

Simulering af elektronikkredsløb

Af OZ1BWE Kurt Jeritslev, Astershaven 85, 2765 Smørum, jeritslev@vip.cybercity.dk

Efterhånden som computere er ved at blive hvermands eje, kan vi som radioamatører drage fordel af de værktøjer, der findes til at simulere elektronikkredsløb.

Ved at simulere et elektronikkredsløb inden man bygger det, har man mulighed for at luse de værste fejl ud - og tilmed får man lynhurtigt et resultat at se, uden først at skulle bruge en times tid eller to på at lodde komponenter op.

Det simuleringsværktøj, som jeg her beskriver, er ikke ment som en reklame for et bestemt firma, men er valgt fordi det udgør et godt fundament for elektronikdesign mv.

P-spice version 8 til windows

P-spice er et simuleringsværktøj, hvor man tegner sit diagram i en tegneeditor. Når det er gjort, har man mulighed for at sætte signalkilder på, indsætte målepunkter etc. og så bede programmet om at beregne alle dc- og ac-spændinger i kredsløbet. Efter beregningerne er udført, kan man få vist resultatet; dc-spændinger og -strømme vises på diagrammet og ac-spændinger vises i et 'oscilloskop-lignende' billede. Ganske praktisk!

DesignLab

P-spice er en del af en programpakke, der hedder DesignLab. Denne tilbydes i en demo-version, som man frit kan hente net fra Internetadressen <http://www.microsim.com>, eller man kan købe en cd-rom med programmet hos leverandøren for ca. 100 kr.

Demoversionen af DesignLab indeholder:

- en 'projektfolder', hvor man har sine forskellige elektronikprojekter samlet
- en tegneeditor, hvor man tegner sine kredsløb ind
- en simulator til at simulere sine kredsløb
- et printlayout program
- og meget andet...

Demo-versionen er fuldt funktionsdygtig, men med begrænset antal komponenter - f.eks. 10 transistorer - hvilket til småkredsløb må siges at være tilstrækkeligt.

Lad os prøve at simulere et eksempel:
Først skal vi have lagt vores kredsløb ind

Vi starter programmet og definerer i projektmanageren et projekt.

Når det er gjort, starter vi tegneeditoren og er klar til at lægge vort diagram ind på den tomme nye side.

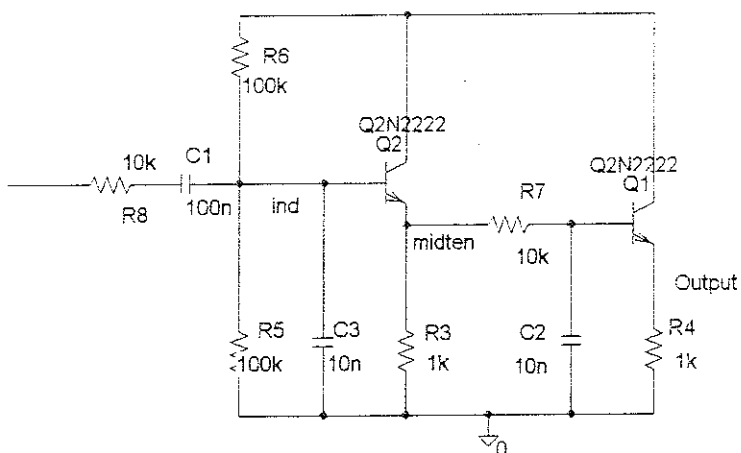


Fig. 1

Her støder vi på en af de første begrænsninger, idet komponentudbuddet godt nok indeholder de nødvendige typer komponenter som f.eks. NPN og PNP transistorer, men kun 2-3 forskellige modeller (f.eks. 2N2222).

Til mange formål, hvor transistoren er ukritisk, er dette uden betydning, og de indbyggede typer finder derfor god anvendelse i praksis. Har man brug for andre modeller, kommer vi senere ind på, hvorledes disse kan tilføjes (i begrænset omfang).

Vi vælger nu en komponent fra 'komponentlageret' (tryk Ctrl-g, det bringer oversigten op) og placerer komponenten på 'papiret'. Dette gentages for de nødvendige komponenter - og du kan rette modstands- og kondensatorværdier ved at dobbeltklikke på værdien, hvorefter du kan skrive den nye værdi.

Dernæst er turen kommet til at forbinde komponenterne - dette gøres med ledningen fra ikon-oversigten (eller tryk Ctrl-w).

Så skulle kredsløbet være tegnet, og vi er klar til at sætte spænding og signal på: Sæt forsynings-spænding på ved at vælge en dc-spændingskilde fra komponentlageret - og forbind den. Husk at rette værdi til andet end de 0 volt, den står til pr. default.

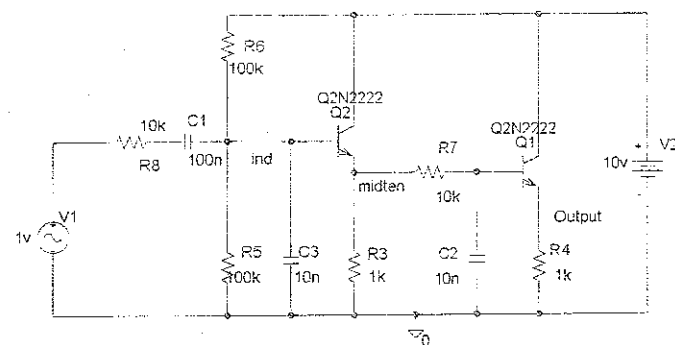


Fig. 2

Sæt signalkilder på ved at vælge de forskellige typer fra komponentlageret - og husk at sætte værdier på.

Til sidst skal vi huske at sætte en ground-forbindelse på (hedder AGND i komponentbiblioteket)

Det endelige kredsløb ses i fig. 2.

Simulering af kredsløbet

Nu har vi et kredsløb, inklusive forsyningsspænding og signalkilder, og vi kan klargøre til simulering. Vi skal derfor fortælle, hvilke type simuleringer vi ønsker.

Der findes to ikoner: En til at sætte typen af simulering, og en til at starte beregning.

Lad os starte med en beregning af dc-arbejds-punkterne. Det kan klares ved at starte beregning, og umiddelbart efter kan vi ved et tryk på 'V-ikonen' se spændingerne i kredsløbet.

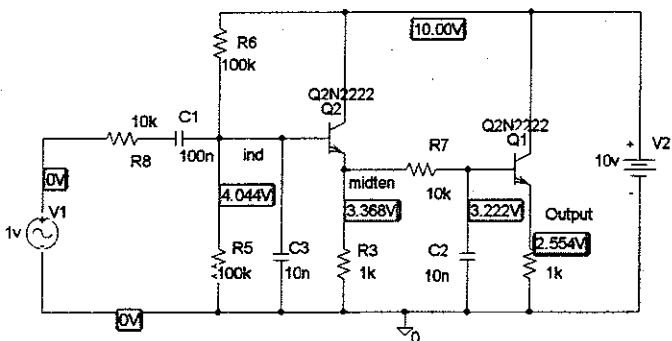


Fig. 3

... og så må man selv gætte på, hvad man ser, når man trykker på I-ikonet!

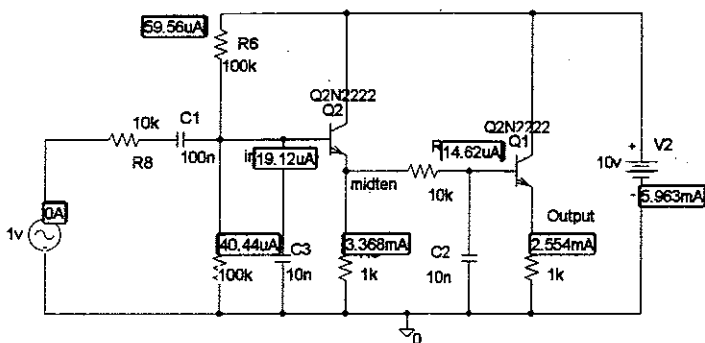


Fig. 4

Så er vi kommet til ac-beregninger, og for at måle skal vi først have placeret vores 'oscilloskop-prober'. Ønsker man at se forstærkning og frekvenskarakteristik på dB skalaer, skal vi have fat i 'Markers, advanced' menuen, hvor vi vælger vdB. Herefter kan vi placere 'oscilloskop-prober', hvor vi ønsker at se resultatet.

Tiden er nu kommet til at fortælle programmet hvilket frekvensområde, vi ønsker at måle indenfor. Det

gøres vha. ikonen 'Setup Analysis', hvor et klik åbner et vindue med de forskellige analysemuligheder. Vælg 'ac-analysis' og gå evt. ind og ret frekvensområde m.v.

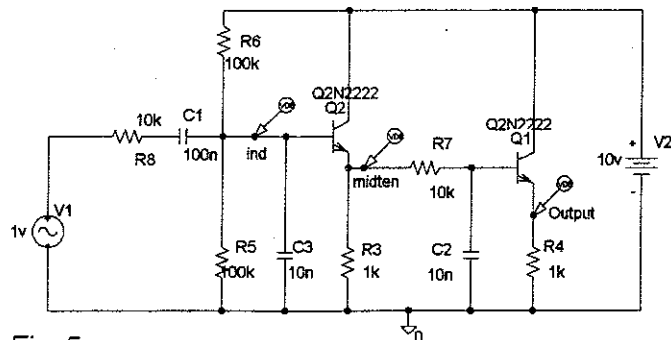


Fig. 5

Efter således at have placeret oscilloskop-prober og specificeret frekvensområde kører vi en beregning ('Simulate-ikonet') - og resultatet vises som det ses på fig. 6.

Som det ses af grafen, har vi ca. -3 dB gain ved 100 Hz, hhv. 1 kHz, hvorefter filteret gør, at signalerne dæmpes på udgangen. Ved 100 kHz forventes således næsten 80 dB dæmpning.

Hvis ellers ovenstående svarer til det kredsløb, vi gerne ville lave - ja, så er det nu klar til at blive loddet sammen. Det burde virke efter hensigten (måske skal vi lige huske en afkoblingskondensator over forsyningsspændingen på det rigtige kredsløb).

Egne transistorer

Eftersom demo-programmet kun har et par enkelte transistorer indbygget, skal vi se på, hvordan vi lægger vore egne transistorer ind, så vi kan komme til at bruge de korrekte transistordata.

Design-manager er et såkaldt integreret designsystem - d.v.s. det bruger en lang række filer, når man tegner og simulerer. Derfor har programmet også et biblioteksdirectory, hvor standardbibliotekerne ligger. Ønsker man at tilføje egne biblioteker, kan disse passende lægges i et userlib directory.

Lad os simulere følgende lille kredsløb med en BC109C transistor:

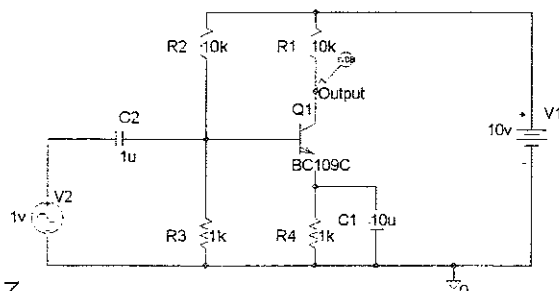


Fig. 7

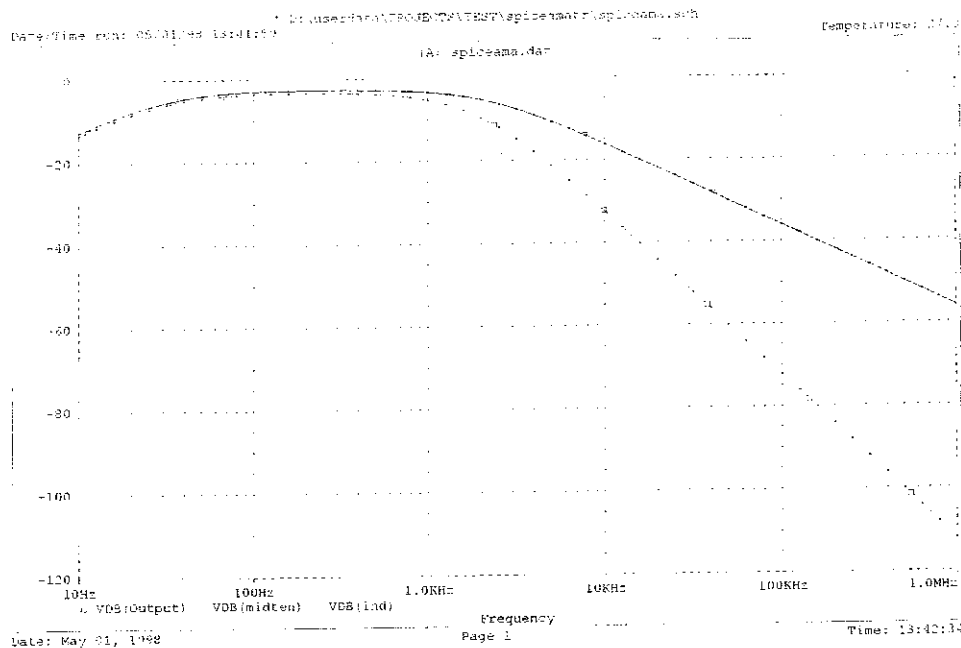


Fig. 6

Først skal vi have lagt spice-parametre for transistoren ind i vores eget userbibliotek, som skal placeres i userlib directory.

Spice parametrene beskriver de 'komponentdele' som en transistor består af, d.v.s. fortæller noget om gain, modstand og kapacitet. Hvis du vil vide mere om, hvordan spice modellerer en transistor, kan det ses i on-line dokumentationen, der findes til programmet.

For en BC109C ser spicebeskrivelsen ca. sådan her ud:

```
.MODEL BC109C NPN (IS=1E-14 NF=1.0
BF=800 VAF=85
+ IKF=6.0E-02 ISE=1.20E-12 NE=2.0 BR=4
NR=1.0 VAR=20
+ XTB=1.5 RE=8E-01 RB=3.3 RC=0.33
+ CJE=1.6E-11 CJC=4.7E-12 TF=4.7E-10
TR=6.2E-08)
```

Vi indtaster nu ovenstående i en fil (userlib.lib) og lægger filen i userlib directory.

Herefter skal vi ind i programmets biblioteksfunktion for at få tilføjet vores egen transistor i bibliotekslisten. Det gøres lettest ved at udnytte en wizard i programmet.

Start tegneeditoren og vælg edit library fra filmenuen

Start symbol-wizard fra parts-menuen

Vælg at oprette fra bibliotek

Vælg userlib(.lib) for at oprette ny komponent

Vælg af gemme i userlib(.slb) - det er tegningen, der gemmes der

Sig ja til kun at oprette ukendt komponent (nemlig vores nye BC109C)

Gem resultatet og forlad bibliotekseditoren

Tilbage er blot i tegneeditoren at gå ind under bibliotekslisten ('Analysis-library and include files') og tilføje userlib.lib, så programmet kommer til at kende komponenten.

Du skulle nu kunne kalde din nye transistor frem fra komponentlageret (Ctrl-g, bc109c) og bruge den i kredsløbet.

Demo-versionen af programmet kan acceptere op til 20 komponenter i userlib.lib, hvilket skulle være rigelig til daglig brug.

Avanceret brug

Vi er nu nået til den avancerede anvendelse: Lad os simulere følgende kredsløb med en BFR92 transistor fra Motorola:

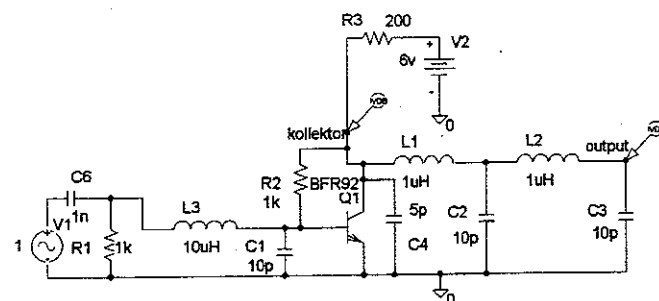


Fig. 8

Først henter vi en model for transistoren på Motorolas websted

<http://www.mot-sps.com/models/data/rf/...>

Selve transistoren ser sådan ud i spice:

* Version 1.1.0a

.SUBCKT BFR92 100 200 300

LCL 100 199 2.8E-10

LBL 200 201 3.2E-10

LBB 201 299 8.4E-10

LEL 300 301 3.2E-10

LEB 301 399 8.4E-10

CCB 201 199 6E-14

CCE 199 301 2.4E-13

CBE 201 301 1.2E-13

X1 199 299 399 XBFR92

.ENDS

.SUBCKT XBFR92 1 2 3

CBPAD 1 3 1E-13

CEPAD 2 3 1E-13

Q1 1 2 3 DBFR92

.ENDS

.MODEL DBFR92 NPN

+ IS = 4.163E-16 BF = 92 NF = 0.9964 VAF = 40

IKF = 0.65 ISE = 1.216E-14

+ NE = 1.658 BR = 6.355 NR = 0.9843 VAR = 2.6

IKR = 0.034 ISC = 2.469E-16

+ NC = 1.1 RB = 23 IRB = 1E-05 RBM = 23 RE =

0.55 RC = 10 XTB = 0

+ EG = 1.11 XTI = 3 CJE = 9E-13 VJE = 0.864

MJE = 0.383 CJC = 6.2E-13

+ VJC = 0.472 MJC = 0.228 XCJC = 0.1 TF =

1.7E-11 XTF = 500 VTF = 0.9

+ ITF = 0.5 PTF = 40 TR = 1E-09 FC = 0.9

Den ser ret kompleks ud, idet den er lavet som en kombination af en transistor og to delkredsløb (subcircuits), der hver indeholder en række parasitkomponenter. Vi vil nu prøve at sætte det hele sam-

men til et kredsløb (subcircuit), som vi så kan bruge i vores simulering.

Som tidligere vist, lægger vi komponentbeskrivelsen ind i userlib.lib, og starter bibliotekseditoren. Dernæst vælger vi tegnesymbol for de enkelte delkredsløb.

Når wizarden er færdig med begge delkredsløb BFR92 og DBFR92, gemmer vi resultatet og forlader bibliotekseditoren.

Vi kan nu anvende transistoren i vores diagramtegning samt til vores simuleringer. Resultatet fra ovenstående testkredsløb ses på fig. 9

Tilbage er blot at være opmærksom på de generelle forbehold, der tages, når man anvender fabrikanternes modeller. For Motorola lyder det:

'These SPICE models represent "typical" RF low-power discrete parts, based on specifications published in the RF Device Databook. These models will lead to accurate simulations under most conditions. There are inherent problems with the SPICE Gummel-Poon bipolar transistor model: Poor quasi-saturation modeling, lack of die self-heating, and minimal modelling of distributed base-collector effects.'

Hvilket med andre ord betyder, at man nok får rimelige resultater til almindelig brug, men man er naturligvis selv ansvarlig for at checke resultaterne med den virkelige verden!

Andre muligheder for simulering ved højfrekvens

Går man på Internettet, kan man hurtigt finde en række andre spice-simuleringsprogrammer. Et af

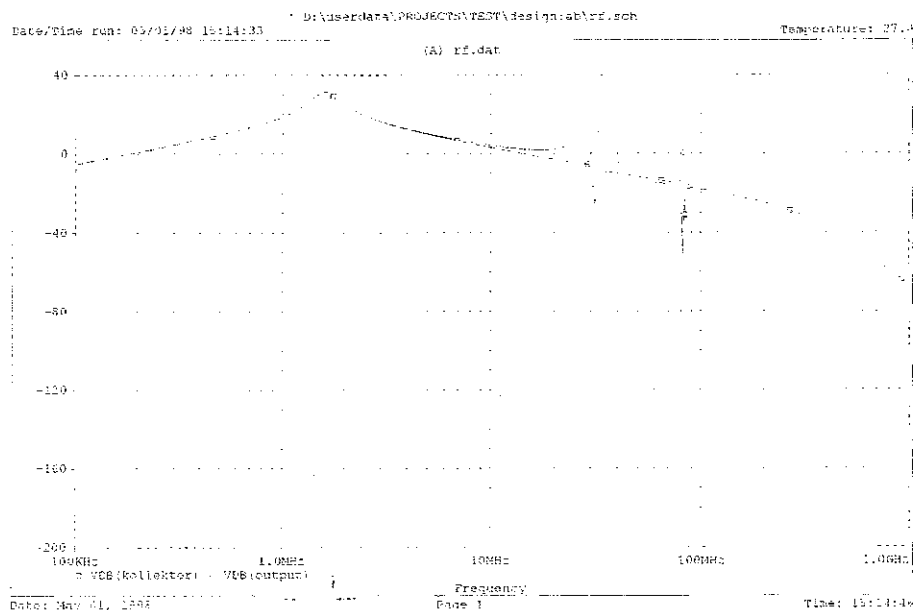


Fig. 9

dem, jeg er stødt på, hedder eclipse og kan findes på <http://www.ardentech.com>. Det sælges normalt, men man kan hente en demoversion, som ikke kan gemme eller printe ud.

(Hvis du husker at fremdatere din pc, inden du installerer, og efterfølgende sætter datoen tilbage igen, ser det ud til, at man kan have glæde af programmet i mange år...). Programmet udmærker sig ved, at man frit kan få vist resultaterne som XY-graf, Schmitt-kort eller som traditionelle polære diagrammer. Desuden giver programmet mulighed for at køre med indtastede s-parametre for en komponent. Der skal være muligheder nok til at få mange aftener med at gå!

Der findes en lang række forskellige programmer, der kan simulere højfrekvens. Ofte er disse en blanding af grafik-baseret program og simulering, hvor det aktuelle kredsløb tegnes ind i programmet, som dernæst beregner overførselsfunktioner.

Lidt elsikkerhed

af OZ5BP Børge Prytz, Damgårdsvej 27, 2930 Klampenborg

Som radioamatør kan man se på, hvad de professionelle tager af forholdsregler for ikke at komme galt afsted under arbejdet med strømme og spændinger. (Kilde: Teknisk nyt nr. 4 - 1998)

Mange ved ikke, at laboratorier ikke er undtaget fra sikkerhedsbestemmelserne. En dødsulykke på Aarhus Maskinmesterskole skyldtes anvendelse af blanke 4 mm bananstik ved 230 V AC.

4 mm bananstik er fra telefonens barndom og bør ikke anvendes til højere spænding en 30 V.

Efter de moderne bestemmelser (1993) skal der til spændinger over 25 V AC anvendes stikforbindelser med 4 mm beskyttende stik og bøsninger, der er godkendt til 1000 V AC.

Kapitel 725 "Installationer i elektriske betjeningsrum" (Stærkstrømsbekendtgørelsen) fra 1993 siger bl.a.: - kun instruerede sagkyndige personer må have adgang, når der skal betjenes eller ske udskiftning under normal drift. Der må ikke være fare for at komme til at berøre spændingsførende dele!

Så må man håbe, at man er instrueret og sagkyndig.

Altså er de "gode, gamle 4 mm bananstik og apparater med ubeskyttede bøsninger ikke tilrådeligt at

Afslutning

PC'ens indtog i radioamatørens værksted giver en god mulighed for at få en særdeles avanceret 'lommeregner', så ud over tekstbehandling og stationslog kan man f.eks. også bruge pc'en til at sikre en bedre funktion af sine elektronik-kredsløb.

Hvis du får brug for yderligere dokumentation på P-spice version 8 til windows virkemåde, så følger der ganske 'tykke' elektroniske manualer med, som man kan slå op i med en Adobe reader.

Vil du i øvrigt gerne se flere detaljer om kredsløbet, kan de ses i 'Analysis, examine output' menuen.

Nå ja, så indeholder cd'en også et printlayoutprogram, som er rimeligt enkelt at gå til, så længe man kan nøjes med de indbyggede komponenter.

OZ

bruge på 230 V AC.

Der kræves ingen særlig beskyttelse ved spændinger under 25 V AC: men det betinger en sikkerhedstransformator (Norm EN60742) indskudt. Videre forudsættes det, at stik og bøsninger til højere spændinger ikke kan anvendes.

Elektrisk stød

Undersøgelser på arbejdsmedicinsk klinik på Herring Centralsygehus viser, at selv det mindste elchok (stød) kan have varige konsekvenser. Et stød kan give ar i hjertet, og livskvaliteten blandt 224 adspurgte personer i el-rådets ulykkesregistrering var markant dårligere efter det dramatiske møde med strømmen.

Der var en række tilfælde af kroniske hjernepåvirkninger, det vil sige hukommelsesproblemer, træthed og hovedpine.

(Kilde: Erhvervsbladet februar 1997)

OZ



Generalagent for
YAESU MUSEN

BETAFON

GYLDENLØVESGADE 2 · 1369 KØBENHAVN K · TLF. 33 14 12 33
FAX 33 14 12 76