

可调直流稳压电源设计报告

黄泽熙 刘豪 肖瑶

(电子科技大学 英才实验学院 611731)

摘要: 本设计报告提出了一种较为简单的可调直流稳压电源的设计方法,即采用三端稳压器 LM317、LM337 与其他若干电子元件组成电路,利用电位器调节电压输出,实现可调直流稳压电源的功能.

关键词: 可调直流稳压电源 三端稳压器 电路设计

The Design Report Of An Adjustable Voltage-Regulated DC Power Supply

Huang Zexi Liu Hao Xiao Yao

(Yingcai Experimental School University of Electronic Science and Technology of China 611731)

Abstract: This design report has put forward a relatively easy method to create an adjustable voltage-regulated DC power supply. By employing three-terminal voltage regulators, LM317 and LM 337, along with several other electronic components to construct the circuit, and utilizing potentiometers to adjust the voltage output, the functions of an adjustable voltage-regulated DC power supply have been accomplished.

Key words: adjustable voltage-regulated DC power supply three-terminal voltage regulator
circuit design

目 录

1. 设计要求.....	2
2. 设计实现.....	2
2.1. 系统概述.....	2
2.2. 变压电路.....	3
2.3. 整流电路.....	3
2.4. 滤波电路.....	4
2.5. 稳压电路.....	4
2.6. 电路总图.....	5
3. 仿真结果.....	5
4. 设计小结.....	7
5. 附录.....	7
5.1. 元器件清单.....	7
5.2. LM317 电子参数.....	8
5.3. LM337 电子参数.....	9

1. 设计要求 S

本次设计课题对结果的要求共分为两个部分：基本技术指标要求与扩展技术指标要求.基本技术指标要求要求在输入为 $220V / 50Hz$ 下，得到输出为 $+5V / DC$ 的信号，并且最大电流可以满足 $I_m = 1A$. 扩展技术指标要求能够得到另外两个输出，即：输出 1: $+12V / DC$ ， $0.1A$ ；输出 2: $-12V / DC$ ， $0.1A$.

2. 设计实现

2.1. 系统概述

为将输入的 $220V / 50Hz$ 的交流信号转换为稳定的直流信号，需要对输入信号进行变压、整流、滤波、稳压四个过程，分别涉及变压电路，整流电路，滤波电路，以及稳压电路.对应的过程框图和波形变

换如图 1.

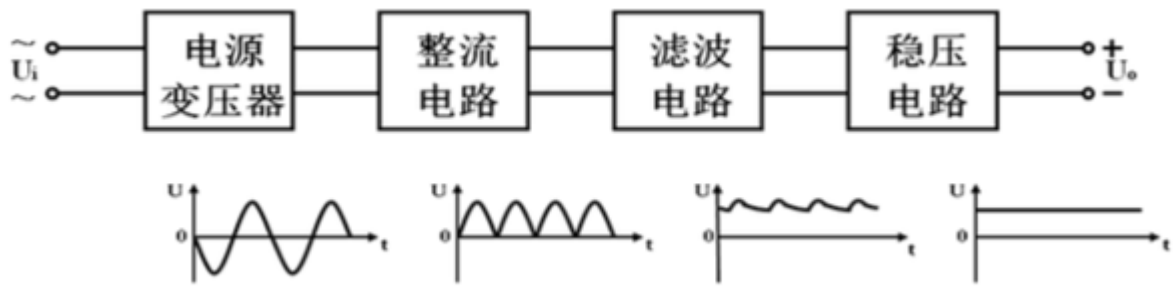


图 1 直流稳压电源的原理框图和波形变换

2.2. 变压电路

将高压交流信号转化为低压直流信号的第一步就是变压.考虑到之后将分别利用 LM317、LM337 输出正电压与负电压,本设计中采用匝数比为 220:24:24 交流变压器进行变压,变压电路如图 2.

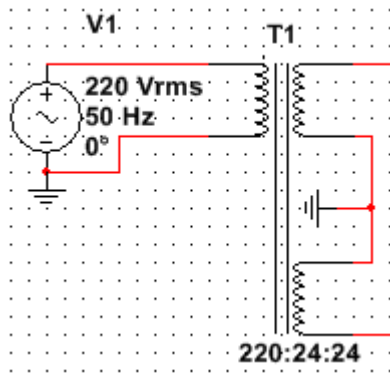


图 2 变压电路

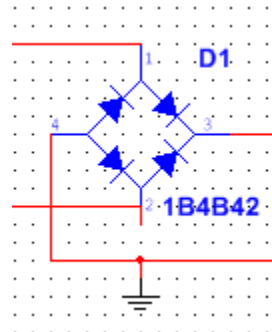


图 3 整流电路

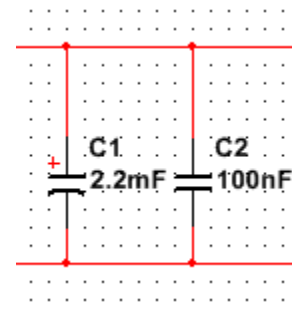


图 4 滤波电路

2.3. 整流电路

将高压交流转化为低压交流后,采用由四个二极管组成的全波整流桥 1B4B42 对信号进行全波整流,整流电路如图 3.

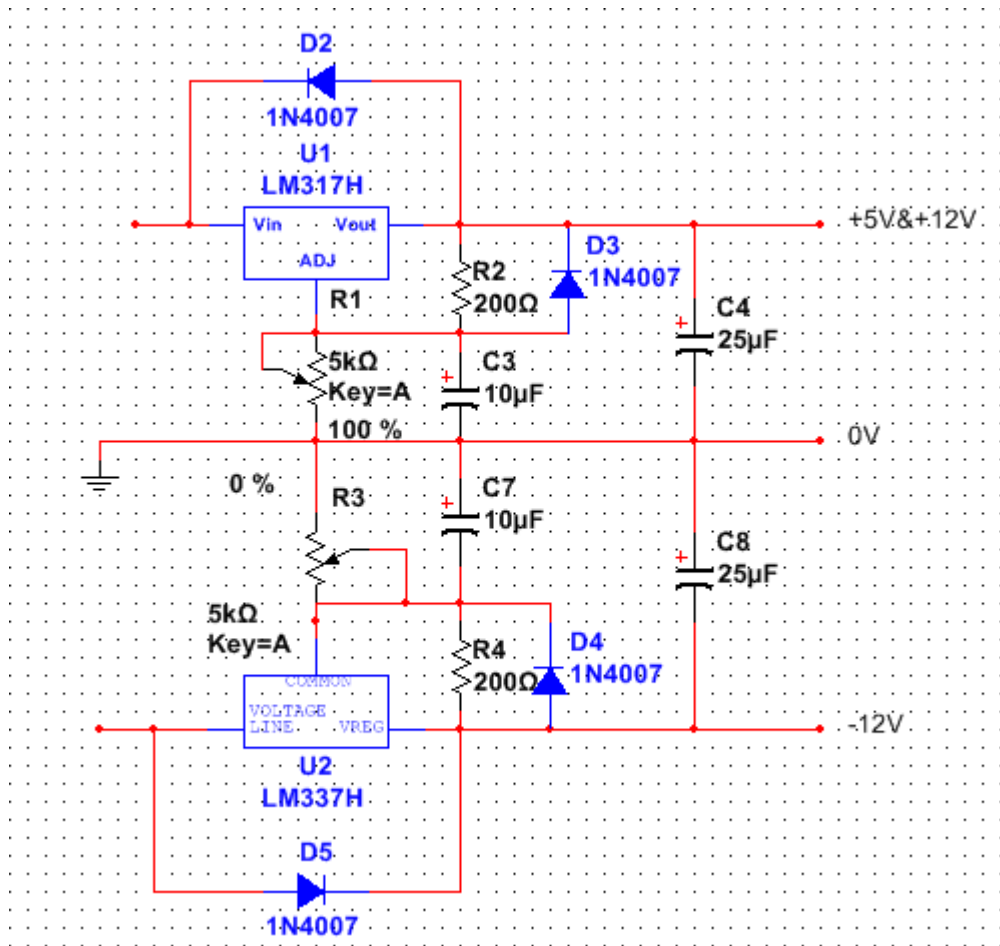


图 5 稳压电路

2.4. 滤波电路

为过滤掉整流后所得信号的交流成分，采用 $C_1 = 2.2mF$ 与 $C_2 = 2.2mF$ （ $C_5 = 2.2mF$ 与 $C_6 = 2.2mF$ ）并联进行滤波，滤波电路如图 4（只画出了 LM317 的滤波电路，LM337 的与其类似）。

2.5. 稳压电路

考虑到本设计中拓展技术指标正负电压输出的要求，分别再去 LM317，LM337 两个三端稳压器进行稳压，稳压电路如图 5。

其中 LM317 为正输出电压稳压器，LM337 为对应的负输出电压稳压器。两者除了输入输出的电压极性均相反外其他的技术参数没有差别。利用 LM317(LM337)可以保证调整端与输出端的电压恒定为 $1.25V$ （ $-1.25V$ ）。加入定值电阻 $R_2 = 200\Omega$ 和 $R_4 = 200\Omega$ ，电位器 $R_{1m} = 5k\Omega$ 和 $R_{3m} = 5k\Omega$ 用于调整输出电压。输出电压的表达式为

$$U_o = 1.25\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (2.5.1)$$

和

$$U_o = -1.25\left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \quad (2.5.2)$$

为了抑制输出电压中的纹波，分别采用了 $C_3=10\mu F$ 与 $C_7=10\mu F$ 减少旁路电阻 R_2 与 R_4 的纹波电压，此时该电源的纹波抑制比可达 $80dB$ 。在接入 C_3 与 C_7 后，若输出端短路，则 C_3 与 C_7 上的电荷会通过调整端放电，可能会损坏稳压器，故接入二极管 D_3 与 D_4 提供另外一条放电通路。

在接入容性负载的情况下，输入电压将会产生自激振荡，于是在输入端跨接 $C_4=25\mu F$ 与 $C_8=25\mu F$ 用以解决这一问题。在接入 C_4 与 C_8 后，当输入端短路时， C_4 与 C_8 上的电荷便会倒灌进稳压器中，损坏稳压器，接入二极管 D_2 与 D_5 可避免这一现象的发生。

2.6. 电路总图

根据前述介绍，得到总的电路设计图如图 6。

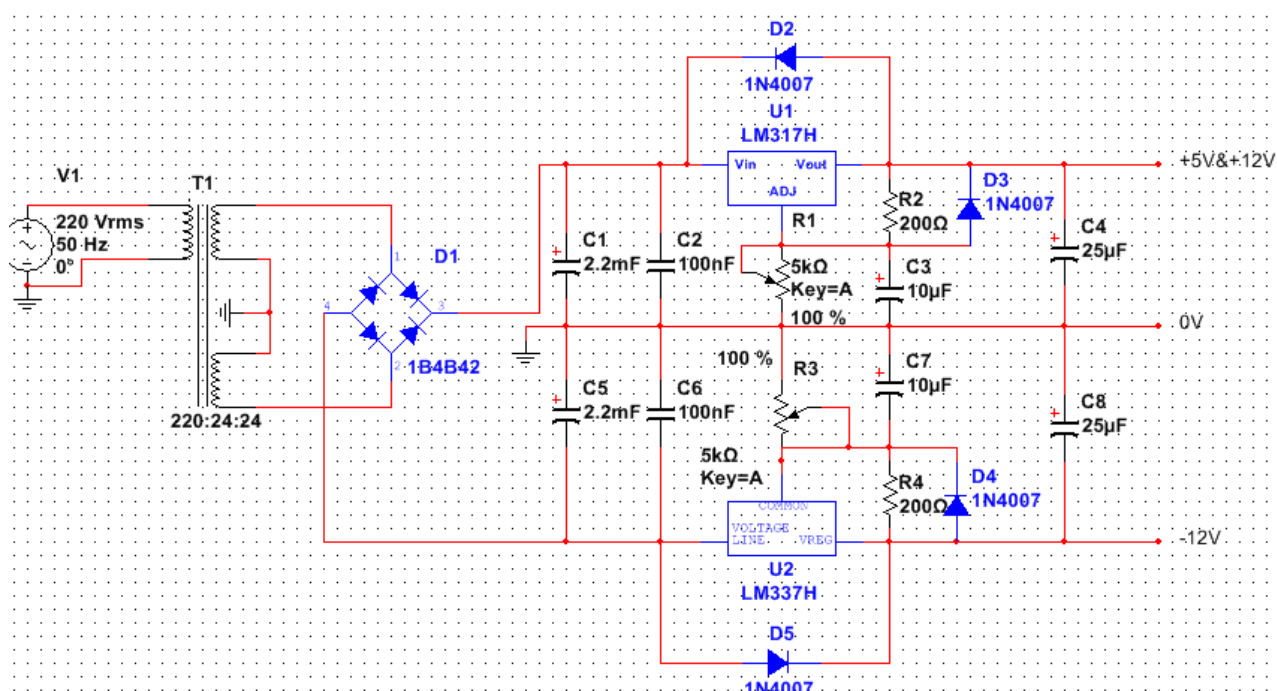


图 6 电路总图

3. 仿真结果

利用 Multisim12.0 对所得到的电路进行仿真。当 $R_1=1700\Omega$ 和 $R_3=1700\Omega$ ，得到的仿真结果如图 7。当 $R_1=600\Omega$ 时，得到的仿真结果如图 8。

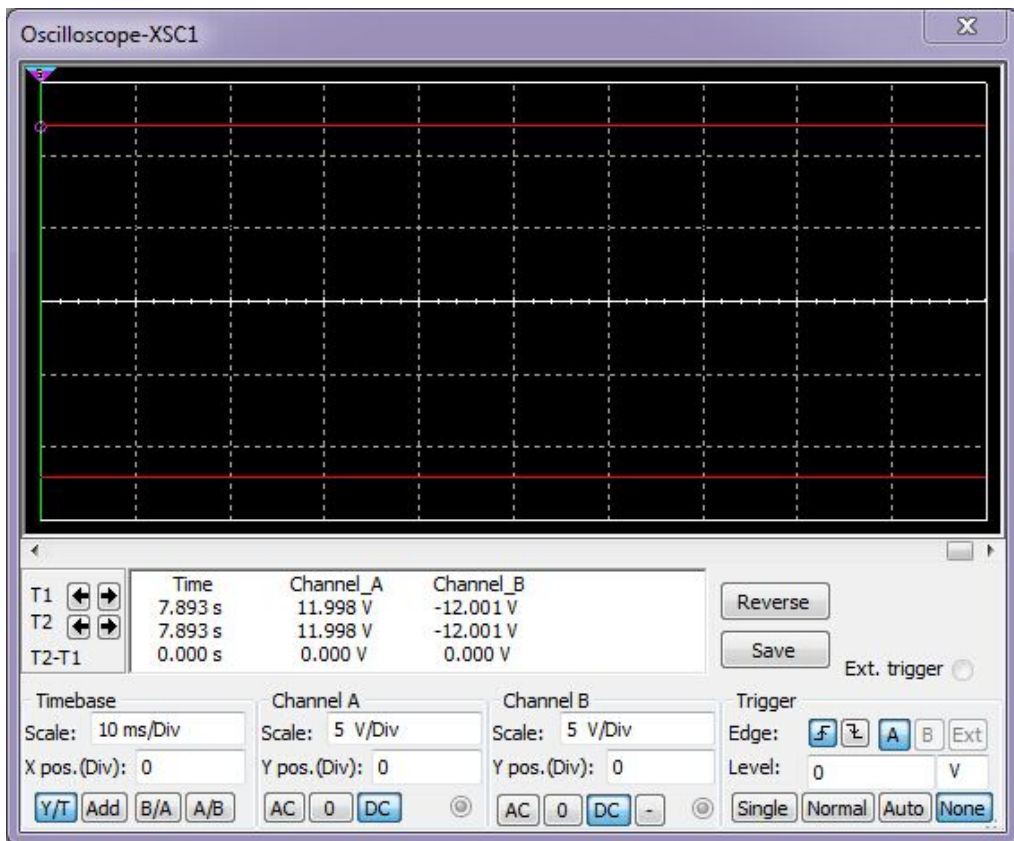


图 7 仿真结果 1 (Channel_A: +12V 电压输出; Channel_B: -12V 电压输出)

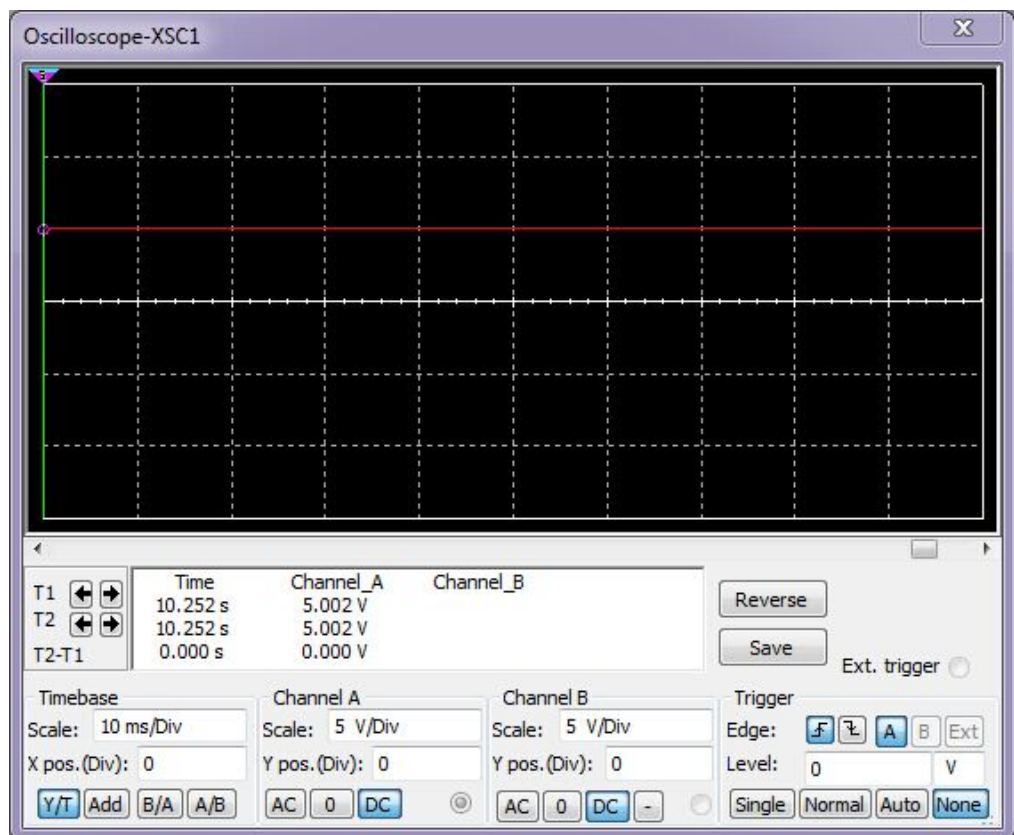


图 8 仿真结果 2 (Channel_A: +5V 电压输出)

4. 设计小结

本可调直流稳压电源的设计基本能达到设计要求，满足各项技术参数。

5. 附录

5.1. 元器件清单

编号	名称	型号	数量
R1、R3	电位器	5kΩ	2
R2、R4	电阻	200Ω	2
C1、C5	电解电容	2.2mF / 50V	2
C2、C6	涤纶电容	100nF / 50V	2
C3、C7	电解电容	10μF / 50V	2
C4、C8	电解电容	25uF / 50V	2
D1	全波整流桥	IB4B02	1
D2、D3、D4、D5	整流二极管	IN4007	4
U1	三端稳压器	LM317	1
U2	三端稳压器	LM337	1
V1	电源变压器	东佳-双 24V / 150W	1

5.2. LM317 电子参数

7.5 Electrical Characteristics

over recommended ranges of operating virtual junction temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS ⁽¹⁾		MIN	TYP	MAX	UNIT	
Line regulation ⁽²⁾	$V_I - V_O = 3\text{ V to }40\text{ V}$		$T_J = 25^\circ\text{C}$	0.01	0.04	%V	
			$T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	0.02	0.07		
Load regulation	$I_O = 10\text{ mA to }1500\text{ mA}$	$C_{\text{ADJ}}^{(3)} = 10\ \mu\text{F}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	$V_O \leq 5\text{ V}$		25	mV	
			$V_O \geq 5\text{ V}$	0.1	0.5	% V_O	
		$T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	$V_O \leq 5\text{ V}$		20	70	mV
			$V_O \geq 5\text{ V}$	0.3	1.5	% V_O	
Thermal regulation	20-ms pulse,	$T_J = 25^\circ\text{C}$		0.03	0.07	% V_O/W	
ADJUST terminal current				50	100	μA	
Change in ADJUST terminal current	$V_I - V_O = 2.5\text{ V to }40\text{ V}$, $P_D \leq 20\text{ W}$, $I_O = 10\text{ mA to }1500\text{ mA}$			0.2	5	μA	
Reference voltage	$V_I - V_O = 3\text{ V to }40\text{ V}$, $P_D \leq 20\text{ W}$, $I_O = 10\text{ mA to }1500\text{ mA}$		1.2	1.25	1.3	V	
Output-voltage temperature stability	$T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$			0.7		% V_O	
Minimum load current to maintain regulation	$V_I - V_O = 40\text{ V}$			3.5	10	mA	
Maximum output current	$V_I - V_O \leq 15\text{ V}$,	$P_D < P_{\text{MAX}}^{(4)}$	1.5	2.2		A	
	$V_I - V_O \leq 40\text{ V}$,	$P_D < P_{\text{MAX}}^{(4)}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	0.15	0.4			
RMS output noise voltage (% of V_O)	$f = 10\text{ Hz to }10\text{ kHz}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$			0.003		% V_O	
Ripple rejection	$V_O = 10\text{ V}$,	$f = 120\text{ Hz}$	$C_{\text{ADJ}} = 0\ \mu\text{F}^{(3)}$		57	dB	
			$C_{\text{ADJ}} = 10\ \mu\text{F}^{(3)}$	62	64		
Long-term stability	$T_J = 25^\circ\text{C}$			0.3	1	%/1k hr	

(1) Unless otherwise noted, the following test conditions apply: $|V_I - V_O| = 5\text{ V}$ and $I_{\text{O MAX}} = 1.5\text{ A}$, $T_J = 0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$. Pulse testing techniques are used to maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible.

(2) Line regulation is expressed here as the percentage change in output voltage per 1-V change at the input.

(3) C_{ADJ} is connected between the ADJUST terminal and GND.

(4) Maximum power dissipation is a function of $T_{\text{J(max)}}$, θ_{JA} , and T_{A} . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_{\text{J(max)}} - T_{\text{A}}) / \theta_{\text{JA}}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.

5.3. LM337 电子参数

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($|V_I - V_O| = 5.0\text{ V}$; $I_O = 0.5\text{ A}$ for T package; $T_J = T_{\text{low}}$ to T_{high} [Note 1]; I_{max} and P_{max} [Note 2].)

Characteristics	Figure	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Line Regulation (Note 3), $T_A = +25^\circ\text{C}$, $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$	1	Reg _{line}	–	0.01	0.04	%/V
Load Regulation (Note 3), $T_A = +25^\circ\text{C}$, $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{\text{max}}$ $ V_O \leq 5.0\text{ V}$ $ V_O \geq 5.0\text{ V}$	2	Reg _{load}	– –	15 0.3	50 1.0	mV % V_O
Thermal Regulation, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 6), 10 ms Pulse		Reg _{therm}	–	0.003	0.04	% V_O /W
Adjustment Pin Current	3	I_{Adj}	–	65	100	μA
Adjustment Pin Current Change, $2.5\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$, $10\text{ mA} \leq I_L \leq I_{\text{max}}$, $P_D \leq P_{\text{max}}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$	1, 2	ΔI_{Adj}	–	2.0	5.0	μA
Reference Voltage, $T_A = +25^\circ\text{C}$, $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$, $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{\text{max}}$, $P_D \leq P_{\text{max}}$, $T_J = T_{\text{low}}$ to T_{high}	3	V_{ref}	–1.213 –1.20	–1.250 –1.25	–1.287 –1.30	V
Line Regulation (Note 3), $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$	1	Reg _{line}	–	0.02	0.07	%/V
Load Regulation (Note 3), $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{\text{max}}$ $ V_O \leq 5.0\text{ V}$ $ V_O \geq 5.0\text{ V}$	2	Reg _{load}	– –	20 0.3	70 1.5	mV % V_O
Temperature Stability ($T_{\text{low}} \leq T_J \leq T_{\text{high}}$)	3	T_S	–	0.6	–	% V_O
Minimum Load Current to Maintain Regulation ($ V_I - V_O \leq 10\text{ V}$) ($ V_I - V_O \leq 40\text{ V}$)	3	I_{Lmin}	– –	1.5 2.5	6.0 10	mA
Maximum Output Current $ V_I - V_O \leq 15\text{ V}$, $P_D \leq P_{\text{max}}$, T Package $ V_I - V_O \leq 40\text{ V}$, $P_D \leq P_{\text{max}}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$, T Package	3	I_{max}	– –	1.5 0.15	2.2 0.4	A
RMS Noise, % of V_O , $T_A = +25^\circ\text{C}$, $10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$		N	–	0.003	–	% V_O
Ripple Rejection, $V_O = -10\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$ (Note 4) Without C_{Adj} $C_{\text{Adj}} = 10\text{ }\mu\text{F}$	4	RR	– 66	60 77	– –	dB
Long-Term Stability, $T_J = T_{\text{high}}$ (Note 5), $T_A = +25^\circ\text{C}$ for Endpoint Measurements	3	S	–	0.3	1.0	%/1.0 k Hrs.
Thermal Resistance Junction-to-Case, T Package		$R_{\theta\text{JC}}$	–	4.0	–	$^\circ\text{C/W}$

NOTES: 1. T_{low} to $T_{\text{high}} = 0^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$, for LM337T, D2T. T_{low} to $T_{\text{high}} = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$, for LM337BT, BD2T.

2. $I_{\text{max}} = 1.5\text{ A}$, $P_{\text{max}} = 20\text{ W}$

3. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O because of heating effects is covered under the Thermal Regulation specification. Pulse testing with a low duty cycle is used.

4. C_{Adj} , when used, is connected between the adjustment pin and ground.

5. Since Long Term Stability cannot be measured on each device before shipment, this specification is an engineering estimate of average stability from lot to lot.

6. Power dissipation within an IC voltage regulator produces a temperature gradient on the die, affecting individual IC components on the die. These effects can be minimized by proper integrated circuit design and layout techniques. Thermal Regulation is the effect of these temperature gradients on the output voltage and is expressed in percentage of output change per watt of power change in a specified time.

参考文献

- [1]王增福等.新编线性直流稳压电源[M].北京: 电子工业出版社, 2004: 316-331.
- [2]钟洪声等.电子电路设计技术基础[M].四川: 电子科技大学出版社, 2012: 108-122.
- [3]胡翔骏等.电路分析[M].北京: 高等教育出版社, 2012: 215-290.