

不随峰值因数变化的 射频功率检测器

美国国家半导体公司
应用注释 AN1434
Barry Yuen
2006年1月



引言

过去几年来，移动电话系统的重要变革是从功率效率数字调制方案转向带宽效率数字调制技术。新型移动电话系统要具备提供高传输速率的能力，以满足宽带应用的需求。

功率效率调制方案可以最低的实际功率电平，为通信系统提供可靠的信息传输。一个最成功的实例就是GSM/GPRS网络。在GSM/GPRS网络中，使用的是二进制通信GMSK调制。带宽效率调制方案则是在一个有限的频谱带宽内提供更高的数据速率。所有初始阶段的3G网络都利用了这种调制方案的优点。在最新的W-CDMA空中接口的高速下行分组接入（HSDPA）中甚至使用了16态正交幅度调制（16QAM）方案。16QAM用于下行链路，为蜂窝电话用户提供一种下载信息的更快方法。向带宽效率调制的转移可以为各种3G蜂窝电话业务提供更强大的信息传输能力、更高的数据安全性、更好的服务质量（QoS），以及更快的系统面市时间。

与低级的二相调制方案（如GMSK）相比，高级多态调制方案（如8PSK、16AQM 等）具备传送大量信息

的更高性能。要获得更大的容量，就要在射频与DSP方面付出更多更复杂的硬件代价。另一个选择则可以用比较复杂的发射机和接收机在较小的带宽上传输相同的信息。

总之，向日益复杂的高效传输技术的转变需要越来越复杂的硬件。这种复杂硬件可能包括一个更强大的DSP、更快的信号处理算法、高线性度的射频功率放大器，以及更准确的射频功率检测器等。

本文的目的是示范并简述美国国家半导体的LMV232均方值检测器可以在蜂窝电话或移动设备的带宽效率调制射频传输中，用作一个精确的射频功率检测器。

蜂窝电话数字调制方案概览

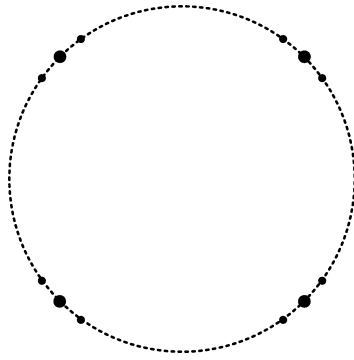
若数字调制方案可以在特定带宽内每秒钟传输大量的数据或位数，则有更高的频谱效率。因此，我们将一个调制的带宽或频谱效率定义为“传输码率除以占用信道带宽，即bit/second/Hz”。表1显示较高阶M态调制方案有更多输出电平，因此有更好的频谱效率。

表1:带宽效率理论值

调制方案	带宽/频谱效率理论值 (bit/second/Hz)	注释
GMSK	1	恒定包络
QPSK	2	非恒定包络
8PSK	3	非恒定包络
16QAM	4	非恒定包络

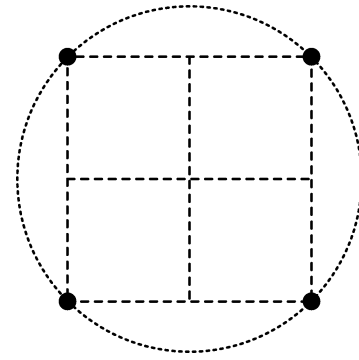
图1显示了每种调制方式的星座图。图中可以看到，只是GMSK有恒定的射频包络。

蜂窝电话数字调制方案概览（续）



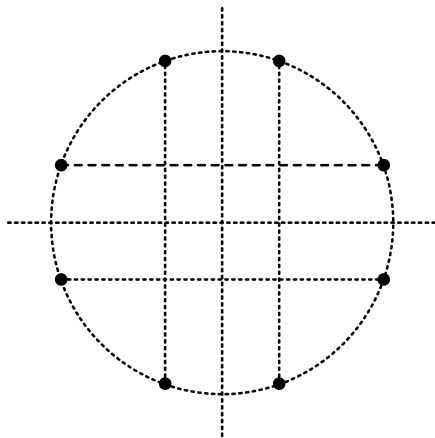
20177201

GMSK
每符号一位



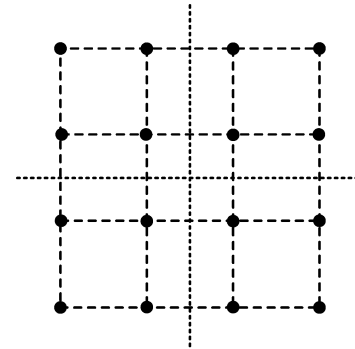
20177202

QPSK
每符号二位



20177203

8PSK
每符号三位



20177204

16QAM
每符号四位

图1在蜂窝电话中使用的数字调制星座图

查看带宽效率的另一种方法是符号率（或波特率），因为通信信道需要的信号带宽取决于符号率，而不是码率。

符号率=码率/每个符号中传输的位数

码率是一个系统的位流或原数据流的频率。符号率则是码率除以每个时间间隔中每个符号内可以传输的位数。

如果每个符号传输1位（如MSK中所示），则符号率与码率相同。如果每个符号传输两位（如QPSK），则符号率是码率的一半。比较MSK和QPSK，我们很容易看到，在传输相同信息量时，QPSK的符号率较低。这就是更加复杂、使用较多状态数的调制格式可以在一个较窄的射频频谱上发送相同信息量的原因。

GSM/GPRS中使用的GMSK调制

GSM/GPRS蜂窝电话网络采用了恒定包络调制形式

的一个变种，称为0.3GMSK（BT=0.3的高斯最小频移键控）在这种调制形式中，调制载波的幅度保持恒定（如图1所示），同时其频率随调制信息的信号而变化。这正是发射机中应用功效好的射频放大器所需要的特性。

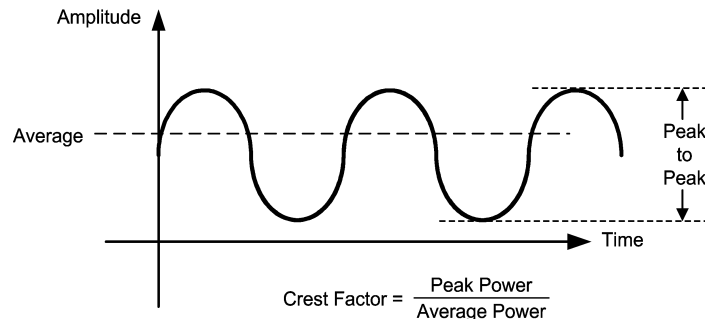
幅度变化会在放大器振幅传输函数中造成非线性，产生频谱再生和无用的邻道功率。由于MSK中没有幅度变化，因此较效率的放大器（线性度较差）可用于恒定包络信号，用来降低功耗。在GSM/GPRS标准中，调制后的波形要经过高斯滤波器过滤，产生一个较狭窄的频谱。此外，高斯滤波器没有时域过冲，因此不会增大峰值偏差。

3GCDMA中的QPSK和16QAM调制

16态正交幅度调制（16QAM）会用于W-CDMA标准的HSPDA。

3G CDMA中的QPSK和16QAM调制 (续)

16QAM的符号率为四分之一码率，因为如图1所示 $16=2^4$ 。因此这种调制形式的频谱传输效率更佳。它的效率高于MSK、QPSK或8PSK。注意，QPSK与4态正交幅度调制是一样的。在线性方案中，被传输信号的振幅随调制数字信号而变化，如在BPSK或QPSK中。在带宽效率重要性高于功率效率的系统中，也不适合采用恒定包络调制。



20177205

图2.峰值因数的定义

在蜂窝电话系统中，采用互补累积概率分布函数（CCDF）来计量一个传输射频信号的统计数据。CCDF从统计上描述一个射频信号有多长时间在某个设定功率电平或阈值之上。CCDF是3G网络中描述一个W-CDMA或CDMA2000信号峰值因数（CF）或峰均比（PAR）特性的可靠方法。

在IS-95中，PAR为3.9dB，CDMA 1X RTT中的PAR可以高达5.4dB。在W-CDMA中，PAR可以从2dB至11dB变化。总之，CDMA2000或W-CDMA中的PAR依赖于射频配置、扩频码组合以及所使用的信道。有时候采用峰值因数降级技术，以降低基站发射机里的实际PAR。

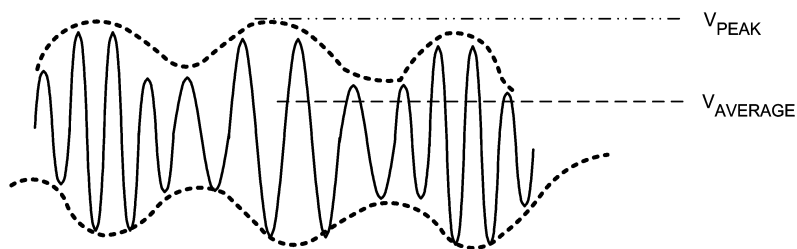
蜂窝电话系统的功率定义及测量

在直流领域中，电路元件的功耗为流过该元件的电流乘以元件两端的电压降。

$$P_{DC} = V I \text{ (Watts or mW)}$$

而在模拟与射频领域中，峰值功率或平均功率都可以用来描述传输或接收的能量水平。图3显示了一个典型的射频信号，其振幅在包络中变化。该信号的功率电平定义如下：

$$P_{RF/Analog} = \frac{V_{average}^2}{R} \text{ (Watts or mW)}$$



20177207

图3.在数字调制射频信号中的峰值功率和平均功率检测

峰值功率检测器

峰值功率测量已经成功地应用于GSM和AMP蜂窝电话网络。一般采用一对肖特基二极管完成峰值功率的测量。其中一个二极管用于射频校正，另一个用于温度补偿。

如上节所述，3G CDMA射频信号有高的峰值因数，CDMA峰值功率的测量值会高于信号平均功率，是它的PAR倍。峰值功率检测器的使用需要一个专门的测度方法，以校正由于变化的峰值因数而造成的测量不确定性。

平均功率检测器

平均功率测量用于测量射频信号的平均功率。这种方法可以处理变动调制包络的信号，如QPSK或16QAM。测量结果为信号中平均功率的实际值，而与调制形式和峰均比（PAR或CF）无关。因此，平均功率测量最适用于处理调制包络幅度随时间变化的方法，如IS-95、CDMA2000、W-CDMA和TD-sCDMA。

如上节所述，3G CDMA射频信号具有高的峰值因数，CDMA峰值功率的测量值会高于信号平均功率，是它的PAR倍。

为解决峰值因数导致的不确定性问题，可以用像LMV232 这样的均方射频功率检测器，测量一个调制信号不断变化的平均功率。

均方检测

LMV232是一种跨导线性器件，并采用了双极晶体管的 I_c - V_{be} 指数关系：

$$y = e^2 \cdot 1n(x) = x^2$$

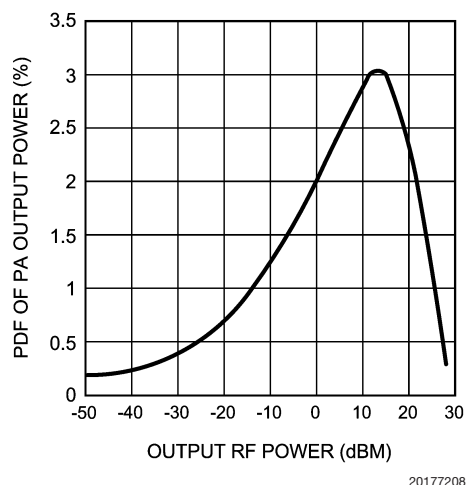
由于LMV232遵从平方律，我们可以发现，LMV232的输出电压 V_{OUT} (伏)与输入功率 P_{IN} (瓦或毫瓦)成比例：

$$V_{OUT} \text{ (Volts)} = k \cdot P_{IN} \text{ (mW)}$$

3G蜂窝电话应用

在目前的市场上，3G射频功率放大器的最大输出功率略高于+28dBm，而3G蜂窝电话的最大输出功率为+27dBm。需要额外增加一分贝的功率以补偿天线与功率放大器之间的固有电路损耗。3G功率放大器通常有两种应用模式：+16dBm以上推荐使用高功率模式；和+16dBm以下推荐使用低功率模式。

图4为一个3G蜂窝电话输出功率的概率估计曲线。由于3G中概率最高的输出功率在+10dBm及以上，因此，必须严格控制输出射频功率，从+10dBm直至+27dBm的最大输出信号电平。



20177208

图4.3GCDMA蜂窝电话设备中的输出功率概率

LMV232在+13dBm及以下有20dB的线性检测范围。图5是用于测量多频3G 移动蜂窝电话发射射频信号电平所推荐的应用框图。

3G蜂窝电话应用（续）

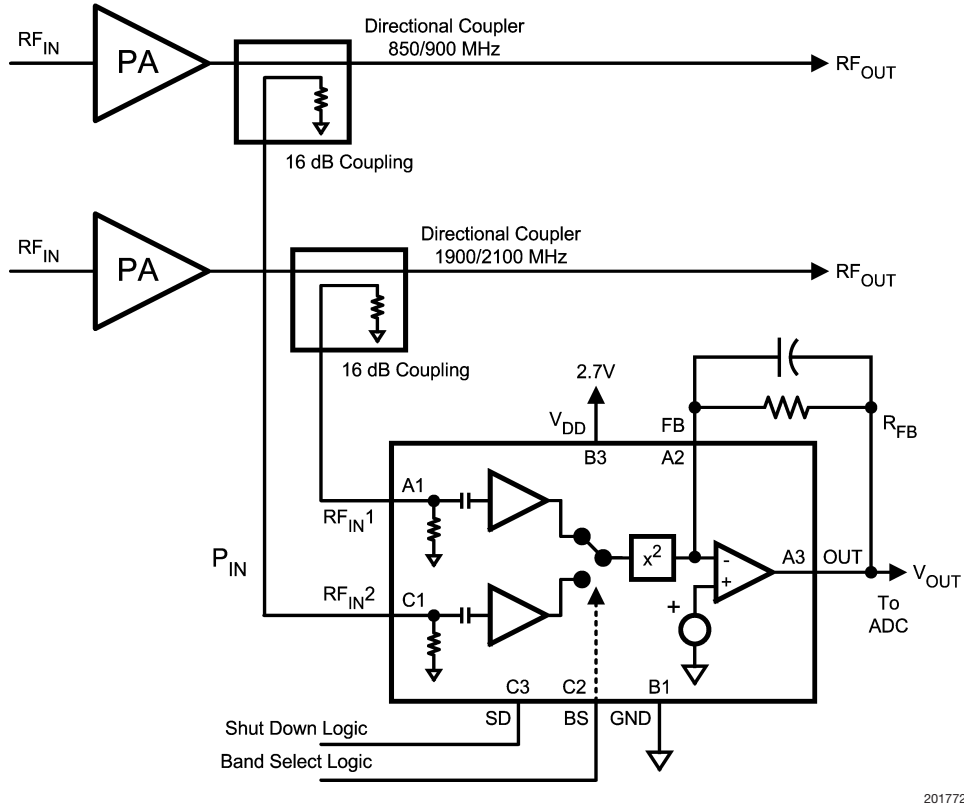


图5.3G多频蜂窝电话中的LMV232的应用框图

本设计中，在功率放大器的输出端使用了一个16dB的定向耦合器。设置使LMV232的最大输入射频功率为：

$$P_{IN} (\text{dBm}) = +28\text{dBm} - 16\text{dB} = +12 \text{dBm}$$

当功率放大器的输出功率为+11dBm时，LMV232的输入功率为：

$$P_{IN} (\text{dBm}) = +11\text{dBm} - 16\text{dB} = -5 \text{dBm}$$

在本设计范例中，我们将LMV232的工作范围设为-5dBm至+12dBm，因而有足够的裕量容纳耦合因子的变化。

不同温度上的测量误差

LMV232均方射频功率检测器用于测量3G蜂窝电话的发射功率。在实际应用中，测量电压 V_{DETECTED} 必须校准到一个已知的基准源，才可以将该检测方法用于一个标准的蜂窝电话工作。因为

$$V_{\text{DETECTED}} \propto P_{in} (\text{mW}) = P_{out} (\text{mW}) - \text{Coupling} (\text{dB})$$

当功率表示为毫瓦时，其线性响应范围从-7dBm至+13dBm。该线性特性为功率放大器的检测电压校准提供了附加的有利条件。

在生产过程中， V_{DETECTED} 按两个不同的功率电平进行测量（两点方法），即功率放大器的 $P_{\text{OUT}} = +14\text{dBm}$ 及 $P_{\text{OUT}} = +24\text{dBm}$ 。（这分别对应采用16dB耦合器时的 $P_{in} = -2\text{dBm}$ 及 $P_{in} = +8\text{dBm}$ ）基于这个测量数据，我们可以为 V_{DETECTED} 和PA的 P_{OUT} 建立一个线性方程。图6是图5中应用电路的测量结果。我们还在-40°C至+85°C范围内测试了射频功率检测电路。-40°C至+85°C。2点测试数据均取自室温下，其估测方程可以在任何温度下预计PA的 P_{OUT} 。如果 $V_{\text{DETECTED}} = 1\text{V}$ ，移动设备会估测其PA的 $P_{\text{OUT}} = +12.3\text{dBm}$ ，而不需考虑温度条件。假定移动设备位于-40°C的环境下，功率放大器的输出功率将为 $P_{out} = +12.65\text{dBm}$ 。

上述预测中的测量误差为 $12.65\text{dBm} - 12.3\text{dBm} = 0.35\text{dB}$ 。

图7为同类的测量结果，但将小信号区域进行了放大。同样地，在-40°C至+85°C的整个温度范围内，根据2点测试方程的测量误差低于0.65dB。

20177209

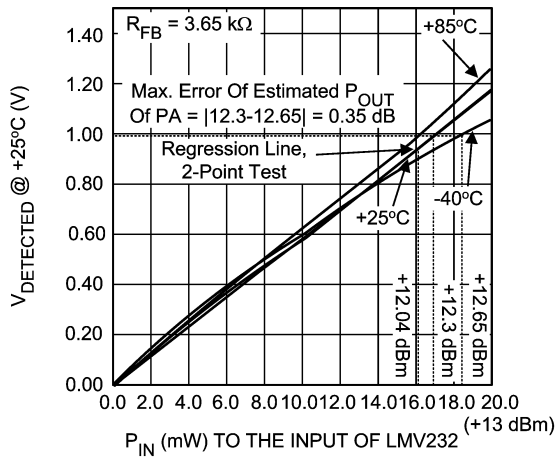


图6.由手持设备中LMV232在不同温度下的数据可见测量的精确性

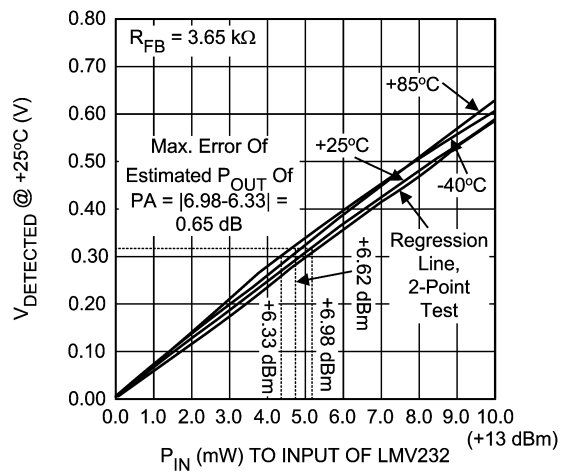


图7.不同温度下的数据显示LMV232在小信号时的精确性能

总结

优化LMV232使之适合于3G移动应用。LMV232与定向耦合器结合起来，可以在最常用的10dBm或更大范

围内，精确检测蜂窝电话的传输功率电平。如概率曲线所示。其具有不随峰值因数变化的检测特性，因此无需使用专门的峰均校正过程。

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

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

www.national.com