

# PROTEUS

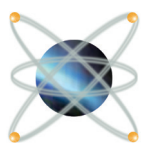
# DESIGN SUITE

## ØVINGER

### SKJEMATEGNING – ANIMASJON – SIMULERING







**PROTEUS** DESIGN  
SUITE

Øvinger

© **P PED TEC<sup>AS</sup>**

**labcenter**  [www.labcenter.com](http://www.labcenter.com)  
Electronics

© PED TEC AS 2021  
ISBN 978-82-93002-05-5



Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

PED TEC AS kan tillate kopiering eller digitalisering av innhold eller deler av innhold etter skriftlig henvendelse.

PED TEC AS  
Tordenskjolds gate 6a  
2821 Gjøvik

<https://proteus.no>  
[pedtec@pedtec.no](mailto:pedtec@pedtec.no)



# Innledning

**PROTEUS** er et resultat av nesten 30 års utvikling hos Labcenter Electronics.

Denne boka gir deg eksempler i bruk av følgende moduler i programmet:

- Skjemategning
- Animasjon
- Simulering

**PROTEUS** kan langt på vei ertstatte tradisjonell laboratorievirk-somhet, da programmet inneholder DC- og AC-voltmetre og ampere-metre, oscilloskop, logikkanalysator, signalgenerator, numeriske tastatur, potmetre, brytere og vendere mm.



## Interaktiv utgave (PDF)

Om du laster ned hele boka eller enkeltkapitler (PDF), kan du taste inn beregninger og målinger direkte i dokumentet, lagre det og eventuelt sende det ferdig utfylte PDF-dokumentet som vedlegg til E-post!



**PROSPICE** er *gratis* og medfølger alle programvariantene.

Alle instrumenter, oscilloskop, logikkanalysator mm. medfølger.

Mot et tillegg i prisen kan modeller for de fleste kjente mikrokontrollere implementeres.

## Tilbakemelding

Når du arbeider deg gjennom denne boka vil du kanskje finne feil, noe du mener er dårlig forklart, eller noe som burde fått mere eller mindre plass. Vi setter pris på å få dine meninger, ros som ris. Bruk gjerne skjemaet på våre nettsider.

## Framgangsmåte



Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.



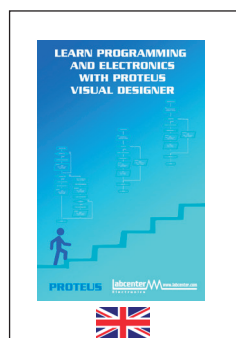
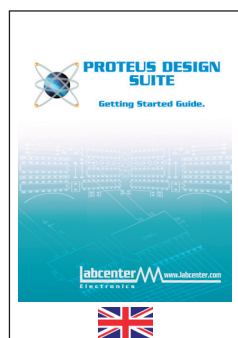
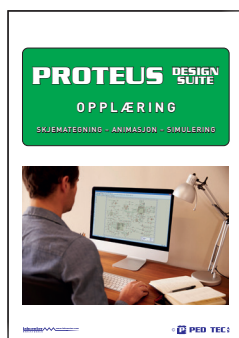
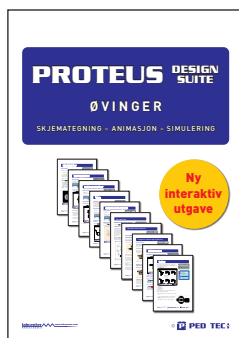
Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.

Vi anbefaler at du utfører øvingene i den rekkefølgen de står i boka. Mange snarveier og tips om terminaler, repetisjonskommandoer og andre verktøy forklares underveis.

## Gratis studentversjon

Skoler med flerbukerlisens og gyldig USC kan nå få gratis **PROTEUS Lite** lisenser som kan distribueres til studenter og elever. Studentlisensen inkluderer alt som profflisensen har. Unntak er grafbaserte simuleringer, produksjonsdata til kortfabrikant og begrensning på 500 fysiske pinner.

**Alle **PROTEUS**-bøkene kan fritt lastes ned fra våre nettsider!**



# Innhold

Likestrømkretser	4
Vekselstrømkretser	15
Logiske grunnkoplinger	23
Tellere	43
Mux-demux	53
Minnekretser	65
Opamp	79
Spenningsregulatorer	103
Dioder	115
Transistorforsterker	121
Effektforsterker	123
Laplace	133

# Likestrømkretser

## Åpne prosjekt

Du kan starte på to forskjellige måter:

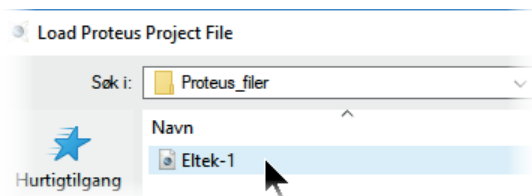
1. Starte Proteus, klikk på Open Project og velge prosjekt

2. Dobbelklikke på en prosjektfil

☐ Vi velger alternativ 1 nå, så start Proteus om programmet ikke kjører.

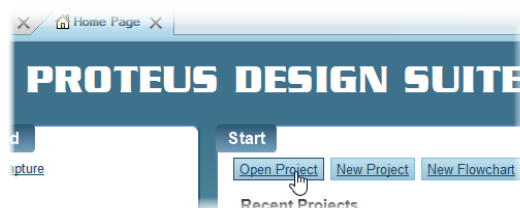
☐ Klikk på Open Project.

☐ Finn fila Eltek-1.(pdsprj) som du har lagret og dobbeltklikk på den.



Skjermbildene dine kan være litt annerledes.

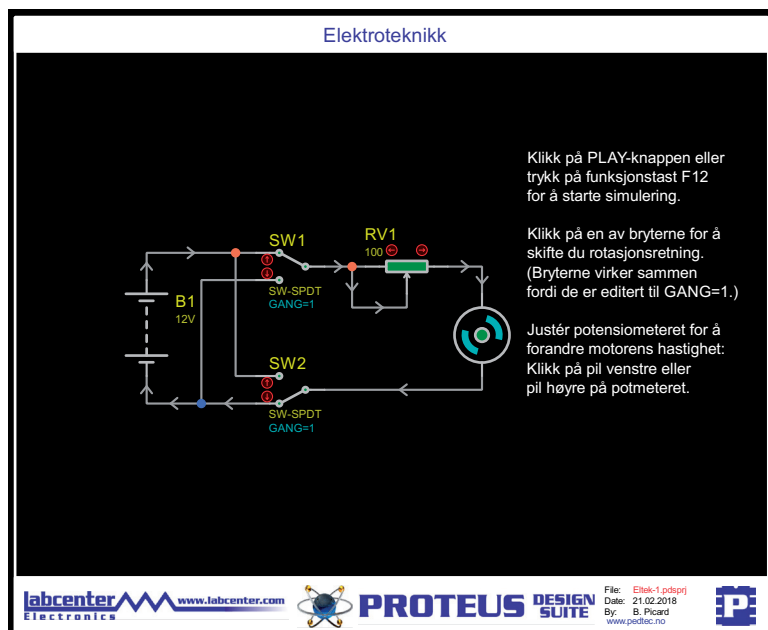
Likestrømkretser	10 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		




- ☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.
- ☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



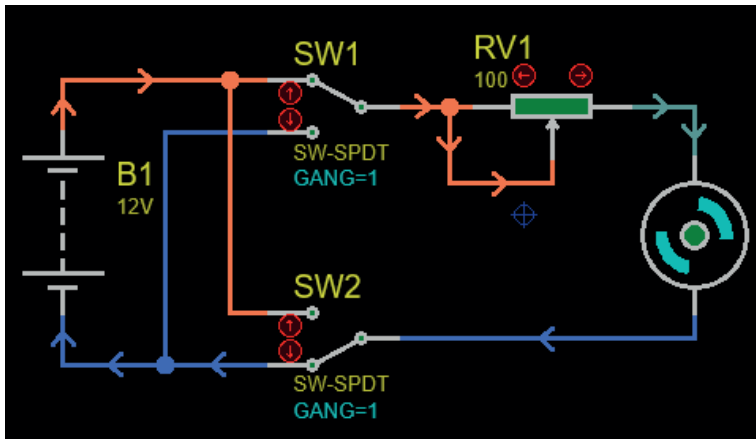
Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.




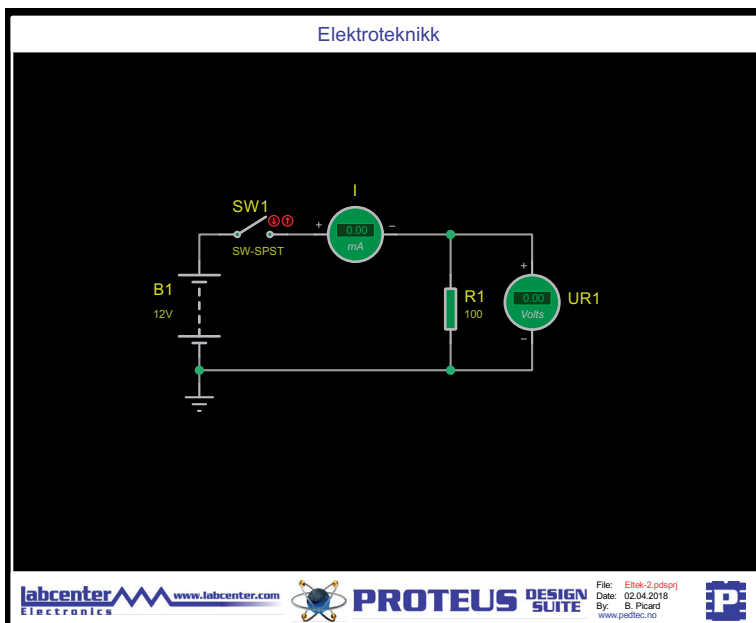
## Start simulering

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.
- ☐ Klikk på en av bryterne for å endre dreieretning.
- ☐ Klikk på pilene på potmeteret for å endre hastigheten.

Legg merke til pilene som viser strømretning.  
Rød farge på leder viser høyeste potensial, blå laveste potensial.



- ☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på .
- ☐ Åpne Eltek-2.



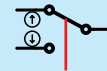
På figuren ser du en krets med et batteri B1, en bryter SW1 og en resistor R1. Batterispenningen er 12 V og resistoren R1 har verdien 100  $\Omega$ .



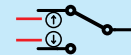
### Betjening av brytere

Bryterne på figuren er editert til sammenkopling og virker som én topolet vender.

Du kan åpne og lukke brytere ved å klikke på selve bryteren eller ...

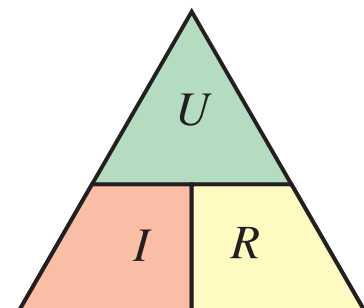
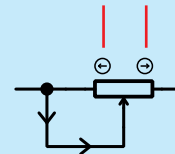


... du kan klikke på pil opp eller pil ned.



### Betjening av potmeter

Du kan justere potensiometeret ved å klikke på pil til venstre eller pil til høyre.



$U$  = spenning

$I$  = strøm

$R$  = resistans (motstand)



Et amperemeter (I) og et voltmeter (UR1) er koplet inn for å måle strøm og spenning

- ☐ Beregn strømmen i kretsen.

$I =$

- ☐ Beregn spenningen over resistoren.

$U_{R1} =$

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play eller trykk på funksjonstasten på **F12** på tastaturet.

- ☐ Lukk bryteren SW1.

- ☐ Les av strømmen i amperemeteret.

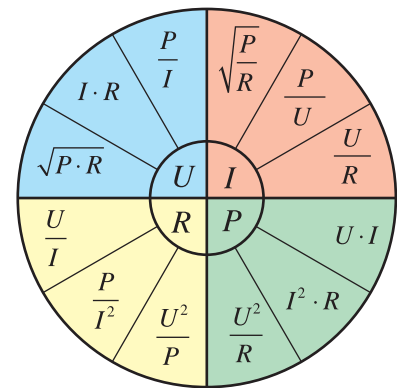
$I =$

- ☐ Les av spenningen i voltmeteret

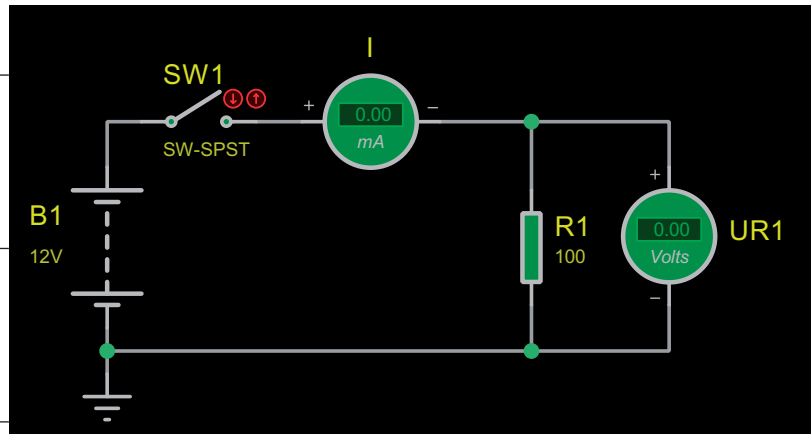
$U_{R1} =$

- ☐ Har du regnet riktig?

$I =$



U = spenning  
I = strøm  
R = resistans  
(motstand)  
P = effekt  
(power)



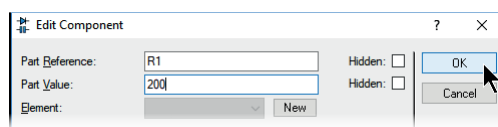
- ☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på **Esc**.



## Editere en komponent

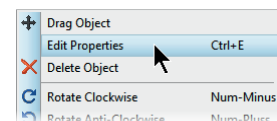
- ☐ Høyreklikk på R1.

- ☐ Endre *Part Value* til 200 (200  $\Omega$ ) og klikk på OK.



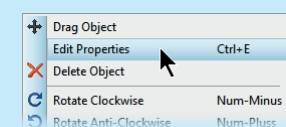
- ☐ Hva vil strømmen bli nå?

$I =$



### Editere komponent 1

Høyreklikk (klikk med høyre museknapp) på komponenten og velg Edit Properties i menyen som spretter opp.



☐ Start simulering og lukk bryteren hvis den ikke er lukket.

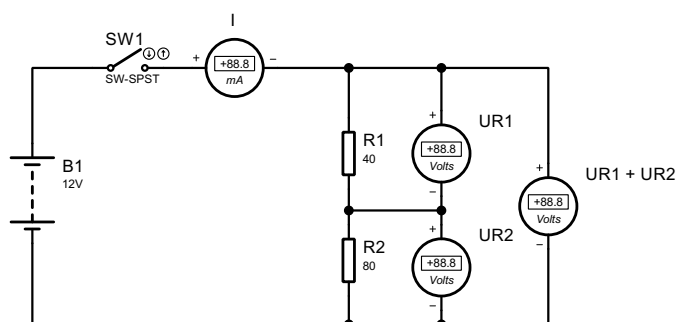
☐ Ble strømmen halvert?



☐ Stopp simulering.

## Seriekopling

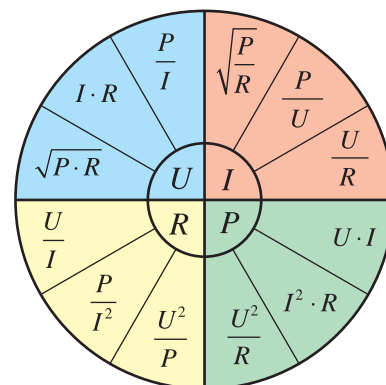
☐ Åpne Eltek-3.



☐ Beregn strømmen  $I$  og spenningsfallene over resistorene  $U_{R1}$  og  $U_{R2}$  og før inn i raden «Beregnet» i *Tabell Eltek-3* til høyre.

☐ Start simulering, les av instrumentene og før inn i raden «Målt» i den samme tabellen.

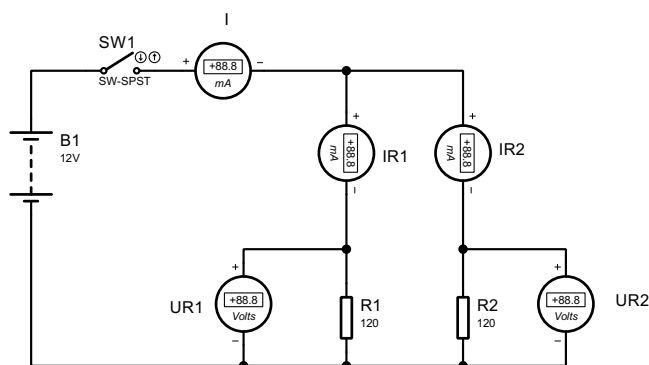
☐ Sammenlikne målte og beregnede verdier og kommentér eventuelle avvik.



Tabell Eltek-3	$I$	$U_{R1}$	$U_{R2}$	$U_{R1 + R2}$
Beregnet				
Målt				

## Parallellkopling

☐ Åpne Eltek-4.



- ☐ Beregn strømmer og spenninger og før inn i raden «Beregnet» i *Tabell Eltek-4a* til høyre.

<i>Tabell Eltek-4a</i>	$I$	$U_{R1}$	$U_{R2}$	$I_{R1}$	$I_{R2}$
Beregnet					
Målt					

- ☐ Start simulering, les av instrumentene og før inn i raden «Målt» i den samme tabellen.

- ☐ Sammenlikne målte og beregnede verdier og kommentér eventuelle avvik.




---



---

- ☐ Stopp simulering.

- ☐ Dobbeltklikk på R1 med venstre museknapp.

- ☐ Endre *Part Value* til 60 (60  $\Omega$ ) og klikk på OK.

- ☐ Beregn strømmer og spenninger og før inn i raden «Beregnet» i *Tabell Eltek-4b* under.

<i>Tabell Eltek-4b</i>	$I$	$U_{R1}$	$U_{R2}$	$I_{R1}$	$I_{R2}$
Beregnet					
Målt					

- ☐ Start simulering, les av instrumentene og før inn i raden «Målt» i den samme tabellen.

- ☐ Sammenlikne målte og beregnede verdier og kommentér eventuelle avvik.




---



---

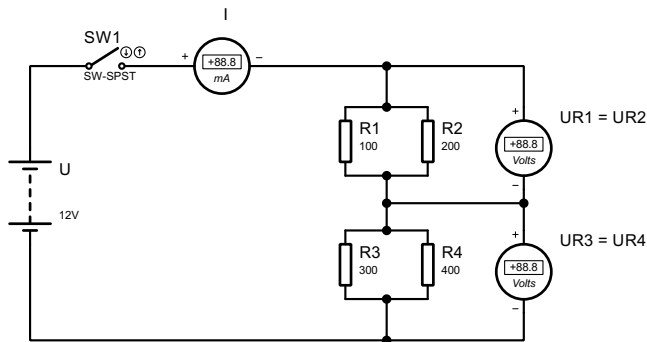


#### Editere komponent 2

Dobbeltklikk på komponenten med venstre museknapp og velg Edit Properties i menyen som spretter opp.

## Serie- og parallellkopling

□ Åpne Eltek-5.



□ Beregn strømmer og spenninger og før inn i raden «Beregnet» i Tabell Eltek-5.

Tabell Eltek-5	$I$	$U_{R1}$	$U_{R2}$	$I_{R1}$	$I_{R2}$	$U_{R3}$	$U_{R4}$	$I_{R3}$	$I_{R4}$
Beregnet									
Målt									

□ Start simulering, les av instrumentene og før inn i raden «Målt» i den samme tabellen.

□ Alternativ til instrumentmåling.

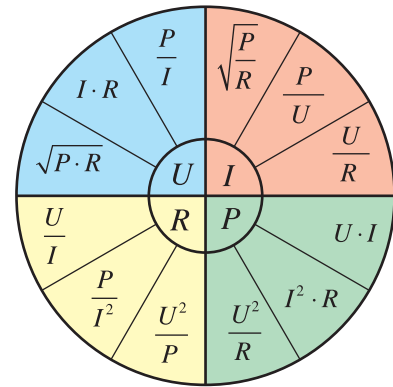
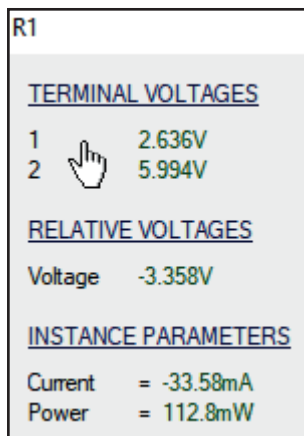
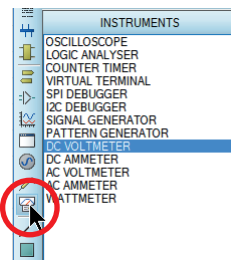
□ Pass på at simulering «går».

□ Klikk på Pause-knappen eller trykk på .



□ Klikk på Instrument ikonet.

□ Klikk på R1.



## Formler

$$I = \frac{U}{R_{\text{total}}}$$

$$R_{\text{total}} = (R_1 // R_2) + (R_3 // R_4)$$

$$R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_3 // R_4 = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

$$U_{R1} = U_{R2} = I \cdot (R_1 // R_2)$$

$$U_{R3} = U_{R4} = I \cdot (R_3 // R_4)$$

$$I_{R1} = \frac{U_{R1}}{R_1} \quad I_{R2} = \frac{U_{R2}}{R_2}$$

$$I_{R3} = \frac{U_{R3}}{R_3} \quad I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_4}$$



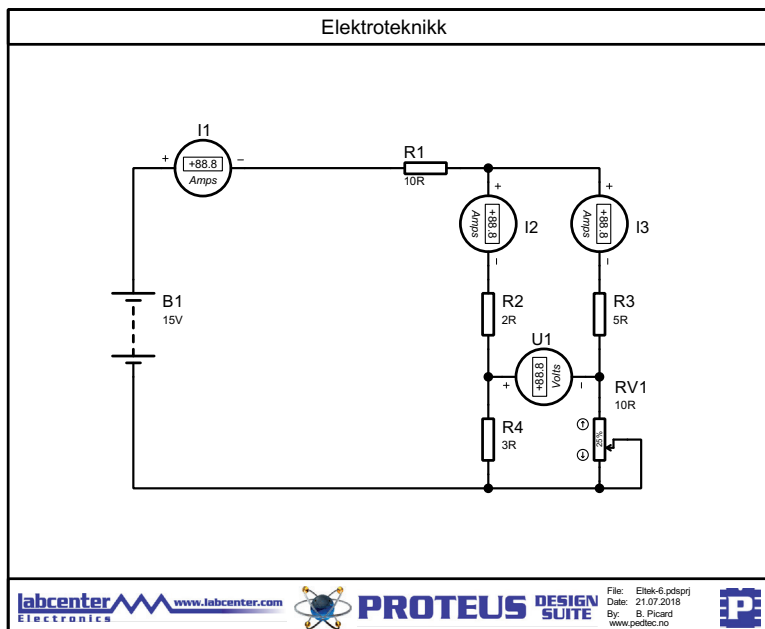
- ☐ Som du ser får du info om strøm, spenning og effekt.
- ☐ Noter strøm og spenning i *Tabell Eltek-5*.
- ☐ Gjenta for de andre resistorene.
- ☐ Sammenlikne målte og beregnede verdier og kommentér eventuelle avvik.



Slik måling er bare gyldig om det ikke skjer endringer, dvs. bare ved likestrøm.

## Potensiometer

- ☐ Åpne *Eltek-6*.

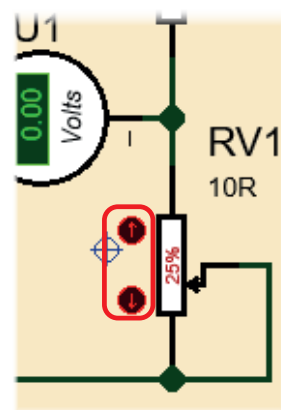


- ☐ Beregn motstandsverdien på RV1 for at spenningen U1 skal bli 0,0 V.

RV1 =

- ☐ Start animasjon, variér verdien på RV1 ved å klikke på pilene.
- ☐ Hvor mange % av RV1 gir U1 = 0,0 V?

RV1 =      %, RV1 =       $\Omega$



☐ Er det samsvar mellom målte og beregnede verdier?



## Terminals




Vi anbefaler sterkt å benytte terminaler.  
Det gir oversiktlige skjemaer som blir enkle å redigere.

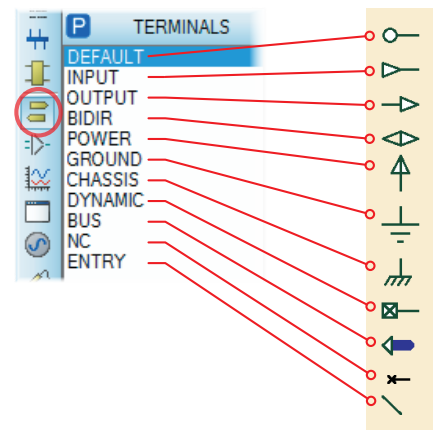


Terminaler plasseres og editeres som andre komponenter.

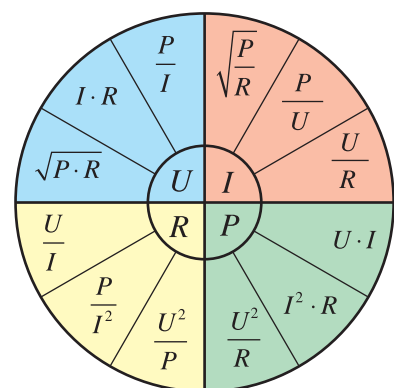
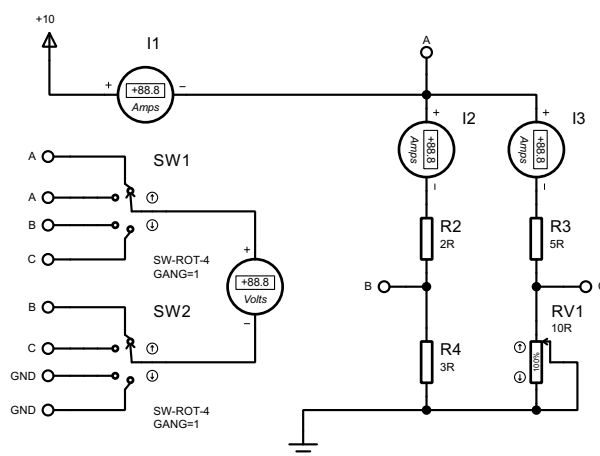
Alle terminaler, med unntak av POWER og GND, må gis et navn.

Terminaler med samme navn er, elektrisk sett, sammenkoplet.

<b>DEFAULT</b>	Brukes til å angi elektriske ekvivalentpunkt i koplingen.	Denne terminalen må editeres og gis et navn.
<b>INPUT/OUTPUT</b>	Disse brukes til å angi tilkoplinger (innganger, utganger etc).	Disse terminalen må editeres og gis et navn.
<b>POWER</b>	 Dersom power ikke editeres, regner systemet med at dette er $V_{CC}$ , +5 V, som for TTL-kretser.	Angi spenning med (+) eller (-) foran. Du kan gjerne sette V (volt) etter verdien, men det er ikke nødvendig.
<b>BUS</b>	Digitale signaler i gruppe, feks. adresse-signaler eller datasignaler.	Denne terminalen må editeres og gis et navn.
<b>GROUND</b>	Jord, 0 V.	
<b>ENTRY</b>	Brukes til å kople til bus.	Dette valget finnes ikke i listen og må derfor hentes fra biblioteket.



Åpne Eltek-7.



$U$  = spenning

$I$  = strøm

$R$  = resistans (motstand)

$P$  = effekt (power)



Vi skal bruke *ett* voltmeter til å måle spenningene over hver av resistorene R2, R3, R4 og RV1.

Tabellen under viser målepunktene vi da må bruke:

Spenning over komponent	Målepunkt	
R2	A	B
R3	A	C
R4	B	GND
RV1	C	GND

- ☐ De to venderne SW1–SW2 virker synkront.
- ☐ Høyreklikk på SW1.
- ☐ Observér at det står GANG=1 i feltet *Other Properties*.
- ☐ Lukk boksen.
- ☐ Justér skyveren til toppen (RV1 = 0  $\Omega$ , kortsluttet).
- ☐ Start animasjonen, les av voltmeteret for hver stilling på venderne og før inn i tabellen under.

RV1 = 0

Spenning over komponent	Målepunkt	
R2	A	B
R3	A	C
R4	B	GND
RV1	C	GND

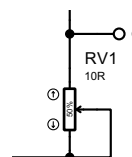
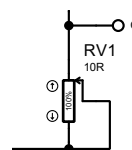
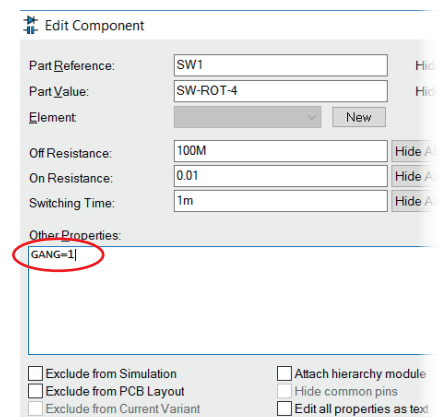
- ☐ Kontrollér med beregning.
- ☐ Justér skyveren til 50 % (RV1 = 5  $\Omega$ ).
- ☐ Les av voltmeteret for hver stilling på venderne og før inn i tabellen under.

RV1 = 50 %

Spenning over komponent	Målepunkt	
R2	A	B
R3	A	C
R4	B	GND
RV1	C	GND

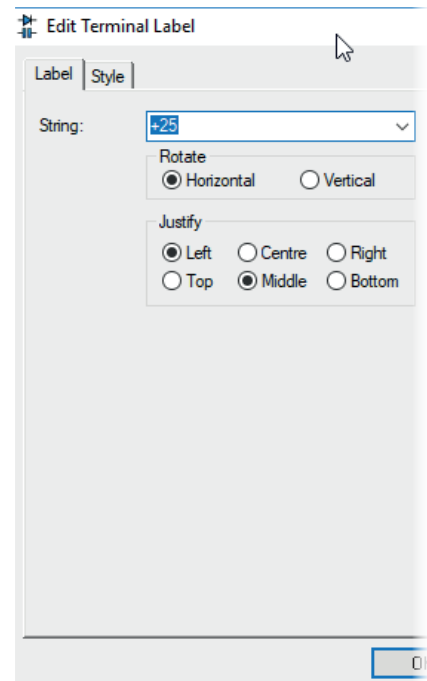
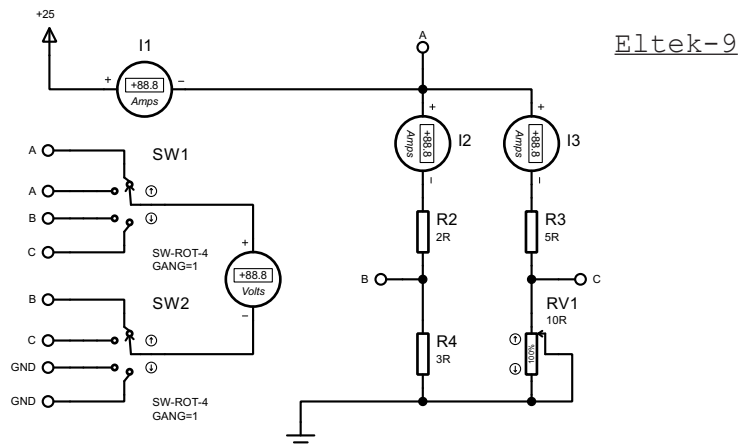
- ☐ Kontrollér med beregning.

**i** GANG = 1 gjør at SW1 og SW2 er sammenkoplet (fungerer synkront).



Eltek-8

- ☐ Stopp simulering.
- ☐ Dobbeltklikk på Powerterminalen.
- ☐ Editér *POWER* terminalen som vist (+25) og lukk boksen.
- ☐ Justér skyveren til toppen ( $RV1 = 0 \Omega$ , kortsluttet).
- ☐ Start animasjonen, les av voltmeteret for hver stilling på venderne og før inn i tabellen under.



$RV1 = 0$

Spenning over komponent		Målepunkt	
R2		A	B
R3		A	C
R4		B	GND
RV1		C	GND

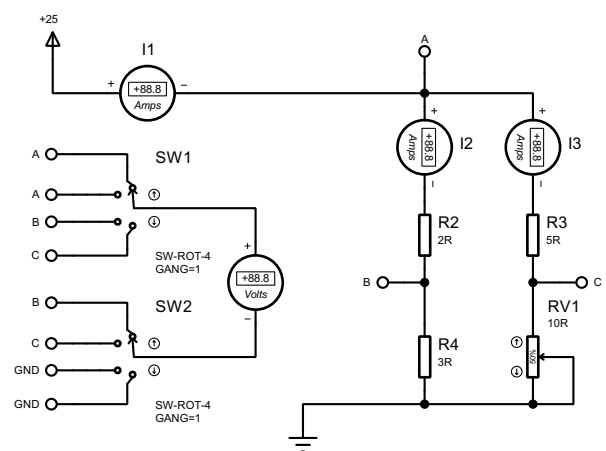
- ☐ Kontrollér med beregning.
- ☐ Justér skyveren til 50 % ( $RV1 = 5 \Omega$ ).
- ☐ Les av voltmeteret for hver stilling på venderne og før inn i tabellen under.

$RV1 = 50 \%$

Spenning over komponent		Målepunkt	
R2		A	B
R3		A	C
R4		B	GND
RV1		C	GND

- ☐ Kontrollér med beregning.

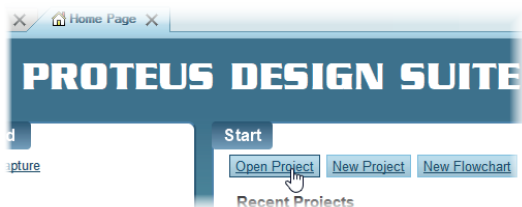
Eltek-10



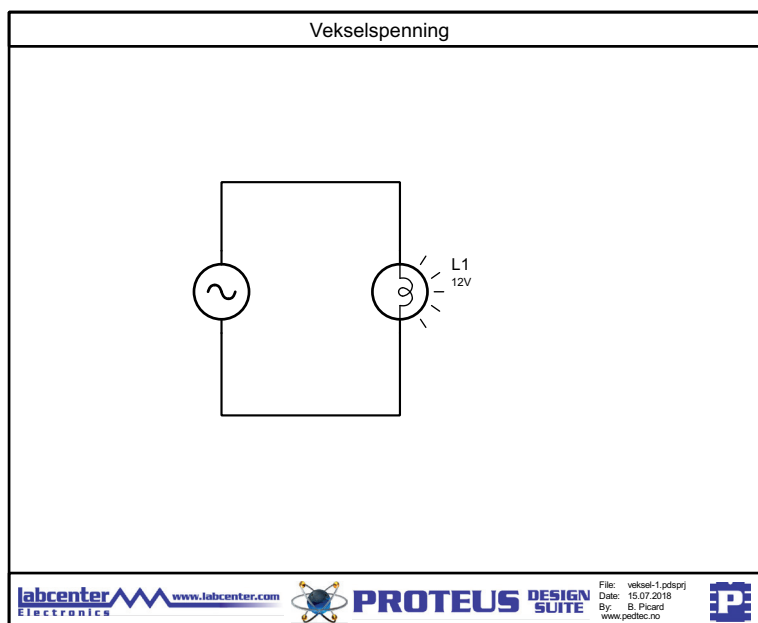
# Vekselstrømkretser

## Åpne prosjekt

- ☐ Start Proteus om programmet ikke kjører.



- ☐ Klikk på Open Project.
- ☐ Finn fila veksel-1 og dobbeltklikk på den.



Skjermbildene dine kan være litt annerledes.

## Start simulering

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på **F12** på tastaturet.
- ☐ Legg merke til den røde prikken på generatoren og lysintensiteten på lampen.

Legg merke til pilene som viser strømretning.

Rød farge på leder viser høyeste potensial, blå laveste potensial.

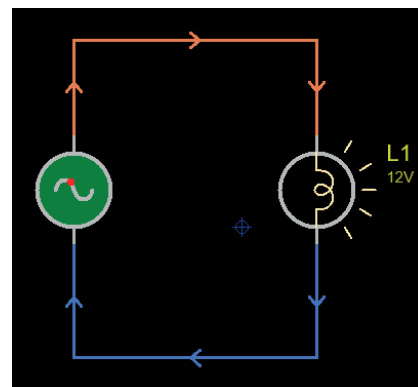
Vekselstrømkretser	8 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		



- ☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.
- ☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.

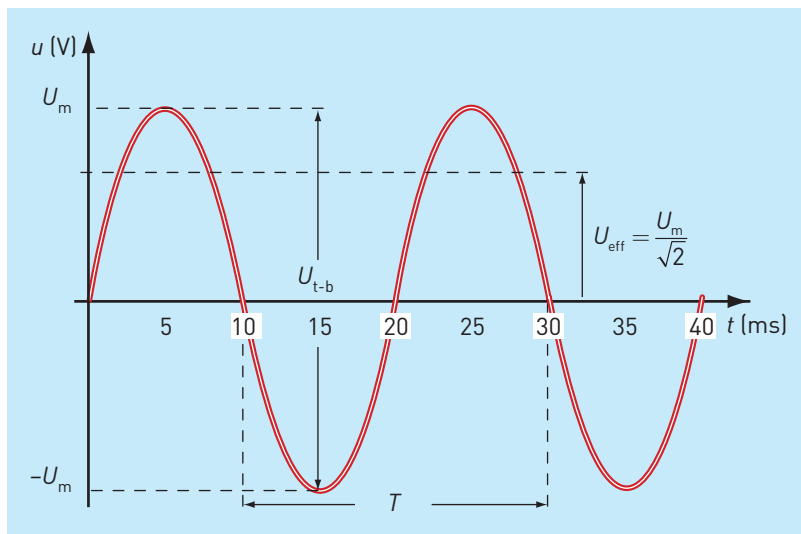


☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på .



STEP PAUSE STOP

## Definisjoner



To perioder av nettspenningen

I figuren over er periodetiden 20 ms (30 – 10 ms).

Frekvensen er (se infoboks over til høyre):

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = 50 \text{ Hz}$$

Som er nettfrekvensen i Norge.

Nettspenningens effektivverdi er nominelt 230 V.

Amplitudeverdien  $U_m$  eller  $-U_m$  blir da:

$$U_m = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} = 230 \cdot \sqrt{2} \approx 325 \text{ V}$$

Topp til bunn spenningen (engelsk peak to peak) er:

$$U_{t-b} = 2 \cdot U_m = 2 \cdot 325 = 650 \text{ V}$$



$$T = \frac{1}{f} \text{ eller } f = \frac{1}{T}$$

$t$  = tid

$f$  = frekvens

$T$  = periodetid

$u$  = øyeblikksverdi

$U_m$  = positiv maksimalverdi  
amplitudeverdi refert til 0 V

$-U_m$  = negativ maksimalverdi  
amplitudeverdi refert til 0 V

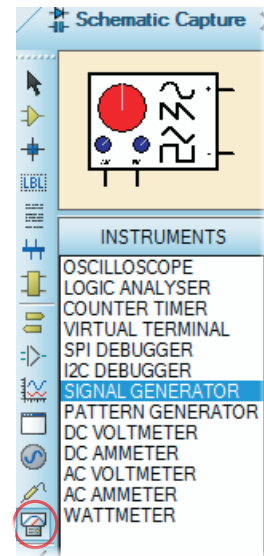
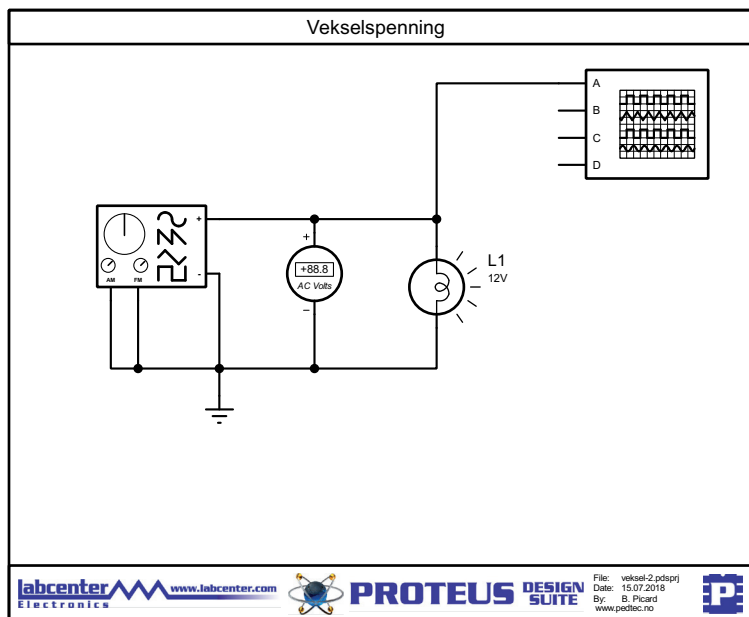
$U_{\text{eff}}$  = effektivverdi

$$= \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$U_{t-b} = 2 \cdot U_m$$



☐ Åpne veksel-2.

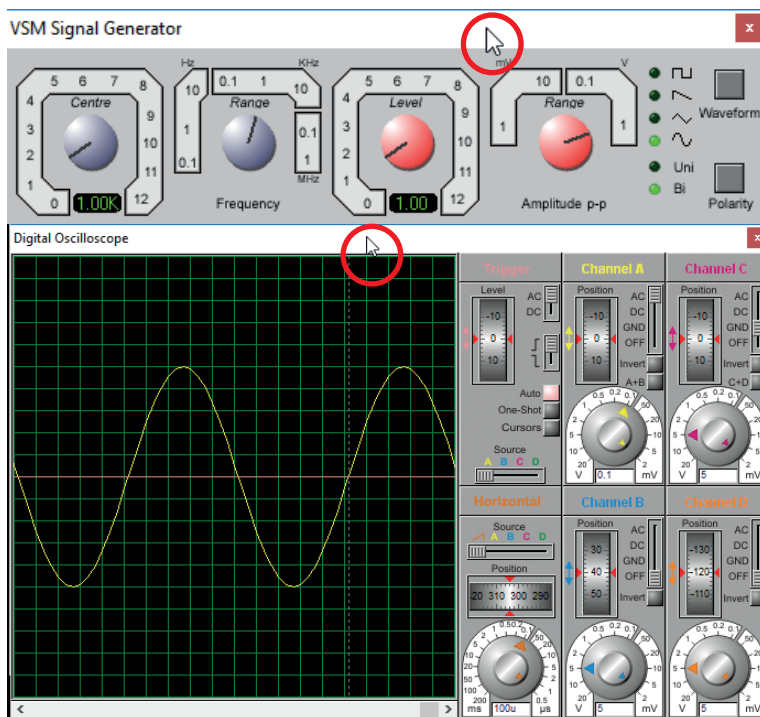


Både Signalgenerator og AC voltmeter finner du i INSTRUMENTS feltet

På figuren ser du en krets med en signalgenerator, et AC voltmeter og et oscilloskop i tillegg til lampen.

☐ Start simulering.

☐ Flytt generator og skop til hensiktsmessig plassering – klikk øverst på instrumentet, hold VM nede og flytt.



Generatoren står innstilt på 1.0 V<sub>t-b</sub> og frekvens 1,0 kHz.

**i** Merk at Amplitude på Signal Generator i ProSPICE er **topp til bunn**

- ☐
- Hva blir effektivverdien?

$$U_{\text{eff}} =$$



$$U_{\text{eff}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{U_{t.b.}}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{0,5}{\sqrt{2}} = 0,35 \text{ V}$$

### Cursors

Med cursorene kan du måle både spenning og tid.

- ☐
- Slå på Cursors.

### Tidssmåling

- ☐
- Klikk med VM i den første null-gjennomgangen og hold museknappen inne.



- ☐
- Dra mot høyre og litt ned til kursoren treffer den andre null-gjennomgangen. Se over.
- 
- ☐
- Les av periodetiden.

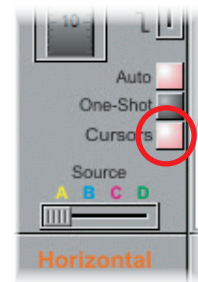
$$T = \quad \text{ms}$$

- ☐
- Regn om til frekvens.

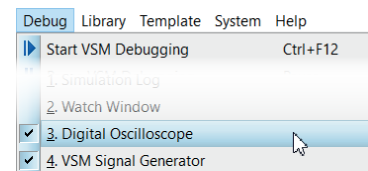
$$f = \quad \text{Hz}$$

- ☐
- Kontrollér periodetiden ved beregning (
- $f = 1\text{kHz}$
- ).

$$T = \quad \text{ms}$$



### Debug



Om du er uheldig og «slår av» Oscilloskop, Signal Generator etc., kan du «trylle» de fram igjen i *Debug* menyen.

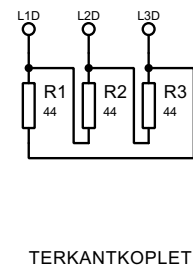
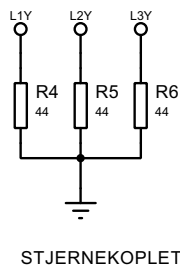
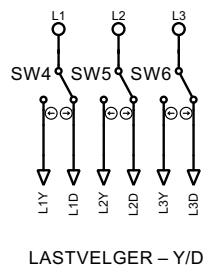
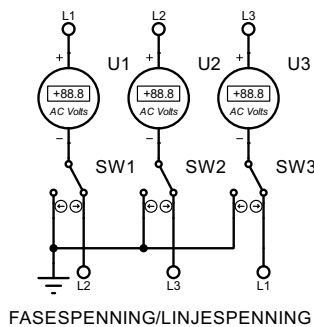
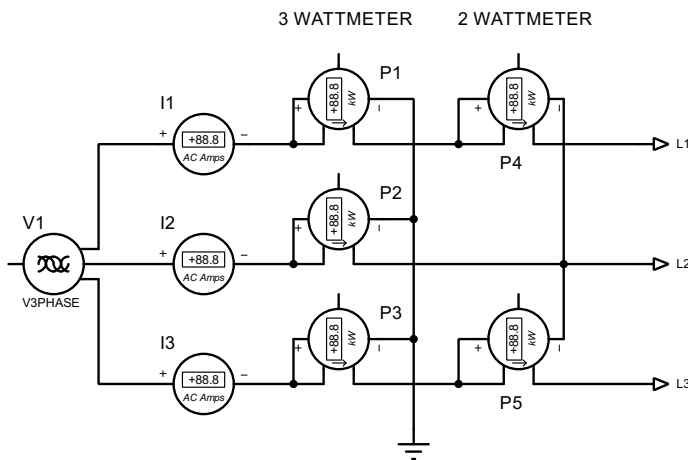
$$f = \frac{1}{T}$$



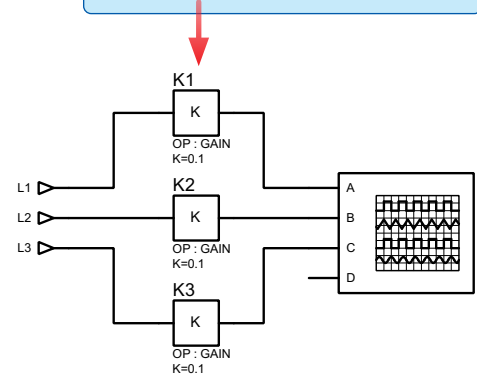


## Trefasekopling

□ Åpne veksel-3.



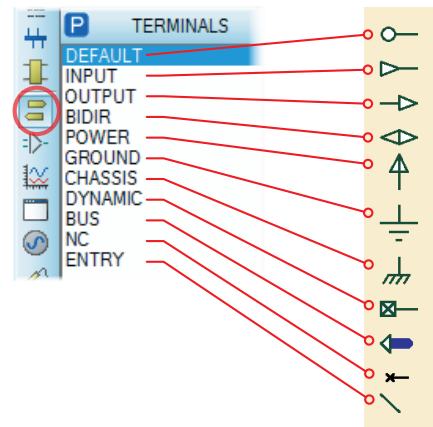
OP:GAIN blokkene demper signalet til oscilloskopet 10 ganger når forsterkningsfaktoren  $K = 0.1$ . Dette tilsvarer å bruke prober med damping 10 ggr. tilkopleet oscilloskopets innganger.



Figuren viser en trefasekopling med ohmsk last. Her ser du utstrakt bruk av terminaler.

## Terminals

<b>DEFAULT</b>	Brukes til å angi elektriske ekvivalentpunkt i koplingen.	Denne terminalen må editeres og gis et navn.
<b>INPUT/OUTPUT</b>	Disse brukes til å angi tilkoblinger (innganger, utganger etc).	Disse terminalen må editeres og gis et navn.
<b>POWER</b>	Dersom power ikke editeres, regner systemet med at dette er $V_{CC}$ , +5 volt, som for TTL-kretser.	Angi spenning med (+) eller (-) foran. Du kan gjerne sette V (volt) etter verdien.
<b>BUS</b>	Digitale signaler i gruppe, feks. adressesignaler eller datasignaler.	Denne terminalen må editeres og gis et navn.
<b>GROUND</b>	Jord, 0 V.	
<b>ENTRY</b>	Brukes til å kople til bus.	Dette valget finnes ikke i listen og må derfor hentes fra biblioteket.



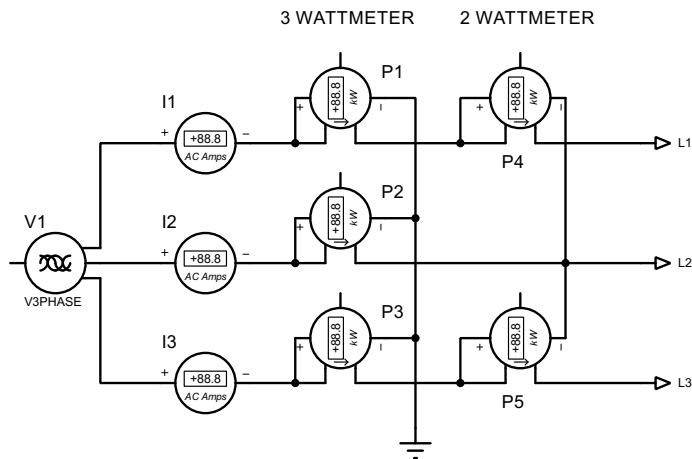
**DEFAULT, INPUT og OUTPUT** er, elektrisk sett, like. Det vil si at om du kopler inn disse tre i et skjema og gir de samme navn, er de elektrisk forbundet. Vi anbefaler å bruke INPUT og OUTPUT på inn- og utganger for å synliggjøre at de representerer inn- og utgangssignaler. Bruk DEFAULT til å kople sammen punkter med samme potensial eller samme signal.



Vi anbefaler sterkt å benytte terminaler.  
Det gir oversiktlige skjemaer som blir enkle å redigere.

## Beskrivelse av koplingen

### Måling av strøm og effekt



Til høyre for trefase generatoren V1 er 3 amperemetre I1–I3.  
De måler linje- eller fase-strømmer.

Deretter 3 wattmetre P1–P3.

Summen av avlesningene på disse er den totale effekten  $\Sigma_{P1+P2+P3}$ .

Deretter 2 wattmetre P4–P5.

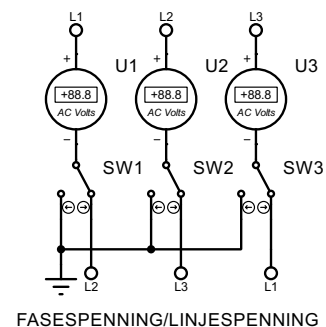
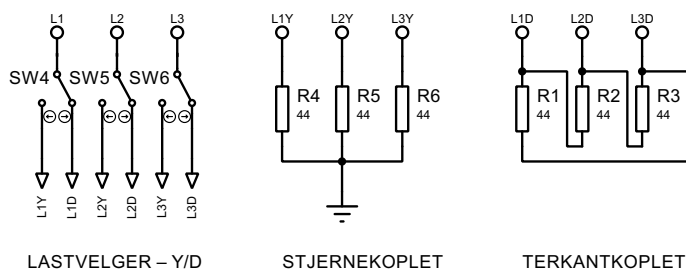
Disse måler også den totale effekten  $\Sigma_{P4+P5}$ .

Denne måten å måle totaleffekten på kalles *towattmetermetoden*.

### Spenningsmåling

Voltmetrene U1–U3 måler linjespenning eller fasespenning.

### Lastvelger



Lastvelgeren velger mellom stjernekoplet- og trekant-koplet belastning.



**Beregninger og målinger**

Generatorspenningen er satt til 230 V.

*Stjernekopling*

- ☐ Beregn alle størrelser og før inn i tabellen i raden  
*Y Beregnet.*
- ☐ Start simulering, lukk oscilloskopet, les av alle instrumenter og  
fyll ut tabellen i raden Y Målt.
- ☐ Stopp simulering.

Kopling	Verdier	$U_{\text{Linje}}$	$U_{\text{Fase}}$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$\Sigma P_{1+2+3}$	$P_4$	$P_5$	$\Sigma P_{4+5}$
Y	Målt												
	Beregnet	230											
D	Målt												
	Beregnet	230											

*Trekantkopling*

- ☐ Beregn alle størrelser og før inn i tabellen i raden  
*D Beregnet.*
- ☐ Start simulering, les av alle instrumenter og fyll ut tabellen i  
raden D Målt.
- ☐ Kommentér overensstemmelse mellom målte og beregnede  
verdier.




---



---



---



---



---




---



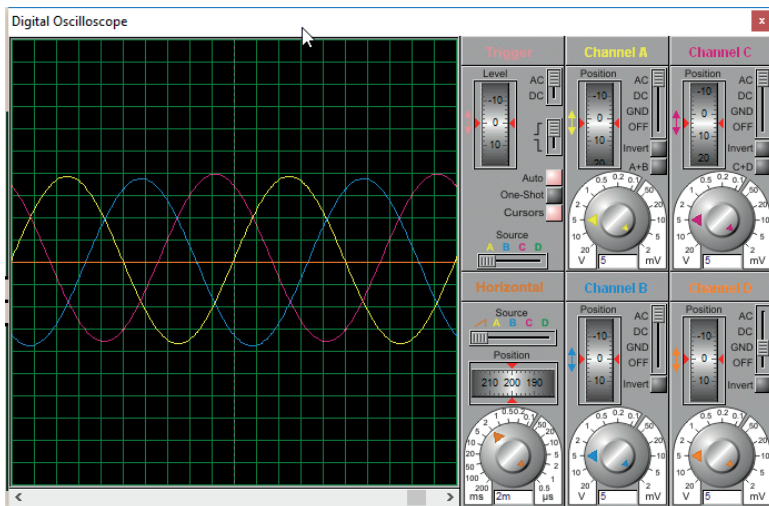
---

- ☐ Beregn topp-til-bunn spenningen på nettspenningen.


  $U_{t-b \text{ (beregnet)}}$  =

---

- ☐ Slå på oscilloskopet.



- ☐ Slå på Cursors og mål topp-til-bunn spenningen.

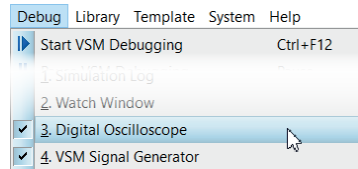
  $U_{t-b \text{ (målt)}}$  =

---

- ☐ Er det samsvar mellom målt og beregnet  $U_{t-b}$ ?



### Debug



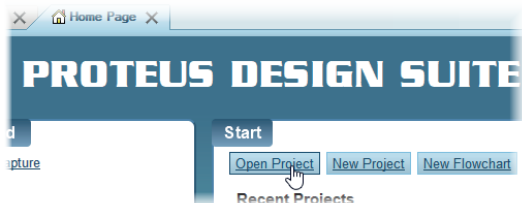
Om du er uheldig og fjerner Oscilloskop, Signal Generator etc., kan du «trylle» de fram igjen i *Debug* menyen.



# Logiske grunnkopplinger

## Åpne prosjekt

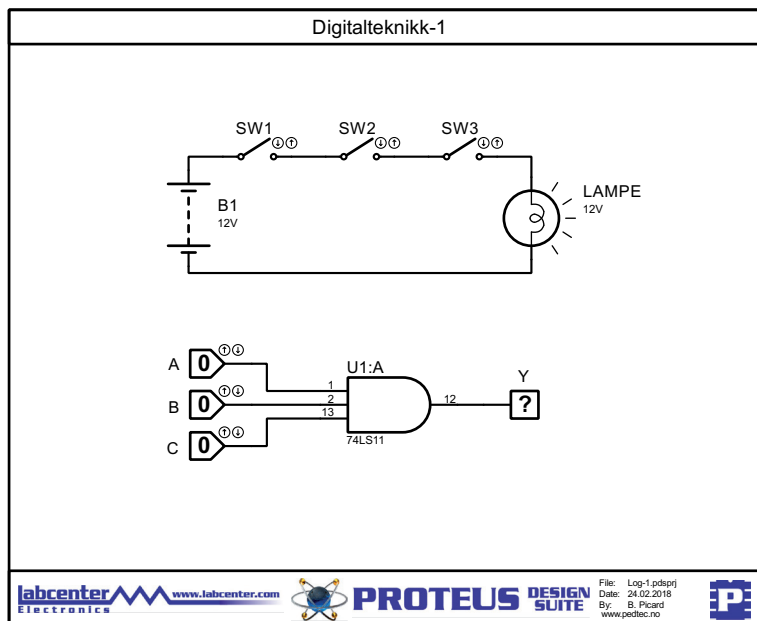
- ☐ Start Proteus.
- ☐ Klikk på Open Project.



## Logiske grunnkopplinger

### OG krets (AND-gate)

- ☐ Finn fila Log-1 som du har lagret og dobbeltklikk på den.



Skjermbildene dine kan være litt annerledes.

Logiske grunnkopplinger	20 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		




- ☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.
- ☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.

## Start simulering

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.
- ☐ Lukk bryterne SW1-SW3 etter tur og legg merke til når lampa lyser.
- ☐ Hva er betingelsene for at lampa skal lyse?



- ☐ Still inngangssignalene A, B og C som tabell *Digital-1* viser og noter tilstanden (0 eller 1) til utgangssignalet Y.

Tabell Digital-1

C	B	A	Y
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

- ☐ Du har nå en sannhetstabell for en 3-inngangers OG-port.
- ☐ Hva er betingelsen for at utgangssignalet Y skal bli 1?



- ☐ Skriv det bolske uttrykket for funksjonen

 Y =



### Betjening av brytere

Du kan åpne og lukke brytere ved å klikke på selve bryteren eller ...

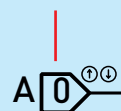


... du kan klikke på pil opp eller pil ned.

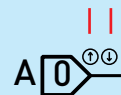


### Betjening av Logic State

Du skifter mellom 0 og 1 på inngangssignalene ved å klikke i symbolet eller ...



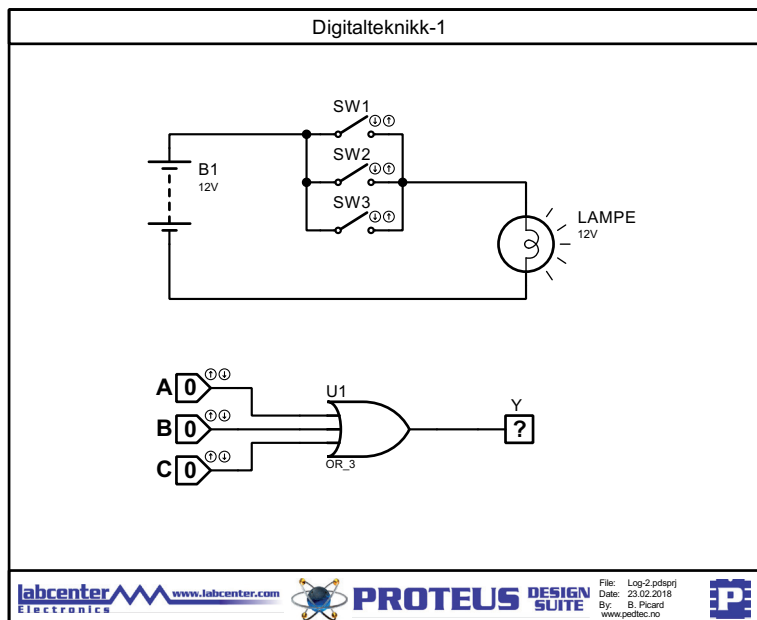
... du kan klikke på pil opp eller pil ned.




## ELLER-krets (OR-gate)

Når flere betingelser hver for seg skal utløse en funksjon, bruker vi en ELLER funksjon.

- ☐ Åpne fila Log-2.



- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.
- ☐ Lukk og åpne bryterne SW1-SW3 etter tur og legg merke til når lampen lyser.
- ☐ Hva er betingelsene for at lampen skal lyse?



- ☐ Still inngangssignalene A, B og C som tabell *Digital-2* viser og noter tilstanden (0 eller 1) til utgangssignalet Y.
- ☐ Du har nå en sannhetstabell for en 3-inngangers ELLER-port.
- ☐ Hva er betingelsen for at utgangssignalet Y skal bli 1?



- ☐ Skriv det bolske uttrykket for funksjonen

 Y =

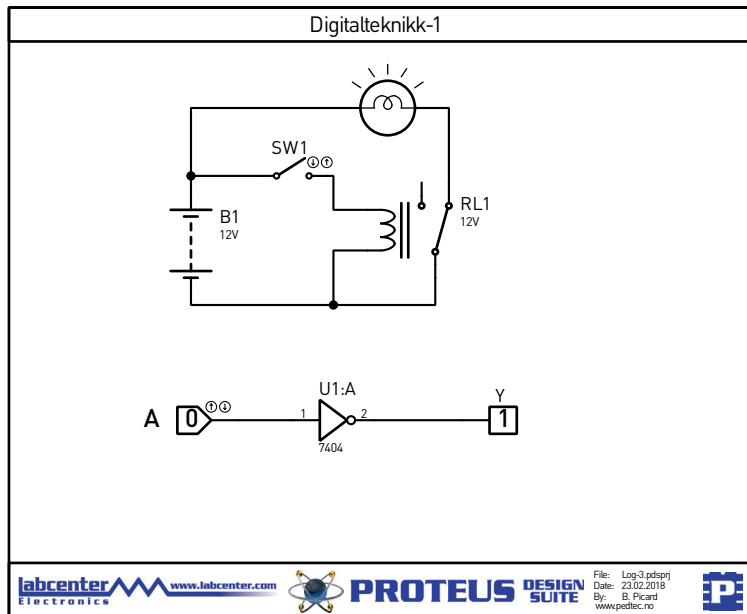
- ☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på .

Tabell Digital-2			
C	B	A	Y
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

## IKKE-krets (NOT-gate, INVERTER)

Når vi trenger en betingelse som er den motsatte av den vi har til rådighet, bruker vi en IKKE krets.

☐ Åpne fila Log-3.



☐ Start simulering.

☐ Slå på og av bryteren SW1.

☐ Hva er betingelsen for at lampa skal lyse?



☐ I denne kretsen har vi brukt et relé. Forklar hvilken funksjon reléet har i koplingen?



☐ Hvilke forandringer vil du gjøre i koplingen dersom lampa skal lyse når bryteren er lukket?



☐ Prøv det!





Symbolet for en IKKE-krets ser du på figuren nederst i skjermbildet. Inngangen kan bare ha to logiske tilstander som vist i tabell *Digital-3*.

- ☐ Still inngangssignalet A som tabell *Digital-3* viser og noter tilstanden (0 eller 1) til utgangssignalet Y.
- ☐ Du har nå en sannhetstabell for en IKKE-port.
- ☐ Hva er betingelsen for at utgangssignalet Y skal bli 1?

Tabell Digital-3	
A	Y
0	
1	



- ☐ Skriv det bolske uttrykket for funksjonen

Y =

- ☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på

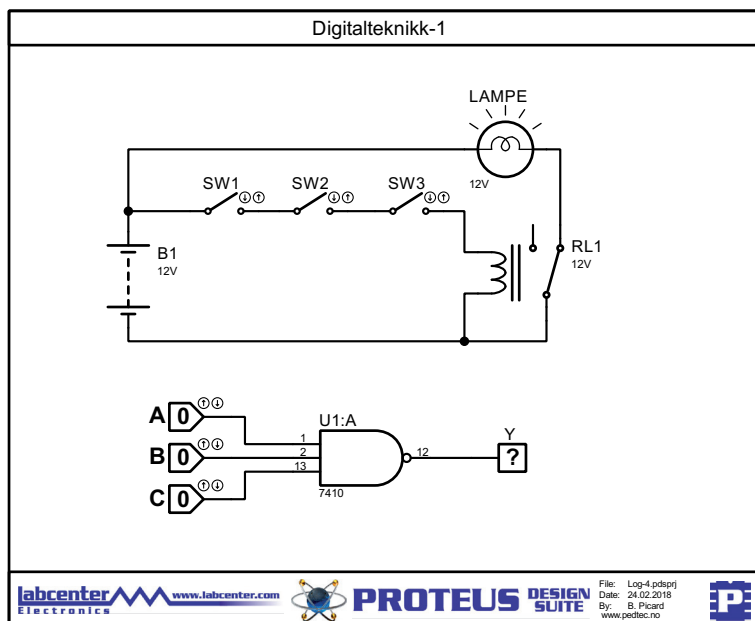
## Sammensatte funksjoner

Ved å kombinere grunnfunksjoner (kople sammen grunnkretser) kan vi få nye funksjoner (kretser).

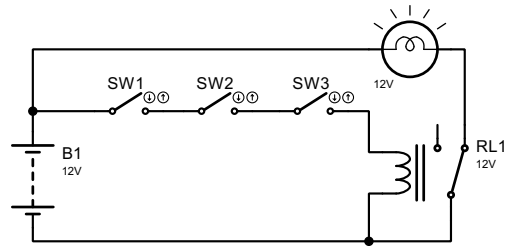
### IKKE-OG-krets (NAND-gate)

En OG-krets etterfulgt av en IKKE-krets kaller vi en IKKE-OG-krets. Dette kan vi sette sammen til uttrykket NOG-krets.

- ☐ Åpne fila Log-4.



- ☐ Start simulering.
- ☐ Lukk bryterne SW1-SW3 etter tur og legg merke til når lampa lyser.
- ☐ Hva er betingelsen for at lampa skal være slukket?

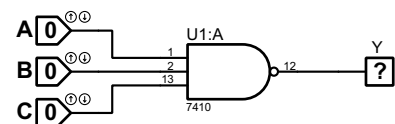


Symbolet for en 3-inngangers NOG-port ser du på figuren nederst i skjermbildet.

- ☐ Still inngangssignalene A, B og C som vist i tabell 4 og noter tilstanden (0 eller 1) til utgangssignalet Y.

Du har nå en sannhetstabell for en 3-inngangers NOG-port.

- ☐ Hva er betingelsen for at utgangssignalet Y skal bli 0?



Tabell Digital-4

C	B	A	Y
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

- ☐ Skriv det bolske uttrykket for funksjonen

Y =

- ☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på

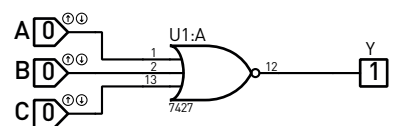
## IKKE-ELLER-krets (NOR-gate)

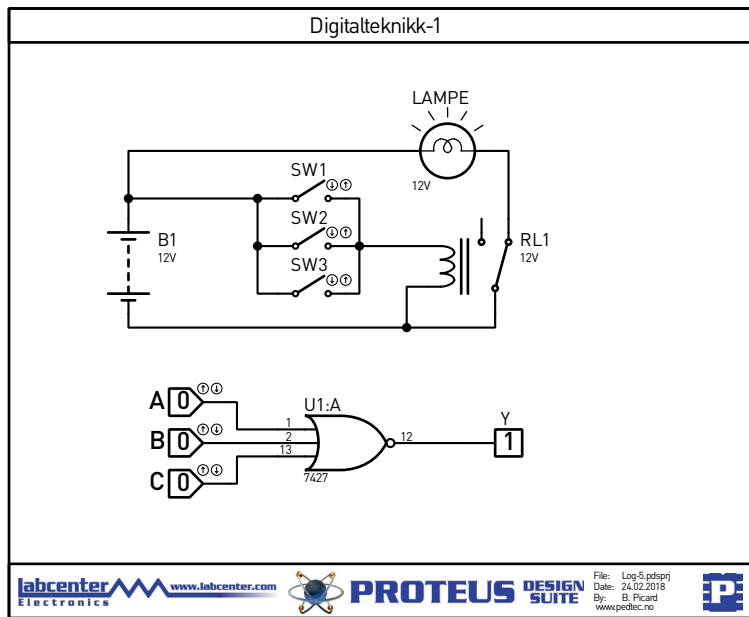
En ELLER-krets etterfulgt av en IKKE-krets blir til en IKKE-ELLER-krets.

- ☐ Åpne fila Log-5.
- ☐ Start simulering.
- ☐ Lukk bryterne SW1-SW3 etter tur og legg merke til når lampa lyser.
- ☐ Hva er betingelsen for at lampa skal være slukket?



Symbolet for en 3-inngangers IKKE-ELLER-port ser du på figuren nederst i skjermbildet.





- ☐ Still inngangssignalene A, B og C som vist i tabell 5 og noter tilstanden (0 eller 1) til utgangssignalet Y.

Du har nå en sannhetstabell for en 3-inngangers IKKE-ELLER-port.

- ☐ Hva er betingelsen for at utgangssignalet Y skal bli 0?




---

- ☐ Skriv det bolske uttrykket for funksjonen

Y =

---

- ☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på .

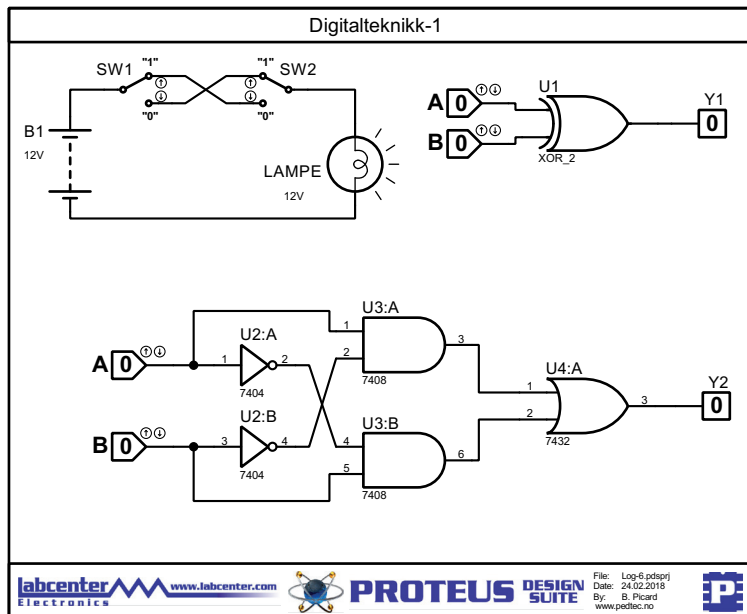
Tabell Digital-5

C	B	A	Y
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

## Ulikhetsdetektor (EXCLUSIVE-OR, EX-OR)

Ulikhetsdetektoren er en krets vi kan bruke til å finne ut om det er forskjell på **to** binære biter.

☐ Åpne fila Log-6.



☐ Start simulering.

☐ Begge bryterne SW1 og SW2 skal være lukket («1»).

☐ Lyser lampa?



☐ Åpne bryteren SW1 ("0").

☐ Lyser lampa nå?



☐ Åpne bryteren SW2.

☐ Hva skjer med lampa?



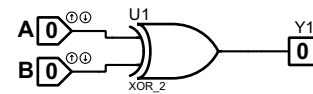
☐ Lukk bryteren SW1.



- ☐ Hva er betingelsen for at lampen skal lyse?



Symbolet for en ulikhetsdetektor (EKSKLUSIV ELLER-krets) ser du på figuren øverst til høyre i skjermbildet. De to inngangene kan du kombinere på fire forskjellige måter som vist i tabell 6.



- ☐ Still inngangssignalene A og B som tabellen viser og noter tilstanden (0 eller 1) til utgangssignalet Y.

Du har nå lagd en sannhetstabell for en likhetsdetektor.

- ☐ Hva er betingelsen for at utgangssignalet Y skal bli 1?

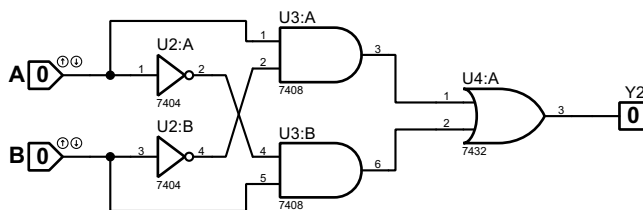


Tabell Digital-6		
B	A	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

- ☐ Skriv det bolske uttrykket for funksjonen

Y =

Nederst i skjermbildet ser du hvordan ulikhetsdetektoren er satt sammen av IKKE-, OG- og ELLER-porter.



- ☐ Kontroller at kretsen har den samme funksjonen som du har notert i tabell 6.
- ☐ Observer også hvordan de logiske nivåene endrer seg «inne» i kretsen.
- ☐ Hvilke logiske nivå har vi ut fra **U2:B** og **U3:A** når A er 1 og B er 0?

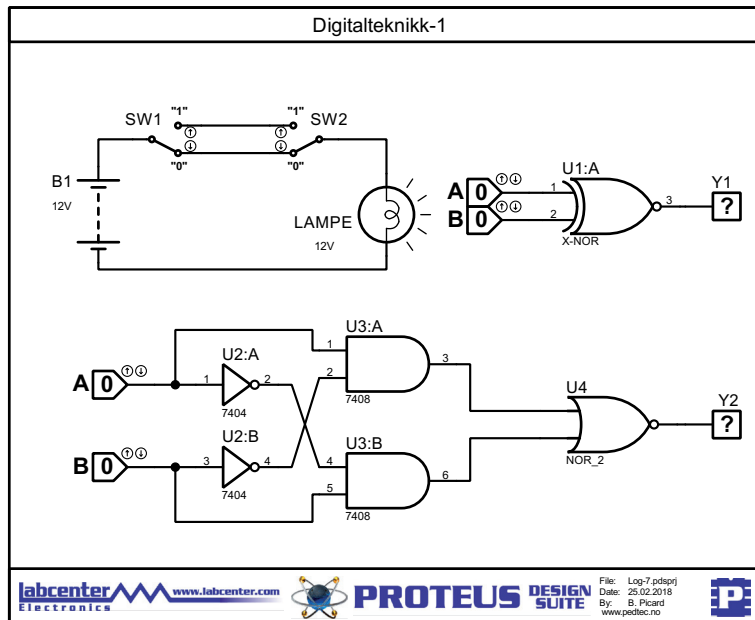
Det logiske nivået ut fra **U2:B** er:

Det logiske nivået ut fra **U3:A** er:

## Likhetsdetektor (EXCLUSIVE-NOR, EX-NOR)

Likhetsdetektoren er en krets vi kan bruke til å finne ut om **to** binære biter er like.

☐ Åpne fila Log-7.



☐ Start simulering.

☐ Begge bryterne SW1 og SW2 skal være åpne ("0").

☐ Lyser lampa?\_\_\_\_\_

☐ Lukk bryteren SW1 ("1").

☐ Lyser lampa?\_\_\_\_\_

☐ Lukk bryteren SW2.

☐ Lyser lampa?\_\_\_\_\_

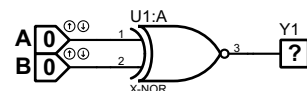
☐ Åpne bryteren SW1.

☐ Lyser lampa?\_\_\_\_\_

☐ Hva er betingelsen for at lampa skal lyse?



Symbolet for en likhetsdetektor (EKSKLUSIV NELLER-krets) ser du på figuren til høyre i skjermbildet.



Nederst i skjermbildet ser du hvordan likhetsdetektoren er satt sammen av IKKE-, OG- og ELLER-porter.

Symbolet for en ulikhetsdetektor (EKSKLUSIV ELLER-krets) ser du på figuren øverst til høyre i skjermbildet. De to inngangene kan du kombinere på fire forskjellige måter som vist i tabell 7.

- ☐ Still inngangssignalene A og B som tabellen viser og noter tilstanden (0 eller 1) til utgangssignalet Y.

Tabell Digital-7		
B	A	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Du har nå lagd en sannhetstabell for en likhetsdetektor.

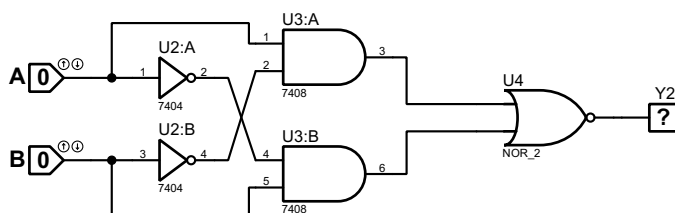
- ☐ Hva er betingelsen for at utgangssignalet Y skal bli 1?



- ☐ Skriv det bolske uttrykket for funksjonen

Y =

Nederst i skjermbildet ser du hvordan ulikhetsdetektoren er satt sammen av IKKE-, OG- og ELLER-porter.


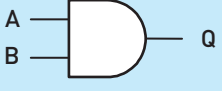
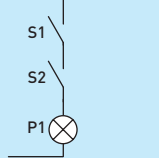
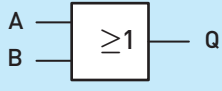
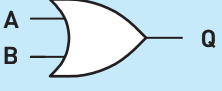
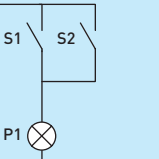
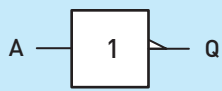
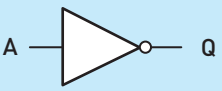
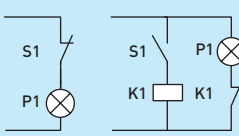
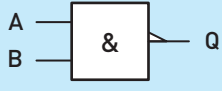
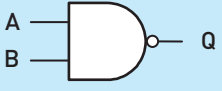
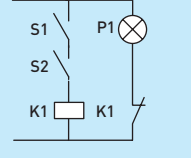
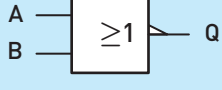

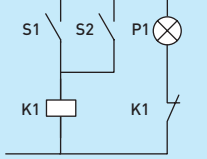
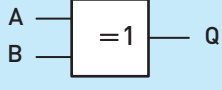

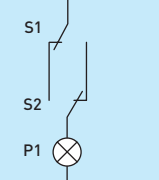
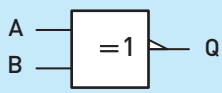
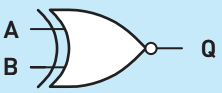
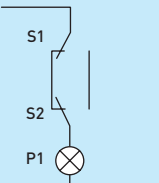


- ☐ Kontroller at kretsen har den samme funksjonen som du har notert i tabell 7.
- ☐ Observer også hvordan de logiske nivåene endrer seg «inne» i kretsen.
- ☐ Hvilke logiske nivå har vi ut fra **U2:B** og **U3:A** når A er 1 og B er 0?

Det logiske nivået ut fra **U2:B** er:

Det logiske nivået ut fra **U3:A** er:

# Sammendrag

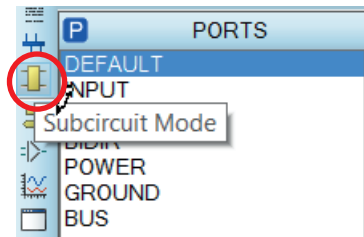
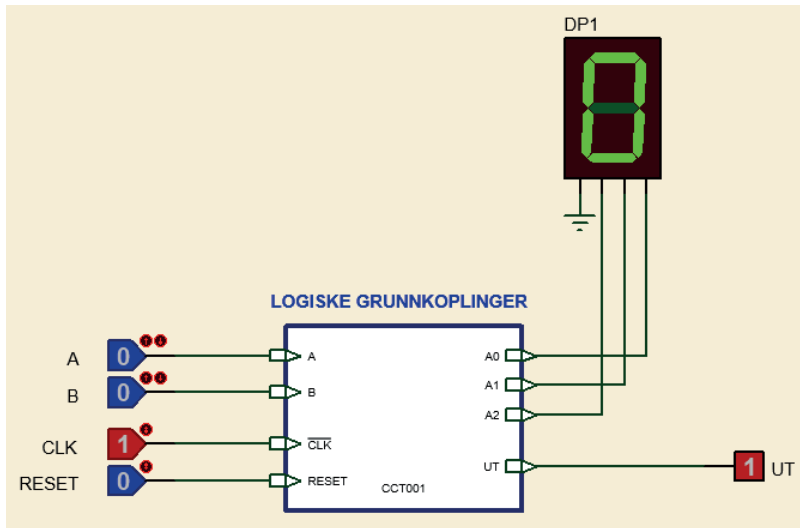
Krets	IEC symbol	ANSI symbol	Sannhetstabell	Logisk uttrykk	Ekvivalentskjema															
7408	<div></div> <div>AND OG</div>	<div></div>	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Q</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	B	A	Q	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$Q = B \cdot A$	<div></div>
B	A	Q																		
0	0	0																		
0	1	0																		
1	0	0																		
1	1	1																		
7432	<div></div> <div>OR ELLER</div>	<div></div>	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Q</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	B	A	Q	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	$Q = B + A$	<div></div>
B	A	Q																		
0	0	0																		
0	1	1																		
1	0	1																		
1	1	1																		
7404	<div></div> <div>NOT (INVERTER) IKKE</div>	<div></div>	<table><tr><td>A</td><td>Q</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	Q	0	1	1	0	$Q = \overline{A}$	<div></div>									
A	Q																			
0	1																			
1	0																			
7400	<div></div> <div>NAND IKKE OG</div>	<div></div>	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Q</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	B	A	Q	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$Q = \overline{B \cdot A}$	<div></div>
B	A	Q																		
0	0	1																		
0	1	1																		
1	0	1																		
1	1	0																		
7402	<div></div> <div>NOR IKKE ELLER</div>	<div></div>	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Q</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	B	A	Q	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	$Q = \overline{B + A}$	<div></div>
B	A	Q																		
0	0	1																		
0	1	0																		
1	0	0																		
1	1	0																		
7486	<div></div> <div>EXCLUSIVE OR (X-OR) Ulikhetsdetektor</div>	<div></div>	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Q</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	B	A	Q	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$Q = \overline{B} \cdot A + B \cdot \overline{A}$ $Q = B \oplus A$	<div></div>
B	A	Q																		
0	0	0																		
0	1	1																		
1	0	1																		
1	1	0																		
74HC 7266	<div></div> <div>EXCLUSIVE NOR (X-NOR) Likhetsdetektor</div>	<div></div>	<table><tr><td>B</td><td>A</td><td>Q</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	B	A	Q	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$Q = \overline{B} \cdot \overline{A} + B \cdot A$ $Q = \overline{B \oplus A}$ eller $Q = B \odot A$	<div></div>
B	A	Q																		
0	0	1																		
0	1	0																		
1	0	0																		
1	1	1																		



## Kontrolloppgave

På figuren under ser du en *blokk* med navn *LOGISKE GRUNNKOPLINGER*.

Denne blokken kalles *Sub Circuit*.



I denne oppgaven skal du, ut fra målingene, bestemme hvilken logisk funksjon kretsen utfører.

Kretsen har to innganger, A og B og sju utganger. Utgangene 1–7 velges ved hjelp av en innebygd teller.

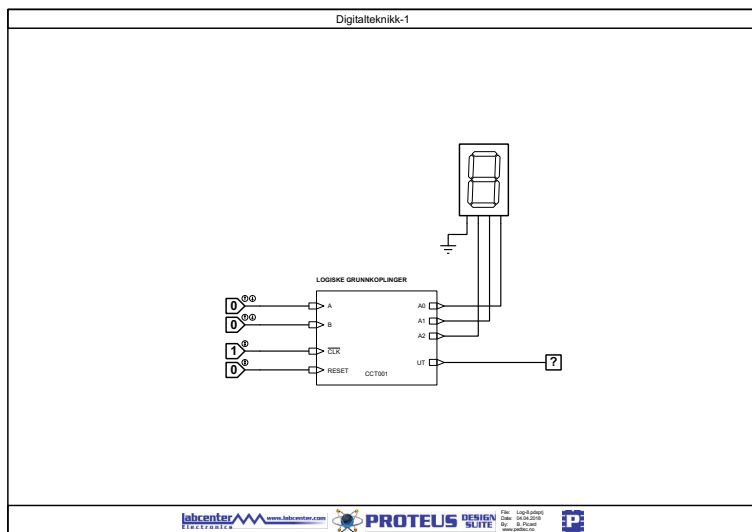
Displayet viser status på tellerens utganger A0-A2.  
Merk at dette displayet har innebygd dekode/driver.  
I praksis vil en kople tellerens utganger til en dekode og kople resistorer (strømbegrenser) i serie med hvert segment.

Telleren starter på 0 og avanserer hver gang du klikker på CLK-inngangen.

Når telleren er kommet til 7 resettes den automatisk.  
Du kan resette telleren manuelt ved å klikke på RESET.

## Krets 1

- ☐ Åpne fila Log-8.



Tabell 1 Krets 1

B	A	UT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

- ☐ Zoom inn F6.
- ☐ Start animasjon ved å klikke på PLAY nede til venstre eller trykk på F12.
- ☐ Start animasjonen ved å trykke på PLAY-knappen eller trykk på funksjonstast F12.
- ☐ Klikk på CLK til displayet viser 1.
- ☐ Klikk på inngangene B–A etter tabell 1.
- ☐ Notér det logiske nivået på UT for alle kombinasjoner av B–A i tabell 1.
- ☐ Skriv det logiske uttrykket for krets 1:



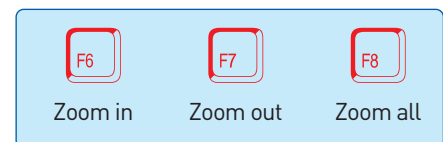

---

- ☐ Hvilken funksjon utfører krets 1?

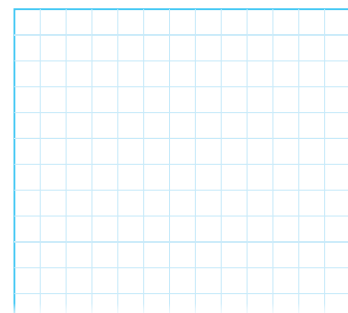



---

- ☐ Tegn det logiske symbolet for krets 1 i figur 1.



Figur 1 Krets 1, logisk symbol



**Krets 2**

- ☐ Klikk på CLK til displayet viser 2.
- ☐ Klikk på inngangene B–A etter tabell 2.
- ☐ Notér det logiske nivået på UT for alle kombinasjoner av B–A i tabell 2.
- ☐ Skriv det logiske uttrykket for krets 2:




---

- ☐ Hvilken funksjon utfører krets 2?




---

- ☐ Tegn det logiske symbolet for krets 2 i figur 2.

**Krets 3**

- ☐ Klikk på CLK til displayet viser 3.
- ☐ Klikk på inngangene B–A etter tabell 3.
- ☐ Notér det logiske nivået på UT for alle kombinasjoner av B–A i tabell 3.
- ☐ Skriv det logiske uttrykket for krets 3:




---

- ☐ Hvilken funksjon utfører krets 3?



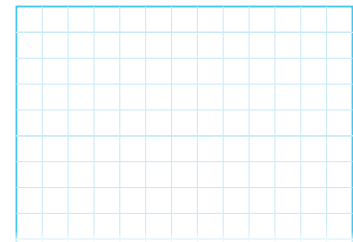

---

- ☐ Tegn det logiske symbolet for krets 3 i figur 3.

Tabell 2 Krets 2

B	A	UT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

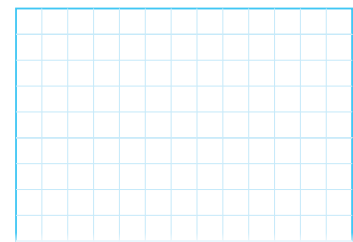
Figur 2 Krets 2, logisk symbol



Tabell 3 Krets 3

B	A	UT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Figur 3 Krets 3, logisk symbol



**Krets 4**

- ☐ Klikk på CLK til displayet viser 4.
- ☐ Klikk på inngangene B–A etter tabell 4.
- ☐ Notér det logiske nivået på UT for alle kombinasjoner av B–A i tabell 4.
- ☐ Skriv det logiske uttrykket for krets 4:



- ☐ Hvilken funksjon utfører krets 4?



- ☐ Tegn det logiske symbolet for krets 4 i figur 4.

**Krets 5**

- ☐ Klikk på CLK til displayet viser 5.
- ☐ Klikk på inngangene B–A etter tabell 5.
- ☐ Notér det logiske nivået på UT for alle kombinasjoner av B–A i tabell 5.
- ☐ Skriv det logiske uttrykket for krets 5:



- ☐ Hvilken funksjon utfører krets 5?



- ☐ Tegn det logiske symbolet for krets 5 i figur 5.

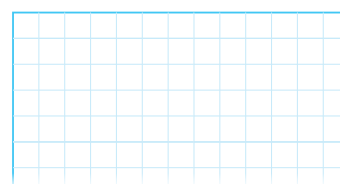
**Krets 6**

- ☐ Klikk på CLK til displayet viser 6.
- ☐ Klikk på inngangene B–A etter tabell 6.
- ☐ Notér det logiske nivået på UT for alle kombinasjoner av B–A i tabell 6.

Tabell 4 Krets 4

B	A	UT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

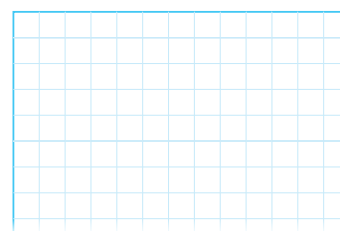
Figur 4 Krets 4, logisk symbol



Tabell 5 Krets 5

B	A	UT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Figur 5 Krets 5, logisk symbol



Tabell 6 Krets 6

B	A	UT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



- ☐ Skriv det logiske uttrykket for krets 6:




---

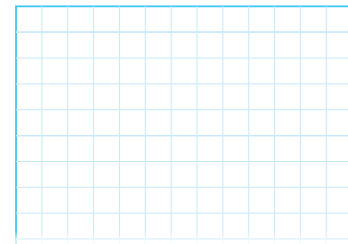
- ☐ Hvilken funksjon utfører krets 6?




---

- ☐ Tegn det logiske symbolet for krets 6 i figur 6.

Figur 6 Krets 6, logisk symbol



### Krets 7

- ☐ Klikk på CLK til displayet viser 7.

- ☐ Klikk på inngangene B–A etter tabell 7.

- ☐ Notér det logiske nivået på UT for alle kombinasjoner av B–A i tabell 7.

- ☐ Skriv det logiske uttrykket for krets 7:




---

- ☐ Hvilken funksjon utfører krets 7?



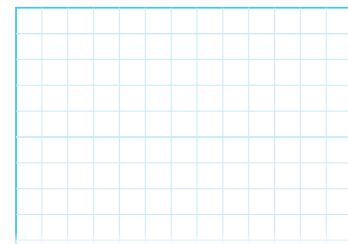

---

- ☐ Tegn det logiske symbolet for krets 7 i figur 7.

Tabell 7 Krets 7

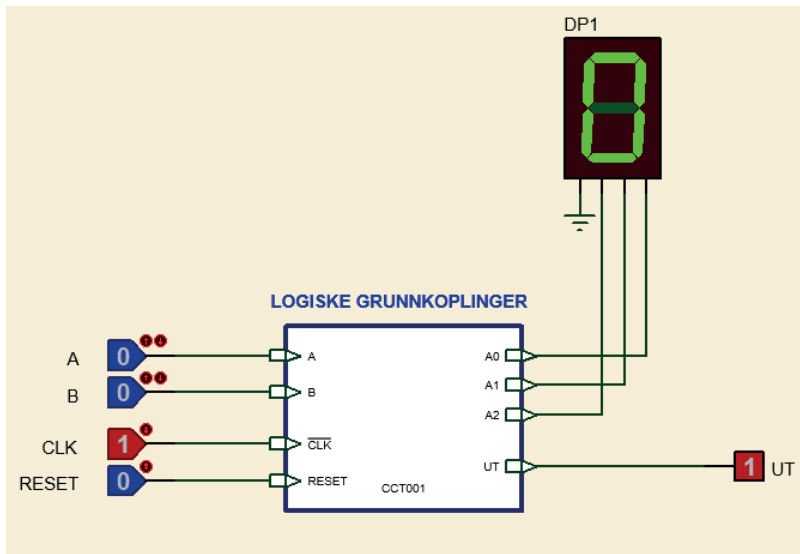
B	A	UT
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Figur 7 Krets 7, logisk symbol



Se neste side



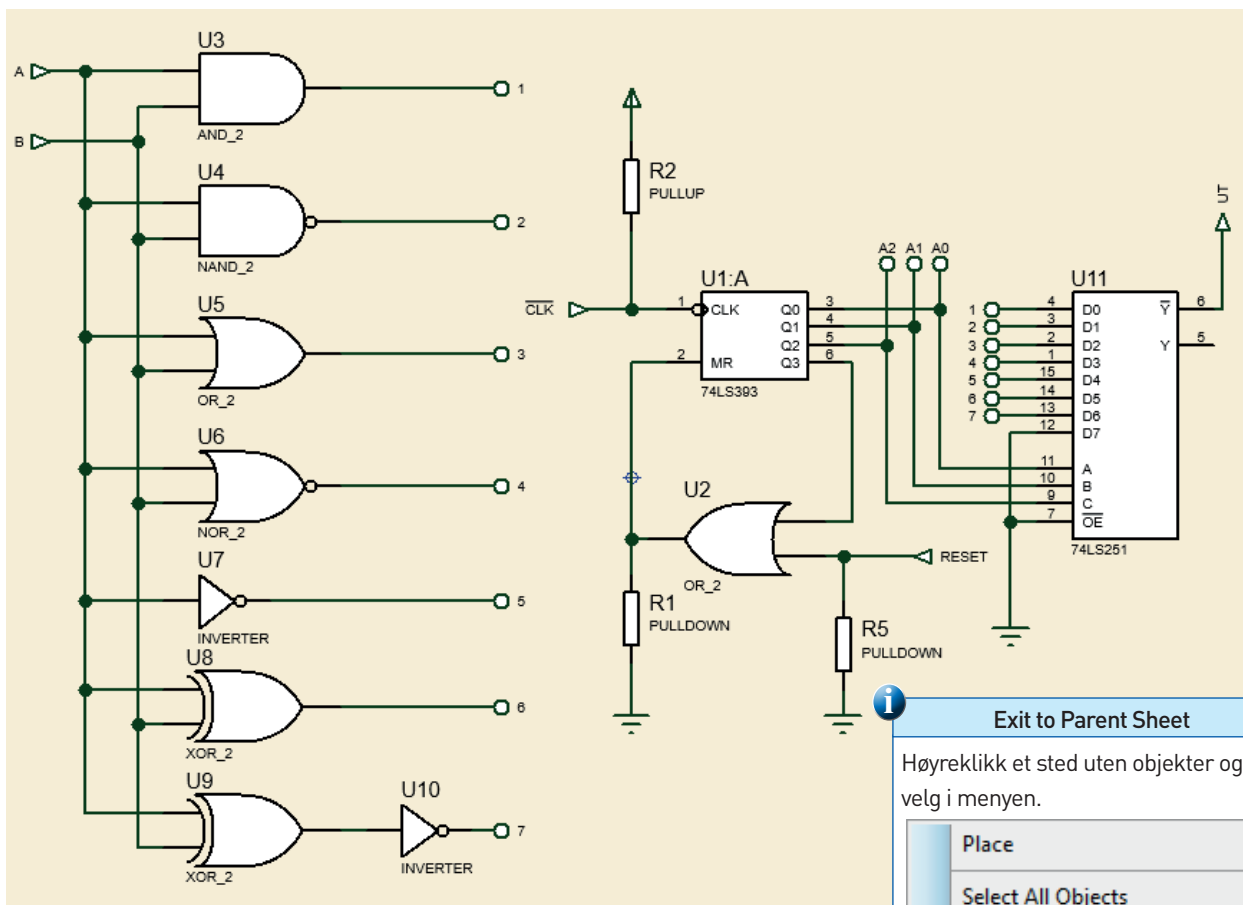


Figur 8 Skjemaet bak blokken

**Goto Child Sheet**

Høyreklikk på blokken og velg i menyen.

+	Drag Object	
	Edit Properties	Ctrl+E
X	Delete Object	
C	Rotate Clockwise	Num-Minus
C	Rotate Anti-Clockwise	Num-Pluss
C	Rotate 180 degrees	
M	X-Mirror	Ctrl+M
M	Y-Mirror	
C	Cut To Clipboard	
C	Copy To Clipboard	Ctrl+C
C	Goto Child Sheet	Ctrl+C
C	Goto Part in Design Explorer	
C	Highlight Part in PCB Layout	



**Exit to Parent Sheet**

Høyreklikk et sted uten objekter og velg i menyen.

Place	
Select All Objects	
Clear Selection	
Cut To Clipboard	
Copy To Clipboard	Ctrl+C
Paste From Clipboard	Ctrl+V
Exit to Parent Sheet	



### Virkemåte

Kretsen bak blokken inneholder alle de logiske grunnkoplingene 1–7:

AND

NAND

OR

NOR

INVERTER

XOR

XNOR

CLK driver en binærteller.

Binærtelleren driver displayet, som har innebygd dekoder.

Displayet viser hvilken av de 7 grunnkoplingene som er aktiv.

Binærtelleren driver også en datavelger som mottar info fra aktiv grunnkopling (1–7).

Datavelgeren legger resultatet ut på utgangen UT.

Her ser du et godt eksempel på bruk av terminaler i stedet for å trekke mange ledere, noe som ofte gjør skjemaet uoversiktlig.



### Multi-Sheet Designs

Du kan lese mer i hjelpefila:

ISIS Schematic Capture

Skjul Tilbake Frem Skriv ut

Innhold Indeks Søk

- INTRODUCTION
  - Overview
  - System Requirements
  - ISIS & ARES
  - ISIS & Simulation
  - ISIS & Networks
  - How to Use this Documentation
- GENERAL CONCEPTS
  - Screen Layout
  - Keyboard Configuration
- TEMPLATES
- PROPERTIES
- OBJECT SPECIFICS
- LIBRARY FACILITIES
- MULTI-SHEET DESIGNS
  - Flat Designs
    - Introduction
    - Navigation Commands
  - Hierarchical Designs
    - Introduction
    - Terminology
    - Sub-Circuits
    - Module Components
    - Navigating Hierarchical Designs
    - Design Global Annotation
    - Non-Physical Sheets





# Tellere

## Innledning

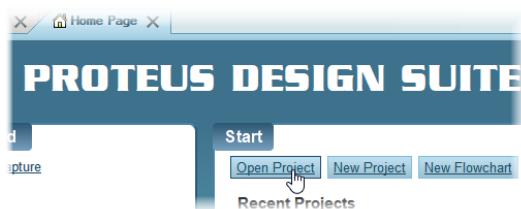
JK-vipper egner seg godt til bruk i binærtellere.

De to tilstandene HØY (1) og LA V (0) kan brukes til å representere en bit i et binærtall.

I en flanketrigget JK-vippe der begge inngangene er lagt høye, vil utgangen skifte tilstand for hver flanke på taktpulsen.

## Åpne prosjekt

- ☐ Start Proteus.
- ☐ Klikk på Open Project.

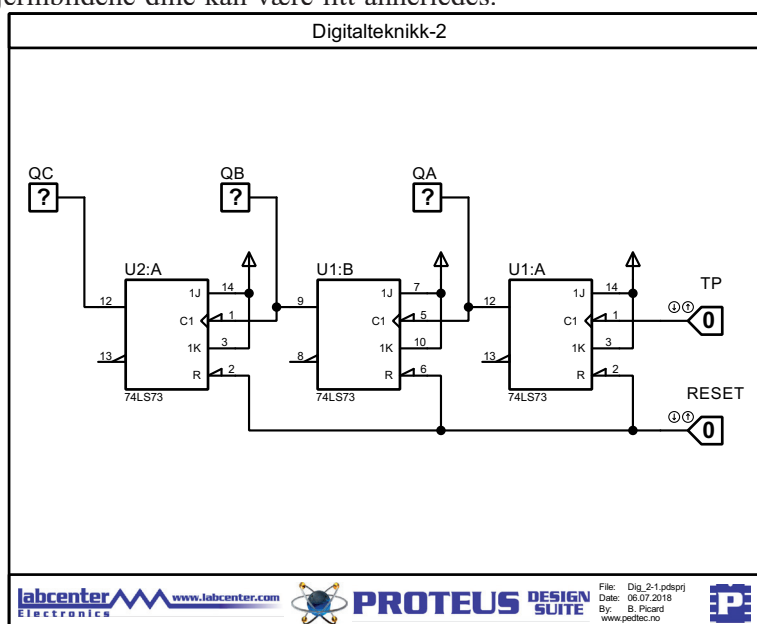


## Asynkron oppverteller

### Animasjon

- ☐ Finn fila Dig\_2-1 som du har lagret og dobbeltklikk på den.

Skjermbildene dine kan være litt annerledes.



Tellere	10 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		




- ☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.
- ☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.

## Start animasjon

- ☐ Start animasjon ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.
- ☐ Klikk gjentagende ganger på TP mens du observerer om utgangen QA–QC skifter nivå når TP går fra HØY til LAV eller fra LAV til HØY. Beskriv hva som skjer.




---

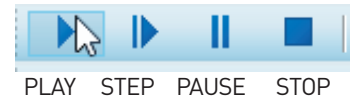
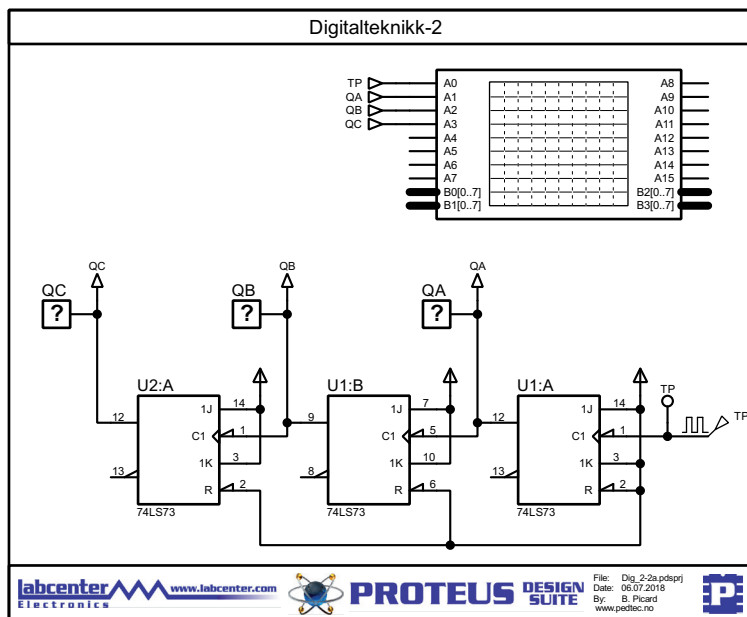


---

- ☐ Nullstill telleren ved å klikke på RESET.
- ☐ Før inn status på utgangene QA–QC i tabellen for hver klokkepulss.

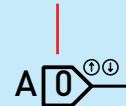
## Måling med Logic Analyser

- ☐ Åpne Dig\_2-2a.

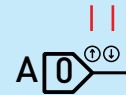


### Betjening av Logic State

Du skifter mellom 0 og 1 på inn-gangssignalene ved å klikke i symbolet eller ...



... du kan klikke på pil opp eller pil ned.

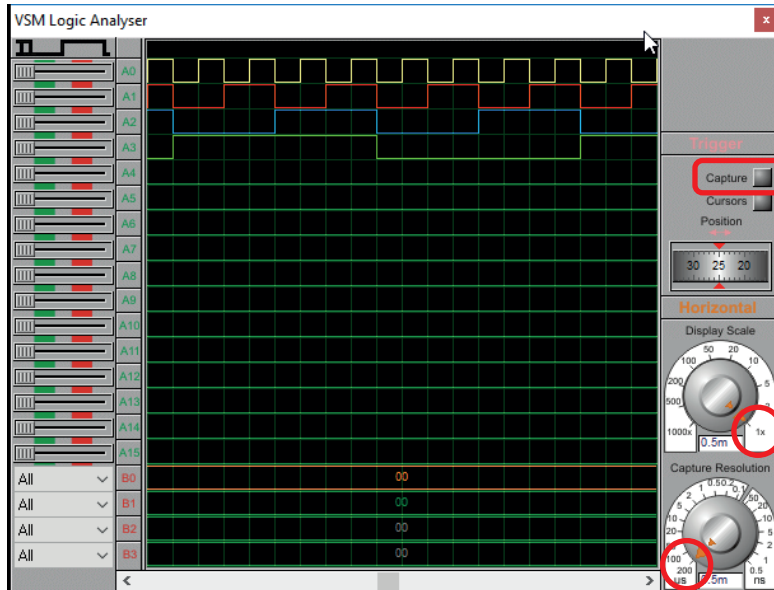


Asynkron oppverteller

QC	QB	QA	TP
			0
			1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
			8



- ☐ Start animasjon.



- QA skifter nivå på fallende flanke av TP.
- QB skifter nivå på fallende flanke av QA.
- QC skifter nivå på fallende flanke av QB.

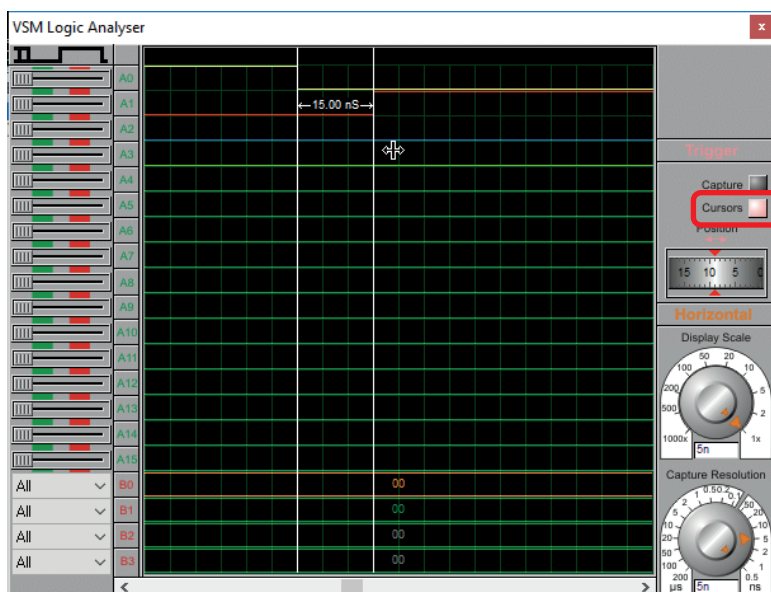
- ☐ Still inn knappene som vist og klikk på *Capture*.  
Det kan ta litt tid før bildet kommer fram første gang!



Det kan ta litt tid før bildet kommer fram etter at du har klikket på *Capture*!

### Gjennomløpstid

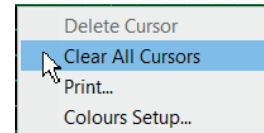
- ☐ Åpne Dig\_2-2a-2, still inn knappene som vist og klikk på *Capture*.



- ☐ Klikk på *Cursors*.
- ☐ Klikk på bakflanken på A0 (TP), hold museknappen nede og dra pekeren til forflanken på A1 (QA) og slipp.
- ☐ Les av gjennomløpstiden.

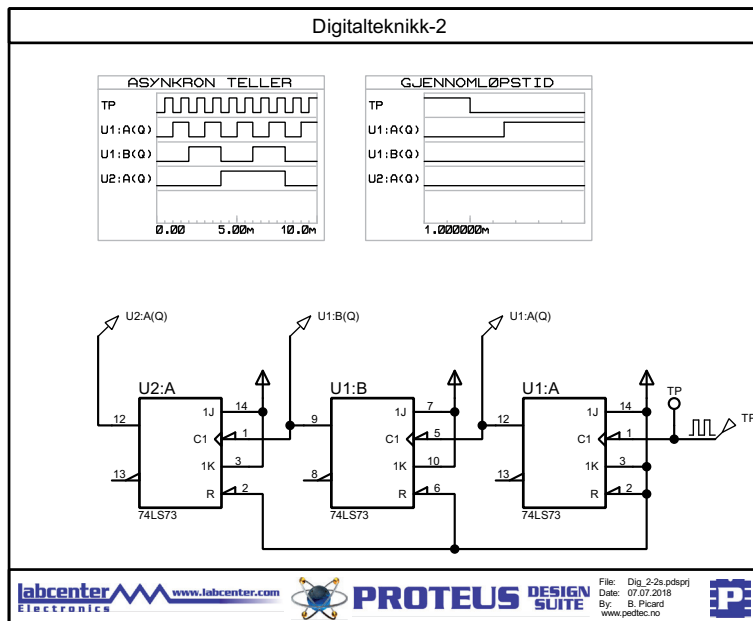
- ☐ Feiler det, høyreklikk i bildet og velg *Clear All Cursors* og prøv igjen!

$$t_{PLH} =$$

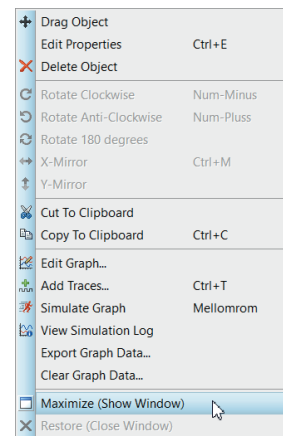
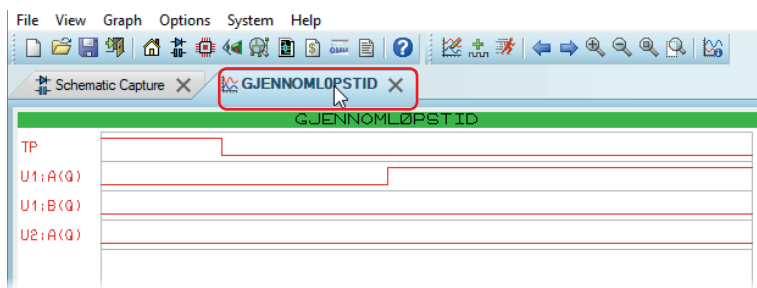


## Måling i graf

- ☐ Åpne Dig-2-2-s.



- ☐ I grafen til venstre ser du det samme mønsteret som på logikk-analysatoren.
- ☐ Klikk øverst i det grønne feltet på grafen til høyre for å maksimere den. Alternativt kan du høyreklikke i grafen og velge *Maximize (Show Window)* i menyen som spretter opp. Se til høyre.



Grafen ligger nå under egen flik. Se over.

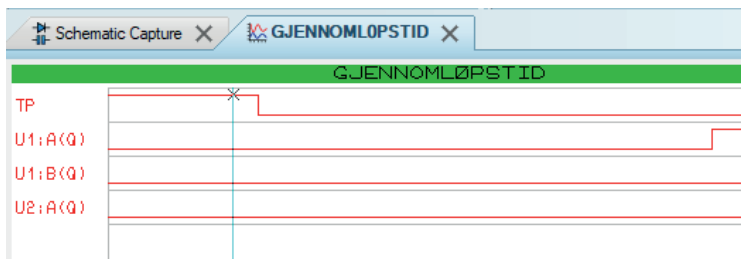
## Cursor i graf


Du kan bruke to kursorer i grafen:

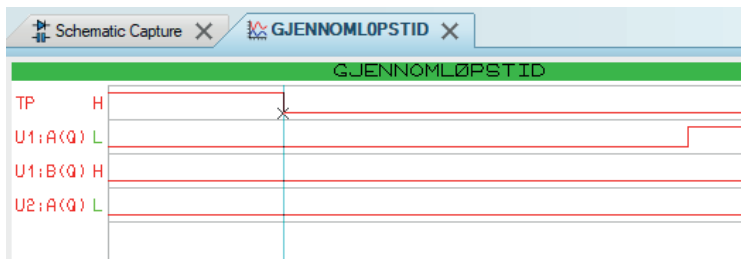
- Referanse kursor (rød)
- Kursor 2 (grønn)



- ☐ Hold  tasten inne og klikk i nærheten av den negative flanken på TP i grafen.

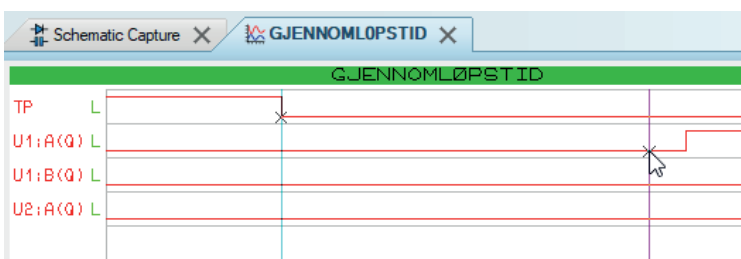


- ☐ Hold fortsatt  inne og bruk piltastene til å bevege kursoren til den ligger på flanken.

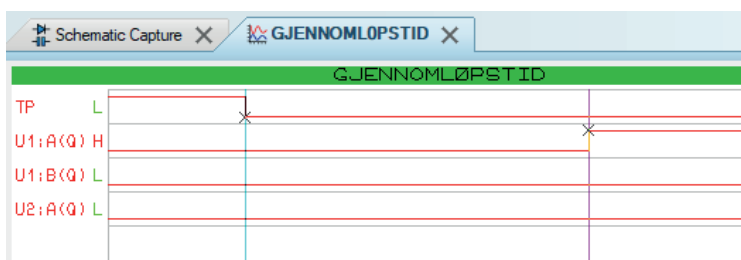


- ☐ Slipp .

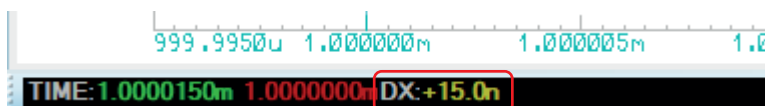
- ☐ Klikk i nærheten av den positive flanken på QA [U1:A(Q)].



- ☐ Bruk piltastene til å bevege kursoren til den ligger på flanken.



- ☐ Nede i venstre hjørnet kan du lese av avstanden mellom kursorene: DX = 15.0n (15,0 ns).  
Komma angis med ( . = punktum)



### Måling i grafer

#### Forstørre et område i grafen

For å utføre tidsmålinger i grafen kan det være nødvendig å forstørre området der vi ønsker å utføre målingen.

Framgangsmåten er :

Flytt pekeren litt over og litt til venstre for måleområdet. Hold skift-tasten og VM nede og beveg pekeren mot høyre og nedover til det blir ei ramme rundt måleobjektene. Slipp opp tastene. Det kan være nødvendig å gjenta dette til det blir en lesbar tidsforskjell mellom måleobjektene.

#### Markører

Hold Ctrl-tasten og VM nede og du får en rød markør i grafen. Beveg markøren til det punktet der målingen skal starte.

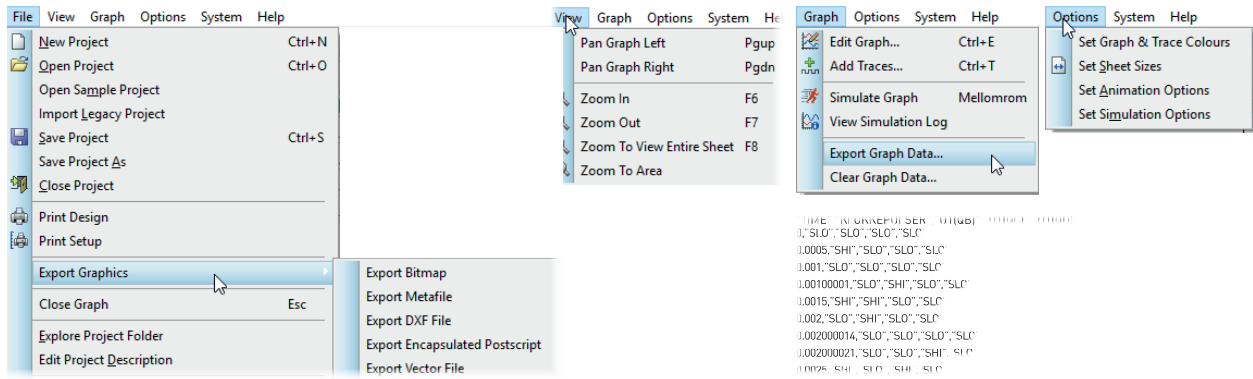
Slipp opp tastene.

Flytt pekeren mot slutten av måleområdet, hold VM nede og du får en grønn markør i grafen. Beveg den grønne markøren til punktet der målingen skal slutte. Slipp VM.

I digitale grafer kan du lett treffe flankene med kursoren ved å bruke piltastene på tastaturet (høyre og venstre).

Klikk på DX-knappen og du kan lese tidsforskjellen mellom den røde og den grønne markøren der det står DELTA.

- ☐ Legg merke til at du har flere menyvalg for grafen.



### Switching Characteristics

at  $V_{CC} = 5V$  and  $T_A = 25^\circ C$

Symbol	Parameter	From (Input) To (Output)	R <sub>L</sub> = 2 kΩ				Units
			C <sub>L</sub> = 15 pF		C <sub>L</sub> = 50 pF		
			Min	Max	Min	Max	
t <sub>MAX</sub>	Maximum Clock Frequency		30		25		MHz
t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Clear to Q		20		28	ns
t <sub>PLH</sub>	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Clear to $\overline{Q}$		20		24	ns
t <sub>PLH</sub>	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Clock to Q or $\overline{Q}$		20		24	ns

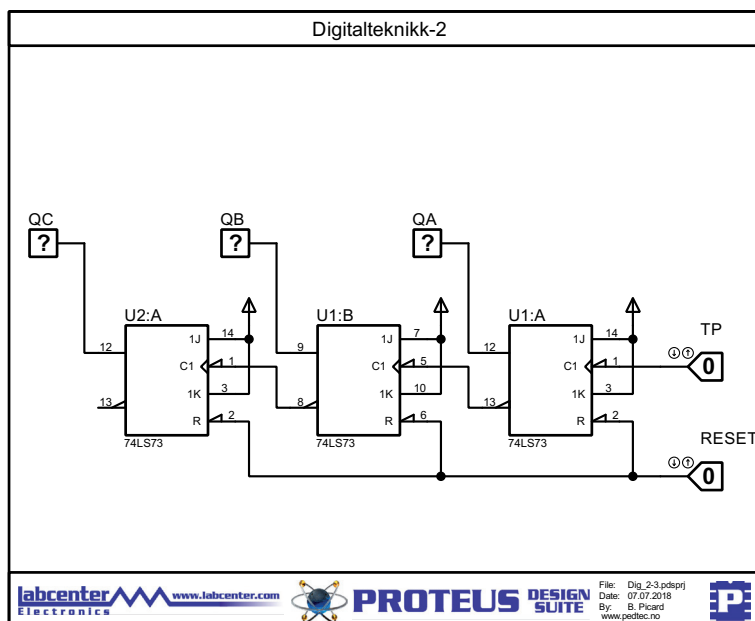
- ☐ Sammenlikne målte verdier med databladet og kommentér.



## Asynkron nedoverteller

### Animasjon

- ☐ Åpne Dig\_2-3.



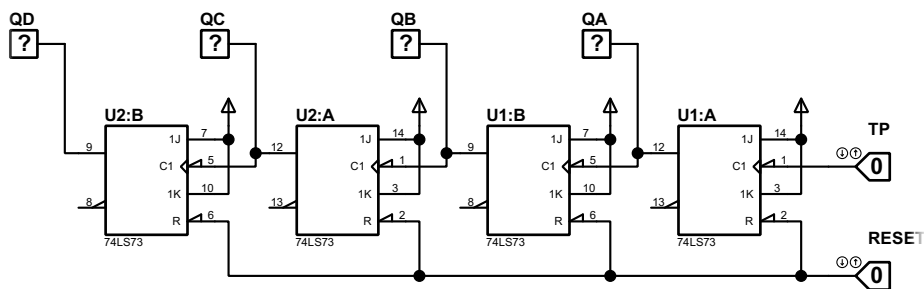
- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Reset telleren og klokke fram etter tabellen til høyre. Før inn status på utgangene QA–QC i tabellen for hver klokkepuls.
- ☐ Hva skjer med tellesekvensen dersom  $\overline{Q}$ -utgangene blir taktpuls til neste vippe?



Asynkron nedoverteller			
QC	QB	QA	TP
			0
			1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
			8

## Binærteller

## Digitaltechnik-2



Binærteller				
QD	QC	QB	QA	TP
				0
				1
				2
				3
				4
				5
				6
				7
				8
				9
				10
				11
				12
				13
				14
				15

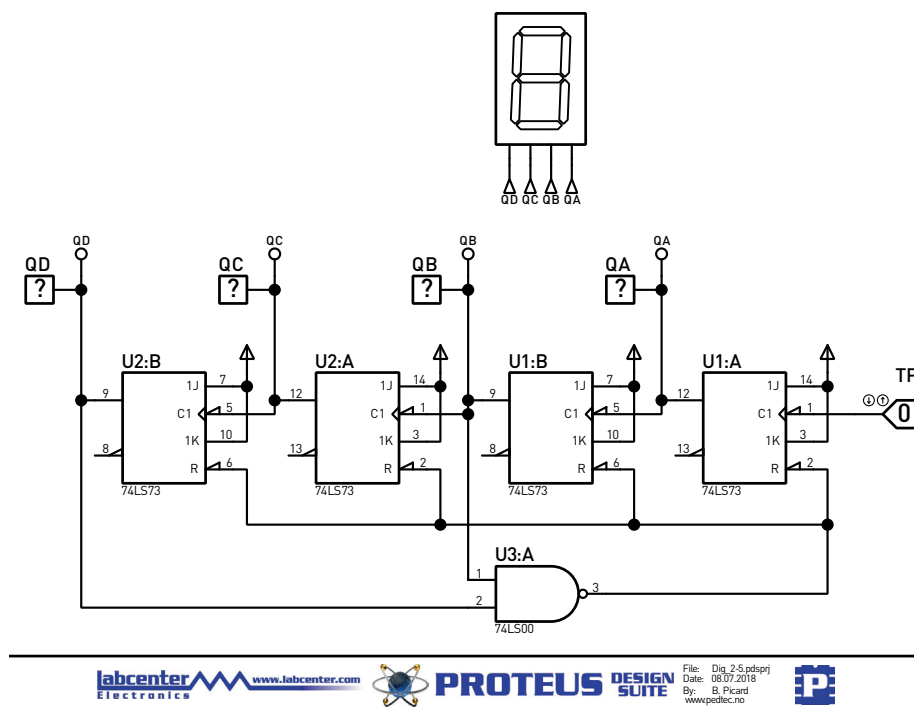
## Animasjon

## Fire bits binærteller

- ☐ Åpne fila Dig\_2-4.
- ☐ Reset telleren og klokke fram etter tabellen til høyre. Før inn status på utgangene QA–QD i tabellen for hver klokkepulv.

# Dekadeteller

## Animasjon



- ☐ Åpne fila Dig\_2-5.

Figuren viser binærtelleren fra forrige øving, men modifisert med et logisknettverk som gjør at kretsen blir en dekadeteller.

Tellesekvensen blir da:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 for så å begynne på 0 igjen.

På figuren ser du et sju-segmentdisplay tilkopleet hver av utgangene for å lettere å kunne følge tellesekvensen.

- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Klokke fram etter tabellen til høyre.  
Før inn status på utgangene QA–QD i tabellen for hver klokkepul.

Dekadeteller				
QD	QC	QB	QA	TP
				0
				1
				2
				3
				4
				5
				6
				7
				8
				9
				10

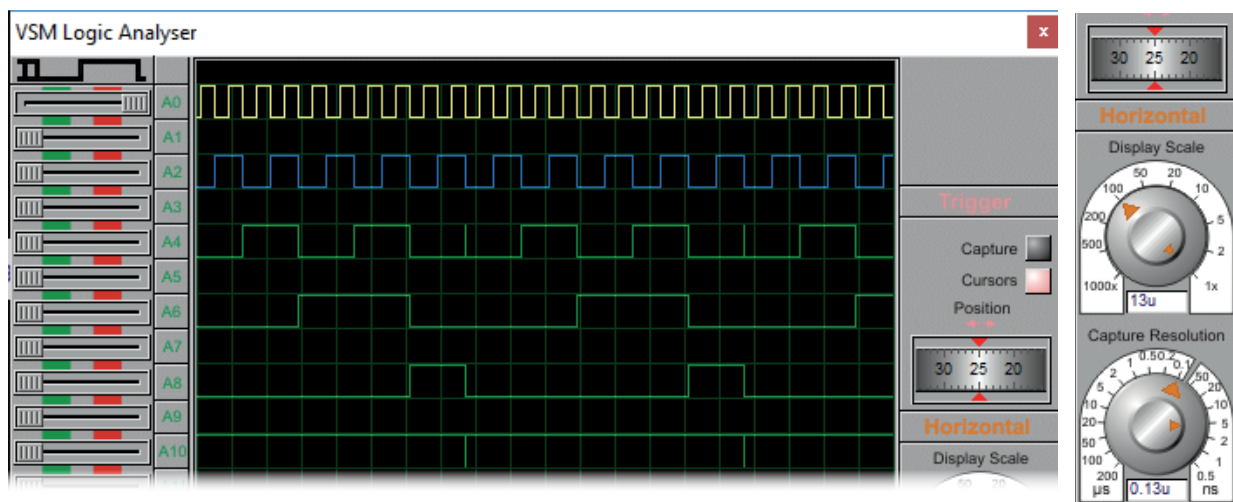
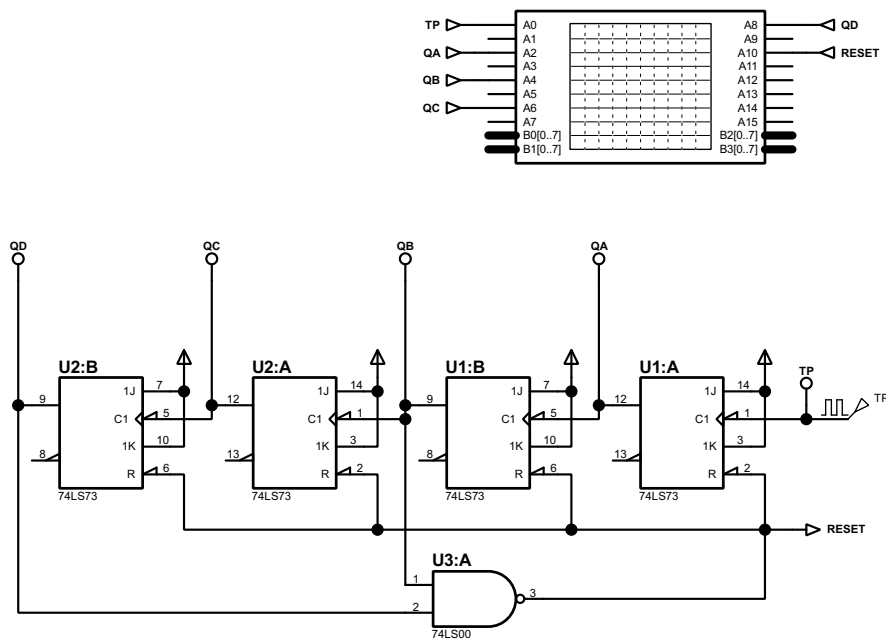
## Animasjon med logikkanalysator

- ☐ Åpne fila Dig\_2-5a, start animasjon og klikk på *CAPTURE*.  
Se neste side.

Her er det satt inn en pulsgenerator som TP.  
Videre er en logikkanalysator koplet til for å måle inn- og utgangssignaler.

Under skjemaet ser du simuleringsresultatet.





☐ Forklar hvor det oppstår «GLITCH» på QB.




---



---



---



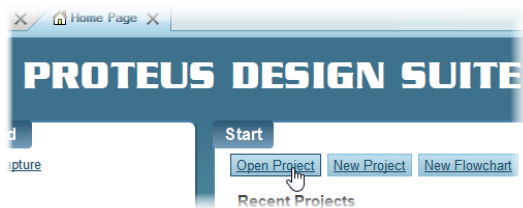
---



# Multiplekser/demultiplekser

## Åpne prosjekt

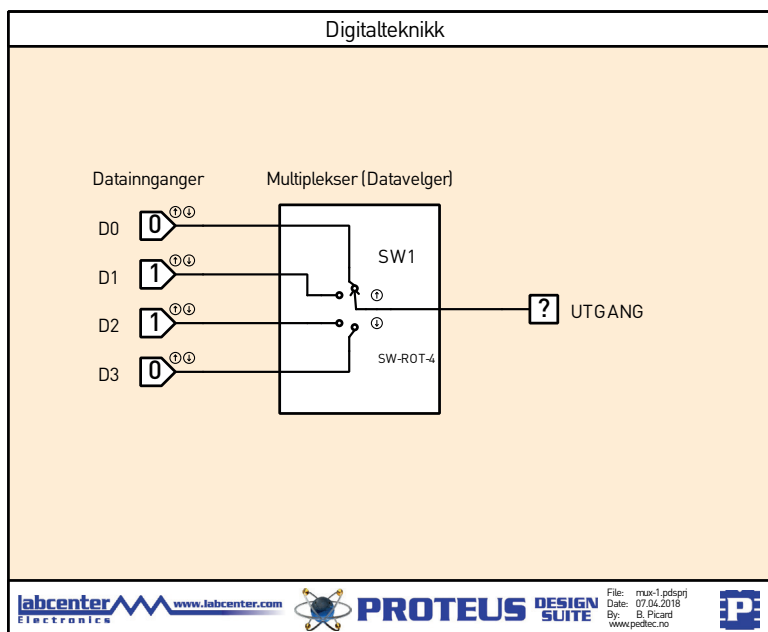
- ☐ Start Proteus.
- ☐ Klikk på Open Project.



## Multipleksere (datavelgere)

- ☐ Finn fila mux-1 som du har lagret og dobbeltklikk på den.

Skjermbildene dine kan være litt annerledes.



Multiplekser/-demultiplekser	12 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		



- ☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.
- ☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.




Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.



En multiplekser er en elektronisk krets som vi kan bruke til å velge ett av flere inngangssignaler og sende signalet til én utgang. Her er multiplekseren en rotasjonsvender som velger én inngang av gangen.

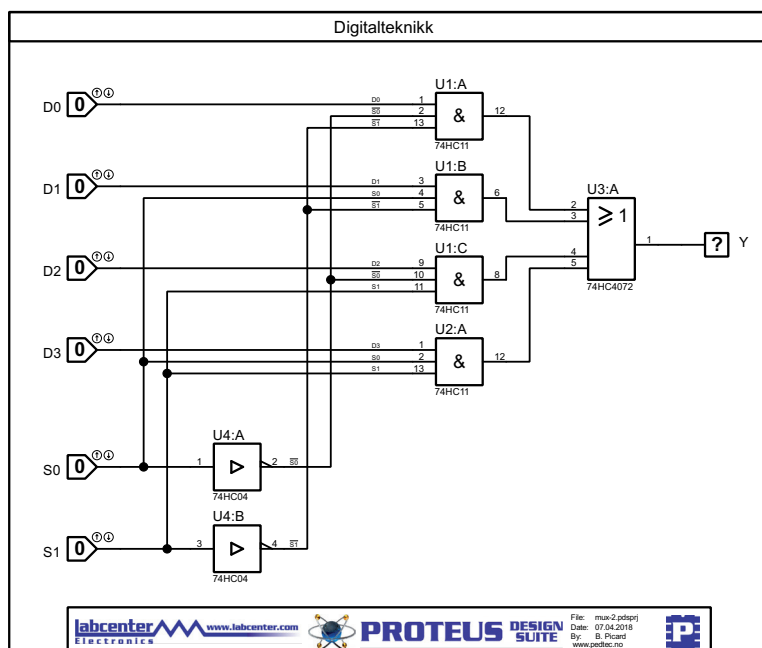
## Start simulering

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.
- ☐ Regulér venderen og observer hvordan utgangssignaler endres i takt med valgt inngang.

- ☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på .



- ☐ Åpne mux-2.



### Betingelser for at data skal «slippe» gjennom OG-portene

S0	S1	D0	D1	D2	D3
0	0	✓	✗	✗	✗
0	1	✗	✓	✗	✗
1	0	✗	✗	✓	✗
1	1	✗	✗	✗	✓

Som du kanskje ser er kombinasjonene av S0 og S1 tallene 0 – 3<sub>2</sub> (0 – 3 binært).

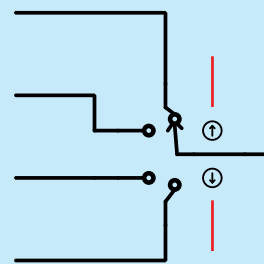
Data som legges ut på utgangen Y er da nivået på den datainngangen (D0 – D3) som er aktiv.

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.



### Betjening av vender

Du kan regulere venderen ved å klikke på pil opp ...



... eller pil ned.

**D0**

- ☐ Sett  $S0 = 0$  og  $S1 = 0$ .
- ☐ Veksle D0 mellom 0 og 1 og følg med på utgangen Y.
- ☐ Veksle på de andre datainngangene og følg med på utgangen Y.

**D1**

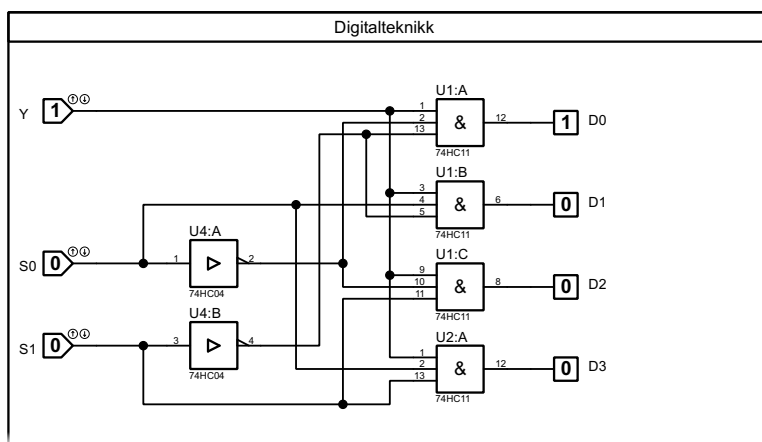
- ☐ Sett  $S0 = 0$  og  $S1 = 1$ .
- ☐ Veksle D1 mellom 0 og 1 og følg med på utgangen Y.
- ☐ Veksle på de andre datainngangene og følg med på utgangen Y.

**D2 og D3**

- ☐ Gjenta for D2 og D3.
- ☐ Stopp animasjon.

**Demultiplekser**

- ☐ Åpne mux-2a.



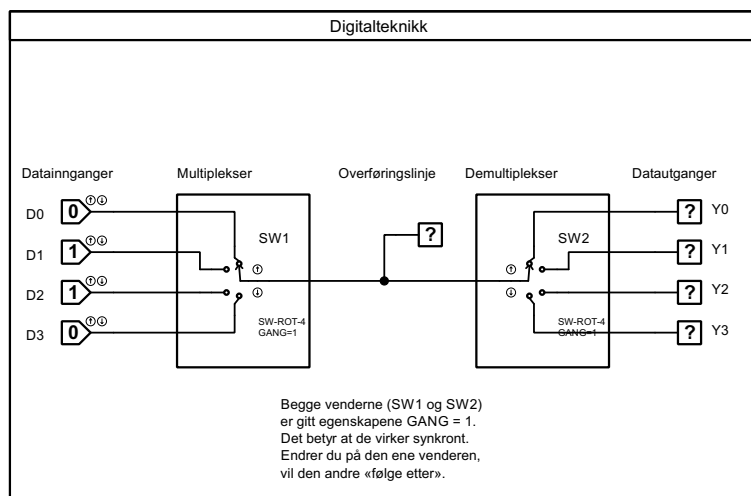
- ☐ Start animasjon og observer hvordan data fra Y distribueres til D0 – D3 når du varierer adresseinngangene S0 – S1 etter tabellen til høyre.
- ☐ Forklar virkemåten.



S0	S1
0	0
0	1
1	0
1	1

## Mux / Demux

□ Åpne mux-3.



### GANG = 1

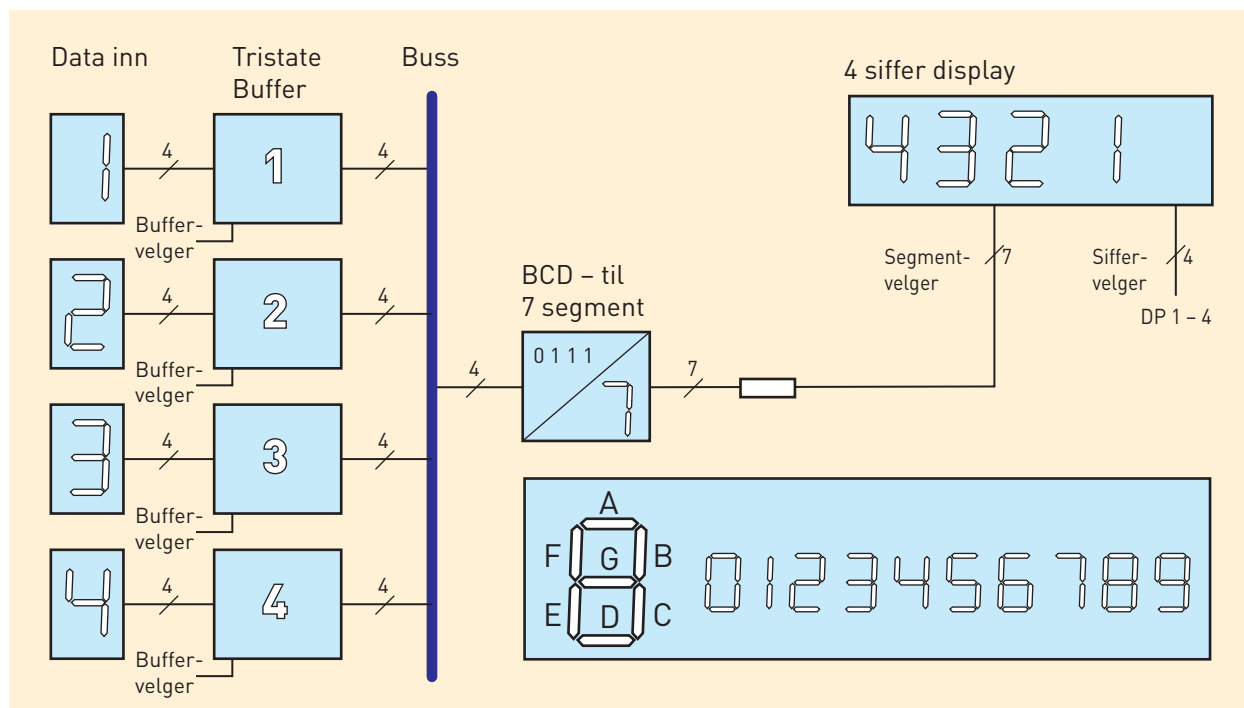
Begge venderne (SW1 og SW2) er gitt egenskapene GANG = 1. Det betyr at de virker synkront. Endrer du på den ene venderen, vil den andre «følge etter».

#### Edit Component

Part Reference: SW1  
 Part Value: SW-ROT-4  
 Element:   
 Off Resistance: 100M  
 On Resistance: 0.01  
 Switching Time: 1m  
 Other Properties: GANG=1

□ Start animasjon og observer hvordan data overføres fra *Data-innganger* via *Overføringslinje* til *Datautganger* når du endrer stilling på en av venderne SW1 eller SW2.

## Et lite 4-bits system



Blokkskjema

Figuren over viser et system hvor fire 4-bits datakilder skal vises på et display med fire siffer.

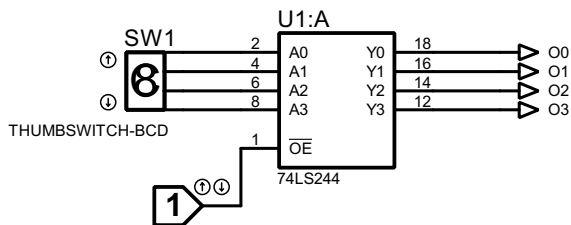


## Forklaring til blokkskjemaet

Data inn	Tommelhjul-vendere som kan stilles inn til å gi fire bit ut: $(0000 - 1001)_2 = (0 - 9)_{10}$
Tristate buffer	Fire bit inn. Fire bit ut når <i>Buffervelger</i> er aktiv. Når <i>buffervelger</i> ikke er aktiv er utgangene isolert fra <i>Bussen</i> (høy impedans) . Synkroniseres med <i>Siffervelgeren</i> på displayet
Buss	«Sammleskinne» for data
BCD – 7 segment	Omvandler data på inngangen til å vises på et 7 segment display. Synkroniseres med <i>Buffervelgeren</i> på <i>Tristate Buffer</i> .
4 siffer display	Displayet viser kun ett av sifferne av gangen. Siffervelgeren bestemmer hvilket siffer som skal vises

### Data inn og Tristate Buffer

- ☐ Åpne mux-4 a.



- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Sett OE til «1» (HØY) og variér SW1.
- ☐ Hva skjer på utgangene av U1:A?



- ☐ Sett OE1 til «0» (LAV) og variér SW1.
- ☐ Hva skjer på utgangene av U1:A nå?



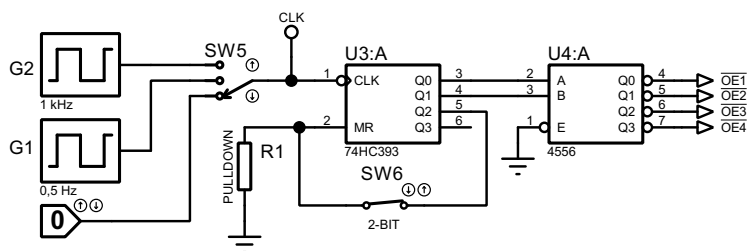
- ☐ Klikk på STOP nede til venstre eller trykk to ganger på .

## OE-kontroll (Output Enable)

- ☐ Åpne mux-4b.
- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Variér SW5 og beskriv hva som skjer.



- ☐ Åpne mux-4c.



Her er SW5 og RN1 fra figur Mux-4b byttet ut med to klokkegeneratorer og en LOGIC STATE giver.

SW5 velger frekvens på klokkesignalet CLK.

SW6 gjør at telleren U3:A resettes når utgangen Q2 blir HØY.

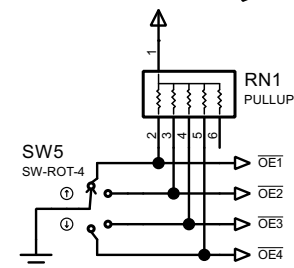
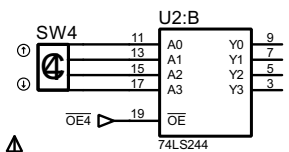
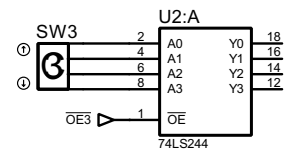
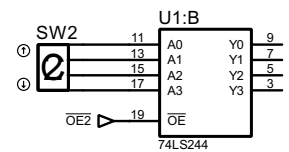
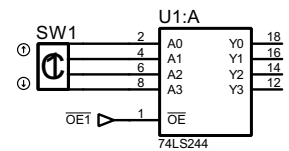
Telle-sekvensen blir derfor 0 - 1 - 2 - 3 (desimalt).

Kombinasjoner av inngangene A og B på U4:A velger én av utgangene som er enable-signaler til tristate-bufferne U1:A – U2:B.

- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Klikk gjentatte ganger på LOGIC STATE inngangen og kommentér hvordan nivåene på OE1 – OE4 på utgangen av U4:A endres.



- ☐ Klikk på SW5 til G1 blir CLK-signalet og følg med på utgangene på U1:A – U2:B.
- ☐ Er virkemåten for de to kretsene lik?

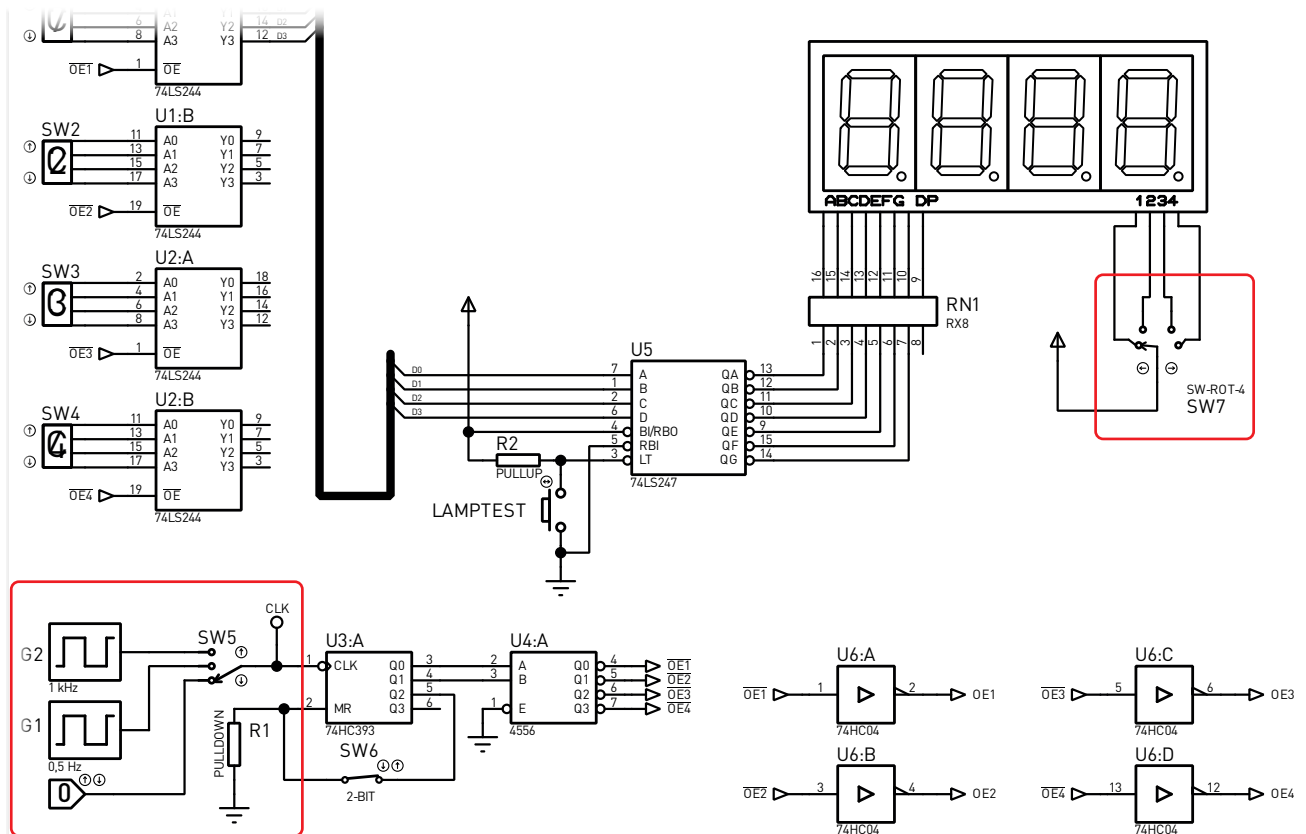


Mux-4b



## BCD-7 segment dekode og display

- ☐ Åpne mux-4d.
- ☐ LOGIC STATE skal være LAV (0) og være klokkeinnang.
- ☐ Start animasjonen.



- ☐ Rotér SW7 og forklar hva som skjer.




---



---



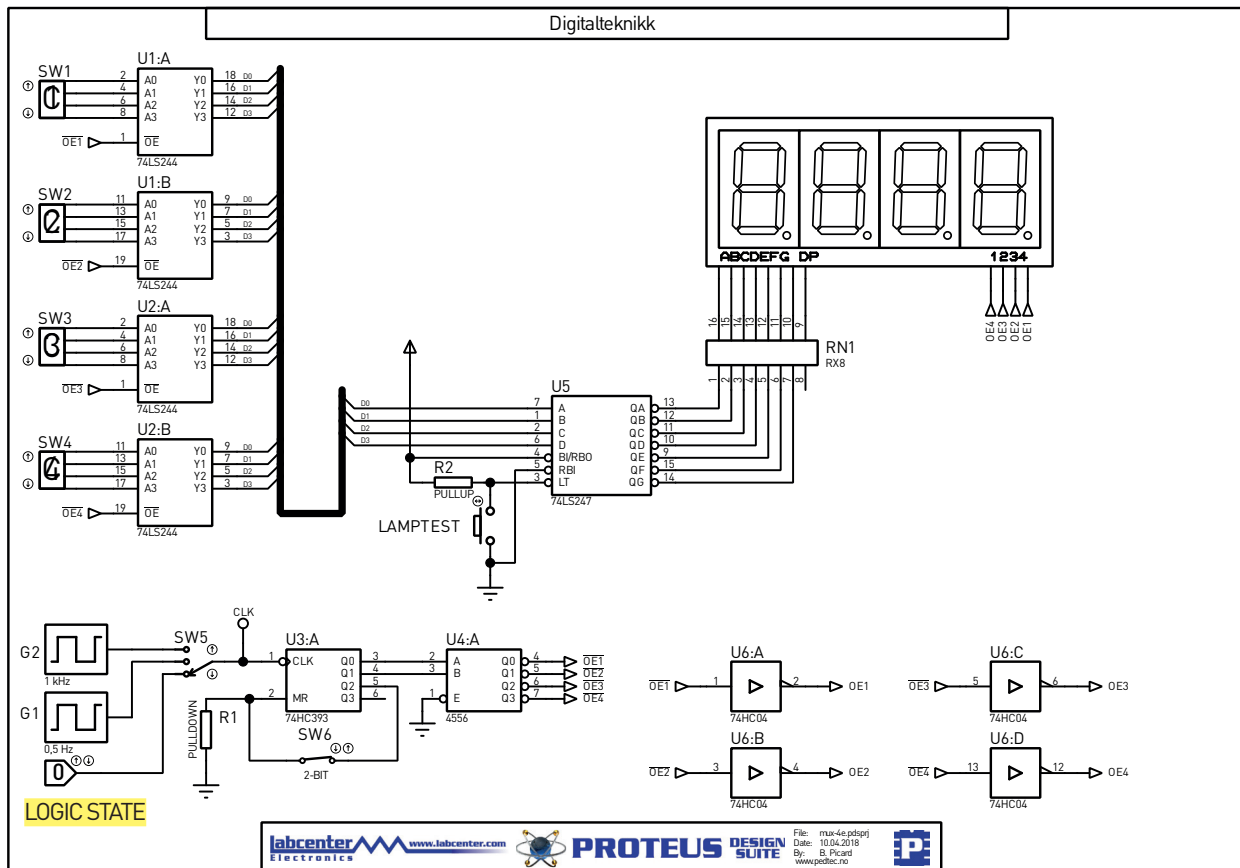
---



---

## Multiplexset buffer og display

- ☐ Åpne mux-4e og start animasjon.



- ☐ Still SW5 til manuelle klokkepulser.
- ☐ Klikk gjentatte ganger på LOGIC STATE og forklar hva som skjer på displayet.




---



---

- ☐ Still SW5 til G1 (0,5 Hz) og følg med på displayet.
- ☐ Still SW5 til G1 (1 kHz) og følg med på displayet.
- ☐ Forklar hvorfor du nå ser alle sifterne på displayet samtidig.




---

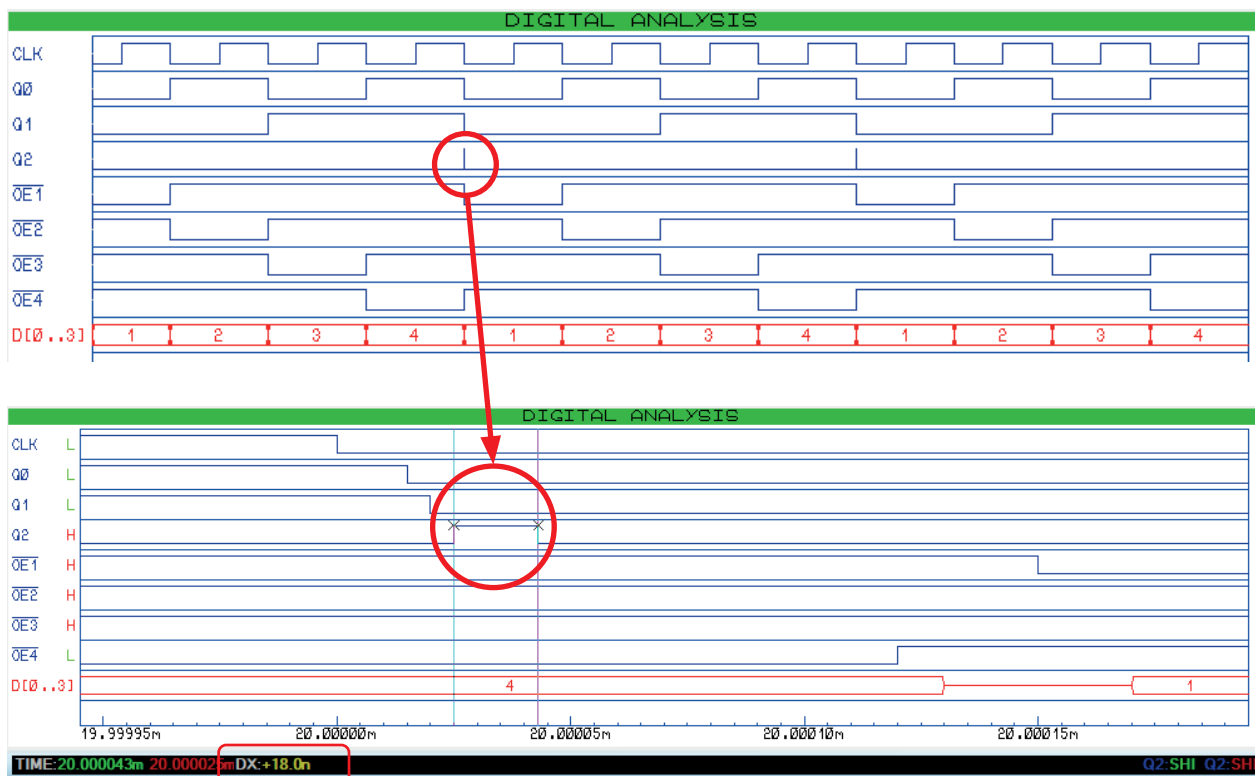
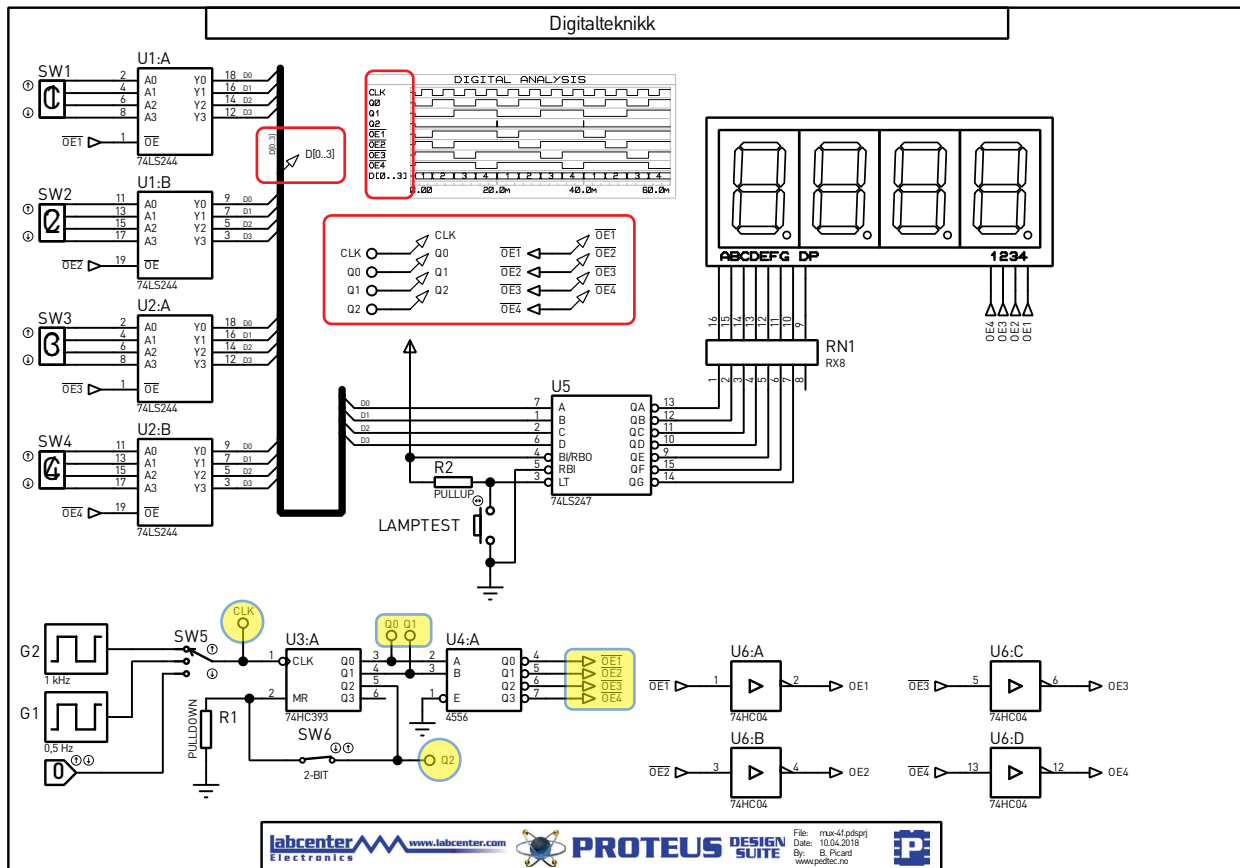


---



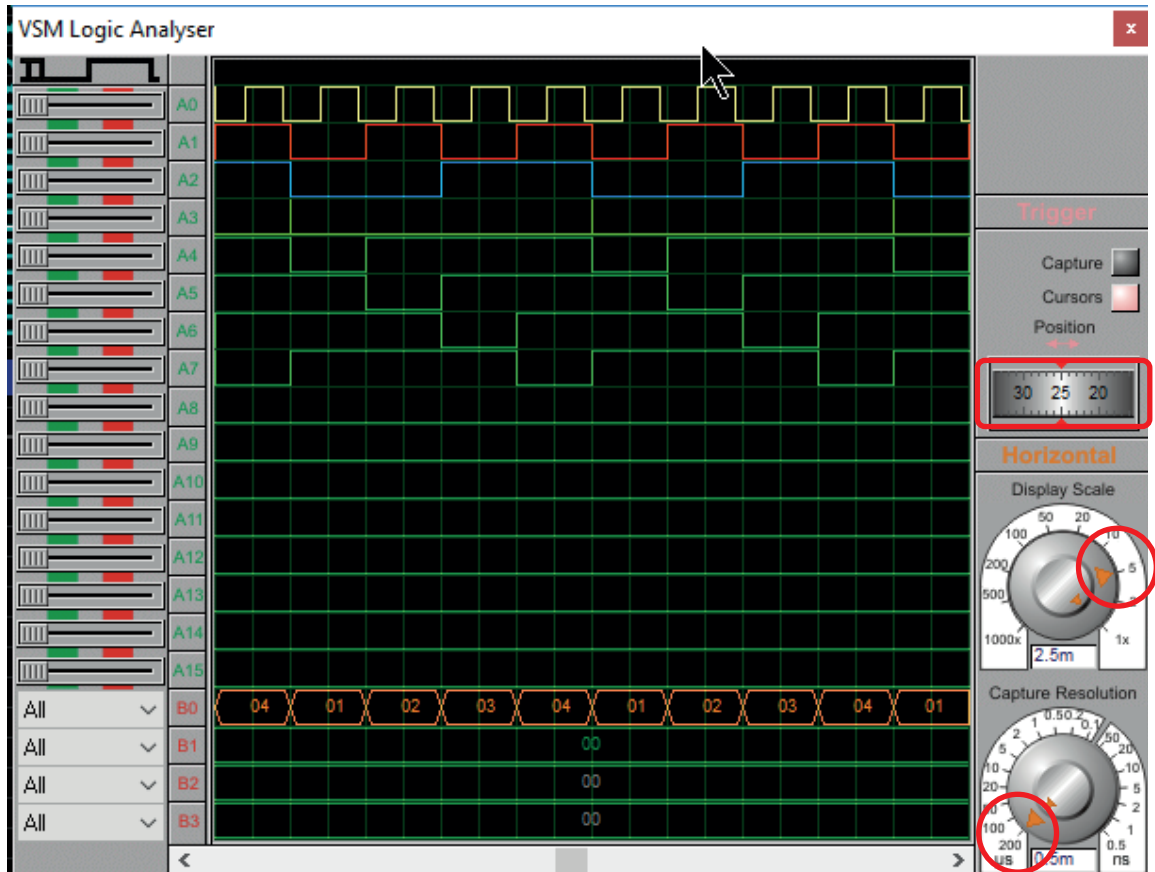
## Simulering i graf

- Åpne mux-4f. Start simulering og maksimér grafen. Zoom opp og mål bredden på glitchen – se nederst.

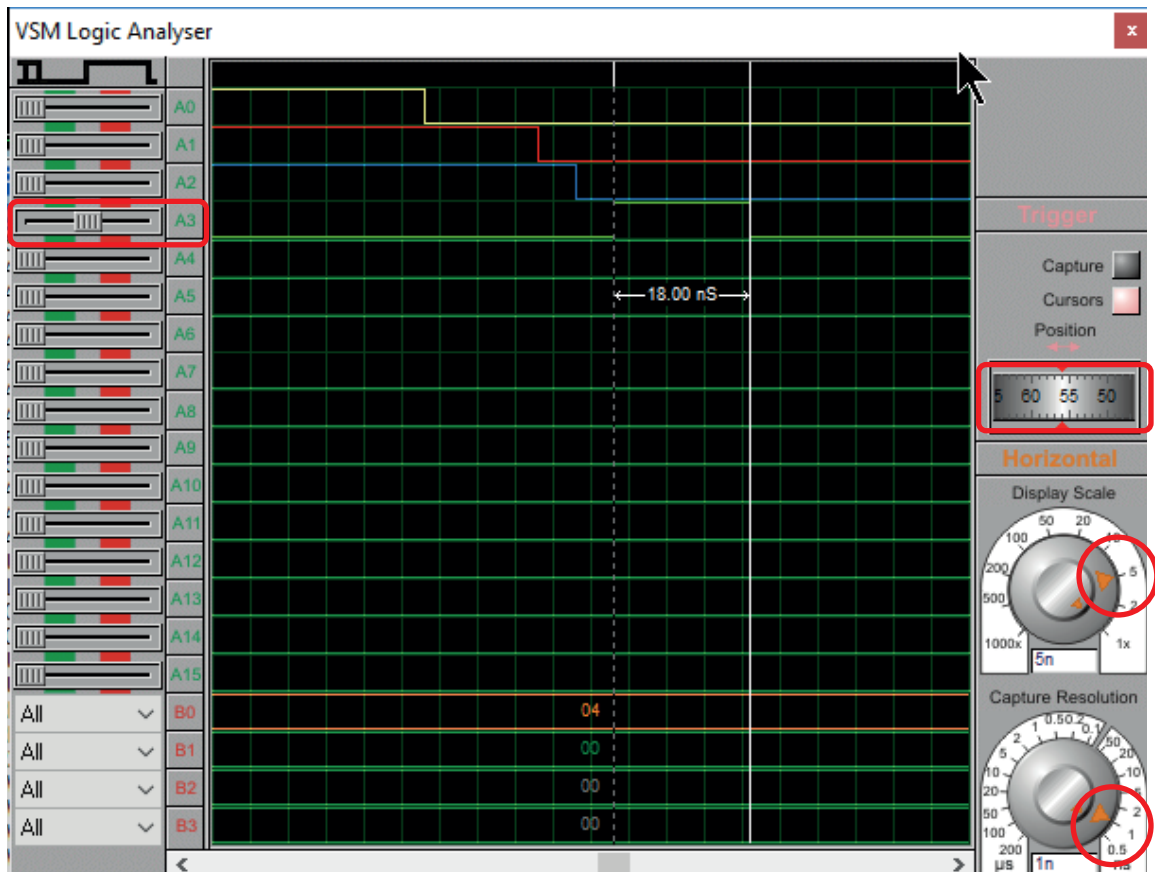


Simulering i graf. «Glitchen» som resetter telleren er 18 ns bred





□ Åpne fila mux-4h.







### Adresseteller (DP1)

DP1 viser status på RAMets (U1) adresseinngangene A0–A3. Merk at dette displayet kun er ment som et hjelpemiddel for å se adressene.

Displayet har innebygd dekode og driver og trenger derfor ikke serieresistorer for å begrense strømmen i segmentene. Det finnes displayer med innebygde serieresistorer og dekode, men de ”koster flekk”.

Skal denne kretsen koples opp, må du bruke dekode/driver og serieresistorer for å begrense strømmene i segmentene. Se displayet DP2.

### Terminaler

TERMINALER med samme navn har elektrisk forbindelse.

Kontrollinngangene  $\overline{OE}$  (20) og  $\overline{WE}$  (21) på RAMet (U1) er koplet til terminaler som er gitt samme navn.

Nederst til venstre i skjemet ser du R3 og R4 er koplet til terminaler med navnene  $\overline{OE}$  og  $\overline{WE}$ .

Det er altså forbindelse mellom R3 og  $\overline{OE}$  (20) og mellom R4 og  $\overline{WE}$  (21).

	Default
	Input
	Output
	BIDIR
	POWER
	GROUND
	BUS
	ENTRY



#### Terminaler

TERMINALER med samme navn har elektrisk forbindelse.

Bruk terminaler i skjemaene. Det gir bedre oversikt og det er lettere å gjøre endringer.

TERMINALS er *ikke* fysiske terminaler. Skal du for eksempel kople en rekkeklemme til GND og VCC må du hente rekkeklemme fra biblioteket.

### RAM (U1)

Adresseinngangene A4–A10 skal ikke brukes og er derfor jordet.

Kontrollsignaler er  $\overline{CE}$ ,  $\overline{OE}$  og  $\overline{WE}$ .  $\overline{CE}$  (Chip Enable) ligger fast LAV (aktivt nivå).

På høyre side av RAMet har pinnene navnene D0–D7. Dette er både data inn- og data-utganger.

$\overline{OE}$  og  $\overline{WE}$  er koplet til impulsbryteren LES/ $\overline{SKRIV}$ . Den har to stillinger: ubetjent og betjent. Når den ikke er betjent ligger  $\overline{OE}$  LAV og  $\overline{WE}$  HØY. D0–D7 på RAMet er da utganger.

Impulsbryteren er koplet til PULLUP-resistorene R3 og R4 for å sikre et definert logisk nivå, HØY eller LAV.

Når  $\overline{WE}$  er ubetjent er D0–D7 data-utganger ( $\overline{OE}$  er aktiv). Når  $\overline{WE}$  er betjent, er D0–D7 data innganger ( $\overline{OE}$  er inaktiv). Da kan vi skrive data inn i RAMet.

### TRISTATE BUFFER (U3:A og U3:B)

Data som skal skrives inn i RAMet legges på inngangene av U3 med DIP-switchene DSW1 og DSW2.







Når du skal fylle ut tabellen er det kanskje lettest å finne ut vilke aktive segmenter det er flest eller færrest av. I første rad skal displayet vise tallet 0. Alle segment unntatt g skal være lave. I neste rad skal bare b og c lyse.

## Programmering av RAMet

### Framgangsmåte

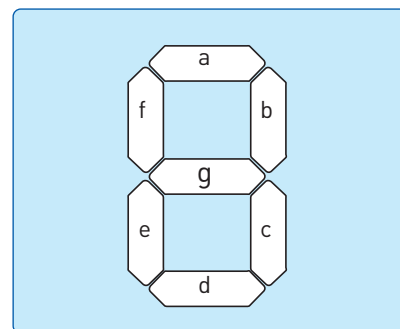
- ☐ Start animasjonen (klikk på PLAY-knappen) eller trykk på .

***Du må ikke stoppe animasjonen! Gjør du det mister du programmet.***

- ☐ Sett venderen CLK til manuelle klokkepulser.
- ☐ Reset telleren hvis den ikke viser 0 på DP1.

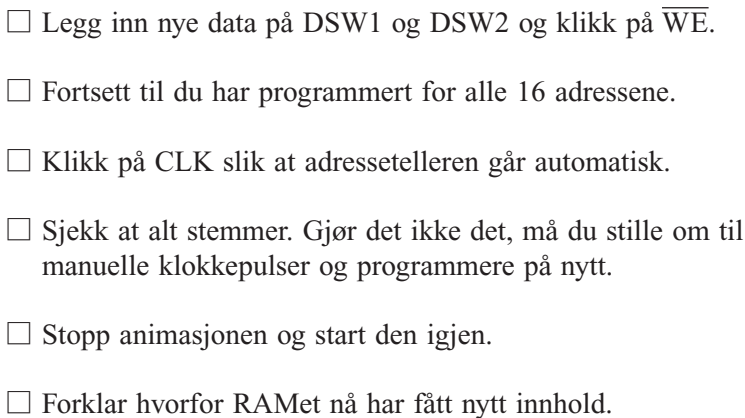
Programmeringsunderlag

Adressteller DP1	Display DP2	DSW1 8 7 6 5	DSW2 8 7 6	<-- Segment
		a b c d	e f g	
0	0	0 0 0 0	0 0 1	
1	1	1 0 0 1	1 1 1	
2	2	0 0 1 0	0 1 0	
3	3			
4	4			
5	5			
6	6			
7	7			
8	8			
9	9			
A	A			
b	b			
c	c			
d	d			
E	E			
F	F			



Display 2 (DP2) skal vise status på adresstelleren, altså det samme som vises på DP1.

- ☐ Fyll ut resten av tabellen.
- ☐ Sett DSW1 og DSW2 til de posisjonene tabell 1 viser.
- ☐ Klikk på  $\overline{WE}$ .
- ☐ Sjekk at displayet DP2 viser som forventet.
- ☐ Avanser telleren med ny puls på MAN.



## EPROM–Erasable Programmable Read Only Memory

EPROM, eller elektronisk programmerbare read-only minne, er et lagringssystem som brukes i databehandlingen. EPROM minnet kan holde data uten en konstant strømforsyning, og kan omprogrammeres elektrisk.

EPROM lagrer elektroniske data som må være tilgjengelig, selv om strømmen er slått av. EPROM minnet er også brukt i andre elektroniske enheter så som sanntid klokke. I disse enhetene, lagrer EPROM viktig informasjon som kalibreringsdata.

### Intel Hex format

Et format som brukes blant annet til å lagre data i EPROMer.

Tabell 1 The 6 fields which comprise a Hex-record are defined as follows:

Intel Hex format						
<p><b>INTRODUCTION</b></p> <p>Intel's Hex-record format allows program or data files to be encoded in a printable (ASCII) format. This allows viewing of the object file with standard tools and easy file transfer from one computer to another, or between a host and target. An individual Hex-record is a single line in a file composed of many Hex-records.</p> <p><b>HEX-RECORD CONTENT</b></p> <p>Hex-Records are character strings made of several fields which specify the record type, record length, memory address, data, and checksum. Each byte of binary data is encoded as a 2-character hexadecimal number: the first ASCII character representing the high-order 4 bits, and the second the low-order 4 bits of the byte.</p>						
Field	1	2	3	4	5	6
	Startcode	Bytecount	Address	Type	Data	Checksum
Description	An ASCII colon, ":"	The count of the character pairs in the data field	The 2-byte address at which the data field is to be loaded into memory	00, 01, or 02	From 0 to n bytes of executable code, or memory loadable data.  n is normally 20 hex (32 decimal) or less	The least significant byte of the two's complement sum of the values represented by all the pairs of characters in the record except the start code and checksum

Each record may be terminated with a CR/LF/NULL. Accuracy of transmission is ensured by the byte count and checksum fields.



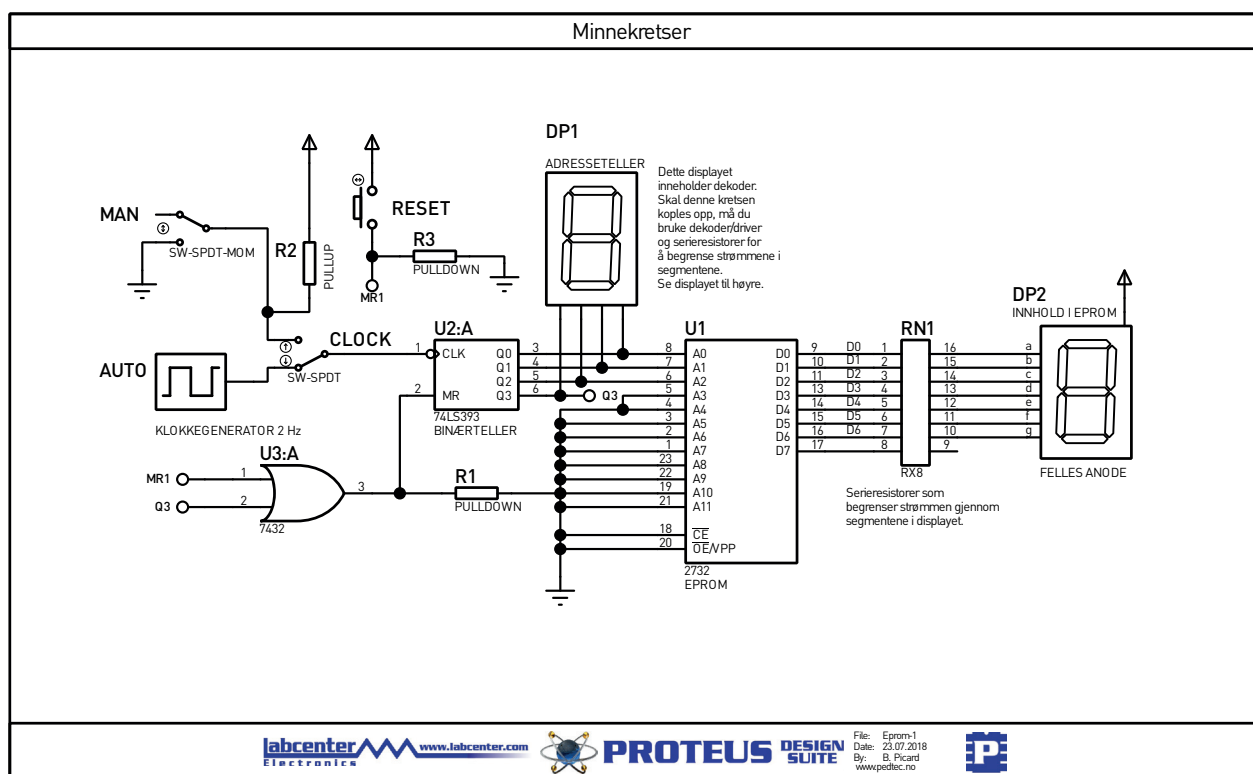
## HEX-RECORD TYPES

Tabell 2 There are three possible types of Hex-records.

00	A record containing data and the 2-byte address at which the data is to reside.
01	A termination record for a file of Hex-records. Only one termination record is allowed per file and it must be the last line of the file. There is no data field.
02	A segment base address record. This type of record is ignored by Lucid programmers.

### Eksempel 1

□ Åpne fila Eprom-1.



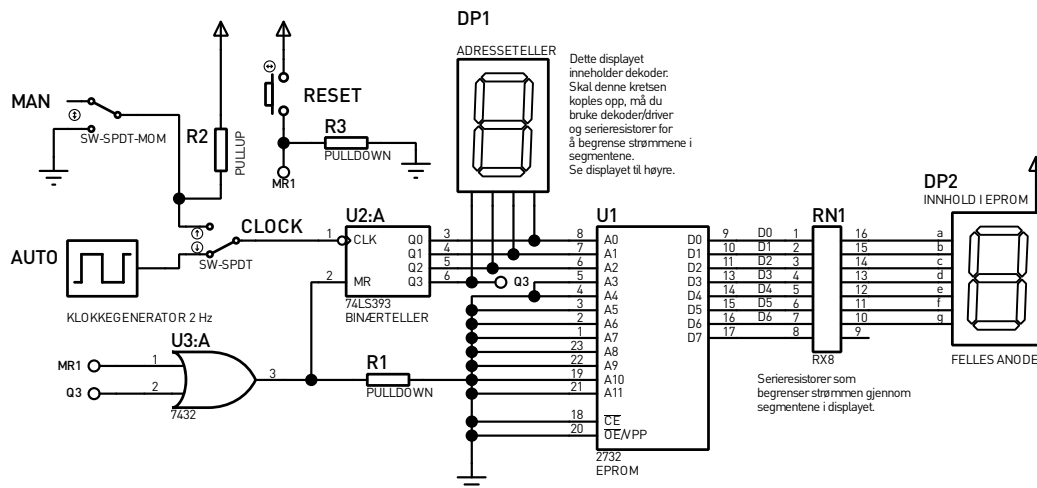
### Klokkesignaler [CLOCK]

Øverst til venstre ser du impulsbryteren MAN. Den brukes til å gi manuelle klokkepulser.

Venderen CLOCK velger mellom manuelle klokkepulser og klokkepulser fra pulsgeneratoren AUTO.

### Adresseinnganger (DP1)

DP1 viser status på adresseinngangene A0–A3. Merk at dette displayet kun er ment som et hjelpemiddel for å se adressene. Displayet har innebygd dekoder og driver og trenger derfor ikke serieresistorer for å begrense strømmen i segmentene. Skal denne kretsen koples opp, må du bruke dekoder/driver og serieresistorer for å begrense strømmene i segmentene. Se displayet DP2 til høyre i skjemaet. Det finnes displayer med innebygde serieresistorer og dekoder, men de «koster flekk».



### DISPLAY DP2

Som du ser er displayet DP2 koplet til utgangene på EPROMen via resistorpakken RN1. Resistorene i pakken er koplet til hvert segment og fungerer som strømbegrensere. Displayet er av typen felles anode. Det betyr at utgangene på EPROMen må ligge til LAV for at det skal gå strøm i segmentene.

### ELLER-porten U3:A

Når utgangen på eller-porten går HØY vil telleren U2:A nullstilles.

### TELLER U2:A

Utgang Q3 går høy når telleren har avansert til  $8_{10} = 1000_2$ . Da vil telleren resettes.

Q3 ELLER MR1 vil resette telleren.

## Øving 1

### Tellesyklus

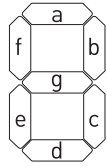
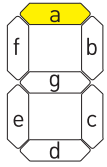
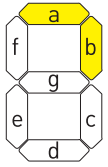
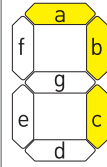
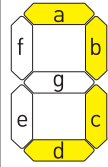
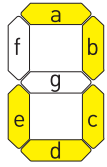
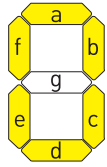
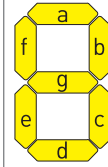
Utgangspunktet er at alle segmentene er slukket, Vi ønsker å tenne ett segment av gangen. Segmentene skal forbli tent helt til alle er tent. Deretter skal alle slukke. Se tabell 3.

### Skrive HEX-fil til EPROMen

For oversiktens skyld gjengir vi tabell 1.



## Displayvisning for de forskjellige adressene

Adresse	Desimal	0	1	2	3	4	5	6	7
	Binær	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
	Hex	00	01	02	03	04	05	06	07
									

## Data for de forskjellige adressene

Data	Adresse	0	1	2	3	4	5	6	7
	Binær	111 1111	111 1110	111 1100	111 1000	111 0000	110 0000	100 0000	000 0000
	Hex	7F	7E	7C	78	70	60	40	00

Nedenfor er første linje i programmet (alle segmentene er slukket):

1. **Start Code:** Semikolon ":".
2. **Byte count:** Antall tegnpar (hex) i datafeltet "01".
3. **Address:** 2 byte (00 00) adresse hvor dataene skal lagres.
4. **Record Type:** 00 (normale data).
5. **Data:** 7F.
6. **Checksum:** Sum av alle hexpar (untatt Start Code ":"), pluss Checksum skal være 00. I tabell 5 har vi regnet ut checksum.

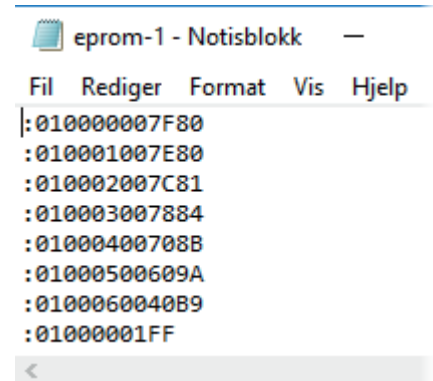
## Beregning av Checksum

Field	Address	00	01	02	03	04	05	06	07
2	Byte count	01	01	01	01	01	01	01	00
3	Adress (MS)	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00
	Address (LS)	+ 00	+ 01	+ 02	+ 03	+ 04	+ 05	+ 06	+ 00
4	Record Type	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00
5	Data	+ 7F	+ 7E	+ 7C	+ 78	+ 70	+ 60	+ 40	
	Sum	80	80	7F	7C	75	66	47	01
6	Checksum	100 - 80 = 80	100 - 80 = 80	100 - 7F = 81	100 - 7C = 84	100 - 75 = 8B	100 - 66 = 9A	100 - 47 = B9	100 - 01 = FF

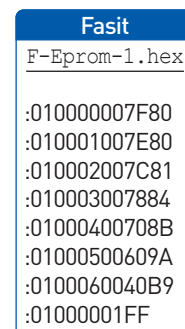
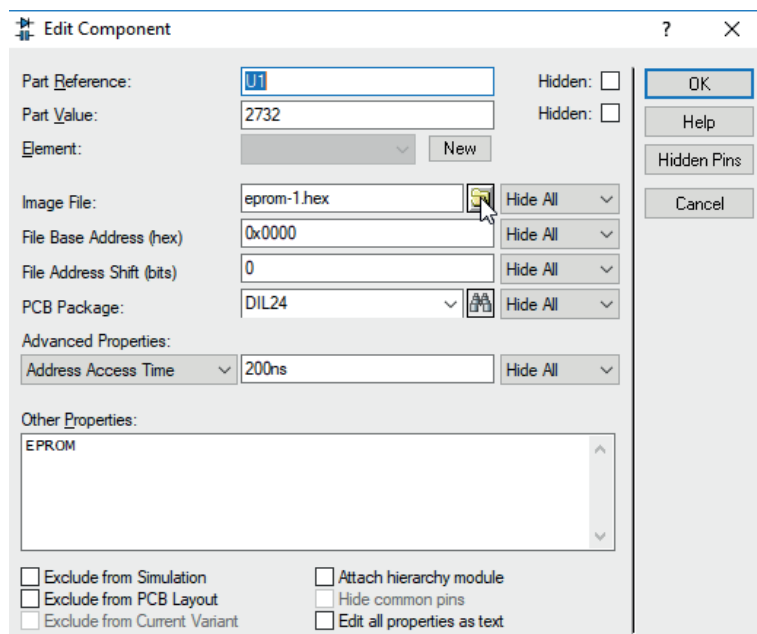
- ☐ Åpne Notepad og skriv inn innholdet i tabellen under.  
**OBS!** Det skal ikke være mellomrom mellom tegnene.

#### Innhold i EPROM

Startcode	Bytecount	Address		Type	Data	Checksum
		MSB	LSB			
:	01	00	00	00	7F	80
:	01	00	01	00	7E	80
:	01	00	02	00	7C	81
:	01	00	03	00	78	84
:	01	00	04	00	70	8B
:	01	00	05	00	60	9A
:	01	00	06	00	40	B9
:	00	00	00	01		FF



- ☐ Lagre fila som eprom-1.hex.
- ☐ Dobbeltklikk på U1.

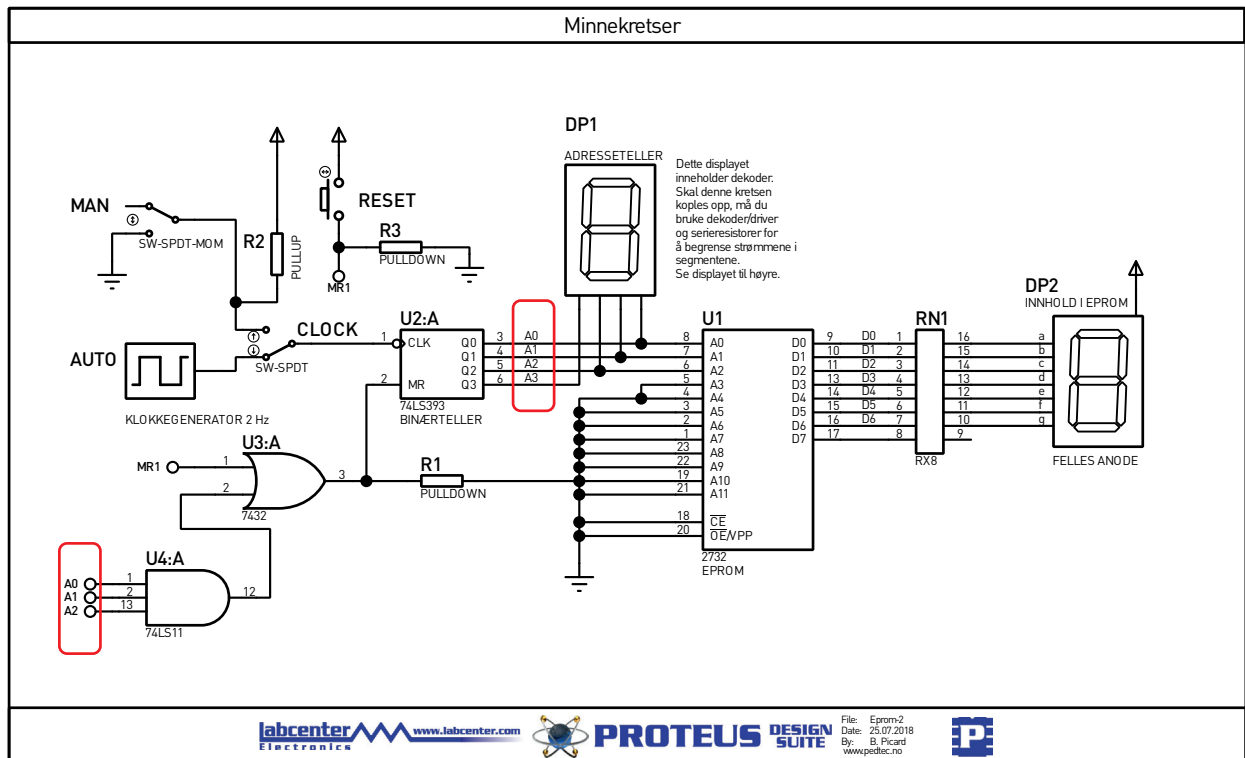


- ☐ Klikk på mappesymbolet til høyre for feltet Image File.
- ☐ Let fram fila eprom-1.hex som du lagret og dobbeltklikk på den.
- ☐ Lukk dialogboksen og start animasjonen.
- ☐ Sett CLOCK til AUTO og kontroller at displayet viser riktig.



## Øving 2

☐ Åpne E<sub>prom</sub>-2.



☐ Telleren U2:A nullstilles fra ELLER-porten U3:A.

☐ Forklar.




---



---



---

☐ Skriv et program som viser denne rekkefølgen på DP2:

8 (slukket) - 1 - 2 - 3 - A - b - c

Sekvensen skal starte med alle segment avslått.

Se neste side →

## Displayvisning for de forskjellige adressene

Adresse	Desimal	0	1	2	3	4	5	6
	Binær	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110
	Hex	00	01	02	03	04	05	06

## Data for de forskjellige adressene

Data	Adresse	0	1	2	3	4	5	6
	Binær	111 1111	111 1001	010 0100	011 0000	000 1000	000 0011	100 0110
	Hex	7F	79	24	30			

☐ Fyll ut resten av feltene i tabellen over.

## Beregning av Checksum

Field	Address	00	01	02	03	04	05	06
2	Byte count	01	01	01	01	01	01	01
3	Address (MS)	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00
	Address (LS)	+ 00	+ 01	+ 02	+ 03	+ 04	+ 05	+ 06
4	Record Type	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00	+ 00
5	Data	+ 7F	+ 79	+ 24	+ 30			
	Sum	= 80	= 7B	= 27	= 34			
6	Checksum	100 - 80 = 80	100 - 7B = 85	100 - 27 = D9	100 - 34 = CC			

☐ Fyll ut resten av feltene i tabellen over.

## Innhold i EPROM

Start-code	Byte-count	Address		Type	Data	Checksum
:	01	00	00	00	7F	80
:	01	00	01	00	79	85
:	01	00	02	00	24	D9
:	01	00	03	00	30	CC
:	01	00	04			
:	01	00	05			
:	01	00	05			
:	00	00	00			

☐ Fyll ut resten av feltene i tabellen over.

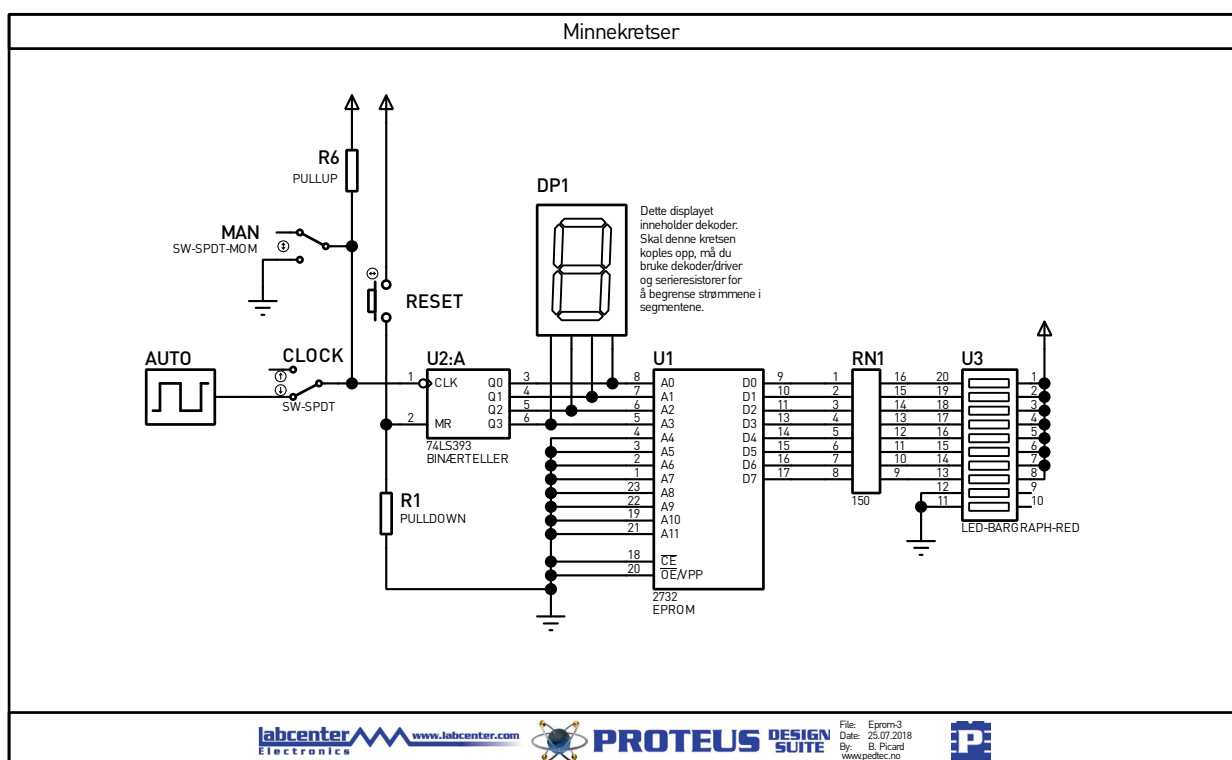
☐ Lagre fila som Eprom-2.hex.



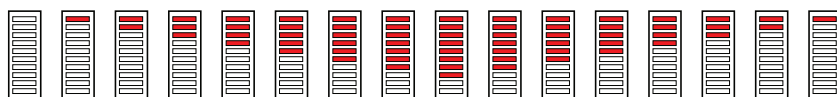
- ☐ Dobbeltklikk på U1.
- ☐ Klikk på mappesymbolet til høyre for feltet Image File.
- ☐ Let fram fila Eprom-2.hex som du lagret og dobbeltklikk på den.
- ☐ Lukk dialogboksen og start animasjonen.
- ☐ Sett CLOCK til AUTO og kontroller at displayet viser riktig.

### Øving 3

- ☐ Åpne Eprom-3.



- ☐ I denne øvingen skal du programmere epromen slik at BAR-GRAPH-displayet fungerer som løpelys.



Se neste side . . .

*Løpelys*

Adresse <sub>(16)</sub>	Bargraph	Adresse <sub>(16)</sub>	Bargraph	Adresse <sub>(16)</sub>	Bargraph	Adresse <sub>(16)</sub>	Bargraph
00		04		08		0C	
01		05		09		0D	
02		06		0A		0E	
03		07		0B		0F	

☐ Fyll ut tabellen under.

*Program for løpelys*

Start-code	Byte-count	Address	Type	Data	Checksum
		00			
		01			
		02			
		03			
		04			
		05			
		06			
		07			
		08			
		09			
		0A			
		0B			
		0C			
		0D			
		0E			
		0F			
		00			

☐ Skriv programmet og lagre som eprom-3.hex.

☐ Start animasjonen og test.



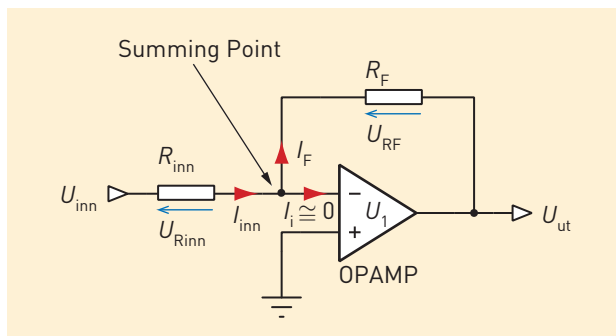
# Operasjonsforsterkeren

Operasjonsforsterkeren	24 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		

## Kort repetisjon av operasjonsforsterkeren

Operasjonsforsterkeren er en *lineær* forsterker med to innganger og en utgang. Den har høy inngangsimpedans, høy spenningsforsterkning og lav utgangsimpedans.

Figuren viser «opampen» i *inverterende kopling*:



Operasjonsforsterkeren i INVERTERENDE kopling

Impedansen mellom de to inngangen er meget høy, slik at det ikke går nevneverdig strøm mellom dem.

Når det ikke går strøm, blir det heller ikke spenningsfall.

I inverterende kopling ligger derfor potensialet på den inverterende inngangen (*Summing Point*) på tilnærmet null volt (*virtual ground*) når den ikke-inverterende inngangen er jordet.

Hvis  $U_{inn}$  er positiv vil det gå en strøm mot den inverterende inngangen,  $I_{inn}$ .

Siden det ikke går nevneverdig strøm inn i den inverterende inngangen, vil  $I_{inn}$  være lik  $I_F$ , men  $I_F$  går ut fra Summing Point.

Utgangsspenningen  $U_{ut}$  vil være  $R_F \cdot I_F$ . Spenningsfallet  $U_{RF}$  over  $R_F$  vil være rettet fra utgangen mot «virtual ground», motsatt rettet av  $U_{Rinn}$ . Minustegnet på høyre side av likhetstegnet viser dette.



- ☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.
- ☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.

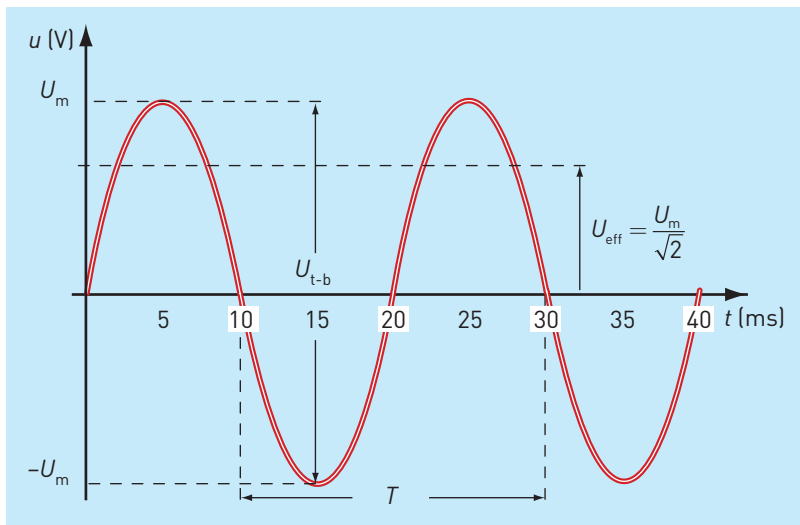


Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.



$$\begin{aligned}I_{inn} + I_F &= 0 \\U_{Rinn} &= -U_{RF} \\F_u = \frac{U_{ut}}{U_{inn}} &= -\frac{I_F \cdot R_F}{I_{inn} \cdot R_{inn}} = -\frac{R_F}{R_{inn}} \\U_{ut} &= -\frac{R_F}{R_{inn}} \cdot U_{inn}\end{aligned}$$

## Definisjoner



$$T = \frac{1}{f} \text{ eller } f = \frac{1}{T}$$

$t$  = tid

$f$  = frekvens

$T$  = periodetid

$u$  = øyeblikksverdi

$U_m$  = positiv maksimalverdi  
amplitudeverdi refert til 0 V

$-U_m$  = negativ maksimalverdi  
amplitudeverdi refert til 0 V

$U_{\text{eff}}$  = effektivverdi

$$= \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

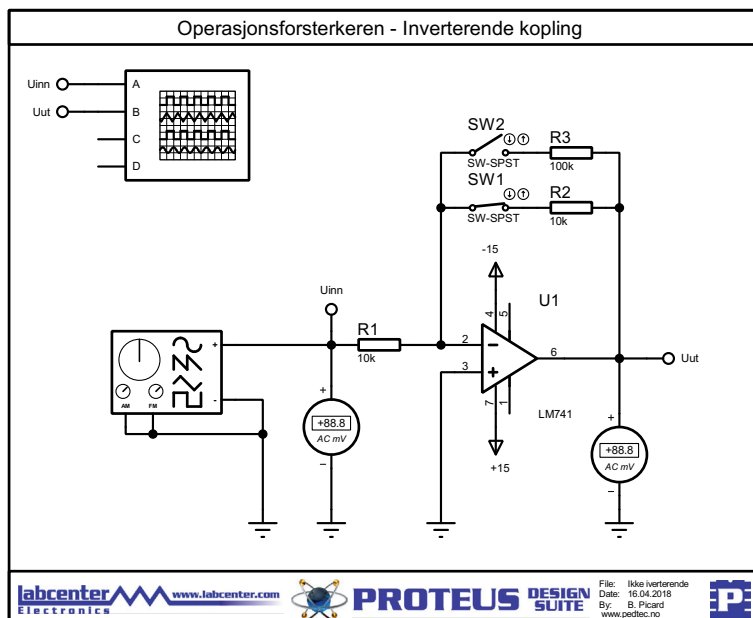
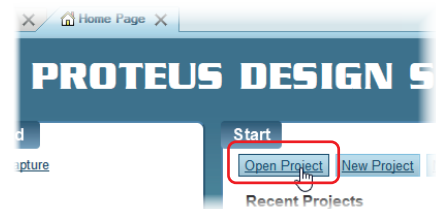
$$U_{t-b} = 2 \cdot U_m$$

## Åpne prosjekt

- ☐ Start Proteus.
- ☐ Klikk på Open Project.

## Inverterende kopling

- ☐ Åpne Inverterende.



Skjemaet over viser en *Inverterende forsterker*.

I tilbakekopplingsgrenene er det to resistorer som hver er seriekopleet med en bryter.




Signalgeneratoren er satt til 100 mV<sub>t-b</sub> og 400 Hz.

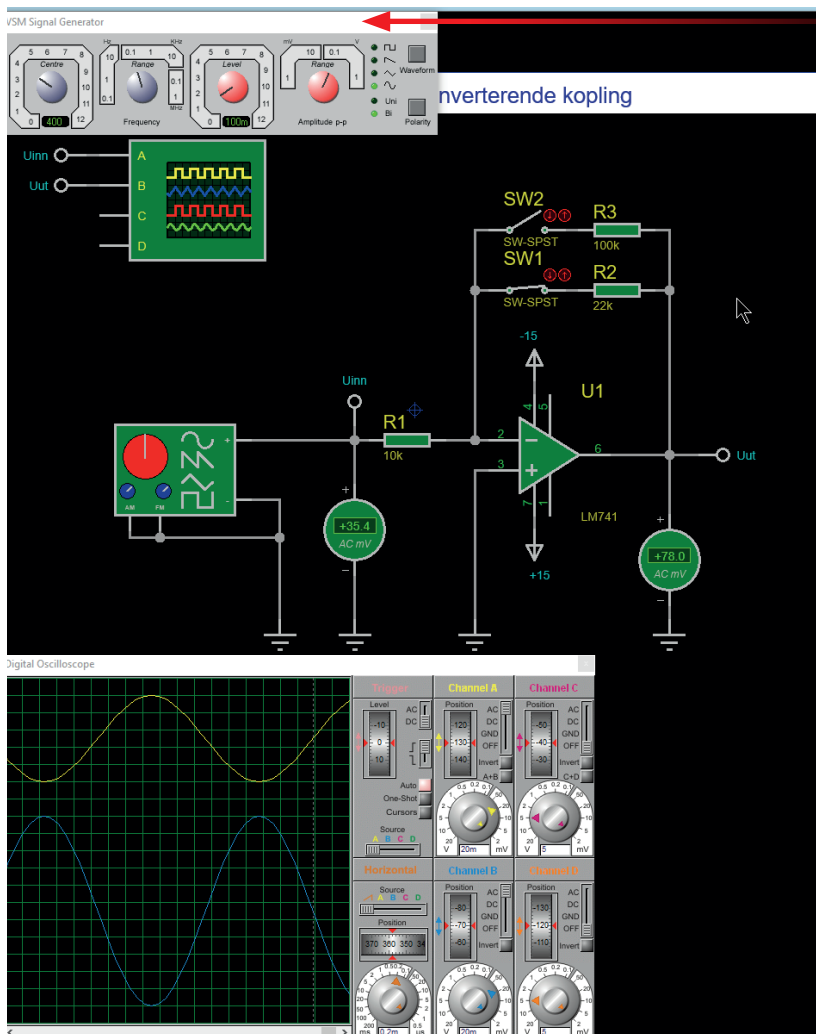
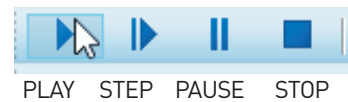
## Beregninger

- ☐ Beregn spenninger (effektivverdi) og forsterkning og før inn i tabellen under.

Generatorinnstillinger: $U_{t-b} = 100 \text{ mV}$ , $f = 400 \text{ Hz}$				
SW1	SW2	$U_{inn}$ Beregnet	$F_U$ Beregnet	$U_{ut}$ Beregnet
Lukket	Åpen			
Åpen	Lukket			

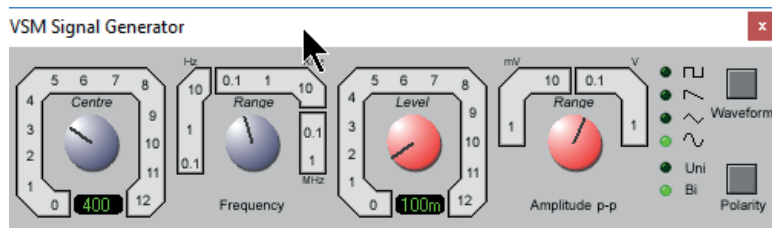
## Målinger

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.
- ☐ Plasser generator og skop slik at du får god oversikt over knapper og skjerm.

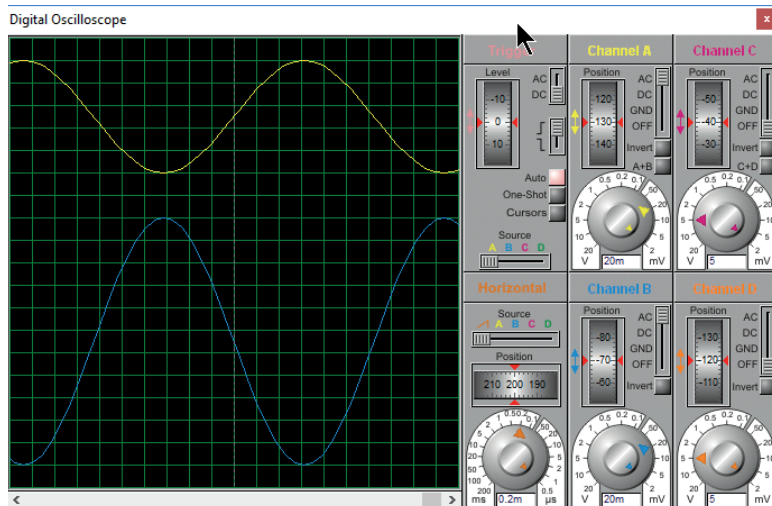


**i** Klikk i overkant av instrumentet og hold museknappen inne mens du skyver instrumentet på plass. Se generator i bildet.

## Innstilling på generator



## Innstilling på oscilloskop



- ☐ Mål spenninger (effektivverdi) og forsterkning og før inn i tabellen under.

SW1	SW2	$U_{inn}$ Målt	$F_U$ Målt (*1)	$U_{ut}$ Målt
Lukket	Åpen			
Åpen	Lukket			

(\*1)  
Beregnet ut fra  
målt  $U_{inn}$  og  $U_{ut}$

- ☐ Kommenter eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.




---



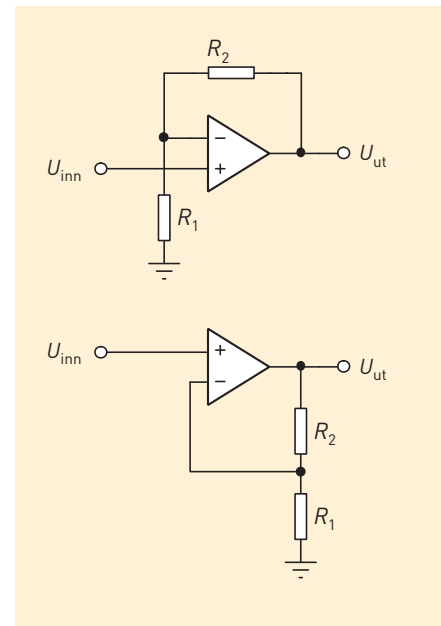
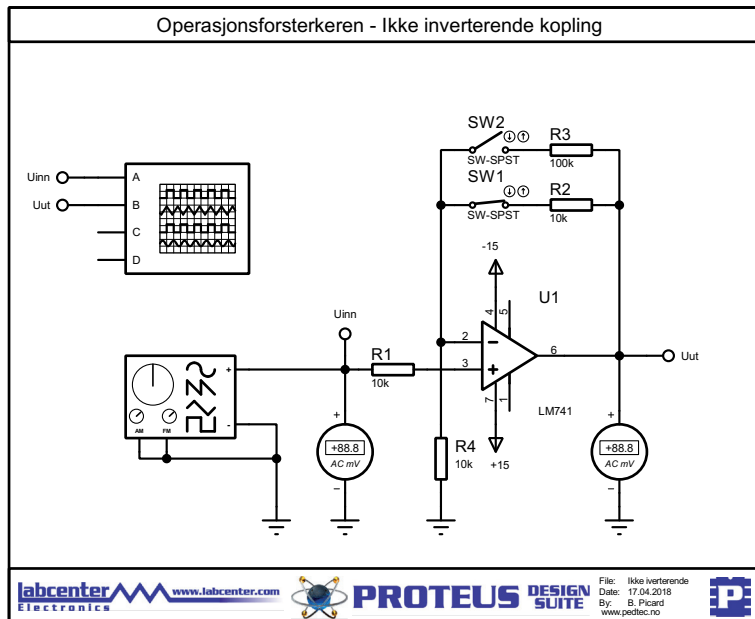
---





## Ikke-inverterende forsterker

☐ Åpne Ikkeinverterende.



To forskjellige tegnemåter

Skjemaet over viser en *Ikke-inverterende forsterker*.

I tilbakekoplingsgrenene er det to resistorer som hver er seriekopleet med en bryter.

Signalgeneratoren er satt til 100 mV<sub>t-b</sub> og 400 Hz.


## Beregninger

☐ Beregn spenninger (effektivverdi) og forsterkning og før inn i tabellen under.

Generatorinnstillinger: $U_{t-b} = 100 \text{ mV}$ , $f = 400 \text{ Hz}$				
SW1	SW2	$U_{\text{inn}}$ Beregnet	$F_U$ Beregnet	$U_{\text{ut}}$ Beregnet
Lukket	Åpen			
Åpen	Lukket			

$$F_U = \frac{U_{\text{ut}}}{U_{\text{inn}}} \quad F_U = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

## Målinger

☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.

☐ Plasser generator og skop slik at du får god oversikt over knapper og skjerm.

## Innstilling på generator og oscilloskop

☐ Samme innstillinger som tidligere.



☐ Mål spenninger og forsterkning og før inn i tabellen under.

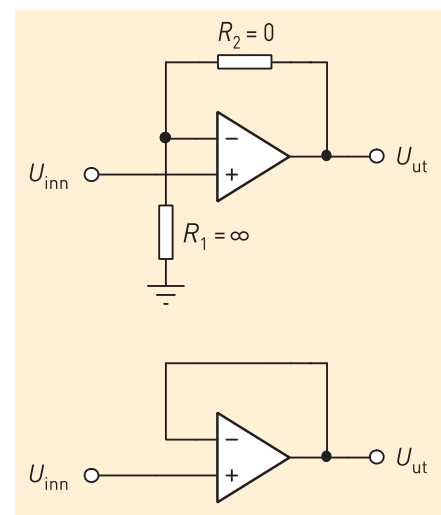
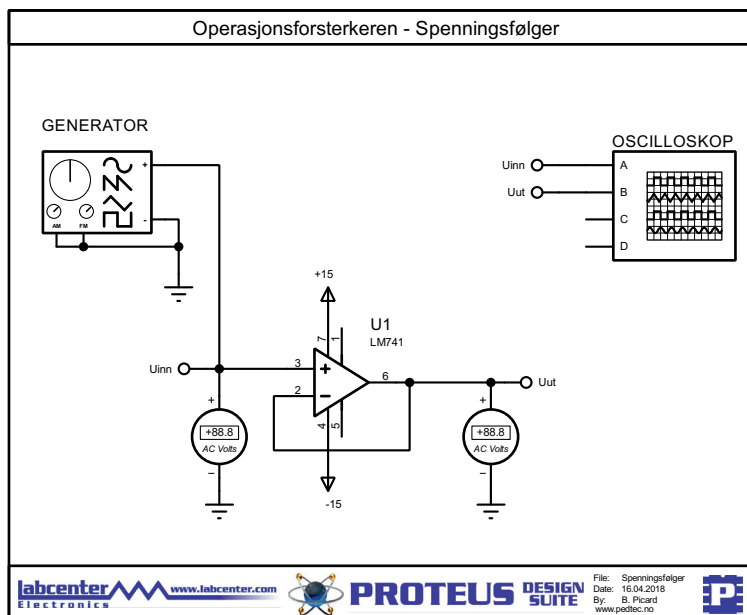
SW1	SW2	$U_{inn}$ Målt	$F_U$ Målt (*1)	$U_{ut}$ Målt	(*1) Beregnet ut fra målt $U_{inn}$ og $U_{ut}$
Lukket	Åpen				
Åpen	Lukket				

☐ Kommenter eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.



## Spenningsfølger

☐ Åpne spenningsfølger.



$$F_U = \frac{U_{ut}}{U_{inn}}$$

$$F_U = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{0}{\infty} = 1$$

## Beregninger

☐ Beregn spenningen (effektivverdien)  $U_{inn}$ .

$U_{inn}$  beregnet =

☐ Beregn spenningen (effektivverdien)  $U_{ut}$ .

$U_{ut}$  beregnet =



På inngangen er en signalgenerator innstilt på 10 V<sub>t-b</sub> og 1 kHz.  
AC-voltmetre er innkoplet på inn- og utgang.  
Et oscilloskop er tilkopleet både inn- og utgang på kretsen.

- ☐ Beregn periodetiden  $T$

$T_{\text{beregnet}} =$

---

- ☐ Beregn spenningsforsterkningen  $F_U$

$F_{U \text{ beregnet}} =$

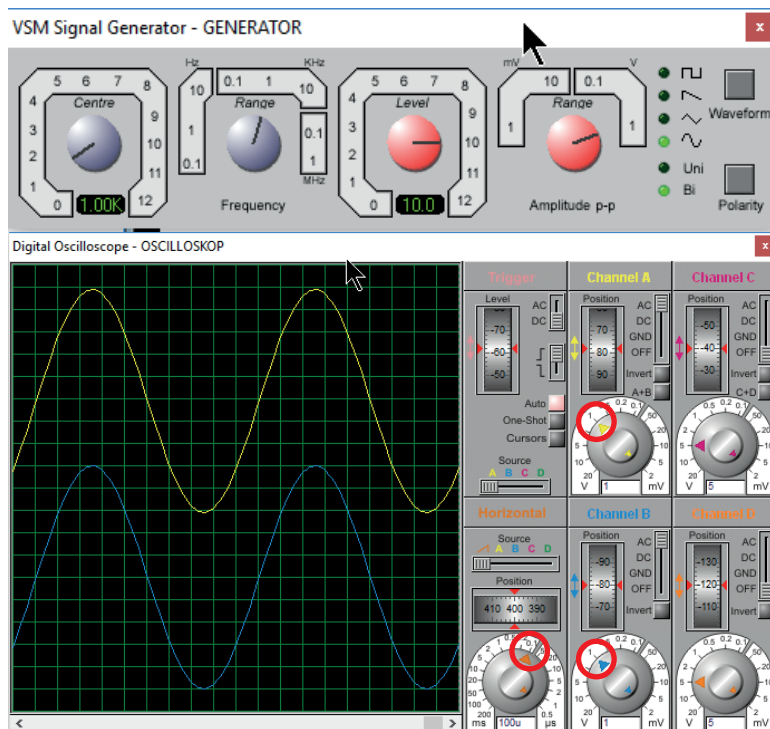
---

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på **F2** på tastaturet.



- ☐ Plasser generator og skop slik at du får god oversikt over knapper og skjerm.

### Innstilling på generator og oscilloskop



**i** Klikk i overkant av instrumentet og hold museknappen inne mens du skyver instrumentet på plass. Se oscilloskopet i bildet.

### Målinger

- ☐ Les av instrumentene:

$U_{\text{inn målt}} =$

---

$U_{\text{ut målt}} =$

---

$F_{U \text{ avlest}} =$

---

✎ Periodetiden  $T_{\text{målt}} =$

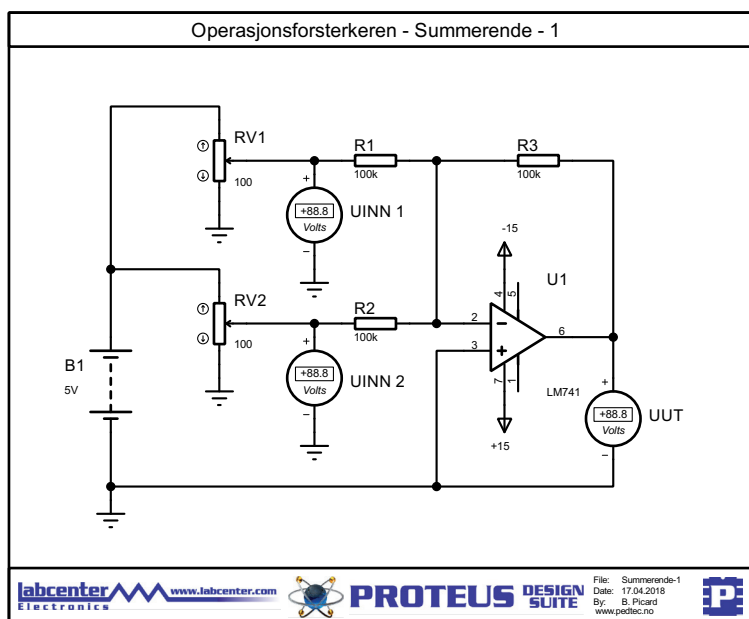
---

☐ Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte



## Summerende forsterker

☐ Åpne summerende-1.



Figuren viser en summerende forsterker med to innganger. Batterispenningen  $B1 = 5\text{ V}$ . Potensiometrene RV1 og RV2 skal stå i midtstilling (50 %).

☐ Beregn spenningene på potensiometrenes midtuttak.

✎ UINN1 =

---

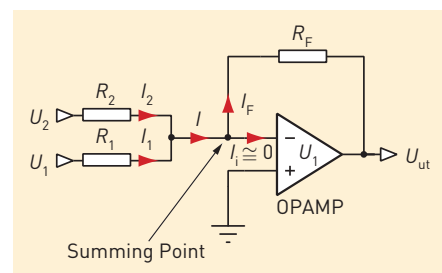
✎ UINN2 =

---

☐ Skriv formelen for spenningen på operasjonsforsterkerens utgang.

✎  $U_{\text{ut}} =$

---



Potensialet i Summing Point = 0.

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

$$I_F = \frac{U_{\text{ut}}}{R_F}$$

$$I = I_F$$

$$U_{\text{ut}} = -\left(\frac{R_F}{R_1} \cdot U_1 + \frac{R_F}{R_2} \cdot U_2\right)$$

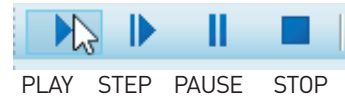


- ☐ Beregn spenningen på operasjonsforsterkerens utgang.

$U_{ut} =$

---

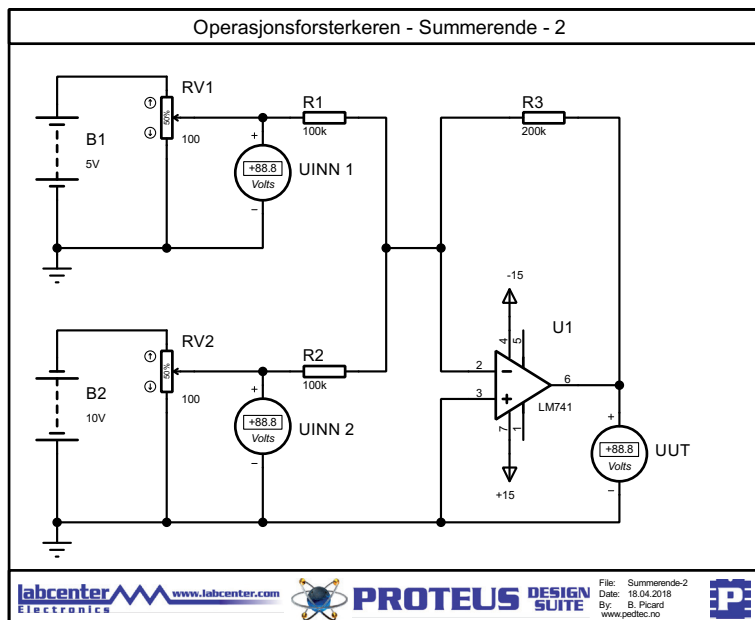
- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på **F2** på tastaturet.



- ☐ Kontrollér beregningene dine. Stemmer de? Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.



- ☐ Åpne summerende-2.



Figuren viser en summerende forsterker med to innganger. Batterispenningene  $B1 = 5\text{ V}$ ,  $B2 = 10\text{ V}$ . Potensiometrene RV1 og RV2 skal stå i midtstilling (50 %).

- ☐ Beregn spenningene på potensiometrenes midtuttak.

$U_{INN1} =$

---


$U_{INN2} =$

---

- ☐ Beregn spenningen på operasjonsforsterkerens utgang.

  $U_{ut} =$

---

- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.

- ☐ Kontrollér beregningene dine. Stemmer de? Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.



- ☐ Justér RV1 slik at skyveren står på topp (klikk på pil opp). RV2 skal stå i midtstilling.

- ☐ Les av spenningene på inngangene.

  $URV1 =$

---

  $URV2 =$

---

- ☐ Beregn spenningen på operasjonsforsterkerens utgang.

  $U_{ut} =$

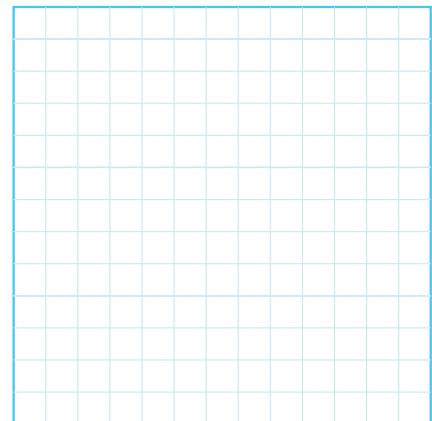
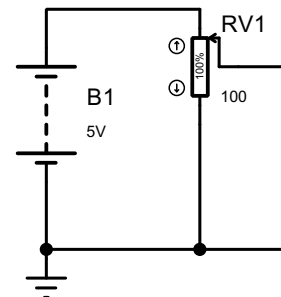
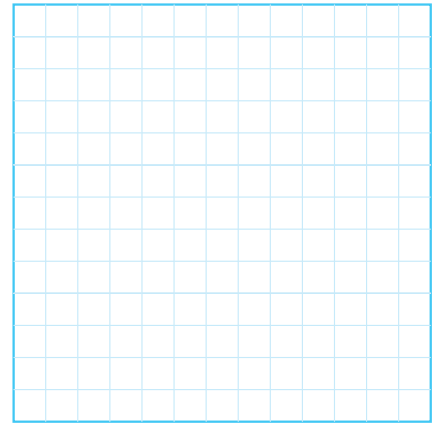
---

- ☐ Les av spenningene på utgangen.

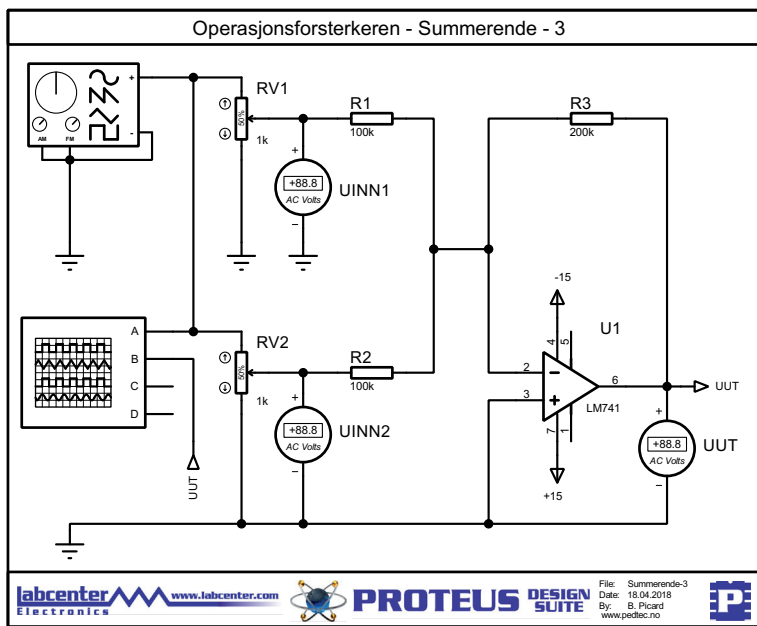
  $U_{INN1} =$

---

- ☐ Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.



☐ Åpne summerende-3.



Figuren viser en ny variant av summerende forsterker, denne gangen med vekselspenning inn på inngangspotensiometrene.

DC-voltmetrene er byttet ut med AC-voltmetre.  
Disse måler effektivverdien av en sinusspenning.

Signalgeneratorens innstillinger er:

$$u_{t-b} = 1.4 \text{ V}$$

$$f = 1.0 \text{ kHz}$$

☐ Hva blir generatorspenningens amplitudeverdi?

$$\hat{u} =$$

☐ Hva blir generatorspenningens effektivverdi?

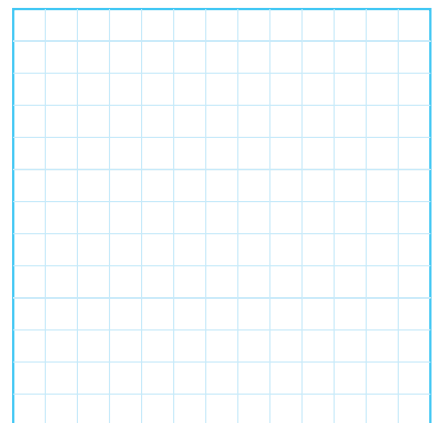
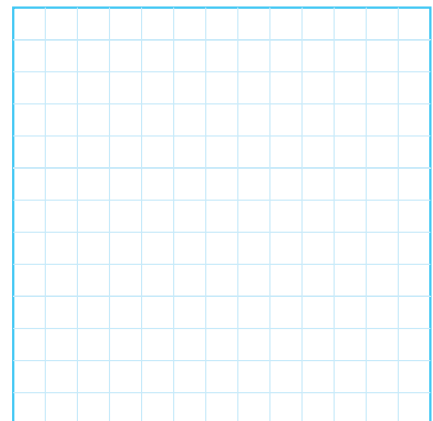
$$U =$$

Potensiometrene skal stå i midtstilling.

☐ Regn ut spenningen (effektivverdi) på voltmetrene?

$$U_{INN1} =$$

$$U_{INN2} =$$



- ☐ Beregn spenningen på operasjonsforsterkerens utgang.

$U_{UT} =$

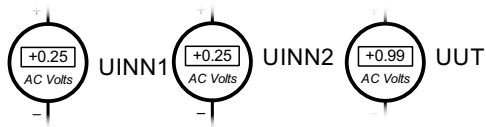
---

- ☐ Beregn spenningen på operasjonsforsterkerens utgang når skyveren på begge potmetrene er justert helt opp?

$U_{UT} =$

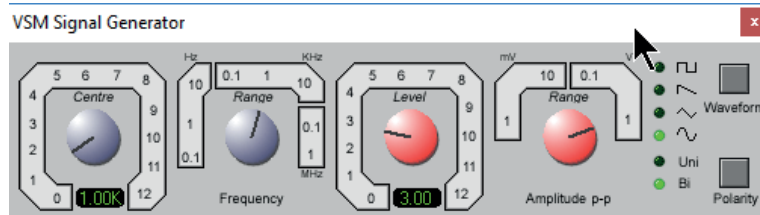
---

- ☐ Start animasjonen. Kontrollér alle svarene dine. Kommentér eventuelle avvik mellom målte og beregnede verdier.

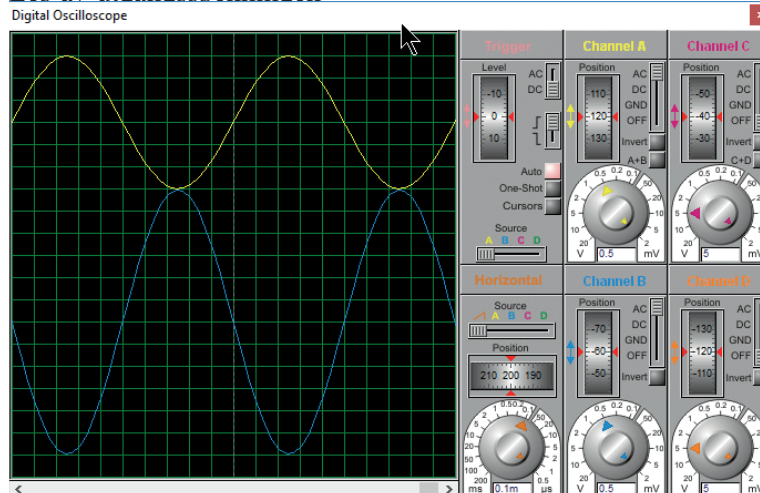


---

- ☐ Endre signalgeneratorens  $u_{t-b}$  til 3.0 V.



- ☐ Les av utgangsspenningen



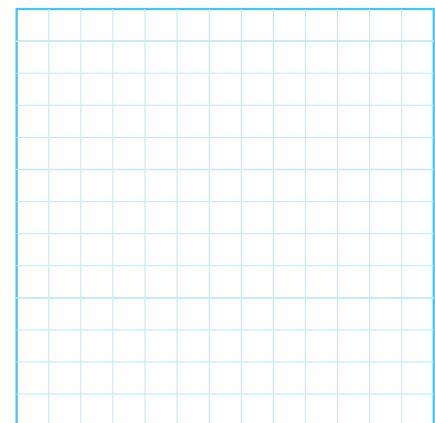
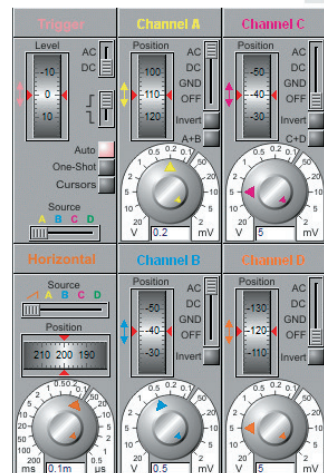
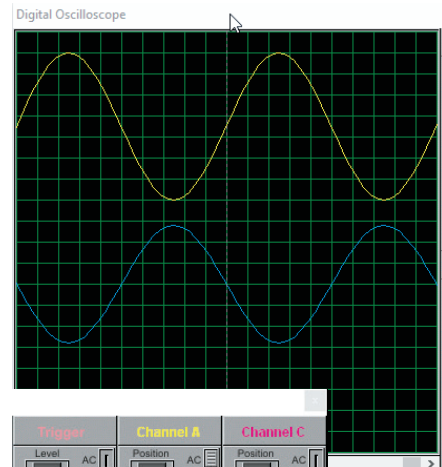
$U_{UT} =$

---

- ☐ Kontrollér ved beregning.

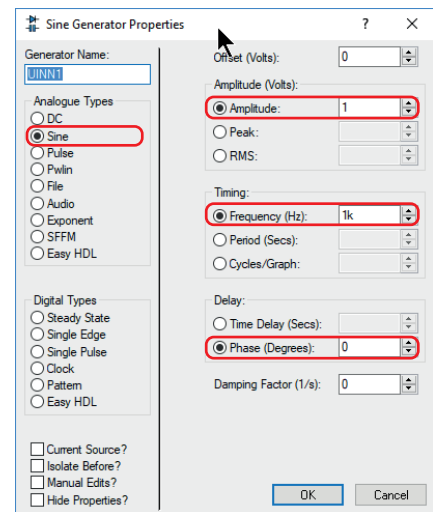
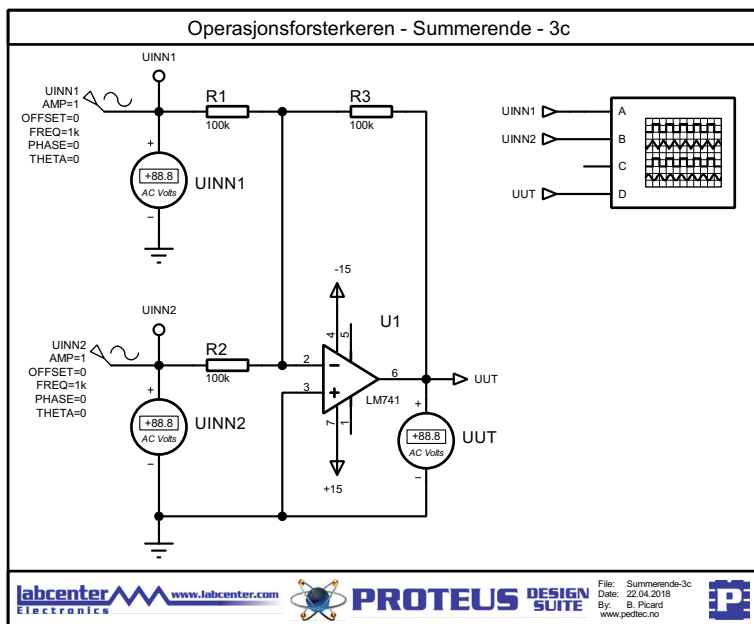
$U_{UT} =$

---





□ Åpne summerende-3c.



Begge generatorene har samme innstilling

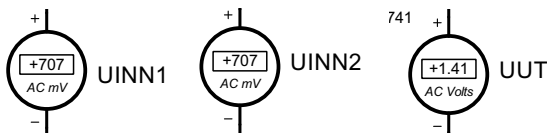
Amplitudeverdien  $u$  er satt til 1 V, frekvensen  $f = 1$  kHz.

□ Beregn følgende effektivverdier:

$U_{INN1} = U_{INN2} =$

$U_{UT} =$

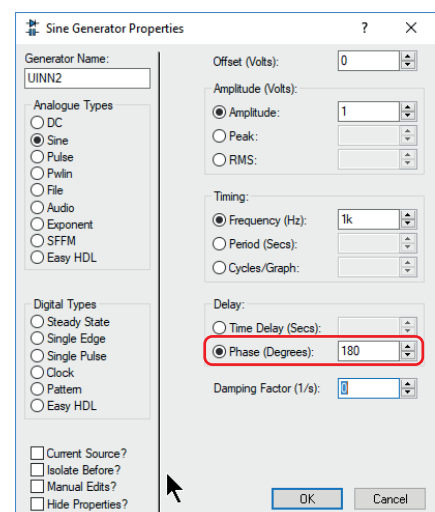
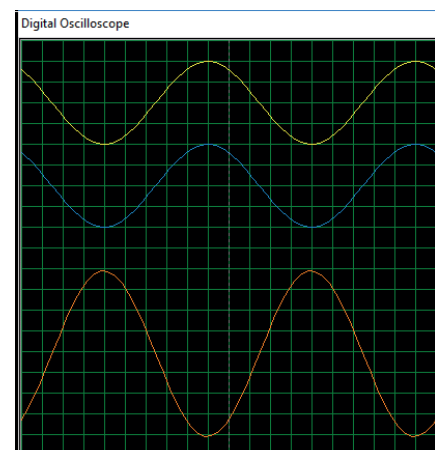
□ Start simulering og kontrollér de beregnede verdiene. Legg merke til kurvene på oscilloskopet.



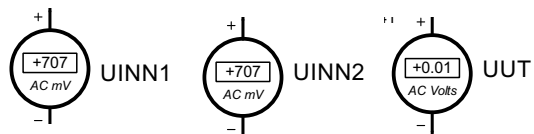
Kommentér eventuelle avvik:

□ Stopp simulering, dobbeltklikk på generator UINN2 og editér som vist.

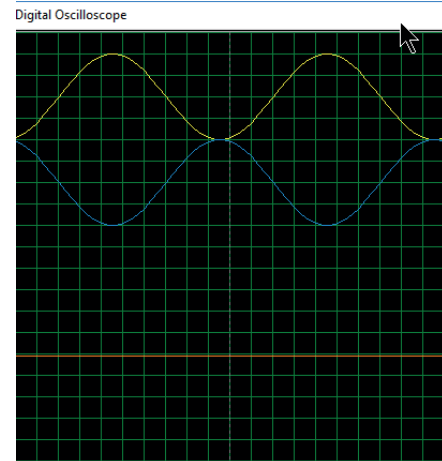
□ Start simulering, les av instrumentene og sjekk kurvene på oscilloskopet



☐ Kommenter måleresultater og kurver.



summerende-3d



I eksemplet over blir signalet UINN2 fasevendt  $180^\circ$  (invertert). Voltmeteret UINN2 viser det samme som før, men voltmeteret på utgangen og oscilloskopet viser endring.

☐ Hva er endret?



## Støyreduksjon

Vi har sett at om vi summerer to signaler som er fasevendt (mot-satt rettet) blir resultatet null på utgangen.

Dette prinsippet brukes i hodetelefoner med støyreduksjon.

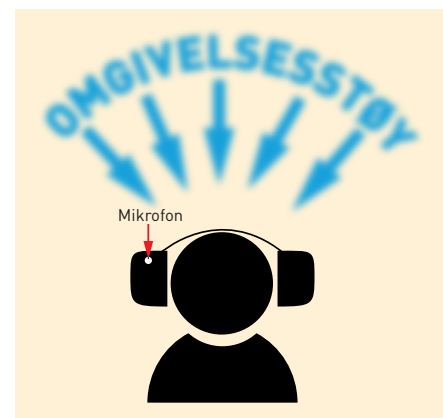
En mikrofon fanger opp omgivelsesstøy.

Signalet fra mikrofonen inverteres og summeres med lydkilden.

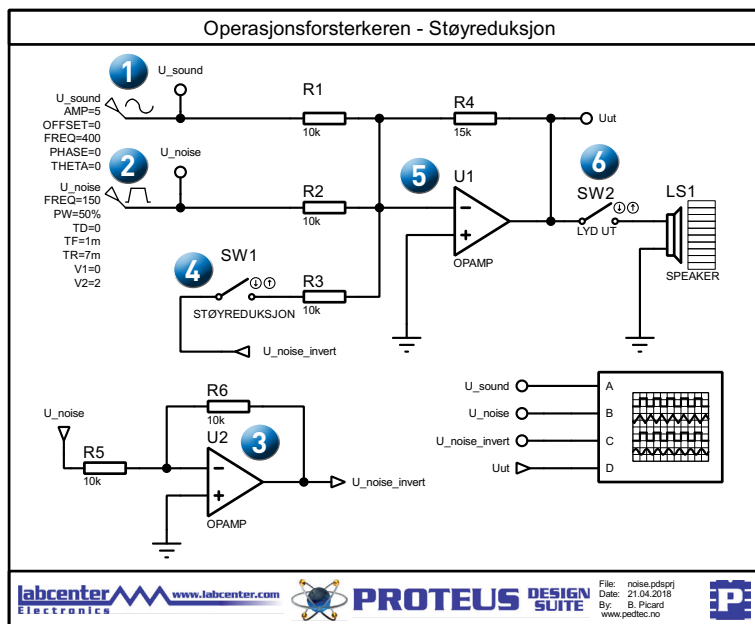
Resultatet høres ut som en «ren» lydkilde, men er i virkeligheten sammensatt av tre signaler:

- Den originale lyden
- Omgivelsesstøyen
- Den inverterte omgivelsesstøyen

Eksemplet som følger viser et eksempel på denne metoden å redusere støy.



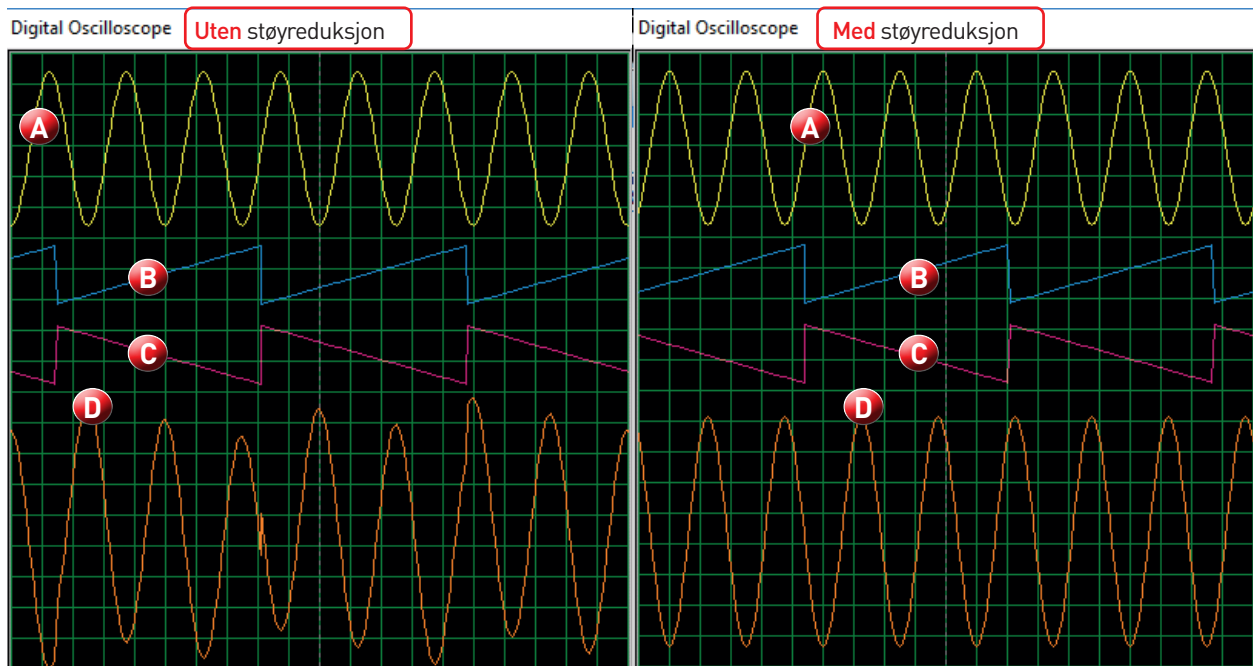
☐ Åpne noise.



- i**
1. Audiosignal inn (sinus)
  2. Støysignal
  3. Inverterer støysignal
  4. SW1 kopler inn invertert støysignal
  5. Summerende forsterker
  6. SW2 kopler til høyttaler (Har du lydkort kan du høre signalene, forvrengt når SW1 er åpen og støyredusert med SW1 lukket)

☐ Start simulering.

☐ SW1 og SW2 skal være åpne (venstre skopbilde).



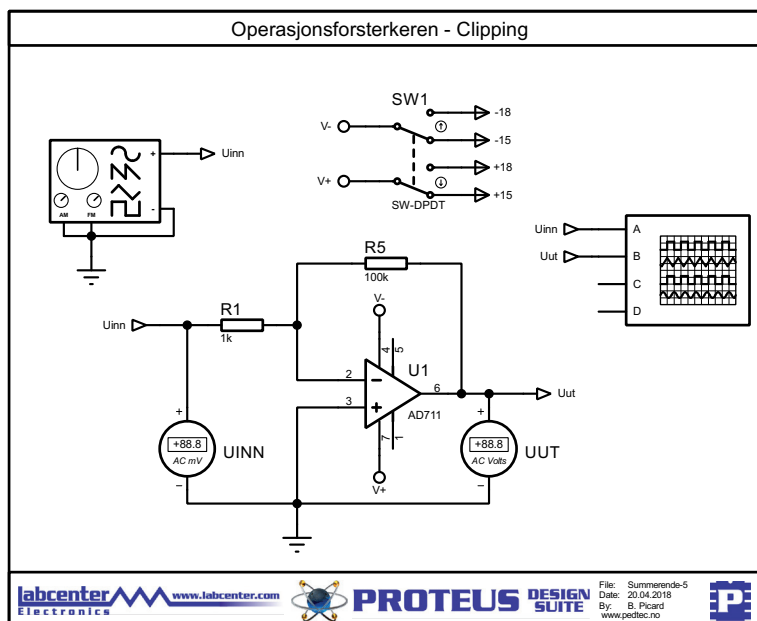
☐ Lukk SW1 for å kople inn støyreduksjon (høyre skopbilde).

☐ Legg inn SW2 for å høre lyd (krever lydkort).

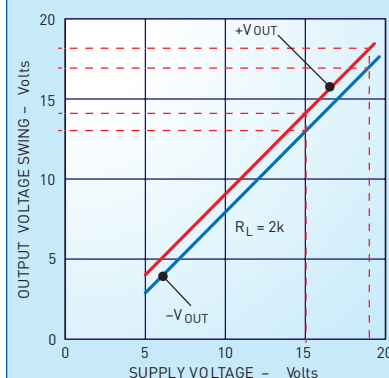
- A** Lydsignal  
**B** Støysignal  
**C** Invertert støysignal  
**D** Utsignal

## Clipping

☐ Åpne fila clipping og start animasjonen.



Figuren viser maksimalt spennings-sving for forskjellige forsyningsspenninger.



Ved 15 V forsyningsspenning kan spenningsvinget ligge på ca. 13–14 V DC eller amplitudeverdi på et sinussignal.

Det betyr maksimalt  $28 V_{t-b}$ .

☐ Plasser generator og skop slik at du får god oversikt over knapper og skjerm.

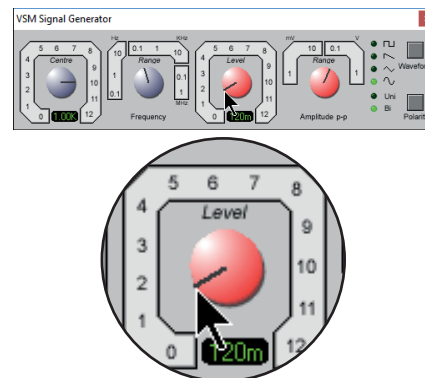
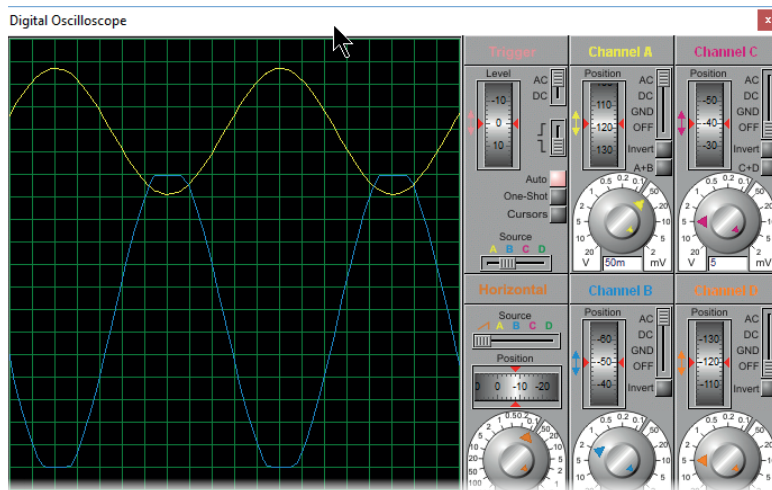
☐ Beregn kretsens forsterkning.

$$F_u =$$

☐ Beregn maksimal spenning (effektivverdi) på utsignalet  $U_{ut}$ .

$$U_{ut} =$$

☐ Justér Level-knappen på generatoren til topp og bunn på utsignalet på oscilloskopet så vidt «flater ut».



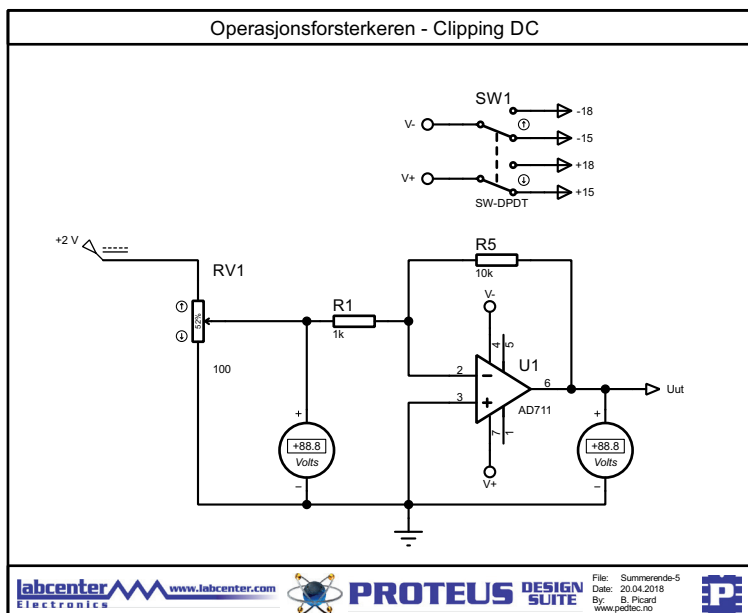
- ☐ Les av på voltmeteret på utgangen.
- ☐ Stemmer det med dine beregninger?



- ☐ Klikk på SW1 slik at forsyningsspenningen blir  $\pm 18$  V og følg med på oscilloskopet.
- ☐ Hva skjer?



- ☐ Åpne fila clipping\_DC og start animasjonen.

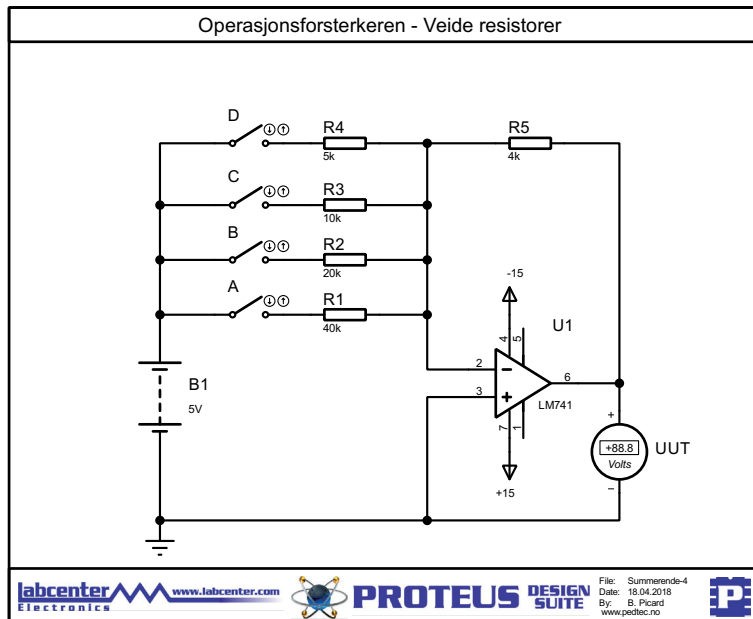


- ☐ Justér potmeteret trinnvis oppover til spenningen på voltmeteret på utgangen ikke lenger øker.
- ☐ Endre forsyningsspenningen til  $\pm 18$  V og følg med voltmeteret på utgangen.
- ☐ Forklar hva som skjer.



## Summerende forsterker med veide innganger

□ Åpne fila summerende-4 og start animasjonen.



- Kople inn bryterne A–D etter tabellen til høyre.
- Notér spenningen på voltmeteret UUT i samme tabell for hver innstilling av bryterne A–D.
- Kan du ut fra måleresultatene bestemme hvilken vekt (i det binære tallsystemet) de ulike inngangene har?

Binært inn				Analog ut
D	C	B	A	UUT (V)
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	1	0	0	
1	0	0	0	

✎ Inngang A =

---

✎ Inngang B =

---

✎ Inngang C =

---

✎ Inngang D =

---

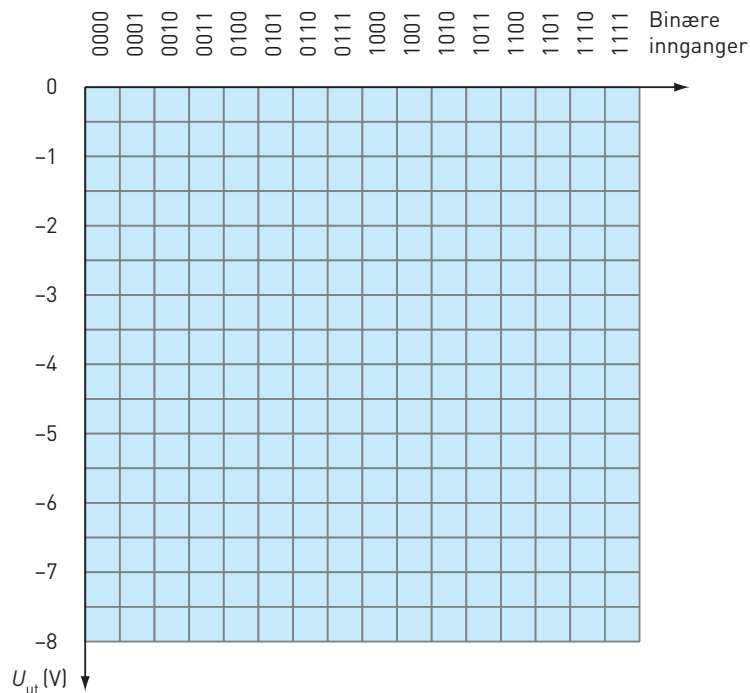


- ☐ Kombiner inngangene som vist i tabellen til høyre og notér utgangsspenningen UUT for hver kombinasjon.

Vi har i denne øvelsen brukt en summerende forsterker som omformer. Hva kalles denne omformeren?

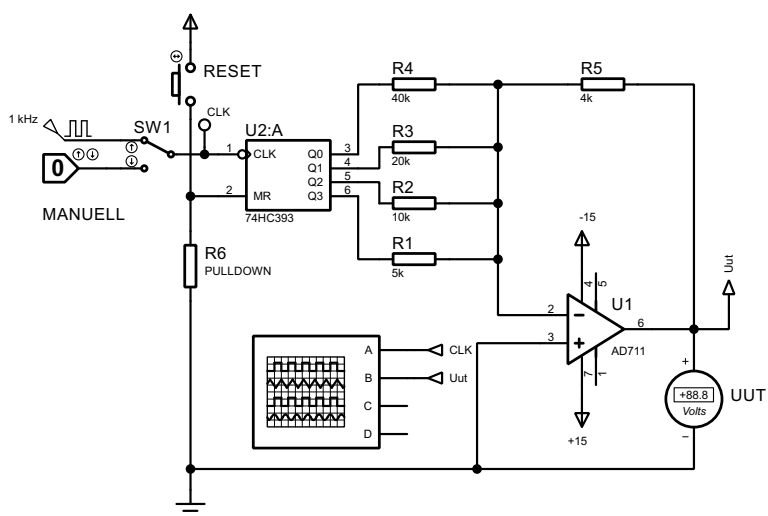


- ☐ Skissér utspenningen UUT som funksjon av inngangssignalene i figuren under.

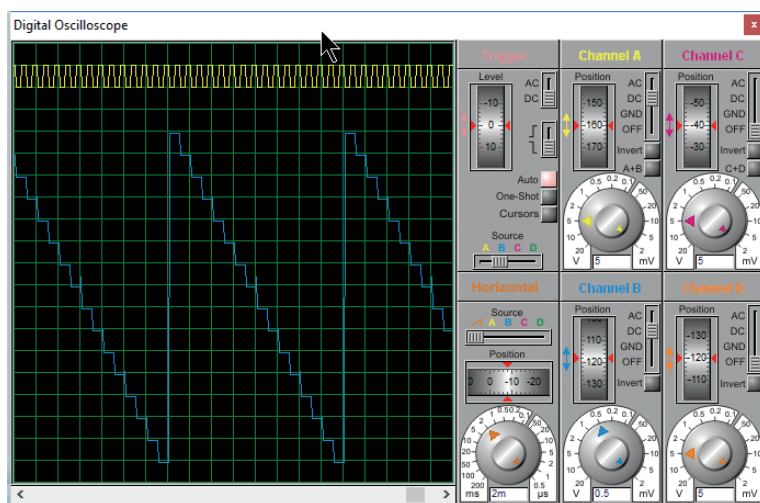


DEC.	Binært inn				Analog ut
	D	C	B	A	
0	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	
2	0	0	1	0	
3	0	0	1	1	
4	0	1	0	0	
5	0	1	0	1	
6	0	1	1	0	
7	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	
9	1	0	0	1	
10	1	0	1	0	
11	1	0	1	1	
12	1	1	0	0	
13	1	1	0	1	
14	1	1	1	0	
15	1	1	1	1	

På figuren under ser du at bryterarrangementet fra forrige bilde er byttet ut med en 4-bits binærteller. Telleren kan kjøres manuelt eller fra en klokkegenerator, og den kan resettes.



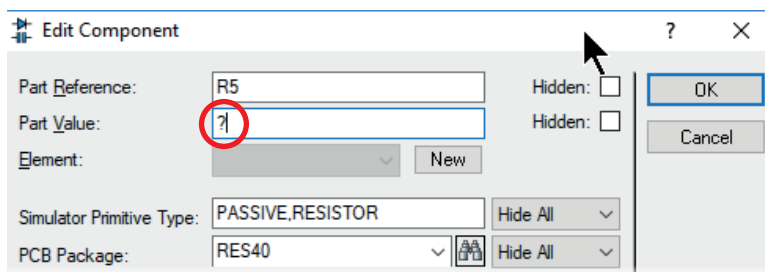
- ☐ Åpne summerende-5
- ☐ Start simulering.
- ☐ Plasser skop slik at du får god oversikt over knapper og skjerm.
- ☐ Sett venderen SW1 slik at du kan klokke generatoren manuelt.
- ☐ Start simulering, reset telleren og klokke telleren U2:A fra  $0_2-1111_2$  og sjekk at du får de samme spenningene ut nå som i forrige øving.
- ☐ Sett venderen SW1 slik at du har 1 kHz klokkepuls.
- ☐ Stemmer skopbildet med det du skisserte?



- ☐ Stopp animasjonen.
- ☐ Beregn verdien på R5 for at det binære tallet 0011 skal gi 3 V på utgangen av opampen, altså hvert trinn gir 1.0 V.

R5 =

- ☐ Dobbeltklikk på R5 og gi den den verdien du har beregnet.



☐ summerende-6

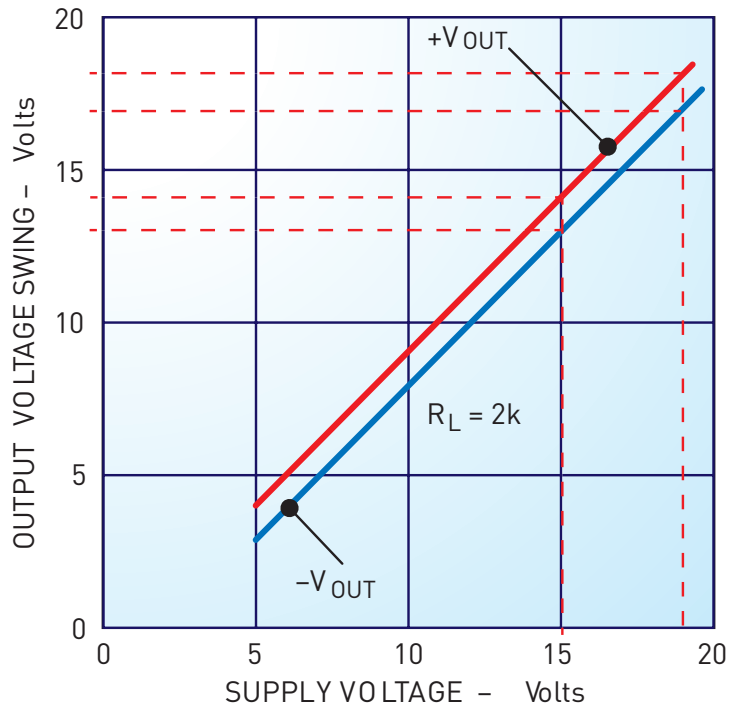
- ☐ Lukk boksen og start simulering.
- ☐ Sett venderen SW1 til manuell klokke og start animasjonen.





☐ Klok fra 0 til  $1111_2$  og før verdien på voltmeteret i tabellen til høyre.

☐ Studer opampens utgangskarakteristikken nedenfor og forklar hvorfor du ikke får «full spenning» på utgangen.



DEC.	Binært inn				Analog ut
	D	C	B	A	UUT (V)
0	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	
2	0	0	1	0	
3	0	0	1	1	
4	0	1	0	0	
5	0	1	0	1	
6	0	1	1	0	
7	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	
9	1	0	0	1	
10	1	0	1	0	
11	1	0	1	1	
12	1	1	0	0	
13	1	1	0	1	
14	1	1	1	0	
15	1	1	1	1	



☐ Stopp animasjonen og dobbeltklikk på «power-pinnen» +15V og endre til +18V.

☐ Endre også «power-pinnen» -15V til -18V.

☐ Start animasjonen og klok fra 0 til  $1111_2$  og observer verdier på voltmeteret.

☐ Stemmer de nå?

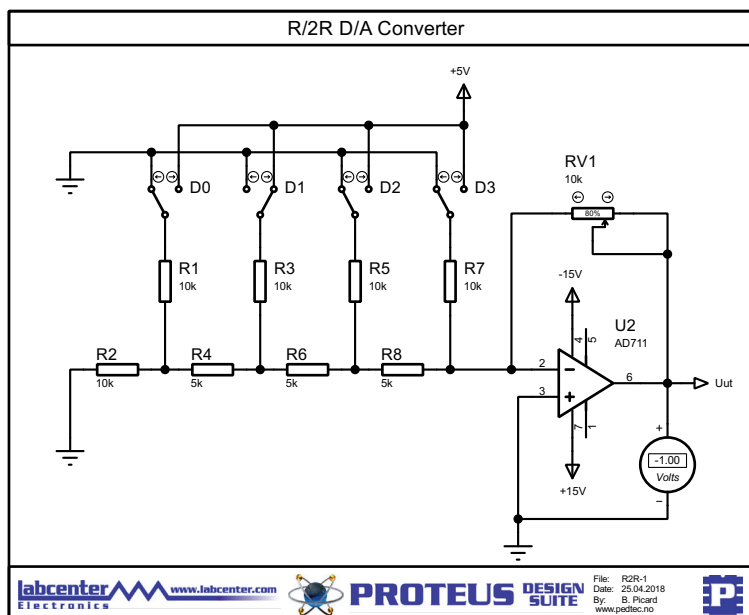
☐ summerende-7

Forklar.

## Summerende forsterker med R/2R-nettverk

### The R/2R Ladder D/A Converter

En annen metode av D/A-konvertering ser du på figuren under.



□ R2R-1

Her unngår vi problematikken med mange resistorverdier med lav toleranse.

R/2R-nettverket bruker bare to resistorverdier.

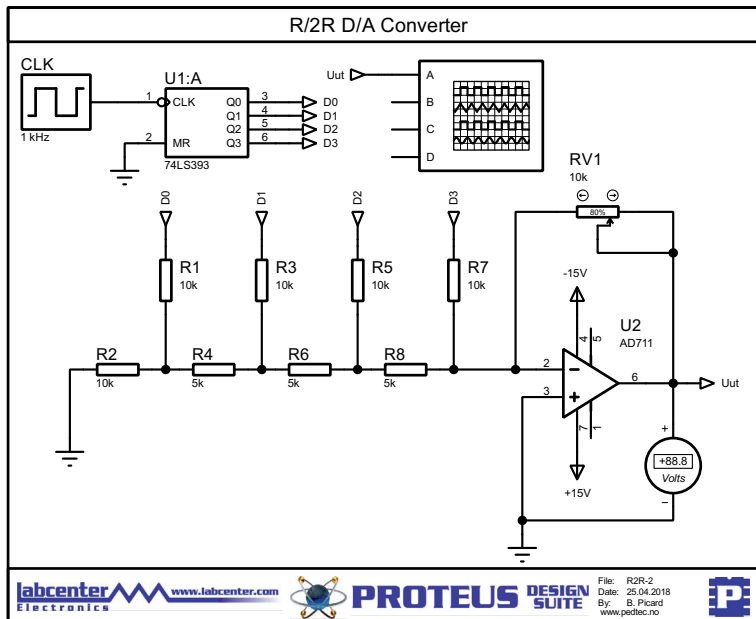
Slike nettverk får vi i integrerte pakker, noe som også gjør konstruksjonen enkel.

Resistorene R1, R3, R5 og R7 er koplet til et bryterarrangement som kan legge disse resistorene til høyt eller lavt nivå (0 V og +5V).

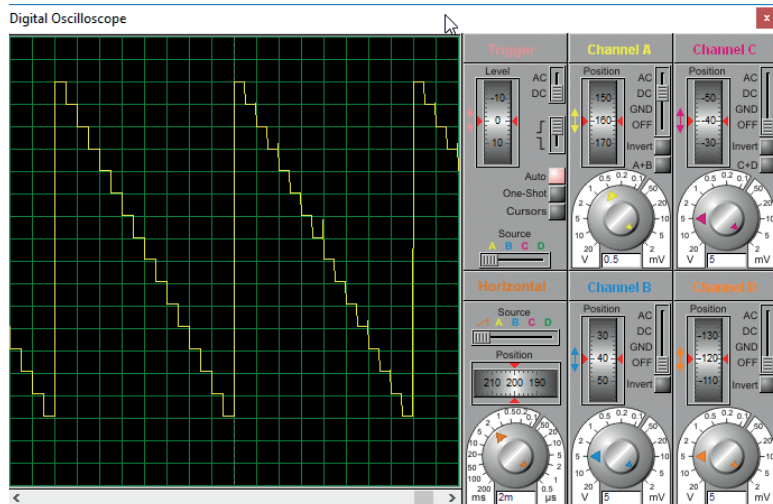
RV1 er justert slik at hvert trinn gir 0,5 V, altså 7,5 V for 1111<sub>2</sub>.



Kopler vi inngangene D0-D3 til en 4-bits teller og kopler et oscilloskop på utgangen vil vi se at vi får det samme mønsteret som da vi målte på D/A-konverteren med veide resistorer.



□ R2R-2





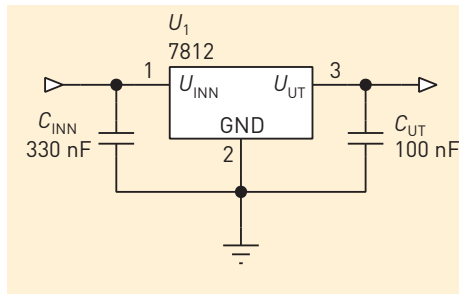
# Integrerte spenningsregulatorer

## Positive «faste» spenningsregulatorer – 78XX

Dette er en serie trepins positive spenningsregulatorer som leveres i flere varianter.

De finnes i flere spenningsutgaver (XX): 5 V, 6 V, 8 V, 8,5 V, 10 V, 12 V, 15 V, 18 V og 24 V.

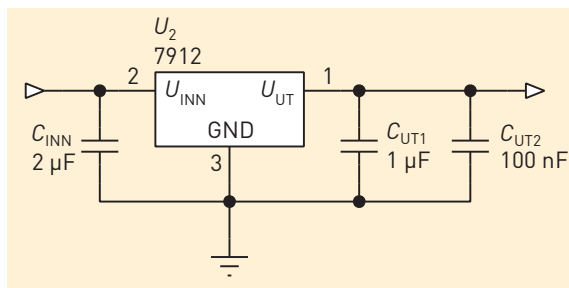
Det finnes mange varianter og mange fabrikanter så sjekk databoka nøye før du bestiller. Noen regulatorer kan levere «bare» 100 mA, andre opp til 1,5 A.



Positiv spenningsregulator 7812

## Negative «faste» spenningsregulatorer – 79XX

Dette er en serie trepins negative spenningsregulatorer som i likhet med 78XX-serien leveres i flere varianter.



Negativ spenningsregulator 7912

I databladene for  $\mu A7812C$  og  $\mu A7912C$  finner vi:

- Utgangsstrøm opp til 1,5 A
- Ingen eksterne komponenter
- Intern termisk overlastbeskyttelse
- Tåler høy effekt
- Internt kortslutningssikret

Integrerte spenningsregulatorer	12 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		



- ☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.
- ☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.

## Integrerte spenningsregulatorer i praktisk bruk

### Stabilisering

Montering og bruk av trepins regulatorer går som regel greit, men du bør merke deg noen forholdsregler.

Positive regulatorer er bygd opp med et NPN emitterfølgertrinn.

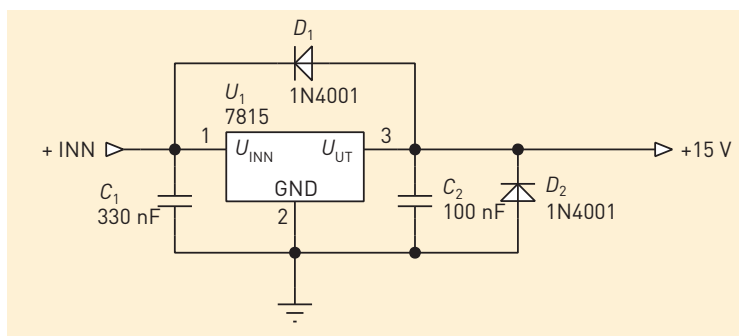
De negative regulatorene er bygd opp med NPN felles emitterkopling med lasten koplet til kollektoren. Grunnen til at de negative regulatorene er bygd opp med en NPN-transistor, er at det er vanskeligere (les dyrere) å produsere en PNP serieregulator.

De negative regulatorene er ikke så stabile som de positive, så vi må kople kondensatorer mellom inngang og jord og utgang og jord.

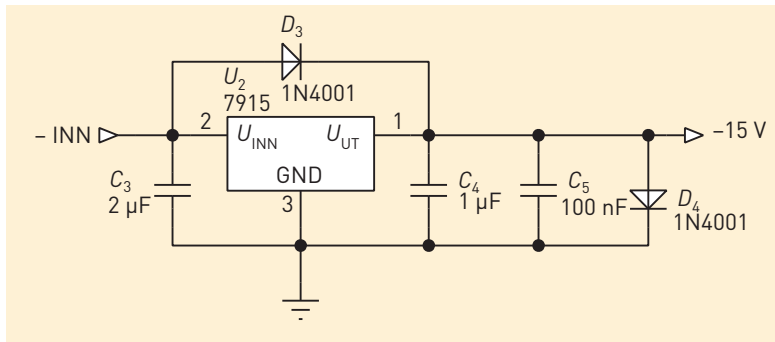
Fabrikantene sier at det ikke er nødvendig å avkople inngangen på de positive regulatorene hvis glattekondensatoren i strømforsyningen er nær regulatoren ( $< 5$  cm). Det er for øvrig god praksis å avkople forsyningsspenningen til jord på alle aktive komponenter.

På figurene ser du de anbefalte kondensatorverdiene på inngangene og utgangene av regulatorene.

Kondensatorene  $C_{UT}$  på figurene forbedrer regulatorenes evne til å reagere på raske endringer i belastningsstrømmen (eng.: *transientresponse*). Disse kondensatorene bør ha gode høyfrekvens-egenskaper. Egnede typer er keramiske skivekondensatorer, filmkondensatorer og tantalkondensatorer.



Positiv spenningsregulator 7815 med avkopling og beskyttelsesdioder



Negativ spenningsregulator 7915 med avkopling og beskyttelsesdioder

## Beskyttelse

Dersom du skal bygge en dobbel strømforsyning med både en positiv og en negativ regulator, bør beskyttelsesdiodene  $D_2$  og  $D_4$  (se figurene foran) være inkludert. De hindrer at regulatorene «låser seg» hvis lasten fører til høyere spenning på utgangen enn det regulatorene er dimensjonert for. Diodene bør tåle minst det halve av laststrømmen.

Diodene  $D_1$  og  $D_3$  beskytter regulatorene hvis inngangene skulle kortsluttes til jord. Regulatorene tåler ikke revers spenning. Disse diodene kortslutter en eventuell revers spenning.

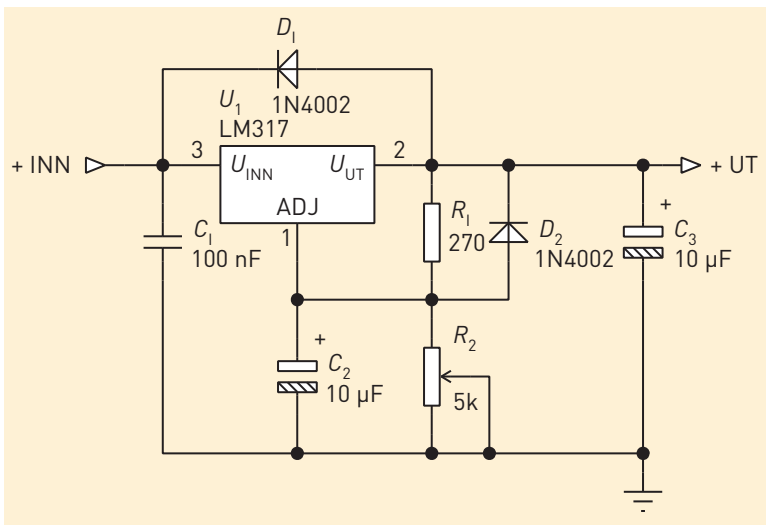
## Positive og negative «variable» spenningsregulatorer – X17 og X37

317 er positive justerbare spenningsregulatorer. 337 er negative justerbare spenningsregulatorer. De finnes i flere kapslinger. Som i 78- og 79-serien finnes det mange varianter, så studer databoka nøye før du bestiller.

Disse regulatorene inneholder strømbegrenser og termisk beskyttelse. Utgangsspenningen kan reguleres ved hjelp av to resistorer eller en resistor og et potensiometer.

Regulatorene er «flytende», det vil si de har ingen GND-terminal. Spenningen mellom utgang og justeringsterminal er 1,25 V.

## Positiv variabel regulator LM317



Justerbar positiv spenningsregulator med beskyttelsesdioder

LM317T Electrical Characteristics	
Reference Voltage $3\text{ V} < (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) < 40\text{ V}$ , $10\text{ mA} \leq I_{\text{OUT}} \leq I_{\text{MAX}}$ , $P \leq P_{\text{MAX}}$	1,25 V
Adjustment Pin Current	50 $\mu\text{A}$
Minimum Load Current ( $V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} = 40\text{ V}$ )	3,5 mA
Current Limit ( $V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} < 15\text{ V}$ ) ( $V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} = 40\text{ V}$ )	2,2 A 0,2 A
Ripple Rejection Ratio $V_{\text{OUT}} = 10\text{ V}$ , $f = 120\text{ Hz}$ , $C_{\text{ADJ}} = 0\text{ }\mu\text{F}$ $C_{\text{ADJ}} = 10\text{ }\mu\text{F}$	65 dB 80 dB
$U_{\text{UT}} = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$	

### Stabilisering og beskyttelse

Fabrikantene opplyser at det ikke er nødvendig med stabiliserende kondensatorer hvis regulatoren er nær filterkondensatoren etter likeretteren. Likevel anbefales både stabiliseringskondensatorer og beskyttelsesdioder.

Kondensatoren  $C_1$  plasseres nær regulatoren. Den bør være av typen keramisk skivekondensator. *Solid Tantal*-kondensator kan også brukes, men verdien øker da til 1  $\mu\text{F}$ .

Dioden  $D_1$  beskytter regulatoren hvis inngangen skulle kortsluttes mot jord.

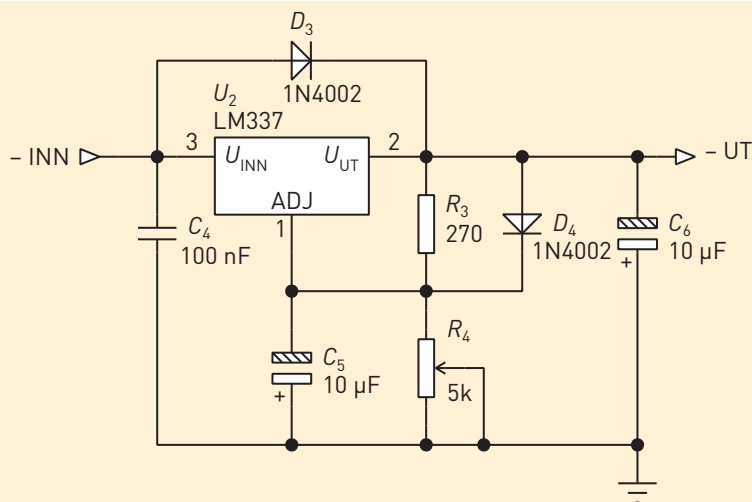
Kondensatoren  $C_2$  mellom justeringsterminalen og jord forbedrer regulatorenes evne til å undertrykke (dempe) rippelspenning på inngangene. Dioden  $D_2$  beskytter mot utlading av  $C_2$ .

Kondensatoren  $C_3$  skal hindre regulatoren i å oscillere. I tillegg forbedrer den regulatorenes evne til å reagere på raske endringer i belastningen. Er denne kondensatorene mindre enn 25  $\mu\text{F}$ , kan en sløyfe dioden mellom inngang og utgang på regulatoren. Regulatoren har innebygd en «liten» diode.





## Negativ variabel regulator LM337



$$U_{UT} = 1,25 \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right)$$

Justerbar negativ spenningsregulator med beskyttelsesdioder. Merk polaritet på dioder og kondensatorer

### Stabilisering og beskyttelse

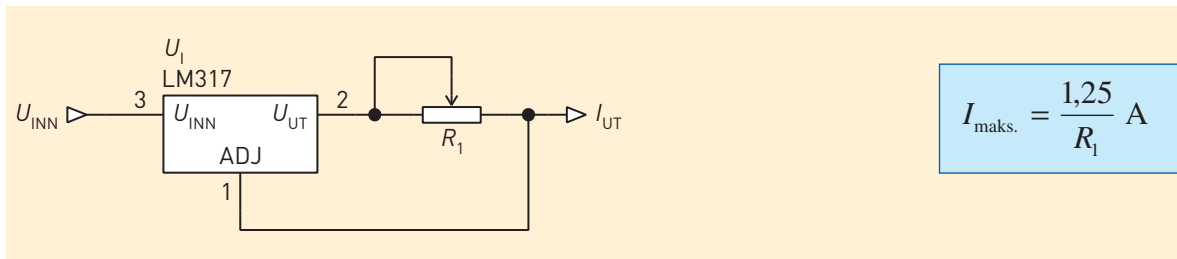
Kondensatoren  $C_4$  plasseres nær regulatoren. Den bør være av typen keramisk skivekondensator. *Solid Tantal*-kondensator kan også brukes, men verdien øker da til 1  $\mu\text{F}$ .

Dioden  $D_3$  beskytter regulatoren hvis inngangen skulle kortsluttes mot jord.

Kondensatoren  $C_5$  mellom justeringsterminalen og jord forbedrer regulatorens evne til å undertrykke (dempe) rippelspenning på inngangene. Dioden  $D_4$  beskytter mot utlading av  $C_5$ .

Kondensatoren  $C_6$  skal hindre regulatoren i å oscillere. I tillegg forbedrer den regulatorens evne til å reagere på raske endringer i belastningen. Er denne kondensatoren mindre enn 25  $\mu\text{F}$ , kan en sløyfe dioden mellom inngang og utgang på regulatoren. Regulatoren har innebygd en «liten» diode.

## Spenningsregulatoren – 317 brukt som strømbegrenser



Positiv spenningsregulator som strømbegrenser

## Definisjoner

### Dropout voltage

$$U_{\text{inn}} - U_{\text{ut}}$$

Nødvendig spenning på inngangen for at regulatoren skal ”holde” nominell verdi.

### Power Supply Ripple Rejection

$$PSSR = 20 \log \frac{\text{Rippel}_{\text{inn}}}{\text{Rippel}_{\text{ut}}} \text{ (dB)}$$

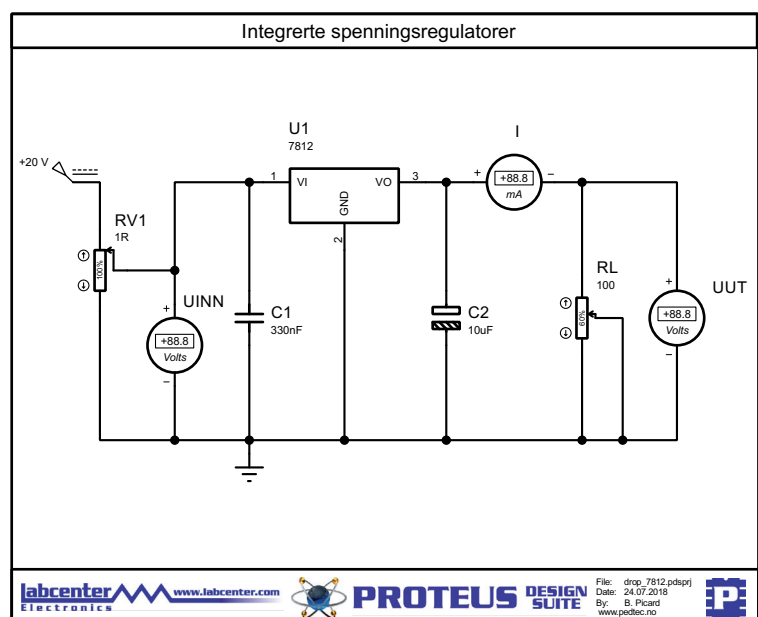
Regulatorens evne til å dempe rippelspenningen på inngangen.

## Måling på 7812

### Dropout voltage

- ☐ Åpne fila drop\_7812
- ☐ Start animeringen (trykk på PLAY-knappen i nedre venstre hjørne) eller trykk på **F2**.
- ☐ Juster potensiometeret RV1 til spenningen på regulatorens utgang UUT begynner [ minke.
- ☐ Les av voltmeteret på regulatorens inngang UINN.

$$U_{\text{inn}} =$$



- ☐ Beregn dropoutspenningen.

$$U_{\text{dropout}} = U_{\text{inn}} - U_{\text{ut}} =$$

- ☐ Finn databladet for regulatoren.

- ☐ Kommenter eventuelt avvik mellom beregnet dropout med det som står i databladet.



## Power Supply Ripple Rejection

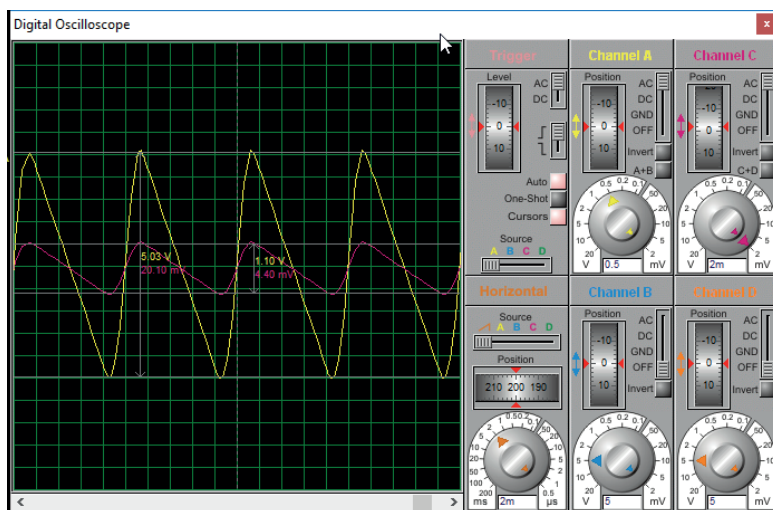
- ☐ Åpne fila ripple\_7812.

- ☐ Start animasjonen.

- ☐ Begge kanalene vi bruker skal ha inngangssvelgeren i stilling AC.

- ☐ Slå på cursors på skopet.

- ☐ Beveg musepekeren til toppen av den ene kurven og klem inn venstre museknapp. Hold den inne og beveg musekursoren til bunnen av kurven og slipp museknappen.



### For å fjerne en kursor:

Høyreklikk på den kursoren du vil fjerne og velg *Delete Cursor*.

### For å fjerne flere cursorer:

Høyreklikk i skopbildet og velg *Clear All Cursors*.

- ☐ Les av rippelspenningen.

$$U_{\text{ripple inn}} = \text{ mV}$$

- ☐ Gjenta for den andre kanalen.

$U_{\text{ripple ut}} = \quad \text{V}$

---

- ☐ Beregn rippeldempingsfaktoren.

$PSRR = \quad \text{dB}$

---

- ☐ Kommenter eventuelt avvik med databladet.



## Måling på 317

### Dropout voltage

- ☐ Åpne fila drop\_317
- ☐ Start animeringen.
- ☐ Juster potensiometeret RV1 til spenningen på regulatorens utgang UUT er 11,9 V.
- ☐ Les av voltmeteret på regulatorens inngang UINN.

$U_{\text{inn}} =$

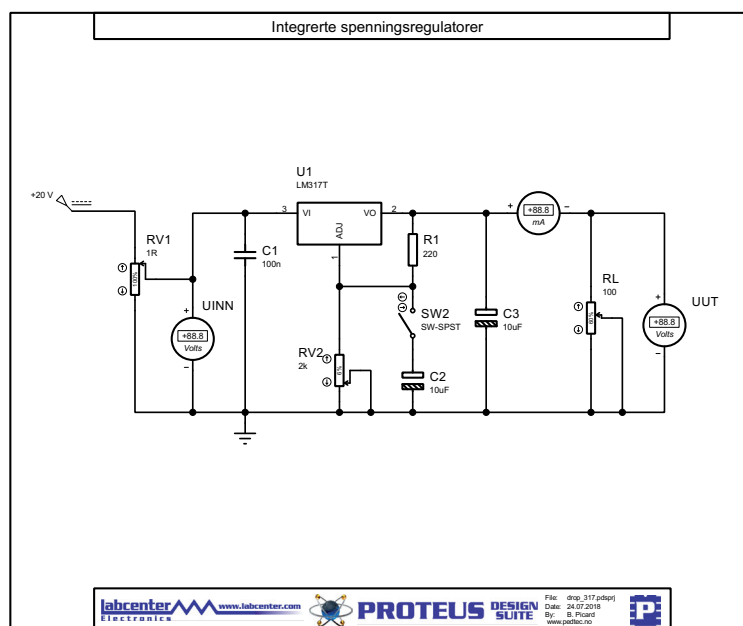
---

- ☐ Beregn dropoutspenningen.

$U_{\text{dropout}} = U_{\text{inn}} - U_{\text{ut}} =$

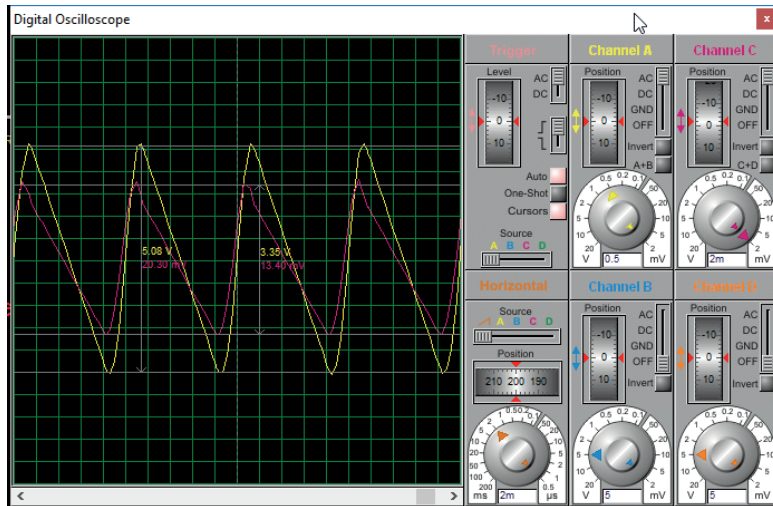
---

- ☐ Kommenter eventuelt avvik med databladet.



## Power Supply Ripple Rejection

- ☐ Åpne fila ripple\_317
- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Begge kanalene vi bruker skal ha inngangsvelgeren i stilling AC, bryter SW2 skal være åpen.



- ☐ Slå på cursors på skopet.
- ☐ Beveg musepekeren til toppen av kurven og klem inn venstre museknapp. Hold den inne og beveg musekursoren til bunnen av kurven og slipp museknappen.
- ☐ Les av rippelspenningene.

$U_{\text{ripple inn}} =$

---

$U_{\text{ripple ut}} =$

---

- ☐ Beregn rippeldempingsfaktoren.

$PSRR =$

---

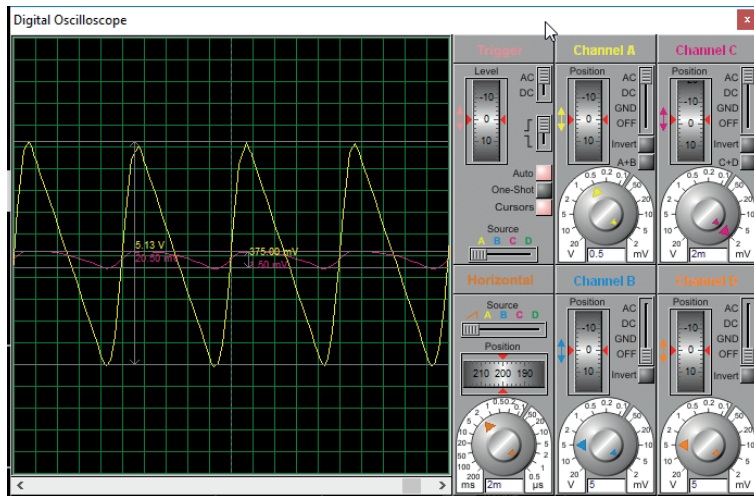
- ☐ Kommenter eventuelt avvik med databladet.

---



---

☐ Lukk bryteren SW2.

☐ Les av rippelspenningene.


$U_{\text{ripple inn}} =$

---

$U_{\text{ripple ut}} =$

---

☐ Beregn rippeldempingsfaktoren.

$PSRR =$

---

☐ Kommenter eventuelt avvik med databladet.



---

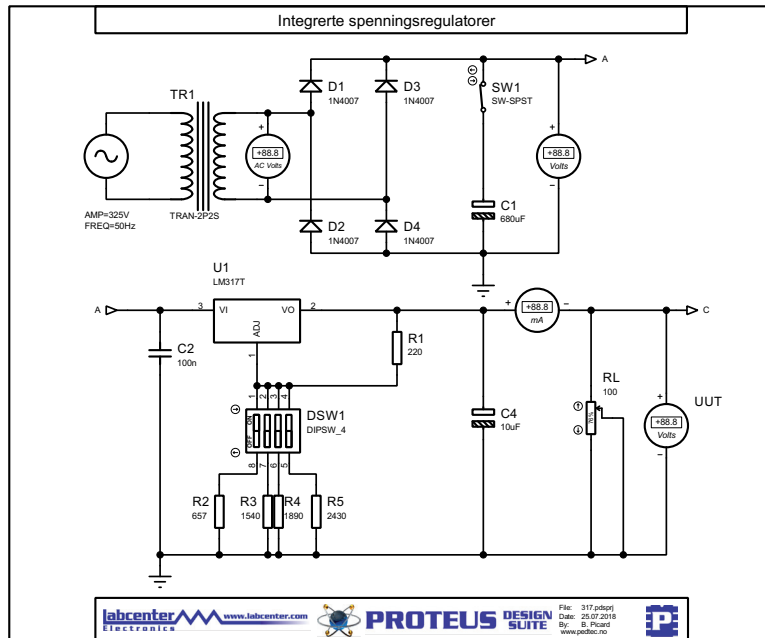


---

# Spenningsregulatoren – 317

□ Åpne fila 317

Skjemaet viser en kraftforsyning med spenningsregulatoren LM317T.



Med DSW1 kan du variere utspenningen ved å legge inn resistorene  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  og  $R_5$ .

□ Beregn spenningen  $U_{ut}$  for de fire stillingene på DSW1 og før resultatene inn i tabellen under i kolonnen *Beregnet*.

□ Start animasjonen.

□ Mål spenningen  $U_{ut}$  for de fire stillingene på DSW1 og før resultatene inn i tabellen over i kolonnen *Målt*.

□ Kommenter eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.



Innkoplet resistor	$U_{ut}$	
	Beregnet	Målt
$R_2$		
$R_3$		
$R_4$		
$R_5$		

## Spenningsregulatoren – 317 brukt som strømbegrenser

☐ Åpne fila limit\_317.

Den øverste delen av skjemaet viser en kraftforsyning med LM317T.

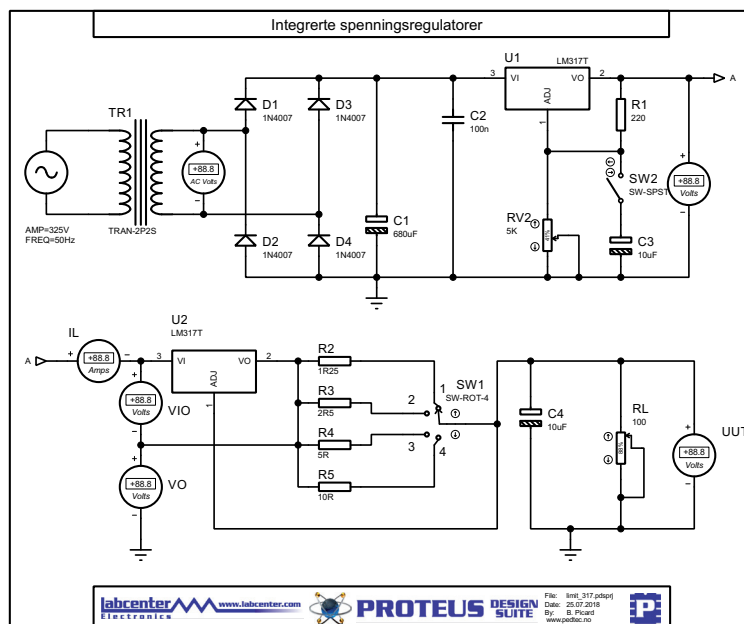
Spenningen ut skal være justert til 18,0 V.

Den nederste delen viser LM317T koplet som strømbegrenser.

☐ Beregn spenninger og strømmer for de fire stillingene på SW1.

☐ Før resultatene i tabellen under i kolonnen *Beregnet*.

☐ Start animasjonen.



☐ Mål strøm og spenninger  $U_{ut}$  for de fire stillingene på SW1 og før resultatene inn i tabellen over i kolonnen *Målt*.

SW1	$I_L$		$V_{IO}$		$V_O$		$U_{UT}$	
	Beregnet	Målt	Beregnet	Målt	Beregnet	Målt	Beregnet	Målt
1								
2								
3								
4								

☐ Kommenter eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.




---



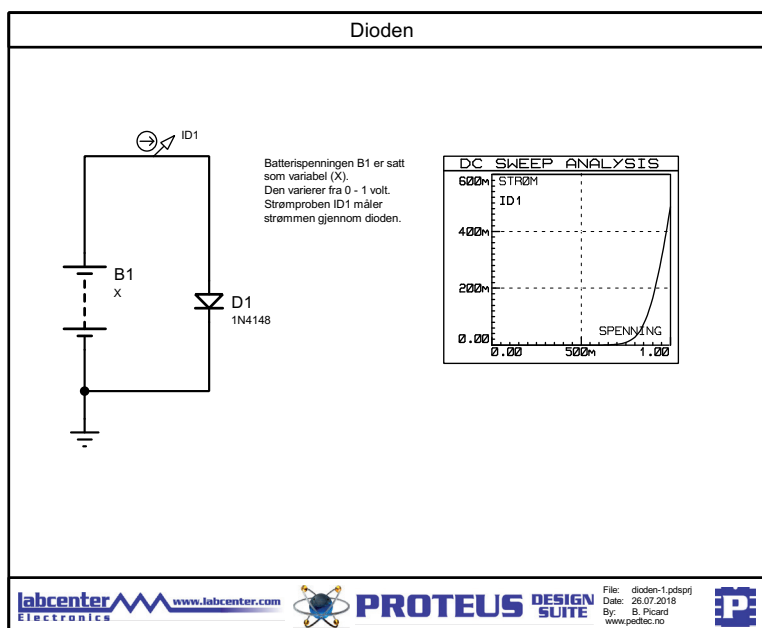
---



# Dioder

## Simulering av silisiumdioden i lederetning

☐ Åpne fila dioden-1.




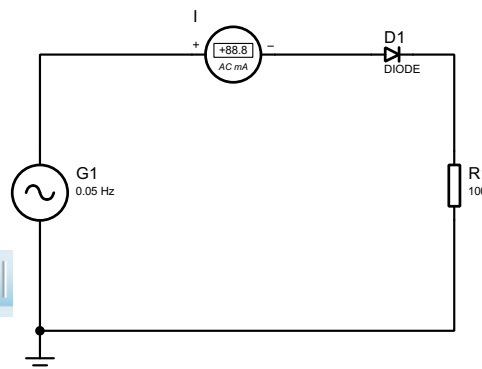
Simulering i graf av diodens karakteristikk i lederetning

- ☐ Start simuleringen ved å trykke på mellomromstasten.
- ☐ Maksimer grafen (klikk med VM øverst i grafen).
- ☐ Minimer grafen ved å trykke på ESC-knappen.

## Enveislikeretter

### Strømretning

- ☐ Åpne fila dioden-2.
- ☐ Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på  på tastaturet.
- ☐ Følg med den røde prikken på generatoren og strømmen gjennom amperemeteret.



Dioder		6 s	Mars 2021
Utført av			
Dato			
Godkjent av			



- ☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.
- ☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.

- ☐ Hvilken sammenheng er det mellom generatorspenningen og strømmen gjennom dioden?



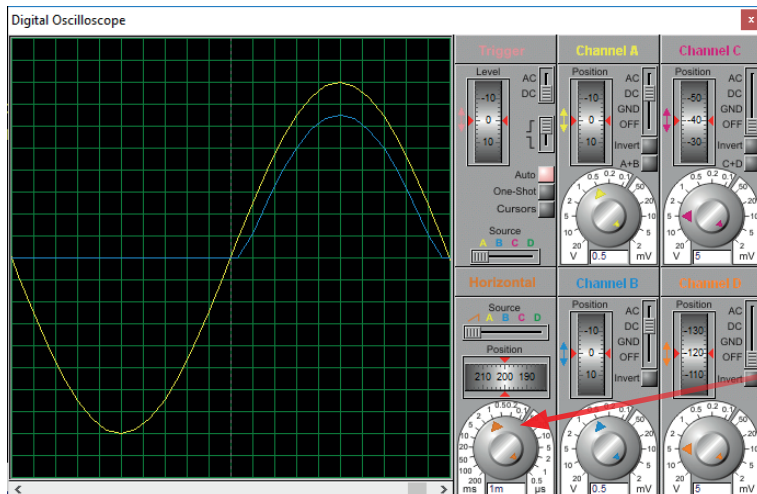
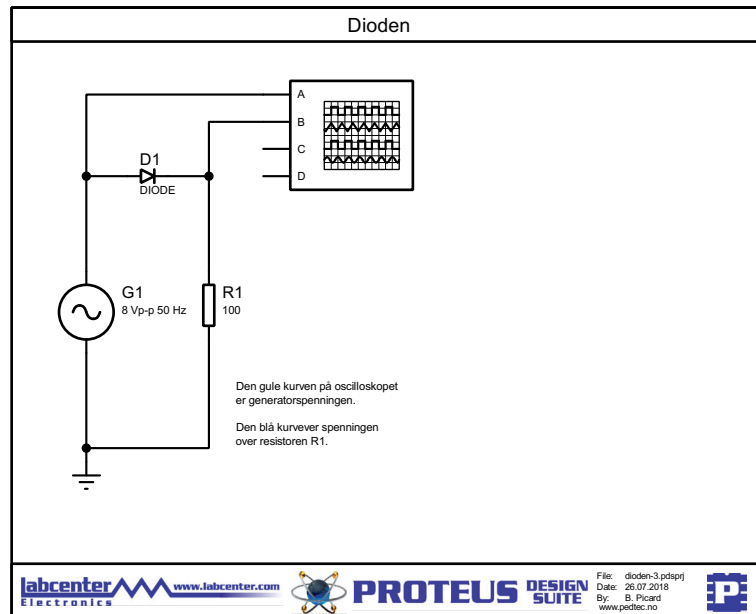
## Kurveform

- ☐ Åpne fila dioden-3.
- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Les av amplitudeverdien  $\hat{U}_{G1}$  (generatorsignalet).
- ☐ Du kan gjerne slå på *Cursors* og måle.

$\hat{U}_{G1} =$

- ☐ Les av amplitudeverdien  $\hat{U}_{R1}$  (spenningen over  $R_1$ ). Justér eventuelt Y-Gain 2 slik at du får en god avlesning.

$\hat{U}_{R1} =$



Du kan få fram flere perioder ved å justere på tidsaksen

- ☐ Hvorfor er det forskjell i amplitude på de to signalene, og hvor stor er forskjellen?



## Enveislikeretter med glattekondensator

- ☐ Åpne fila dioden-4.
- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Observer opp- og utladning av kondensatoren.
- ☐ Sammenlikne generatorspenningen med strømmen til og fra kondensatoren og bestem ved hvilken generatorspenning strømmen snur.



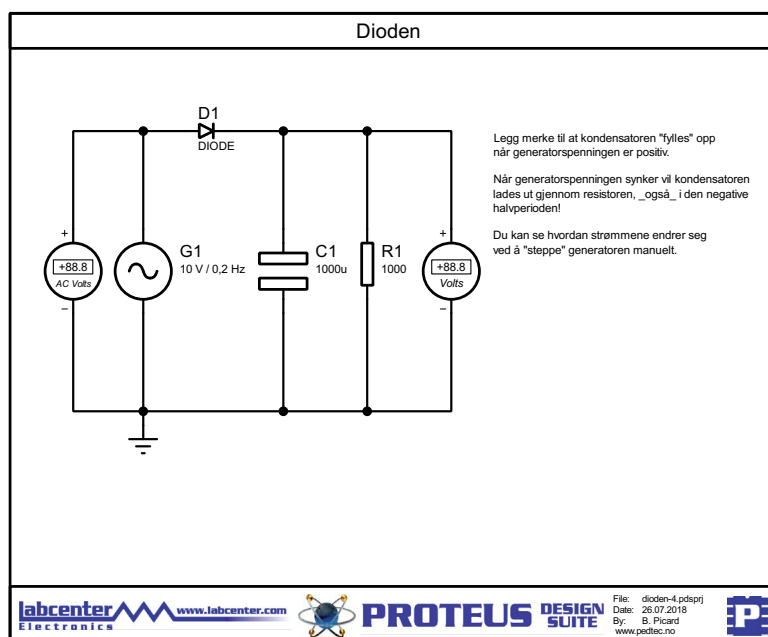

---



---



---



## Kurveform for enveislikeretter med glattekondensator

- ☐ Åpne fila dioden-5.
- ☐ SW3 skal være åpen.
- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Lukk SW3, observer og kommentér endring i kurveformen på oscilloskopets kanal B.
- ☐ Les av rippelspenningens amplitude for de fire kombinasjonene:




---

$u_{R1C1} =$

---

$u_{R1C2} =$

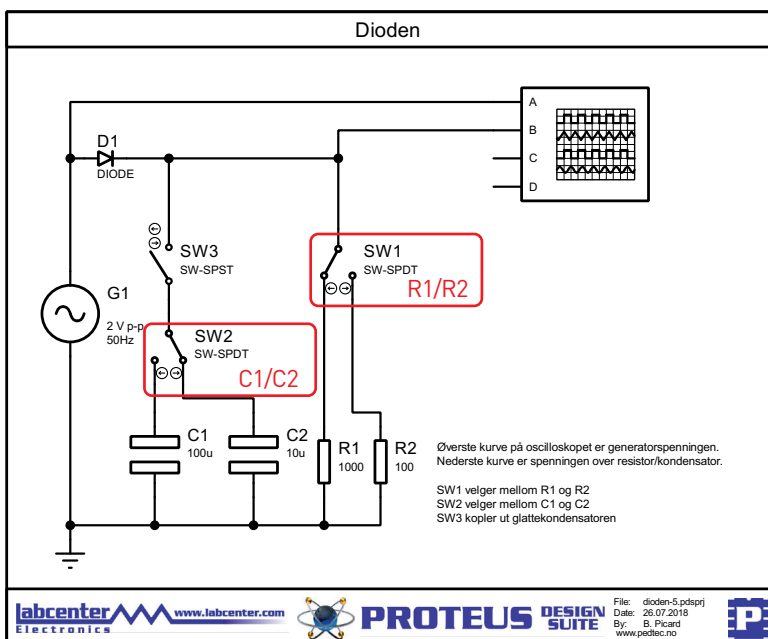
---

$u_{R2C1} =$

---

$u_{R2C2} =$

---



- ☐ Forklar hvorfor rippelspenningen  $u_{R1C2}$  er større enn  $u_{R1C1}$ .



- ☐ Bestem frekvensen til rippelspenningen ved først å måle periodetiden  $T$ .

$f =$

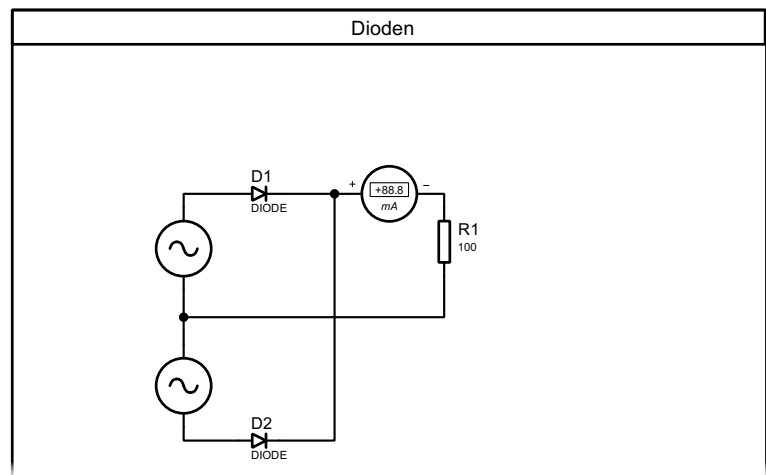
$$T = \frac{1}{f} \text{ eller } f = \frac{1}{T}$$

## Toveislikeretter (helbølggelikeretter)

### Strømretning

- ☐ Åpne fila dioden-6 og start animasjonen.
- ☐ Følg med på amperemeteret og strømretningene i de to halvperiodene.  
*Tips: Du kan steppe generatoren.*

Kommentér:

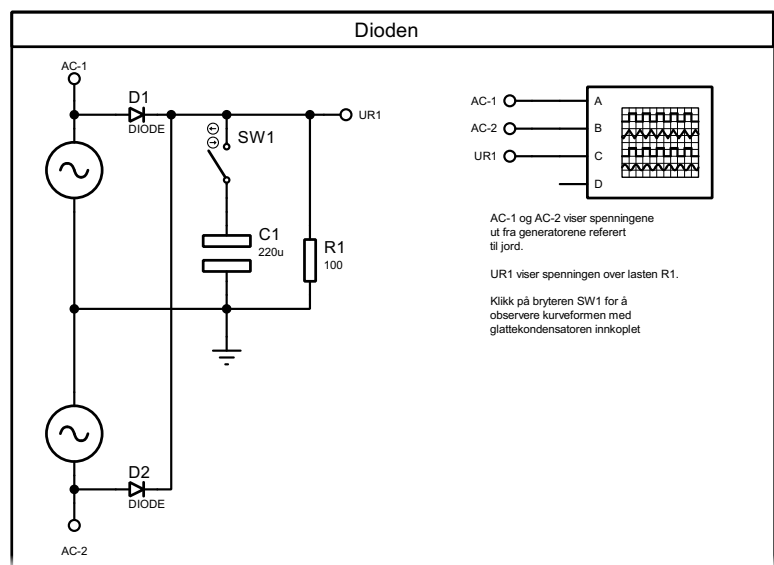


## Toveislikeretter (helbølggelikeretter)

### Kurveform

- ☐ Åpne fila dioden-7.
- ☐ Start animasjonen ved å trykke på PLAY-knappen.
- ☐ Lukk bryteren SW1.
- ☐ Mål amplituden til rippelspenningen.

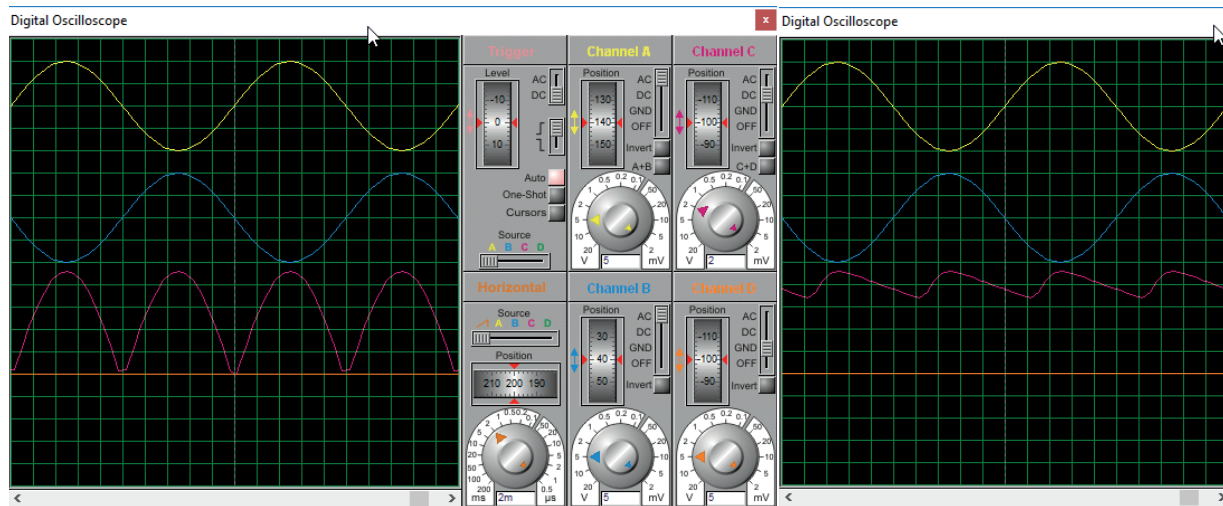
$\hat{U}_{\text{ripple}} =$



- ☐ Bestem frekvensen til rippelspenningen ved først å måle periodetiden  $T$ .

$$T = \frac{1}{f} \text{ eller } f = \frac{1}{T}$$

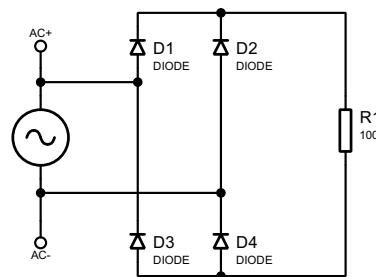
$f =$



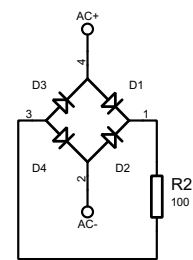
## Brolikeretter (Graetzbro)

### Strømretning

- ☐ Åpne fila dioden-8 og start animasjonen.
- ☐ Observer strømmene og bestem hvilke dioder som er åpne i den positive halvperioden av inngangssignalet og hvilke dioder som er åpne i den negative halvperioden.



Alternativ måte å kople en Graetzbro



Dette er det vanlige symbol for Graetzbro

- ☐ I den positive halvperioden er

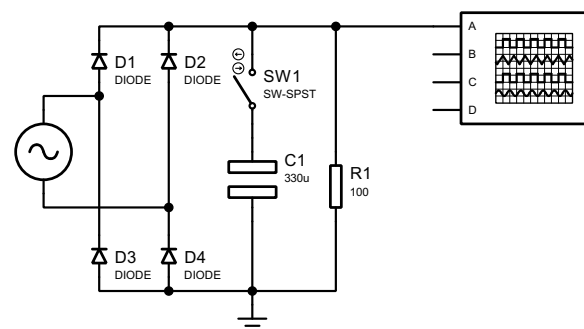
$\text{Diodene D( ) og D( ) er åpne}$

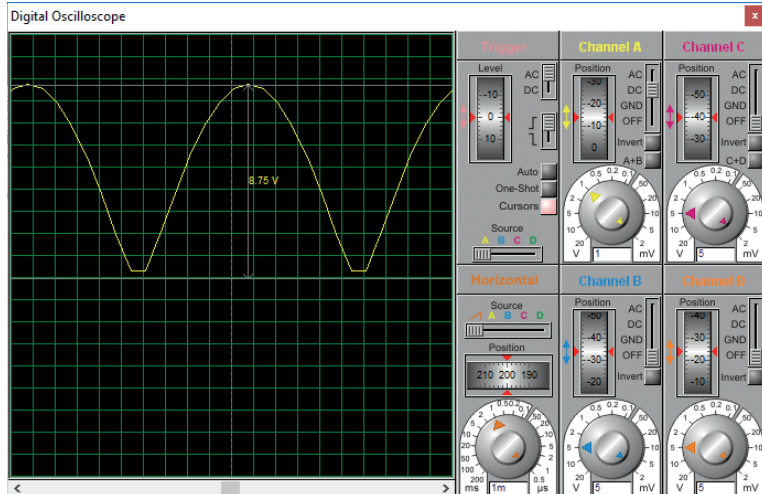
- ☐ I den negative halvperioden er

$\text{Diodene D( ) og D( ) er åpne}$

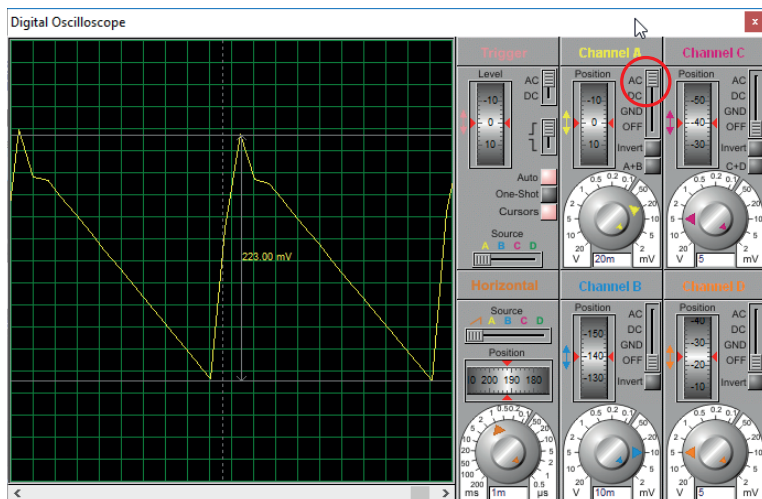
### Kurveform

- ☐ Åpne fila dioden-9.
- ☐ Start animasjonen ved å trykke på PLAY-knappen.



☐ Mål  $\hat{U}_{R1}$ .


$\hat{U}_{R1} =$

☐ Lukk bryteren SW1.

☐ Still DC/GND/AC-knappen til AC. Still oscilloskopets vertikale A-akse til 20 mV/Div. og mål amplituden til rippelspenningen.

$\hat{U}_{\text{ripple}} =$



# Feilsøking på transistorforsterker

På skjemaet under ser du en totrinns transistorforsterker. I det andre trinnet er det lagt inn sju feil som du kan aktivere én om gangen.

Det første trinnet (innenfor den røde rammen) er uten feil, altså er C1, R1, R2, R3, R4 og Q1 uten feil. Likeså er generatoren UG1 og batteriet B1 uten feil.

Terminalene A, B, C, D og E er koplet til DC-voltmetre og oscilloskopet er koplet til forsterkerens inngang og utgang.

Oscilloskopet kan være «avslått» når du starter animasjonen, men kan hentes fram ved å klikke på nedtrekkmneny Debug>VSM Oscilloscope.

Det kan være feil i forsterkeren selv om alle likespenningene er riktige. Da trenger du oscilloskopet for å bestemme feilen. Ved å klikke på TELLER-knappen legger du inn de sju feilene i tur og orden. Når displayet viser tallet null er forsterkeren uten feil.

Transistorer	2 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		

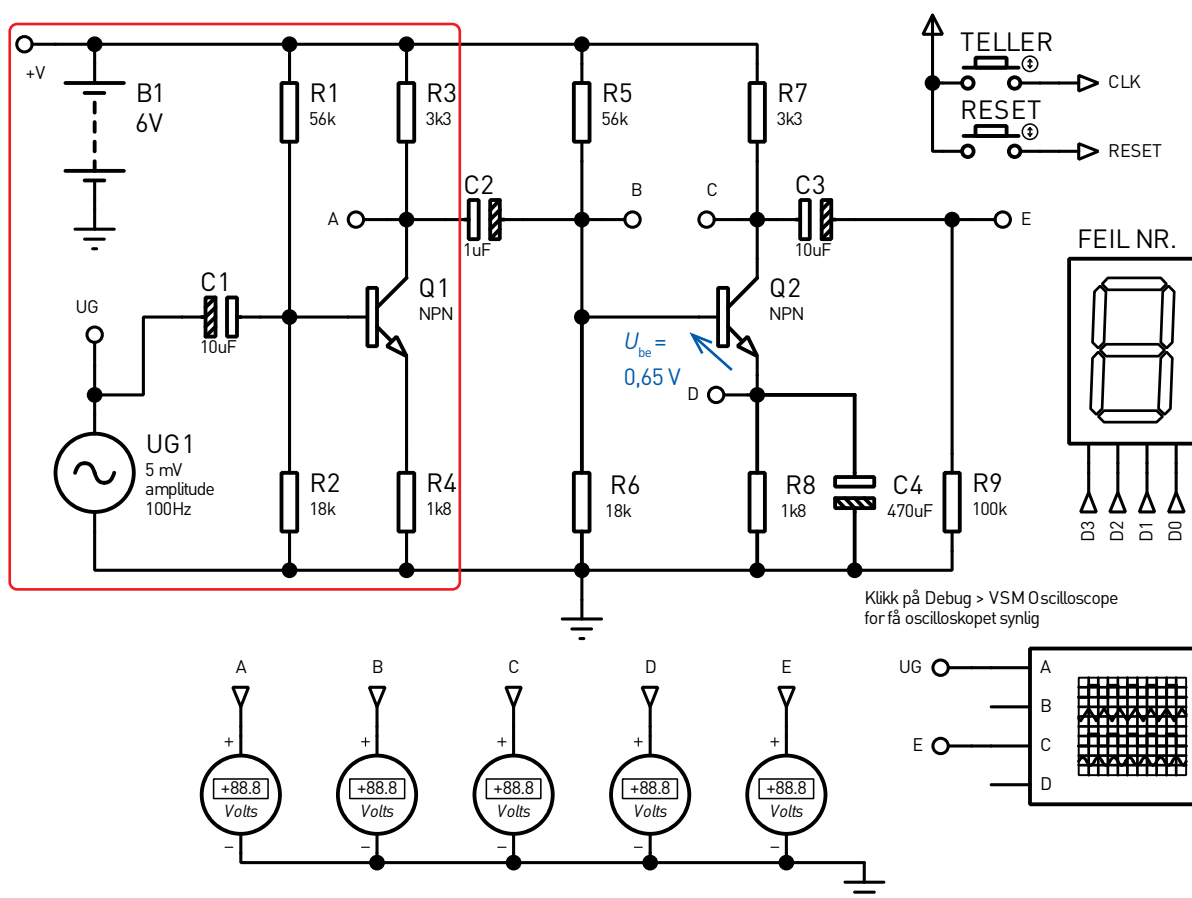


☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.

☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.



## Beregning av likespenninger

Du trenger ikke kjenne til transistorenes strømforsterkningsfaktor for å beregne likespenningene.

Anta at spenningen mellom basis og emitter,  $U_{be}$  er ca. 0,65 V.

Anta at basestrømmen er så liten at vi kan se bort fra den.

Da kan du bruke Ohms Lov for å beregne de forskjellige likespenningspotensialene.

- ☐ Beregn potensialene i punktene A, B, C, D og E referert til jord (0 V). Føer inn i tabellen under.



Du kan åpne forspenning og se DC-målinger.

Feil nr.	Målepunkt	A	B	C	D	E	Forsterkning?	Feil i komponent (X?)
0	Beregnet spenning (V)	4,8	1,45	4,8	0,8	0		
0	Målt spenning (V)							
1	Målt spenning (V)							
2	Målt spenning (V)							
3	Målt spenning (V)							
4	Målt spenning (V)							
5	Målt spenning (V)							
6	Målt spenning (V)							
7	Målt spenning (V)							

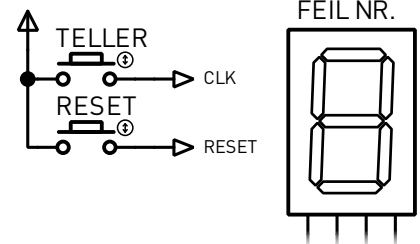
- ☐ Åpne trans-0 og start animasjon.

- ☐ Resett telleren hvis displayet ikke viser 0.

1. Les av voltmetrene i punktene A, B, C, D og E og før resultatene inn i rad 0 i tabellen.
2. Sjekk forsterkning på oscilloskopet og notér i tabellen.
3. Angi i tabellen hvilken komponent som er defekt, (eks. C2).

- ☐ Klikk på «TELLER» slik at den avanserer opp et tall.

- ☐ Gjenta 1 - 2 - 3 til du har vært gjennom alle feilene (1 - 7).



Det er bare én feil i hver av de sju tilfellene. Feilene kan være:

- Kortslutning basis-emitter
- Brudd i resistor
- Brudd i kondensator
- Kortslutning i kondensator

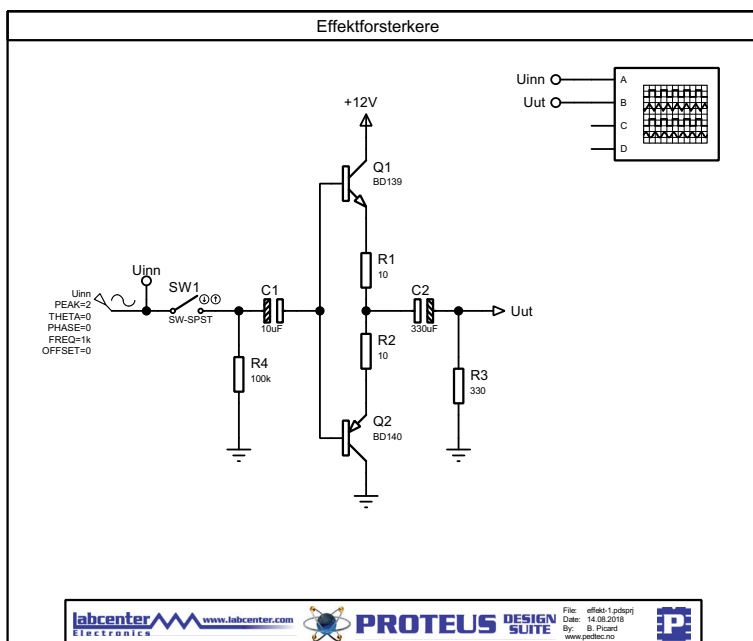




# Effektforsterkere

## Utgangstrinn med enkel matespenning

☐ Åpne fila effekt-1.



Inngangssignalet  $U_{inn} = 2 V_{t-b}$ . Frekvensen  $f = 1 \text{ kHz}$ .  
Signalet fra generatoren skal være frakoplet (SW1 åpen).

## Måle DC- strømmer, spenninger og effekt

☐ Klikk på PLAY-knappen eller trykk på **F12** for å starte animasjon.



☐ Klikk på PAUSE-knappen eller trykk på **Esc**.



☐ Klikk på INSTRUMENT-ikonet.

Effektforsterkere	10 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		



☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.  
☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.

- ☐ Klikk på transistoren Q1.
- ☐ Noter verdiene på strømmene og spenningene i tabellen under.

Strømmer og spenninger uten tilført signal

UC	UB	UE	VCE	VCB	VBE	IB	IC	IE	Power



Slik måling er bare gyldig om det ikke skjer endringer, dvs. bare ved likestrøm.

- ☐ Hvorfor går det ingen kollektorstrøm i transistoren Q1?

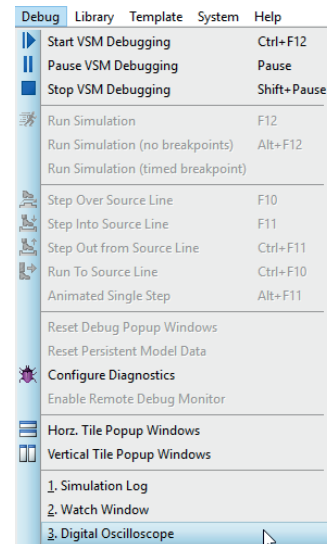



---

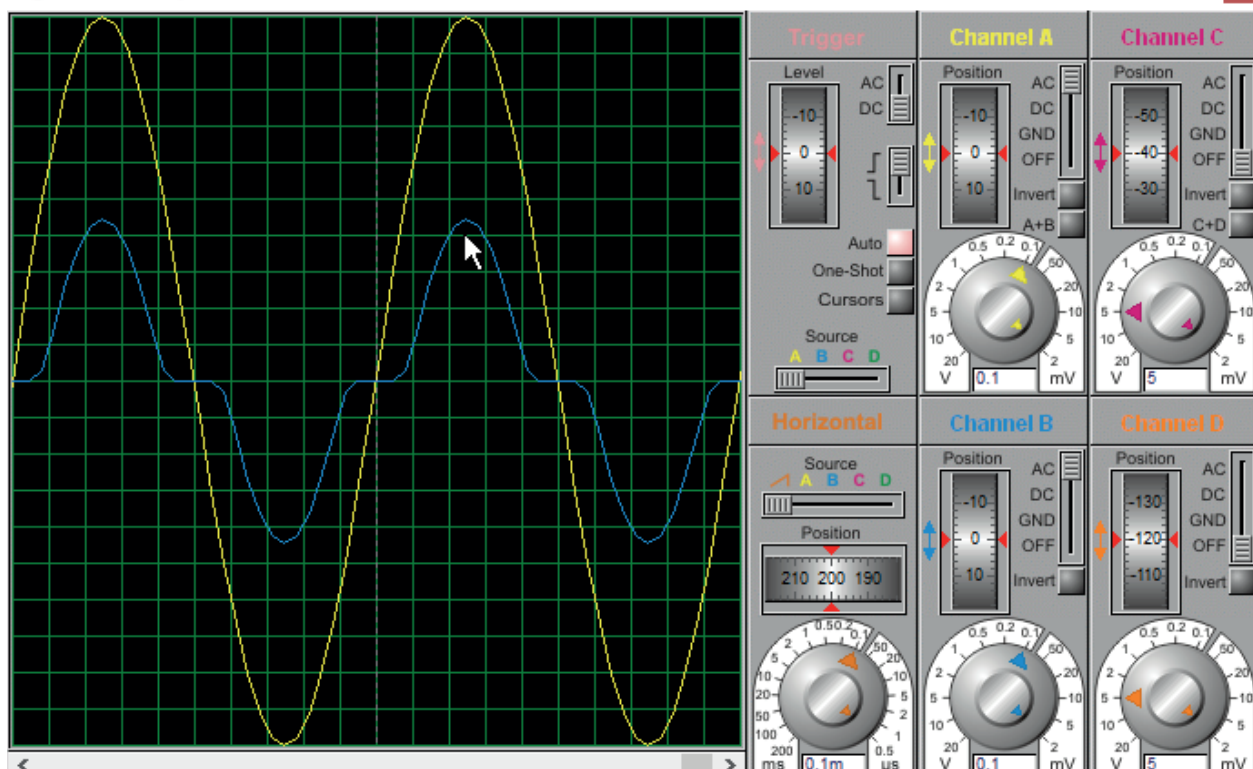


---

- ☐ Sett igang animasjonen igjen (trykk på PAUSE- eller PLAYknappen).
- ☐ Lukk bryteren SW1.
- ☐ Hvis oscilloskopet ikke vises, klikk i Debug-menyen og på VSM Oscilloscope.



Digital Oscilloscope



- ☐ Forklar hvorfor kurven på utgangen er mindre enn signalet på inngangen.






---



---

- ☐ Hvorfor har den ikke samme «fasong» som inngangssignalet?




---



---

- ☐ Hva kalles den forvregningen vi har i utgangssignalet?




---



---

- ☐ Hvilken oppgave har kondensatoren C1?




---



---

- ☐ Hva kalles denne typen utgangsforsterker?

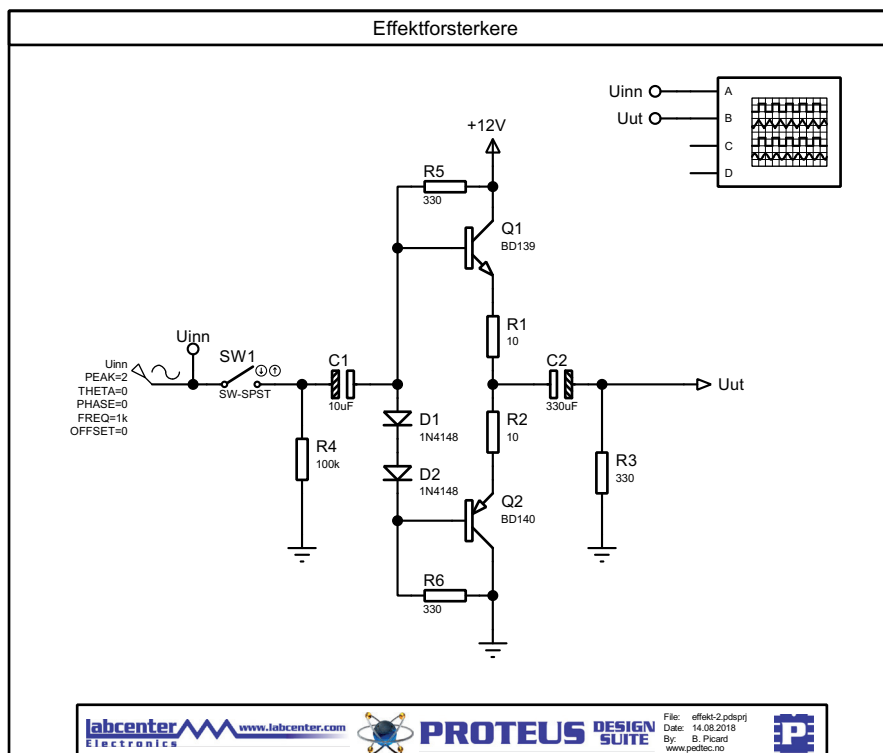



---



---

- ☐ Åpne fila effekt-2.



- ☐ Hvor stor likespenning, referert til jord, forventer du å måle i punktet mellom emitterresistorene?

  $U =$

---

- ☐ Forklar hvorfor.



---

- ☐ Inngangssignalet  $U_{\text{inn}} = 2 \text{ V}_{\text{t-b}}$ . Frekvensen  $f = 1 \text{ kHz}$ .
- ☐ Signalet fra generatoren skal være frakoplet (SW1 åpen).
- ☐ Start animasjonen.
- ☐ Pause animasjonen (klikk på PAUSE-knappen).
- ☐ Klikk på INSTRUMENT-ikonet.
- ☐ Klikk på kondensatoren C2.
- ☐ Noter spenningen over kondensatoren.

  $U_{C2} =$

---

- ☐ Hvilken oppgave har kondensatoren C2?




---

- ☐ Klikk på transistoren Q1.
- ☐ Noter verdiene på strømmene, spenningene og effekten.

Strømmer og spenninger uten tilført signal

UC	UB	UE	VCE	VCB	VBE	IB	IC	IE	Power

- ☐ Beregn strømforsterkningsfaktoren for transistoren.

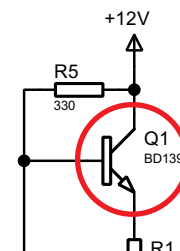
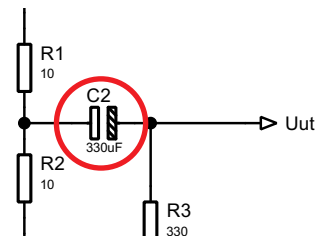
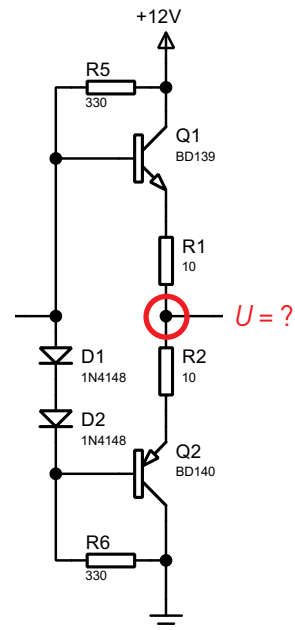
  $h_{FE} =$

---

- ☐ Sjekk med databladet og kommentér.



---

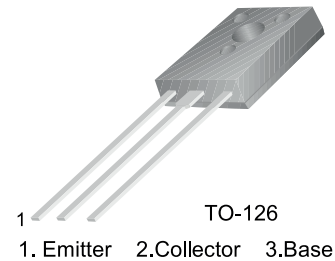




## BD135/137/139

### Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively



### NPN Epitaxial Silicon Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : BD135	45	V
	: BD137	60	V
	: BD139	80	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : BD135	45	V
	: BD137	60	V
	: BD139	80	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	1.5	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	3.0	A
$I_B$	Base Current	0.5	A
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	12.5	W
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )	1.25	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

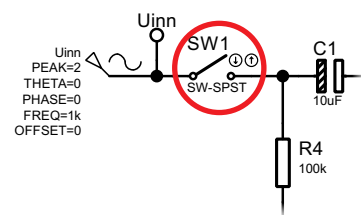
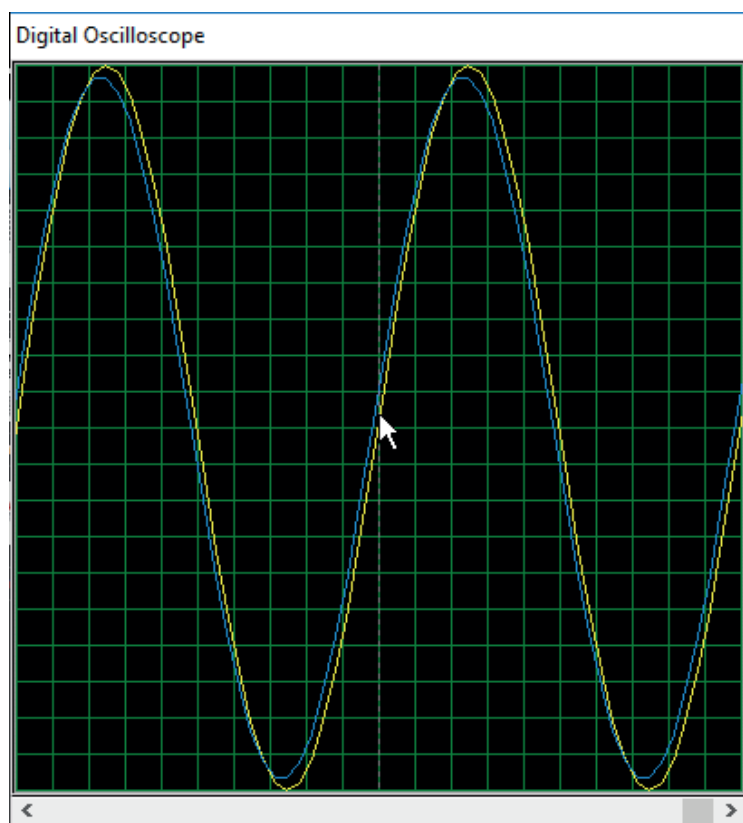
#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
V <sub>CEO(sus)</sub>	Collector-Emitter Sustaining Voltage : BD135 : BD137 : BD139	I <sub>C</sub> = 30mA, I <sub>B</sub> = 0	45 60 80			V V V
I <sub>CBO</sub>	Collector Cut-off Current	V <sub>CB</sub> = 30V, I <sub>E</sub> = 0			0.1	μA
I <sub>EBO</sub>	Emitter Cut-off Current	V <sub>EB</sub> = 5V, I <sub>C</sub> = 0			10	μA
h <sub>FE1</sub> h <sub>FE2</sub> h <sub>FE3</sub>	DC Current Gain : ALL DEVICE : ALL DEVICE : BD135 : BD137, BD139	V <sub>CE</sub> = 2V, I <sub>C</sub> = 5mA V <sub>CE</sub> = 2V, I <sub>C</sub> = 0.5A V <sub>CE</sub> = 2V, I <sub>C</sub> = 150mA	25 25 40 40		250 160	
V <sub>CE(sat)</sub>	Collector-Emitter Saturation Voltage	I <sub>C</sub> = 500mA, I <sub>B</sub> = 50mA			0.5	V
V <sub>BE(on)</sub>	Base-Emitter ON Voltage	V <sub>CE</sub> = 2V, I <sub>C</sub> = 0.5A			1	V

#### $h_{FE}$ Classification

Classification	6	10	16
$h_{FE3}$	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

- ☐ Lukk bryteren SW1.



- ☐ Kommenter forandringen i utgangssignalet fra forrige oscilloskopmåling.



- ☐ Er signalet på utgangen «rent» nå?



- ☐ Hva kalles denne typen utgangsförsterker?

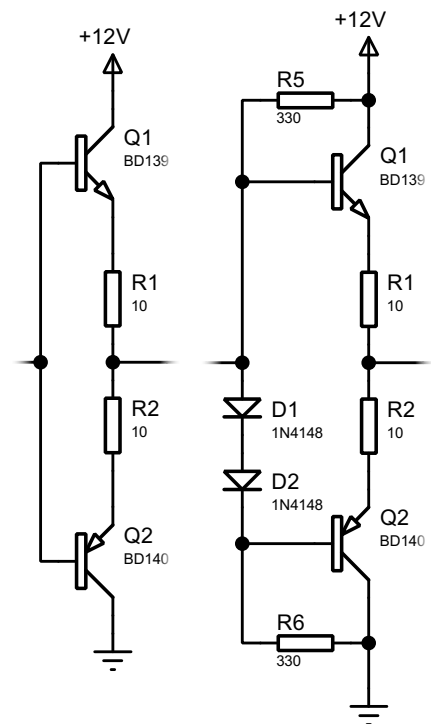
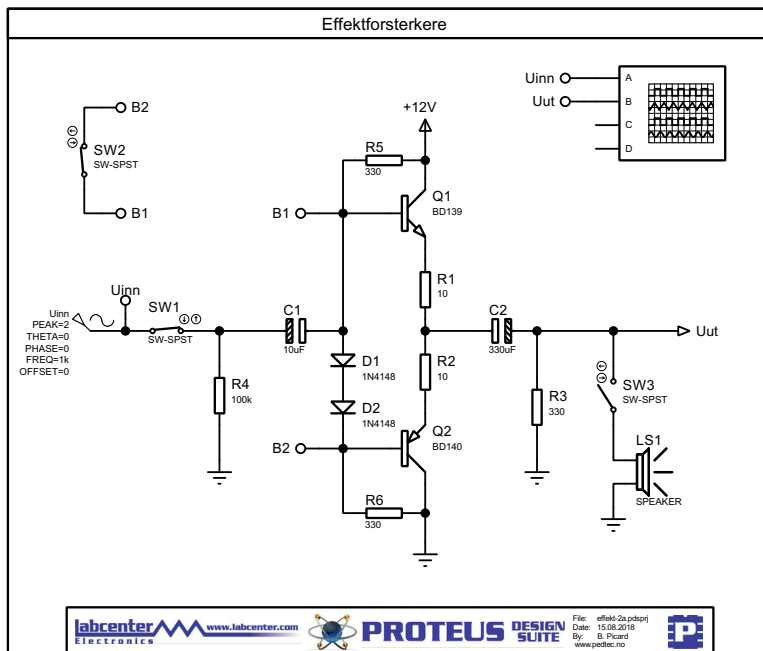


## Sammenlikning av de to forsterkerkoplingene

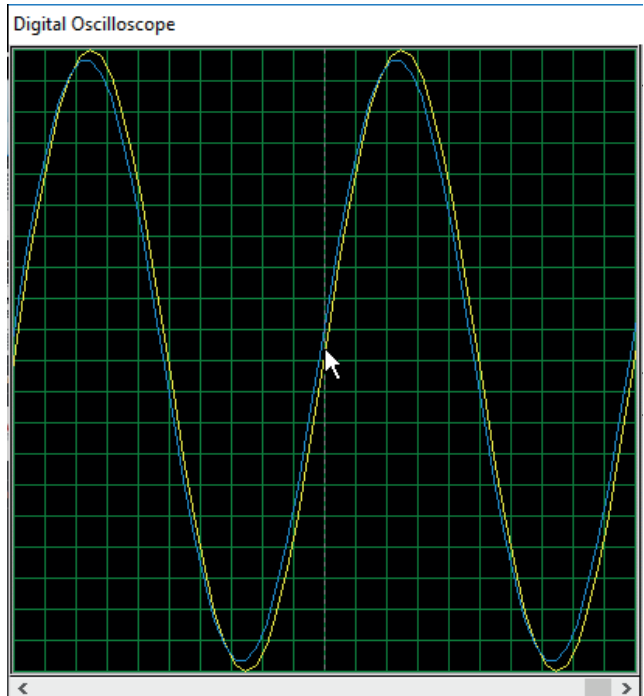
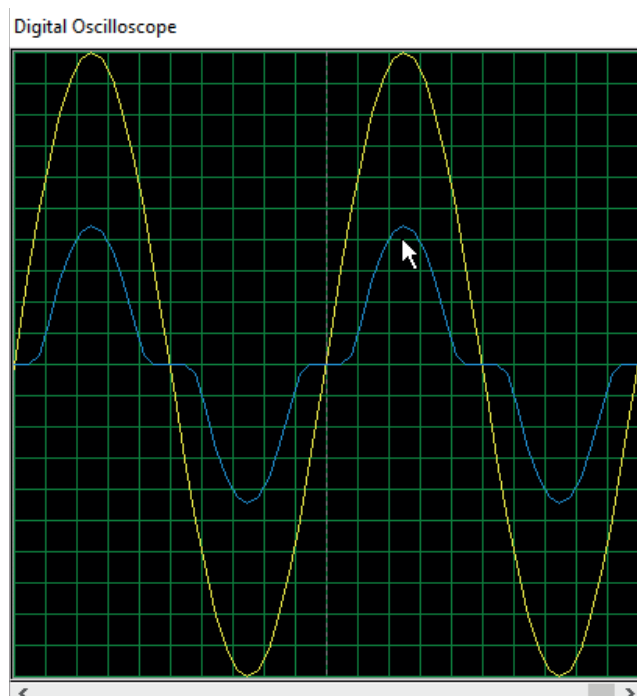
☐ Åpne effekt-2a.

Her kan du veksle mellom de to foregående forsterkerkoplingene med bryteren SW2.

Hvis du har lydkort, kan du høre forvrengningen.

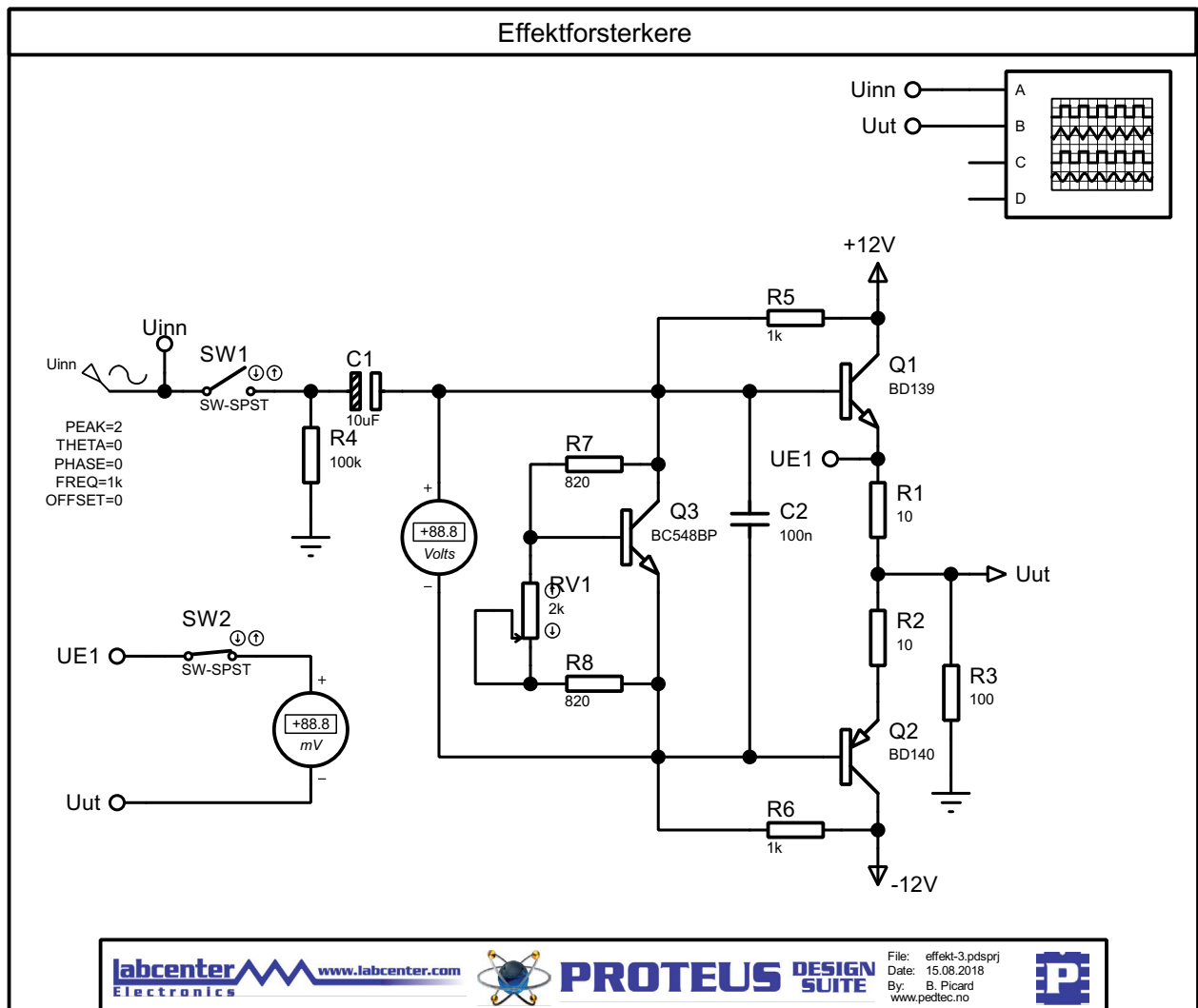


☐ Start animasjon og veksle mellom de to koplingene med SW2.



## Utgangstrinn med dobbel matespenning

☐ Åpne fila effekt-3.



☐ På figuren ser du at vi har erstattet de to diodene med transistoren Q3, resistorene R7 og R8 og potensiometeret RV1.

☐ Hva kalles dette forspenningsnettverket?



☐ Videre ser du at vi nå har dobbelt forsyningsspenning og at kondensatoren på utgangen er fjernet.

☐ Hvorfor er kondensatoren ikke nødvendig i denne koplingen?



I teorien ser du ofte at midtuttaket på pot.-meteret er koplet til basis på Q3. Det er en «farlig» kopling. Den vanligste feil som oppstår i et pot.meter er brudd. Hadde potmeteret vært koplet til basis på Q3 ville transistoren åpne og utgangstransistorene ville lede for fullt, noe som kunne knekke dem.





- ☐ Inngangssignalet  $U_{inn} = 2 \text{ V}_{t-b}$ . Frekvensen  $f = 1 \text{ kHz}$ .
- ☐ Signalet fra generatoren skal være frakoplet (SW1 åpen).

☐ Start animasjon.

☐ Juster R1 slik at skyveren står helt nede.

☐ Pause animasjonen.

☐ Klikk på INSTRUMENT-ikonet.

☐ Klikk på resistoren R3.

☐ Noter spenningen over resistoren.

UR3 =

\_\_\_\_\_

☐ Hva er likespenningsnivået på utgangen av forsterkeren?

\_\_\_\_\_

☐ På figuren ser du det er innkoplet to DC-voltmetre. Det ene er koplet mellom UE1 og Uut. Det måler altså spenningen over emitterresistoren R1. Dividerer vi denne spenningen med 10, får vi strømmen i R1 og altså strømmen i utgangstranstistoren Q1.

☐ Les av spenningen over R1 og beregn kollektorstrømmen.

UR1 =

\_\_\_\_\_

IC1 =

\_\_\_\_\_

☐ Klikk på Q1 og kontroller strømmen.

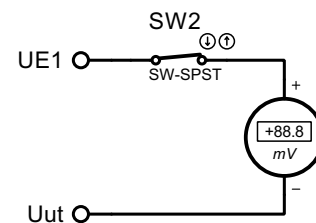
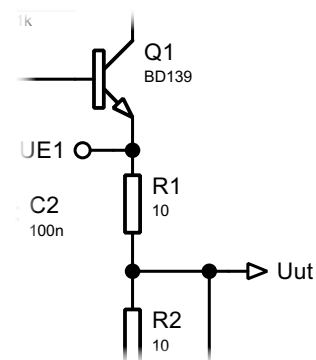
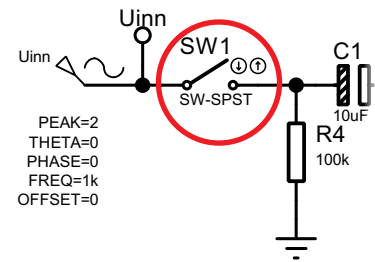
IC1 =

\_\_\_\_\_

☐ Det andre voltmeteret er koplet mellom basis på de to utgangstranstistorene Q1 og Q2. Her måler vi da forspenningen. Vi kan variere denne forspenningen med RV1.

☐ Klikk på Q3 og noter VBE.

\_\_\_\_\_

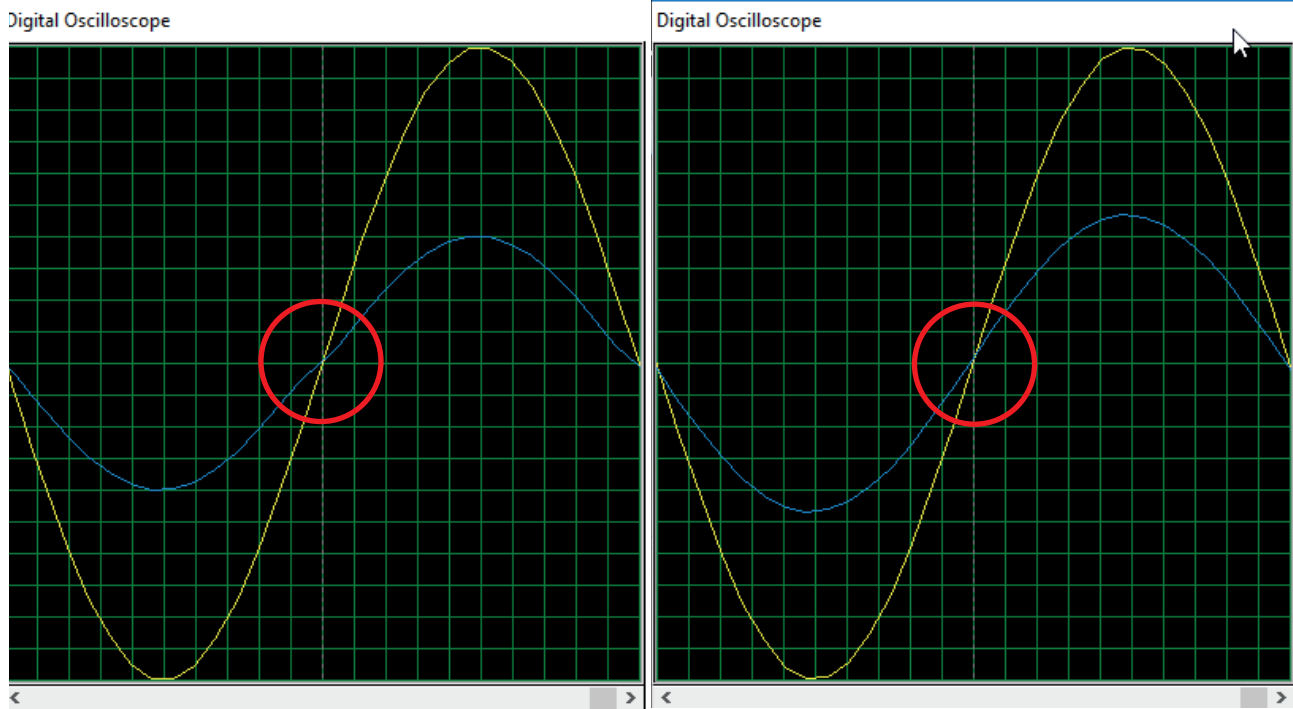


- ☐ Bruk denne verdien og beregn maks. og min. VCE over Q3.



- ☐ Start animasjon og lukk bryteren SW1 og observer utgangssignalet på oscilloskopet.

- ☐ Juster RV1 oppover til maks. mens du observerer utgangssignalet.



- ☐ Kommenter forandringene.



- ☐ Åpne SW1.

- ☐ Hva er maksimal kollektorstrøm i Q1?



- ☐ Hva er maksimal forspenning mellom mellom basis på utgangstransistorene Q1 og Q2? Stemmer det med dine beregninger?



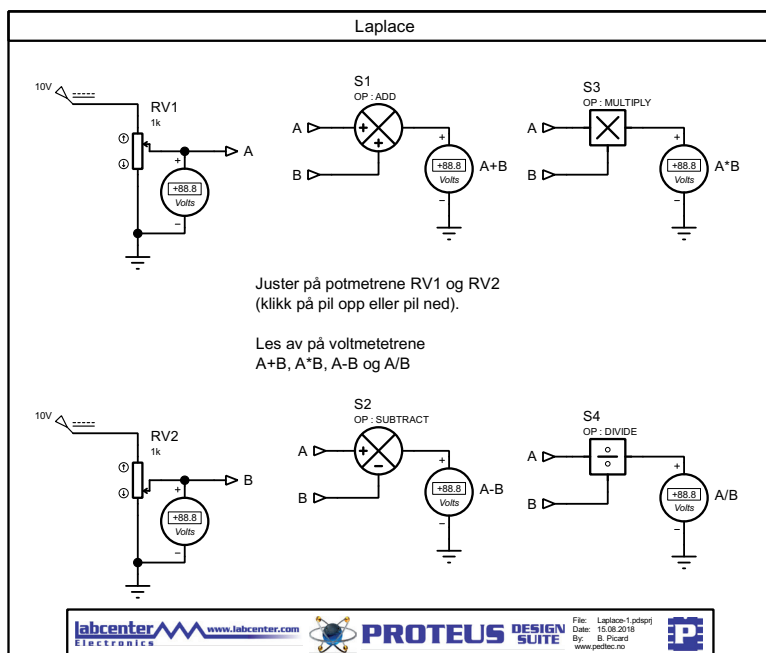
- ☐ Hva kalles denne type utgangstrinn?



# Laplace

Her tar vi bare noen enkle eksempler, men de som jobber med reguleringsteknikk kan sikkert ha glede av funksjonsblokkene som vises på slutten av denne øvingen.

☐ Åpne Laplace-1.



Laplace	2 s	Mars 2021
Utført av		
Dato		
Godkjent av		



☐ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.

☒ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.



Du kan fylle ut direkte i PDF-dokumentet der du ser gule felt.

Her er vist noen enkle funksjoner:

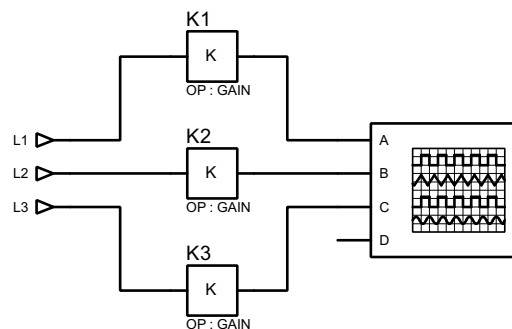
- Addisjon (S1)
- Subtraksjon (S2)
- Multiplikasjon (S3)
- Divisjon (S4)

Potmetrene RV1 og RV2 er de to inngangsvariable i form av likespenning på terminalene A og B.

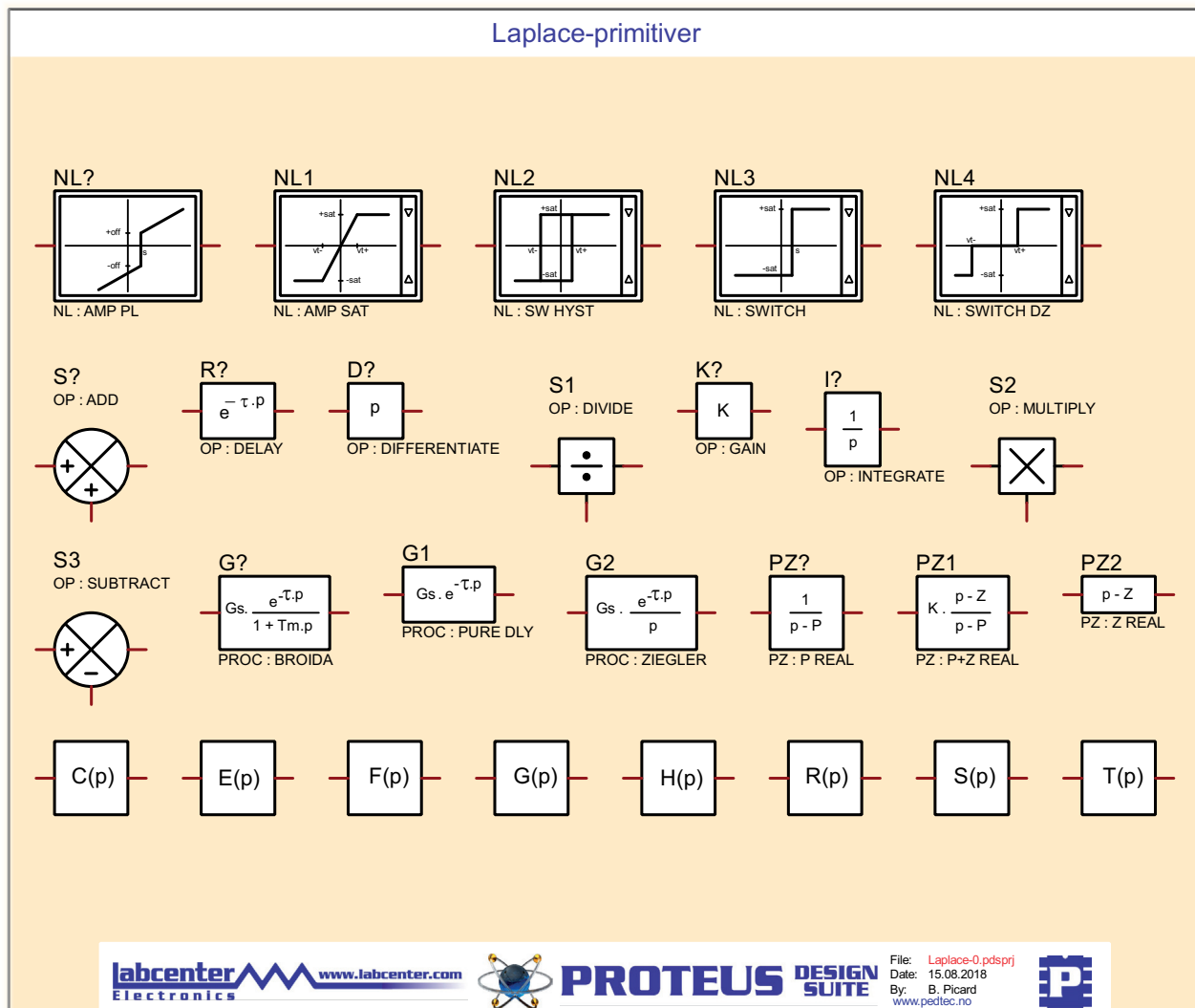
☐ Start animasjon og prøv de fire variantene ved å justere potmetrene.

I Øvingen *Vekselstrømkretser* brukte vi en forsterkerblokk fra Laplace-biblioteket til å dempe signal inn på oscilloskopet.

Forsterkningen ble satt til 0,1 – 10 ganger demping.



## Oversikt fra Laplace-biblioteket

□ Laplace-0



# PROTEUS

# DESIGN SUITE

## ØVINGER

### SKJEMATEGNING – ANIMASJON – SIMULERING

Denne boka gir deg eksempler i bruk av følgende moduler i programmet **PROTEUS**:

Skjemategning

Animasjon

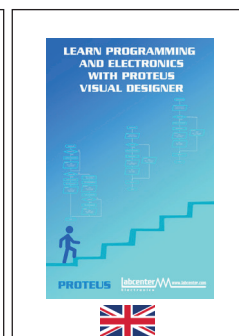
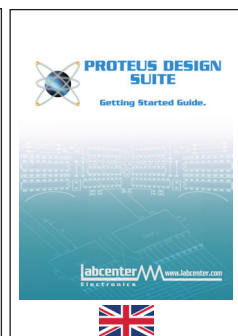
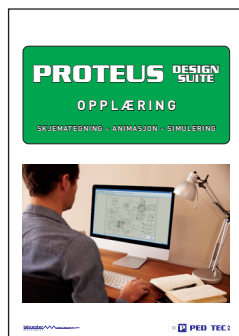
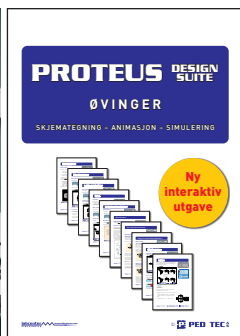
Simulering

**PROTEUS** kan langt på vei ertstatte tradisjonell laboratorievirksomhet, da programmet inneholder DC- og AC-voltmetre og ampere-metre, oscilloskop, logikkanalysator, signalgenerator, numeriske tastatur, potmetre, brytere og vendere mm.

Flere bøker:



<https://proteus.no/>



**PROTEUS** - bøkene kan lastes ned gratis fra våre nettsider!



ISBN 978-82-93002-05-5

