

利用LMV225和高效开关器来降低CDMA射频功率放大器直流功耗的简单方法

美国国家半导体公司
应用注释 AN1438
Barry Yuen
2006年1月



引言

对更高无线数据速率的需求推动着移动通信系统从2G向3G迁移。这些系统中更高的数据速率对移动电话射频设计增加了更多的性能和规格要求。

为了在所占用频段上实现最高的频宽效率，第三代移动通信系统采用了提高频谱利用效率的线性调制方式，如正交相移键控、8相移键控和正交幅度调制等。在IS-95和CDMA2000系统中，射频功率放大器一般工作在距峰值功率或1dB压缩点回退6dB至40dB的功率点（这意味着它工作在1dB压缩点以下6dB至40dB报告）。因此，在大多数时间内射频功率放大器以极低效率状态工作。然而，射频功率放大器是手机中最大的功耗部件之一。研究表明，在常规手机应用中，射频功率放大器消耗的功率占全部功耗的20%至40%。

现在，我们知道降低射频功率放大器功耗是极为重要的，只有这样才能实现更长的手机电池寿命，或更久的通话时间。本文给出了一种简单的功率跟踪技术，用于提高CDMA射频功率放大器的效率。该技术采用了一个分贝图线性的射频功率检测器和一个直流-直流转换器开关。这种经改进的方法可通过一个直流-直流转换器，在两个不同输出功率水平上切换射频功率放大器的直流供电电压 V_{CC} 。美国国家半导体公司的射频功率检测器LMV225可确定射频功率放大器的供电电压。在该技术中采用现成的CDMA2000射频功率放大器来提高手机

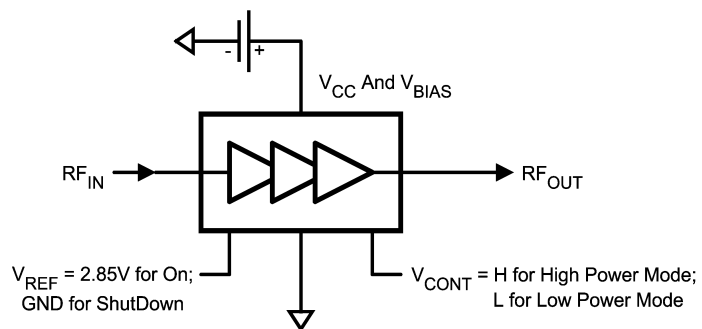
的能量效率。

射频功率放大器

射频功率放大器是此类应用的核心。在评估板中使用SKY77152，是市场上很常见的CDMA2000射频功率放大器产品。根据它的产品规格书，在1dB压缩点附近，它可以有40%以上的附加功率效率(PAE)。

CDMA射频功率放大器通常有两个供电电压引脚， V_{CC} 和 V_{BIAS} ，如图1所示。另外还有一个参考电压引脚，通常称为 V_{REF} 。在任何情况下 V_{REF} 都必须是2.85V。可以将 V_{REF} 置为地电平的办办法关断功率放大器。大多数CDMA射频功率放大器都有两种工作模式：高功率模式和低功率模式，可用 V_{CONT} 引脚设置功率放大器的工作模式。当射频输出功率信号为高电平时，CDMA射频功率放大器需要工作在高功率模式，以保持恰当的失真指标。如果输出信号电平相对较低，则可以将CDMA射频功率放大器切换至低功率模式。但是，这种切换有个副作用，即两条讯号路径之间的相移太大。这可能会造成基带处理与校正的问题。

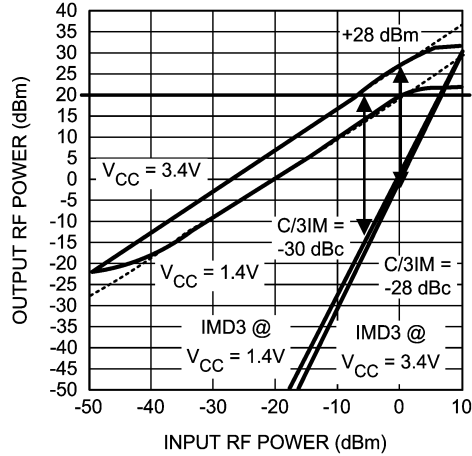
图2是当直流供电电压 V_{CC} 和 V_{BIAS} 均被降低时，CDMA射频功率放大器的典型 P_{OUT} 与 P_{IN} 的性能关系。图中显示，可以采用降低射频功率放大器直流供电电压的方法仍可获得所需的输出射频功率。



20178401

图1:CDMA射频功率放大器

射频功率放大器 (续)



20178402

图2:CDMA射频功率放大器的线性度

附加功率效率

直流至射频效率或称附加功率效率(PAE)定义如下:

EQ_1:

$$PAE = \frac{P_{OUT} - P_{IN}}{P_{DC}} \cdot 100\%$$

而直流功耗的定义为

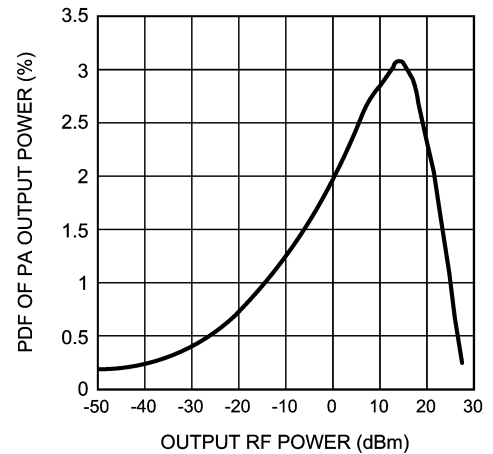
EQ_2:

$$P_{DC} = V_{CC} \cdot I_{CC}$$

尽管所有射频功率放大器厂家都将功率放大器的直流至射频的峰值效率定义在最大输出功率的峰值上,但实际上射频功率放大器自身很少工作在这种峰值功率水平上。不过在手机应用中,附加功率效率峰值在手机的散热方面对降低功耗有着很重要的贡献。另一方面,当输出射频功率较低时,射频功率放大器的附加功率效率也会下降。在电池供电的手机中,输出射频功率的概率分布(如图3所示)应被用作估算移动系统的平均效率。

如图3所示,大多数时候,IS-95手机的射频功率放大器的输出功率为 $P_{OUT} = +15\text{dBm}$ 或更低。因此,在小信号电平下提高射频功率放大器的 PAE 就变得很有意义。

EQ_1 和 EQ_2 提出了这样的概念,即可以通过降低供电电压来降低直流功耗PDC。改进射频功率放大器的 PAE, 说起来很容易,但是在降低射频功率放大器的供电电压时,需要考虑一些主要的规范参数。这包括ACPR, EVM, 以及从一个供电电压切换到另一个电压的开关时间



20178404

图3射频输出功率分布

附加功率效率（续）

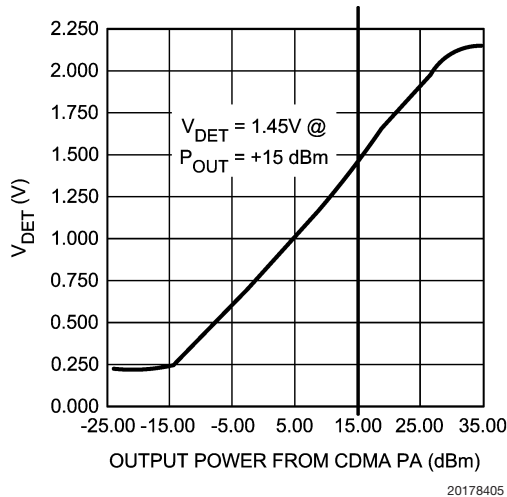


图4LMV225检测电压与输出功率(P_{OUT})的关系

邻道功率抑制

邻道功率抑制比率（即 ACPR）定义为某个偏移频率的平均功率与传输频率的平均功率之比。表 1 显示 CDMA2000 的性能要求。虽然 IS-95 或 IS-98 的空中接口标准对 ACPR 没有像 CDMA2000 那样的正式要求，但仍然建议手机射频设计者检查自己的设计是否满足表 1 的规格。

表1.邻道功率抑制比率

空中接口	频率	通道带宽	ACPR1时的 偏移频率	ACPR2时的 偏移频率	测量精度带宽
IS-95	824–849 MHz	1.25 MHz	±885 KHz	±1.98 MHz	30 KHz
PCS	1850–1910 MHz	1.25 MHz	±1.25 MHz	±1.98 MHz	30 KHz

ACPR1 = -42 dBc and ACPR2 = -54 dBc

功率检测器

射频功率检测器使用射频输出信号，产生出一个经整流的直流电压，用以确定直流-直流变换器或开关的输出电压。在本应用中，选用美国国家半导体公司的 LMV225，因为它可在 0dBm 到 -40dBm 的范围内提供 40 dB 的分贝图线性的检测。手机射频功率控制对保证 CDMA 系统平稳工作非常重要。由于所有用户都共享相同的射频频段，如 IS-95 中是 1.25MHz，那么每个用户对其它用户来说都是随机噪声。因此，每个用户的发射功率都要进行细心控制，以防止任何一个用户对同一个射频频段内的其它用户造成干扰。在按照建议的应用框图使用时，美国国家半导体的 LMV225 具备以下两种不同的功能：第一种功能是前面提到的射频输出功率控制。第二种功能是确定射频功率放大器的供电电压。本文的以下部分将讨论 LMV225 的第二种功能。

开关或直流-直流转换器

一般情况下，这类应用中的开关采用脉冲宽度调制模式（PWM）和旁路模式（BYPASS）。通常开关工作在 PWM 模式，以提高手机的效率。在 PWM 模式下，可编程输出电压是 V_{CON} 的函数。公式 3 表示 LM3200 可编程输出电压（SW）与控制电压（V_{CON}）之间的关系。

$$EQ_3: V_{OUT} = 3 \cdot V_{CON}$$

美国国家半导体公司的射频功率放大器开关完全适合这类应用。其中一个最新产品就是 LM3200。LM3200 能够产生一个在 0.8V 与 3.6V 之间、动态可变的输出电压，PWM 模式下负载电流高达 300mA，旁路（BYPASS）模式下可达 500mA。

设计考虑

在对本应用中每个功能块作简单讨论后，我们可以转向对设计步骤的说明。

假设我们要为一个 IS-95 射频功率放大器设计一个简单的效率增强电路。最大射频输出功率为 +28dBm，并用 LMV225 作射频功率检测器。公式 3 是开关的可编程输出电压方程式。图 3 为手机功率放大器的输出概率图，可以作效率优化工作的指南。此概率图显示，大多数时间里，CDMA 射频功率放大器工作在 +15dBm 或以下的输出功率上。如果我们在这个工作范围内降低 CDMA 射频功率放大器的直流功耗，则手机就可以节省相当多的电池能耗，延长使用时间。

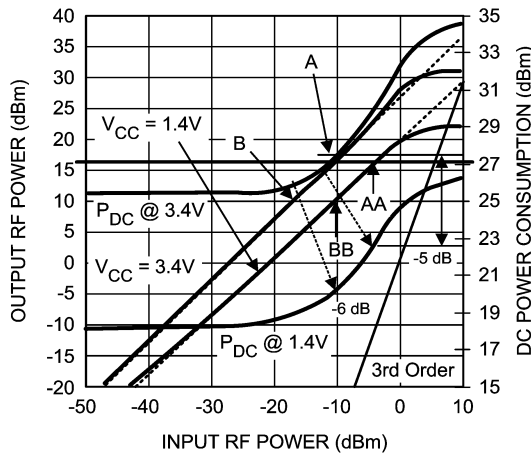
最简单的办法是当输出射频功率为 +15dBm 或以下时，把 CDMA 射频功率放大器的供电电压 V_{CC} 设在可能的最低值上。

设计考虑 (续)

图2显示了两种不同供电电压下 ($V_{CC}=3.4\text{V}$ 或 $V_{CC}=1.4\text{V}$)，CDMA 射频功率放大器的性能。 $V_{CC}=3.4\text{V}$ 时的 1dB 压缩点约为 +28 dBm。而在 $V_{CC}=1.4\text{V}$ 时约为 +20dBm。图中还包括两种情况下的三阶互调失真。

根据数据表，一般当 $V_{CC}=3.4\text{V}$ 时，CDMA 射频功率放大器从小功率直到 +28dBm 的所有功率上都可以满足 ACPR 要求。在 $V_{CC}=3.4\text{V}$ 的情况下， $P_{OUT}=+28\text{dBm}$ 时第三阶互调失真的水平比基波水平低 28dBc， $C/3IM=-28\text{dBc}$ 。在 $V_{CC}=1.4\text{V}$ 时， $P_{OUT}=+15\text{dBm}$ 时三阶互调失真比基波水平低 30dB， $C/3IM=-30\text{dBc}$ 。由于 ACPR 是互调失真的函数，我们可以预测：当 $V_{CC}=1.4\text{V}$ 时 $P_{OUT}=+15\text{dBm}$ 的 ACPR 与 $V_{CC}=3.4\text{V}$ 时 $P_{OUT}=+28\text{dBm}$ 一样好。基于这一点以及图 3 中的统计信息，我们可以将 CDMA 射频功率放大器的供电电压设为 $V_{CC}=1.4\text{V}$ ，使得功率处于 15 dBm 以下，从而减少电池的能耗。

图 5 显示了供电电压为 $V_{CC}=3.4\text{V}$ 和 $V_{CC}=1.4\text{V}$ 时的直流功耗，证实了节电的效果。工作点 'A' 是 $V_{CC}=3.4\text{V}$ 时 $P_{OUT}=+15\text{dBm}$ ，可以在第二个 Y 轴上读它的 PDC，其 PDC 是 +27dBm。当供电电压换为 $V_{CC}=1.4\text{V}$ 时， $P_{OUT}=+15\text{dBm}$ 的工作点就是 'AA'。它的 PDC 为 +22.5dBm。因此，供电电压从 3.4V 当输出射频功率为 +15dBm 以下变为 $V_{CC}=1.4\text{V}$ 后的节能效果为： $27 - 22.5 = 4.5\text{dB}$ 。4.5dB 的效果相当于节省了 50% 的能量。



20178406

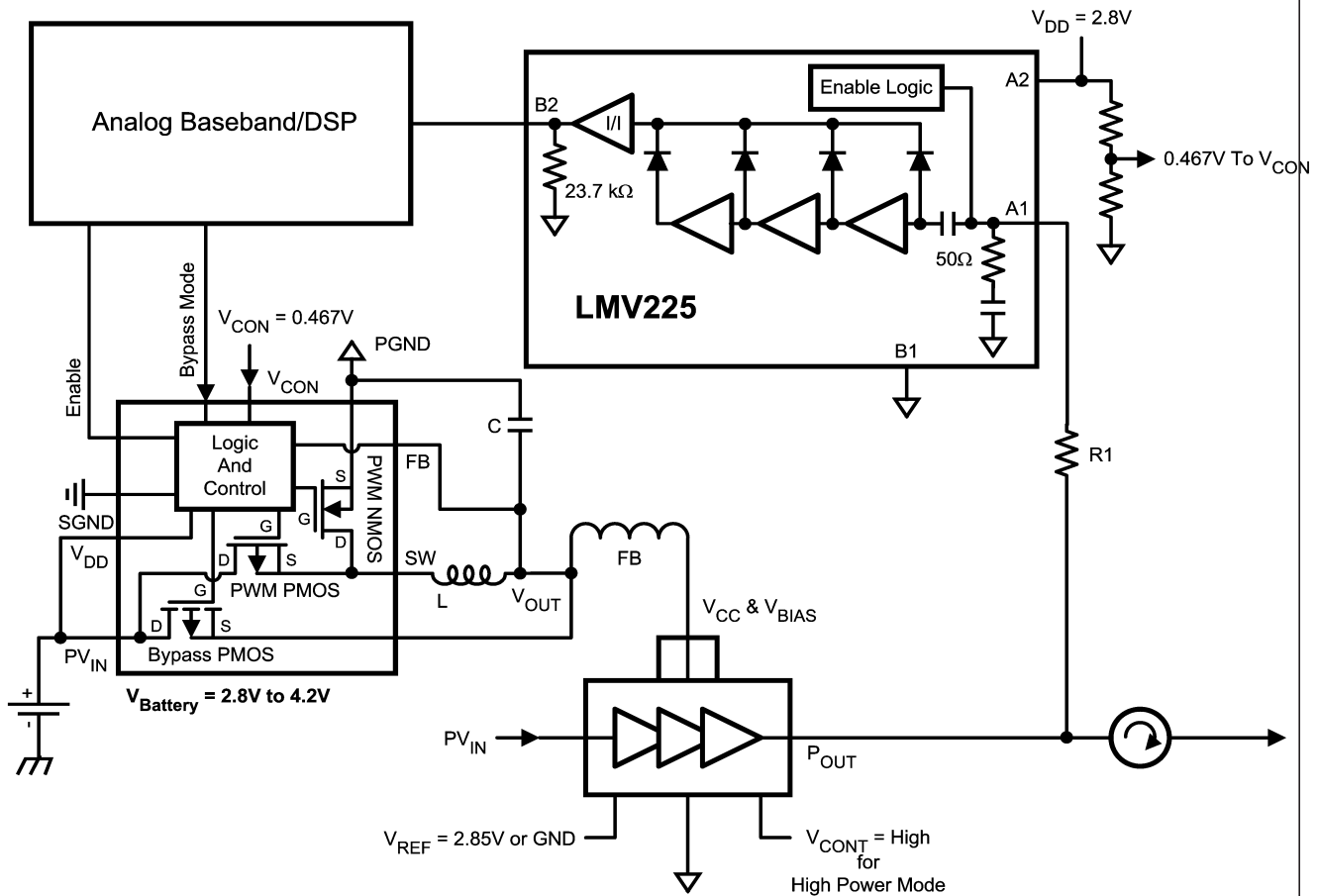
图5: P_{OUT} 及 P_{DC} 与 P_{IN} 比较

应用电路

图 6 是用于降低 CDMA 射频功率放大器电池能耗的应用电路。将开关的控制电压设为 $V_{CON}=0.467\text{V}$ 。这个 0.467V 可以用一个分压器对 $V_{DD}=2.8\text{V}$ 的电源进行分压得到。根据公式 3，这一 0.467V 将产生一个 $V_{OUT}=3 \times 0.467=1.4\text{V}$ 。然后，将 $V_{OUT}=1.4\text{V}$ 供给射频功率放大器的 V_{CC} 。当 $P_{OUT}=+15\text{dBm}$ 或更低时，需要设置 $BYPASS = Low$ ，将开关置于 PWM 模式。

LM225 用于检测是否需要将开关处于旁路模式。用 $R1=1.8\text{k}\Omega$ 作为分接电阻，实现射频功率放大器输出与 LMV225 输入端 31dB 的耦合。图 4 是 LMV225 响应与射频功率放大器 P_{OUT} 的关系曲线。在 $P_{OUT}=+15\text{dBm}$ 时，检测电压 $V_{DET}=1.45\text{V}$ 。在本应用电路中，基带芯片要检查 V_{DET} 的值。当 V_{DET} 高于 1.45V 时，基带芯片向 $BYPASS$ 发送一个逻辑高电平信号，将开关置为 Bypass 模式。

应用电路 (续)



20178407

图6:效率增强电路图

10dBm时的节能

这是另一种节省电池的例子。工作点 'B' 是在 $V_{CC}=3.4V$ 时 $P_{OUT}=+10dBm$ 。在这一供电电压下, $P_{OUT}=+15dBm$ 的 P_{DC} 约为 26dBm。如果我们将供电电压降低至 $V_{CC}=1.4V$, 则工作点变为 'B', 而 $P_{OUT}=+15dBm$ 时的 P_{DC} 约为 20dBm。即有 6dB 的节能效果, 或者功耗降低了 75%。

总结

我们已展示了将美国国家半导体公司的 LMV225 与开关共同使用, 从而降低 CDMA 射频功率放大器电池耗能的方法的灵活性和优势。通过增加这种简单电路, 我们可以在大多数 IS-95 和 CDMA2000 手机中常用的工作点上, 节省 CDMA 射频功率放大器的 50% 的直流功耗。

注释

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体公司不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。
 想了解最新的产品信息，请访问我们的网址：www.national.com。

生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备/系统指：(a) 打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b) 支持或维持生命，依照使用说明书正确使用，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备/系统失效，或影响生命支持设备/系统的安全性或效力的任何部件。

禁用物质合规

美国国家半导体公司制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范（CSP-9-111C2）》以及《相关禁用物质和材料规范（CSP-9-111S2）》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。
 无铅产品符合RoHS指令。



National Semiconductor
Americas Customer
Support Center
 Email: new.feedback@nsc.com
 Tel: 1-800-272-9959

www.national.com

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
 Fax: +49 (0) 180-530 85 86
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Support Center
 Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Customer Support Center
 Fax: 81-3-5639-7507
 Email: jpn.feedback@nsc.com
 Tel: 81-3-5639-7560