

USB 电源适配器的电路保护方案

-----AEM 科技 应用工程师 郭田青

随着当今社会人们手中的手机、平板电脑等智能手持设备功能的不断升级强大，娱乐和个性化的应用也使得设备的电池的续航能力成为其中的一个死角。现实生活中我们可能经常会看到我们周边的朋友随身带个移动电源，没有随身电源就只能随时找地方对设备充电了。因此电源适配器作为标配产品一直成了人们的必需品。

以苹果手机的 USB 电源适配等为代表的小型化适配器越来越受人亲睐，越来越多的电路元器件的 SMD 小型化封装让以往常见的电源充电器能够做到更加的小巧玲珑，集美观与便携于一体。本文从内部电路重要的安规器件——保险丝的应用角度，说明 AEM 科技推出的创新型 SMD 250VAC FUSE——MF2410 系列 适应潮流，如何布局在这类小尺寸 AC/DC 电源适配器上的交流应用，并如何做到我们倡导的“该断时及时断，不该断是不能断，时时保障安全！”的要求呢。

作为一款 UMF 通用模块型保险丝，必须让工程师在设计初考虑满足下述要求。

一、结构上最大限度满足小尺寸电源适配器对器件的小体积要求

以 USB power Adapter 为例，在这个层面上，结构限制了内部元件的体积，例如硬币大小的 PCB 面积也让 SMD 元件成了工程师的首选。

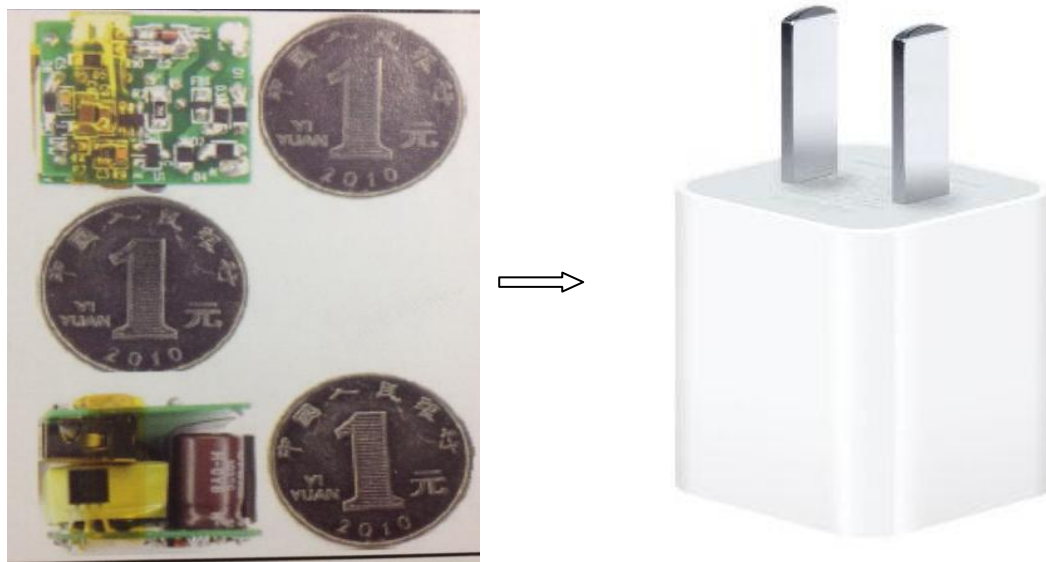


图 1 整体设计的 PCB 面积均如硬币大小，可以让外观做到迷你型。

作为安规元件的保险丝，MF2410 通用模块保险丝满足了上面的小体积和 SMD 工艺的需求。相对于传统保险丝的尺寸，MF 的体积小优势十分明显。

我们来看看市面上常用的几种保险丝尺寸大小比例：

表 1 常见保险丝尺寸比较

	长 (约)	宽 (约)	本体高 (约)	投影面积 (约)
圆头 (小黑豆)	直径约 8.5mm		7.6~8mm	56.7mm
方头 (小黑豆)	8.35~8.5mm	4~4.3mm	7.7mm	33.4~36.6mm
玻璃管/陶瓷管	10~20mm	直径 3.6~5mm		36~100mm
微型	7.1mm	直径 2.8mm		19.9mm
PTC	8.3~13mm	3.8mm	10.7~22.5mm	31.5~49.4mm
MF2410	6.1mm	2.5mm	2.2mm	15.3mm

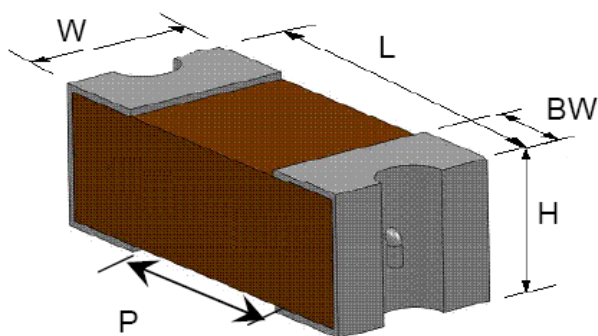


图 2 可以看出 MF 通用模块保险丝最大限度满足对体积的要求。

二、适合回流焊与波峰焊的 SMT 工艺

从生产工艺上讲，AEM 的 MF 保险丝材料与结构独具特点，这种 SMT 生产工艺不单省却了不少人工与辅材成本，根据我们对采用 SMD fuse 的客户原因调查，插件的引脚弯折加工导致 fuse 本体坏也是其中一种原因。

其次，由于电源电路插件的元件必不可少，因此生产工厂有采用波峰焊焊接的方式，保险丝需要承受波峰焊锡高温，与业界其它 SMD 陶瓷保险丝相比，AEM 的 UMF 通用模块式保险丝以环氧树脂为基体，电镀通孔的连接方式使熔丝与端头形成可靠的电连接和机械连接，不存在端头焊接受热脱帽现象，耐高温的能力突出。

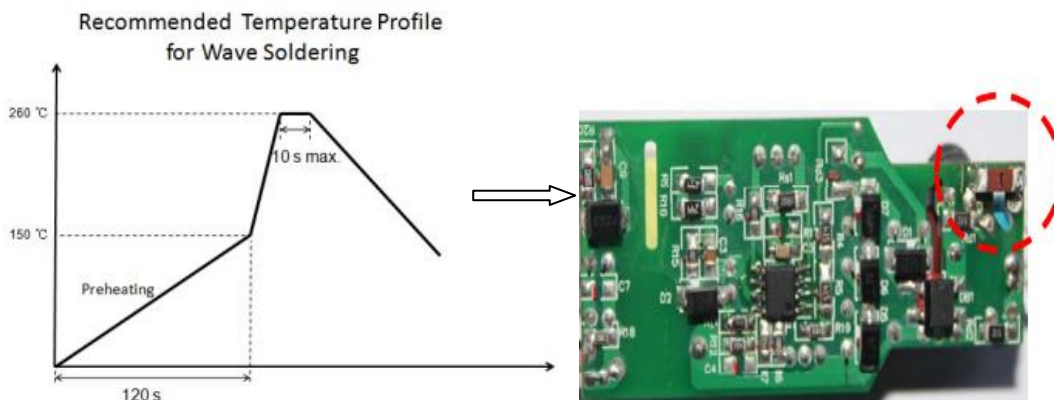
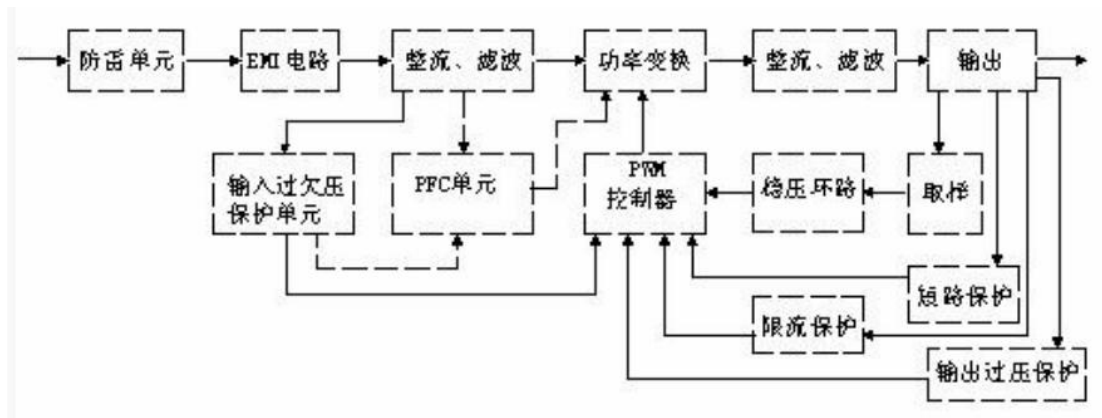


图 3 满足波峰焊、回流焊或手工焊的焊接工艺

三、基于电源电路设计的应用

USB 电源适配器电路属于 AC/DC 电源线路，典型的开关电源组成如下：



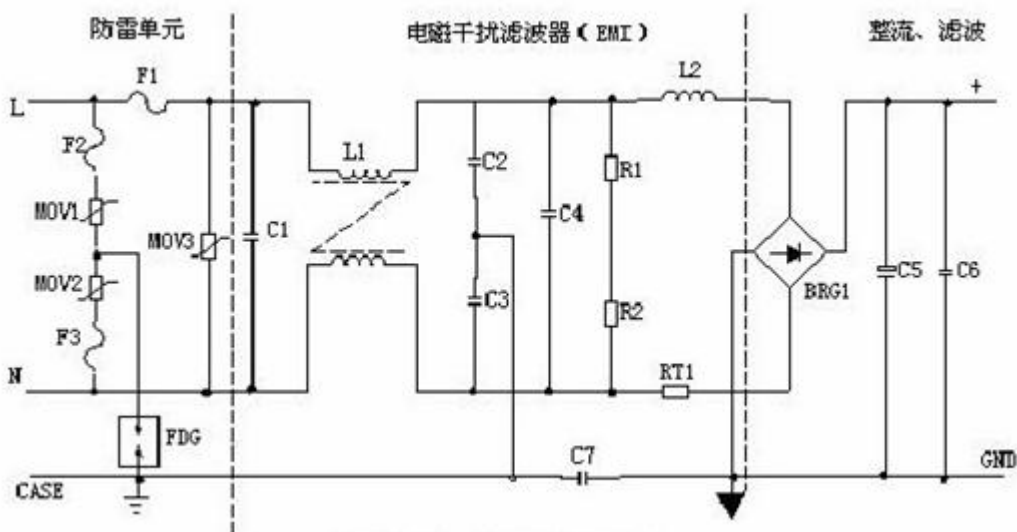
开关电源电路组成框图

开关电源的主要电路是由输入电磁干扰滤波器 (EMI)、整流滤波电路、功率变换电路、PWM 控制器电路、输出整流滤波电路组成。辅助电路有输入过欠压保护电路、输出过欠压保护电路、输出过流保护电路、输出短路保护电路等。

1、常见输入电路对保险丝的雷击测试考量：

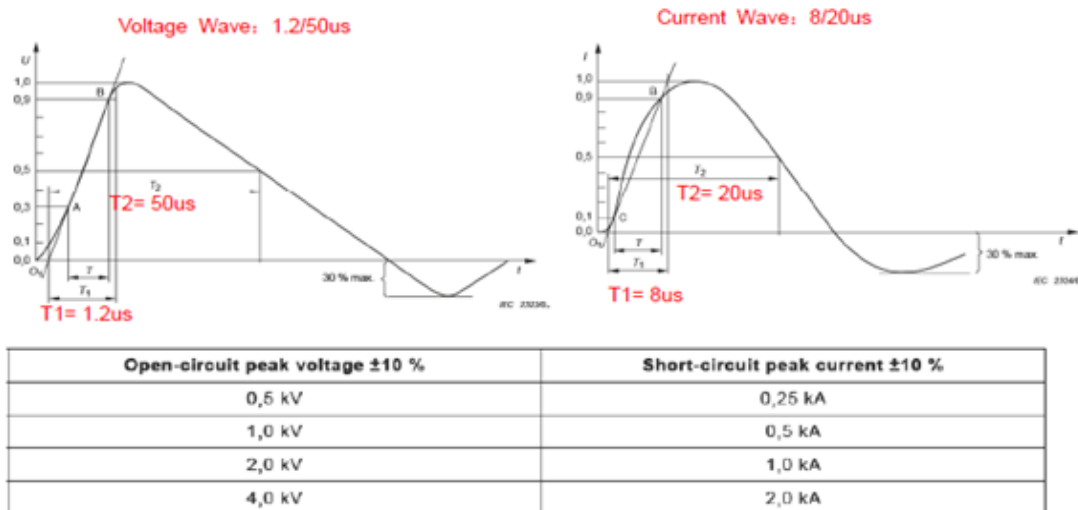
1.1、AC 输入防雷电路工作原理：

雷击测试时，由 MOV1、MOV2、MOV3、F1、F2、F3、FDG1 组成的电路进行保护。当加在压敏电阻两端的电压超过其工作电压时，其阻值降低，使高压能量消耗在压敏电阻上，若电流过大，F1、F2、F3 会烧毁保护后续电路。当然在实际客户应用中，基于成本考虑，大部分厂家对 F2、F3 只在严酷的环境中使用。典型电路单元如下：



1.2 我们来计算差模雷击对保险丝的要求：

>>电路若有阻抗(如 MLV)，Peak 值估计大约为理论值的 60~70%；例如，IEC61000-4-5 典型的雷击电压和电流波形及参数如下：



根据 IEC 最新标准要求四个相位角度测试至少 10 次，计算：

对于差模 500v, $I^2T = 0.5 \cdot (250A \cdot 70\%)^2 \cdot 30\mu s = 0.416 A^2S$.

由此估算：差模 500V，需要保险丝的 I^2t 至少 0.46 A^2S 以上，MF2410 系列 1A 保险丝在该时间段 I^2t 为 0.6 A^2S ，满足 500V 雷击要求。

对于差模 1000v, $I^2T = 0.5 \cdot (500A \cdot 70\%)^2 \cdot 30\mu s = 1.83 A^2S$.

由此估算：差模 1000V，要求 2 以上，MF2410 2A 保险丝在该时间段 I^2t 为 3 A^2S ，因此可以满足该级别雷击的需求。

根据欧规 EN55024 和国标 GB17618 标准，通信类消费电子产品电源 (charge、Adapter...) 基本以满足雷击差模 1000V 为准。因此，基于 2410 尺寸的 MF 2A 保险丝满足差模 1KV 的雷击要求。

2、对开机浪涌的防护

为了避免保险丝不正常的熔断，除了要知道 AC/DC 电源正常工作电流，工程师对 Inrush current 进行计算评估也显得相当重要。电源电路存在较大的储能元件，AC 输入端的滤波网络主要是对输入电源的电磁噪声及杂波信号进行抑制，防止对电源干扰，同时也防止电源本身产生的高频杂波对电网干扰。如电路图中，当电源通电瞬间，要对 C5 充电。由于瞬间充电电流大，对保险丝熔丝形成熔断风险，这种情况要求工程师对 Inrush current 做计算评估了，再选定额定电流规格的保险丝。例如，我们曾对采用 4.7uf 的电解电容的 10W 电源适配器捕捉的 Inrush current 波形情况如下：



上图参数如下：Inrush Current : $I_{peak}=35.9A$; Duration : $t\approx 30\mu s$

计算 Inrush $I^2t=1/2 * I_{peak}^2 * t=0.0019 A^2S$ ，按照保险丝脉冲折减比例，满足 100000 次开机浪涌的需求，保险丝的 I^2t (热熔值) 需要满足：

$$0.0019/20\%=0.095 A^2S$$

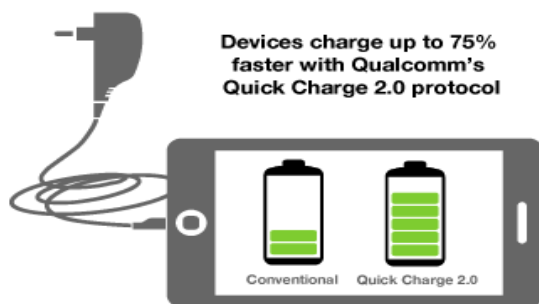
所以需要保险丝的 $I^2t\geq 0.095A^2S$ ，从抗电流浪涌角度 MF2410F0500TM 以上型号保险丝均满足要求。

3、UMF 保险丝的通用性问题

保险丝除了满足电路的上述要求外，产品的通用性也是工程师考虑的问题，作为安规器件，如此小尺寸的保险丝，获得通往各国市场的安规认证，也是获得客户订单必要条件。事实上，AEM 推出的这款全球技术领先的产品，以全球最小尺寸符合 IEC60127-4 标准，同时取得 UL、VDE、CQC、KC、PSE 等国家和地区安规认证，满足厂家对保险丝熔断安规要求。

4、应用于新型 USB 电源适配器 快充技术的方案。

如今人们的手机和平板电脑等移动设备的屏幕越来越大，设备耗电量的越来越高的情况，



市场要求电源制造商须在更小的产品体积当中提供更大功率的充电功能。目前，最新的 AC/DC 适配器解决方案是基于高通 Quick Charge 2.0 协议的快速充电解决方案。作为最新的 USB 电池充电技术，它使支持 Quick Charge 2.0 的被充电设备比传统的 USB 充电方式快至 75%。

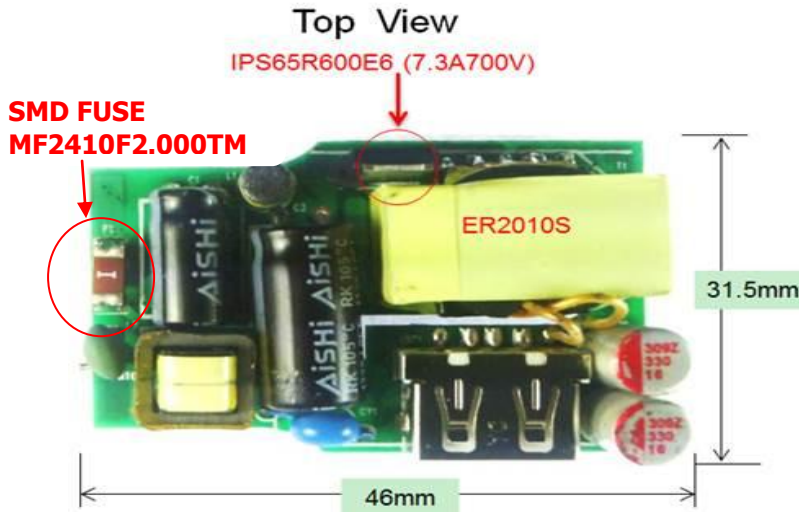
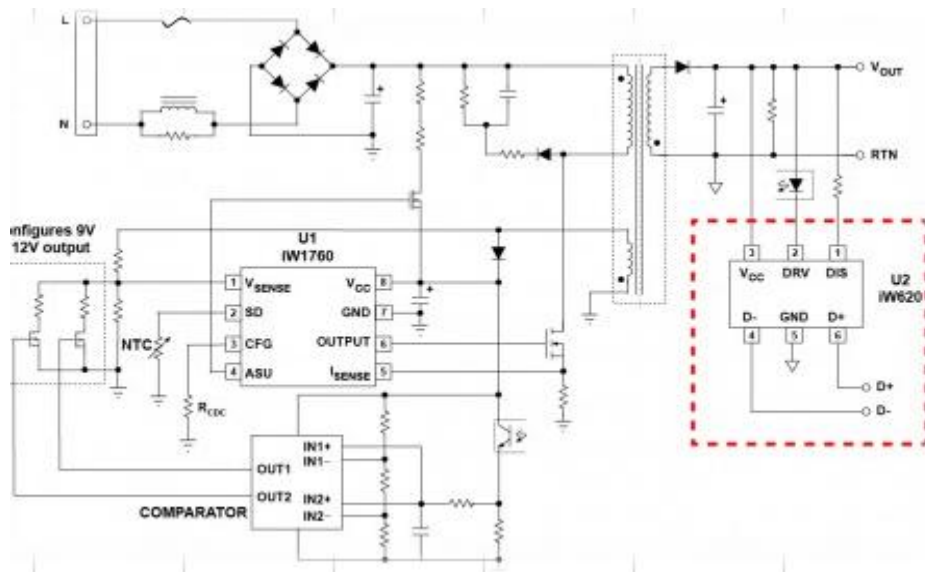


图 4 采用 MF2410 2A/250VAC fuse 的 iwatt 快充方案

程序的主动快速放电专利技术能将输出电压从 9V 或 12V 降至 5V，因此，当用户拔掉连接 Quick Charge 2.0 手机的 USB 数据线，再将其连接至非 Quick Charge 2.0 手机时，iW620 可以迅速把输出电压降至 5V，避免对其造成损坏。基本原理图如下：



(以上来源于 dialog 公司官网 iw620 方案介绍)

这类代表着最新 USB 充电技术的 AC/DC 适配器选择 SMD fuse 的优势除了前述的参数满足要求外，还具备下列的优势：

4.1 . MF 保险丝支持更低的待机功耗和更高的性价比

为了应对日益严苛全球环保法规，例如欧盟的外部供电能源效率行为准则(Code of Conduct, CoC)对充电产品的功耗和效率都提出了具体的更高要求。因此电源方案制造商有必要对快充方案做到待机功耗足够小和高效率的运作输出充电功率。

目前市场上有采用保险电阻的电源适配器，功耗远大于应用保险丝的功耗。例如，选用市面上常用的 10Ω 5% 1W 的保险电阻与 MF 2410F1.000TM（内阻约 0.0084Ω）功耗相比： $W=I^2 R$ ，输入阻抗的增大，将给整个系统增加无谓损耗。

现今，由 PI、Dialog、NXP 等电源 IC 领导厂商纷纷推出兼容 Quick Charge 2.0 协议的快速充电的电源 IC，预计未来几年支持 Quick Charge 2.0 协议的 AC/DC 适配器将逐步普及。

这类新型的小尺寸低功耗 USB 电源适配器追求的元件 SMT 工艺化，逐渐降低生产企业人力成本等。随着市场的逐步扩大，又促使 SMD 元件厂家推出更符合市场要求的价格，进一步满足小型电源适配器对元件高性价比的要求。

综上所述，对 MF2410 系列 250VAC fuse 从产品尺寸、工艺、安规和功耗等在这种小尺寸低功率 AC/DC 电源适配器上应用的几个角度进行了阐述，说明这类 SMD 250VAC fuse 电路保护元件将逐步在 AC/DC 电源市场占据主流应用。

参考文献：

1. 《AEM Fuse 选型介绍》 2010