

# 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)、I<sup>2</sup>C LCD显示器，以及运行短小的固件程序的DC2026C Linduino板（见附录）构建。

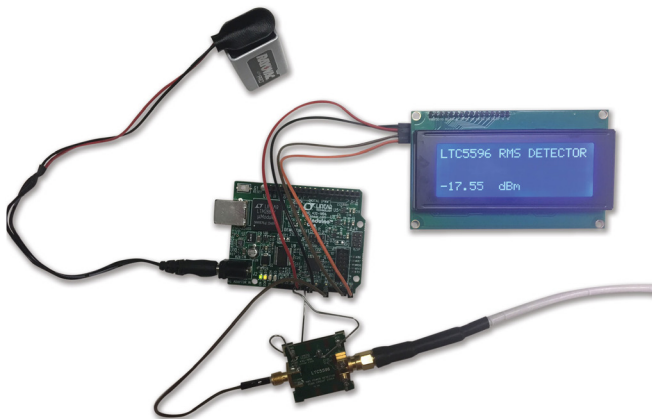


图1. 完整的宽带RF功率计。

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 <sup>2</sup> 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I<sup>2</sup>C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。

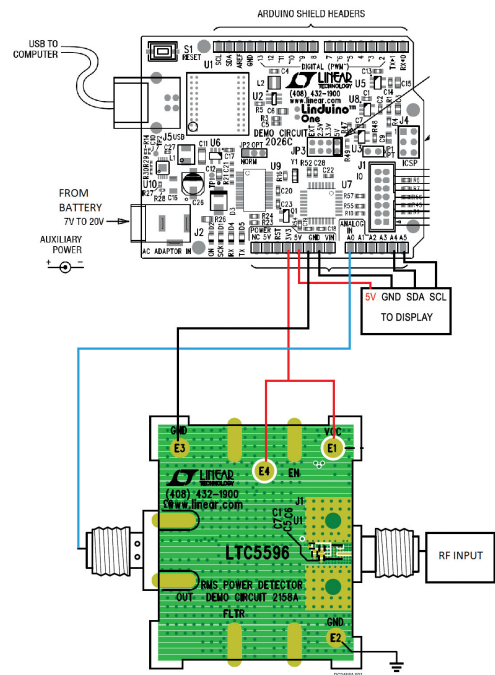


图2. 连接图。

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。

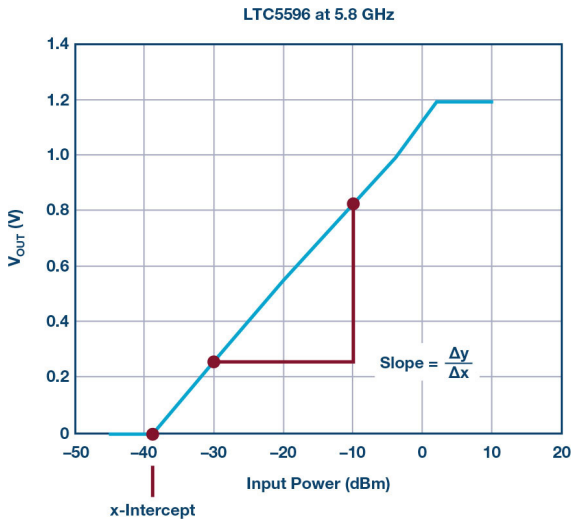


图3. LTC5596  $V_{OUT}$ 与输入功率。选择的两个校准点应可以代表应用的工作范围。

本例中，

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

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

这些斜率和截点值都被用于附录所示的数字码中。

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。

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

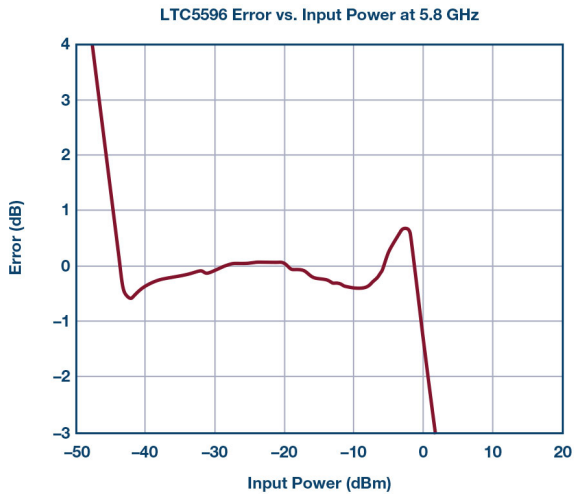


图4. 校准之后，LTC5596的误差与输入功率。线性动态范围约为-40 dBm至+3 dBm。

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](mailto: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。



请访问[ezchina.analog.com](http://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: (86 755) 8202 3200  
传真: (86 755) 8202 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](http://analog.com/cn)

