

An Improved Method of Intelligent Analytical Instrument Design

Ling LI, Qianrang GONG, Changyuan QI

Northwestern University, School of Information Science and Technology, Xi'an, China

Email: liling207@163.com

Abstract: For our research on the intelligent analysis instrument's shortcomings, this paper presents a new design method, and gives details of its realization. Because it is from the actual result of the project, this design method has very good scalability and practical value.

Keywords: RS232/485; I²C; Communication

智能分析仪器设计方法的一种改进

李 玲, 弓千让, 齐长远

西北大学信息科学与技术学院, 西安, 中国, 710127

Email: liling207@163.com

摘 要: 针对我国对智能分析仪器的研究的不足之处, 本文提出一种新的设计方法, 并给出其具体实现的要点。因源于实际的项目, 本设计具有很好的扩展性和实用价值。

关键词: RS232/485; I²C; 通信

1 问题的引出及方案设计

近年来, 我国对智能分析仪器的研究, 在生产和科研方面都取得了不少成绩, 并积累了许多宝贵的经验。但是, 通过查阅大量的国内外资料和相关文献发现, 主要存在以下两大问题:

1) 目前, 最新的智能分析仪器内部一般都是用一个微处理器来控制, 用多个微处理来控制的几乎没有。

2) 目前, 国内做智能分析仪器的厂家并不是很多, 能够实现智能分析仪器间的通信功能更是很少。

针对上述存在的问题, 本文提出一种设计方法: 在智能分析仪器内部用多个微处理器来控制各个子模块, 并用 I²C (Inter-Integrated Circuit) 总线实现各个子模块的本地通信; 在智能分析仪器之间或者在智能分析仪器和 PC 机之间用 RS232/485 总线来实现远程通信。其整体方案设计如下:

2. 用 RS232/485 总线来实现远程通信

2.1 PC 机与单片机之间的电平转换^[1]

PC 机和各仪器 (MCU) 及各仪器之间通过 RS232/485 总线来实现通信。由于 RS232 属于单端信号传输, 存在共地噪声, 不能抑制共模干扰, 因此,

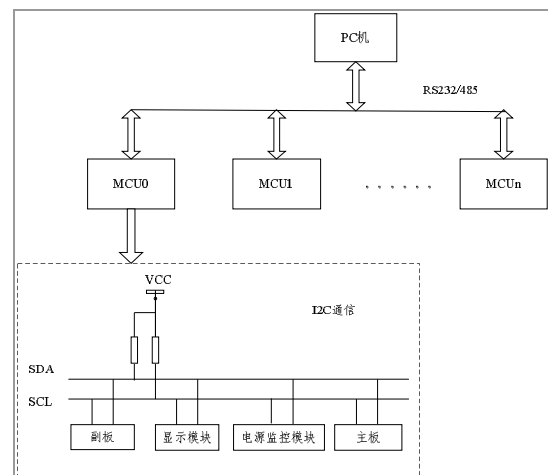


Figure 1. Overall design

图 1. 整体方案设计

说明: 图中的 MCU0-MCUn (Micro Control Unit) 表示各个智能分析仪器, 仪器之间或是仪器跟 PC 机之间通过 RS232/485 总线实现通信; 每个智能分析仪器内部有四个模块, 它们分别用各个单片机控制, 它们之间通过 I²C 总线实现通信。

一般用于 20m 以内的通信。在实际应用中, 我们可能要求的通信距离不止这么长, 这样就要用到 RS485 总线了。RS485 标准采用平衡驱动器和差分接收器组合, 增强了抗共模干扰能力, 即抗噪声干扰性好。另外

RS485 接口在总线上是允许连接多个收发器,即具有多站能力,用户可以建立设备通信网络,并且设计简单、价格低廉、控制方便。在本设计中,我们采用现在市场上的 RS232/485 转换器,和 MAX485 芯片来实现 PC 机和单片机之间的通信。MAX485 接口芯片是 Maxim 公司的一种 RS485 芯片,由单+5V 电源供电,额定电流为 300 μ A,采用半双工通信方式,实现 TTL(Transistor-Transistor Logic)电平到 RS485 电平的转换。如下图 2 所示。

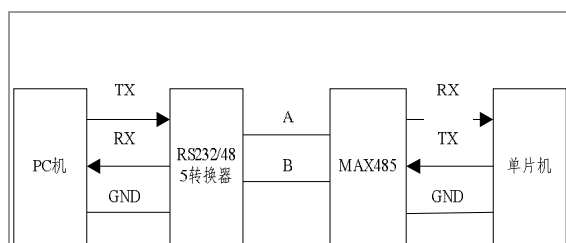


Figure 2. PC and Single-chip serial connection diagram

图 2. PC 机与单片机串行连接图

2.2 RS485 网络总线结构

RS485 通讯采用的是差分信号负逻辑控制模式,即 2~6V 表示“0”, -6~-2V 表示“1”。RS485 通讯有两线制和四线制两种接线方式。四线制只能实现点对点的通信方式,现已很少采用。两线制接线方式是目目前采用较多的为总线式拓扑结构,在同一总线上最多可挂接 32 个节点。RS485 通讯网络中,一般采用的是主从通信方式,即一个主机带多个从机^[2]。如图 3 所示。

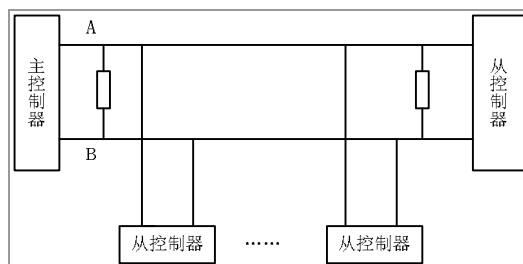


Figure 3. Bus topology

图 3. 总线拓扑图

为了提高通信的可靠性,在设计中采用以下原则:

1) 采用一条双绞线电缆作总线,将各个节点串接起来,从总线到每个节点的引出线长度应尽量短,以便使引出线中的反射信号对总线信号的影响最低。

2) 应注意总线特性阻抗的连续性,在阻抗不连续点就会发生信号的反射。

3) 在 RS485 组网中另一个需要注意的问题是终端负载电阻问题,在设备少、距离短的情况下,不加终端负载电阻整个网络能很好的工作,但随着距离的增加性能将降低。

2.3 通信协议的设计

RS485 协议标准只是对接口的电气特性做出了标准化规定,而不涉及具体的接插部件、传输线或通信协议,所以需要建立自己的通信协议^[3]。

本设计的串行通信协议定义了串行通信协议中传输的信息内容及使用格式。使用格式包括:主机轮询格式和主机的编码方法。内容包括:要求动作的功能代码,传输数据和错误检验等。从机的响应也是采用相同的结构,内容包括:动作确认,返回数据和错误检验等。如果从机在接收信息时发生错误,或不能完成主机要求动作,将组织一个故障信息作为响应反馈给主机。

2.3.1 传输方式

采用异步串行,半双工传输方式。在同一时刻只能有一个主机或从机发送数据,一个从机或主机接收数据。数据在串行异步通信过程中,以报文的形式,以帧为单位发送。

2.3.2 地址分配

单主站多机系统,最多 32 个站,其中 1 个站为主机、32 个站为从机。从机地址的设定范围为 0~31, 32 为广播通信地址。网络中的从机地址必须是唯一的。

2.3.3 数据结构

1 位起始位、8 位数据位、1 位停止位、偶校验。

2.3.4 波特率

波特率 9600bps。

2.3.5 信号帧分类

在数据通信时所使用的信号帧可分以下几类:

- 1) 命令帧:当主机读数据时主机向从机发送的命令信号;
- 2) 数据帧:当主机读数据时从机向主机发送的内存数据信息的信号;
- 3) 确认帧:当主机写数据时从机向主机报告数据已正确接收的信号;
- 4) 复位帧:当传输过程中,超时后发送复位帧,从新发送;

5) 结束帧: 当从机发送数据完成后, 发送数据传送结束帧。

2.3.6 通信方式

每个从机拥有自己固定的地址, 由主机控制完成网上的每一次通信。开始时所有从机复位, 即处于监听状态, 等待主机的呼叫。当主机向网上发出某一从机的地址时, 所有从机接收到该地址并与自己的地址相比较。如果相符, 说明主机在呼叫自己, 应发回确认帧, 表示准备好开始接收后面的命令和数据; 否则不予理睬, 继续监听呼叫地址。主机收到从机的应答后, 则开始一次通信。通信完毕, 从机继续处于监听状态, 等待呼叫。主机流程图如图 4, 从机流程如图 5。

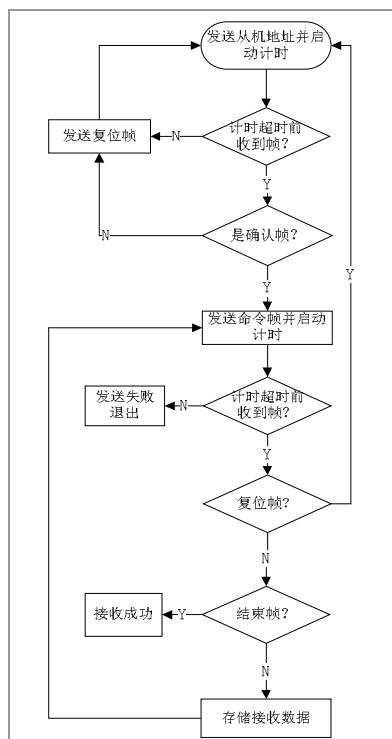


Figure 4. Flow chart of the host
图 4. 主机程序流程图

3. 用 I²C 总线实现本地通信

在仪器内部, 用 I²C 总线来实现多个单片机之间的通信。I²C 总线与 RS232/485 总线结构最主要的区别在于: I²C 主要用于系统内部, 而 RS232/485 多用于外部设备的连接; I²C 从技术上说属于同步串行总线, RS232/485 属于异步串行总线; I²C 总线上不需要专门的收发设备, 所以简单, 而 RS232/485 需要专门的电平转换器件。

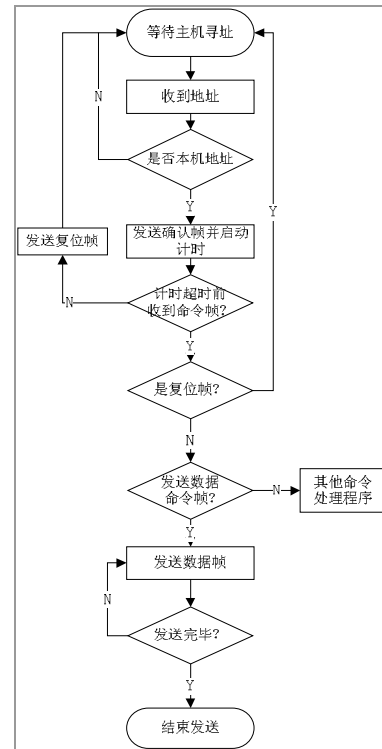


Figure 5. Flow chart of a slave
图 5. 从机程序流程图

3.1 I²C 总线的特点^[4]

I²C 是一种二线制串行总线接口, 工作在主/从模式。二线通信信号分别为开漏 SCL 和 SDA 串行时钟和串行数据。主器件为时钟源。数据传输是双向的, 其方向取决于读/写位的状态。每个从器件拥有一个唯一的 7 或 10 位地址。主器件通过一个起始位发起一次传输, 通过一个停止位终止一次传输。起始位之后为唯一的从器件地址, 再后为读/写位。I²C 允许多个主器件工作在同一总线上。多个主器件可以轻松同步其时钟, 因此所有主器件均采用同一时钟进行传输。多个主器件可以通过数据仲裁检测哪一个主器件正在使用总线, 从而避免数据破坏。由于 I²C 总线只有两条导线, 因此, 从器件只需接入总线即可, 而无需附加逻辑。仪器内部各个模块之间的关系如图 1 中虚线框内所示。图中采用 3.3V 电压, 上拉电阻用 10K。

3.2 单片机型号的选择

本设计中, 我们采用新华龙公司的 C8051F 系列单片机^[5]。C8051F 系列单片机既弥补了 80C51 系列的不足, 又与 MCS-51 指令集兼容。C8051F 系列单片机是完全集成的混合信号系统级芯片, 具有与 8051 指令

集完全兼容的 CIP-51 内核。它在单片机内集成了构成一个单片机数据采集或控制系统所需要的几乎所有模拟和数字外设及其它功能部件。这些外设或功能部件包括：ADC(Analog to Digital Converter)、可编程增益放大器、DAC(Digital to Analog Converter)、电压比较器、电压基准、温度传感器、SMBus/I²C(System Management Bus/ Inter — Integrated Circuit)、UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)、SPI(Serial Peripheral Interface)、定时器、可编程计数器 / 定时器阵列(Programmable Counter Array, PCA)、内部振荡器、看门狗定时器及电源监视器等。这些外设部件的高集成度为设计小体积、低功耗、高可靠性、高性能的单片机应用系统提供了很大的方便，同时也可以使整体系统的成本大大降低。

3.3 通信协议的设计

3.3.1 传输方式

数据速率为 50 kbps，单字节传输。

3.3.2 帧格式

1) 通讯帧

帧头	长度域	协议域	数据域	校验域
----	-----	-----	-----	-----

下行数据包的帧头为 0，上行数据包的帧头为 1；
长度域 (Len) 3 bits；
协议域 (Code) 4 bits，协议代码 (16 种协议)；
校验域 (Cs) 8 bits；

注：当长度域 (Len) 为 000 时，协议域为 0000，数据域和校验域被忽略；

2) 下发的命令格式

0	Len	Code	Data	Cs
---	-----	------	------	----

其中，

Len：本数据包长度，从数据域字节起（含）至 Cs 字节止。

Code：协议代码；

Cs：单字节，包括和校验、小数点位置和放大倍数等信息。

3) 确定应答帧

接收端正确收到命令帧、且无返回数据时返回确定应答帧。

4) 不必作出应答

接收端接收数据包检验错误、或命令包的长度域为零时，接收方不必作出应答。

3.3.3 数据格式

传送 6 位有效数字，数据传输格式：（4 个字节）

定义	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
	有效数字第 1 位				有效数字第 2 位				有效数字第 3 位				有效数字第 4 位			
格式	X(BCD 格式)				X(BCD 格式)				X(BCD 格式)				X(BCD 格式)			
	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
	有效数字第 5 位				有效数字第 6 位				放 大 倍 数	小 数 点 位				和 校 验 位		

Figure 6. Data format
图 6. 数据格式

3.3.4 通信方式

各模块在初始化结束后打开 I²C 通道，主模块给各从模块发送 00H，从模块收到后给主模块发送 80H，主模块收到后，即表示初始化完成；否则 I²C 通讯初始化不成功。

3.4 实验过程及结果

本设计中我们采用了 C8051F350，C8051F340，C8051F320^[6]分别作为副板，显示模块和电源监控模块控制的单片机。因本系统的四个模块可以有两种组合方式，主要为主板模块+副板模块（精简型）+电源监控模块+显示模块的全系统方式和副板模块（普通型）+电源监控模块+显示模块的单系统方式。即副板即可作为主控制板也可作为输入信号的调理板。所以我们先不考虑有主板的情况。

在本设计中，我们采用一主多从的方式^[7]，C8051F350 始终工作在主方式下，C8051F340，C8051F320 始终工作在从方式下。采用中断处理程序完成所有的通信过程，用两个数组来存放发送和接收的数据 SMB_DATA_OUT[]、SMB_DATA_IN[]，根据 I²C 总线的规范结合 C8051F 系列单片机特点编写程序。

各个单片机的 P0.0 和 P0.1 引脚分别相连，表示时钟线和数据线。要注意三块板子之间需共地。在 Keil C51 环境中结合 Silicon Labs 公司提供的驱动程序及开发资料，进行调试。连接实物图如下。

调试时，点击右键将发送、接收缓冲区 SMB_DATA_OUT[]、SMB_DATA_IN[]添加到观察窗口，在主程序延迟 1 毫秒处设置断点后开始运行程序。

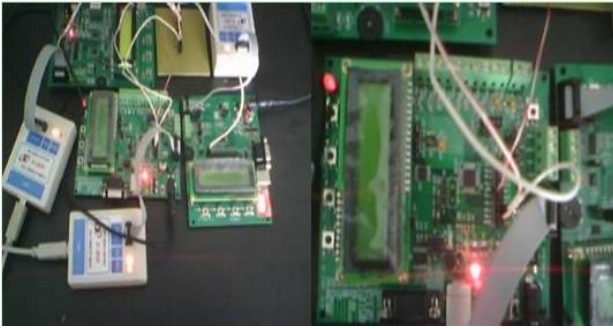


Figure 7. Connecting the physical map
图 7. 连接实物图

当运行到断点时打开观察窗口查看内存，可看到发送、接收缓冲区中的数据变化情况。在测试程序中 C8051F350 将发送缓冲区赋值为 0x10-0x1F，则 C8051F320、C8051F340 接收到数据应和 C8051F350 发出的数据一致。在测试时有时因各种情况，接收的数据与发送的数据有时不完全相同，这时就需使用差错检测机制确保通信数据正确无误。可在数据包添加冗余数据，利用 CRC(Cyclic Redundancy Check)校验检测错误，使用类似网络协议中的出错重发机制纠错。观察结果如下图所示。

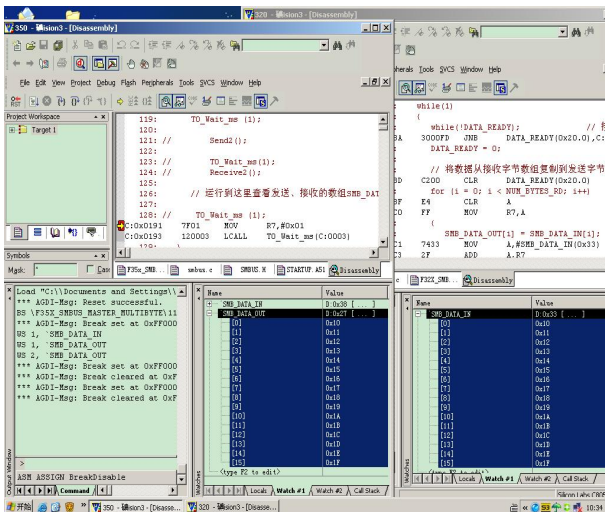


Figure 8. The data in the SMB_DATA_OUT[] and the SMB_DATA_IN[] when the program runs to the breakpoint

图 8. 运行至断点时发送缓冲区 SMB_DATA_OUT[]和接收缓冲区 SMB_DATA_IN[]中的数据

4. 总结

本文是在实际项目的基础上完成的，已经成功应用于气体分析仪器的设计，经过实际的检测发现，本文给出的这个方案设计具有很好的稳定性和扩展性，可以根据不同的要求应用于不同的工业监测系统中，而且满足了很多实际设计需要，具有一定的实用价值。

致谢

在此衷心感谢我的指导老师和做实验时实验室同学给予的帮助。

References (参考文献)

- [1] Wu-bing Tang, Ji-ping Xiu. A new type of multi-interface smart RS485/RS232 Converter [J]. Automation technology and applications. 2007, 26 No. 1: 118-121.
唐武兵，修吉平. 一种新型 RS485/RS232 多路接口智能转换器的设计[J]. 自动化技术与应用. 2007 年第 26 卷第 1 期: 118-121.
- [2] Zhong-yi Deng. RS-485 bus in the multi-node application of long-distance communication systems [J]. Instrumentation technology. In 2005, No. 3: 31-32.
邓重一. RS-485 总线在多节点远距离通信系统中的应用[J]. 仪表技术. 2005 年第 3 期: 31-32.
- [3] Jin-yan Luo, Ying Lin, Liu Jiao. RS485 bus-based PC, and multi-microcontroller system serial communication [J]. Machinery and Electronics, 2006 (1): 35-36.
罗金炎，林颖，刘骄. 基于 RS485 总线的 PC 机与多单片机系统的串行通信[J]. 机械与电子, 2006(1): 35-36.
- [4] Guangzhou ZLG MCU Development Co., Ltd.. I²C-bus specification [S]. <http://www.zlgmcu.com>. Guangzhou: Guangzhou ZLG MCU Development Co., Ltd.
广州周立功单片机发展有限公司. I²C 总线规范[S]. <http://www.zlgmcu.com>. 广州: 广州周立功单片机发展有限公司.
- [5] Pei-ren Zhang, Sun Li. Based on the C-8051F series microcontrollers, Principles and Applications [M]. Beijing: Tsinghua University Press, November 2007.
张培仁，孙力. 基于 C 语言 C8051F 系列微控制器原理与应用[M]. 北京清华大学出版社, 2007 年 11 月.
- [6] New Hua long Electronics Co., Ltd. C8051F350, C8051F340, C8051F320[S]. <http://www.xhl.com.cn>.
新华龙电子有限公司. C8051F350, C8051F340, C8051F320[S]. <http://www.xhl.com.cn>.
- [7] Hong-wen Tang, Shao-ping Chen. I²C bus in the multi-machine communication applications [J]. Communications and television, 2004, 12 (1): 51-53.
唐红文，陈少平. I²C 总线在多台通信中的应用[J]. 通讯与电视, 2004, 12(1): 51-53.