

## 基于 ACT30B 的 12W 低成本电源适配器

### 基本特性

- PWM 控制的低成本 12W 电源适配器方案
- 85V 到 264V 宽电压交流输入
- 小于 0.3W 空载功率
- 短路打嗝式保护且自动恢复
- 满载效率大于 75%

### 电气规格

说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入					
电压		85		264	VAC
开关频率		47		64	Hz
空载功率	85-264VAC, 空载			0.3	W
输出					
电压		11.4	12.00	12.6	V
电流		1.0	1.00	2.6	A
功率		11.4	12	12.6	W
纹波电压		90	100	120	mVpp
效率	220 VAC, 满载	70	75	80	%
环境					
电磁兼容		CISPR22B/EN55022B			
安规		IEC950/UL1950			
雷击	差模			2	kV
静电	接触放电			8	kV
	空气放电			15	kV
环境温度	自然冷却对流	0		40	°C

## 内容目录

1. 介绍 .....	3
2. 样板图片 .....	3
3. 电路图 .....	4
4. 电路说明 .....	5
4.1. 输入和 EMI 滤波 .....	5
4.2. 初级电路 .....	5
4.3. PWM 控制电路 .....	5
4.4. 次级电路 .....	5
4.5. 反馈电路 .....	5
5. PCB 电路板设计 .....	7
6. 材料清单 .....	7
7. 变压器规格 .....	9
7.1. 示意图 .....	9
7.2. 装配表格 .....	9
7.3. 装配图 .....	9
7.4. 材料清单 .....	10
7.5. 电气规格 .....	10
8. 不同输出电压的设计 .....	10
9. 波形 .....	11
9.1. 集电极电压和电流 .....	11
9.2. 发射极电压和电流 .....	12
10. 功能测试 .....	13
10.1. 空载功率 .....	13
10.2. 效率 .....	13
10.3. 输入电压和负载调整率 .....	13
10.4. 纹波和噪声 .....	13
10.5. 开机和关机 .....	13
10.6. 恒流和限流 .....	13
10.7. 短路保护和释放 .....	14
10.8. 动态负载 .....	14
10.9. 输入欠压测试 .....	14
10.10. 拔插测试 .....	14
10.11. 烧机 .....	14
11. 电磁兼容测试 .....	15
11.1. 传导电磁干扰测试 .....	15
11.2. 辐射电磁干扰测试 .....	16
11.3. 雷击测试 .....	18
11.4. 静电测试 .....	18
12. 热特性测试数据 .....	18

## 1. 介绍

本文是一份用技领半导体公司 ACT30B 设计的 12W 低成本典型离线式反激开关电源适配器的应用报告。此应用是下一代低成本高性能全电压输入电源适配器的理想方案。本文内容包括样机照片、电路图、PCB 绘制图、材料清单、变压器文件和性能测试数据。

## 2. 样机照片

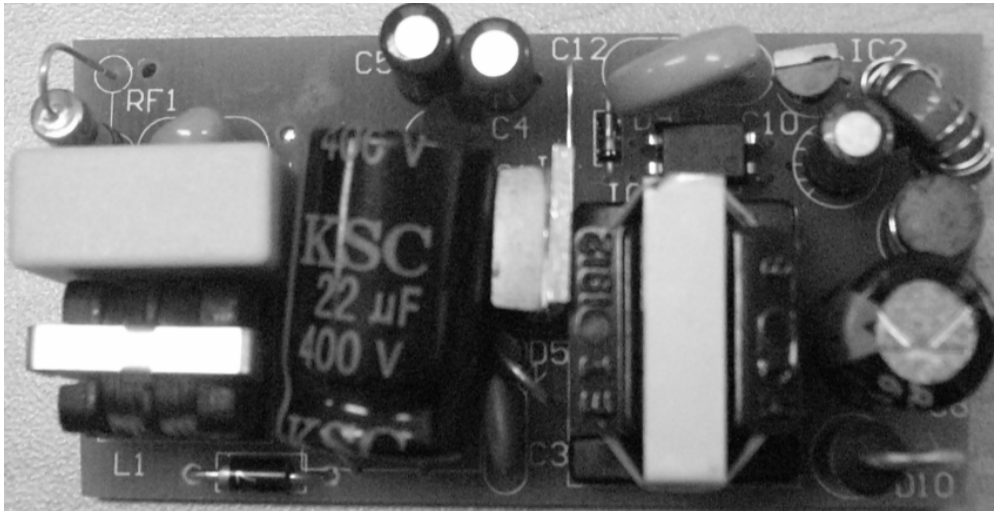


图 1, 正面(66mm x 34mm x 20mm)

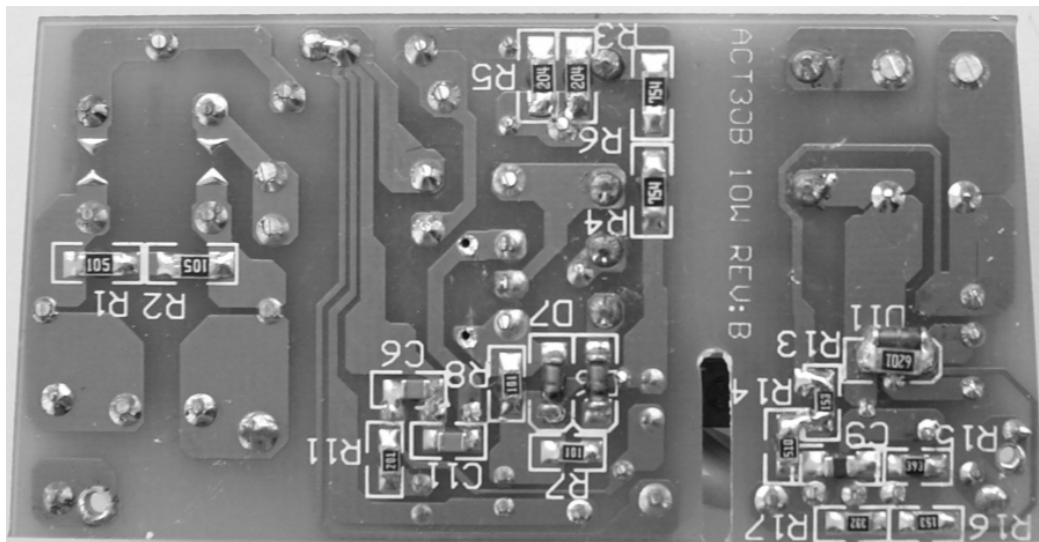


图 2, 背面(66mm x 34mm x 20mm)

3. 电路图

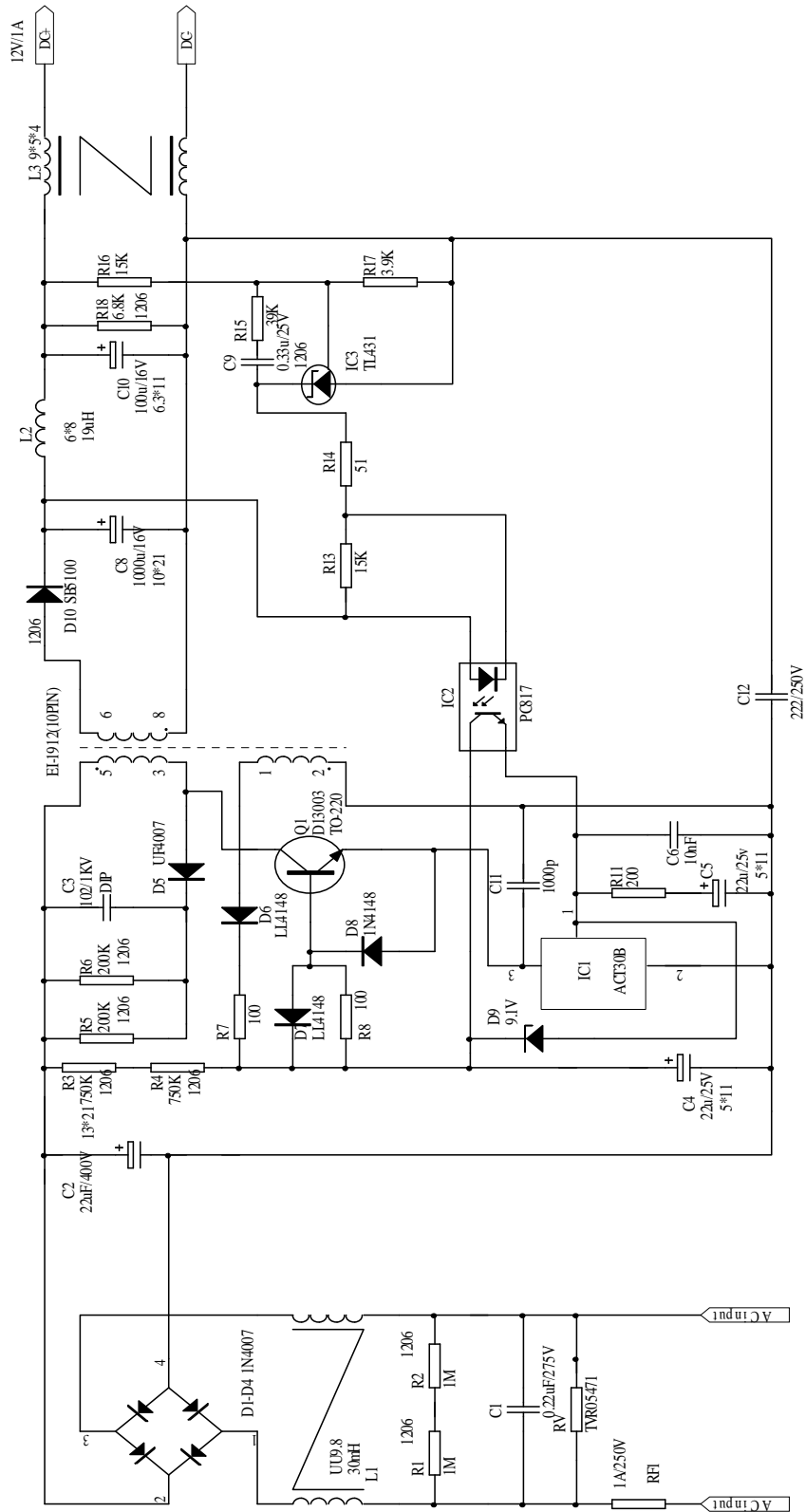


图 3, 电路示意图

## 4. 电路说明

### 4.1. 输入和 EMI 滤波器

此应用电路适用于全电压范围交流 85V~264V 输入。RF1 是输入过流保护的保险丝。压敏电阻 RV 和 R1 及 R2 用于吸收浪涌电压。电容 C1、C2 和电感 L1 组成 EMI 滤波器， 电解电容 C2 也为后面直流转直流开关电路提供能量存贮。

### 4.1. 初级电路

R3、R4 和 C4 组成启动电路。R3, R5、R6、C3 和 D5 组成缓冲吸收电路，用于消耗初级漏感在开关导通时存贮的能量。 R7, D6, C4 与 T1 的辅助绕组组成辅助电源提供给整个电路使用。稳压管 D9 吸收产生在 VDD 脚位上的过电压。 D7 和 R8 用于主开关三极管 Q1 的基极驱动控制，R8 的值可由下式进行估算： .

$$R8 \leq \frac{(V_{SW-OFF} - I_c * R_{on}) * \beta}{I_c}$$

$R_{on}$  是 ACT30B 内部开关导通电阻。  $\beta$  是开关三极管 Q1 的电流放大倍数。为了保证三极管的饱和导通， $I_c$  应该用最大电流值进行计算。例如， $V_{SW-OFF}$  即 SW 欠压点 IC 设定为 6.8V， $I_{cmax}$  设计为 0.8A， $R_{on}$  为 1.8Ω 并且  $\beta$  根据三极管的规格为 20，那么

$$R8 = \frac{(6.8 - 0.8 * 1.8) * 20}{0.8} = 134$$

考虑到反馈延时会引起  $I_{cmax}$  比设计大并且 IC 高温时导通电阻会增加，因此 R8 应该比上述估算值小一些，通常， 50 到 100Ω 的电阻值适合在这个电路使用。C11 吸收 Q1 关闭时的尖峰电压。

### 4.2. PWM 控制

PWM 脉冲信号是通过 ACT30B 的 3 脚输出的。ACT30B 是采用三极管或场效应管射极驱动峰值电流控制模式。应用在反激拓扑中，一个极低成本的 NPN 双极性三极管 13003 和 ACT30B 搭配使用很容易实现开关动作以及适合必需的耐压等安全要求。由于电流检测功能已经集成在 IC 内部故不需要外接检测电阻。IC 提供输出过流保护和欠压保护功能。

### 4.3. 次级电路

次级能量通过肖特基二极管 D10(SB5100)整流输出得到。C8 随着 LC 滤波器做能量缓冲电容， L2 和 C10 减少输出纹波电压。共模电感 L3 进一步减少共模干扰。

### 4.4. 反馈控制回路

典型的 TL431 和光耦 IC3 组成反馈控制电路部分。R16 和 R17 作为分压电阻器，输出电压通过分压电阻器检测到与 TL431 (IC3) 内在基准电压进行比较，TL431 的输出电压设计在 4.2V 较为合适。R15 和 C9 帮助改善动态负载时的瞬态响应。R14 提供最小偏置电流给 TL431。反馈补偿网络包括 R11、C5、C6，下面的关系式将帮助选择 R11、C5 和 C6 的合适值。补偿转移函数如下：

$$\frac{V_{fb}}{I_{fb}} = \frac{R_{11}C_5s + 1}{s(R_{11}C_5C_6s + C_6 + C_5)}$$

由于 C6 常常很小并且和交叉频率相比也仅仅只能帮助减少非常高频的增益，因此下面简化的代替公式将使用在指定的应用回路控制中。

$$\Delta G = \sqrt{\frac{1}{\omega^2 C_5^2} + R_{11}^2}$$

$$\Delta\Phi = \tan^{-1}(\omega R_{11} C_5)$$

很容易看出更小点的 C5 能得到一个更高的零位补偿点和更高的增益，更大点 R11 也能增加增益和得到更高的相补角。为了防止 VDD 脚位电压掉到 3.53 伏以下进入欠压保护，一个 22 微法的电解电容适合在此应用电路中。

## 5. PCB 绘制图

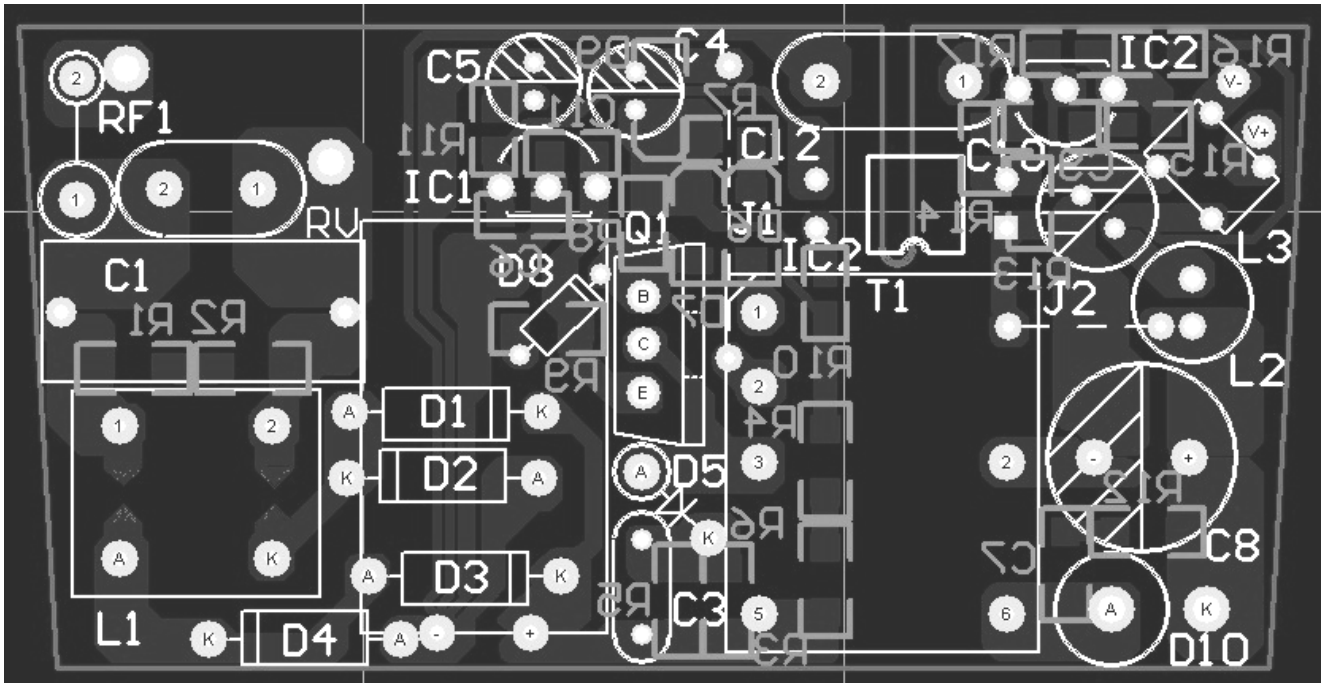


图 4, PCB 设计

## 6. 材料清单

序号	元件标号	描述	数量
1	R1,R2	1M ±5% 1206	2
2	R3,R4	750K ±5% 1206	2
3	R5,R6	200K ±5% 1206	2
4	R7,R8	100 ±5% 805	2
5	R11	200 ±5% 805	1
6	R10	22 ±5% 1206	1
7	R13	15K ±5% 805	1
8	R14	51 ±5% 805	1
9	R15	16K ±5% 805	1
10	R16	15K/470K ±1% 805	1
11	R17	3.9K ±1% 805	1
12	R9	2K ±5% 1206	1
13	C1	0.22uF/275V HQP224K275ISANY UTX	1
14	C2	AlCap 22uF/400V 105°C RD2G226M12025 SAMWHA	1
15	C3	102/1KV BM6102KH P=5 DIP POE	1
16	C4,C5	22uF/35V 105°C GL Series 5*11 Capxon	2
17	C11	103/25V Z/+80%-20% 805 POE	1
18	C6	103/25V Z/+80%-20% 805 POE	1
19	C7	471/50V Z/+80%-20% 1206 POE	1
20	C8	AlCap 1000uF/16V 105°C GL Series 12x20 Capxon	1
21	C9	CeraCap T0805R334KCT 0.33uF/50v 805 POE	1
22	C10	AlCap 100uF/16V 105°C GL Series 6.3*11 Capxon	1
23	C12	222M/250V P=7.5 Y DIP UTX	1
24	D1-D4	Recovery Rectifiers 1N4007 DO-41 Good-ark	4
25	D5	Efficiency Rectifiers UF-4007 DO-41 Gppd-ark	1
26	D6,D7	Switching Rectifiers LL4148 150mA/75V	2
27	D8	Switching Rectifiers 1N4148 150mA/75V DO-35 Good-ark	1
28	D9	Diode Zener B0.5W/9.1V DO-35Glass Good-ark	1
29	D10	Schottky Diode SB5100 DO-201AD Good-ark	1
30	Q1	NPN D13003S TO-220 Hua Wei	1
31	IC1	ACT30B DO-92 Active	1
32	IC2	EL817C DIP-4 USE	1
33	IC3	TL431 DO-92 USE	1
34	RF1	ICP 1A/250V 华德	1
35	RV	TVR05471 P=5 TKS	1
36	T1	EI-1912(12V/1A)	1
37	L1	UU-9.8(∅0.2 135T 28mH)	1
38	L2	RH6*8(∅0.35 25T 19uH)	1
39	L3	T9*5*4	1



## 7. 变压器规格

### 7.1. 示意图

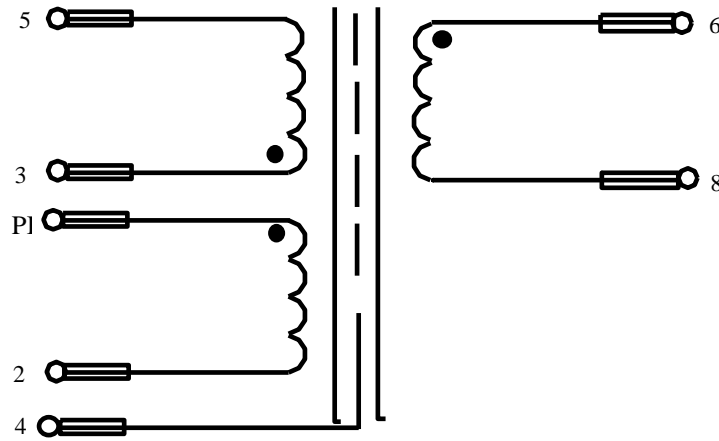


图 5, 变压器示意图

### 7.1. 装配表格

绕组	接线端		圈数	铜线			绝缘		挡边	
	开始	结束		类型	尺寸*数量		开始	结束	初侧	次侧
SH1	5	open	17	2UEW	0.15Φ*3	1	25u/9.5mm	2	NC	NC
P1	3	5	120	2UEW	0.2Φ*1	4	25u/9.5mm	2	NC	NC
S1	6	8	20	TEX	0.5Φ*1	2	25u/9.5mm	2	1.5mm	NC
SH2	2	open	16	2UEW	0.15Φ*3	1	25u/9.5mm	2	NC	NC
P2	1	2	21	2UEW	0.15Φ*1	1	25u/9.5mm	3	NC	NC
					磁芯固定	1	25u/5.0mm	3	NC	NC

注意：SH1 & SH2 是屏蔽层，P1 & P2 是初级和 S1 是次级。

### 7.2. 装配图

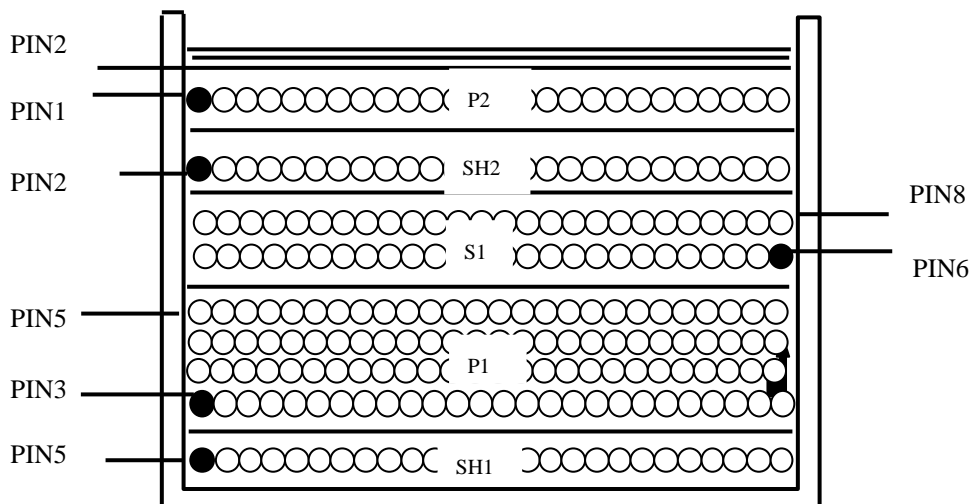


图 6, 变压器装配图

注意：

### 7.3. 材料清单

序号	描述
1	线架, EE19, 立式, 5 pin x5 pin
2	磁芯, EE19, PC40
3	铜线, 2UEW, 0.15 $\Phi$
4	铜线, 2UEW, 0.20 $\Phi$
5	铜线, TEX-E, 0.5 $\Phi$
6	胶带, 25 $\mu$ /9.mm

### 7.4. 电气规格

序号	描述	条件	限值
1	电气绝缘强度	60Hz, 1 分钟, pins 3-5 到 pins 6-8	3000 Vac
2	初级 P1 电感	Pin3 到 5 电感量, 在 1Vac & 10kHz	1.2mH $\pm$ 0.06mH
3	初级 P1 漏感	Pin3 和 Pin5 电感量, Pin1、2 和 Pin6、8 分别短路	100 $\mu$ H

## 8. 不同输出电压的设计

Vo	Io	T1			D10	C8	L2	C10	L3
		P1/LP1	S1	P2					NL3/L3
5V	1A	120/1.2mH	9	21	2A/60V	1000u/10V	19uH	100U/10V	200uH
12V	0.42A	120/1.2mH	20	21	2A/100V	1000u/16V	19uH	100U/25V	200uH
24V	0.21A	120/1.2mH	24	21	2A/200V	470u/35V	19uH	47U/35V	200uH

## 9. 波形

### 9.1. 集电极电压和电流

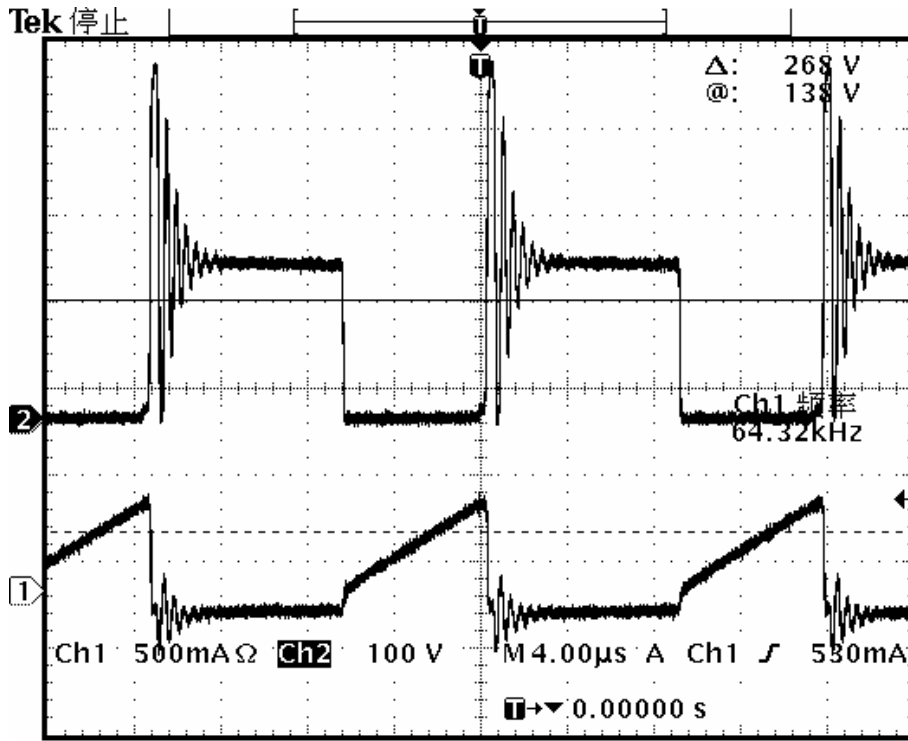


图 7, 85V 满载(Ch2:Vc, Ch1:Ic)

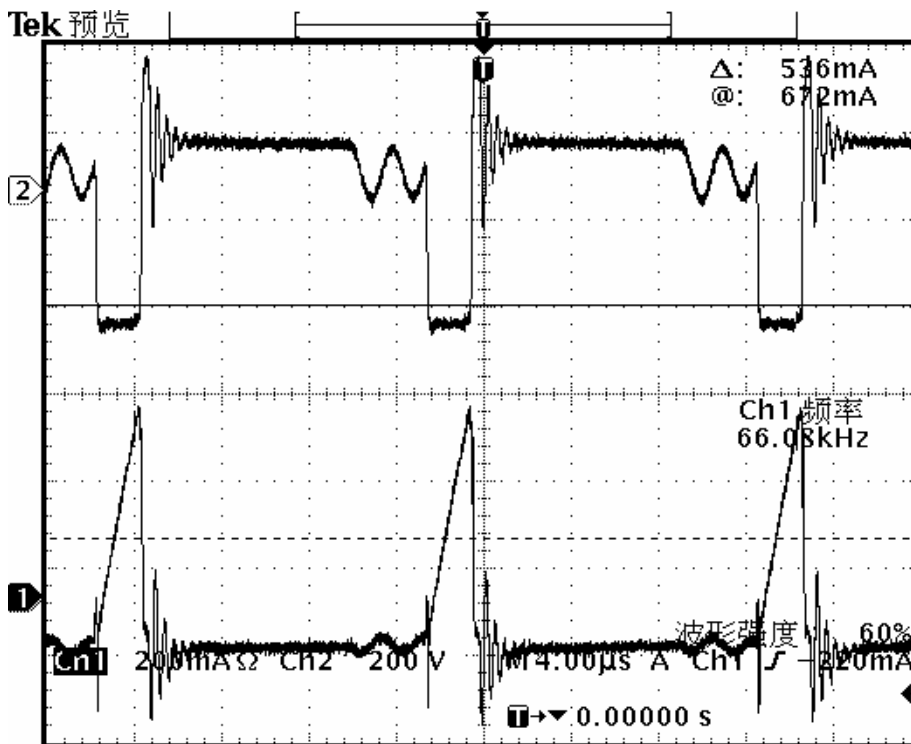


图 8, 264 V 满载 (Ch2:Vc, Ch1:Ic)

9.2. 发射极电压和电流

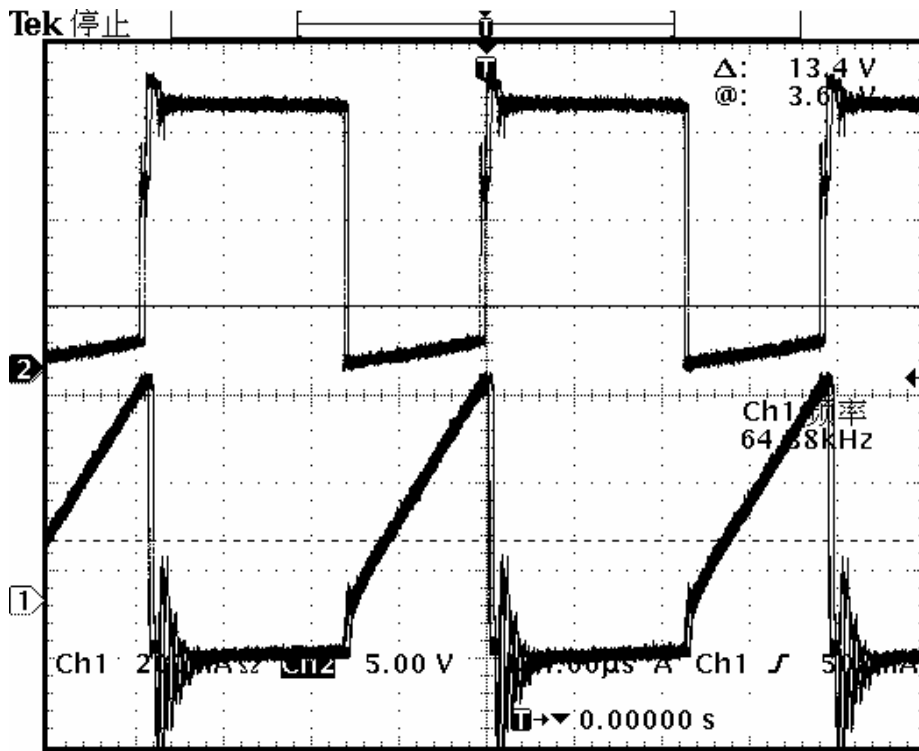


图 9, 85V 满载(Ch2:Ve, Ch1:Ic)

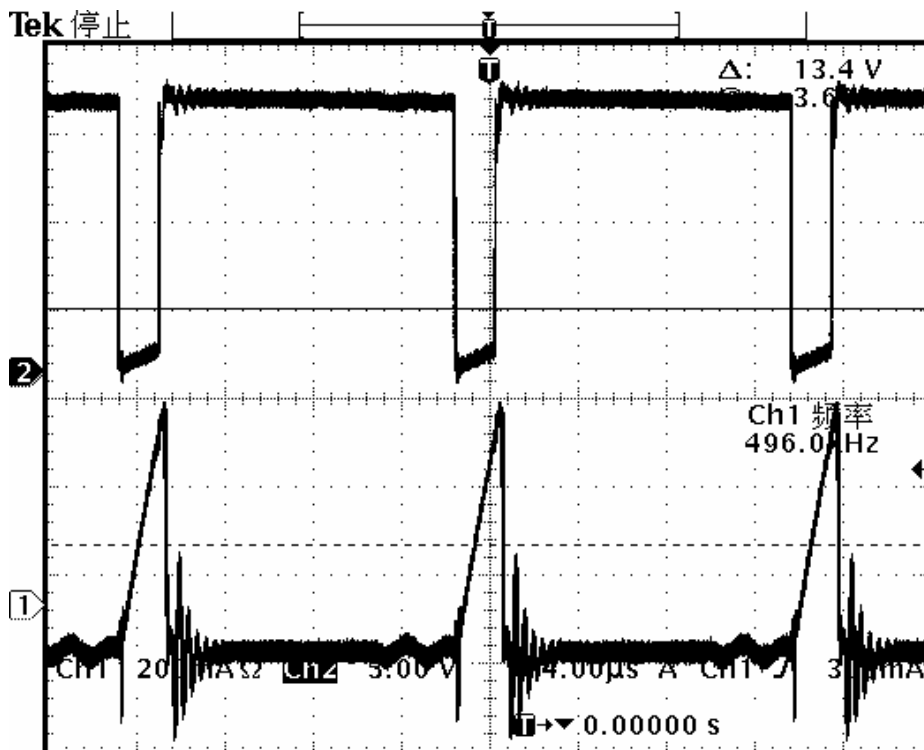


图 10, 264V 满载(Ch2:Ve, Ch1:Ic)

## 10. 功能测试

### 10.1. 待机功耗

测试条件	85 V <sub>AC</sub> (W)	110 V <sub>AC</sub> (W)	220V <sub>AC</sub> (W)	264 V <sub>AC</sub> (W)	绿色环保限值 (W)
0% P <sub>o</sub> =0W	0.15	0.15	0.17	0.22	0.30

### 10.1. 效率

V <sub>IN</sub> (V <sub>AC</sub> )	25% P <sub>o</sub> (3.0W)	50% P <sub>o</sub> (6.0W)	75% P <sub>o</sub> (9.0W)	100% P <sub>o</sub> (12.0W)	平均效率	CEC 要求
110	73%	76%	77%	77%	75.75%	>64%
220	76%	80%	81%	82%	79.75%	>64%

### 10.2. 输入电压和负载调整率

V <sub>IN</sub> (V <sub>AC</sub> )	0% P <sub>o</sub> (0W)	25% P <sub>o</sub> (3.0W)	50% P <sub>o</sub> (6.0W)	75% P <sub>o</sub> (9.0W)	100% P <sub>o</sub> (12W)	电压限值 (V)
85	12.26	12.22	12.18	12.14	12.09	12.4-12.6
110	12.25	12.21	12.18	12.15	12.12	12.4-12.6
220	12.25	12.21	12.18	12.15	12.12	12.4-12.6
264	12.25	12.21	12.18	12.15	12.11	12.4-12.6

### 10.3. 纹波和噪声

V <sub>IN</sub> (V <sub>AC</sub> )	0% P <sub>o</sub> (0W)	50% P <sub>o</sub> (6.0W)	100% P <sub>o</sub> (12W)	纹波限值(mV)
85	28	46	116	<120
110	32	67	82	<120
220	26	78	96	<120
264	29	80	100	<120

### 10.4. 开机和关机

开机	延时 (sec)	过冲 (mV)
85 V <sub>AC</sub> , 0% P <sub>o</sub> =0W	1.9	0
85 V <sub>AC</sub> , 100% P <sub>o</sub> =12W	2.0	0
264 V <sub>AC</sub> , 0% P <sub>o</sub> =0W	1.0	0
264 V <sub>AC</sub> , 100% P <sub>o</sub> =12W	1.1	0

关机	通过/不通过	要求
85 V <sub>AC</sub> , 100% P <sub>o</sub> =12W	通过	无重启平稳减少
264 V <sub>AC</sub> , 100% P <sub>o</sub> =12W	通过	无重启平稳减少

### 10.5. 恒流和过流

测试条件	85 V <sub>AC</sub> (mA)	110 V <sub>AC</sub> (mA)	220V <sub>AC</sub> (mA)	264 V <sub>AC</sub> (mA)	电流限制 (mA)
90% V <sub>o</sub>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
80% V <sub>o</sub>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
70% V <sub>o</sub>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
60% V <sub>o</sub>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
50% V <sub>o</sub>	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

### 10.6. 短路保护与释放

输入电压	85 V <sub>AC</sub>	110 V <sub>AC</sub>	220V <sub>AC</sub>	264 V <sub>AC</sub>	功率限制
Pin (W)	0.37	0.45	1.62	2.45	4.0
释放	延时 (mS)	过冲 (mV)			
85 V <sub>AC</sub> , 0% Po=0W	0	0			
85 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	0	0			
264 V <sub>AC</sub> , 0% Po=0W	0	0			
264 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	0	0			

### 10.7. 动态响应

测试条件	下冲(mV)	过冲(mV)
110V <sub>AC</sub> , 0%-100% load	7800	0
110V <sub>AC</sub> , 50% -100% Load	1520	0
220V <sub>AC</sub> , 0%-100% load	6600	0
220V <sub>AC</sub> , 50% -100% Load	1280	0

### 10.8. 输入欠压测试

测试条件	Pin (W)	Vo (V)	注释
85 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	16.02	12.12	
80 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	16.13	12.08	
75 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	17.13	12.02	
70 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	N/A	N/A	
65 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	N/A	N/A	
60 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	N/A	N/A	
55 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	N/A	N/A	
50 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	N/A	N/A	

### 10.9. 拔插测试

测试条件	通过/不通过	测试限值 (cycles)
<b>85 V<sub>AC</sub>, 100% Po=12W</b>	通过	<b>10,000</b>
<b>264 V<sub>AC</sub>, 100% Po=12W</b>	通过	<b>10,000</b>

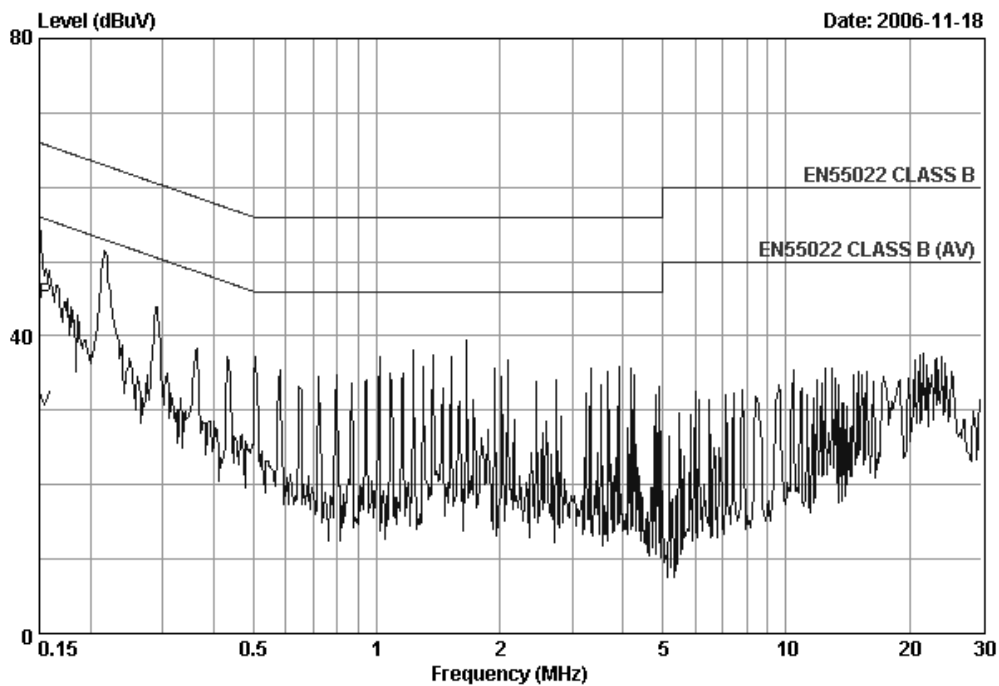
### 10.10. 老化测试

测试条件	通过/不通过	老化温度 (°C)	老化时间(hour)
220 V <sub>AC</sub> , 100% Po=12W	通过	40	4.0

## 11. 电磁兼容测试

### 11.1. 传导 EMI

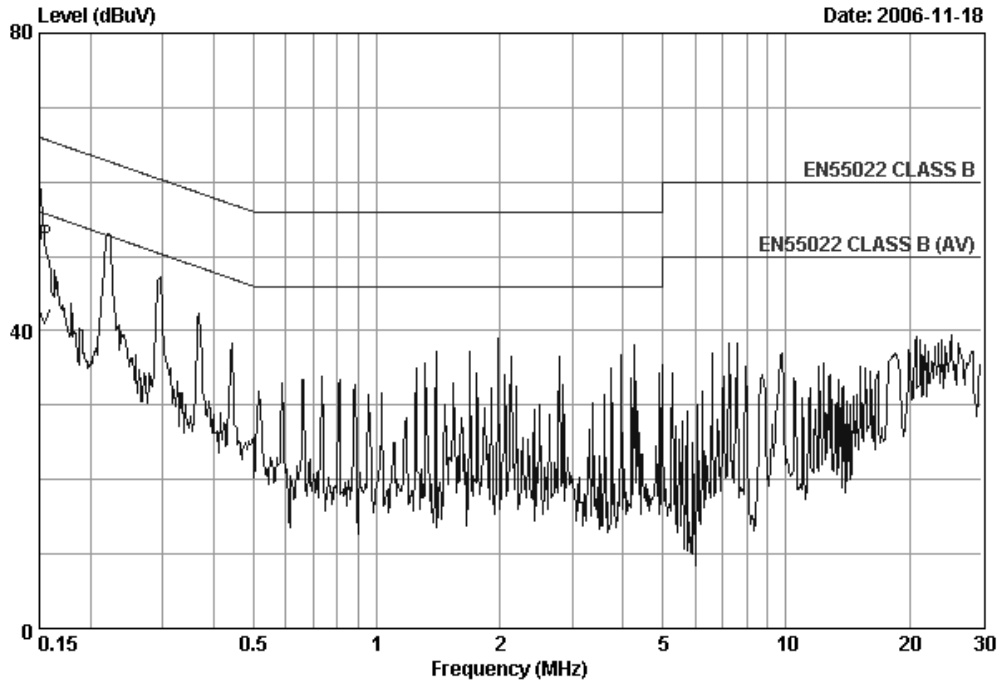
条件	结构	裕量(dB)	通过/不通过	测试限值
220 V <sub>AC</sub> ,100%P <sub>o</sub> =12W	火线—准峰值	-21.65	通过	-6dB to CISPR22B
220 V <sub>AC</sub> ,100%P <sub>o</sub> =12W	火线—平均值	-26.65	通过	-6dB to CISPR22B
220 V <sub>AC</sub> ,100%P <sub>o</sub> =12W	零线—准峰值	-14.45	通过	-6dB to CISPR22B
220 V <sub>AC</sub> ,100%P <sub>o</sub> =12W	零线—平均值	-15.95	通过	-6dB to CISPR22B



Site : Audix ACI(Conducted Emission)  
 Condition : EN55022 CLASS B NNLK 8129-2006.10.13 LINE  
 Project No. :  
 Applicant : ACTIVE  
 EUT : Adpter  
 M/N : ACT30B 12V1A  
 S/N : 1#  
 Power Supply : 230V/50Hz  
 Ambient : 28'C 60%RH  
 Test line : L  
 Test Mode : Full load  
 Test Engineer : Ken  
 MEMO : NO JITTER

	Freq	Level	Over	Limit	Read	LISN	Cable	Remark
	MHz	dBuV	Limit	Line	Level	Factor	Loss	
			dB	dBuV	dBuV	dB	dB	
1	0.15	44.35	-21.65	66.00	44.30	0.05	0.04	QP
2	0.15	29.75	-26.25	56.00	29.70	0.05	0.04	Average

图 11, 传导 EMI, 火线



Site : Audix ACI(Conducted Emission)  
 Condition : EN55022 CLASS B NNLK 8129-2006.10.13 NEUTRAL  
 Project No. :  
 Applicant : ACTIVE  
 EUT : Adpter  
 M/N : ACT30B 12V1A  
 S/N : 1#  
 Power Supply : 230V/50Hz  
 Ambient : 28°C 60%RH  
 Test line : N  
 Test Mode : Full load  
 Test Engineer : Ken  
 MEMO : NO JITTER

	Freq	Level	Over Limit	Limit Line	Read Level	Factor	LISN Factor	Cable Loss	Remark
	MHz	dBuV	dB	dBuV	dBuV	dB	dB	dB	
1	0.15	51.55	-14.45	66.00	51.50	0.05	0.04	0.01	QP
2	0.15	40.05	-15.95	56.00	40.00	0.05	0.04	0.01	Average

图 12, 传导 EMI, 零线

11.2. 辐射 EMI

测试条件	结构	裕量(dB)	通过/不通过	测试限值
220 V <sub>AC</sub> , 100% P <sub>o</sub> =12W	垂直	-10	通过	-6dB 裕量
220 V <sub>AC</sub> , 100% P <sub>o</sub> =12W	水平	-9.5	通过	-6dB 裕量



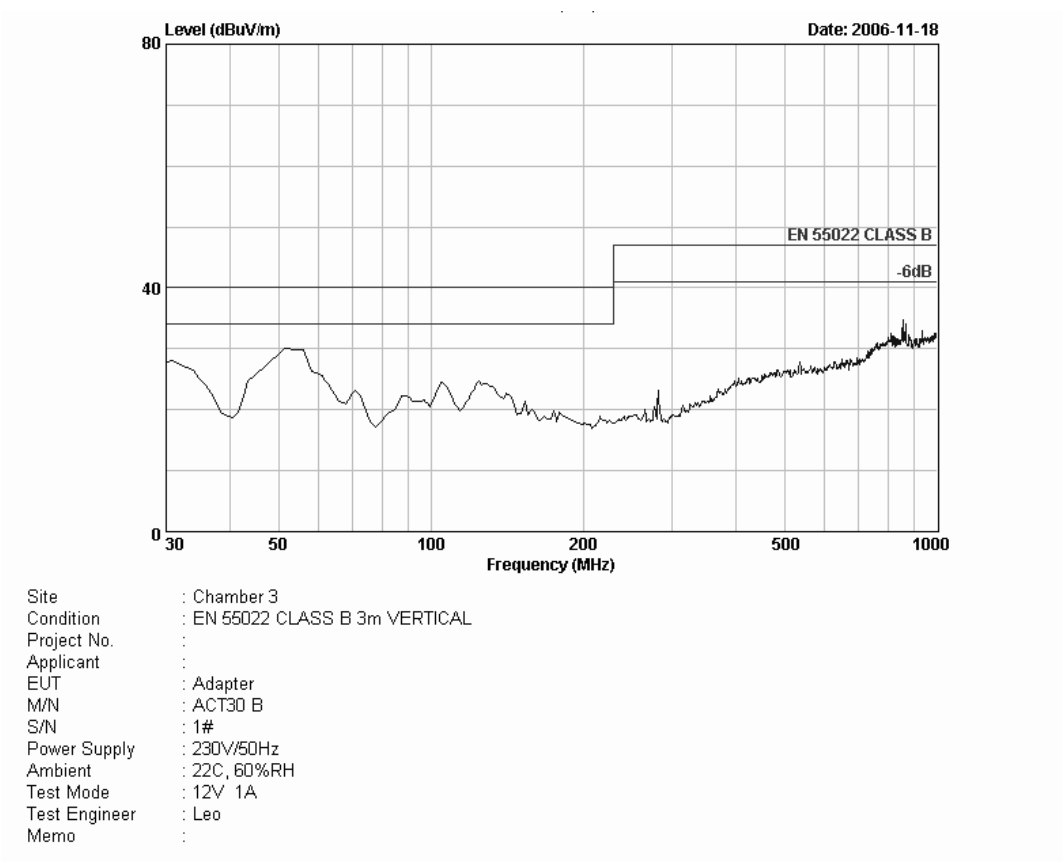


图 13, 辐射 EMI, 垂直

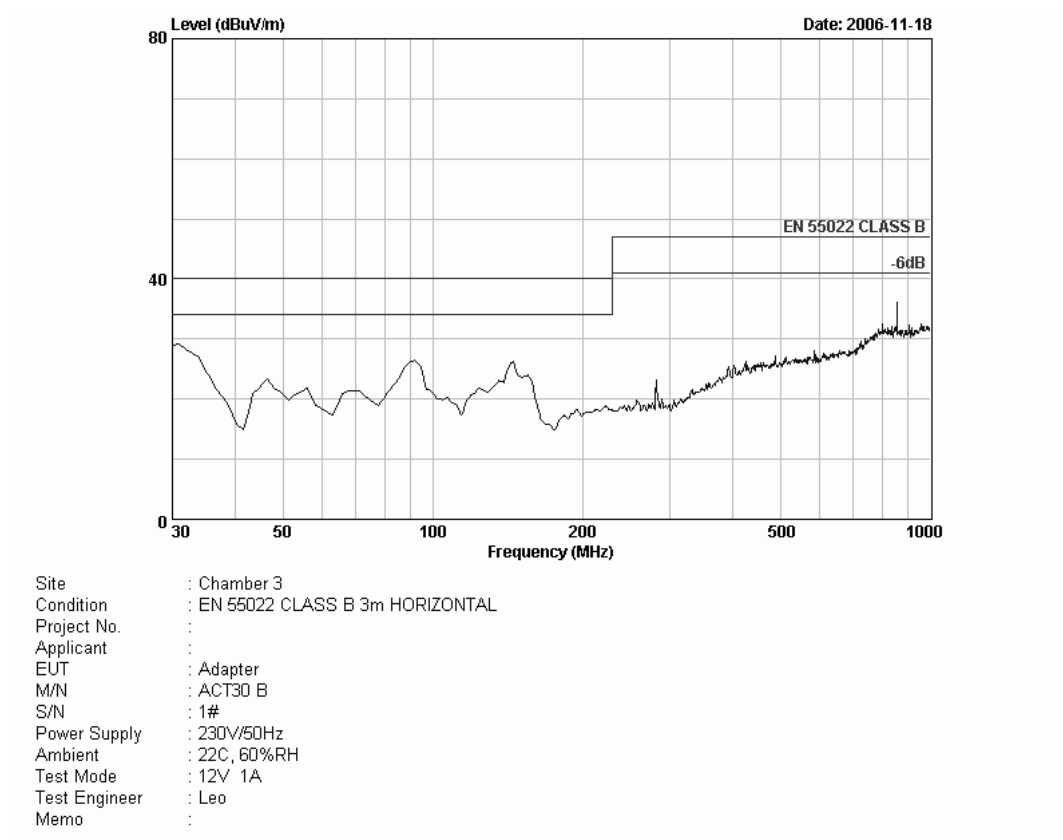


图 14, 辐射 EMI, 水平

**11.3. 雷击测试**

测试条件	测试方法	通过/不通过	测试限值
<b>220 V<sub>AC</sub>, 100%Po=12W</b>	火线——零线	通过	<b>2.5kV</b>
<b>220 V<sub>AC</sub>, 100%Po=12W</b>	火线——地线	N/A	<b>2.5kV</b>
<b>220 V<sub>AC</sub>, 100%Po=12W</b>	零线——地线	N/A	<b>2.5kV</b>

**11.4. 静电测试**

测试条件	测试方法	通过/不通过	测试限值
<b>220 V<sub>AC</sub>, 100%Po=12W</b>	接触放电	通过	<b>8kV</b>
<b>220 V<sub>AC</sub>, 100%Po=12W</b>	空气放电	通过	<b>15kV</b>

**12. 热特性数据测试**

元件标号	描述	<b>85 V<sub>AC</sub>, 100% Po=12W, 25° C</b>	<b>264 V<sub>AC</sub>, 100% Po=12W, 25° C</b>
Q1	D13003S TO-220	110	105
IC1	ACT30B	68	63
T1	EI-1912(12V/1A)	93	92
D10	SB5100 DO-201AD	95	96
L1	UU-9.8 28mH	92	85
L2	RH6*8 19uH	82	78
C8	1000uF/16V	76	78