

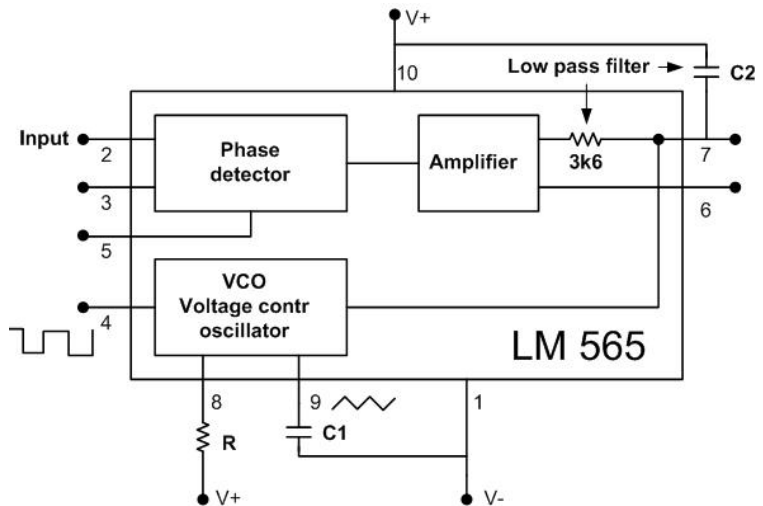
Kurs: <b>FYS3230</b> Sensorer og måleteknikk	Gruppe:	Gruppe-dag:
Oppgave: <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIEØVELSE NR 5</b></p>		
Omhandler: <p style="text-align: center;"><b>Studere en “Phase Locked Loop IC” - LM565</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Frekvensmodulert sender og mottager for Frequency Shift Keying - FSK</b></p> <p style="text-align: center;">29 okt. 07 T.Lindem</p>		
Utført dato:	Utført av: Navn: email:  Navn: email:	
Godkjent: dato:	Godkjent av:	
Kommentar fra veileder:		

# 1. Innledning

Som vist på vedlagte datablad og blokkskjema - innholder LM565 en fasekomparator, en forsterker med filter, og en spenningsstyrt oscillator (VCO = Voltage Controlled Oscillator). VCO har 2 utganger – på pin 4 har du firkantpulser – på pin 9 har du en sagtannspenning. Denne kretsen er meget allsidig. Se datablad m/applikasjoner.

Kretsen er mest kjent i forbindelse med telekommunikasjon - som sender og mottaker av data på seriell form over telenettet. Ved dataoverføring på telefonnettet kan man ikke bruke likespenningsnivåer for logisk "1" og "0", men i stedet brukes to forskjellige frekvenser, for eksempel 2600 Hz og 2800 Hz, såkalt Frequency Shifted Keying (FSK).

På et kretskort er det koblet opp to LM565 med nødvendige tilleggskomponenter. Kortet tilføres 12 VDC fra en AC/DC adapter. Lokalt på kortet omgjøres dette i en DC/DC-omformer (TRACO POWER) til +/- 12 volt.



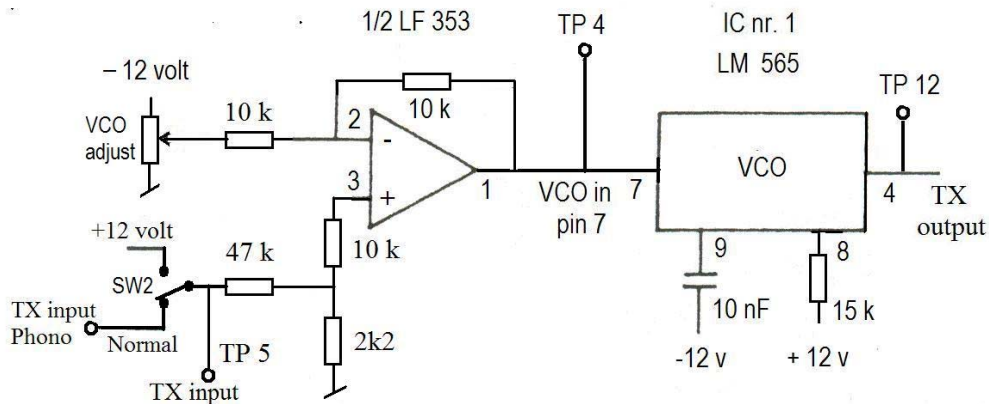
Utstyr: Ferdigkoblet kretskort m/12 volt strømforsyning  
Oscilloskop Tektronix TDS 1002  
Digitalt voltmeter (DVM)



**Fig. 1 Kretskort for oppgaven**

## 2. Frekvensmodulert sender

NE565 kan benyttes som sender ved å koble spenningsnivåene for logisk "1" og "0" til den spenningsstyrte oscillatoren (VCO). De to frekvensene overføres så over telefonlinjen, eller hvis VCO- utgangen kobles til en lys- emitterende diode, kan vi bruke fiberoptisk kabel. På mottagersiden kobles en annen NE565 krets som faselåst sløyfe, og frekvensene blir demodulert til to logiske spenningsnivåer igjen.



**Fig. 2 Frekvensmodulert sender**

IC nr.1 skal brukes som en frekvensmodulert sender. Frekvensen til oscillatoren kan endres ved å variere spenningen på VCO- inngangen, pinne 7.. ( VCO adjust )  
Spenningen på pinne 7 kan varieres ved hjelp av et potmeter på  $1\text{K}\Omega$  merket VCO adj.  
Spenningen fra potm. legges til en op.amp koblet som summasjonsforsterker. Se Fig. 2. Den ikke-inverterende inngangen på op.ampen er forbundet med jord via to motstander og med en bryter. Med bryteren kan inngangen enten forbindes med en fast positiv spenning eller en signal-inngang. Inngangen skal først være forbundet med signal-inngangen uten externt signal, dvs. uten spenning. ( Når bryteren er i øvre stilling er op.amp. inngangen koblet til +12V .... i stilling Normal er phonokontakten tilkopleet)

### Oppgave 5.1

- Mål VCO-frekvens ( TP 12 ) som funksjon av VCO-spenningen på pinne 7 ( TP 4 ).  
Bruk oscilloskopet og digitalt voltmeter. Spenningen varieres med potmeteret VCO adj.  
Tegn en graf som dekker hele frekvensområdet.

( Se datablad LM565 - Pin 7 er både Demod. Out og VCO in. På begge IC'ene har vi satt 1nF mellom pinne 7 og pinne 8 for å stoppe parasittiske oscillasjoner.)

### Oppgave 5.2

- Justér potm. slik at frekvensen blir ca 3.50 kHz, se Fig. 3. Ved hjelp av bryteren SW2 kobles så den ikke-inv. inngangen til +12 V. Hva blir frekvensen nå?

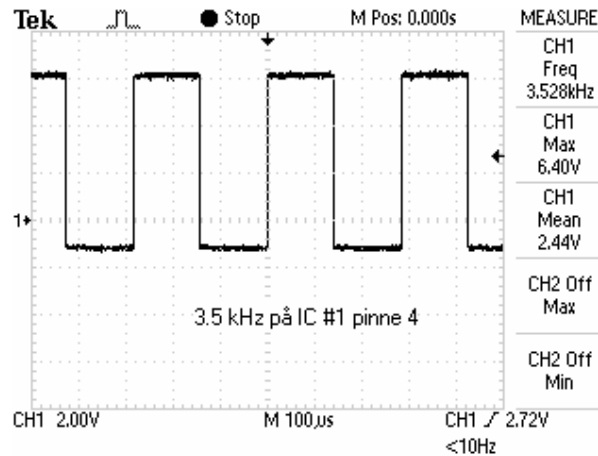


Fig. 3 Signal ut fra VCO (TX output - VCO pin 4) – målt i TP12

### 3. Mottaker for FSK

IC nr. 2 er koblet som mottaker for FSK. Den er koblet som en faselåst sløyfe (se blokkskjema) med VCO koblet til en inngang (pinne 5) på fasekomparatoren.

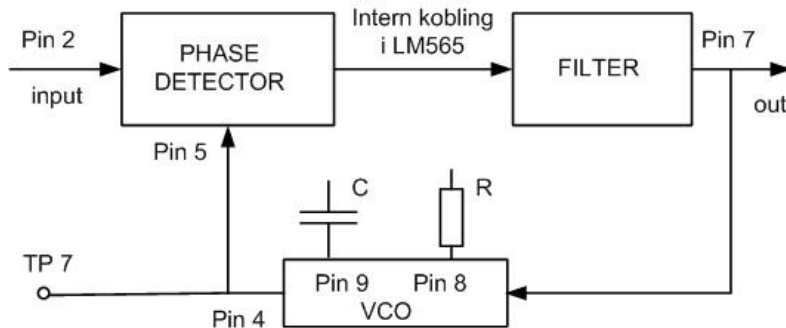


Fig. 4 Faselåst sløyfe

Uten signal på den andre inngangen til fasekomparatoren (pinne 2), vil kretsen oscillere med en frekvens bestemt av komponentene C og R. Disse komponentene er valgt slik at frekvensen er omtrent midt mellom de to frekvensene som skal mottas.

Hvis inngangen, pinne 2, på fasekomparatoren får et signal med en litt annen frekvens, får vi et utgangssignal fra komparatoren som er produktet av de to signalene:

$$e_i = E_i \sin(\omega_1 t + \varphi) \quad \text{og} \quad e_o = E_o \sin(\omega_2 t)$$

som gir

$$e = 0.5 \cdot E_i E_o [\cos((\omega_1 - \omega_2)t + \varphi) - \cos((\omega_1 + \omega_2)t + \varphi)]$$

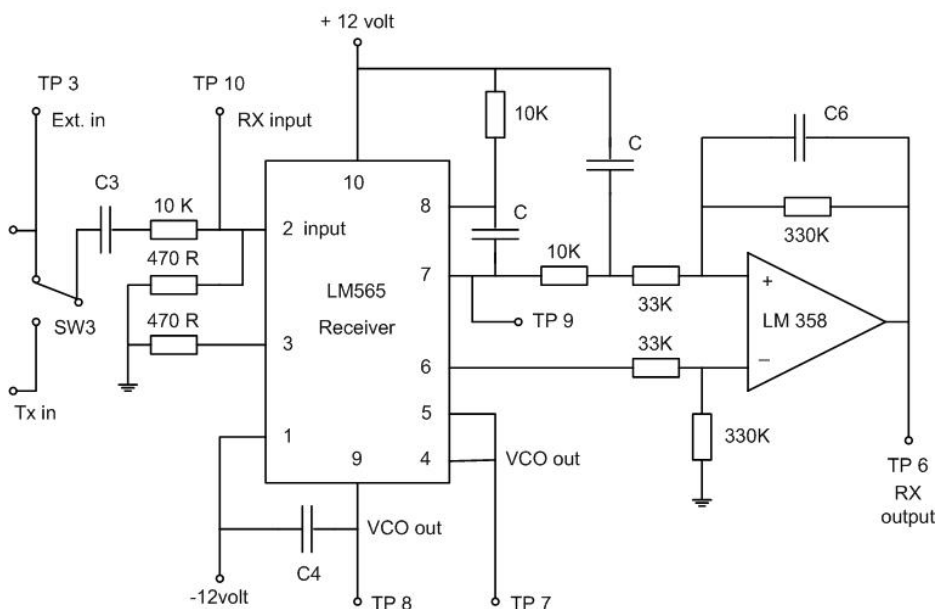
Hvis dette signalet filtreres slik at sumleddet, dvs. den høye frekvensen, fjernes, får vi bare et lavfrekvent signal som kan brukes som et feilsignal. Koblet til inngangen på VCO, vil det skifte frekvensen til VCO slik at denne går med samme frekvens som inngangssignalet.

Ved faselåsning ("lock-in") blir derfor

$$e = 0.5 \cdot E_i E_o \cos(\varphi)$$

Spenningen på VCO-inngangen er nå et mål for hvor meget frekvensen til VCO måtte forandre seg.

Fig. 5 viser IC LM 565 #2 koblet som mottager (faselåst sløyfe).



**Fig. 5 Faselåst sløyfe og filter. C4 = 10 nF og C = 1 nF.**

### Oppgave 5.3

- Den spenningsstyrte oscillatoren (VCO) har to signalutganger – pin 4 og pin 9. (Med hhv. firkant- og sagtann-spenninger)  
Mål frekvensen ved hjelp av oscilloskopet.  
Sett CH1 på skopet til VCO-utgangen på pin 4 (**TP 7**) og CH2 til pin 9 (**TP 8**).  
NB! Pass på at signalinngangen ikke er koblet til noen signalkilde!  
Legg ved skjermbilde.

### Oppgave 5.4

- Send et sinus-signal til inngangen på fasekomparatoren - via spenningsdeler. ( Bruk phonokontakt merket Ext. in – SW3 må stå i stilling Ext. Signalet før spenningsdeler kan du se på TP 3 i TP10 ser du signalet inn på komparatoren pin2 ) Fase-inngangen skal ha minst 10 mV signal og max 1 V.  
Variér frekvensen på signalgeneratoren og bestem området for faselåsing ( lock range, dvs. det området hvor frekvensen til VCO følger signalfrekvensen) Bruk de to kanalene på oscilloskopet, se Fig. 6. Når forsterkeren låser får man et stasjonært bilde på oscilloskopet. Legg merke til at det er betydelig hysteresese ved frekvensene hvor den faller ut av "lock". Er frekvensen avhengig av amplituden på inngangssignalet?
- Mål hvordan faseforskjellen mellom inngangssignal og VCO-ut varierer over området for faselåsing. Se også på signalet på Demod. ut (pin 7) **TP 9**, og mål ved hjelp av DVM (eller oscilloscop) hvordan DC-nivået varierer over det samme frekvensområdet.
- Demod. ut (pin 7) og referanse (pin 6) er koblet via et filter til en differanse-forsterker, op.amp. LM358.  
Se hvordan spenningen på op.amp. utgangen varierer. ( **TP 6** )  
Er spenningen avhengig av amplituden på inngangs-signalet på pin 2?

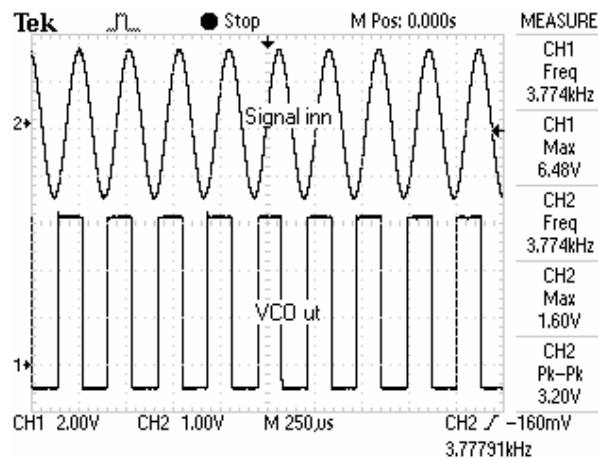


Fig. 6

### Oppgave 5.5

- Forbind TX output fra IC #1 til RX input på IC #2 – Dette gjøres ved at **Bryter SW3 settes til Normal**. Undersøk om mottageren låser til de to frekvensene som kommer fra senderen, med og uten +12V koblet til op.amp inngangen i senderen. Frekvensene bør ligge noenlunde symmetrisk omkring egenfrekvensen til mottageren. Dette kan justeres ved å skru litt på potm. VCO adj. som vil skifte begge frekvensene litt opp eller ned. Undersøk også om man får to forskjellige nivåer på op.amp utgangen i mottageren?

### Oppgave 5.6

- Med signalgeneratoren sender du et signal inn på senderen – tilkoples phono- kontakt merket TX in.  
Bruk positive firkantpulser, ca. 50 Hz. Amplitude ca 8 Vpp. Juster DC-OFFSET slik at signalet skifter mellom 0 og ca.8 volt - svarende til en serie med ”bit” som alternativt skifter mellom ”0” og ”1”..
- Se på RX output **TP 6**. Her skal du få ut et signal med samme frekvens. Dersom alt er riktig satt opp skal man få et bilde omtrent som vist på Fig. 7. Normal ville et demodulert signal kobles til en komparator for å generere passende logiske nivåer. Legg ved skjermutskrifter fra oscilloskopet.

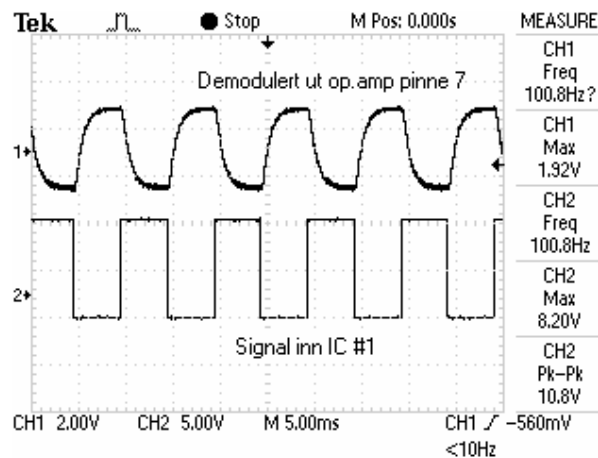


Fig. 7

Denne sammenkoblingen kan også brukes for overføring av analog informasjon så lenge mottageren arbeider som en faselåst sløyfe. Hvis amplituden på signalet varieres (for eksempel fra en sensor), moduleres sendefrekvensen. Dette blir demodulert i mottageren, og i signalet fra op.amp'en får man tilbake den opprinnelige amplitudeinformasjonen.

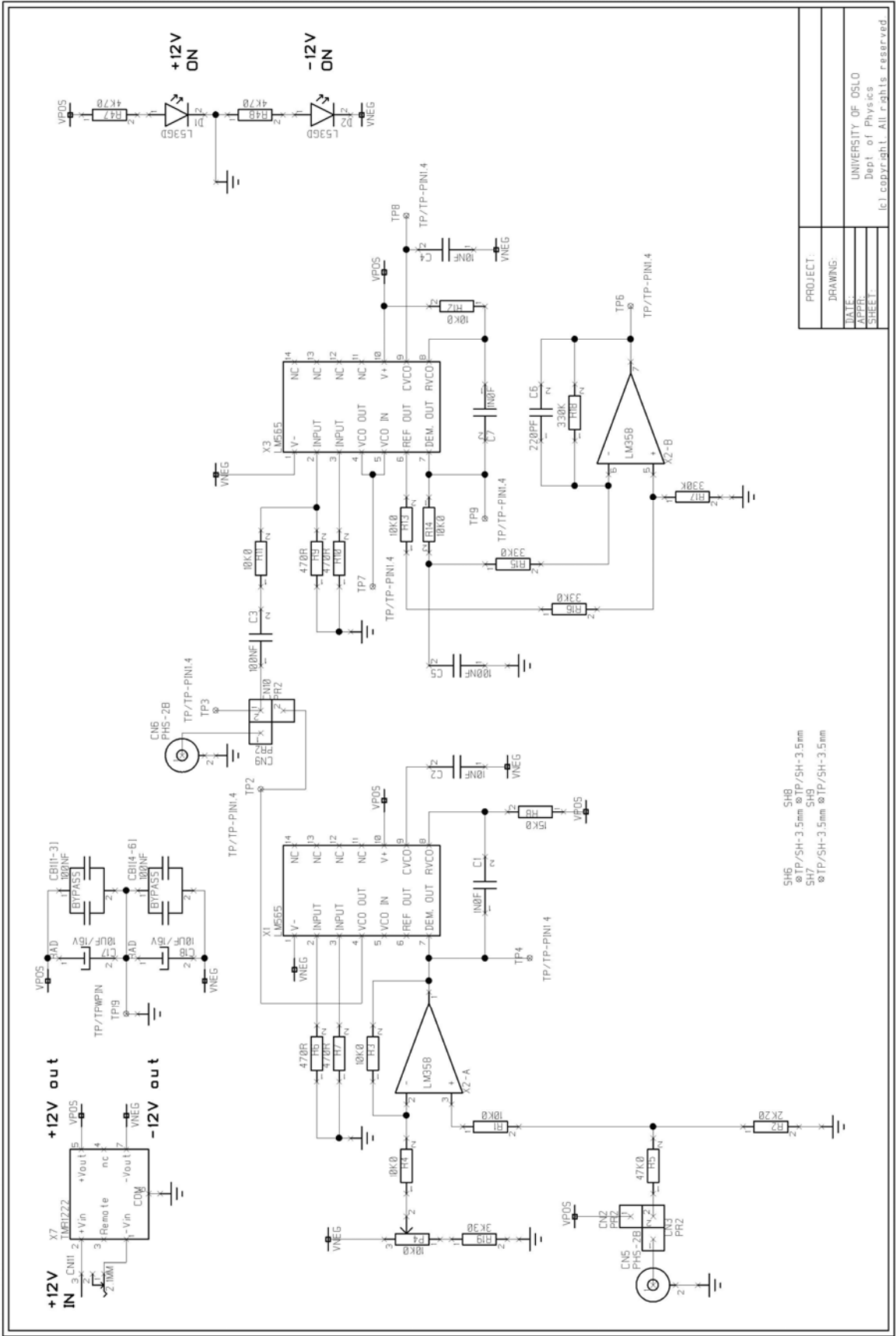
### Oppgave 5.7

Endre signalet inn til senderen fra firkant til sinus. Frekvensen holdes fortsatt på ca 50Hz. La signalet inn til senderen ha en amplitude på ca. 8 Vpp. Hva er signalamplituden på signalet ut fra mottakeren, - RX output -**TP 6**? Ta med et skjermbilde som viser signalene. Øk signalfrekvensen – hvor høyt kommer du i frekvens før signalamplituden ut fra mottakeren har falt 3 dB?

En faselåst sløyfe er lite følsom for tilfeldig støy på grunn av lavpass-filtret mellom fasedetektoren og VCO. Signaler med en konstant frekvens utenfor ”lock-in” intervallet for mottageren vil heller ikke gi noe utgangssignal. Hvis ønskelig kan dette intervallet reduseres til ca 20% av senterfrekvensen med hjelp av en motstand mellom pinne 6 og pinne 7 på LM565 (jfr. datablad). Innenfor dette frekvensområdet blir frekvens- variasjoner, men ikke amplitude-variasjoner, demodulert.

På nett kan du finne datablader fra andre leverandører av denne kretsen

– [Her er en lokal link til LM565](#)



SH6 30p/SH-3.5mm  
 SH7 30p/SH-3.5mm  
 SH8 30p/SH-3.5mm  
 SH9 30p/SH-3.5mm  
 SH10 30p/SH-3.5mm

PROJECT:	
DRAWING:	
DATE:	
APP:	
SHEET:	

UNIVERSITY OF OSLO  
 Dept of Physics  
 (c) copyright. All rights reserved.