开关电源的设计资料

家用电器开关电源设计参考

编者:　卢朝波

目录

- 1.开关电源系统要求的确定
- 2.开关电源方案的选择
- 3.开关电源原理图设计
- 4.开关电源EMC设计
- 5.开关电源PCB设计
- 6.开关电源性能测试

1.开关电源系统要求的确定

- 1.1 确定输入电压

一般开关电源芯片都支持两种电压输入形式:一为230VAC的单电压输入,另一种为85V~265V的宽电压输入.频率为50HZ和60HZ两种.应根据不同国家的电网电压,确定输入电压标准.

- 1.2 确定输出电压

首先确定输出通道的个数,然后确定每个输出通道的电压值.

- 1.3 确定输出功率

确定每个输出通道的工作电流和额定电流.

工作电流: 正常工作时的电流,运行时间很长

额定电流: 系统工作时的最大电流或非正常状况下的电流,运行时间很短

- 1.4 确定输出效率

在开始设计前,首先确定开关电源的目标效率,因为,效率决定了元器件的选择和很多参数的计算.现在的关电源效率一般在80%左右,不要太低也不要太高.因为太低了,不符合节能的要求,太高了,实际设计中无法实现

- 1.5 开关电源说明书的编写模板

Microsoft Excel Worksheet

2.开关电源方案的选择

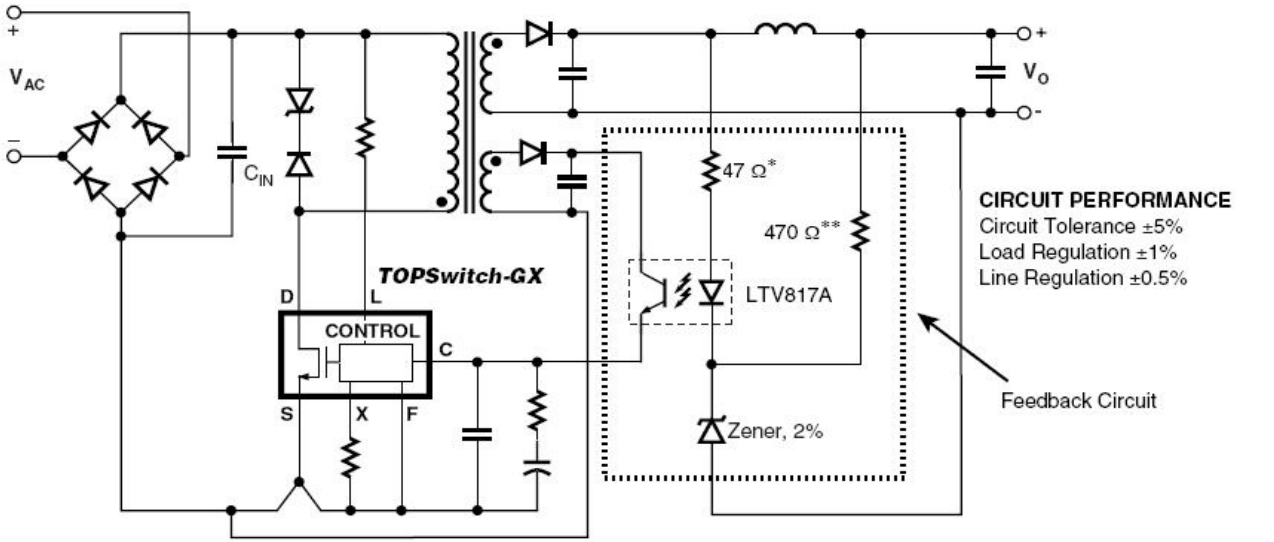
- 2.1 确定开关电源芯片的厂商
- 现在用的最广泛的有PI,Fairchild,IR,Infineon,TI,ST等,其中PI的型号最多,抗干扰性能也不错,但价格较高.其它的厂商型号都比较少,但用在产品中的性能都差别不大,应尽量选择比较熟悉的芯片

- 2.2 芯片型号的选择
- 由于开关芯片发展速度较快,因此当选择型号时,应该尽量让芯片厂家的FAE帮助选型.防止所选型号是已经淘汰的产品或不常用的型号,给以后的设计,生产带来不必要的麻烦.

3.开关电源原理图的设计

- 3.1 反馈电路的选择

3.1.1 稳压管反馈电路



*47 Ω is suitable for V_O up to 7.5V. For V_O > 7.5V, a higher value may be required for optimum transient response.

**470 Ω is good for Zeners with I_{ZT} = 5 mA. Lower values are needed for Zeners with higher I_{ZT}. (E.g. 150 Ω for I_{ZT} = 20 mA).

PI-3328-112202

Figure 5. Opto/Zener Feedback Circuit.

A．由上图可知,在稳压管的反馈电路中,电路的输出公差一般为±５％，负载调整率为±１％，线性调整率为±０．５％.

B．图中的稳压管的调整电压一般选择低于要求输出电压２Ｖ．根据输出电压的大小，调整两个与稳压管相连的电阻值的大小，保证得到正确的输出电压．电阻值一般在４７欧到１．５Ｋ欧之间调整.

3.1.2　ＴＬ４３１反馈电路

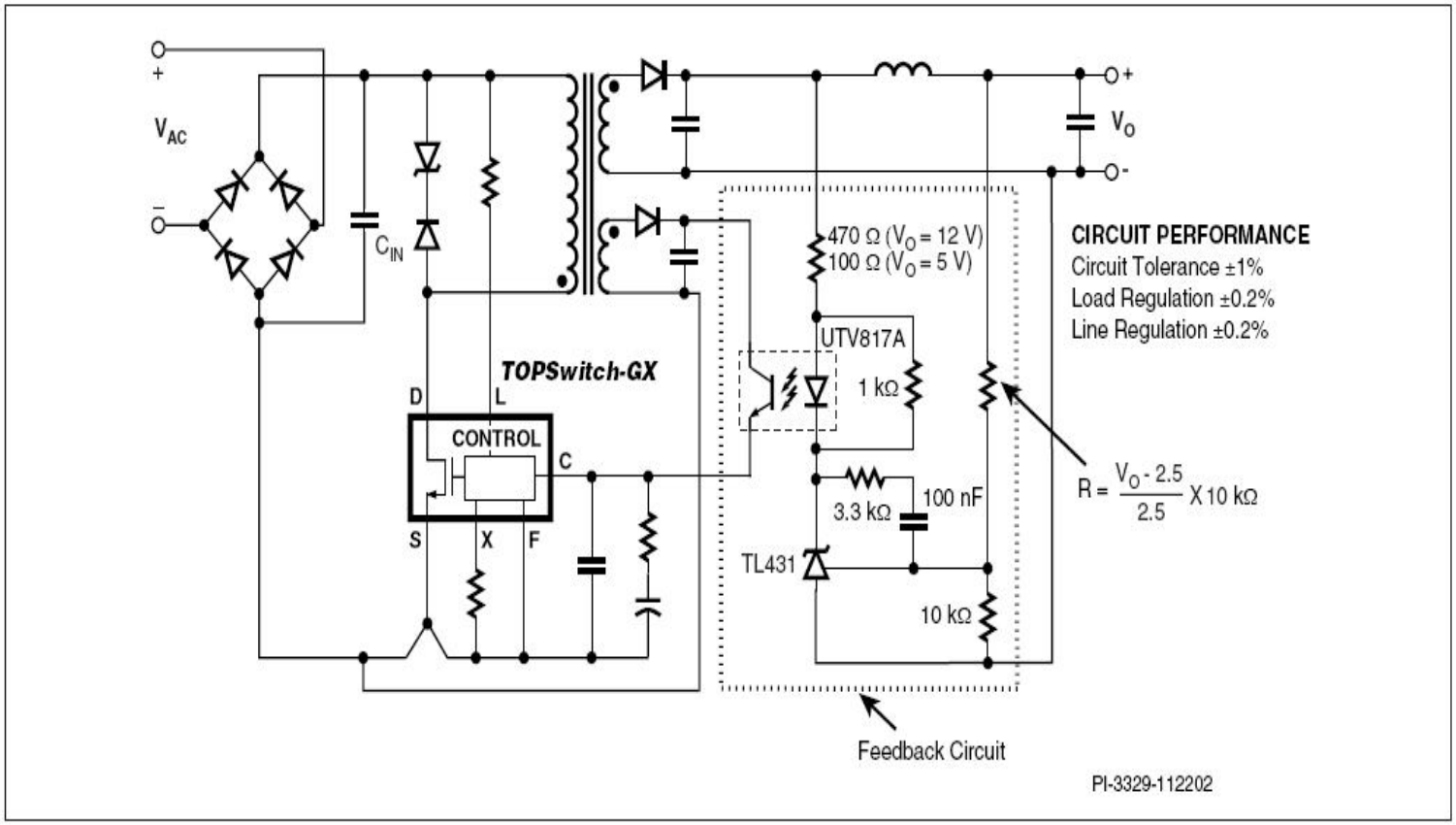


Figure 6. Opto/TL431 Feedback Circuit.

A．由上图可知,在ＴＬ４３１的反馈电路中,电路的输出公差一般为±１％，负载调整率为±０．２％，线性调整率为±０．２％.

B．调整ＴＬ４３１参考端的电阻值，得到正确的输出电压值，由Ｖref=2.5V得出，

Ｒ＝（ＶＯ－２．５）＊１０Ｋ／２．５，其中ＶＯ为输出电压值，也可以调整１０Ｋ的值，使Ｒ也为常用档位的电阻

C．串联在光藕上方的电阻也需要根据光藕和开关芯片控制脚电流的大小调到合适的值

3.1.3 常用的偏置绕组电压的选择

在用以上两种反馈电路时，给开关芯片供电的绕组电压一般选择１２Ｖ～１５Ｖ

3.1.4 常用的光藕的型号如下表

一般选择光藕的传输比在１００％左右

P/N	CTR(%)	BVCEO	Manufacturer
4 Pin DIP			
PC123Y6	80-160	70 V	Sharp
PC817X1	80-160	70 V	Sharp
SFH615A-2	63-125	70 V	Vishay, Isocom
SFH617A-2	63-125	70 V	Vishay, Isocom
SFH618A-2	63-125	55 V	Vishay, Isocom
ISP817A	80-160	35 V	Vishay, Isocom
LTV817A	80-160	35 V	Liteon
LTV816A	80-160	80 V	Liteon
LTV123A	80-160	70 V	Liteon
K1010A	60-160	60 V	Cosmo

- 3.2 开关变压器初级反射电压Vor和RCD 钳位电路的设计
- 3.2.1 Vor的确定(当开关管断开,变压器能量传输时,次级线圈电压通过匝比反射到初级的电压)
- Vor一般在80V~135V之间选取.选取应符合以下规则,
- 1)Vor越高,可减小输入电容的容值,提高低压时的能量传输
- 2)Vor越高,输出二极管的反向电压越高,二极管损耗越大
- 3)Vor越高,增加变压器的漏感,降低效率,EMI增大
- 4) Vor大于135V,容易把开关管击穿,Vor小于80V容易引起开关管在启动时的保护.

Performance Goal	VOR Value Suggestion	Comment
Maximum output power / smallest TOPSwitch-HX Device	135 V	Maximizes power from given device
Highest Efficiency	100 V - 120 V	Gives lowest overall losses between, conduction, output diode and leakage inductance
Multiple Output Design	90 V - 110 V	Improves cross regulation by reducing transformer leakage inductance and peak secondary currents

Table 4. Suggested Values for VOR.

- 3.2.2钳位二极管选取
- 钳位二极管电压Vclo一般取1.5Vor.
- 钳位二极管过冲电压Vclm一般取1.4Vclo.
- 具体参数选择如下图

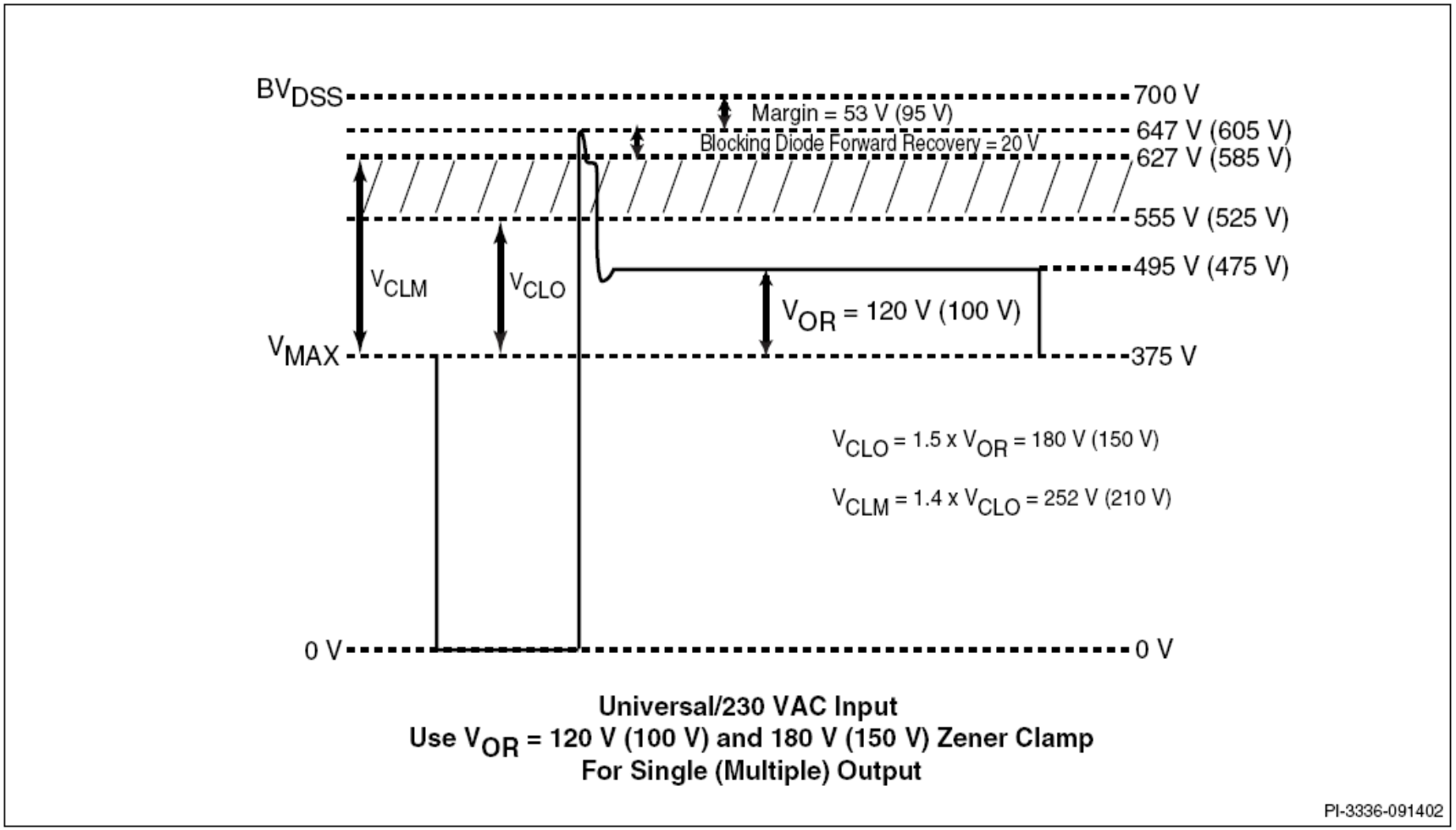
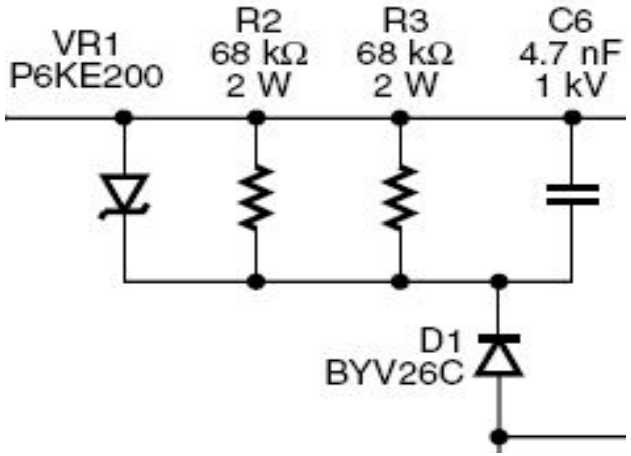


Figure 8. Reflected Voltage V_{OR} and Clamp Zener Voltage V_{CLO}.

- 由上图知,当取Vor=100V,则Vclo=150V,可取P6KE150.当Vor=120V,则Vclo=180V可取P6KE180.当Vor=135V,则Vclo=200V,可取P6KE200.

3.2.3 R,C吸收回路的确定.

如图,C值一般在1nF/1KV~4.7nF/1KV之间选择,R值在10K~100K之间选择.具体值应根据不断的试验确定.包括温度和EMC,EMI实验.



- 3.3 确定电源要求的Vacmax,Vacmin,fL,Vo,Po,Po(peak), η,Z等,并确定输入电容Cin和最小直流电压Vmin及最大直流电压Vmax.
- 3.3.1 Vacmax,Vacmin值的选择如下表

Nominal Input Voltage (VAC)	VAC_{MIN}	VAC_{MAX}
100 / 115	85	132
230	195	265
Universal	85	265

Table 2. Standard Worldwide Input Line Voltage Ranges.

- 3.3.2 fL的确定
- fL值由各国家标准电网电压确定,一般在宽电压85V~265V或单电压230V输入时,取50HZ.单电压120V输入时,取60HZ.

- 3.3.3 Vo, Po一般是指正常输出时,即连续负载情形下的值.Po (peak)指在最大负载时的值.

- 3.3.4 η, Z值确定
- η, Z 值如果没有更好的选择.一般取 η=80%,Z=0.5.
- η 为电源的目标效率.Z为次级损耗与总损耗的比值.

- 3.3.5 Cin值的选择如下表

	Total Input Capacitance per Watt Output Power (μF/W)
AC Input Voltage (VAC)	Full Wave Rectification
100/115	3
230	1
85-265	3

Table 3. Suggested Total Input Capacitance for Different Input Voltage Ranges.

- 3.3.6 Vmin 的计算公式如下

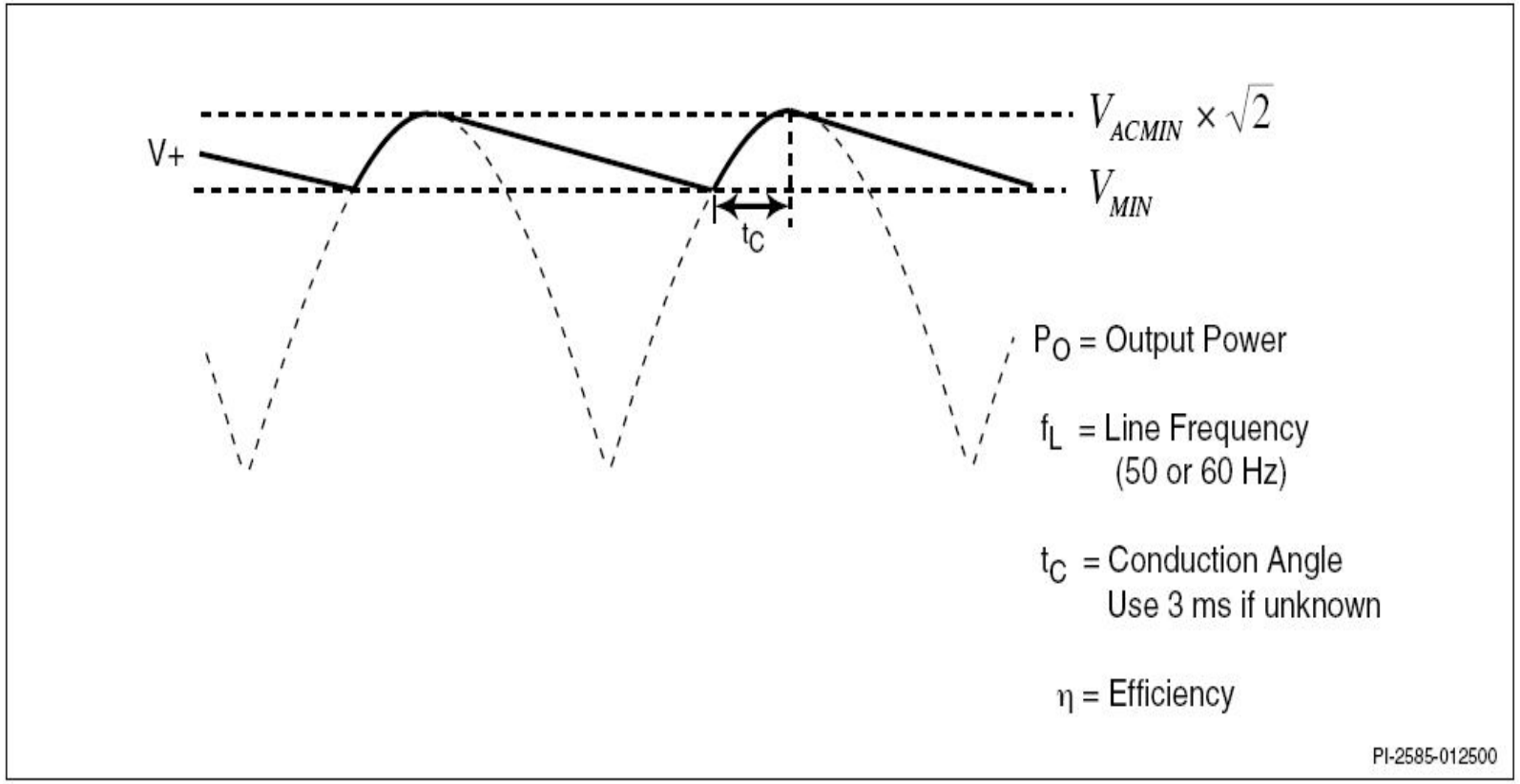
$$V_{MIN} = \sqrt{(2 \times V_{ACMIN}^2) - \frac{2 \times P_O \times \left(\frac{1}{2 \times f_L} - t_C\right)}{\eta \times C_{IN}}}$$

其中Tc指整流桥的导通时间,一般取3ms.
Vmin的经验值为:宽电压85V~265V或单电压120V时,取90V.
单电压230V输入时,取240V

- 3.3.7 Vmax的值由以下公式确定

$$V_{MAX} = \sqrt{2} \times V_{ACMAX}$$

- 3.3.8 输入电压波形图如下



- 3.4 Dmax 由以下公式确定

• Continuous mode

$$D_{MAX} = \frac{V_{OR}}{(V_{MIN} - V_{DS}) + V_{OR}}$$

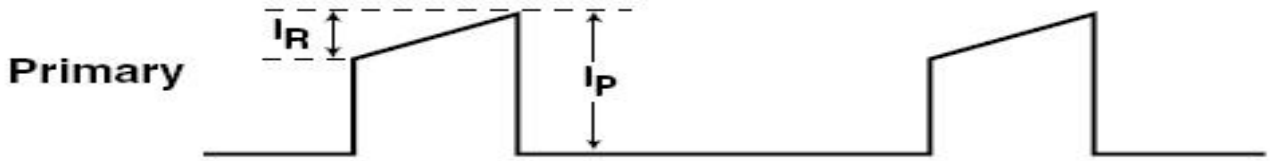
• Discontinuous mode

$$D_{MAX} = \frac{V_{OR}}{K_P \times (V_{MIN} - V_{DS}) + V_{OR}}$$

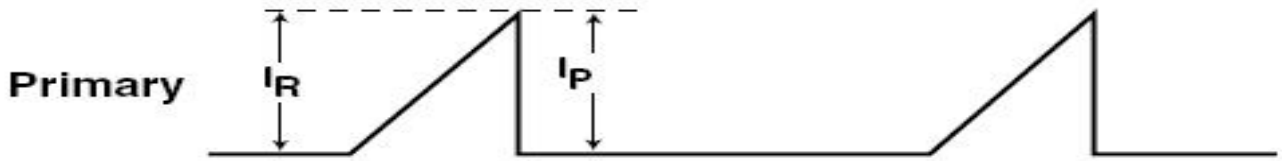
• Set *TOPSwitch-GX* Drain to Source voltage, V_{DS} = 10 V.

- 3.5 电流波形参数Kip的确定
- 3.5.1 当Kip≤1时,Kip=Krp=Ir/Ip 如下图

$$K_P \equiv K_{RP} = \frac{I_R}{I_P}$$



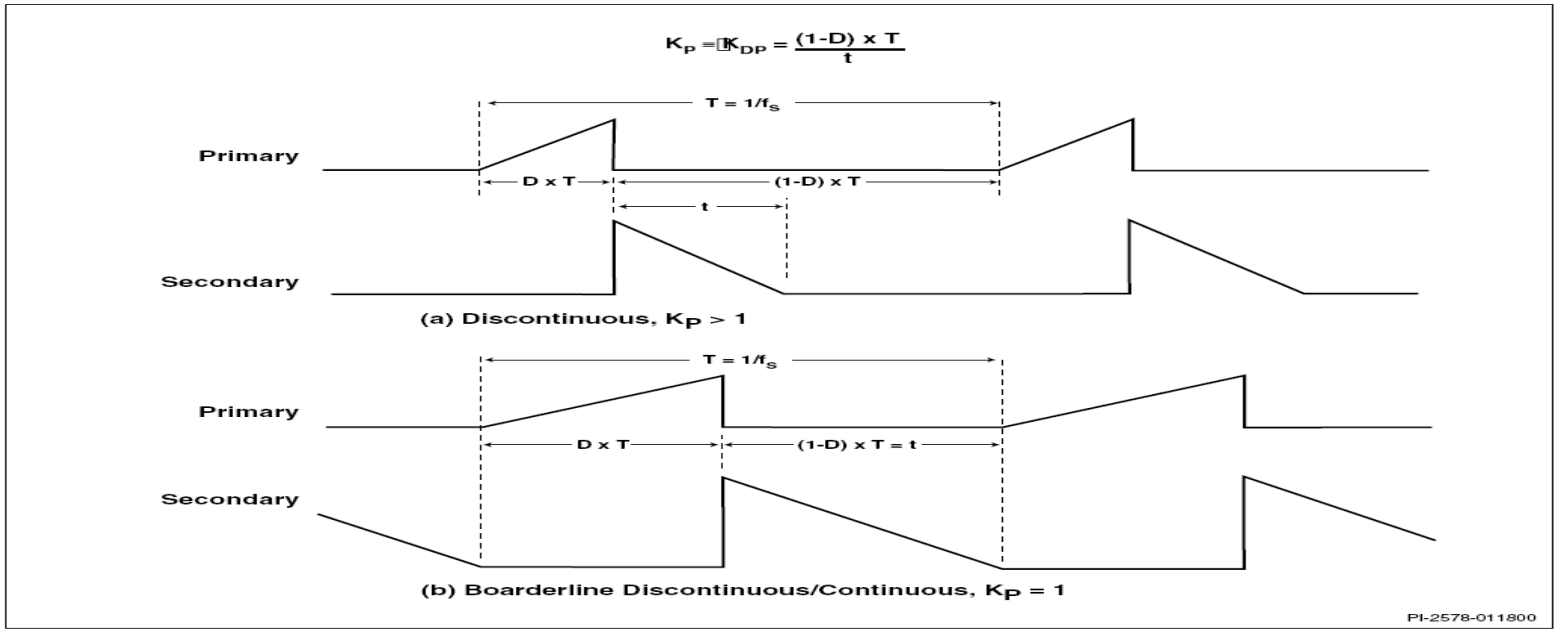
(a) Continuous, $K_P < 1$



(b) Borderline Continuous/Discontinuous, $K_P = 1$

PI-2587-011400

- 3.5.2 当Kip≥1时， $K_P \equiv K_{DP} = \dfrac{V_{OR} \times (1 - D_{MAX})}{(V_{MIN} - V_{DS}) \times D_{MAX}}$ 如下图



- 3.5.3 连续模式下,宽电压输入时一般取Kip=0.4 ,230V时,Kip=0.6.
- 3.5.4 断续模式下,取Kip=1.

- 3.5.5 Kip的选取必须被定义在下表的范围内

Input (VAC)	K_P	
	Continuous Mode	Discontinuous Mode
Universal	0.4~1.0	≥1.0
230	0.6~1.0	≥1.0

- 3.6 峰值电流Ip的计算如下公式

• Continuous mode ($K_P \le 1.0$)

$$I_P = \frac{I_{AVG}}{\left(1 - \frac{K_P}{2}\right) \times D_{MAX}}$$

• Discontinuous mode ($K_P \ge 1.0$)

$$I_P = \frac{2 \times I_{AVG}}{D_{MAX}}$$

• Input average current $I_{AVG} = \dfrac{P_O}{\eta \times V_{MIN}}$

- 3.7 初级有效值电流Irms的计算公式

  - Continuous mode

$$I_{RMS} = I_P \times \sqrt{D_{MAX} \times \left(\frac{K_P^2}{3} - K_P + 1\right)}$$

  - Discontinuous mode

$$I_{RMS} = \sqrt{D_{MAX} \times \frac{I_P^2}{3}}$$

- 3.8初级电感量Lp的计算公式

  - Continuous mode

$$L_P = \frac{10^6 \times P_O}{I_P^2 \times K_P \times \left(1 - \frac{K_P}{2}\right) \times f_S\,(\min)} \times \frac{Z \times (1-\eta) + \eta}{\eta}$$

where units are μH, watts, amps and Hz

  - Discontinuous mode.

$$L_P = \frac{10^6 \times P_O}{I_P^2 \times \frac{1}{2} \times f_S\,(\min)} \times \frac{Z \times (1-\eta) + \eta}{\eta}$$

where units are μH, watts, amps and Hz

- L p也可有以下公式计算
- $Lp= E^2*T*D^2/2*Pin$
- 上式中E为初级直流高压端的电压值.$Pin=Po/\eta$
- T=1/f,D由前面公式计算值,经验值可设为0.5

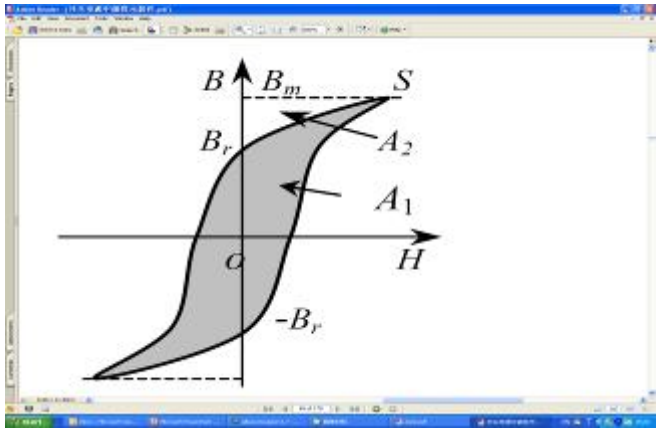
- 3.9 开关变压器的设计
- 3.9.1 根据下表选择开关变压器磁芯,框架.

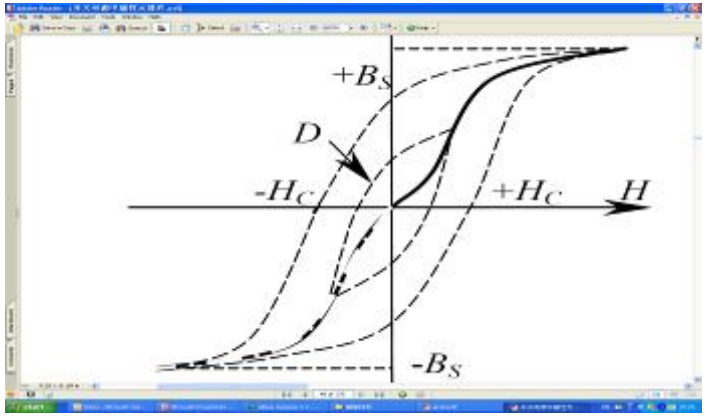
Output Power	66 kHz		132 kHz	
	Triple Insulated Wire	Margin Wound	Triple Insulated Wire	Margin Wound
0-10 W	EF12.6 EE13 EF16 EE16 EE19 EI22 EI22/19/6	EI22 EE19 EI22/19/6 EEL16 EF20 EI25 EEL19	EF12.6 EE13 EF16 EE16	EI22 EE19 E122/19/6 EEL16
10 W-20 W	EF20	EI28 EEL22 EF25	EE19 EI22 EI22/19/6 EF20	EF20 EI25 EEL19
20 W-30 W	EF25	EI30 EPC30 EEL25		E128
30 W-50 W	EI28 EI30 E30/15/7 EER28	E30/15/7 EER28 ETD29 EI35 EI33/29/13-Z EER28L	EF25	EEL22 EF25 EI30 EPC30
50 W-70 W	ETD29 EI35 EF32	EF32 ETD34	EI28	EEL25 E30/15/7 EER28
70 W-100 W	ETD34 E36/18/11 EI40	EI40 E36/18/11 EER35	EI30 E30/15/7 EER28 ETD29	ETD29 EI35 EI33/29/13-Z EER28L EF32
100 W-150 W	ETD39 EER40	ETD39 EER40 E42/21/15	EI35 EF32 ETD34	ETD34 EI40 E36/18/11 EER35
>150W	E42/21/15 E42/21/20 E55/28/21	E42/21/20 E55/28/21	E36/18/11 EI40 ETD39 EER40 E42/21/15 E42/21/20 E55/28/21	ETD39 EER40 E42/21/15 E42/21/20 E55/28/21

- 3.9.2 开关变压器磁芯的选择也可以用以下公式计算

$Ap=Ae*Aq=Pt*10^6/2\eta*fs*Bm*\delta*Km*Kc$

- 3.9.3 磁芯的磁滞回线如图,





- 磁芯的选择尽量遵循以下原则
- 1) 磁导率尽量高
- 2)矫顽力Hc尽量小,磁滞回线尽量窄
- 3)电阻率要高,涡流损耗小
- 4)饱和磁感应强度要高

- 3.9.4 根据厂家的磁芯的参数表可得出磁芯的A e, Le, A_L , Bw.
- 3.9.5 初级匝数Np的计算公式如下
- 1) $N_P = \frac{U\max * 10^8}{4 f * Bm * Ae}$
- 2) $N_P = \frac{Uin * ton * 10^8}{Ae * (Bm - Br)}$

两个公式计算出的值会有很大的差别,因此,任何公式的计算都无法达到满意的需求,必须经过反复的调试,才能达到满意的效果,且值也不是唯一的.

- 3.9.6 次级匝数的计算
- 由公式

$$N_P = N_S \times \frac{V_{OR}}{V_O + V_D}$$

- 可得出Ns的值.
- 3.9.7 根据经验计算Np,Ns的值.
- 当开关频率在100KHz,85V~265V或120V输入时,Ns值可按每伏1匝选取.当单路输入230V时, Ns值可按每伏0.6匝选取.然后根据公式

$$N_P = N_S \times \frac{V_{OR}}{V_O + V_D}$$

计算Np的值.同时设定匝数L=2.

辅助绕组的匝数可根据下式计算

$$N_B = N_S \times \frac{V_B + V_{DB}}{V_O + V_D}$$

- 3.9.7 初级绕组线径的计算

$$OD = \frac{L \times (BW - 2 \times M)}{N_P}$$

where L is number of primary layers,
BW is bobbin width in mm,
M is safety margin in mm.

- 根据计算出的OD值选用漆包线.线的电流密度最好保证在2A~4A/mm²之间.
- 3.9.8 反复调整L,Np,Ns,Lp或选用的磁芯的大小,使Bm,Lg的值在定义的范围之内.
- 1)2000GS≥Bm≤3000GS.

$$B_M = \frac{100 \times I_P \times L_P}{N_P \times A_e}$$

where units are gauss, amps, μH and cm²

- 2) 气隙长度Lg ≥0.1mm,

$$L_g = 40 \times \pi \times A_e \times \left(\frac{N_P^2}{1000 \times L_P} - \frac{1}{A_L} \right)$$

where L_g in mm, A_e in cm^2, A_L in $nH/turn^2$ and L_P in μH

- 3)初级漏感应小于0.02Lp.
- 3.9.9 Bp的值必须小于4200GS,以避免变压器在启动和过载时的磁饱和.必要时可降低I过流保护限值

$$\cdot B_P = \frac{I_{LIMIT}(\max)}{I_P} \times B_M$$

- 3.9.10 次级峰值电流和有效值电流的计算公式如下

$$\cdot I_{SP} = I_P \times \frac{N_P}{N_S}$$

- Continuous mode

$$I_{SRMS} = I_{SP} \times \sqrt{\left(1 - D_{MAX}\right) \times \left(\frac{K_P^2}{3} - K_P + 1\right)}$$

- Discontinuous mode

$$I_{SRMS} = I_{SP} \times \sqrt{\frac{1 - D_{MAX}}{3 \times K_P}}$$

- 3.9.11 次级绕组线径的选择,当选的线径>27AWG时,需选用多股绕线.原则上应铺满窗口面积.

$$OD_S = \frac{BW - (2 \times M)}{N_S}$$

- 3.9.12 次级绕组和辅助绕组峰值电压的计算

$$PIV_S = V_O + (V_{MAX} \times \frac{N_S}{N_P})$$

$$PIV_B = V_B + (V_{MAX} \times \frac{N_B}{N_P})$$

- 3.10 输出整流二极管的选择
- 1) 原则:

$$V_R \geq 1.25 \times PIV_S;$$

$$I_D \geq 3 \times I_O;$$
$$I_O = P_O / V_O.$$

- 常用整流二极管型号如下表

Rec. Diode	V_R(V)	I_D(A)	Package	Manufacturer
Schottky				
1N5819	40	1	Axial	General Semi
SB140	40	1	Axial	General Semi
SB160	60	1	Axial	General Semi
MBR160	60	1	Axial	IR
11DQ06	60	1.1	Axial	IR
1N5822	40	3	Axial	General Semi
SB340	40	3	Axial	General Semi
MBR340	40	3	Axial	IR
SB360	60	3	Axial	General Semi
MBR360	60	3	Axial	IR
SB540	40	5	Axial	General Semi
SB560	60	5	Axial	General Semi
MBR745	45	7.5	TO-220	General Semi IR
MBR760	60	7.5	TO-220	General Semi
MBR1045	45	10	TO-220	General Semi IR
MBR1060	60	10	TO-220	General Semi
MBR10100	100	10	TO-220	General Semi
MBR1645	45	16	TO-220	General Semi IR
MBR1660	60	16	TO-220	General Semi
MBR2045CT	45	20(2x10)	TO-220	General Semi IR
MBR2060CT	60	20(2x10)	TO-220	General Semi
MBR20100	100	20(2x10)	TO-220	General Semi IR

UFR				
UF4002	100	1	Axial	General Semi
UF4003	200	1	Axial	General Semi
MUR120	200	1	Axial	General Semi
EGP20D	200	2	Axial	General Semi
BYV27-200	200	2	Axial	General Semi Philips
UF5401	100	3	Axial	General Semi
UF5402	200	3	Axial	General Semi
EGP30D	200	3	Axial	General Semi
BYV28-200	200	3.5	Axial	General Semi Philips
MUR420	200	4	TO-220	General Semi
BYW29-200	200	8	TO-220	General Semi Philips
BYV32-200	200	18	TO-220	General Semi Philips

- 3.11 输出电容的选择
- 原则
- 1) 在105℃时,必须大于或等于Iripple

$$I_{RIPPLE} = \sqrt{I_{SRMS}^2 - I_O^2}$$

- 2)必须有小的ESR的电解电容.一般采用两个并联的方式减小ESR.
-
- 3.12 输出滤波电感量的选择
- 原则 2.2μH≥L≤6.8μH,当输出电流<1A时,采用铁氧体磁珠.>1A时,采用绕线电感,且大小随电流的增大而增大.

- 3.13 辅助绕组整流管的选择
- 原则 $V_R \geq 1.25 \times PIV_B$
- 常用的二极管如下表

Rectifier	V_R (V)	Manufacturer
BAV21	200	Philips
UF4003	200	General Semi
1N4148	75	Motorola

- 3.14 输入整流桥的选择
- 原则 $V_R \geq 1.25 \times \sqrt{2} \times V_{ACMAX}$; $I_D \geq 2 \times I_{AVE}$; $I_{AVE} = \dfrac{P_{OUT}}{V_{MIN} \times \eta}$;

4. 开关电源EMC设计

- 4.1 开关电源EMC介绍

EMC (电磁兼容性),包括EMI(电磁骚扰)和EMS(电磁抗扰度)

- 4.1.1开关电源的EMI主要有以下几项
- 1)0.15~30MHZ的交流电源线传导骚扰
- 2)30~300MHZ(家电类要求)或30~1000MHZ的辐射骚扰
- 3)0~2KHZ的工频谐波电流

- 4.1.2 开关电源的EMS主要有以下几项
- 1) ESD 静电放电
- 2) EFT 电快速瞬变脉冲群
- 3) 雷击浪涌
- 4) 电压跌落或中断
- 5)高频辐射电磁场
- 6)由射频场感应所引起的高频传导

4.2 开关电源EMI判断标准

- 4.2.1 电源线传导骚扰限值要求

频率范围(MHZ)	A级设备		B及设备	
	准峰值(dBuV)	平均值(dBuV)	准峰值(dBuV)	平均值(dBuV)
0.15~0.50	79	66	66~56	56~46
0.50~5	73	60	56	46
5~30	73	60	60	50

- 4.2.2 辐射骚扰限要求(测试点距被试设备10m)

频率范围(MHZ)	A级设备准峰值限值[dB(uV/m)]	B级设备准峰值限值[dB(uV/m)]
30~230	40	30
230~1000	47	37

- 4.2.3家用电器及电动工具类用吸收钳法测量辐射功率发射(30~300MHZ)

家用电器		电动工具					
		<700W		700~1000W		>1000W	
准峰值 dBpW	平均值 dBpW	准峰值 dBpW	平均值 dBpW	准峰值 dBpW	平均值 dBpW	准峰值 dBpW	平均值 dBpW
45~55	35~55	45~55	35~45	49~59	39~49	55~65	45~55
随频率线性增大							

- 4.2.4 谐波电流发射限值

奇次谐波(n)	最大允许谐波电流(A)	偶次谐波(n)	最大允许谐波电流(A)
3	2.3	2	1.08
5	1.14	4	0.43
7	0.77	6	0.3
9	0.4	8≤n≤40	0.23*8/n
11	0.33		
13	0.21		
15≤n≤39	0.15*15/n		

- 4.3 开关电源EMS 判断标准

- 4.3.1 开关电源测试结果离不开以下三中情况,A为最高,C为最低
- A:开关电源在试验中和实验后都能正常工作,且无性能下降和低于制造商规定的性能等级现象发生
- B:开关电源在试验后可以正常工作,且无性能下降和低于制造商规定的性能等级现象发生
- C:允许开关电源有暂时性的性能下降,只要这种功能是可以通过控制操作,人工复位,甚至关机后恢复的.

- 4.3.2 EMS判断标准
- 1) ESD 静电放电　　B级
- 2) EFT 电快速瞬变脉冲群别 B级
- 3) 雷击浪涌　　B级
- 4) 电压跌落或中断　C级
- 5)高频辐射电磁场　　A级
- 6)由射频场感应所引起的高频传导　A级

- 4.4 EMI 预测试

- 4.4.1 交流电源线的传导骚扰测量(0.15~30MHZ)
- 传导骚扰测量分为峰值检波,准峰值检波,平均值检波.一般由准峰值和平均值是否超标来判别.但由于准峰值扫描很慢,所以一般先扫描峰值,如果峰值低于准峰值和平均值,则没必要再往下测试,产品一定合格.只有当峰值超标时,可对超标部分扫描准峰值扫描,判别是否超标,这样可以加快测试时间.一般预测试产品必须低于极限值2dB,才能保证产品合格,最好低于6dB.
- 4.4.2 辐射骚扰的场强测量(30~1000MHZ)
- 辐射测量要在半电波暗室中测量,被试产品放在转台上,由天线接受器对产品的各个角度进行测量.一般分3m和10m距离的测量.同上被测试的产品低于极限值越多越好.
- 4.4.3 骚扰功率的测量(30~300MHZ)
- 骚扰功率一般用吸收钳法测量设备的辐射发射,主要用于家电和电动工具的辐射发射的测量.吸收钳在电源线上移动,以找到最大的辐射发射点,一般在1/2波长处,骚扰功率最大.
- 4.4.4 谐波电流测量
- 一般要求完成40次谐波以下的测量.对于家用电器,只要电路板不是设计的非常差,一般都能通过测量.在设计中不是考虑的重点.

- 4.5 EMS预测试
- 4.5.1 ESD 静电放电测试
- ESD 分为直接放电和间接放电.标准将试验等级分为4级:直接放电分为2KV,4KV,6KV,8KV;间接放电分为2KV,4KV,8KV,15KV.家电类标准接触放电4KV和间接放电8KV.

1)直接放电: 先用放电枪在人手可触及的试品表面以20次/秒的放电速度迅速的扫描一遍,找到敏感部位(数显跳动,动作异常等部位)作为重点部位.正式测试时,以1次/秒的速度扫描,以便让试品来得及响应.通常每个重点部位要放电20次,(10次正,10次负)

2)间隙放电:

A.水平耦合板,放电枪垂直的离试品0.1m处用接触放电方式进行放电.

B.垂直耦合板,耦合板放在离试品0.1m处,放电枪垂直于耦合板一条边的中心位置进行放电.对试品的4个垂直面都要尽心间接放电.

- 4.5.2 射频辐射抗扰度试验
- 分为3级:1V/m,3V/m,10V/m.测试频率为80~1000MHZ.主要针对通信和广播类产品.
- 4.5.3 EFT 电快速瞬变脉冲群
- 测试等级分为:

A.电源线上0.5KV(5KHZ),1KV(5KHZ),2KV(5KHZ),4KV(2.5KHZ).家电类标准: 1KV(5KHZ)

B.信号线上0.25KV(5KHZ),0.5KV(5KHZ),1KV(5KHZ),2KV(5KHZ).家电类标准: 0.5KV(5KHZ)

EFT试验是比较难通过的试验,一般要在每根线,每个极性下做三次试验,每次1分钟,间隔1分钟.每跟线做完,再换另一根线.注意EFT测试加的干扰是共模干扰.

4.5.4 雷击浪涌抗扰度试验

测试等级分为:

A.差模实验(线对线):0.5KV,1KV,2KV. 家电类标准:1KV

B.共模实验(线对地):0.5KV,1KV,2KV,4KV.家电类标准:2KV

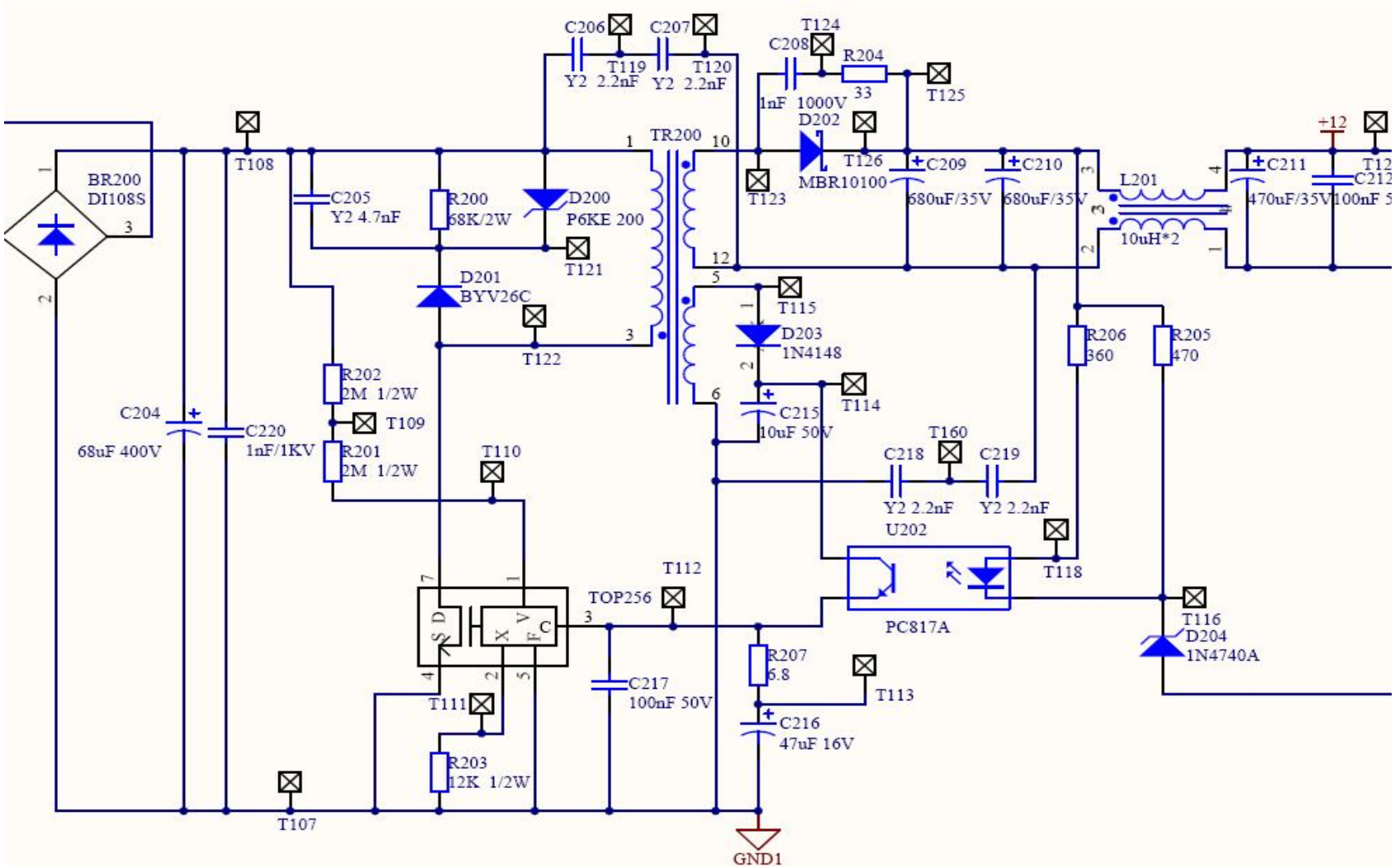
浪涌测试具有破坏性,所以测试时,不要超过规定值.浪涌一般加在电源电压波形的过零点和正负峰值处.在选定的部位上,正负干扰各加5次,每次浪用最大重复频率1次/1分钟.注意浪涌测试时,测试电压必须逐步增加到规定值.防止在高电压测试时,某个元器件被击穿,导致试验能通过.

- 4.5.5 射频场感应引起的高频传导抗扰度测试
- 试验等级:1V,3V,10V.家电类标准:3V(<16A).
- 对所有的电源线上都通过耦合的方法注入传导干扰.频率为150K~80MHZ.
- 4.5.6 电压跌落和中断抗扰度试验
- 试验等级及持续时间

试验等级(%UT)	电压跌落和中断(%)	持续时间(周期)
0	100	0.5
40	60	1
70	30	5
		10
		25
		50

- 试验一般做3次,每次间隔10S.一般选择0度,180度就够了.家电类标准:30%dis@1S,60%dip@200ms,>95%@10ms.

- 4.6 开关电源产生EMI问题的原因
- 4.6.1以下是开关电源简图



- 4.6.2 图中BR200 由4只整流二极管组成,当电源电压超过C204上的电压的时候,二极管才导通,对C204充电.一旦C204上电压超过电源电压时,二极管截止.所以,电路中电流是脉冲性质的,有丰富的高次谐波.且与电源电压不同步.
- 4.6.3 输入电容C204,变压器TR200,开关管TOP256组成的高频电流开关回路.这个环路的存在就会产生辐射.辐射骚扰的强度与IAf^2成正比.I为高频电流强度,A为环路面积,f为开关频率.电容C204对电磁骚扰也有一定的影响,容量不够,则输入滤波会差些.开关管的负载是变压器的初级电感,是感性负载.除了电感外,还有漏感等回产生电磁干扰.
- 4.6.4 次级整流回路.开关电源工作时,次级回路的D202,C209和变压器次级电感组成的高频电流回路.也可以产生对外电磁辐射.变压器初次级的分布电容也产生共模干扰.

- 4.7 开关电源的EMC设计的一般考虑
- 开关电源EMC抑制技术主要有:滤波技术,布局和布线技术,屏蔽技术,接地技术,密封技术等.
- 4.7.1 滤波技术
- 加滤波器把电磁骚扰限制在开关电源里面,不让电磁骚扰从开关电源逸出或不让电网中干扰进入开关电源.
- 开关管驱动变压器初级所感应出来的高压尖峰和辐射骚扰可加RC缓冲回路和TVS钳位管处理.
- 4.7.2 布局和布线技术
- 减小原边开关回路和次级开关回路的面积,要求开关电源的元器件紧密排列.初级回路中要求输入电容,开关管,变压器彼此靠近.次级回路中,要求二极管与变压器,输出电容彼此靠近.
- 在载流导线附近布一条地线.两线应尽量靠近,缩小回路面积.
- 4.7.3 屏蔽技术
- 变压器初次级间加入铜箔屏蔽或开关电源外壳采用金属屏蔽.
- 4.7.4 接地技术
- 开关电源一般采用单点接地,即开关管产生的高频电流应直接回到输入滤波电容的阴极.不应有其他的信号地连接到此回路上.

- 4.8 开关电源中常用的降低辐射干扰滤波技术
- 4.8.1 开关变压器的初级电感并联RCD电路

前面已对RCD的取值做过叙述.其中RC吸收回路可大大吸收变压器漏感放出的能量及开关管关断时产生的电压尖峰.有利于降低射频辐射的能量.而TVS二极管对辐射骚扰几乎没有作用,主要限制开关管关断时的反向电压幅度,防止开关管被击穿.也可在开关管的漏极和源极间并联RC吸收回路,降低开关管导通时对开关管的冲击电流.但必须小心,因为此RC可能会影响开关管的开关时间,影响效率.设计的不好,将会使情况变的更糟.

4.8.2 次级整流回路加滤波器

1)由于高频开关回路可形成电磁辐射,当整流二极管的高速反向恢复现象,有着很高的di/dt.故而产生辐射能量.所以可以在变压器次级输出引线到整流管之间使用磁珠或在高速二极管两端引脚上套磁珠.也可在二极管两端并联RC缓冲电路.其中电容的典型值为330~4700pF,电阻为0~47欧.注意,使用不当,会使电阻发烫.应尽量靠近二极管安装.

2)输出端的滤波电容必须采用低ESR的电容,或采用多只低ESR并联的方式,以减小输出端高频噪声的峰-峰值.

3)由于电容对高频噪声作用不明显,所以要加一级电感滤波.电感值不需太大,一般几uH就够了,只需在磁芯上绕几匝就可以了.为了避免饱和,可采用磁导率低的磁芯.

4)对大功率开关电源,输出端也可再加一级共模滤波线圈.则同时能改善直流纹波和噪声及减小辐射发射.

5)初级开关噪声会通过变压器的偶合电容注入次极,产生共模干扰.这些干扰难以滤除,容易产生辐射.因此可在变压器的初次级跨接Y电容,可用一个Y1或两个Y2串联.但为了安全,尽量用两个电容串联的方式.为共模干扰提供一条返回路径.注意Y电容的值必须在1~4.7nF之间.且Y电容必须要安规认证证书.

6)在输入电源线上加磁环也是抑制辐射骚扰的有效办法.一般电源线在磁环上缠几圈就会有明显效果.以下是加磁环和不加磁环对辐射功率测试结果的影响

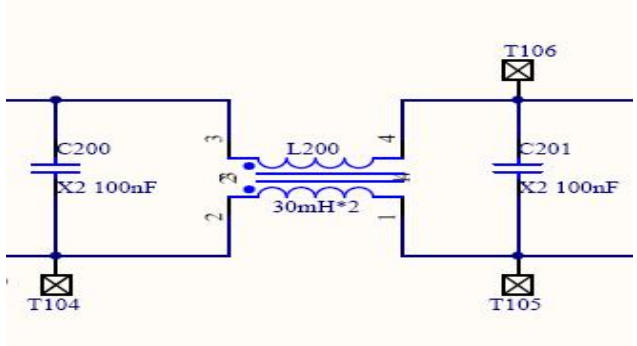
Adobe Acrobat 7.0 Document

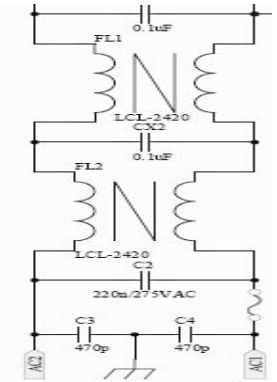
Adobe Acrobat 7.0 Document

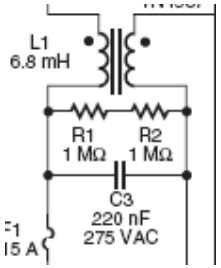
Adobe Acrobat 7.0 Document

- # 4.9 开关电源中常用传导骚扰的滤波技术
- 如果测量的结果在1~2MHZ以下超标的,一般都是差模干扰.在1~2MHZ以上超标的,一般都是共模干扰.辐射一般都是共模干扰.
- 4.9.1 输入加滤波技术
- 如图C200和C201主要滤除差模干扰,一般在0.1uF~1uF之间取值.注意当电容>0.22uF时,电容两端应并联电阻,突然断电情况下可以为电容提供放电回路.典型值为1M欧,一般用两个电阻串联.必要时,也需加差模小电感进行差模滤波.采用π型滤波更好.
- L200主要滤除共模干扰,典型值在1~40mH之间.一般取10mH,20mH,30mH.

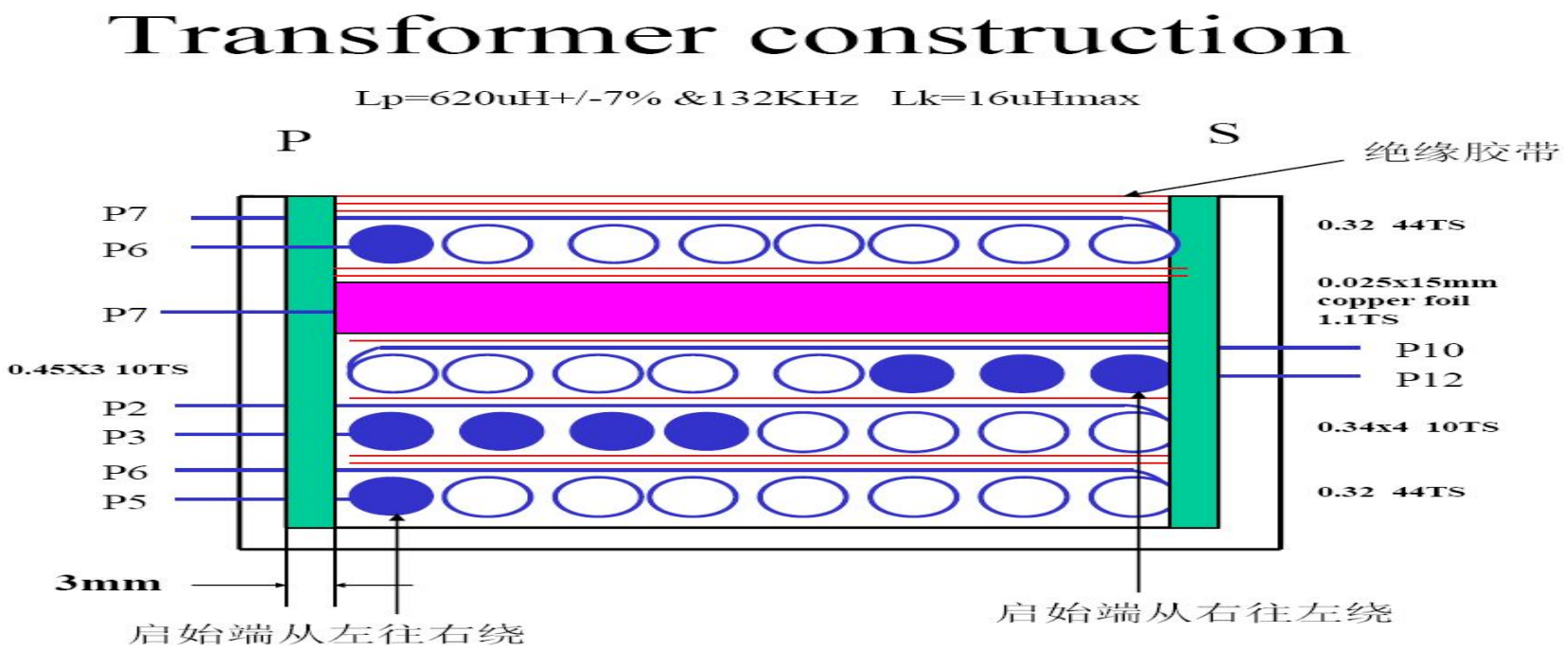
必要时,当电路板上安全地线时,也可加两个Y2电容,增加共模滤波.典型值为1~4.7nF之间.具体应根据测试结果,做响应大调整.此电感值不是越大越好,因为越大,相应的寄生电容也越大.典型电路如下图







- 4.9.2 变压器的制作技术
- 1)尽量进少变压器的漏感
- 2)尽量减少变压器初次级的寄生电容
- 3)变压器的初次级间加屏蔽层,屏蔽层应接变压器的初级的高端或初级地,如图就是一个变压器的很好的设计方法.



- 以下就是用一般绕法变压器和采用上图绕法变压器的传导骚扰测试结果的对比证明,变压器对传导骚扰起着非常重要影响

JPEG Image JPEG Image Adobe Acrobat 7.0 Document Adobe Acrobat 7.0 Document

4.10 滤波器件的应用

4.10.1 X2安规电容,一般选用经过认证的薄模电容.加在相线和中线之间,以滤除低频的差模干扰.

4.10.2 Y1和Y2电容,一般选用经过认证的瓷片电容.加在线与地之间.滤除共模干扰.

4.10.3 共模电感一般才用U型或O型铁氧体磁芯,由于不会饱和,可采用高磁导率,高频特性好的磁芯.

4.10.4 差模电感容易饱和,一般采用O型或棒型的铁粉心材料或低磁导率,高阻抗的铁氧体材料.

4.10.5 在<30MHZ的场合,多采用锰锌材料,在>30MHZ的场合,多采用镍锌材料.

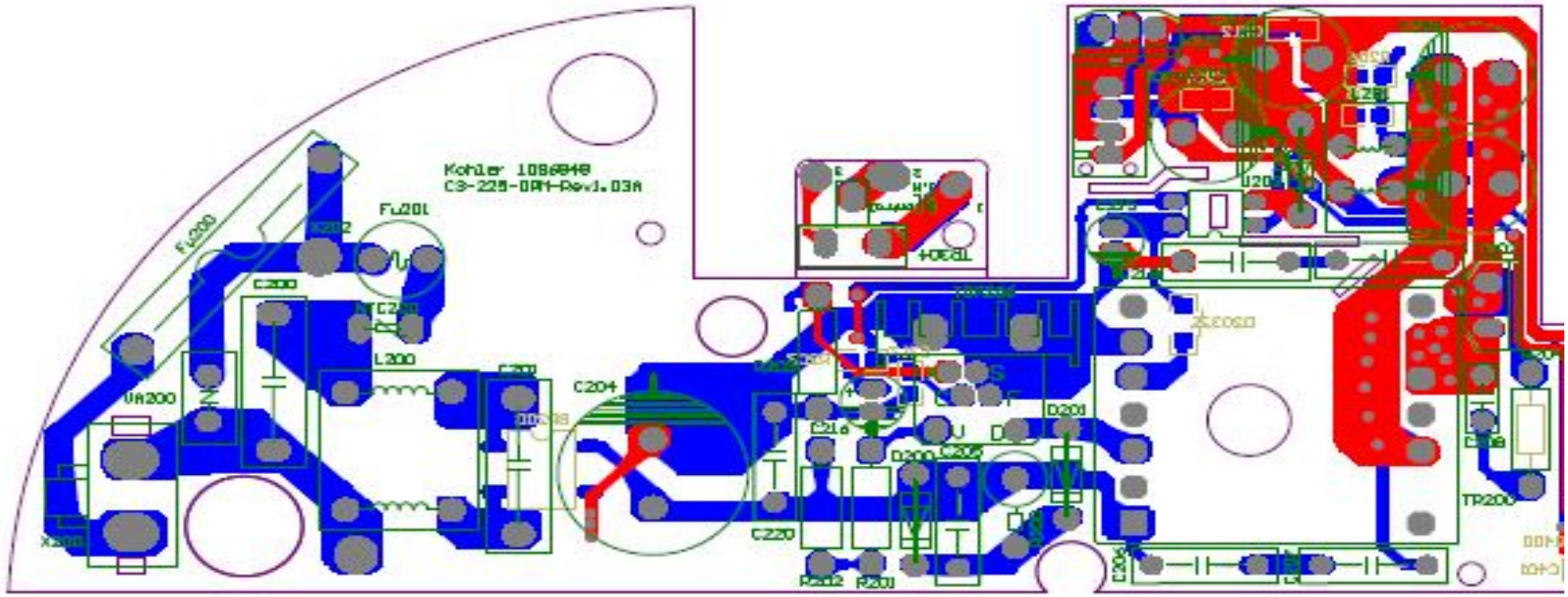
- 4.11 开关电源的其他抗绕度不合格的抑制
- 4.11.1 抗静电不合格
- 1)非金属外壳,采用躲的办法,不让静电放电在开关电源上释放.把开关电源装在无缝隙或绝缘好的地方.
- 2)金属外壳,采用接地的方法,外壳要良好的接地.
- 3)对外壳进行屏蔽
- 4.11.2 抗脉冲群不合格
- 与传导和辐射一样,需要靠滤波和铁氧体的吸收
- 4.11.3浪涌不合格
- 主要靠在电源入口处加压敏,NTC热敏电阻等抑制.

5. 开关电源的PCB设计

- 5.1 开关电源PCB基材的选取
- 开关电源PCB的材料一般单面板采用CEM-1材料,双面板采用FR4-1环氧板.板厚一般采用1.6mm,铜箔厚度一般为2OZ.
- 印制板的最大电流密度取20A/mm²
- 5.2 电路板的布线宽度与电流的关系如下

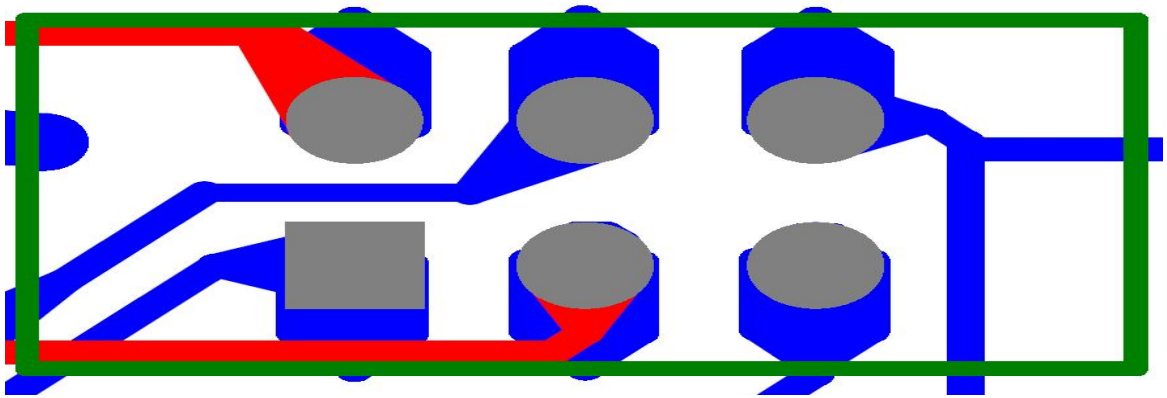
JPEG Image GIF Image

- 5.3 开关电源的元器件布局
- 5.3.1 开关电源的元器件设计布局顺序如下
- 放置高频变压器→设计电源开关电流回路→设计输出整流器回路 →控制回路→电源输入电流回路和输入滤波器 →设计输出负载回路和输出滤波器
- 5.3.2 开关电源布局和布线规则
- 如图

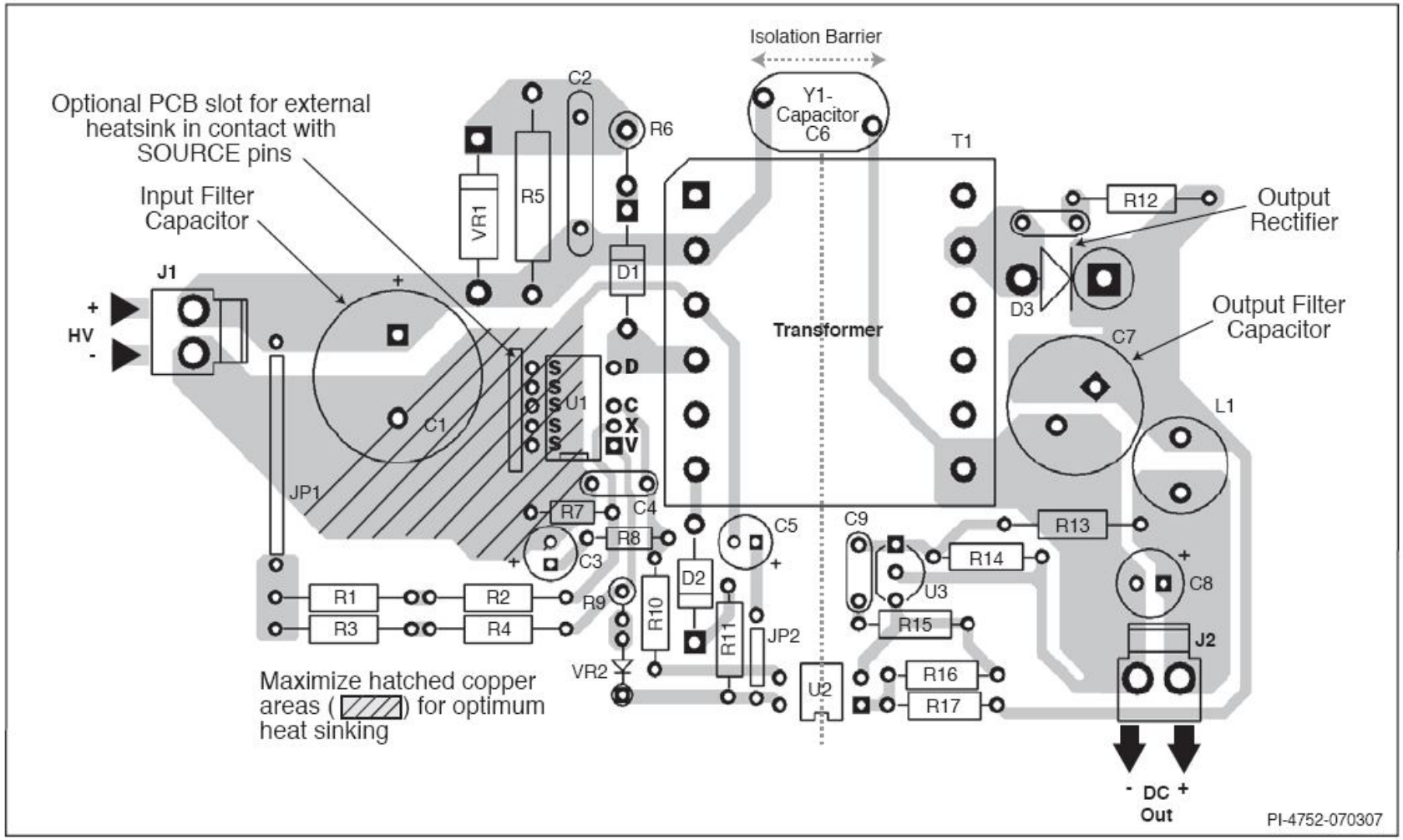


- 1)一般根据原理图来安排各功能电路,布局应便于信号流通,使信号尽量保持方向一致
- 2)以每个模块的核心元器件为中心,摆放周围元器件.元器件摆放应均匀,整齐,紧凑地排列.尽量减少各元器件之间的联接线长度
- 3)尽量减少高频回路和控制回路包围的面积,设法把干扰源和易干扰部件分开.
- 4)高压和高压线之间的距离尽量保持在3mm 以上,高压和低压之间的距离最好保持在6mm以上.在不可避免的情况下,可在两者之间开槽.
- 5)缓冲电路应尽量靠近开关管和二极管
- 6)输入电路和输出电路应尽可能地原理,防止彼此间的电磁耦合.
- 7)控制电路和功率电路尽量分开,一般采用单点接地方式把二者的地连在一起,控制回路尽量避免大面积铺铜
- 8)相邻导线不应过长的平行走线,采用垂直交叉的方式,线宽不要突变.不要出现直角或锐角及环形走线.
- 9)功率器件的地线应尽量的大,以帮助散热和屏蔽.
- 10)跳线的种类不能太多,尽量选用相同长度的跳线.
- 11)大面积铺铜时,应将铜箔开成网装,防止过波蜂焊时,产生气泡,导致铜箔脱落
- 12)信号线走线宽度一般不要小于0.3mm,间隔也不要小于0.3mm,条件允许可适当放宽.电源线和地线一般要加宽,电源线一般设计为1.5mm,地线一般设计为2.0mm.可根据实际情况调整
- 13)焊盘内空不应小于0.6mm,一般取元器件引脚的直径再加上0.2mm作为焊盘的内径

- 14)当与焊盘连接的走线较细时,焊接时容易使走线和焊盘脱开,为避免出现这种情况,应将走线与焊盘的连接设计成水滴状.
- 15)需要在经过波峰焊之后补焊的元器件,为防止焊盘内孔在过波峰焊时,被锡封住.可在焊盘开一个小口,就不容易被锡封住了.
- 16)常用的焊盘直径应设计为1.5mm,2.0mm,2.5mm,3.0mm,3.5mm,4.0mm,一般设计为2.5mm,有大电流通过的接插件,变压器等可设计为3.5mm或4.0mm.必要时,可将焊盘设计成椭圆形.焊盘不要太大,防止由于散热导致虚焊.
- 17)对小的贴片元器件,焊盘应稍微大于元器件的引脚,不能太小,也不能太大.太小了,在样品焊接阶段,不容易焊接.太大了,容易在过波封焊时,形成虚焊.
- 19)对小的贴片元器件,也不能大面积铺铜,容易造成散热的不均匀.使元器件在过波峰焊时,一端翘起.
- 20)对双排接插件,在焊接时容易搭焊,应把焊盘做成以下形状.



- 21)如下图是比较好的布线和布局.



6. 开关电源性能测试

- 6.1 开关电源性能测试项目
- 6.1.1 功能测试
- 1)输出电压调整
- 2)电源调整率
- 3)负载调整率
- 4)输出纹波及噪音
- 5)输入功率及效率
- 6)空载功耗
- 7)动态及暂态负载
- 8)电源启动和保持时间
- 6.1.2 保护测试
- 1)过压保护
- 2)欠压保护
- 3)短路保护
- 4)过功率保护
- 5)过热保护
- 6.1.3 安全测试
- 1)漏电流
- 2)绝缘电阻
- 3))绝缘耐压
- 4)温度测试
- 6.1.4 EMC测试
- 如前面所述

- 6.2 开关电源性能测试方法
- 6.2.1 输出电压调整:在电网电压下,用万用表测试输出电压,应在规定的输出电压误差范围内.
- 6.2.2 电源调整率:在全负载情况下,输入电压在规定的范围内变化时,测试输出电压的变化率.
- 6.2.3 负载调整率:电网电压下,负载由空载到最大变化时,输出电压的变化率
- 6.2.4输出纹波噪音:用1:1的示波器探头,20M带宽.探头接示波器端应加10uF和0.01uF电容.测试输出电压的纹波噪音.纹波应小于规定电压的1%,噪音小于2%.以峰-峰值为准.
- 6.2.5输入功率及效率:电网电压下,测试全负载时的输入功率,计算出输出效率
- 6.2.6空载工耗:在无负载情况下,用功率计测试输入工率,一般要小于1W.
- 6.2.7 动态及暂态负载:用示波器测试在突然加负载和减负载的情况下,电源的稳定度.
- 6.2.8 电源启动及保持时间:在全负载情况下,用秒表测试从上电到电源开始正常工作时的时间和从断开到输出完全失电时的保持时间.
- 6.2.9 保护测试:当把输入电压调整到超过规定的最大电压或低于最小电压时,输出短路或过功率时,及开关管温度超过极限值时,开关管是否能自动保护.

- 6.2.10 漏电流测试:用漏电测试仪测试L和N线对外壳的漏电流,漏电流不应超过3.5mA.(机壳必须接地)
- 6.2.11绝缘电阻:用绝缘电阻测试仪测试DC500V下,L和N对外壳的电阻值,应不小于100M欧.
- 6.2.12 绝缘耐压:用耐压测试仪测试开关电源的输入对输出的耐压值,应不小于4000V.安规认证时,变压器必须加测初级对次级,初级对磁芯,次级对磁芯的耐压值.变压器的初级对次级耐压应大于4.2KV,初级对磁芯应大于3.75KV,次级对磁芯应大于2KV.电压必须在在1分钟内从0增大到最大值.生产线测试时,为1秒钟.
- 6.2.13温度测试:
- 1)常温下测试: 在输入电压最低值和最大负载的情况下,在常温下运行2小时后,测试发热元器件的温度.开关电源的发热元器件主要有开关管,变压器,变压器初级并联的电容,电阻及二极管,桥堆,输入电解电容.输出电解电容,输出整流二极管及输出整流二极管并联的电容和电阻.每个元器件的温升应不超过50度.
- 2)高温下测试:在电网电压下,最大负载情况下,放在70度,>90%湿度的高温箱内,能工作96小时.
- 3)低温下测试:在电网电压下,最大负载情况下,放在-20度的低温箱内能运行96小时.
- 4)高低温冲击测试:放在70度,>90%湿度的高温箱内1小时,然后马上放入-20度低温箱内1小时.取出后1小时内能启动工作.重复10次.

- 6.3 开关电源测试报告及元器件清单
- 6.3.1 开关电源测试报告应包括以上的开关电源的性能测试项目和EMC测试项目及测试的时间,地点,环境温度,测试设备,测试人员,测试状态.
- 6.3.2 开关电源元器件清单应包括元器件的描述,型号,供应商等.