

蜂窝式手机中的噪声控制

现代蜂窝电话必须工作在许多讨厌的无用信号之中。在一个典型的移动电话中，信号幅度可能仅有 $0.35\mu\text{V}$ —比邻近的噪声幅度低 100dB 以上。为将此信号放大到适于解调的电平，蜂窝电话通常采用一个中间频率(IF)单元来提供超过 80dB 的增益。

为满足误码率(BER)要求，必须对噪声加以控制。屏蔽和滤波是降低噪声的有效办法，但会增加重量、尺寸和成本，同时也会缩短电池寿命。比较好的办法是在设计之初就考虑降低噪声，使已知的噪声频谱不要干扰射频性能。运用这种噪声控制方法需要了解以下情况：

- 噪声传播机理
- 噪声敏感节点
- 噪声产生电路

蜂窝式手机

数字蜂窝电话的确是包装、人机界面和节能技术方面的奇迹。射频单元包括滤波器、低噪放大器、混频器、功放和频率合成器等。混合模式ASIC将发送和接收单元连接至中频。协同工作的还有一片包含DSP和系统控制处理器的数字ASIC，混合ASIC则包含有数据转换器用于调制和解调中频信号。系统控制处理器还具有人机界面管理和系统功率管理的职能。

功率分配子系统负责电池组的管理和为手机内各单元分配工作电压(图1)。可能包括一个开关模式电源，用来将电池电压提升到适合功放的水平。新型低电压ASIC可用一个小型降压型开关电源供电，其余的射频和模拟电路可采用线性低压差(LDO)稳压器供电。各种调节器可由系统处理器控制启动，根据无线协议(如GSM、IS-95等)的要求有选择地工作。

噪声传播机理

噪声通过传导和辐射进行传播。传导途径包括导线、印制板线条、金属外壳或电子元件等。辐射则是通过空间或其它电介质如电路板材传输噪声能量。传导噪声可用传统电路技术滤除。辐射噪声如果不在源头进行衰减，则需采用屏蔽。传导噪声遇到合适的天线就会变成辐射噪声。尽管辐射噪声可通过屏蔽、导电涂敷和垫圈等加以控制，如果通过恰当的PC布局 and 滤波能够将噪声限制于传导模式，则这些方法可以省去。如有可能，保持传导噪声勿使其辐射是最好的做法。

功率放大器

功放因吸取大电流而产生噪声。一个 3.6V 、 50% 效率的功放，考虑其信号到达天线前会有 3dB 的损失，可能需要从一节锂电池(Li+)吸取 800mA 的电流。这个电流流经电池连接器、PCB线条和地线，通过其中的电阻会在电源线上产生噪声。这个问题在采用突发发射的电话中，如GSM或IS-136 TDMA，会更为复杂。短促的功放突发给电源和功率分配子系统带来了严重的瞬态干扰。

驱动突发模式功放的一个流行做法是将电源电压提升起来以降低峰值电流、减小噪声，并有利于使用较为廉价的功放技术。然而，按峰值电流定义升压转换器的规格过于浪费。一个比较好的方案是

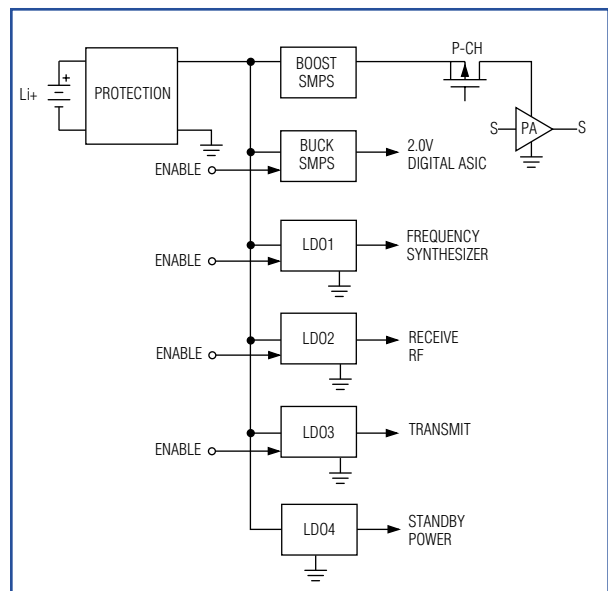


图1. 采用开关模式及线性调节器干净并高效地分配功率。

将提升起来的能量储存在电容上，升压转换器只需在两次发送间隙为电容补充能量。剩下的问题是，对于一个典型的DC-DC转换器，当它检测到电容电压下降后，就会试图迅速为其补充电荷，从锂电池吸取电流产生电流浪涌，造成新的噪声。针对此问题的解决方案已集成于新款IC中(MAX1687/MAX1688)，它通过用户设定峰值电池电流或自动设定一个自适应的电流限，使功放储备电容的充电速率限制在一个可接受的范围(图2)。这样，在储备电容和功率转换器的协同工作下，保持高效率功率转换的同时，使功放电流浪涌对系统造成的损害降至最低。为进一步控制噪声，可在发送期间关闭该芯片。

PA 偏置

施加于GaAsFET功放的偏置电压控制着功放的偏置电流，同时也设定了功放的增益和输出阻抗。由于偏置引脚是一个幅度调制输入，任何偏置噪声都会被引入射频输出并和有用信号一同通过天线发射出去。GaAs功放采用耗尽型MOSFET，在没有栅极偏压时漏极电流最大。要控制漏极电流，必须为栅极提供负压(低于地电平)。为了产生一个稳定、干净、适当的偏置电压，通行的做法是利用反相电荷泵，后接一个运放调节器。这种方案尽管很灵活，但尺寸却不是理想。

当前最小的产生功放偏置的电路是MAX881，它集成了反相电荷泵和负压调节器，采用微型10引脚 μ MAX封装。GaAs功放所需的全部偏置电路都包含于这片IC内部。正常工作时，它的输出噪声和纹波非常低($\sim 1\text{mV}_{\text{p-p}}$)，足以防止在射频输出中引入不期望的噪声边带。当功放主电源就绪后，

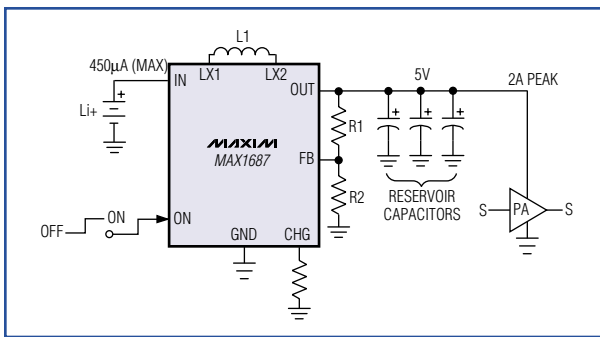


图2. 对于突发系统如IS-136和GSM，大幅度的瞬变可利用储备电容和升压转换器降至最低。

MAX881还可检测负偏压以确保漏极电流的良好控制。这种连锁特性可防止损坏功放(图3)。

频率合成器

在许多蜂窝电话中，第一本振(LO)是由一个锁相环(PLL)频率合成器产生的。在AMPS电话中，压控振荡器(VCO)在880MHz附近的 $\pm 12.5\text{MHz}$ 范围内以30kHz步距进行调谐(VCO实际频偏相对于第一中频)。假设PLL工作于3V，整个25MHz调谐范围采用2V调谐电压(控制电压)来覆盖。这可以保证PLL在瞬态干扰或温度漂移时不会饱和。

那么，VCO的增益为25MHz/2V或12.5MHz/V。高增益将使VCO对控制线上的噪声很敏感。如果一个高增益PLL中的鉴相器与VCO是分开的，VCO常常会拾取辐射噪声，应采用屏蔽线对VCO加以保护。以下是其它可能会对VCO产生调制的干扰源：

- 1) 注入PLL鉴相器的电源噪声；
- 2) 注入VCO的电源噪声；
- 3) 传递给有源积分器或环路滤波器输出的电源噪声(此项噪声的抑制参见运放的PSRR)；
- 4) 晶体振荡器噪声(TCXO/VCTCXO)。高Q值电路的振荡信号应该是干净且无噪声的，但太多的电源噪声会增加振荡器的背景噪声。由于PLL会将环路通带内的噪声乘以PLL分频比

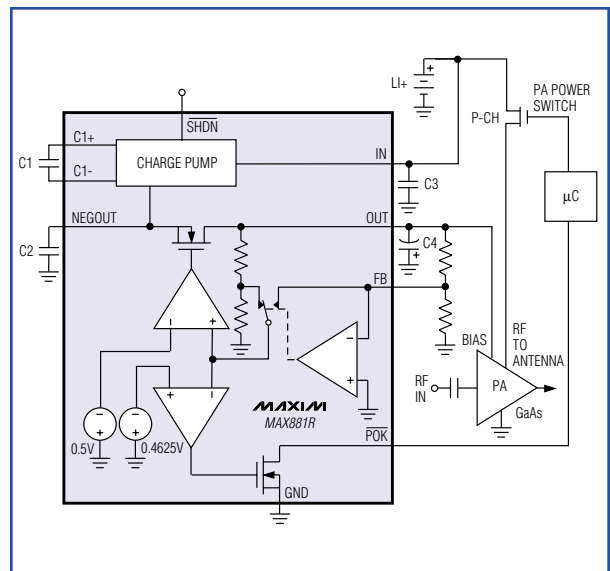


图3. MAX881R的连锁特性可保护GaAs功放不被损坏。

(对于 AMPS 手机约为 30,000), 因此频率合成器对 TCXO 的噪声非常敏感;

5) 由于 VCO 输出负载阻抗的变化造成向 VCO 的反射并对其工作频率的牵引而产生的噪声。

对于环路带宽使噪声谱成形后落在 DC~500kHz 范围的系统, 第 1 至 4 项可采用无源滤波器来改善。频率合成器需要一个单独的 LDO 来消除电源噪声。即便如此, 对于数字电话系统, 由电源调制产生的剩余相位噪声仍旧太大。LDO 可以为频率合成器提供一个干净稳定的电源电压, 但它自身也会产生噪声。

宽带噪声源

LDO 稳压器的参考电压和误差放大器也会有显著的噪声成分。低噪声器件如 MAX8877 将内部参考电压通过一个引脚引出, 以便采用电容将噪声旁路到地。例如, 一只 0.01 μ F 的电容可将 10Hz 至 100kHz 带宽内的输出噪声衰减到 30 μ V_{RMS} (图 4)。这种改进将使工作在 900MHz 的 PLL 的噪声降低 20dB。LDO 还使手机内不同单元之间有效隔离。在 LDO 带宽内, MAX8877 可将 10kHz 处的电源噪声衰减 60dB。对于 PCB 空间来讲, 此种衰减方式非常合算 (IC 采用 SOT23 封装)。如果采用无源器件实现这种滤波, 尤其是在低频下, 尺寸要大的多。

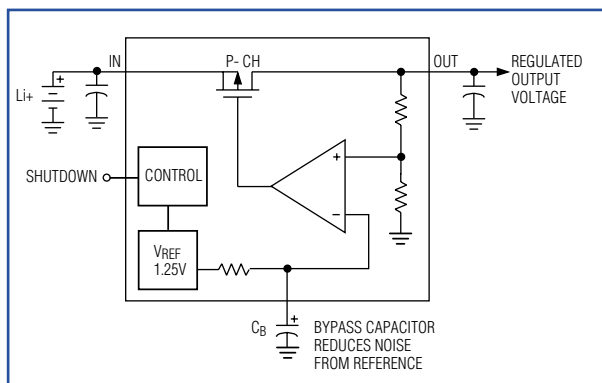


图 4. LDO 稳压器的输出噪声可通过在参考电压端加一个旁路电容 (C_B) 而得以衰减。

改善效率

专为蜂窝电话设计的最新开关模式电源 (SMPS) 具有小尺寸、高效率、低压差、外部元件尺寸小以及噪声控制等特性。举例来说, MAX1692 降压型功率转换器采用脉宽调制 (PWM) 和同步整流技术可获得超过 90% 的效率, 具有非常低且可预知的噪声谱。它工作于电压范围在 3V 至 4.2V 的单节锂电池, 能够为大型 ASIC 提供低至 1.25V 的电源电压。

为了控制对于高增益高频如中频电路的干扰, MAX1692 可以被一个外部信号如 TCXO 时钟信号加以同步 (于 500kHz 至 1MHz 间)。SMPS 的高频工作至关重要, 因为它关系到外部元件的小型化以及噪声频谱的规划。

开关模式电源产生的噪声频谱最低频率就是 SMPS 的基本开关频率。谐波间距等于这个基频, 但有关频谱其它方面的情况难以预见。噪声功率在谐波上的分布与波形 (时域)、电流水平、电感量、电容值以及 PCB 布线等因素有关。

开关噪声可以在输入、输出以及地线上传导, 也可以通过 PCB 线条辐射出去。要随时注意尽可能降低由 SMPS 传导过来的纹波和噪声, 但同时也要认识到, 增加滤波网络降低传导噪声的同时可能会增加辐射噪声。这种噪声通过线路辐射出来后高效率地传播至整个系统, 到处弥散。

为处理好蜂窝电话中噪声这个难题, 有必要了解电话中的噪声耦合机理、电路中的噪声敏感节点以及噪声产生电路。一个升压型转换器和一只大电容可有效降低 GSM/TDMA 系统中来自于功放瞬变的传导噪声。由 SMPS 产生的辐射噪声很大程度上取决于 PCB 布局, 一个实用的原理图表述对于布局的一次成功很有指导作用。小型线性调节器可作为有源噪声滤波器, 如果带有参考电压旁路, 则生成噪声可非常低, 能够满足频率合成器的要求。最后, 如果将中频安排在电源噪声谐波间的安静频段, 则可避免信号被污染, 改善数字蜂窝电话的误码率。为了最高效地权衡各方面的因素, 应该在着手设计之初就仔细考虑这些噪声控制措施。