

从图中曲线可以看出，不管输入和输出电压固定在何值，工作频率 f 都随输出电流的增大而提高。这是因为：当输出电流增加时，线圈 L 的有效电感量减小，所以工作频率升高。从实验中可以看出，当输出电流减小到一定数值后（对于 $V_i=25$ 伏、 $V_o=20$ 伏的情况来说， $I_o < 0.4$ 安；对于 $V_i=30$ 伏、 $V_o=25$ 伏的情况来说， $I_o < 0.5$ 安），电路的波形开始发生畸变，工作不正常。由此可知，集成化开关稳压器不适宜空载或轻载工作。

图4-71表示当输入电压 V_i 和输出电流 I_o 不变时，工作频率 f 、效率 η 与输出电压 V_o 的关系。从图中曲线可以看出，工作频率随输出电压升高而降低。

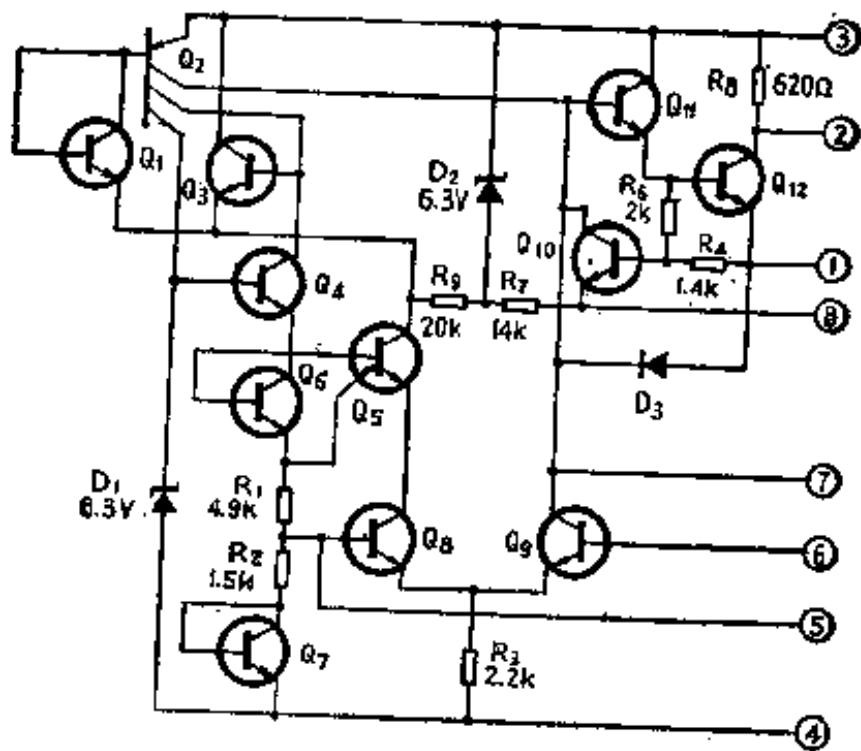
此外，在给定输入电压 V_i 、输出电压 V_o 和输出电流 I_o 的条件下，工作频率 f 还与电感 L 和 C_s 有关。设计集成化开关稳压器时，选择合适的工作频率是很重要的。集成电路 5G11 可工作在较高频率（如100千赫）。为了保证开关稳压器具有较高效率，必须选用优质的大功率开关管。

二、集成化开关稳压电源设计举例

集成化开关稳压器设计要求如下： $V_i=20 \pm 4$ 伏、 $V_o=5$ 伏、 $I_o=4$ 安、 $I_{c(max)}=4.2$ 安、 $f=10$ 千赫、波纹电压 $\Delta V_o=10$ 毫伏。在该稳压器中，开关管工作状态由单块集成电路 LM300 控制。LM300 等效电路如图4-72所示。完整的集成化开关稳压器电路如图4-73所示。

1. 开关晶体管选择

根据开关稳压器主回路设计方法，开关管的耐压 V_{CBO} 必须等于或大于输入电压的1.5倍，即 $V_{CBO} \geq 1.5 \times 24 = 36$ 伏。开关



①限流，②辅助输出，③非稳压输入，④接地，⑤基准旁路，
⑥反馈，⑦补偿，⑧稳压输出

图 4-72 LM300等效电路

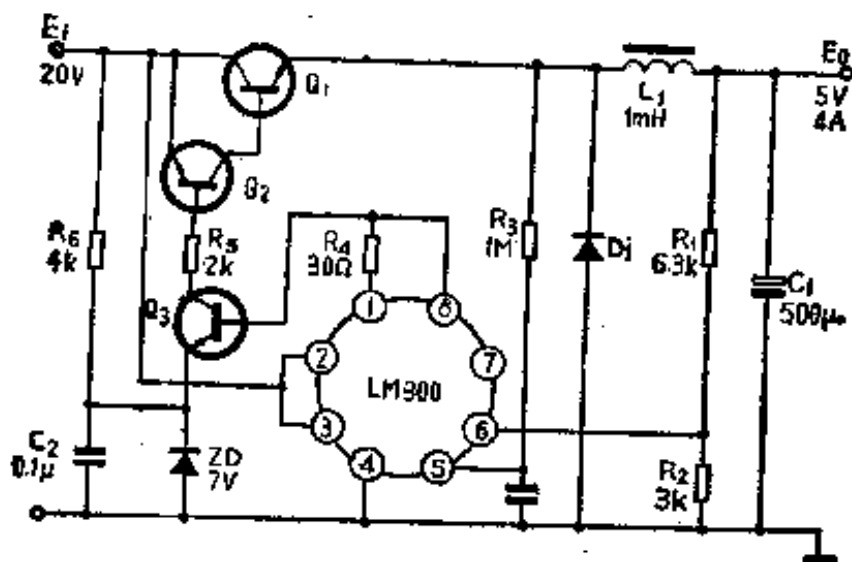


图 4-73 5V、4A集成化开关稳压器

晶体管的集电极电流必须大于最大负载电流，为了留有余量，一般可选择 $I_s > 5$ 安。

2. 续流二极管选择

当开关管截止时，负载电流将通过续流二极管构成通路，因此，续流二极管的正向电流 I_D 应等于或大于负载电流值，即 $I_D \geq 4$ 安。续流二极管的耐压值必须大于输入电压 V_i 。

3. 电感L计算

在开关稳压器主回路设计中已经得出： $L = \frac{V_o}{2f(I_{o(max)} - I_o)} \left(1 - \frac{V_o}{V_i}\right)$ (公式4-35)，将给出的设计要求代入，可得 $L \approx 1$ 毫亨。

4. 电容C计算

在开关稳压器主回路设计中已经得出： $C = \frac{V_o}{8Lf^2 \Delta V_o} \left(1 - \frac{V_o}{V_i}\right)$ (公式4-36)，将给出的设计要求代入，可得 $C = 500$ 微法。

5. 取样电阻选择

LM300⑤端的基准电压 $V_{ref} = 1.6$ 伏，因为通过 R_3 的电流很小， R_3 对基准电压的影响可以忽略，因此，开关稳压器的输出电压 $V_o = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{ref}$ ，由此式可以得出： $\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_o}{V_{ref}} - 1 = 2.1$ ，若取 $R_2 = 3$ 千欧，则 $R_1 = 6.3$ 千欧。

附录一 本书所用国外晶体管的主要参数

(仅供参考)

型号	V_{CBO}	V_{CEO}	I_C	P_c	工作温度	h_{FE}		
						最大	典型	最小
2N 338	45V	30V	20mA	125mW	-65°C ~ 150°C	150	80	45
2N 343B	60V	60V	60mA	1W	-65°C ~ 150°C			
2N 389	80V	60(V_{CER})		85W	-65°C ~ 200°C	60		12
2N 392	60V	40V	5A(I_S)	48W		150		60
2N 497	60V	60V	0.5A	4W	-65°C ~ 200°C	36		12
2N 656	60V	60V		4W	-65°C ~ 200°C	90		30
2N 697	60V	50(V_{CER})	0.5A	2W	-65°C ~ 175°C	120	75	40
2N 1047		80V	2A	40W		36		12
2N 1049		80V	2A	40W		90		30
2N 1131	50V	35V	0.6A	2W	-65°C ~ 200°C	45		20
2N 1149	45V		25mA	150mW	-65°C ~ 175°C			
2N 1304	25V	20V	0.3A	150mW	85°C		40	
2N 1305	30V	20V	0.3A	150mW	85°C		40	
2N 1702	60V	40V	5A	75W				15
2N 1907	100V	40V	20A	60W				20
2N 2042	105V	105V	200mA	200mW	-65°C ~ 100°C	50		20
2N 2192	60V	40V	1A	0.8W	-65°C ~ 200°C	300		15
2N 2219	60V	30V	0.8A	0.8W	-65°C ~ 175°C	300		35
2N 2711	18V	18V		0.2W	125°C	90		30
2N 2712	18V	18V		0.2W		225		75
2N 2800	50V	35V	0.8A	0.8W	-65°C ~ 200°C	225		15
2N 2905	60V	40V	0.6A	0.6W	-65°C ~ 200°C	300		35
2N 3053	60V	40V	0.7A	5W	-65°C ~ 200°C	250		50
2N 3055	55V	45V	15A	115W	-65°C ~ 200°C	70		20

(续表)

型号	V_{CBO}	V_{CEO}	I_c	P_c	工作温度	h_{FE}		
						最大	典型	最小
2N3215	40V	30V	5 A	14W				25
2N3439	450V	350V	1 A	10W	-65°C~200°C	160		40
2N3440	300V	250V	1 A	10W	-65°C~200°C	160		40
2N3583	250V	175V	1 A	35W	-65°C~200°C	200		40
2N3702	40V	25V	0.2 A	0.6W	-65°C~150°C	300		60
2N3715	80V	60V	10 A	150W				50
2N3791	80V	60V	10 A	150W				25
BC107	50V	45V	0.2 A	0.3W	-65°C~175°C	220		10
BC108	30V	20V	0.2 A	0.3W	-65°C~175°C	220		90
BC121	5V	5V	75mA	250mW	150°C		300	
BCY70	50V	40V	0.2 A	350mW	175°C		40	
BCY71	45V	45V	0.2 A	350mW	175°C		80	
BCY72	25V	25V	0.2 A	350mW	175°C		50	
BD123	90V	60V	5 A	45W				15
BDY60	60V	60V	5 A	15W				40
BFY50	80V	40V	1 A	5W	200°C		112	
BFY52	60V	20V	1 A	5W	200°C		142	
DTS410	200V	200V	3.5 A	100W				30
DTS413		400V	2 A	75W				20

附录二 本书所用国外稳压管的主要参数

(仅供参考)

型 号	基准电压 V_z	额定电流 I_{zs}	动态电阻 R_z	最大直流电流 I_{zmax}	温度系数 S_z	额定功率 P_z
1N746	3.3V	20mA	28Ω	110mA	0.062%/°C	400mW
1N747	3.6V	20mA	24Ω	100mA	-0.055%/°C	400mW
1N751	5.1V	20mA	17Ω	70mA	0.008%/°C	400mW
1N752	5.6V	20mA	11Ω	65mA	+0.006%/°C	400mW
1N753	6.2V	20mA	7Ω	60mA	+0.022%/°C	400mW
1N754	6.8V	20mA	5Ω	55mA	+0.035%/°C	400mW
1N758	10V	20mA	17Ω	35mA	+0.060%/°C	400mW
1N957	6.8V	18.5mA	4.5Ω	47mA		400mW
1N968A	20V	6.2mA	25Ω	15mA		400mW
1N2499	11V	500mA	2Ω			10W
1N3800	30V	12mA	25Ω	41mA	0.085%/°C	1.5W
1N4734A	5.6V	45mA	5Ω			1W
1N4735A	6.2V	41mA	2Ω			1W
BZX48	6.5V	2mA	125Ω	10mA	0.001%/°C	
BZX78	5.3V	11.5mA	20Ω	25mA		
BZY88-C4V3	4.3V	5mA	90Ω	250mA	-1.8mV/°C	400mW
BZY88-C5V1	5.1V	5mA	75Ω	250mA	-1.2mV/°C	400mW
BZY88-C5V6	5.6V	5mA	55Ω	250mA	+1mV/°C	400mW
BZY88-C6V2	6.2V	5mA	27Ω	250mA	+3.5mV/°C	400mW
BZY88-C6V8	6.8V	5mA	15Ω	250mA	+3.8mV/°C	400mW
BZY91-C27	27V	1A	1Ω	100A	0.082%/°C	75W

附录三 本书所用国外二极管的主要参数

(仅供参考)

型 号	峰值反向电压 V_{RM}	平均整流电流 I_o	峰值浪涌电流 I_{FM}	工作温度
1N91	100V	0.15 A		
1N2069	200V	750mA	22 A	-30°C ~ 100°C
1N2861	300V	1 A	35 A	-65°C ~ 135°C
1N3194	400V	0.75 A	35 A	-65°C ~ 100°C
1N3491	50V	25 A	300 A	-65°C ~ 175°C
1N4001	50V	1 A	30 A	
BA145	300V	10mA	1 A	-55°C ~ 125°C
BYX36-150	150V	1 A	30 A	-55°C ~ 125°C
BYX38-300	300V	3 A	38 A	-55°C ~ 150°C

附录四 符号说明

a 或 A	anode terminal	阳极
A	cross-sectional area of core	铁芯横截面积
aV 或 AV	average	平均
b 或 B	base terminal	基极
B	flux density	磁通密度
B_M	maximum operating flux density	最大磁通密度
B_s	saturation flux density	饱和磁通密度
EO	breakover	转折

BR	<i>breakdown</i>	击穿
c 或 C	<i>collector terminal</i>	集电极
c 或 C	<i>capacitance</i>	电容
C_{bc}	<i>transistor base-collector capacitance</i>	晶体管集-基极电容
C_{be}	<i>transistor base-emitter capacitance</i>	晶体管基-射极电容
C_o 或 C_{out}	<i>output capacitance</i>	输出电容
C_{TC}	<i>capacitance of collector depletion layer</i>	集电极耗尽层电容
C_{TE}	<i>capacitance of emitter depletion layer</i>	发射极耗尽层电容
CC	<i>constant current</i>	稳流
CV	<i>constant voltage</i>	稳压
d	<i>delay or duty cycle</i>	延迟或占空系数
D	<i>diode</i>	二极管
e 或 E	<i>emitter terminal</i>	发射极
e	<i>instantaneous voltage</i>	瞬时电压
E	<i>applied voltage</i>	外加电压
E_{dc}	<i>d.c. output voltage</i>	直流输出电压
E_{max}	<i>maximum applied voltage</i>	外加电压最大值
E_s	<i>energy stored</i>	储能
E_t	<i>transferred energy</i>	传输能量
E_D	<i>forward voltage drop across thyristor</i>	可控硅正向电压降
E_T	<i>transformer output voltage</i>	变压器输出电压
$E_{T(max)}$	<i>maximum sine-wave output voltage of the transformer</i>	变压器输出正弦电压最大值
$E_{T(rms)}$	<i>r.m.s. value of the</i>	变压器输出电压有效值

	<i>transformer output voltage</i>	
f	<i>frequency</i>	频率
f_{low}	<i>low frequency</i>	低频
f_{max}	<i>maximum frequency of oscillations</i>	最高振荡频率
f_o	<i>optimum frequency</i>	最佳频率
f_r	<i>ripple frequency</i>	波纹频率
f_T	<i>transition frequency</i>	过渡频率
g 或 G	<i>gate terminal</i>	控制极
g_m	<i>mutual conductance of transistor</i>	晶体管的互导
G_m	<i>mutual conductance of stage</i>	电路的互导
h_{FB} 或 h_{FE}	<i>static value of forward current-transfer ratio with output held constant</i>	输出保持不变时, 静态正向电流传输比
H	<i>magnetising field strength</i>	磁场强度
H_s	<i>value of magnetising field strength at saturation</i>	饱和磁场强度
H_o	<i>intrinsic strength of magnetising field</i>	固有磁场强度
i	<i>instantaneous current</i>	瞬时电流
i_{av}	<i>average value of a.c. current</i>	交流电流平均值
i_{pk}	<i>peak value of a.c. current</i>	交流电流峰值
i_r	<i>instantaneous reverse current</i>	瞬时反向电流
i_{rms}	<i>r.m.s. value of a.c. current</i>	交流电流有效值
i_c	<i>instantaneous value of capacitor current</i>	电容电流瞬时值
i_f	<i>instantaneous forward current</i>	正向电流瞬时值
I_{av}	<i>total average current</i>	总的平均电流

$I_{b(\min)}$	minimum base current	最小基极电流
$I_{b(pk)}$	peak base current	峰值基极电流
I_c	r.m.s value of collector current or total capacitor current	集电极电流有效值或电容电流
$I_{c(rms)}$	r.m.s value of capacitor current	电容电流有效值
I_{dc}	d.c. value of total current	直流电流
I_i	input current or inverse current	输入电流或反向电流
$I_{i(max)}$	maximum inverse current	最大反向电流
I_m	magnetising current	磁化电流
I_{mag}	r.m.s value of transformer primary magnetising current	变压器初级磁化电流有效值
I_o 或 I_{out}	output current	输出电流
I_{on}	initial switch-on current	起始导通电流
I_{pk}	peak current	峰值电流
I_{rms}	r.m.s value of current	电流有效值
I_B	base current	基极电流
$I_{B(on)}$	base current of saturated transistor	饱和晶体管的基极电流
$I_{B(off)}$	reverse base current during switch-off transition	晶体管截止时的反向基极电流
I_c	total collector current	总的集电极电流
I_{CBO}	collector cut-off current (emitter open-circuited)	集电极截止电流 (发射极开路)
I_{CSO}	collector cut-off current (base open-circuited)	集电极截止电流 (基极开路)
I_D	diode current	二极管电流

I_E	emitter current	发射极电流
I_f	feedback current	反馈电流
I_F 或 $I_F(\Delta V)$	forward current or average forward current	正向电流或平均正向电流
I_{FG}	thyristor forward gate current	可控硅正向控制极电流
I_{FGM}	thyristor peak forward gate current	可控硅峰值正向控制极电流
I_G	thyristor gate current	可控硅控制极电流
I_H	thyristor holding current(d.c.)	可控硅维持电流(直流)
I_{IN}	average supply current	平均电源电流
I_L	load current	负载电流
I_L	value of inductive current	电感电流
I_R	current flowing through the resistor R or collector load current	流过电阻 R 的电流或集电极负载电流
I_T	thyristor continuous(d.c) on-state current	可控硅连续导通电流(直流)
$I_T(\Delta V)$	average value of anode current	阳极电流平均值
I_z	current through voltage regulator diode after breakdown	稳压管击穿后流过的电流
K	constant	常数
l	length of magnetic path	磁路长度
l_c	length of flux path in core	铁芯磁路长度
l_g	length of air gap	空气隙长度
L	inductance	电感
L_0	inductance of primary	初级电感
n	number 1, 2, 3...n	数字1, 2, 3...n

N_b	number of turns in base winding	基极线圈的圈数
N_f	number of turns in feedback winding	反馈线圈的圈数
N_h	number of turns in heater winding	灯丝线圈的圈数
N_p	number of turns in primary winding	初级线圈的圈数
N_s	number of turns in secondary winding	次级线圈的圈数
N_c	number of turns in control winding	控制线圈的圈数
P	steady-state dissipation	静态耗散功率
P_c	collector dissipation	集电极耗散功率
$P_{c(max)}$	maximum collector dissipation	最大集电极耗散功率
P_i	input power	输入功率
$P_{i(av)}$	average input power	平均输入功率
P_o 或 P_{out}	output power	输出功率
P_p	pulse power	脉冲功率
$P_p(max)$	maximum permissible pulse power	最大允许脉冲功率
P_s	steady-state dissipation	静态耗散功率
$P_s(max)$	maximum permissible steady-state dissipation	最大允许静态耗散功率
$P_{tot(max)}$	maximum total dissipation	总耗散功率最大值
P_F	forward power loss	正向耗散功率
$P_{F(av)}$	average forward power loss	平均正向耗散功率
P_R	power dissipated in resistor R	电阻 R 的耗散功率
$P_z(max)$	maximum voltage	稳压管最大耗散功率

	<i>regulator diode dissipation</i>	
Q	<i>charge</i>	电荷
Q_i	<i>initial charge</i>	起始电荷
Q_m 或 $Q_{(max)}$	<i>maximum charge</i>	最大电荷
Q_{min}	<i>minimum charge</i>	最小电荷
r_b	<i>transistor base resistance of equivalent T circuit</i>	晶体管T型等效电路基极电阻
r_{bb}	<i>internal base resistance of transistor</i>	晶体管基极内阻
r_e	<i>internal emitter resistance of transistor</i>	晶体管发射极内阻
r_p 或 R_p	<i>winding resistance of transformer primary</i>	变压器初级线圈电阻
r_s 或 R_s	<i>winding resistance of transformer secondary</i>	变压器次级线圈电阻
r_{Σ}	<i>total winding resistance of transformer</i>	变压器线圈的总电阻
r_B	<i>base resistance of unijunction transistor</i>	单结晶体管的基极电阻
r_{BB}	<i>interbase resistance of unijunction transistor</i>	单结晶体管基极间的电阻
r_z	<i>dynamic resistance of voltage regulator diode</i>	稳压管的动态电阻
r_{zs}	<i>dynamic resistance at specified current</i>	在规定电流值时 稳压管的动态电阻
R	<i>resistance</i>	电阻
R_b 或 R_B	<i>external base resistance</i>	基极外接电阻
R_{bb}	<i>sum of internal and external base resistance</i>	基极内阻与外接电阻之和

R_c	<i>output resistance</i>	输出电阻
R_{th}	<i>thermal resistance</i>	热阻
$R_{th(c-a)}$	<i>thermal resistance case-to-ambient</i>	外壳到周围环境之间的热阻
$R_{th(h)}$	<i>thermal resistance of heat sink</i>	散热器的热阻
$R_{th(j-a)}$	<i>thermal resistance junction-to-ambient</i>	结到周围环境之间的热阻
$R_{th(j-c)}$	<i>thermal resistance junction-to-case</i>	结到管壳之间的热阻
$R_{th(s)}$	<i>steady-state thermal resistance</i>	稳态热阻
$R_{th(t)}$	<i>transient thermal resistance</i>	瞬时热阻
R_B	<i>equivalent transistor input resistance</i>	等效晶体管输入电阻
R_{BX}	<i>total input resistance of compound transistor</i>	复合晶体管总输入电阻
R_{CB}	<i>collector-emitter resistance of transistor</i>	晶体管集-射极电阻
$R_{CE(sat)}$	<i>saturation resistance of transistor</i>	晶体管集-射极饱和电阻
R_G	<i>thyristor gate resistance</i>	可控硅控制极电阻
R_L	<i>load resistance</i>	负载电阻
R_V	<i>variable resistance</i>	可变电阻
S	<i>stabilisation factor</i>	稳压系数
S_F	<i>Fractional change coefficient</i>	电压调整率
S_p	<i>stabilisation factor of pre-stabilising stage</i>	前置稳压器稳压系数
S_T	<i>total temperature coefficient</i>	总温度系数
S_{IR}	<i>temperature coefficient of transistor</i>	晶体管的温度系数

S_z	temperature coefficient of voltage regulator diode	稳压管的温度系数
SCR	thyristor	可控硅
SW	switch	开关
t	time	时间
t_d	delay time	延迟时间
t_{com}	commutation period	换向时间
t_{cond}	conduction period	导通时间
t_f	fall time	下降时间
t_{fr}	forward recovery time	正向恢复时间
t_{off}	turn-off time or duration of off time	截止时间或截止持续期
t_{on}	turn-on time or duration of on time	导通时间或导通持续期
t_p	pulse duration or time of half-cycle	脉冲持续期或半周期时间
t_r	rise time	上升时间
t_{rr}	reverse recovery time	反向恢复时间
t_s	storage time	存储时间
T	transformer	变压器
T	temperature or periodic time	温度或周期
T_a 或 T_{amb}	ambient temperature	环境温度
$T_{amb(max)}$	maximum ambient temperature	最高允许环境温度
T_c 或 T_{case}	case temperature	管壳温度
T_j	junction temperature	结温
$T_{j(max)}$	maximum junction temperature	最高允许结温
T_r	reference temperature	基准温度
T_s	source temperature	电源温度
T_{s-r}	permissible temperature rise	允许温升

TR	<i>transistor</i>	晶体管
v	<i>instantaneous value of voltage</i>	瞬时电压值
v_{pb}	<i>peak value of instantaneous voltage</i>	瞬时电压峰值
v_F	<i>instantaneous value of forward voltage</i>	正向电压瞬时值
v_R	<i>instantaneous value of reverse voltage</i>	反向电压瞬时值
V_{bB}	<i>voltage applied to base of transistor</i>	晶体管基极电压
V_{be}	<i>minimum value of base-emitter voltage</i>	基-射电压最小值
V_{cc}	<i>supply voltage</i>	电源电压
V_d	<i>forward voltage drop across rectifier diode</i>	整流管正向电压降
V_f	<i>feedback voltage</i>	反馈电压
V_{fr}	<i>forward recovery voltage</i>	正向恢复电压
V_i 或 V_{in}	<i>input voltage</i>	输入电压
V_o 或 V_{out}	<i>output voltage</i>	输出电压
$V_{o/c}$	<i>open-circuit voltage</i>	开路电压
V_p	<i>peak point voltage or primary voltage</i>	峰点电压或初级电压
V_s	<i>secondary voltage</i>	次级电压
$V_{s/c}$	<i>short-circuit test voltage</i>	短路测试电压
V_{BB}	<i>unijunction interbase voltage or d.c. base supply voltage</i>	单结管基极间电压或直流基极电源电压
V_{BE}	<i>base-emitter voltage</i>	晶体管基-射极电压
V_{BEM}	<i>maximum base-emitter voltage</i>	晶体管最高基-射极电压

V_{BO}	<i>breakover voltage</i>	转折电压
$V_{(BR)}$	<i>breakdown voltage</i>	击穿电压
$V_{(BR)CBO}$	<i>breakdown voltage collector-to-base (emitter open-circuited)</i>	集-基极击穿电压 (发射极开路)
$V_{(BR)CEO}$	<i>breakdown voltage collector-to-base (emitter and base short-circuited)</i>	集-基极击穿电压(射-基极短路)
$V_{(BR)R}$	<i>reverse breakdown voltage</i>	反向击穿电压
V_c	<i>collector voltage</i>	集电极电压
V_{CB}	<i>collector-to-emitter voltage (d.c.)</i>	集-射极直流电压
$V_{CB(pk)}$	<i>peak value of collector-to-emitter voltage</i>	集-射极峰值电压
$V_{CB(sat)}$	<i>collector-to-emitter saturation voltage</i>	集-射极饱和电压
V_{CEM}	<i>maximum rated peak collector voltage</i>	最大额定峰值集电极电压
V_D	<i>forward voltage drop of p-n junction or forward voltage drop of rectifier diode</i>	p-n结或整流管的正向压降
V_E	<i>emitter voltage</i>	发射极电压
V_{EB}	<i>emitter-base voltage(d.c.)</i>	基-射极直流电压
V_F	<i>d.c. forward voltage</i>	直流正向电压
V_R	<i>d.c. reverse voltage or ripple voltage</i>	直流反向电压或波纹电压
V_{RB}	<i>voltage drop across external base resistor</i>	外接基极电阻的压降

V_{RS}	<i>voltage drop across resistance of secondary winding</i>	次级线圈电阻的压降
V_{RW}	<i>crest working voltage rating of rectifier diode</i>	整流管额定峰值电压
V_{RWM}	<i>crest(peak) working reverse voltage</i>	峰值反向电压
V_T	<i>thyristor voltage between anode and cathode</i>	可控硅阳-阴极电压
V_Z	<i>voltage across voltage regulator diode after breakdown or voltage regulator (Zener) diode operating voltage</i>	稳压管击穿后的电压或稳压管的基准电压