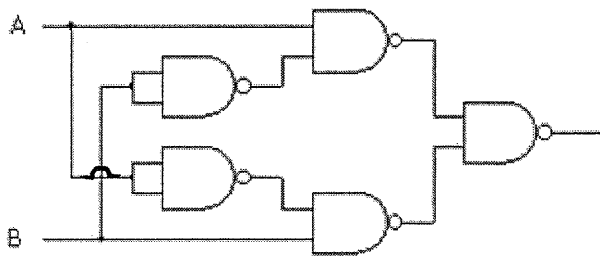


Løsningsforslag Eksamen FO152A 2010

Oppgave 1

a) Skriv opp sannhetstabellen for følgende logiske port.

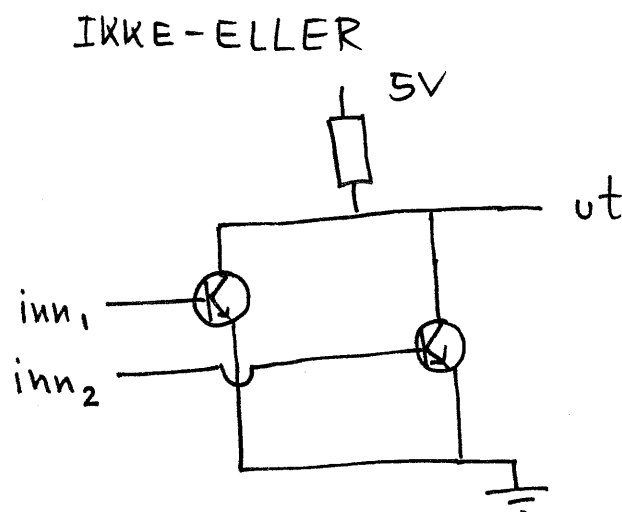
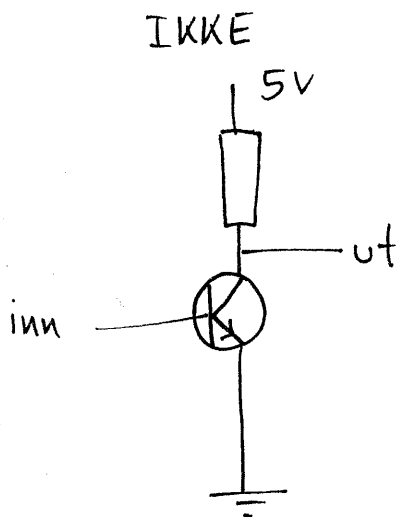


Dette er en XOR port. La inngangsverdiene vere A og B . Da er utverdien

$$\overline{\overline{A \cdot B} \cdot \overline{\overline{A} \cdot B}} = (A \cdot \overline{B}) + (\overline{A} \cdot B)$$

ved de Morgans lover.

b) Implementer a) en IKKE port b) en IKKE-ELLER port som en kobling bestående av motstander og transistorer.



Oppgave 2

En CPU er montert på en tynn kjøleplate som står vertikalt. Anta at temperaturen er lik over hele platen. Platen er sirkulær med radius 10 cm. Anta at temperaturen til omgivelsene er 27°C . Vi ser bort fra varmeledning og betrakter bare konveksjon og varmestråling. Konveksjonen per arealenheter fra en frittstående vertikal plate er gitt ved $1.8 \cdot (\Delta T)^{5/4} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^{5/4})$. Varmestrålingen per arealenheter er gitt ved $\epsilon\sigma T^4$ hvor Stefan-Boltzmanns konstant er $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$ og emissiviteten ϵ til platen er 0.80. Husk at platen har to sider og at platen også mottar varmestråling.

a) Hva er den maksimale effekten CPUen kan å avgi (over en lang tidsperiode) hvis temperaturen på CPUen og kjøleplaten ikke skal overstige 90°C ?

Temperaturdifferansen mellom kjøleplaten og omgivelsene er $\Delta T = 63\text{K}$. Begge sidene til kjøleren bidrar med konveksjon så totalt areal er $2 \cdot \pi r^2$ hvor r er radius til den sirkulære kjøleplaten. Varmetransport fra konveksjon er

$$\begin{aligned}\Phi_k &= 2\pi r^2 \cdot 1.8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-5/4} (\Delta T)^{5/4} = \\ &2\pi (0.10\text{m})^2 \cdot 1.8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-5/4} (63\text{K})^{5/4} = 20.1\text{W}.\end{aligned}$$

Varmestråling fra kjøleplaten minus varmestråling mottatt av kjøleplaten er

$$\begin{aligned}\Phi_r &= \epsilon\sigma 2\pi r^2 ((T_2)^4 - (T_1)^4) = \\ &0.80 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4) \cdot 2\pi (0.10\text{m})^2 ((363\text{K})^4 - (300\text{K})^4) = 26.4\text{W}\end{aligned}$$

Varmetransporten når kjøleplaten har temperatur 90°C er derfor $\Phi = \Phi_k + \Phi_r = 46.5\text{W}$. CPUen kan derfor ikke ha et effektforbruk som overstiger dette for at temperaturen ikke skal overstige 90°C . Maksimal effektforbruke til CPUen er 46.5W .

b) Du skal velge ett av de følgende to tiltakene for senke temperaturen på CPUen ved det maksimale effektforbruket fra a). 1) Bruke airconditioner til å senke romtemperaturen til 10°C . 2) Skifte ut kjøleplaten med en ny vertikalt montert kjøleplate med dobbelt så stort areal og samme emissivitet.

Hvilke tiltak vil gi lavest temperatur på CPUen? Grunngi svaret.

Vi dobblar arealet. For at Φ_r skal vere uendra må ΔT vere $63\text{K}/2^{4/5} = 36\text{K}$. Så temperaturen er $300\text{K} + 36\text{K} = 336\text{K}$, eller 63°C . Vi sjekker at

$(336K)^4 - (300K)^4$ er ganske nøyaktig halvparten av $(363K)^4 - (300K)^4$, derfor er Φ_r også uendra ved doblet areal når $T = 336K$.

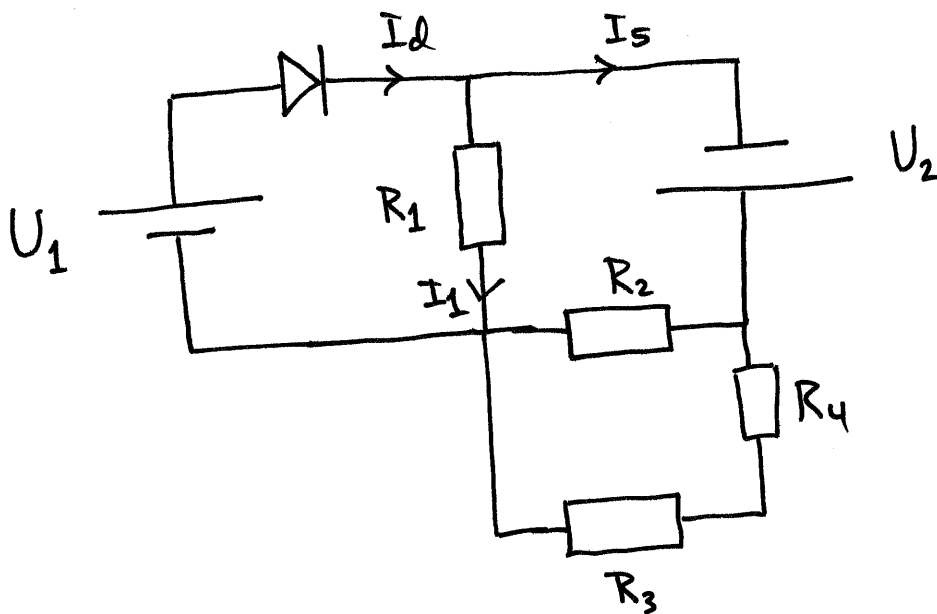
Vi argumenterer nå for at hvis omgivelsene får temperatur $10^\circ C = 283K$, eller $17^\circ C$ lavere saa blir T høyere enn $336K$ når varmetransporten er $46.5W$.

Vi sjekker varmetransporten ved $T = 336K$. Det blir mindre varmetransport fra konveksjon siden $\Delta T = 336K - 283K = 53K$ som er mindre enn $63K$. Det blir også mindre stråling siden $(336^4 - 283^4) = 6.33 \cdot 10^9$ er mindre enn $(363K)^4 - (300K)^4 = 9.26 \cdot 10^9$.

Vi konkluderer derfor med at dobling av arealet til kjøleplaten gir lavest temperatur på CPUen.

Oppgave 3

I koblingen nedenfor er strømstyrken gjennom dioden $1.00mA$, spenningen til batteriene er $U_1 = 2.0V$ og $U_2 = 3.0V$, videre er $R_2 = 6.0k\Omega$, $R_3 = 2.0k\Omega$, $R_4 = 4.0k\Omega$. Resistansen til R_1 er ukjent. Dioden har lekasjestrøm $I_0 = 1.0 \cdot 10^{-8}A$ og emissivitet $n = 2.0$. Termisk spenning er $0.026V$.



a) Finn strømstyrken gjennom motstand R_2 og effekttapet i motstand R_3 .

Spenningen over dioden er gitt ved Shocleys likning $I = I_0(e^{U_d/(nV_0)} - 1)$. Siden I er stor i forhold til I_0 så er $U_d = nV_0 \ln(I/I_0)$. Dette er

$$U_d = 2 \cdot 0.026V \cdot \ln(10^{-3}A/10^{-8}A) = 0.60V.$$

Vi går derfor ut i fra at spenningen over dioden er $0.60V$ og bruker dette til å finne strømstyrkene. Spenningen over resistanse R_2 er $U_1 + U_2 - U_d = 2.00V + 3.00V - 0.60V = 4.40V$ ved Kirchhoffs andre lov. Ved Ohm lov er derfor strømstyrken gjennom R_2 lik

$$I_2 = \frac{4.40V}{6.00 \cdot 10^3\Omega} = 0.73mA.$$

Spenningen over R_3 og R_4 i parallell er også $4.40V$. Resultantmotstanden deres er $R_3 + R_4$. Dette er lik R_2 , så strømstyrken gjennom R_3 er $0.73mA$. Effekttapet i R_3 er derfor $P = R_3 \cdot I_3^2 = 2.0k\Omega \cdot (0.73mA)^2 = 1.1mW$.

b) Finn resistansen til motstand R_1 .

La I_1 betegne strømstyrken gjennom R_1 i retning nedover. La $I_5 = I_2 + I_3 = 1.47mA$ vere strømstyrken gjennom batteri U_2 . Ved Kirchhoffs første lov er da Strømmen gjennom dioden, I_d , lik $I_5 + I_1$. Ved Kirchhoffs andre lov er spenningen over R_1 lik $1.40V$. Dette er også lik $R_1 \cdot I_1 = R_1(I_d - I_5)$. Dette gir at

$$R_1 = \frac{1.40V}{-0.47mA} = -3.00k\Omega.$$

(Dette svarer til spenningsøkning og ikke spenningsfall over resistoren i strømretningen.) Så det er ikke mulig å finne en slik motstand R_1 , med tallene som er oppgitt i oppgaven.

Hvis for eksempel I_d hadde vært $2mA$ i stede for $1mA$ (anta at U_d er uendret) da hadde resistansen vært $\frac{1.40V}{2mA-1.47mA} = 2.6k\Omega$.