

### 基于 HT2535 的 5W 反激电源适配器方案

#### 一. 概要:

HT2535是一款适用于低功率AC/DC电池充电器和电源适配器的高集成度和高性能的离线式转换器。

HT2535采用原边反馈技术，使系统应用中可以省去TL431和光耦，降低了成本。全电压输入范围内恒压/恒流精度能保持在±5%以内。CC/CV控制如图1所示。在CC控制时，通过CS端的采样电阻 $R_s$ 可调整输出功率和电流。在CV控制时，多模式控制实现了高性能和高效率，而且，通过内置的可编程输出线压降补偿实现了好的负载调整率。芯片在重载和CC控制时工作在PFM模式，在轻载和中载时工作在PWM模式，并且频率也会降低。

HT2535提供了软启动功能和多种全面的可恢复保护模式，其中包括：逐周期电流限制保护（OCP）、VCC电压的过压嵌位以及低压关闭（UVLO）。其中，为了更好的保护内置高压功率MOSFET，栅极驱动输出电压被嵌位在12V。

HT2535在图腾柱栅极驱动输出端使用了频率抖动技术，可以很好的改善开关电源系统的EMI性能。

HT2535芯片可以作为线性电源或者RCC模式电源的最佳替代产品，从而提高开关电源系统的整体性能，并有效地降低系统成本。

#### 二. 基本特性:

- 5 $\mu$ A超低的启动电流.
- 2mA低工作电流.
- 全电压输入范围内，具有5%的恒压调节和5%的恒流调节精度.
- 原边反馈技术使系统节省TL431和光耦.
- 可编程CV和CC调控.
- 内置原边绕组电感补偿.
- 可编程的输出线压降补偿.
- 内置软启动.
- 内置前沿消隐电路.
- 逐周期电流限制保护（OCP）.
- VCC过压嵌位保护.
- 低电压关闭功能（UVLO）.
- 栅极驱动输出电压嵌位（12V）.
- 频率抖动功能.

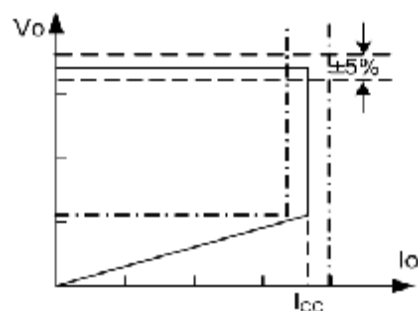


图1: 典型CC/CV曲线

### 三. 芯片内部模块图:

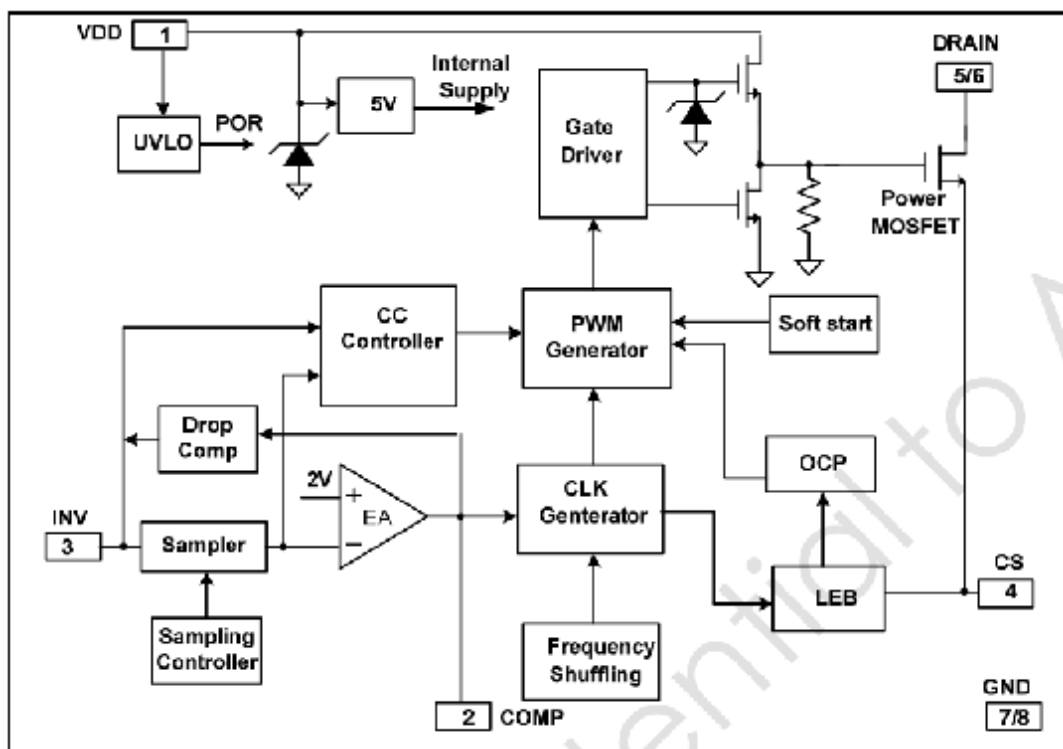


图2: 内部结构图

### 四. 应用电路图:

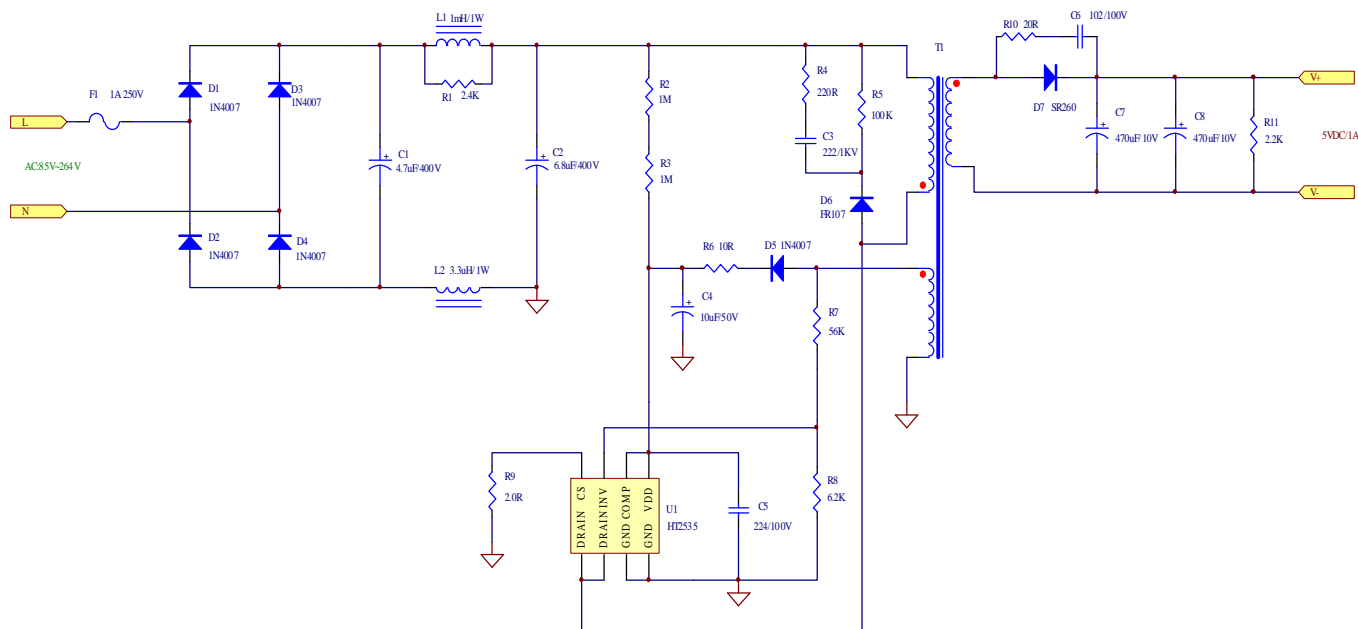


图3: HT2535应用电路

## 五. DEMO板实物图:



图4: 正面视图



图5: 反面视图

## 六. 电路原理:

85V-264V交流输入电压 $V_{IN}$  经保险F1送入整流器D1~D4经  $\pi$  型滤电路C1、R1、L1、L2、C2后输出120V—375VDC。保险F1的使用是为了防止大冲击电流损坏整流器。

整流后的高压（120V—375VDC）一端通过变压器的原边接控制芯片内部集成高压功率管的D极，另一端芯片的GND脚。为了将集成高压功率管MOSFET的峰值 $V_{ds}$ 电压限制在 $V_{dss}$ （MOSFET管 漏极D-源极S Breakdown Voltage, 650V)以下，D6、R4、R5、C3 构成一箝位电路，它可以将高压MOSFET管在关断时 $V_{ds}$ 的电压箝位在 $V_{dss}$ 以下。

R2、R3组成启动电路，为芯片提供启动电流，为降低芯片的启动损耗，在芯片启动以后由变压器的辅助绕组、D5、R6、C4 构成的环路给芯片供电，R7 和 R8构成分压电路为芯片提供反馈信号，实现输出电压控制。

变压器的副边输出经D7二极管整流，R10、C6 并联在D7两极构成线路吸收电路，C7、C8 滤波后得到稳定的5V输出电压。R11为假负载电阻,其作用为稳定空载输出电压。

## 七. 电气参数和BOM:

此适配器的主要电气参数如表 1，电路的元器件在成本和可靠性方面作了折中，元器件的数目已减到最低程度。表 2 是详细的材料表。

表一：电气参数表

输入电压范围	90VAC—264VAC
输出电压	5VDC
输出电流	1.0A
电源调整率	<±0.2%
负载调整率	<±0.2 %
输出纹波	≤174mV
输出过压保护	有
输出过流保护	90V 1.07A / 264V 1.14A
短路保护	打嗝
待机功耗	<0.3W
平均效率	≥75.63%

表二：电源适配器 BOM

元件号	类型	型号	数量	封装
F1	Fuse	250V , 1A	1	直插
R1	晶片电阻	2.4K $\Omega$ 5%	1	0805
R2, R3	晶片电阻	1M $\Omega$ 5%	2	1206
R4	晶片电阻	200 $\Omega$ 5%	1	0805
R5	晶片电阻	100K $\Omega$ 5%	1	1206
R6	晶片电阻	10 $\Omega$ 5%	1	1206
R7	晶片电阻	56K $\Omega$ 1%	1	0805
R8	晶片电阻	6.2K $\Omega$ 1%	1	0805
R9	晶片电阻	2.0 $\Omega$ 5%	1	1206
R10	晶片电阻	20 $\Omega$ 5%	1	0805
R11	晶片电阻	2.2K $\Omega$ 5%	1	1206
C1	电解电容	4.7uF/400V	1	直插
C2	电解电容	6.8uF/400V	1	直插
C3	电瓷片电容	222/1KV	1	直插
C4	电解电容	10uF/50V	1	直插
C5	晶片电容	224/100V	1	0805
C6	晶片电容	102/100V	1	0805
C7, C8	电解电容	470uF/10V	2	直插
D1-D5	二极管	1N4007	5	直插
D6	二极管	FR107	1	直插
D8	二极管	SR260	1	直插
L1	色环电感	1mH 1W	1	直插
L2	色环电感	3.3uH 1W	1	直插
U1	PWM	HT2535	1	SOP-8
T1	变压器	EE-16 L: 1.8mH-2.0mH	1	直插

## 八. 变压器结构参数:

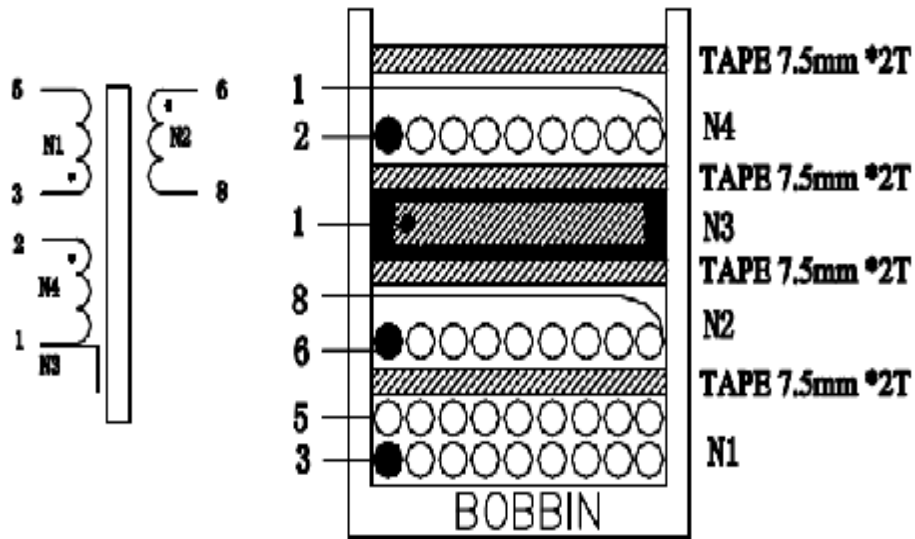


图 6: 变压器结构图

表三 变压器绕法及参数

Wingin	Material	Start	Turns	Finish
N1	0.14mm*1P 2UEW	3	135T	5
TAPE	TAPE W=7.5mm		2	
N2	0.55mm*1P 2UEW	6	12T	8
TAPE	TAPE W=7.5mm		2	
N3	COPPER W=7.5mm	1	1.1	
TAPE	TAPE W=7.5mm		2	
N4	0.14mm*1P 2UEW	2	45T	1
TAPE	TAPE W=7.5mm		2	
磁芯	EE16 PC40 或同等材料			
骨架	卧式 10 针 4 脚去掉			
电感量	1.8mH-2.0mH 3、5 脚间测量 频率 1KHz			
漏感	100uH MAX N2, N4 短路 3、5 脚间测量 频率 10KHz			

## 九. 测试数据:

表四：输入输出数据

输入电压/Vac	输出电压			输入功率/W	平均效率(%)
	Vout_0A/V	Vout_0.5A/V	Vout_1.0A/V		
90	5.18	4.93	4.90	6.38	76.68%
115	5.17	4.93	4.90	6.30	76.99%
230	5.10	4.92	4.90	6.32	75.00%
264	5.09	4.92	4.90	6.38	73.83%

备注：效率是在带 1.8 米 AWG22#线条件下测得的。

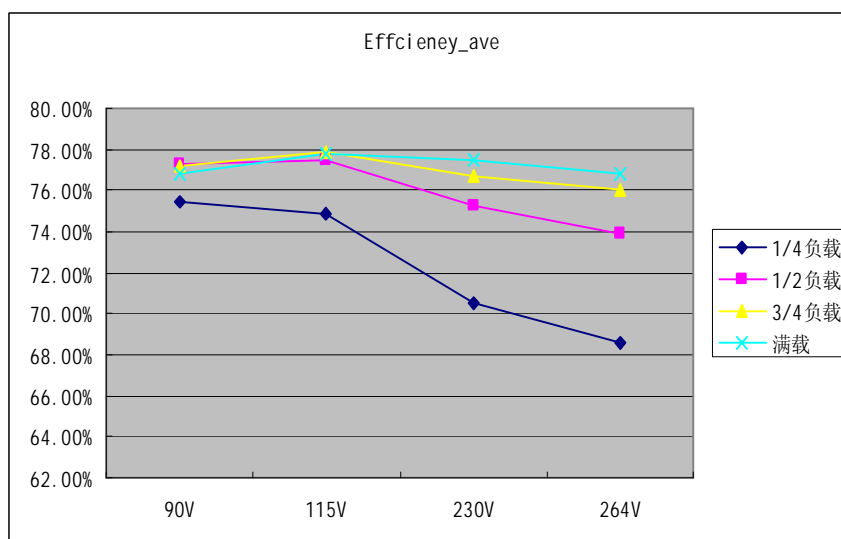


图 7: Vin=90-264Vac 效率曲线

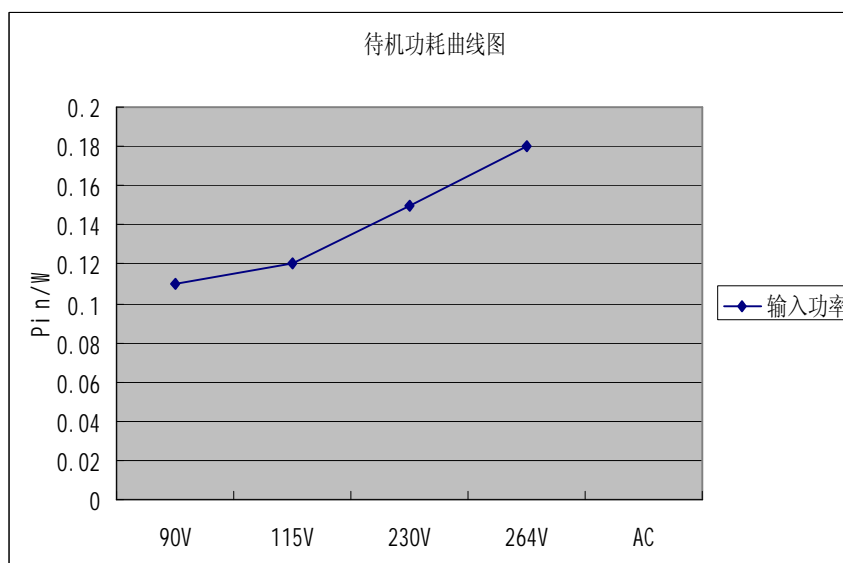


图 8: 待机功耗曲线

## 十. 输出I-V曲线:

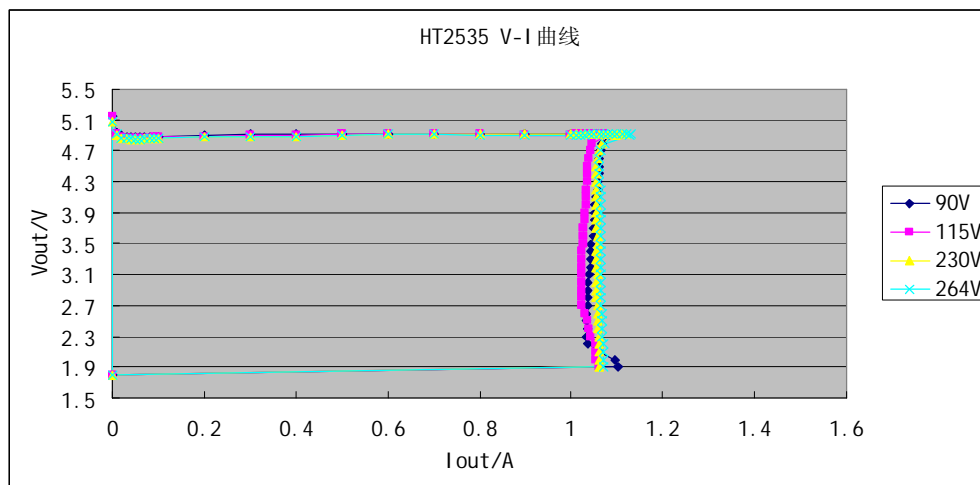


图 9:  $V_{in}=90-264V_{ac}$  I-V 曲线

## 十一. 测试波形:

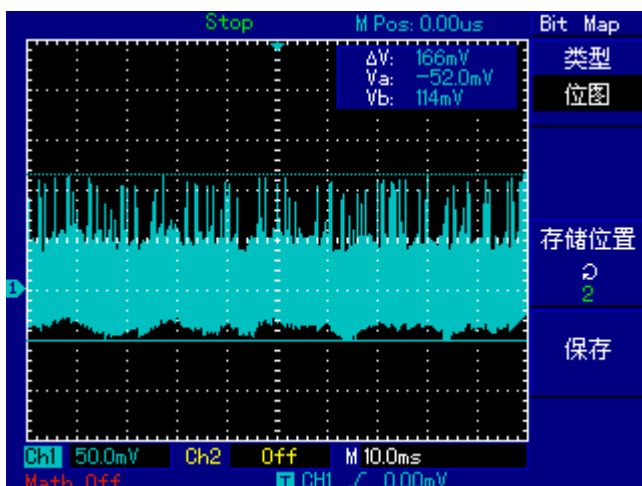


图 10:  $V_{in}=90V_{ac}$  时输出电压纹波波形  $I_o=1.0A$

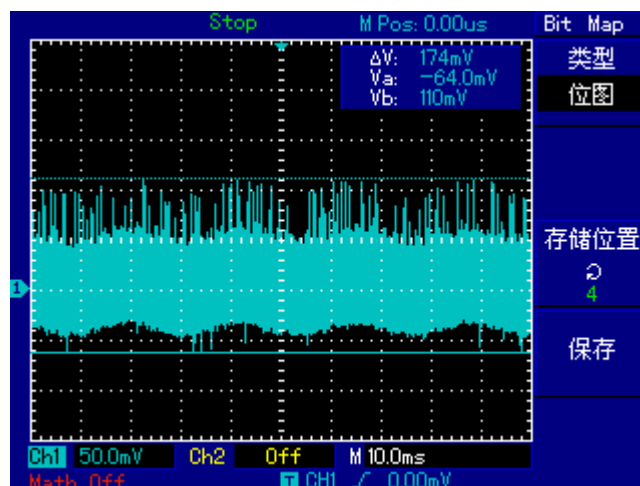


图 11:  $V_{in}=264V_{ac}$  时输出电压纹波波形  $I_o=1.0A$

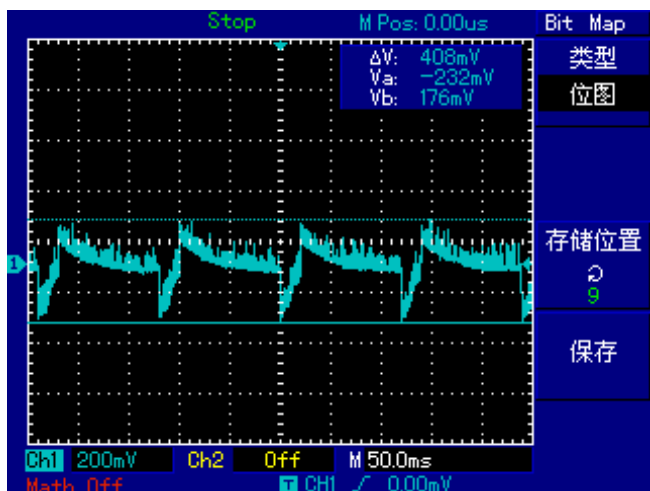


图 12:  $V_{in}=90V_{ac}$  时输出电压动态响应波形  
 $I_o=0.2A$  to  $0.8A$

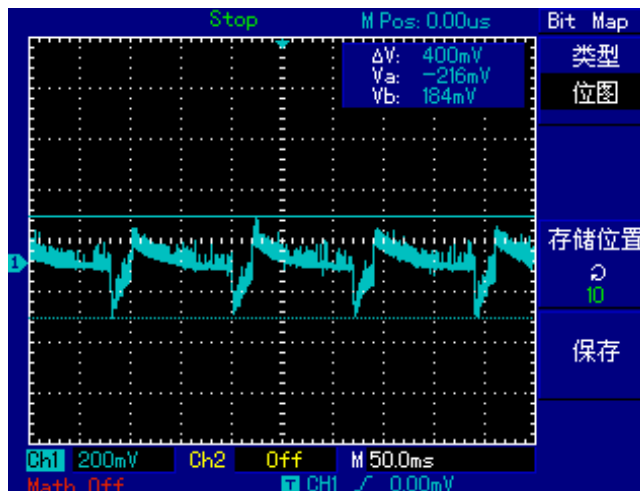


图 13:  $V_{in}=264V_{ac}$  时输出电压动态响应波形  
 $I_o=0.2A$  to  $0.8A$

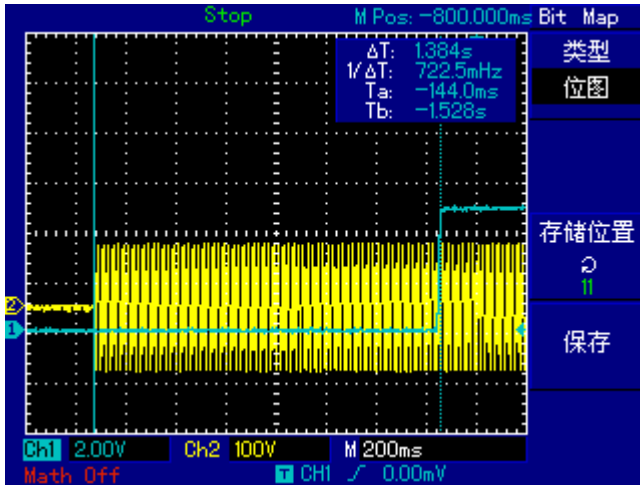


图 14: Vin=90Vac 时启动延时波形Io=1.0A

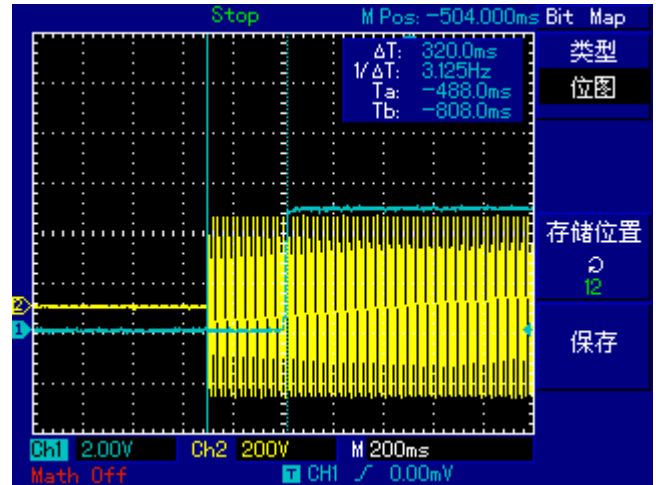


图 15: Vin=264Vac 时启动延时波形Io=1.0A

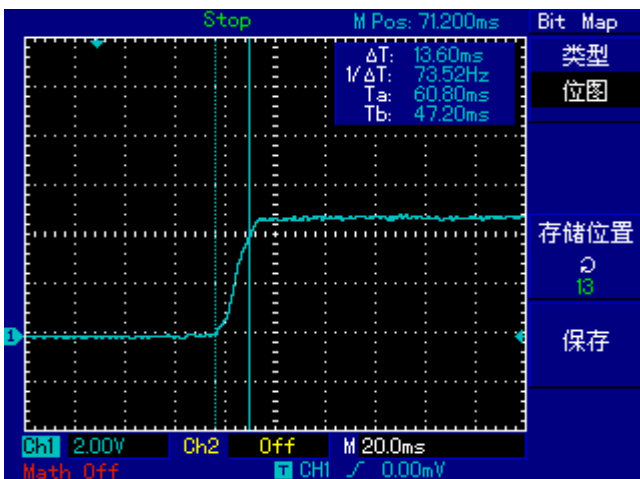


图 16: Vin=90Vac 上升延时波形Io=1.0A

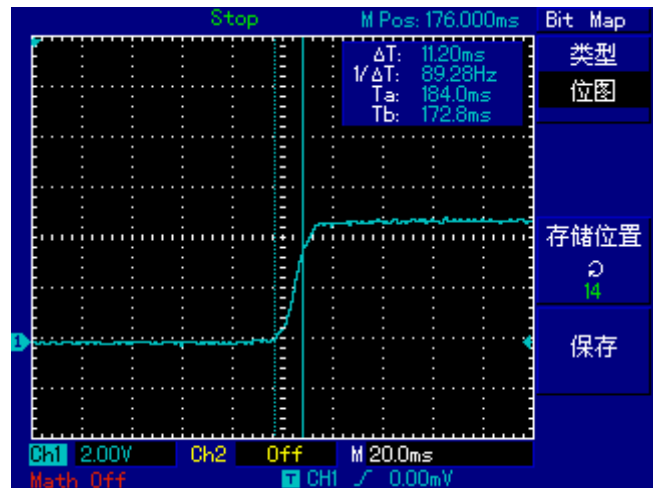


图 17: Vin=264Vac 上升延时波形Io=1.0A

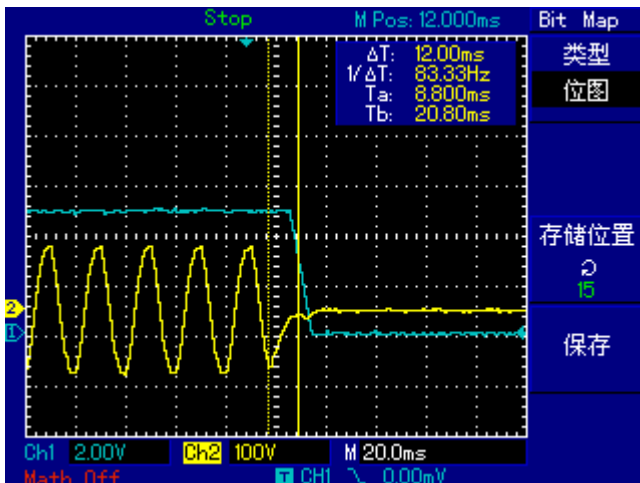


图 18: Vin=90Vac 关机保持时间波形Io=1.0A

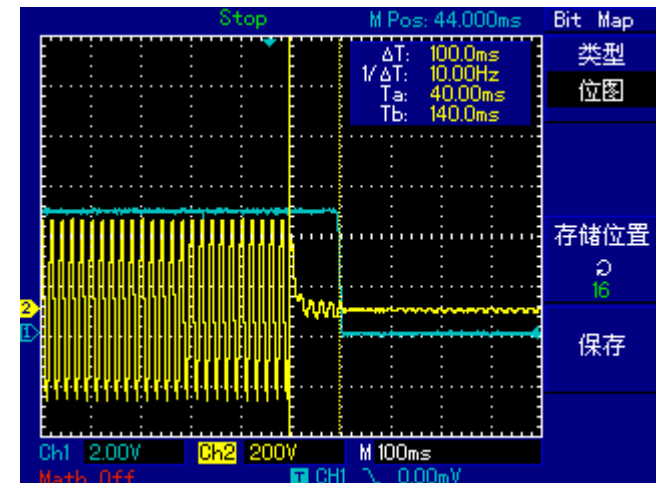


图 19: Vin=264Vac 关机保持时间波形Io=1.0A



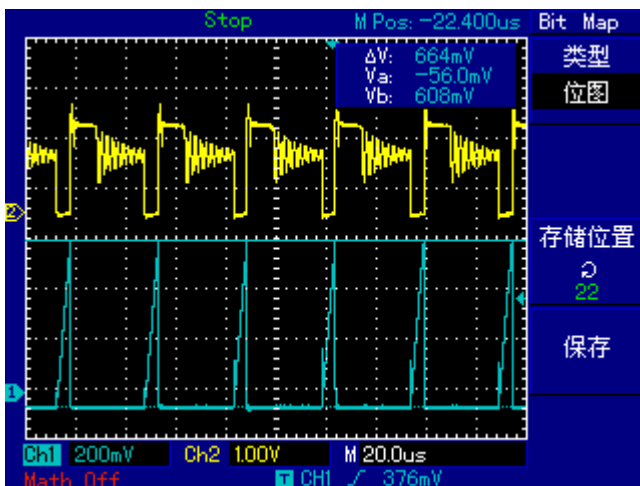


图 20: Vin=90Vac Vdrain Vcs 波形Io=0.5A

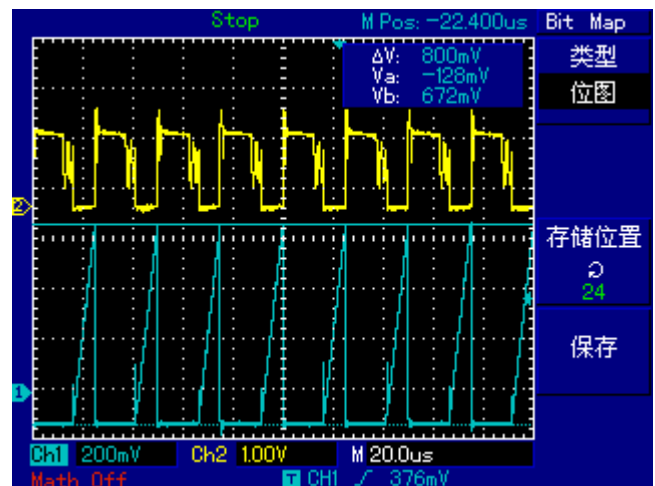


图 21: Vin=90Vac Vdrain Vcs 波形Io=1.0A

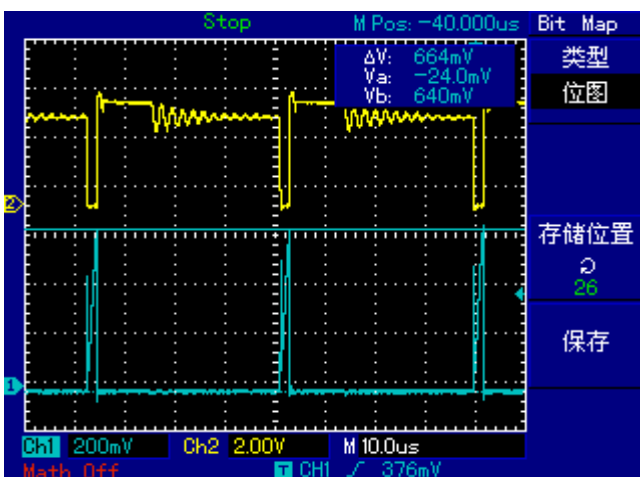


图 22: Vin=264Vac Vdrain Vcs 波形Io=0.5A

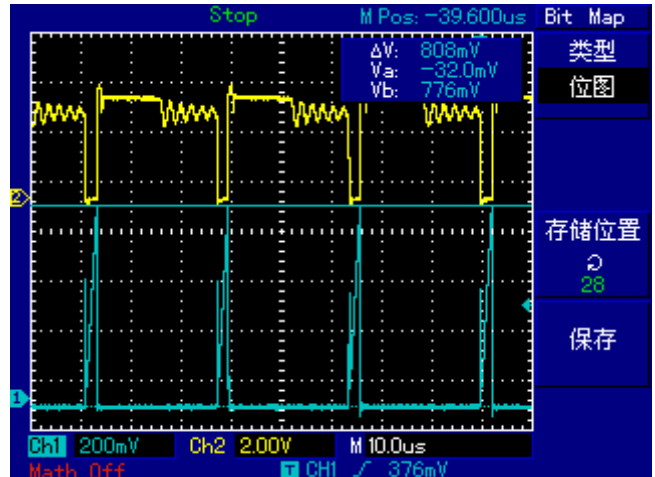


图 23: Vin=264Vac Vdrain Vcs 波形Io=1.0A

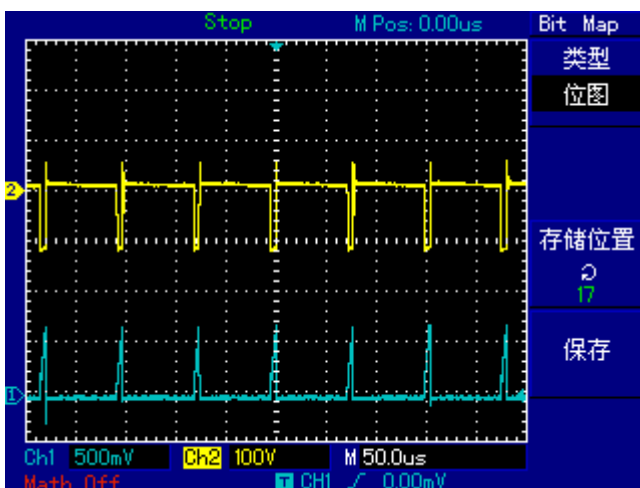


图 24: Vin=90Vac Vdrain Vcs 输出短路波形

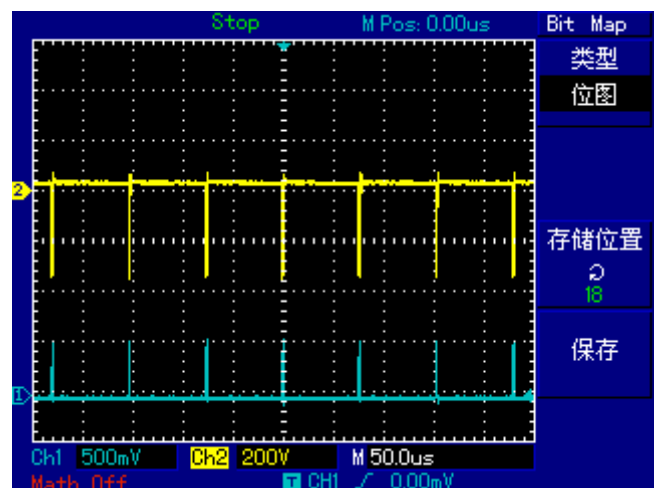


图 25: Vin=264Vac Vdrain Vcs 输出短路波形

## 十二. 注意事项:

对于一个典型的功率开关而言, 应使用必要的散热措施, 以避免过高的温度导致热保护。IC 内部主要发散的是开关管的开关损耗产生的热量, 因此恰当的散热位置是IC 的Pin5-6 脚, 一个易于使用的方法是在Pin5-6 脚铺设一定面积的PCB 铜箔, 尤其在铜箔之上镀锡处理将大大增加散热能力。