



LT-SPICE

Foreløbig version. Senest redigeret d. 06-01/2014.

Gå til: [Start et projekt](#) [Operating Point](#) [Opladning af kondensator](#) [Afladning](#)
[Sinusspænding](#) [AC sweep](#) [Transistor switch](#) [Voltage controlled switch](#) [Operationsforstærker](#)
[Komparator](#) [DC Sweep](#) [Svingningskreds](#)

[Busser](#)

Digitalt: [Nandgate oscillator](#) [Counter_4017](#) [Oneshot](#)

LTSPICE

Linear **T**echnology **S**imulation **P**rogram with **I**ntegrated **C**ircuit **E**mphasis

LT-Spice er et gratis program fra Linear Technology til at tegne og simulere elektroniske kredsløb.

/ Valle.



LT-SPICE

Installation og setup:


Download og installer software fra <http://www.linear.com/designtools/software/>

Man bliver vist bedt om at registrere sig, men det er ikke nødvendigt.

Efter sigende kommer der engang en MAC-version

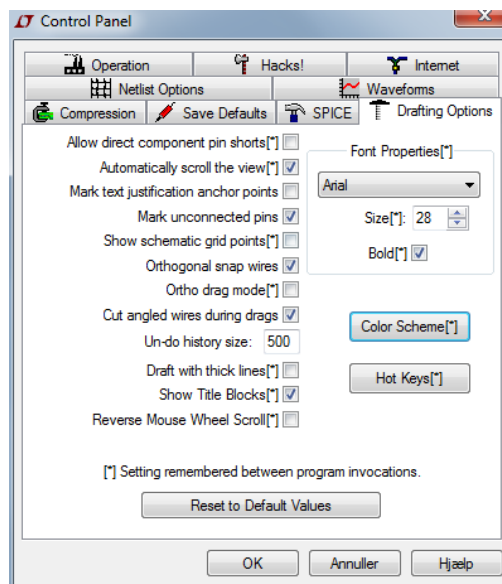
Opsætning, Indstilling af parametre:

Før man går i gang med at anvende programmet, er der et par ændringer, der kan være smarte at foretage.

Vælg programmets kontrolpanel. Det er markeret med hammersymbolet: 

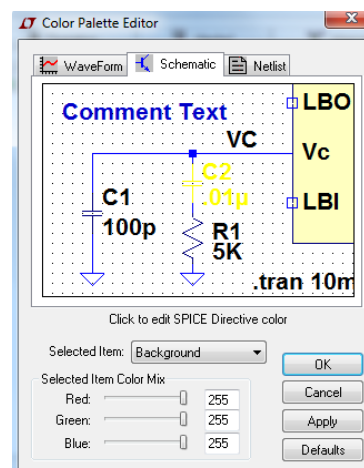
Vælg Drafting Options

Vælg Color Scheme.



Her kan man ændre farver for forskellige dele i programmet. Fx kan man ændre baggrundsfarverne.

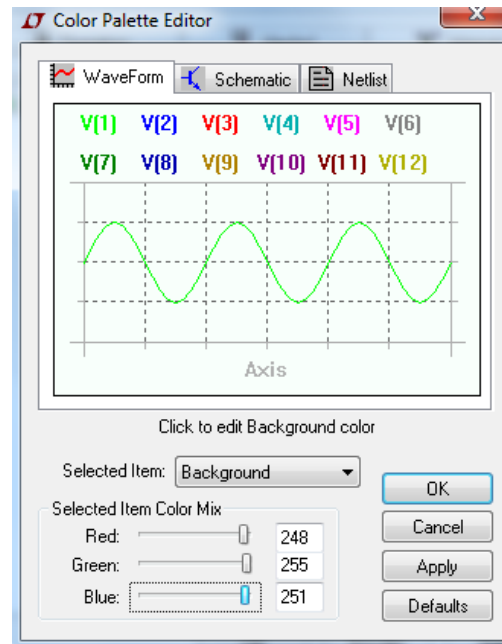
Baggrundfarve:





Og det er muligt at ændre simuleringsskærmens farver og baggrund.

Trace baggrund



Reverse Scroll direction

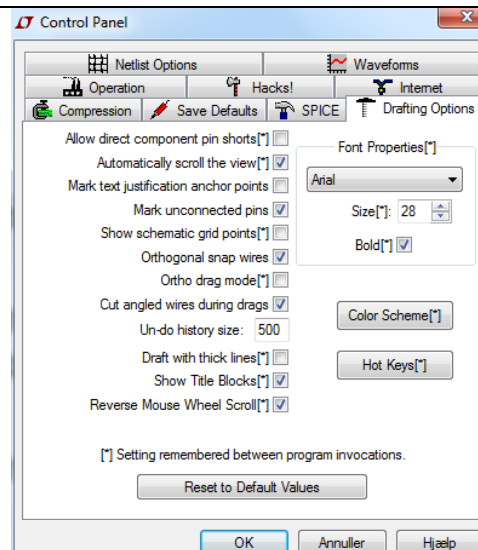
Scroll-musen virker lidt dumt.

Det kan ændres i opsætningen:

Vælg kontrolpanelet med:



Vælg Drafting Options, og sæt hak i Reverse Mouse Wheel Scroll



Ændring af modstandssymboler

Hvis man foretrækker de europæiske symboler for modstande, kan man enten bruge komponenten "EuropeanResistor", i biblioteket "misc". Eller man kan kopiere "EuropeanResistor" til /sym-biblioteket, ændre navnet på de amerikanske modstande res.asy til fx res-US.asy, og endelig ændre navnet på EuropeanResistor.asy til res.asy.

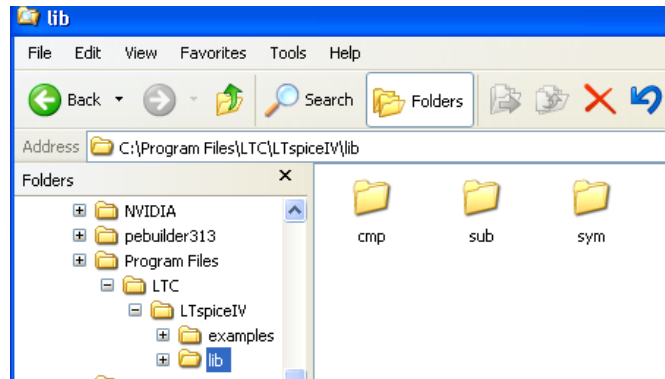
Vælg View Show Grid.



Hent nyt bibliotek: CD40xx.

Det er desværre ikke sådan, at de komponenter, vi arbejder med, fra 40xx-familien, default er med i programmet. De skal hentes fx fra min hjemmeside, (Elektronik \ LTSpice) og placeres i programmets bibliotek.

Programmer / LTC / LTSpiceIV / lib



Hent .zip-filen, og pak den ud til lib\sym

Flyt derefter den udpakkede fil CD4000.lib et trin op til \lib-biblioteket

Dvs. at alle .asy-filer nu findes i lib\sym, og at filen CD4000.lib findes i \lib

Der kan findes hjælp, fx Se: <http://www.zen22142.zen.co.uk/ltspace/addnewparts.htm>

Ønskes også 74 serien: Se <http://www.spot.pcc.edu/~ghecht/LTSpice.html>

Eller http://ltwiki.org/?title=Components_Library

Flere komponenter kan hentes i LTSpice User Group. Det kræver dog at man opretter sig som user!

Nye modeller

Der er flere måder at addere nye modeller for komponenter til LTSpice.

1: Nye modeller for ” Standard ” komponenter:

Kør Wordpad som administrator.

Åben LTSpiceIV\lib\CMP\standard.mos (for nye Cmos transistorer)

Kopier fx IRF540 og IRF9549 beskrivelse derind.

```
.model IRF540 NMOS(Level=3 Gamma=0 Delta=0 Eta=0 Theta=0 Kappa=0.2  
Vmax=0 Xj=0 Tox=100n Uo=600 Phi=.6 Rs=21.34m Kp=20.71u W=.94 L=2u
```



LT-SPICE

```
Vto=3.136 Rd=22.52m Rds=444.4K Cbd=2.408n Pb=.8 Mj=.5 Fc=.5 Cgso=1.153n
Cgdo=445.7p Rg=5.557 Is=2.859p N=1 Tt=142n)
```

```
.model IRF9540 PMOS(Level=3 Gamma=0 Delta=0 Eta=0 Theta=0 Kappa=0.2
Vmax=0 Xj=0 Tox=100n Uo=300 Phi=.6 Rs=64.15m Kp=10.18u W=1.5 L=2u Vto=-
3.646 Rd=62.45m Rds=444.4K Cbd=2.029n Pb=.8 Mj=.5 Fc=.5 Cgso=1.033n
Cgdo=469.4p Rg=.3371 Is=54.08E-18 N=2 Tt=140n)
```

Gem og start LTSpice igen.

Kopier følgende til Standard.dio.

```
.model D1N4007 D(Is=14.11n N=1.984 Rs=33.89m Ikf=94.81 Xti=3 Eg=1.11
Cjo=25.89p M=.44 Vj=.3245 Fc=.5 Bv=1500 Ibv=10u Tt=5.7u)
```

2: Nye biblioteker

Jeg har fundet ekstra biblioteker. De kan hentes på min hjemmeside!

.lib filer places i \sub\myspice\ (opret myspice mappen)

.asy filer places i \sym\myspice\ (opret myspice mappen)

TL072.sub placeres i lib\sub\

TL072.asy placeres i sym\myspice\ (asy filen er komponentens tegning)

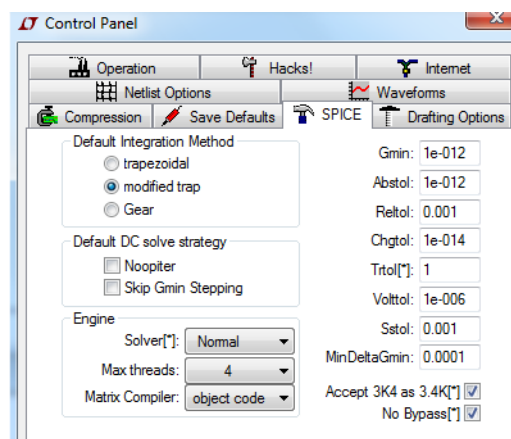
I LM317 ses en linje: SYMATTR ModelFile myspice\LM317.lib

Denne beskriver hvor matematikken kan findes.

jeg har tilføjet "myspice\": SYMATTR SpiceModel myspice\TL072.sub

Konvergens problemer:

Vælg Hammer, SPICE, og prøv at ændre Engine Solver til Alternate.



Se: http://ltwiki.org/?title=Convergence_problems%3F



Short Cuts:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------|-----------------|--------|------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|----------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|--|--|---------------|------------------------|------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|--|--|--|--|--------------------------|
| Hot-Keys | Schematic Editor - <i>Object</i> Hot Keys (unshifted) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>F1 Help</td> <td>F2 Place part</td> <td>F3 Wire mode</td> <td>F4 Place netname</td> <td>F5 Delete</td> <td>F6 Copy</td> <td>F7 Move</td> <td>F8 Drag</td> <td>F9 Undo</td> </tr> <tr> <td>Q</td> <td>W Wire</td> <td>E nEt name</td> <td>R Resistor</td> <td>T plain Text</td> <td>Y</td> <td>U Uncon pin-tog</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>A Anchor toggle</td> <td>S Spice text</td> <td>D Diode</td> <td>F part (Find)</td> <td>G Gnd</td> <td>H</td> <td></td> <td></td> <td>L Inductor</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>X Inductor</td> <td>C Cap- acitor</td> <td>V</td> <td>B Bus tap</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | F1 Help | F2 Place part | F3 Wire mode | F4 Place netname | F5 Delete | F6 Copy | F7 Move | F8 Drag | F9 Undo | Q | W Wire | E nEt name | R Resistor | T plain Text | Y | U Uncon pin-tog | | | A Anchor toggle | S Spice text | D Diode | F part (Find) | G Gnd | H | | | L Inductor | Z | X Inductor | C Cap- acitor | V | B Bus tap | | | | | |
| | F1 Help | F2 Place part | F3 Wire mode | F4 Place netname | F5 Delete | F6 Copy | F7 Move | F8 Drag | F9 Undo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q | W Wire | E nEt name | R Resistor | T plain Text | Y | U Uncon pin-tog | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A Anchor toggle | S Spice text | D Diode | F part (Find) | G Gnd | H | | | L Inductor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Z | X Inductor | C Cap- acitor | V | B Bus tap | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Schematic Editor - <i>Action</i> Hot Keys (control key) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>ctrl-F1</td> <td>ctrl-F2</td> <td>ctrl-F3</td> <td>ctrl-F4 Close File</td> <td>ctrl-F5</td> <td>ctrl-F6</td> <td>ctrl-F7</td> <td>ctrl-F8</td> <td>ctrl-F9</td> </tr> <tr> <td>ctrl-Q</td> <td>ctrl-W move</td> <td>ctrl-E mirror</td> <td>ctrl-R Rotate</td> <td>ctrl-T pin Toggle</td> <td>ctrl-Y redo</td> <td></td> <td>0) reset sim t=0</td> <td>ctrl-P Print file</td> </tr> <tr> <td>ctrl-A Anchor toggle</td> <td>ctrl-S Save file</td> <td>ctrl-D Drag</td> <td>ctrl-F Find text</td> <td>ctrl-G Grid toggle</td> <td>ctrl-H Halt sim</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ctrl-Z undo</td> <td>ctrl-X delete</td> <td>ctrl-C Copy</td> <td>ctrl-V paste</td> <td>ctrl-B Begin sim</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | ctrl-F1 | ctrl-F2 | ctrl-F3 | ctrl-F4 Close File | ctrl-F5 | ctrl-F6 | ctrl-F7 | ctrl-F8 | ctrl-F9 | ctrl-Q | ctrl-W move | ctrl-E mirror | ctrl-R Rotate | ctrl-T pin Toggle | ctrl-Y redo | | 0) reset sim t=0 | ctrl-P Print file | ctrl-A Anchor toggle | ctrl-S Save file | ctrl-D Drag | ctrl-F Find text | ctrl-G Grid toggle | ctrl-H Halt sim | | | | ctrl-Z undo | ctrl-X delete | ctrl-C Copy | ctrl-V paste | ctrl-B Begin sim | | | | | |
| ctrl-F1 | ctrl-F2 | ctrl-F3 | ctrl-F4 Close File | ctrl-F5 | ctrl-F6 | ctrl-F7 | ctrl-F8 | ctrl-F9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ctrl-Q | ctrl-W move | ctrl-E mirror | ctrl-R Rotate | ctrl-T pin Toggle | ctrl-Y redo | | 0) reset sim t=0 | ctrl-P Print file | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ctrl-A Anchor toggle | ctrl-S Save file | ctrl-D Drag | ctrl-F Find text | ctrl-G Grid toggle | ctrl-H Halt sim | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ctrl-Z undo | ctrl-X delete | ctrl-C Copy | ctrl-V paste | ctrl-B Begin sim | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Schematic Editor - <i>Drawing/Zoom</i> Hot Keys (shift key) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>shft-F1</td> <td>shft-F2</td> <td>shft-F3</td> <td>shft-F4</td> <td>shft-F5</td> <td>shft-F6</td> <td>shft-F7</td> <td>shft-F8</td> <td>shft-F9 redo</td> </tr> <tr> <td>shft-Q</td> <td>shft-W draw line</td> <td>shft-E</td> <td>shft-R draw Rectngl</td> <td>shft-T</td> <td>shft-Y</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>shft-A draw Arc</td> <td>shft-S</td> <td>shft-D</td> <td>shft-F</td> <td>shft-G</td> <td>shft-H</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>shft-Z Zoom area</td> <td>shft-X</td> <td>shft-C draw Circle</td> <td>shft-V</td> <td>shft-B zoom Back</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;"> <table border="1"> <tr> <td>Space Bar zoom to fit</td> </tr> </table> </div> | shft-F1 | shft-F2 | shft-F3 | shft-F4 | shft-F5 | shft-F6 | shft-F7 | shft-F8 | shft-F9 redo | shft-Q | shft-W draw line | shft-E | shft-R draw Rectngl | shft-T | shft-Y | | | | shft-A draw Arc | shft-S | shft-D | shft-F | shft-G | shft-H | | | | shft-Z Zoom area | shft-X | shft-C draw Circle | shft-V | shft-B zoom Back | | | | | Space Bar zoom to fit |
| shft-F1 | shft-F2 | shft-F3 | shft-F4 | shft-F5 | shft-F6 | shft-F7 | shft-F8 | shft-F9 redo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| shft-Q | shft-W draw line | shft-E | shft-R draw Rectngl | shft-T | shft-Y | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| shft-A draw Arc | shft-S | shft-D | shft-F | shft-G | shft-H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| shft-Z Zoom area | shft-X | shft-C draw Circle | shft-V | shft-B zoom Back | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Space Bar zoom to fit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Schematic Editor, Key Combination (udokumenterede)

- **Shift-Ctrl-Alt-R:** Permanently rennumbers all reference designators within the schematic.
- **Shift-Ctrl-Alt-H:** Temporarily highlights all hidden text within the schematic.
- Hold down **Ctrl** when placing wires to route at any angle.
- Hold down **Ctrl** when drawing lines to draw off grid.



- Hold down **Ctrl** or **Shift** for more movement with **arrow keys**.
- Hold down **Ctrl and Shift** for *most* movement with **arrow keys**.
- Text preceded with an underscore ("_") character will be displayed as overbarred (for active LOW digital signals).
- Hitting the space bar auto-sizes the schematic window.

Se: (http://ltwiki.org/?title=Undocumented_LTspice)

Copy til Word:

Kopiering af et diagram foregår ved, når diagramvinduet er aktivt, at trykke CTRL-C.

Men først er det smart, at tilrette diagramvinduet til en passende størrelse, da hele vinduet kopieres.

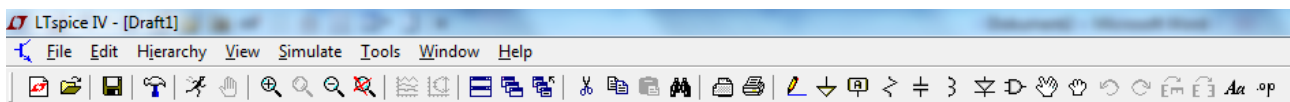
For at slukke gridpunkterne tages CTRL-G. (Toggle on / off).

For at lave baggrunden hvid, vælg Control Panel / Drafting Option / Color Scheme.

Eller man kan kopiere hele vinduet med ALT-PRTS

Eller endelig med en skærmgrapper:

Oversigt over skærmens ikoner:



Herover et billede af startskærmens ikoner.



LT-SPICE

Oversigt over ikonernes funktion.

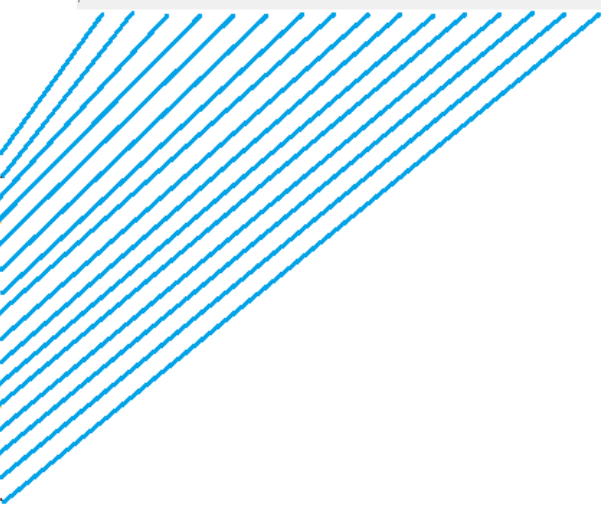
| Icon | Description |
|------|---------------------------|
| | New Schematic |
| | Display the Control Panel |
| | Zoom In |
| | Zoom Out |
| | Start Simulation |
| | Delete Component(s) |
| | Duplicate Component(s) |
| | Draw Wires |
| | Place Ground |

| Icon | Description |
|------|------------------------------------|
| | Place Labeled Node |
| | Display Component Selection Dialog |
| | Move Component(s) |
| | Drag Component(s) |
| | Rotate Component |
| | Mirror Image Component |
| | Place Text (Comment) on Schematic |
| | Place Spice Directive on Schematic |

Og her en, med de manglende ovenfor.



- Add Wire.....
- Add Ground.....
- Add Label.....
- Add Resistor.....
- Add Capacitor.....
- Add Inductor.....
- Add Diode.....
- Add Component.....
- Move (<F7>).....
- Drag (<F8>).....
- Undo.....
- Redo.....
- Rotate.....
- Mirror.....
- Add Text.....
- Add SPICE directive.....





[Top](#)

Start nyt simulerings-projekt:

Vælg File/new

Husk at navngive projekterne når de gemmes, så de nemt kan genfindes senere.

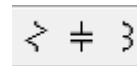
Når programmet er startet, skal der tegnes et kredsløb.

I den øverste menulinje kan man direkte vælge modstande, kondensatorer og spoler.

De skal placeres på tegnearealet, og forbindes til en generator, fx en spændingskilde.

Modstand,
kondensator
og spole

Vælg aktive
komponenter



Redigering af
komponenter:

Fjern elementer med saks eller ”box in” med saks-symbolet.

F9 = Undo
Ctrl + R = Roter

Med store hånd kan man frigøre og flytte en component



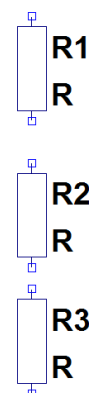
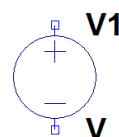
Med den lille hånd kan man trække en komponent med dens forbindelser:

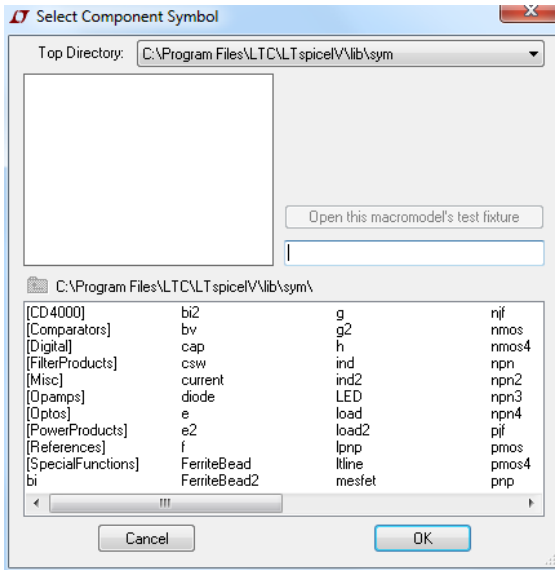


Vælg fx at opbygge dette kredsløb:

Placer først et par modstande.

Vælg  og Scrol hen til Voltage.





Gate symbolet fører til komponentbiblioteket. Her er de mere komplicerede komponenter placeret.

Værdier på komponenter:

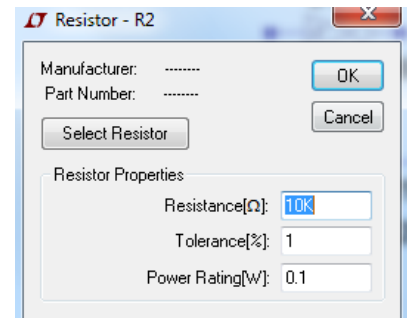
H. Klik på en komponent ad gangen. Herefter kan der direkte skrives modstandsværdi i feltet, fx 1.2K.

Skrivemåden 1K2 er OK.

M og m betyder milli. Skal modstanden have en værdi i Mega-størrelse, skal det angives som fx 1Meg.

Eller man kan klikke på knappen ”Select Resistor” hvorefter man kan vælge modstandsstørrelse fra en liste.

Endelig kan Ctrl + H.Klik åbne vinduet ”Component attribute Editor”



Skal placerede modstande drejes, kan man bruge hånden til at ”fange” modstanden, og derefter bruge Ctrl + R.

- M” og “m” tolkes ens af SPICE. Derfor er en modstand med værdien 10M det same som 10m (ti milliohm eller 10^{-3}).
 - Der skal skrives 10MEG (10E6) for at angive ti MegaOhm.
- Tilsvarende opfattes en kondensator på “1F” eller “1f” for en kapacitans på én farad. Undlad enheden.
-

Prefix er ikke *case sensitive*: dvs. at T = t, G = g.

- T = terra = 10^{12}



- G = giga = 10^9
- MEG = meg = 10^6
- K = kilo = 10^3
- M = milli = 10^{-3}
- U = micro = 10^{-6}
- N = nano = 10^{-9}
- P = pico = 10^{-12}
- F = femto = 10^{-15}

| Suffix | Multiplier |
|--------------|------------|
| T | 1e12 |
| G | 1e9 |
| Meg | 1e6 |
| K | 1e3 |
| Mil | 25.4e-6 |
| M | 1e-3 |
| u(or μ) | 1e-6 |
| n | 1e-9 |
| p | 1e-12 |
| f | 1e-15 |

For at angive komponentværdier, anvendes disse prefixer.

Wiring af kredsløb:

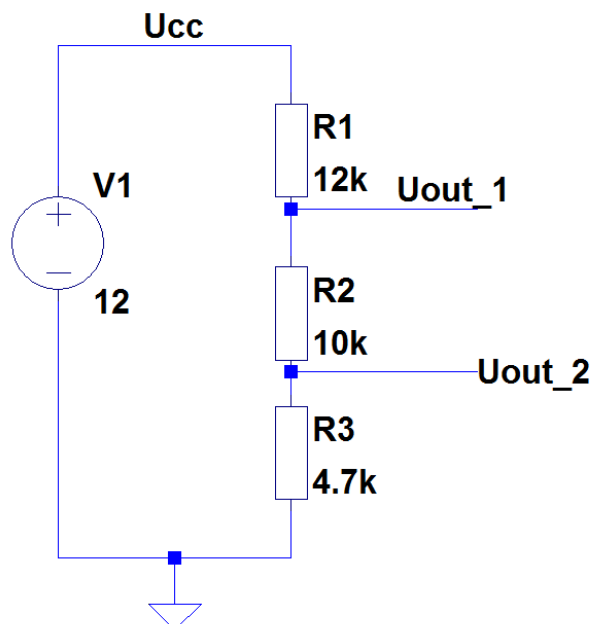


Man skal bare wire gennem komponenter, modstande osv. Man kan også droppe modstande på en wire.

Endelig skal der ubetinget placeres en GND, en Ground, dvs. der, hvor kredsløbet skal opfattes at have spændingen 0 Volt.


Det er en fordel at give ledninger eller knudepunkter, såkaldte "Net", nogle sigende navne. Her er der tildelt navnene Ucc, Uout_1 osv.

Gøres det ikke, vil Spice-programmet selv tildele Nets nogle numre som navn. Og det er tit besværligt at hitte rede i.



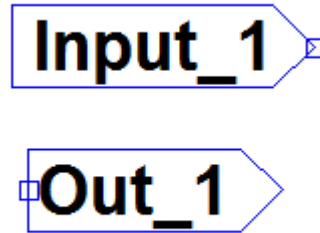
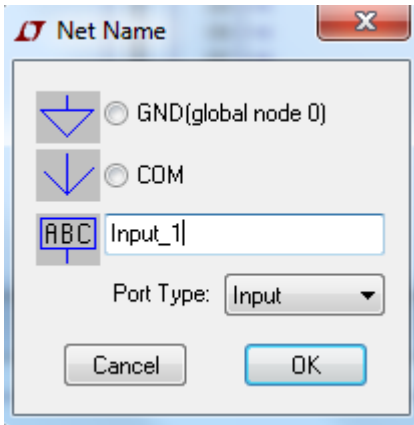
Netnames



Sæt Netnames på med: 

Hvis man giver to eller flere nets eller nodes same label-navn, vil de opfattes som sammenhængende, selv uden en fysisk ledning, der forbinder dem.

På denne måde kan man få komplicerede diagrammer til at se pænere ud.



Man kan bestemme, hvordan Labels skal se ud. De kan ligne input-terminal eller et output. Det bestemmes ved at vælge det i Net Name boxen.

Pspice skal dernæst have at vide, hvad det er man er interesseret i at få beregnet. Evt. også over hvor lang tid, der skal beregnes.

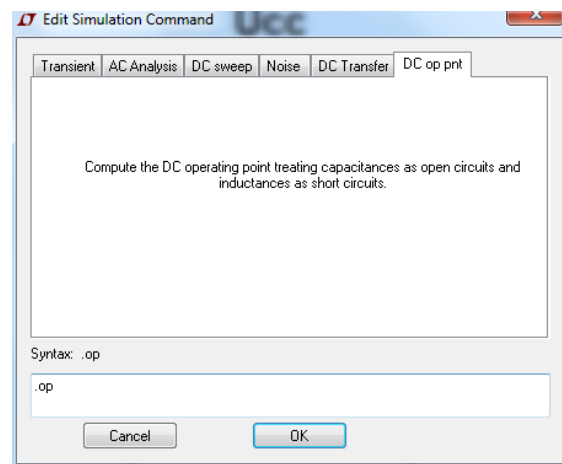
Den måde, beregningsmodulet forstår hvad den skal, er, at der ” på kredsløbet” placeres et direktiv. Dvs. en ordre til beregningsprogrammet.

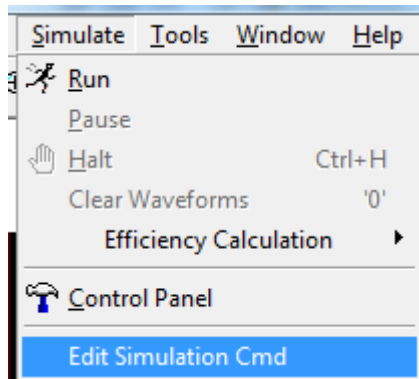
.OP Operatingpoint:

Meningen med dette kredsløb er blot, at der skal beregnes spændinger, der ikke ændrer sig med tiden.

Derfor behøves der kun beregnet operation-points.


Vælg: Simulate, \ Edit Simulation Command.





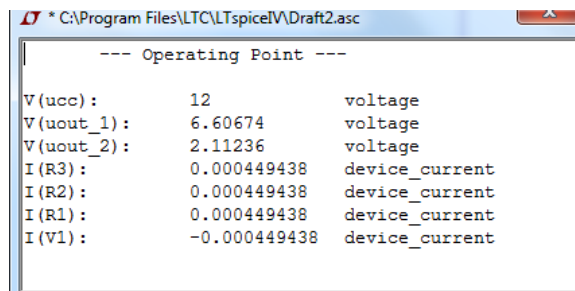
Vælg DC op pnt, og klik OK

Herved placers der en ordre, et direktiv til beregningsdelen, så den ved, hvad der skal beregnes. På diagrammet ses nu en tekst ” .op ”.

Kør nu beregningen ved at klikke på 

Herefter dukker der et vindue op, der viser de beregnede værdier.

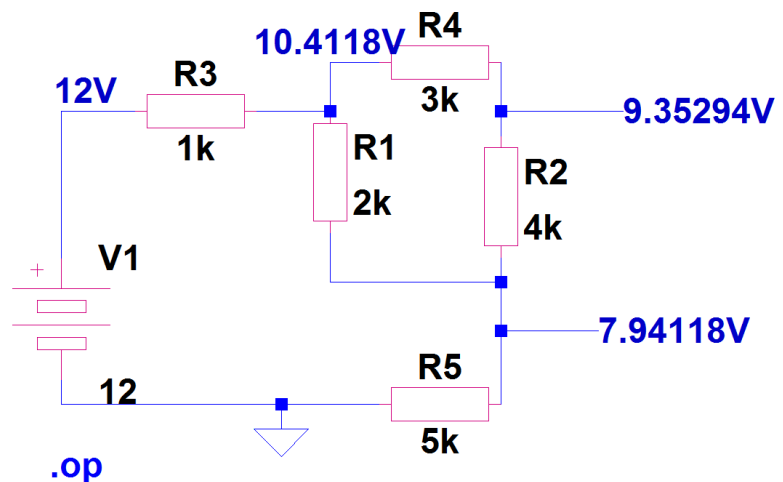
Bemærk de valgte net-names.



Et andet eksempel:

DC Operating Point.

Skal der kun beregnes spændinger i forskellige knudepunkter i et kredsløb, vælges en Operating Point beregning.





LT-SPICE

```

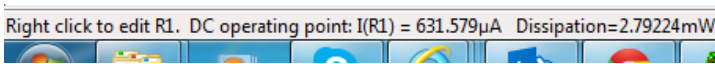
SPICE Netlist: C:\Users\vald0159\AppData\Local\Temp\tmp8.net
* C:\Program Files\LTC\LTspiceIV\Draft4.asc
V1 N002 0 12
R1 N001 N004 7k
R2 N003 N004 4k
R3 N001 N002 1k
R4 N003 N001 3k
R5 N004 0 5k
.op
.backanno
.end

```

Efter simulering vises en netliste, med alle strømme og spændinger.

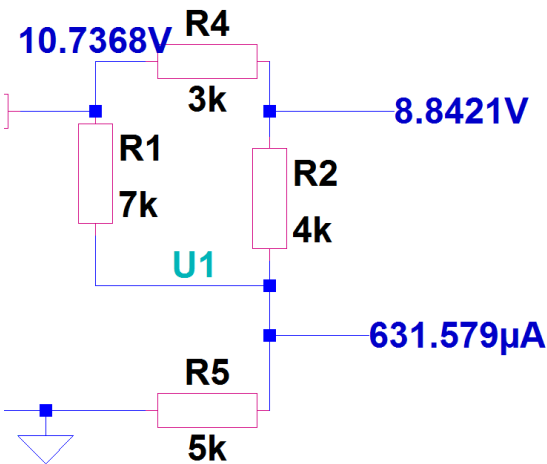
Luk for netlisten!

V-Klik på et net, og placer en spændingsvisning.

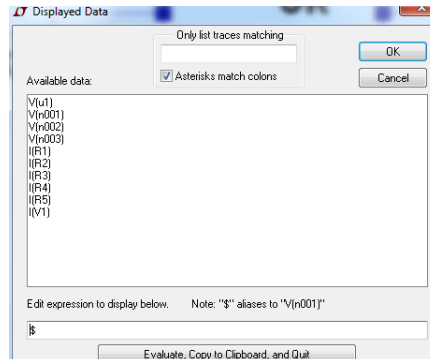


Nede i venstre hjørne ses data for komponenter under cursoren.

Ændres en komponents værdi, og der simuleres igen, - vil de nye spændinger komme frem på Nodes



Højreklikkes nu på en spændingslabel, fås et vindue, hvor der kan vælges i stedet at vise strømmen igennem en komponent.



Man er nødt til at fjerne \$ foran og så vælge fx I(R1)

For at se ret god video (25 minutter) om Operating point simulation, se:

<http://www.youtube.com/watch?v=FEGT5dUpdrc>

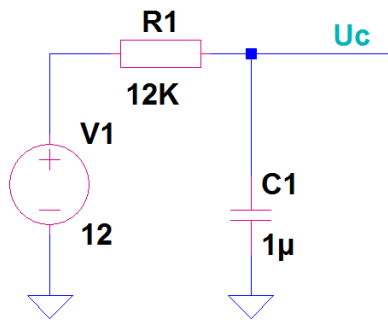
Se: <http://www.zen22142.zen.co.uk/ltspice/dccircuits.htm>

For mere om operationpoint-beregning, se evt.

http://csserver.evansville.edu/~richardson/courses/Tutorials/LTspiceIV/01_IntroDCAnalysis/html/01_IntroDCAnalysis.html



Opladning af kondensator



`.tran 50m uic`

Opbyg nu dette kredsløb:

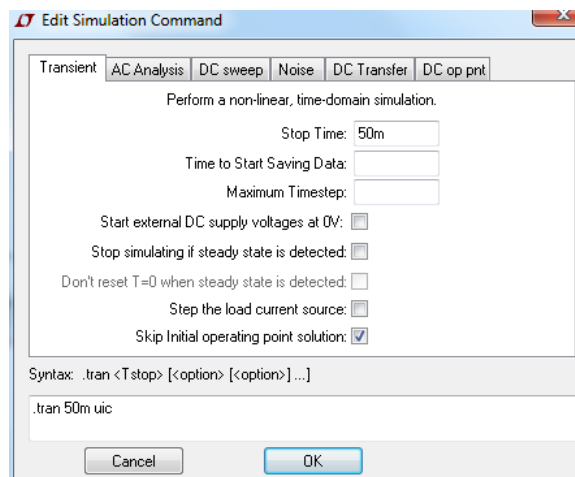
Denne gang skal der beregnes værdier over tid, som på engelsk hedder "Transient"

Første gang, der skal beregnes kan man blot klikke på RUN-ikonet, ellers vælg Simulate \ Edit Simulation cmd.

Vælg Transient, angiv hvor lang tid, der skal simuleres, og som noget specielt, sæt flueben i boxen "Skip Initial operation point .."

Det får Spice til at undlade, at gå ud fra, at kondensatorer allerede er opladt ved simuleringsstart.

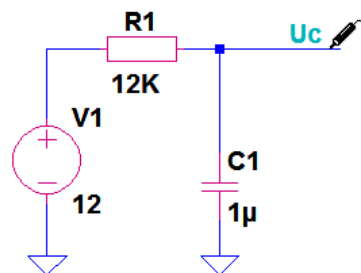
Der placeres et direktiv "`.tran 50m uic`" på diagrammet.



Default beregner Spice kredsløb som om alle kondensatorer er opladt og alle spoler er energiserede ved begyndelsen. Men dette kan de-aktiveres!

Efter at simuleringen er udført, får man nu opdelt vinduet i to.

Før cursoren over de punkter, node, = ledning, der skal tegnes graf for, (cursoren kommer til at ligne en målepind).

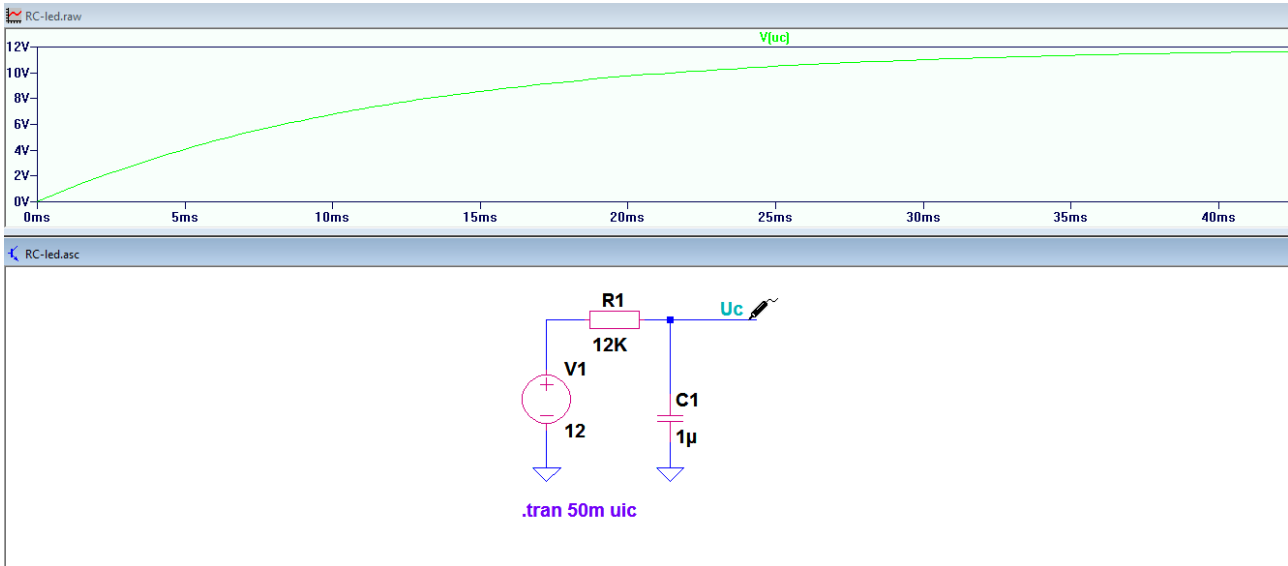


`.tran 50m uic`

Eksempel fra et andet diagram!!



Herefter tegnes et diagram for opladningen



Highlight ønsket vindue

Placeres cursoren på komponenten vises strømmen!

Strømmen vil måske vises i forkert retning. Det kan rettes ved at flytte komponenten, rotere den, og genplacere den !

Ønskes Powerdissipation vist: Alt + klik på komponenten.

Move:

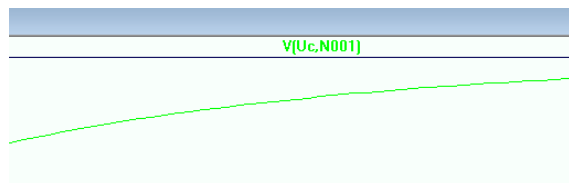
Lille hånd, - Flytter komponenter uden at slippe net.



Stor hånd: Løsriver komponent fra sit net..

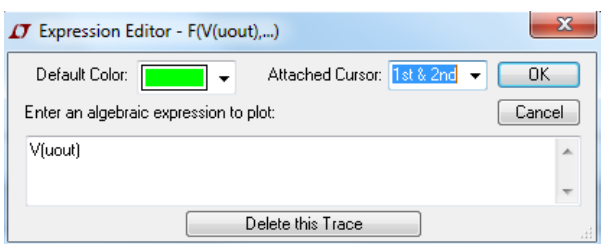
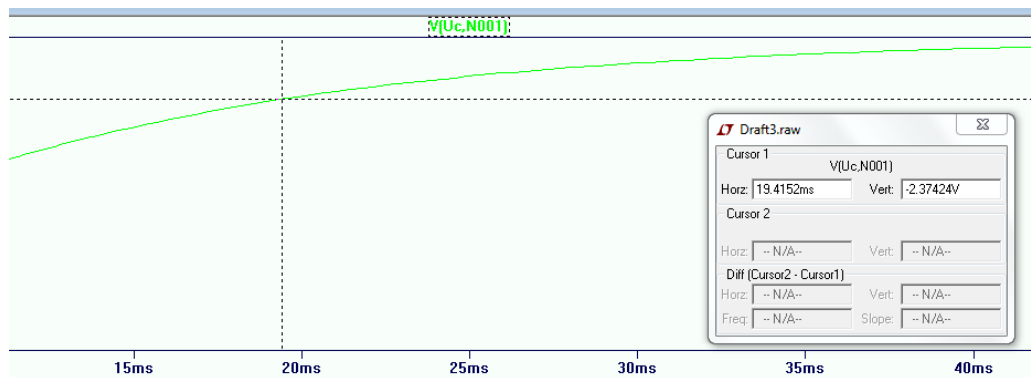
Cursorer.

Klik på tracenavnet over grafen i graf-vinduet.
Herved kommer et cursorvindue op.





Cursoren kan trækkes frem og tilbage. I vinduet ses grafens x- og y-værdier.



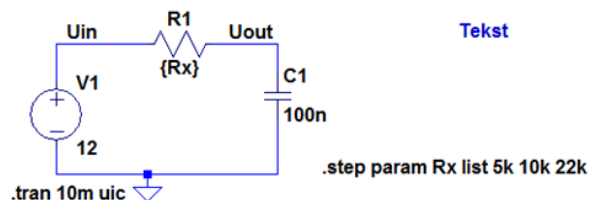
Evt. H. Klick trace navn i toppen. + Attatch cursors. Max 2 cursorer.


Gentagne simuleringer med varierende modstandsværdier.

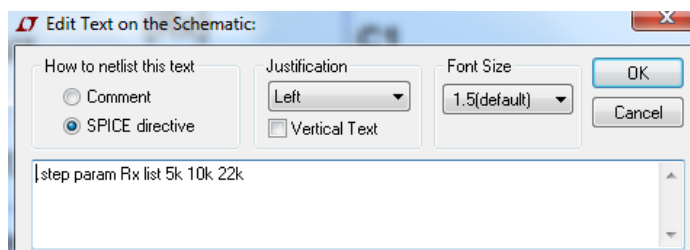
LT-Spice kan foretage gentagne simuleringer med forskellige værdier.

Det kan fx være med forskellige modstande, forskellige kondensatorer mm.

Modstandens værdi ændres til fx {Rx}



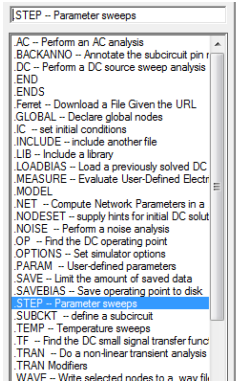
Herefter trykkes på  øverst til højre i menubjælken. .OP står for SPICE Directive. Indtast som vist, og placer teksten et sted på diagrammet.





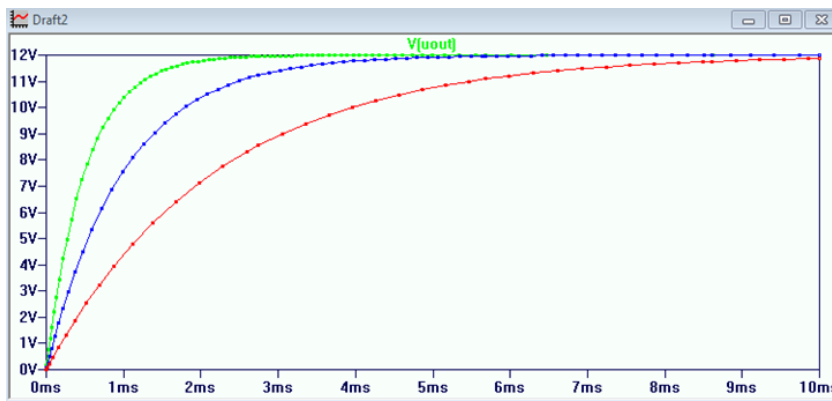
For evt. at få hjælp, Tryk F1.

Søg frem til .STEP:



This command causes an analysis to be repeatedly parameter, or an independent source. Steps may be

```
Example: .step oct v1 1 20 5  
Step independent voltage source V1 from 1 to 2  
Example: .step I1 10u 100u 10u  
Step independent current source I1 from 10u to  
Example: .step param RLOAD LIST 5 10 15  
Perform the simulation three times with global  
Example: .step NPN 2N2222 (VAF) 50 100 25  
Step NPN model parameter VAF from 50 to 100 in  
Example: .step temp -55 125 10
```



Herefter vises graferne:

I ovenstående eksempel er modstandsværdierne angivet i en liste. Det kan også lade sig gøre, at angive dem som en første beregningsværdi, en slutværdi, og det antal ohm, der skal springes for hver beregning.

Skriv så i stedet: `.step param Rx 1k 100k 2k`

Afladning af kondensator

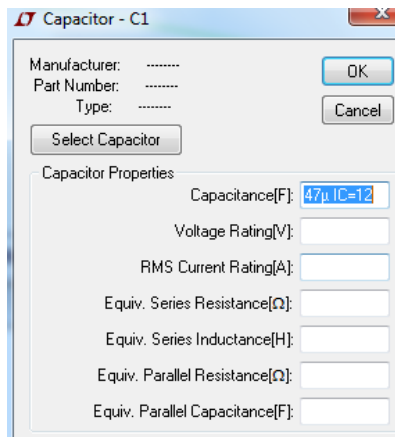
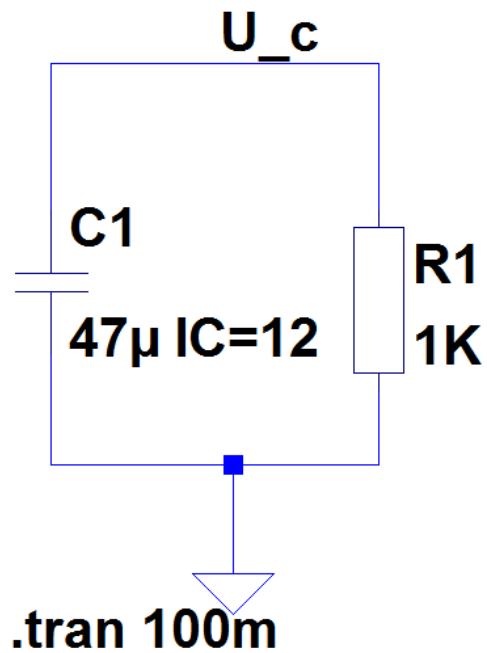


Ved afladning af kondensatorer er det nødvendigt at angive dens Startspænding.

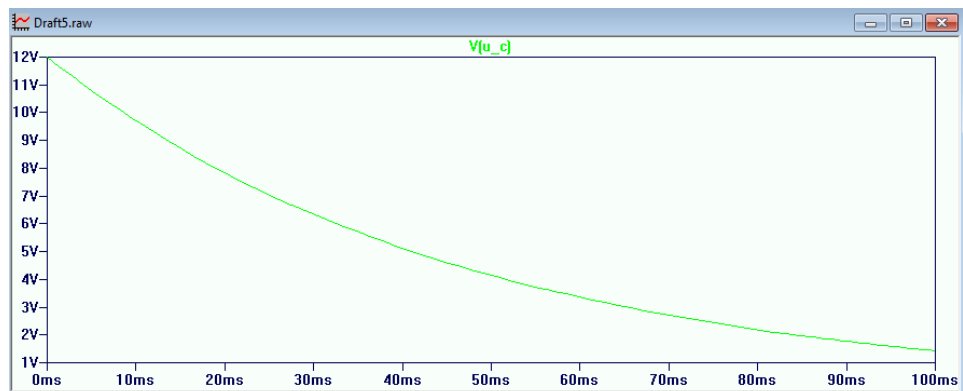
Det kan gøres på flere måder:

H-click på kondensatoren, og angiv størrelsen.

Men tilføj at dens Initial Condition = 12



Det ses, at afladningen starter ved 12 Volt, og efter 100 ms der spændingen – med de givne komponenter, - faldet til ca. 0,5 Volt.

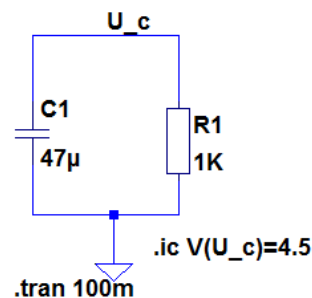


Alternativ kan der placeres et beregningsdirektiv på diagrammet som dette:

Klik øverst til højre på symbolet .op



Her er startværdien for node U_c sat til 4,5 Volt.





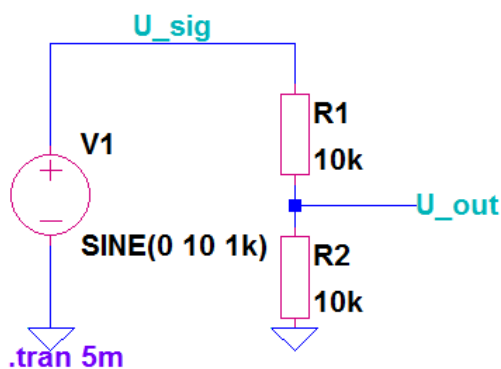
Eksempel på angivelse af flere startværdier.

Syntax: `.ic [V(<n1>)=<voltage>] [I(<inductor>)=<current>]`

Eksempel: `.ic V(in)=2 V(out)=5 V(vc)=1.8 I(L1)=300m`

Sinusspænding.

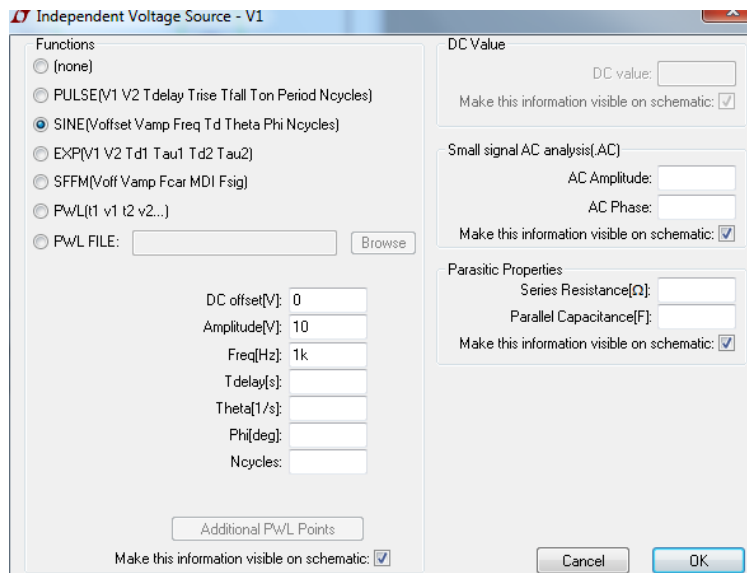
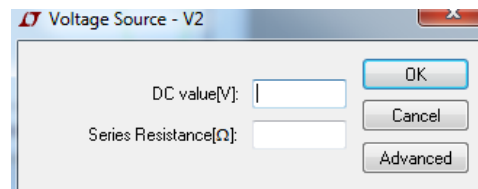
Nu opbygges et kredsløb med en sinusgenerator.



Højreklik på komponenterne og angiv værdier.

Generatoren skal indstilles til sinus.

Vælg Advanced:

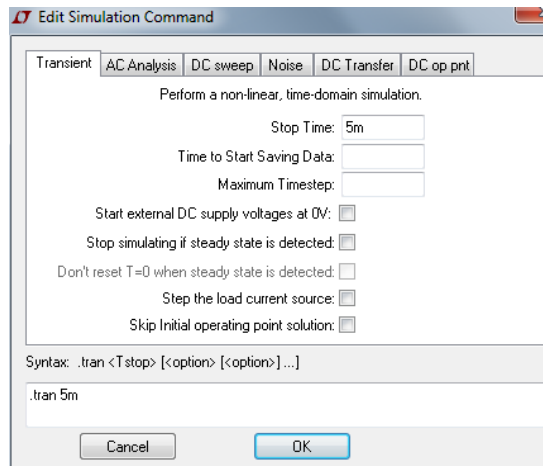


Indtast amplitude og frekvens.

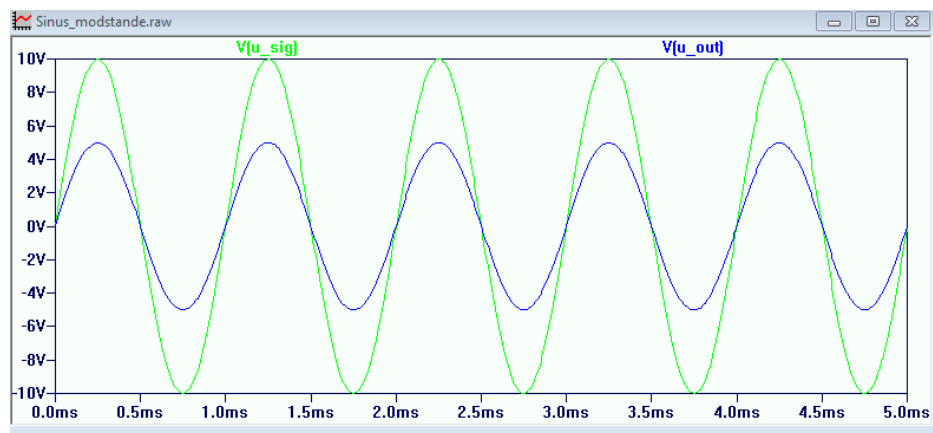


Kør simulering, og der dukker et vindue op og beder om simuleringstid.

Angiv fx 5m, da det ved 1 KHz giver 5 hele svingninger.

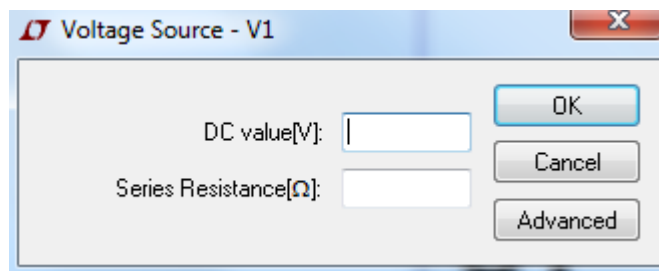
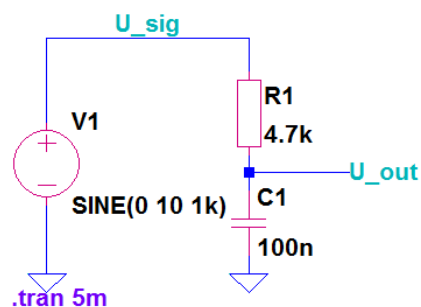


Graferne ser således ud:



Sinus på RC-led

Der anvendes en Voltage-generator, der indstilles til at give en sinusspænding.



Højreklik på spændingsgeneratoren.

Vælg Advanced.

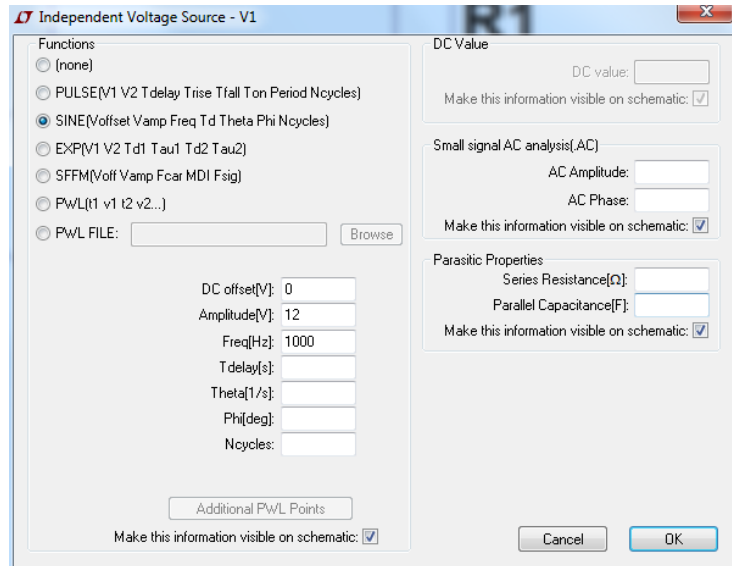


Vælg SINE, og angiv spændingens størrelse som vist.

Klik på RUN.

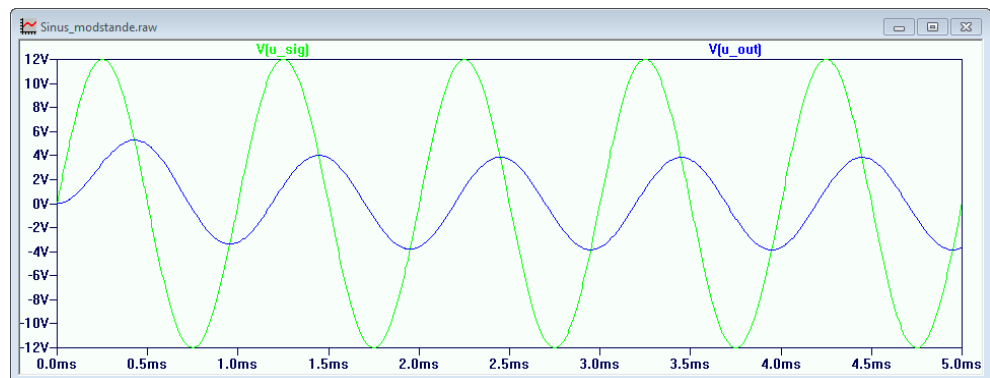
Angiv hvor lang tid, der ønskes simuleret.

Ved 1000 Hz kan det passende være 5 mS.



Klik på diagrammets Nodes

Herefter ses graferne.

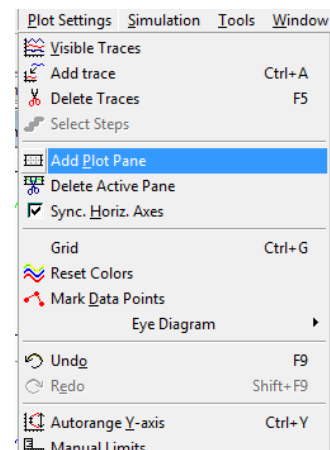


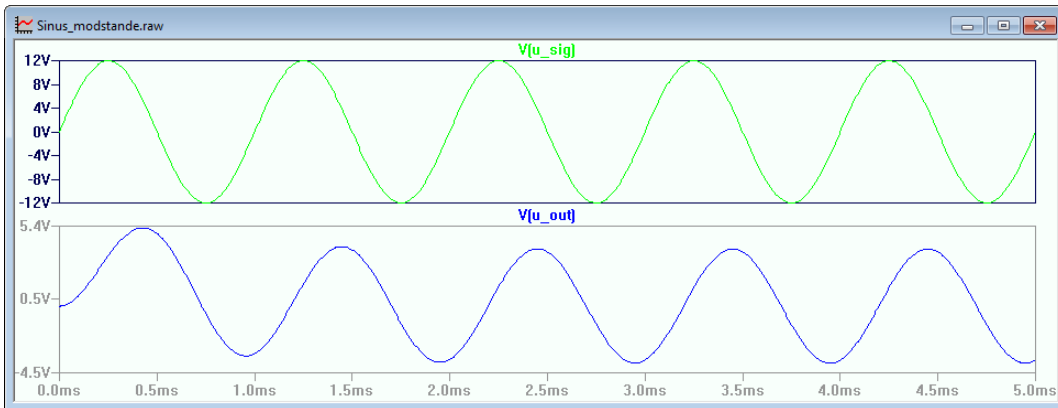
Obs: Brug cursorerne til at se frekvensen mm.

Adder evt. en ekstra grafvindue:

Vælg Plot Settings / Add Plot Pane:

Træk den ene graf, angivet ved dens navn øverst til det nye vindue:





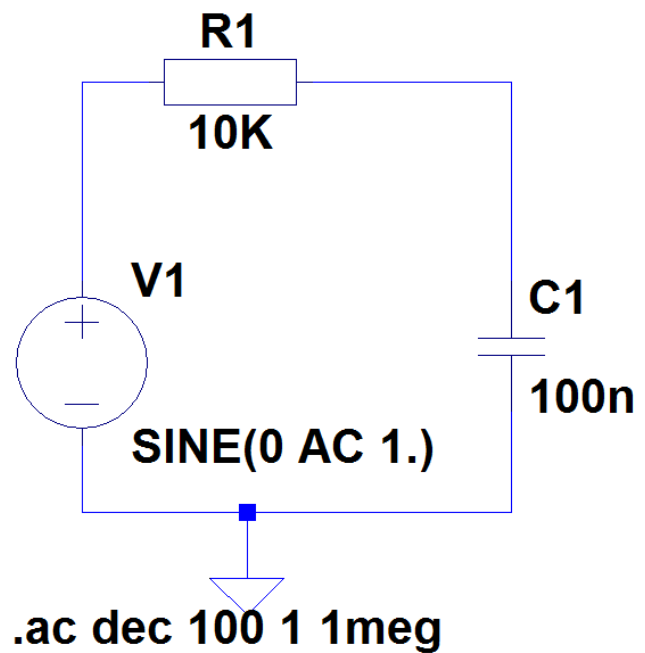
Nu haves to separate grafer.

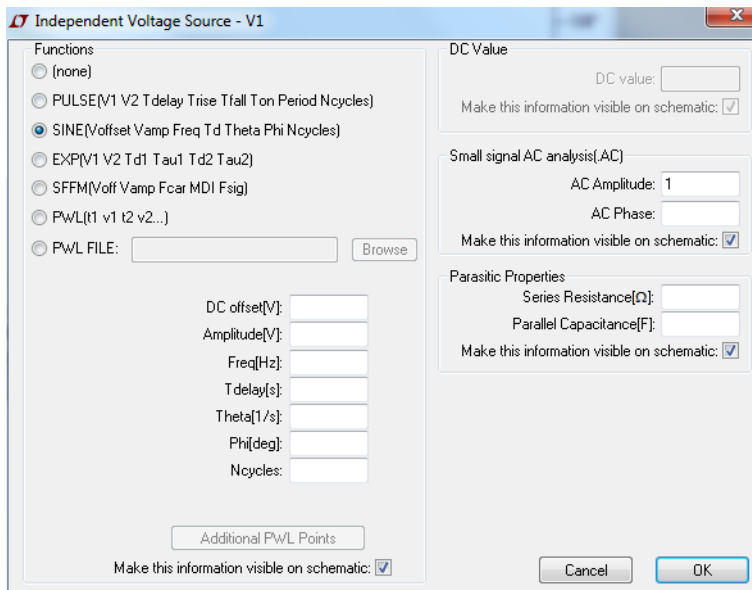
AC-SWEEP

Ved et AC-sweep, udføres gentagne beregninger for et kredsløb med stigende frekvens.

Brug en spændingsgenerator.

Højreklik på den og indstil:



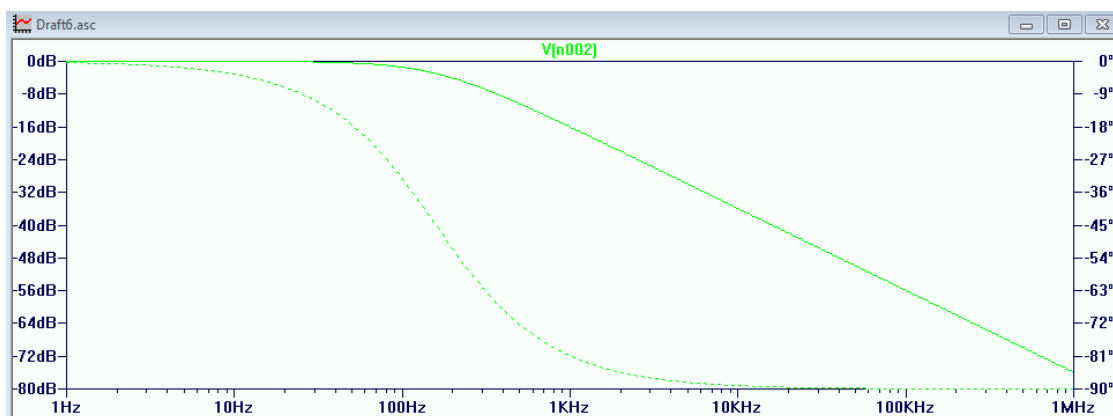
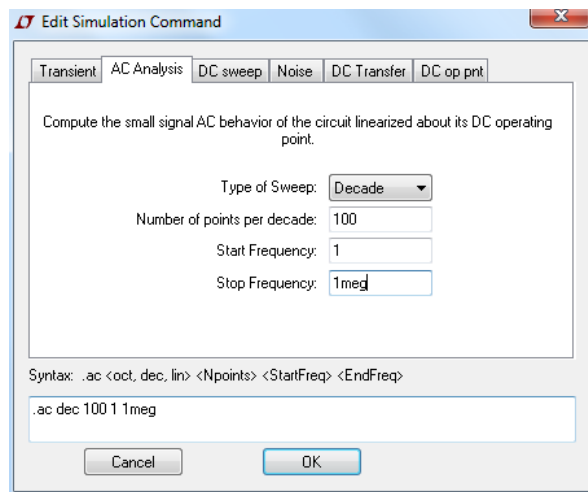


Vælg at generatoren er en Sinus, og indstil Small signal AC til 1 Volt.

Det er vigtigt, at det er 1 Volt, idet outputtet, dvs. grafen beregnes i decibel, dB, og Spice går ud fra, at det påtrykte signal er 1 Volt.

Og så skal der angives, hvilken startfrekvens og slutfrekvens, der ønskes beregnet.

Der skal angives antal beregninger pr Decade. Vi bruger altid at indstille på Decade, - dvs. x-aksen bliver inddelt logaritmisk, fx som 10Hz, 100 Hz, 1KHz osv.



Og Bodeplottet ser således ud

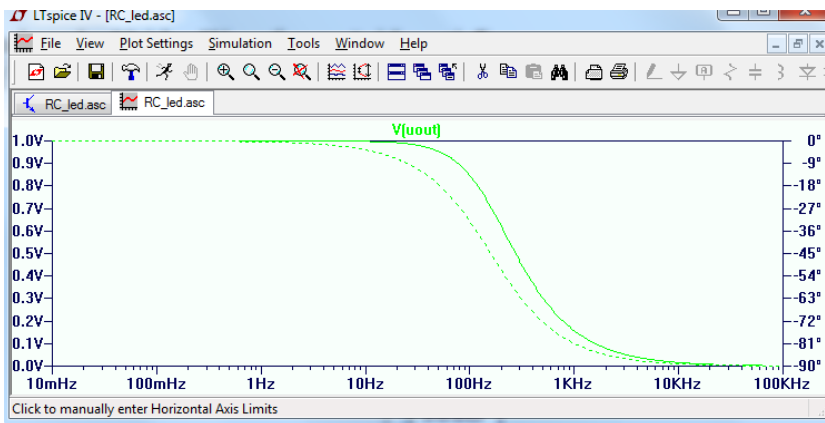
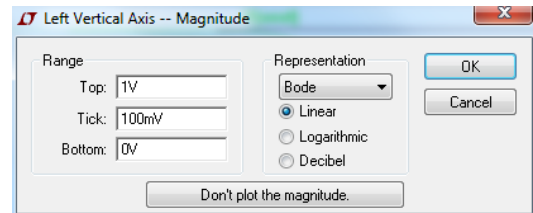
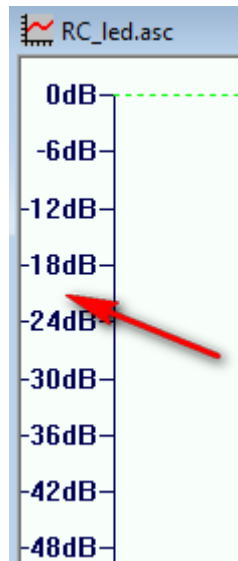
Grafen har navnet “ et Bodeplot”. Den fuldt optrukne graf er kredsløbets gain, angivet i venstre Y-akse. Den stiplede er udgangens fasedrejning.



Hvis der ikke ønskes vist et Bodeplot

Klik i grafens venstre Y-akse

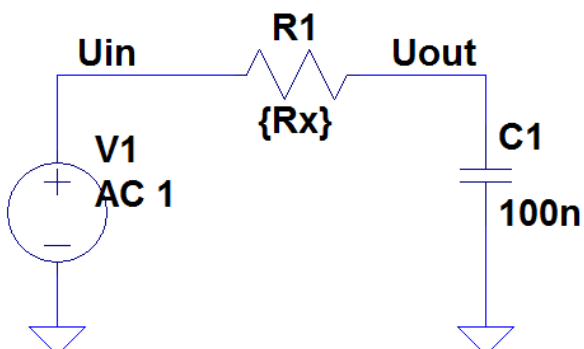
Lav om til visning med linear Y-akse



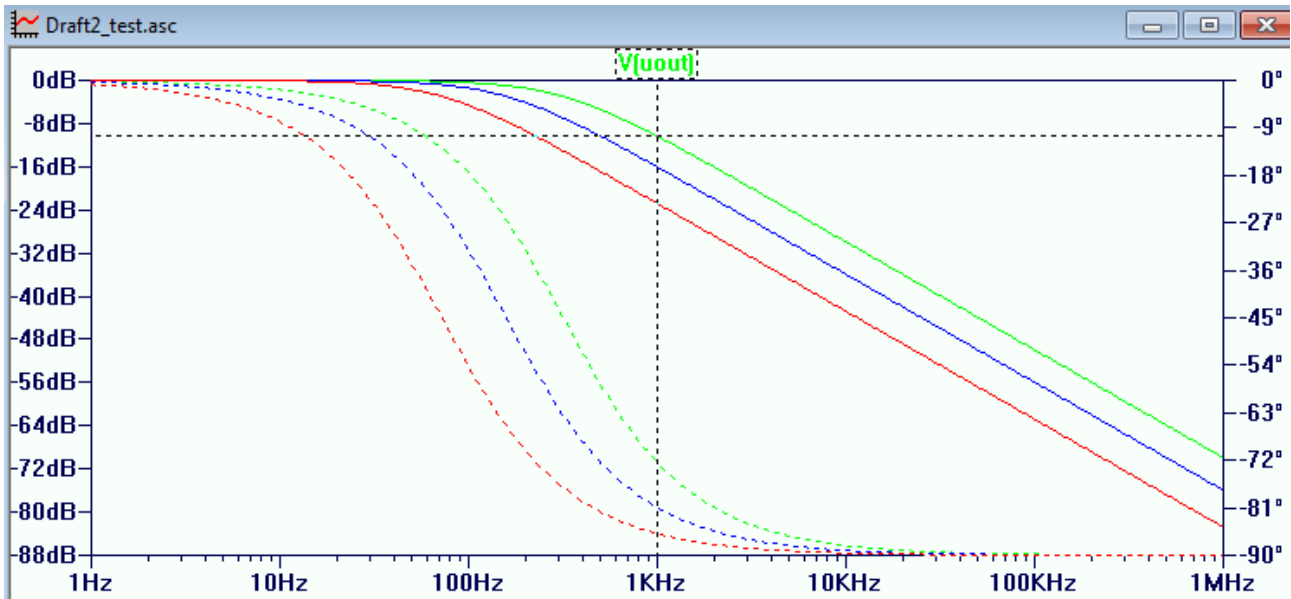
Klik igen på diagrammet for at få vist spændingsgraf.

Slet evt. tidligere tegnede grafer.

Parameter liste



```
.step param Rx list 5k 10k 22k
.ac dec 100 1 1meg
```



.STEP -- Parameter Sweeps

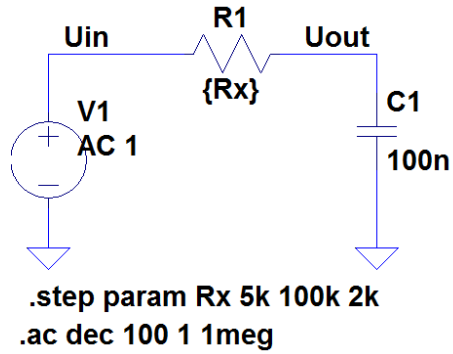
The ".STEP-command" causes an analysis to be repeatedly performed while stepping the temperature, a model parameter, a global parameter, or an independent source. Steps may be linear, logarithmic, or specified as a list of values.

| | |
|--|--|
| <code>.step oct v1 1 20 5</code> | Step independent voltage source V1 from 1 to 20 logarithmically with 5 points per octave. |
| <code>.step I1 10u 100u 10u</code> | Step independent current source I1 from 10u to 100u in step increments of 10u. |
| <code>.step param RLOAD LIST 5 10 15</code> | Perform the simulation three times with global parameter Rload being 5, 10 and 15. |
| <code>.step NPN 2N2222(VAF) 50 100 25</code> | Step NPN model parameter VAF from 50 to 100 in steps of 25. |
| <code>.step temp -55 125 10</code> | Step the temperature from -55°C to 125°C in 10-degree step. Step sweeps may be nested up to three levels deep. |

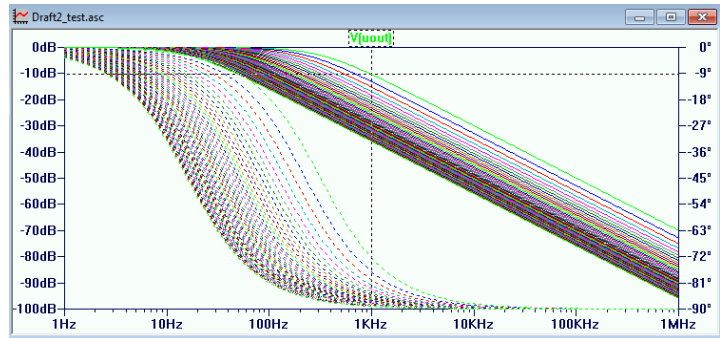


LT-SPICE

Her er der ikke brugt en liste med modstande, men Direktivet “.step param Rx 5k 100k 2k” skal forstås som at der skal beregnes med værdier af Rx startende fra 5k, op til 100k med spring på 2kOhm.



Graferne ser således ud !!



Se for mere om parametrisk sweep: ¹:

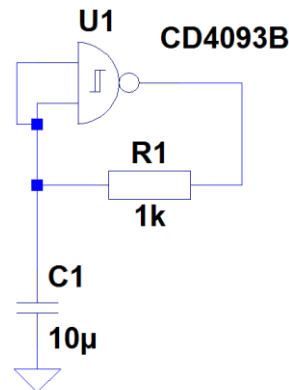
¹ <http://www.linear.com/solutions/1831>
<http://jeastham.blogspot.dk/2011/09/parameter-sweeps-in-ltspice-step.html>
<http://dev.emcelettronica.com/parametric-sweep-ltspice-simulations>



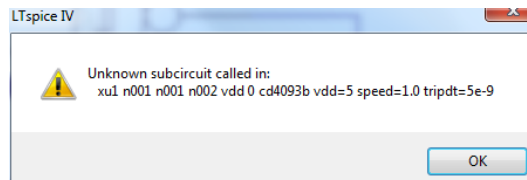
NAND-Gate Oscillator

Opbyg flg. Kredsløb

Der bruges en Nand-gate.



Hvis der klikkes på ”run”, fås en fejl.



Spice kan ikke lokalisere den matematik, der hører til NAND-gaten CD4093.

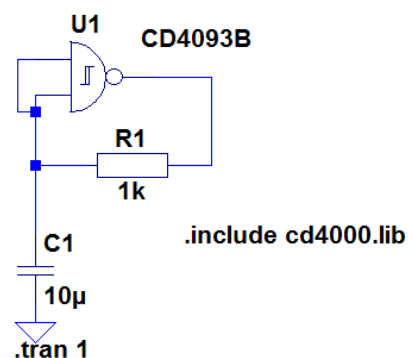
Der skal placeres et direktiv til diagrammet, som skal få Spice til at lede i det rigtige bibliotek.

Klik på .op øverst til højre og adder: ”.include cd4000.lib ”

Placer direktivet på diagrammet.

Virker det ikke herefter, prøv at højreklik på direktivet på diagrammet. Vælg Browse, - og find så frem til biblioteket.

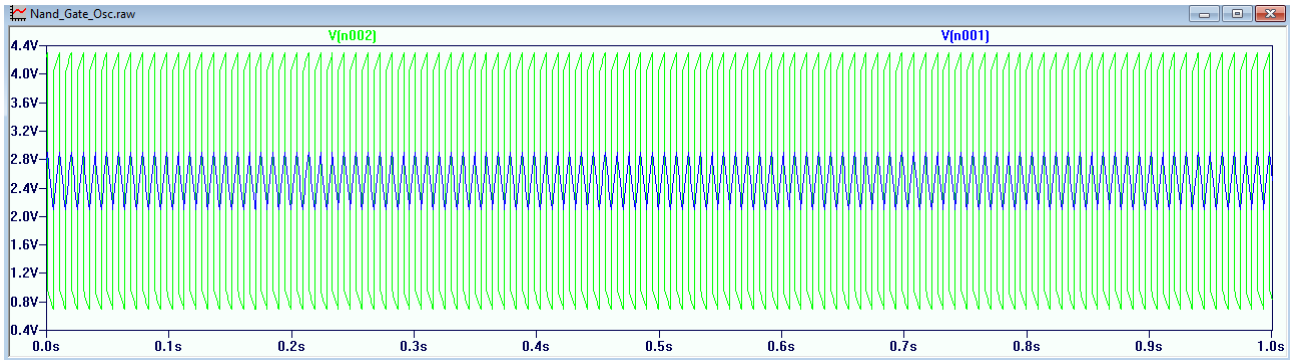
Det ser nu således ud:



Grafen kan nu beregnes og vises:



LT-SPICE



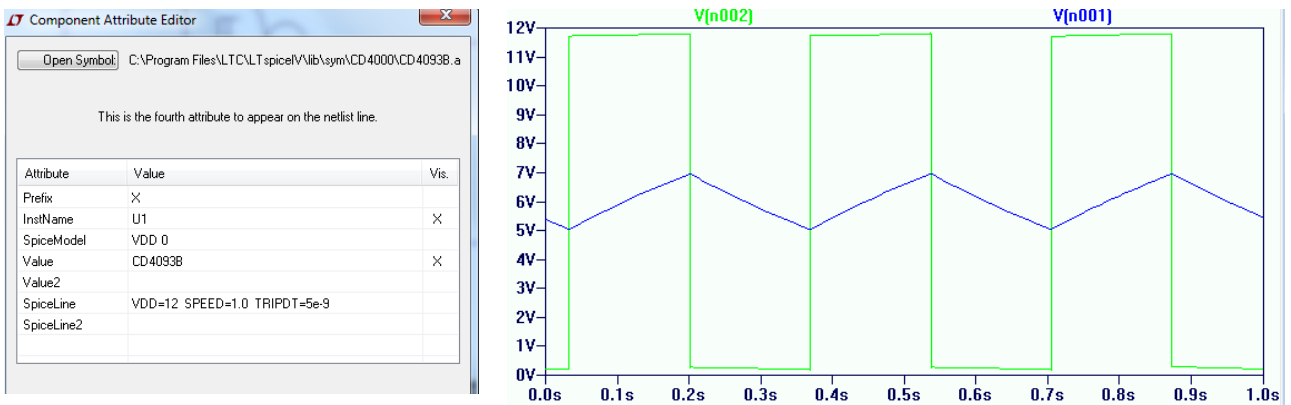
LTSpice regner default med, at der er påtrykt Nandgaten en spænding på 5 Volt.

Obs. Placer de to grafer på hver deres Graf-Plane

Obs. Det er muligt manuelt at indstille Y-aksen.

Default regner LTSpice med at forsyningsspændingen er 5 Volt.

Dette kan ændres, ved at H-klokke på Gaten, og ændre VDD, dvs. dens forsyningsspænding, - til 12 Volt.

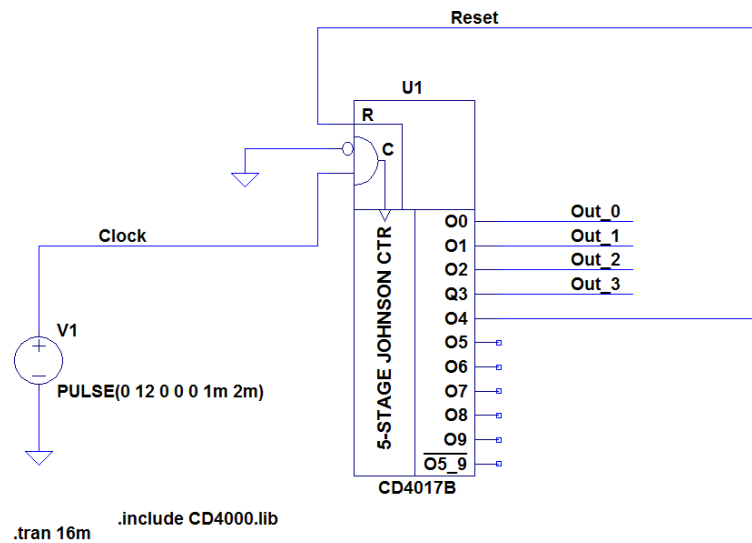


Counter 4017



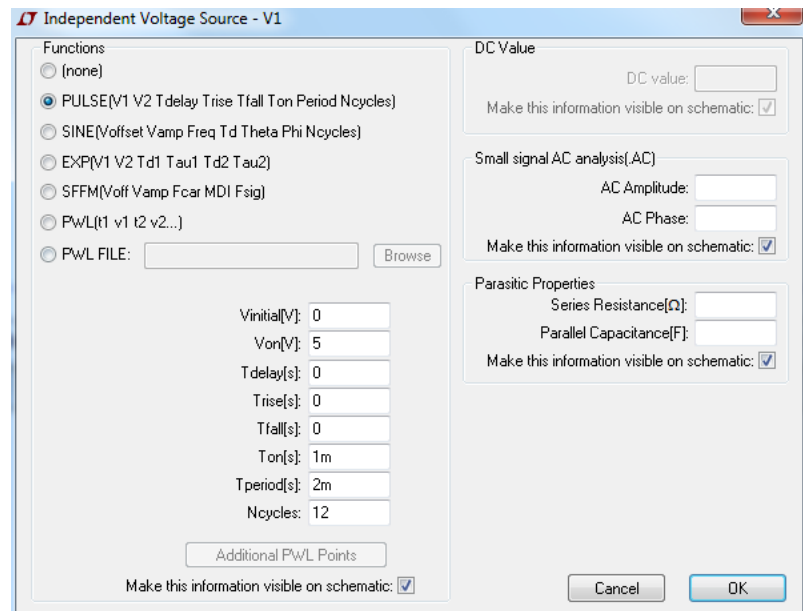
Bemærk, at der skal sættes ledninger på udgangene for at man kan få vist spændingsgrafer.

Det er smart at sætte labels på!!

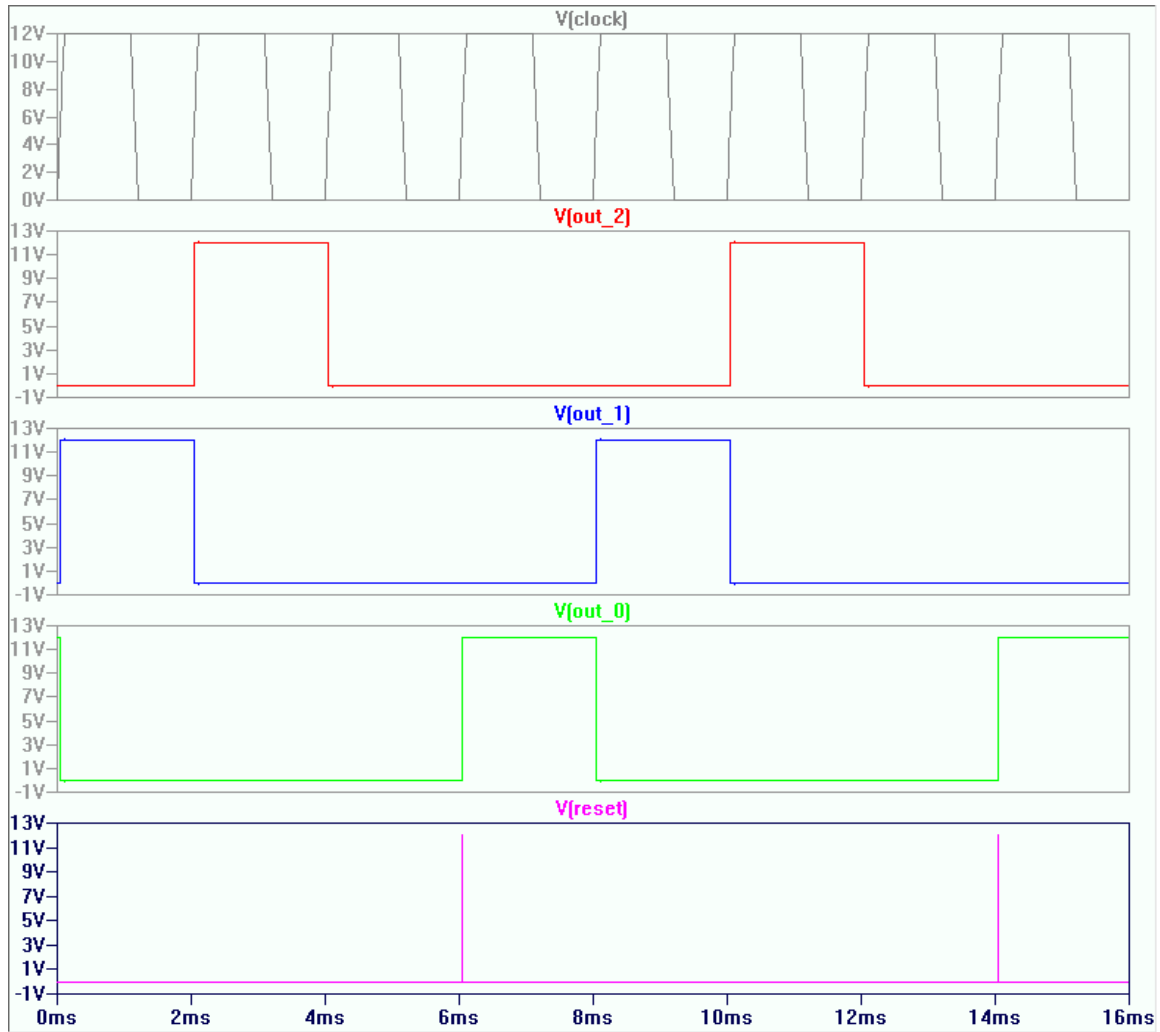


Tælleren skal påvirkes med en puls. Dvs. spændingsgeneratoren skal indstilles til at afgive pulser, og pulsernes varighed skal defineres. Højreklik på V1

Indtast som vist:



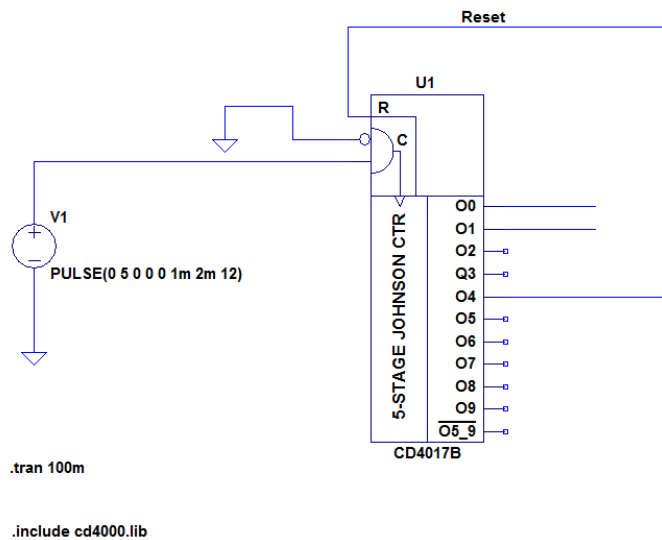
Her ses graferne for simuleringen.



Hvis Q4 forbindes retur til Reset-indgangen, vil tælleren kun bruge 4 udgange.

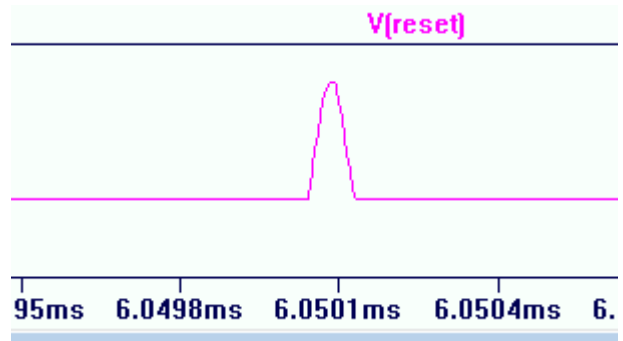
Så snart den 5. udgang, - mærket O4, - bliver høj, resettes tælleren.

Herunder er der en graf, hvor der er zoomet ind på grafen for resetpulsen.



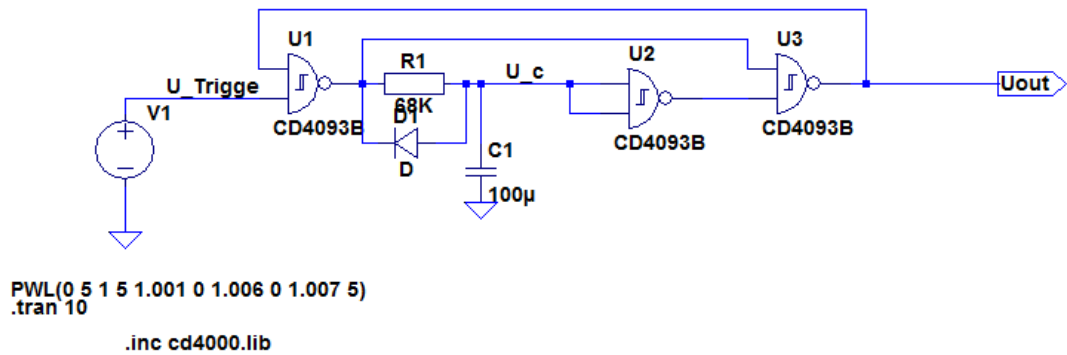


Resetpulsen varer ikke lang tid!



Oneshot

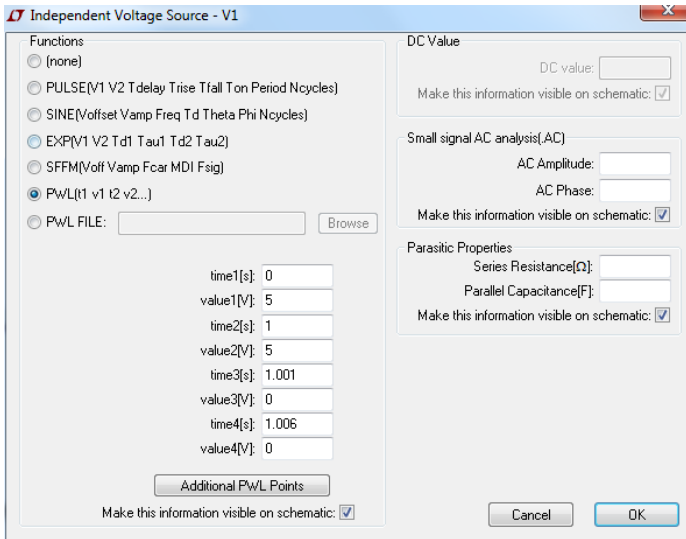
Opbyg følgende kredsløb:



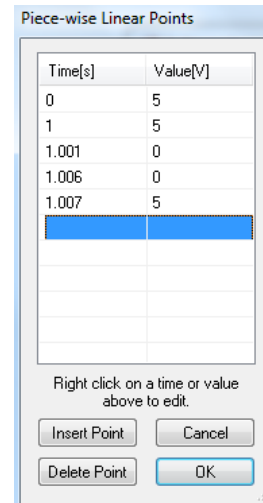
I stedet for en pullup modstand og en switch til nul, er der brugt en V_Peace_Wice_Linear, hvor der defineret en triggepuls.

- Kl. 0 er spændingen 5 Volt,
- Kl. 1 sek er spændingen 5 Volt.
- Kl. 1.001 er spændingen 0 Volt.

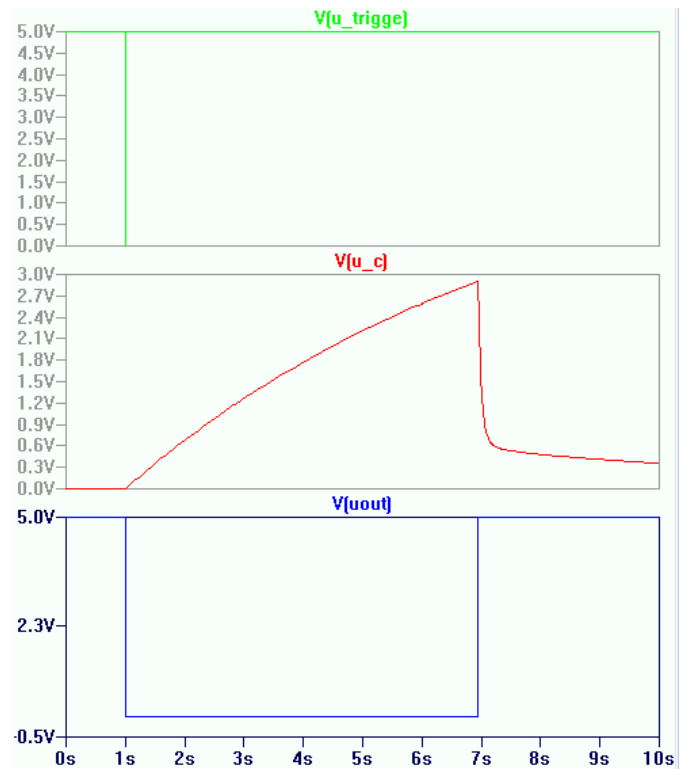
Osv.



Additional PWL-points



Resultatet:



Definer en puls: Se

http://www.simonbramble.co.uk/lt_spice/ltspice_lt_spice_tutorial_2.htm

Diode:

http://www.simonbramble.co.uk/lt_spice/ltspice_lt_spice_tutorial_4.htm

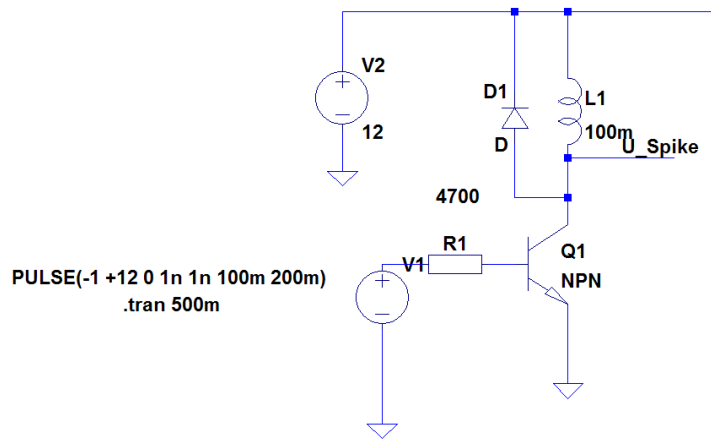


Transistor Switch

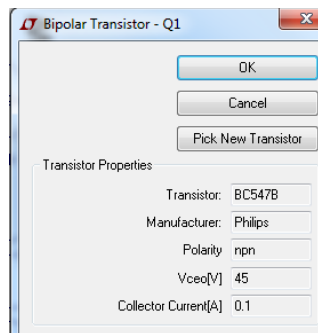
Opbyg kredsløbet. Først uden dioden!

Se forskellen når dioden placeres.

Spolen har 60 Ohms spolemodstand, og en L på 100 mH



Ps: Vælg blot en standard NPN-transistor og placer den. Efterfølgende kan der højreklikkes på den, og vælges en transistor fra en liste:



Voltage Controlled Switch



LT-SPICE

Dette kredsløb viser, hvordan man kan bruge en spændingskontrolleret switch i et LTspice kredsløb.

Hvis spændingen er større end 0 Volt på + benet, er switchen on, er den under 0 Volt, er den åben.

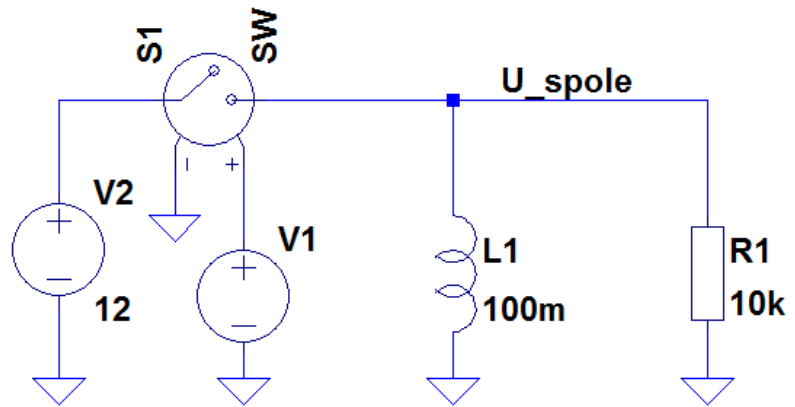
Her er der brugt en Pulsgenerator til at åbne og lukke.

Obs. Der skal placeres en Spice direktiv

.Model SW SW()

For at switchen virker.

Spolens modstand er sat til 60 Ohm, og dens selvinduktionskoeffetient er 100 mHenry.



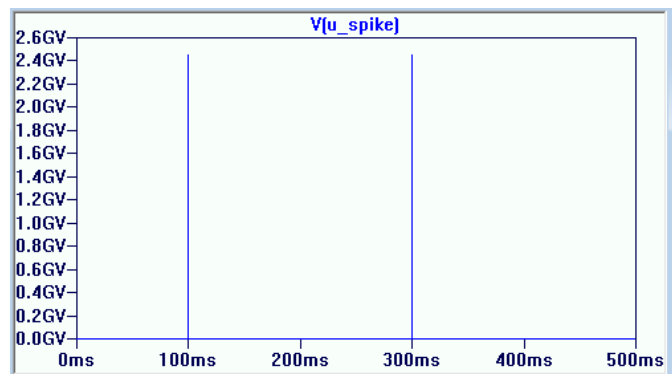
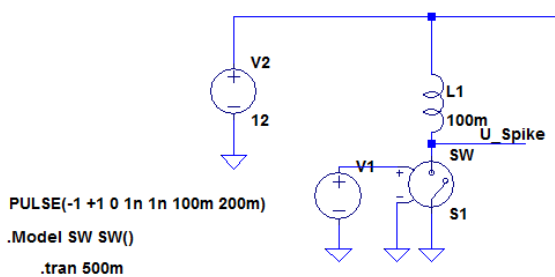
PULSE(-1 +1 0 1n 1n 100m 200m)

.Model SW SW()

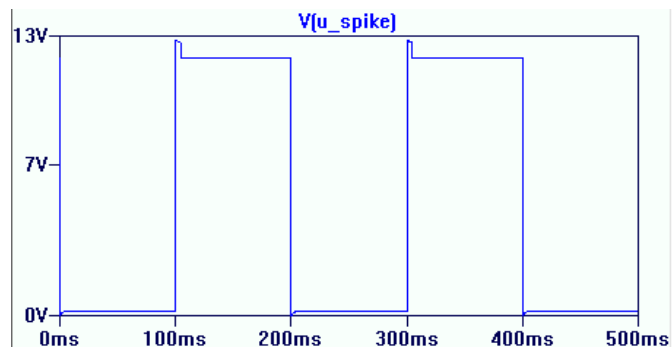
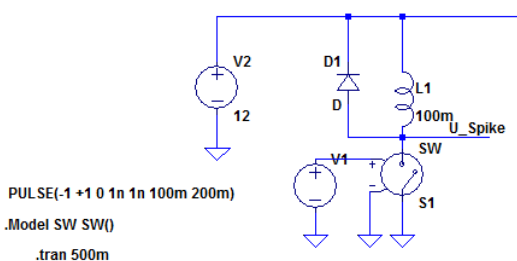
.tran 500m

Se youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=eEHWxvCypdw>

Her er switchen opbygget som en transistor-driver til en spole.



Placeres der en diode over spolen, bliver resultatet som flg.





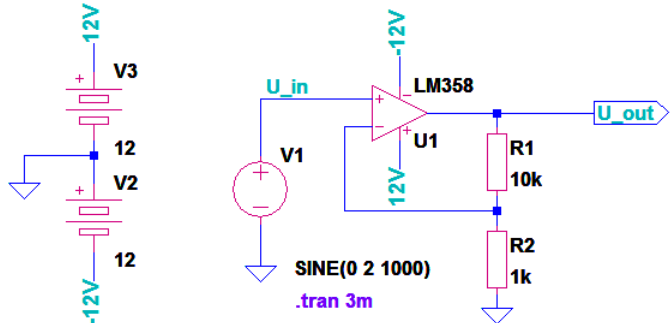
Operationsforstærker

Se: http://www.simonbramble.co.uk/techarticles/advanced_op_amps/advanced_op_amps.htm

Opbyg fx dette kredsløb.

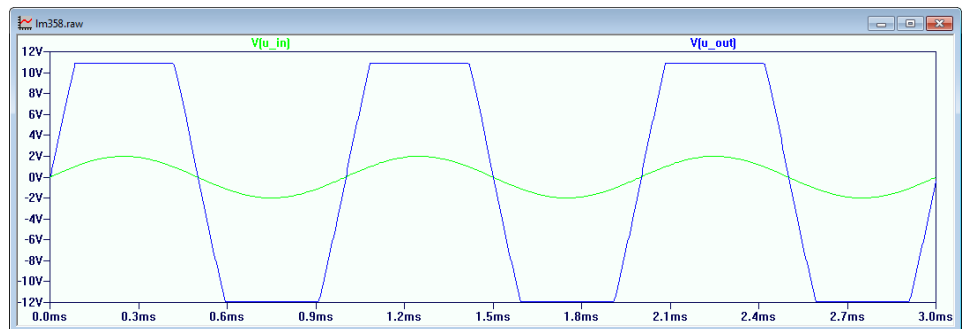
Bemærk at der er brugt net-labels til at lave "luft-ledninger".

Operationsforstærkeren LT1013 og LT1014 svarer nogenlunde til LM358



Det ses, at grafen for U_out er klippet.

Bemærk også, at u_out kan gå længere ned end op til den positive rail.

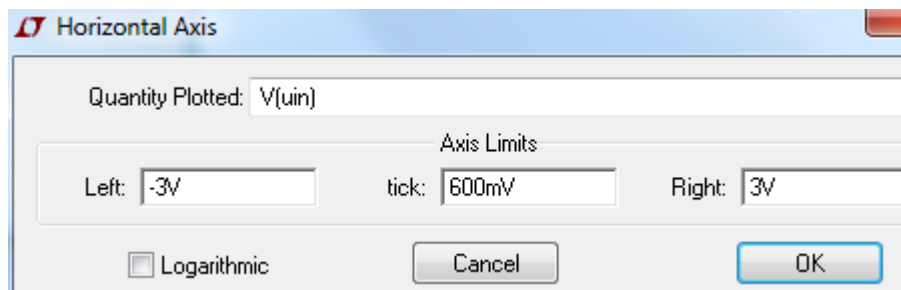


Komparator med hysteres

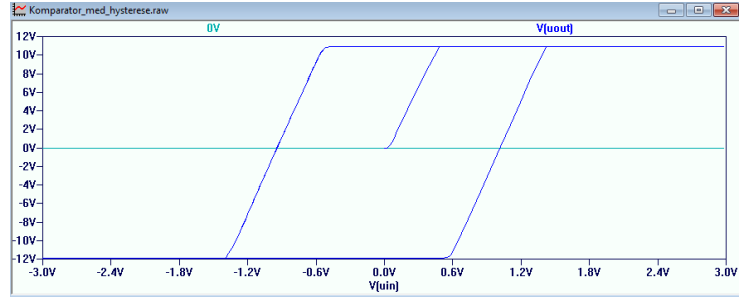
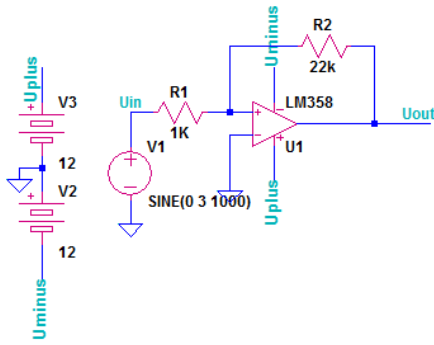
Simuleres komparatorer, kan det være interessant at se udgangen som funktion af indgangsspændingen.

Dvs, at det er nødvendigt, at Ændre X-akse-variabel!

Klik på X-aksen og indtast en anden variabel !



Her et eksempel på en komparator med hysteres, hvor Uout er afbildet som funktion af Uin.

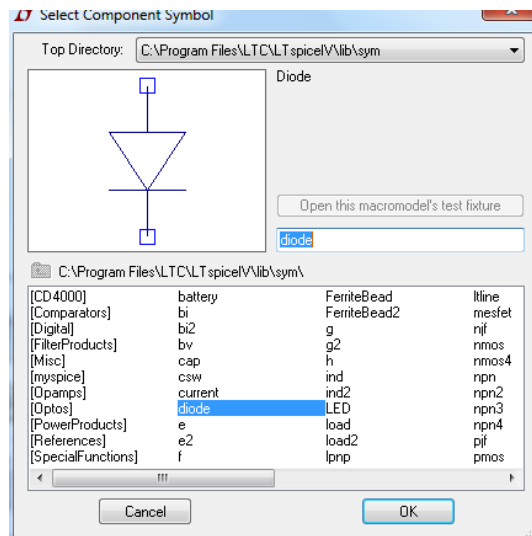
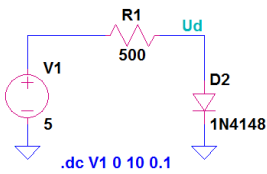


DC-sweep:

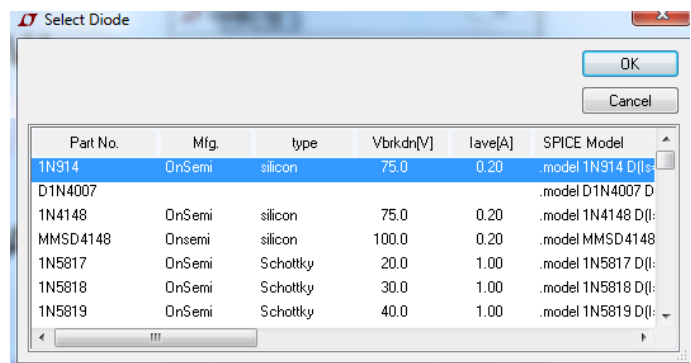
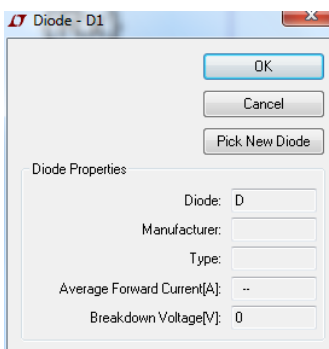
For nogle simuleringer bruges en varierende DC-spænding. Fx til at se på en diodekarakteristik.

Her er vist et eksempel.

Vælg først blot en diode, h. klik på den og vælg en alternativ diode !!



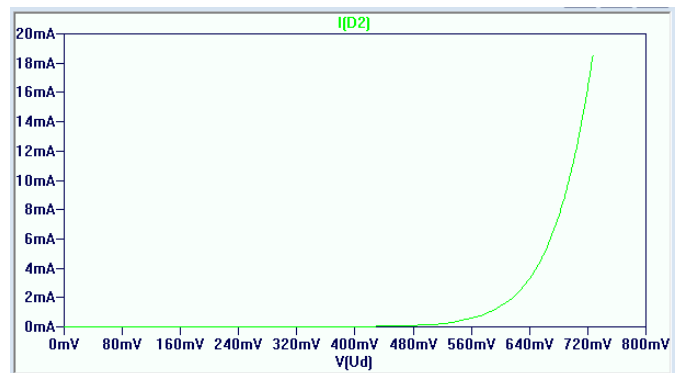
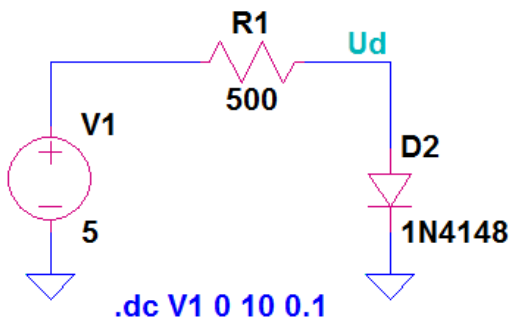
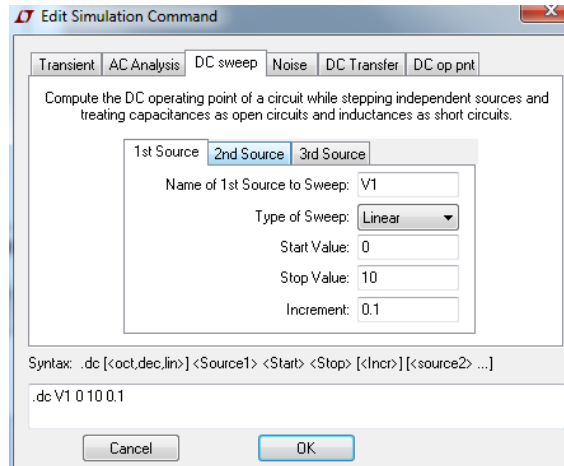
Vælg "Pick New Diode" og vælg en anden model.





Vælg nu DC sweep som simuleringsmetode.

Kør simuleringen:

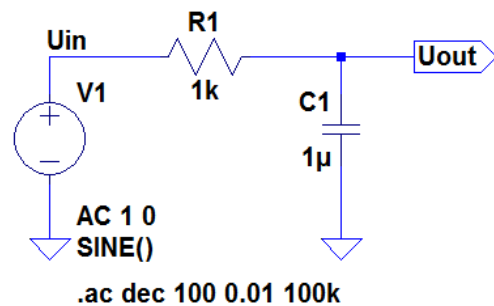


Matematiske funktioner:

Se: <http://www.youtube.com/watch?v=GmzfJa2GS7c>

I LT-Spice er det muligt at angive, hvordan man ønsker sine grafer tegnet. Fx kan man få vist en graf for $2 \cdot U_{in}$.

Her er det vist med et Bodeplot - eksempel

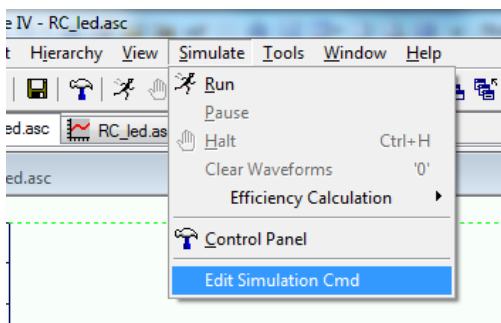
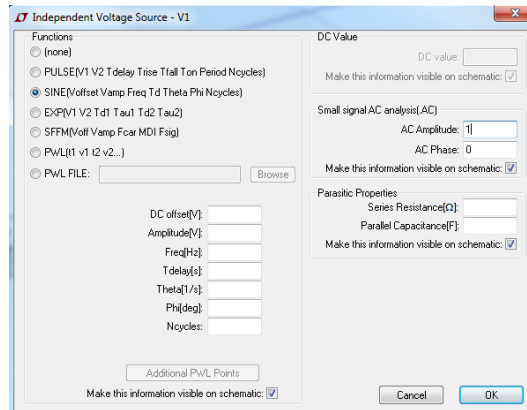




Når der skal laves frekvensanalyse, skal kredsløbet påtrykkes en sinus.

Det er vigtigt, at AC-amplituden er 1 Volt. Det regner matematikken med !!

(ellers skal man selv indtaste trace expression)



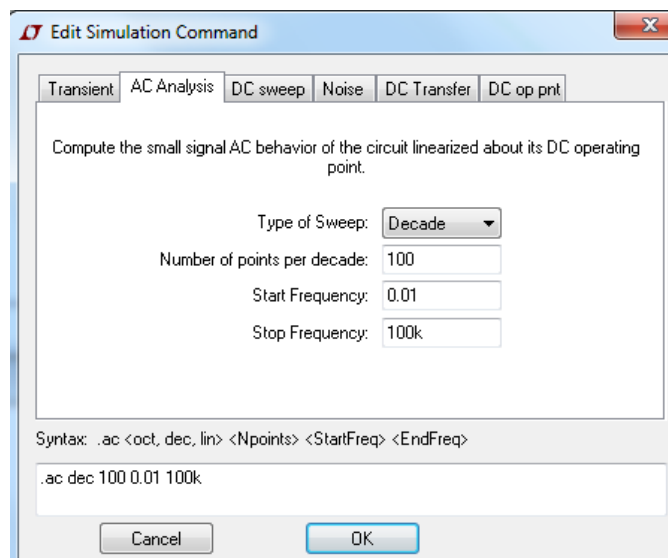
Der skal også indstilles at man ønsker et AC-sweep.

Vælg AC Analysis.

Der skal vælges Decade, dvs. inddeling for hver 10^x på x-aksen.

Der kan vælges fx 40 points per decade beregninger.

Og endelig skal startfrekvensen og stopfrekvensen for beregningerne vælges.



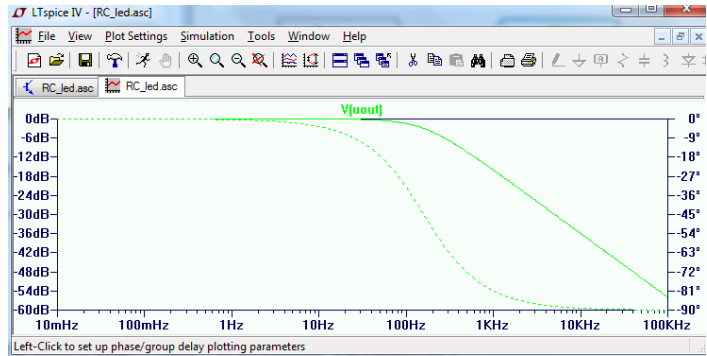


LT-SPICE

Kør en simulation og vis en graf for Uout.

Default starter Grafvinduet op med dB på Y-aksen. Og der vises et Bode Plot.

Den stiplede linje er fasedrejningen på Uout.

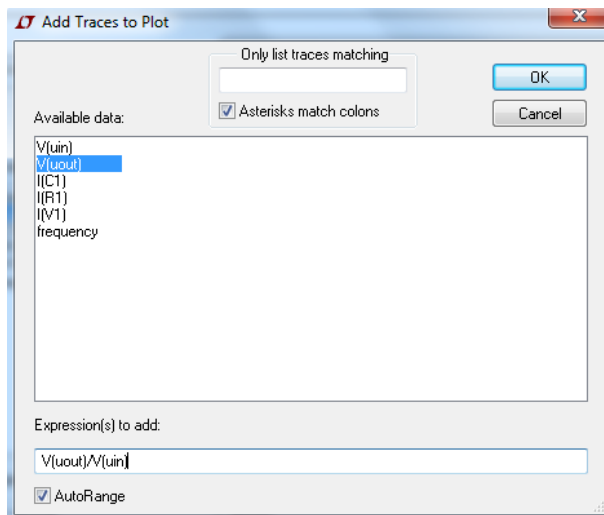
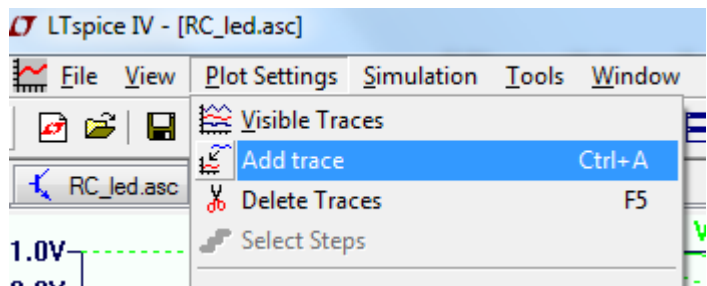


dB er et udtryk for kredsløbets forstærkning. dB findes som:

$$dB = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_{out}}{U_{in}} \right)$$

Indtaste Trace expression

Det er muligt selv at indtaste et matematisk udtryk.



Øverst vises de beregnede data for kredsløbet.

Nederst kan indtastes et udtryk.

Hvis Y-aksen er indstillet til dB, skal der ikke skrives $20 \cdot \log_{10}()$.

Det sker default.

Hvis ikke indgangssignalet er lig 1 Volt, er det nødvendigt at tegne Bodeplot på denne måde.

For syntaks og matematiske funktioner, se fx: http://ltwiki.org/index.php5?title=Waveform_Arithmetic

ellers er her en oversigt:

The difference of two voltages; e.g., $V(a)-V(b)$; can equivalently written as $V(a,b)$. The following functions are available for real data:

| Function | Description |
|----------|-------------|
|----------|-------------|



LT-SPICE

| Name | |
|----------------|--|
| abs(x) | Absolute value of x |
| acos(x) | Arc cosine of x |
| arccos(x) | Synonym for acos() |
| acosh(x) | Arc hyperbolic cosine |
| asin(x) | Arc sine |
| arcsin(x) | Synonym for sin() |
| asinh(x) | Arc hyperbolic sine |
| atan(x) | Arc tangent of x |
| arctan(x) | Synonym for atan() |
| atan2(y, x) | Four quadrant arc tangent of y/x |
| atanh(x) | Arc hyperbolic tangent |
| buf(x) | 1 if x > .5, else 0 |
| ceil(x) | Integer equal or greater than x |
| cos(x) | Cosine of x |
| cosh(x) | Hyperbolic cosine of x |
| d() | Finite difference-based derivative |
| exp(x) | e to the x |
| floor(x) | Integer equal to or less than x |
| hypot(x, y) | $\sqrt{x^2 + y^2}$ |
| if(x, y, z) | If x > .5, then y else z |
| int(x) | Convert x to integer |
| inv(x) | 0. if x > .5, else 1. |
| limit(x, y, z) | Intermediate value of x, y, and z |
| ln(x) | Natural logarithm of x |
| log(x) | Alternate syntax for ln() |
| log10(x) | Base 10 logarithm |
| max(x, y) | The greater of x or y |
| min(x, y) | The smaller of x or y |
| pow(x, y) | x^y |
| pwr(x, y) | $\text{abs}(x)^y$ |
| pwrsgn(x, y) | $\text{sgn}(x) * \text{abs}(x)^y$ |
| rand(x) | Random number between 0 and 1 depending on the integer value of x. |
| random(x) | Similar to rand(), but smoothly transitions between values. |
| round(x) | Nearest integer to x |
| sgn(x) | Sign of x |



| | |
|-----------------------------------|--|
| <code>sin(x)</code> | Sine of x |
| <code>sinh(x)</code> | Hyperbolic sine of x |
| <code>sqrt(x)</code> | Square root of x |
| <code>table(x,a,b,c,d,...)</code> | Interpolate a value for x based on a look up table given as a set of pairs of points. |
| <code>tan(x)</code> | Tangent of x. |
| <code>tanh(x)</code> | Hyperbolic tangent of x |
| <code>u(x)</code> | Unit step, i.e., 1 if x > 0., else 0. |
| <code>uramp(x)</code> | x if x > 0., else 0. |
| <code>white(x)</code> | Random number between -.5 and .5 smoothly transitions between values even more smoothly than random(). |

The following operations, grouped in reverse order of precedence of evaluation, are available for real data:

| <u>Operand</u> | <u>Description</u> |
|--------------------|---|
| <code>&</code> | Convert the expressions to either side to Boolean, then AND. |
| <code> </code> | Convert the expressions to either side to Boolean, then OR. |
| <code>^</code> | Convert the expressions to either side to Boolean, then XOR. |
| <code>></code> | TRUE if expression on the left is greater than the expression on the right, otherwise FALSE. |
| <code><</code> | TRUE if expression on the left is less than the expression on the right, otherwise FALSE. |
| <code>>=</code> | TRUE if expression on the left is less than or equal the expression on the right, otherwise FALSE. |
| <code><=</code> | TRUE if expression on the left is greater than or equal the expression on the right, otherwise FALSE. |
| <code>+</code> | Addition |
| <code>-</code> | Subtraction |
| <code>*</code> | Multiplication |
| <code>/</code> | Division |
| <code>**</code> | Raise left hand side to power of right hand side. |
| <code>!</code> | Convert the following expression to Boolean and invert. |
| <code>@</code> | Step selection operator |



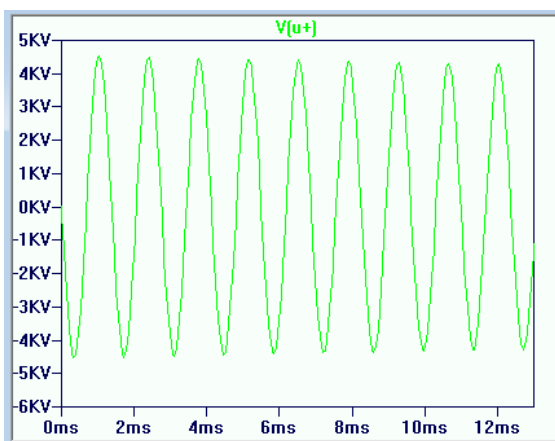
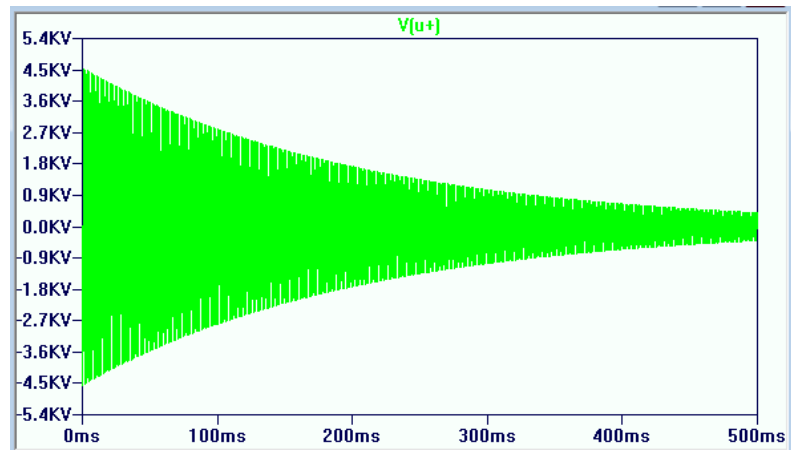
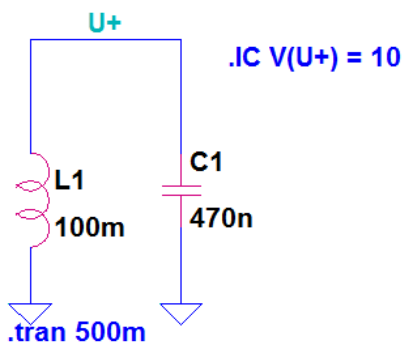
Se evt. også: <http://jcatsc.com/media/ee348/CADandLabs/IntroToSpice.pdf>

Svingningskreds med Initial Condition

Her er vist et eksempel på en svingningskreds.

Der er placeret en .IC-direktiv, der definerer, at spændingen starter med at være 10 Volt på Node U+.

Seriemodstanden i spolen er her angivet til 1 Ohm.



Det betyder jo også, at der løber en strøm i startøjeblikket. Strømmen løber nedad i L1, og tømmer C1 for ladninger. Når strømmen er uddød, er der en ret stor negativ spænding på U+. Derfor vender strømmen retning – osv.

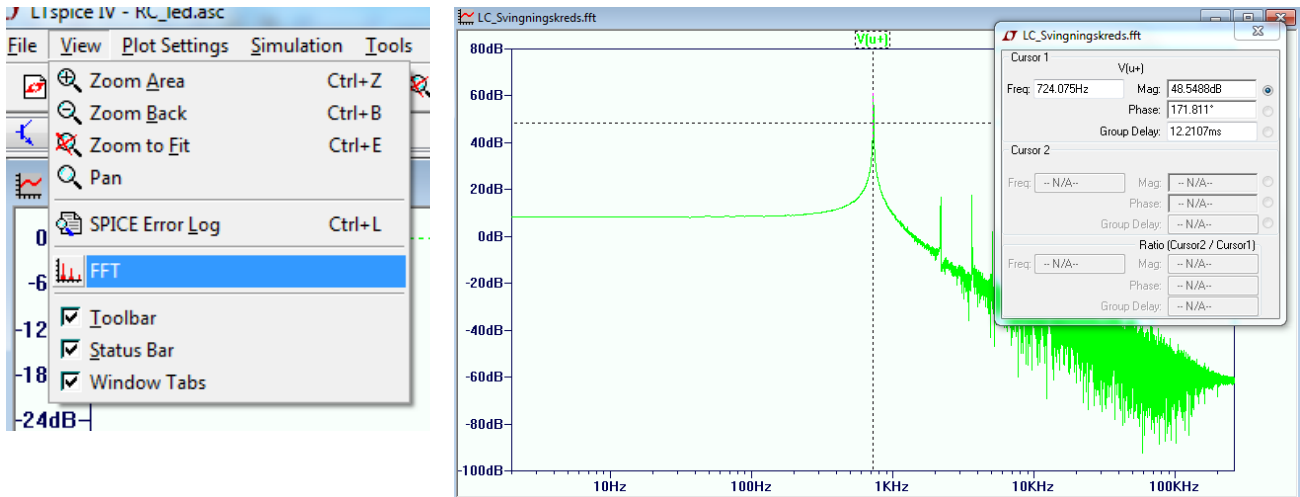
Resonans-frekvensen er afhængig af L og C- og er lig den frekvens hvor $X_L = X_C$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

LT-Spice kan vise en Fast Fourier transformations- graf over svingningen. Dvs. ”vise frekvensindholdet”.



LT-SPICE



<http://lpvo.fe.uni-lj.si/fileadmin/files/Izobrazevanje/RO/LTspice/Use%20of%20FFT%20in%20LTspice%20rev.%201.txt>

Se video: <http://www.youtube.com/watch?v=zKKGa30bHG0>

Her er der specificeret flere startværdier.

Syntax: `.ic [V(<n1>)=<voltage>] [I(<inductor>)=<current>]`

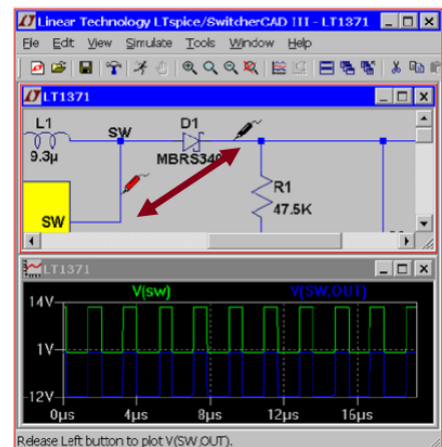
Eksempel: `.ic V(in)=2 V(out)=5 V(vc)=1.8 I(L1)=300m`

Spænding mellem nodes:

Voltage Differences Across Nodes

- ◆ Left click and hold on one node and drag the mouse to another node
 - Red voltage probe at the first node
 - Black probe on the second

Differential voltages are displayed in the waveform viewer

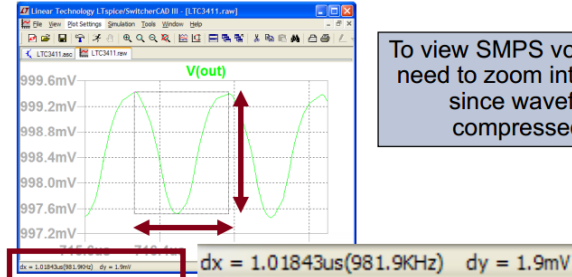




LT-SPICE

Måling af perioder mm på grafer

- ◆ Drag a box about the region you wish to measure (peak to peak over a period)
 - ◆ Left click and *hold* to drag a box over the portion of interest
- ◆ View the lower left hand side of the screen
 - ◆ To avoid resizing, shrink your box before you let go of the left mouse click or use the Undo command in the Edit menu



To view SMPS voltage ripple you will need to zoom into a narrow section since waveform is initially compressed to full range

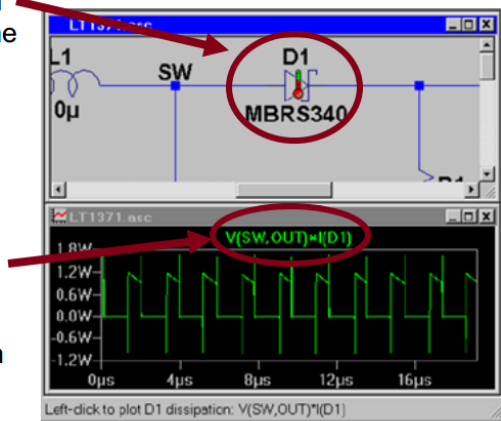
© 2011 Linear Technology



Måling af Effektafsætning

Instantaneous & Average Power Dissipation

- ◆ Instantaneous Power Dissipation
 - ◆ Hold down the ALT key and left click on the symbol of the component
 - ◆ Pointer will change to a thermometer
 - ◆ Plotted in units of Watts
- ◆ Average Power Dissipation
 - ◆ Hold down the Ctrl key and left click on the **trace label** power dissipation waveform



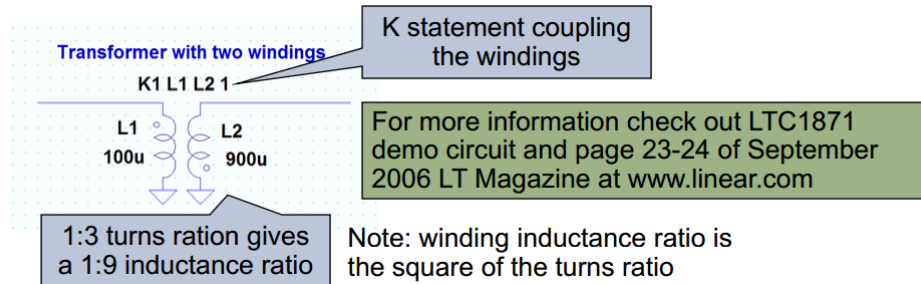


LT-SPICE

Simulering af transformere

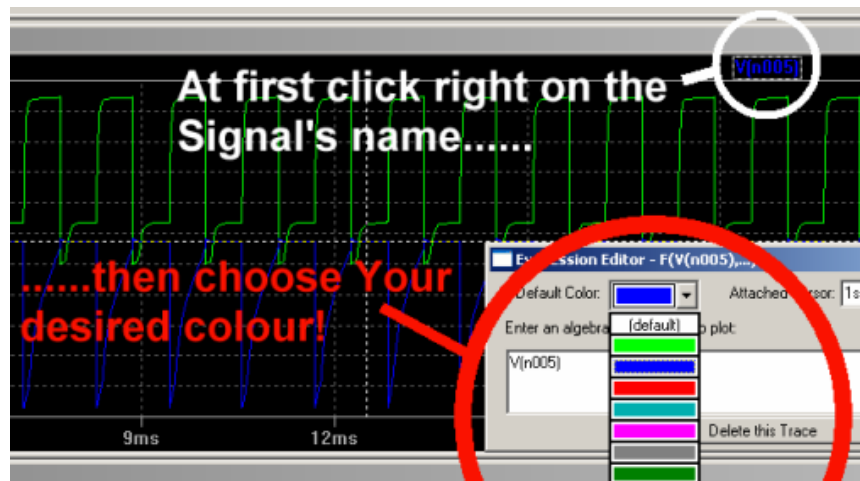
Simulating a Transformer

- ◆ Draw each winding of the transformer as an individual inductor
- ◆ Couple inductors with a mutual inductance statement
 - Add a SPICE directive of the form `K1 L1 L2 L3 ... 1` to the schematic
 - Left Click on **Edit** then **SPICE Directive**
 - Inductors in a mutual inductance will be drawn with a phasing dot
 - Start initially with a mutual coupling coefficient equal to 1



Se om spoler, fx: http://www.simonbramble.co.uk/lt_spice/ltspice_lt_spice_tutorial_3.htm

Farve på grafer:





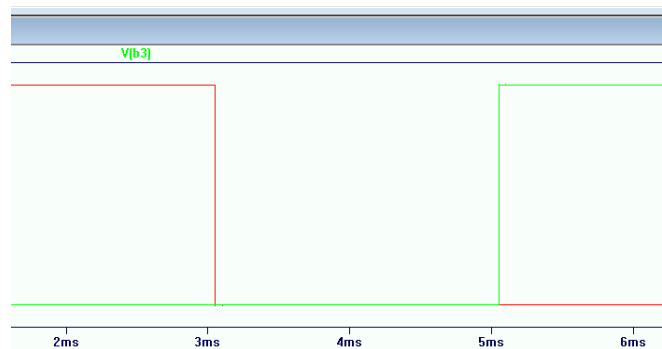
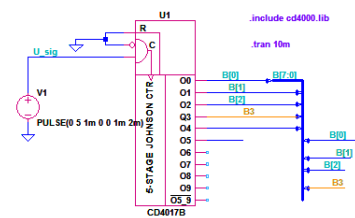
LT-SPICE

Se sammenhængen mellem Graf og node i diagram

Ved at **Alt-Left**-klikke på en label i plot pane highlightes den korresponderende node i diagrammet.

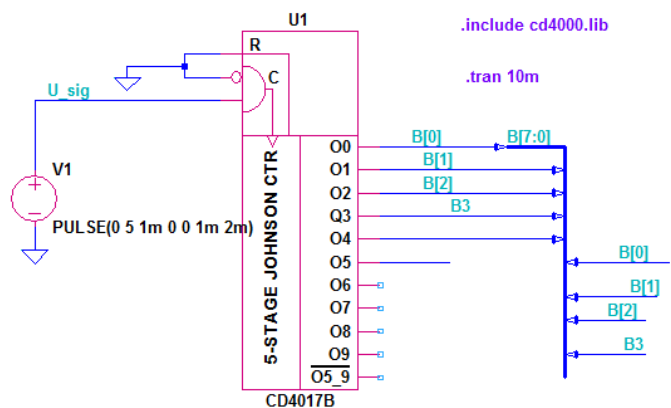
. E.g. clicking **Alt-Left** on a label like $V(n001)$ in the plot pane highlights the $n001$ node.

Clicking **Alt-Left** on a label like $I(R1)$ highlights $R1$ in the schematic.

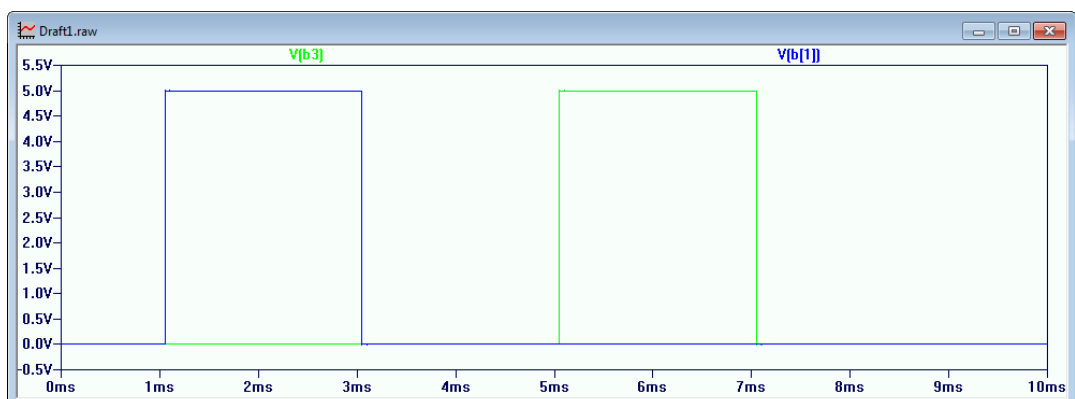


Busser:

Eksempel på brug af busser:



Grafen:



Et net (wire) bliver automatisk til en bus hvis en af følgende 3 betingelser er opfyldt:



1. Wiren navngives med en label med et array suffix. Et array suffix består af to tal adskilt af en kolon og omkranset af firkantede parenteser. Fx *Data[0:7]* betyder at bussen består af 8 nets, eller 8 wirer, *Data[0]*, *Data[1]*, op til *Data[7]*.
2. Wiren er forbundet til den brede ende af en BUS tap (vælg main menu Edit->Place BUS tap). A net connected to the other end, the pointed end of a tap, is called a tap net, and is an individual net from the nets represented by the bus. Tap nets must be labeled with an individual array element suffix (a single number without colon enclosed in brackets). For example *Data[3]* would be the label of a tap net out of the *Data[0:7]* bus.
3. The net is connected to a bus pin of a component that has an array type name.

Once a wire is becoming a bus it is automatically drawn with extra thick lines.

A bus may be automatically connected (netlisted) to a corresponding array of components. An array of components is created by appending a bracketed array specifier to the instance name (reference designator) of a bus-connected single component. For example, instead of naming a transistor *Q1* naming it *Q[1:4]* would result in the single symbol representing four identical transistors. The base, collector and emitter pins of these component array all need to be connected to busses. For example to busses called *Base[1:4]*, *Collector[1:4]*, and *Emitter[1:4]*. The resulting netlist is arbitrary if the pins of a component array are not properly connected to busses, but e.g. accidentally to single nets only.

Note that recursive connections are possible around a single device or device group through the use of appropriate net labeling. For example, a single digital DFLOP device may be annotated to represent a 64 shift-register string by:

1. adding a 64 element array suffix to its instance name, e.g. *A1* would become *A1[0:63]*,
2. placing on its D input a corresponding array net label, e.g., *Data[0:63]* (the particular name is unimportant), and
3. placing on its Q output an appropriately displaced array net label, e.g., *Data[1:64]*.

The result would be that the D inputs of *A1[1]* to *A1[63]* are connected to the Q outputs of *A1[0]* to *A1[62]*. The D input of *A1[0]* (*Data[0]*) and Q output of *A1[63]* (*Data[64]*) need to be tapped off individually from the bus, and would represent the input and output of the resulting 64 bit shift register.

Example Notes:

As usual for any flip-flop, a delay parameter must be specified in the Value field, e.g., *td=10ns*.

The D input to the first gate may be individually accessed by its appropriate array index,

e.g., *Data[0]*

http://www.ltwiki.org/?title=Undocumented_LTspice

Potentiometer:

For at kunne bruge et potentiometer, skal man først downloade en model.

Fx fra <http://www.electro-tech-online.com/threads/ltspice-potentiometer.117290/>



Alternativt kan man simulere med to modstande, og så bruge parametrisk sweep. Se fx flg:

Model for Potmeter, se:: <http://www.g-pb.de/LTspice/>

Use the parametric value definition for a pair of R with the curly braces, and a .param for the setting variable

R1 value = {10k*(1-a)}

R2 value = {10k*a}

with a spice directive like one of:

```
.step param a list .1 .3 .6 .9
```

```
.param a = .5
```

you can even draw a rectangle around the R pair if you like it pretty.



Ekstra:

Ved Problemer, Try this:

Goto the folder 'C:\Program Files (x86)\LTC' (or the folder where LTSpice is installed).

Right-click on the folder 'LTC' and open properties.

On the tab Security press Edit

On permissions (the edit dialog) press Add.

Now add your name to the list.

When returned in the Permissions dialog select 'Full Control' (with your name high-lighted in the list of names)

I'm pretty sure this will fix your/the problem.

God tutorial: http://www.gunthard-kraus.de/LTswitcherCAD/SwitcherCAD-Tutorial_English/pdf-File/LTspice_4_e2.pdf

http://csserver.evansville.edu/~richardson/courses/Tutorials/LTspiceIV/01_IntroDCAnalysis/html/01_IntroDCAnalysis.html

Fra: <http://www.mrc.uidaho.edu/~knoren/LTSpice%20Tutorial.pdf>

Keyboard shortcuts:

https://www.google.dk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CF0QFjAF&url=https://www.online.com%2Fweb%2Fen%2Findex.php%2Fdownload%2Fmedia%2F07_electronic_components%2Ftoolbox_1%2FLTspice_Quick_Start.pdf&ei=QzeTUZqUJ6jG7Abt6oHIAQ&usg=AFQjCNEv hTfLOqJynesw5k4YExSKOCCkw&sig2=HXvElu3mOrWauSWu1nfRPw&bvm=bv.46471029,d.ZGU

Se online tutorials:

http://www.simonbramble.co.uk/lt_spice/ltspice_lt_spice.htm

<http://denethor.wlu.ca/ltspice/>

http://www.ece.uidaho.edu/ee/classes/ECE211/pdf/LTSpice_Basic_Tutorial.pdf

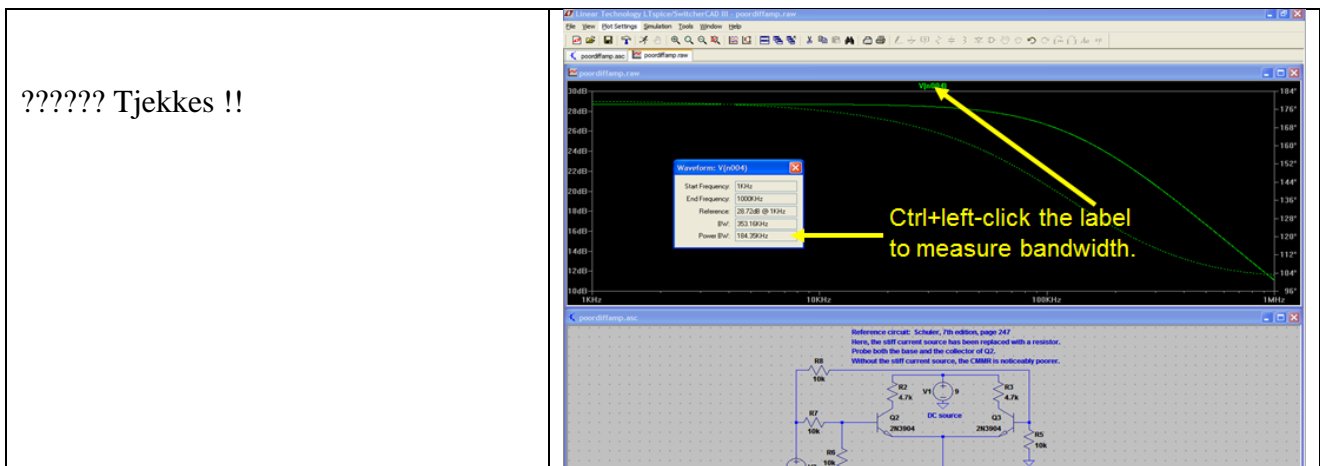
Model biblioteker: http://www.gunthard-kraus.de/Spice_Model_CD/



LT-SPICE

Eagle har et plugin for LT-Spice.

Kilder: Google "LTSpice_Final.ppt"



Evt. H-klikkes i Trace-vinduet, og vælg Ad Trace.

Der kan adderes et ekstra plot-vindue, H-Click o plot-vinduet, og vælg ” Add Plot Pane ”

Grafer kan simpelt trækkes mellem vinduerne.

Box in en del af grafen – og aflæs i bunden værdierne.

Modeller: http://www.simonbramble.co.uk/lt_spice/ltspice_lt_spice_models.htm