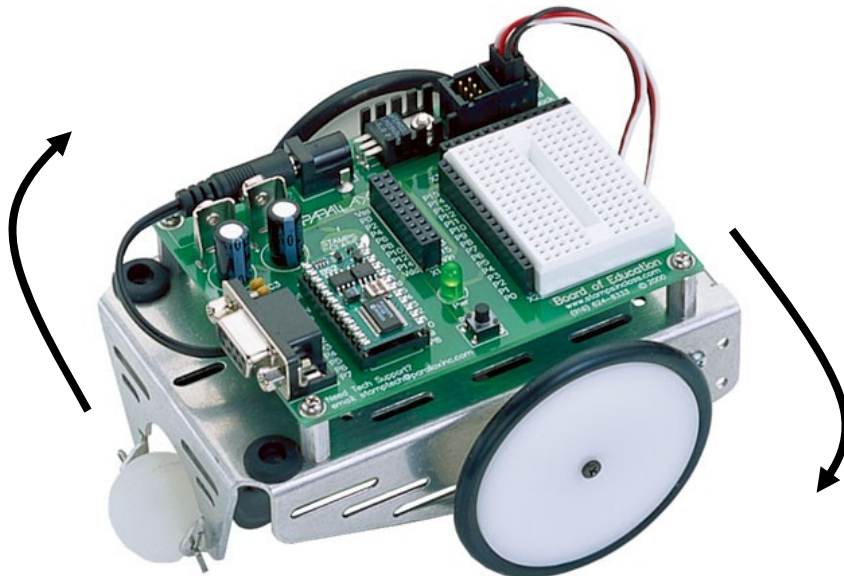


Laboration 3 RC- och RL-nät i tidsplanet

Elektronik för D
ETIA01

? ? ?



Telmo Santos
Anders J Johansson
Lund Februari 2008

Laboration 3

Mål

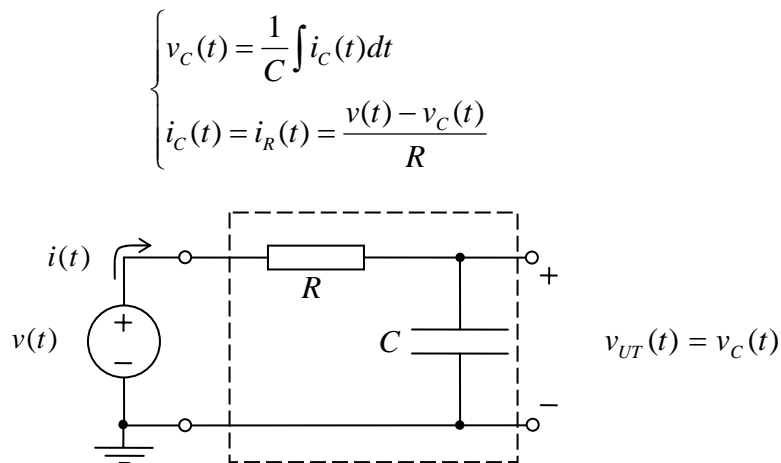
Efter laborationen vill vi att du skall:

- kunna/ha fått erfara vad som händer med signaler i ett RC- och RL-nät
- veta hur man mäter och karakteriserar ett okänt nät
- förstå hur näten ändrar formen på en grupp av fyrkants pulser
- har fått erfara hur man kan ändra nätets egenskaper med en extern komponent.

Nedanför finns en beskrivning av möjliga kombinationer av RC- och RL-nät.

Integrerande RC-nät

Nätet i Figur 1 kallas integrerande eftersom spänningen över kondensatorn är en funktion av integralen av den ström som leds genom den. För att ändra spänningen över en kondensator måste alltså laddningar tillföras, dvs ström måste flyta under viss tid. Följden av detta är att kondensatorspänningen inte kan ändras momentant eftersom det ju skulle motsvara en oändligt stor ström under kort tid.



Figur 1 Integrerande RC-nät

Nätet stegsvar (i $t = 0$) är

$$v_C(t) = V_{Steg} (1 - e^{-t/RC}), \quad t \geq 0.$$

Snabba förändringar i insignalen kommer alltså inte att synas i spänningen över kondensatorn. Kondensatorspänningen ändras däremot vid långsammare förändringar. Vad som räknas som snabbt respektive långsamt beror på *tidskonstanten* $\tau = RC$, dvs både på resistansens och kapacitansens värde enligt den givna formeln.

Derivande RC-nät

Att nätet i Figur 2 benämns derivande nät kan man förstå på följande sätt: Strömmen genom kondensatorn kommer att vara proportionell mot derivatan av spänningen över kondensatorn som i sin tur bland annat beror på insignalen.

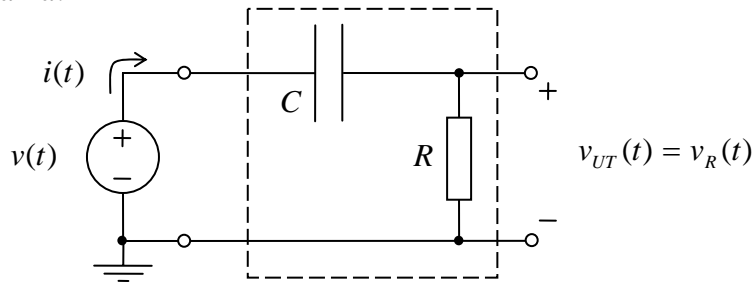
$$i_C(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$$

Spänningen över kondensatorn kan inte ändras momentant, alltså kommer alla snabba förändringar i insignalen att synas över resistorn och därmed i utsignalen. Vid långsamma förändringar ändras kondensatorns laddning och därmed kommer kondensatorspänningen att ändras. Derivatn av snabba förändringar, branta flanker, är stor medan derivatan av långsamma förändringar är liten.

Om vi jämför kopplingarna i Figur 1 och Figur 2 ser vi att det är samma insignal som skall spänningsdelas över samma komponenter. Ekvationen

$$v(t) = v_R(t) + v_C(t)$$

gäller för båda kopplingarna!

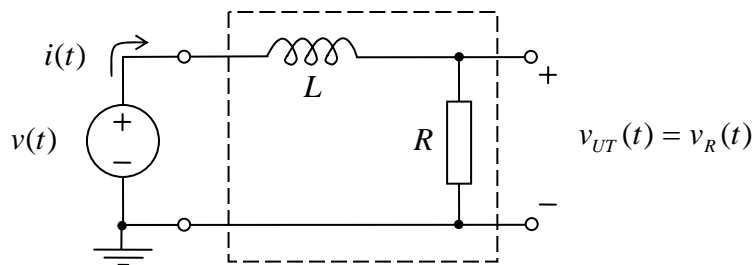


Figur 2 Deriverande RC-nät

Integrerande RL-nät

Nätet i Figur 3 kallas integrerande eftersom spänningen över resistorn är en funktion av strömmen i spolen. För att ändra strömmen i en spole måste magnetiska flödet ökas. Flödet byggs upp av strömmen i spolen, dvs en spänning måste ligga över spolen en tid. Följden av detta är att strömmen inte ändras momentant eftersom det ju skulle motsvara en oändligt stor spänning under kort tid.

$$\begin{cases} i_L(t) = \frac{1}{L} \int v_L(t) dt \\ v_R(t) = R i_L(t) \end{cases}$$



Figur 3 Integrerande RL-nät

Nätet stegsvar (i $t = 0$) är,

$$v_R(t) = V_{Steg} (1 - e^{-tR/L}), \quad t \geq 0.$$

Snabba förändringar i insignalen kommer alltså inte att synas i spänningen över resistorn eftersom strömmen inte ändras så snabbt i kretsen. Strömmen i spolen och därmed

resistorspänningen ändras däremot vid långsammare förändringar i insignalen. Vad som räknas som snabbt respektive långsamt beror på *tidskonstanten* $\tau = L/R$, dvs både på resistansens och induktansens värde enligt den givna formeln.

Derivande RL-nät

Att nätet i Figur 4 benämns derivande nät kan man förstå på följande sätt: Strömmen i kretsen beror på strömmen i induktorn som inte ändrar sig så snabbt enligt vad som sagts tidigare. En snabb ändring i $v(t)$ kommer därför inte att ge någon strömändring först och då blir spänningen över resistorn konstant en tid, dvs utspänningen, $v_L(t)$, följer insignalen. Vi kallar nätet för derivande.

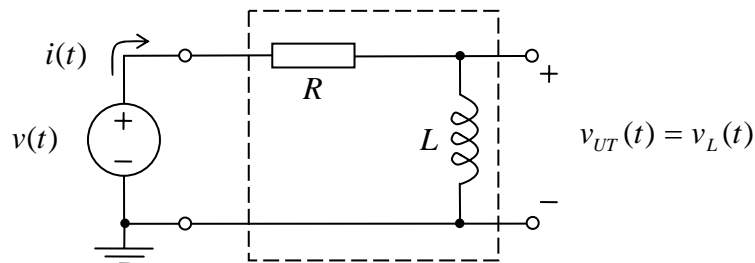
$$v(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

Vid långsamma förändringar ändras induktorns ström och därmed kommer resistorspänningen att ändras. Derivatan av snabba förändringar, branta flanker, är stor medan derivatan av långsamma förändringar är liten.

Om vi jämför kopplingarna i Figur 3 och Figur 4 ser vi att det är samma insignal som skall spänningsdelas över samma komponenter. Ekvationen

$$v(t) = v_R(t) + v_L(t)$$

gäller för båda kopplingarna!



Figur 4 Deriverande RL-nät

Förberedelser

Repetera det du läst om RL- och RC-nät, kapitel 3.1-3.4, 4.1-4.3. Gör sedan följande uppgifter:

1. Skriv en ekvation för resistor-spänningen i ett RC-nät då insignalen är ett steg med amplituden V_{Steg} .
2. Skriv en ekvation för induktorströmmen i ett RL-nät då insignalen är ett steg med amplituden V_{Steg} .
3. Hur kan tidskonstanten mätas och vilka krav sätts då på din insignal till kretsen?

Uppgifter

Programmet som är inlagt i BoeBot kör roboten rakt framåt. Programmet finns i Appendix A.

Part 1 : RL-nät

Uppgift 1.1

Bygg ett deriverande RL-nät med en spole med $L=10$ mH och ett motstånd med $R=1$ KOhm. Använd kopplingsplattan på BoeBot. Skicka in en sinus-signal från signalgeneratoren med frekvensen 3000 Hz och amplituden 2V. Studera in och utsignalen från filtret samtidigt på oscilloskopet och se om utsignalen är derivatan av insignalen.

Uppgift 1.2

Koppla om funktionsgeneratoren till fyrkantvåg och titta på utsignalen. Stämmer det fortfarande att utsignalen är derivatan av insignalen?

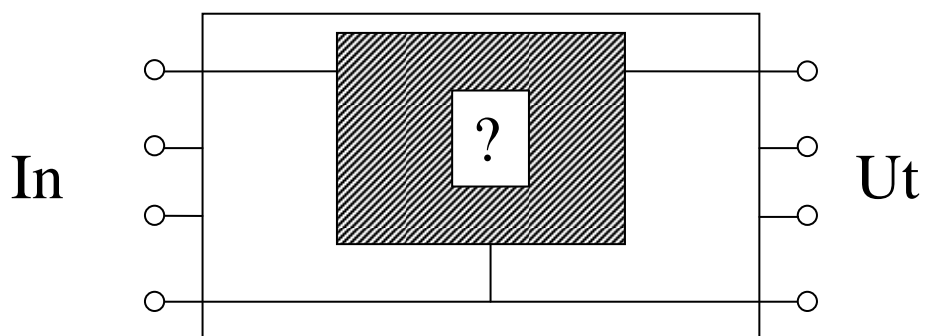
Uppgift 1.3

Förklara varför spänningen över spolen ändrar sig ögonblickligen från 0V till -5V när insignalen minskar från 5V till 0V.

För fortsättningen så finns det två alternativ, beroende på vilket filter som sitter i er robot. Alternativ A för filter12, och alternativ B för filter13.

Part 2: Den dåliga kabeln

Ni har fått ett okänt filter med ett nummer. Detta får representera en dålig kabel mellan er mikrokontroller och den ena motorn på roboten. Er uppgift är nu att karakterisera "kabeln", dvs. filtret, och kompensera bort distorsionen från den med en extra komponent. Nedan finns två versioner av labb-uppgifter, följ dem som har samma filternummer som ert filter.



Alternativ A : RC-nät (uppgift för Filter12)

Uppgift 2.1

Starta roboten i läge 2 och se vad hur roboten beter sig.

Filter12 måste vara kopplat mellan robotens utgång för den högra motorn och höger motorsladdar (svart, röd och vit sladd).

Filtret sitter redan i kopplingsplattan på roboten. Koppla ur sladden till höger motor, markerad med siffran 12, och anslut den till filtrets utgång. Koppla in en sladd mellan filtrets ingång och kontakten för motorn på BoeBot.

Sätt roboten i lägen 2 och studera vad som händer med filtret inkopplat.

Uppgift 2.2

Sätt roboten i lägen 1 och koppla ur sladden till motorn från filtret. Rita filtrets stegsvar, på motsvarande sätt som i *Uppgift 1.2*. Om du vet att filtret är ett RC-nät, är det då ett derivande eller integrerande filter?

Uppgift 2.3

Om filtrets kapacitans har värdet $C = 0.47\mu\text{F}$, beräkna resistansen R . För att göra det måste du mäta tidskonstanten för filtret. Rita ett kretsschema över filtret och markera ingången, utgången samt alla komponentvärden.

Uppgift 2.4

Anslut åter motorsladden till filtrets utgången och sätt roboten i lägen 2. Vad är filtrets påverkan på pulsbredden? Kan du förklara varför höger motorn snurrar som den gör?

Uppgift 2.5

Sätt roboten i lägen 0.

Anta att du har som arbetsuppgift att fixa Boe-Bot problemet så att roboten kör rakt fram med filtret anslutet. Du har bara tillgång till en resistans med $R = 100\ \Omega$. Var och hur skulle du använda det motståndet?

Prova din lösning och kontrollera om roboten kör rakt fram.

Uppgift 2.6

Kunde du också fixa problemet med en resistans med $R = 100\text{K}\ \Omega$? Varför/Varför inte?

Alternativ B : RC-nät (uppgift för Filter13)

Uppgift 2.1

Starta roboten i läge 2 och se vad hur roboten beter sig.

Filter13 måste vara kopplat mellan robotens utgång för den vänstra motorn och vänster motorsladdar (svart, röd och vit sladd).

Filtret sitter redan i kopplingsplattan på roboten. Koppla ur sladden till vänster motor, markerad med siffran 13, och anslut den till filtrets utgång. Koppla in en sladd mellan filtrets ingång och kontakten för motorn på BoeBot.

Sätt roboten i lägen 2 och studera vad som händer med filtret inkopplat.

Uppgift 2.2

Sätt roboten i lägen 1 och koppla ur sladden till motorn från filtret. Rita filtrets stegsvar, på motsvarande sätt som i *Uppgift 1.2*. Om du vet att filtret är ett RC-nät, är det då ett derivande eller integrerande filter?

Uppgift 2.3

Om filtrets resistans har värdet $R = 4.64 \text{ k}\Omega$, beräkna kapacitansen C . För att göra det måste du mäta tidskonstanten för filtret. Rita ett kretsschema över filtret och markera ingången, utgången samt alla komponentvärden.

Uppgift 2.4

Anslut åter motorsladden till filtrets utgången och sätt roboten i lägen 2. Vad är filtrets påverkan på pulsbredden? Kan du förklara varför vänster motorn snurrar som den gör?

Uppgift 2.5

Sätt roboten i lägen 0.

Anta att du har som arbetsuppgift att fixa Boe-Bot problemet så att roboten kör rakt fram med filtret anslutet. Du har bara tillgång till en kondensator med $C = 10\mu\text{F}$. Var och hur skulle du använda den kondensatorn?

Prova din lösning och kontrollera om roboten kör rakt fram.

Uppgift 2.6

Kunde du också fixa problemet med en kondensator med $C = 1 \text{ nF}$? Varför/Varför inte?

Appendix C

BASIC Stamp program för Boe-Bot:

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

' ----- [ Main Routine ] -----
DO
    PULSOUT 12, 650 ' Puls till höger motor
    PULSOUT 13, 850 ' Puls till vänster motor
    PAUSE 20
LOOP
```