

Föreläsning 5

LTspice

Erik Agrell 2017-09-06

Innehåll:

1. SPICE översikt
2. Rita kopplingsschema i LTspice
3. Simulering i LTspice

Bilder av G. Hult och E. Agrell

1. SPICE översikt

- Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (SPICE)
- Utvecklades 1973 på University of California, Berkeley
- Ursprungligen textbaserat, grafiskt gränssnitt 1989
- Används globalt, i både utbildning och utveckling
- Öppen källkod
- Analyserar kretsar med hjälp av nodanalys
- Populära kloner: Pspice, Xspice, Hspice och LTspice

LTspice

LTspice produceras av Linear Technology Corp (LTC) och innehåller modeller för många av LTCs egna kretsar

- Gratis på linear.com/ltspice
- Finns i datasalarna
- Finns i labben
- Mac-versionen av LTspice rekommenderas inte



Arbetsgång

1. Nytt kopplingsschema
2. Rita kretsen
 - Placera komponenter
 - Koppla ihop komponenterna
 - Ange komponentvärden
3. Simulera
4. Plotta resultat

Görans snabbguide

Snabbguide till LTSPICE

Rita schema:

File: New schematic eller  *File: Save As* Välj filnamn och spara i din projektkatalog. Efter man valt komponent enligt nedan, rotera och spegla komponenten efter behov, placera med klick. Innan man roterar komponent är referensriktning för ström genom motstånd, kondensatorer och spolar in på ovanstående av komponent. Placera fler komponenter av samma typ, avsluta med högerklick eller Esc.

Motstånd: Tryck **R** eller 

Kondensator: Tryck **C** eller 

Spole: Tryck **L** eller 

Jord: Tryck **G** eller  (OBS! Minst en jordymbo i schemat)

Diöd: Tryck **D** eller 

Övrigt: Tryck **F2** eller  Leta rätt på komponenten och dubbelklicka på den.

Rotera: Tryck **Ctrl + R** innan komponenten placeras

Spegla: Tryck **Ctrl + E** innan komponenten placeras

Tråd: Tryck **F3** eller  Klicka på en punkt först, klicka sen på en mellanliggande punkt där du önskar en 90° krök, klicka slutligen på ändpunkten. Håll nere Ctrl för diagonala trådar. Då alla trådar dragits avsluta med högerklick eller Esc.

Kopiera: Tryck **F6** eller  Klicka på komponent eller klicka och dra för att välja flera komponenter. Placera. Klicka igen.

Radera: Tryck **Delete** eller  Radera komponenter, förbindelsestrådar, text m m.

Flytta: Tryck **F7** eller  Flytta komponenter (eller text) utan att trådar följer med. (Används även då man vill rotera eller spegelvända en redan placerad komponent)

Drag: Tryck **F8** eller  Flytta komponenter. Trådar följer med.

Text: Tryck **T** eller  Placera ut kommentartext.

Control Panel: 

Waveforms: Plot data with thick lines
Waveforms: Color Scheme: Selected Item: Background Gör bakgrund vit
Display options: Font properties Ändra teckensnitt och font

Tilldelade komponentvärden:

Högerklicka på komponent.

För DC-källor: Fyll i spänning/ström direkt

För AC-källor: Klicka Advanced

Temperaturanalys: Välj SINE eller t

AC-analys: Gå till Small Signal AC analysis, Skriv 1 i AC Amplitude

Man behövt inte skriva ut enheterna V, A, ohm, F, H, He eller t men det är bra att ha på sinnet.

LTspice är "case insensitive" d v s skiljer inte på gemener och versaler.

Använd decimalpunkt (Decimalkomma kan ge svårigheter för vissa varningsmodeller)

Användbara prefix (OBS! Prefix direkt eller efter, inget mellanslag)

f = femto p = piko n = nano u = mikro m = milli OBS! M = m-milli F = f-femto

k = kilo Meg = mega G = giga T = tera

Namnge noder: Tryck **F4** eller  Skriv namn. Förbind med önskad nod.

Noder med samma namn är ihopkopplade vilket kan ge ett tydligare schema utan trådar kors och tvärs. Om man anger Port Type: Input/Output/Bi-Directional i slutet på en tråd kan man få ett ännu tydligare schema.

Simulera:

Simulation: Edit Simulation Cmd Välj simuleringstyp. Nedan visas de vanligaste:

DC op plot: För DC-kretsar samt arbetspunktsberäkning

Transient: För att studera kurvformer (även likspänning!) i tidplanet. Invasionsförlopp samt stationärtilstånd. Beräkning av medelvärden, effektivvärden, spektrum (FFT). Markera: Start external DC supply voltage at 0. I Edit Simulation Command-fönstret så att eventuella oscillatorer ges startenergi vid simuleringen.

AC analysis: Särskildanalys. För att plotta frekvensfunktionen (Bodeplot) för filter, förstärkare etc. Inspektornen till ett nät kan plottas som funktion av frekvensen både som bodeplot-fas och som real/imagindel.

DC sweep: För att plotta överföringskarakteristik för komponent eller krets. Skapar en eller flera DC-källor i ett intervall. Plottar plotstörhet som funktion av "1st Source". Spänningskällor måste ha namn som börjar på "V".

Efter val av simuleringstyp kan SPICE-direktivet i form av text placeras på schematningen

Direkter kan simuleringen kallas: Simulate - Run 

Analysera:

DC op plot: (Kan också erhållas på samma sätt i röningsfönstret vid Transient och AC analysis)

I röningsfönstret:

1. Håll musmarkör över nod. Läs av nodpotential i statefält längt nere till vänster.

2. Håll musmarkör över komponent. Läs av ström och förhållande i statefält.

Transient:

I röningsfönstret:

1. Klicka på nod för att plotta potentialen.

2. Klicka och dra från en nod till en annan för att plotta spänningen.

3. Klicka på komponent för att plotta ström genom komponent. Rod på anger referensriktning.

4. Alt = Klicka på komponent för att plotta momentansvaret i komponent

5. Alt = Klicka på tråd för att plotta ström i tråd

6. Dubbelklicka på nod eller komponent raderar alla övriga plotvaror utom den aktuella.

I plotfönstret:

1. Plot Settings: Add Plot Func. Dela upp plotfönstret i flera delar för olika signaler.

2. Klicka och dra upp en rektangel för att zooma

3. Högerklicka på plotnamn för att ta mätvärden. Alt = Klicka på plotnamn för endast 1 mätvärde.

4. Högerklicka på plotnamn för att ange algebraiskt uttryck att plotta.

T ex för att beräkna en vridmoment som minskningen i funktionen

5. Ctrl = Klicka på plotnamn för att erhålla effektivvärden, medelvärden etc.

6. Klicka på skalan för att ändra linjarlogaritmisk, skalingning etc.

7. View: FFT för att erhålla spektrum för signalen i plotfönstret

AC analysis:

I röningsfönstret:

1. Klicka på nod för att plotta frekvensfunktion från källa AC1 till nod.

2. Klicka och dra från en nod till en annan för att plotta frekvensfunktion från källa AC1 till spänningen mellan noderna

I plotfönstret:

1. Klicka och dra upp en rektangel för att zooma

2. Högerklicka på plotnamn för att ta mätvärden. Alt = Klicka på plotnamn för endast 1 mätvärde.

3. Högerklicka på plotnamn för att ange algebraiskt uttryck att plotta.

För att plotta impedansen som funktion av frekvens skriv uttryck på formen V(xxx)/I(yyy)

4. Klicka på skalan för att ändra linjarlogaritmisk, skalingning etc.

2. Rita kopplingsschema i LTspice

Rotera: Tryck **Ctrl + R** innan komponenten placeras

Spegla: Tryck **Ctrl + E** innan komponenten placeras

Tråd: Tryck **F3** eller  Klicka på en punkt först, klicka sen på en mellanliggande punkt där du önskar en 90° krök, klicka slutligen på ändpunkten. Håll nere Ctrl för diagonala trådar. Då alla trådar dragits avsluta med högerklick eller Esc.

Kopiera: Tryck **F6** eller  Klicka på komponent eller klicka och dra för att välja flera komponenter. Placera. Klicka igen

Radera: Tryck **Delete** eller  Radera komponenter, förbindelsestrådar, text m m.

Flytta: Tryck **F7** eller  Flytta komponenter (eller text) utan att trådar följer med. (Används även då man vill rotera eller spegelvända en redan placerad komponent)

Drag: Tryck **F8** eller  Flytta komponenter. Trådar följer med.

Komponenter

Motstånd: Tryck **R** eller



Kondensator: Tryck **C** eller



Spole: Tryck **L** eller



Jord: Tryck **G** eller



(OBS! Minst en jordsymbol i schemat)

Diod: Tryck **D** eller



Övrigt: Tryck **F2** eller



Leta rätt på komponenten och dubbelklicka på den.

voltage current
npn pnp
nmos pmos
zener
[OpAmps]
...

Tilldela komponentvärden

Högerklicka på komponent.

För DC-källor: Fyll i spänning/ström direkt

För AC-källor: Klicka Advanced.

Transientanalys: Välj SINE e t c.

AC-analys: Gå till Small Signal AC analysis, Skriv 1 i AC Amplitude

Man behöver inte skriva ut enheterna V, A, ohm, F, H, Hz e t c men det är ibland bra att göra det.

LTspice är "case insensitive" d v s skiljer inte på gemener och versaler.

Använd decimalpunkt. (Decimalkomma kan ge svårfunna fel utan varningsmeddelande)

Användbara prefix: (OBS! Prefix direkt efter siffror, inget mellanslag)

f = femto

p = piko

n = nano

u = mikro

m = milli

k = kilo

Meg = mega

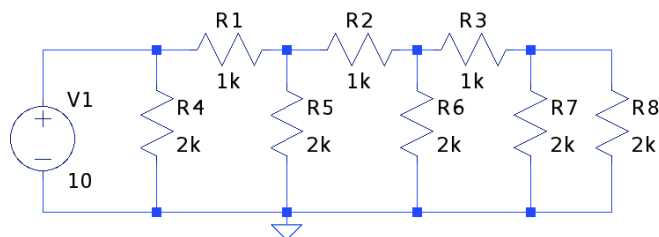
G = giga

T = tera

OBS!! M=m=milli

F=f=femto

Exempel 1: motståndsnät



- Komma igång
- Rita kopplingsschema
- Ange komponentvärden



3. Simulering i LTspice

Simulation>Edit Simulation Cmd. Välj simuleringstyp. Nedan visas de vanligaste:

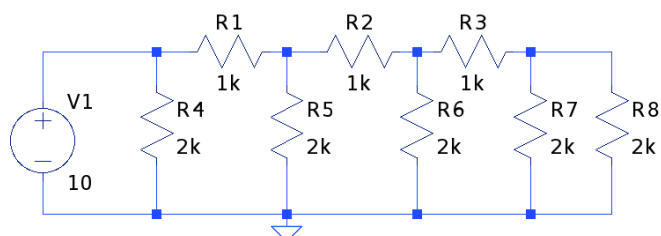
DC op pnt: För DC-kretsar samt arbetspunktberäkning.

Transient: För att studera kurvformer (även likspänning!) i tidsplanet. Insvängningsförlopp samt stationärtillstånd. Beräkning av medelvärden, effektivvärden, spektrum (FFT)
Markera: *Start external DC supply voltage at 0V* i Edit Simulation Command-fönstret så att eventuella oscillatorer ges startenergi vid simuleringen.

AC analysis: Småsignalanalys. För att plotta frekvensfunktionen (Bodediagrammet) för filter, förstärkare e t c. Inimpedansen till ett nät kan plottas som funktion av frekvensen både som belopp/fasvinkel och som real/imaginärdel.

DC sweep: För att plotta överföringskaraktär för komponent eller krets. Stegar en eller flera DC-källor i ett intervall. Plottar plotstorhet som funktion av "1st Source"
Spänningskällor måste ha namn som börjar på "V"

Exempel 1 igen



- Beräkna likspänningar och strömmar ("DC op pnt")
- Plotta tidssignaler ("Transient")



--- Operating Point ---		
V(n001):	10	voltage
V(n002):	5	voltage
V(n003):	2.5	voltage
V(n004):	1.25	voltage
I(R8):	0.000625	device_current
I(R7):	0.000625	device_current
I(R6):	0.00125	device_current
I(R5):	0.0025	device_current
I(R4):	0.005	device_current
I(R3):	-0.00125	device_current
I(R2):	-0.0025	device_current
I(R1):	-0.005	device_current
I(V1):	-0.01	device_current

Namnge noder

Tryck **F4** eller  Skriv namn. Förbind med önskad nod.

Noder med samma namn är ihopkopplade vilket kan ge ett tydligare schema utan trådar kors och tvärs. Om man anger Port Type: Input/Output/Bi-Direct i slutet på en tråd kan man få ett ännu tydligare schema.

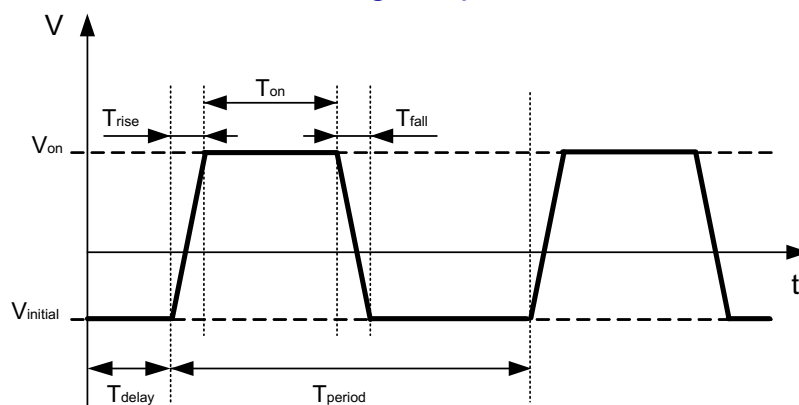
Importerade komponenter

Man kan importera komponenter som inte finns i standardbiblioteket, som man får från andra leverantörer eller definierar själv.

1. Lägg en komponentfil (filtyp *.lib*, t.ex. *extras.lib*) i samma katalog som ditt kopplingsschema (filtyp *.asc*).
2. Lägg symbolfiler (filtyp *.asy*) i samma katalog.
3. Klicka på *.op* och skriv kommandot *.include filnamn.lib*

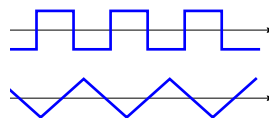
En komponentfil (filnamn.*lib*) kan innehålla flera komponentbeskrivningar.

PULSE-vågens parametrar

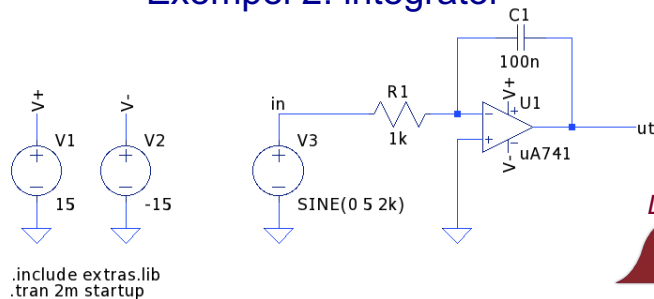


Specialfall:

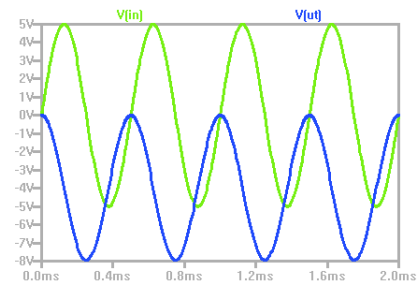
- Fyrkantvåg: $T_{rise} = T_{fall} = 1p$ (eller något annat litet värde, men **inte 0!**)
- Triangelvåg: $T_{on} = 0$, $T_{period} = T_{rise} + T_{fall}$



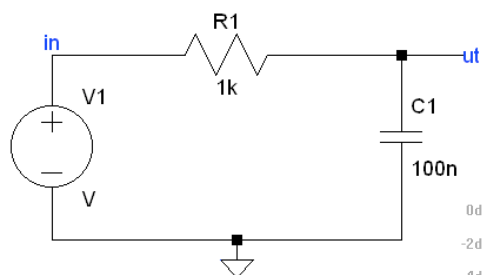
Exempel 2: integrator



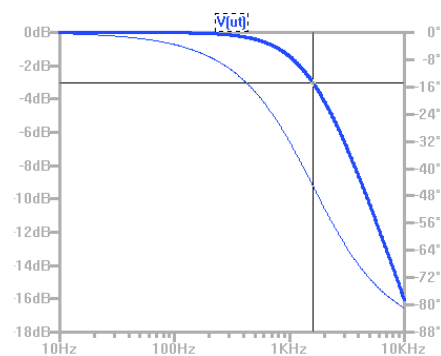
- Namnge noder (varför?)
- Importera komponenter
- Definiera växelspänningar och fyrkantvåg



Exempel 3: lågpasfilter



- Bode-diagram ("AC analysis")
- Avläsning med mätkorset



Problem med mjukvaran?

Installationsproblem? Felmeddelanden? Konstiga resultat?

Datorövning fredag 8:15–10:00 i Gnistan (F6)

- Tillfälle att fråga
- Ingen genomgång av nytt material
- ModelSim eller LTspice, välj själv
- Förslag på övningsuppgifter kommer att finnas på kurshemsidan

Labschema

- För närvarande har vi många fler anmälda labgrupper på onsdagar än tisdagar
- Fler grupper innebär längre väntan på hjälp

Kan någon labgrupp tänka sig att byta från onsdag till tisdag?

Läs & lös

Läs:

- Läs Göran Hult: "Snabbguide till LTSPICE" noggrant (2 sidor)
- Skumma igenom Göran Hult: "LTSPICE: Introduktion till kretssimulering"

Lös:

- Kör igång LTspice och testa några exempel
- Inlämningsuppgift 1 (om ni inte redan har gjort det)
- Förberedelseuppgifter till lab 2