

小功率便携式音频产品(含 Charger 和 DC-DC)的辐射发射超标 对策

Roger Ding

China MNC FAE

摘要

小功率便携式电子产品目前常用锂电池和 Boost(Buck)芯片给 MCU、Audio 以及显示屏等器件供电。此类产品通常使用适配器供电，设计要求充电部分工作时，必须通过测试并符合 EMC 标准。一般来说，为了提高系统工作效率，锂电池充电芯片都是基于开关工作方式，类似一个开关电源，另外，可能其他的开关电源芯片在同时工作，器件均为开关工作方式，提高了工作效率，同时引入了辐射问题，这也是电子产品设计过程中的常见问题。本文基于一个产品设计实例（用 BQ24133 单电池充电电路和 LM3478 升压电路），对设计过程中曾经遇到的辐射难题进行了详尽的分析。确定骚扰源，找出耦合路径，最终给出解决问题的方法，以供大家作参考。

内容

1. 便携式音频产品电源系统介绍	2
1.1 背景.....	2
1.2 音频产品供电回路.....	2
2. EMI 问题分析	3
2.1 EMI 问题的产生.....	3
2.2 分析辐射发射超标的原因:.....	3
3. 解决问题的办法:	3
3.1 Layout 注意事项:.....	3
3.2 其他注意事项.....	5
3.2.1 布局.....	5
3.2.2 共模电感的使用.....	5
3.2.3 测试注意事项.....	5
4. 结论:	5
参考文献:	5

1. 便携式音频产品电源系统介绍

1.1 背景

实际的产品开发中，便携式产品的 EMI 测试是用适配器给产品充电，有其他外接设备连接也需要在测试时接上。下面以一个实际产品的开发为例，说明这类产品设计的 EMI 设计要注意的问题，以及遇到辐射发射超标，如何来分析问题产生的原因。并找出解决问题的办法。

1.2 音频产品供电回路

如下图 1 是一个 Audio 产品的电源部分的原理图,这个产品有一个 charger 芯片 BQ24133，在这个应用中设置最大充电电流 2A。有一个 Boost 芯片 LM3478，把电池电压升压到 10V 给 Audio 芯片供电，满载电流 1A，另外一个 Boost 芯片 LM3478，把电池电压升到 5V，给 iPhone 或者 iPad 充电，最大电流 2A。适配器的直流输出线规格是 1.5 米，手机充电的电源线约 0.5 米，整个 PCB 板面积大概 12mm×8mm，设计为两层板。

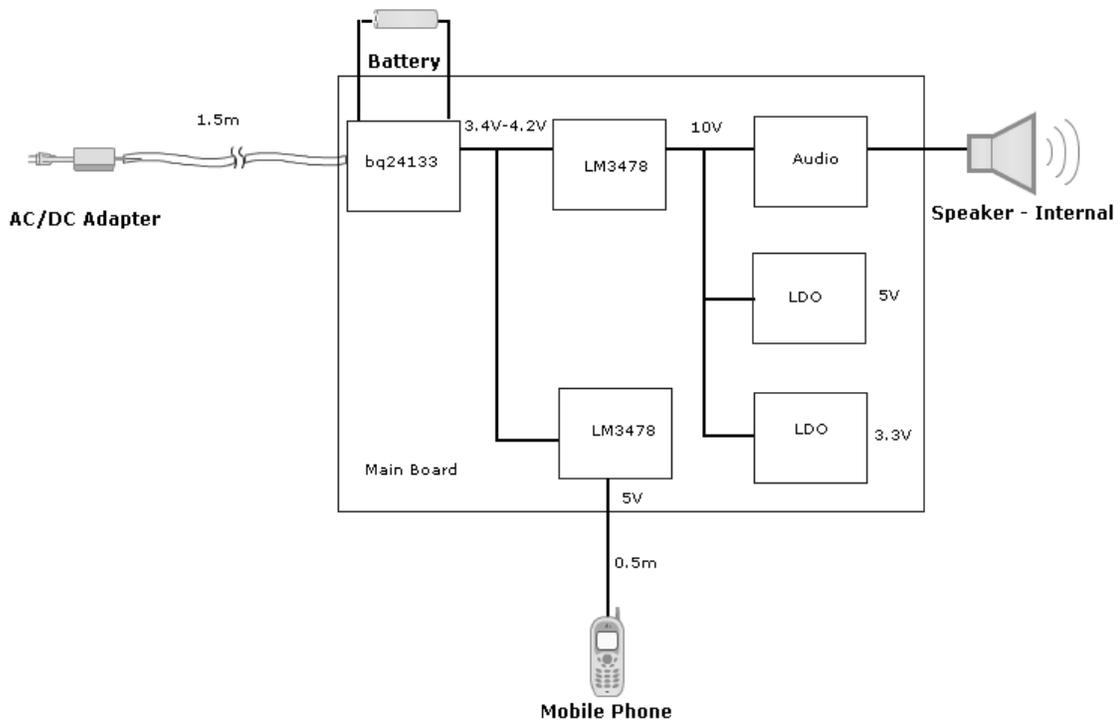


图 1: Audio 供电回路图

2. EMI 问题分析

2.1 EMI 问题的产生

这类便携式产品要求通过标准 EN55022, Class B。这个产品的初版样机在辐射发射测试时（未接手机），辐射发射 30M 到 300M 频段严重超标，在 200MHZ 左右，超标 20DB 以上。

2.2 分析辐射发射超标的原因：

首先，先分析辐射超标产生的原因，我们知道 EMC 三要素，骚扰源，耦合路径和敏感设备。这个产品中开关方式工作的器件无疑是骚扰源，也就是 BQ24133(开关频率 1.6MHZ)和两个 LM3478（开关频率 400KHZ）。再看耦合路径，30M 到 300M 频段对应的波长是一米到十米，如果要发射一定波长的电磁波，需要一根发射天线，成为天线的必要条件是长度至少要大于波长的二十分之一，当天线是电磁波半波长的整数倍时，发射功率最大。满足以上条件能成为天线的导线就是几根外接线，最有可能的是适配器的直流电源线 and 地线。分析 layout 设计，发现产品设计时，只用了一个地，在整个 PCB 的两层均大面积铺地，并且与适配器的地线连接在一起，加上手机的充电导线，构成一根超过两米长的地线。另外 BQ24133 充电电路和两个 LM3478 的升压电路底下也是大面积的铺地，造成高频干扰直接耦合到地平面，通过长的地线发射出来。

3. 解决问题的办法:

针对以上分析，做了整改。由于是便携式音频设备，没有 PE 线，无法使用 Y 电容，客户也不希望使用共模电感增加成本，所以主要优化 layout。采取了以下措施：

3.1 Layout 注意事项:

1)将每个电源回路梳理，将模拟地和数字地分开，每个单元电路不要相互交叉。BQ24133 的数字地和模拟地分开走线，在芯片下通过一个 0 欧姆电阻的单点接。另外，BQ24133 的功率地最好将整个产品的地适当分割，单点连接。

2)减小谐波回路面积，对 LM3478，如图，MOS 管开通时，Cin, L 和 MOS 构成一个回路对电感充电，请看图 2 (a) 的 Cycle1。MOS 管关断时，Cin, L, D, Cout 构成另一个回路对电感放电，请看图 2 (b) 中的 Cycle2。对于二极管 D，交替工作在正向导通和反向截止的状态，因此，有很高的反向恢复尖峰电压，需要在二极管两端加 Snubber 电路来抑制这个尖峰电压，以避免产生过大的共模噪声。这两个回路的工作频率是 MOS 的开关频率，谐波分量，布板时要尽量减小谐波回路的面积。要把这两个功率回路的器件靠近放置，走大铜皮宽走线，减小开关频率谐波的回路阻抗。

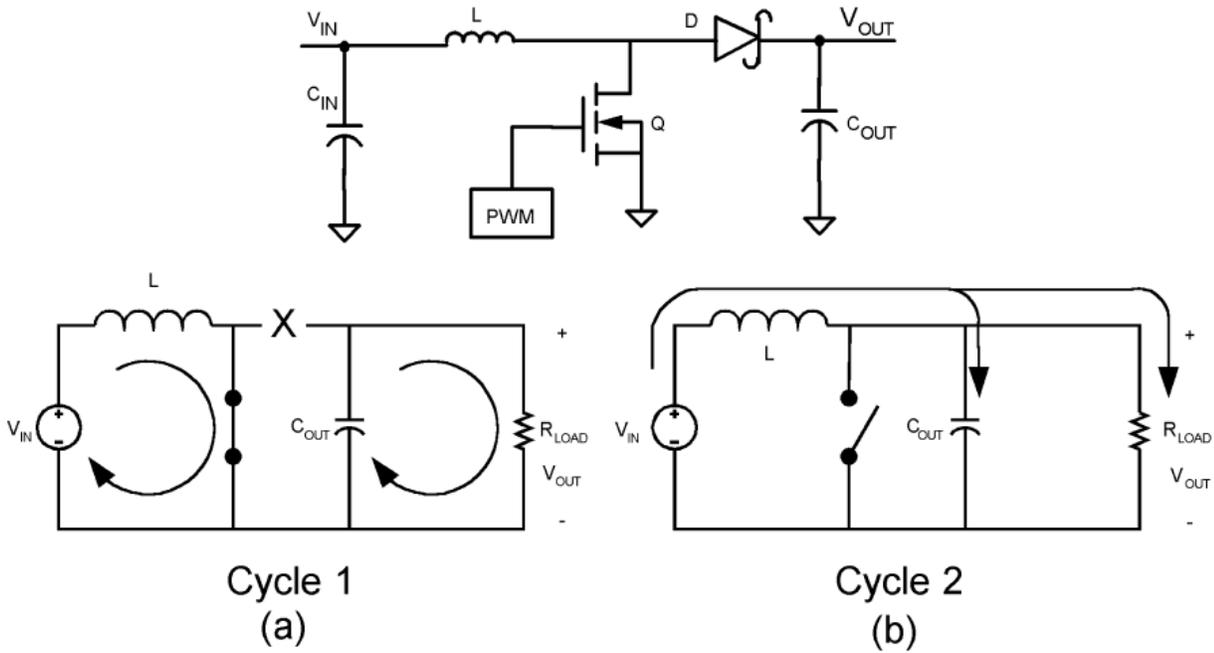


图 2: LM3478 工作原理图

BQ24133 实质是一个 Buck 回路。也有类似的问题。请看图 3, BQ24133 工作原理图, 输入电容 C1, 整流管开通, 续流管关断, 整流管电感和负载构成一个高频回路, 有很高的 di/dt 。另外, 整流管关断, 续流管开通时, 电感电流通过续流管续流 (在重载时续流管工作在电感电流连续模式), 电感电流没有减小到零时整流管又会开通, 这是续流管被强制加反向电压而截止, 产生很高的反向恢复电压尖峰 (虽然是同步整流, 由于死区的存在, 死区时间内仍然是二极管整流), 这会导致比较大的共模噪声, 所以需要在 SW 对 PGND 加 Snubber 电路来抑制续流管的反向尖峰。因此, 输入滤波电容 C1、电感 L1 和输出滤波电容 C2 应尽量靠近芯片布置, 减小高频回路面积。功率回路走线应走大铜皮宽走线, 减小谐波阻抗, 最好都布置在 PCB 的同层, Snubber 放置在紧靠下管的位置。

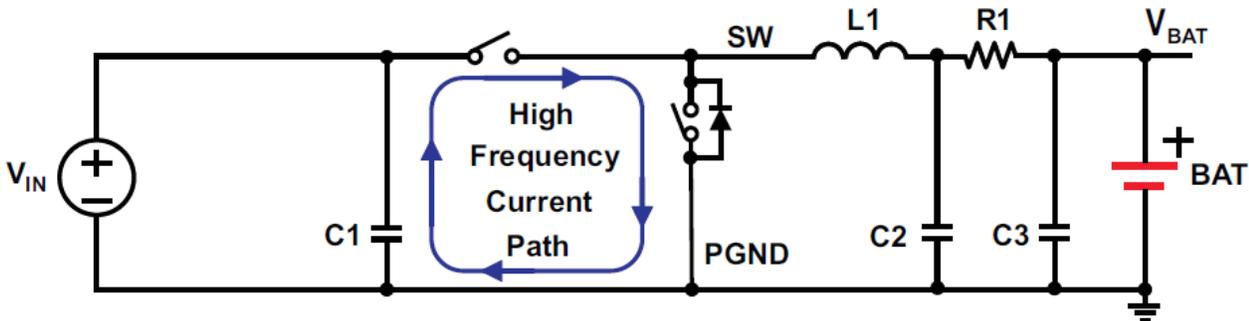


图 3: BQ24133 高频电流回路图

总的来说，LM3478 和 BQ24133 的输入输出走整块大铜皮，将输入电容和输出电容紧靠功率开关管，使回路围成的面积最小。选择 ESR 较小的电容，由于成本原因，这类产品用的电容都比较差，这个项目原来用电解电容，建议多增加些瓷片电容组合使用，这样在低成本下获得好的效果。这样使输入输出的开关频率的谐波回路尽量小，谐波阻抗尽量小，可以减小回路对外的辐射干扰。

3) 上面提到在 BQ24133 的下管加 Snubber 电路（加在 SW 和 PGND 之间），在 LM3478 的续流二极管加 Snubber 电路。Snubber 电路紧贴开关管管脚，加宽走线，高频谐波就近旁路。首先可以先预放一个 2-3ohm 的电阻，电容取 500-1000pF。在辐射测试中，如果裕量不足或者超规格，就适当增加 RC，以吸收更多的高频能量，如果裕量过大，应减小 RC 的值以提高效率。

4) 对于两层板来说，将电感和 MOS 等功率器件和功率器件之间走线下面的 GND 铜皮去掉或者减小。降低开关管到 GND 的分布电容，减小共模耦合。

3.2 其他注意事项

3.2.1 布局

一般来说，如果条件允许，尽可能把电源回路跟其他电路在布局上适当分开。例如，把电源类器件布置在 PCB 左侧，跟其他电路适当留隔离带。输出线和端子尽量远离开关管，电感等器件。在谐波较大的回路上，注意 PCB 走线避免用锐角，尽量倒钝角或走圆角。

3.2.2 共模电感的使用

对于多节电池，充电功率增加，电池输出线尽量减小长度，避免电池线变成辐射天线。另外，可考虑适当增加共模电感来抑制电池线共模干扰。

3.2.3 测试注意事项

建议客户辐射测试时用蓄电池加 1.5 米线做输入源，排除 Adapter 造成的干扰。另外，测试中调整 Snubber 参数，在效率和 EMI 中取得一个平衡点，RC 的值不能加的过大，以免导致 IC 过热。所以，干扰源噪声比较大时，要考虑多种措施同时使用，以取得最优的效果。

4. 结论：

经过整改后，优化了 layout，顺利通过了辐射测试。从这个项目，总结一些经验。首先，确定骚扰源和发射天线，增加 Snubber 电路吸收骚扰源的高频谐波。其次，判断耦合路径，重点通过优化 layout，使谐波就近通过电容旁路，减少骚扰源的高频骚扰到外接长线的耦合。EMC 设计的本质，就是如何处理好谐波的问题。

参考文献：

- LM3478 datasheet Oct, 2011
- BQ24133 datasheet May, 2011

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

产品	应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio 通信与电信 www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers 计算机及周边 www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters 消费电子 www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com 能源 www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp 工业应用 www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers 医疗电子 www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface 安防应用 www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic 汽车电子 www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power 视频和影像 www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys
OMAP应用处理器	www.ti.com/omap
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity 德州仪器在线技术支持社区 www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道1568号, 中建大厦32楼邮政编码: 200122
Copyright © 2014, 德州仪器半导体技术(上海)有限公司