

一款切合实际的30A能量计

A sensible 30A energy meter

作者 / Christopher Gobok 凌力尔特公司 (现隶属 Analog Devices 公司) 混合信号产品高级产品市场工程师

摘要: 本文介绍了一款集成了 30A 检测电阻器 LTC2947。

关键词: 能量监测; 检测电阻器; LTC2947

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2017.8.007

引言

在很多应用中, 监视能量都有很多类似的好处。市面上广泛提供手持式、机架式和直插式能量计, 很多人都可以使用, 例如, 设施管理员可以用来跟踪和分配设备或部门等使用的能量。能量计的使用也许还包括负载记录与分析, 这时比较预期能耗与当前能量使用情况, 并根据其与已建立能量模型之间的偏差, 标记需要关注的区域。通过调节负载, 人们可以决定任何时刻可以连接到系统多少设备, 例如电灯、电脑、电池等。电动自行车和电动汽车可以报告它们的

每英里能量使用情况, 量化从电池抽取或返回电池的能量。

尽管能量监视应用丰富多彩, 但是市场上却极少有能量监视 IC。很多系统设计师用功率监视 IC 应付, 例如凌力尔特公司的 100V LTC2945 功率监视器, 并用一个微处理器跟踪功率和时间信息, 同时计算能量。尽管不需要复杂的编码, 但是这种解决方案的主要缺点是牵制了计算资源。凌力尔特的 100V LTC2946 能量监视器是一款更加简练的解决方案, 提供直接能量测量, 用户能够灵活地选择自己的检测电

阻器, 但是当需要测量大电流时, 挑战就出现了。接下来就是凌力尔特早该推出的 LTC2947 能量监视器了, 该器件集成了 30A 检测电阻器, 对如今要求最苛刻的应用而言, 该器件能提供极其切合实际的能量监视。

再论检测电阻器

使用以检测电阻器作为电流检测组件的功率或能量监

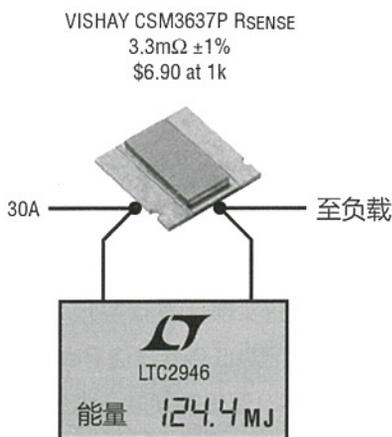


图1a LTC2946 用 3.3mΩ 检测电阻器测量 30A 轨的能量

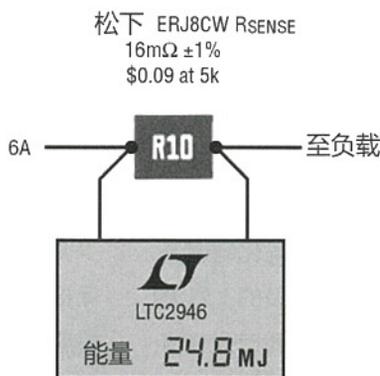


图1b LTC2946 用 16mΩ 检测电阻器测量 6A 轨的能量

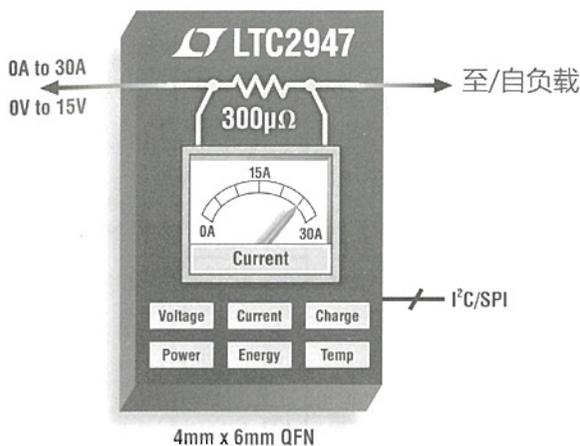


图2 集成了检测电阻器的 LTC2947 功率 / 能量监视器

视 IC 进行设计时，计算所需检测电阻器通常是个非常容易的任务。只需应用欧姆定律，获取数据转换器的满标度电压，再除以负载电流即可。然后，去喜欢的电子组件分销商的网站上查一下，看看有哪些真实的电阻器可用。直到开始测量两位数的电流为止，事情都足够简单。

以 LTC2946 宽范围 I²C 功率、电荷和能量监视器为例，该器件的满标度电压约为 100mV。如果 LTC2946 用来测量一个 30A 轨，那么需要 3.3mΩ 检测电阻器，这种阻值的电阻器轻而易举就可得到，但是这个电阻器会消耗 2.9W 功率！这个世界上即使有人，但也极少愿意为了简单的能量测量而消耗这么大的功率。此外，因为功率消耗很大，封装绝对有可能是“标准”的，因此相当昂贵。例如，Digi-Key 销售的 Vishay CSM3637P 3.3mΩ ± 1% 5W 检测电阻器，如图 1a 所示，千片批购价为每片 6.90 美元！其 6mm x 3mm x 0.6mm 大型金属铝箔封装实际上使该电阻器成了一个难以安装的 5W 散热器。

如果用 LTC2946 测量较小的电流，例如 6A 轨，那么需要 16mΩ 检测电阻器，功耗则是更可接受的 0.57W。Digi-Key 销售松下 ERJ8CW 16mΩ ± 1% 1W 检测电阻器，如图 1b 所示，千片批购价为每片 0.09 美元，也可以接受。这款电阻器采用纤巧的 3.2mm x 1.6mm x 0.65mm 1206 封装，不难安装，也不会占

用很大的电路板空间。其实，这构成了一个准确度为 2.4% 的能量监视解决方案，在 -40°C 至 85°C 工作温度范围内运行，对某些应用而言，这也许太不准确了。这个 2.4% 还不包括 LTC2946 和检测电阻器之间的外部连接（即引线和走线）产生的热电偶效应导致的任何不准确性。

无论你想测量 30A 轨还是 6A 轨，一种更简单的方式以替代 LTC2946 的器件就是 LTC2947 能量监视器，如图 2 所示，该器件集成了一个 300µΩ 检测电阻器，消除了使用外部检测电阻器测量大电流的诸多难题，包括功耗、准确度、温度漂移和尺寸问题。当测量 30A 满标度电流时，LTC2947 集成的检测电阻器上之压降仅为 10mV，从而导致仅约 1/4W 的功耗，或者测量 6A 轨时功耗为 10mW。除了低功耗，由于其仅为 -9mA (2.7µV) 的低失调，LTC2947 还提供很大的动态范围。经过温度补偿的能量读数确保在室温时准确度为 1.2%，在 -40°C 至 85°C 的整个温度范围内，准确度为 1.5%。此外，LTC2947 采用 4mm x 6mm 32 引脚 QFN 封装，从而非常适用空间受限设计。

能量测量

LTC2947 测量很多参数，包括电流、电压、功率、电荷、能量、温度和时间。参见图 3 所示方框图。LTC2947 采用 3 个 ΔΣ ADC，其中，两个测量电压和电流，第三个 ADC 计算功率。在连续模式，ADC 连续并同时测量电流、电压、功率和温度，且每隔 100ms 更新一次相应的内部寄存器。单稳态模式触发一组循环测量。当无需进行测量时，LTC2947 可进入停机模式，这时总电流消耗降至不到 10µA，或进入空闲模式，这时所有电路保持有效，并准备进入连续、单稳态或停机模式。

LTC2947 1.3% 的能量测量准确度确实得益于其计算功率的独特方法。与现有功率监视器以一个 ADC 的转换速率倍增功率不同，LTC2947 执行了一种独特的测量方案，可实现最大的功率测量准确度。

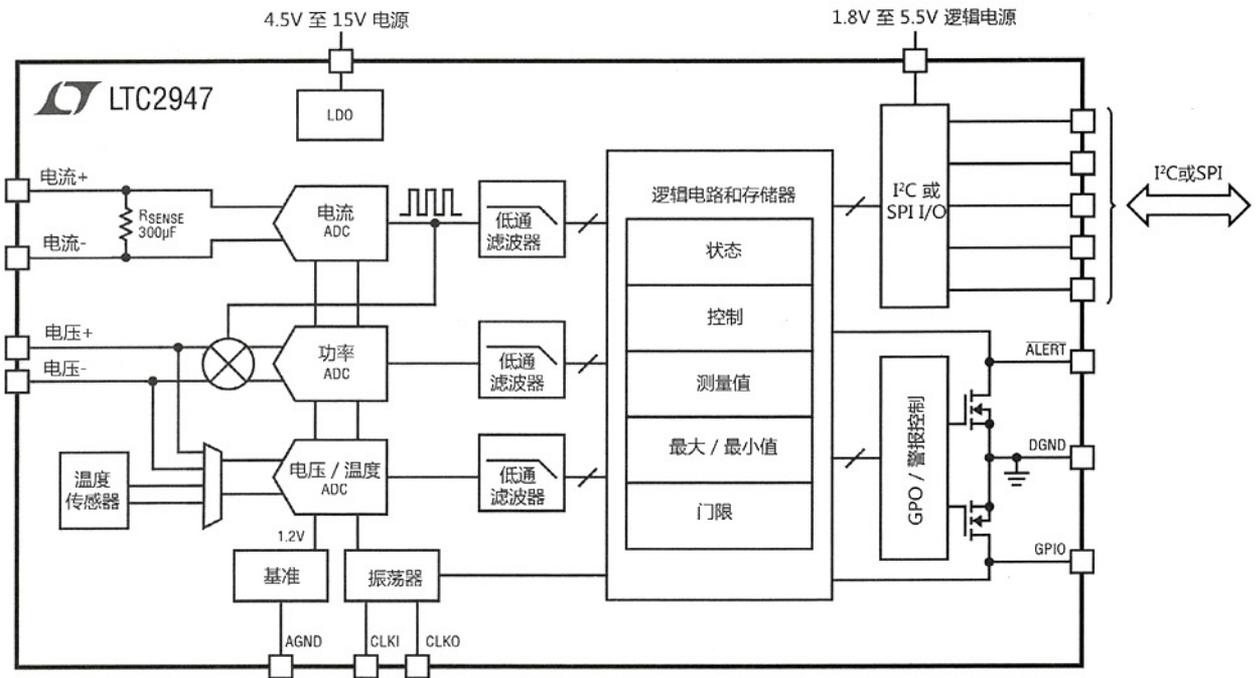


图3 LTC2947 方框图

LTC2947中的3个ADC各针对一项特定的任务量身打造。第一个ADC负责测量-30A至30A的电流，并运用连续失调校准确保以相同的权重对所有的输入采样进行平均处理，并且不会漏失任何采样。

第二个ADC在第一个ADC测量电流的同时测量内部温度和差分电压。温度被报告给主机，并在内部被LTC2947用来补偿内部电流检测电阻器的温度漂移，从而实现更加准确的电流测量。由于LTC2947具有0V至15V的轨至轨工作范围，因此它适用于多种类型的系统。不仅额定绝对最大值为20V的电源和检测引脚为12V应用提供了很大的储备空间，而且零伏(0V)检测监视能力在监视短路或断电情况下的电流水平方面同样是十分有用。0V电压下的故障电流水平能够立即指示电源或负载是否已经损坏，并不需要增加额外的电路。

测量功率和能量时，LTC2947的“秘密武器”确实藏在第三个ADC中，在进行任何转换平均之前，这个ADC在5MHz采样频率时乘以电流和电压。你知道，在典型的功率或能量监视IC中，用一个或两个

ADC测量电流和电压，结果相乘以得到功率。然而，因为通常使用 $\Delta \Sigma$ ADC，所以用来相乘的值是平均电流值和平均电压值，这总是会导致一些功率误差。LTC2947并未进行平均值的乘法运算，而是把电流和电压的原始(在抽取滤波器之前)读数相乘，然后转换结果。这就使LTC2947能够在电流和电压变化高达50kHz时，准确地测量功率，这种变化远远超出其转换频率范围。例如，如果从一个阻抗极大的电池吸取功率，就有可能发生这种情况。

图4显示了一个在20 μ s时间间隔内改变相位的电流和电压波形的例子，还显示了典型功率或能量监视IC以及LTC2947是怎样以不同的方式计算功率的。在典型功率或能量监视IC中，功率是由平均电流乘以平均电压得出的。在LTC2947中，功率是通过采样(在这个例子中，使用了两个采样)相乘之后再平均得出的。LTC2947计算出的0.218W功率更接近实际功率，而典型功率或能量监视IC得出的0.234W功率有7.3%的误差。LTC2947避免了这种误差，并在信号直至50kHz时都保持准确。

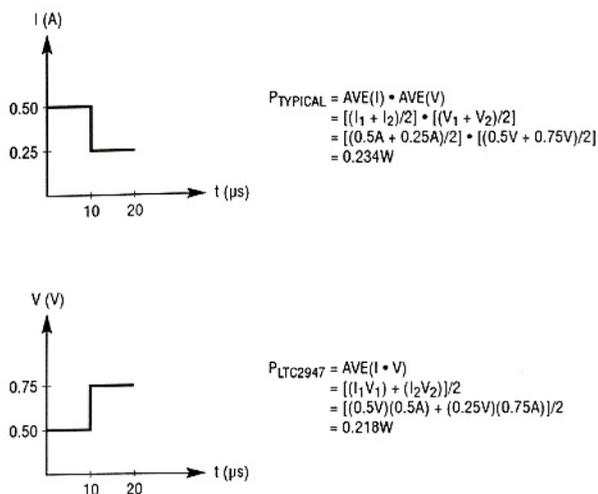


图4 典型功率计算与LTC2947功率计算举例

由于电荷是随着时间推移所消耗的电流,而能量则是随着时间推移产生的用电量,因此LTC2947对电流和功率进行时间积分,以计算流至负载或从负载流出的电荷和能量。另外,该器件还记录用于积分运算的总累积时间,这里,积分时基可以由1%准确度的内部时钟或一个100KHz至25MHz的外部时基提供。在电荷仅仅是准确地确定电池充电状态(SoC)的诸多前提条件之一的电池应用中,电荷数据会特别有用。此外,能量数据在日常应用中还被证明是更加常用的,因为它可实现动态加载,而不是依赖静态功率读数以执行操作。

数字功能的便利性

LTC2947提供众多便利的数字功能,可简化设计。最明显的数字功能是集成了乘法器和累加器,从而为用户提供了24位功率以及48位能量和电荷数据,减轻了大量轮询电压和电流数据并执行额外计算的负担。单独的1.8V至5.5V数字电源使用户能够以不同于所监视电源的电压运行逻辑电平。

LTC2947针对电流、电压、功率和温度提供最小值和最大值寄存器,因此无需软件连续轮询,使总线与主机有时间执行其他任务。除了检测和存储最小/最大值,LTC2947还提供门限寄存器,用来在任何门限被超过时发布警报,因此也无需微处理器不断轮询

LTC2947并分析数据。在提供了规定量的能量或电荷之后,或者当超过了预设定的时间后,LTC2947还可配置为产生一个溢出警报。就能量监视器而言,警报响应可能与最小值和最大值寄存器一样有用,因此该器件提供了单独的警报寄存器,允许用户按照SMBus警报响应协议,选择针对哪个参数发出警报响应,这时广播警报响应地址(AlertResponseAddress,简称ARA),同时,ALERT引脚被拉低,以通知主机发生了警报事件。

用户可以用引脚配置LTC2947,以支持标准SPI或I²C接口,与外部世界通信。有6个I²C器件地址可用,因此可以非常方便地将多个LTC2947设计到同一个系统中。阻塞总线复位定时器使内部I²C状态机复位,以在无论什么原因而使I²C信号保持低电平超过50ms(阻塞总线情况)时,允许恢复正常通信。这种广受欢迎的阻塞总线保护功能可防止主机需要手工排除总线被固定在低电平上的故障,这种故障可能导致破坏性、昂贵和耗时的系统复位问题。LTC2947还提供分割的I²C数据线,因此无需使用I²C分配器或组合器实现双向传输以及跨隔离边界接收数据,这样就非常方便了。

结论

LTC2947是一款便利的电路板级能量监视器,集成了一个300μΩ检测电阻器,消除了往往在测量大电流时出现的常见检测电阻器挑战。无论电流大小,3个ADC都独特地设计以为用户提供高度准确的电流、电压、功率、能量、电荷、温度和时间读数。-30A至30A电流范围和0V至15V电压范围允许LTC2947可采用在多种应用中,包括存在双向电流的应用。

LTC2947提供乘法器、累加器、最小/最大值寄存器、可配置警报和功能非常强大的SPI或I²C接口,但是其模拟功能之强与其大量节省资源的数字功能不相上下。LTC2947仅占用24mm²电路板面积,是凌力尔特功率监视产品线中迄今为止最切合实际的器件。

