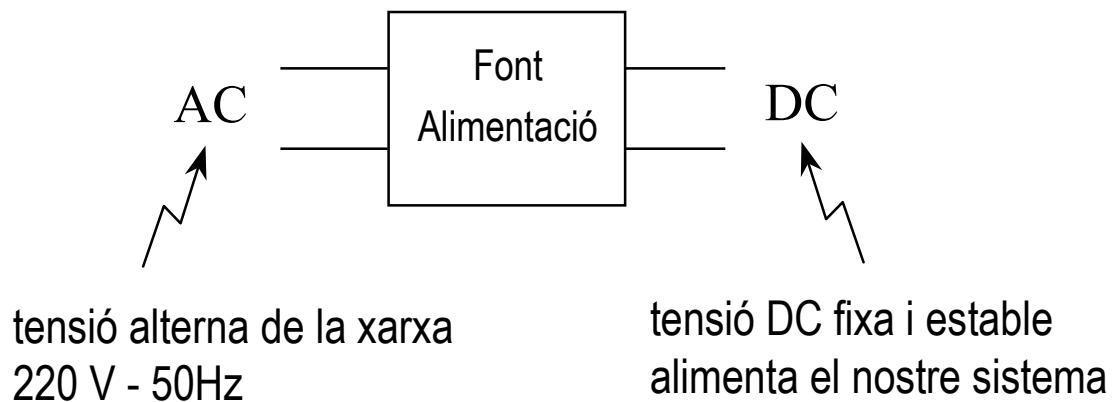


Fonts d'Alimentació

- Introducció
- Característiques
- Blocs
 - Transformador
 - Rectificador
 - Filtre
 - Regulador

Concepte bàsic de font d'alimentació

- Component imprescindible dins un sistema electrònic
- Funció :
 - proporcionar una tensió DC fixa i estable.



Característiques

- Regulació de càrrega (load regulation)
 - canvi de la tensió de sortida quan el corrent varia del seu valor mínim al màxim

$$V_{NL} \rightarrow R_L = \infty \quad V_{FL} \rightarrow R_L = R_{Lmin}$$

$$LR = V_{NL} - V_{FL} \quad \%LR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

- Nota : hi ha autors que consideren V_{NL} al denominador per simplicitat en els càlculs. Això és vàlid mentre $\%LR < 5\%$
- Regulació de línia (line regulation)
 - variació tensió sortida per un interval específic de la tensió de xarxa ($\pm 10\%$)

$$SR = V_{HL} - V_{LL} \quad \%SR = \frac{V_{HL} - V_{LL}}{V_{nom}} \times 100$$

- Regulació en temperatura

$$\%TC = \frac{V_{Omax} - V_{Omin}}{V_{nom}} \frac{1}{T_{max} - T_{min}} \times 100$$

- Regulació en general
 - tenim en compte tots els aspectes

$$\text{Regulació} = \frac{V_{Omax} - V_{Omin}}{V_{nom}} \times 100$$

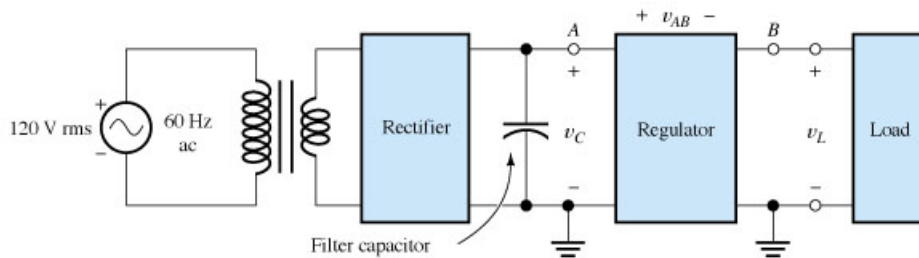
Característiques (cont.)

- nombre de sortides
- corrent estàtic màxim de sortida
- tensió d'entrada
- tensió d'arissat especificada com :
 - tensió pic-pic
 - % de la tensió nominal de sortida
 - tensió eficaç (rms)
- Rebuig a l'arissat

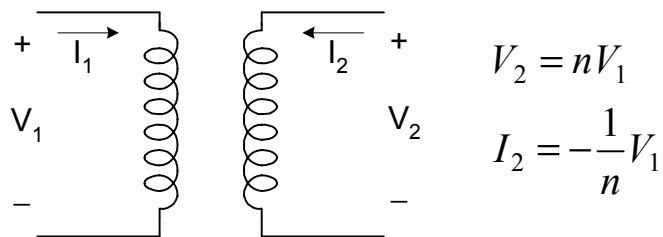
$$RR = \frac{V_{\text{arissat output}}}{V_{\text{arissat input}}}$$

- Impedància de sortida
 - baixa (molt baixa)  V_{out} poc dependent de la càrrega

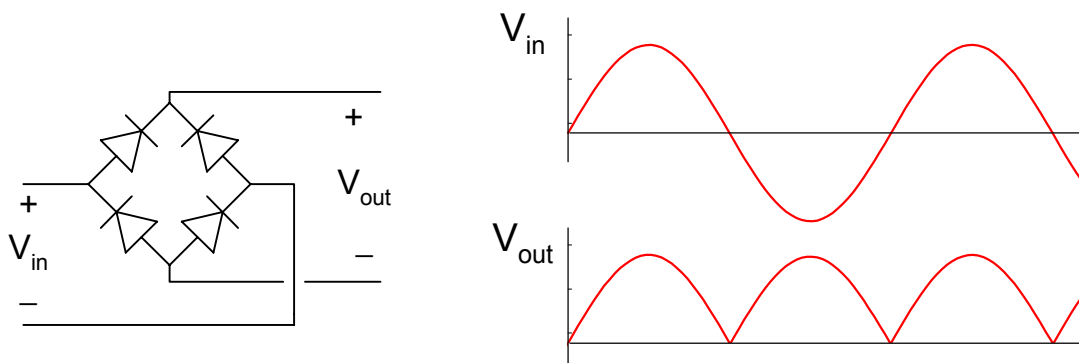
Blocs d'una font regulada



- Transformador
 - A partir de la tensió d'alimentació obté una alterna d'amplitud distint. (Acoblament inductiu)

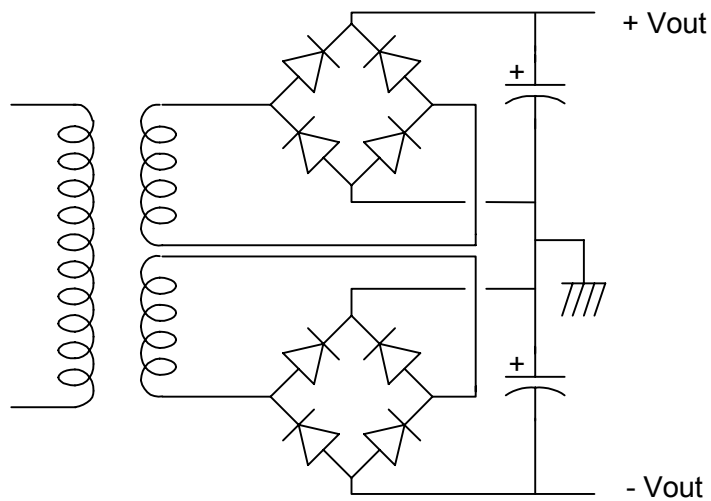
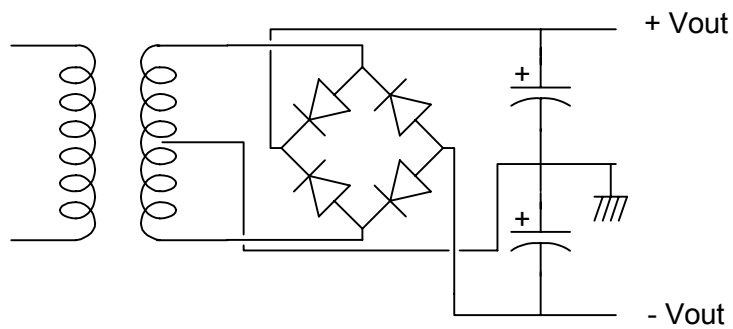
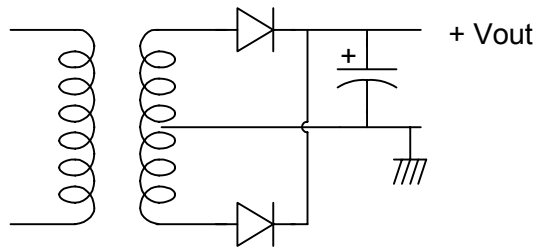


- Rectificador
 - exemple : rectificador de pont (d'ona completa)



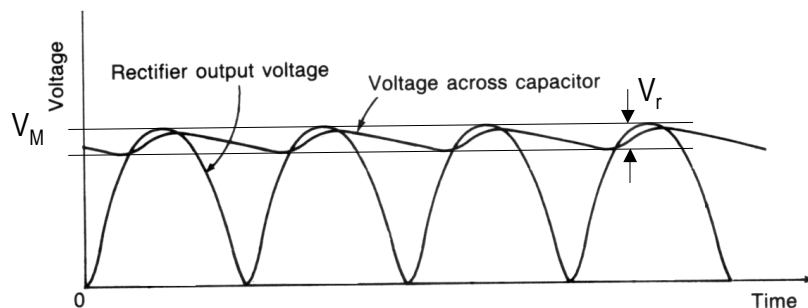
Blocs d'una font regulada (cont)

Diferents esquemes de rectificadors i filtratge per a fonts d'alimentació



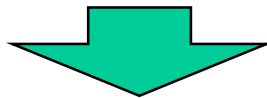
Blocs d'una font regulada (cont)

- Filtres



Tensió d'arriçat $V_r = \frac{V_M}{f R_L C}$

- estabilització mitjançant un condensador
- efecte negatiu de la càrrega R_L connectada
- Necessitat de “regular” aquesta tensió: mantenir-la el més constant possible



Circuits reguladors (darrer bloc de les fonts d'alimentació).
(reguladors DC-DC)

Reguladors

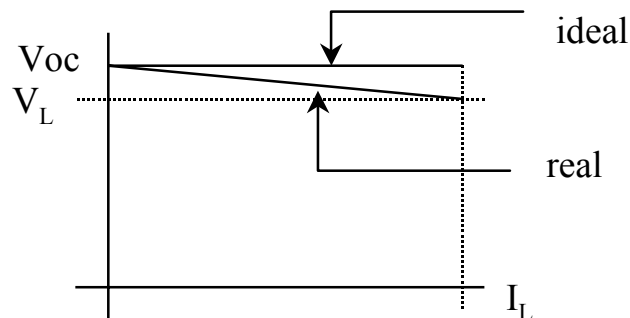
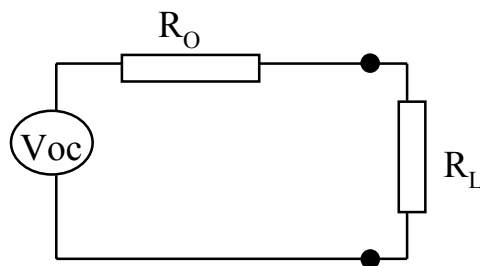
- Objectiu : mantenir constant V_O independent de la càrrega

- Hem definit el factor de regulació de càrrega com :

$$LR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} 100$$

Exemple :

- font modelada amb font de tensió + resistència de sortida



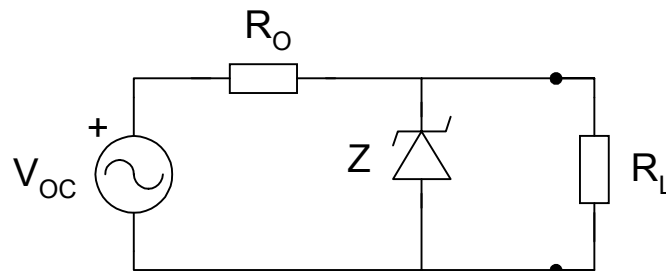
$$V_{NL} = V_{OC}; \quad V_{FL} = V_L \text{ (per } R_L \text{ minima)} \quad \Rightarrow \quad LR = \frac{R_O}{R_L} \times 100$$

Regulació de càrrega millora quan menor és la impedància de sortida

Regulador amb diode zener

- Regulador amb diode zener

- Si el diode està polaritzat en inversa, $V_L = V_Z$



- S'ha de considerar

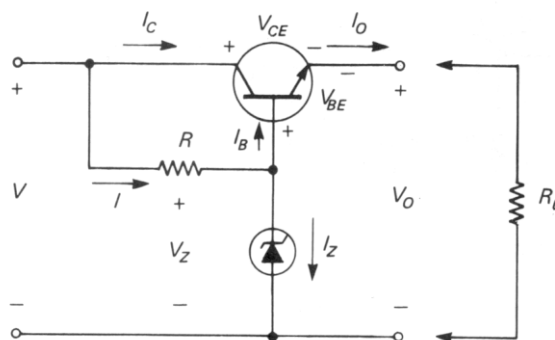
- diode → $R_Z, V_Z, I_{Z\text{mínim}}, I_{Z\text{màxim}}$
- zener sempre en inversa.

- Exercici, determinau quina ha de ser R_L mínima per que el sistema funcioni correctament

- Exercici, si $V = 20V$, $V_Z = 10V$, $R_Z = 10\Omega$, $R = 100\Omega$ i $R_{L\text{mínim}} = 200\Omega$, determinau el factor de regulació de càrrega. Quin és el corrent màxim que travessarà el diode ? Representau la gràfica V_L en funció de R_L i analitzeu el resultat.

Regulador sèrie bàsic

- Modificació del regulador amb zener introduint un transistor



- Regula per un ample rang de càrregues

$V > V_O + V_{CE,sat}$ ➡ així asseguram que el BJT és troba en zona lineal (activa)

$$V_{ce} = V - V_O$$

corrent a R_L ➡ $I_O = (\beta + 1)I_B \approx \beta I_B$

canvi a R_L ➡ canvi a I_B ➡ canvi a I_E ➡
➡ V_O constant

Regulador sèrie bàsic

Exemple

$V = 10 \text{ V}$

Zener : $V_Z = 5.6 \text{ V}$, $r_Z = 10 \Omega$, $I_{Z\min} = 1 \text{ mA}$, $P_{Z\max} = 250 \text{ mW}$

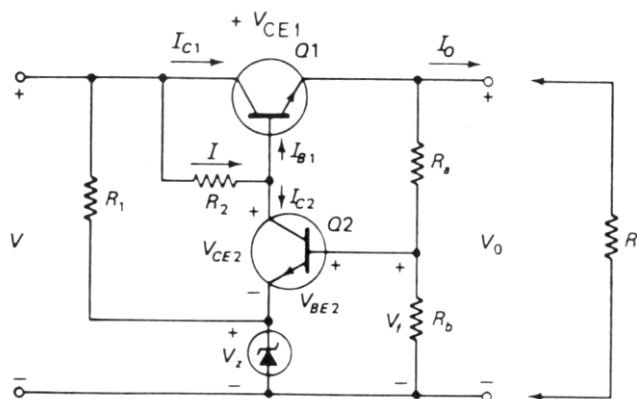
BJT : $\beta = 100$, $V_{BE,ON} = 0.6 \text{ V}$

Es demana:

- Determinar $R_{\min}$
- Determinar $R_{L\min}$

Regulador amb transistor de realimentació

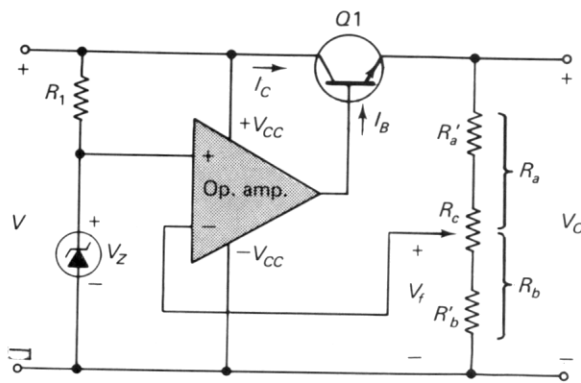
- Es basa en el regulador sèrie però introduint una realimentació per mantenir la V_O constant



- Suposem una disminució de V_O (deguda a una disminució de R_L o de V)
- Llavors V_f també disminueix, i com $V_{BE2} = V_f - V_Z$ llavors V_{BE2} també disminueix
- La disminució de V_{BE2} provoca una disminució de I_{C2} , i com $I_{B1} = I - I_{C2}$, tindrem un augment de I_{B2}
- L'augment de I_{B2} produeix un augment de $I_{E2} = I_O$, que tendeix a compensar la disminució de V_O .

Regulador amb AmpOp de realimentació

- En comptes de utilitzar un BJT en la realimentació s'utilitza un AmpOp (major guany, realimentació més efectiva)

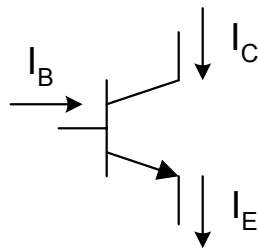


$$V_O = \left(1 + \frac{R_a}{R_b}\right) V_Z$$

- Limitacions :
 - corrent sortida del AO entre 10 - 20 mA : necessitat de bipolar amb β gran (Darlington)
 - tensió mínima/màxima d'alimentació de l'AO (s'agafa del circuit)
- Avantatge addicional: el potenciòmetre R_c permet fer un regulador variable (podem triar el valor de V_O)

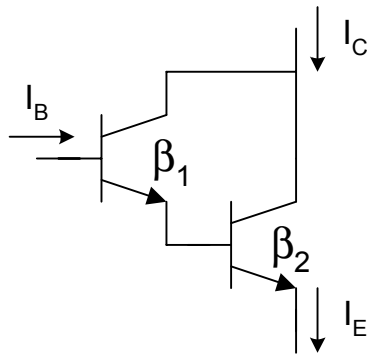
Transistor vs. configuració Darlington

- Objectiu : major I_C i I_E amb menor I_B
 - A vegades la β d'un bipolar no és suficient



$$I_C = \beta I_B$$

- Possible solució : configuració Darlington



$$I_C \approx (\beta_1 \beta_2) I_B$$

Limitació de corrent

- Necessitat de limitar el corrent de sortida per evitar situacions anòmales (p.e. curtcircuit a la sortida)

PROTECCIO AMB DIODES

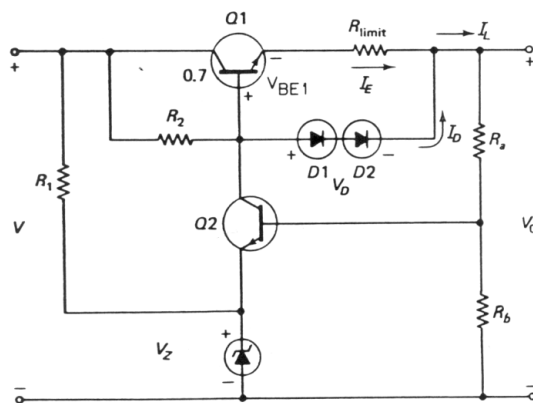
- Parell de diodes + R
 - Condicions normals: diodes OFF
 - Per un cert valor de I_E els diodes es posen en conducció i fixen el màxim de corrent del BJT

$$I_{E\max} = 0.7 / R_{\text{limit}}$$

- El corrent de sortida màxim serà

$$I_{O\max} = I_{E\max} + I_{D\max}$$

$$\text{amb } I_{D\max} < V / R_2$$



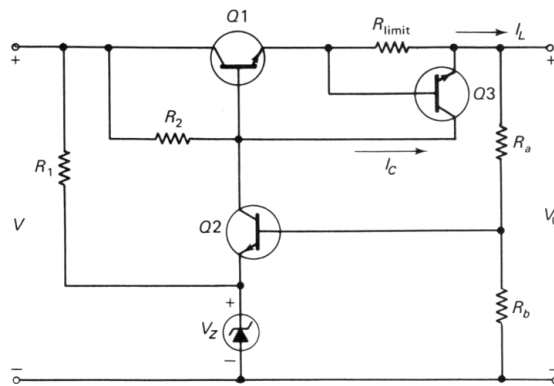
Limitació de corrent

PROTECCIO AMB TRANSITOR

- Transistor BJT + R
 - Condicions normals: BJT tallat
 - Per un cert valor de I_{E3} el transistor Q3 es posa a conduir
 - I_{C3} creix i I_{B1} disminueix → I_L disminueix
 - El corrent de sortida màxim serà

$$I_{Omax} = I_{E1max} + I_{C3max}$$

amb $I_{E1max} = 0.7 / R_{limit}$ i $I_{C3max} < V / R_2$



Reguladors comercials

- Fulls de característiques dels reguladors
 - LM78xx : reguladors de tensió fixa
 - LM317 : regulador de tensió variable positiva
 - LM337 : regulador de tensió variable negativa

Reguladors de tensió fixa

TABLE 6.8. FIXED VOLTAGE REGULATORS

Output current (max) ^a															120Hz ripple reject typ (dB)		Long-term stabl ^f max (%)		Output impedance		Comments
Type	Pkg	V _{out} (V)	Accuracy (%)	@75°C case I _{out} (A)	No heatsink ^b I _{out} (A)	P _{diss} (W)	Regulation (typ) Load ^c (mV)	Line ^d (mV)	θ _{JA} (°C/W)	Input voltage min ⁱ (V)	max (V)	Type	Temp stabl ^e typ (mV)	term max (%)	10Hz (Ω)	10kHz (Ω)					
Positive																					
LM2950CZ-5.0	TO-92	5	1	0.08	0.1	0.5	2	1.5	160	5.4	30	LM2950CZ-5.0	70	10	—	0.01	0.5	micropower, 1% low dropout, low power			
LM2931Z-5.0	TO-92	5	5	0.1	0.1	0.5	14	3	160	5.3	26	LM2931Z-5.0	80	—	0.4 ⁱ	0.1	0.2	low dropout, low power			
LM78L05ACZ	TO-92	5	4	0.1	0.1	0.6	5	50	160	7	35	LM78L05ACZ	50	—	0.25	0.2	0.2	small: LM240LAZ-5.0			
LM330T-5.0 ⁹	TO-220	5	4	0.15	0.15	1.5	14	20	4	5.3	26	LM330T-5.0 ⁹	56	25	0.4 ⁱ	0.1	0.2	low dropout; 2930			
TL750L05	TO-92	5	4	0.15	0.15	0.6	20	6	160	5.6	26	TL750L05	65	50	—	—	—	TL751 has enable			
LM2984CT	TO-220 ^h	5	3	0.5	0.5	2	12	4	3	5.5	26	LM2984CT	70	3	0.4 ⁱ	0.01	0.02	dual outputs (μP); reset, on/off			
LM2925T	TO-220	5	5	0.75	0.5	2	10	8	3	5.6	26	LM2925T	66	—	0.4 ⁱ	0.2	0.2	microprocessor; reset			
LM2935T	TO-220	5	5	0.75	0.5	2	10	8	3	5.5	26	LM2935T	66	—	0.4 ⁱ	0.02	0.02	dual outputs (μP); reset, on/off			
LM309K	TO-3	5	4	1	0.6	2.2	20	4	3	7	35	LM309K	80	50	0.4	0.04	0.05	original +5V regulator			
LT1005CT	TO-220	5	2	1	0.5	2	5	5	3	7	20	LT1005CT	70	25	—	0.003	0.01	dual outputs (μP)			
LM2940T-5.0	TO-220	5	3	1	0.5	2	35	20	3	5.5	26	LM2940T-5.0	72	20	0.4 ⁱ	0.03	0.03	LM340K-5			
LM7805CK	TO-3	5	4	1	0.6	2.2	10	3	3.5	7	35	LM7805CK	80	30	0.4	0.01	0.03	popular: LM340T-5			
LM7805CT	TO-220	5	4	1	0.45	1.7	10	3	3	7	35	LM7805CT	80	30	0.4	0.01	0.03	LM340T-15			
LM7815CT	TO-220	15	4	1	0.15	1.7	12	4	3	17	35	LM7815CT	70	100	0.4	0.02	0.05	low dropout			
LT1086-5CT	TO-220	5	1	1.5	0.5	2	5	0.5	3	6.3	30	LT1086-5CT	63	25	1	—	—	low dropout			
LAS16A05	TO-3	5	2	2	0.75	2.8	30 ^m	100 ^m	2.5	7.6	30	LAS16A05	75	—	0.7	0.002	0.02	Lambda, monolithic			
LM323K	TO-3	5	4	3	0.6	2	25	5	2	7	20	LM323K	70	30	0.7	0.01	0.02	dual +5; 1036 is +12/+5			
LT1035CK	TO-3	5	2	3	0.8	3	10	5	1.5	7.3	20	LT1035CK	70	25	—	0.003	0.01	low dropout			
LT1085-5CT	TO-220	5	1	3	0.5	2	5	0.5	3	6.3	30	LT1085-5CT	63	25	1	—	—	Lambda, monolithic			
LAS14A05	TO-3	5	2	3	0.8	3	30 ^m	50 ^m	2.3	7.5	35	LAS14A05	66	25	0.7	0.001	0.003	low dropout			
LT1003CK	TO-3	5	2	5	0.8	3	25	5	1	7.3	20	LT1003CK	63	25	—	—	—	low dropout			
LT1084-5CK	TO-3	5	1	5	0.8	3	5	0.5	1.6	6.3	30	LT1084-5CK	63	25	1	—	—	Lambda, monolithic			
LAS19A05	TO-3	5	2	5	0.8	3	30 ^m	50 ^m	0.9	7.6	30	LAS19A05	70	150 ^m	—	0.01	0.2	low dropout			
LT1083-5CK	TO-3	5	1	7.5	0.8	3	5	0.5	1.6	6.3	30	LT1083-5CK	63	25	1	—	—	Lambda, monolithic			
LAS3905	TO-3	5	5	8	0.8	3	20 ^m	100 ^m	0.7	7.6	25	LAS3905	60 ^m	100	—	0.004	0.01	—			
Negative																					
LM79L15ACZ	TO-92	-15	4	0.1	0.05	0.6	75 ^m	45 ^m	160	-17	-35	LM79L15ACZ	40	—	0.4 ⁱ	0.05	0.05	small: LM320LZ-15			
LM7915CK	TO-3	-15	4	1	0.2	2.2	4	3	3.5	-16.5	-35	LM7915CK	60	60	0.4	0.06	0.07	LM320KC-15			
LM7915CT	TO-220	-15	4	1	0.15	1.7	4	3	3	-16.5	-35	LM7915CT	60	60	0.4	0.06	0.07	LM320T-15			
LM345K-5.0	TO-3	-5	4	3	0.2	2.1	10	5	2	-7.5	-20	LM345K-5.0	65	25	1.0	0.02	0.04	—			

(a) with V_{in}=1.75V_{out}. (b) 50°C ambient. (c) 0 to I_{max}. (d) ΔV_{in}=15V. (e) ΔV_{out} for 0°C to 100°C junction temp. (f) 1000 hours. (g) similar to LM2930T-5.0. (h) wide TO-220. (i) at I_{max}. (m) min or max.

typical. All include internal thermal shutdown and current-limiting circuitry. Most are available in ±5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, and 24V units; a few are available in -2, -3, -4, -5.2, -9, +2.6, +9, and +17V units.

(a) with V_{in}=1.75V_{out}. (b) 50°C ambient. (c) 0 to I_{max}. (d) ΔV_{in}=15V. (e) ΔV_{out} for 0°C to 100°C junction temp. (f) 1000 hours. (g) similar to LM2930T-5.0, LM2931T-5.0. (h) wide TO-220. (i) at I_{max}. (m) min or max. (n) typical. All include internal thermal shutdown and current-limiting circuitry. Most are available in ±5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, and 24V units; a few are available in -2, -3, -4, -5.2, -9, +2.6, +9, and +17V units.

Reguladors de tensió variable

TABLE 6.9. ADJUSTABLE VOLTAGE REGULATORS

Type	Polarity	Pkg	Output voltage		Regulation (typ)				Input voltage		Dropout voltage (@I _{max})	120Hz ripple reject typ (dB)	Temp stab ^c typ (%)	Long-term stab ^d max (%)	Output impedance		Therm lim	Curr lim ^e	Comments	
			min (V)	max (V)	I _{max} (A)	Load ^a (%)	Line ^b (%)	Ψ _{JC} (°C/W)	min (V)	max (V)					max (V)	10Hz (Ω)				10KHz (Ω)
Three-terminal																				
LM317L	+	TO-92	1.2	37	0.1	0.1	0.15	160 ^h	-	40 ^e	2.5 ⁱ	65	0.5	1	0.07	4	•	•	miniature	
LM337L	-	TO-92	1.2	37	0.1	0.1	0.15	160 ^h	-	-40 ^e	2.5 ⁱ	65	0.5	-	-	-	•	•	miniature (neg 317L)	
LM317H	+	TO-39	1.2	37	0.5	0.1	0.2	12	-	40 ^e	2 ⁱ	80	0.6	0.3	0.01	0.03	•	•	317 in TO-39	
LM337H	-	TO-39	-1.2	-37	0.5	0.3	0.2	12	-	-40 ^e	2 ⁱ	75	0.5	0.3	0.02	0.02	•	•	negative 317H	
TL783C	+	TO-220	1.3	125	0.7	0.2 ^f	0.02	4	-	125 ^e	10	50	0.3	0.2	0.05	0.3	•	•	MOSFET, high voltage	
LM317T	+	TO-220	1.2	37	1.5	0.1	0.2	4	-	40 ^e	2.5 ⁱ	80	0.6	0.3	0.01	0.03	•	•	popular	
LM317HVK	+	TO-3	1.2	57	1.5	0.1	0.2	2.3	-	60 ^e	2.5 ⁱ	80	0.6	0.3	0.01	0.03	•	•	high voltage 317	
LM337T	-	TO-220	-1.2	-37	1.5	0.3	0.2	4	-	-40 ^e	2.5 ⁱ	75	0.5	0.3	0.02	0.02	•	•	negative 317	
LM337HVK	-	TO-3	-1.2	-47	1.5	0.3	0.2	2.3	-	-50 ^e	2.5 ⁱ	75	0.5	0.3	0.02	0.02	•	•	high voltage 337	
LT1086CP	+	TO-220	1.3	30	1.5	0.1	0.02	-	-	30 ^e	1.5	75	0.5	1	-	-	•	•	low dropout	
LM350K	+	TO-3	1.2	32	3	0.1	0.1	2	-	35 ^e	2.5 ⁱ	80	0.6	0.3	0.005	0.02	•	•	3A monolithic	
IP3R07T	+	TO-220	1.2	37	3	0.1	0.08	2.3	-	15 ^e	0.8 ⁱ	65	-	-	-	-	•	•	two unreg inputs	
LM333T	-	TO-220	-1.2	-32	3	0.2	0.02	50	-	-35 ^e	2.5 ⁱ	60	0.5	0.2	-	-	•	•	neg 350; LT1033 is imprvd	
LT1085CT	+	TO-220	1.3	30	3	0.1	0.02	3	-	30 ^e	1.5	75	0.5	1	-	-	•	•	low dropout	
LM338K	+	TO-3	1.2	32	5	0.1	0.1	2	-	35 ^e	2.5 ⁱ	80	0.6	0.3	-	-	•	•	5A monolithic	
LT1084CP	+	TO-247	1.3	30	5	0.1	0.02	2.3	-	30 ^e	1.5	75	0.5	1	-	-	•	•	low dropout	
LT1083CP	+	TO-247	1.3	30	7.5	0.1	0.02	1.6	-	30 ^e	1.5	75	0.5	1	-	-	•	•	low dropout	
LM396K	+	TO-3	1.2	15	10	0.4 ^m	0.08	1	-	20 ^e	2.1 ⁱ	74	0.3	1	0.01	0.02	•	•	10A monolithic	
LT1038CK	+	TO-3	1.2	32	10	0.1	0.08	1	-	35 ^e	2.5 ⁱ	60	1	1	0.005	0.1	•	•	10A monolithic, 1% acc'y	