

## EKSAMENSOPPGAVE

Fag: Elektronikk IRE 20012

Lærer/telefon: Per Thomas Huth/90955659

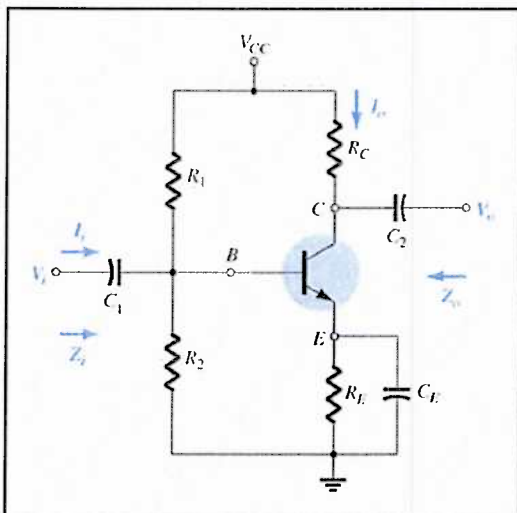
<b>Grupper:</b> 13ELE, 13ELEY	<b>Dato:</b> 12. desember 2014	<b>Tid:</b> 09.00 – 13.00
<b>Antall oppgavesider:</b> 5 (Inkludert forsiden)	<b>Antall vedleggsider:</b> 5	
<b>Sensurfrist:</b> 19.1.2014		
<b>Hjelpemidler:</b> Kalkulator. Skrivesaker. Personlig formelsamling på 10 ark. (Maskin eller håndskrevet.)		
<b>KANDIDATEN MÅ SELV KONTROLLERE AT OPPGAVESETTET ER FULLSTENDIG</b>		

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

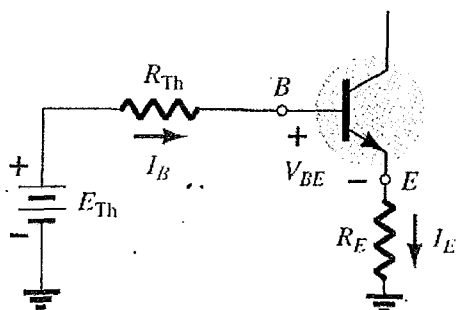
### OPPGAVE – 1

- Hva er egenskapene til koplingen under?
- Transistoren som benyttes er en BC 547B. Finn typisk verdi for  $\beta$ . Forklar forskjellen på  $\beta$  som benyttes til vekselstrøm og likestrøm.

Bruk typisk verdi på  $\beta$  videre i oppgaven for både AC- og DC-beregninger.



- c) Figuren under viser en ekvivalent på inngangen for kretsen. Vis at:  
 $R_{Th} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$  og at  $E_{Th} = V_{cc} R_2 / (R_1 + R_2)$ . (NB vis det ut i fra å regne på kretsene.)

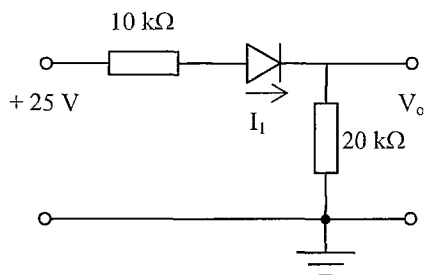


Data for kretsen er følgende:  $V_{cc} = 15V$ ,  $R_1 = 180 k\Omega$ ,  $R_2 = 33 k\Omega$ ,  $R_C = 6,8 k\Omega$ ,  $R_E = 1,5 k\Omega$ ,  $C_1 = 10 \mu F$ ,  $r_o = 35 k\Omega$ . Fra EM likning er:  $V_T = 25mV$  ved romtemperatur og  $n = 1,3$ .

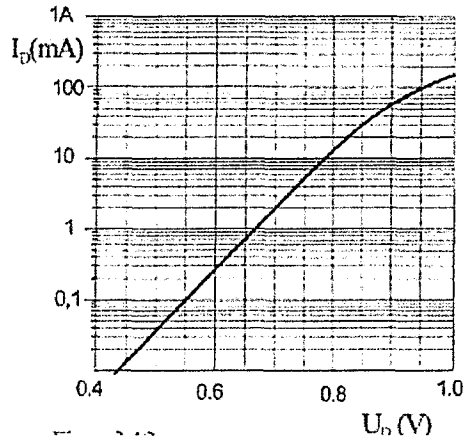
- d) Finn  $R_{Th}$  og  $E_{Th}$ .
- e) Finn  $I_{BQ}$ ,  $I_{CQ}$  og  $V_{CEQ}$ .
- f) Tegn re - småsignalmodellen for hele kretsen. Ta hensyn til earlyeffekten.
- g) Finn inngangsmotstanden til forsterkeren sett fra signalkilden ( $V_i$ ).
- h) Finn utgangsmotstanden til kretsen.
- i) Finn kretsens forsterkning med og uten last.
- j) Forklar hvordan earlyeffekten påvirker beregningene i h) og i).
- k) Finn grensefrekvensen på inngangen.
- l) Finn transferfunksjonen  $H(s)$  for filteret på inngangen. Hva slags filter?
- m) Vi påtrykker et innsignal som er et sprang med høyde  $U_0$ . Finn  $U(s)$  og  $U(t)$ .
- n) Skisser forløpet for  $U(t)$  når  $U_0 = 5 V$ .
- o) Beregn falltiden til  $U(t)$ .

## OPPGAVE – 2

- a) Finn  $I_1$  og  $V_0$  i figuren under ved hjelp av metoden med diodedropp.



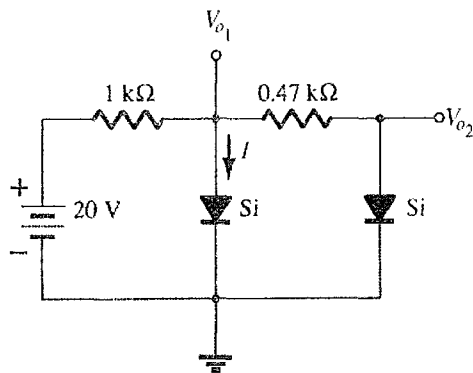
b) Korriger beregningene ved hjelp av kurvebladet under.



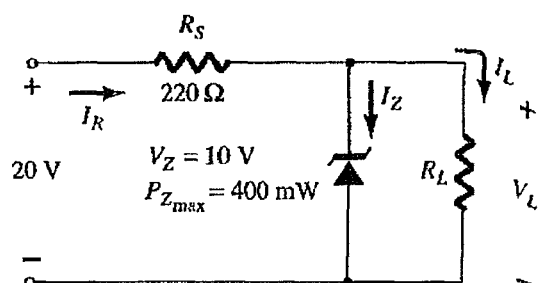
Kurvebladet over kan beskrives av Ebers Molls likning for dioder:  $I_D = I_S \exp(u_D/(nV_T))$  hvor:

- $I_D$ : Strømmen i dioden.
- $I_S$ : Metningstrømmen.
- $U_D$ : Spenningen over dioden
- $V_T$ : Konstant som er 25mV ved romtemperatur.
- $n$ : Kontant som er avhengig av dioden og fabrikkasjonsmetoden for den.

- c) Bruk kurvebladet og likningen til å finne den spesifikke verdien av  $n$  for denne dioden.
- d) Finn den uttrykket til den dynamiske motstanden  $r_D$ , ut i fra Ebers Moll likning.
- e) I figuren under. Finn  $V_{01}$  og  $V_{02}$ , samt alle strømmer som går gjennom komponentene. Bruk diodedropp.



f) I kretsen under finn  $V_L$  og alle strømmene når  $R_L = 180 \Omega$ .

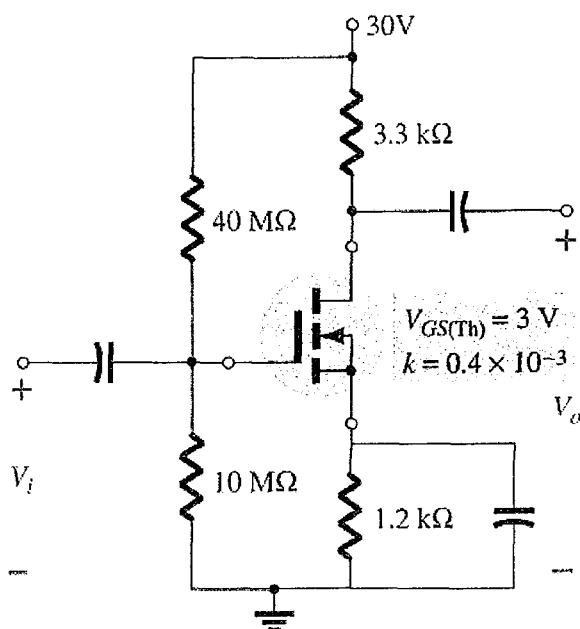


g) Hva om  $R_L = 470 \Omega$ . Finn  $V_L$  og alle strømmene.

### OPPGAVE -3

a) Hvilke egenskaper har kretsen under og hvilken type transistor er benyttet.

b) Finn  $V_{GSQ}$  når  $I_{SQ} = 1\text{mA}$ .

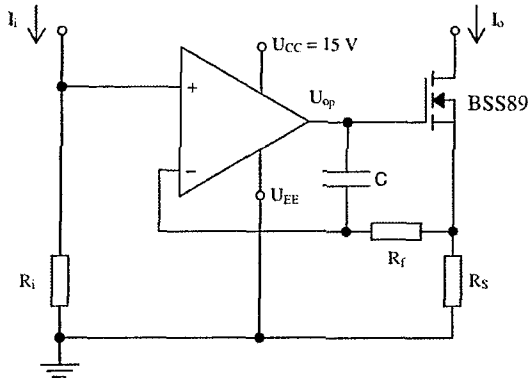


c) Finn forsterkningen til kretsen.

d) Finn inngangsimpedansen til kretsen.

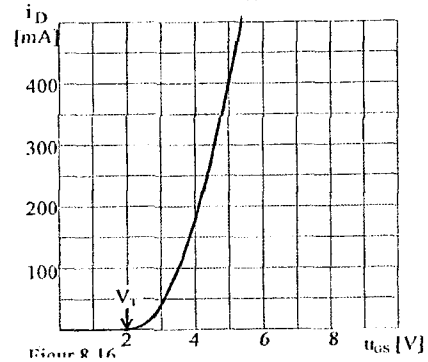
e) Hvordan kan man enkelt øke kretsens inngangsimpedans til over  $20 \text{ M}\Omega$  uten å påvirke kretsen ellers?

Koplingen under benytter ideell operasjonsforsterker og en E-MOSFET av type BSS89  
Man ønsker at  $I_o = 200$  mA ved  $I_i = 100$  mA. (LIKESTRØM)



Typisk transferkarakteristikk for BSS89

Drain-Sourcestrøm ved  $u_{DS} = 25$  V



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

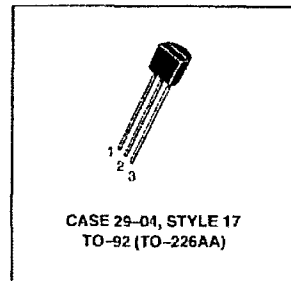
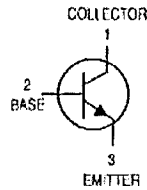
Vedlegg -1

**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	$V_{CEO}$	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 $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625			mW
		5.0			mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5			Watt
		12			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	$R_{\theta JC}$	63.3	$^\circ\text{C/W}$

**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	$V_{(BR)CEO}$	65	—	—	V
	BC547		45	—	—	
	BC548		30	—	—	
Collector-Base Breakdown Voltage ( $I_C = 100\ \mu\text{A dc}$ )	BC546	$V_{(BR)CBO}$	80	—	—	V
	BC547		50	—	—	
	BC548		30	—	—	
Emitter-Base Breakdown Voltage ( $I_E = 10\ \mu\text{A}, I_C = 0$ )	BC546	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	—	V
	BC547		6.0	—	—	
	BC548		6.0	—	—	
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	$I_{CES}$	—	0.2	15	nA
	BC547		—	0.2	15	
	BC548		—	0.2	15	
	BC546/547/548		—	—	4.0	
	BC546/547/548		—	—	4.0	

REV 1

© Motorola, Inc. 1995



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
<b>DC CHARACTERISTICS</b>					
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 <sub>C</sub> = 2.0 mA, V <sub>CE</sub> = 5.0 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 <sub>C</sub> = 100 mA, V <sub>CE</sub> = 5.0 V)	BC547A/548A	—	120	—	—
	BC546B/547B/548B	—	180	—	—
	BC548C	—	300	—	—
Collector-Emitter Saturation Voltage (I <sub>C</sub> = 10 mA, I <sub>B</sub> = 0.5 mA)	V <sub>CE(sat)</sub>	—	0.09	0.25	V
(I <sub>C</sub> = 100 mA, I <sub>B</sub> = 5.0 mA)		—	0.2	0.6	
(I <sub>C</sub> = 10 mA, I <sub>B</sub> = See Note 1)		—	0.3	0.6	
Base-Emitter Saturation Voltage (I <sub>C</sub> = 10 mA, I <sub>B</sub> = 0.5 mA)	V <sub>BE(sat)</sub>	—	0.7	—	V
Base-Emitter On Voltage (I <sub>C</sub> = 2.0 mA, V <sub>CE</sub> = 5.0 V)	V <sub>BE(on)</sub>	0.55	—	0.7	V
		—	—	0.77	
<b>SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS</b>					
Current-Gain — Bandwidth Product (I <sub>C</sub> = 10 mA, V <sub>CE</sub> = 5.0 V, f = 100 MHz)	f <sub>T</sub>	150	300	—	MHz
Output Capacitance (V <sub>CB</sub> = 10 V, I <sub>C</sub> = 0, f = 1.0 MHz)	C <sub>obo</sub>	—	1.7	4.5	pF
		—	—	—	
		—	—	—	
Input Capacitance (V <sub>EB</sub> = 0.5 V, I <sub>C</sub> = 0, f = 1.0 MHz)	C <sub>ibo</sub>	—	10	—	pF
Small-Signal Current Gain (I <sub>C</sub> = 2.0 mA, V <sub>CE</sub> = 5.0 V, f = 1.0 kHz)	BC546	125	—	500	—
	BC547/548	125	—	900	—
	BC547A/548A	125	220	260	—
	BC546B/547B/548B	240	330	500	—
	BC547C/548C	450	600	900	—
Noise Figure (I <sub>C</sub> = 0.2 mA, V <sub>CE</sub> = 5.0 V, R <sub>S</sub> = 2 kΩ, f = 1.0 kHz, Δf = 200 Hz)	NF	—	2.0	10	dB
		—	2.0	10	
		—	2.0	10	

Note 1: I<sub>B</sub> is value for which I<sub>C</sub> = 11 mA at V<sub>CE</sub> = 1.0 V.

Vedlegg - 3

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

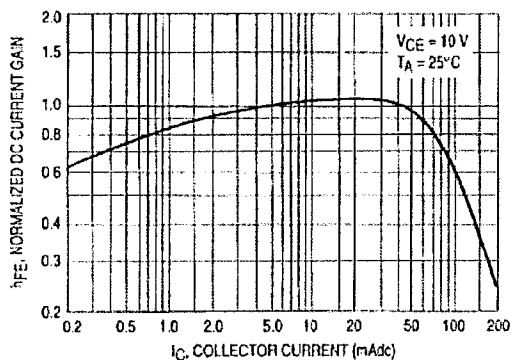


Figure 1. Normalized DC Current Gain

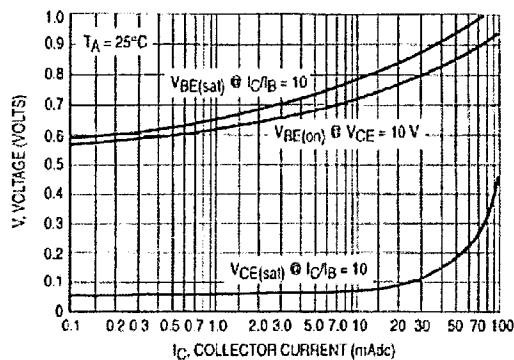


Figure 2. "Saturation" and "On" Voltages

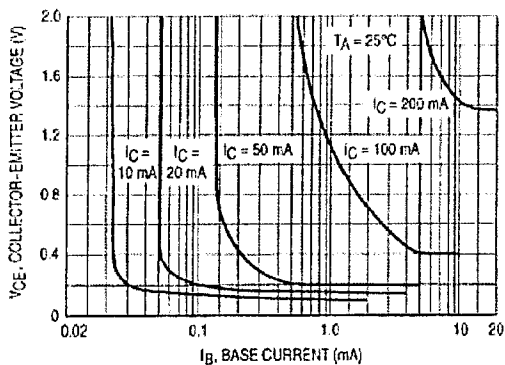


Figure 3. Collector Saturation Region

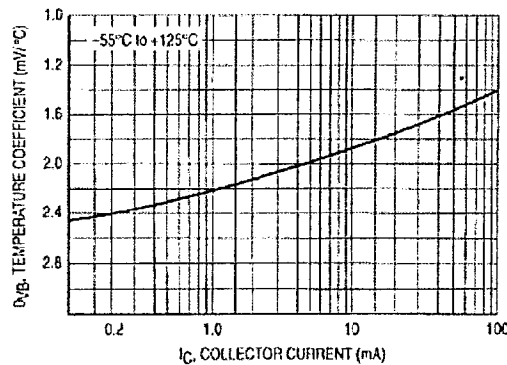


Figure 4. Base-Emitter Temperature Coefficient

BC547/BC548

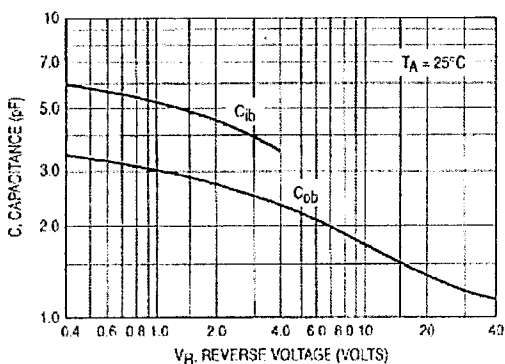


Figure 5. Capacitances

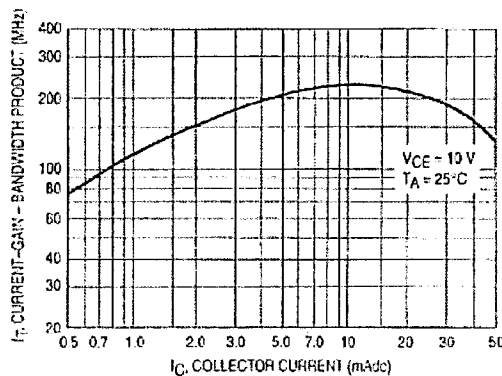


Figure 6. Current-Gain - Bandwidth Product



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	–	$\pm 20$	V
$I_D$	drain current (DC)		–	300	mA
$I_{DM}$	peak drain current		–	1.2	A
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ °C}$ ; note 1	–	1	W
$T_{stg}$	storage temperature		–55	+150	°C
$T_j$	junction temperature		–	150	°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**

$T_j = 25\text{ °C}$  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	$\mu\text{A}$
$I_{GSS}$	gate leakage current	$V_{DS} = 0$ ; $V_{GS} = \pm 20\ \text{V}$	–	–	$\pm 100$	nA
$R_{DS(on)}$	drain-source on-state resistance	$V_{GS} = 10\ \text{V}$ ; $I_D = 400\ \text{mA}$	–	4.5	6	$\Omega$
$ 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
<b>Switching times (see Figs 2 and 3)</b>						
$t_{on}$	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)	$\frac{K}{s\tau + 1}$ $\tau = RC$	$u(t) = KU_0(1 - e^{-t/\tau})$
Høypass (RC)	$K \frac{s\tau}{s\tau + 1}$ $\tau = RC$	$u(t) = KU_0 e^{-t/\tau}$
Integrator (C)	$K/s$	$u(t) = K \cdot U_0 \cdot t$
Lav og Høypass (RC)	$\frac{K(s\tau_1 + 1)}{(s\tau_2 + 1)}$ $\tau_1 = R_1C, \tau_2 = R_2C$	$u(t) = KU_0(1 + \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_2} e^{-t/\tau_2})$
Lavpass (RLC), VCVS	$\frac{K}{(\frac{s}{2\pi f_0})^2 + (\frac{s}{2\pi f_0}) \frac{1}{Q} + 1}$	$u(t) = KU_0 \left( 1 - \frac{2Qe^{-\pi f_0 t/Q}}{\sqrt{4Q^2 - 1}} \cos(\sqrt{4Q^2 - 1} \pi f_0 t / Q - \varphi) \right)$ $\varphi = \text{Aresinc}$ 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  $2\pi jf$  og ta modulus (absoluttverdi):  
 $A(f) = |H_A(2\pi jf)|$ .