



电能计量领域的多功能低功耗设计

美国美信集成产品公司 袁野

摘要：电力用户是我国电工仪器仪表最大的用户群体，需求量占整个市场的90%。电能表是我国电工仪表行业中产量最大的产品。本文讨论了电能表的低功耗设计需求以及Maxim提供的MAXQ3180低功耗电表设计方案。

关键词：电能表；多功能；低功耗；计量芯片

电能表的发展和新要求

电能表产品的一个重要特点是需定期更换，正常情况下电能表的更换周期是10年，但是随着国家对电网建设力度的加大，实际上很多电能表在7~8年就进行了更换，所以对电能表设计的研究是各半导体厂家的着重点。

按原理划分，电能表分为感应式和电子式两大类，由于数字技术的应用，分时计费电能表、预付费电能表、多用户电能表、多功能电能表纷纷推出，进一步满足了科学用电、合理用电的需求。目前从设计上看，电子式电能表已经成为主流，占据了超过70%的电能表生产量。而中国已经成为最大的电子式电能表生产和消费国，每年的生产量在1.5亿只以上，新安装和更换量也达到7 000~9 000万只。

随着技术和市场的发展，用户对计量领域提出了更多的新需求。

(1)提供除电能外所有电力系统相关参数，如：电流、电压、功率因数、有功功率、无功功率、视在功率、电压相角等，这些参数对于电力系统的正常运行是非常重要的。

(2)提供谐波参数。电力谐波会产生对电网的污染，其原因是整流

器、UPS电源、电子调速装备、轧钢机等电力电子设备和电器设备的使用，对电网的危害主要有：功率损耗增加、设备寿命缩短、接地保护功能失常、遥控功能失常、电网过热等。基于其可能造成的负面影响，电力部门加强了对谐波参数的监测。

(3)降低功耗。电能表是计量表后面的负载，所以电能表本身的功耗是由电力部门自身承担的，一般来说，每只机械表的功耗是1.8W，而电子表是0.6W。每只电能表的功耗看似不大，但是考虑到全国范围内的总装表容量(约5亿台)，每年的损耗是一个不可忽略的数目。

防窃电也是降低功耗的一方面，窃电者采用改变电能表计量电压回路的正常接线，或故意造成计量电压回路开路，或接触不良，或在电压线圈回路中串联电阻等，导致计量电压回路故障，使电能表的电压线圈失压或额定电压降低，从而导致电能表不计或少计电量。对于电子式电能表而言，由于其内部芯片的正常供电均来源于电压线圈，如果出现失(欠)压，就会造成系统停止工作，从而完全不能对电能进行计量。电力部门目前提出的要求是在这种情况下，系统仍能在电池供电的条件下对电流超过门限的情

况进行计时，这就要求不论是MCU还是计量芯片都要有低功耗模式。

在一些国家和地区，一些不法分子可能采用使变压器磁饱和过载的方式来窃电，这时会采用RC供电的方式来应对。而RC供电对功耗的限制非常大，整体功耗必须控制在20mA以下，这是目前的系统难以做到的。

基于以上情况，Maxim研发了多功能低功耗计量芯片MAXQ3180，用以满足电力部门不断提出的新的要求。

基于MAXQ3180的电能表设计

随着技术的发展和电力部门管理现代化的要求，越来越多的电子式电能表被赋予了除基本计量功能外的更多功能，即多功能电能表。一个典型的多功能电能表由图1中的几部分构成。

其中，MCU和计量芯片的选择是关键。在新一代的电能表设计中，专用计量芯片更便于所有相关电力参数的计算，所以将MCU分离出来专门实现管理功能，例如通讯、费率时段管理、存储管理等。

降低系统功耗的分析和方案

MCU作为系统核心之一，对整个系统的电源管理负有重要的作用。由于专用计量芯片的使用，MCU可只进行简单的管理性工作，其MIPS性能要求可以降得很低，这样就可选用低功耗的产品，同时也可运行于比较低的频率，使得这部分的功耗可以降得比较低。

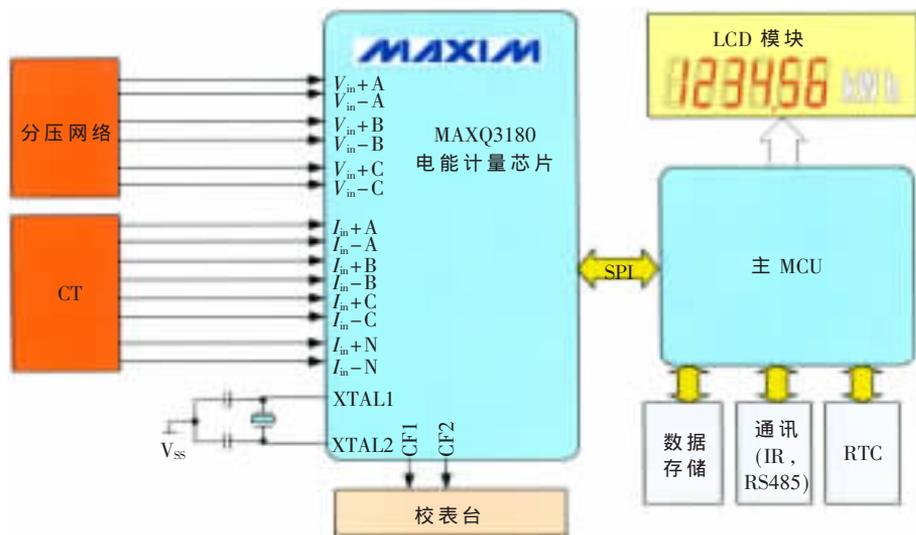


图1 多功能电能表结构

正常情况下通讯以及存储部分是在有需要时才工作,其他时刻都处于静态低功耗状态,所以其平均功率也非常低,不成为低功耗设计的障碍。实时时钟(RTC)由于需要在电池供电情况下保持运行,其设计就保证了功耗也非常低。LCD显示器和驱动器都是低功耗器件,不是系统功耗关注的重点。由于电能计量是一个对功率积分的过程,计量芯片从其原理上就要求其连续工作,所以它就成为整个系统设计中功耗最难控制的一个部分。

要降低计量部分的功耗,需要从以下五个方面入手:

(1)降低工作电压

在早期的电能表设计中,5V电源系统是主流,计量芯片为了和MCU以及其他芯片进行电源匹配都选择5V供电。随着半导体技术的发展,3.3V供电逐渐成为主流,5V供电的计量芯片由于必须进行电平转换反而成为系统低功耗设计的障碍。MAXQ3180采用3.3V供电,使其可以和主流3.3V供电MCU接口,从而有效地降低系统功耗。

(2)增加低功耗模式

MAXQ3180能够在MCU的控制下降低工作频率,进入低功耗测量模式,其功耗可低到正常工作模式的25%~30%而保持功能基本不变,

这样就可以利用这个模式进行一些新特性的设计。

(3)增加休眠模式和快速唤醒

在电池供电的模式下让计量芯片连续全速工作并不现实,这是由当前技术工艺水平所决定的,MAXQ3180也不例外。但是使用间歇工作模式进行模拟是一种很好的解决方法。使用间歇工作模式,一个很重要的方面就是平均电流,而平均电流又取决于工作电流和占空比。MAXQ3180已经使用低功耗模式使得工作电流大大降低,而休眠模式和快速唤醒可以使得实际工作的时间缩短,从而减小占空比,并最终降低平均电流,如图2示例。

(4)动态控制功耗

在芯片运行过程中,很多部分采用间歇性工作方式,使得暂时不使用的部分处于关断状态,这样可以有效地降低系统平均功耗。当然,在需要工作时快速启动也非常重要,这需要在芯片设计过程中很好



例1:工作电流 20mA,占空比 10%
平均电流=20mA×10%=2mA

例2:工作电流 3mA,占空比 10%
平均电流=30mA×10%=0.3mA

例3:工作电流 3mA,占空比 2%
平均电流=20mA×2%=0.06mA

图2 降低平均电流示例

地分配时钟和时序。MAXQ3180在这方面进行了有益的尝试,取得了很好的节能效果。

(5)电源

在目前的电能表设计中,从成本和电磁兼容方面考虑,大多选用了传统变压器加线性稳压器,这是一个电源效率比较低的方案,好处是可靠性高、纹波小。如果要降低功耗,可以选用传统变压器加开关稳压器的方案来提高电源效率,其负面影响是开关稳压器可能会产生谐波,从而对精密的测量部分引入噪声而降低精度。这就需要在电路板设计时非常注意,同时要对给计量芯片供电的模拟电源和地线进行相应的滤波,从而消除噪声的影响。

当然,更彻底的方法是采用开关电源,这可以大大提高电源效率。除了上面所述注意事项外,还包括电磁兼容方面的设计,这是因为开关电源的高频变压器是高通滤波器(传统变压器是低通滤波器),对于电瞬变脉冲群(EFT)所导致的传导干扰没有很好的抑制作用,这样对系统的电磁兼容设计就提出了更高的要求。

低功耗计量芯片

MAXQ3180的新特性

MAXQ3180几乎可以提供所有的电力相关参数,而且这些参数都被很好地组织起来,几乎不需要任何处理就可以直接使用。其中包括:

- (1)分相与合相的有功/无功/视在功率、RMS电压、RMS电流;
- (2)电压相角和交流电频率;
- (3)零相电流测量;
- (4)可编程启动电流门限;
- (5)用户可编程门限的线电压欠



压、过压检测；

(6)功率因数等。

MAXQ3180 还能够提供基波电能(功率)和谐波电能(功率),以及分相电流电压的各次谐波均方根值,其中后一项对于电力质量监控尤其重要。这种参数的测量是基于数字峰值滤波器的,图3显示了实现谐波参数测量的信号流程。

MAXQ3180 具备了低功耗模式和休眠模式,其中一个重要的应用就是在防失(欠)压窃电方面。当发生失(欠)压情况时,电能表内的电子单元失去了电压线圈的主供电方式,就必须使用电池供电的方式。传统的要求是能够在电流线圈内电流值大到一定阈值时开始计时,作为追补电量的依据,图4为传统模式下全失压累计模式示意图。

新的技术需求是希望能够在全部电压输入均为0(全失压)的情况下能够比较连续地记录电流值,从而进行安培小时累计来作为向用户追补电量的依据。实际中一般通过间歇工作来实现,这就要求计量

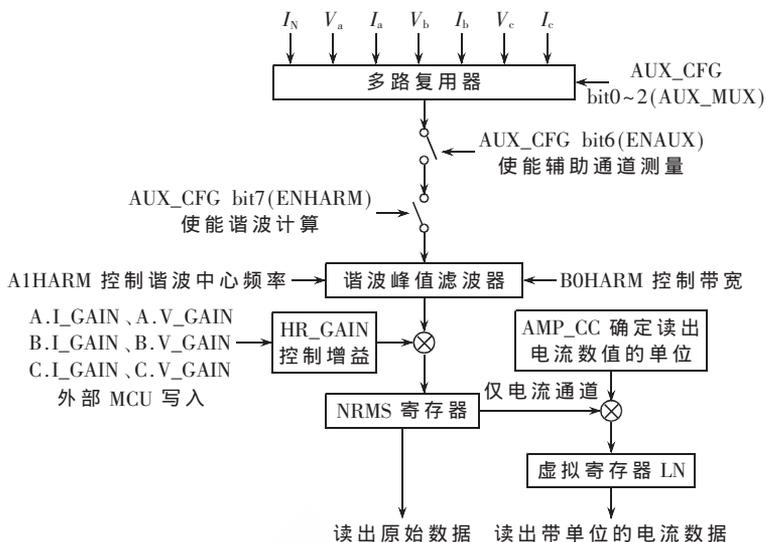


图3 谐波参数测量流程

芯片在电池供电的情况下依然能够工作。

由于传统的计量芯片没有电源管理模式,因此不能直接用于电池供电的场合。通常方法是 MCU 休眠唤醒,再将计量芯片的电源用 MOSFET 开关控制,利用间歇工作模式来实现。

又由于普通的计量芯片没有低功耗模式,在 MCU 用开关将其上电

后必须进行长时间的包括晶体预热和系统初始化后才能开始工作,这样使得每次测量的时间都比较长,再加上工作时间的电流比较大,其结果就是平均电流比较高,对电池的消耗比较大。

MAXQ3180 具有低功耗模式和休眠模式,更便于全失压情况下的安培小时累计,其示意图如图5所示。

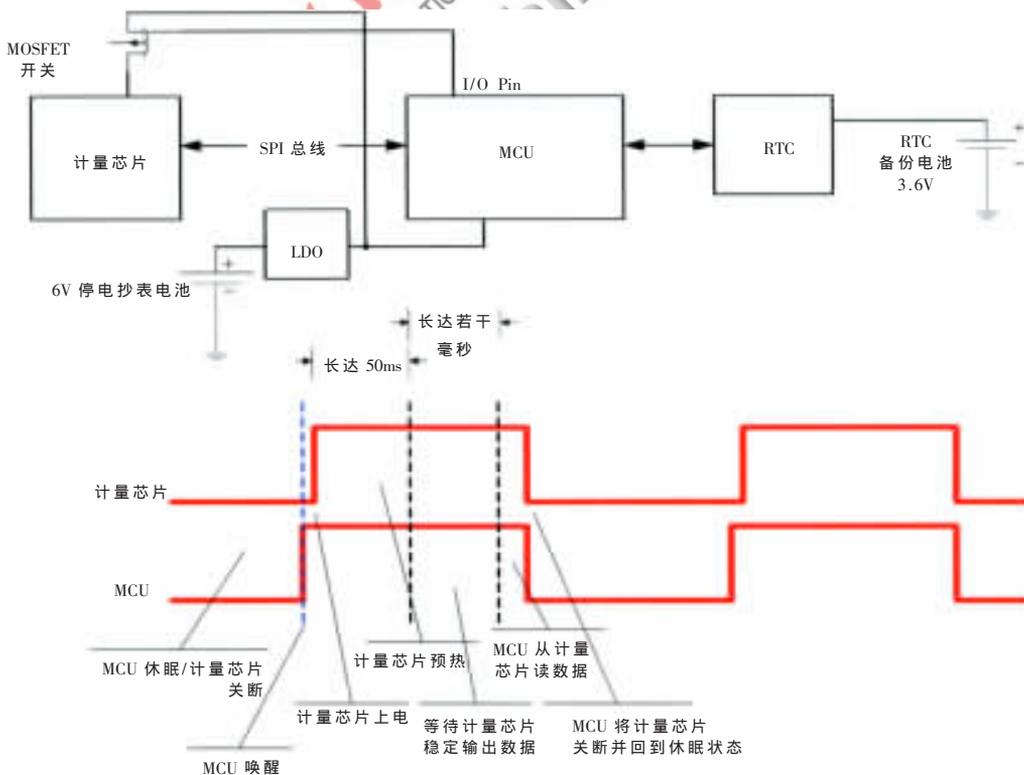


图4 传统模式全失压安培小时累计模式示意图

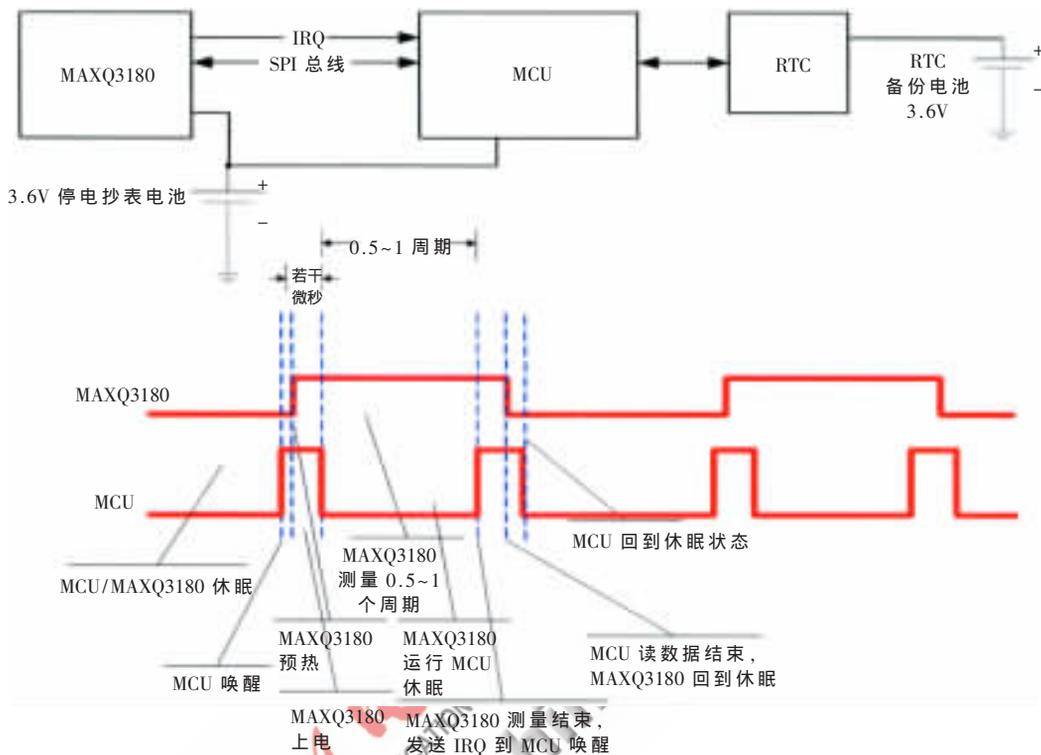


图5 MAXQ3180全失压安培小时累计模式示意图

MAXQ3180可以使用和MCU同样的电池供电方式,这样减少了电平转换和电源管理芯片的成本。它可以在不需要时处于休眠模式,仅消耗少于 $1\mu\text{A}$ 的电流,而在需要时由MCU通过片选瞬间唤醒,进入低功耗测量模式运行。由于在休眠模式下所有的参数设置均保留,所以在唤醒后不需要进行初始化就可直接工作,从而大大减少了工作时间,而且低功耗测量模式下不需要MCU参与,MCU可再次进入休眠,直到MAXQ3180使用中或者使用MCU自身资源再次唤醒,并将测量结果读到MCU中存储。

在整个操作过程中,工作电流很小,而且工作时间很短,最终使得

平均电流相对于传统方案大幅降低。这样,在同等电池容量和运行时间的要求下,MAXQ3180可以使用更高的频率来进行间歇性的安培小时累计,当频率高到一定的程度,可以近似认为这样的累计是连续的。

MAXQ3180的其他重要特性还包括:

零线电流监测使不法分子更难采用一些特殊手段进行窃电;低功耗也使采用RC供电的防窃电方案成为可能;使用内部的数字温度传感器,可对实时时钟和计量系统本身的温度漂移进行补偿。

结论

MAXQ3180系列计量芯片仍在

持续发展中,例如其功能削减版MAXQ3181,去掉谐波以及无功等参数,满足低端应用的需求。将来使用更新工艺生产的型号,可以将现有功耗再降低50%;通过修改DSP算法,可向用户提供更多的电力计量参数等等。

从绿色节约的角度考虑,低功耗设计已经涉及到方方面面,包括以前认为对功耗并不在乎的应用,例如电能计量应用。技术的发展使得低功耗的电能表提供更多新功能成为可能,而现实的需求又对技术的发展起到促进作用。

(收稿日期:2008-07-11)