

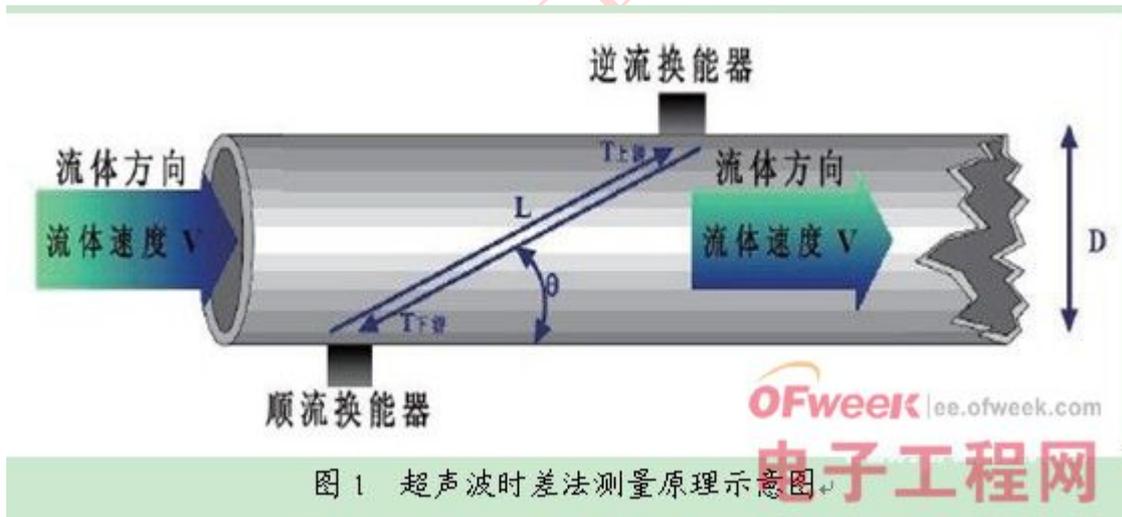
## 当 TDC-GP22 遇到 ARM CortexM3

模数转换器(ADC)、数模转换器(DAC)听的多了,时间数字转换器(TDC——Timer Digital Converter)是什么原理的器件?为什么是 ARM CortexM3,而不是 M0、M4?还有,超声波水表这种创新产品形式是否到了大规模商用阶段呢?本文将介绍 TDC-GP22 在智能超声波水表中起到何种关键作用,ARM CortexM3 MCU 如何在超低功耗突破方面再助一臂之力?

### 超声波水表概述

当智能电表在电力系统中如火如荼地发展时,水表也在朝智能化、全电子化的方向快速发展。这一方面因为全球水资源的短缺迫使政府重视节水和水量控制,另一方面也源于现代工业技术的成熟发展使得智能水表的实现成为可能。能满足阶梯计价的智能式水表将会成为建设节水型社会一大利器!

水表技术的创新发展是实现用水智能测量的重要武器。超声波水表是采用超声波时差原理,采用工业级电子元器件制造而成的全电子水表。这种超声波测量是利用一对超声波换能器相向交替(或同时)收发超声波,通过检测超声波在介质中的顺流和逆流传播时间差来间接测量流体的流速,再通过流速来计算流量。



与传统机械式水表相比较,超声波水表精度高、可靠性好、量程比宽、寿命长、无活动部件、任意角度安装、更换非常灵活等重要优势:

- 精度高: 测量的分辨率高;
- 可靠性好: 超声波回波测量稳定可靠;
- 量程比宽: 始动流量非常小( $< 2 \text{ L/h}$ ), 微小变化可以获知;
- 寿命长: 尽管测量速度很快, 但可以拥有非常长的使用寿命;

- 无活动部件：不影响流体特性，测量性能更加优越；
- 更换非常灵活：更换非常简单，无需断管网。

有研究数据显示，在欧洲以及世界一些地区：大口径工业水表和小口径民用水表，都已经开始朝超声波方向发展。欧洲一些著名的表计公司在欧洲的项目开发工作中已经开始或者已经量产，超声波水表潜力巨大(市场潜力：>10Mio./年)。

在中国，超声波测量方式已经在热量表和流量计当中得到普遍的应用和验证。由于超声波方式的优势，以及测量超声波电路的不断发展和完善，智能水表也将向这种方式发展。国家住建部标准定额司相关单位委托行业领军企业牵头组织起草的“超声波水表”国家标准已经基本完成。

### 超声波水表关键技术

关键部件——TDC-GP22

德国 Acam 公司的测量芯片在超声波测量上已得到普遍认可和采用。回到文章开头提到的时间数字转换器 TDC-GP22，它是 Acam 公司利用纯数字化 CMOS 技术生产的时间数字转换器，能将时间间隔的测量量化到 22ps 的精度，可以说天生就肩负了推动智能超声波技术变革的使命。



其实，Acam 公司的第一颗 TDC 芯片 TDC-GP1 早在 1996 年就已经投入市场，并在超声波流量计中得到了广泛的应用。该公司在 2005 年推出了高性价比的 TDC-GP2 芯片，在超声波热量表市场中建立了良好的基础。2011 年初其专门针对超声波热量电路设计的 TDC-GP21 芯片问世。有了前面这些阶段的技术验证和市场积累，2011 年底，Acam 专门为水表特定的功能更强大的芯片 TDC-GP22 正式进入市场。

## 原理及性能

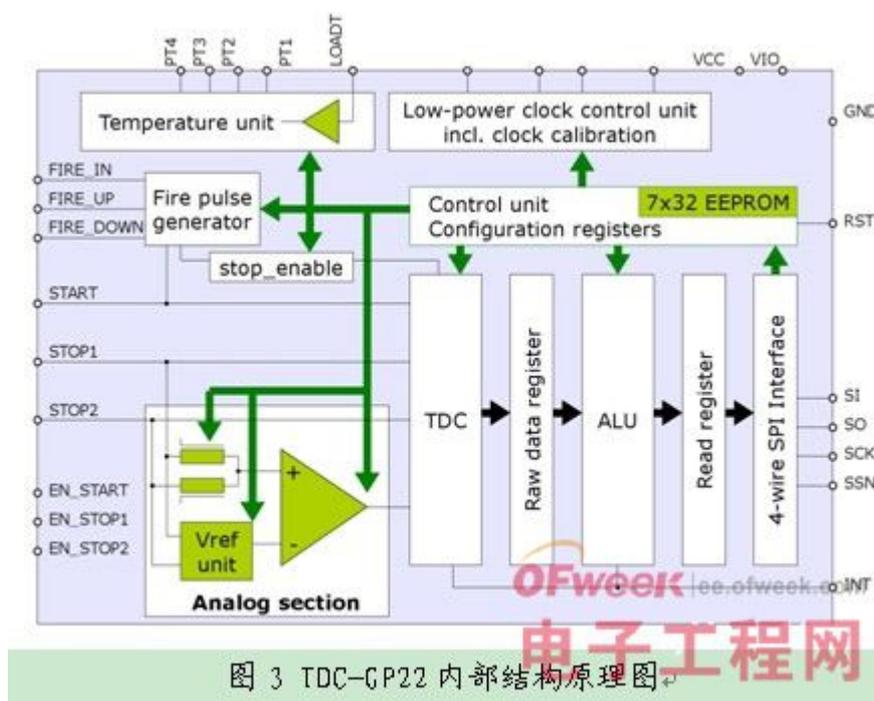


图 3 TDC-GP22 内部结构原理图

图 3 为 TDC-GP22 的内部结构原理图，时间数字转换器 TDC 即为芯片 TDC-GP22 的技术核心，它利用信号通过逻辑门的绝对时间延迟来精确量化时间间隔。并且这个高精度的时间测量单元 TDC，其分辨率达到 22ps，这就为时差法流量计的应用提供了基本的测量保障，从而实现高精度、大量程比的设计。

TDC-GP22 的重要特性还包括：

- 温度测量精度 (2mk rms)；
- TOF 飞行时差的温漂 (<0.3ps/k)；
- 提供针对超声波水表所需要的完整的模拟前端：内部集成斩波稳定的内部低噪声比较器（比较器触发 offset 范围在  $\pm 35$  mV）和低串扰模拟开关，这就解决了客户模拟部分设计的问题，提高了系统测量质量。

TDC-GP22 的脉冲发生器在小管径的流量测量中可直接驱动超声波换能器，无需另外增加驱动芯片，简化了设计并降低了成本；高精度的时间测量，简洁的外部电路、集成的内部信号处理算法，超低的整体功耗测量特性使得其非常适合于超声波水表的应用。

## 三个重要功能

---

因 TDC-GP22 是在 TDC-GP21 的基础上发展而来，所以 TDC-GP22 的功能、管脚、寄存器与 TDC-GP21 可以 100%兼容(可 1:1 进行替换)。TDC-GP22 除了具备 TDC-GP21 的所有特性外，还增加了三个重要的功能。之所以说 TDC-GP22 是超声波水表电路的革命，正是与这三个新增的重要功能紧密相关。

- 智能第一个回波检测功能。TDC-GP22 使得时间窗口设置不再受时差变化影响，从而实现精确的脉冲间隔测量，以及回流、空管识别和报警。

- 第一波脉冲宽度测量功能(目前市面上仅 TDC-GP22 可以实现)。GP22 的脉冲宽度测量可以帮助在水表应用中，检测段内是否有气泡影响，以及检测管段内的长期覆盖物，给出报警信号。

- 简化的多脉冲结果计算功能。TDC-GP22 芯片将会自动处理计算 3 个脉冲结果，并给出平均值。通过这种方式，简化了整个测量的流程，测量的结果完全由 TDC-GP22 自动完成，MCU 仅需直接读结果，节省单片机资源，并满足水表测量速度要求。

#### EFM32TG840Fxx 助力超声波水表突破功耗瓶颈

通过上面的讲述，我们对于 TDC-GP22 适用于超声波水表的性能优势已经有了比较深入的认识，但是对于在电子智能水表应用中至关重要的功耗问题还没有提及。水表应用的标准要求水表的电池至少 6 年不能更换，这对整个系统的功耗提出了苛刻的要求，也一直制约着超声波水表的发展。

下图 4 为世强开发的低功耗超声波滴水表方案的系统框图，主要由 3 个部分组成：换能器、TDC-GP22 以及以 EFM32TG840Fxx 为核心的控制电路部分。世强的方案具有如下特点和优势：1、量程比：1:125;2、平均功耗：< 30 uA;3、始动流量：< 2 L/h;4、单节 3.6V 锂电池可工作 6+1 年;5、接口输出：红外，M-BUS。

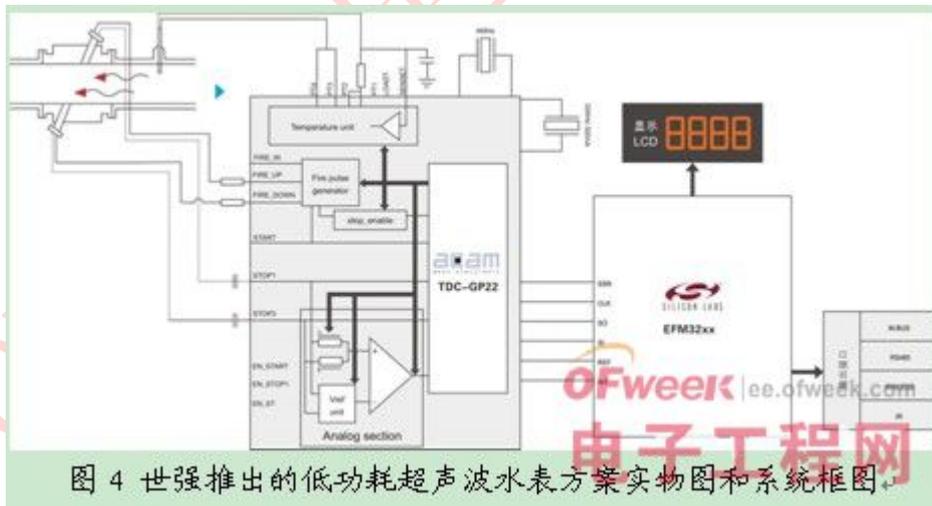
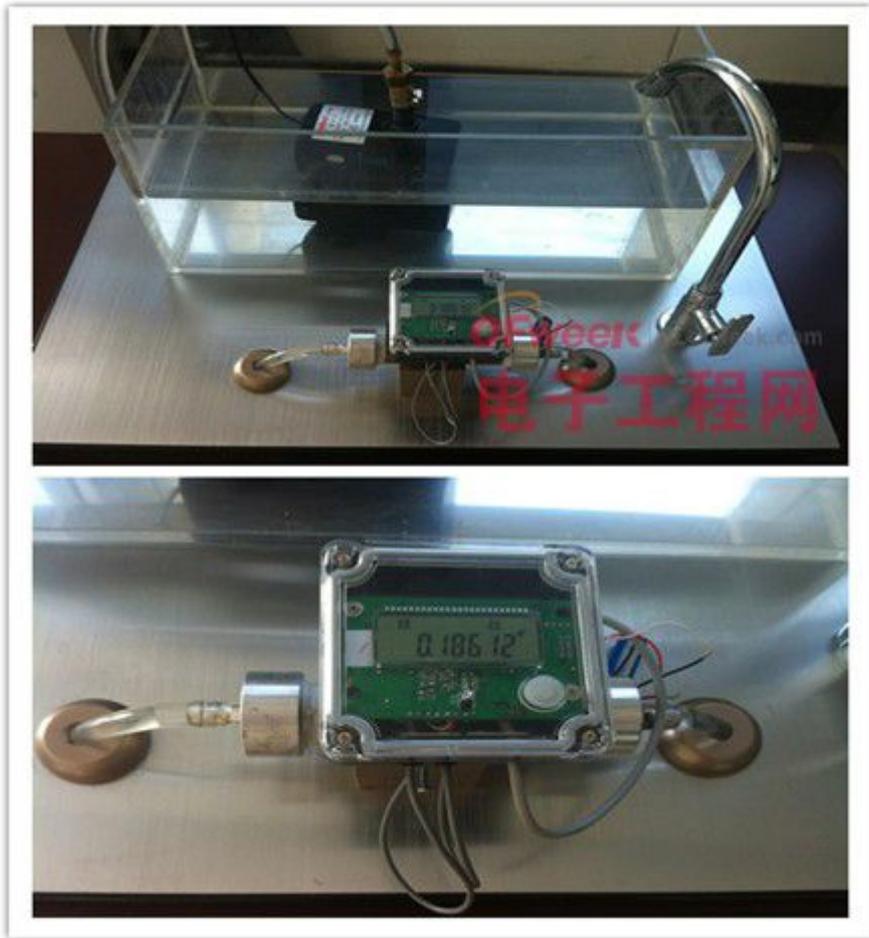
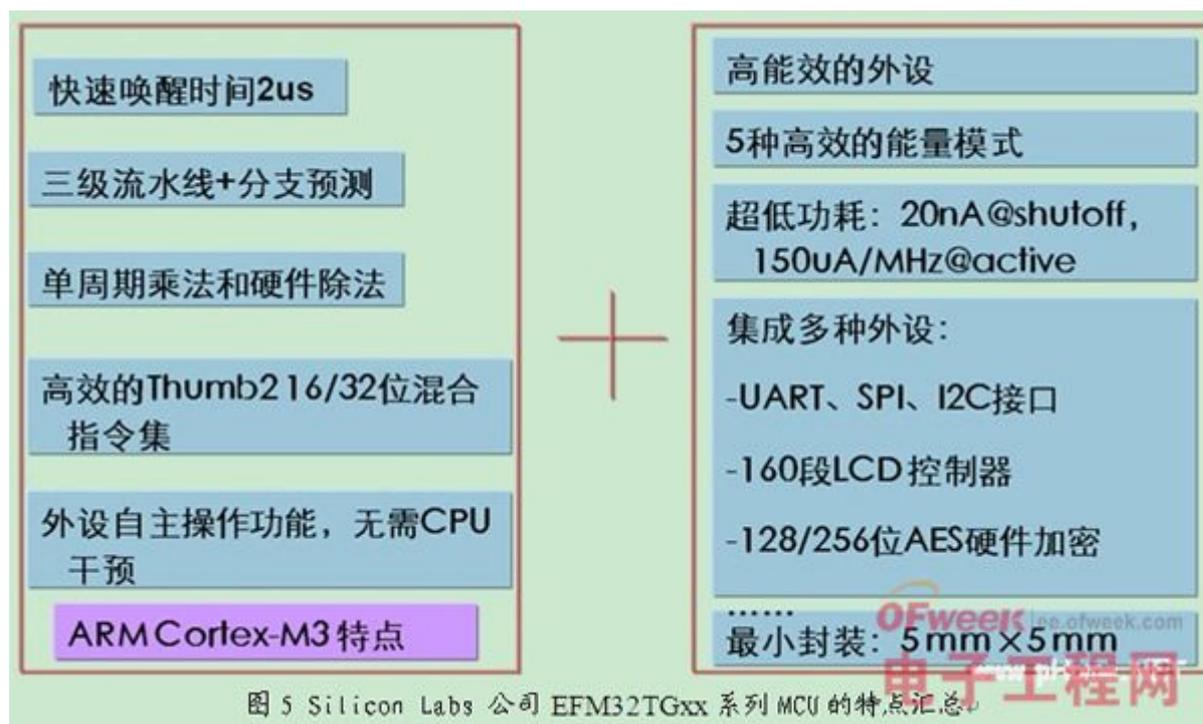


图 4 世强推出的低功耗超声波水表方案实物图和系统框图。

其实，TDC-GP22 已经具备了非常低的功耗特性(静态电流： $<0.1\mu\text{A}@85^\circ\text{C}$ ;休眠电流： $1\mu\text{A}$ (32K 持续工作下))，不过当 TDC-GP22 遇到基于 ARM CortexM3 的超低功耗 EFM32TG840Fxx 系列 MCU，在功耗表现上就表现得更加完美了，这正是世强推出图 4 超声波水表方案最初的器件选择考量因素。



由于系统中控制器通常是耗电大户，所以要降低整个系统的功耗，超低功耗的 MCU 是必需的。EFM32 系列 MCU 是 Silicon Labs 公司推出的超低功耗 ARM，该系列产品只有现有 8 位、16 位、32 位 MCU 的四分之一功耗，并且具有丰富的外设接口。EFM32TG840 是属于 EFM32 系列 MCU 中的 Tiny Gecko 系列产品。

EFM32 系列 MCU 在活动模式下执行来自 Flash 的实际代码时耗电量为  $150\ \mu\text{A}$ ，在深度睡眠模式下为  $900\text{nA}$ ，在 shutoff 模式下为  $20\text{nA}$ 。芯片的休眠模式唤醒时间低于  $2\ \mu\text{s}$ ，供电电压范围可达  $1.8\sim 3.8\text{V}$ 。

外设方面 EFM32 除了提供基本的 AD 模块、DA 模块、模拟比较器、UART/SPI/IIC 接口、外部总线接口等，还提供了特色的低功耗的外设，包括低功耗的 UART 和定时器。EFM32 的独特的“peripheral reflex system(周边反射系统)”(PRS)可与标准的 32 位 ARM 总线并行，PRS 可使 EFM32 外设自主运行和交流，无需 CPU 干预，可延长 CPU 睡眠时间并节省大量能源。此外 EFM32 系列产品还集成了 LCD 控制器、RTC、LESENCE 接口、AES 模块等。

基于 Cortex-M3 内核的 EFM32 系列 MCU 产品，内核强大的运算能力减少 MCU 工作状态时间， $150\ \mu\text{A}/\text{MHz}$  的超低运行功耗，配合 EFM32 独特的低功耗外设，超声波水表的电池 8 年不用更换将成为可能。同时 EFM32 系列 MCU 的高集成度，进一步降低客户的系统成本。

## 小结

TDC-GP22 超声芯片的高集成度使得外围电路的设计更加简单，低功耗高性能的 MCU 极大延长了电池续航时间。加上世强可提供超声波水表的一站式解决方

---

案(包括完整可行的软件、原理图、PCB 示例、技术支持)，无疑为水表企业更快地抢占创新先机做好了铺垫开发和上市。

OFweek电子工程网