



Applikasjonsnotat

Tittel: Turtallsindikator

Forfattere: Mia Elisenberg

Versjon: 1.0

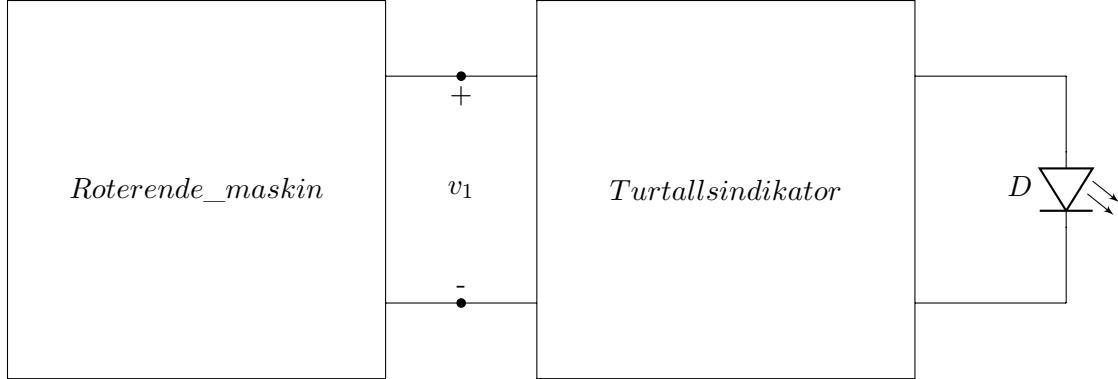
Dato: 2. februar 2020

Innhold

| | | |
|----------|---------------------------------|-----------|
| 1 | Problembeskrivelse | 2 |
| 2 | Prinsipiell løsning | 3 |
| 3 | Realisering og test | 5 |
| 3.1 | Test | 5 |
| 4 | Konklusjon | 9 |
| 5 | Takk | 9 |
| A | Fullstendige utregninger | 10 |
| A.1 | Bestemmelse av R_1 | 10 |

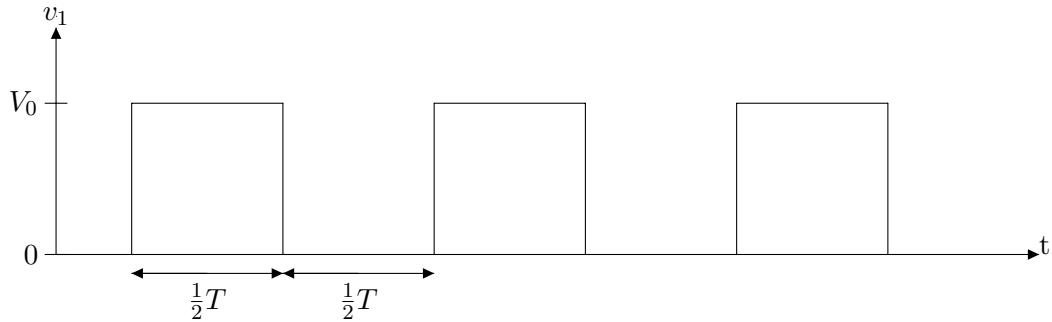
1 Problembeskrivelse

Dette designnotatet tar for seg designet av et stystem for en turtallsindikator som vist i figur 1. Hele oppsettet består av en roterende maskin, selve turtallsindikatoren og en lysdiode D .



Figur 1: Kretskjema for turtallsindikatoren.

Turtallsindikatoren skal indikere når turtallet for den roterende maskinen er for lav ved å få en diode til å lyse. Den roterende maskinen sender et periodisk firkantsignal $v_1(t)$ som vist i figur 2.



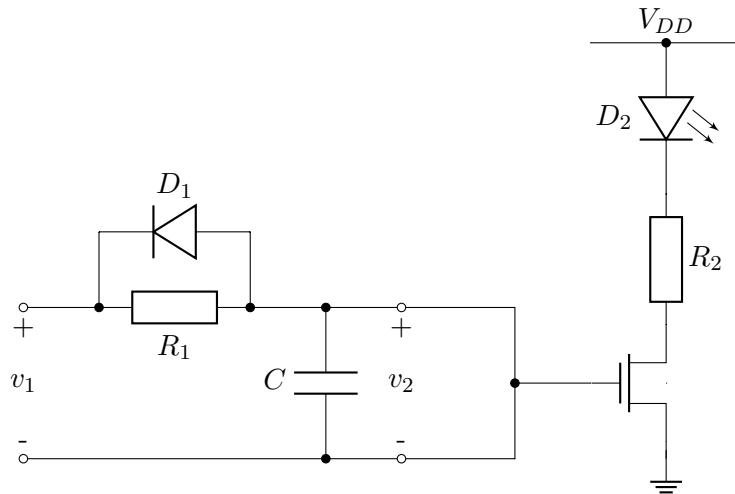
Figur 2: Firkantpulstog med periode T og driftssyklus 50%.

Amplituden til $v_1(t)$ er V_0 V. Driftsyklusen til signalet er 50%, som vil si at, når perioden er T , så er $v_1(t) = V_0$ i $\frac{1}{2}Ts$ før det tar verdien $v_1(t) = 0$ i $\frac{1}{2}Ts$; maskinen går med konstant omdreiningshastighet ω . Når turtallet er under en terskel ω_0 , altså når $\omega < \omega_0$, så skal dioden lyse.

2 Prinsipiell løsning

Designet skal innngå i et applikasjonsnotat for en NMOS-transistor BS170, og terkselverdien for omdreiningshastigheten er $\omega_0 = 315000\text{rpm}$.

Kretsen for turtallsindikatoren vises i figur 3. v_1 er et firkantsignal som fungerer som den roterende maskinen, v_2 er spenningen over kondensatoren, som går inn i gate på transistoren, og V_{DD} er en konstant spenning. Det er to motstander, R_1 og R_2 , og to dioder D_1 og D_2 , hvor D_2 er en lysdiode.



Figur 3: Kretskjema for turtallsindikatoren.

De kjente verdiene er $V_{DD} = 5.0\text{V}$, $C = 10\text{nF}$, $R_2 = 270\Omega$, og D_1 er en diode med antatt ideell terskelspenning på 0.7V . Verdien for R_1 er ukjent.

For å beregne verdien av R_1 , så løses likningssettet i (3). Dette settet baserer seg på formelen for opplading av en kondensator, gitt ved likning (1). Der er V_c kondensatorspenningen, V_f er spenningen kondensatoren lades opp mot, V_0 er startspenningen for kondensatoren, t er tidsintervallet i sekunder, og τ er tidskonstanten i sekunder gitt ved $\tau = RC$, hvor R er motstandsverdien i kretsen, og C er kapasitansen til kondensatoren i kretsen.

$$V_c = V_f + (V_0 - V_f)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

Firkantsignalets oppførsel gjør at t bestemmes ved likning (2). Der er f frekvensen til signalet målt i Hz.

$$t = \frac{\left(\frac{1}{f}\right)}{2} \quad (2)$$

Systemet som skal løses består av to likninger, I) og II).

For likning I), så er V_T terskelspenningen for at transistoren skal åpnes, V_f er lik v_1 , a er startspenningen for kondensatoren, t er tiden i sekunder, og x er tidskonstanten τ .

For likning II), så er $V_{T_{D1}}$ terskelspenningen for dioden D_1 .

$$\begin{aligned} I) \quad & V_T = V_f + (a - V_f)e^{-\frac{t}{x}} \\ II) \quad & a = V_{T_{D1}}e^{-\frac{t}{x}} \end{aligned} \tag{3}$$

Løsningen av systemet gir en verdi for τ . Videre blir R_1 -verdien bestemt ved

$$R = \frac{\tau}{C} \tag{4}$$

3 Realisering og test

For å realisere designet må en finne en terskelfrekvens for når dioden skal lyse og en R_1 -verdi. All fullstendig utregning finnes i vedlegg A.

Terskelfrekvensen f ble bestemt ved likning (5), og en fant at $f = 5250\text{Hz}$. Tidsintervallet t ble funnet ved likning (2), og $t = 9.52 \cdot 10^{-5}\text{s}$.

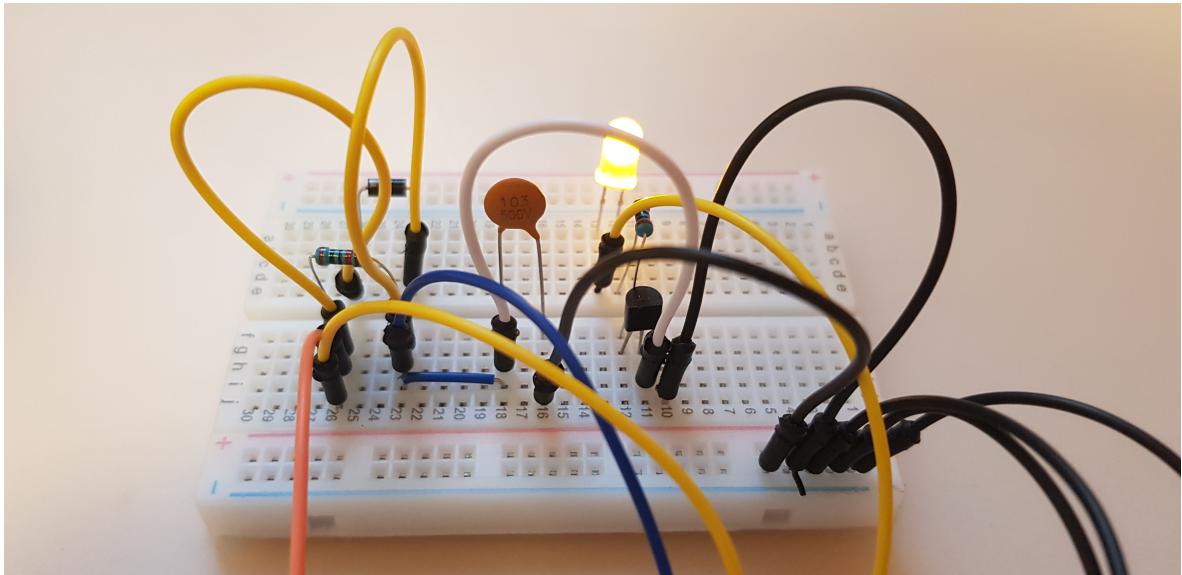
For å bestemme R_1 -verdien ble likningssettet i (3) løst. Resultatet ga $\tau = 0.00020$, og av likning (4), så var $R_1 = 20\text{k}\Omega$.

3.1 Test

Kretsen ble realisert som i figur 3, og figur 4 viser den praktiske implementasjonen.

En signalgenerator ble brukt for å generere både v_1 og V_{DD} . Lysdioden skal lyse når frekvensen til v_1 er for lav – når $f < 5250\text{Hz}$. Dermed besto testinga av å endre frekvensen av v_1 for å sjekke om dette kravet ble oppfylt, og oppførselen til v_1 og v_2 ble observert i et oscilloskop.

Testresultatene for $R_1 = 20\text{k}\Omega$ vises i tabell 1. En observerte at dioden fortsatt lyste noe når v_1 -frekvensen var lik terskelfrekvensen.

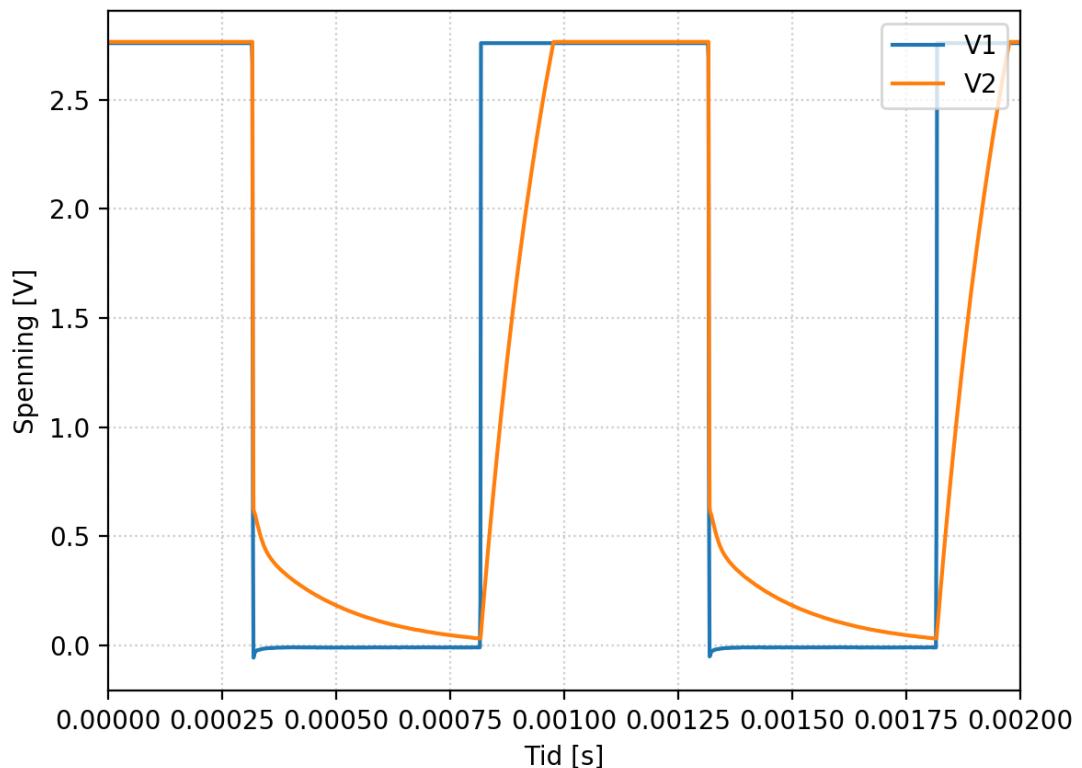


Figur 4: Praktisk implementasjon av kretsen i figur 3. Dioden lyser fordi turtallet er for lavt.

Tabell 1: Testresultater med $R_1 = 20\text{k}\Omega$ og variabel v_1 -frekvens.

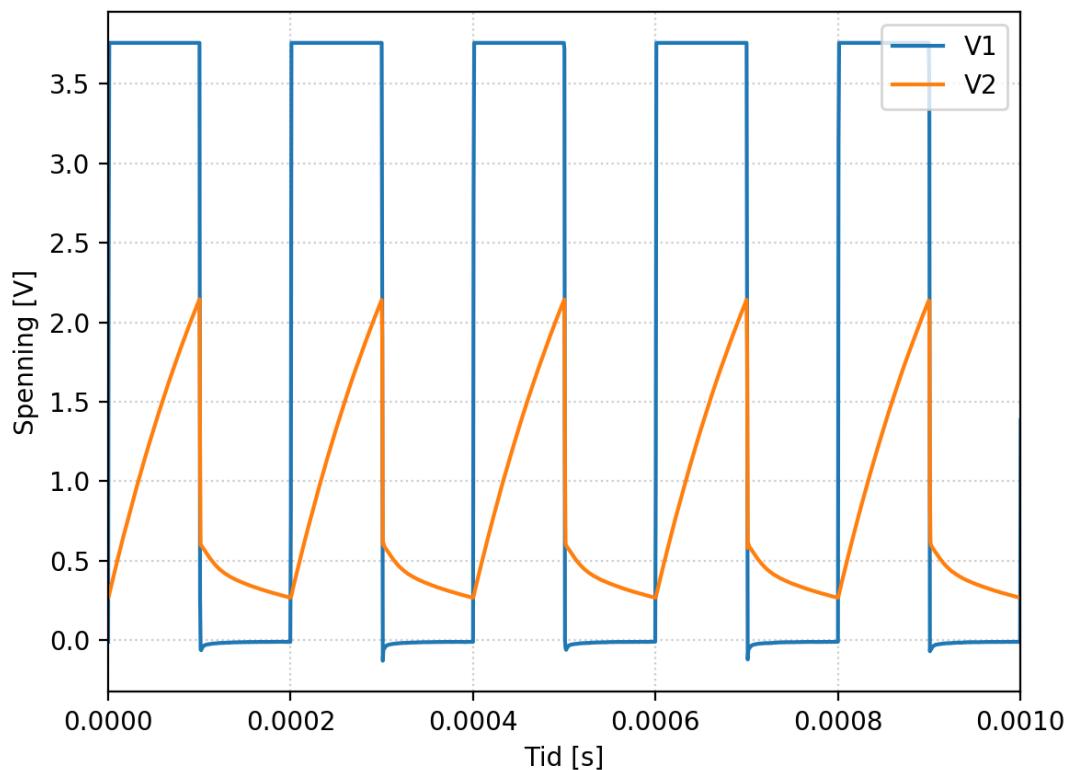
| f [kHz] | D2-oppførsel |
|-----------|------------------------|
| < 2.0 | lyser sterkt |
| 4.0 | lyser mindre |
| 4.5 | lyser vesentlig mindre |
| 5.0 | lyser vesentlig mindre |
| 6.0 | lyser ikke |

Figur 5 viser oppførselen til v_2 (oransje) sammen med v_1 (blått) ved $f = 1\text{kHz}$. En observerte at spenningen over kondensatoren, v_2 , gikk over terskelpenningen, opp til samme verdi som v_1 .



Figur 5: Oppførselen til v_2 sammen med v_1 ved $f = 1\text{kHz}$.

Figur 6 viser oppførselen til v_2 (oransje) sammen med v_1 (blått) ved $f = 5\text{kHz}$. En observerte at spenningen over kondensatoren, v_2 , ble 2.1V .



Figur 6: Oppførselen til v_2 sammen med v_1 ved $f = 5\text{kHz}$.

4 Konklusjon

I praksis, etter testing, så viste det seg at dioden lyste når v_1 -frekvensen var for lav, den lyste mindre og mindre når frekvensverdien nærma seg terskelverdien $f = 5250\text{Hz}$, og den slutta å lyse når frekvensen overskred $f = 6.0\text{Hz}$. Mulige feilkilder for dette er usikkerhet i motstander og kondensator. For å konkludere, så fungerer systemet best til et bruk hvor en ikke er nødvendigvis avhengig av større spenningsnøyaktighet.

5 Takk

Takk til Stud. Marie Eriksen Grude, Stud. Anders Lundberg og Stud. Sivert Sivertsen for godt samarbeid og nyttige diskusjoner om både teori og praktisk implementering av designprosjektet.

A Fullstendige utregninger

A.1 Bestemmelse av R_1

Bruker systemet i (3).

Terskelomdreiningshastigheten er oppgitt i rpm, og $1 \text{ rpm} = \frac{1}{60} \text{Hz}$. Dermed er

$$315000 \text{ rpm} = \frac{315000}{60} \text{ Hz} = 5250 \text{ Hz} \quad (5)$$

Tidsintervallet t er halve perioden $T = \frac{1}{f}$, hvor f er frekvensen. Dermed er

$$t = \frac{1}{2}T = \frac{\left(\frac{1}{f}\right)}{2} \quad (6)$$

Terskelfrekvensen er $f = 5250 \text{ Hz}$, og dermed, av likning 6, så er

$$t = \frac{\left(\frac{1}{5250}\right)}{2} = 9.52 \cdot 10^{-5} \text{ s} \quad (7)$$

BS170-transistoren har en terskelspenning $V_T = 2.11$, og videre er $V_f = v_1 = 5.0 \text{ V}$, og $t = 9.524 \cdot 10^{-5} \text{ s}$. Dette gir systemet

$$\begin{aligned} I) \quad & 2.11 = 5.0 + (a - 5.0)e^{-\frac{9.524 \cdot 10^{-5}}{x}} \\ II) \quad & a = 0.7e^{-\frac{9.524 \cdot 10^{-5}}{x}} \end{aligned} \quad (8)$$

Systemet har to løsninger for både a og x , men den ene x -verdien vil være negativ, mens den andre vil være positiv. Det er den positive x -verdien som skal brukes som τ . Løsningen er

$$\begin{cases} a_1 = \frac{250+42270^{\frac{1}{2}}}{100} , & x_1 = -0.00005 \\ a_2 = \frac{250-42270^{\frac{1}{2}}}{100} , & x_2 = 0.00020 \end{cases} \quad (9)$$

Med $x_2 = \tau = 0.00020\text{s}$, og $C = 10 \cdot 10^{-9}\text{F}$, så er

$$\begin{aligned}\tau &= RC \\ R &= \frac{\tau}{C} \\ R_1 &= \frac{\tau}{C} \\ R_1 &= \frac{0.00020}{10 \cdot 10^{-9}} \\ R_1 &= 20000\Omega\end{aligned}\tag{10}$$