

智能电表中的 ST 方案

作者: 威雅利电子

随着中国电网智能化改造地不断推进, 采用先进的设备技术、先进的控制方法, 以及先进的决策系统来实现电网可靠、安全、经济、高效的运行已经拭目以待。本文将谈及智能电网中最核心、最基本的部分——智能电表的方案。

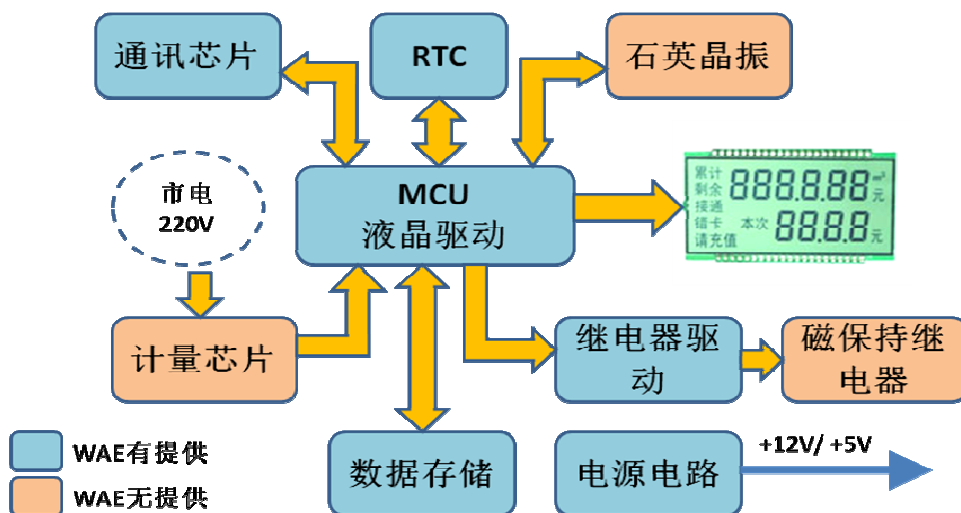
智能电表是整个智能电网中的核心部分, 承担着智能电网所有基础信息的采集和计算, 通过这些基础的信息采集和计算, 智能电表可以帮助电力机构降低运行成本、通过用电信息的分析, 确保国家战略产业的资源配备, 用户也可以通过智能电网享受到灵活的定价, 通过网络计算节省成本及帮助家庭自动化等。智能电网的发展还面临着其他有利的因素, 各种无线标准争相涌现, 例如 WIFI, PLC, Zigbee 和 GPRS 等, 都大大加快了智能电网的发展。

由于中国智能电网的不断深入改造, 目前中国的智能电表每年需求量达到 5000 万只, 从技术趋势来看, 双向实时通信、开放式平台/模块化、系统集成已经是大势所趋, 未来的绿色能源、混合动力汽车、家庭自动化都有可能集成到智能电网系统中, 从而对智能电表的要求也越来越苛刻, 实现的功能越来越复杂, 对于智能电表中的相关器件也要求越来越高。

意法半导体 STMicroelectronics (简称 ST) 对于智能电表中的核心部分提供了全面的高性价比解决方案, 在市场中赢得了客户的认可, 本文将着重介绍 ST 的产品在智能的电表核心方案中的主控 MCU 部分、实时时钟 RTC 部分和系统电源 SMPS 部分。

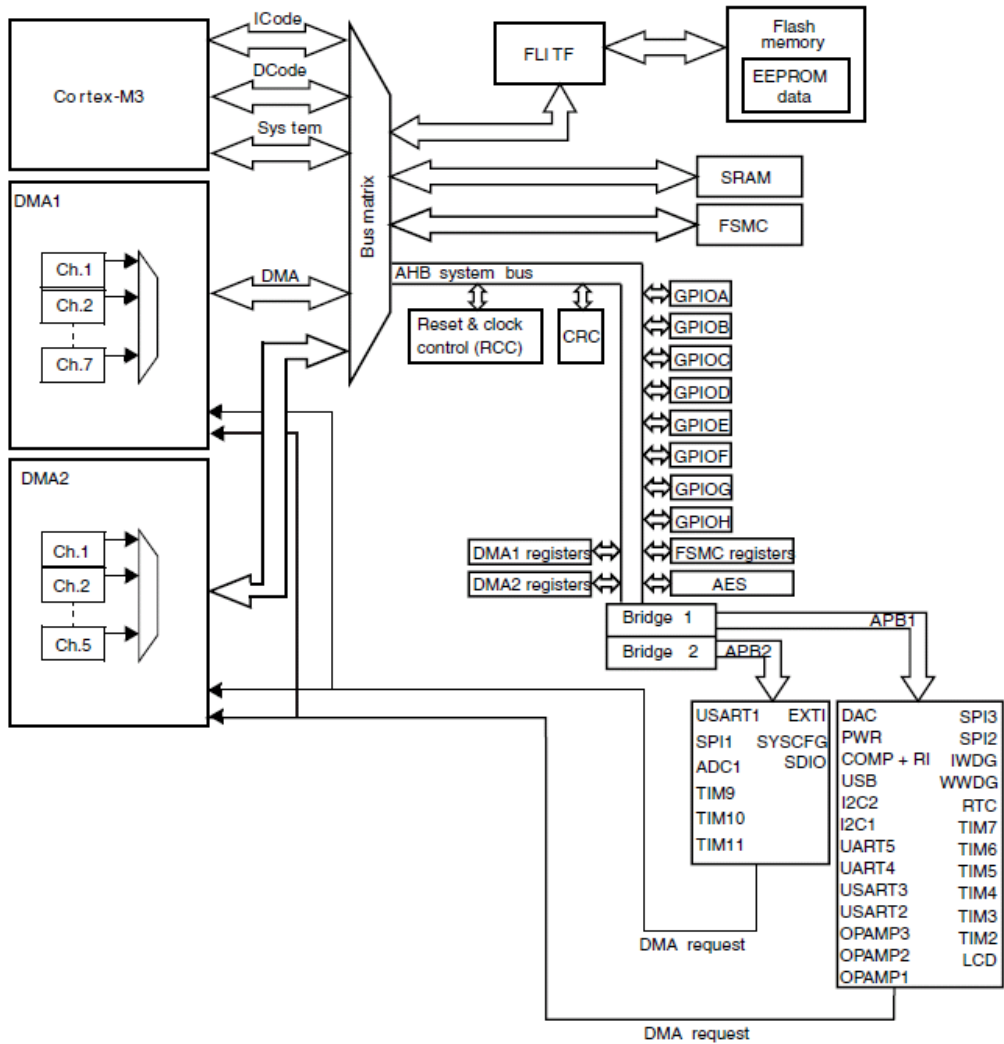
单片机 MCU 部分

智能电表的 MCU 集测量、通讯、微电子、数字信号处理和计算机技术为一体。在功能方面, 包含电能计量、多功能电参量测量、费率控制、预付费和负荷控制、数据处理及存储、通讯、显示等。除要求具有较大的程序和数据空间外, 还要求具有较高的时钟频率和丰富的通讯及 I/O 口资源。电源方面应具有多种节电模式和较低的功耗, 具有低电压检测和硬件看门狗。同时, 能够集成 LCD 驱动、数字温度传感器、A/D 转换等丰富外设。



图一：电表的基本框架图

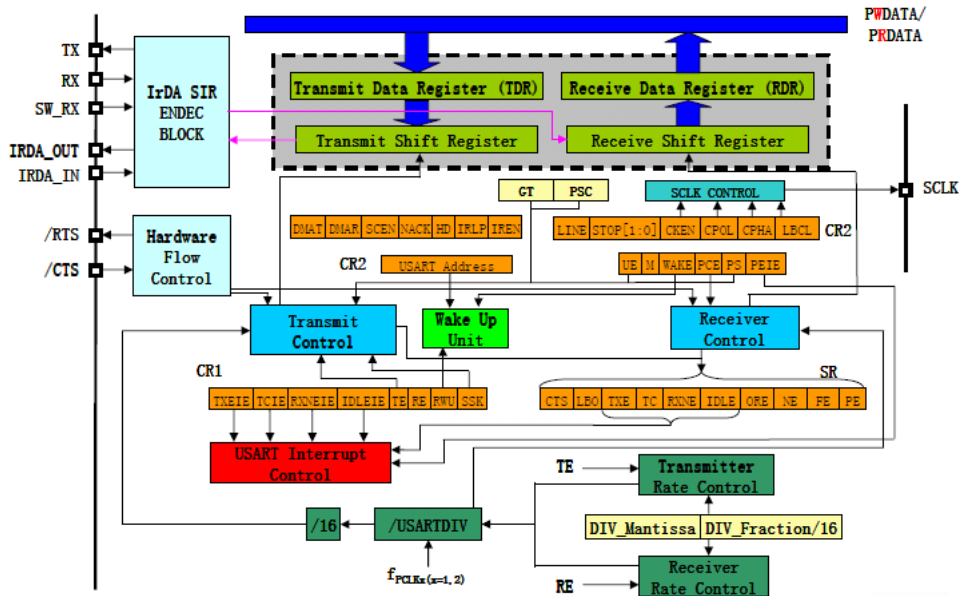
在低功耗的智能电表应用中，ST 公司的 STM32L152 系列超低功耗 32 位 ARM Cortex-M3 处理器对抗干扰性以及稳定可靠性有着优秀的表现。STM32L152 系列集成 LCD 驱动器，5 种省电模式，内置硬件 RTC（硬件校准）模块，多达 5 个 USART，SPI，ADC，DAC，EEPROM，DMA，TIMER 等一应俱全。



图二：STM32L152 内部资源框架图

对于电表应用，UART 通讯端口的功能及低功耗的特性尤为重要，STM32L152 系列大容量的产品中提供多达 5 个 UART 通讯端口，而且 UART 端口的功能非常丰富，可以根据应用者的不同要求去合理调配，满足不同地区的规约需要。例如通常在电表中会用到至少两路的 RS485 通讯口，一路红外通讯口，一路兼容 ISO7816 的 IC 卡通讯口，一路 ESAM 模块通讯口，丰富且完全独立的硬件 UART 端口极大方便了开发人员的使用。

STM32的USART功能模块图



图三：STM32 的 USART 功能模块

全功能可编程串行接口特性：

- 数据格式：8或9位；
- 可设定数据的奇校验、偶校验或无校验位，并进行检测；
- 可设定0.5、1、1.5或2个停止位；
- 自带可编程的波特率发生器；
- 整数部分(12位)
- 小数部分(4位)
- 支持硬件流控制(CTS和RTS)
- 中断标志位：
- 发送标志位(TxE)
- 接收标志位(RxNE)
- 10 个中断源，便于软件开发；
- 支持DMA传输
- 接收DMA请求
- 发送DMA请求
- 兼容LIN的主/从设备；
- 同步模式：仅可适用于主模式；
- IrDA SIR编码/解码；
- 智能卡模拟功能；
- 单线半双工通讯；
- 多处理器通讯：
- USART能进入静默模式
- 静默模式：关闭接收中断直到检测到下一个通讯数据头；
- 从静默模式唤醒(通过空闲总线检测或地址标志检测)

STM32L152 在电表中的另外一个突出表现就是低功耗的能力。STM32L152 提供了 5 种不同运行模式让使用者根据工作条件安排 MCU 运行在不同的功耗模式下，功耗及工作模式如下表：

模式	STM32L15x典型值
运行模式功耗 代码在Flash中运行，内核供电范围选择3，开外设时钟	230μA/MHz
运行模式功耗 代码在RAM中运行，内核供电范围选择3，开外设时钟	186μA/MHz
低功耗运行模式功耗 代码在RAM中运行，使用内部RC(32KHz的MSI)，开外设时钟	10.4μA
睡眠模式功耗 代码在Flash中运行，主时钟频率为16 MHz，关所有外设时钟	650μA
睡眠模式功耗 代码在Flash中运行，主时钟频率为16 MHz，开所有外设时钟	2.5mA
低功耗睡眠模式功耗 代码在Flash中运行，主时钟频率为32KHz，内部电源变换器工作在低功耗模式下，运行一个32KHz的定时器	6.1μA
停止模式功耗 内部电源变换器工作在低功耗模式下，关闭低速/高速内部振荡器和高速外部振荡器，不使能独立看门狗	0.43μA w/o RTC 1.3μA w/ RTC
待机模式功耗 使用低速内部振荡器，不使能独立看门狗，关闭RTC	0.27μA
待机模式功耗 使能RTC	1.0 μA

图四：STM32L152 的工作模式及功耗

低功耗运行模式

内核和外设都保持运行状态，内部电源变换器工作在低功耗模式下，系统时钟频率降低。

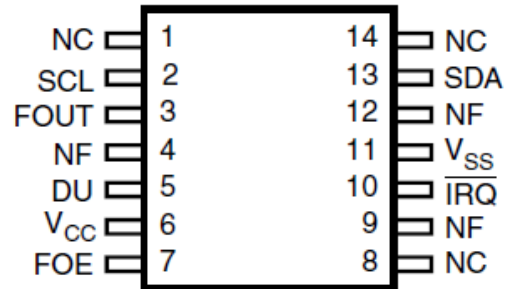
- **睡眠模式：**内核停止运行，外设保持在运行状态。
- **低功耗睡眠模式：**内核停止运行，外设保持在运行状态，内部电源变换器工作在低功耗模式下，系统时钟频率降低。
- **停止模式：**内核停止运行，所有时钟都停止，SRAM和寄存器内容保留
- **待机模式：**VCORE范围内全部断电，SRAM和寄存器内容不保留，RTC寄存器，RTC备份寄存器和待机电路保持

实时时钟 RTC 部分

ST 在电表行业中的 RTC 产品 M41TC8025 是一个带温度补偿机制的实时时钟芯片，是为电表行业量身定做的产品，完全满足电表客户的需求，为客户提供了另一种合理的有效的选择

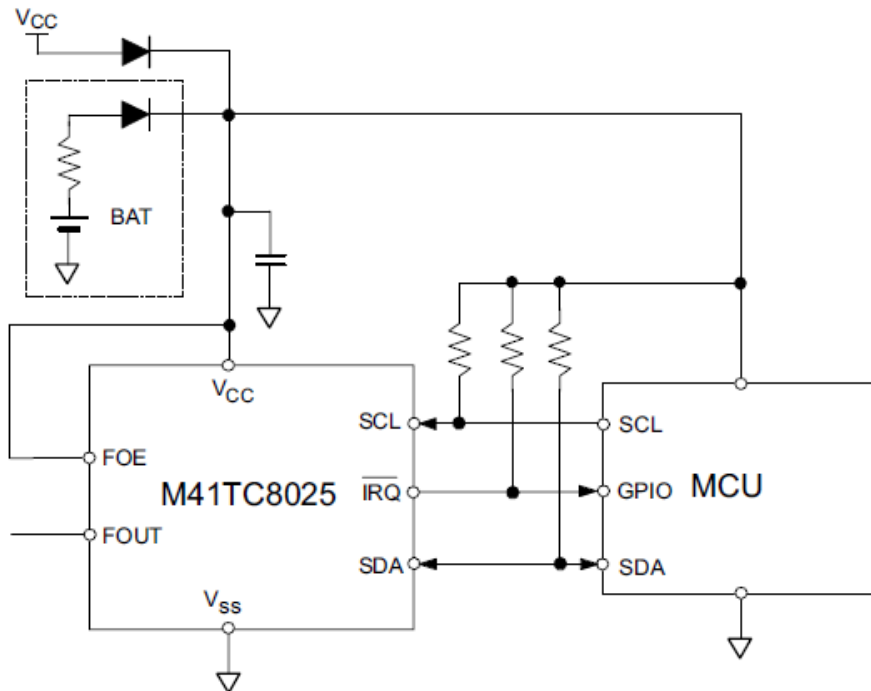
M41TC8025 的特性：

- 内置高性能的 32KHz 数字补偿晶体振荡器 DTCXO
- 温度补偿的串行实时时钟芯片
- $\pm 5.0\text{ppm}$ @ $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$
- $\pm 3.8\text{ppm}$ @ $0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$
- 功耗只有 $0.8\mu\text{A}$ ($V_{\text{DD}}=3.0\text{V}$)
- I2C 通讯接口
- 带中断的 Time-of-day 功能
- 带中断功能的时钟周期修正功能
- 带中断功能的时钟更新功能
- 可编程的时钟频率输出功能
- 1Hz、1KHz 或者 32KHz
- 带有秒、分钟、小时、日、月及年（带自动闰年修正功能）
- 可编程的温度补偿间隙（0.5 秒、2 秒、10 秒、30 秒）



图四：M41TC8025 脚位图

M41TC8025 与 MCU 的连接非常简单，MCU 通过 I2C 接口非常容易和 M41TC8025 进行通讯，所有的配置和读取均按照标准的 I2C 通讯协议进行。



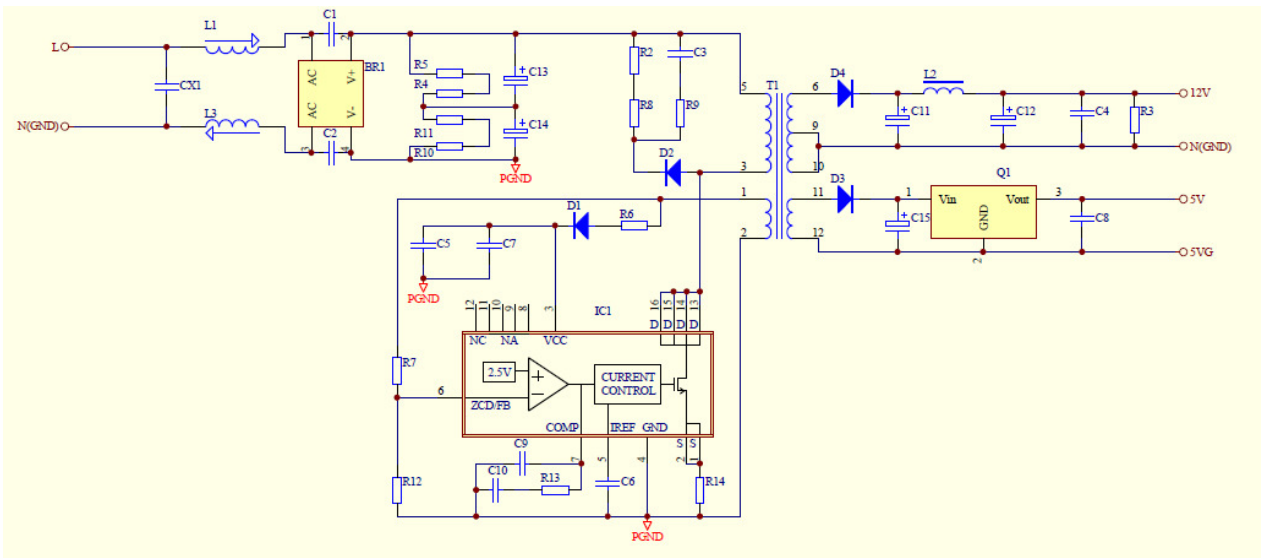
图五：与 MCU 的连接示意图

系统电源 SMPS 部分

电源作为整个系统的前端也是系统的供电端，对整个系统有着举足轻重的意义。然而随着多功能电表的应用和发展，功率在不断的增加，传统意义上的线性变压器在增加功率的同时体积和成本也在增加，这无形之中造成了企业的压力和负担，也不符合国家节能降耗的战略规划。此外，国内一些知名的电能表企业在瞄准国内市场的同时也不断扩大海外市场的出口，对于电源能够满足全球各个国家的电网标准做到全球宽电压范围输入要求，线性变压器在精度上已经不能满足要求，因为线性变压器在宽电压范围输入的情况下输出精度会严重的不足。

国外无论是单相表还是三相表已经大量使用开关电源，国内在集中器和采集器也已经逐步尝试使用开关电源。国内电能表在单相表和三相表中使用开关电源必定是一个趋势。

ST 的开关电源 IC——Altair04-900，在单相表中应用集聚竞争力和吸引力。Altair04-900 在电表中的应用有如下优点：1.内置 900V MOS 管，不需要额外外接高压 MOS 管，同时能保证 1.9Un 输入电压时电源正常工作，并且效率能大 70%以上；2.芯片内部采用准谐振工作模式，待机功耗低，满足对电表系统低功耗的要求；3.芯片外围电路设计简单，减少成本；4.由于采用准谐振工作模式有良好的 EMI 效果；5.原边反馈并且保证较高输出精度。参考设计原理图如图一下：



图六：开关电源 Altair04-900 参考设计图

该电源适用与国内单相表。输入市电 AC84-440V，输出 12VDC/0.4A，5VDC/0.1A。输出之间 4KV 耐压隔离，12VDC 给继电器拉闸使用，同时 12VDC 整流分成两路，一路给 LCD 屏供电，另一路给主 MCU 芯片和计量芯片供电；5VDC 给 485 通信供电。电源输入端 CX2、L1、L2 是 EMI 抑制部分，R7、R12 为检测辅助绕组退磁时间来达到原边控制的目的；C9、C10、R13 为内部误差放大器输出补偿；C6 为输出恒流补偿；R14 为外接功率检测电阻，用于调节内部限流点。同时，若是输出对主路要求精度高还可以进行副边反馈设计，保证输出精度能达到 $\pm 1\%$ 。该设计方案配合电表系统部分有良好的 EMC 效果（浪涌差模 4kv、冲击电压 $\pm 6kv$ 、EMS 脉冲群 $\pm 4kv$ 、耐压输出之间 4kv、接触放电 8.8kv、空气放电 16kv），并且配合整表待机功耗能做到 0.4W（AC220V）。基本电气性能测试数据如下图

1. function

Vin (AC)	Freq (hz)	Load	Pin (w)	12v (+/-3%) 11.64—12.36		5V (加三端稳压)		12V Load Regulate rate	5V Load Regulate rate	efficiency
				Vout (V)	I (mA)	Vout (V)	I (mA)			
100V	50	NO	0	12.04	0	5.05	0	0.90%	0.10%	0
		50%	3.3	11.89	200	5.04	30			76.60%
		100%	6.8	11.9	400	5.04	45			76.70%
150V	50	NO	0	12.05	0	5.05	0	0.90%	0.10%	0
		50%	3.5	11.9	200	5.04	30			72.40%
		100%	6.5	11.89	400	5.04	45			76.60%
230V	50	NO	0	12.07	0	5.05	0	0.90%	0.30%	0.00%
		50%	3.7	11.895	200	5.044	30			68.30%
		100%	6.8	11.896	400	5.03	45			72%
265V	50	NO	0	12.08	0	5.05	0	0.90%	0.10%	0.00%
		50%	3.8	11.909	200	5.04	30			66.60%
		100%	6.9	11.91	400	5.04	45			72.30%
460V	50	NO	0	12.01	0	5.05	0	0.90%	0.10%	
		50%		11.89	200	5.04	30			
		100%		11.88	400	5.04	45			

12V Line regulate rate(100v-460v) 0.16%

5V Line regulate rate(100v-460v) 0.1%

2. protection

	115VAC	230VAC
OLP	OK	OK
OCP	OK	OK

按照开关电源待机功耗 0.4w 的实测数据，相对于线型变压器的约 0.6w 的功耗，待机功耗降低了约 30%，如果中国全部的家庭电表更换为开关电源，按 2.4 亿的家庭用户计算，每年节省的电量高达 4 亿度，这将有效缓解用电紧张的状况，并且降低了能源消耗。

结合以上的介绍，ST 产品在电表中的应用优势相当明显，核心部分都有性价比极高的产品满足客户的需求，这些产品都已在国内的电表厂商成功量产，为企业带来了客观的经济效益，并且其性能都达到了国家电网的严苛要求，越来越多的电表厂商都选择了 ST 作为未来电表的产品的的主要平台，威雅利电子的技术团队不仅成功地将 MCU、RTC 和开关电源设计到电表，还把 485 接口芯片、EEPOM 存储器、ESD 保护器件、NTC/PTC、精密电阻等这些产品资源进行合理整合，通过遍布全国的销售队伍把实惠带给了更多的电表厂商，为节能降耗，保护环境做出努力。