

# 超声波式热量表

瑞萨电子RL78L12系列单片机的应用



瑞萨电子(中国)有限公司  
应用技术部  
MCU产品中心  
刘东  
2013/05/28

## 热量表概述

- **热量表：**用于测量及显示流经热交换系统所释放或吸收能量的仪表
- **使用背景：**我国北方冬季要供暖，为了节约能源，减少烟尘，大多数地区采用热网集中供热
- **结构类型：**一般可分为一体式热量表和组合式热量表
- **执行标准：**城镇建设行业标准CJ128-2007国家计量检定规程JIG 225-2001
- **设计理念：**自2000年后建设部下文规定今后的重点工作围绕“热能节能管理模式。中国供热计量技术和产品的发展趋势有希望实现“热量测量、用热管理、供热控制和热费收缴”全套功能的系统化技术及系列配套产品。

## 各类热量表特性比较

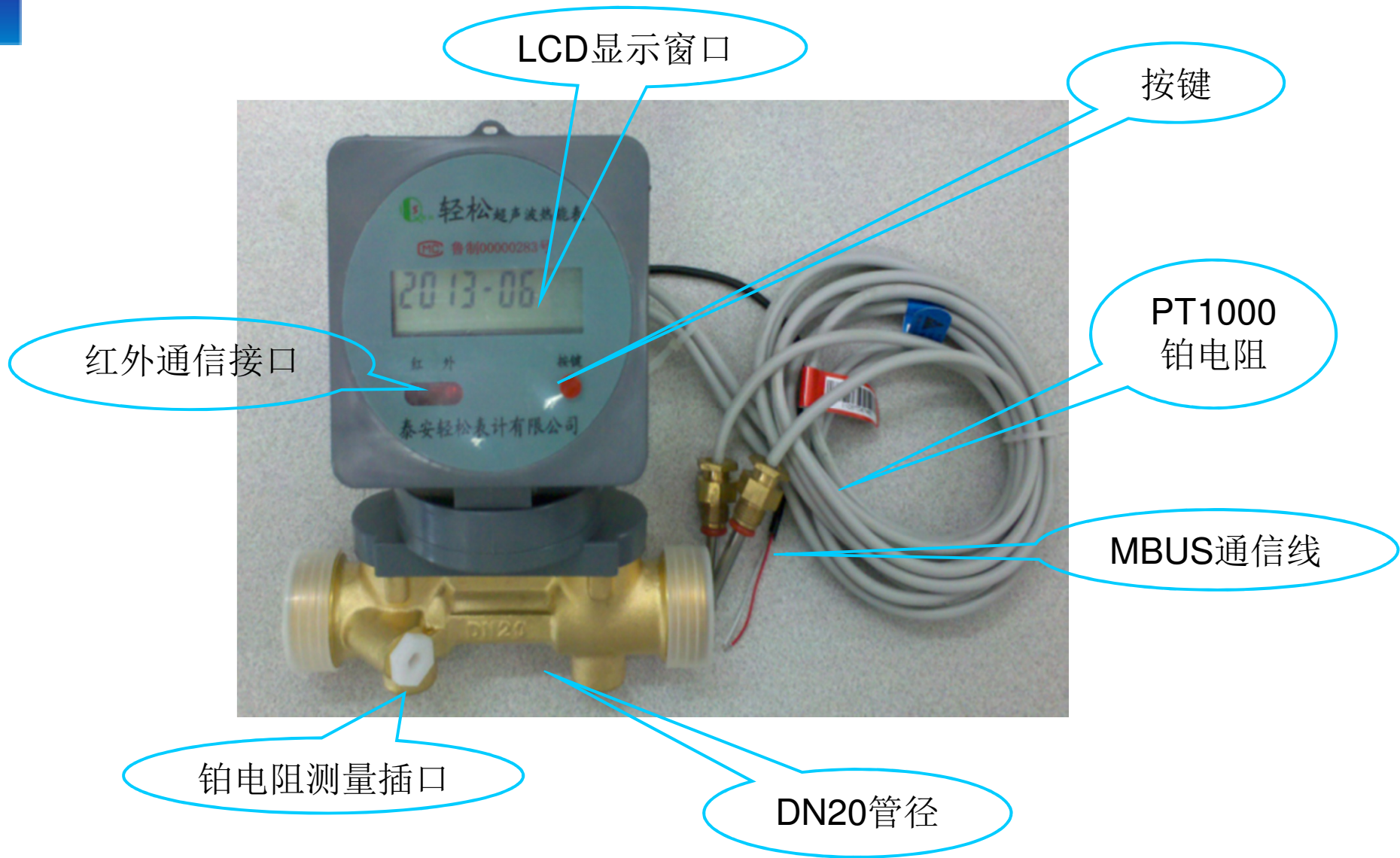
	机械式热表	超声波热表	电磁式热表
量程范围	小	中等	大
测量准确度	低	中等	高
运动部件磨损	有, 会影响准确度	无	无
压力损失	较大	小	小
介质温度范围	较小	中等	大
介质杂质影响	大	中等	小
安装	简单	中等	较复杂
功耗	小	小	较大
制造成本	小	小	高
使用寿命	短	中等	高

## 超声波式热量表特色

1. 压损小：采用超声波技术，无机械运动部件（即无机械式叶轮动），不产生机械磨损，压损小；
2. 计量精度高：一种呈流线型设计，流体阻力小等特点，能提高超声热量计量；
3. 数码视窗可旋转90度易于在不同角度观测数据；
4. 专有的可更换电池结构设计，方便市场维护；
5. 反射面可拆卸清洗，防止可能因为表面结垢而引起信号衰减；
6. 计量可靠性好：对采暖或制冷的水质及流体温度变化对计量影响极小；
7. 计量纠纷少：使用时，不堵塞，不磨损，计量精确，利于供热或制冷计量工作的顺利进行；
8. 超声波热量表按水流方向可水平及垂直安装

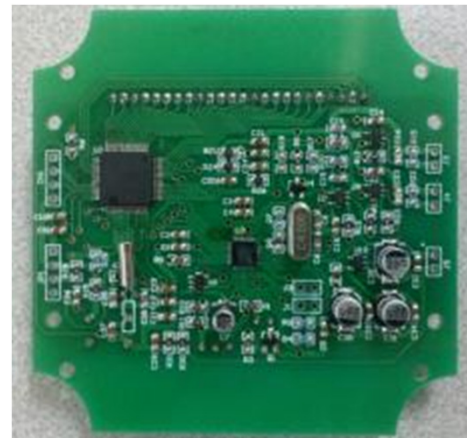


# 热量表组成



## 超声波式热量表的基本功能

- 累计和瞬时热量计量
- 累计和瞬时流量计量
- 进水和回水温度测量
- LCD显示（热量、流量、温度、低电压指示等）
- 数据存储：Data Flash（R5F10RLC）
- 电池电压检测和报警（锂电池：3.6V）
- 按键检测及显示
- 两种通信模式：M-BUS和红外通信，通信速率300bps~9600bps
- Standby，低功耗模式



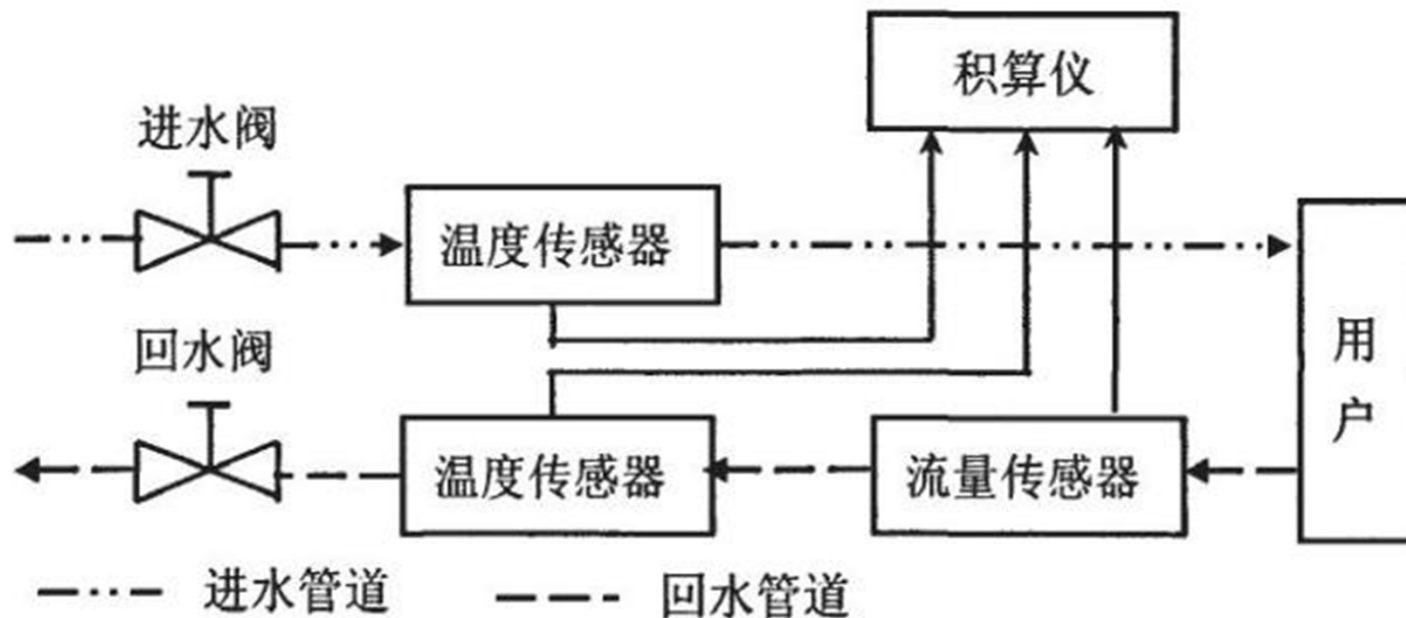
# 超声波式热量表的性能指标

- 本超声波热量表参考平台在各个测试点的基本性能指标

计量特性	准确度等级	2级
温度特性	温度传感器	PT1000
	温度测量范围	0°C~100°C
	温度测试点	25 °C, 50 °C, 90 °C
	温度误差	±0.02 °C
流量特性	流量范围 (m3/h)	DN20, 0.05~5
	流量测试点	大流量 2.5 m3/h, 50L
		中流量 0.5 m3/h, 10L
		小流量 0.05 m3/h, 5L
	流量测试误差	大流量 ±0.004 m3/h
		中流量 ±0.007 m3/h
小流量 ±0.003 m3/h		
	功耗	≤7uA

## 热量测量基本原理

- 超声波热量表由流量传感器、供回水温度传感器及计算、显示装置组成
- 配对温度传感器分别安装在热交换入口和出口管道上。当水流经系统时，流量传感器发出流量信号，配对温度传感器分别检测出入口和出口温度信号，积算器采集流量、温度信号，根据与温度相关的热量系数和体积，温差计算出采暖系统所消耗的热能值





## 热量测量计算方法

- 目前通用的热量计量方法有两种，K系数法和焓差法。根据热力学理论，热交换系统释放（或吸收）的热量计算表达式为：

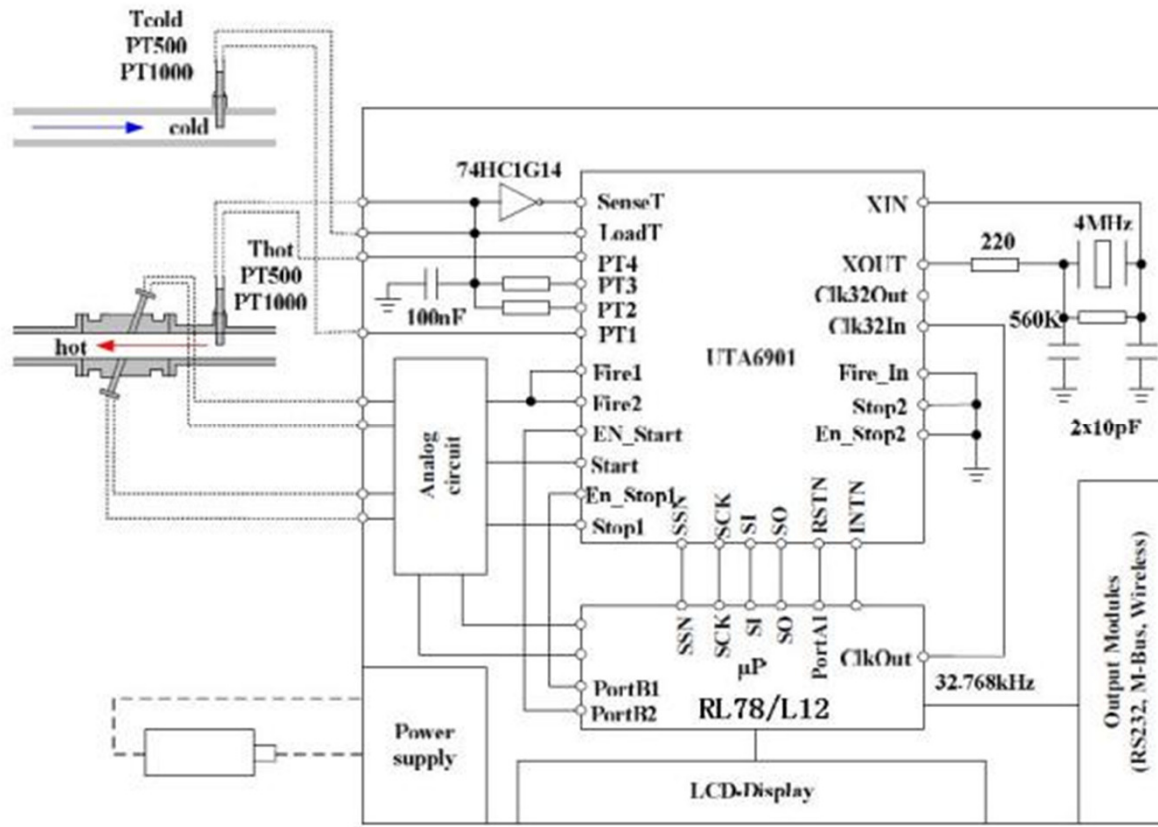
$$Q = \int_{\tau_0}^{\tau_1} q_m \Delta h d\tau = \int_{\tau_0}^{\tau_1} \rho q_v \Delta h d\tau$$

- Q --- 释放或吸收的热量，单位为J或W·h；  
q<sub>m</sub> --- 流经热量表的水的质量流量，单位为Kg/h；  
q<sub>v</sub> --- 流经热量表的水的体积流量，单位为m<sup>3</sup>/h；  
ρ --- 流经热量表的水的密度，单位为Kg/m<sup>3</sup>；  
Δh --- 进出口焓值差，单位为J/Kg；  
τ --- 时间，单位为s

本超声波热量表参考平台使用K系统法进行热量计算

# 系统组成

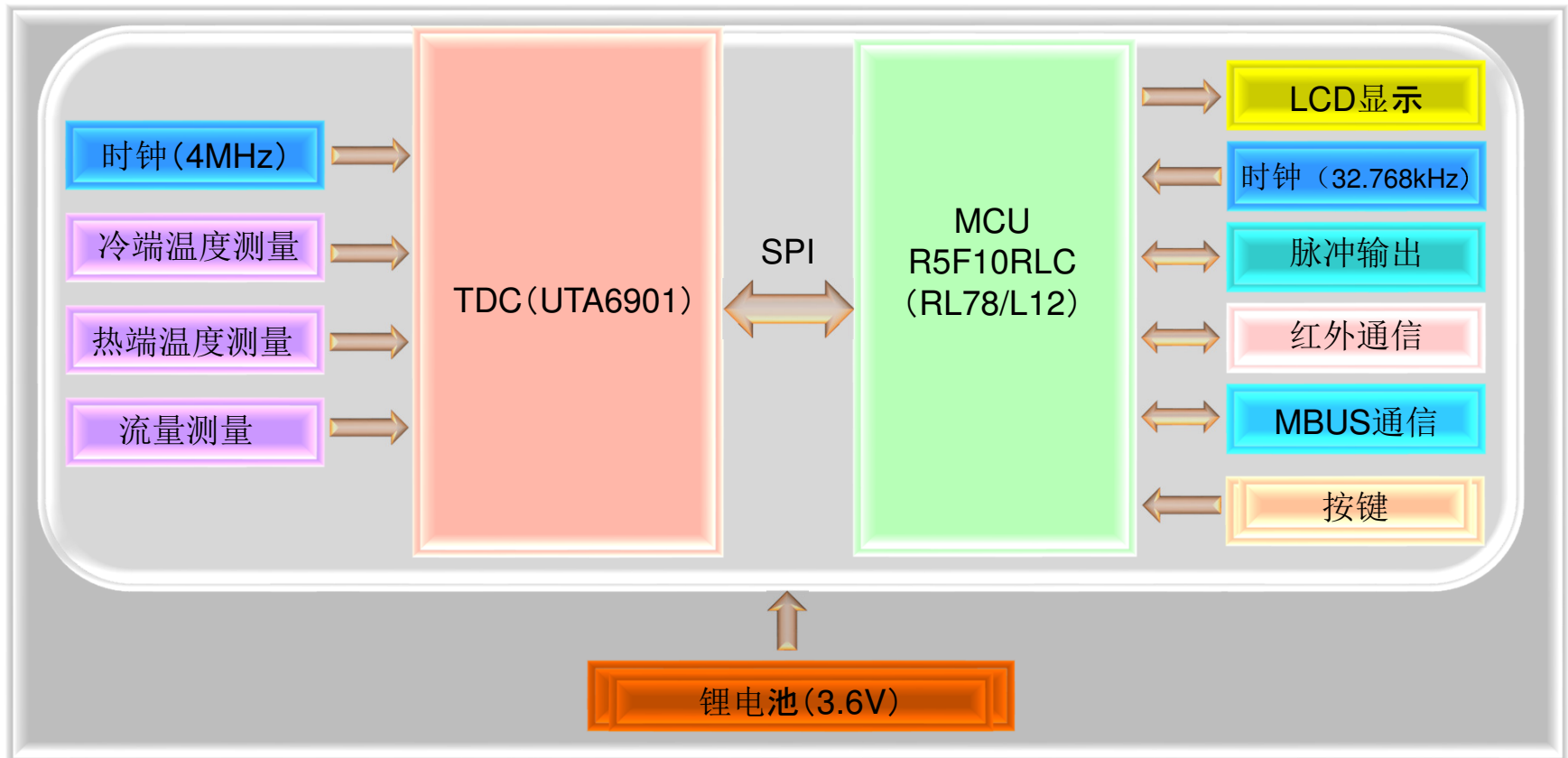
- 主控制器：瑞萨电子的RL78/L12系列微控制器R5F10RLC
- 采集芯片：瑞萨萨半导体公司针对超声波计量领域所设计的专用芯片UTA6901，检测介质的流量和温度
- 通信功能：采用TSS721A集成芯片或分立原件实现M-BUS通信，通过简单电路实现红外通信，便于现场和远程抄表或参数设置与校正



# 系统硬件框图结构

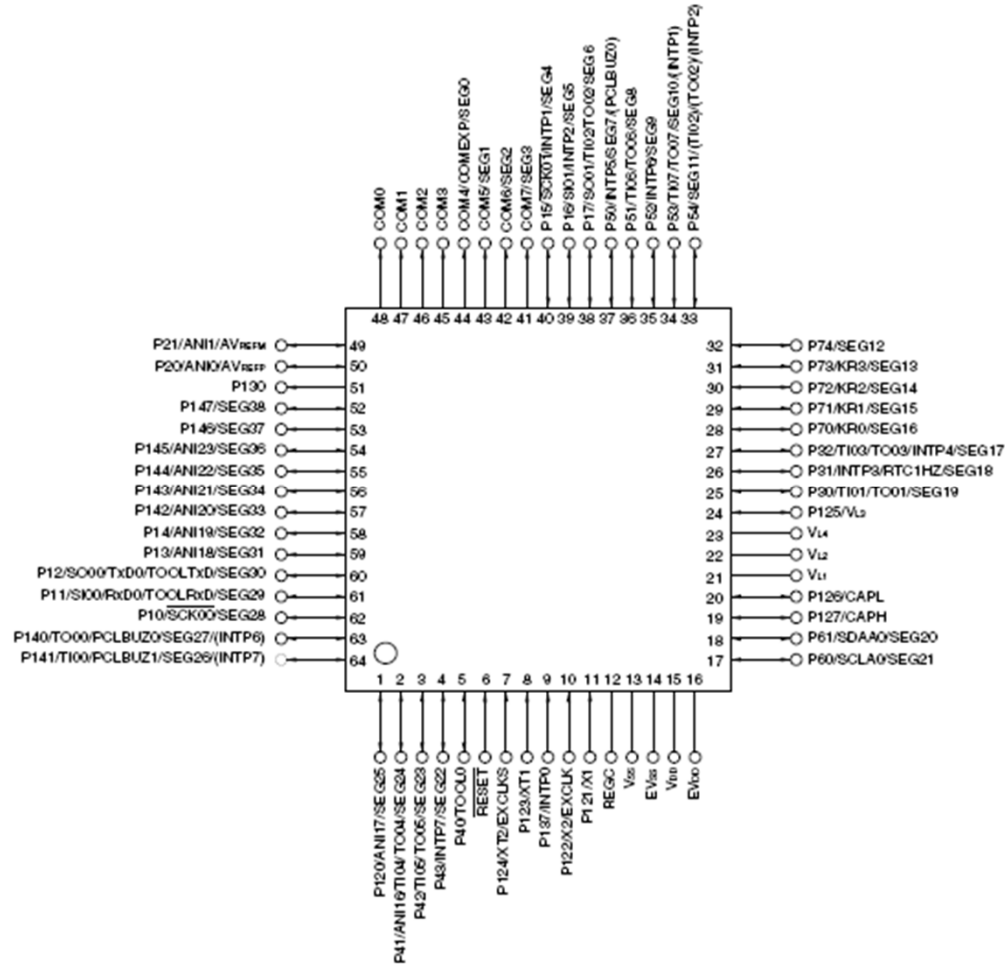
- 超声波热量表按功能可分为几个功能模块：

单片机控制核心，超声波收发模块，温度测量模块，高精度计时模块，LCD显示模块，电源模块，串口通信模块等



# 热量表MCU主控

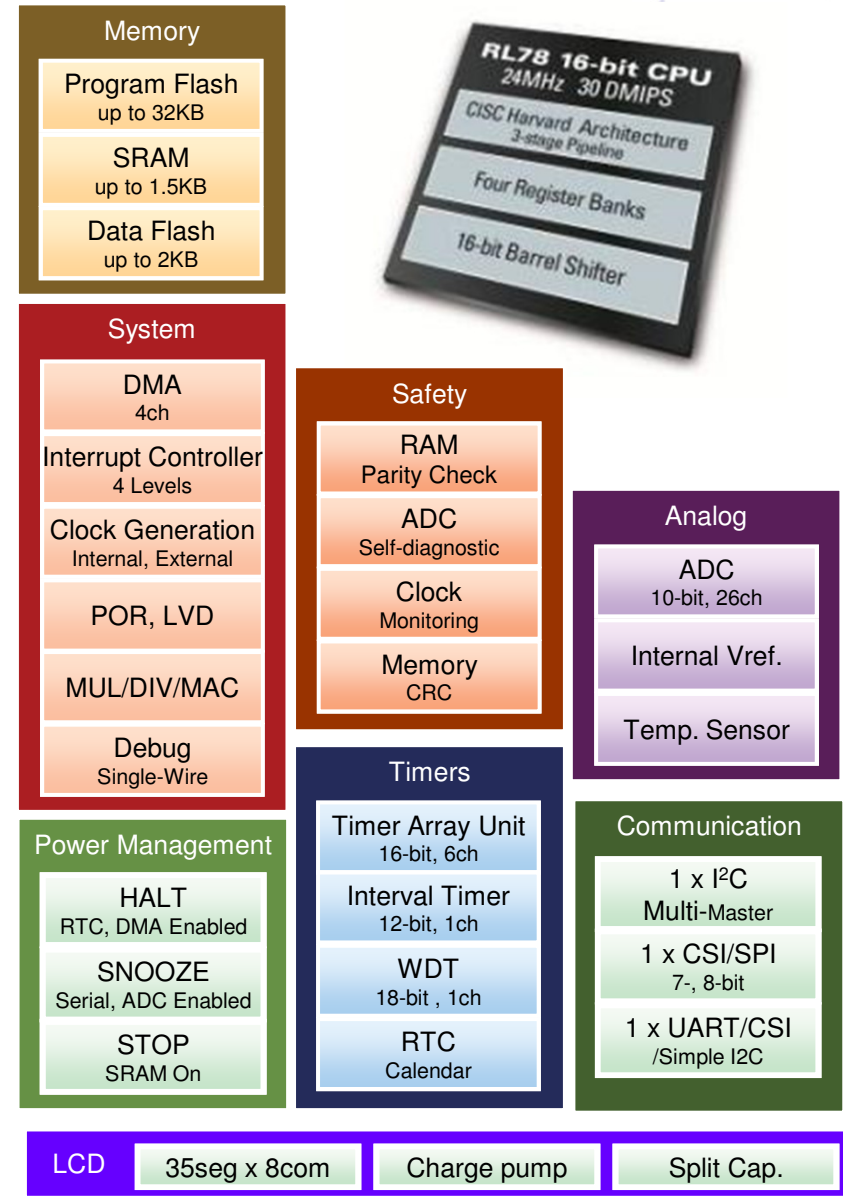
- 本系统MCU控制核心采用瑞萨电子公司的RL78/L12系列微控制器R5F10RLC
- 完成流量的测量、计算，温度的测量，热量的计算以及最终的数据显示、存储及通信功能，同时接受用户对仪表测量及现场参数的设置等



# R5F10RLC框图



- RL78 CPU核
  - 16位CISC, 30 DMIPS at 24MHz
- Flash 存储器
  - 支持1.8V编程和Boot swap功能
  - Program: 32KB, SRAM 1.5KB, Data: 2KB
  - 错误代码校正 (ECC)
- 系统
  - +/- 1%内部晶振 (24MHz)
  - 支持16x16乘法器, 32/32除法器, 乘法累加器
  - 支持1.6 to 5.5V工作, 外部时钟 (最大20MHz)
- 功耗管理
  - 工作频率: 63uA/MHz (minimum)
  - Halt: 0.58mA (RTC + LVD)
  - Stop: 220nA (RAM retained)
  - Snooze: 580uA (UART), 780uA (ADC)
- 安全特性
  - 支持IEC/UL 60730, Illegal memory access, guard
- Timers
  - 多功能Timer阵列单元 (TAU0), Watchdog (window)
- LCD驱动
  - 35seg x 8com / 39seg x 4com (max)
  - 驱动电压: 内部升压/ 分离电容 / 分压电阻
- 封装
  - 64引脚



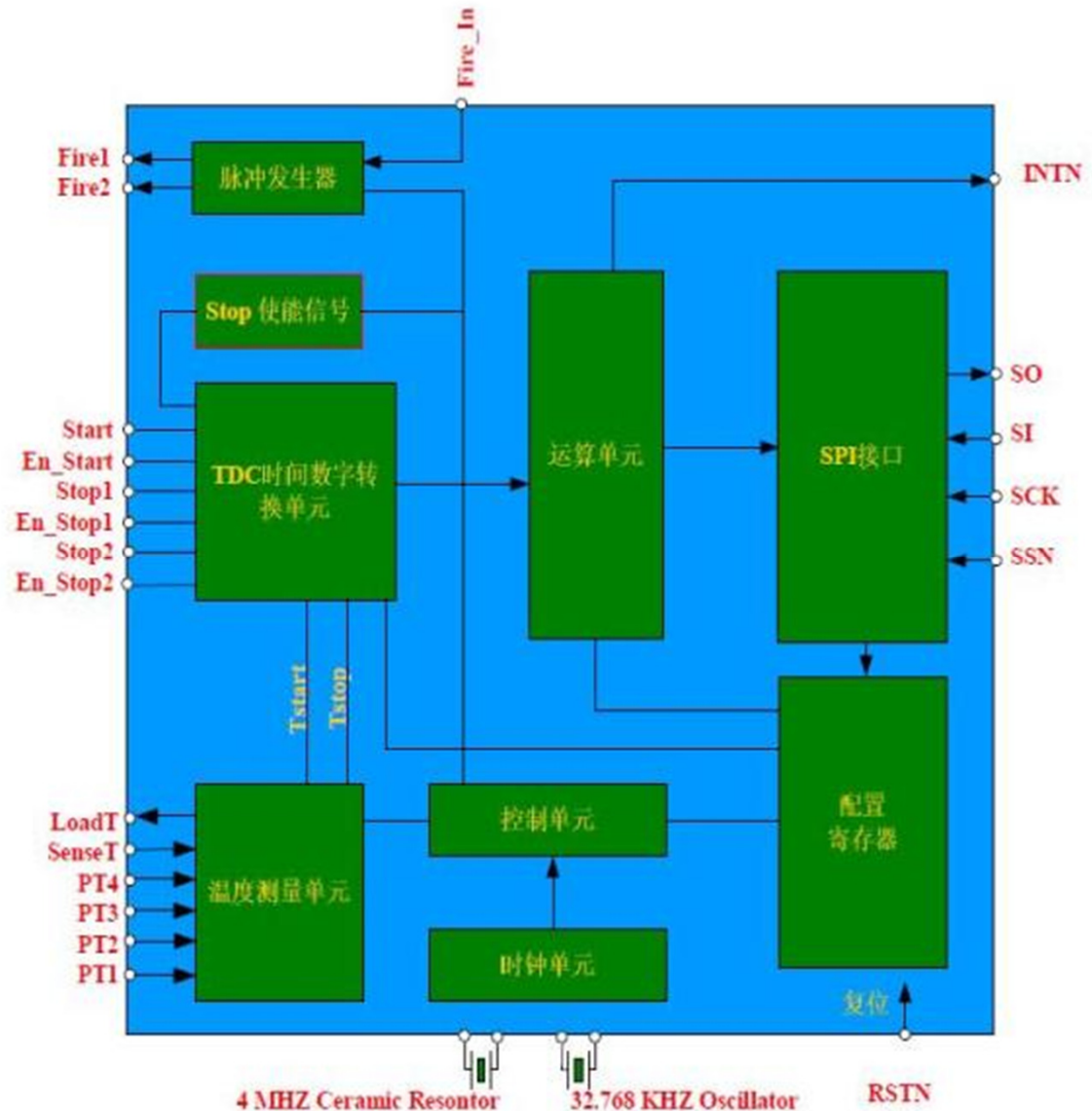
# 检测IC UTA6901功能框图

■ UTA6901是针对超声波计量领域的专用芯片

■ 片内集成50ps 高精度时间测量单元、高速脉冲发生器单元、温度测量单元

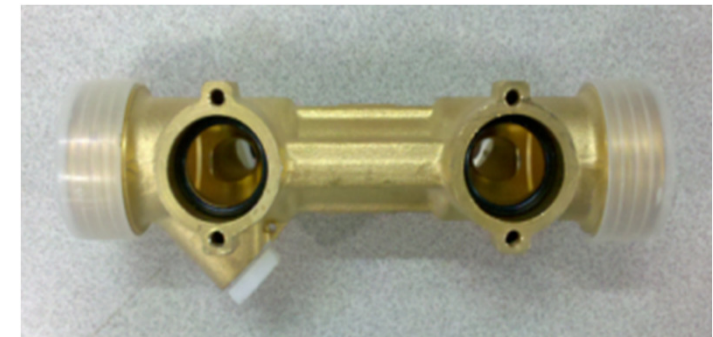
■ UTA6901主要功能特性:

- ✓ 可支持两类时间测试范围
- ✓ 内置温度测试单元
- ✓ 内置脉冲发生器
- ✓ 内置时钟校准单元
- ✓ 兼容4线SPI标准接口
- ✓ LQFP32封装
- ✓ 温度范围-40°C~125°C

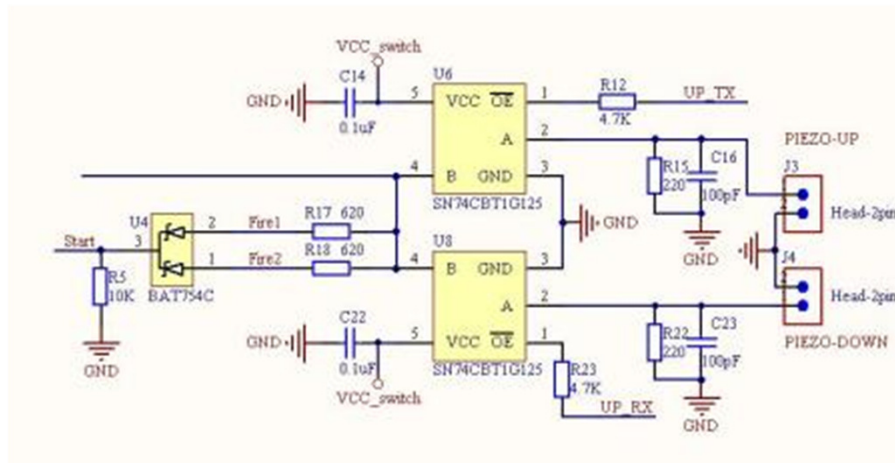


# 热量表流量测量

- 流量测量有体积流量和质量流量两种方法
- 本参考平台基表超声波换能器采用U型安装
- 介质速度的检测采用超声波时差法来测量
- 芯片UTA6901发送一系列脉冲，经换能器转换成超声波在介质中传播，换能器接受超声波后发脉冲，UTA6901检测脉冲，计算从发送脉冲到接受脉冲的时间间隔



实物管径



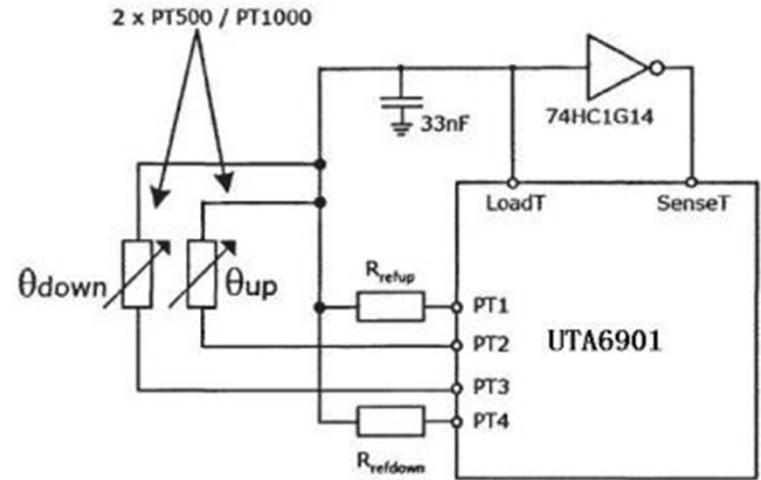
电路图



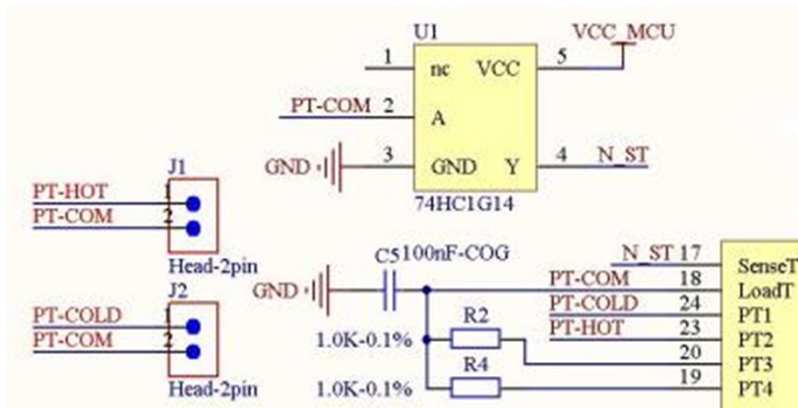
数学模型

# 热量表温度测量

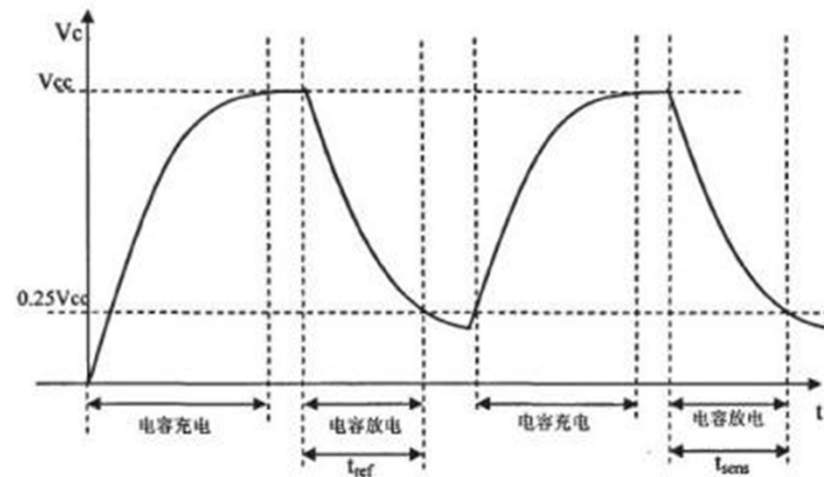
- UTA6901内部集成了专门测量温度的模块，它是利用电容充放电原理进行温度测量的
- UTA6901内部有4个温度测量端口，可以最多测量两对传感器和参考电阻
- 通过计算铂电阻阻值得到对应温度值



测量电路



电路图



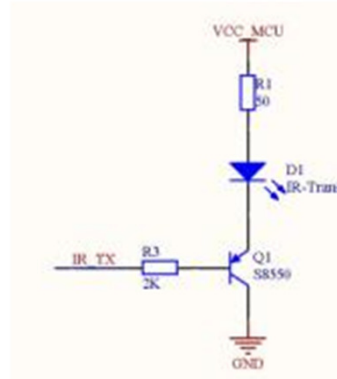
工作过程



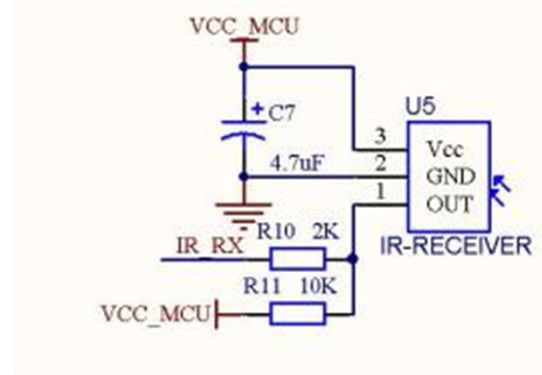
# 热量表通信控制

## ■ 红外收发电路

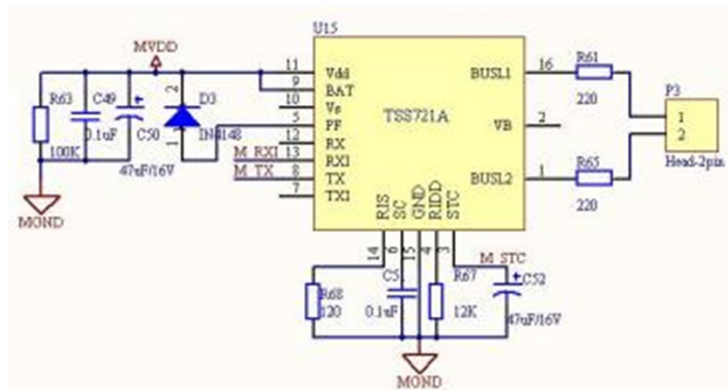
发送电路



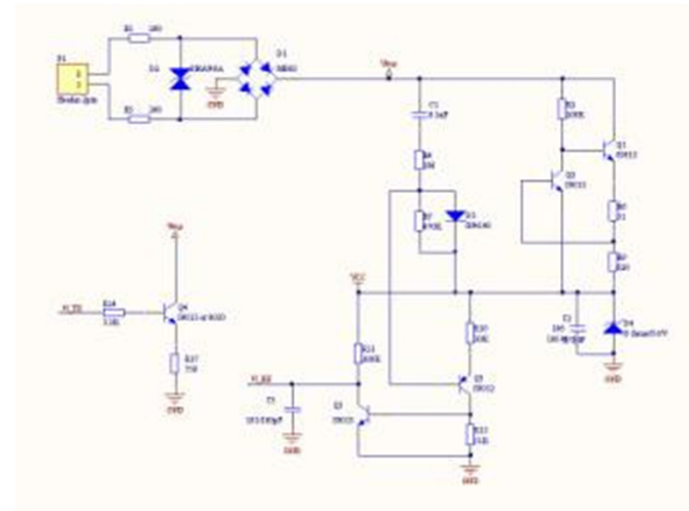
接收电路



- M-BUS通信模块独立于超声波热量表基表设计
- 本系统设计了集成式和分离式两种M-BUS通信电路



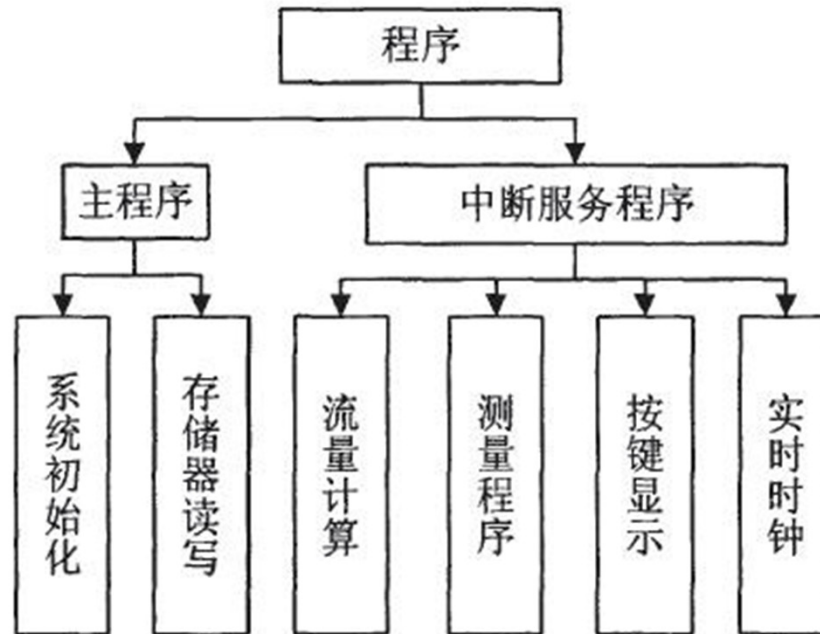
集成芯片式电路



分离元件式电路

# 热量表软件控制

- 本系统的软件设计从功能上分为两部分：主程序和中断服务子程序
- 主程序完成系统初始化后进入低功耗模式，任何其它的处理任务如：时差测量，温度测量，按键显示等任务都看作为中断事件，将MCU从休眠模式中唤醒，然后完成流量和热量的计算和数值存储，执行后再次进入低功耗模式
- 程序的模块化设计，其中包括系统初始化，存储器读写、数据处理、测量程序、按键和显示以及实时时钟等几个模块





瑞萨电子（中国）有限公司

© 2013 Renesas Electronics (China) Co., Ltd. All rights reserved.