

ELECTRÓNICA DE POTENCIA – PARCIAL 1
FACULTAD DE ING. ELÉCTRICA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

Nombre: William S. López R.
Prof. Abdiel Bolaños

Cédula: 4-746-988
Fecha: 2 - 5 - 2013

I- RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS (5 puntos cada una)

1. Para un transistor con un snubber de bloqueo que trabaja a 90V con una corriente de carga de 25A, cuánto se supone (según las fórmulas) que es el valor máximo posible de la corriente de descarga del capacitor.
2. Qué tipo de transistor de potencia recomendaría para una aplicación automotriz y por qué?

II- ENCIERRE EN UN CIRCULO LA LETRA DE LOS ENUNCIADOS CORRECTOS EN CADA PREGUNTA. (5 puntos cada una)

1. Para un transistor bipolar de potencia que espesor de la región n- le permitiría soportar mayores voltajes.
- a. 50 μ m
 - b. 100 μ m
 - c. 200 μ m
2. La recuperación reversa de un diodo de potencia es un fenómeno que se da cuando
- a. El diodo está conduciendo y se abre el circuito que lleva la corriente de ánodo.
 - b. El diodo está conduciendo y se polariza el mismo inversamente
 - c. El diodo está próximo a fallar
3. Con relación a la electrónica de potencia:
- a. Los semiconductores de potencia deben trabajar o en corte o en saturación
 - b. Se utiliza para enviar información
 - c. Las pérdidas por conmutación afectan el tamaño del disipador de calor
 - d. Se utiliza para el control de velocidad de motores AC
4. En cuanto a los transistores de potencia:
- a. Los MOSFET son excelentes para voltajes superiores a los 400V
 - b. Los IGBT tienen menos pérdidas que los MOSFET a bajos voltajes
 - c. La cola de corriente de los MOSFET limita su frecuencia de operación
 - d. Los snubbers utilizados reducen las pérdidas por conmutación.

III. RESUELVA LOS SIGUIENTES PROBLEMAS

1. Se quiere utilizar un IGBT IRG4P254S para conmutar una carga inductiva de 24A y 180V. La frecuencia de operación puede ser 2.5kHz o 8kHz y el ciclo de trabajo puede variar entre 0.2 y 0.75. La temperatura ambiente varía entre 20 y 37°C. Como criterio de diseño es de interés que el costo del disipador sea el menor posible. $\rightarrow T_{\text{amb}} = 25^\circ\text{C}, f = 2.5\text{kHz}$

a. Calcule la resistencia térmica máxima del disipador de calor y escoja el menor disipador posible indicando su número y resistencia térmica.

20 pts

b. Calcule los snubber de bloqueo y disparo considerando que $C_s = C_{sl}$ y que $\Delta V_{ce} = 0.5V_d$ y $\Delta V_{ce_{MAX}} = 1.17V_d$.

30 pts

c. Escoja un nuevo disipador considerando la reducción en las pérdidas de potencia en el transistor.

20 pts

FORMULAS:

$$P_{ON} = DI_O^2 R_{DS(on)} = DI_O V_{CE(on)}$$

$$P_S = V_d I_O f_s (t_r + t_f)$$

$$P_{TOT} = P_S + P_{ON}$$

$$T_{Jmax} = T_A + P_{TOT} (R_{JC} + R_{CS} + R_{SA})$$

Snubber

Bloqueo

$$C_{SI} = \frac{I_O t_f}{2V_d}$$

$$V_d = 0.2 I_O$$

$$P_{RS} = \frac{C_S V_d^2}{2} f_s$$

$$P_{RLS} = \frac{L_S I_O^2}{2} f_s$$

$$\text{Disaparo } \Delta V_{CE} = \frac{L_S I_O}{t_r}$$

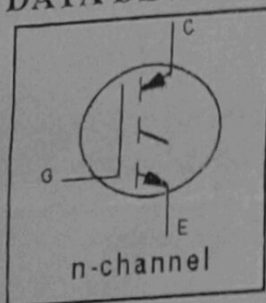
$$\Delta V_{CE,max} = R_{LS} I_O$$

$$P_Q = \frac{V_{CE} I_O t_r}{2} f_s$$

Perdidas de bloqueo con snubber

$$P_Q = \frac{I_O^2 t_f^2 f_s}{24 C_S}$$

DATA DE FABRICANTE IRG4P254S



$V_{CES} = 250V$
 $V_{CE(on) typ.} = 1.32V$
 $@V_{GE} = 15V, I_C = 55A$

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.64	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient, typical socket mount	—	40	g (oz)
Wt	Weight	6.0 (0.21)	—	

10-24780

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
V_{CES}	Collector-to-Emitter Breakdown Voltage	250	V
$I_C @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Collector Current	98*	A
$I_C @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Collector Current	55	
I_{CM}	Pulsed Collector Current	196	
I_{LM}	Clamped Inductive Load Current	196	
V_{GE}	Gate-to-Emitter Voltage	± 20	V
E_{ARV}	Reverse Voltage Avalanche Energy	160	nJ
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Maximum Power Dissipation	200	W
$P_D @ T_C = 100^\circ C$	Maximum Power Dissipation	78	
T_J	Operating Junction and	-55 to + 150	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (0.063 in. (1.6mm) from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw.	10 lbf·in (1.1N·m)	

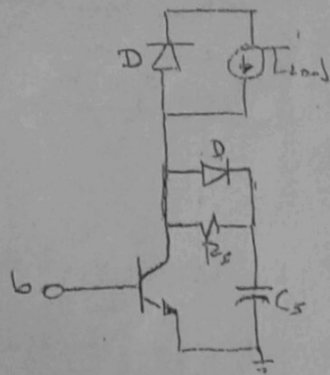
I. Parte. Respuesta:

$$1.) V = 90V$$

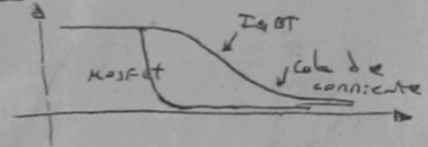
$$I = 25A$$

Involubilidad de la luz

* Debe ser igual a la corriente de Base que tiene el transistor



2) Los transistores de potencia tipo "IGBT", ya que debido a que producen un fenómeno de cola de corriente, sería más lento al arrancar en las máquinas.



Desarrollo

Datos:

IGBT

$$I_0 = 24A$$

$$V_0 = 180V$$

$$(2,5 < f < 8) \text{ KHz}$$

$$0,2 < D < 0,75$$

$$20 < D < 37^\circ$$

$$T_{\text{ambiente}} = 150^\circ\text{C}$$

$$@ \left\{ I_c = 55A \rightarrow V_{ce} = 1,4 \right.$$

$$P_{\text{on}} = DI_0 V_{ce}$$

$$= (0,75)(24)(1,4)$$

$$P_{\text{on}} = 25,2W$$

$$P_s = \frac{1}{2} I_0 f_s (t_r + t_s)$$

$$= (180)(24)(2,5 \text{ KHz})(45ns + 940ns)$$

$$P_s = 10,64W$$

$$P_{\text{tot}} = P_s + P_{\text{on}}$$

$$= 10,64W + 25,2W$$

$$P_{\text{tot}} = 35,84W$$

$$R_{\text{DJA}} = \frac{T_s - T_a}{P_{\text{tot}}} - (R_{\text{DJC}} + R_{\text{DJS}})$$

$$= \frac{150 - 37}{35,84} - (0,24 + 0,64)$$

$$R_{\text{DJA}} = 2,27^\circ\text{C/W}$$

Se debe utilizar el disipador #3 de la tabla.

Snubber "Lock":

$$C_{s1} = \frac{I_o t_{fr}}{2V_d}$$

$$= \frac{24(940\text{ns})}{2(180)}$$

$$C_{s1} = 62,67 \text{ nF}$$

$$C_s = C_{s1}$$

$$C_s = 62,67 \text{ nF}$$

$$\frac{V_d}{R_s} = 0,2 I_o$$

$$R_s = \frac{V_d}{0,2 I_o}$$

$$= \frac{180}{0,2(24)}$$

$$R_s = 37,5 \Omega$$

$$P_{Rs} = \frac{C_s V_d^2 f_s}{2}$$

$$= \frac{(62,67 \text{ nF})(180)^2(2,5 \text{ kHz})}{2}$$

$$P_{Rs} = 2,538 \text{ W}$$

$$P_p = \frac{I_o^2 t_{fr}^2 f_s}{24 C_s}$$

$$= \frac{(24)^2(940\text{ns})^2(2,5 \text{ kHz})}{24(62,67 \text{ nF})}$$

$$P_p = 0,8459 \text{ W} \rightarrow P_{L_{sn}}$$

Snubber "On":

$$\Delta V_{ce} = \frac{L_s I_o}{t_{ri}}$$

$$L_s = \frac{\Delta V_{ce} t_{ri}}{I_o}$$

$$L_s = \frac{0,5 V_d t_{ri}}{I_o}$$

$$L_s = \frac{0,5(180)(45\text{ns})}{24}$$

$$L_s = 168,75 \text{ nH}$$

$$\Delta V_{ce_{max}} = R_{Ls} I_o$$

$$R_{Ls} = \frac{\Delta V_{ce_{max}}}{I_o}$$

$$= \frac{0,17 V_d}{I_o}$$

$$= \frac{0,17(180)}{24}$$

$$R_{Ls} = 1,28 \Omega$$

$$P_{RLs} = \frac{L_s I_o^2 f_s}{2}$$

$$= \frac{(168,75 \text{ nH})(24)^2(2,5 \text{ kHz})}{2}$$

$$P_{RLs} = 0,1215 \text{ W}$$

$$P_p = \frac{V_{ce} I_o t_{ri} f_s}{2}$$

$$= \frac{(1,4)(24)(45\text{ns})(2,5 \text{ kHz})}{2}$$

$$P_p = 0,00189 \text{ W} \rightarrow P_{L_{sn}}$$

Rediseño:

$$P_{TOT} = P_{on} + P_{off} + P_{poff}$$

$$= 25,2 \text{ W} + 0,8459 \text{ W} + 0,00189 \text{ W}$$

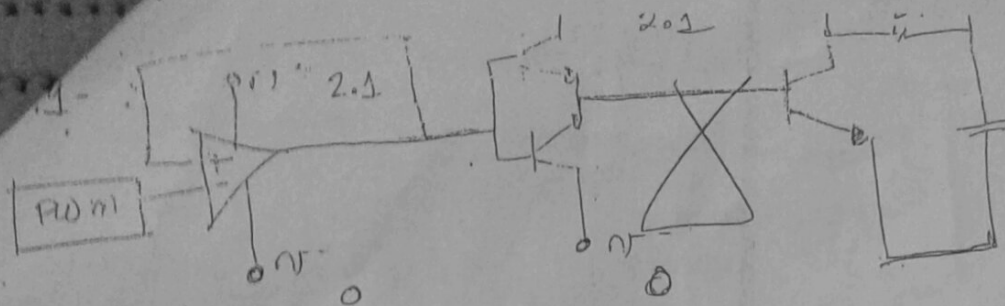
$$P_{TOT} = 26,05 \text{ W}$$

$$R_{\theta SA} = \frac{T_{J_{MAX}} - T_{amb}}{P_{TOT}} (R_{\theta JC} + R_{\theta CS})$$

$$= \frac{150 - 37}{26,05} - (0,21 + 0,6)$$

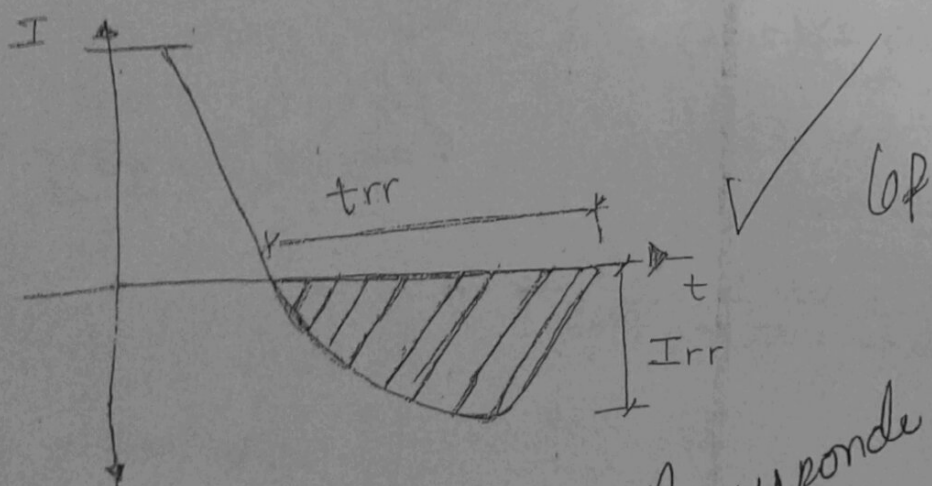
$$R_{\theta SA} = 3,4578 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

→ debe utilizar el disipador #1 de la tabla



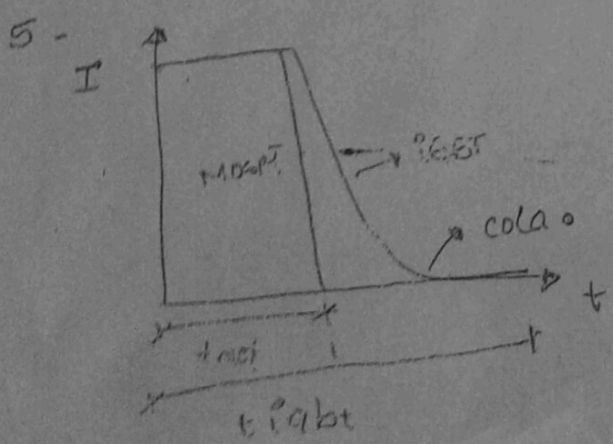
Qf

2- El fenómeno de Recuperación Inversa se da en el ~~tiempo de~~ bloqueo donde se tiene una t_{rr} (tiempo de recuperación inversa) y la corriente I_{rr} es máx y si dura mucho tiempo se puede causar daños en circuitos



Me responde lo mismo que dije en la pregunta

4- se debe a que la Resistencia R_{on} de encendido es proporcional al voltaje así que la misma crece conforme al voltaje o



Se esperaba que el tiempo del MOSFET de Bloquea menor ya que IGBT presenta un ~~problema~~ de cola en el tiempo de blo que por lo cual sus tiempos son mayores.

Qf

Propiedades

$$1 - I \Rightarrow 55A$$

$$V \Rightarrow 24V$$

$$f_{req} \Rightarrow 10kHz \text{ a } 50kHz$$

$$\text{duty cycle} \Rightarrow 0.2 \text{ y } 0.85$$

$$T_{amb} \Rightarrow 20 \text{ y } 36^\circ C$$

Fiabilidad y Neces la esperada

$$R_{DS(on)} = 2.007$$

$$t_f = 120ns$$

$$t_r = 140ns$$

$$R_{\theta JC} = 0.75^\circ C/W$$

$$R_{\theta JA} = 40^\circ C/W$$

$$R_{\theta CS} \Rightarrow 0.5^\circ C/W$$

$$P_{on} \Rightarrow D I_o^2 R_{DS(on)}$$

$$P_{on} \Rightarrow (0.85)(55)^2(2.007)(2.25) @ 150^\circ C$$

$$P_{on} \Rightarrow 40.5W$$

$$P_s \Rightarrow V_o I_o f_s (t_r + t_f)$$

$$P_s \Rightarrow (24V)(55A)(50kHz)(120 + 140)ns$$

$$P_s \Rightarrow 17.16W$$

$$P_{total} = P_{on} + P_s$$

$$P_{total} = 40.5W$$

$$P_{total} = 57.66W$$

$$\frac{T_{max} - T_A}{P_{total}} - R_{\theta JC} - R_{\theta CS} = R_{\theta SA}$$

$$\frac{155 - 36}{57.66} - 0.75 - 0.5 = R_{\theta SA}$$

$$R_{\theta SA} \Rightarrow 0.81^\circ C/W$$

se utilizará el disipador #11 de la siguiente

Calcule los snubbers de bloqueo. y prepare si $C_s = 0.9 C_{s1}$
 $\Delta V_{CE} = 9V$ y $\Delta V_{CEmax} = 3V$.

1) Snubber de bloqueo

$$C_{s1} = \frac{I_o t_f}{2V_d}$$

$$C_{s1} = \frac{(55A)(100ns)}{2(24V)}$$

$$C_{s1} = 1.37 \times 10^{-7} F$$

$$C_s = 0.9 C_{s1}$$

$$C_s = 0.9 (1.37 \times 10^{-7} F)$$

$$C_s = 123.75 nF$$

$$\frac{V_d}{0.2 I_o} = R_s$$

$$R_s = \frac{24V}{0.2(55A)} = 2.18 \Omega$$

$$P_{RS} = \frac{C_s V_d^2 f_s}{2}$$

$$P_{RS} = \frac{(123.75 nF)(15)^2 (50 kHz)}{2}$$

$$P_{RS} = 0.697 W$$

2) Snubber de RDO.

$$\frac{(\Delta V_{CE}) t_r}{I_o} = L_s$$

$$\frac{(9V)(140ns)}{55A} = L_s$$

$$L_s = 22.91 nH$$

$$\frac{\Delta V_{CEmax}}{I_o} = R_{LS}$$

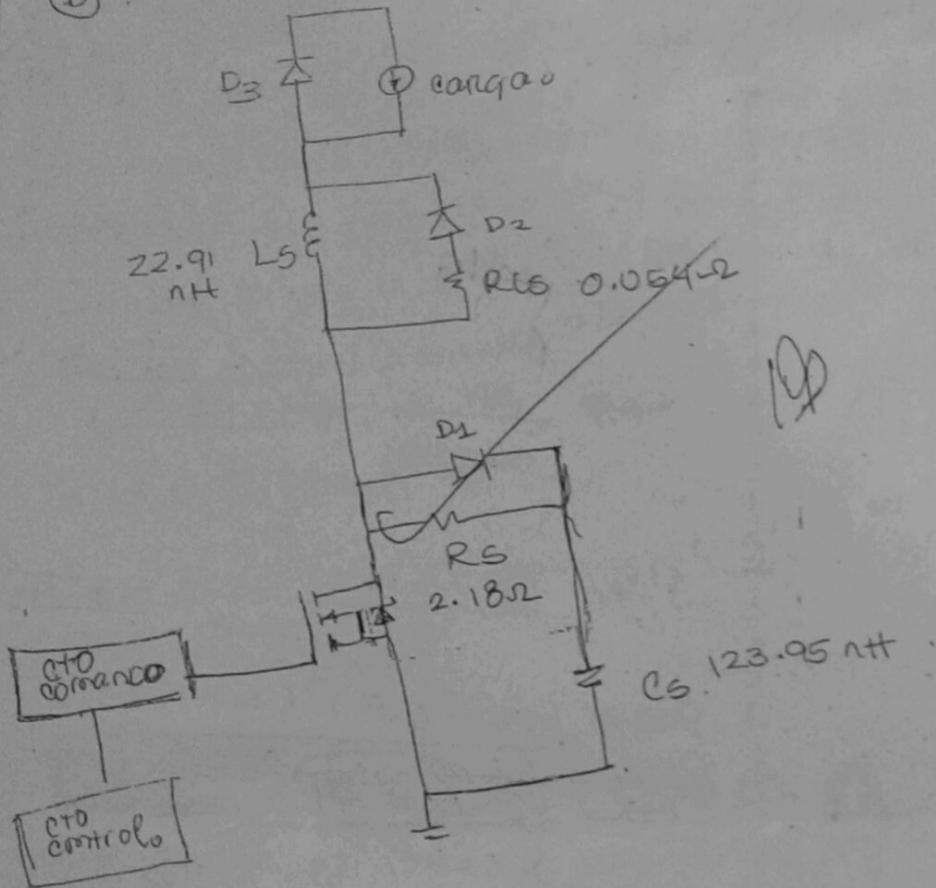
$$R_{LS} = \frac{3V}{55A} = 0.054 \Omega$$

$$P_{RLS} = \frac{L_s I_o^2 f_s}{2}$$

$$P_{RLS} = \frac{(22.91 nH)(55)^2 (50 kHz)}{2}$$

$$P_{RLS} = 1.73 W$$

(b)



R_{oss}

100

(c) tamaño mínimo del snubber.

$$P_T = P_{on} + P_{R16} + P_{RS}$$

$$P_T = 40.5W + 1.73W + 0.697W$$

$$P_T = 42.93W$$

$$R_{\theta SA} = \frac{155 - 36}{42.93W} = 0.75 - 0.5$$

$$R_{\theta SA} = 1.052^{\circ}C/W$$

$R_{\theta SA} \Rightarrow$ usarla el de la figura le de $1.07^{\circ}C/W$