

Fuente regulada de salida fija

El circuito correspondiente a una fuente de alimentación regulada de salida de tensión fija es simple. No dispone de elementos regulables y tampoco dispone de posibles variaciones en su funcionamiento. Ver figura 1.33.

Los datos mínimos necesarios para el cálculo son:

- Tensión de salida: 12V
- Corriente de salida: 1A
- Tensión de Rizado (salida): 10mV_{pp}

Se desea realizar una fuente de alimentación regulada mediante c.i. lineales de tres terminales. Calcular todos los datos necesarios para un buen funcionamiento. (Tensiones y corrientes en todos los puntos, rendimiento, valores de los componentes, etc.)

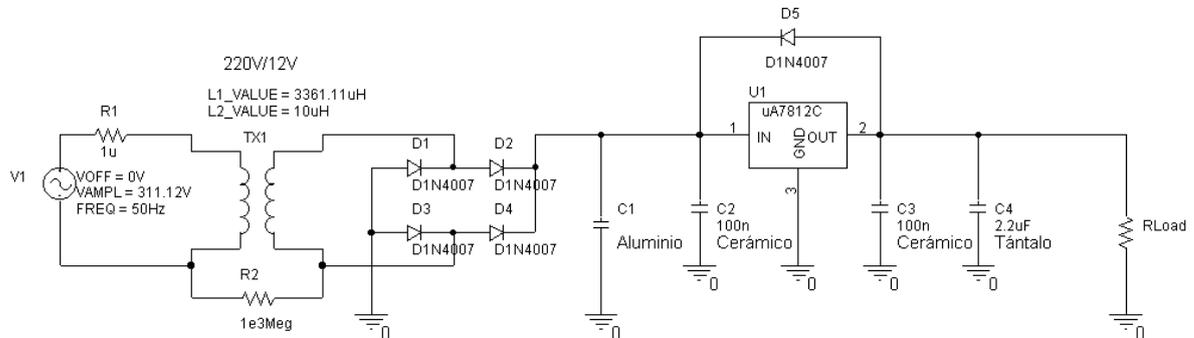


Figura 1.33: Fuente de alimentación regulada de salida fija. $V_{out} = 12V$.

-- 0 --

Si los datos que nos ofrecen de la fuente son los de la salida de la misma, es por este punto por donde debemos comenzar el cálculo de los componentes que la forman. Desde esta premisa, la carga a conectar a la misma tendrá un valor de

$$R_{Load} = \frac{V_{Out}}{I_{Out}} = \frac{12}{1} = 12\Omega$$

Una de los escasos defectos de la serie de reguladores de tres terminales es que no soportan muy bien la corriente inversa. En los datos del ejercicio no nos indican si la carga será inductiva, resistiva pura o capacitiva. Tratando de solventar cualquier eventualidad de este tipo, hemos colocado el diodo D_5 , que se encargará de derivar cualquier corriente inversa por parte de la carga a conectar.

Los condensadores C_2 , C_3 y C_4 los recomienda el fabricante para el buen funcionamiento del circuito en todas las circunstancias. C_2 y C_3 deben ser cerámicos por su mejor comportamiento en el filtrado a altas frecuencias, C_4 es aconsejable que sea de tántalo, por tener menor ESR y mejor comportamiento en el filtrado a bajas frecuencias. Con todo ello, solucionamos cualquier problema de filtrado a alta o baja frecuencia del circuito. El

condensador de tántalo C_4 , recomienda el fabricante que esté lo más cerca posible de las patillas del circuito integrado, es más, indica el soldarle en las propias patillas del integrado.

Los datos que podemos obtener de la tabla de datos del fabricante del C.I. son:

- Dropt Out: 2V
- Quiescent current: 8mA
- Ripple Rejection: 62-70dB

Para el cálculo del condensador de filtrado principal, C_1 , de Aluminio con dieléctrico de papel y aceite, y electrolítico por supuesto, operaremos de forma tradicional, con la salvedad de la tensión de rizado que nos ofrecen como dato (10mV_{pp}) deberemos multiplicarla por la atenuación que nos ofrece el uA7812, 62dB por cautela. Con todo nos queda

$$RR=62\text{dB}=20\text{Log}\frac{V_{IN}}{V_{OUT}} \Rightarrow V_{in}=V_{out}\cdot 10^{\frac{62}{20}}=0.01\cdot 10^{3.1}=12.58\text{V}\equiv V_{pp}$$

Este valor de 12.58V sería el máximo valor de la tensión de rizado que podríamos colocar a la entrada del circuito integrado para obtener a la salida los exigidos 10mV_{pp} . A todas luces es un valor muy elevado.

Si decidiésemos mantener este valor tendríamos dos problemas importantes. El primero que deberíamos utilizar un transformador de tanta tensión que el rendimiento de la fuente sería irrisorio y el segundo, que estaríamos relativamente cerca del máximo valor de entrada de tensión al c.i. Otro problema añadido sería el tamaño y peso del transformador para conseguir estas exigencias. Por todo ello, deberemos reducir el valor de la tensión de rizado en el transformador. Un valor adecuado podrían ser $2\text{-}3\text{V}_{pp}$. Hacer notar aquí que, estaríamos cumpliendo sobradamente las exigencias de la tensión de rizado en la carga.

Aplicando el teorema de conservación de la carga, teniendo en cuenta la corriente por la carga más la corriente de mantenimiento o *quiescent* del integrado, nos queda

$$C=\frac{I\cdot t}{\Delta V_{pp}}=\frac{1.008\cdot 0.01}{2}=5.04\cdot 10^{-3}\text{F}=5040\mu\text{F}$$

Para el puente de diodos podríamos colocar, aunque algo ajustados, diodos rectificadores del tipo 1N4007 o bien del tipo BY255 para más seguridad. La caída en los mismos la podríamos suponer de 1.1V por cada diodo, que es la caída especificada por el fabricante.

Pasando ahora al cálculo del transformador que necesitaríamos, nos queda

$$V_{Sec.}=\frac{V_{Out}+V_{Drop-Out}+(2\cdot V_{Diodo})+V_{Rizado}}{\sqrt{2}}=\frac{12+2+2.2+2}{1.4142}=12.86\text{V}_{Eficaces}$$

Otro apartado a considerar es la variación de la tensión de red. Dependiendo de la localización de la fuente podríamos aumentar el valor calculado en un factor de 1.1 para

compensar la variación del $\pm 10\%$ de la red. Esta circunstancia la dejaremos a criterio del diseñador. El rendimiento que obtendremos en estas circunstancias será

$$\eta_{\%} = \frac{V_{Out}}{V_{In}} * 100 = \frac{12}{14} * 100 = 85.7\%$$

Este dato, aunque matemáticamente correcto no es del todo real. Debido a que, la mayoría de las veces no encontraremos el transformador tan ajustado como el calculado. Aquí tampoco hemos supuesto la posible caída del 10% de la línea. Tampoco hemos tenido en cuenta un pequeño margen de seguridad ante hechos no contemplados como la variación de temperatura externa, para el cálculo del disipador que seguro necesitará el c.i. También un margen de seguridad por tolerancias en los componentes, etc. Si desconfiamos de la exactitud de los cálculos o no creemos que se deba ser tan riguroso, podemos calcular en el simulador los datos que nos ofrecerá para el circuito mostrado en la figura 1.33

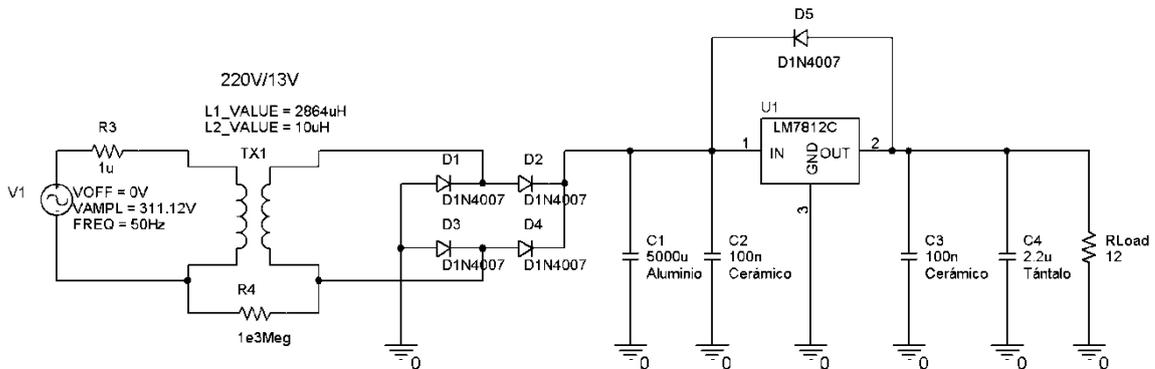


Figura 1.34: Circuito completo y funcionando correctamente según estimación del simulador. $V_{Sec.} = 13V$

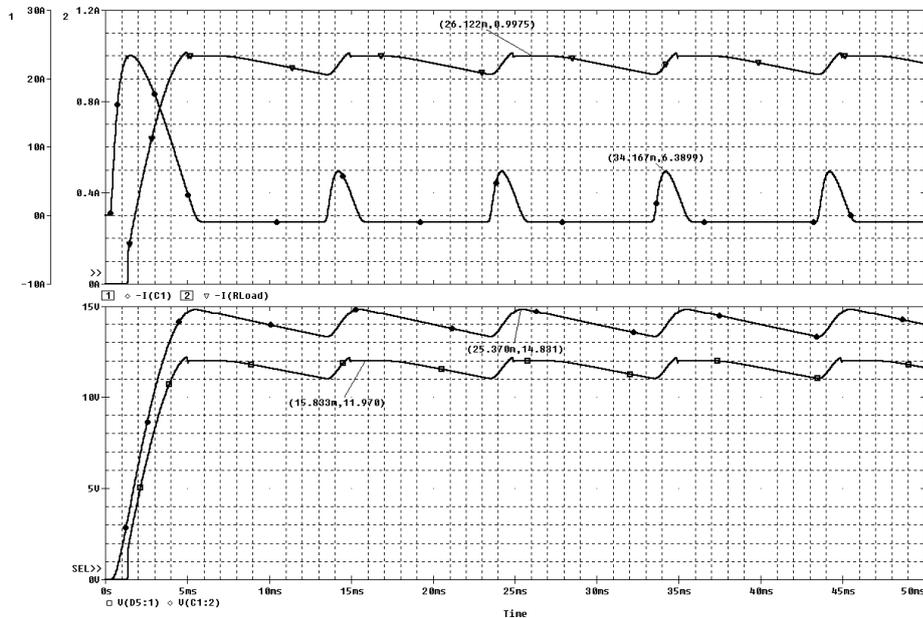


Figura 1.35: Corrientes y tensiones en el condensador y carga

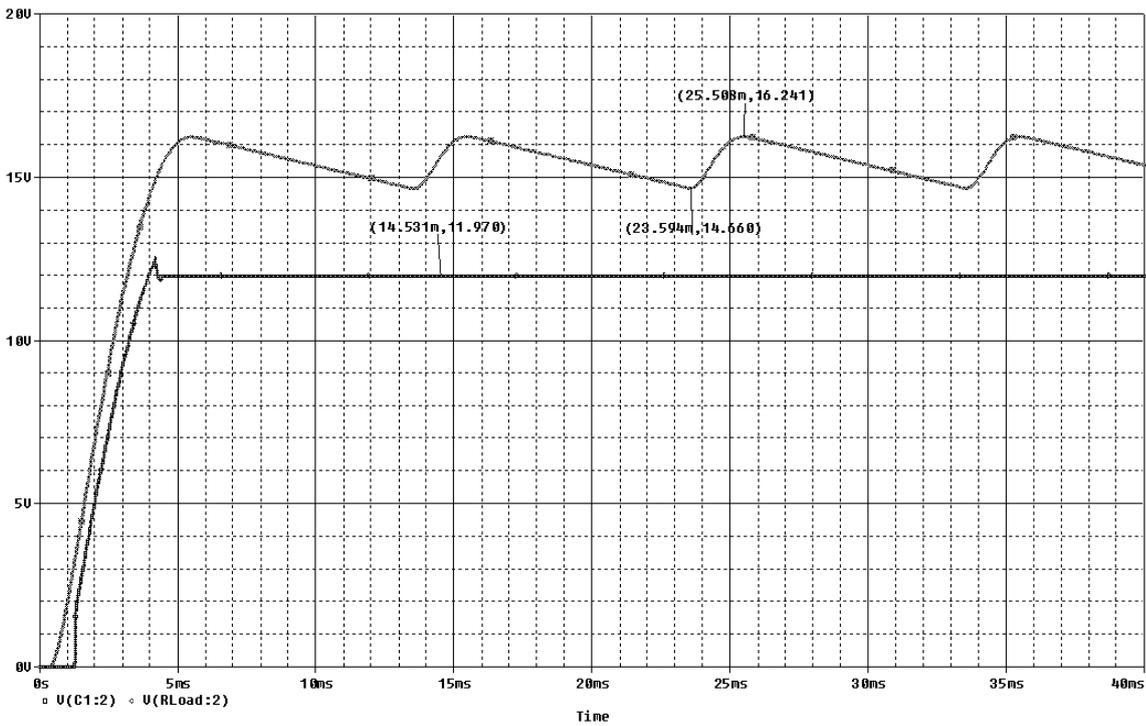


Figura 1.36: Tensiones de salida en el condensador y carga. Rizado en $C_1 = 1.58V_{PP}$

Con este dato de 11.97V en la tensión de salida podemos considerar adecuado el transformador de la fuente. Obsérvese que hemos subido de 12.86V a 13V para poder obtener estas gráficas. Si estos datos fuesen más diferentes, recuérdese que 13V no es un valor estándar de tensión de salida de un transformador, deberíamos calcular de nuevo algunos datos como el rendimiento obtenido en estas circunstancias, etc.

Debido a estos márgenes de seguridad, en la mayoría de los casos nunca vamos a obtener rendimientos de las fuentes reguladas lineales de más del 60-65%.

Fuente regulada de salida variable

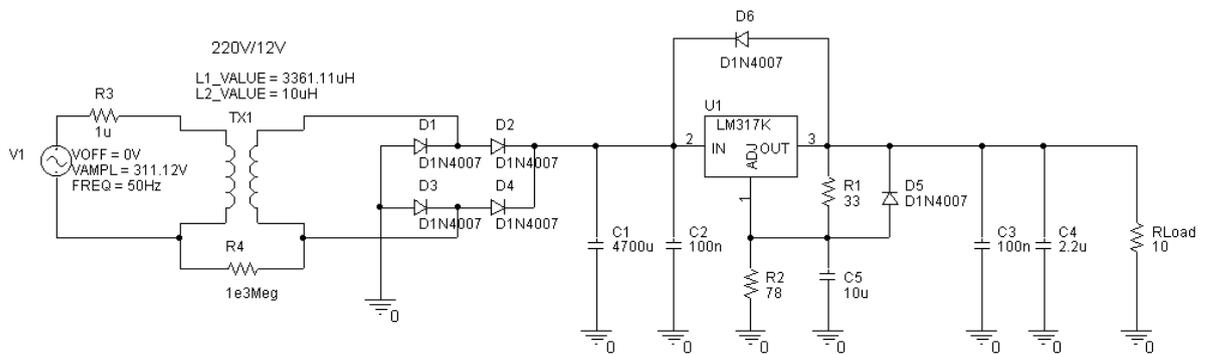
$$R_1 = \frac{V_{xx}}{5 \cdot I_q}$$

$$R_2 = \frac{V_{Out} - V_{xx}}{6 \cdot I_q}$$

La tensión de salida viene definida por

$$V_{Out} = V_{xx} + R_2 (I_q + I_{R1}) = V_{xx} + R_2 \left(I_q + \frac{V_{xx}}{R_1} \right)$$

$$V_{Out} = V_{xx} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + R_2 I_q$$



El fabricante aconseja que el valor de R_1 no sea inferior a 120Ω .

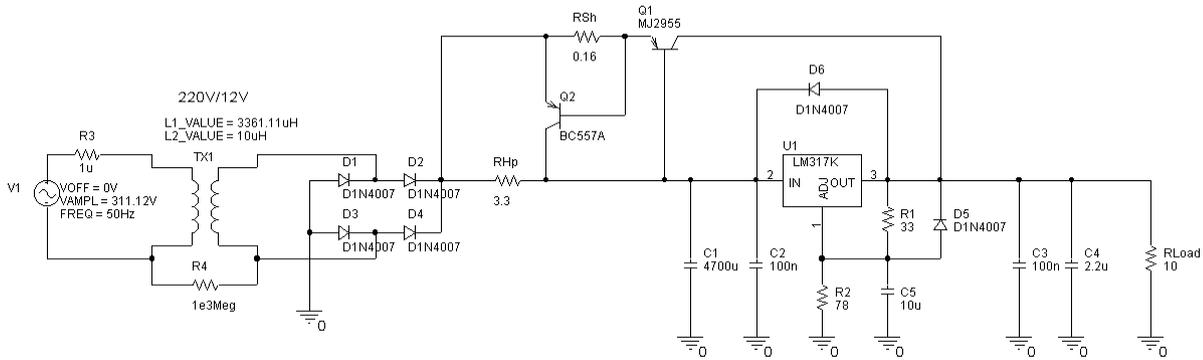
Fuente regulada de salida fija reforzada

Reglas de diseño:

$$R_{Hp} = \frac{0.9}{I_{Reg}}$$

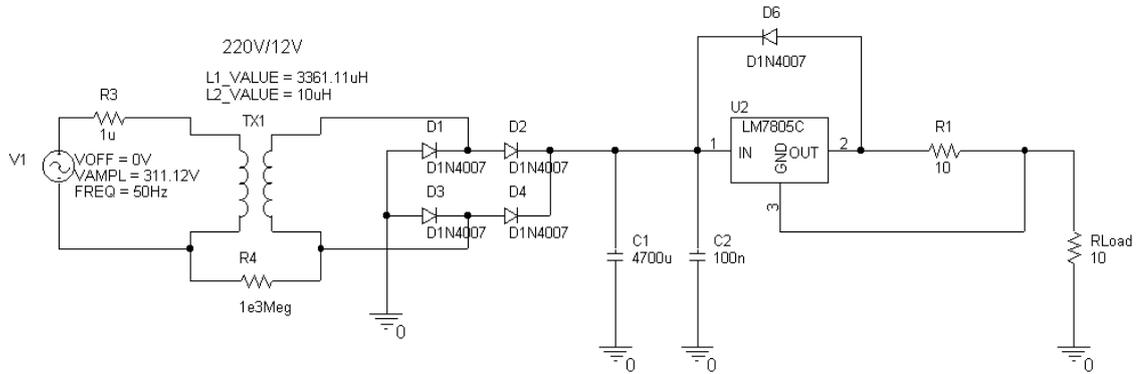
$$I_{Reg} = \frac{I_{Out}}{\beta}$$

$$R_{Sh} = \frac{0.8}{I_{Out}}$$

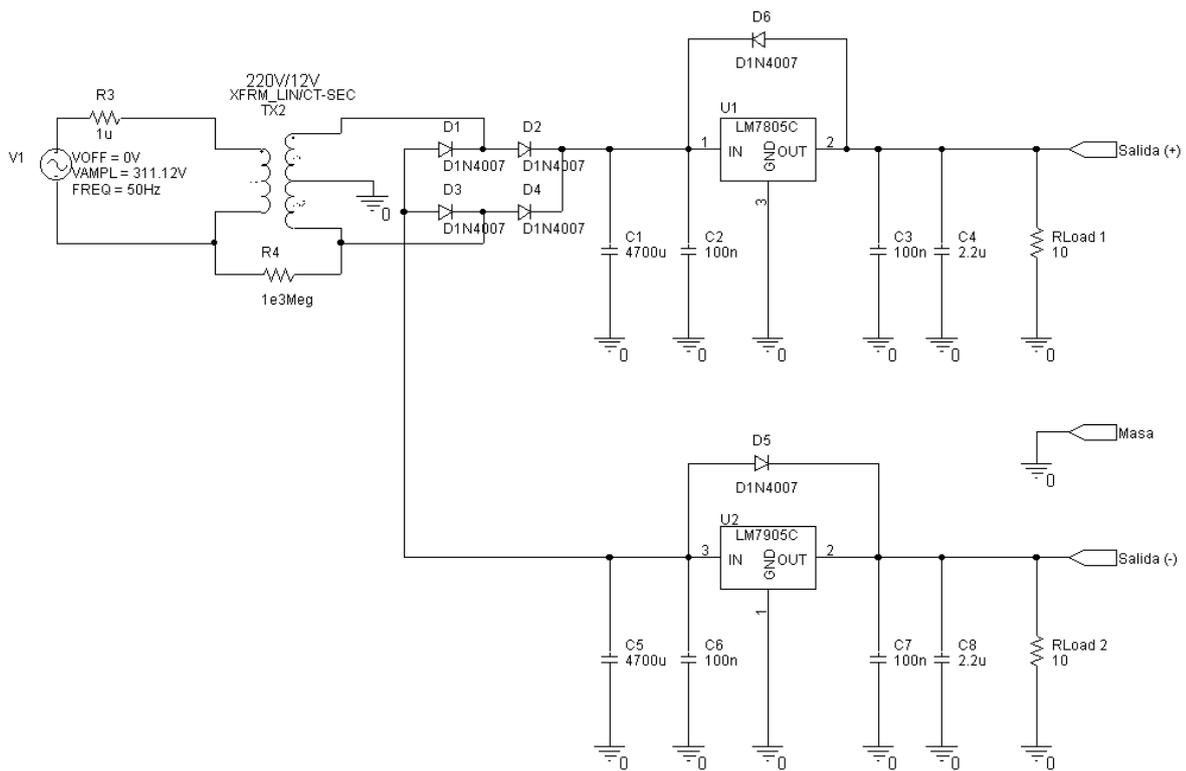


Fuente de corriente constante

$$I_{Out} = \frac{V_{XX}}{R_I} + I_q$$

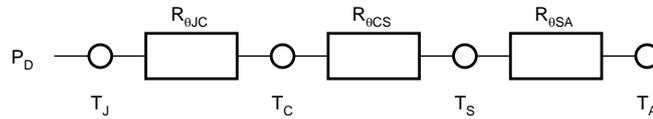


Fuente regulada simétrica

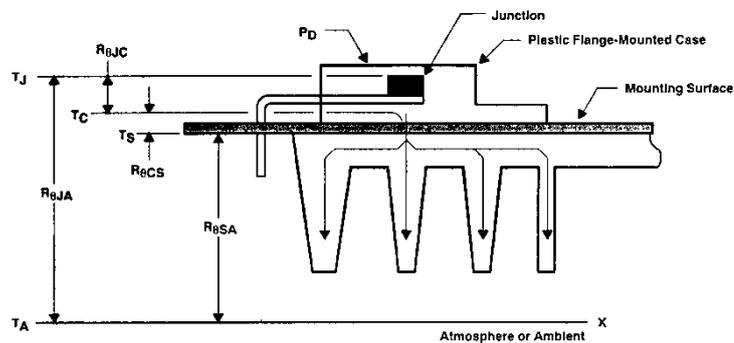


INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DE DISIPADORES

Una forma de interpretar el modelo de disipación térmica es el de una red de resistencias en serie como se muestra en la siguiente figura. La analogía se hace mediante la comparación entre el circuito térmico y el eléctrico. Es decir, ampliando la Ley de Ohm para los circuitos térmicos, la temperatura es análoga a la tensión y la resistencia térmica a la resistencia eléctrica.



Convección natural



Semiconductor Thermal Model

$$T_J = T_A + P_D (R_{\theta JC} + R_{\theta CS} + R_{\theta SA})$$

Con disipador

$$T_J = T_A + P_D (R_{\theta JA})$$

Sin disipador

T_J = Temperatura de la unión en °C

T_A = Temperatura del ambiente en °C

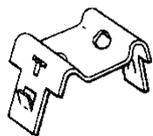
P_D = Potencia disipada por el dispositivo semiconductor en W

$R_{\theta JC}$ = Resistencia térmica "Junction-Case" en °C/W

$R_{\theta CS}$ = Resistencia térmica "Case heat-Sink" en °C/W

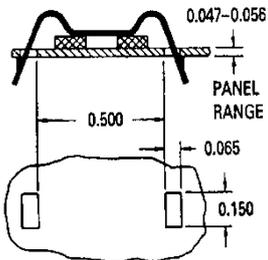
$R_{\theta SA}$ = Resistencia térmica "heat Sink-Ambient" en °C/W

$R_{\theta JA}$ = Resistencia térmica "Junction-Ambient" en °C/W

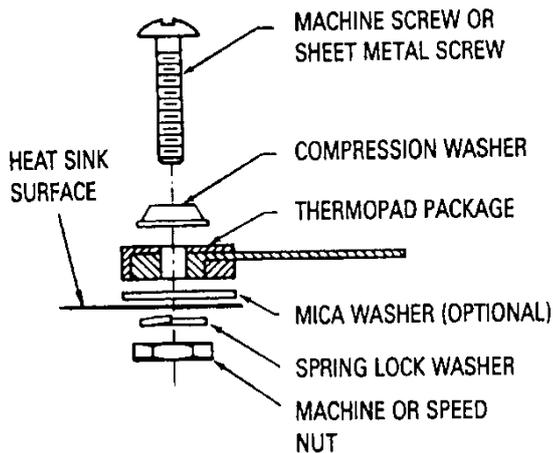


PART C52825-011

MATERIAL: HEAT-TREATED SPRING
STEEL 0.011 THICKNESS



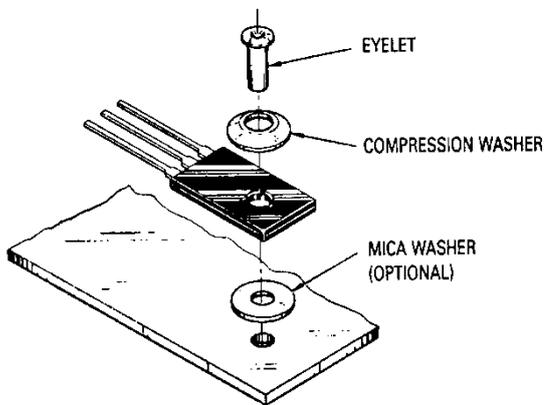
TO-225AB Clip



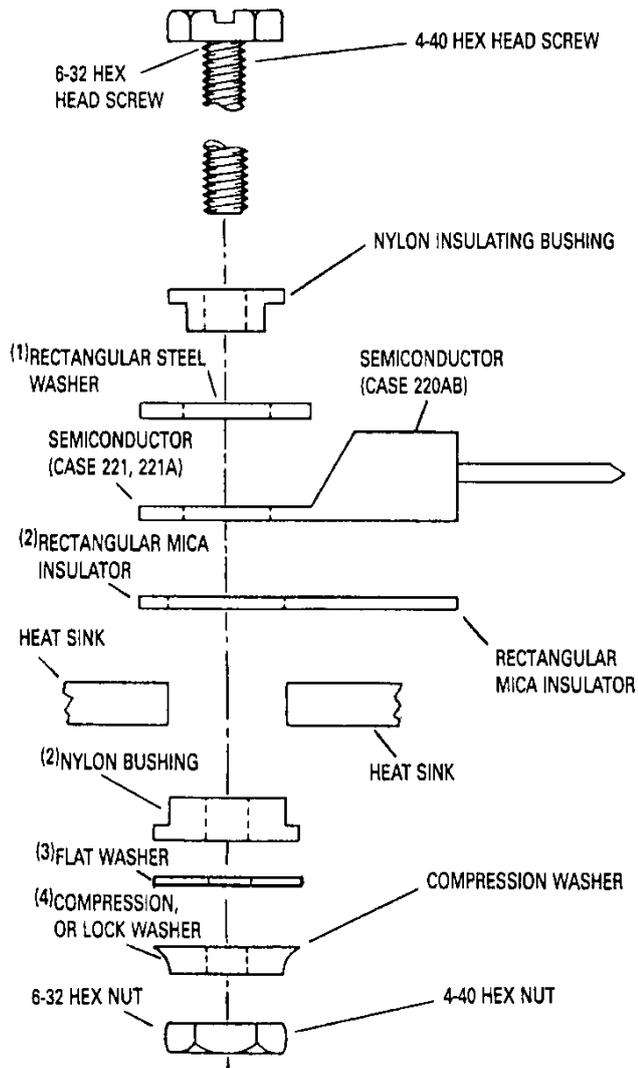
Machine Screw Mounting

Encapsulado	Metal-Metal	Metal-Metal con silicona	Arandela de mica y Silicona
TO-3	0.52°C/W	0.14°C/W	0.36°C/W
TO-220	1.1°C/W	1°C/W	1.7°C/W

Tabla 1.8: R-cs para diferentes encapsulados y condiciones de montaje

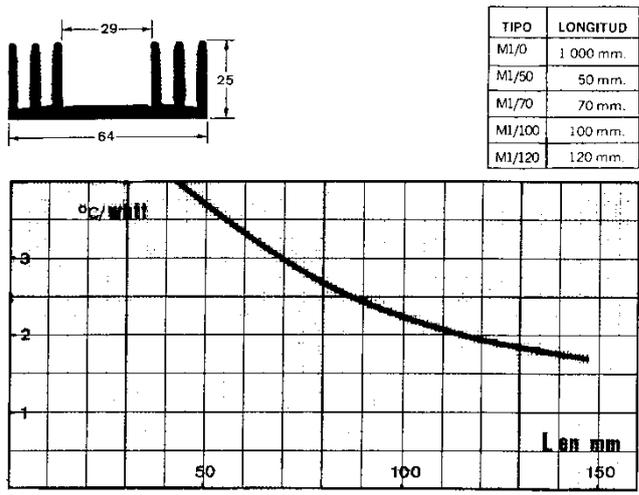


Eyelet Mounting



2910	
2910.0	1000 mm SIN ANODIZAR
2910.1	1000 mm ANODIZADO NEGRO
2910.2	40 mm UNIVERSAL
2910.3	50 mm TO - 3
2910.4	90 mm 2 x TO - 3
	$R_{th} = 7,7 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
	$R_{th} = 7 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
	$R_{th} = 5,4 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

1204	
1204.0	1000 mm SIN ANODIZAR
1204.1	1000 mm ANODIZADO NEGRO
1204.2	35 mm UNIVERSAL
1204.3	35 mm TO - 3
1204.4	70 mm 2 x UNIVERSAL
1204.5	70 mm 2 x TO - 3
1204.6	30 mm DO - 5
1204.7	65 mm TO - 3 y TO - 3 (4p)
	$R_{th} = 2,80 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
	$R_{th} = 2,80 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
	$R_{th} = 1,60 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
	$R_{th} = 1,60 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
	$R_{th} = 2,90 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
	$R_{th} = 1,70 \text{ } ^\circ\text{C/W}$



Convección forzada

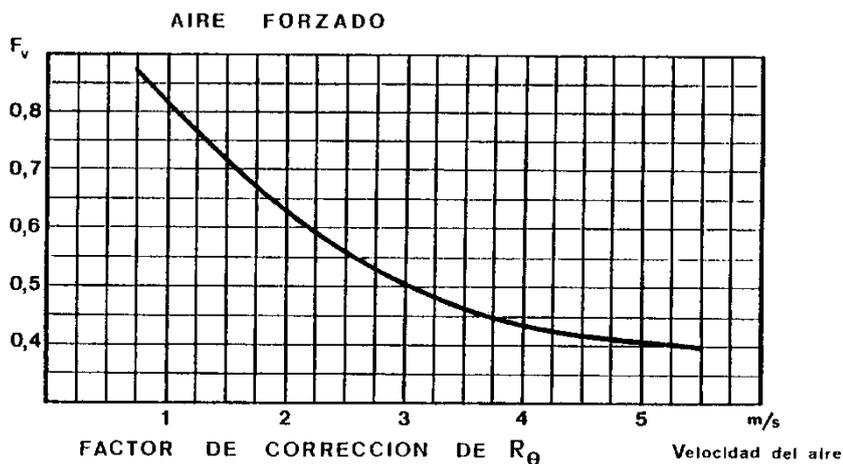
Si necesitamos forzar una circulación de aire para mejorar las características de disipación de nuestro disipador, deberemos utilizar la siguiente ecuación

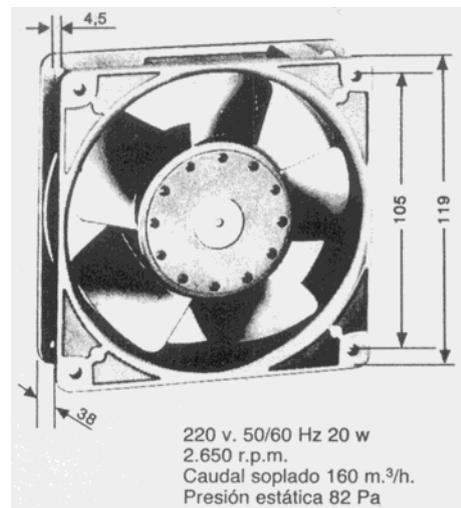
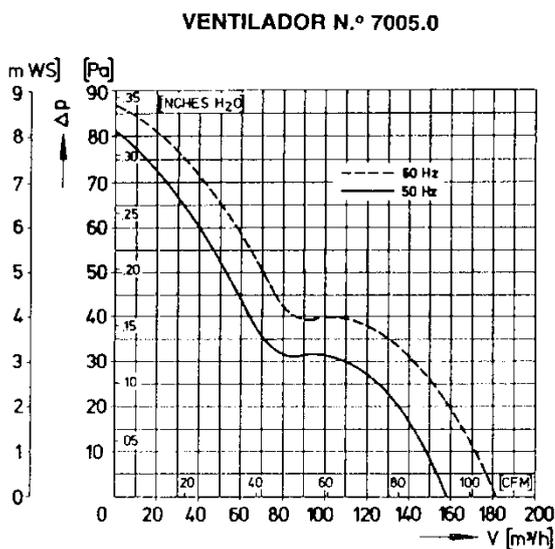
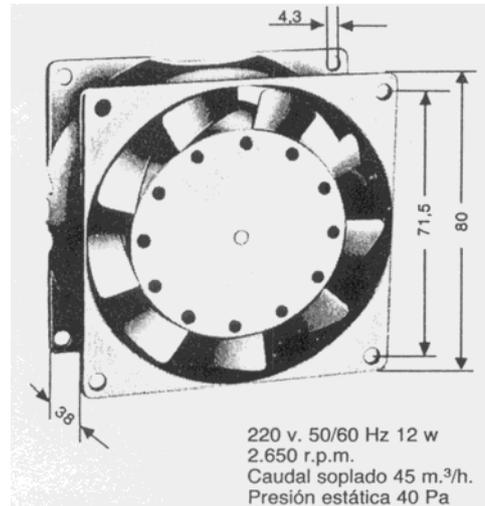
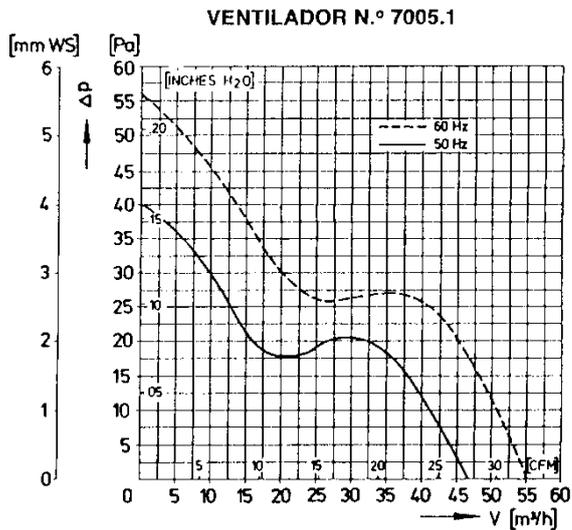
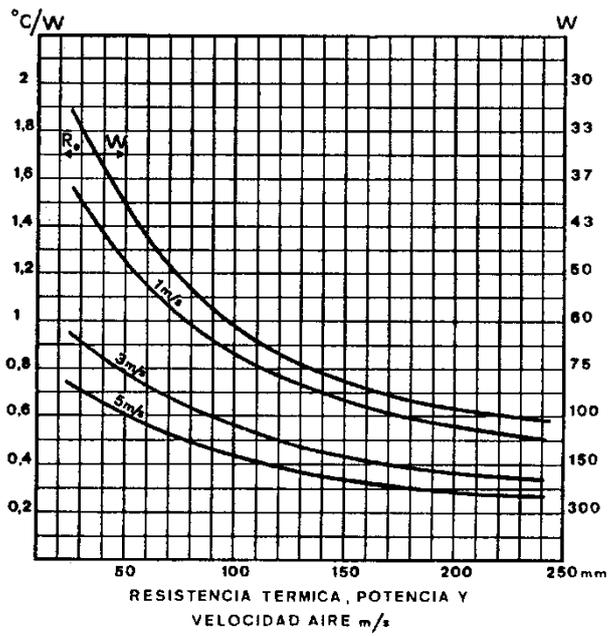
$$R'_\theta = R_\theta \cdot F_v \cdot F_f$$

R'_θ = Capacidad de disipación al añadir convección forzada

F_v = Factor de velocidad

F_f = Factor de forma (Dependiente del tipo de disipador)





Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Input Voltage ($V_O = 5V, 12V$ and $15V$) 35V
 Internal Power Dissipation (Note 1) Internally Limited
 Operating Temperature Range (T_A) 0°C to $+70^\circ\text{C}$

Maximum Junction Temperature
 (K Package) 150°C
 (T Package) 150°C
 Storage Temperature Range -65°C to $+150^\circ\text{C}$
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)
 TO-3 Package K 300°C
 TO-220 Package T 230°C

Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) $0^\circ\text{C} \leq T_j \leq 125^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Output Voltage			5V			12V			15V			Units	
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V				
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
V_O	Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V	
		$P_D \leq 15\text{ W}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$	4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V	
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$	(7.5 $\leq V_{IN} \leq 20$)				(14.5 $\leq V_{IN} \leq 27$)			(17.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)			V
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	3	50	4	120	4	150			mV	
			ΔV_{IN}	(7 $\leq V_{IN} \leq 25$)			(14.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)			(17.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)			V
			$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$		50		120		150				mV
		$I_O \leq 1\text{ A}$	ΔV_{IN}	(8 $\leq V_{IN} \leq 20$)			(15 $\leq V_{IN} \leq 27$)			(18.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)			V
			$T_j = 25^\circ\text{C}$		50		120		150				mV
			$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$		25		60		75				mV
ΔV_O	Load Regulation	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	10	50	12	120	12	150			mV	
			$250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$		25		60		75			mV	
		$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}, 0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$		50		120		150				mV	
I_Q	Quiescent Current	$I_O \leq 1\text{ A}$	$T_j = 25^\circ\text{C}$	8	8	8	8	8	8	8	8	mA	
			$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$		0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	mA	
		$T_j = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$		1.0		1.0		1.0		1.0		mA	
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$	(7.5 $\leq V_{IN} \leq 20$)			(14.8 $\leq V_{IN} \leq 27$)			(17.9 $\leq V_{IN} \leq 30$)			V	
		$I_O \leq 500\text{ mA}, 0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$		1.0		1.0		1.0		1.0		mA	
V_N	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}, 10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$		40		75		90				μV	
			$\frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{OUT}}$	Ripple Rejection	$f = 120\text{ Hz}$	$I_O \leq 1\text{ A}, T_j = 25^\circ\text{C}$ or $I_O \leq 500\text{ mA}$	62	80	55	72	54	70	dB
						$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}$	62		55		54		dB
$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$	(8 $\leq V_{IN} \leq 18$)			(15 $\leq V_{IN} \leq 25$)			(18.5 $\leq V_{IN} \leq 28.5$)			V			
R_O	Dropout Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}, I_{OUT} = 1\text{ A}$		2.0		2.0		2.0		2.0		V	
			Output Resistance	$f = 1\text{ kHz}$	8		18		19		19		$\text{m}\Omega$
			Short-Circuit Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$	2.1		1.5		1.2		1.2		A
			Peak Output Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$	2.4		2.4		2.4		2.4		A
			Average TC of V_{OUT}	$0^\circ\text{C} \leq T_j \leq +125^\circ\text{C}, I_O = 5\text{ mA}$	0.6		1.5		1.8		1.8		$\text{mV}/^\circ\text{C}$
V_{IN}	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	$T_j = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$	7.5		14.6		17.7				V		

Note 1: Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically $4^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case and $35^\circ\text{C}/\text{W}$ case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically $4^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case and $50^\circ\text{C}/\text{W}$ case to ambient.

Note 2: All characteristics are measured with capacitor across the input of $0.22\ \mu\text{F}$, and a capacitor across the output of $0.1\ \mu\text{F}$. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques ($t_w \leq 10\text{ ms}$, duty cycle $\leq 5\%$). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

Figura 1.18a: Datos característicos de la familia de reguladores de tensión LM78XX

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 4)

Power Dissipation	Internally limited
Input/Output Voltage Differential	+40V, -0.3V
Storage Temperature	-65°C to +150°C

Lead Temperature

Metal Package (Soldering, 10 seconds)	300°C
Plastic Package (Soldering, 4 seconds)	260°C

ESD Tolerance

TBD

Operating Temperature Range

LM138	-55°C ≤ T _J ≤ +150°C
LM338	0°C ≤ T _J ≤ +125°C

Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V_{IN} - V_{OUT} = 5V; and I_{OUT} = 10 mA. (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	LM138			Units
			Min	Typ	Max	
V _{REF}	Reference Voltage	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V, 10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 5A, P ≤ 50W	1.19	1.24	1.29	V
V _{RLINE}	Line Regulation	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V (Note 3)		0.005	0.01	%/V
V _{RLOAD}	Load Regulation	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 5A (Note 3)		0.02	0.04	%/V
				0.1	0.3	%
	Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.3	0.6	%
I _{ADJ}	Adjustment Pin Current			0.002	0.01	%/W
ΔI _{ADJ}	Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 5A, 3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V		45	100	μA
ΔV _{R/T}	Temperature Stability	T _{MIN} ≤ T _J ≤ T _{MAX}		0.2	5	μA
I _{LOAD(Min)}	Minimum Load Current	V _{IN} - V _{OUT} = 35V		1		%
I _{CL}	Current Limit	V _{IN} - V _{OUT} ≤ 10V DC	5	8		A
		0.5 ms Peak	7	12		A
		V _{IN} - V _{OUT} = 30V		1	1	A
V _N	RMS Output Noise, % of V _{OUT}	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.003		%
$\frac{\Delta V_R}{\Delta V_{IN}}$	Ripple Rejection Ratio	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 0 μF V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 10 μF	60	60	75	dB
	Long-Term Stability	T _J = 125°C, 1000 Hrs		0.3	1	%
θ _{JC}	Thermal Resistance, Junction to Case	K Package			1	°C/W
θ _{JA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient (No Heat Sink)	K Package		35		°C/W

Figura 1.18b: Datos característicos de la familia de reguladores de tensión LM338. Parte 1^a

Electrical Characteristics (Continued)						
Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$; and $I_{OUT} = 10\text{ mA}$. (Note 2)						
Symbol	Parameter	Conditions	LM338			Units
			Min	Typ	Max	
V_{REF}	Reference Voltage	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$, $10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 5\text{A}$, $P \leq 50\text{W}$	1.19	1.24	1.29	V
V_{RLINE}	Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$ (Note 3)		0.005	0.03	%/V
				0.02	0.06	%/V
V_{RLOAD}	Load Regulation	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 5\text{A}$ (Note 3)		0.1	0.5	%
				0.3	1	%
	Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.002	0.02	%/W
I_{ADJ}	Adjustment Pin Current			45	100	μA
ΔI_{ADJ}	Adjustment Pin Current Change	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 5\text{A}$, $3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$		0.2	5	μA
$\Delta V_{R/T}$	Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1		%
$I_{LOAD(Min)}$	Minimum Load Current	$V_{IN} - V_{OUT} = 35\text{V}$		3.5	10	mA
I_{CL}	Current Limit	$V_{IN} - V_{OUT} \leq 10\text{V}$ DC 0.5 ms Peak		5	8	A
				7	12	A
					1	A
V_N	RMS Output Noise, % of V_{OUT}	$10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$		0.003		%
$\frac{\Delta V_R}{\Delta V_{IN}}$	Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 0\ \mu\text{F}$ $V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 10\ \mu\text{F}$		60	75	dB
				60	75	dB
	Long-Term Stability	$T_J = 125^\circ\text{C}$, 1000 hrs		0.3	1	%
θ_{JC}	Thermal Resistance Junction to Case	K Package T Package			1	$^\circ\text{C/W}$
					4	$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient (No Heat Sink)	K Package T Package		35		$^\circ\text{C/W}$
				50		$^\circ\text{C/W}$

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.

Note 2: These specifications are applicable for power dissipations up to 50W for the TO-3 (K) package and 25W for the TO-220 (T) package. Power dissipation is guaranteed at these values up to 15V input-output differential. Above 15V differential, power dissipation will be limited by internal protection circuitry. All limits (i.e., the numbers in the Min. and Max. columns) are guaranteed to National's AOQL (Average Outgoing Quality Level).

Note 3: Regulation is measured at a constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects are covered under the specifications for thermal regulation.

Note 4: Refer to RETS138K drawing for military specifications of LM138K.

Typical Performance Characteristics

Figura 1.18c: Datos característicos de la familia de reguladores de tensión LM338. Parte 2ª

BIBLIOGRAFÍA

1. J. Millman, A. Grabel, *Microelectrónica*, Ed. Hispano Europea, 1993, ISBN: 84-255-0885-1.
2. N.R. Malik, *Circuitos Electrónicos. Análisis, simulación y diseño*, Ed. Prentice Hall, 1998, ISBN: 84-89660-03-4.
3. M.H. Rashid, *Circuitos Microelectrónicos. Análisis y Diseño*, Ed. International Thomson Editores, 2000, ISBN: 968-7529-79-2
4. A.R. Hambley, *Electrónica*, Ed. Prentice Hall, 2000, ISBN: 84-205-2999-0.
5. G. Iglesias, *Teoría y práctica de la electrónica: más de 350 problemas resueltos*, Ed. CEAC, 1996.
6. A. Zorzano Martínez, *Problemas de electrónica analógica*, Servicio de publicaciones de la Universidad de La Rioja, 1999, ISBN 84-88713-96-7.