

---

**ST25RU3993接收信号强度指示器 (RSSI)**

---

**简介**

ST25RU3993 UHF RFID读卡器包含了用于接收I和Q信号的集成接收信号强度指示器 (RSSI)。由于具有该功能，因而可以测量进入的应答器信号的功率水平，或者检测在VCO频率附近的外部RF信号电平（可能会带来干扰）。

接收信号 (I, Q) 被传送到两个4位对数A/D转换器上。所采集的两个对数绝对值与混频器输入端口的输入功率成比例。I、Q值之比给出了本地振荡器 (VCO) 相位和输入信号相位之间的相位关系。

ST25RU3993数据手册从[www.st.com](http://www.st.com)获取，可作为本文档的参考。关于符号，0x前缀表示十六进制符号（例如：0x29），而二进制数后跟一个b后缀（例如：00b）。

## 目录

<b>1</b>	<b>外部RF输入信号功率</b> .....	<b>5</b>
	1.1 差分输入混频器 .....	6
	1.2 单端输入混频器 .....	8
<b>2</b>	<b>应答器输入信号功率</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>利用AGC计算RSSI</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>结论</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>版本历史</b> .....	<b>14</b>

## 表格索引

表1.	针对不同灵敏度设置的G值——差分混频器 .....	6
表2.	针对不同灵敏度设置的G值——单端混频器 .....	8
表3.	文档版本历史 .....	14
表4.	中文文档版本历史 .....	14

## 图片索引

图1.	输入功率 (dBm) vs. RSSI - 差分混频器 - BB = 300 kHz	7
图2.	输入功率 (dBm) vs. RSSI - 差分混频器 - BB = 50 kHz	7
图3.	输入功率 (dBm) vs. RSSI - 单端混频器 - BB = 50 kHz	9
图4.	输入功率 (dBm) vs. RSSI - 单端混频器 - BB = 300 kHz	9
图5.	C (dB) vs. deltaRSSI	11

## 1 外部RF输入信号功率

可利用差分RX端口或单端RX端口来实现先听后说（listen before talk, LBT）或类似场电平感应功能。

差分RX引脚灵敏度范围为-86 dBm至-22 dBm，单端RX引脚灵敏度范围为-88 dBm至-32 dBm。

使用低功率输出时，内部用于RX混频器的ST25RU3993本地振荡器（LO）信号连接到RFOPX和RFONX引脚。如果使用了内部功率放大器，则LO信号来自于前置放大器（PA）级。跟RFID应答器操作的情形一样，在功率传输和信号接收同时进行的情况下，这些都是其优点。

要感测外部信号（LBT），应禁止功率传输。

根据应用所用的TX端口，利用外部PA准备LO信号有两种可能的选择：

1. 使能低功率输出并用于LO信号，但在外部频谱分析仪上，输出功率会被关闭，利用：
  - 掉电
  - 偏置
  - 电源
2. 低功率输出禁用，LO信号源为内部PA级（寄存器0x0C：44）。

*注：内部PA的TX端口可以悬空不接，但需要在VDD\_PA引脚上接一个100 nF的电容。*

内部PA禁用，LO信号源连接到低功率输出通路（寄存器0x0C：01）。

*注：引脚RFOPX和RFONX应通过两个100 Ω电阻连接至VDD\_B。*

为了使能对外部RF源的RSSI测量，应进行以下附加配置：

- 在协议选择寄存器中将两位rf\_on和rec\_on置为“1”。
- 将协议选择寄存器的dir\_mode位置为“1”。
- 通过将e\_irq\_noresp位置为“0”，禁用使能中断寄存器1中的无响应中断。
- 需要通过状态读取页设置寄存器（寄存器0x29：X<sup>(a)</sup>0）对RSSI显示寄存器进行配置，来显示实时RSSI信息

要获取外部信号电平，请检查PLL是否锁定（pll\_ok位），以及RF电源是否接通（rf\_ok位），然后发送直接命令使能RX（0x97），等待500 μs，从RSSI显示寄存器（0x2B）中读取实时RSSI。

使用一个外部RF源，非相干下变频可确保I和Q RSSI值具有相似电平。

---

a. 忽略。

计算所接收的输入功率的近似方程式为：

$$\text{meanRSSI} = [\text{RSSI} (I) + \text{RSSI} (Q) ] / 2$$

$$\text{Pin (dBm)} = 2.1 * \text{meanRSSI} - G$$

其中：

- meanRSSI为两个RSSI (I) 和RSSI (Q) 值的算术平均值从RSSI显示寄存器中读取
- Pin是以dBm表示的输入功率
- G是一个常数，取决于RX滤波器设置寄存器以及RX混频器和增益寄存器的设置。

RF通路到混频器输入端口的元件和PCB线属性也对G有所影响。

上述过程是假定ST25RU3993已预先使能，并且RX和TX被接通（EN=1，stby=0，rf\_on=1）。如果读卡器设备被禁用（EN=0）或处于待机模式（stby=1），则MCU在使能后需要等待18 ms，然后发送直接命令使能RX。如果只有TX和RX被禁用（rf\_on=0），则在设置rf\_on=1并发送Enable\_RX后，MUC需要等待7 ms。

建议根据实际输入功率检查计算功率，并相应调整每个PCB设计的G常数。

## 1.1 差分输入混频器

用来计算外部信号（LBT）输入功率和差分混频器可用输入信号范围的G常数典型值如表 1 中所示。

表1. 针对不同灵敏度设置的G值——差分混频器

寄存器设置 0x0A <sup>(1)</sup> , 0x09 <sup>(2)</sup>	G值 (dB)	可用灵敏度范围 最小/最大 (dBm)		注释
0xC1, 0xFF	53	-50	-22	内部衰减器接通，最小BB增益
0x01, 0xFF	62	-59	-31	内部衰减器接通，额定BB增益
0x00, 0xFF	71	-68	-40	内部衰减器断开，额定BB增益，相应的额定LBT灵敏度
0x02, 0xFF	80	-77	-49	提高混频器增益，额定BB增益
0xE2, 0xFF	89	-86	-58	提高混频器增益，最大BB增益，相应的最佳LBT灵敏度

1. RX混频器和增益寄存器。

2. RX滤波器设置寄存器。

表 1 中的G值可有效检测具有50 kHz基带（BB）频率的信号，并且利用滤波器设置0x09：FF，还可适用于50 kHz偏移的LBT感测。

要计算250kHz（0x09：34）或320kHz（0x09：24）的反向散射链路频率的输入信号功率，G值应增加2.5 dB（意味着增益更高，输入功率更低）。

要计算160kHz (0x09: 3F) 或640kHz (0x09: 04) 的反向散射链路频率的输入信号功率, G值应增加1.5 dB。

图1. 输入功率 (dBm) vs. RSSI - 差分混频器 - BB = 300 kHz

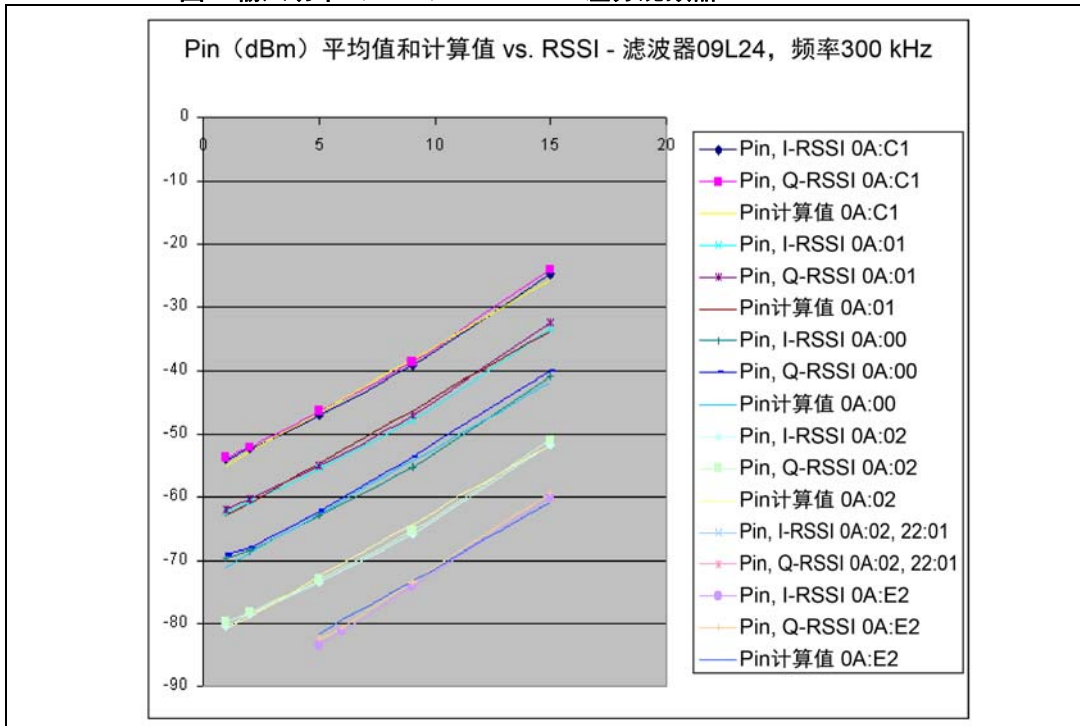


图2. 输入功率 (dBm) vs. RSSI - 差分混频器 - BB = 50 kHz

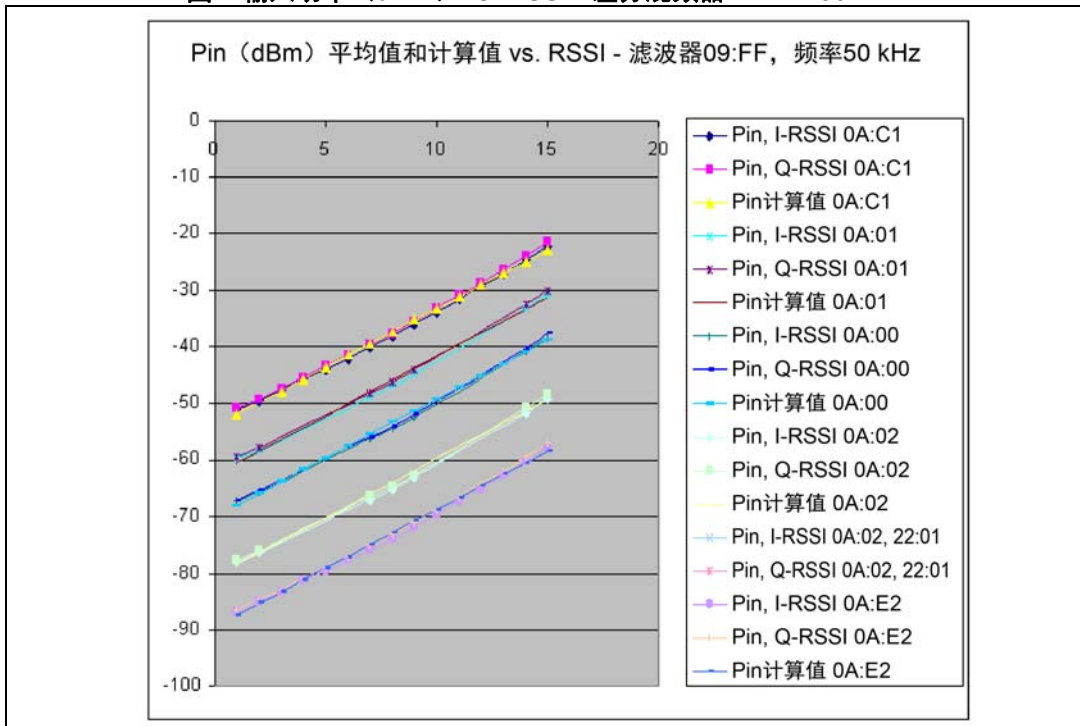


图 1和图 2显示了差分混频器输入分别为300 kHz和50 kHz BB信号频率时，I和Q通道的RSSI读取值（code）和输入信号功率（dBm）之间的典型关系。Pin根据上述等式进行计算。

## 1.2 单端输入混频器

用来计算外部信号（LBT）输入功率和单端混频器可用输入信号范围的G常数典型值如表 2 中所示。

表2. 针对不同灵敏度设置的G值——单端混频器

寄存器设置 0x0A <sup>(1)</sup> , 0x22 <sup>(2)</sup> , 0x09 <sup>(3)</sup>	G值 (dB)	可用灵敏度范围 最小/最大 (dBm)		注释
0xC0, 0x14, 0xFF	63	-60	-32	低混频器增益, 最小BB增益
0x00, 0x14, 0xFF	71	-68	-40	低混频器增益, 额定BB增益, 相应的额定LBT灵敏度
0x01, 0x12, 0xFF	77	-74	-46	中等混频器增益, 额定BB增益
0x03, 0x11, 0xFF	83	-80	-52	高混频器增益, 额定BB增益
0xE3, 0x00, 0xFF	91	-88	-60	高混频器增益, 最大BB增益, 相应的最佳LBT灵敏度

1. RX混频器和增益寄存器。
2. RX滤波器设置寄存器。
3. 发射极耦合混频器选项寄存器。

表 2中的G值可有效检测具有50 kHz BB频率的信号，而利用滤波器设置0x09: FF时，还可适用于采用50 kHz偏移的LBT感测。

要计算250kHz（0x09: 34）或320kHz（0x09: 24）的反向散射链路频率的输入信号功率，G值应增加2.5 dB（意味着增益更高，输入功率更低）。

要计算160kHz（0x09: 3F）或640kHz（0x09: 04）的反向散射链路频率的输入信号功率，G值应增加1.5 dB。

图 3和图 4显示了单端混频器输入分别为50 kHz和300 kHz BB信号频率时，I和Q通道的RSSI读取电平（code）和输入信号功率（以dBm表示）之间的典型关系。相应RX滤波器设置为0x09: FF和0x09: 24。



图3. 输入功率 (dBm) vs. RSSI - 单端混频器 - BB = 50 kHz

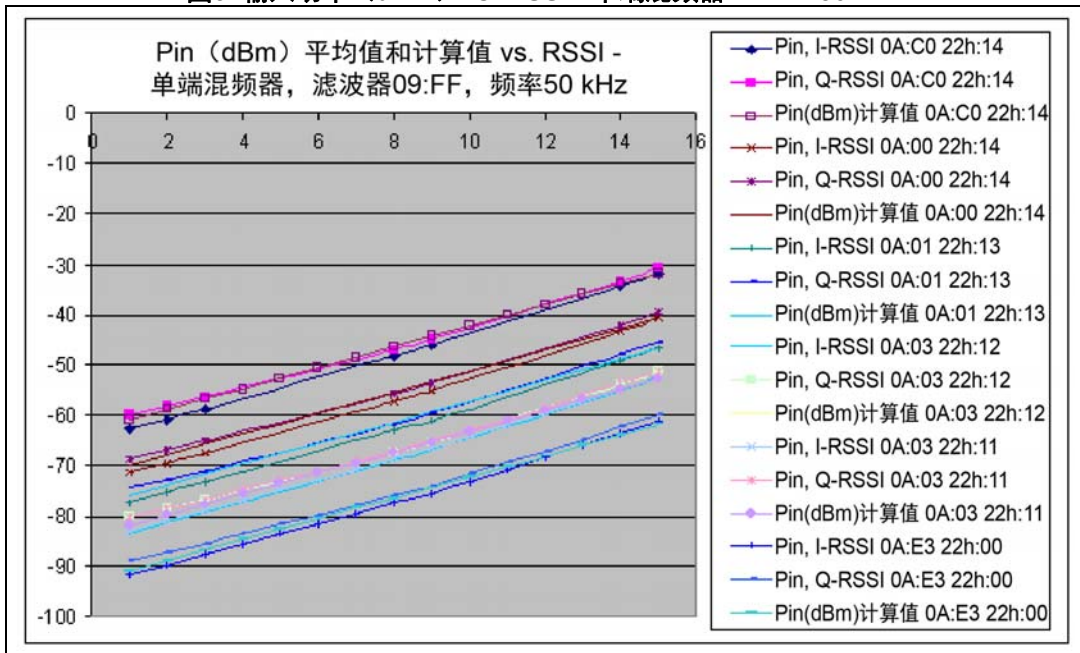
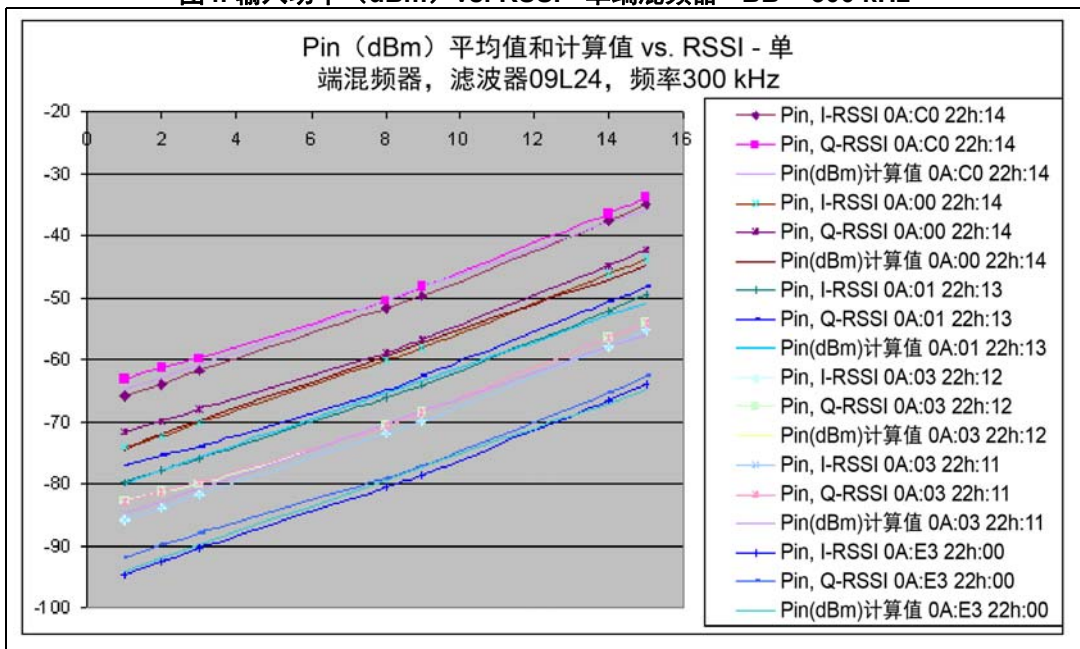


图4. 输入功率 (dBm) vs. RSSI - 单端混频器 - BB = 300 kHz



## 2 应答器输入信号功率

接收应答器信号的过程中，连续监测I和Q信道的幅度。导频音中，RSSI电平被测量并存储在寄存器中。显示RSSI-1-pilot (I, Q) 值需要通过寄存器0x29: X<sup>(b)</sup>4进行配置，并从寄存器0x2B中读取。MCU能够在数据接收时或接收结束后访问所得到的RSSI-1-pilot (I) 和RSSI-1-pilot (Q) 值。直至下一次数据传输开始前，它们都有效。

调制应答器信号与本振 (VCO) 是相干的。因此，可在I和/或Q通道中得到下变频信号。

可用以下公式计算混频器输入端口所接收到的应答器信号电平：

$$\text{highRSSI} = \max [\text{RSSI} (I) , \text{RSSI} (Q) ]$$

$$\text{deltaRSSI} = \text{abs} [\text{RSSI} (I) - \text{RSSI} (Q) ]$$

$$\text{Pin (dBm)} = 2.1 * \text{highRSSI} + 10 \log (1 + 10^{-\text{deltaRSSI}/10}) - G - 3$$

其中

- highRSSI为从RSSI显示寄存器中读取的RSSI (I) 和RSSI (Q) 值之间的最大值
- deltaRSSI是两个RSSI值之差的绝对值
- Pin (dBm) 是混频器输入端口的应答器输入信号功率，以dBm表示
- G是一个常量，取决于寄存器设置、RX通路至ST25RU3993的元件和PCB迹线。不同寄存器设置下的G值如表 1和表 2中所列。

由于deltaRSSI的贡献相对较小，Pin的计算可利用以下公式简化（尤其是对于MCU）：

$$\text{Pin (dBm)} = 2.1 * \text{highRSSI} - G - C$$

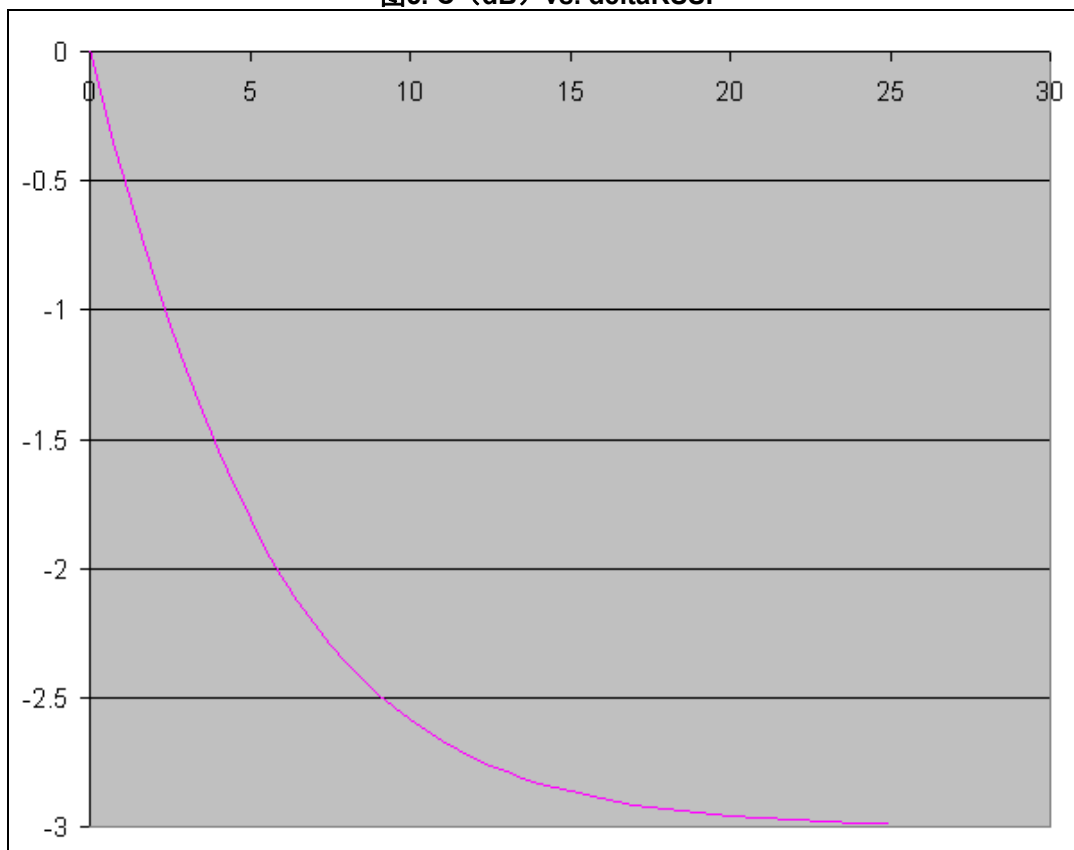
其中C是取决于deltaRSSI的常数。

C相对于deltaRSSI的特性如图 5所示。使用单个C值如1.5，由于简化计算导致的误差可达1.5 dB，如果使用一组C值，可以更高精度逼近Pin。

---

b. 忽略。

图5. C (dB) vs. deltaRSSI



### 3 利用AGC计算RSSI

当AGC使能时，需要对RSSI的计算进行调整。

AGC值5、6、7对应RSSI和数字转换器电路中的增益级（每级3 dB）。在BB标签信号（OAD和OAD2输出）和RSSI结果上可以看到AGC的影响。

值1至4对应数字转换器迟滞。这部分AGC活动仅对灵敏度有影响。

要正确计算AGC使能时的信号输入功率，除了RSSI显示寄存器结果外，还需考虑寄存器0x2A中位agc<2:0>的AGC结果。

要计算外部RF信号的RSSI（LBT模式），来自表 1和表 2的常数G值应根据以下公式进行校正：

$$G_{AGC} = G - 3 \text{ dB} * (AGC - 4), \text{ if } AGC > 4$$
$$G_{AGC} = G, \text{ 如果 } AGC \leq 4$$

其中：

- AGC是寄存器0x2A状态位的值
- $G_{AGC}$ 是基于AGC的RSSI计算常数
- G是来自表 1和表 2的常数。

## 4 结论

由于集成了RSSI测量功能，ST25RU3993允许用户测量输入的应答器信号功率水平，或检测接近VCO频率的外部RF信号电平。通过内部AGC处理接收到的信号（I，Q）并设置最优增益。

本应用笔记提供了利用常数（G值）来计算外部RF载波dBm电平的公式，对两种接收机类型均以列表形式显示，可帮助用户选择正确的给定接收机增益值和滤波器配置。

为了优化性能，建议根据实际输入功率检查计算功率，并相应调整每个PCB设计的G常数。

## 5 版本历史

表3. 文档版本历史

日期	版本	变更
2017年1月3日	1	初始版本。

表4. 中文文档版本历史

日期	版本	变更
2017年6月20日	1	中文初始版本。

**重要通知 - 请仔细阅读**

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和 / 或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标是 ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。本文档的中文版本为英文版本的翻译件，仅供参考之用；若中文版本与英文版本有任何冲突或不一致，则以英文版本为准。

© 2017 STMicroelectronics - 保留所有权利