

---

## 离线式开关电源开关芯片

## SM8002C

---

### 一、概述：

SM8002C 是一个电流模式的 PWM 离线式开关电源开关芯片。它的待机功耗小，具有过流保护功能和欠压保护功能，在系统短路的情况下，芯片内部的定时电路开始工作，让整个系统工作在“打嗝”模式，同时监测系统工作的状态，直到系统恢复正常为止。开关频率为 100KHz，在实际工作过程中，为了降低整个系统的 EMI，芯片会在 $\pm 2\text{KHz}$  范围内自动调整开关频率。

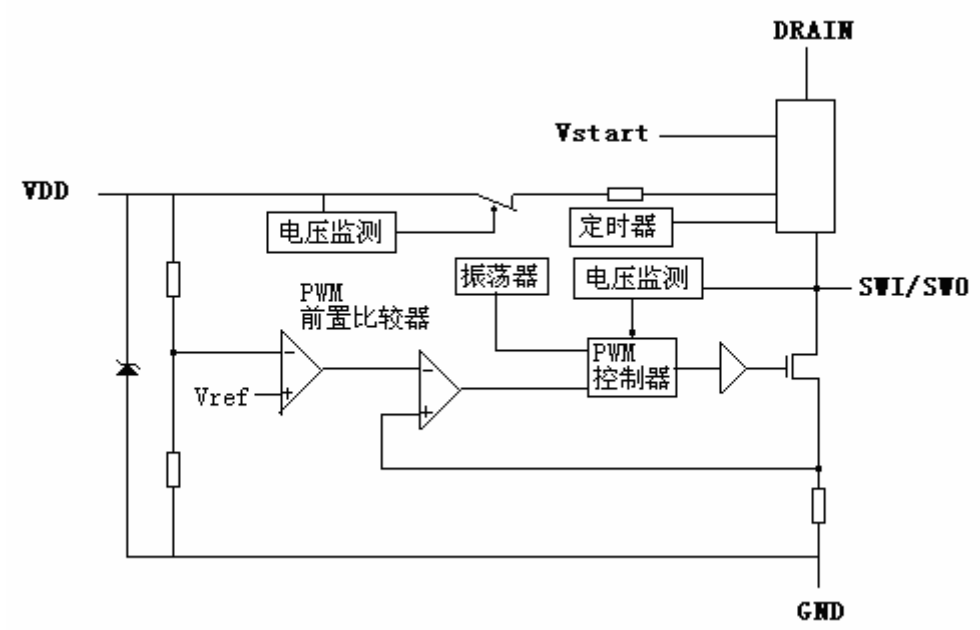
### 二、特色说明：

1. 外围电路元件少，成本低
2. 较低的待机功耗
3. 过流和欠压保护
4. 内部定时功能
5. 电流模式的 PWM
6. 短路“打嗝”保护
7. 封装格式：HDIP4
8. 开关频率：100KHz

### 三、应用：

1. 各种电池充电器
2. DVD、VCD、机顶盒等各种电源
3. 通用离线式开关电源系统

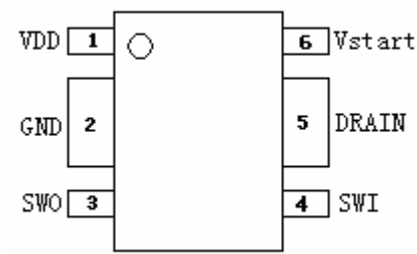
四、内部功能简单框图：



图一

五、脚位图

封装形式：HDIP4



HDIP4

图二

六、管脚说明

名称	功能说明
VDD	芯片控制部分电源。在过流或者短路保护状态时，不断地复位启动，起到保护作用。
GND	芯片地
SWO	PWM 波形输出口
SWI	PWM 波形输入口
DRAIN	驱动脚
V <sub>start</sub>	芯片启动电压输入口

## 七、电特性参数

极限参数 (TA= 25℃)

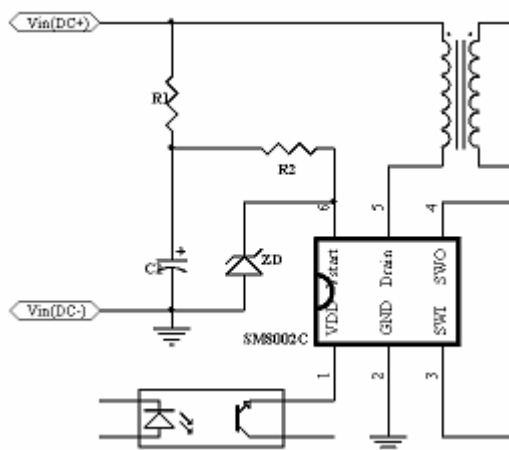
符号	说明	范围	单位
VDD	芯片控制电源电压	-0.3——6	V
I <sub>vdd</sub>	芯片控制电源电流	20	mA
V <sub>drain</sub>	驱动电压	-0.3——700	V
I <sub>drain</sub>	驱动电流	3	A
T <sub>j</sub>	结温	-40——150	℃
T <sub>stg</sub>	存储温度	-55——150	℃

## 电气工作参数

(除非特殊说明, 下列条件均为 Vvdd=4V, Tj=25℃)

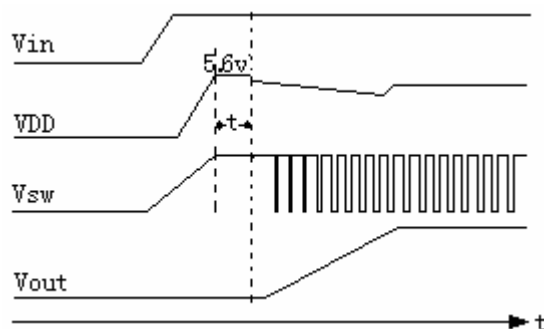
符号	说明	条件	范围			单位
			最小	典型	最大	
VDD <sub>start</sub>	VDD 启动电压		4.65	4.95	5.10	V
VDD <sub>close</sub>	VDD 关断电压		3.32	3.35	3.50	V
I <sub>vdd</sub>	VDD 工作电流		0.3	0.4	0.7	mA
F <sub>sw</sub>	PWM 开关频率		90	100	110	KHz
I <sub>LIM</sub>	Drain 限制电流	VDD=3.36V	700	800	900	mA
D <sub>max</sub>	PWM 最大占空比		65	75	80	%
D <sub>min</sub>	PWM 最小占空比		3			%
T <sub>r</sub>	SW 上升沿时间	15 Ω 上拉电阻		10		ns
T <sub>f</sub>	SW 下降沿时间	15 Ω 上拉电阻		17		ns
I <sub>drain-off</sub>	Drain 关断漏电流			20		uA
V <sub>drain</sub>	驱动电压			700		V
T <sub>delay</sub>	内部定时时间			0.65		S

## 八、功能表述



图三

图三表示的电路图为实际应用的简易电路图，图一为芯片内部功能框图。在电源上电的开始阶段，首先通过  $R1$ ,  $R2$  提供芯片一个小的电流，使  $V_{start}$  脚电压达到  $9.4V$  的启动电压，保证芯片集成的开关向  $VDD$  充电。当  $VDD$  电压达到  $5V$  的时候，内部的定时电路开始工作，由于内部的稳压作用， $VDD$  电压最终达到  $5.6V$ ， $1$  秒之后定时结束，内部充电开关关断，由于电流消耗， $VDD$  电压下降，当降到  $4.8V$  的时候，芯片进入了 PWM 工作模式。随着  $VDD$  电压的降低， $SW$  频率的占空比随之变化。这个时候会在变压器的输出端输出一定的电压，输出电压的变化通过光耦反馈到输入回路。如果输出电压达到规定值，电容就通过光耦对  $VDD$  正常供电。启动过程如图四。

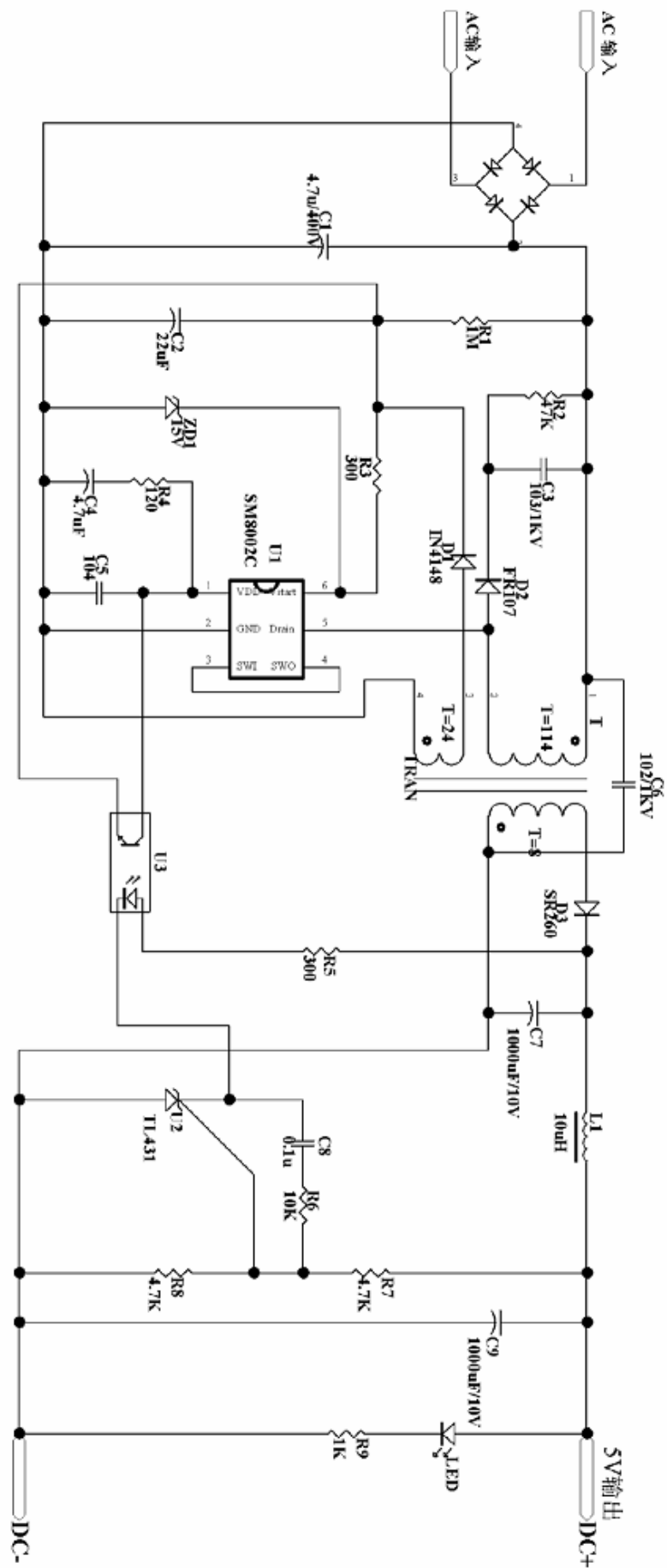


图四

说明：当  $V_{in}$ （高直流电压）上电之后，首先通过  $V_{start}$  脚使  $V_{sw}$  和  $VDD$  的电压逐渐上升，当  $VDD$  上升到  $5V$ ，内部定时器开始工作，同时电压上升，由于内部稳压管作用，电压最终到  $5.6V$ ； $0.65$  秒之后（就是图中的  $t$ ），定时器结束，同时内部开关关断，由于电流消耗， $VDD$  下降，下降到  $4.8V$ ， $V_{sw}$  出现 PWM 波形， $V_{out}$  电压逐渐上升，当上升到设计值，系统通过光耦对  $VDD$  做一次很小的电压调整，然后出现平稳， $V_{sw}$  的波形也趋向平稳。

## 九、应用电路

下面的电路图为常用的  $5V$  输出开关电源电路。在具体 PCB Layout 要注意的是，就是  $C5$   $104$  瓷片电容要尽量靠近芯片。

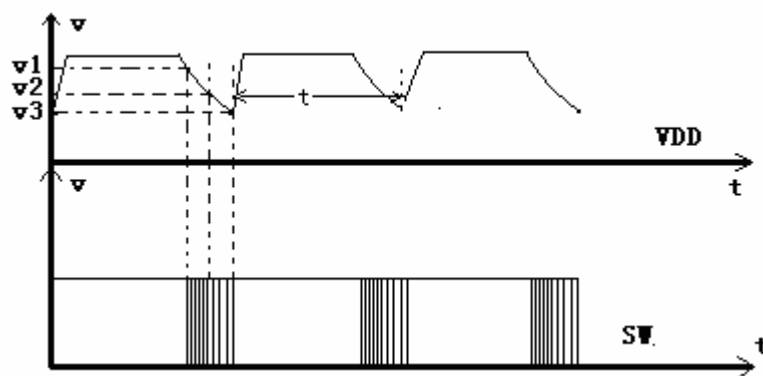


该电路特性：

**空载或者小负载：**由于负载耗电小，DC 输出端的电压稍微高于额定电压时，光耦打开，系统通过光耦对芯片充电，VDD 的电压上升。当上升到 5V，芯片的 PWM 关断，负载电压由于电流消耗会逐渐下降，直到光耦关断，同时 VDD 也会随着电流消耗也逐渐下降，当下降到 4.8V，PWM 开启，负载电压也跟着上升，然后不断的重复上述过程。这种工作状态，可以保证在空载或者小负载的情况，系统有较低的功耗。

**中等负载或者满负载：**当负载增大到某种程度，也就是说，对芯片充电保持到了某种平衡，VDD 电压几乎不变 ( $<4.8V$ )，这个时候，PWM 一直启动，只是随着负载的增大，PWM 的占空比逐渐增大，VDD 电压逐渐下降直到 3.35V。

**短路或者大负载：**当负载增大到某种程度或者直接短路，由于 VDD 电压下降到了 3.35V，这个时候，芯片系统关闭，需要重新启动，由于 Vstart 脚存在电压，芯片又重新启动，但由于负载的原因，芯片还是会关闭。这样不断的重复，直到负载正常，芯片就能恢复正常（图五）。这种工作状态，可以保障系统在非正常的情况下，保护电源系统，降低非正常功耗。

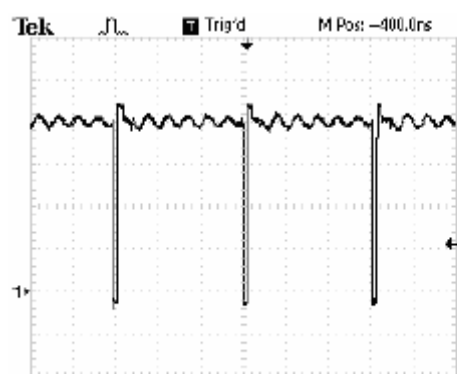


图五

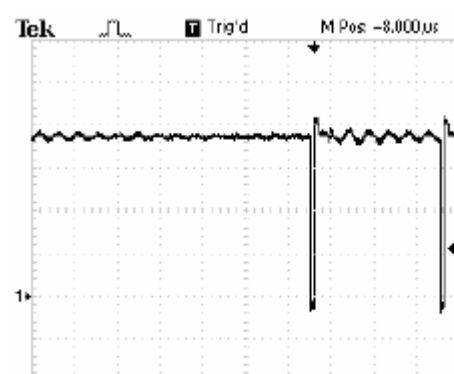
说明：V1 为 VDD 启动电压（4.8V），V3 为 VDD 关闭电压（3.35V）。图中的 t 为延时时间（0.65 秒）。另外，在芯片短路过程中，最好放电的时间要短（就是 V1 到 V3 的时间），一般小于 30ms，这个时间可以通过调整 C4、R5 来实现。

十、正常工作情况下，关键管脚波形  
没有负载的情况下

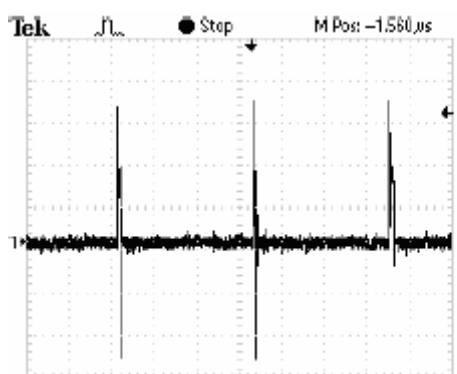
交流 110VAC，SW 脚电压波形



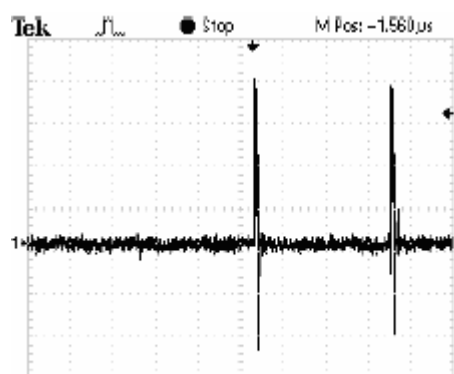
交流 220VAC，SW 脚电压波形



交流 110VAC，SW 脚电流波形



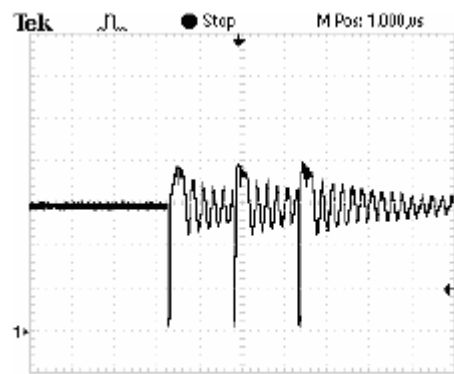
交流 220VAC，SW 脚电流波形



交流 110VAC，DRAIN 脚电流波形

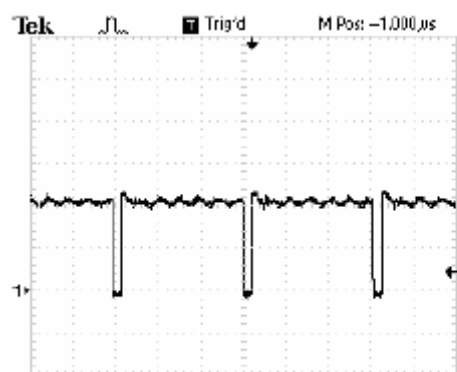


交流 220VAC，DRAIN 脚电流波形

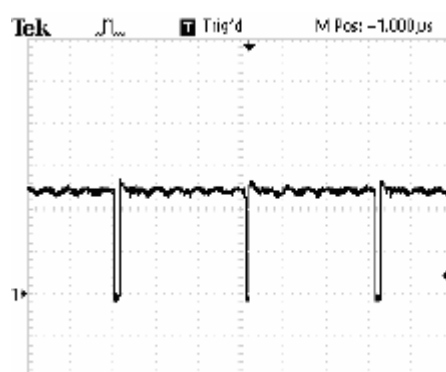


小负载的情况下

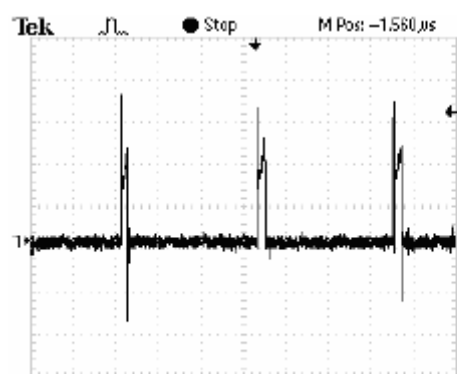
交流 110VAC, SW 脚电压波形



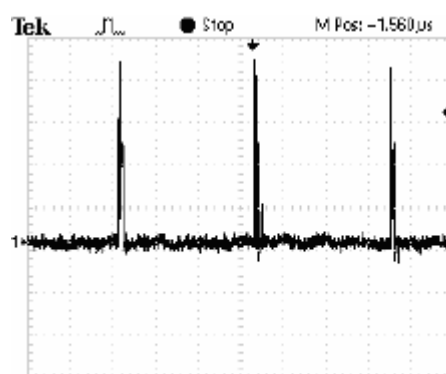
交流 220VAC, SW 脚电压波形



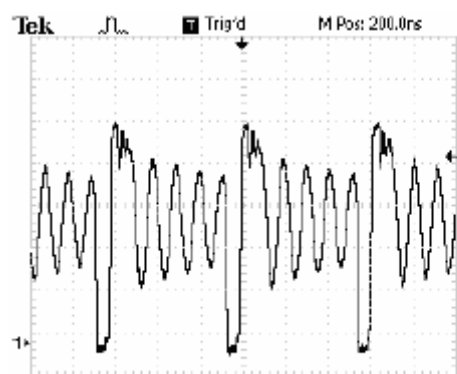
交流 110VAC, SW 脚电流波形



交流 220VAC, SW 脚电流波形



交流 110VAC, DRAIN 脚电流波形



交流 220VAC, DRAIN 脚电流波形

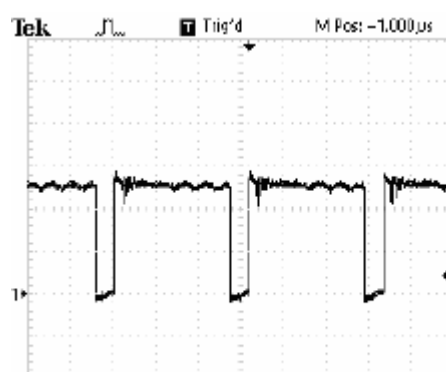


满负荷的情况下

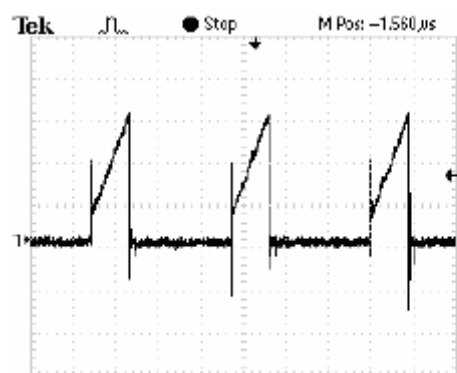
交流 110VAC, SW 脚电压波形



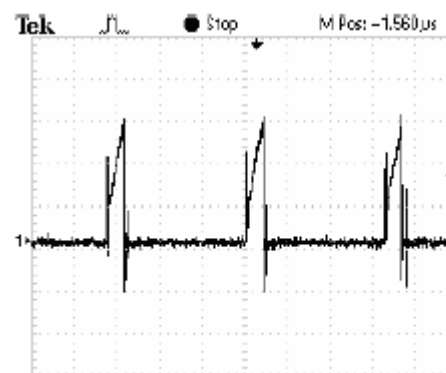
交流 220VAC, SW 脚电压波形



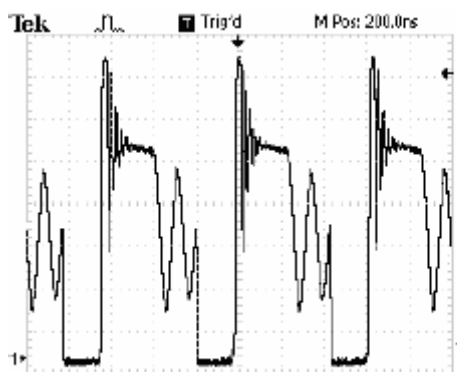
交流 110VAC, SW 脚电流波形



交流 220VAC, SW 脚电流波形



交流 110VAC, DRAIN 脚电流波形



交流 220VAC, DRAIN 脚电流波形



## 十一、变压器参数设计

SM8002C 所需要工作的变压器是单端反激式变压器，因此设计一个合适的变压器，也是至关重要的。首先要知道下列参数，AC 输入电压  $V_{in}$ 、输出电压  $V_{out}$ 、总输入功率  $P_{in}$ 、开关频率  $F_s$ ，线路主开关管的耐压  $V_h$ 。

在反激变压器中，副边反射电压即反激电压  $V_f$  与输入电压之和不能高过  $V_h$ ，同时要保留一定的裕量（最好有 150V），那么反激电压下式决定：

$$V_f = V_h - V_{inDCMax} - 150V$$

其中  $V_{inDCMax}$  为最大交流输入经整流之后的直流电压，在这里，我们设定为 AC265V，整流之后，理想状态下直流电压为 374V，实际上系统会低于这个值。

另外，反激电压的最大占空比出现在最低输入电压、最大输出功率的状态，根据在稳态下，变压器的磁平衡，得到下列公式：

$$V_{inDCMin} \times D_{Max} = V_f \times (1 - D_{Max})$$

在这里，我们建议最大占空比  $D_{Max}$ ，根据 SM8002C 的特性，设定为 50%——60%，保留一定的裕量。 $V_{inDCMin}$  为系统工作的最小直流电压，可以设定交流为 75V，理想状态下， $V_{inDCMin}$  为 100V，因此， $V_f$  的值为 100V——150V。

反激电压和输出电压的关系由原、副边的匝比确定。所以确定了反激电压之后，就可以确定原、副边的匝比：

$$N_p / N_s = V_f / V_{out}$$

设在最大占空比时，当开关管开通时，原边电流为  $I_{p1}$ ，当开关管关断时，原边电流上升到  $I_{p2}$ 。若  $I_{p1}$  为 0，则说明变换器工作在断续模式，否则工作在连续模式。由能量守恒，得到下式：

$$1/2 \times (I_{p1} + I_{p2}) \times D_{Max} \times V_{inDCMin} = P_{in}$$

一般连续模式设计，令  $I_{p2} = 3I_{p1}$

下面来确定变压器的原边电感量，由下面公式可以得到：

$$L_p = D_{Max} \times V_{inDCMin} / (F_s \times \Delta I_p)$$

对于连续模式， $\Delta I_p = I_{p2} - I_{p1} = 2I_{p1}$ ；对于断续模式， $\Delta I_p = I_{p2}$ 。在这里， $I_{p2}$  的最大电流不要超过 SM8002C 的最大电流（典型值为 800mA）。

根据实际需要，确定变压器的骨架。下式可以简单计算出骨架大小

$$A_w \times A_e = (L_p \times I_{p2}^2 \times 10^4 / (B_w \times K_o \times K_j))^{1.14}$$

原边匝数有下式确定：

$$N_p = L_p \times I_{p2} \times 10^4 / (B_w \times A_e)$$

在上式中， $A_w$  为磁芯窗口面积，单位为  $cm^2$

$A_e$  为磁芯截面积，单位为  $cm^2$

$L_p$  为原边电感，单位为 H

$I_{p2}$  为原边峰值电流，单位为 A

$B_w$  为磁芯工作磁感应强度，单位为 T（常用值为 0.3T——0.35T）

$K_0$  为窗口有效使用系数，一般为 0.2——0.4

$K_J$  为电流密度系数，一般为 395A/cm<sup>2</sup>

再根据原、副边的匝比关系可以求出副边的匝数。根据求得的  $AwA_e$  值选择合适的磁芯，一般尽量选择窗口长宽之比比较大的磁芯，这样磁芯的窗口有效使用系数比较高，同时可以减小漏感。

为了避免磁芯饱和，在磁回路中加入一个适当的气隙。

$D_g=0.4 \times \pi \times N_p^2 \times A_e \times 10^{-8} / L_p$       单位为 cm

在上式中， $D_g$  为气隙长度，单位为 cm

$N_p$  为原边匝数

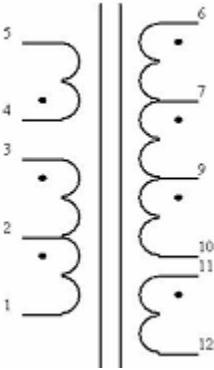
$A_e$  为磁芯的截面积，单位为 cm<sup>2</sup>

$L_p$  为原边电感量，单位为 H

以下为变压器的参数参考

变压器参数 EEL19（5+7）（初级主绕组 3-2-1 之间的电感量：1.0mH），两边气隙为 2mm

绕组 3——2:	80TS	0.25*1
绕组 4——5:	17TS	0.25*1
绕组 6——9:	5TS	0.50*3
绕组 7——6:	6TS	0.25*1
绕组 9——10:	11TS	0.25*1
绕组 2——1:	80TS	0.25*1



## 十二. 封装形式

HDIP4 封装图（单位：mm）：

