

## 设计范例与测试报告

标 题	基于 FT773C 设计的 5V/1A 高效率恒压恒流电源方案 1 设计报告
规 格	输入：90~264Vac 47/63Hz 输出：5V/1A dc
应用范围	充电器或适配器
文件编制	
文档编号	<b>RD-020</b>
日 期	<b>2014-08-25</b>
版 本	<b>1.0</b>

### 设计特色

- 高效率（满载条件下>75%）；
- 符合CEC/能源之星2008对带载模式效率的要求（可达到75.9%以上，要求为71.21%）；
- 空载输入低功率（在230VAC交流输入时<75mW）；
- 符合CISPR-22/EN55022B传导EMI限制。

### 重要信息：

尽管这个电源样板是按照安规要求而设计的，但并没有经过专业的安规测试机构进行测试与认证，因此，以下所有的测试应在电源的 AC 输入端接上隔离变压器。

# 目录

1. 产品介绍.....	4
2. 电源规格.....	5
2.1 输入规格 .....	5
2.2 输出规格 .....	5
2.3 性能规格 .....	5
2.4 保护功能 .....	5
2.5 测试环境 .....	5
3. 电路原理图.....	6
4. PCB 布局.....	7
4.1 顶层元件面 .....	7
4.2 底层元件面 .....	7
5. 物料清单.....	8
6. 变压器规格.....	9
6.1 电气示意图 .....	9
6.2 电气特性 .....	9
6.3 绕制参数及方法 .....	10
6.4 磁芯和骨架 .....	10
7. 性能测试数据.....	11
7.1 效率测试 .....	11
7.1.1 能源之星 (CEC) 对带载模式的效率要求.....	11
7.1.2 通用输入电压下平均效率的测量结果.....	11
7.2 待机功率.....	12

---

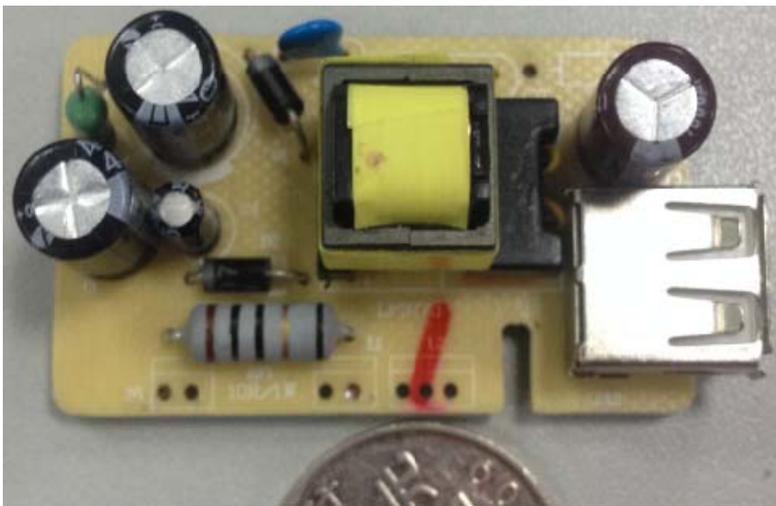
7.3 短路功率.....	12
8. I-V 测试数据及曲线图 .....	14
9. 关键器件的波形图 .....	14
9.1 IC1 正常工作时的漏极电压波形 .....	14
9.2 IC1 输出短路时的漏极电压波形 .....	14
9.3 D7 正常工作时的电压波形.....	15
9.4 D7 输出短路时的电压波形.....	15
9.5 启动延迟时间波形 .....	16
9.6 保持时间波形 .....	16
9.7 负载动态响应测试波形（负载从 20%-80%变化） .....	17
9.8 输出纹波测试波形 .....	17
10. 测量仪器.....	18
11. EMI 测试报告 .....	19
11.1 传导测试 .....	19
12. 历史版本记录.....	20

## 产品介绍

FT773C是一种高性能的交流/直流用于电池充电器和适配器的电源控制器。该装置采用脉冲频率调制（PFM）建立不连续导电模式（DCM）反激式电源的方法。

FT773C提供精确的恒定电压，恒定电流（CV / CC）不需要光耦合器和二次控制电路调节。它也消除了回路补偿电路的需要，同时保持良好的稳定性。FT773C可以实现良好的调节和较高的平均效率，满足空载损耗小于75mW。

FT773C有一个专有的电缆压降补偿功能，内部集成有默认线损补偿电路，其补偿量=输出电压 $V_{out}$ \*4%，可以有效补偿输出电流在输出线上的损耗压降。



### DEMO板特点：

- 原边反馈控制高精度恒流、恒压
  - 无需 431 及光电耦合器，节省成本
  - 内置 800V 三极管，安全系数高
  - 输出带线性补偿功能
  - 随机频率抖动调制减少系统电磁干扰
- 开路保护
  - 过压保护
  - 短路保护
  - 过温保护
  - 平均效率可达到 75.9%以上
  - 符合 EN55022 EMI 标准

## 1. 电源规格

### 2.1 输入规格

- 输入电压 90-264Vac
- 输入频率 47Hz~63Hz

### 2.2 输出规格

- 输出电压 5V
- 输出范围  $< \pm 5\%$
- 最小负载 0A
- 最大负载 1A

### 2.3 性能规格

- 最大输出功率 5W
- 待机功率  $< 100\text{mW}@265\text{V}/50\text{Hz}$ , no load,  $25^\circ\text{C}$
- 效率 满足 EPS6.0
- 线性调整率 2% Max
- 负载调整率  $< \pm 5\%$
- 输出纹波及噪声 100mV Max
- 保持时间 10m sec.Min. @100Vac with full load
- 启动延迟时间 2 sec.Max. @100Vac with full load

### 2.4 保护功能

- 短路保护 输出关闭及自动恢复
- 过压保护 输出关闭及自动恢复
- 开环保护 输出关闭及自动恢复

### 2.5 测试环境

- 测试温度  $0^\circ\text{C}$  to  $+40^\circ\text{C}$
- 测试湿度 20% to 90% R.H.
- 存储温度  $-40^\circ\text{C}$  to  $+60^\circ\text{C}$
- 存储湿度 0% to 95% R.H.

### 3. 电路原理图

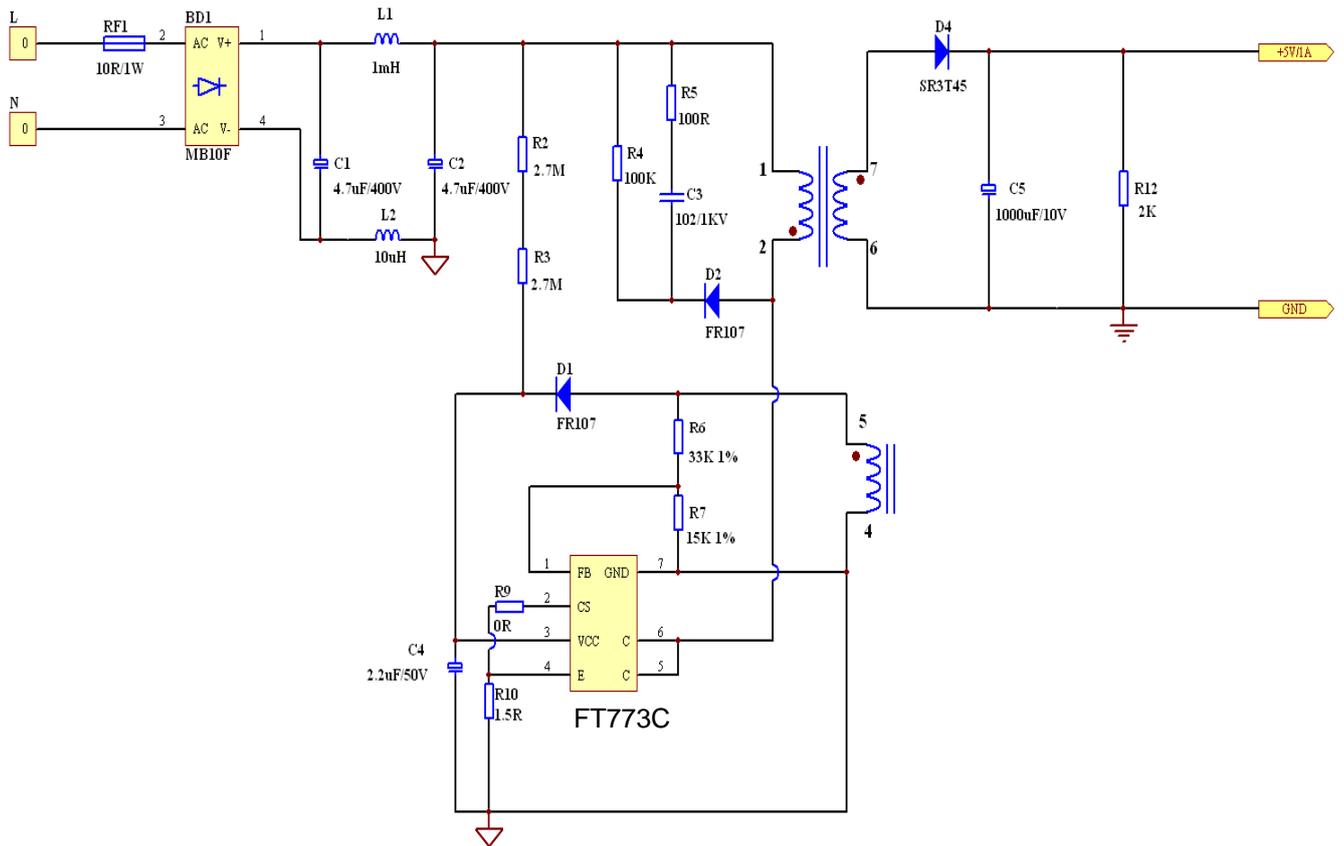


图 1 电路原理图

## 4. PCB 布局

### 4.1 顶层元件面



图 2 顶层元件面

### 4.2 底层元件面

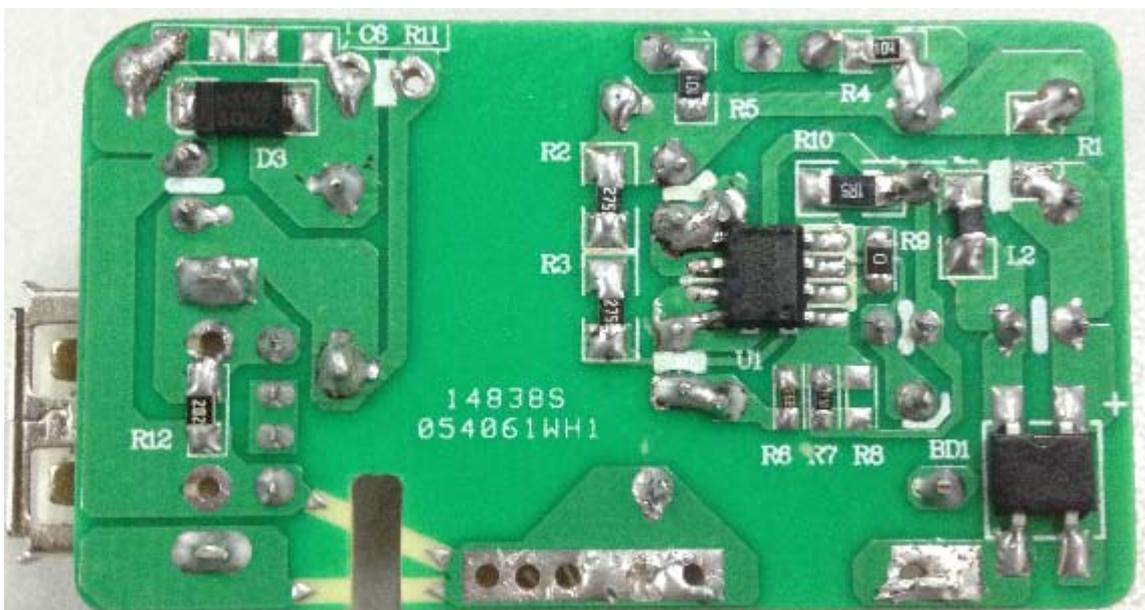


图 3 底层元件面

## 5. 物料清单

#	元件名称	规格型号	封装尺寸	位号	用量	
1	插件元件	保险电阻	10R ±5%	1W (线绕电阻)	RF1	1
2		色环电感	1mH ±5%	1W	L1	1
3		USB 座	USB 座		USB1	1
4		变压器	EE13	EE13 卧式加长 5+2	T1	1
5		电解电容	4.7uF/400V	φ8*13mm	C1, C2	2
6		电解电容	2.2uF/50V	φ5*11mm	C4	1
7		电解电容	1000uF/10V	φ8*13mm	C5	1
8		瓷片电容	1nF/1KV	高压瓷片	C3	1
9		二极管	FR107		D1, D2	2
10		PCB 板	KB 料	50mm*28mm*1.6mm		1
11	贴片元件	PWM IC	FT773C	SOP-7	U1	1
12		贴片电阻	2.7M ±5%	1206	R2, R3	2
13		贴片电阻	100K ±5%	0805	R4	1
14		贴片电阻	100Ω ±5%	0805	R5	1
15		贴片电阻	33K ±1%	0805	R6	1
16		贴片电阻	15K ±1%	0805	R7	1
17		贴片电阻	0R ±5%	0805	R9	
18		贴片电阻	1.5Ω ±5%	1206	R10	1
19		贴片电阻	2K ±5%	0805	R12	1
20		电感	10uH	1206	L2	1
21		桥堆	MB10F	S0-4	BD1	1
22	二极管	H3T45		D3	1	

## 6. 变压器规格

### 6.1 电气示意图

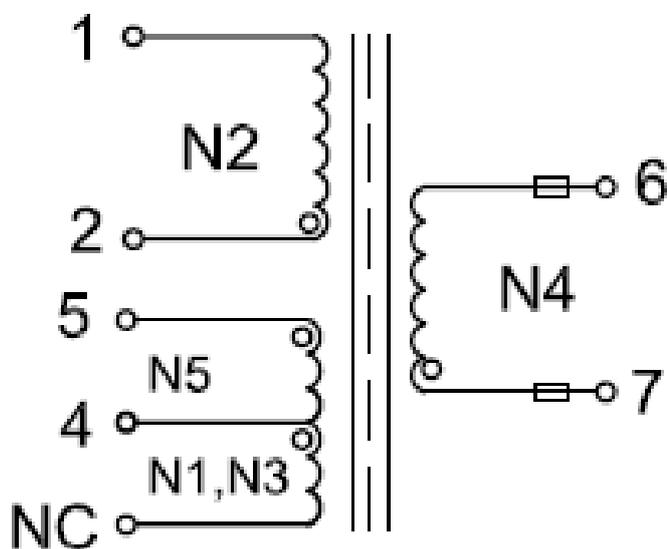


图 4 电气示意图

### 6.2 电气特性

测试项目	脚位	规格	测试条件
初级电感量	2 → 1	1.9mH±8%	10KHz /0.3V
初级漏感	2 → 1	100uH Max	次级全部短路
绝缘耐压	初级 → 次级	3750VAC 5mA 1分钟	
	初级 → 磁芯	2000VAC 5mA 1分钟	
	次级 → 磁芯	2000VAC 5mA 1分钟	

### 6.3 绕制参数及方法

绕制顺序	起脚 → 收脚	线径	匝数	绕制方法
N1	4 → NC	0.15Φ X3	16T	密绕一层/包2T胶带
N2	2 → 1	0.2Φ X 1	136T	均匀密绕四层/包2T胶带
N3	4 → NC	0.15Φ X 4	11T	密绕一层/包2T胶带
N4	7 → 6	0.45Φ X 1 三重绝缘线	10T	居中密绕一层/包2T胶带
N5	5 → 4	0.13Φ X2	25T	均匀密绕一层/包2T胶带

### 6.4 磁芯和骨架

6.4.1 磁芯：EE13 PC40

6.4.2 骨架：EE13 卧式加长 5+2Pin

6.4.3 剪脚处理：pin3 脚拔掉

## 7. 性能测试数据

所有的测试是在室温和 50Hz 的输入频率下完成的，效率的测试是在输出线的末端，即负载端测得的。

### 7.1 效率测试

#### 7.1.1 能源之星（CEC）对带载模式的效率要求

所有单路输出的电源适配器，包括那些同类产品，都必须满足国际能源之星（CEC）对最小平均效率和待机功耗的要求，平均效率的测量按产品名牌所标识的额定输出功率的 25%、50%、75%、100%下所测得。

如果电源适配器是单电压输入的（115VAC 或 230VAC），那测量时输入电压仅为它的额定输入电压（115VAC 或 230VAC），假如电源适配器为通用输入电压（85VAC-265VAC）的，只需要测量两个电压段的平均效率（115VAC 和 230VAC）。

#### 7.1.2 通用输入电压下平均效率的测量结果

输入电压	负载程度	输入功率(W)	输出电压(V)	输出电流(A)	效率	平均效率
115Vac	25%	1.688	5.09	0.25	75.3%	75.9%
	50%	3.36	5.12	0.5	76.1%	
	75%	5.133	5.23	0.75	76.4%	
	100%	6.99	5.31	1	75.9%	
230Vac	25%	1.71	5.1	0.25	74.5%	76.6%
	50%	3.36	5.11	0.5	76. %	
	75%	5.03	5.22	0.75	77.8%	
	100%	6.79	5.31	1	78.2%	

注：以上效率的测量是在负载线为 AWG20#，长度 1.0m，烧机 2 分钟后所测得。

## 7.2 待机功率

输入电压 VAC	90	115	230	265
输入功率 mW	27	28	45	60

注：能源之星（CEC）标准要求空载输入功率小于 0.1W（230VAC），实测 60 mW（230VAC）。

## 7.3 短路功率

输入电压 VAC	90	265
输入功率 mW	31	110

## 8. I-V 测试数据及曲线图

Vin=90V		Vin=115V		Vin=230V		Vin=265V	
Vo	Io	Vo	Io	Vo	Io	Vo	Io
5.1	0	5.1	0	5.1	0	5.09	0
5.05	0.1	5.05	0.1	5.06	0.1	5.05	0.1
5.09	0.2	5.09	0.2	5.1	0.2	5.1	0.2
5.13	0.3	5.12	0.3	5.13	0.3	5.13	0.3
5.16	0.4	5.16	0.4	5.16	0.4	5.16	0.4
5.14	0.5	5.13	0.5	5.13	0.5	5.13	0.5
5.18	0.6	5.19	0.6	5.17	0.6	5.17	0.6
5.22	0.7	5.23	0.7	5.22	0.7	5.21	0.7
5.27	0.8	5.27	0.8	5.27	0.8	5.26	0.8
5.31	0.9	5.32	0.9	5.31	0.9	5.31	0.9
5.32	1	5.33	1	5.33	1	5.33	1
5.3	1.1	5.32	1.1	5.33	1.1	5.33	1.1
4.88	1.11	4.88	1.11	4.88	1.111	4.88	1.111
4.5	1.145	4.5	1.45	4.5	1.145	4.5	1.145
4	1.12	4	1.12	4	1.145	4	1.145
3.5	1.12	3.5	1.12	3.5	1.145	3.5	1.145
3	1.12	3	1.12	3	1.145	3	1.145
2.5	1.12	2.5	1.12	2.5	1.145	2.5	1.145
2	1.12	2	1.12	2	1.145	2	1.145
1.8	1.12	1.8	1.12	1.8	1.145	1.8	1.145
0	0	0	0	0	0	0	0

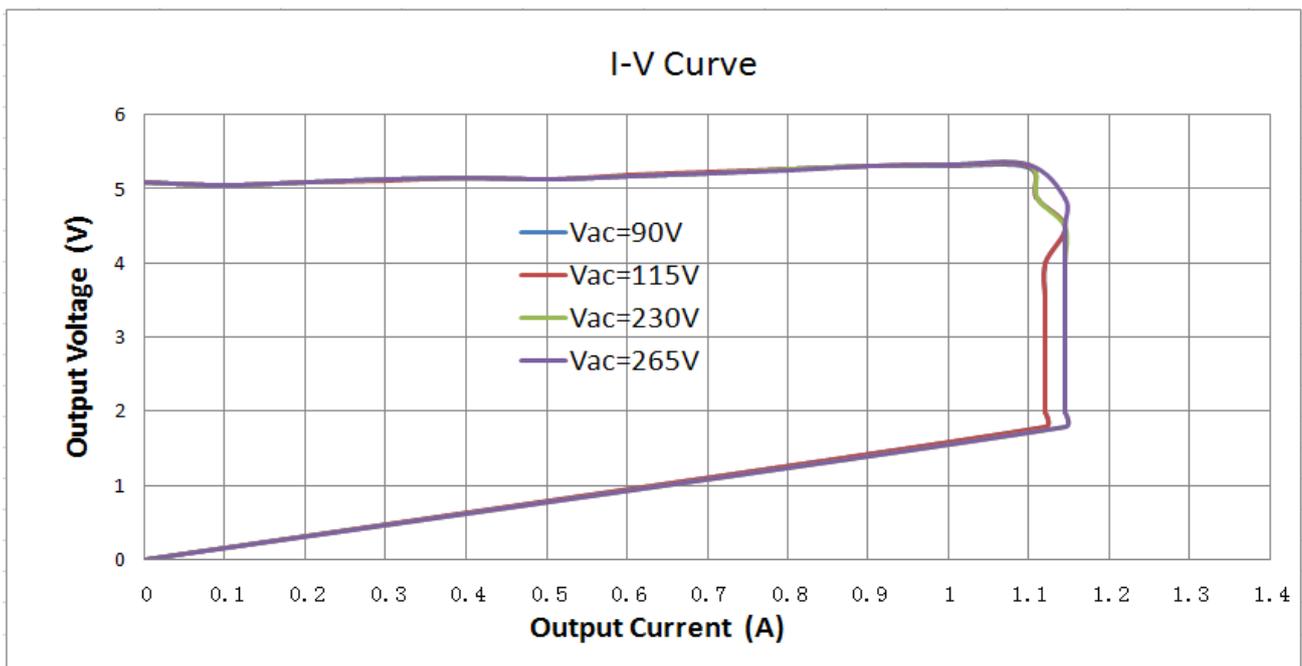


图 5 I-V Curve

## 9. 关键器件的波形图

### 9.1 IC1 正常工作时的漏极电压波形

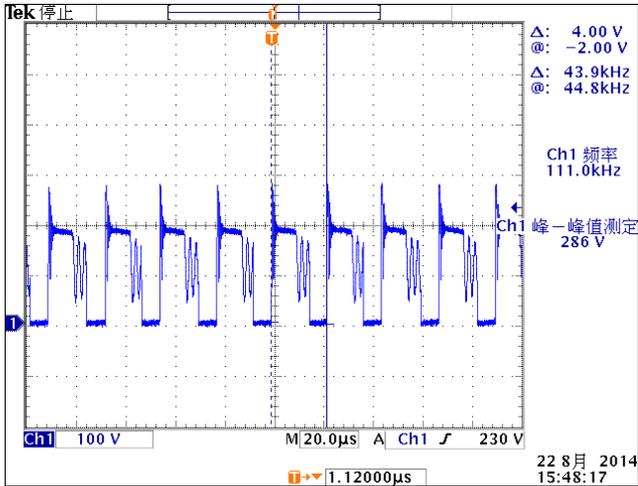


图 6 90VAC 满载

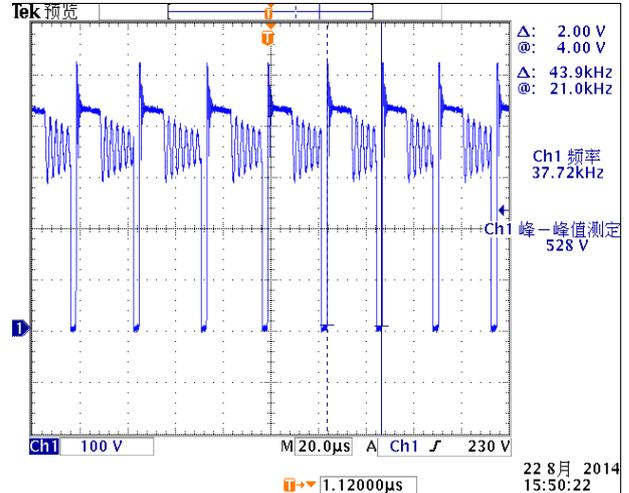


图 7 264VAC 满载

### 9.2 IC1 输出短路时的漏极电压波形

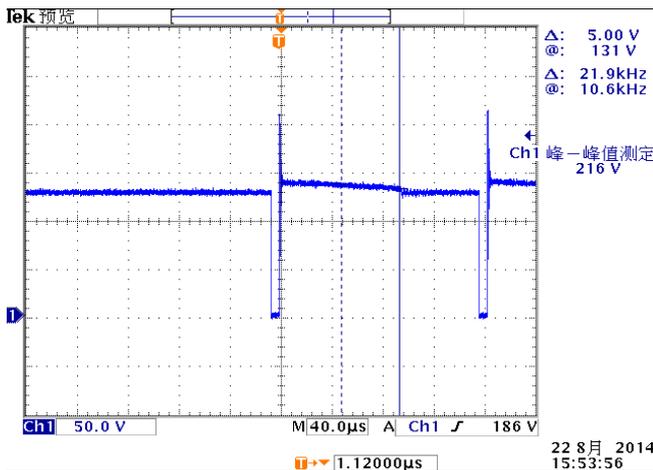


图 8 90V 输出短路

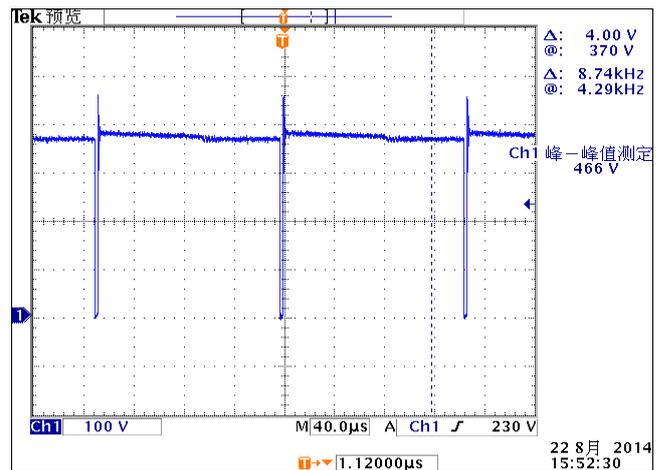


图 9 264V 输出短路

### 9.3 D7 正常工作时的电压波形

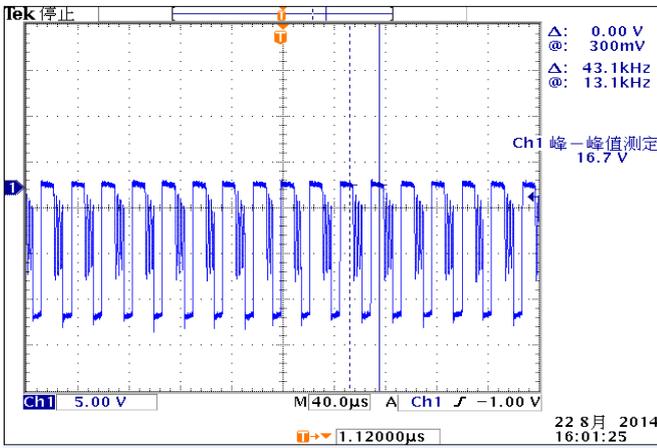


图10 90VAC 满载

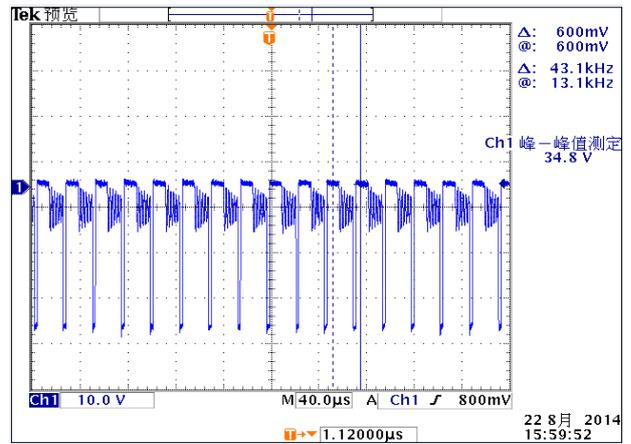


图11 264VAC 满载

### 9.4 D7 短路时的电压波形

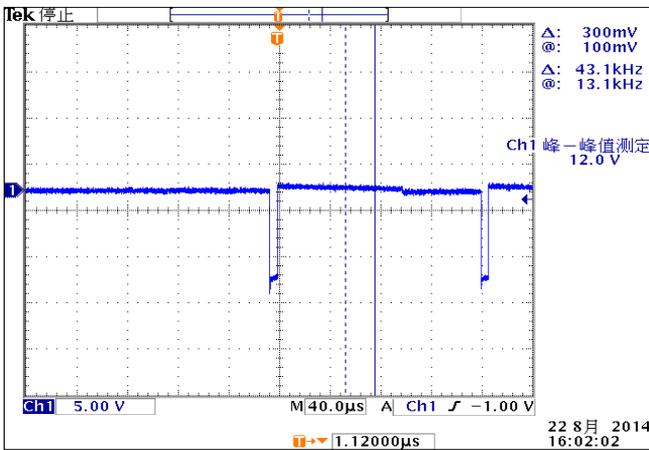


图12 90VAC 输出短路

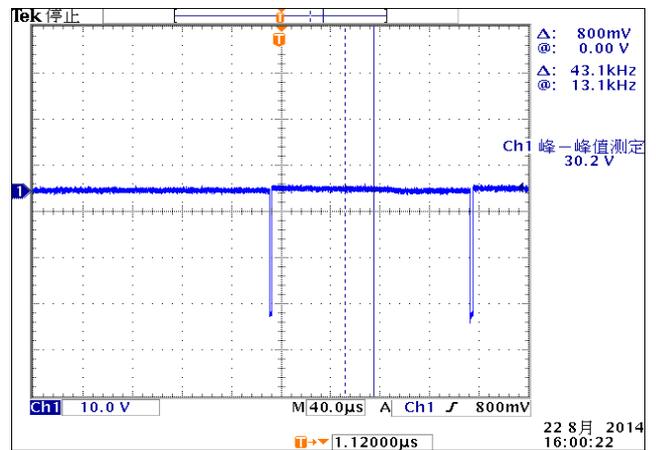


图13 264VAC 输出短路

## 9.5 启动延迟时间波形

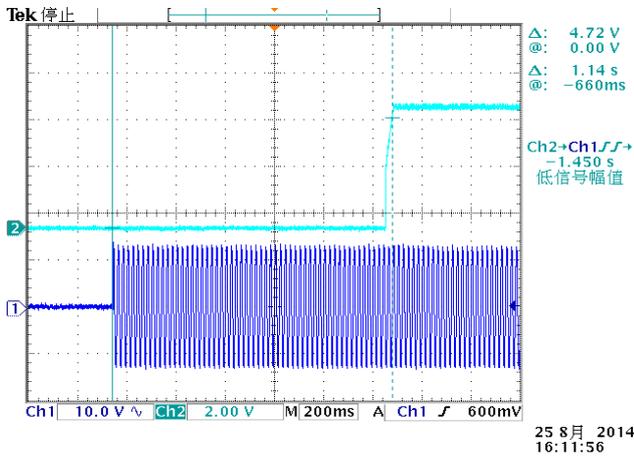


图 14 90VAC 满载启动

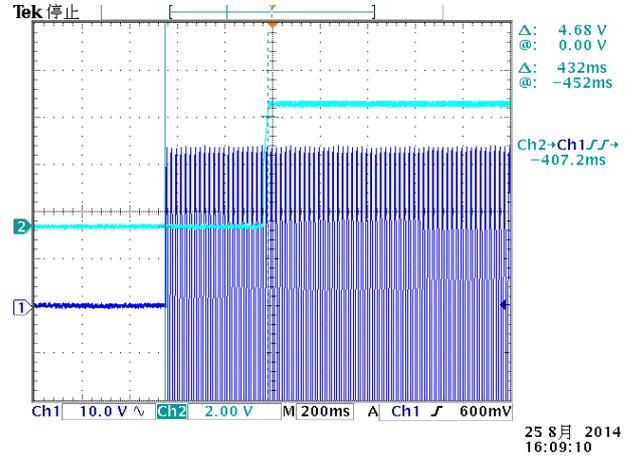


图 15 240VAC 满载启动

## 9.6 保持时间波形

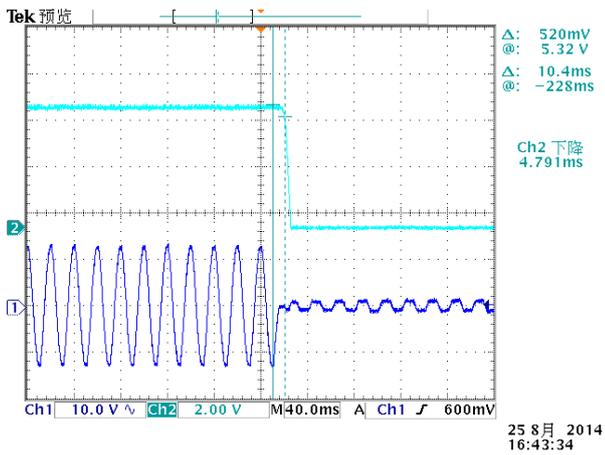


图 16 100VAC

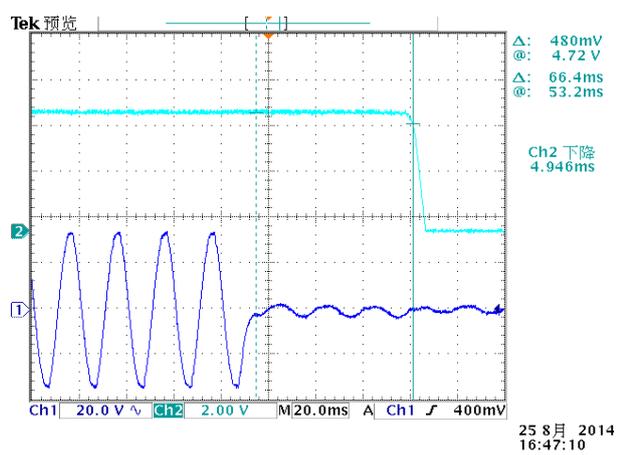


图 17 240VAC

## 9.7 负载动态响应测试波形

测试条件：当负载电流在满载时电流的 20%到 80%之间以 0.5A/us 的速率周期为 10mS 变化时，测到的相关波形

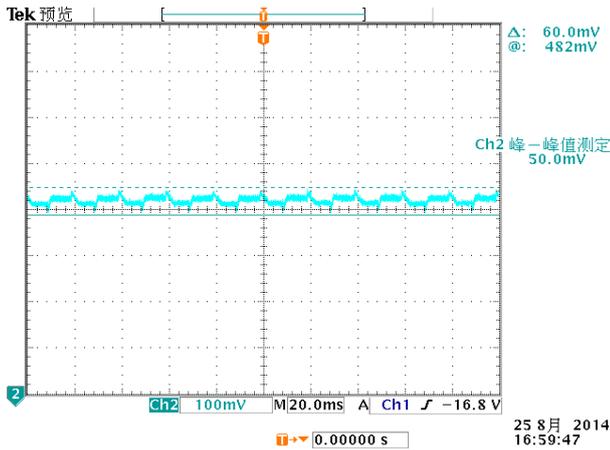


图 18 90VAC

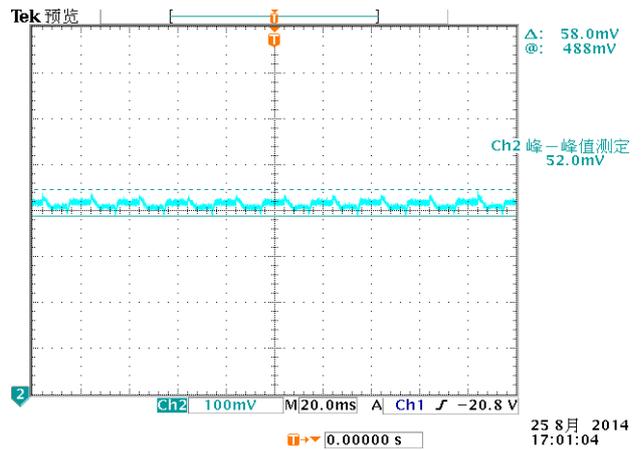


图 19 260VAC

## 9.8 输出纹波测试波形

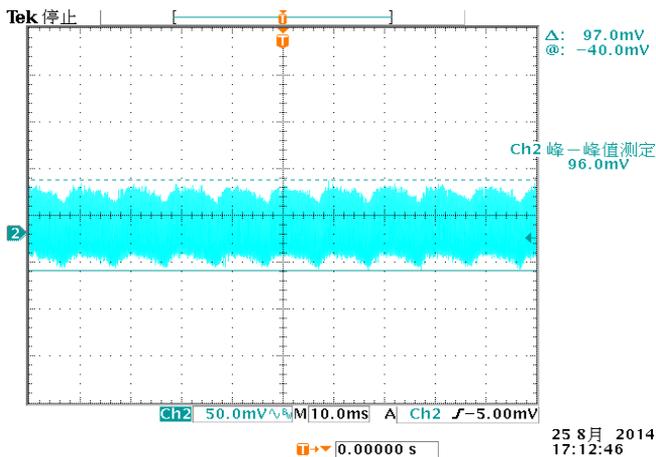


图 20 90VAC

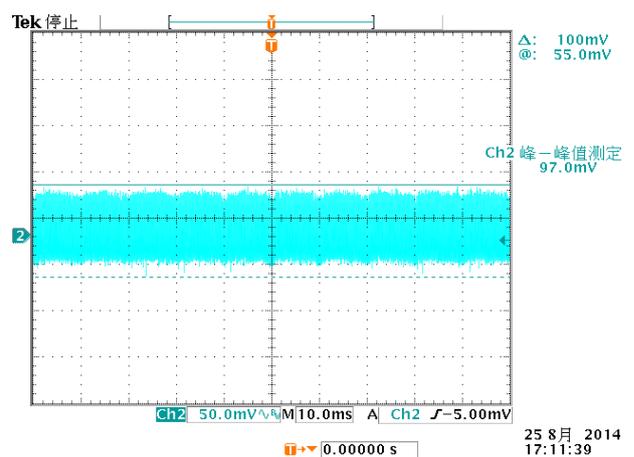


图 21 115VAC

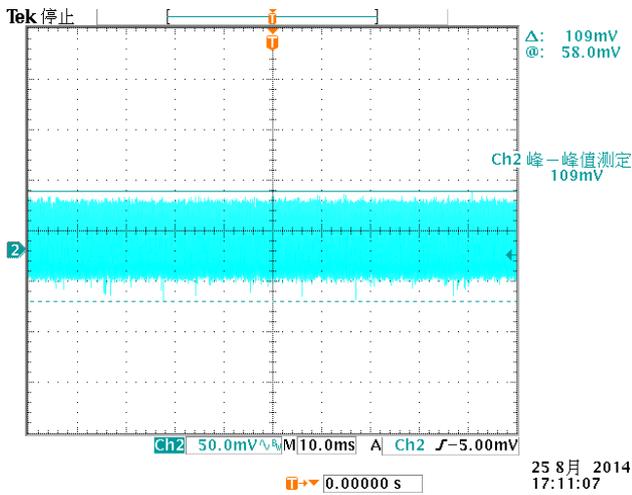


图 22 230VAC

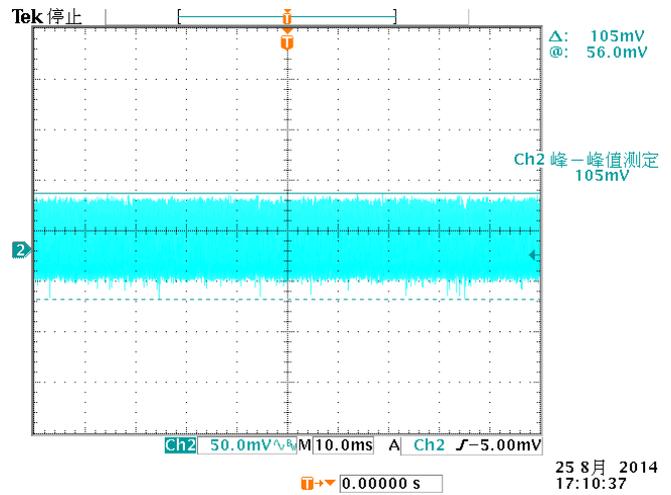


图 23 264VAC

注：测量纹波时在负载两端并接一个 10uF/50V 的电解电容和 0.1uF/50V 的陶瓷电容。

## 10. 测量仪器

仪器名称	仪器型号	仪器名称	仪器型号
示波器	TDS3012C	AC SOURCE	HY9905
电子负载	Chroma 63030		
功率计	PM6830A		

# 11. EMI 测试报告

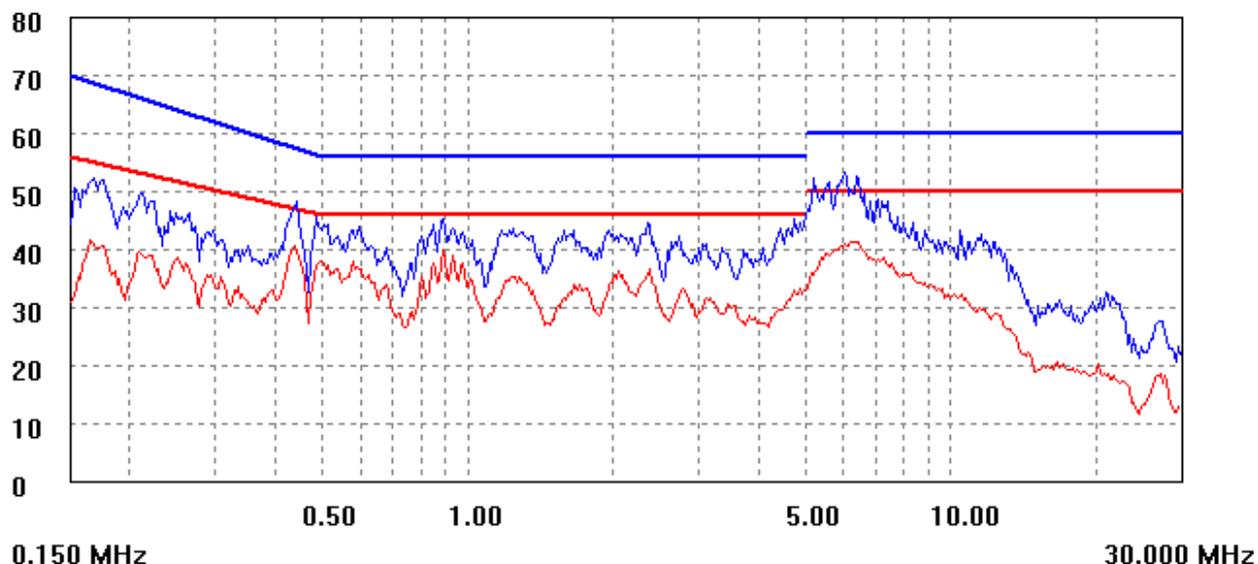
## 11.1 传导测试

### EMI TEST REPORT

Organization: 联德合	Operator:	EUT: 5V1A	parameter
Place:	Time: 2014/8/22/14:55		
Detector: PK+AV	Test-time(ms): 10		
Limit: EN55022B	Transducer: PK		
Remark: 5V1A传导测试无Y电容L线			

Start(MHz)	End(MHz)	Step(MHz)	freq, step
0.150	2.000	0.002	
2.000	10.000	0.010	
10.000	30.000	0.025	

dBuV scan result



				final test
<b>[QP]</b>	freq(MHz)	lev(dBuV)	Lim(dBuV)	$\Delta$ (lev-Lim)
	0.168	52.3	69.3	-17.0
	0.890	45.0	56.0	-11.0
	6.060	53.2	60.0	-6.8
<b>[AV]</b>	freq(MHz)	lev(dBuV)	Lim(dBuV)	$\Delta$ (lev-Lim)
	6.360	41.0	50.0	-9.0
	0.890	39.7	46.0	-6.3
	0.166	41.5	55.5	-14.1

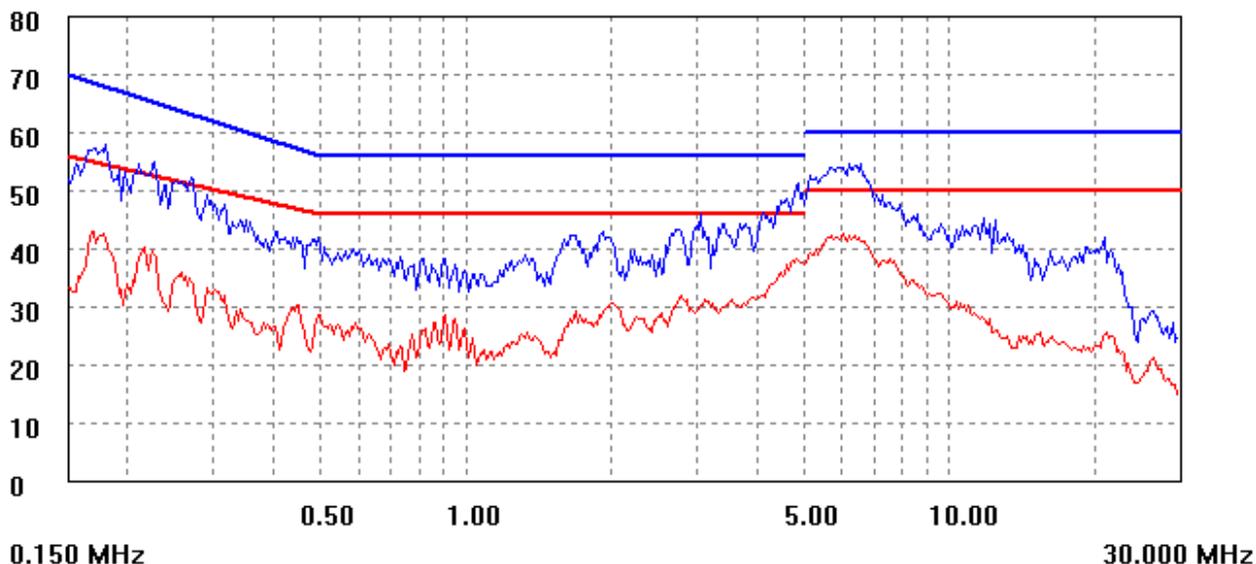
图 24 L 线

## EMI TEST REPORT

Organization: 联德合	Operator:	EUT: 5V1A <span style="color: red;">parameter</span>
Place:	Time: 2014/8/22/14:48	
Detector: PK+AV	Test-time(ms): 10	
Limit: EN55022B	Transductor: PK	
Remark: 5V1A传导测试无Y电容N线		

Start(MHz)	End(MHz)	Step(MHz) <span style="color: red;">freq, step</span>
0.150	2.000	0.002
2.000	10.000	0.010
10.000	30.000	0.025

dBuV scan result



<span style="color: red;">final test</span>				
<b>(QP)</b>	freq(MHz)	lev(dBuV)	Lim(dBuV)	Δ(lev-Lim)
	0.180	57.8	68.8	-11.0
	5.150	52.4	60.0	-7.6
	5.630	53.9	60.0	-6.1
	6.560	54.5	60.0	-5.5
<b>(AV)</b>	freq(MHz)	lev(dBuV)	Lim(dBuV)	Δ(lev-Lim)
	5.150	37.8	50.0	-12.2
	5.630	41.6	50.0	-8.4

图 25 N 线