**目录**

**摘要**..............................................................................................................................................I

**Abstract**.....................................................................................................................................IV

[1 绪论 3](#_Toc513209195)

[1.1 开发背景 3](#_Toc513209196)

[1.2 任务概述 3](#_Toc513209197)

[2 方案论证 3](#_Toc513209198)

[2.1 下位机控制芯片选择 3](#_Toc513209199)

[2.1.1 51单片机 3](#_Toc513209200)

[2.1.2 Stm32单片机 4](#_Toc513209201)

[2.2 上位机开发软件选择 4](#_Toc513209202)

[2.2.1 MFC 4](#_Toc513209203)

[2.2.2 Qt 4](#_Toc513209204)

[2.3 上下位机通信方式选择 4](#_Toc513209205)

[3 下位机系统设计 4](#_Toc513209206)

[3.1 系统总流程图 4](#_Toc513209207)

[3.2 电压参数获取 4](#_Toc513209208)

[3.3 电流参数获取 4](#_Toc513209209)

[3.4 温度参数获取 4](#_Toc513209210)

[3.5 时间参数获取 4](#_Toc513209211)

[3.6 注水控制 4](#_Toc513209212)

[3.7 串口通信 4](#_Toc513209213)

[4 上位机系统设计 5](#_Toc513209214)

[4.1 MVC设计模式 5](#_Toc513209215)

[4.2 Qt程序流程图 5](#_Toc513209216)

[4.3 信号与槽 5](#_Toc513209217)

[4.3.1 信号 5](#_Toc513209218)

[4.3.2 槽 5](#_Toc513209219)

[4.4 控件与布局管理 5](#_Toc513209220)

[4.4.1 Push Button 5](#_Toc513209221)

[4.4.2 Label 5](#_Toc513209222)

[4.4.3 Line Edit 5](#_Toc513209223)

[4.4.4 Combo Box 5](#_Toc513209224)

[4.5 QTimer类 5](#_Toc513209225)

[4.6 Qt第三方库之QcustomPlot 5](#_Toc513209226)

[4.7 串口通信 5](#_Toc513209227)

[4.8 鼠标坐标显示 5](#_Toc513209228)

[5 调试与分析 6](#_Toc513209229)

[5.1 下位机调试之J-Link 6](#_Toc513209230)

[5.2 上位机调试之QDebug 6](#_Toc513209231)

[5.3 结果分析 6](#_Toc513209232)

[5.4 误差分析 6](#_Toc513209233)

[6 总结与展望 6](#_Toc513209234)

[6.1 总结 6](#_Toc513209235)

[6.2 展望 6](#_Toc513209236)

谢辞............................................................................. ...........................................................5465

参考文献...................................................................................................................................121

基于单片机的热水器出厂性能指标自动检测装置设计（软件）

摘要

为了解决现今家用燃气快速热水器性能指标检测步骤繁琐，缺少自动化等问题，根据国标GB6932-2015《家用燃气快速热水器》、GB20665-2015《家用燃气快速热水器和燃气采暖热水炉能效限定值及能效等级》标准，通过上位机下位机控制系统理念，采用STM32F407控制芯片，QT图形用户界面(GUI)应用程序设计的开发环境，设计了一台燃气快速热水器出厂性能指标自动检测装置。该性能检测装置极大地提高了家用燃气快速热水器厂家检测其产品性能指标的效率，解放了原本从事重复性简单操作的生产力，降低了厂家整体的生产成本。所以，本课题的研究有着相当大的实用价值。

关键字：燃气快速热水器，性能指标检测，上位机，下位机，STM32，QT

English Title

Abstract

/\*...\*/

Key words: /\*..\*/

1. 绪论
   1. 开发背景

39年前，我国第一台燃气热水器于1979年在南京市玉环热水器厂问世，从此开启了用热水器沐浴的新时代。自改革开放以来，随着我国经济的不断发展，我国人民生活水平的不断提高，各家各户家电拥有量也是持续增长。其中，热水器更是已经成为了这些家电中不可或缺的一件。无论是在厂家生产热水器的过程中还是买家选购热水器的过程中，其性能指标必定是人们关注的重点之一。随着热水器工业生产过程的不断自动化，大大减少了劳动力的投入，降低了生产成本。为了符合现代工业自动化这一主旋律，热水器出厂性能指标检测自然应该走向自动化，以在更大程度上减少劳动力投入，降低产品成本。在以上说叙述的背景下，本项目课题孕育而生，可以说这是一个实用价值极高的项目课题。

* 1. 常见家用热水器介绍
     1. 燃气热水器

燃气热水器是较早的一代热水器，所以发展得相当成熟，工业生产水平已经相当高，市场占有量也十分之大。燃气热水器以燃气作为燃料，通过燃气加热将热量传递到流经热交换器的冷水中以达到制备热水的目的。

优点：认知度高，加热快，热水，占地面积小。

缺点：对安装要求高，对通风条件要求较高人体中毒隐患大。

* + 1. 电热水器

电热水器是指以电作为能源进行加热的热水器，随着我国电力事业的发展，其市场占有量也十分大，按加热功率大小可分为储水式、即热式。储水式是指将水加热后，将其长期或临时地存储，并且一般带有保温功能。即热式是指能够通过电子加热元器件快速加热为热水，并能通过电路控制温度，水流等参数以达到人体最适宜的温度。

优点：寿命较长、高效环保、安装便捷

缺点：对家庭用电环境有较高要求，储水式电热水器使用前需要预热，耗电量大，使用成本高，使用不当或产品质量不过关存在漏电触电危险。

* + 1. 太阳能热水器

太阳能热水器是将太阳光能转化为热能的装置，主要利用了太阳的辐射热量将水从低温加热到高温，以满足人们在生活、生产中的热水使用。目前太阳能热水器主要在太阳光照较强烈的地区才应用得较多，许多地方由于地理原因不适合使用太阳能热水器。

优点：高效环保、节能安全

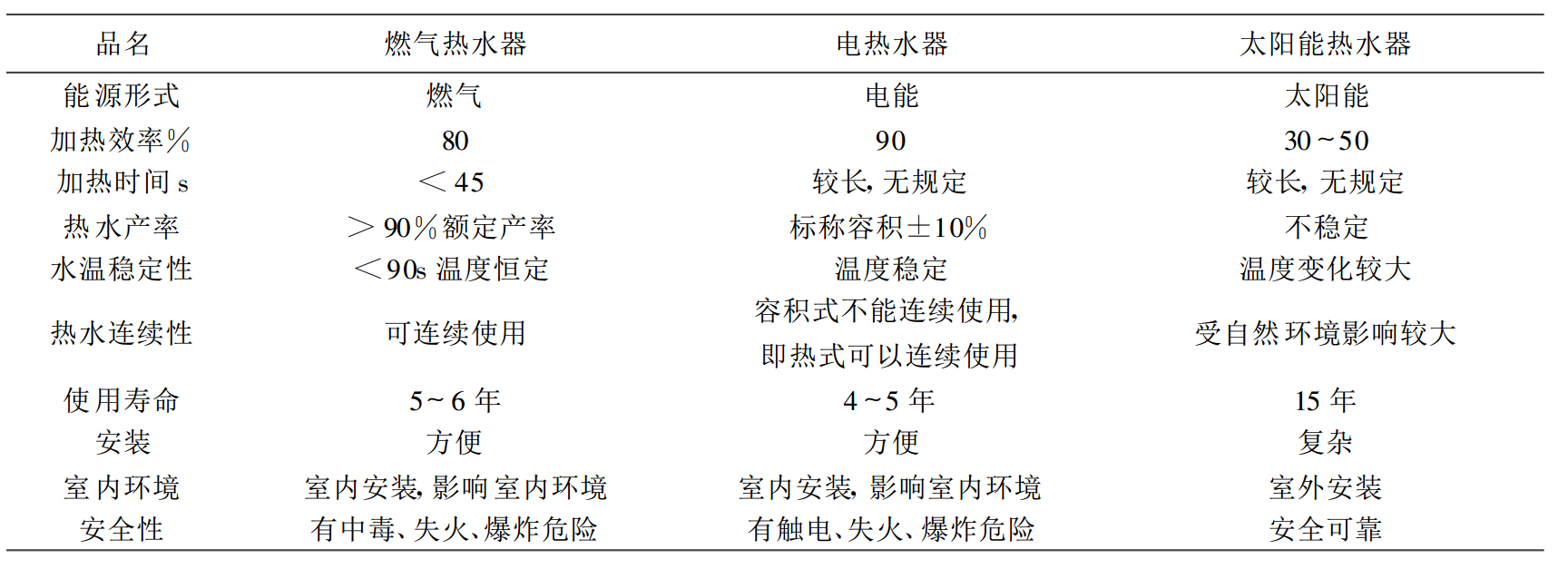
缺点：安装复杂、制热效率受天气因素影响大，夏天不用热水，热水偏轻易达到沸点；冬天热水需求大，太阳能热水器却因没太阳而无法制热。

* + 1. 空气能热水器

空气能热水器也称“空气源热泵热水器”，是把空气中的低温热量吸收进来，经过氟介质气化，然后通过压缩机压缩后增压升温，再通过换热器转化给水加热，压缩后的高温热能以此来加热水温。这是比较新型得热水器，由于其价格高，体积庞大，应用范围并不广。

优点：节能环保、高效安全、使用便捷、能同时满足“全家恒温热水+厨房免费冷气”的需求、操作智能。

缺点：价格偏高、体积庞大



综合以上各种热水器的介绍，对其进行了一定的比较，本项目决定用市场占有量较大，应用比较普及的燃气热水器作为研究对象。

1. 方案论证
   1. 下位机控制芯片选择

在本项目中，下位机的控制芯片主要需要完成一些GPIO口控制，串口通信，AD数据采集，数据处理等功能，而STM32芯片就能很好地实现上述功能。STM32xinpian 是由意法半导体(ST)开发的一款单片机，其主要特点是采用标准的ARM架构，内核为ARM公司为要求高性能，低成本，低功耗的嵌入式应用专门设计的Cortex-M内核。这使得STM32芯片拥有极高的性能，可以支持丰富的外设，功耗低，价格合理。而且STM32芯片也已经使用的非常广泛，开发者能够获得全面丰富的技术文档支持。STM32芯片为满足不同开发的需要，拥有着丰富的型号，开发者可以根据自己项目的大小需求，选择自己需要的性价比最高的型号，结合本项目的要求，我们选择了一款较为经济的STM3210f

* 1. 水流量检测方案选择

方案一：电磁流量计,水温在80度以下，不是纯净水（不导电），如果是污水泥浆不是很多不会沉积在管道里面。技术成熟，抗干扰强，维护极少，价格在流量计里也适中。精度在0.5~1.0%

方案二：涡街流量计,不导电的液体，要看你的流速，流速低了他测不准，而且如果污水也不能测，精度没上面人说的那么高，能打到1%精度就拜托了，

方案三：玻璃转子流量计（浮子流量计）最实惠，如果不是污水，而且管道直径小于100毫米,几百块钱，但只能看瞬时流量；涡轮流量计，精度适中，是一个轮子在里面转的，可能用一两年要换一次，流速越快换的时间间隔约短，因为会有磨损；另外精度最高的还是齿轮流量计，类似我们的水表，但是价格比较高点，比电磁流量计稍微便宜点，大口径的可能会贵一些。

方案四：流量显示控制器，分体式设计，灵活确定安装的位置；内部自带有电池，无需外部再接电源，微功耗的设计，电池正常使用寿命5年及以上；多按键的设计，方便用户操作，也方便用户清零，设置脉冲当量、通讯地址；直接通过按键设置脉冲当前量，适合各种尺寸大小的发讯水表；带有RS485的通讯接口，方便实现组网抄表。

经过比较，选择方案四。自带有通讯接口方便与单片机进行数据传输，也方便我们进行数据处理，不用人工的抄表，但价格上稍微有点偏高，不过相对于它的强大功能而言这些是可以忽略的点。

* 1. 上位机开发软件选择
     1. MFC

MFC(Microsoft Foundation Classes)，是微软公司提供的库类，主要用于GUI(Graphical User Interface，图形用户界面)设计。它专用于Windows平台，或多或少使用了面向对象的方法包装了API(Application Programming Interface,应用程序编程接口)。但有时使用C，有时是用C++，甚至有时是两者的混合体。这就使得在使用起来存在内存消耗大的问题，例如有些API需要你在使用时提供一个包含10个成员的C语言的struct型参数，但其实可能只有一个是你想用到的参数，这与完全用C++编写的，拥有类，继承等方法的面向对象设计在内存占用方面存在着很大的差距。MFC采用的核心框架是事件驱动框架，要做出任何操作都必须对特定的消息做出相应，然而由于消息的数量庞大，导致我们很难在短时间内掌握并熟练应用这种框架。一个开发环境的帮助文档对开发者来说能起到很大的帮助作用，MFC拥有着内容丰富的帮助文档MSDN，但是需要单独付费购买，并且由于内容太过庞大（有10个CDROM光盘），导致刚入门的开发人员在使用文档方面会遇到很大的困难。

* + 1. Qt

Qt是一款跨平台的C++图形用户界面(GUI)应用程序设计的开发环境，它分为Qt4.x系列和Qt5.x系列。Qt4.x系类是由Nokia公司开发个较为经典的Qt版本，由于网上样例较多，适用于教学学习。Qt5.x系列是由Digia公司开发的较新的Qt版本，相比与Qt4.x版本添加了很多新内容，所以在开发时显得更加方便。Qt最主要的优点就在于它强大的跨平台能力，它同时支持Windows，Mac OS X，Unix，Linux等多个平台。这使得开发人员只需要在某个平台上进行开发，就能轻松地移植到各个其他的平台上去，减少了开发人员的工作量，也间接地提高了公司的效率，大大缩短了研发周期。这一点受到很多公司的赞许，所以Qt已经成为现在主流的图形用户界面开发环境。Qt采用面向对象的设计思想，提供给我们很多便于使用的API接口，使得我们在开发时更加简单方便。它的信号与槽的消息机制可以说是它的灵魂之一，利用SIGNAL()和SLOT()函数能够对各个种类的信号做出对应的槽相应，这使得它能绝大部分完成用户的开发要求。Qt的另一大亮点在于它详细而不冗杂的帮助文档，它覆盖了Qt的方方面面但却只有18M大小，这对于Qt开发的新手来说无异于是一种福音。帮助文档也是开发者们选着开发环境的一个重要指标。

通过2.2.1与2.2.2的比较，我们发现Qt在跨平台，内存占用，和易学性方面都优于MFC，而Qt5.x又相对于Qt4.x更便于开发，所以本次最终选择Qt5.x作为上位机的开发环境。

* 1. 上下位机通信方式选择

本次上下位机之间的通信方式采用的是串口通信，串口通信相对于通过互联网通信在硬件实现简单，成本低，容易实现，不存在设备间的相互干扰，通信速度快等方面表现出了一定的优越性。综合考虑到本项目的通信需求和开发成本，最终选择了串口通信作为上下位机的通信方式。

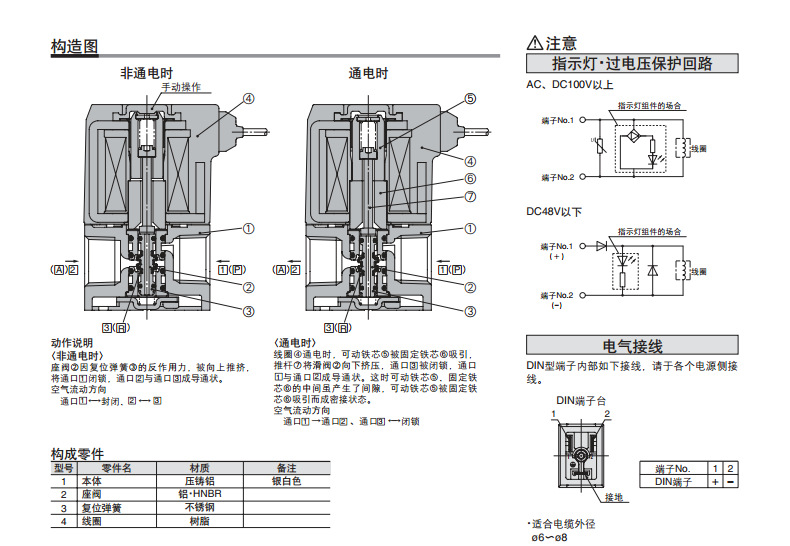
1. 下位机系统设计
   1. 系统总流程图

/\*此处省略一些字\*/

* 1. 水流量测量

本项目计算消耗功率时一个主要的参数便是加热的水量，所以，水流的控制，注水量的计算对实验结果影响非常大，我们必须严格对注水出水做出控制，并精准计算其加热的水量。

对于注水与出水的控制本项目采用的是精度十分高的日本进口SMC原装真空电磁阀VT307。电磁阀里有密闭的腔，在不同位置开有通孔，每个孔连接不同的水管，腔中间是活塞，两面是两块电磁铁，哪面的磁铁线圈通电阀体就会被吸引到哪边，通过控制阀体的移动来开启或关闭不同的排水孔，而进水孔是常开的，水就会进入不同的排水管，然后通过水的压力来推动水箱的活塞，活塞又带动活塞杆，活塞杆带动机械装置。这样通过控制电磁铁的电流通断就控制了机械运动。我们可以通过STM32单片机简单的GPIO口发送控制信号以达到对注水出水的精准控制，用起来十分方便。其工作原理图如下图所示

同样的，为了保证实验结果的精确度，单单做到精确的注水出水控制是远远不够的，我们也必须保证水流量的测量精准。本实验选用流量显示控制器作为水流量的测量，主要是因为它的测量精度高，并且更重要的是拥有RS485通信接口，这点保证了我们能够实现电子抄表，从而达到自动化的目的，以下介绍RS485通信原理。

RS485（一般称作 RS485/EIA-485）是隶属于 OSI 模型物理层的电气特性规定为 2 线，半双工，多点通信的标准。它的电气特性和 RS-232 大不一样。用缆线两端的电压差值来表示传递信号。

RS485 仅仅规定了接受端和发送端的电气特性。它没有规定或推荐任何数据协议。

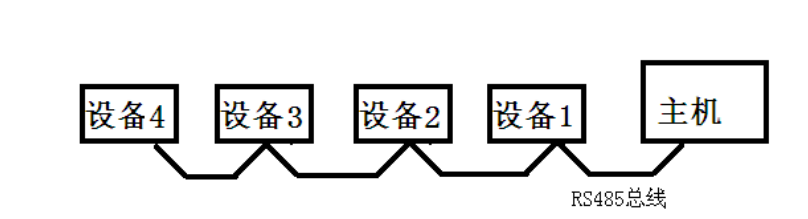
RS485 的特点包括：

1） 接口电平低，不易损坏芯片。 RS485 的电气特性：逻辑“1”以两线间的电压差为+(2~6)V表示；逻辑“0”以两线间的电压差为-(2~6)V 表示。接口信号电平比 RS232 降低了，不易损坏接口电路的芯片，且该电平与 TTL 电平兼容，可方便与 TTL 电路连接。

2） 传输速率高。 10 米时， RS485 的数据最高传输速率可达 35Mbps，在 1200m 时，传输速度可达 100Kbps。

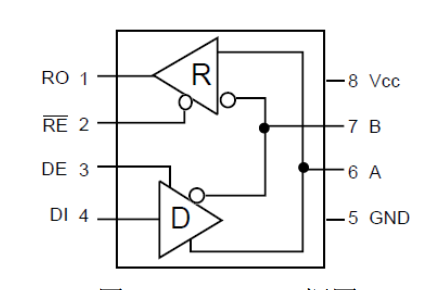
3） 抗干扰能力强。 RS485 接口是采用平衡驱动器和差分接收器的组合，抗共模干扰能力增强，即抗噪声干扰性好。

4） 传输距离远，支持节点多。RS485 总线最长可以传输 1200m 以上（速率≤100Kbps）一般最大支持 32 个节点，如果使用特制的 485 芯片，可以达到 128 个或者 256 个节点，最大的可以支持到 400 个节点。RS485 推荐使用在点对点网络中，线型，总线型，不能是星型，环型网络。理想情况下 RS485需要 2 个终端匹配电阻，其阻值要求等于传输电缆的特性阻抗（一般为 120Ω）。没有特性阻抗的话，当所有的设备都静止或者没有能量的时候就会产生噪声，而且线移需要双端的电压差。没有终接电阻的话，会使得较快速的发送端产生多个数据信号的边缘，导致数据传输出错。 485的连接方式如图所示：



RS485 连接

这里我采用了 SP3485 作为收发器，该芯片支持 3.3V 供电，最大传输速度可达 10Mbps，支持多达 32 个节点，并且有输出短路保护。



SP3485 框图

图中A、B总线接口，用于连接RS485总线。RO是接收输出端，DI是发送数据收入端， RE是接收使能信号（低电平有效）， DE 是发送使能信号（高电平有效）。我通过该芯片连接 STM32F4的串口2，实现两个设备之间的 485 通信。我只需要配置好串口2，就可以实现正常的RS485通信了，串口2的配置和串口 1基本类似，只是串口的时钟来自APB1，最大频率为42Mhz。

* 1. 燃气体积测量

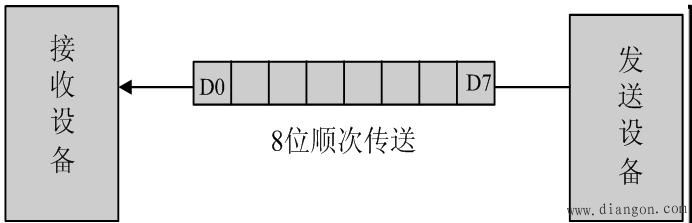
/\*此处省略一些字\*/

* 1. 温度参数测量

/\*此处省略一些字\*//

* 1. 串口通信

本项目采用串口通信是一种串行通信，串行通信时将数据字节分成一位一位的形式在一条传输线上逐个地传送，此时只需要一条数据线，外加一条公共信号地线和若干控制信号线。因为一次自能传送一位，所以对于一个字节的数据，至少要分8位才能传送完毕，如下图所示



串行通信方式

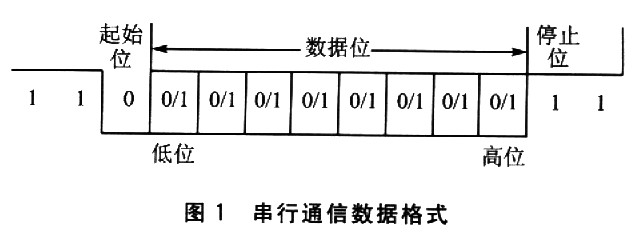
串行通信的必要过程时：发送时，要把并行数据变成串行数据发送到线路上去，接收时，要把串行信号再变成并行数据，这样才能被计算机及其他设备处理。

串行通信传输线少，长距离传送时成本低，且可以利用电话网等现成的设备，但数据的传送控制比并行通信复杂。

串行通信又分为两种方式：异步串行通信和同步串行通信

异步串行通信：指通信的发送与接收设备使用各自的时钟控制数据的发送和接收过程。为使双方收、发协调，要求发送和接收设备的时钟尽可能一致。

异步通信一帧字符信息由4部分组成：起始位、数据位、奇偶校验位和停止位，如下图所示。有的字符信息也有带空闲位形式，即在字符之间有空闲字符。



同步串行通方式：同步通信时要建立发送方时钟对接收方时钟的直接控制，使双方达到完全同步。此时，传输数据的位之间的距离均为“位间隔”的整数倍，同时传送的字符间不留间隙，即保持位同步关系，也保持字符同步关系。发送方对接收方的同步可以通过外同步和自同步两种方法实现。

同时，串行通信的错误校验方法也十分重要，主要有奇偶校验、代码和校验和循环冗余校验三种，以下做出相应的介绍。

奇偶校验：在发送数据时，数据位尾随的1位为奇偶校验位（1或0）。奇校验时，数据中1的个数与校验位1的个数之和应为奇数；偶校验时，数据中1的个数与校验位1的个数之和应为偶数。接收字符时，对1的个数进行校验，若发现不一致，则说明传输数据过程中出现了差错。

代码和校验：代码和校验是发送方将所发送数据块求和（或各字节异或），产生一个字节的校验字符（校验和）附加到数据块末尾。接收方接收数据时同时对数据块（除校验字节外）求和（或各字节异或），将所得的结果与发送方的“校验和”进行比较，相符则无差错，否则即认为传送过程中出现了差错。

循环冗余校验：这种校验是通过某种数学运算实现有效信息与校验之间的循环校验，常用于对磁盘信息的传输、存储区的完整性校验等。这种方法纠错能力强，广泛应用于同步通信中。

1. 上位机系统设计
   1. MVC设计模式

MVC是Model（模型）- View（视图）-Controller（控制器）的缩写，这是一种设计模式，主要目的是很好地将界面和业务逻辑分离。

Model是程序的主体部分，它表示业务数据和业务规则。Model拥有最多的处理任务，并且它返回的数据是中立的，也就是说它与数据格式无关，这个特点使得一个Model可以为多个View提供数据处理。由于一个Model代码能被多个View使用，这减少了代码的重复性，减轻了开发的任务量。

View是程序与用户的交互接口，用户可通过此层输入要处理的数据，并经过另外两部分的处理后，将最终的结果显示在View部分。这一部分让程序使用者拥有一个直观的图形用户界面，方便操作而不需要关心内部的代码执行过程。

Controller是负责转发请求，对请求进行处理的部分。它相当于一个中转站，接收View传入的数据，经过一定的处理（如数据格式处理等）后传给Model，而后Model处理完成的结果再通过Controller处理后传递给View，最终显示在图形用户界面上

总的来说，采用MVC模式开发存在着很多优点。首先它有利于开发中的分工，在大型开发项目中将Model，View，Controller分别交给不同的开发人员设计，最终再整合成整个项目。其次它有利于组件的重用，例如同一个Model就能被不同的项目所应用。最后，它能让三个层次各施其职互不干扰，当项目要改动Model，View，Contoller当中的某个部分时，并不需要改动其他部分，这大大有利于项目的开发。所以，在本次项目中也采用了MVC这个优秀的模型。

* 1. Qt程序流程图

/\*此处省略一些字\*/

* 1. 信号与槽

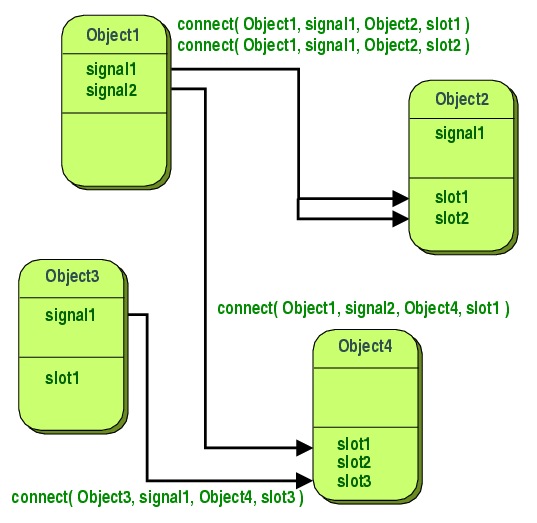
信号与槽用于两个对象之间的通信，信号与槽机制是Qt的核心特征，也是Qt不同于其他开发框架的最突出的特征。在GUI编程中，当改变了一个部件时，总希望其他部件也能了解到该变化。更一般的来说，我们希望任何对象都可以和其他对象进行一定的通信。例如，如果用户点击了关闭按键，则希望可以执行窗口的close()函数来关闭当前窗口。为了实现对象间的通信，一些工具包中使用了回调(callback)机制，而在Qt中使用了信号与槽来进行对象间的通信。当一个特殊的事件发生时便可以发射一个信号，比如按键被单击；而槽就是一个函数（为了与一般函数区分，故称为槽函数），它在信号发射后被调用来响应这个信号。Qt的部件类中已经定义了一些信号与槽，但是更多的做法是子类化这个部件，然后添加自己的信号与槽来实现开发者自己想要的功能。信号与槽的关联可以是一对一，也可以一个信号关联到多个槽上，多个信号也可以关联到同一个槽上，甚至，一个信号还可以关联到另一个信号上，信号与槽的关系如图4-1所示。如果存在多个槽与某个信号相关联，那么，当这个信号被发射是，这些槽将会一个接一个地执行，但是执行的顺序是随机的，无法指定它们的执行顺序。

图 1 信号与槽的链接

* 1. 控件与布局管理
     1. QPush Button

QPushButton控件提供了一个标准按键，这个标准按键是在所有GUI窗口中用的最多的控件，用户可以通过按下（点击）这个按键去让电脑执行一些列的操作或是回答一个问题。最典型的就是“确认”，“取消”等按键。QPushButton可以通过setText(const QString &text)来改变按键所显示的文字，并且当我们按下按键，我们能收到该控件发出的clicked信号，通过对开发者自定义的槽函数的绑定，我们就能实现很多想要的功能。

* + 1. QLabel

Qlabel控件提供一个文本或者图片的显示，我们可以通过很多方法来设置它的视觉效果，其主要功能是为其他控件添加一个说明。通常我们用setText(const QString &)函数来设置该控件文本的内容。

* + 1. QLineEdit

QLineEdit控件是一个一行的文本编辑器，它允许用户去输入或编辑一个单行的纯文本，这个纯文本可以被对应的处理函数所接收。当然，QLineEdit编辑器自带复制，粘贴，撤销等功能。通过调用它的echoMode()函数，我们可以将它改为只写模式，即输入的纯文本不会在编辑器上回显，这样我们就可以把它作为密码输入栏。QLineEdit拥有着各种像maxLength()，minLength()这样的函数来对它自身的属性进行设置，这样完全能够满足用户的个性化需要。在程序内部，我们也可以通过setText()函数来改变文本内容，而不是单纯的只有用户输入。

* + 1. QComboBox

QComboBox控件结合了按键和弹出列表功能，它提供一个可选择的列表选项。我们能够方便地通过insertItem()函数和setItemText()函数来添加自己想要的列表选项。当然，QComboBox还提供了像currentIndexChanged()，activated()，highlighted()，editTextChanged()等多种信号，以使得开发者能够清楚地感知到用户的各类操作，从而链接到各个自定义的槽函数当中，以实现各种各样的功能。

* + 1. 布局

上面我们讲述了一些基本的窗口部件，我们可以在图形化用户界面的任意位置放置这些部件，这并不会对部件的使用产生过多的影响，但是，对于一个完善的软件，布局管理却是必不可少的。无论是想要界面中部件有一个很整齐的排序，还是想要界面能适应窗口的大小变化，都要进行界面布局。

Qt的布局管理系统提供了简单而强大的机制来自动排列一个窗口中的部件，确保它们有效地使用空间。QLayout类及其子类便是Qt提供的布局管理器，它们可以实现常用的布局管理功能。QLayout类中几个总要的子类分别是QBoxLayout（本布局管理器），QgridLayout（栅格布局管理器），QFormLayout（表单布局管理器）。

基本布局管理器QboxLayout类可以使子部件子在水平方向或者垂直方向排成一列，将所有的空间分成一行盒子，然后将每个部件放入一个盒子中。它有两个子类QHBoxLayout水平布局管理器和QVBoxLayout垂直布局管理器，在编程中经常用到。

栅格布局管理器QGridLayout类使得部件在网格中布局，它将所有的空间分隔成一些行和列，行和列的交叉处就形成了单元格，然后将部件放入一个确定的单元格中。

表单布局管理器QFormLayout类用来管理表格的输入部件及其相关的标签，将它的子部件分为两列，左边是一些标签，右边是一些输入部件，比如行编辑器或者数字选择框等。

* 1. QTimer类

在单片机的程序编写中，定时器中断可以说是不可或缺的一部分，它能让我们完成很多与时间相关的任务。在Qt中也同样存在着用于完成类似任务的QTimer类，QTimer类提供了定时器信号和单触发定时信号。它的使用也非常简单，首先创建一个QTimer对象，再使用connect()函数来使它的timeout()信号链接到适当的槽函数，最后用start()函数开始这个定时器即可。这样，每当设置好的定时时间走完，定时器对象都会发出一个timeout()信号，之后再执行绑定好的槽函数，并重新开始新的定时。

实例：

QTimer \*timer = new QTimer(this);

connect(timer, SIGNAL(timeout()), this, SLOT(update()));

timer->start(1000);

* 1. Qt第三方库之QCustomPlot

Qt本身已经拥有十分强大的功能，但由于各个行业需求的不同，将所有功能都直接添加到Qt软件中去是十分不明智的选择，因为对于某个行业的开发者来说，其他行业需要的功能可能他几乎用不到。所以，Qt通过第三方库的概念，允许各个行业的开发者在Qt软件中添加各种自己需要的个性化库。

QCustomPlot即是Qt的一个常用的第三方库，它主要是用于绘制图表使得数据可视化，能够制作出漂亮的2D图，像曲线图，柱状图，饼状图等。它的存在让实时可视化应用程序有了高性能的服务，并且，我们还可以将QCustomPlot获得的坐标图以PDF或者是位图（如PNG，JPG，BMP）的方式保存下来，以方便再一次用作数据分析。

对于第三方库QCustomPlot的使用，首先得在工程项目中添加qcustomplot.h，qcustomplot.cpp两个文件，其次要在工程的.pro文件中加入QT += widgets printsupport语句，最后便可以将.ui文件中的Qwidget对象提升为QcustomPlot对象，在程序中便可对这个对象进行相应的操作。（上述流程如图x所示）

* 1. 串口通信

串口通信在Qt4.x版本需要通过添加第三方库的形式才能使用，而Qt5.x版本则直接为软件添加了这项功能，可见串口通信确实是比较常用的通信方式。

Qt5.x自带了QSerialPort类用于串口通信，使用时需要在工程的.pro文件中添加一行代码QT += widgets printsupport，然后直接引用头文件<QtSerialPort/QSerialPort>和<QtSerialPort/QserialPort>。其中前者是提供访问串口的功能，后者是提供系统中存在的串口信息。接下来就是创建一个QSerialPort的对象，对串口的名称、波特率、数据位、校验位、停止位等参数进行设置，然后才进行串口读写操作。（上述流程如图x所示）

* 1. 鼠标相对坐标显示

鼠标相对坐标显示功能就是将鼠标所在的相对于QCustomPlot对象坐标轴的坐标位置显示出来（如图x），这个功能的实现可以分为三个步骤。

步骤一，绑定mouseMove(QMouseEvent\*)信号与自定义的槽函数，在槽函数中调用QMouseEvent类的成员函数pos().x()和pos().y()以获得全局坐标。

步骤二，用pixelToCoord() 函数将全局坐标转化为对于QCustomPlot对象坐标轴的相对坐标。

步骤三，对数据做一定的处理（如格式，保留位数），然后打印在界面上。

代码实现如下

1. 调试与分析
   1. 下位机调试之J-Link

/\*此处省略一些字\*/

* 1. 上位机调试之QDebug

/\*此处省略一些字\*/

* 1. 结果分析

/\*此处省略一些字\*/

* 1. 误差分析

/\*此处省略一些字\*/

1. 总结与展望
   1. 总结

/\*此处省略一些字\*/

* 1. 展望

/\*此处省略一些字\*/

谢 辞

/\*此处省略一些字\*/

参考文献