

Design Example Report

Chipown

| | |
|------|--|
| 标题 | 基于 PN8370 的 5V2.4A 电源方案 |
| 规格 | 输入电压：90~265Vac 输出功率：12.0W 输出特性：5.0V/2.4A |
| 应用范围 | 充电器、适配器 |
| 文件编号 | DER-8370-15-P027 |
| 编写时间 | 2015-05-23 |
| 编写部门 | 应用二部 |
| 版本号 | V1.0 |

特性概述：

- 输入电压：90~265Vac；
- 输出功率：12.0W(Typical)；
- 待机功耗：<50mW($V_{in}=230Vac$)；
- 输出短路保护、输出过流保护，VDD 过压保护，FB 分压电阻开路、短路保护，电流侦测电阻 Rcs 短路保护，过温保护；
- 平均效率：≥79.94% (六级能效要求)；

内容目录

| | |
|------------------------|----|
| 1. 电源介绍..... | 2 |
| 2. 电源规格明细..... | 2 |
| 3. 电源原理图..... | 3 |
| 4. 电路描述..... | 3 |
| 5. 元件清单..... | 4 |
| 6. 变压器规格..... | 5 |
| 7. 电源输入输出情况和工作波形 | 7 |
| 8. EMC 测试 | 16 |
| 9. 附录..... | 20 |

Design Example Report

Chipown

1. 电源介绍

该报告提供了基于 PN8370 的 5.0V/2.4A 充电器方案资料。

包含原理图、电源输入输出规格、BOM 清单、变压器参数、主要性能测试数据等。

以下为该电源的实物图片：



备注：此系统版和我司 PN8360 的 5V/2.4A 系统板共用同一套 PCB；

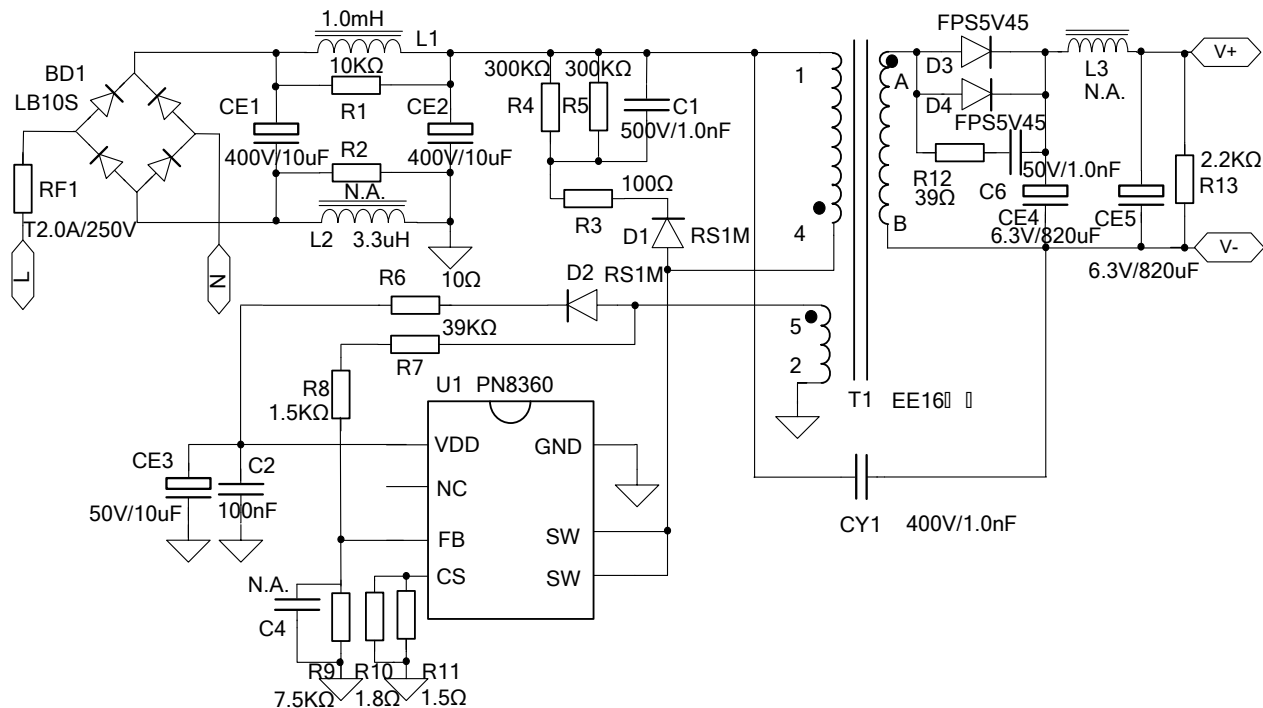
2. 电源规格明细

| 项目描述 | 标号 | Min | Typ | Max | Unit | 备注 |
|------|------|-------|------|-----|------|-------|
| 输入 | Vin | 90 | 230 | 265 | V | |
| 输出 | Vo | | 5.0 | | V | |
| | Io | | 2.4 | | A | |
| 输出功率 | Pout | | 12.0 | | W | |
| 待机功耗 | Pin | | | 50 | mW | Io=0A |
| 平均效率 | Eff | 79.94 | | | % | 板端 |
| 工作环境 | Tamb | 0 | 25 | 40 | °C | 外部环境 |

Design Example Report

Chipown

3. 电源原理图



Note: 具体参数以 BOM 为准

4. 电路描述

电路图中R7、R8、R9为反馈分压电阻，C3起到环路补偿的作用；

D1、R3、R4、R5、C1 组成 RCD 箝位电路，用于吸收功率 MOSFET（集成于 PN8370 内部）漏源端尖峰电压，可以视情况予以减轻；

PN8370 内置高压启动功能，可以在 200ms 以内完全启动；

PN8370 本体温度太高时，其内置的 OTP 保护功能会及时动作，关闭 IC，以保护整个系统，温度下降之后在自动重启；

电路具有输出短路保护，输出过流保护，开环保护，VDD 过压保护等功能，以提高整个系统的可靠性；

当连接到反馈脚 FB 的分压电阻开路或短路时，系统都会进入保护状态；

当 CS 脚短路（或 Rcs 短路）时系统会发生保护并进入 Latch 状态，以确保系统不会被损坏；

CE1, L1, L2, CE2 组成 π 性滤波，以改善 EMI 性能；

Design Example Report

Chipown

5. 元件清单

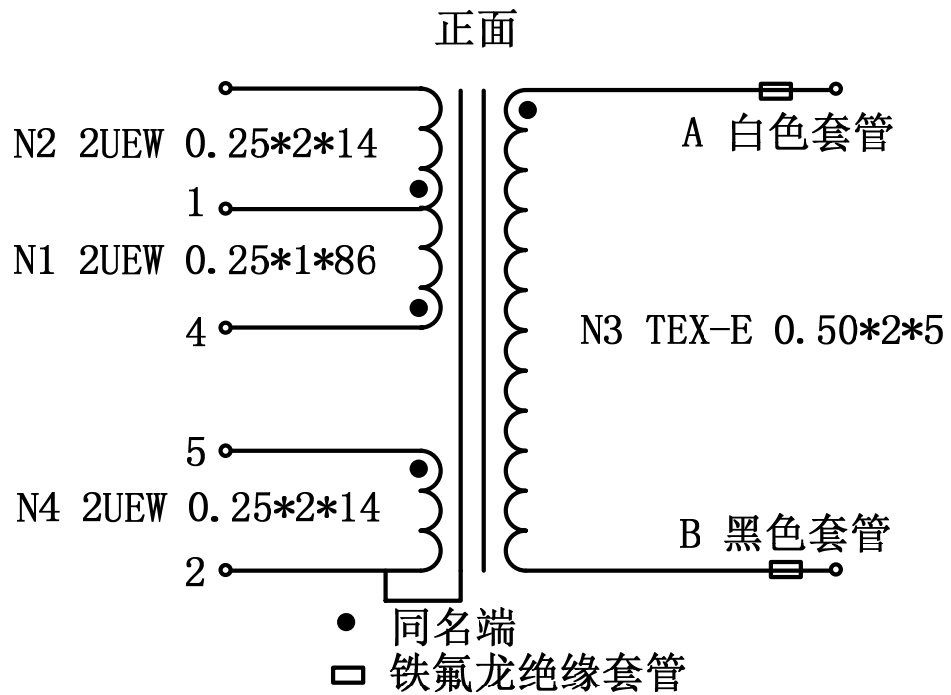
| 序号 | 元件标号 | 元件名称 | 元件型号 | 封装尺寸 | 数量 | 备注 |
|----|------|--------|-------------|---------------|----|--------------|
| 1 | BD1 | 整流桥 | LB10S | SMD SOPA-4 | 1 | |
| 2 | C1 | 陶瓷电容 | 500V/2.2nF | SMD 1206 | 1 | |
| 3 | C2 | | 50V/100.0nF | SMD 0805 | 1 | |
| 4 | C3 | | N.A. | SMD 0805 | 1 | |
| 5 | C4 | | N.A. | SMD 0805 | 1 | |
| 6 | C6 | | 50V/1.0nF | SMD 0805 | 1 | |
| 7 | CY1 | Y 安规电容 | 400V/1.0nF | DIP 脚距 10.0mm | 1 | |
| 8 | EC1 | 电解电容 | 400V/10uF | Φ 10*16 | 1 | Low ESR |
| 9 | EC2 | | 400V/10uF | Φ 10*16 | 1 | Low ESR |
| 10 | EC3 | | 50V/10uF | Φ 5*11 | 1 | Low ESR |
| 11 | EC4 | | 6.3V/820uF | Φ 8*11.5 | 1 | 固态电容 Low ESR |
| 12 | EC5 | | 6.3V/820uF | Φ 8*11.5 | 1 | 固态电容 Low ESR |
| 13 | D1 | 二极管 | RS1M | SMD DO-214AC | 1 | |
| 14 | D2 | | RS1M | SMD DO-214AC | 1 | |
| 15 | D3 | | FPS5V45 | DIP DO-201 | 1 | |
| 16 | D4 | | FPS5V45 | DIP DO-201 | 1 | |
| 17 | L1 | 电感 | 1.0mH | 工字电感 6*8 | 1 | |
| 18 | L2 | | N.A. | 色环电感 0408 | 1 | |
| 19 | L3 | | Jumper | 棒状电感 3*12 | 1 | 更换为跳线 |
| 20 | RF1 | 保险丝 | T2.0A/250V | DIP 脚距 5.0mm | 1 | |
| 21 | R1 | 电阻 | 10K Ω | SMD 0805 | 1 | |
| 22 | R2 | | 3.3uF | SMD 0805 | 1 | 更换为贴片电感 |
| 23 | R3 | | 100 Ω | SMD 1206 | 1 | |
| 24 | R4 | | 300K Ω | SMD 1206 | 1 | |
| 25 | R5 | | 300K Ω | SMD 1206 | 1 | |
| 26 | R6 | | 10 Ω | SMD 0805 | 1 | |
| 27 | R7 | | 39K Ω | SMD 0805 | 1 | 1% |
| 28 | R8 | | 1.5K Ω | SMD 0805 | 1 | 1% |
| 29 | R9 | | 7.5K Ω | SMD 0805 | 1 | 1% |
| 30 | R10 | | 1.8 Ω | SMD 1206 | 1 | 1% |
| 31 | R11 | | 1.5 Ω | SMD 1206 | 1 | 1% |
| 32 | R12 | | 39 Ω | SMD 1206 | 1 | |
| 33 | T1 | 变压器 | EE16 加厚 | 立式 5+5 | 1 | |
| 34 | U1 | IC | PN8370 | DIP-8 | 1 | |

Design Example Report

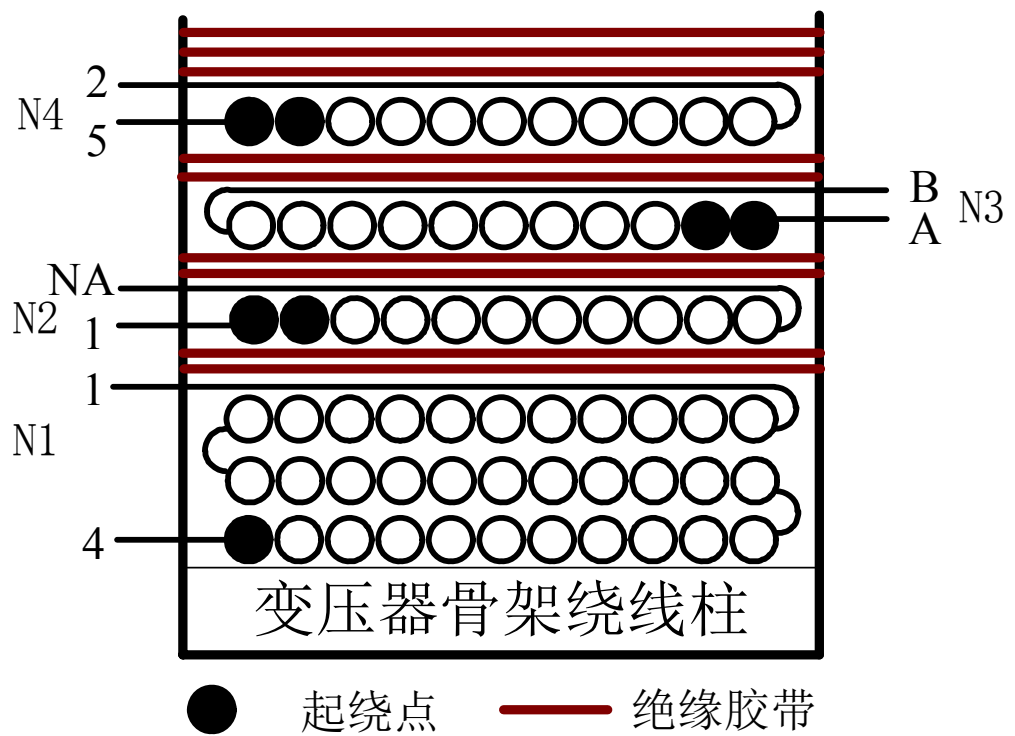
Chipown

6. 变压器规格

6.1 电路图



6.2 剖面图



Design Example Report

Chipown

6.3 绕线结构

| Winding No. 组别 | Margin Tape 挡墙 | Pin 脚位 | Wire&Wire Copper 线径&股数 | Turns 圈数 | Tape Layer 胶带层数 | Tube 套管 | Winding Tape 绕线方式 |
|-------------------|-------------------|-----------|------------------------------|-------------|--------------------|------------|----------------------|
| N1 | N.A. | 4~1 | 2UEW0.25*1 | 86 | 2 | N.A. | 密绕 |
| N2 | N.A. | 1~ | 2UEW0.25*2 | 14 | 2 | N.A. | 密绕 |
| N3 | N.A. | A~B | TEX-E0.50*2 | 5 | 2 | Add | 密绕 |
| N4 | N.A. | 5~2 | 2UEW0.25*2 | 14 | 3 | N.A. | 密绕 |

备注:

- 1) 剪掉:Pin3、6、7、8、9、10;
- 2) 初级绕组进出线不能交叉;
- 3) 次级飞线须加铁氟龙套管;
飞线 A 套白色特氟龙套管, 从 Pin9、10 方向出线, 预留 20mm;
飞线 B 套黑色特氟龙套管, 从 Pin6、7 方向出线, 预留 20mm;
- 4) 调整电感量时, 一定要磨磁芯中柱, 不能垫气隙;
- 5) 变压器磁性采用 $\Phi 0.25\text{mm}$ 的漆包线连接到 Pin2, 然后用绝缘胶带固定磁芯;
- 6) 变压器完成后, 在磁芯外沿磁芯方向使用宽 10mm 的绝缘胶带绕 3 层; 再沿绕线方向使用 20mm 的绝缘胶带绕制 3 层;
- 7) 含浸;
- 8) Bobbin & Core 采用 EE16 加厚型 ($A_e=40\text{mm}^2$) 采用 TDK PC40 或相当材质的磁芯;

6.4 电气特性

| Test Item 测试项目 | Test Location 测试位置 | Test Condition 测试条件 | Test Spec. 测试规格 |
|-------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| Primary Inductance 电感 (uH) | 4~1 | 10KHz, 1V | 1.40mH |
| Leakage Inductance 漏感 (uH) | 4~1 | 10KHz, 1V 次级全部短路 | <80uH |
| HI-POT Test 耐压测试 | PRI~CORE | 3mA, 1Minute | AC/1.5KV |
| | PRI~SEC | 3mA, 1Minute | AC/3.75KV |
| | SEC~CORE | 3mA, 1Minute | AC/3.75KV |

Design Example Report

Chipown

7. 电源输入输出特性和工作波形

如无特别说明, 所有测试, 包括电气特性和安规, 输出线都采用 **1.5m 20AWG**;

备注: a、热机半小时后测试;

b、由于系统板 PSR, 故变压器的耦合或漏感差异太大, 会对输出略有影响;

c、由于系统为 PSR, 由于肖特基发热后正向压降降低, 故热机后会有 V_o 略微上升的现象;

测试结果如下:

| Vin | Load | | PCB 板端 | | | |
|-----------|------------|-------|--------|--------------|--------|---------------|
| | | | Vo (V) | Pin (W) | Po (W) | η |
| 90V/63Hz | No_load | 0.000 | 5.129 | 30.7m | | |
| | 1/10 Load | 0.240 | 5.078 | 1.516 | 1.219 | 80.41% |
| | 1/4 Load | 0.600 | 5.147 | 3.762 | 3.088 | 82.09% |
| | 2/4 Load | 1.200 | 5.217 | 7.649 | 6.260 | 81.85% |
| | 3/4 Load | 1.800 | 5.301 | 11.761 | 9.541 | 81.13% |
| | 4/4 Load | 2.400 | 5.261 | 15.735 | 12.626 | 80.24% |
| | η avg | | | | | 81.33% |
| 115V/60Hz | No_load | 0.000 | 5.082 | 27.2m | | |
| | 1/10 Load | 0.240 | 5.090 | 1.523 | 1.222 | 80.24% |
| | 1/4 Load | 0.600 | 5.150 | 3.731 | 3.090 | 82.81% |
| | 2/4 Load | 1.200 | 5.228 | 7.562 | 6.273 | 82.95% |
| | 3/4 Load | 1.800 | 5.289 | 11.518 | 9.519 | 82.65% |
| | 4/4 Load | 2.400 | 5.254 | 15.382 | 12.610 | 81.98% |
| | η avg | | | | | 82.60% |
| 230V/50Hz | No_load | 0.000 | 5.057 | 29.4m | | |
| | 1/10 Load | 0.240 | 5.087 | 1.576 | 1.221 | 77.47% |
| | 1/4 Load | 0.600 | 5.132 | 3.765 | 3.079 | 81.78% |
| | 2/4 Load | 1.200 | 5.274 | 7.610 | 6.329 | 83.16% |
| | 3/4 Load | 1.800 | 5.255 | 11.337 | 9.459 | 83.43% |
| | 4/4 Load | 2.400 | 5.219 | 15.140 | 12.524 | 82.72% |
| | η avg | | | | | 82.77% |
| 265V/47Hz | No_load | 0.000 | 5.058 | 33.4m | | |
| | 1/10 Load | 0.240 | 5.108 | 1.615 | 1.226 | 75.92% |
| | 1/4 Load | 0.600 | 5.125 | 3.792 | 3.075 | 81.10% |
| | 2/4 Load | 1.200 | 5.274 | 7.650 | 6.329 | 82.73% |
| | 3/4 Load | 1.800 | 5.253 | 11.371 | 9.455 | 83.15% |
| | 4/4 Load | 2.400 | 5.222 | 15.164 | 12.532 | 82.64% |
| | η avg | | | | | 82.40% |

Design Example Report

Chipown

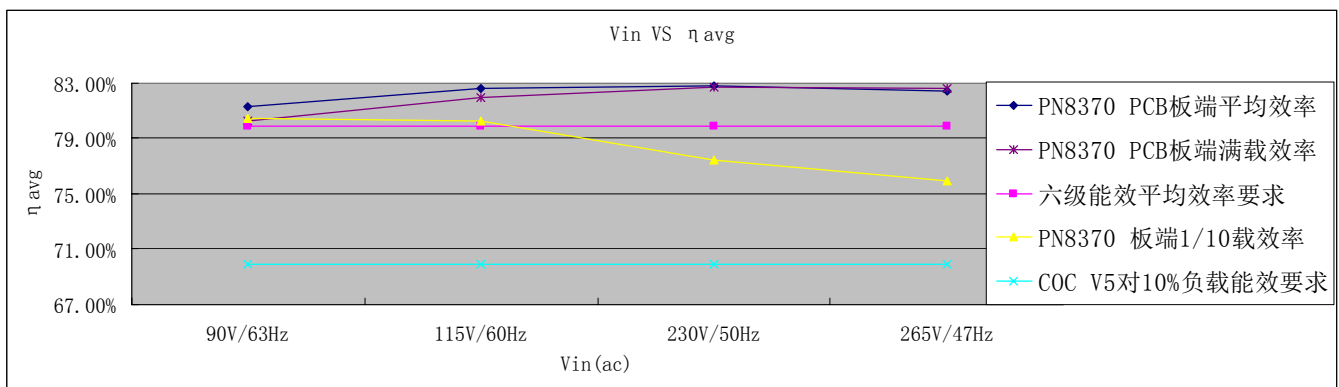
7.1 效率

测试条件: $V_{in}=90\sim 265Vac$;

测试结果: 输出板端平均效率大于 79.94% (六级能效);

测试结果如下:

| V_{in} | 10%load | 25%load | 50%load | 75%load | 100%load | η_{avg} |
|-----------|---------|---------|---------|---------|----------|--------------|
| 90V/63Hz | 80.41% | 82.09% | 81.85% | 81.13% | 80.24% | 81.33% |
| 115V/60Hz | 80.24% | 82.81% | 82.95% | 82.65% | 81.98% | 82.60% |
| 230V/50Hz | 77.47% | 81.78% | 83.16% | 83.43% | 82.72% | 82.77% |
| 265V/47Hz | 75.92% | 81.10% | 82.73% | 83.15% | 82.64% | 82.40% |



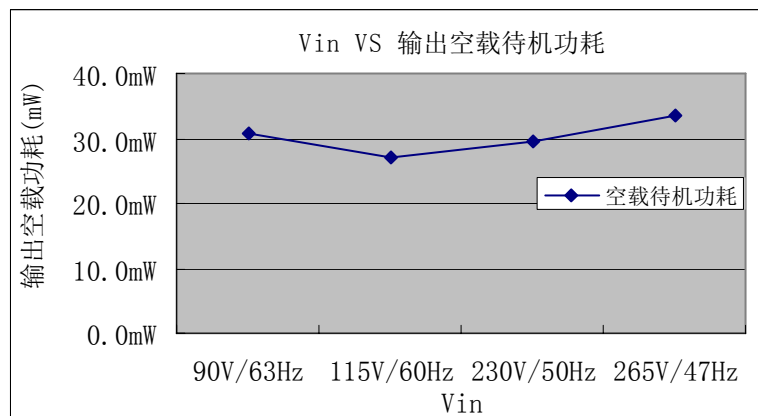
7.2 输出开路待机功耗

测试条件: $V_{in}=90\sim 265Vac$ & V_o Open;

测试结果: 待机小于 50mW;

测试结果如下:

| 输入电压 (Vac) | 待机功耗 (mW) |
|------------|-----------|
| 90V/63Hz | 30.7 |
| 115V/60Hz | 27.2 |
| 230V/50Hz | 29.4 |
| 265V/47Hz | 33.4 |



Design Example Report

Chipown

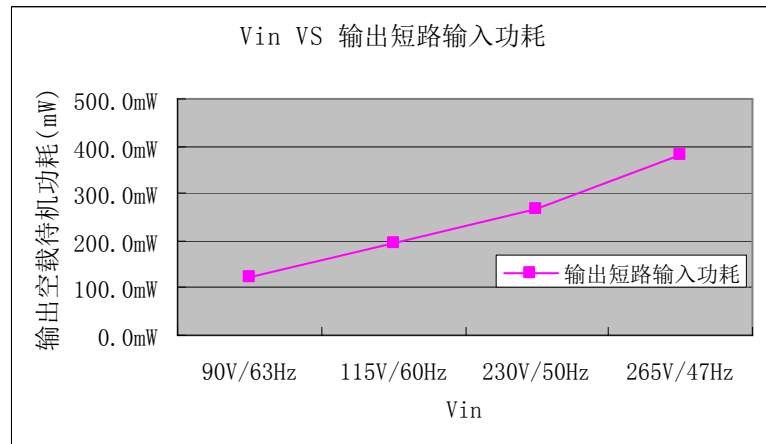
7.3 输出短路功耗

测试条件: $V_{in}=90\sim 265V_{ac}$ & V_o Short;

测试结果: 待机小于 500mW;

测试结果如下: (PCB 板端短路)

| 输入电压 (Vac) | 短路功耗 (mW) |
|------------|-----------|
| 90V/63Hz | 125 |
| 115V/60Hz | 193 |
| 230V/50Hz | 268 |
| 265V/47Hz | 382 |



7.4 输出电压调整率

测试条件: $V_{in}=90\sim 265V_{ac}$;

测试结果: 线性调整率小于 $\pm 1\%$;

负载调整率小于 $\pm 5\%$;

测试结果如下:

| Vin | 空载 | 1/10 载 | 1/4 载 | 2/4 载 | 3/4 载 | 4/4 载 | 负载调整率 |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 90V/63Hz | 5.129V | 5.078V | 5.147V | 5.217V | 5.301V | 5.261V | $\pm 2.14\%$ |
| 115V/60Hz | 5.082V | 5.090V | 5.150V | 5.228V | 5.289V | 5.254V | $\pm 1.99\%$ |
| 230V/50Hz | 5.057V | 5.087V | 5.132V | 5.274V | 5.255V | 5.219V | $\pm 2.09\%$ |
| 265V/47Hz | 5.058V | 5.108V | 5.125V | 5.274V | 5.253V | 5.222V | $\pm 2.08\%$ |
| 线性调整率 | $\pm 0.72\%$ | $\pm 0.29\%$ | $\pm 0.25\%$ | $\pm 0.57\%$ | $\pm 0.48\%$ | $\pm 0.42\%$ | |

7.5 开机延迟时间, 关机保持时间

测试条件: $V_{in}=90\sim 265V_{ac}$;

测试结果: 全电压下开机延迟时间小于 200mS;

230Vac 时关机保持时间大于 10mS;

上升时间小于 10mS, 过冲小于 5%;

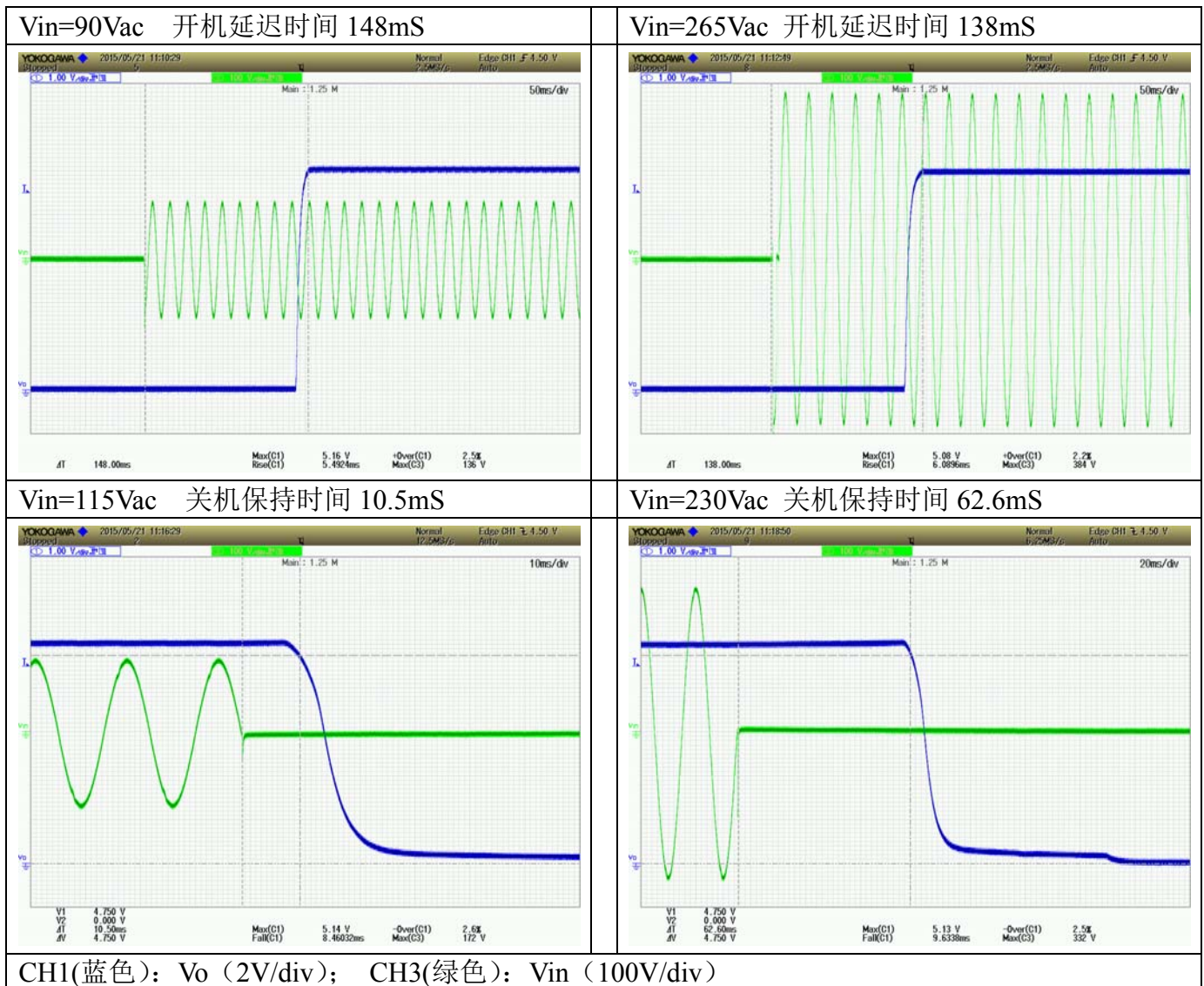
测试结果如下: (负载采用水泥负载)

| 输入电压 | 开机延迟时间 | 关机保持时间 | 输出上升时间 | 过冲 |
|-----------|--------|---------|---------|------|
| 90V/63Hz | 148mS | 4.5mS | 5.49 mS | 2.7% |
| 115V/60Hz | 145 mS | 10.5 mS | 5.29mS | 2.3% |
| 230V/50Hz | 140 mS | 62.6 mS | 6.09mS | 2.8% |
| 265V/47Hz | 138 mS | 86.8 mS | 6.08mS | 2.2% |

PowerOn
Your Life

Design Example Report

Chipown



7.6 动态负载测试

测试条件: Vin=90~265Vac;

输出负载电流上升下降斜率为 0.1A/uS, D=50%, 周期 10mS;

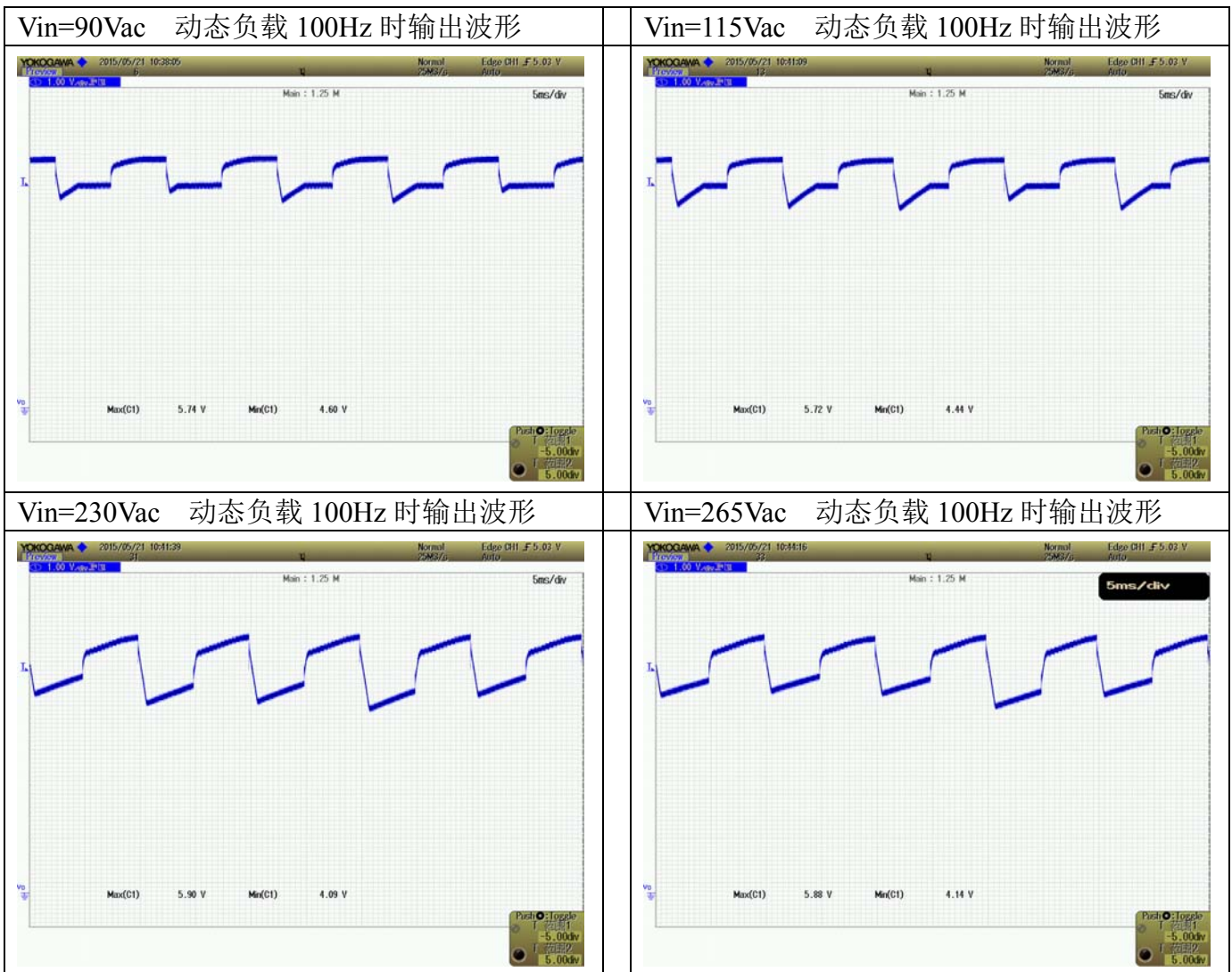
测试结果: 负载从空载到满载输出最低电压大于 4V;

测试结果如下:

| Vin | 负载变化频率 100Hz | |
|-----------|--------------|--------|
| | Vo_min | Vo_max |
| 90V/63Hz | 4.60V | 5.74V |
| 115V/60Hz | 4.44V | 5.72V |
| 230V/50Hz | 4.09V | 5.90V |
| 265V/47Hz | 4.14V | 5.88V |

Design Example Report

Chipown



7.7 输出满载纹波&噪音

测试条件: Vin=90~265Vac; 输出为满载 Io=2.4A;

纹波测试时输出增加 50V/10uF 和 0.1uF 的电容, 并且测试于输出线端(1.5m AWG20);

测试结果: 纹波小于 80mV,

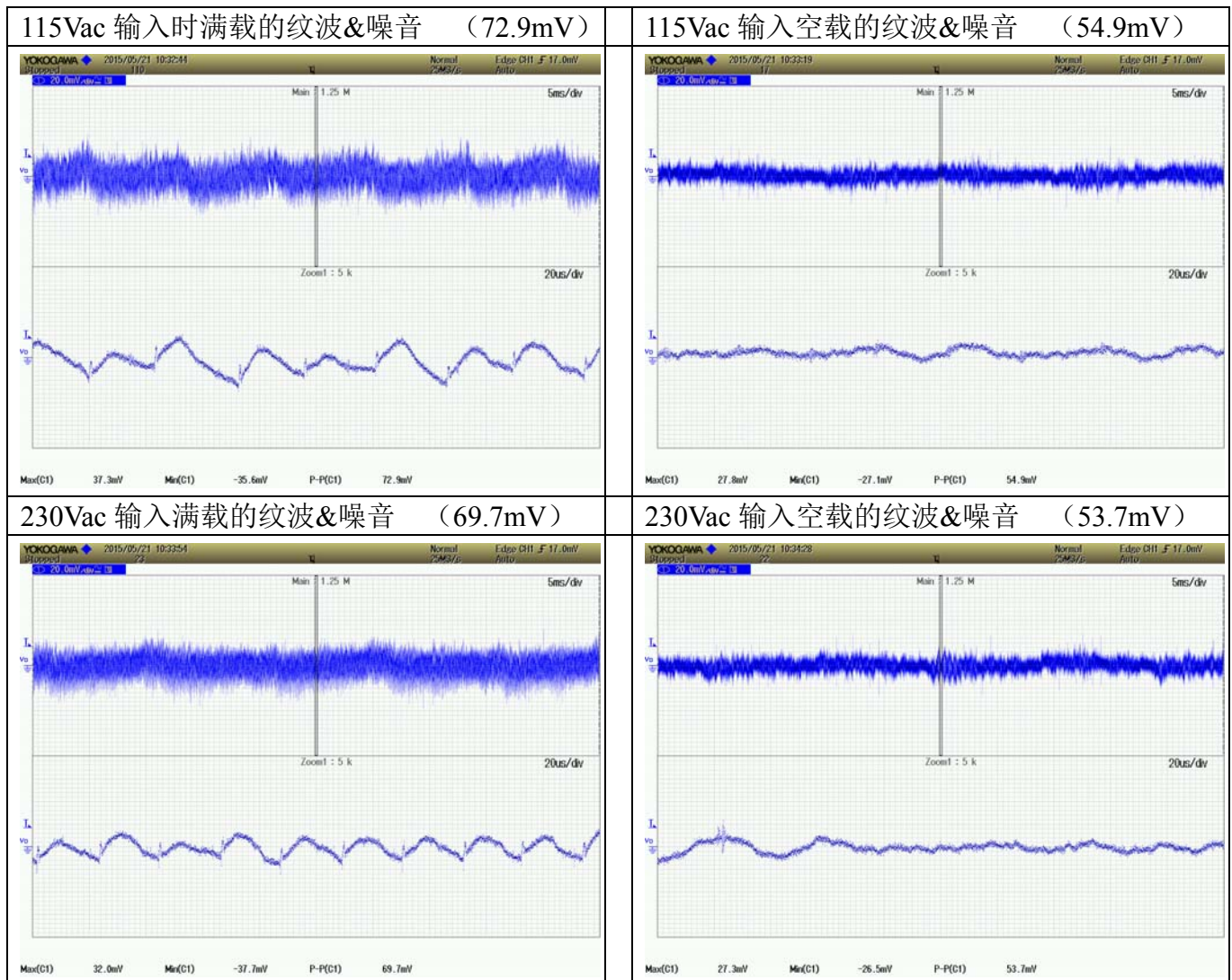
测试结果如下:

| 输入电压 | 纹波 | | |
|-----------|---------|---------|---------|
| | 满载 | 半载 | 空载 |
| 90V/63Hz | 78.2 mV | 69.2 mV | 55.1 mV |
| 115V/60Hz | 72.9 mV | 64.6 mV | 54.9 mV |
| 230V/50Hz | 69.7 mV | 65.4 mV | 57.7 mV |
| 265V/47Hz | 67.6 mV | 65.9 mV | 53.7 mV |

PowerOn Your Life

Design Example Report

Chipown



7.8 各个工作状态波形

测试条件: $V_{in}=90\sim 265Vac$;

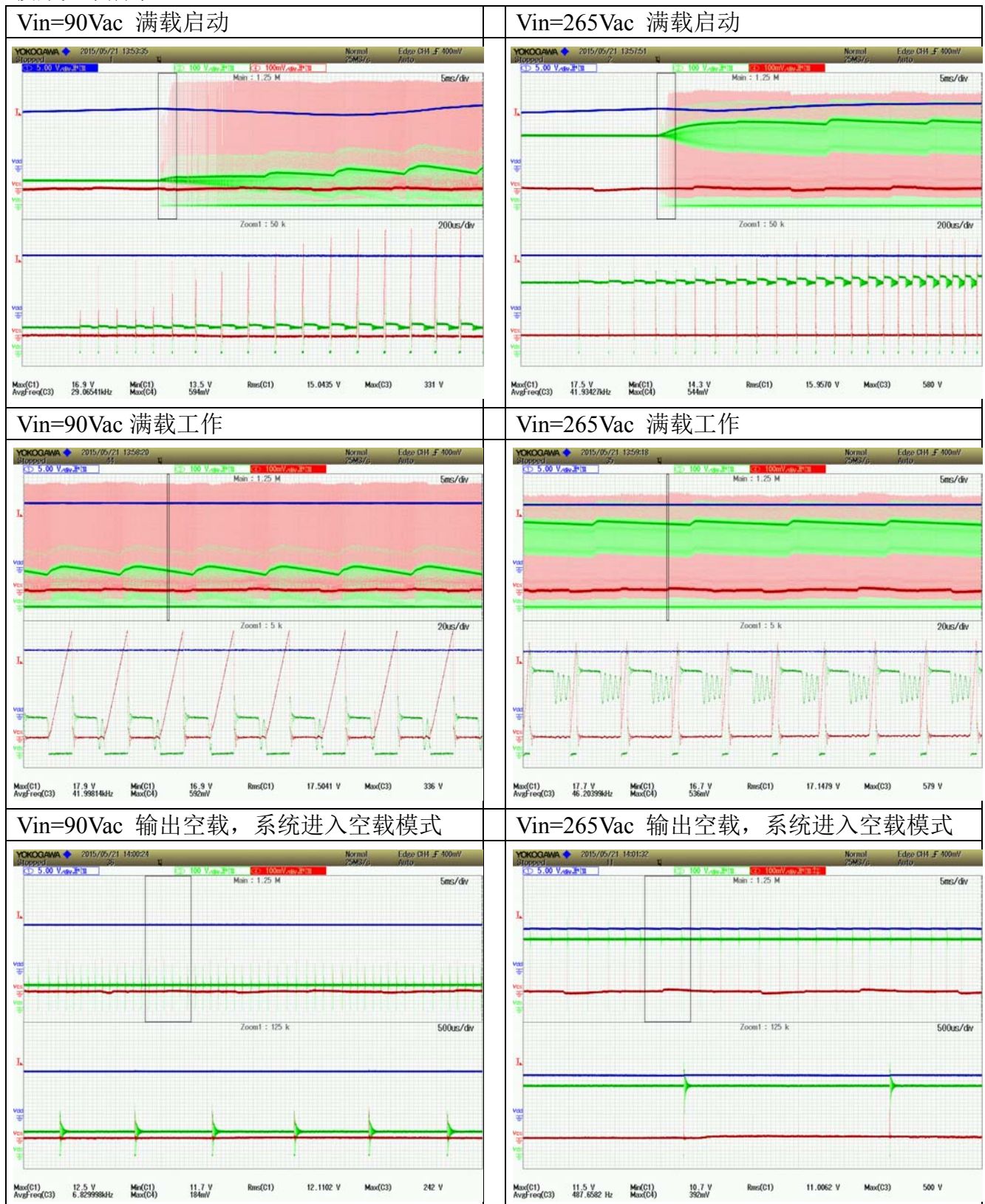
CH1 (蓝色): V_{dd} (5V/div);

CH3 (绿色): V_{ds} (100V/div); CH4(红色): V_{cs} (100mV/div);

Design Example Report

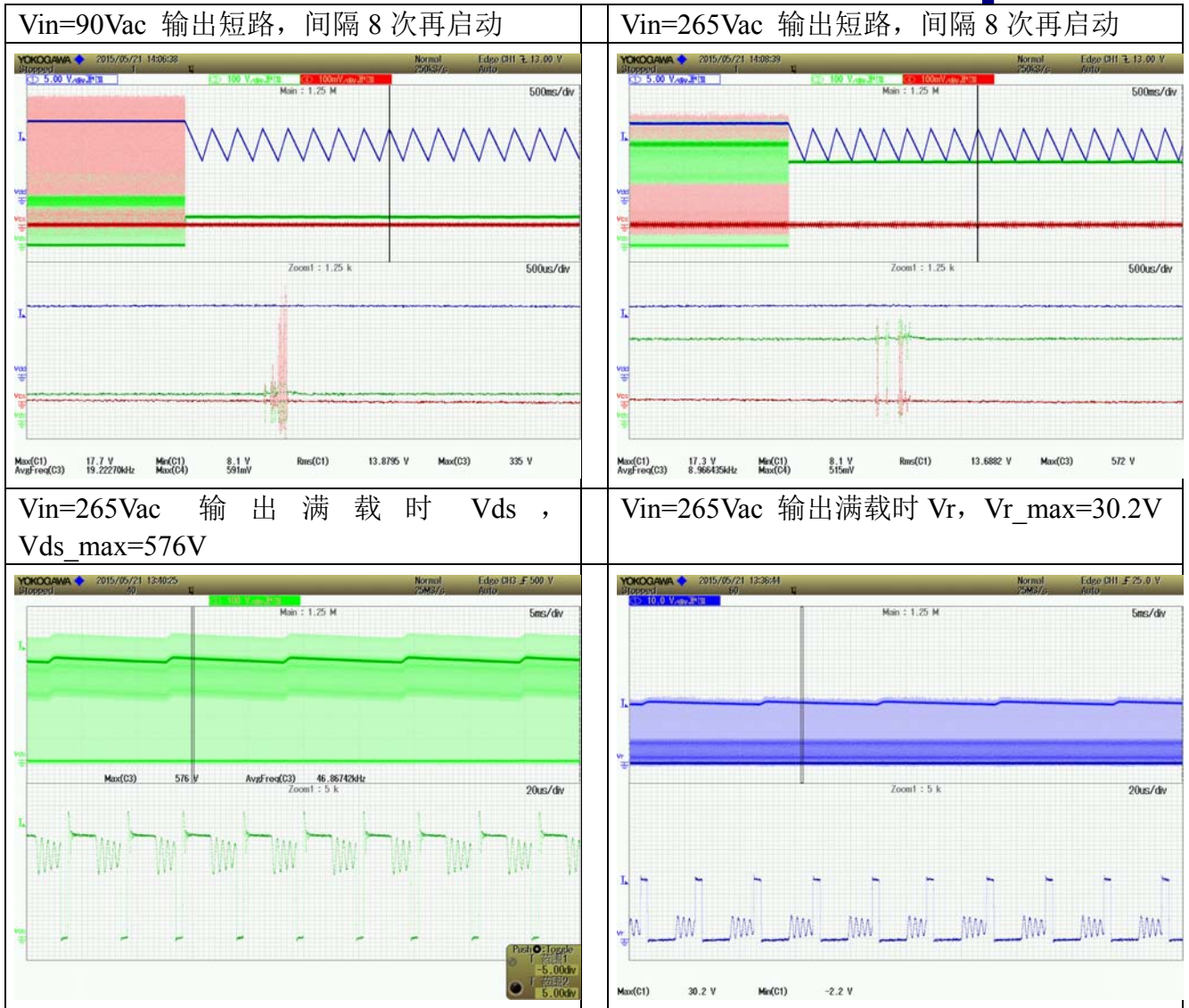
Chipown

波形如下所示:



Design Example Report

Chipown



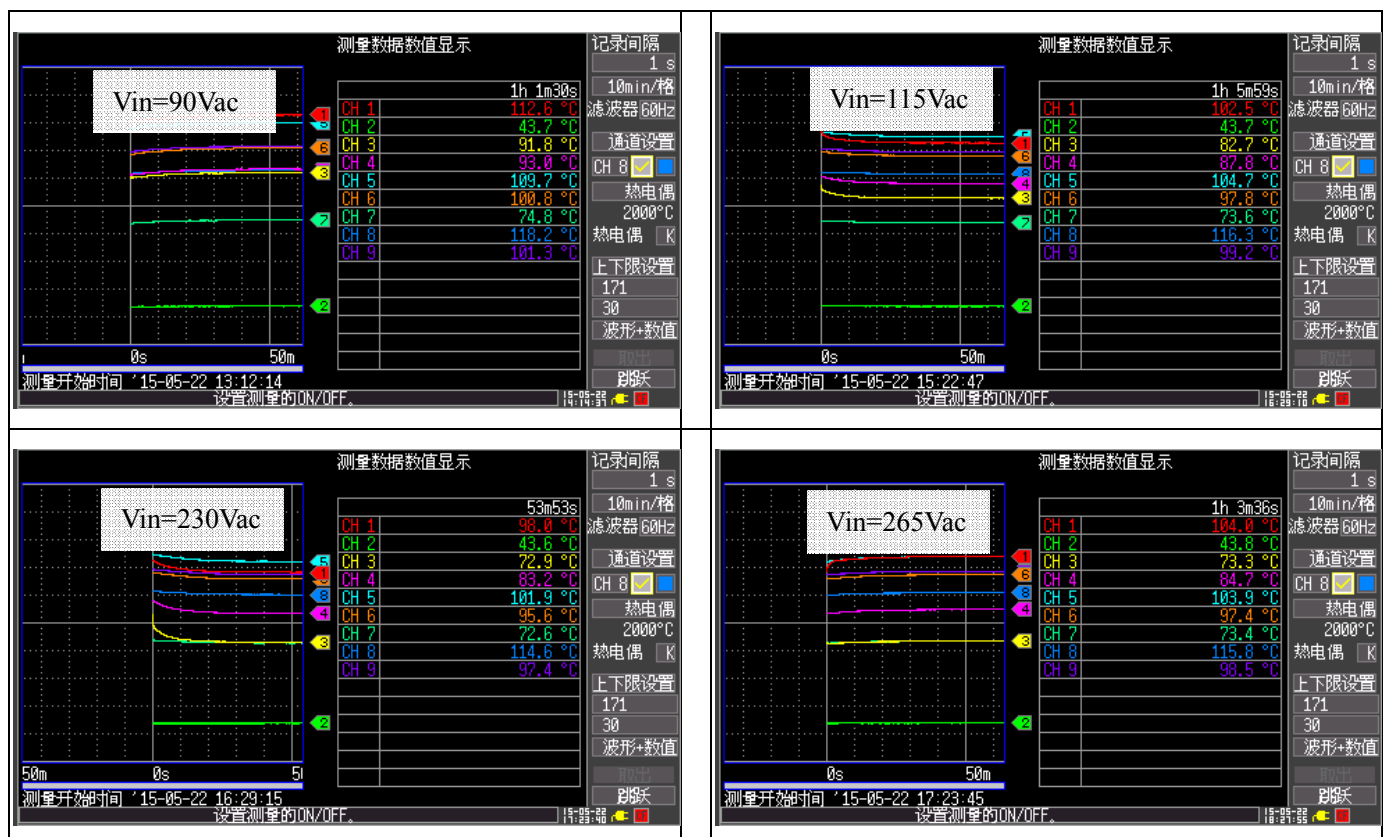
Design Example Report

Chipown

7.9 温升测试

测试条件：环境温度 40℃；
外壳密闭、无风环境测试；
Vin=90~265Vac；Io=2.4A
测试结果：IC 表面温度最高 109.8℃；

| Vin | Io | CH1 | CH2 | CH3 | CH4 | CH5 | CH6 | CH7 | CH8 | CH9 |
|--------------|------|--------|-------|-----------|----------|--------|-----------|-------|-----------|----------|
| | | IC | 环境 | 输入 整流桥 | 输入 电解 | 变压器线 | 变压器 磁性 | PCB | 输出 肖特基 | 输出 电解 |
| 90V 50Hz | 2.4A | 112.6℃ | 43.6℃ | 91.8℃ | 93.1℃ | 109.7℃ | 100.8℃ | 74.8℃ | 118.2℃ | 101.3℃ |
| 100V 50Hz | 2.4A | 107.3℃ | 43.6℃ | 87.2℃ | 90.4℃ | 106.5℃ | 99.1℃ | 74.3℃ | 117.1℃ | 100.2℃ |
| 115V 50Hz | 2.4A | 102.5℃ | 43.7℃ | 82.7℃ | 87.8℃ | 104.7℃ | 97.8℃ | 73.6℃ | 116.3℃ | 99.2℃ |
| 230V 50Hz | 2.4A | 98.0℃ | 43.6℃ | 72.9℃ | 83.2℃ | 101.9℃ | 95.6℃ | 72.6℃ | 114.6℃ | 97.4℃ |
| 265V 50Hz | 2.4A | 104.0℃ | 43.8℃ | 73.3℃ | 84.7℃ | 103.9℃ | 97.4℃ | 73.4℃ | 115.8℃ | 98.5℃ |



Design Example Report

8. EMC 测试

8.1 群脉冲测试结果

测试条件: $V_{in}=230Vac$, 输出为满载;
输出采用 1.5m 的 20 AWG;

测试结果: **通过**;

测试结果如下:

| 频率 | 电压 | 测试结果 | | | | | |
|--------|--------|------|---|------|---|------|---|
| | | L | | N | | L+N | |
| 5KHz | +2000V | Pass | A | Pass | A | Pass | A |
| | -2000V | Pass | A | Pass | A | Pass | A |
| 100KHz | +2000V | Pass | A | Pass | A | Pass | A |
| | -2000V | Pass | A | Pass | A | Pass | A |

8.2 雷击测试结果

测试条件: $V_{in}=230Vac$, 输出为满载;
输出采用 1.5m 的 20 AWG;

测试结果: **通过**;

测试结果如下:

| 测试条件 | 电压 | 测试结果 | |
|------|--------|------|---|
| L-N | +1000V | Pass | A |
| | -1000V | Pass | A |

8.3 绝缘耐压测试结果

测试条件: 交流 3.75KVac, 60S, 5.0mA;
测试结果: **通过**;

Design Example Report

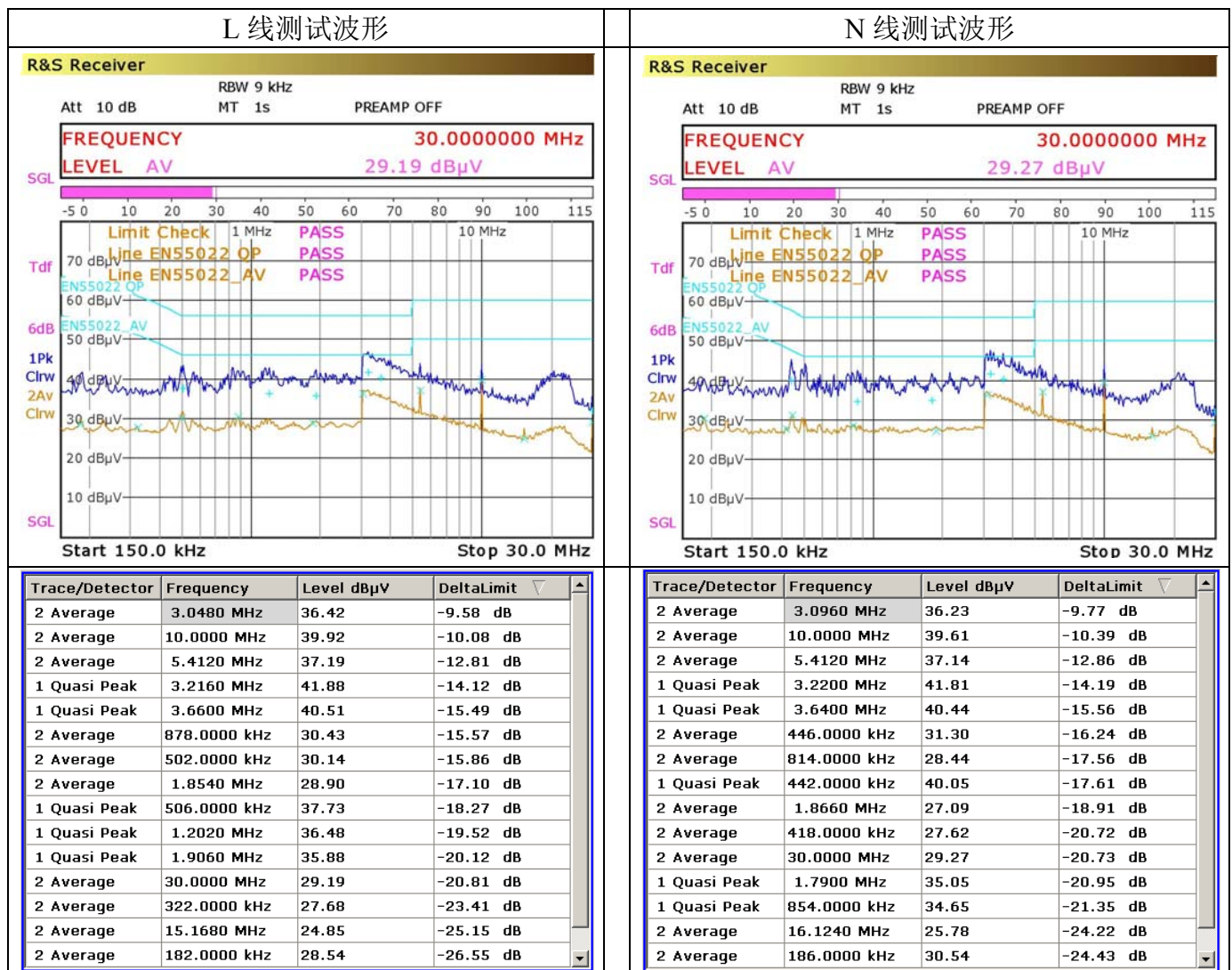
Chipown

8.4 传导测试结果

测试条件: $V_{in}=230V_{ac}$, 输出为满载;
输出采用 1.5m 的 20 AWG;
测试结果: 裕量大于 6dB;

传导测试结果

| L | N |
|--------------|--------------|
| -9.58dB (AV) | -9.77dB (AV) |



Design Example Report

Chipown

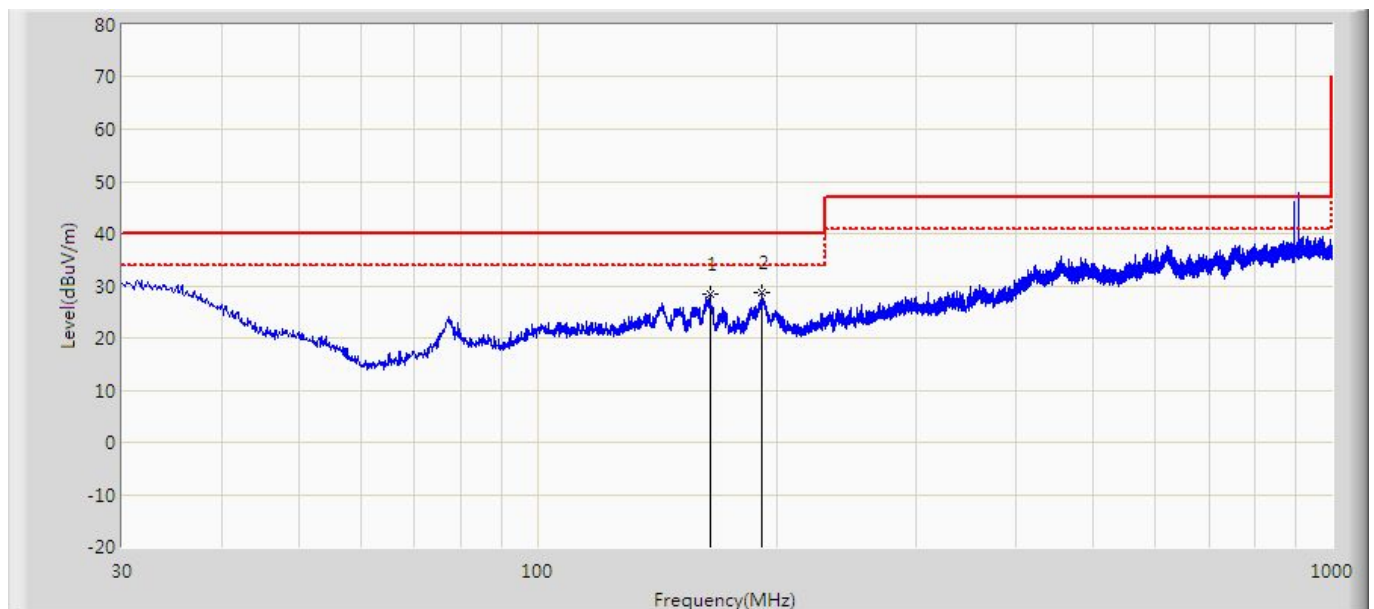
8.5 辐射测试结果

测试条件：Vin=230Vac，输出为满载；输入为 2Pin 电源线，无 PE；
输出采用 1.5m 的 20 AWG；

测试结果：裕量大于 6dB；

| 辐射测试结果 | |
|--------------|-------------|
| 水平 | 垂直 |
| -11.4dB (PK) | -5.1dB (PK) |

水平方向：

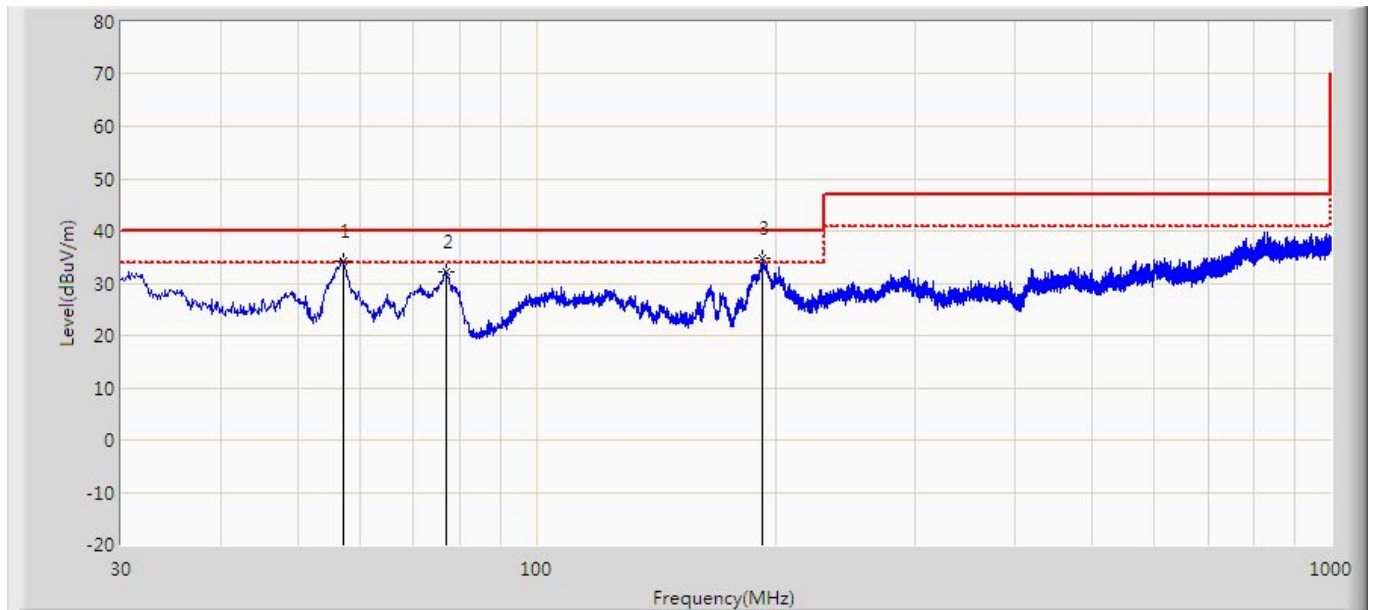


| No | Mark | Frequency (MHz) | Measure Level (dBuV/m) | Reading Level (dBuV) | Over Limit (dB) | Limit (dBuV/m) | Probe (dB/m) | Cable (dB) | Amp (dB) | Ant Pos (cm) | Table Pos (deg) | Type |
|----|------|-----------------|------------------------|----------------------|-----------------|----------------|--------------|------------|----------|--------------|-----------------|------|
| 1 | | 164.951 | 28.265 | 9.295 | -11.735 | 40.000 | 11.831 | 7.139 | 0.000 | 0 | 0 | PK |
| 2 | * | 191.505 | 28.590 | 10.195 | -11.410 | 40.000 | 11.160 | 7.235 | 0.000 | 0 | 0 | PK |

Design Example Report

Chipown

垂直方向:



| No | Mark | Frequency (MHz) | Measure Level (dBuV/m) | Reading Level (dBuV) | Over Limit (dB) | Limit (dBuV/m) | Probe (dB/m) | Cable (dB) | Amp (dB) | Ant Pos (cm) | Table Pos (deg) | Type |
|----|------|-----------------|------------------------|----------------------|-----------------|----------------|--------------|------------|----------|--------------|-----------------|------|
| 1 | | 57.039 | 34.272 | 16.768 | -5.728 | 40.000 | 10.874 | 6.630 | 0.000 | 0 | 0 | PK |
| 2 | | 77.045 | 32.248 | 16.632 | -7.752 | 40.000 | 8.881 | 6.735 | 0.000 | 0 | 0 | PK |
| 3 | * | 192.111 | 34.826 | 11.932 | -5.174 | 40.000 | 15.654 | 7.240 | 0.000 | 0 | 0 | PK |

Design Example Report

Chipown

9. 附录

PN8370 封装和脚位配置图:

