

# 基于智能数据采集器的研究与实现

王建中, 黄立军

(重庆青年职业技术学院 信息工程系, 重庆 400712)

**摘要:** 针对目前各行业数字化、智能化产品应用日趋广泛, 数据的获取、传输、分析、应用尤为重要, 如何避免采集设备接口单一、功能固定、实用性差等缺点, 提出采用 ARM 嵌入式工控模块 M9080—N20 为基础, 采用 VK3266 串口芯片扩展 UART 串行接口, 提出基于 73K222AU 调制解调器、HR219307 变压器实现采集器二线模拟通信, 并支持以太网、CAN 总线和 UART 串行通信, 可以有效解决数据远程采集、传输和控制, 适用于特殊环境设备故障检测、诊断和抢修; 实验结果证明, 智能数据采集器不仅具有多种型号设备故障诊断功能; 还能实现野外快速通信组网, 不同类型设备数据远程采集、传输、分析和控制功能, 在军民融合产品上具有广阔的应用前景和实用价值。

**关键词:** 数据采集器; M9080—N20; VK3266; 73K222AU; 模拟通信

## Research and Implementation of Intelligent Data Collector

Wang Jianzhong, Huang Lijun

(Information Engineering Department, Chongqing Youth Vocational & Technical College, Chongqing 400712, China)

**Abstract:** At present, the industry of digital and intelligent products is used more and more widely, data acquisition, transmission, analysis and application is particularly important, how to avoid the disadvantages of acquisition equipment interface to a single, fixed function, poor practicability, using ARM embedded computer module M9080—N20 as the foundation, using the VK3266 chip UART serial interface, the analog communication based on 73K222AU modem and HR219307 transformer is introduced, the transformer collector can realize analog communication based on second tier, and supports Ethernet, CAN bus and UART serial communication, can effectively solve the remote data acquisition, data transmission and control, is suitable for the special environment of equipment fault detection, diagnosis and repair. The experimental results show that the intelligent data acquisition system not only has the fault diagnosis device can realize various functions; rapid field communication network, the data of different types of equipment remote collection, transmission, analysis and control functions, and has wide application prospect and practical value in the integration of military and civilian products.

**Keywords:** data collector; M9080—N20; VK3266; 73K222AU; analog communication

### 0 引言

数据采集器是一种依赖于外部软硬件接口, 实现对现场数据实时采集、处理、分析的自动化设备, 能够有效保证对现场信息的及时获取、诊断、决策提供有力参考。目前, 对外部数据的获取基本采用以太网、CAN 总线、UART 串行接口<sup>[1]</sup>、3G/4G 移动通信等传统方式, 但受限于公共网络基础建设成本高、通信距离未全覆盖、保密性差等条件制约<sup>[2]</sup>, 野外设备检测、抢修困难, 因此, 研究能满足设备数据快速获取、检测、故障分析的数据采集器非常重要。

### 1 系统总体设计方案

智能数据采集器硬件包括数据接收处理单元、模拟信号处理通信单元。数据接收处理单元采用 ARM 工控模块 M9080—N20, 该模块基于 LPC2290 工业级微控制器, 集成 2 路 CAN 控制器, 支持 10M 以太网, 2 路 UART 串行通信接口<sup>[3]</sup>; 通过 VK3266 芯片扩展 8 个串行接口 (6 个 RS-232, 1 个 TTL, 1 个 RS-485)。模拟信号处理通信单元采用 73K222AU 调制

解调器、HR219307 变压器与单片机 AT89S52 的接口电路设计, 支持二线模拟通信。

智能数据采集器软件采用模块化设计, 包括 ARM 板数据接收处理程序、模拟通信程序、上位机管理应用程序。软件以采集被检测设备数据为主, 具备数据转发、常用故障诊断, 用户二次开发和软件模块集成功能, 封装了奇偶校验、循环冗余码校验 CRC 等常用通信校验算法, 方便用户根据被采集设备实现人机交互, 数据交换如图 1 所示。

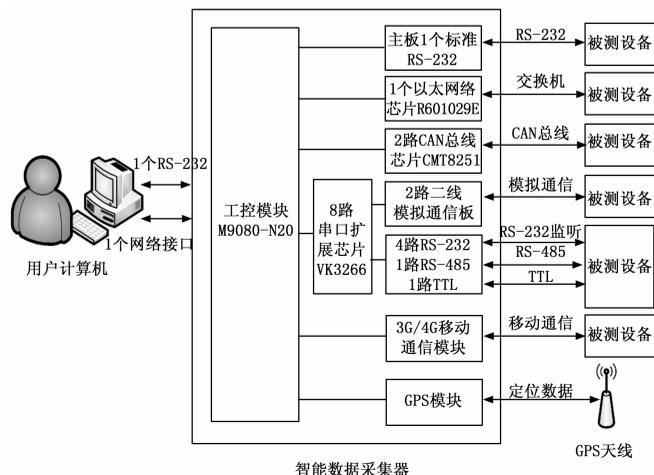


图 1 智能数据采集器系统结构图

收稿日期: 2017-04-20; 修回日期: 2017-05-14。

基金项目: 重庆市科委基础科学与前沿技术研究

(cstc2016jcyjA0138); 重庆市教委科学技术研究项目 (KJ1603902); 重庆青年职业技术学院基础研究 (CQY2015Z001, CQY2015Y014)。

作者简介: 王建中 (1979-), 男, 四川蓬安人, 双硕士, 副教授, 高级工程师, 主要从事计算机信息技术、惯性导航方向的研究。

## 2 系统详细设计

### 2.1 数据处理单元 CPU 选择设计

数据处理单元选择 M9020-N2 嵌入式工控模块，该模块基于 LPC2290 工业级微控制器，具有丰富的外部接口，能支撑以太网、CAN 总线、UART 串行接口、A/D 转换器等，满足程序在线装载和快速定点运算，核心处理 CPU 如图 2 所示。

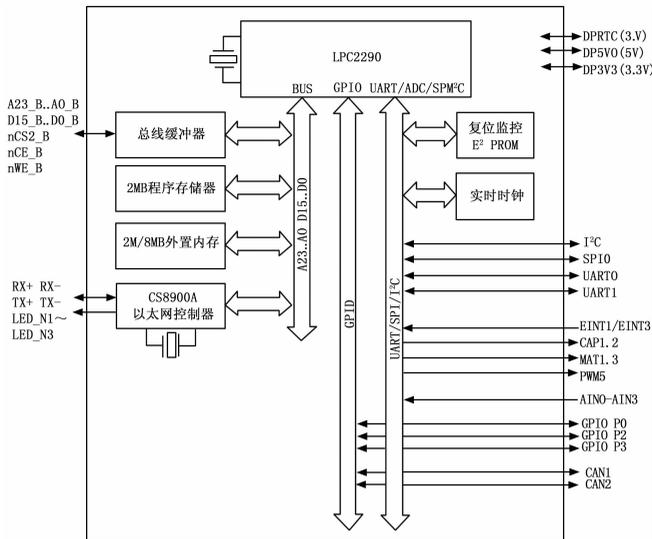


图 2 M9020-N20/M9080-N20 嵌入式工控模块

### 2.2 串行接口电路及数据采集方法

M9080-N20 工控模块内置 2 个 UART 接口，如果数据输出采用 RS-232、RS-485 串行标准标准，需要设计电平转换，常用 SP2322E、MAX485 电压转换芯片，采用图 3 的方法，保证工作稳定和降低噪声，外接 0.1 μF 滤波电容。

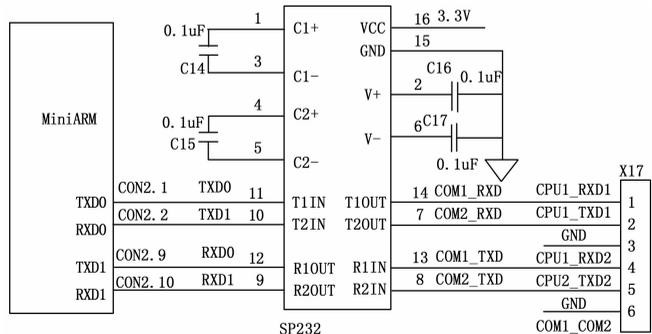


图 3 UART 串行接口电路设计图

UART 串行接口电气连接采用 IEEE 或 ISO 标准，即采用 DB9 的连接方式，其中接收数据 RXD 引脚 2、接收数据 TXD 引脚 3，信号地线 GND 引脚 5<sup>[4]</sup>。为了获取被检测设备数据，硬件线路连接采用如图 4 所示，获取被检测设备的数据只连接两个引脚，被检测设备的引脚 3 (TXD) 接采集器串行接口引脚 2 (RXD)；两个信号地线 GND 直接相连，可以实现对被检测设备数据发出的数据或控制设备接收的数据。同理，获取控制设备的引脚 3 (TXD) 接采集器串行接口引脚 2 (RXD)；两个信号地线 GND 直接相连，可以实现对控制设备数据发出的数据或被检测设备接收的数据。

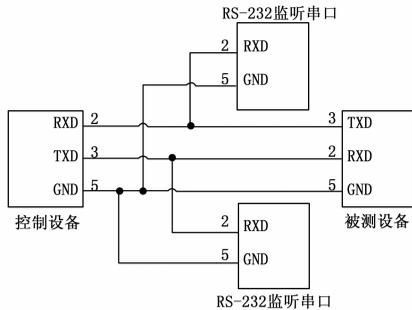


图 4 RS-232 串行诊断监听原理图

### 2.3 网络接口电路及数据采集方法

网络电路设计采用 M9080-N20 工控模块内部的网络控制器 CS8900A，该模块为了保证内外网络通信可靠，外接网络需设计隔离变压器 HR601629E 芯片和匹配电阻、滤波电容、高压电容，详见图 5。智能数据采集器与被检测设备和数据控制设备通过交换机电物理连接，获取两个设备数据时，如果获取设备未设置 IP 广播，采集器 IP 地址与获取设备需一段段同一地址，并且具备通信前的数据初始化功能，否则不能实现数据采集。

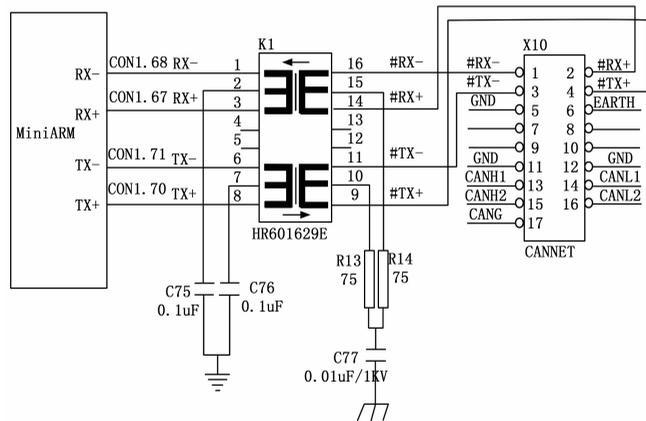


图 5 工控模块以太网接口电路

### 2.4 CAN 总线接口电路及数据采集方法

CAN 总线采用工控模块集成的 CAN1 口和软件配置实现的 CAN2 口，外接 CTM8251D 芯片，实现 2 路 CAN 总线数据收发。该芯片提供带隔离的高速 2 路 CAN 总线收发模块，确保 CAN 总线正常工作，且能在恶劣环境中抗干扰，接线关系如图 6 所示，数据采集器 CAN 总线与被采集设备连接非常简单，直接将 CAN 总线的两根数据线 (CANH、CANL) 分别与与被采集设备的 CAN 总线 (CANH、CANL) 连接。同时，

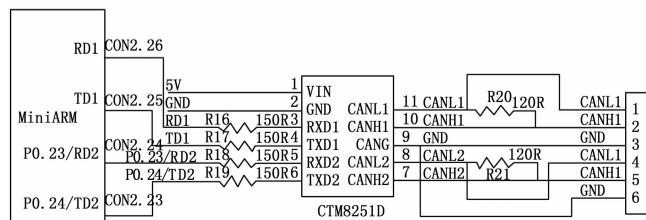


图 6 2 路 CAN 总线接口电路

CAN 总线的参数设置要与被检测的设备一致, 设备初始化参数 CAN 地址、波特率、工作模式、滤波器等设置, 还要具备初始化设备的启动命令和建立通信连接。

### 2.5 扩展串行接口电路设计及设置

智能数据采集器设计有多种串行接口, 方便对常用串行接口的数据获取。共设计 10 个 UART 接口, 其中 M9080-N20 工控模块内部集成 2 个串行接口, 2 片 VK3266 芯片扩展 8 个串行接口 (6 个 RS-232、1 个 TTL、1 个 RS-485), 硬件电路设计如图 7 所示。

VK3266 采用 8 位并行总线模式, 通过 A0 实现数据/控制选择, 数据收发根据每次往并行口写高位控制字节 CMD 的值来区分读写数据, 控制字节第 6 位读写位, 高电平时为写寄存器, 低电平时为读寄存器; 第 5、4 位为子串口通道号, 通过 C1、C0 的值分别对应子串口 1~4; 第 3、2、1、0 位为子串口寄存器地址, 即 A3、A2、A1、A0 串口寄存器地址组合。并行 8 位传输协议写寄存器如表 1 所示, 读寄存器如表 2 所示。

表 1 并行 8 位总线传输协议写寄存器

分类	控制字节 CMD(A0=0)								1 个数据字节 DB(下行)(A0=1)							
bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
设置	0	1	C1	C0	A3	A2	A1	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

表 2 并行 8 位总线传输协议读寄存器

分类	控制字节 CMD(A0=0)								1 个数据字节 DB(下行)(A0=1)							
bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
设置	0	0	C1	C0	A3	A2	A1	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

### 2.6 模拟信号处理电路设计及应用

模拟信号处理 CPU 采用 AT89S52 芯片, 该芯片具有低功耗、高性能, 兼容 80C51 指令和引脚, 具有支撑在线编程 (ISP) 或传统方法编程, 适用于多个领域<sup>[9]</sup>。模拟通信采用 MODEM 芯片 73K222AU, 变压器 HR219307。73K222AU 是 TDK 公司生产的紧凑、高性能 MODEM 芯片, 目前有 40 引脚 DIP 和 44 引脚 PLCC 两种封装, 支持 Bell 212A/103、CCITT V.22/V.21、Bell 212A 和 V.22、Bell 103 和 V.21 标准协议, 具有调制解调器的功能, 支持语音拨号和应答等功能, 数据传输协议可根据检测需要由上位机发送端口初始化命令, 有 1 个 UART

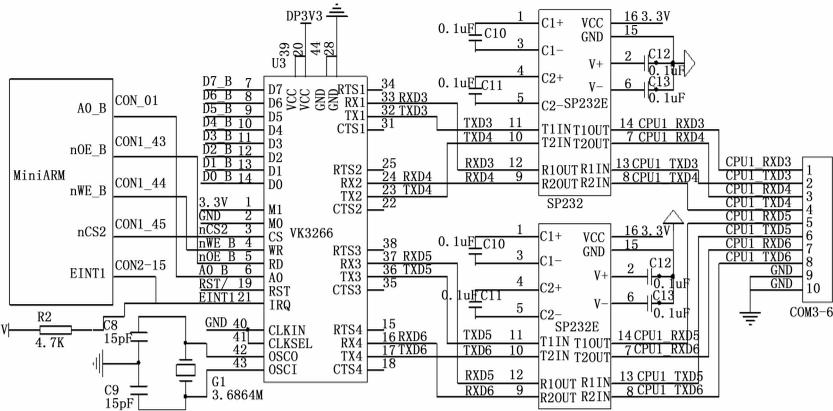


图 7 扩展串行接口电路设计

控制包括接收缓冲 RBR、发送缓冲 THR、中断使能 IER、中断控制 IIR、线路控制 LCR、MODEM 控制 MCR、线路状态 LSR、MODEM 状态 MSR、MODEM 发音 SCRL、分压锁存器低位 DLL、分压锁存器高位 DLM 等 12 个寄存器, 通过寄存器设置模拟通信传输协议、主叫和被叫方式, 保证通信线路全双工作模式。另外, 还有 MODEM 控制包括控制 CR0、控制 CR1、检测 DR、语音 TONE、控制 CR2、控制 CR3、发音 CR2、异步接收 UCR 等 8 个寄存器<sup>[8]</sup>。电路设计如图 8 所示。

## 3 软件设计思路与实现

### 3.1 软件模块构架

智能数据采集器软件根据硬件电路和应用范围分为上位机应用软件、数据接收处理软件、模拟信号处理软件。为了方便用户使用, 采集器串口 COM1 采用固定通信协议, 其中波特率设置 115 200 bit/s、8 位数据位、1 位停止位; 其它接口均可通过上位机应用软件设置通信协议各项参数。

上位机软件集成各采集端口完整通信协议和常用算法, 常

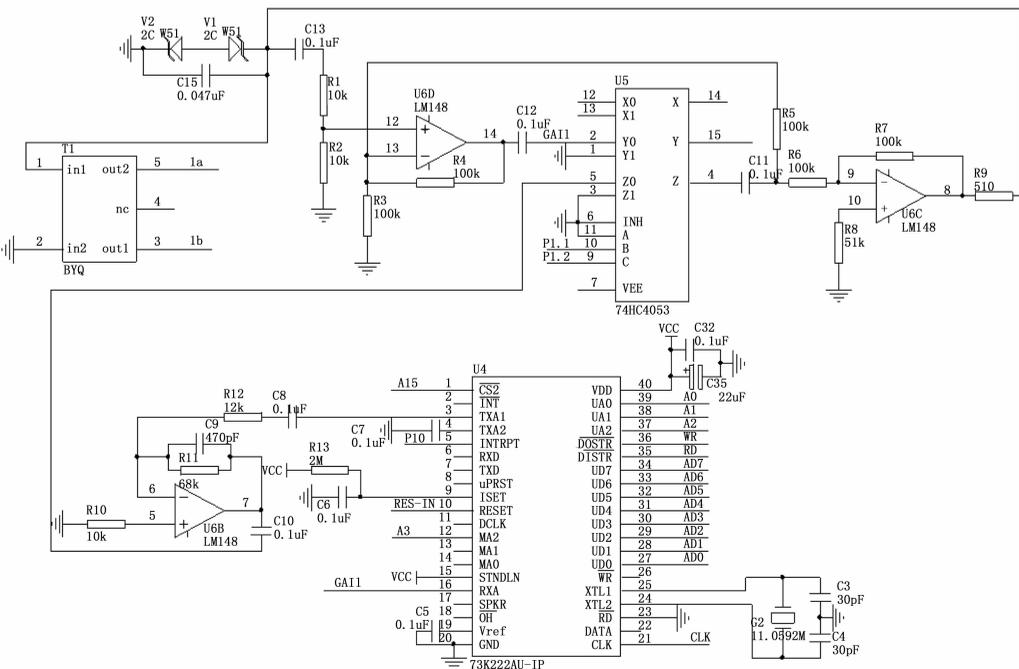


图 8 模拟信号处理电路

用报文组装手段及自定义格式，方便采集器适应多种设备，能够实现数据转发、存储、诊断和故障分析功能。上位机软件采用 Microsoft Visual C++ 6.0 或 JSP 两种软件开发，适应 C/S 和 B/S 两种模式；数据库管理平台采用 Microsoft SQL Server 2008，数据采集拓扑结构如图 9 所示，通信端口初始化界面如图 10 所示。

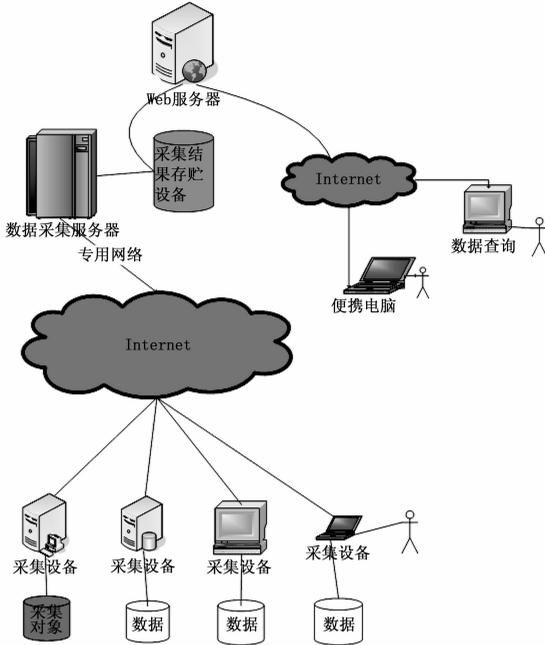


图 9 数据采集拓扑结构图

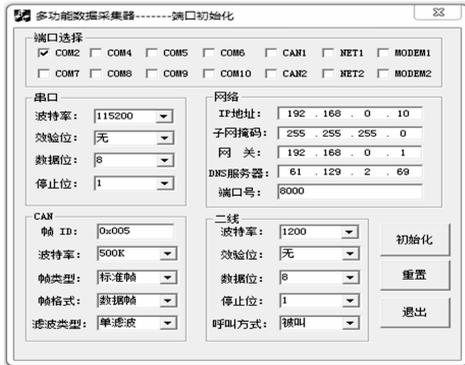


图 10 端口初始化控制界面

数据接收处理软件主要完成 M9080—N20 工控模块及扩展接口的初始化和数据转发，包括 1 个 UART 串口 RS-232 和 VK3266 扩展串口，以及以太网、CAN 总线、模拟通信板等数据交互，从而实现端口初始化、数据采集和转发功能，采集数据由上位机接收、处理和保存。数据接收处理软件采用 ARM 公司推出的集成开发工具 ADS 1.2。

模拟信号处理软件主要实现 2 路模拟通道数据采集，处理器采用 2 块独立的 AT89S52 主控 CPU，控制 MODEM 芯片 73K222AU，实现模拟信号远距离采集和传输，软件采用 keil c51 中文版 v9.0.0 开发，二线模拟数据采集波形如图 11 所示，数据传输过程出现连续规律震荡波形。

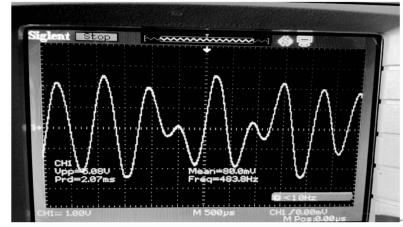


图 11 二线模拟收发数据探测波形

### 3.2 采集端口协议封装

由于采集器数据交换端口较多，需要合理规范采集协议，每个采集端口分配 1 个地址，除串行接口 COM1 之外，用户也可以自定义端口。端口地址位 1 个字节，另外配置报头 02，报尾 02，因此，每个端口初始化参数：报头、发送字节数、采集口配置参数、校验码、报尾，采集端口初始化协议格式：报头 (02) + 总字节数 (除报头、报尾) + 端口地址 + 字节数 + 端口参数配置 + …… + 端口地址 + 字节数 + 端口参数配置 + 校验码 1 + 校验码 2 + 报尾 (03)；参数设置端口可以任意选择，可以一次设置启动一个采集口或多个数据采集口。

采集器接收到上位机启动指令后，启动采集端口工作一直处于接收状态，并启动定时器 T，初始时间为 T<sub>0</sub>，循环判断时间为 T<sub>1</sub>，当 T<sub>1</sub> - T<sub>0</sub> ≥ 30 s 未采集到指定端口的数据，则记录 1 次，连续 3 次未收到数据，判定采集失败。否则，将接收数据通过 COM1 打包转发至上位机，并在上位机中显示数据，同时分类保存至数据库，ARM 板转发数据按照：报头 (02) + 端口地址 + 字节数 + 采集数据 + 报尾 (03)，如图 12 所示。

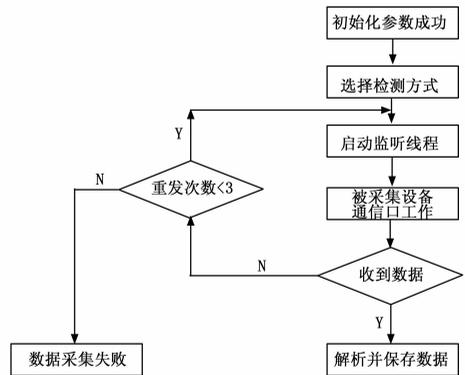


图 12 上位机数据采集流程

模拟信号处理板采集口协议由上位机设置，通过串行接口 COM1 先发送至 M9080—N20 工控模块，然后经 M9080—N20 工控模块扩展串行接口发送至模拟信号处理板。两个模拟通道初始化完成之后，COM3、COM4 一直处于接收状态；待采集到数据后，单片机 AT89S52 将接收的数据通过串口发送至 M9080—N20 工控模块，再由工控模块 COM1 发送至上位机。数据格式按照约定标准：报头 (02) + 端口地址 + 字节数 + 采集数据 + 报尾 (03)。

### 3.3 常用通信校验码

采集器要满足多种设备或端口数据获取，需要集成或扩展多种通信协议，方便用户后期再次开发或功能扩展，并集成了 3 种常用通信协议：奇偶校验码、海明校验码和循环冗余校验码 (CRC)。

### 3.3.1 奇偶校验

奇偶校验 (Parity Check) 是根据被传数据转换成一组二进制代码的数位中“1”的个数是奇数或偶数来进行校验。如果采用奇数的校验方式称为奇校验, 采用偶数的校验方式称为偶校验, 无论是采取哪一种方式, 需要在通信设备校验方式匹配。在串行通信、CAN 总线通信时, 通常专门设置一个或两个奇偶校验位, 用校验位使这组代码中“1”的个数是否为奇数还是偶数。如果采用奇校验, 判断每个端口接收数据段, 校验“1”的个数是否为奇数, 以此确定传输过程中数据的正确性<sup>[9]</sup>。

### 3.3.2 海明校验

海明校验码又称为汉明码, 由 Richard Wesley Hamming 于 1950 年正式提出, 在通信数据中应用广泛, 也是一种线性分组码, 码距为 3。它采取多位校验方式, 其中每一位校验位都对不同的信息数据进行奇偶校验, 是奇偶校验码应用的升级。

海明校验码通过将传输的数据按某种规律分成若干组, 每组设置 1 个校验位, 进行奇偶校验, 能够对多重奇偶校验检错, 指出可能性最大的出错位, 并将其纠正。如在  $m$  个数据位之外加上  $r$  个校验位, 从而形成 1 个  $m+r$  位的新的码字, 使新码字的码距比较均匀地拉大。把数据的每一个二进制位分配在几个不同的偶校验位的组合中, 当某 1 位出错后, 就会引起相关的几个校验位的值发生变化, 这不但可以发现出错, 还能指出是哪一位出错, 为进一步自动纠错提供了依据。海明码的检/纠错能力与编码集的海明距离有关: 当海明距离增加时, 检/纠错能力增强, 但所需冗余信息也增加, 从而导致编码效率下降<sup>[10]</sup>。

### 3.3.3 CRC 循环冗余码校验算法

循环冗余码校验 (cyclic redundancy check, CRC) 是一类重要的线性分组码<sup>[11]</sup>, 具有较强的误码检测能力和抗干扰能力, 在通信领域广泛应用, 其编码和解码技术简单, 计算量较小, 适用于检错和纠错。国际上常用 CRC 有以下几种多项式<sup>[12]</sup>:

$$\text{CRC}-8: G(x) = x^8 + x^5 + x^4 + 1 \quad (1)$$

$$\text{CRC}-CCITT: G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \quad (2)$$

$$\text{CRC}-16: G(x) = x^{16} + x^{15} + x^5 + 1 \quad (3)$$

$$\text{CRC}-12: G(x) = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + 1 \quad (4)$$

$$\text{CRC}-32: G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1 \quad (5)$$

CRC 校验基于线性编码理论实现通信误码检测, 发送端数据的信息编码都遵循这一编码原则。在发送端, 选定 CRC 校验规则生成传送信息码的监督码, 并附在传送信息后边, 组成新的报文打包发送; 在接收端, 接收的信息码 (去除 CRC 码) 按同样的规则重新生成 CRC 码, 新生成的 CRC 码与接收到的 CRC 进行比较, 如果相同则接收数据正确, 否则错误。CRC 码生成规则有按位计算、按字节计算、按半字节计算三种形式, 计算方法如下:

$$\frac{B(x) \cdot 2^{16}}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)} \quad (6)$$

#### 1) 按位计算 CRC

$$B(x) = B_n \cdot 2^n + B_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \dots + B_1 \cdot 2^1 + B_0 \quad (7)$$

$$\frac{B(x) \cdot 2^{16}}{G(x)} = Q_n(x) \cdot 2^n + Q_{n-1}(x) \cdot 2^{n-1} + \dots +$$

$$Q_0(x) + \frac{R_0(x)}{G(x)} \quad (8)$$

#### 2) 按字节计算 CRC

$$B(x) = B_n \cdot 2^{8n} + B_{n-1} \cdot 2^{8(n-1)} + \dots + B_1 \cdot 2^8 + B_0 \quad (9)$$

$$\frac{B(x) \cdot 2^{16}}{G(x)} = Q_n(x) \cdot 2^{8n} + Q_{n-1}(x) \cdot 2^{8(n-1)} + \dots +$$

$$Q_0(x) + \frac{R_0(x)}{G(x)} \quad (10)$$

#### 3) 按半字节计算 CRC

$$B(x) = B_n \cdot 2^{4n} + B_{n-1} \cdot 2^{4(n-1)} + \dots + B_1 \cdot 2^4 + B_0 \quad (11)$$

$$\frac{B(x) \cdot 2^{16}}{G(x)} = Q_n(x) \cdot 2^{4n} + Q_{n-1}(x) \cdot 2^{4(n-1)} + \dots + Q_0(x) +$$

$$\frac{R_0(x)}{G(x)} \quad (12)$$

## 4 结束语

本文提出了采用集成 ARM7 芯片的 M9080-N20 嵌入式工控模块和 AT89S52 单片机构成智能数据采集器 CPU, 通过 VK3266 芯片扩展串行接口, 以及 MODEM 芯片 73K222AU 调制解调器实现模拟通信, 集成 1 个以太网络接口, 2 路 CAN 总线接口, 5 路 UART 标准 RS-232、1 路 TTL、1 路 RS-485 串行接口, 2 路二线模拟信号数据接口; 灵活多样的模块化程序设计, 满足用户对数据采集口配置通信模式, 通信协议可根据设备需要自由组装, 有效解决数据采集设备接口单一、功能固定、实用性差等缺点, 便于应对以太网、CAN、串行接口、二线模拟等多种设备数据采集, 满足通信设备数据信息提取、故障诊断, 以及远距离模拟信号数据传输、野外数据组网和通信提供参考。

### 参考文献:

- [1] 胡立坤, 王庆超. 基于 UART 的可靠通信与性能分析 [J]. 计算机工程, 2006, 32 (10): 15-21.
- [2] 周 飞. 3G/4G 融合网络关键策略研究 [J]. 电信技术, 2014 (3): 18-21.
- [3] 广州致远电子有限公司. M9020-N20/M9080-N20 产品用户手册 [Z]. 2007 (9): 21.
- [4] 蒋萍花, 张 楠. 数据采集系统串口通信的设计与实现 [J]. 电子测量技术, 2015, 38 (6): 139-142.
- [5] 韩成浩, 高晓红. CAN 总线技术及其应用 [J]. 制造业自动化, 2010, 32 (2): 146-149.
- [6] 黄云峰, 冯文菲, 何 东. 基于 ARM 微处理器的串口设备测试仪 [J]. 山西电子技术, 2009, 3: 60-62.
- [7] 刘绿山, 刘建群, 李仕勇, 等. 基于 AT89S52 单片机的温度控制系统 [J]. 微计算机信息, 2007, 23 (17): 98-100.
- [8] 窦晓秋, 张立勋, 王 岚. 73K222AL 单芯片调制解调器与单片机的接口电路 [J]. 应用科技, 2003, 30 (12): 13-20.
- [9] 杨晓阔, 蔡 理, 黄宏图. 基于量子元胞自动机的奇偶校验系统分块设计 [J]. 固体电子学研究与进展, 2010, 30 (4): 487-494.
- [10] 马吉明, 程立辉, 张素智. 字节型 CRC 算法分析与实现 [J]. 微计算机信息, 2006, 22 (3): 234-236.
- [11] 陈 慧, 陈 奇. 信息校验技术及其性能比较 [J]. 电脑知识与技术, 2012, 8 (13): 3006-3008.
- [12] Campobello G, Patane G, Russo M. Parallel CRC Realization [J]. IEEE Transactions on Computers. 2003, 52 (10): 1312-1319.