

智能化电能计量技术提升能效,让世界变得更环保

作者: Austin Harney

引言

我们都很熟悉那些隐藏在车库、地下室或其它隐蔽之处的电表了。我们甚至可能每月会检查它一次或两次,并将电表上的最新读数打电话告诉电力公司,而不是估算一个数字。随着技术的发展,一场静悄悄的革命正在这普普通通的电表上发生。

图1显示的是一款在19世纪后期开发的传统机电式电表,它带有一个转盘和一个机械计数显示器。这种电表通过计算该转盘的旋转圈数来计量电能,金属转盘的旋转速度与所用电量成一定比例。转盘周围的线圈通过施加一个与瞬时电流和电压成比例的涡电流和推力转动转盘,它利用一个永久磁铁在转盘上施加阻尼力,以在断电后使之停止旋转。



图1. 机电式电表。

电表发展的第一个里程碑是机电式电表被**固态电子式电表**所代替。电子式电表利用高度集成的器件(如ADE516x¹、ADE556x²、ADE716x³、ADE756x⁴和ADE77xx⁵系列**电能计量IC**⁶来计量电能。这些器件通过一个高精度的 $\Sigma\Delta$ ADC来将瞬时电压和电流转成数字量,然后计算电压和电流的乘积,就能得到以瓦特为单位的**瞬时功率**。对瞬时功率按时间进行积分就可以得出已消耗的电能值,它通常以千瓦时(kWh)为单位计量。消耗的电能数据显示在一个液晶显示屏(LCD)上,如图2所示。

电子式电表有很多优势。除了可计量瞬时功率以外,它还可以计量其它参数,如**功率因数**和**无功功率**。它能够每隔一个特定时段计量并存储数据,这就允许电力公司提供分时段计费服务。这样一来,聪明的用户在费率较低的非高峰时期使用主要电器(如洗衣机和烘干机),这样能节省电费,而且高峰期的电能需求量减少了,电力公司也可以避免建设新的发电厂。电子式电表还不会受到外部磁场或电表本身放置角度的影响,因此它们的防窃电性能要优于机电式电表。此外,电子式电表的可靠性也非常高。

ADI公司在机电式电表向电子式电表的演变过程中起到了关键的作用,迄今为止已经销售了超过2.25亿块电能计量IC。根据IMS Research公司的报告,2007年付运的所有电表,75%是电子式的,25%是机电式的⁷。



图2. 固态电子式电表。

电子式电表打开新的机遇

一旦电表数据可以以电子形式得到,在电表上增加通信功能就变得很有意义了,因为这样就允许电表通过通信链路使用**自动抄表(AMR)**功能远程发送电表数据。电表制造商已经开发出多种不同的远程抄表系统架构,大致可分为近距离无线抄表系统、车载无线抄表系统和联网抄表系统。图3显示了车载抄表系统。在该案例中,电力公司派出一部装有无线数据收集器的汽车,该车只要经过居住区就可高效地收集电表数据。车载抄表系统使一个电力公司员工能够在一天内抄到的电表数量是近距离抄表系统的五倍,是人工抄表数量的十倍。在联网抄表系统中,电表数据被传输到一个固定的数据收集器,它通常位于某街道或居民区尽头的一根电线杆上。然后数据会通过宽带或无线蜂窝网络传输到电力公司。

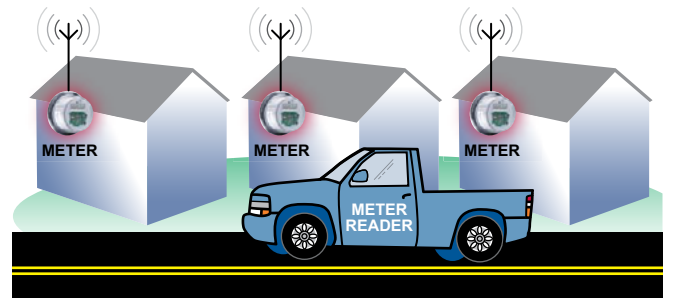


图3. 车载抄表器。

从AMR到AMI

最初,以AMR系统取代人工抄表只被简单地看作是一种降低人工成本的途径,但这一看法正在改变,因为业界认识到AMR允许电力公司方便地提供更大的好处和更好的服务(如实时计费),从而进一步提升能效、实现故障即时报告,以及提供更精确的数据来规范网络内用户的用电习惯。AMI(**先进抄表基础设施**)有时会替代AMR,以突出与简单远程抄表的区别。AMI联网抄表系统可以利用从卫星到低成本无线电在内的各种技术来实现,其中两种主导性新兴技术是RF技术(利用开放的工业、科学和医学(ISM)频段)和电力线载波技术(PLC)。

RF技术采用低功耗、低成本的无线电系统来无线传输电表信息,PLC则利用电力线本身来传输。ADI公司已经开发出了针对这两种技术的解决方案,ADF7xxx系列**短距离收发器**⁸可满足ISM频段RF应用的需要,而基于广泛使用的**Blackfin®处理器**⁹的SALEM®系列则可满足PLC技术的需要。这两种技术都各有利弊。特别对于水表和气表来说,基于在水或气旁边部署电力线的安全问题考虑,RF技术正变成主要的选择。水表由于经常被埋于地下,情况也更复杂一些。对于电表而言,混合使用这两种技术看起来可能性最大,北美青睐RF,而欧洲则倾向于

PLC。在美国，一小部分家庭通常只连接到一个变压器，这使得PLC方案不太经济。在某些情况下，电力公司采用混合方案部署AMI，电力线用于数据收集器和电表之间的通信，RF用于电表和室内其它计量表或设备之间的通信。Google地图中有一个显示全球AMR/AMI部署¹⁰和现场试验的很有意思的页面，它显示了最新的部署信息。

设计AMR/AMI电表中的RF电路

电表通常位于拥有越来越多无线设备的房屋内部或周边，确保可靠的无线电通信是一大挑战，这就要求RF电路必须具备高性能，以抑制无线LAN等设备发出的较强信号的干扰，RF输入端可能接收低至1微伏以下的信号，并进行解码。

RF模块也要求具有良好的无线电灵敏度，因为更高的灵敏度意味着更长的信号传输距离。记住，电表可能位于地下室甚至地底下，它需要和几条街之外某根电线杆上的无线电设备或与街上电力公司的抄表车进行通信。灵敏度越低，接收无线电就必须靠得越近才能正确地解码信息。对于一个移动的车载抄表系统来说，这意味着抄表车必须与您的房屋靠得更近，但固定网络基础设施必须使用更小的单元和相应更多的数据收集器。因此，高灵敏度可以使网络基础设施的成本最小。

低功耗是电池供电的气表和水表的关键性能要求。电表供应商常常努力尝试降低电表的功耗，因为这样一来他们就可以将相同的设计移植到水表或气表上。此外，为了在开放的频段内工作，计量表和抄表器使用的通信协议必须符合所在国家的无线电发射规定。目前全世界有多个开放频段，其中最常用的是900MHz、2.4GHz和5.8GHz。

大部分电表制造商都选择了900MHz频段作为电表之间和电表与数据收集器之间的通信频段。在某一给定的功率预算下，900MHz频段的无线传输距离比2.4GHz频段更长，基站或数据收集器就可以覆盖更大的范围。不过，从电力公司的角度来说，使用这个频段的一个缺点在于缺乏可用的标准。1GHz以下频段显然是电池供电型气表和水表的最佳技术选择，这推动了业界对标准化的要求，以便不同制造商的系统之间实现互操作性。已经从有线M-Bus用户群体成长起来

的无线M-Bus，就是一个计量表之间以及计量表和数据收集器之间通信标准的例子。M-Bus¹¹目前是欧洲规范标准的一部分，详情可见EN 13757标准。无线M-Bus协议的详细内容在衍生标准EN 13757-4中。900MHz频段的其它标准化工作也在进行之中。

ADF7020¹²和即将推出的ADF7023就是900MHz的无线电器件，这两款器件在设计过程中就考虑了计量应用的需求，这两款器件也都适用于必须符合无线M-Bus标准的系统。图4显示了ADF7020的功能框图。

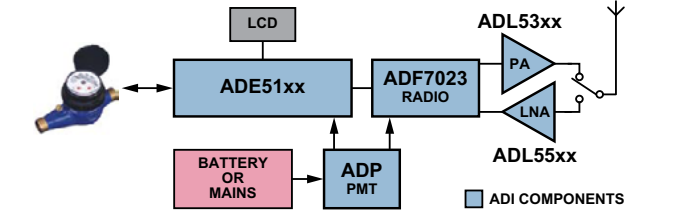


图5. 具有AMR功能的公用仪表。

ADF7020全集成的低功耗无线电收发器可工作在以下开放ISM频段上：中国是433MHz，欧洲是868MHz，北美则是915MHz。它集成了完整的RF发射和接收电路以及模拟和数字基带。如图5所示，实现一个用于AMR电表¹³的射频卡，通常只需要ADF7020、一根天线、几个外部无源器件和一个运行通信协议的简单微控制器。ADF7020通过集成一个超低功耗的8位RISC内核来执行一些低级的通信功能，大幅减轻了外部微控制器的负担。在很多情况下，这样可以避免采用通信专用微控制器。电表制造商选择ADF702x系列收发器而不是其竞争器件的另一个原因是，ADF702x系列收发器能提供业内最好的灵敏度和阻塞性能，它允许电表和数据收集器之间有更长的通信距离。ADF7020提供超过70dB的阻塞性能，这意味着，即便在一个带外信号比所需信号高出70dB的情况下，ADF7020也可以正确地检测出所需的信号并进行正确的解码。ADF7020的相邻信道抑制指标大约为40dB，灵敏度可以达到-120dBm，具体需取决于数据率。这比表现最好的ZigBee解决方案¹⁴的灵敏度还低出20dB。

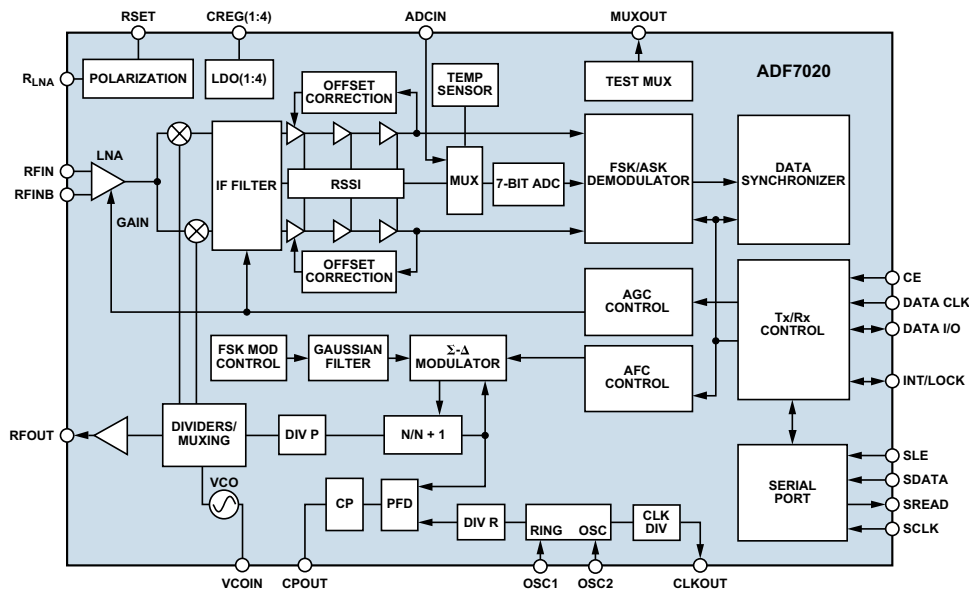


图4. ADF7020的功能框图。

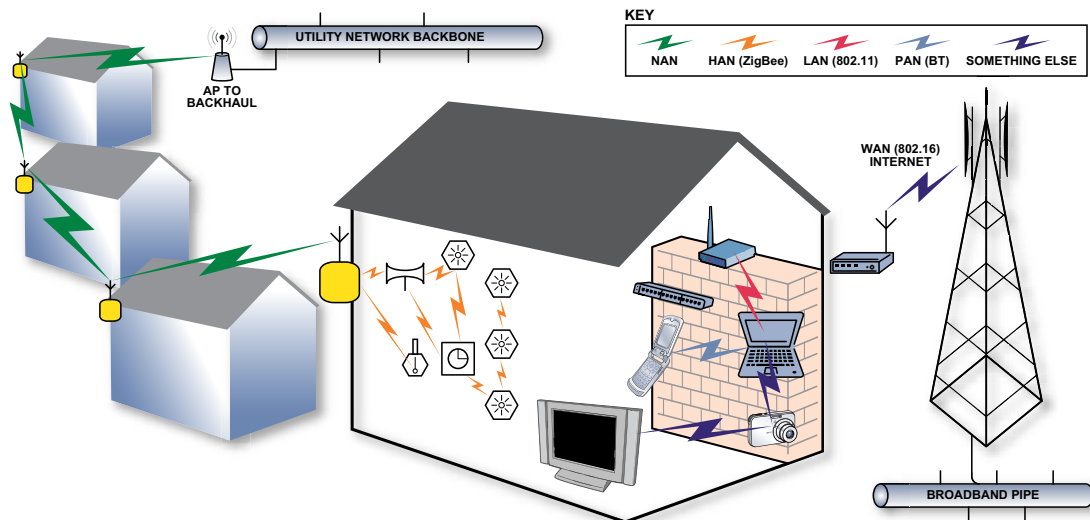


图6. 家庭区域网。

HAN网络

随着很多家庭将很快配备一个具有通信能力的电表，电力公司和能源管理机构开始思考未来如何利用该技术来提高能效和节能意识。利用这个有时被称为“智能电网”的概念，电力公司可以利用这一扩展到千家万户的网络，来积极地管理电能输送负荷。例如可以提供实时价格信息，从而让用户可以调整用电习惯。在用电高峰期，比如炎热天气时，电力公司可以给用户发送一个信息，提醒用户下一个小时的费率会提高，鼓励其关掉电器，这就需要在室内安装一个可以显示该信息的显示器。电力公司还可以更进一步地通过电表来控制用户家中的电器，比如调低空调或关闭游泳池的水泵，这个系统需要电表和家用电器之间进行通信，有时这被称为家庭区域网 (HAN)。900-MHz射频解决方案 (如ADF702x和ZigBee射频解决方案) 都在这一领域找到了用武之地。

大多数业内人士都认识到，一个与先进的计量基础设施相连的能够完全运行的家庭区域网还需要若干年才能实现。然而，这样的系统的好处让今天很多公司都积极为家庭区域网开发解决方案。图6显示了家庭区域网的示意图。

结束语

ADI公司专注于为电表市场提供一流的技术和产品，包括RF收发器、电能计量芯片组、RF放大器、隔离产品和电力线控制产品。ADF702x高性能全集成收发器适用于具有通信功能或支持AMI的电表，为全球电表制造商提供了紧凑、可靠和低成本解决方案。

AMI和智能电网被视为是提高能效的关键潜在技术，将最终帮助实现减少二氧化碳排放的目标。ADI公司承诺提供推动这一市场发展的创新型高效器件，并在未来继续为提高能效和促进节能作出其应有的贡献。

参考资料

- 1 www.analog.com/cn/analog-to-digital-converters/energy-measurement/ADE5166/products/product.html

- 2 www.analog.com/cn/analog-to-digital-converters/energy-measurement/ADE5566/products/product.html
- 3 www.analog.com/ADE7166
- 4 www.analog.com/cn/analog-to-digital-converters/energy-measurement/ADE7566/products/product.html
- 5 www.analog.com/cn/analog-to-digital-converters/energy-measurement/ADE7751/products/product.html
- 6 www.analog.com/cn/analog-to-digital-converters/energy-measurement/products/overview/CU_over_analog_ICs_meter_energy-sensitive_world/resources/fca.html?ref=ASC961
- 7 IMS Research Report 2008
- 8 www.analog.com/cn/rfif-components/short-range-transceivers/products/index.html
- 9 www.analog.com/cn/embedded-processing-dsp/blackfin/content/index.html
- 10 <http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&hl=en&msa=0&msid=115519311058367534348.0000011362ac6d7d21187&om=1&ll=43.325178,-4.21875&spn=90,-33.046875&source=embed>
- 11 www.m-bus.com
- 12 www.analog.com/ADF7020
- 13 www.analog.com/cn/instrumentation-solutions/electronic-energy-meter-lcd-display/applications/index.html
- 14 www.zigbee.org/en/index.asp



作者简介

Austin Harney [austin.harney@analog.com] 1999年毕业于爱尔兰国立都柏林大学，获得工学学士学位，并在毕业后加入ADI公司。他现在是位于爱尔兰Limerick的ADI公司ISM频段无线产品部的应用工程师。Austin业余时间喜欢足球、音乐，以及与他女儿共度闲暇时光。

