

EKSAMENSOPPGAVE

Fag: Elektronikk IRE 20012

Lærer/telefon: Per Thomas Huth/90955659

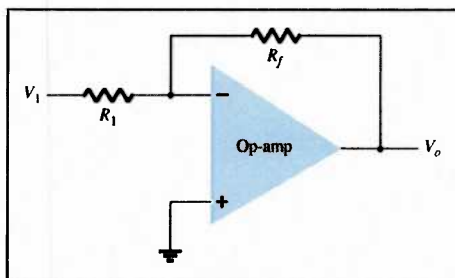
| | | |
|---|-----------------------------------|------------------------------|
| Grupper: 12ELE, 12ELEY | Dato: 13. desember 2013 | Tid: 09.00 – 13.00 |
| Antall oppgavesider: 5 | Antall vedleggsider: 5 | |
| Sensurfrist: 16.1.2014 | | |
| Hjelpemidler: Kalkulator. Skrivesaker. Personlig formelsamling på 10 ark. (Maskin eller håndskrevet.) | | |
| KANDIDATEN MÅ SELV KONTROLLERE AT OPPGAVESETTET ER FULLSTENDIG | | |

Generelt for alle oppgaver gjelder at alle svar må begrunnes. Alle deloppgaver (a, b...) teller like mye.

OPPGAVE -1

Koplingene under benytter ideelle operasjonsforsterkere.

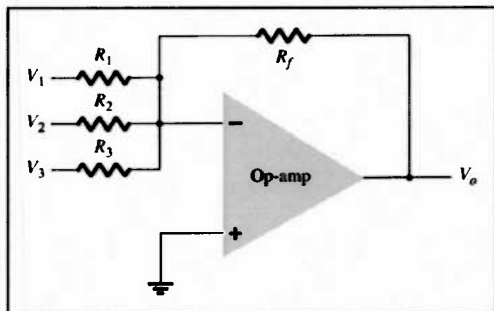
- Hva kjennetegner en ideell operasjonsforsterker?
- Finn et uttrykk for utgangsspenningen som funksjon av spenningen inn i figur1 **under**. Hva slags krets er dette?



Figur 1. Op amp krets.

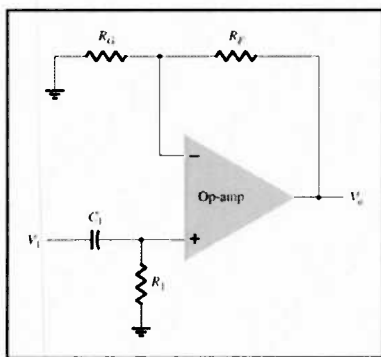
- Finn et uttrykk for utgangsspenningen som funksjon av spenningen inn i figur 2 **under**. Hva slags krets er dette?

d) Hva blir utgangspenningen om alle motstandene er like og inngangene alle lik 10 volt?



Figur 2. Op amp krets.

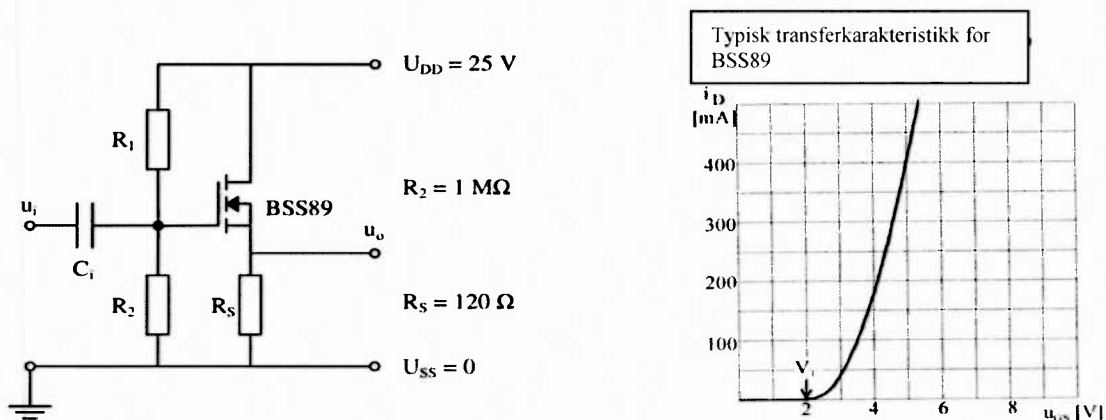
- e) Finn transferfunksjonen $H(s)$ for kretsen i figur 3 **under** med hensyn til utgang v_o og inngang v_i .
- f) Anta at $R_G \gg R_F$. Hva blir $H(s)$ nå?
- g) Utled grensefrekvensen til filteret ut i fra $|H(j2\pi f)|$. Ta utgangspunkt i -3dB punktet.
- h) Hva slags krets er dette?



Figur 3. Op amp krets.

OPPGAVE - 2

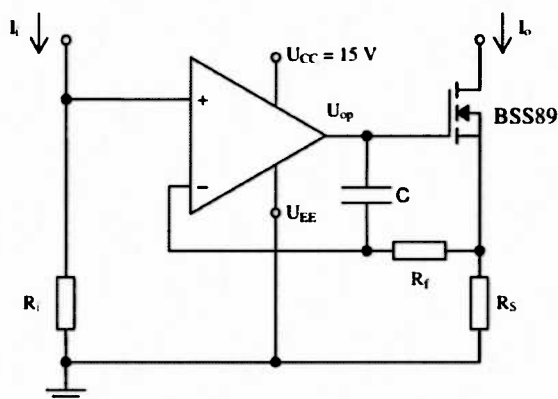
Kretsen under er bygget rundt en E-MOSFET med tilhørende karakteristikk.



Figur 4. MOSFET -krets

- Hva slags krets er dette?
- Finn U_{GS} til kretsen når det går en kanalstrøm på 100mA.
- Finn øvrige arbeidspunktspenninger: U_{DS} og U_G .
- Finn R_1 slik at arbeidspunktene blir de samme som over.
- Finn inngangsimpedansen til kretsen.
- Erstatt R_2 med en ideell zenerdiode som forspennes i sperreretning. Hva må zenerspenningen være for at arbeidspunktene til kretsen ikke forandres?
- Zenerspenningen settes til 13 volt. Da kan R_S korrigeres slik at strømmen arbeidspunktet opprettholdes. Hva blir den nye verdien på R_S ?
- Hvordan kan du forandre forspenningsnettverket slik at inngangsimpedansen blir i M-ohms området uten å forandre R_1 og R_2 ? Lag en skisse.

Den samme typen transistor BSS89 som er benyttet over også brukt for kretsen i Figur 5. Vi regner operasjonsforsterkeren som ideell. Man ønsker at $I_o = 200\text{ mA}$ ved $I_i = 100\text{ mA}$. (LIKESTRØM)

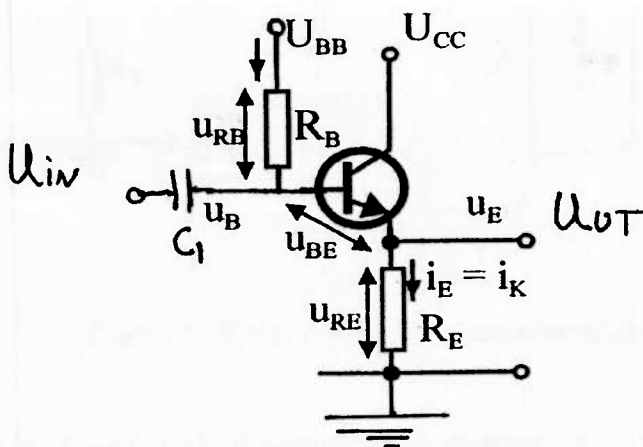


Figur 5. Ukjent krets

- i) Finn uttrykket for I_o som en funksjon av I_i og motstandene (Kun to).
- j) Hva slags funksjon har denne kretsen.
- k) Beregn R_i når $R_s = 17 \Omega$.
- l) Hva blir spenningen over gate-source?
- m) Hvis utgangen av OpAmpen legges til halvparten av driftsspenningen. Hva blir verdien av R_s for at $I_o = 200 \text{ mA}$ som før?

OPPGAVE - 3

- a) Transistoren som brukes i **hele** oppgaven er en BC547B. Hva er kollektor emitter sammenbruddspenningen for denne og under hvilke forhold er den målt.
- b) Hva slags kopling er vist i figur 6.



Figur 6. Transistorkopling

- c) Kretsen i figur 6 har følgende spennings, konstanter og komponentverdier: $U_{CC} = 14$ V, $U_{BB} = 6.0$ V, $R_B = 47$ k Ω , $R_E = 2,4$ k Ω , $n = 1.3$ og $V_T = 25$ mV. Finn strømforsterkningen β fra data om transistoren. Hva er maksimal, minimal og typisk verdi. Bruk typisk verdi videre i oppgaven.
- d) Finn arbeidspunktstrømmen (I_{KQ}) ved hjelp av en overslagsberegning.
- e) Finn arbeidspunktspenningen U_{KEQ} ved hjelp av overslagsberegninger.
- f) Finn kretsens forsterkning for små signaler og middels frekvenser.
- g) Beregn inngangsresistansen og utgangsresistansen til kretsen uten å ta hensyn til earlyeffekten.
- h) Hvilken nedre grensefrekvens vil vi få på inngangen hvis $C_1 = 120$ nF.
- i) Kretsen som er regnet på til nå er en ekvivalent. Forelå et forspenningsnettverk som gjør at man bare trenger en spenningskilde (U_{CC}). Tegn en skisse.
- j) Dimensjoner forspenningsnettverket så det stemmer med ekvivalenten.

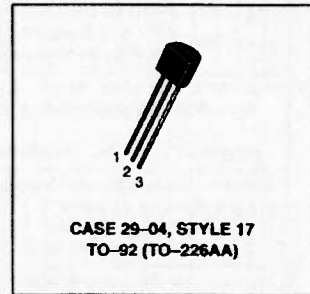
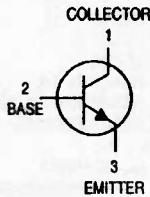
Vedlegg -1

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
 by BC546/D

Amplifier Transistors
NPN Silicon

BC546, B
BC547, A, B, C
BC548, A, B, C



MAXIMUM RATINGS

| Rating | Symbol | BC 546 | BC 547 | BC 548 | Unit |
|--|----------------|-------------|--------|--------|------------------------------|
| Collector-Emitter Voltage | V_{CE0} | 65 | 45 | 30 | Vdc |
| Collector-Base Voltage | V_{CBO} | 80 | 50 | 30 | Vdc |
| Emitter-Base Voltage | V_{EBO} | 6.0 | | | Vdc |
| Collector Current - Continuous | I_C | 100 | | | mA dc |
| Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C | P_D | 625 5.0 | | | mW mW/ $^\circ\text{C}$ |
| Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C | P_D | 1.5 12 | | | Watt mW/ $^\circ\text{C}$ |
| Operating and Storage Junction Temperature Range | T_J, T_{stg} | -55 to +150 | | | $^\circ\text{C}$ |

THERMAL CHARACTERISTICS

| Characteristic | Symbol | Max | Unit |
|---|-----------------|------|--------------------|
| Thermal Resistance, Junction to Ambient | $R_{\theta JA}$ | 200 | $^\circ\text{C/W}$ |
| Thermal Resistance, Junction to Case | $R_{\theta JC}$ | 83.3 | $^\circ\text{C/W}$ |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

| Characteristic | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|--|---------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| OFF CHARACTERISTICS | | | | | |
| Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1.0\text{ mA}, I_B = 0$) | BC546 BC547 BC548 | $V_{(BR)CEO}$ | 65 45 30 | — — — | V |
| Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\ \mu\text{A dc}$) | BC546 BC547 BC548 | $V_{(BR)CBO}$ | 80 50 30 | — — — | V |
| Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10\ \mu\text{A}, I_C = 0$) | BC546 BC547 BC548 | $V_{(BR)EBO}$ | 6.0 6.0 6.0 | — — — | V |
| Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 70\text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 50\text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 35\text{ V}, V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 30\text{ V}, T_A = 125^\circ\text{C}$) | BC546 BC547 BC548 BC546/547/548 | I_{CES} | — — — — | 0.2 0.2 0.2 — | nA μA |

REV 1

© Motorola, Inc. 1996



Vedlegg - 2

BC546, B BC547, A, B, C BC548, A, B, C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

| Characteristic | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|--|------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------|
| ON CHARACTERISTICS | | | | | |
| DC Current Gain ($I_C = 10 \mu\text{A}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$) | BC547A/548A | — | 90 | — | — |
| | BC546B/547B/548B | — | 150 | — | — |
| | BC548C | — | 270 | — | — |
| ($I_C = 2.0 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$) | BC546 | 110 | — | 450 | — |
| | BC547 | 110 | — | 800 | — |
| | BC548 | 110 | — | 800 | — |
| | BC547A/548A | 110 | 180 | 220 | — |
| | BC546B/547B/548B | 200 | 290 | 450 | — |
| | BC547C/BC548C | 420 | 520 | 800 | — |
| ($I_C = 100 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$) | BC547A/548A | — | 120 | — | — |
| | BC546B/547B/548B | — | 180 | — | — |
| | BC548C | — | 300 | — | — |
| Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10 \text{ mA}$, $I_B = 0.5 \text{ mA}$) ($I_C = 100 \text{ mA}$, $I_B = 5.0 \text{ mA}$) ($I_C = 10 \text{ mA}$, $I_B = \text{See Note 1}$) | $V_{CE(sat)}$ | — | 0.09 0.2 0.3 | 0.25 0.6 0.6 | V |
| Base–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10 \text{ mA}$, $I_B = 0.5 \text{ mA}$) | $V_{BE(sat)}$ | — | 0.7 | — | V |
| Base–Emitter On Voltage ($I_C = 2.0 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$) ($I_C = 10 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$) | $V_{BE(on)}$ | 0.55 — | — — | 0.7 0.77 | V |
| SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS | | | | | |
| Current–Gain — Bandwidth Product ($I_C = 10 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$, $f = 100 \text{ MHz}$) | f_T | 150 150 150 | 300 300 300 | — — — | MHz |
| Output Capacitance ($V_{CB} = 10 \text{ V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0 \text{ MHz}$) | C_{obo} | — | 1.7 | 4.5 | pF |
| Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5 \text{ V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0 \text{ MHz}$) | C_{ibo} | — | 10 | — | pF |
| Small–Signal Current Gain ($I_C = 2.0 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$) | h_{fe} | 125 125 125 240 450 | — — 220 330 600 | 500 900 260 500 900 | — |
| Noise Figure ($I_C = 0.2 \text{ mA}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$, $R_S = 2 \text{ k}\Omega$, $f = 1.0 \text{ kHz}$, $\Delta f = 200 \text{ Hz}$) | NF | — — — | 2.0 2.0 2.0 | 10 10 10 | dB |

Note 1: I_B is value for which $I_C = 11 \text{ mA}$ at $V_{CE} = 1.0 \text{ V}$.

Vedlegg - 3

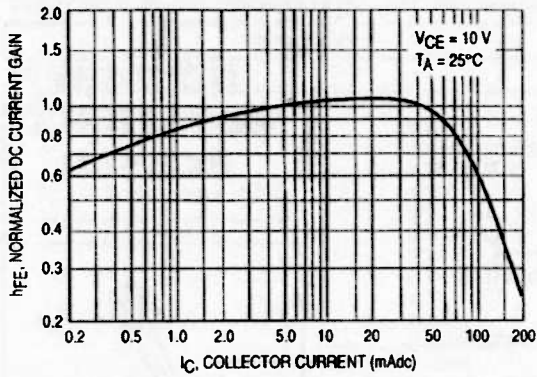


Figure 1. Normalized DC Current Gain

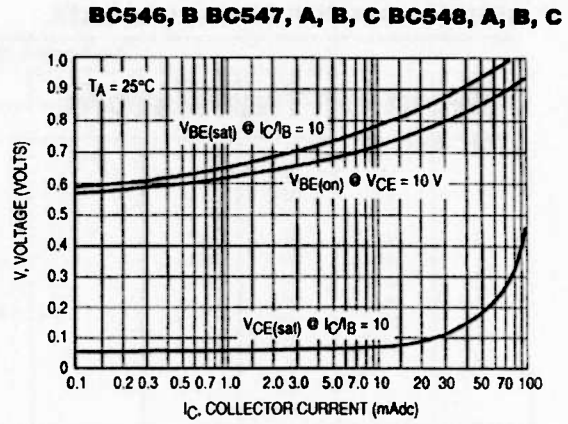


Figure 2. "Saturation" and "On" Voltages

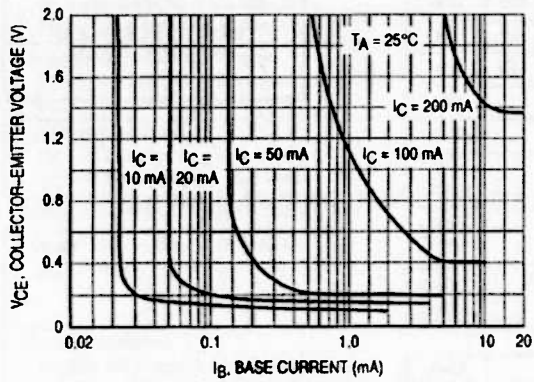


Figure 3. Collector Saturation Region

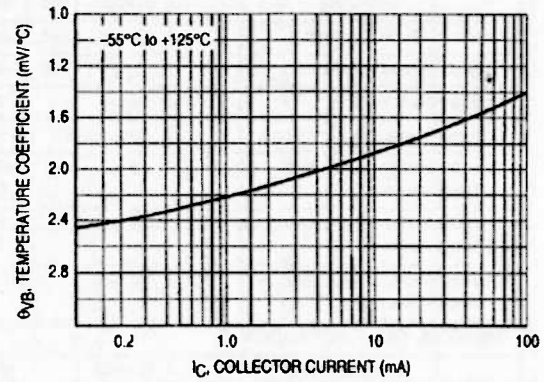


Figure 4. Base-Emitter Temperature Coefficient

BC547/BC548

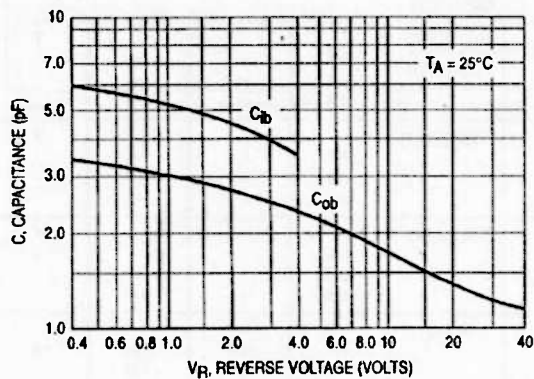


Figure 5. Capacitances

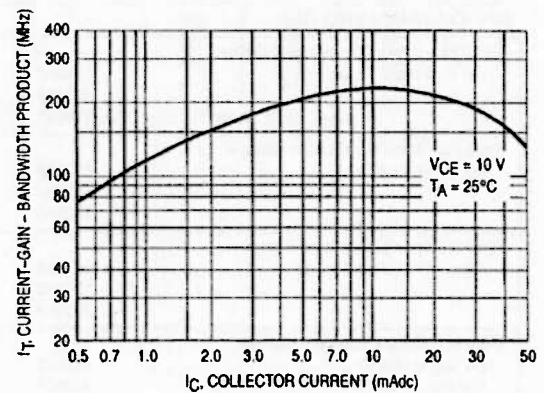


Figure 6. Current-Gain - Bandwidth Product

Vedlegg - 4

Philips Semiconductors

Product specification

N-channel enhancement mode
vertical D-MOS transistor

BSS89

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | MAX. | UNIT |
|-----------|---------------------------|--|------|----------|------------------|
| V_{DS} | drain-source voltage (DC) | | - | 200 | V |
| V_{GSO} | gate-source voltage (DC) | open drain | - | ± 20 | V |
| I_D | drain current (DC) | | - | 300 | mA |
| I_{DM} | peak drain current | | - | 1.2 | A |
| P_{tot} | total power dissipation | $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$; note 1 | - | 1 | W |
| T_{stg} | storage temperature | | -55 | +150 | $^\circ\text{C}$ |
| T_j | junction temperature | | - | 150 | $^\circ\text{C}$ |

THERMAL CHARACTERISTICS

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | VALUE | UNIT |
|---------------|---|------------|-------|------|
| $R_{th(j-a)}$ | thermal resistance from junction to ambient | note 1 | 125 | K/W |

Note to the Limiting values and Thermal characteristics

1. Device mounted on a printed-circuit board, maximum lead length 4 mm; mounting pad for drain lead minimum 10×10 mm.

CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
|---|----------------------------------|--|------|------|-----------|---------------|
| $V_{(BR)DSS}$ | drain-source breakdown voltage | $V_{GS} = 0$; $I_D = 250 \mu\text{A}$ | 200 | - | - | V |
| V_{GSth} | gate-source threshold voltage | $V_{DS} = V_{GS}$; $I_D = 1 \text{ mA}$ | 0.8 | - | 2.8 | V |
| I_{DSS} | drain-source leakage current | $V_{DS} = 60 \text{ V}$; $V_{GS} = 0$ | - | - | 200 | nA |
| | | $V_{DS} = 200 \text{ V}$; $V_{GS} = 0$ | - | 0.1 | 60 | μA |
| I_{GSS} | gate leakage current | $V_{DS} = 0$; $V_{GS} = \pm 20 \text{ V}$ | - | - | ± 100 | nA |
| R_{DSon} | drain-source on-state resistance | $V_{GS} = 10 \text{ V}$; $I_D = 400 \text{ mA}$ | - | 4.5 | 6 | Ω |
| $ y_{fs} $ | forward transfer admittance | $I_D = 400 \text{ mA}$; $V_{DS} = 25 \text{ V}$ | 140 | 350 | - | mS |
| C_{iss} | input capacitance | $V_{DS} = 25 \text{ V}$; $V_{GS} = 0$; $f = 1 \text{ MHz}$ | - | 45 | - | pF |
| C_{oss} | output capacitance | $V_{DS} = 25 \text{ V}$; $V_{GS} = 0$; $f = 1 \text{ MHz}$ | - | 15 | - | pF |
| C_{rss} | reverse transfer capacitance | $V_{DS} = 25 \text{ V}$; $V_{GS} = 0$; $f = 1 \text{ MHz}$ | - | 3.5 | - | pF |
| Switching times (see Figs 2 and 3) | | | | | | |
| t_{on} | turn-on time | $V_{GS} = 0$ to 10 V ; $V_{DD} = 50 \text{ V}$; $I_D = 250 \text{ mA}$ | - | 5 | - | ns |
| t_{off} | turn-off time | $V_{GS} = 10$ to 0 V ; $V_{DD} = 50 \text{ V}$; $I_D = 250 \text{ mA}$ | - | 15 | - | ns |

Vedlegg - 5

Generelle laplacetransformasjoner:

| | Tidsfunksjon | Laplacetransform |
|---------------------|---------------------------------------|---|
| 1 | $u(t)$ | $U(s)$ |
| 2 | $k_1 \cdot u_1(t) + k_2 \cdot u_2(t)$ | $k_1 \cdot U_1(s) + k_2 \cdot U_2(s)$ |
| 3 | $u'(t)$ | $sF(s) + f(0)$ |
| 4 | $\int_0^t u(\tau) d\tau$ | $\frac{1}{s} U(s)$ |
| 5 | Sprang med høyde U_0 (pulsflanke) | $\frac{U_0}{s}$ |
| Sluttverditeoremet: | | $\lim_{s \rightarrow 0} sF(s) = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t)$ |

Noen konkrete sprang(puls)responser når sprang(puls)høyden er U_0 :

(Du finner mange flere varianter i en matematisk tabell)

| | Transferfunksjon $H_A(s)$ | Respons på sprang(puls) med høyde U_0 |
|---------------------|--|---|
| Lavpass (RC) | $\frac{K}{s\tau + 1} \quad \tau = RC$ | $u(t) = KU_0(1 - e^{-t/\tau})$ |
| Høypass (RC) | $K \frac{s\tau}{s\tau + 1} \quad \tau = RC$ | $u(t) = KU_0 e^{-t/\tau}$ |
| Integrator (C) | K/s | $u(t) = K \cdot U_0 \cdot t$ |
| Lav og Høypass (RC) | $\frac{K(s\tau_1 + 1)}{(s\tau_2 + 1)} \quad \tau_1 = R_1C, \tau_2 = R_2C$ | $u(t) = KU_0(1 + \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_2} e^{-t/\tau_2})$ |
| Lavpass (RLC), VCVS | $\frac{K}{((\frac{s}{2\pi f_0})^2 + (\frac{s}{2\pi f_0})\frac{1}{Q} + 1)}$ | $u(t) = KU_0 \left(1 - \frac{2Qe^{-\pi f_0 t/Q}}{\sqrt{4Q^2 - 1}} \cos(\sqrt{4Q^2 - 1} \pi f_0 t / Q - \varphi) \right)$ $\varphi = \text{Arcsin} \zeta \quad \text{når } Q \geq \frac{1}{2}$ |

Sammenhengen mellom frekvensrespons $A(f)$ og transferfunksjonen $H_A(s)$ for en krets:
Bytt ut laplacevariabelen s i transferfunksjonen $H_A(s)$ med $2\pi j f$ og ta modulus (absoluttverdi):
 $A(f) = |H_A(2\pi j f)|$.