

无锡芯朋微电子 股份有限公司

Wuxi Chipown Microelectronics Co.,Ltd

演讲人：吴之俊

2015.7.5

引言

充电器电源普遍规格5V/1.0A，5V/1.5A，5V/2.0A，5V/2.4A，机顶盒应用等电源一般也是12V/1.0A，这些均属于15W以下的小功率应用，可选的开关电源方案非常多，但是市场要求和行业规范也越来越严格，比如能效，安规，EMI以及体积等，因此就需要在性能和成本之间取得一个平衡，选择一个合适的电源方案。

传统的SSR方案由于需要光耦以及次级恒压或恒压恒流控制，电路复杂，元件数量太多，很难适应小体积，携带方便的要求，成本也相对更高，所以现在大家一般都会选择电路相对简洁的PSR方案。

但是现在市场上已在普遍要求六级能效，待机功耗也需要达到100mW，75mW，甚至30mW，动态负载响应能力的要求也越来越高，因此现有的PSR也有许多地方需要再优化。

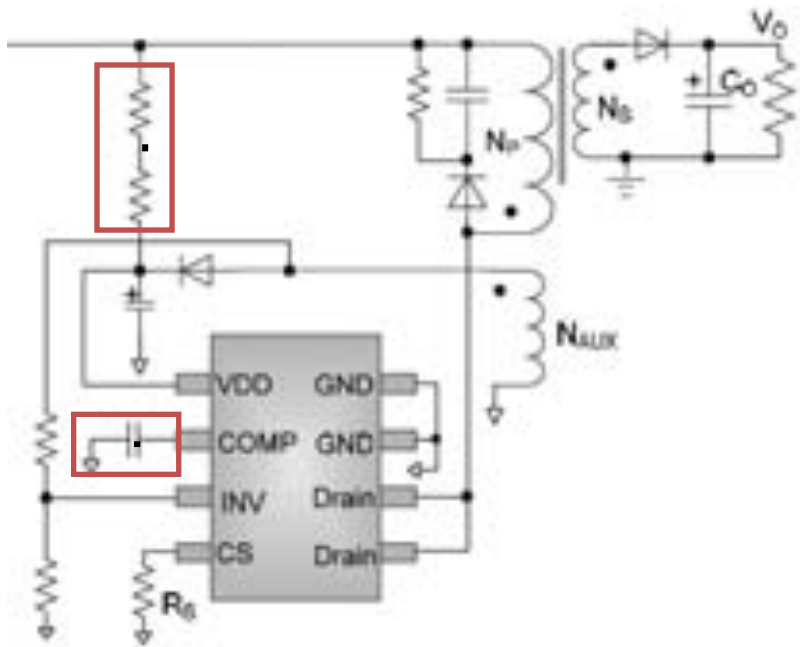
引言

现市场上普遍的PSR反激应用电路存在的一些问题，比如：

- 1、需要外加启动电阻，甚至还需要一颗补偿电容，电路相对复杂；
- 2、效率不高；
- 3、待机较差；
- 4、动态负载响应能力差；
- 5、系统简单工作于PFM模式，容易产生音频噪音；
- 6、需要更完善的保护功能和更高的可靠性；
- 7、 、 、 、 、 、 、

今天我们就来讨论一下怎么改善这些问题、 、 、 、 、 、 、

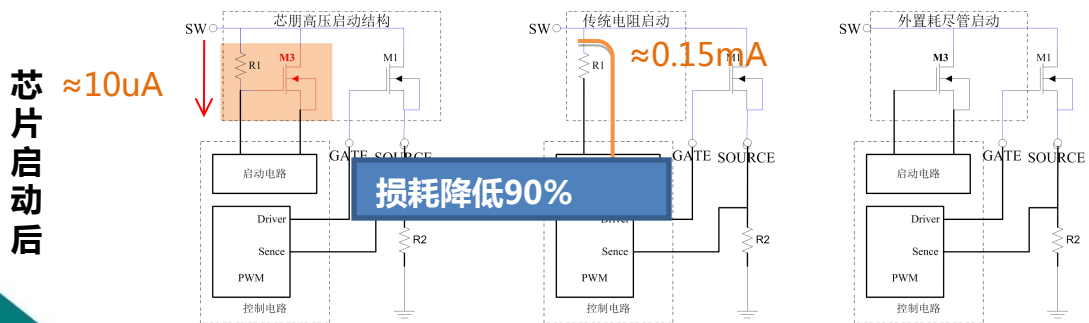
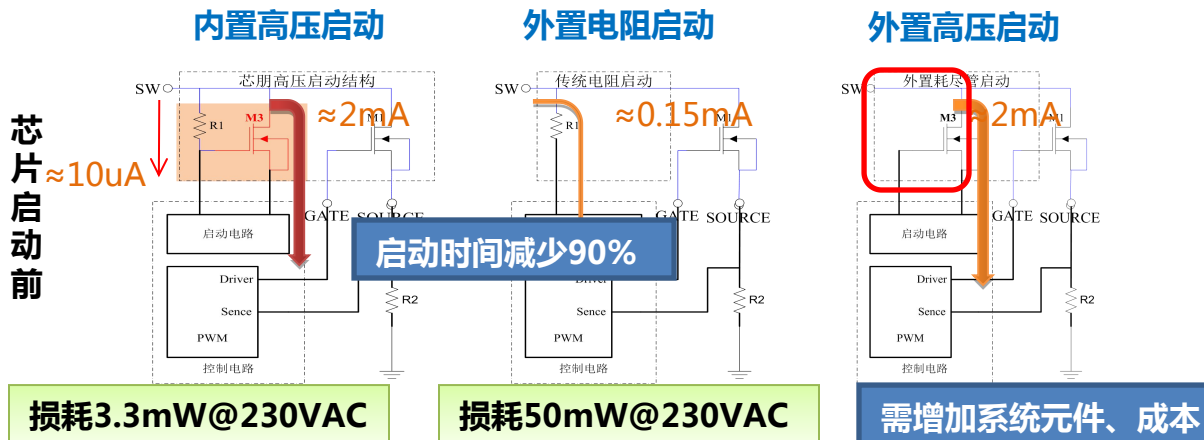
PSR架构常用电路图



右图为市场上使用较多的PSR方案：从图中可以看出，电路中需要两颗启动电阻和一颗补偿电容，且考虑到耐压，两颗启动电阻都必须采用1206封装，因此这3颗元件会占据较大的空间，在小型化的电源应用中会给PCB Layout带来很大的不便；

因此可以考虑采用高压启动电路，并通过IC内部优化省略补偿电容，使应用电路最简化

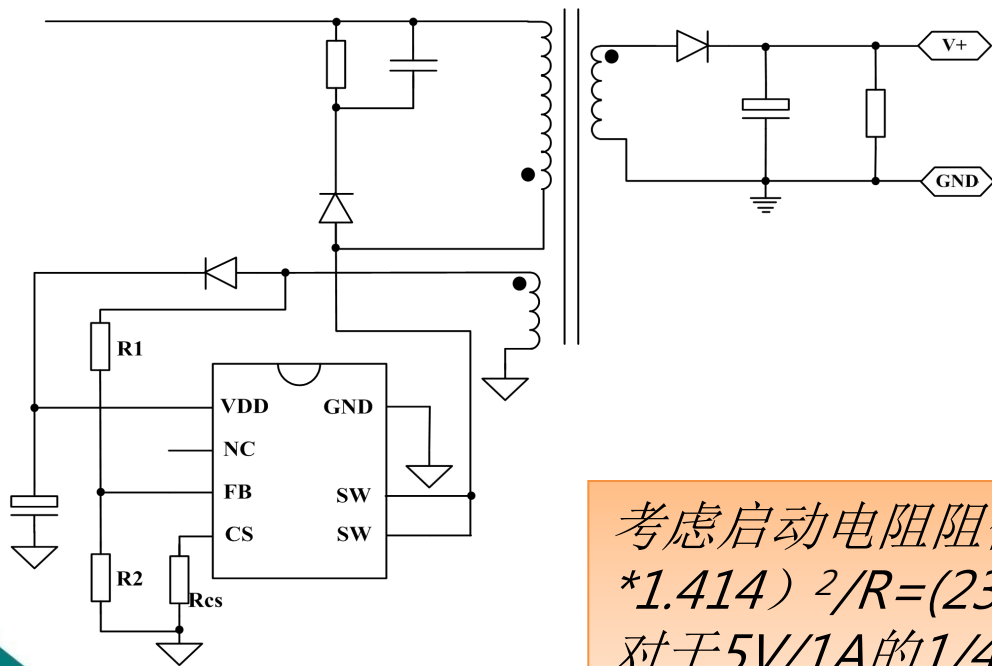
创新高电压启动架构



实现30mW待机的关键技术

10%载效率比欧盟COC V5
能效标准高出5%以上

简化应用电路

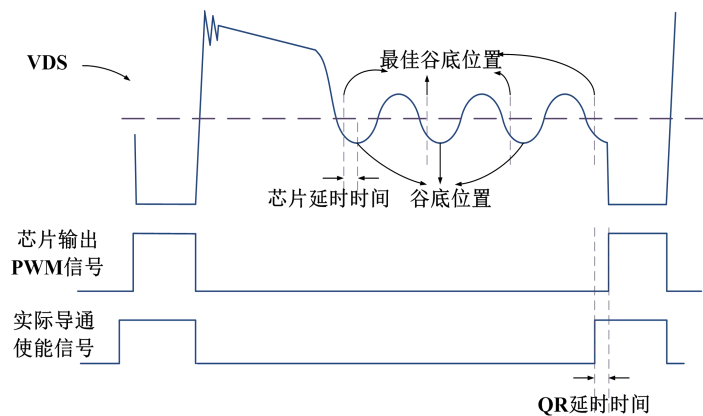


右图为简化后的应用电路，排除RCD电路后，IC周边元件由之前的8颗减少为5颗；

另外，省略启动电阻不仅可以减少元件，还可提高轻载效率并明显改善待机功耗；

考虑启动电阻阻值为 $2M\Omega$ ，则损耗为 $P = (V_{in} * 1.414)^2 / R = (230 * 1.414)^2 / 2M = 53mW$
对于5V/1A的1/4载，相当于影响效率 $0.053 / 1.25 = 4.24\%$

重载效率和EMI优化



在CC工作状态下，由于需要满足输出恒流特性，因此最好是工作在PFM模式，但在实际应用中，比如效率，EMI等测试时，系统实际上是处于CV工作状态，即输出为恒压。

因此，很有必要引入新的模块来优化CV工作状态，比如准谐振工作模式（QR），这个电路可以检测每一个谐振周期的谷底位置，让每个开关周期都在谷底导通，因此可以减少系统的开关损耗，**降低MOS温度，提高重载效率**，同时也可以让开关频率在不同的开关周期之间轻微的变化，**提高EMI的裕量**。

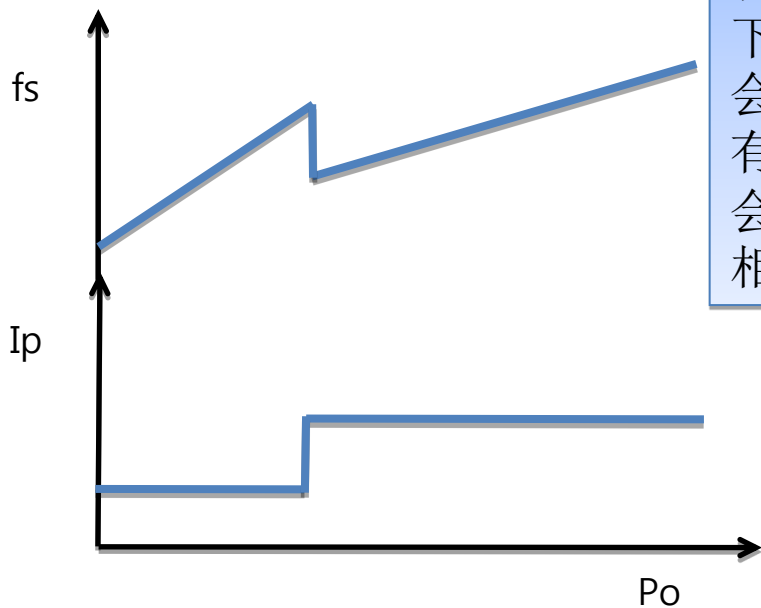
高效：等效输出电容损耗降50%以上，提效率降温升

精确：逐谐振周期计算最佳谷底导通位置，系统适应性强

稳定：不改变CC/CV环路，系统工作稳定

EMI：开启di/dt与dv/dt降低

PFM简单工作模式



现市场上普遍的PSR控制器在CC和CV模式下均简单工作于PFM， I_{pk} 固定不变，个别会采用 I_{pk} 突变为两段的工作方式，但还是有很大概率产生音频噪音；而且 I_{pk} 突变时会影响环路；另外，输出假负载的阻值也相对较小（5V输出一般会采用 $1K\Omega$ ）

假负载损耗（5V输出系统）：

$P = V^2/R = 5^2/1K = 25mW$ ，若待机时的效率只有50%，则输入功率会增加50mW；

对于5V/1A的1/4载来说，若效率为75%，则输入功率会增加约33.3mW，相当于影响效率 $0.033/1.25 = 2.6\%$

多模式控制技术

多模式控制+

Standby模式 (输出假负载阻值可以更大, 5V系统可选10K Ω) + **高压启动** (省略外置启动电阻)

=

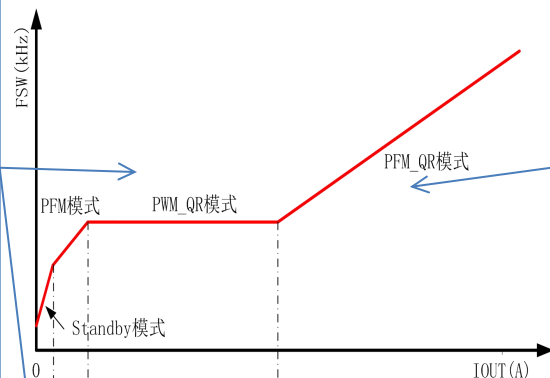
10%载效率提升约10% & 30mW待机 (230Vac)

可轻松满足COC V5对10%负载的能效要求

假负载损耗 (5V输出系统) :

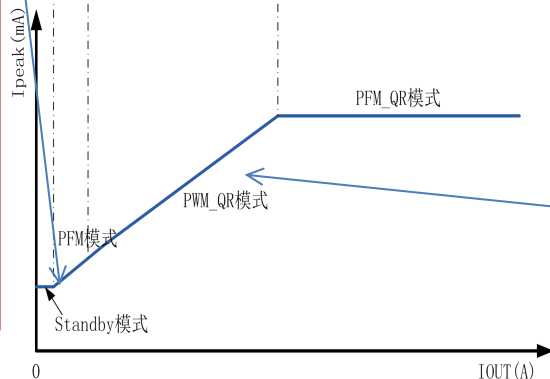
$P=V^2/R=5^2/10K=2.5mW$, 考虑到此时50%的转换效率, 输入功率会增加约5mW;

对于5V/1A的1/4载来说, 相当于影响效率 $0.0033/1.25=0.26\%$, 几乎可以忽略不计



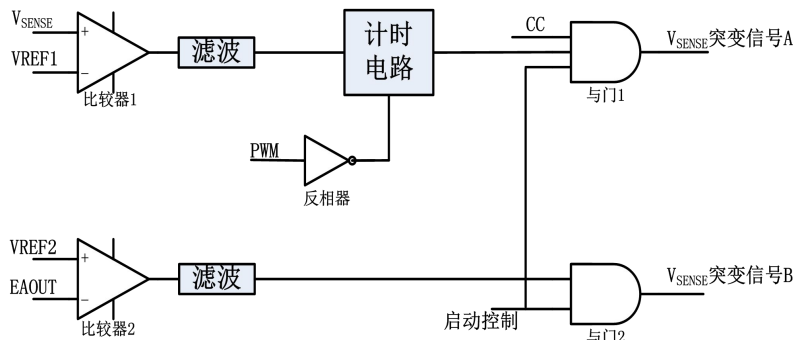
PFM_QR模式
=75%和100%载效率
提升0.5%~2%

PFM_QR模式
=满载温升降低5度



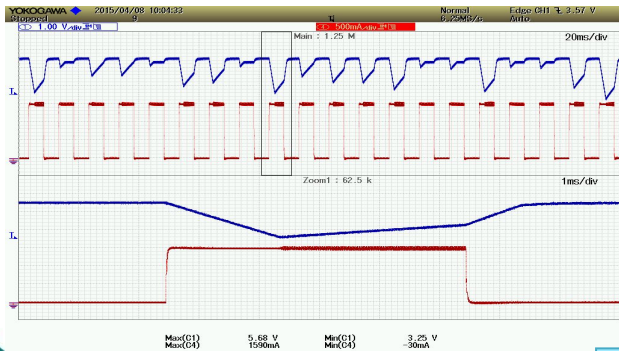
PWM_QR模式
=无音频噪音

提升环路响应—动态专利技术

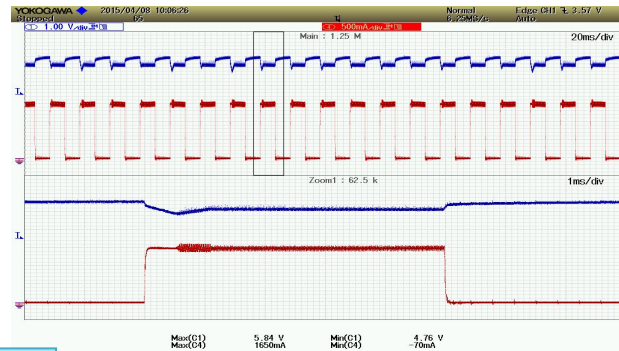


动态负载响应能力:

现市场上大多PSR控制器动态负载响应能力都比较差,在负载电流由空载到满载之间切换时,输出电压几乎会降低到0V,严重影响终端应用;而经过优化,提升环路响应能力之后,相同条件下,输出电压变化率保持在 $\pm 10\%$ 以内



动态测试条件:
频率: 100Hz
占空比: 50%
负载: 0A→2A→0A



输出变化率 $< +10\%$

完善保护功能以及可靠性

为了适应市场需求，因此必须要有更完善的异常保护能力、更高可靠性的能力

1、VDD工作范围：

为了后续适应快充的需要，输出电压会由5V上升到9V甚至12V，因此VDD的工作范围必须增大，VDD工作电压最好可以达到33V；

2、异常保护能力：

FB保护：FB开路，FB分压电阻分别开路或短路均会触发保护而不至于损坏器件；

CS保护：CS脚短路时，芯片最好能Latch，以避免损坏器件，特别是MOS；

输出短路：在输出电压低于3V时，必须触发保护，以避免损坏器件或次级电路；

过温保护：芯片结温太高，比如160 °C，可以触发过温保护，以避免损坏器件；

3、可靠性：

为了保证顺利通过安规测试，芯片必须要有强大的ESD能力，比如4KV（HBM）；

芯片内置MOS的耐压也必须要有足够裕量，比如700V耐压；

其他方面

恒流控制原理：

$$I_{sec_pk} = I_{pri_pk} \times N_{ps}$$

$$I_O = \frac{I_{sec_pk}}{2} \times \frac{T_{demag}}{T_P} = \frac{1}{2} N_{PS} \frac{V_{CS}}{R_{sense}} \times \frac{T_{demag}}{T_P}$$

只需要调节Rsense，即可设定输出恒流点

恒压控制原理：

$$V_O = V_{REF_CV} \times \frac{R_{FB_UP} + R_{FB_DOWN}}{R_{FB_DOWN}} \times \frac{N_S}{N_{AUX}}$$

只需要调节R_{FB_UP}，R_{FB_DOWN}的比例即可设置输出电压

CC/CV原理和其他控制方案相同，但恰到好处的补偿可使系统电气特性锦上添花！

- 1.最好可以内置温度补偿，以确保高低温时的恒压恒流精度；
- 2.输入线电压的影响最好可以得到补偿，以确保高低输入电压的恒流精度，提高系统线性调整率；
- 3.输出线损也需要得到补偿，以确保轻载和重载时输出线端电压精度，提高系统负载调整率；

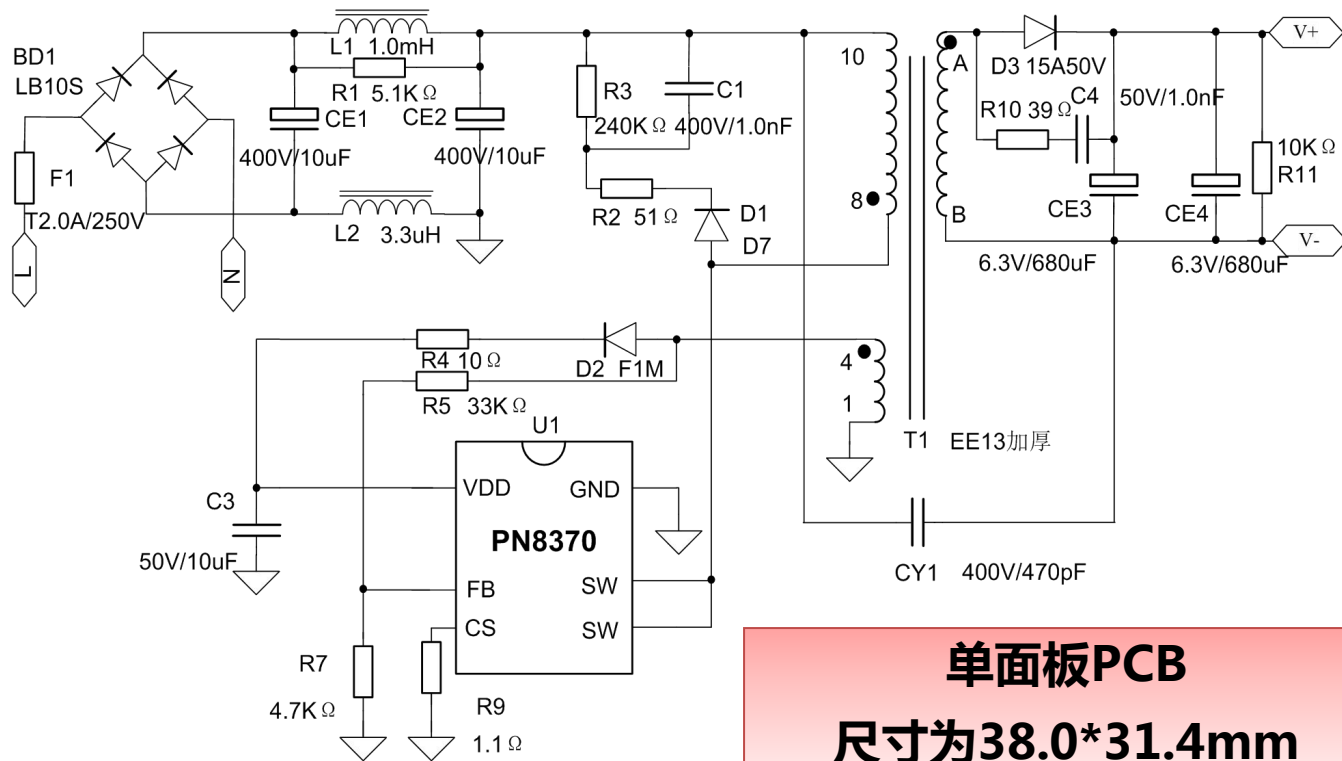
总结

以上讨论的项目全都是从控制IC内部来做优化处理，不影响电源系统设计，包括变压器设计，以及PSR基本的恒流恒压原理都不受影响，因此若管脚定义兼容，甚至可以在已设计好的方案上直接替换IC就可以带来这些改善；既可以方便我们以后的新方案的设计，也可以方便对以前旧有方案的升级；

相对于现在市场上的应用方案，可得到如下改善：

- 1、电路及其简洁，PCB Layout更容易，也更适合小尺寸应用；
- 2、待机：待机可以达到30mW，满足现在业内最高要求；
- 3、效率：对于5V/1A系统，1/4轻载效率能提高约6%，重载由于QR工作方式也可以改善约0.5~2%，整体四点平均效率可以提高约2~3%，轻松满足六级能效；同时轻松满足COC V5对10%负载效率要求；
- 4、可以避免音频噪音，提高动态响应能力，使输出负载由空载到满载变化，输出电压变化小于 $\pm 10\%$ ，极大地扩大应用范围；
- 5、完善的保护功能，极高的可靠性能力；

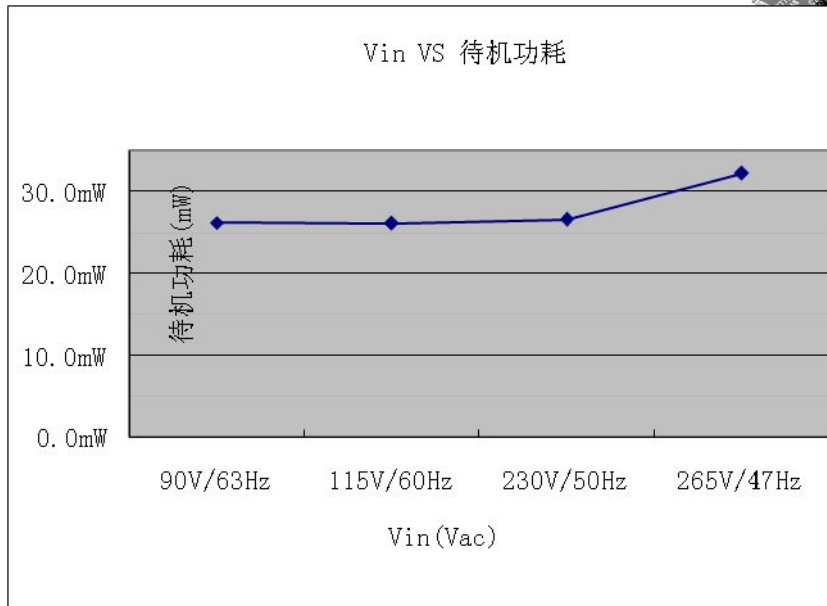
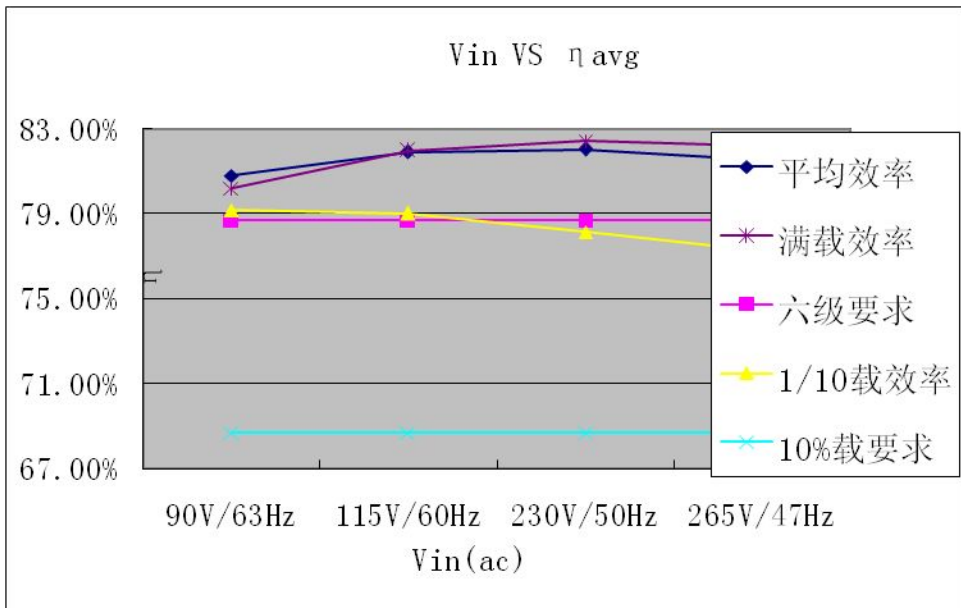
5V/2.0A 实测电路



单面板PCB

尺寸为38.0*31.4mm

5V/2.0A效率待机实测结果

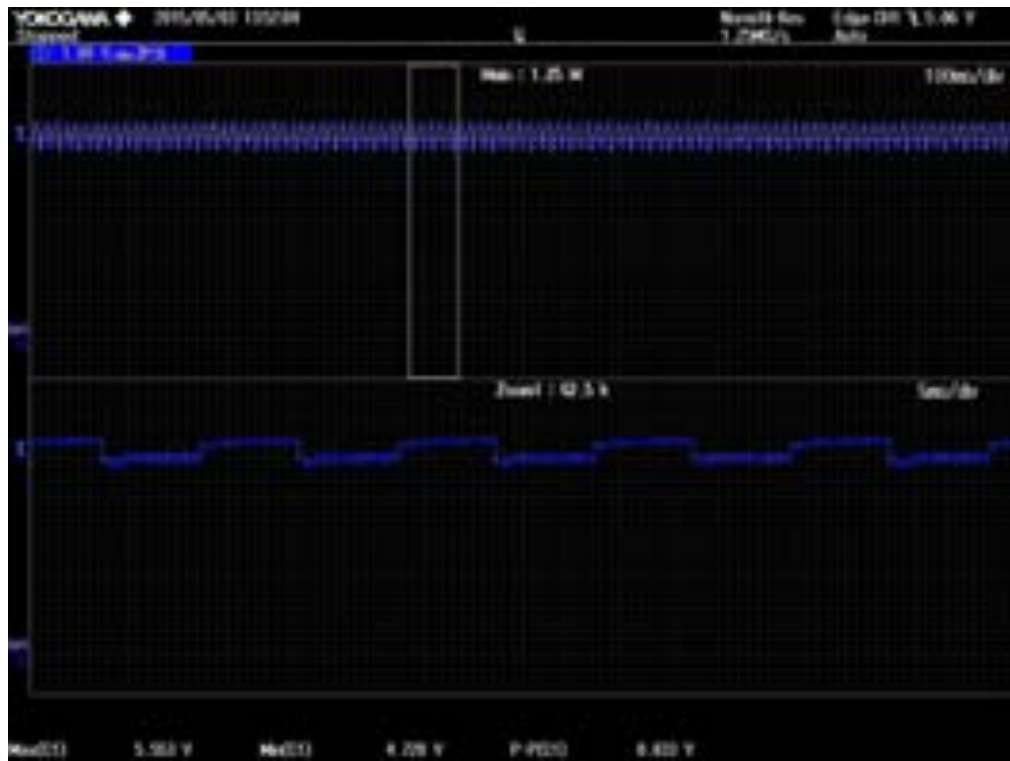


相对于COC V5对10%载要求 (68.7%) 有8%以上的裕量

相对六级能效的要求 (78.7%) 有3%以上的裕量

六级能效要求待机小于100mW, COC V5能效要求待机小于75mW, 实测230Vac时待机小于30mW

5V/2.0A动态响应实测结果



I_o 变化范围: 0%~100%
(0.0A~2.0A)

I_o 变化斜率: 1.0A/ μ S

I_o 变化周期: 10mS

I_o 变化占空比: 50%

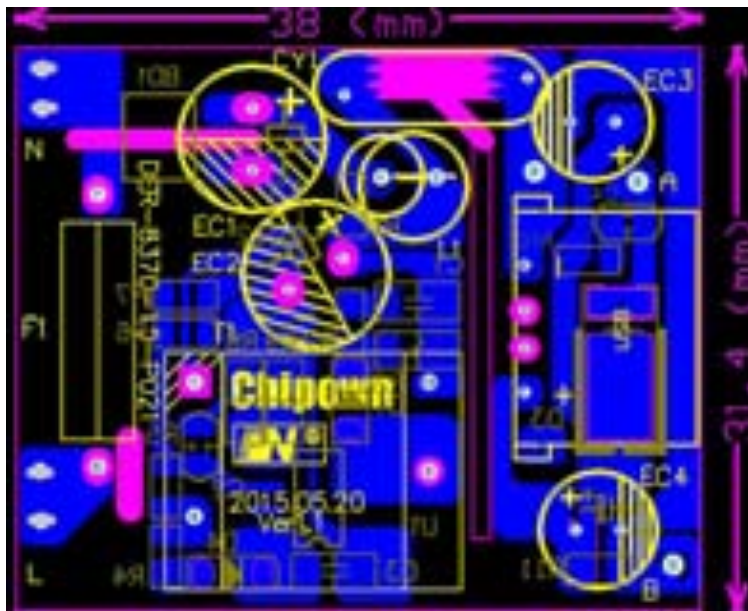
V_o 实测范围: 4.72V~5.55V
($\Delta V_o < \pm 10\%$)

5V/2.0A安规及EMI实测结果

安规及EMI测试:

测试项目	测试点	能力
HI-POT	输入-输出	3.75KV _{ac}
Surge	L-N	1KV
EFT	L	4KV
	N	4KV
	L&N	4KV
ESD	输出端正负	接触8KV
	输出端正负	空气15KV
CE		裕量>-6dB
RE		裕量>-6dB

测试版实物展示



电源网整理 (www.dianyuan.com)

芯朋微电子
Chipown
高性能电源芯片供应商

谢谢！
THANKS!



官方微信

无锡芯朋微电子股份有限公司

Wuxi Chipown Microelectronics Co.,Ltd.

中国江苏省 无锡新区 龙山路 旺庄科技创业中心C幢13层 (214028)

13/F Building C,Wangzhuang Technology Innovation Center,

Longshan Road,New District,Wuxi,Jiangsu,P.R.China 214028

Tel: +86 (510) 8521-7718

Fax: +86 (510) 8521-7728

