INF 3410/4410 Lab Hints - Høsten 2006

Henning Gundersen

Mikroelektronikk systemer

Institutt for informatikk

August 2006



Innholdsfortegnelelse

1. LABORATORIEINSTRUMENTER 5
1.1. Keithley 617 Multimeter og spenningskilde 5
1.2. Keithley 6512 Multimeter 6
1.3. HPE 3631 Spenningskilde 7
1.4. HP 34401 Multimeter 8
1.5. HP 33120 Funksjonsgenerator 9
1.6. HP 54622 Oscilloskop 10

2. PROGRAMVARE 11
2.1. Cadence 11
2.2. Matlab 15

3. KOMPONENTER 19
3.1. MC14007UBCP 19
3.2. ICL7621DCPA 19

Introduksjon

1. Regler for bruk av "labben"

1.1. "Labben" benyttes av mange personer, det er derfor viktig at man rydder lab-benken etter bruk.

1.2. Instrumentere og måleutstyr bør betjenes med forsiktighet både elektrisk og mekanisk.

1.3. Når du håndterer CMOS komponenter bruk alltid håndlenk p.g.a statisk elektrisitet.

2. Før du går på "labben"

2.1. Gjør grundige teortiske forberedelser, Sett deg inn i teorien. Det er viktig at man behersker teorien før man begynner med målingene.

2.2. Gjør lab-målinger

2.3. Deretter bearbeid dataene

Terje Knutsen har skrevet et kompendium som omhandler akkurat dette, det heter: *Laboratorieinstrumenter og omgivelseprogrammer for parametriske målinger* (http://www.ifi.uio.no/~inf3410/docs/analog-lab.pdf). det tar for seg litt om måleinstrumenter, parametriske målinger og lab-rutiner. Det kan være nyttig å lese før dere går på "labben" første gangen. Det som er relevant for kurset er: kapittel 1, 2.1 ,2.2, 2.5, 3.1 og 3.2. Det er skrevet i 1997 og vil derfor ikke ta for seg de nyeste instrumentene.

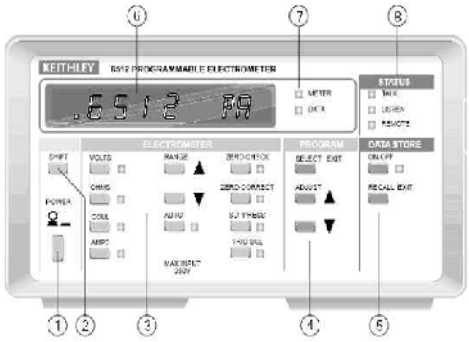
1. Laboratorieinstrumenter

1. 1. Keithley 617 Multimeter og spenningskilde



Bruk i Matlab	Parametre	Funksjon
K617_Init	Ingen	Denne kommandoen initialiserer K617
K617_SetMode('mode')	mode ='V', voltmeter mode ='A', Ampermeter mode ='R', Ohmmeter mode ='C', Ladning mode ='X', External feedback mode ='/', Spenningskilde	Velger operasjonsmodus
result=K617_ReadQuick	Ingen	Leser måleverdien, hva som måles avhenger av SetMode
K617_SetVolt(Volt)	Volt = -102V - 102V, GPIB-Objekt	K617 har en spenningskilde som er tilgjenngelig på baksiden av instrumentet.
K617_Disconnect	Ingen	Kobler fra K617 fra GPIB bussen, husk å slette GPIB-objektet etter du har kjørt denne kommandoen
mode=K617_GetMode	mode =0, volts mode =1, amps mode =2, ohms mode =3, coulombs mode =4, external feedback mode =5, V/I ohms	Returnerer en integer verdi som forteller hvilken modus K617 er satt i
K617_Reset	Ingen	Reset av K617, settes i autorange- og kontinurligmålingsmodus.
range=K617_GetRange	range	Returnerer måleområdet K617 er konfigurert til
K617_SetRange(range)	Range=0-12	Setter K617 i ønsket måleområde, range=0 gir autorange.
status=K617_GetStatus	status	Returnerer instrumentets status.
K617_SetTrigMode('mode')	mode ='1' Internal mode = '2' External	Velger Trigger mode

1.2. Keithley 6512 Multimeter



Bruk i Matlab	Parametre	Funksjon
K6512_Init	Ingen	Denne kommandoen initialiserer K6512
K6512_SetMode('mode')	mode ='V', voltmeter mode ='A', Ampermeter mode ='R', Ohmmeter mode ='C', Ladning mode ='X', External feedback	Velger operasjonsmodus
result=K6512_ReadQuick	result	Leser måleverdien, hva som måles avhenger av SetMode
K6512_Disconnect	Ingen	Kobler fra K6512 fra GPIB bussen, husk å slette GPIB-objektet etter du har kjørt denne kommandoen
mode=K6512_GetMode	mode =0, volts mode =1, amps mode =2, ohms mode =3, coulombs mode =4, external feedback	Returnerer en integer verdi som forteller hvilken modus K6512 er satt i
K6512_Reset	Ingen	Reset av K6512, settes i autorange- og kontinurligmålingsmodus.
range=K6512_GetRange	range	Returnerer måleområdet K6512 er konfigurert til
K6512_SetRange(range)	Range=0-12	Setter K6512 i ønsket måleområde, range=0 gir autorange.
status=K6512_GetStatus	status	Returnerer instrumentets status.
K6512_SetTrigMode('mode')	mode ='1' Internal mode = '2' External	Velger Trigger mode

1.3. HP/Agilent E3631 spenningskilde



Bruk i Matlab	Parametre	Funksjon
HPE3631_Init	Ingen	Denne kommandoen initialiserer HPE3631
HPE3631_Operate	Ingen	Setter alle tre kanalen i operasjonsmodus.
HPE3631_SetVolt(channel,volt)	volt- Utgangsspenning channel - Hvilken kanal som skal settes	Setter spenningen på en av utgangen. P6V, P25V og N25V er henholdsvis '1','2' og '3'. Eksempel *HPE3631_SetVolt(2,5)* setter kanal 2(P25V) til 5 volt
HPE3631_Disable	Ingen	Skrur av utgangene.
HPE3631_SetILimit(channel,amps)	volt- Utgangsspenning, channel - Hvilken kanal som velges amps - strømbergrensing i Amper.	Setter strømbegrensning på utgangene,P6V, P25V og N25V, som henholdsvis er '1','2' og '3'

1.4. HP/Agilent 34401 Multimeter



Bruk i Matlab	Parametre	Funksjon
HP34401_Init	Ingen	Initialisering av instrumentet
HP34401_SetMode('mode')	mode ='VA', Voltmeter AC mode ='VD', Voltmeter DC mode ='AA', Ampermeter AC mode ='AD', Ampermeter DC mode ='RM', Ohmmeter mode ='FC', Frekvensteller mode ='DT', Diode Testk mode ='CT', Test	Setter instrumentet i riktig måle modus
mode=K34401_GetMode	mode	Returnerer instrumentets modus
result=K34401_ReadQuick	result	Leser av måleverdien, hva som måles avhenger av SetMode.
HP34401_SetRange(range,arg)	range=0 gir autorange. Range=2 skrur av autorange, range=1, avhenger av arg.	Setter HP34401 i ønsket måleområde. Feks. HP34401_SetRange(1,4) => VOLT:RANG 4.00000
result=HP34401_GetRange	result	Returnerer måleområdet for instrumentet.
HP34401_SetTrigMode('mode')	Mode ='1' - Internal mode = '2' - External mode= '3' - Bus trigger	Velger trigger mode

1.5. HP/Agilent 33120 Funksjonsgenerator



Når dere setter utgangssignalet til 0.5 Volt peak-to-peak får dere 1 Volt på utgangen hvis ikke utgangen er terminert med en 50 Ohms motstand (karakteristisk impedans).

Bruk funksjonen **HP33120_SetTerm('HZ')**, hvis dere **ikke** har en **50 Ohms** terminering på utgangen. Så vil du få utlest riktig måleverdi.

Bruk i Matlab	Parametre	Funksjon
HP33120_Init	Ingen	Initisialisering av instrumentet
HP33120_SetSignal(wform,peak2peak)	peak2peak - Signalets 'peak-to-peak' verdi i volt. wform - 'SIN' - Sinus 'SQU' - Firkant puls 'RMP' - Rampe 'TRI' - Trekant puls 'ARB' - Arbitary puls 'NOI' - Noise 'DCV' - DC spenning	Brukes for å sette et ønsket testsignal på utgangen
HP33120_SetFreq(freq)	freq - signalets frekvens	Setter frekvensen i hertz
HP33120_SetVolt(volt)	volt - utgangsspenning	Setter DC-utgangsspenningen
HP33120_SetDCoff(DCoffs)	DCoffs - DC spenning	Setter DC offset på utgang
HP33120_SetDuty(duty)	duty - duty cycle må være mellom 20 - 80	Setter signalets 'duty cycle'
HP33120_SetTerm(term)	Term - '50' - 50 ohm 'HZ' - Høy impedans	Hvis du ikke har terminert utgangen må du sette 'HZ' Hvis du har 50 Ohms terminering på utgangen bruk '50', da vil displayet på funksjonsgeneratoren vise riktig verdi.

1.6. HP/Agilent 54622 Oscilloskop



Bruk i Matlab	Parametre	Funksjon
HP54622_AutoScale(TrigChannel)	TrigChannel - Hvilken kanal skopet skal trigge til.	Setter skopet i autoscale og hviken kanal det skal trigge til
[Tid, Data] = HP54622_GetData	Tid - Tidsakse, Data - skopdata	Dumper data fra skopet .
[Tid, Data] = HP54622_GetData2	Tid - Tidsakse, Data - skopdata	Modifisert versjon
Frekvens=HP54622_MeasFreq(channel)	channel- Valgt skopkanal	Måler frekvens på valgt kanal i Hz
VRMS=HP54622_MeasVrms(channel)	channel - Valgt skopkanal	Måler signalets RMS verdi i volt
Fase=HP54622_MeasPhase(channel_1,channel_2)	channel_x - Valgte skopkanaler	Måler fase mellom valgte skopkanaler
Vamp=HP54622_MeasVamp(channel	channel - Valgt skopkanal	Måler signalets amplitude i volt
Vpp=HP54622_MeasVpp(channel)	channel - Valgt skopkanal	Måler signalets Peak-to-Peak verdi i volt
Periode=HP54622_MeasPeriode(channel)	channel - Valgt skopkanal	Måler signalets periode i sekunder
HP54622_SetSource(channel)	channel - Valgt skopkanal	Velger kilde på skop
HP54622_ChanOff(channel)	channel - Valgt skopkanal	Skrur av valgt skopkanal
HP54622_SetTrigEdge (channel)	channel - triggekanal	Velger triggekilde
Falltid= HP54622_MeasFallTime (channel)	channel - Valgt skopkanal Falltid - Signalets falltid	Måler signalets falltid i sekunder
Stigetid= HP54622_MeasRiseTime (channel)	channel - Valgt skopkanal Stigetid - signalets stigetid	Måler signalets stigetid i sekunder

Alternativ metode for og dumpe data fra HP54622A til Matlab.

1) Konfigurer Quick Print på Oscilloscopet til å printe til Floppy disk (settes opp i Utility menyen).
2) Print i CSV format (Comma Separated Values) til floppy disken.
3) Måleverdiene kommer da ut i kolonner (Fjern unødvendig tekst).
4) Hent dataene inn i Matlab fra Floppy'n.
5) Man lager da f.eks en todimmensjonal array Data (250x2)
6) For å plotte dataene i Matlab kan dere f.eks bruke:

```
Time=Data(1:250,1)
Voltage=Data(1:250,2)
plot(Time,Voltage)
```

2. Programvare

2.1. Cadence

Når dere skal simulere kretsene anbefaler vi å bruke Cadence. Hvis noen vil bruke en Spice simulator (HSPICE, AIMSPICE) er det også greit, men det er en stor fordel å bruk Cadence siden dette er det verktøyet som brukes mest her på Mikroelektronikk.

For de av dere som ikke har brukt Cadence før, finnes det introduksjonsvideoer for Cadence AMS 0.35 design kit. Se: http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF3400/v05/Cadence.xml

Husk å laste ned TSCC Codec for å å spille av AVI-filene den finner du her:
http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF3400/v05/Cadence/TSCC.exe

Cadence har tidligere bare vært tilgjengelig på Solaris-platformen. På grunn av utfasing av Solarismaskiner på instituttet, har vi vært tvunget til å kjøre Cadence på dedikerte servere (harn og vlsi (nipingr)). En naturlig årsak av dette, er mange samtitige brukere innlogget på samme maskin. Denne måten fungerer bedre desto færre brukere som er innlogget, og med økt studentmasse har vi merket at kapasiteten på Cadenceserverne ikke strekker til. Samtidig utnytter man i dårlig grad den lokale regnekapasiteten til maskin man sitter på.

Linux er idag innstallert på en stor del av IFIs maskiner. Derfor var det naturlig å bruke denne platformen for å kjøre Cadence. Både AMS' 0.35um- (v3.70) og STMs 90nm-prosess (v5.0a og v4.01b) er nå installert på Linux. Design-kitene bruker henholdsvis Cadence v5.1.41 og v5.0.33. Les mer her: http://www.ifi.uio.no/forskning/grupper/vlsi/Resources/Cadence/index.html

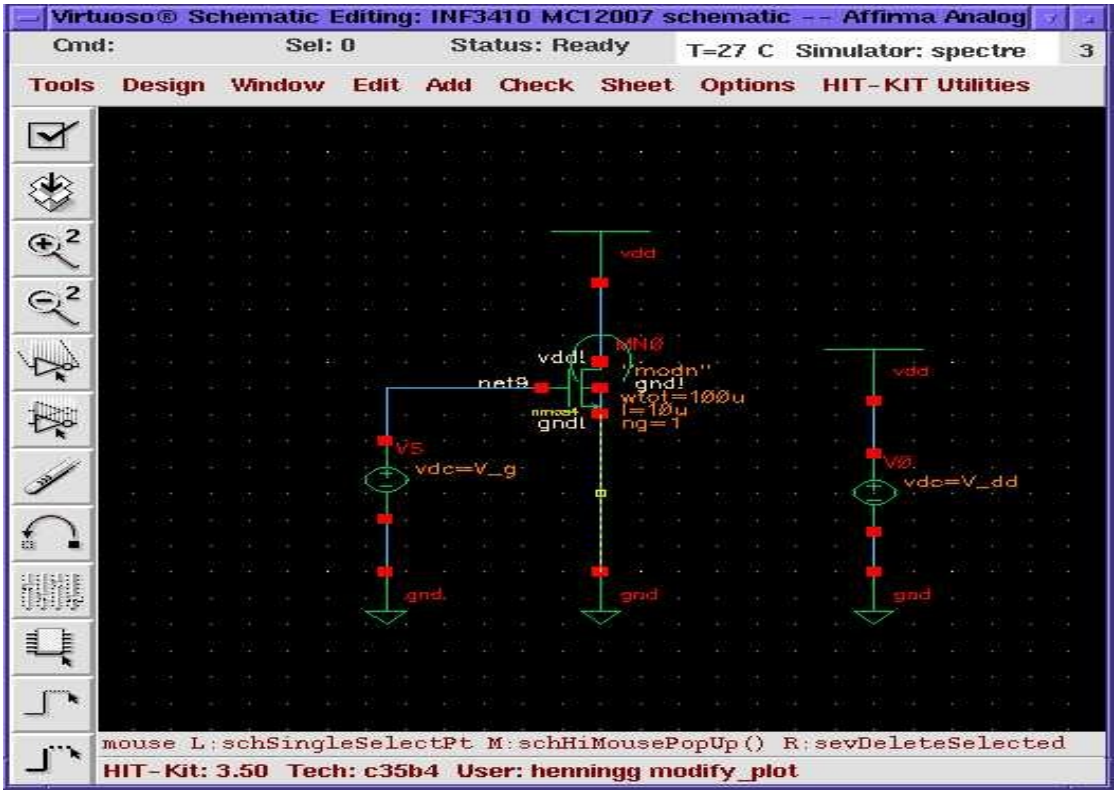
Oppstart på Linux med AMS Design kit 3.70

Lag din egen cadence katalog: ***mkdir cadence035***

Kopier oppstartsskriptet ***/hom/mes/cadsoft/des_kits/ams3.70/amslnx35.csh*** til din lokale Cadence AMS 0.35um-katalog som du nettopp har laget.

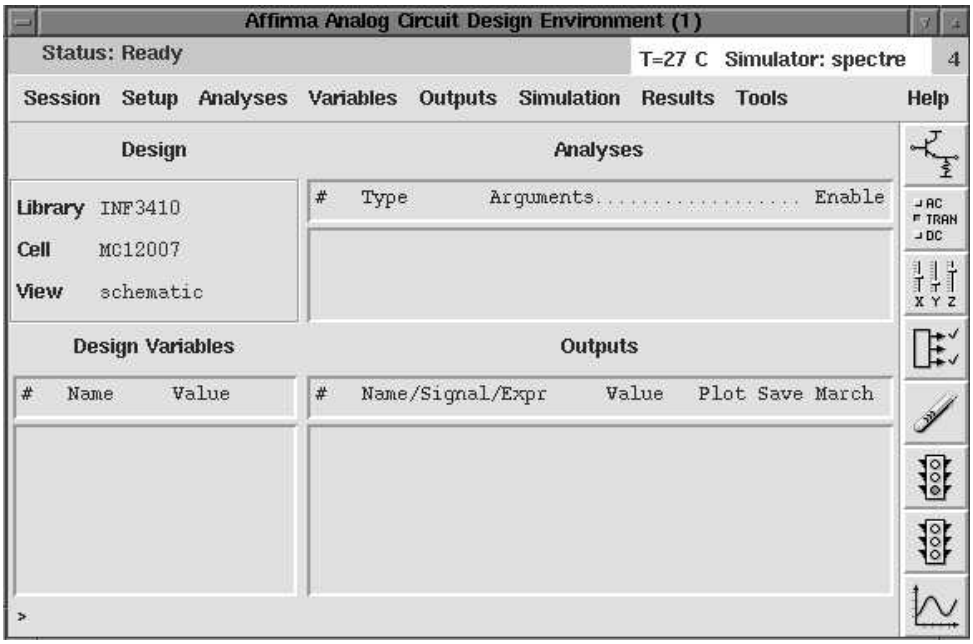
For å kjøre dette scriptet skriv ***amslnx35.csh*** i terminal vinduet. Cadence skal nå starte opp. Les mer om Cadence i kompendiet Cadence oppstart og skjemategning skrevet av Dag T. Wisland.

Når dere har startet opp Cadence og kommet inn i Library Manager, lager dere et nytt 'library' som dere f.eks kan kalle INF4410. De transistorene dere skal simulere på, finnes i **PRIMLIB** og de heter **nmos4 og pmos4**. Husk at bulk på transistoren skal kobles henholdsvis til gnd og vdd. Se krets eksemplet i figur 1.



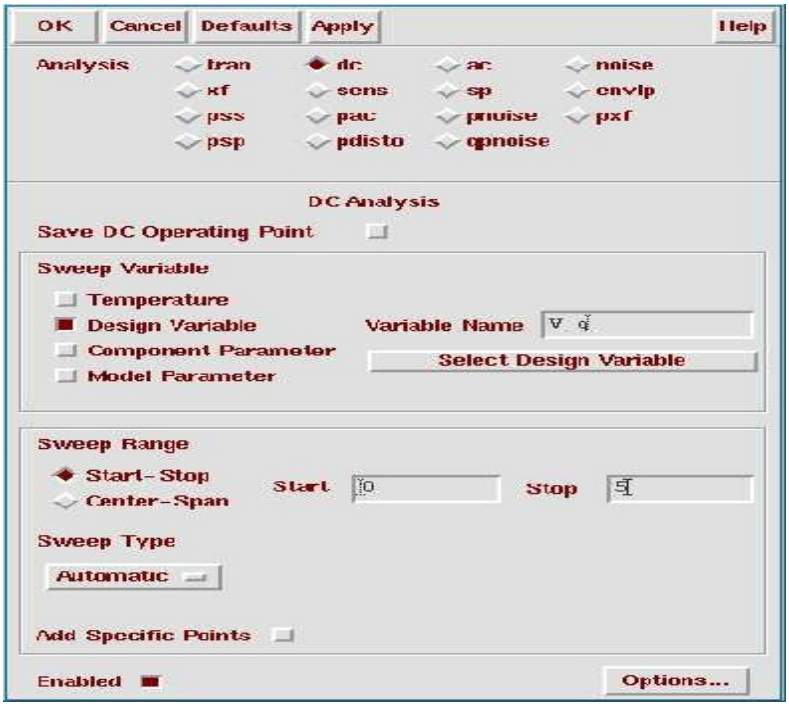
Figur 1: Cadence kretseksempel

Etter dere har laget kretsen velger dere '**Tools**' og '*Affirma Analog Circuit Design Environment*' se figur 2.



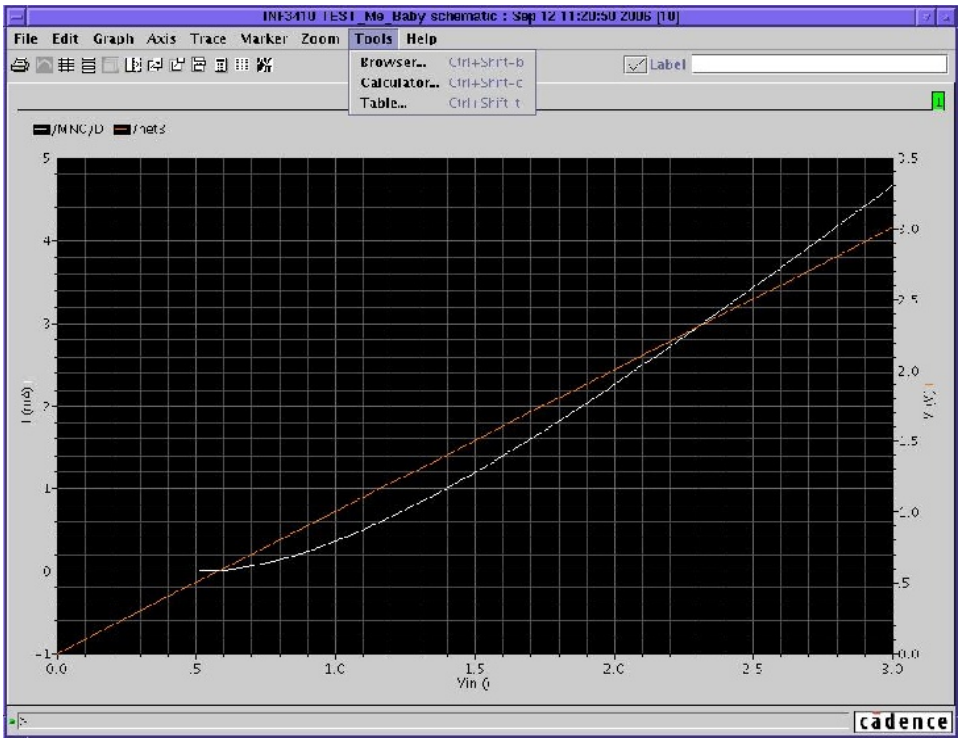
Figur 2 Affirma Analog Circuit Design Environment

Velg **Simulation.** Vi skal ***KUN bruke DC-simuleringer*** (ikke transient analyse). Se figur 3.



Figur 3: Cadence DC-simulering

Etter dere har kjørt "netlist and run" får dere opp browser vinduet.som vist i figur 4.



Figur 4. Browser

For å lagre dataene til en fil som vi kan lese i matlab, velg '**Tools**' og '**Table**' som figur 4 viser. Velg start og sluttverdi som dere skal plotte fra og oppløsning som dere ønsker, se figur 5.

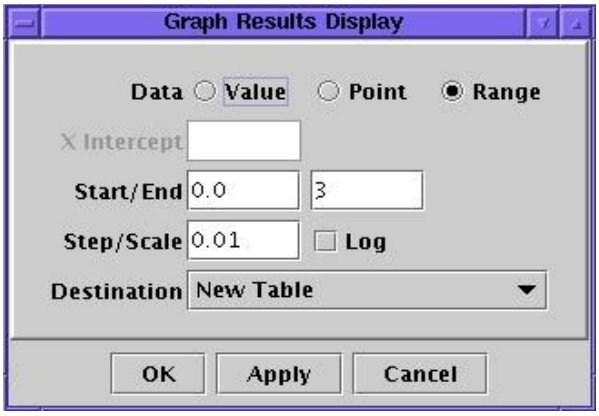
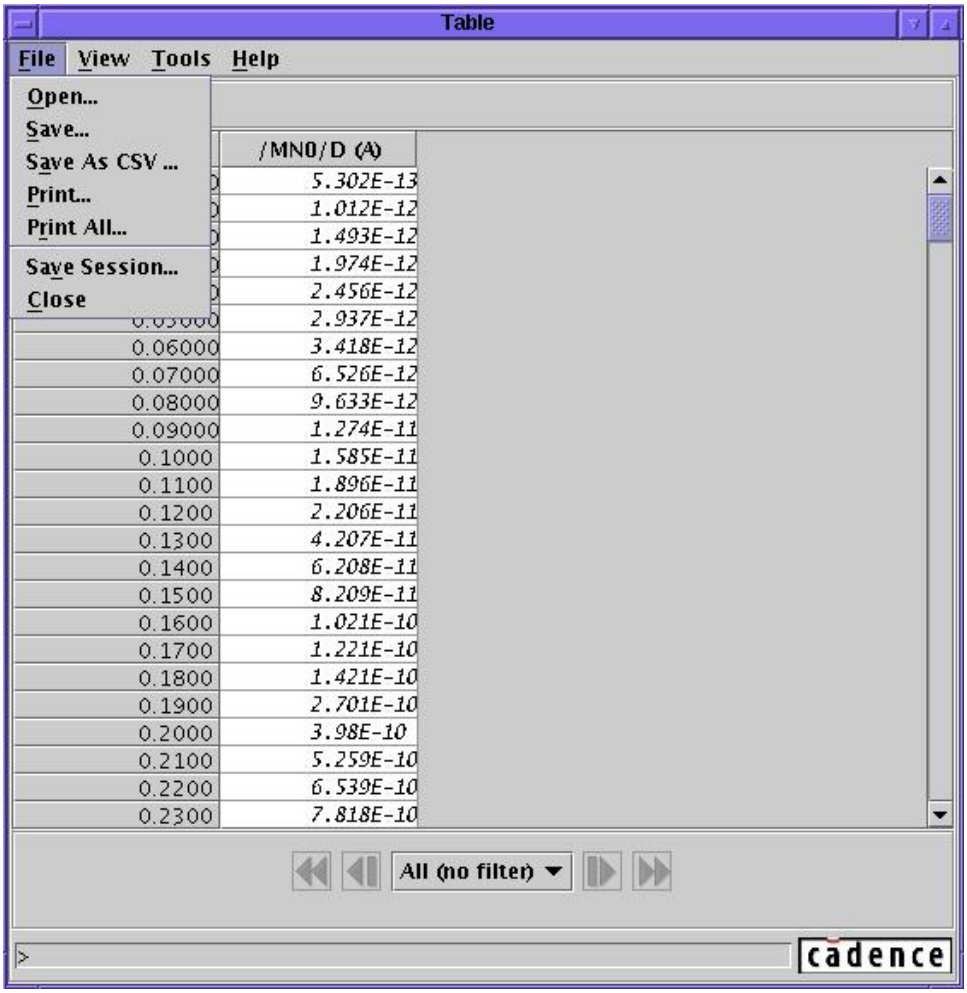


Figure 5. Result Display



Figur 6. Resultat tabell

Etter dere har fått opp "table", velg å lagre som '**Save As CSV**', fordi da kan dataene importeres inn i matlab, se figur 6.

2.2.Matlab

Når dere skal måle på kretsene skal dere bruke Matlab for å styre instrumentene, hvis dere ikke er familiære med Matlab, anbefaler jeg og lese Getting Started with Matlab. Matlab starter dere ved å skrive matlab i terminal vinduet, vi bruker ***Matlab ver 7.0.*** Måleinstrumentene er koblet til PC'en v.h.a GPIB (General Purpose Interface Bus).

Hvert måleinstrument har sin egen GPIB ID (gult merke).

Spennigskilden Agilent/HP E3631 har **Id=5**, strømmåler/spenningsmåler Agilent/HP 34401 har **id=6**, strømmåler/spenningsmåler Keitley 617/6512 har **id=8**, funksjonsgenerator Agilent/HP 33120 har **id=10** og det digitale scopet Agilent/HP 54622D har **id=22**.

GPIB på Linux

Se også **http://www.ifi.uio.no/forskning/grupper/vlsi/Resources/gpib/index.html**

For at GPIB på Linux skal fungere, må følgende gjøres:

Sjekk om GPIB-driverne er installert på din Linux-maskin:

>**/sbin/lsmod |grep tnt4882**

```
tnt4882              28164  0
nec7210              23296  1 tnt4882
gpib_common          41540  2 tnt4882,nec7210
```

>**ll /dev/gpib0**

```
crwxrwxrwx    1 root     root     160,   0 2006-07-31 09:10 /dev/gpib0
```

Filen **.matlab7rc** skal kopieres til ditt hjemmeområde, $HOME. Denne kan kopieres fra **~mes/src/matlab/gpib/linux/util/**
Matlab startes fra samme lokasjon, ved å skrive **matlab**
Etter oppstart av matlab, skal du sette følgende kommando i matlab:

>addpath(genpath('~mes/src/matlab/gpib/linux'));

Da settes riktige stier til GPIBmex-filene.

Scriptene på ~mes/src/matlab/gpib/linux/M* er modifiserte versjoner av script lagd for GPIB på solaris. Script for instrumenter kan kopieres fra ~mes/src/matlab/gpib/sun/GPIBM/ og modifiseres for å brukes til GPIB på Linux. Det er èn fundamental forskjell mellom scriptene for de forskjellige platformene. I steden for å bruke navnet på instrumentet som identifikator, bruker GPIB-scriptene på Linux adressen til instrumentet som id. Ellers er scriptene nesten identiske, bortsett fra at feilmeldinger er flyttet til de underliggende mex-funksjonene.

Eksempel på bruk av script i matlab

Dette enkle scriptet (**Take1.m**) setter en spenning på inngangen med Power supply HP3631 og måler strømmen med Keithley 617. For å bruke dette i matlab skriver dere **[Vin,Iout] = Take1(5,0,5,50)** i matlab kommando vinduet. Denne funksjonen returnerer Vin og Iout. Husk å lagre dataene dine, da er det enklere å bearbeide dataene senere. Bruk **save filename Vin Iout** da lages en **filename.mat** fil, og når du skal hente dataene igjen bruker du **load filename**. I dette tilfellet er Vdd satt til 5 Volt, inngangen starter på 0V (Vmin) og stopper på 5V (Vmax), oppløsningen settes av n = 50, d.vs 50 målepunkter. (Hvis dere bruker en Keithley 6512 til å måle strømmen med, bytter dere ut alle forekomster i scriptet av K617 med K6512).

Det er viktig at instrumentene er initialisert før dere begynner å måle, dette gjøres i linje 6 og 7. Så må man sette måleinstrumentet i riktig målemodus, d.v.s om man ønsker å måle strøm eller spenning.(linje 9). Så må man skru på utgangene på power supplyet(linje 11). I linje 13 lages et inngangsignal Vin, med oppløsning n. Linje 15 setter Vdd på måle-IC'en, dette er viktig å huske at IC'en må ha Jord og Vdd tilkoblet for å virke, her bruker vi kanal 2 på power supplyet(P25V). I for løkken stepper vi gjennom alle verdiene for Vin (linje 18), og for hver verdi av Vin, måler vi utgangsstrømmen Iout (linje 22). Det er lagt inn en pause for å være sikker på at utgangssignalet er stabilt når vi leser det av (linje 20).

Når vi måler strøm er det ofte at man ønsker en logaritmisk skala, derav 'semilogy' i linje 25. Hvis man vil plotte med en lineær skala bruker man 'plot' isteden for.

Etter man har målt ferdig er vanlig at man skrur av forsynningspenningene for å ikke ødelegge kretsene når man skal koble om (linje 31).

Take1.m

```
1 - function[Vin,Iout] = Take1(Vdd,Vmin,Vmax,n)

2 - % Use [Vin,Iout] = Take1(Vdd,Vmin,Vmax,n)
3 - % Example [Vin,Iout] = Take1(5,0,5,50)
4 - % henningg@ifi.uio.no 1/09/2004

5 - % Initialize the instruments
6 - K617_Init
7 - HP3631_Init

8 - % Measure Current with Keithley 617
9 - K617_SetMode('A',)

10 - % Enables the outputs on the Power Supply HP3631
11 - HP3631_Operate;

12 - % Make a input vector
13 - Vin = [Vmin:(Vmax-Vmin)/n:Vmax];

14 - % Set Vdd Channel 2 on HP3631
15 - HP3631_SetVolt(2,Vdd);

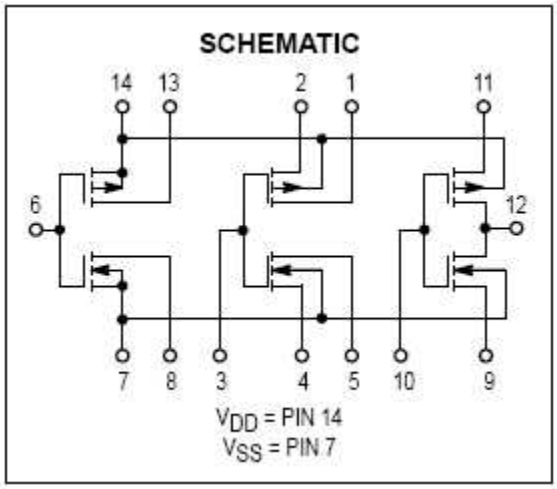
16 - for i=1:length(Vin),
17 - % Step the Vin vector on Channel 1 on HP3631
18 - HP3631_SetVolt(1,Vin(i));
19 - % Pause to make sure the output signal is stable.
20 - pause(0.25)
21 - % Read the measured current on Keithley 617
22 - Iout(i)=K617_ReadQuick;
23 - end

24 - % Plot the result in figure(1)
25 - figure(1); semilogy(Vin,Iout);
26 - % Put on labels on the X- and Y- axis
27 - xlabel('Vin (V)'); ylabel('Iout (A)');
28 - % Set the grid on
29 - grid on;

30 - % Turn off the supply voltage
31 – HP3631_Disable;
```

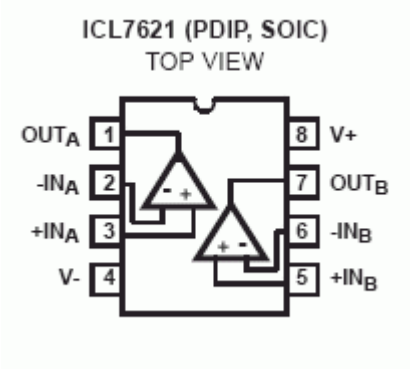
3. Komponenter

3.1. Motorola - MC14007UBCP



I dette kurset skal vi bruke en transistorpakke fra Motorola MC14007UB. Den består av 3 N-MOS, 3 P-MOS transistorer, og er koblet opp som i koblingsskjema viser. Pinne 7 kobles til jord (Gnd/Vss) og pinne 14 kobles til forsyningspenningen (Vdd), vi skal bruke 5 Volt, disse må alltid være tilkoblet for at pakken skal fungere

3.2. Intersil - ICL7621DCPA



ICL7621 er en Dual, Low Power CMOS Operasjonsforsterker. Koblingsskjema er som vist i figuren.

Når man håndterer CMOS-pakker er viktig at man bruker en håndlenke p.g.a statisk elektrisitet. Dere vil få utlevert et printkort til hver gruppe, der de forskjellige obligene skal loddes opp. Hver plass har sin egen loddebolt. Alle komponenten dere trenger vil ligge i en plastboks merket INF3410/4410.