

简单、价格低廉 RMS功率计（工作功率100 MHz - 40 GHz）

Andy Mo
ADI公司

简介

RMS响应式RF功率计被广泛用于测试和测量应用，用于精确测量具有不同波峰因素的信号的RF功率。这些价格高昂的连接设备的精度非常高，依赖于广泛的特性测定和校准；但要保持这种精度，就无法兼顾成本和尺寸。[LTC5596](#)是一款功率在100 MHz到40 GHz之间的rms响应式集成电路，成本更低，尺寸更小，检测范围在35 dB或以上，可用于制造手持式宽带功率计，或者作为嵌入式功率计装入电路中。

LTC5596采用可控的线性dB传递函数，具备出色的频率平坦度，易于校准 - 如单个中频两点校准一般基础的校准，在150 MHz至30 GHz频率范围内，测量精度为 ± 1 dB。LTC5596具备低功耗（仅100 mW）和集成特性，因此能够用在电路和手持式电源监控解决方案中。

图1中电源供电的示例可以说明这整套方案相当简单，其中，宽带RF功率计可使用已有的LTC5596演示电路([DC2158A](#))、I²C LCD显示器，以及运行短小的固件程序的[DC2026C](#) Linduino板（见附录）构建。

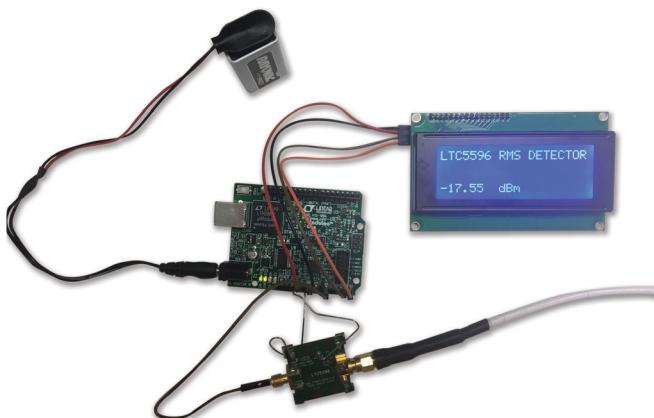


表1. 物料清单

描述	产品型号
LTC5596演示板	DC2158A
Arduino板	Linduino DC2026C或可兼容的
I ² C LCD显示器	Smraza 2004 LCD显示模块(20 × 4)
9 V电池和线缆	

电路装配

图2显示了装配方案。Linduino板的模拟IN电池中包含多个ADC输入，这里采用A0来作为示例介绍LTC5596检波器的输出。该显示器采用I²C接口，简化了与Linduino板之间的连接。整个电路通过Linduino板的辅助端口供电，包括LTC5596板和连接器。

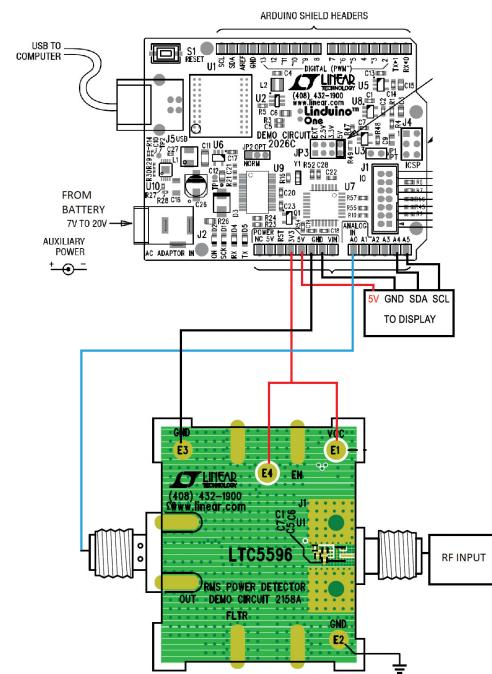


图2. 连接图。

固件

所需的所有固件都在Linduino板上运行。固件的主要功能是将测量到的模拟输入(V)转换为RF功率(dBm)，并在LCD显示器上显示。为了做到这一点，我们建议用两点校准法，在LTC5596的线性传递函数上找到斜率和截点——以线性形式表示的 V_{OUT} 和RF功率：

$$y = (x - b)m$$

其中， x 表示输入功率(dBm)， y 表示LTC5596的输出电压(V_{OUT})，与ADC数字码成正比， m 表示斜率， b 表示 x 截点 (V_{OUT} 达到0)。固件依据测量所得的 y 来计算 x ， b 和 m 的值则来自于校准（详见下方说明）。对多个读数取平均值可以帮助最小化噪声带来的影响。

Linduino的板载ADC为10位分辨率，与约4.9 mV的LSB尺寸对应。LTC5596的典型斜率为28.5 mV/dB，因此测量分辨率约为0.2 dB。附录显示的固件代码示例在5.8 GHz下使用，用于显示输入功率(dBm)。

校准

虽然LTC5596采用了线性dB传递函数。但器件间差异会导致出现多个传递函数斜率和轴截点。由于传递函数是线性的，所以校准很简单，只需采用两点校准（如果需要，则采用多点校准）就可以确保准确性。

图3显示了针对一个典型的传递曲线的两点校准，该曲线是5.8 GHz时LTC5596的曲线。这两点被用于求取斜率和x截点。

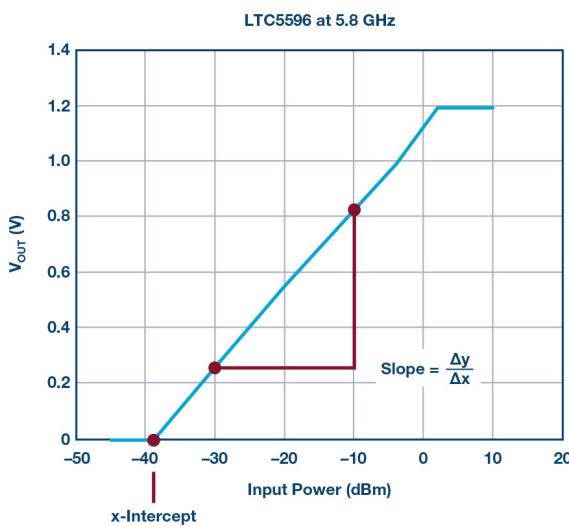


图3. LTC5596 V_{OUT} 与输入功率。选择的两个校准点应可以代表应用的工作范围。

本例中，

$$\text{Slope} = \Delta y / \Delta x = (0.83 - 0.26) \text{ V}/(-10 + 30) \text{ dB} = 28.5 \text{ mV/dB}$$

$$x\text{-intercept} = \text{Input Power} - V_{OUT}/\text{Slope} = -10 - 0.83/0.0285 = -39 \text{ dBm}$$

这些斜率和截点值都被用于附录所示的数码中。

线性误差

在数据手册中，对数截点是指图中的x截点。线性误差是指理想直线与检波器实际测量的功率之间的差异。可用的检测范围一般是指线性误差小于1 dB的范围。因此，可以利用图4所示的x截点和斜率来计算误差，这显示的是采用两点校准时，系统能够达到的典型设备的线性误差。

$$\text{Error} = V_{OUT}/\text{Slope} + (x\text{-intercept}) - \text{Input Power}$$

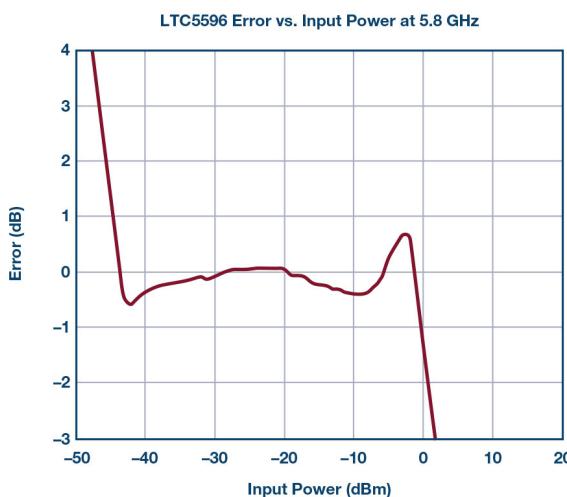


图4. 校准之后，LTC5596的误差与输入功率。线性动态范围约为-40 dBm至+3 dBm。

结论

LTC5596体积小、极为简单，且所需的功耗低，在100 MHz至40 GHz范围内，可以实现精准的RF功率测量。它让完整的解决方案具备小巧、高效和精准的特点，足以满足手持便携式RF功率计的需求，甚至可以放入电路之内，作为嵌入式RF功率计。由于LTC5596具备出色的线性dB宽带传递函数，固件开销达到最低。两点校准可在单个中频带频率下进行，具有不错的准确度；也可以在多频率下进行，以提高准确度。更重要的是，无论采用何种调制方式，LTC5596 rms检波器都能够准确测量功率。即使是简单的两点校准，结果也相当准确——不考虑调制波形的情况下，误差小于0.3 dB。与之相反，其他价格高昂的商业设备则需要密集校准和特性测定。

附录：Linduino板采用的将ADC读数转化为dBm，以及驱动显示器的示例代码

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,20,4); //将LCD地址设置为0x3F,
显示为20个字符和4行
int analogPin = 0; //设置模拟IN通道0
double val = 0;
double slope = 0.0285; //用电压表示的每dB斜率
double xint = -39; //对数截距 (dBm, 5.8GHz时)
double power = 0.0;
double totalval=0.0;
void setup()
{
lcd.init(); //初始化lcd
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("LTC5596 RMS DETECTOR");
lcd.setCursor(8,3);
lcd.print("dBm");
}
void loop()
{
for(int i=0;i<20;i++) //求取20个ADC读数的平均值:
{
val = analogRead(analogPin);
delay(10);
totalval= totalval + val;
}
totalval=totalval/20.0;
power = (totalval*0.0049/slope)+xint; //转换为电压值,
计算dBm
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print(power);
}
```

作者简介

Andy Mo是ADI公司的一名RF应用工程师。在此之前，他作为RF电路设计应用工程师，在凌力尔特（现在已成为ADI的一部分）工作了10多年。他拥有加州大学圣巴巴拉分校的电气工程硕士学位，主修通信电子。联系方式 andy.mo@analog.com。

在线支持社区

访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。



ANALOG DEVICES 中文技术论坛

请访问 ezchina.analog.com

全球总部
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部
上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 21) 2320 3200
传真: (86 21) 2320 3222

北京分公司
北京市海淀区西小口路 66 号
中关村东升科技园
B-6 号楼 A 座一层
邮编: 100191
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2018 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. DN20699sc-0-11/18

analog.com/cn



超越一切可能™