

设计实例

EMI很低的高压充电泵

作者：Tony Armstrong，凌力尔特公司电源产品部产品市场总监

开关稳压器由于尺寸、输出灵活性和效率优势，成为很多电源转换电路的流行选择。视运行条件的不同而不同，这类电源的转换效率现在可以达到98%的水平。但是，尽管有这些优势，这类电源还必须在其他参数上做出妥协，其中最难的一个就是噪声。

什么是开关稳压器的“噪声”？为了更好地理解这个术语，让我们从开关模式电源产生宽带谐波能量入手。这种人们不想要的能量以两种形式出现，即辐射和传导，在业界，它们通常被称为“噪声”。然而，这个名称并不够准确，因为开关稳压器的输出“噪声”根本就不是噪声，而是直接与稳压器的开关切换有关的、自然而然剩余的高频分量。这种现象的正确叫法是电磁辐射，或者更常见的叫法是EMI。而且，确实，EMI有辐射和传导两种形式。

既然在很多电路应用中，要实现最佳性能，无噪声、良好稳压的电源非常重要，那么能够降低在这种转换过程必然存在的噪声也就非常重要了。降低噪声的一种显然方式是使用线性稳压器。然而，尽管线性稳压器提供噪声很低的电源轨，但是在高降压比时，其转换效率不佳，这在大输出电流应用中，可能导致设计出现热

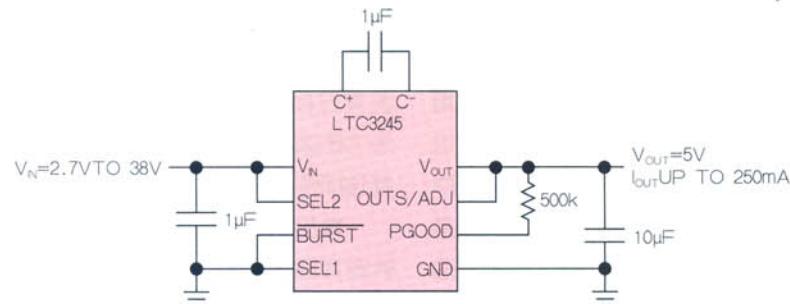


图2：LTC3245原理图，从2.7V至38V输入提供固定5V输出。

量问题。

相应地，开关稳压器通常比线性稳压器的转换效率高，因此当最终应用需要大输出电流时，开关稳压器的热量设计会更简单。人们能够很好地理解，在决定几乎所有电源成败时，元器件选择和电路板布局发挥了非常重要的作用。这些方面决定了运行时的EMI和热量表现。对外行而言，开关电源布局也许看似魔法，但实际上，在设计初期，这常常是被忽视的一个基本方面。既然总是必须满足运行时的EMI要求，那么对电源运行稳定性有好处的事，通常对降低EMI辐射也是有好处的。此外，从一开始就确定一个良好的布局，不会给设计增加任何成本，而且实际上，由于无需EMI滤波器、机械屏蔽、EMI测试时

间和无数次修改电路板，因此还有可能节省了成本。

另外，在一个设计中采用多个开关模式DC/DC稳压器以产生多个轨时，如果这些稳压器并联，以均分电流并提供更大的输出功率，那就有可能加重噪声引起的潜在干扰问题。如果所有稳压器都以一个相似的频率运行(切换)，那么电路中多个稳压器合起来产生的能量就有可能集中在一个频率附近。这种能量的存在可能会成问题，尤其是如果印刷电路板(PCB)上其余IC以及其他系统电路板相互靠得很近而易于受到这种辐射能量影响时。在工业和汽车系统中，这尤其有可能造成麻烦，因为这类系统都是密集排列的，而且非常靠近电噪声源，例如机械切换的电感性负载、PWM驱动功率输出、微处理器时钟和触点切换。此外，如果以不同频率切换，那么互调分量有可能混叠到敏感频段中。

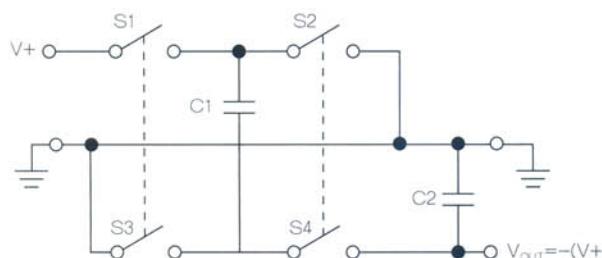


图1：一个电压反相器的简化充电泵方框图。

开关稳压器辐射

在工业、医疗和汽车环境中，散热少、效率高对应用很重要，因此通常用开关稳压器替代线性稳压器。此外，开关稳压器一般是输入电源总线

设计实例

上的第一个有源器件，因此对整个产品设计的EMI性能有很大的影响。

传导辐射依赖于连接到产品上的导线和走线。既然噪声局限于设计中的特定端子或连接器，那么如上面已经提到的那样，在开发过程中，常常可以通过良好的布局或滤波器设计，相对较早地确保满足传导辐射要求。

辐射EMI则完全是另一回事。电路板上携带电流的所有东西都辐射电磁场。电路板上的每一条走线都是天线，每一个铜平面都是谐振器。除了纯正弦波或DC电压，任何信号都产生遍布信号频谱的噪声。即使进行了仔细设计，在系统进行测试之前，电源设计师也从不会真正知道辐射EMI有多严重。直到设计基本完成，才会正式进行辐射EMI测试。

滤波器常常用降低EMI，降低某个频率或某个频率范围内的干扰强度。通过增加金属屏蔽和磁屏蔽，可以衰减经由空间辐射的那部分能量。通过增加铁氧体磁珠和其他滤波器，可以抑制依赖PCB走线的那部分能量（传导辐射）。EMI不可能彻底消除，但是可以衰减到其他通信、信号处理和数字组件可接受的水平。此外，为了确保符合工业和汽车系统要求，几家监管机构执行了一些标准。

采用表面贴装技术的新式输入滤波器器件比通孔式器件性能高。然而，这种改进却抵不过今天高频开关稳压器日益提高的要求。在更高的工作频率上要求非常短的最短接通和断开时间，导致因开关转换更快而带来更高次谐波分量，因此增大了辐射噪声。不过，要获得更高的转换效率，就需要这样高的开关速度。开关电容充电泵没有这种问题，因为这种充电泵以低得多的开关频率工作，而且最重要的是，可以容许较慢的开关切换而不会降低效率。

熟练的PCB设计师会设计很小

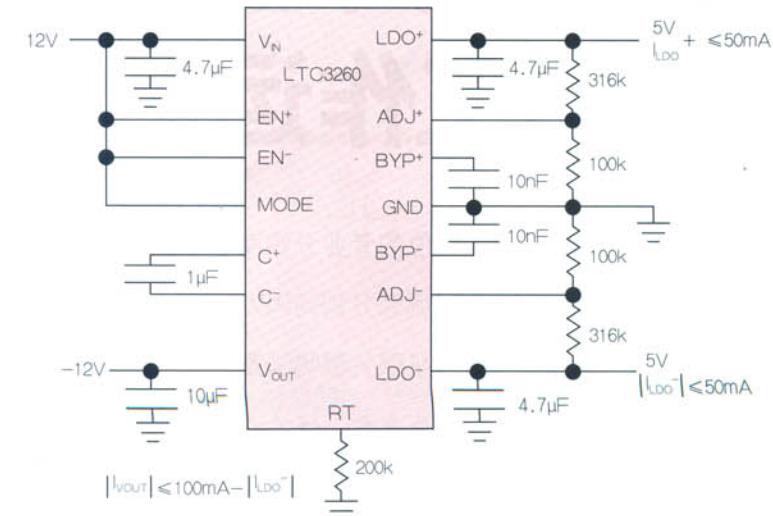


图3：12V输入电源至±5V输出。

的热环路，并使屏蔽接地层尽可能靠近激活层。然而，要在去耦组件中存储充足的能量，对器件引脚布局、封装结构、热设计和封装尺寸就会有一定的要求，这些要求决定了最小热环路尺寸。使问题更加复杂的是，在典型平面印刷电路板中，走线之间高于30MHz的磁性或变压器型耦合将减弱所有滤波效果，因为谐波频率越高，不希望的磁耦合就越有效。

解决EMI问题的另一种方案

已尝试过真正解决EMI问题的方法是，针对整个电路采用屏蔽盒，即使这样，屏蔽也不能完全防止对盒内敏感电路的耦合。当然，这提高了成本，增大了所需电路板空间，使热量管理和测试更加困难并增加了额外的组装费用。另一种经常使用的方法是降低开关速度。这种方法会产生一些不希望的效应，即降低效率，延长最短接通/断开时间以及相关的停滞时间，因此降低了潜在的电流控制环路速度。

在某些噪声应用中，由于相关的EMI辐射，电源设计师不喜欢使用基于电感器的稳压器。同时，由于相对较低的转换效率和需要散热器，线性稳

压器（即LDO）也有可能被排除在外。结果，设计师们转向了另一种常见和称为充电泵的方法。

充电泵已经出现几十年了，它们提供DC/DC电压转换，用开关网络给两个或更多电容器充电和放电。基本充电泵开关网络在电容器的充电和放电状态之间切换。如图1所示，C1是“浮动电容器”，运送电荷，C2是“存储电容器”，保存电荷，并对输出电压滤波。增加“浮动电容器”和开关阵列会实现多种好处。

当开关S1和S3接通或断开时，开关S2和S4断开或接通，输入电源给C1充电。在下一个周期中，S1和S3断开，S2和S4接通，电荷传送到C2，产生 $V_{OUT} = -(V_+)$ 。

高压充电泵

LTC3245是一款升降压型稳压器，丢弃了传统上使用的电感器，而采用了一个开关电容器充电泵。其输入电压范围为2.7V至38V，可在没有反馈分压器的情况下使用，以产生3.3V或5V这两个固定输出电压之一，或者通过反馈分压器设定为2.5V至5.5V范围内的任何输出电压。最大输出电流

为250mA(图2)。LTC3245能够调节高于或低于输入电压的输出电压，从而能够满足汽车冷启动需求。

这个充电泵用12V电源提供5V/100mA输出时，能实现80%的效率，这几乎是线性稳压器的两倍，从而有可能避免像带散热器的LDO那样需要极高的空间和成本。该充电泵满负载时功耗几乎低LDO三倍。

LTC3245还具备出色的辐射和传导EMI性能。这些测量结果是在一个符合CISPR22和CISPR25要求的微型容器中得出的。正如能够看到的那样，恰当地去耦合以后，在满足政

府的辐射和传导EMI监管法规要求方面，LTC3245不会产生任何问题。

在很多工业、医疗和汽车应用中，运算放大器、驱动器和传感器等电子产品常常需要双极性电源。不过，罕有可用于负载点处的双极性电源。由于这种需求以及由于缺少简便易用的解决方案，凌力尔特公司开发了LTC3260。

LTC3260是一款负输出充电泵DC/DC转换器，具备两个低噪声LDO稳压器跟随器，可用单一4.5V至32V输入电源产生正和负电源，完整原理图如图3所示。该器件可以在高效率

突发模式(Burst Mode)运行和低噪声恒定电流频率模式之间切换，从而允许设计师针对应用做出最佳权衡。

LTC3260可用反相输入电压在充电泵输出 V_{OUT} 端提供高达100mA电流。这个 V_{OUT} 还作为负LDO稳压器LDO的输入电压。充电泵频率可用单个电阻器在50kHz至500kHz范围内调节。LTC3260的每个LDO都可支持高达50mA的负载。而且，每个LDO在50mA时都有300mV压差，输出电阻器分压器网络可用来设定输出电压。当两个稳压器都禁止时，停机静态电流仅为2μA。 ■

利用强制歇振法改进三管调频收音机

作者：Lyle Williams

在互联网的各大网站上都可以找到使用超再生收音机接收商用调频电台的实例。由于电路非常简单，对实验室参观人员特别是小孩来讲印象会非常深刻。但如图1所示的基本单管电路有很多缺点，本设计实例介绍了一种更好的电路。

超再生电路基本上就是一个调幅收音机。通过使用调谐曲线的一边将调频改到调幅就能解调宽带调频。虽然这是解调调频信号的一种原生方法，但工作得却很好。

超再生调谐器是一种超再生电路，它以超声波的速率(比如25kHz)进入和退出振荡状态。振荡启停的速率被称为歇振频率。这个频率应该大于人类听觉的上限，但应该尽可能低，因为高歇振频率会降低接收机的灵敏度。输出到RC积分电路的是一系列经脉宽调制的歇振频率脉冲。最后由积分器将这个脉宽调制信号变换为音频输出。

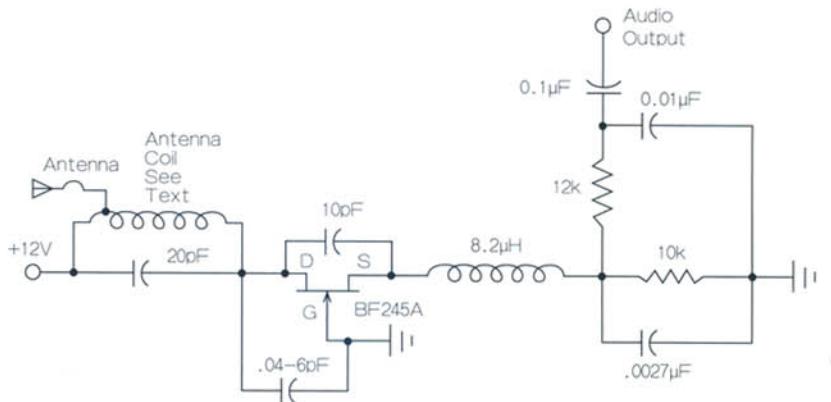


图1：自歇振式单管超再生调频收音机。

图1所示电路就是一种自歇振电路。要让这个电路歇振工作起来是很难的，需要选择最高增益的晶体管，还需要选择合适的工作电压以获得最佳性能。在自歇振电路中，输出可能会失真。另外，歇振频率可能会随调谐而变化，可能会过高或过低。

增加额外的振荡器强制电路歇振

可以解决这些问题。这种歇振振荡器使用了双管非稳定多谐振荡器。这样形成了三管电路——对调频收音机来说仍然是相当简单的电路(图2)。歇振电平控制的调节是这里的关键，因此在这个位置应该使用一个性能良好的单匝电位器。这种振荡器的歇振频率约为21kHz。