

ERT-økt 18

En klokkegenerator

I denne økten får du *reflektere* over virekmåten til et mulig klokke-generator-design. Du får *trene* i å regne på første ordens RC-kretser, og du får *erfaring* i å designe og teste ditt eget generator-design.

Forberedelse: Ikke noe spesielt; du bruker slikt du har vært borte i tidligere.

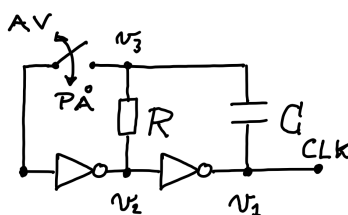
Hvordan holde takten

Vi har tidligere¹ påpekt viktigheten av å ha kontroll over *når* digitale signaler skifter verdi. Måten å få dette til på er å bruke register (D-vipper) som styres (trigges) av et *klokkesignal* CLK. Klokkesignalet er selv et digitalt signal som skifter mellom 0 og 1 i en fast, regulær rytme. Det er klokkesignalet som sørger for at hele systemet “holder takten”.

En klokkegenerator

Men hvor kommer klokkesignalet fra? Svaret er at det kommer fra en spesiell type krets, et system som ikke har noen innganger (bortsett kanskje en for å slå det av eller på) og én enkelt utgang CLK. En slik krets, som har som oppgave å produsere et tidsvarierende signal med gitte egenskaper, kalles en *generator*, og når vi har bruk for et klokkesignal, trenger vi en *klokkegenerator*. Slike generatore har vært designet med mange ulike typer teknologi så lenge vi har hatt datamaskiner og annet digitalt utstyr. Vi skal her se på én av mange måter å gjøre dette.

Generatoren² vår er en krets som vist i figur 1. Den slås på ved hjelp av en bryter. Da skal den begynne å generere et klokkesignal på utgangen CLK med en gitt periode. Signalet CLK vil da skifte regelmessig mellom en høy verdi og en lav verdi helt til bryteren slås av igjen.



Figur 1: Eksempel på klokkegenerator

Oppgave 1 *Bruk max 5 minutt på denne og gå videre.* I figur 1 er tre nodespenninger v_1 , v_2 og v_3 påtegnet. Men hvor i all verden er det blitt av referansenoden (“jord”)?

Oppgave 2 *Bruk max 15 minutt på denne og gå videre.* Prøv å forstå kretsens virkemåte uten hjelpemidler. Hva er det som skjer? Diskuter gjerne med en annen.

¹Se ERT-økt 15 og hjelpeheftet, Kap. 14.

²Klokkefrekvensen i denne generatoren avhenger av komponentverdiene R og C som i praksis vil komme til å variere med aldring og temperatur. Dersom det er store krav til nøyaktig og stabil klokkefrekvens er nødvendig, brukes heller en såkalt krystalloscillator.

Hint: For enkelhets skyld, anta at inverteren er ideell, slik at alle nivåer under $V_{DD}/2$ er gyldig logisk 0 og alle nivåer over $V_{DD}/2$ er gyldig logisk 1. Start for eksempel med å anta at oscilatoren har vært “av” lenge, det vil si at bryteren har vært åpen i lang tid. Gå videre ut ifra at vi i den situasjonen har at $v_1 = 0$ og følgelig $v_2 = V_{DD}$. Hvor stor er da spenningen over kondensatoren, og hva skjer videre? Merk: Vi kan anta at strømmen som går i inngangene på inverterne er tilnærmet lik null.

Oppgave 3 Studer [denne](#) simuleringen av generatoren. (Noen synes kanskje [denne](#) er lettere å forholde seg til.)

Se spesielt på spenningene v_1, v_2 og v_3 . Forstår du virkemåten bedre nå? Reguler simuleringshastigheten dersom det går for fort eller for sakte.

Diskuter med andre og spør gjerne en læringsassistent.

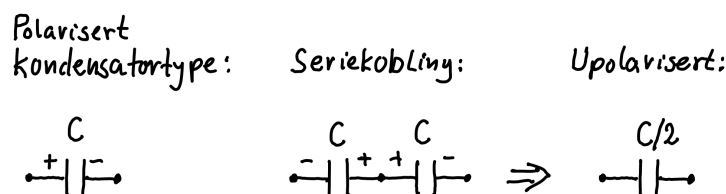
Har du forstått hvordan denne oppfører seg, har du forstått nesten alt i dette emnet!

Oppgave 4 Periodetiden til v_1 er gitt av $T = 2\ln(3)\tau$. Design (på papir) en klokkegenerator med klokkefrekvens $f_c = 1$ kHz. Sjekk ved simulering at dette stemmer.

Oppgave 5 Ekstra Utled uttrykket for periodetiden. **Hint:** Se på kondensatorspenningens oppførsel over en halv periode.

Oppgave 6 Ekstra Design en klokkegenerator med periodetid ca 1 sekund og implementer denne på koblingsbrett ved hjelp av den integrerte kretsen CD4011UBE som du har brukt tidligere³. La klokkesingalet drive en lysdiode og sjekk at den blinker med ca riktig frekvens. NB: Husk (som alltid) å ha en motstand i serie med lysdioden slik at denne ikke brenner opp.

For å oppne den relativt lange periodetiden, er det praktisk å bruke en kondensator på noen titalls mikrofara. Slike finnes stort sett i polariserte typer, det vil si at de har en pluss- og en minus-side, som må stemme med påtrykt spenning. I vårt tilfelle trenger vi en kondensator som kan brukes “begge veier”, og det kan vi få til ved et triks: Vi tar to polariserte kondensatorer og koble dem i serie “rygg mot rygg” som vist i figur 2.



Figur 2: Upolarisert kondensator ved seriekobling “rygg mot rygg”.

Oppgave 7 Ekstra Utvid designet slik at du har to lysdioder, én som blinker når CLK er høy, og én som blinker når CLK er lav.

Og sist, men ikke minst:

Oppgave 8 Skriv denne ukens refleksjonsnotat og lever det inn på BlackBoard.

Tre på topp

Essensielle konsepter fra denne ERT-økten:

³Se ERT økt 6

1. periodetid
2. tidskonstant
3. RC-krets