - Lampen
  - Tageslicht

## Versuch

- modulierte LED-Signal mit 777 Hz Spannung
- gebe Modulationsfrequenz als Referenzfrequenz weiter
- benutze L-I-Verstärker um 777 Hz herauszufiltern



# Vergleich mit/ohne Abdeckung

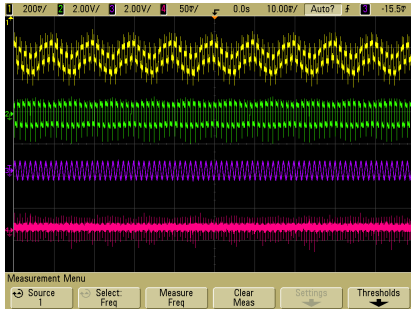


Figure: Ohne Abdeckung

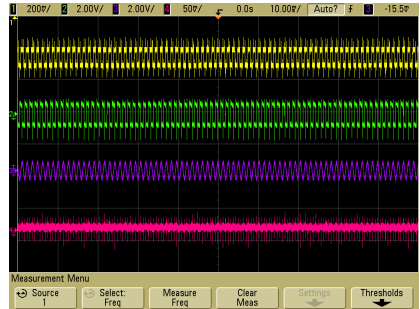


Figure: Mit Abdeckung

Ausgangssignal bleibt konstant auf  $52.6mV$  → Schaltung filtert Störsignale heraus