

LMV232

*Application Note 1433 Base Station Closed-Loop RF Power Control with
LMV232 Crest-Factor Invariant Detector*



Literature Number: ZHCA205

应用LMV232 峰值系数不变的检测器 的基站闭环射频功率控制

美国国家半导体公司
应用注释AN1433
Barry Yuen
2006年1月



引言

近年来由于CDMA2000和其他3G蜂窝电话网络的数据用户快速增长，因此针对这些蜂窝系统的系统吞吐量性能的优化已成为当务之急。

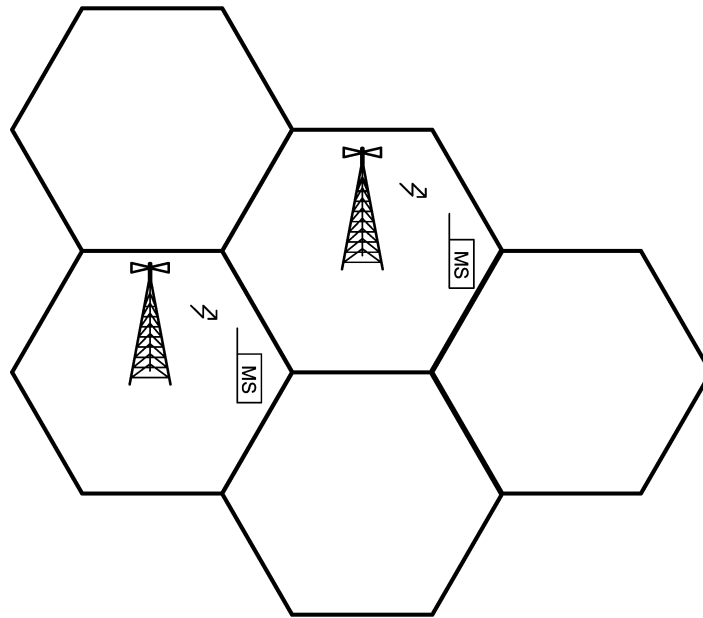
优化CDMA2000蜂窝系统的主要目的是提高呼叫成功率 (Established Call Rate)、降低掉话率 (Drop Call Rate)、消除网络覆盖盲点以及同时提高数据的传输速率。为了有效地降低数据网络的掉话率及提高其呼叫成功率，相邻的基站之间的覆盖范围必须保持一定的重叠。在此覆盖范围的区域内来自不同基站的各导频的射频信号的强度相当，各相邻的基站亦有其极为不同的载频发射功率。

由于基站发射功率对数据传输的速率及服务质量影响很大，因此精确控制基站的发射功率成为CDMA2000优化的关键任务之一。

本文将利用美国国家半导体公司的LMV232峰值系数不变的射频功率检测器芯片，提供一套具体的硬件解决方案。LMV232芯片可以使基站能准确地测量载频所需的平均输出功率，以达到在相应的单元里提高通信服务质量和系统吞吐量的目标。

CDMA2000蜂窝基站

每个基站都有它的固定覆盖范围，如图1所示。在蜂窝电话网络中，为了有效保持移动单元之间的稳定且可靠地通信，各基站必需维持系统所要求的最大射频发射功率。即微蜂窝发射台为十瓦 (10W)，而巨蜂窝发射台为二十瓦 (20W) 或四十瓦 (40W)，具体值依赖于其网络规格。



20177101

图1

在CDMA系统中，各蜂窝基站都采用同一频率，至少对于同一区域中的同一服务提供商要求如此。如果射频发射功率过高会对邻近的基站造成不必要的干扰。然而过低的发射功率却会使基站的覆盖范围缩小。而远离基站的手机会产生接收不良及通话中断的问题。

在下一章节中，我们将重点讨论基站发射的射频功率不够精确的问题。我们将提供以闭环射频功率控制为目的的解决方案，以使得基站能够精确地发射合适的射频功率。为了实现这个目标，我们将致力于提高通信质量。

覆盖范围与发射射频功率

以下是利用数字通信技术中决定通信质量的重要参数：载波/噪声比（carrier-to-noise ratio C/N），我们通过应用一阶的射频波传播模型来推算一个基站发射功率的覆盖范围，从而观察发射功率误差对覆盖范围的影响。

载波/噪声比（C/N）可由以下公式（1）求得：

公式（1）

$$\frac{C}{N} = \frac{P_E}{N} \times G_{RX} \times L_{PATH}$$

P_E : 有效发射射频功率

N : 有效噪声功率

L_{PATH} : 基站至手机的传播路径损耗

G_{RX} : 手机天线的增益

又公式（2）：

$$P_E = P_{PA} \cdot L_{CABLE} \cdot G_{TX}$$

式中

P_{PA} : 基站功率放大器的输出射频功率

L_{CABLE} : 功率放大器至天线的电缆损耗

G_{TX} : 基站天线增益 若以自由空间模型来分析计算并假定蜂窝形成一个圆周，则传播路径损耗为

公式（3）：

$$L_{PATH} = \frac{4\pi\lambda^2}{d^2}$$

式中

λ : 射频信号波长

d : 蜂窝通信基站覆盖范围的半径, 则方程（1）可改写为

公式（4）：

$$\frac{C}{N} = \frac{1}{N} [P_{PA} \times L_{CABLE} \times G_{TX}] G_{RX} \left[\frac{4\pi\lambda^2}{d^2} \right]$$

或者,

公式（5）：

$$d^2 = P_{PA} \times L_{CABLE} \times \frac{G_{TX} G_{RX} \times 4\pi\lambda^2}{\left[\frac{C}{N} \right]}$$

在已计划好的基站设计中， d^2 、 λ 及 P_{PA} 均为固定值，所以我们得到推论：

d^2 与 P_{PA} 成正比

或者,

覆盖区域正比于基站中的发射射频功率

假定 P_{PA0} 为基站所需的功率， d_0 为其对应的蜂窝半径； P_{PA1} 为从基站中实测的射频功率， d_1 为其覆盖范围对应的蜂窝半径。

公式（6）：

$$\frac{d_1^2}{d_0^2} = \frac{P_{PA1}}{P_{PA0}}$$

公式（7）：

$$\Rightarrow 10 \times \log \frac{d_1^2}{d_0^2} = 10 \times \log \frac{P_{PA1}}{P_{PA0}}$$

一般蜂窝基站发射功率为10瓦或40dBm。若基站发射功率有-1dB的设计误差，将会使其实际发射功率变为40-1=39dBm。

为了显示出发射功率的误差是如何影响覆盖区域，我们将-1dB的误差代入公式（7），即可得到公式（8）：

$$10 \times \log \frac{P_{PA1}}{P_{PA0}} = -1 \text{ dB}$$

或者,

公式（9）：

$$10 \times \log \frac{d_1^2}{d_0^2} = -1 \text{ dB} \Rightarrow \frac{d_1^2}{d_0^2} = 10^{-0.1} = 0.795$$

公式（10）：

$$\frac{d_0^2 - d_1^2}{d_0^2} = 1 - 0.795 = 0.205 = 20.5\%$$

依据公式（10）可观察到以下结论：

如果覆盖范围为 πd^2 ，若发射功率有-1dB的误差，发射射频功率中的误差将会使得覆盖范围缩小约20.5%左右。因此为了抑制覆盖范围缩小，必须设法将基站中发射功率的误差降低到最小。

基站射频功率放大器

基站射频功率放大器（续）

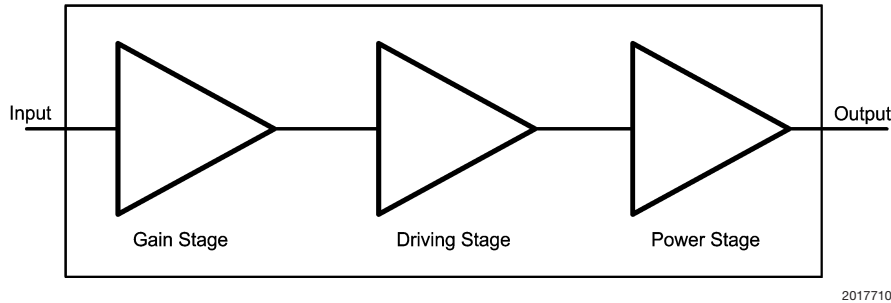


图2

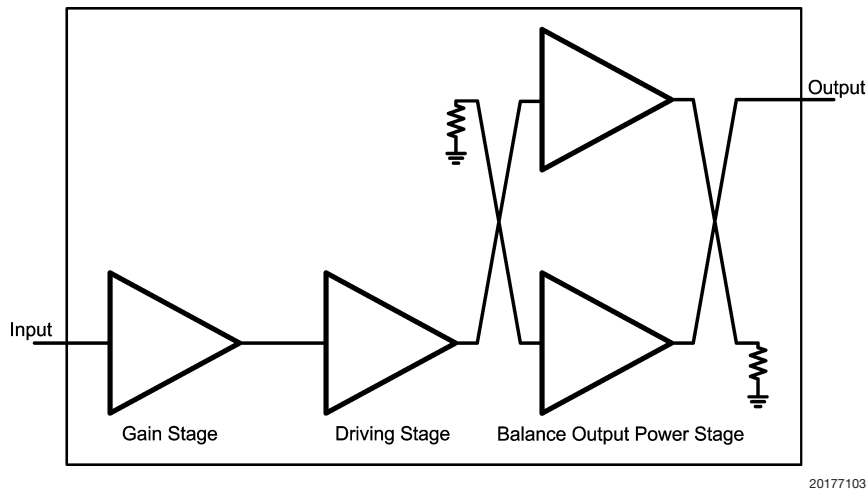


图3

图2和图3为应用于CDMA2000基站的射频功率放大器的框图。在功率放大器模块中通常有三级电路。第一级为增益级，第二级为驱动级，第三级为功率输出级。其中图3的射频功率放大器采用的是平衡式功率输出电路。平衡式功率输出电路的优点是能使整个射频功率放大器的输出阻抗保持在 50Ω ，之所以能如此，是因为反射功率完全被分支耦合器的 50Ω 终端电阻吸收所致。

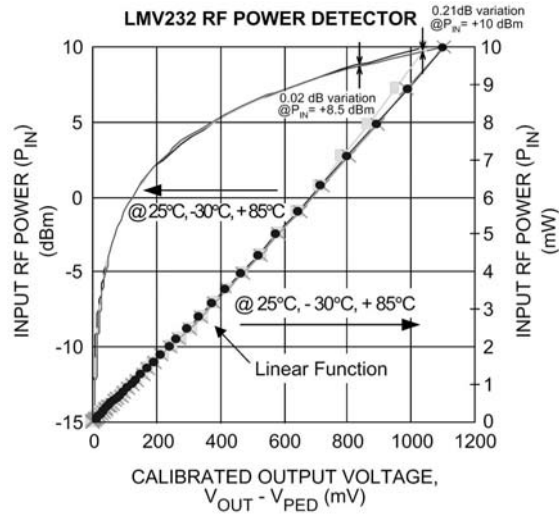
在一个CDMA微蜂窝基站中，射频功率放大器的输出峰值功率规格为100瓦；然而，其平均输出功率大约设置在10瓦。由于CDMA信号有大约6至10dB的峰值系数，因此射频功率放大器必须在后退6到10dB的工作点之下，才

能维持线性要求。而且，在天线和功率放大器模块之间同样也存在着电缆损耗。射频功率放大器必须发射更多的功率以补偿电缆损耗。

LMV232的温度特性

图4所示为LMV232在 $+25^{\circ}\text{C}$ 、 -30°C 和 $+85^{\circ}\text{C}$ 的温度特性。其测试频率为1.9GHz。输入功率的范围为 -15dBm 至 $+10\text{dBm}$ （亦即 0.032mW 至 10mW ）之间。这些测试条件代表了CDMA2000及W-CDMA的典型应用及系统要求。

LMV232的温度特性 (续)



20177104

图4.

如图中所示，X轴是校准后LMV232的输出电压，其定义是实际应用输出电压与零功率输出电压之差，例如， $V_{OUT} - V_{PED}$ 。左边的主Y轴为LMV232的输入功率，其单位为dBm。如图4所示，可见LMV232的温度特性。测试结果分为两组数据。其中靠近左Y轴的一组数据，以dBm为单位，成指数形状。同时代表不同温度特性的曲线几乎完全重叠。容易解释的是，LMV232校准后的直流输出电压在其温度范围内仅有极其微小的变化。

而我们也可以看到靠右Y轴的另一组数据。它们以mW为单位，则成线性函数。因为线性函数的属性，我们可以在系统校准中使用两点测试法。

LMV232在温度范围内的小额漂移

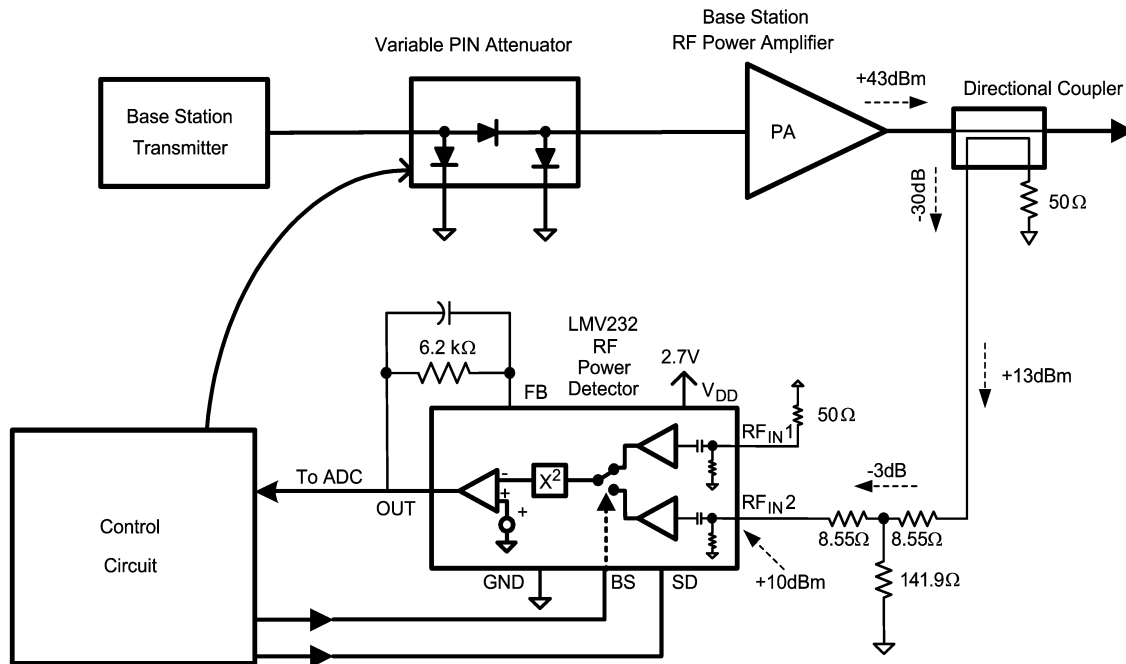
我们可以依据图4中数据来说明LMV232中精确

的射频功率测量。假设LMV232的输入功率为10dBm (10mW)，经过LMV232检测后，其校准后的输出电压会在1伏特，如图4所示。系统温度由-30°C至+85°C所引起的功率检波误差仅为0.21dB；若LMV232的输入功率为8.5dBm (7mW)，其校准后输出电压会在800mW。而温度由-30°C至+85°C期间变化引起的误差更可以减至0.02dB。因为在CDMA基站中具有如此精确的射频功率检波器，我们可以很容易找到相关的应用。

LMV232在基站中的应用实例

在该部分中，我们将简单地描述LMV232在CDMA基站中和射频功率放大器一起配置以提供精确的发射功率的应用。图5为应用电路框图。

LMV232在基站中的应用实例（续）



20177105

图5.

于图5中所示，我们利用检测器LMV232检测CDMA2000基站的发射功率。在本应用范例中，功率放大器的平均发射功率设为20W（+43dBm）。并将LMV232的相应输入功率设置为+10dBm（10mW）。在此应用前提下，我们需要在功率放大器的输出端和LMV232的输入端之间设置一个方向耦合器。由此得知，耦合指数为10dBm - 43dBm = -33dB，亦即我们需要一个-33dB的方向耦合器做调整用。

然而一般市面上的标准方向耦合器最大的耦合指数为-30dB，因此我们需要在LMV232输入端与方向耦合器的耦合端口之间加上一个-3dB的衰减电路才能达到-33dB的耦合指数。于图5显示的衰减电路为-3dB的T型网络结构。

我们可以利用图4所示的测试结果来验证图5所示的设计。当经LMV232校准后输出直流电压达到一伏特时，意味着输入功率为+10dBm。因为功率放大器和LMV232输入端之间耦合指数为33dB，基站的标准平均发射功率保持在+10+33=+43dBm。从图4中所示，如果环境温度变化范围从-30°C至+85°C，最大的测量误差仅为0.21dB。在正常工作时，基站需要降低发射功率以符合无线网络的需求。

应用图5所示的电路，可以在功率放大器的输入端放置一个PIN二极管的可调节衰减器，此可调节衰减器可以减低输入至功率放大器的射频信号，因为功率放大器具有固定增益，当输入信号减少后，功率放大器的输出功率随之降低。

在功率调节过程中，LMV232负责检测功率放大器的实际输出功率，并且回馈该信息至控制系统。控制硬件或者软件将会比较所测的输出功率与所需要的功率，计算出两者之间的偏差，控制系统将会提供一直流信号至PIN二极管可调节衰减器，以纠正输入至功率放大器的射频信号。

结论

LMV232被优化为用于非常量包络的射频功率放大器检测。它具有温度漂移极小的特性。结合定向耦合器，可调变射频衰减器和射频功率放大器，LMV232可使蜂窝通信基站实现一个闭环的射频功率控制系统。通过精确地控制基站的发射功率，使得蜂窝网络能提供高品质的服务，并能给用户提供更快的数据传输率。

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: europa.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

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时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, 并有权随时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 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。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。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品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 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限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, 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。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 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在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	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/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/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 机动性处理器	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 © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司