

文章编号:1671-6833(2003)01-0097-04

远程监控网中快速CRC 算法设计及实现

高 丽¹, 李金莉², 张 斌³

(1. 华中师范大学计算机科学系, 湖北 武汉 430079; 2. 平原大学计算机科学系, 河南 新乡 453003; 3. 郑州大学物理工程学院, 河南 郑州 450052)

摘 要: 针对监控现场电磁干扰严重、环境恶劣、安装条件复杂、数据通讯量大以及对数据处理的实时性要求苛刻等具体情况, 根据循环冗余校验码(CRC)的基本原理, 设计了表驱动算法实现循环冗余校验. 该算法在中心处理机用 Delphi 4.0 宏汇编来实现, 在前置端机则用 MCS-51 单片机汇编语言来实现, 二者可相互移植. 由于 CRC 的表驱动算法的软件实现, 系统不需要设计另外的硬件电路, 降低了成本, 减小了设备安装尺寸, 校验速度非常快, 提高了远程监控网络的通讯速度和报文传输准确性.

关键词: 数据传输; 循环冗余校验(CRC); 表驱动算法; Delphi

中图分类号: TN 911.22

文献标识码: A

0 引言

近年来, 随着计算机应用技术和自动控制技术的快速发展, 各种无人值守的自动化装置在各行各业得到广泛应用, 例如水利部门的河流水情检测装置、通讯部门的野外供电设施等. 相应地需要把地理上分散的单个设备连接组网, 以便主控中心能够及时获取无人值守装置的各种状态参数, 保证设备运行安全. 通常无人值守装置所处环境都比较恶劣, 尤其在数据通讯过程中易受到外界电磁干扰, 因此必须采取有效的差错检测控制措施, 在不影响速度的情况下, 保证数据通讯的可靠性. 循环冗余校验码是一种简单而有效的办法, 在串行数据通讯中得到广泛的应用. 用硬件实现 CRC 速度快但成本高, 一般的软件法又满足不了系统的实时性要求. 在长期的实践中, 设计完善了一种表驱动算法实现循环冗余校验码, 并获得了理想的应用效果.

1 冗余校验(CRC)原理

计算机串口通讯中, 为防止数据通讯错误, 一般采用奇偶校验或者校验和纠错, 但在一些通讯安全要求严格的场合, 上述两种方法均不能满足要求, 需要采用循环冗余校验(CRC)系统^[1,2]. 循环冗余校验码由数据信息和BCC(块校验字符)两

部分组成. 设 n 是循环冗余校验码的总位数, k 是数据信息的位数, 则 $r = n - k$ 是BCC的位数.

循环冗余校验码可从生成多项式 $G(X)$ 和信息多项式 $M(X)$ 导出. 多项式通常用 X 的 n 次幂项表示, 如 $X^n + \dots + X^3 + X^2 + X + X^0$. 在二进制数的多项式表示中, 包含有幂次项的地方, 对应位为 1; 不包含幂次项的地方, 对应位为 0. 例如, 多项式 $X^4 + X + 1$ 所对应的二进制多项式是 10011. 一般说来, n 位二进制数可以用 $(n-1)$ 阶多项式表示. 二进制多项式的乘除法与普通代数多项式的乘除法相同, 而二进制多项式的加减法则是将对应项的系数进行模 2 加(异或)运算. 例如, 两个二进制多项式 1110001 和 1110001 相加等于 0. 按照模 2 加运算规则, 二进制多项式的减法的和加法是一样的. 信息多项式 $M(X)$ 是数据信息的二进制位串的代数表示, 而生成多项式 $G(X)$ 是与编码方法相关的二进制数多项式. 有三种 CRC 编码方法成为国际标准^[3], 即: ①CRC-12, $G(X) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1$, BCC 长度 $r = 12$ 位; ②CRC-CCITT, $G(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$, BCC 长度 $r = 16$ 位; ③CRC-16, $G(X) = X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$, BCC 长度 $r = 16$ 位. 下面是循环冗余校验码的计算过程:

(1) 信息多项式 $M(X)$ 乘以 X^r , 即把 $M(X)$ 提高 X^r 阶, 其中 r 是BCC的位数.

收稿日期: 2002-11-02; 修订日期: 2002-12-30

基金项目: 湖北省自然科学基金资助项目(2001ABB 013)

作者简介: 高 丽(1964-), 女, 湖北省老河口市人, 华中师范大学讲师, 硕士, 主要从事计算机理论教学及应用研究.

(2) 用生成多项式 $G(X)$ 去除所得的积 $X^r \cdot M(X)$, 得商多项式 $Q(X)$ 和余数多项式 $R(X)$.

(3) 把余项 $R(X)$ 与积 $X^r \cdot G(X)$ 相加, 得到编码多项式 $X^r \cdot M(X) + R(X)$.

由上可知 $X^r \cdot M(X) = Q(X) G(X) + R(X)$, 即 $X^r \cdot M(X) - R(X) = Q(X) G(X)$, 二进制多项式减与加的结果一样, 则有 $X^r \cdot M(X) + R(X) = Q(X) G(X)$.

这说明生成的编码多项式 $X^r \cdot M(X) + R(X)$ 是生成多项式 $P(X)$ 的整数倍, 能被 $P(X)$ 整除. 信息位和校验位是分离的, 附加余数多项式 $R(X)$ 不会扰乱原信息码多项式.

在数据通讯中, 发送端发送循环校验编码, 接收端收到后, 除以同一个生成多项式, 如果传输没有差错, 应能整除. 因此, 余数项等于 0, 则接收到的信息无误. 有余项, 则表示数据传输有差错.

通过长除产生 BCC 的过程如图 1 所示. 本例的生成多项式为 $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$, 运算之前先在信息数据后面补 16 位 0, 即执行 $X^r \cdot M(X)$ 操作. 最后, 将余数附加在信息数据后面, 即生成循环冗余校验码.

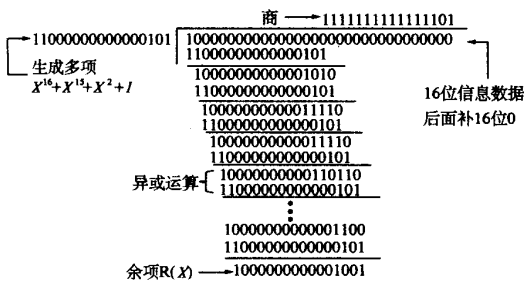


图 1 通过长除法产生 BCC 过程

Fig. 1 The program of BCC based on length division

2 循环冗余校验系统表驱动法的原理与实现

由以上介绍的 CRC 循环冗余校验原理可知, CRC 运算的主要任务是求信息数据的二进制多项式与生成多项式相除的余数. 若逐位进行长除运算, 速度太慢, 不适应数据通讯量大和实时性要求高的一些场合. 为了提高运算速度, 可采用表驱动法实现循环冗余校验码的计算^[5,9]. 现以 CRC-16 为例说明表驱动算法的实现原理与过程. 由于 CRC-16 的生成多项式为 17 位, 又因为二进制多项式除法的特殊性, 对于一个确定的字节来说, 逐位进行 8 次除法运算, 对其后的 16 个比特位所产生的影响是确定的, 可事先算出这个影响值, 也就是 8 位信息码的余数, 只需用它和后面 16 个比特

位进行一次异或运算, 就相当 8 次逐位运算, 可有效提高运算效率. 把一个字节的 256 种可能取值 (0~255) 的余数一一算出, 并按顺序放入包含 256 个入口地址的 CRC 码表中. 当对某一信息码进行 CRC 编码运算时, 以字节为单位, 用查表法实现.

2.1 建立 CRC 码表

用一个双重循环程序段, 可计算出对应单字节的 CRC 码表. 外循环从 0~255, 每次循环把要计算字节送入余数单元 (4 字节) 最低位字节中, 然后左移 8 位. 内循环次数为 8, 每次循环先将余数单元中数据左移一位, 最低位补零. 两次循环结束就算出了整个 CRC 码表. 逻辑流程如图 2 所示.

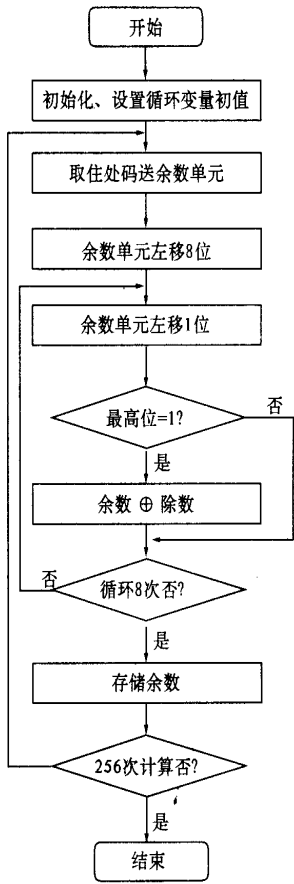


图 2 CRC 码表生成程序框图

Fig. 2 The program chart of CRC

2.2 利用表驱动法计算 CRC

设信息码 $M(X)$ 包含三个字节, 从高位到低位为 $M_1(X)$, $M_2(X)$, $M_3(X)$. 首先在 $M(X)$ 后面补两个全零字节 $M_4(X)$, $M_5(X)$, 查表得 $M_1(X)$ 的余数 $R_1(X)$, 将 $R_1(X)$ 与 $M_2(X)$ 模 2 加得 $M_2'(X)$ 和 $M_3'(X)$, 再查表得 $M_2'(X)$ 的余数 $R_2(X)$, $R_2(X)$ 与 $M_3'(X)$ 模 2 加得 $M_3''(X)$ 和 $M_4'(X)$, 查表求 $M_3''(X)$ 的余数 $R_3(X)$, 将 $R_3(X)$ 与 $M_4'(X)$ 模 2 加得 $M_4''(X)$ 和 $M_5'(X)$, 查表求 $M_4''(X)$ 的余数 $R_4(X)$, 将 $R_4(X)$ 与 $M_5'(X)$ 模 2 加得 $M_5''(X)$ 和 $M_6'(X)$, 查表求 $M_5''(X)$ 的余数 $R_5(X)$, 将 $R_5(X)$ 与 $M_6'(X)$ 模 2 加得 $M_6''(X)$ 和 $M_7'(X)$, 查表求 $M_6''(X)$ 的余数 $R_6(X)$, 将 $R_6(X)$ 与 $M_7'(X)$ 模 2 加得 $M_7''(X)$ 和 $M_8'(X)$, 查表求 $M_7''(X)$ 的余数 $R_7(X)$, 将 $R_7(X)$ 与 $M_8'(X)$ 模 2 加得 $M_8''(X)$ 和 $M_9'(X)$, 查表求 $M_8''(X)$ 的余数 $R_8(X)$, 将 $R_8(X)$ 与 $M_9'(X)$ 模 2 加得 $M_9''(X)$ 和 $M_{10}'(X)$, 查表求 $M_9''(X)$ 的余数 $R_9(X)$, 将 $R_9(X)$ 与 $M_{10}'(X)$ 模 2 加得 $M_{10}''(X)$ 和 $M_{11}'(X)$, 查表求 $M_{10}''(X)$ 的余数 $R_{10}(X)$, 将 $R_{10}(X)$ 与 $M_{11}'(X)$ 模 2 加得 $M_{11}''(X)$ 和 $M_{12}'(X)$, 查表求 $M_{11}''(X)$ 的余数 $R_{11}(X)$, 将 $R_{11}(X)$ 与 $M_{12}'(X)$ 模 2 加得 $M_{12}''(X)$ 和 $M_{13}'(X)$, 查表求 $M_{12}''(X)$ 的余数 $R_{12}(X)$, 将 $R_{12}(X)$ 与 $M_{13}'(X)$ 模 2 加得 $M_{13}''(X)$ 和 $M_{14}'(X)$, 查表求 $M_{13}''(X)$ 的余数 $R_{13}(X)$, 将 $R_{13}(X)$ 与 $M_{14}'(X)$ 模 2 加得 $M_{14}''(X)$ 和 $M_{15}'(X)$, 查表求 $M_{14}''(X)$ 的余数 $R_{14}(X)$, 将 $R_{14}(X)$ 与 $M_{15}'(X)$ 模 2 加得 $M_{15}''(X)$ 和 $M_{16}'(X)$, 查表求 $M_{15}''(X)$ 的余数 $R_{15}(X)$, 将 $R_{15}(X)$ 与 $M_{16}'(X)$ 模 2 加得 $M_{16}''(X)$ 和 $M_{17}'(X)$, 查表求 $M_{16}''(X)$ 的余数 $R_{16}(X)$, 将 $R_{16}(X)$ 与 $M_{17}'(X)$ 模 2 加得 $M_{17}''(X)$ 和 $M_{18}'(X)$, 查表求 $M_{17}''(X)$ 的余数 $R_{17}(X)$, 将 $R_{17}(X)$ 与 $M_{18}'(X)$ 模 2 加得 $M_{18}''(X)$ 和 $M_{19}'(X)$, 查表求 $M_{18}''(X)$ 的余数 $R_{18}(X)$, 将 $R_{18}(X)$ 与 $M_{19}'(X)$ 模 2 加得 $M_{19}''(X)$ 和 $M_{20}'(X)$, 查表求 $M_{19}''(X)$ 的余数 $R_{19}(X)$, 将 $R_{19}(X)$ 与 $M_{20}'(X)$ 模 2 加得 $M_{20}''(X)$ 和 $M_{21}'(X)$, 查表求 $M_{20}''(X)$ 的余数 $R_{20}(X)$, 将 $R_{20}(X)$ 与 $M_{21}'(X)$ 模 2 加得 $M_{21}''(X)$ 和 $M_{22}'(X)$, 查表求 $M_{21}''(X)$ 的余数 $R_{21}(X)$, 将 $R_{21}(X)$ 与 $M_{22}'(X)$ 模 2 加得 $M_{22}''(X)$ 和 $M_{23}'(X)$, 查表求 $M_{22}''(X)$ 的余数 $R_{22}(X)$, 将 $R_{22}(X)$ 与 $M_{23}'(X)$ 模 2 加得 $M_{23}''(X)$ 和 $M_{24}'(X)$, 查表求 $M_{23}''(X)$ 的余数 $R_{23}(X)$, 将 $R_{23}(X)$ 与 $M_{24}'(X)$ 模 2 加得 $M_{24}''(X)$ 和 $M_{25}'(X)$, 查表求 $M_{24}''(X)$ 的余数 $R_{24}(X)$, 将 $R_{24}(X)$ 与 $M_{25}'(X)$ 模 2 加得 $M_{25}''(X)$ 和 $M_{26}'(X)$, 查表求 $M_{25}''(X)$ 的余数 $R_{25}(X)$, 将 $R_{25}(X)$ 与 $M_{26}'(X)$ 模 2 加得 $M_{26}''(X)$ 和 $M_{27}'(X)$, 查表求 $M_{26}''(X)$ 的余数 $R_{26}(X)$, 将 $R_{26}(X)$ 与 $M_{27}'(X)$ 模 2 加得 $M_{27}''(X)$ 和 $M_{28}'(X)$, 查表求 $M_{27}''(X)$ 的余数 $R_{27}(X)$, 将 $R_{27}(X)$ 与 $M_{28}'(X)$ 模 2 加得 $M_{28}''(X)$ 和 $M_{29}'(X)$, 查表求 $M_{28}''(X)$ 的余数 $R_{28}(X)$, 将 $R_{28}(X)$ 与 $M_{29}'(X)$ 模 2 加得 $M_{29}''(X)$ 和 $M_{30}'(X)$, 查表求 $M_{29}''(X)$ 的余数 $R_{29}(X)$, 将 $R_{29}(X)$ 与 $M_{30}'(X)$ 模 2 加得 $M_{30}''(X)$ 和 $M_{31}'(X)$, 查表求 $M_{30}''(X)$ 的余数 $R_{30}(X)$, 将 $R_{30}(X)$ 与 $M_{31}'(X)$ 模 2 加得 $M_{31}''(X)$ 和 $M_{32}'(X)$, 查表求 $M_{31}''(X)$ 的余数 $R_{31}(X)$, 将 $R_{31}(X)$ 与 $M_{32}'(X)$ 模 2 加得 $M_{32}''(X)$ 和 $M_{33}'(X)$, 查表求 $M_{32}''(X)$ 的余数 $R_{32}(X)$, 将 $R_{32}(X)$ 与 $M_{33}'(X)$ 模 2 加得 $M_{33}''(X)$ 和 $M_{34}'(X)$, 查表求 $M_{33}''(X)$ 的余数 $R_{33}(X)$, 将 $R_{33}(X)$ 与 $M_{34}'(X)$ 模 2 加得 $M_{34}''(X)$ 和 $M_{35}'(X)$, 查表求 $M_{34}''(X)$ 的余数 $R_{34}(X)$, 将 $R_{34}(X)$ 与 $M_{35}'(X)$ 模 2 加得 $M_{35}''(X)$ 和 $M_{36}'(X)$, 查表求 $M_{35}''(X)$ 的余数 $R_{35}(X)$, 将 $R_{35}(X)$ 与 $M_{36}'(X)$ 模 2 加得 $M_{36}''(X)$ 和 $M_{37}'(X)$, 查表求 $M_{36}''(X)$ 的余数 $R_{36}(X)$, 将 $R_{36}(X)$ 与 $M_{37}'(X)$ 模 2 加得 $M_{37}''(X)$ 和 $M_{38}'(X)$, 查表求 $M_{37}''(X)$ 的余数 $R_{37}(X)$, 将 $R_{37}(X)$ 与 $M_{38}'(X)$ 模 2 加得 $M_{38}''(X)$ 和 $M_{39}'(X)$, 查表求 $M_{38}''(X)$ 的余数 $R_{38}(X)$, 将 $R_{38}(X)$ 与 $M_{39}'(X)$ 模 2 加得 $M_{39}''(X)$ 和 $M_{40}'(X)$, 查表求 $M_{39}''(X)$ 的余数 $R_{39}(X)$, 将 $R_{39}(X)$ 与 $M_{40}'(X)$ 模 2 加得 $M_{40}''(X)$ 和 $M_{41}'(X)$, 查表求 $M_{40}''(X)$ 的余数 $R_{40}(X)$, 将 $R_{40}(X)$ 与 $M_{41}'(X)$ 模 2 加得 $M_{41}''(X)$ 和 $M_{42}'(X)$, 查表求 $M_{41}''(X)$ 的余数 $R_{41}(X)$, 将 $R_{41}(X)$ 与 $M_{42}'(X)$ 模 2 加得 $M_{42}''(X)$ 和 $M_{43}'(X)$, 查表求 $M_{42}''(X)$ 的余数 $R_{42}(X)$, 将 $R_{42}(X)$ 与 $M_{43}'(X)$ 模 2 加得 $M_{43}''(X)$ 和 $M_{44}'(X)$, 查表求 $M_{43}''(X)$ 的余数 $R_{43}(X)$, 将 $R_{43}(X)$ 与 $M_{44}'(X)$ 模 2 加得 $M_{44}''(X)$ 和 $M_{45}'(X)$, 查表求 $M_{44}''(X)$ 的余数 $R_{44}(X)$, 将 $R_{44}(X)$ 与 $M_{45}'(X)$ 模 2 加得 $M_{45}''(X)$ 和 $M_{46}'(X)$, 查表求 $M_{45}''(X)$ 的余数 $R_{45}(X)$, 将 $R_{45}(X)$ 与 $M_{46}'(X)$ 模 2 加得 $M_{46}''(X)$ 和 $M_{47}'(X)$, 查表求 $M_{46}''(X)$ 的余数 $R_{46}(X)$, 将 $R_{46}(X)$ 与 $M_{47}'(X)$ 模 2 加得 $M_{47}''(X)$ 和 $M_{48}'(X)$, 查表求 $M_{47}''(X)$ 的余数 $R_{47}(X)$, 将 $R_{47}(X)$ 与 $M_{48}'(X)$ 模 2 加得 $M_{48}''(X)$ 和 $M_{49}'(X)$, 查表求 $M_{48}''(X)$ 的余数 $R_{48}(X)$, 将 $R_{48}(X)$ 与 $M_{49}'(X)$ 模 2 加得 $M_{49}''(X)$ 和 $M_{50}'(X)$, 查表求 $M_{49}''(X)$ 的余数 $R_{49}(X)$, 将 $R_{49}(X)$ 与 $M_{50}'(X)$ 模 2 加得 $M_{50}''(X)$ 和 $M_{51}'(X)$, 查表求 $M_{50}''(X)$ 的余数 $R_{50}(X)$, 将 $R_{50}(X)$ 与 $M_{51}'(X)$ 模 2 加得 $M_{51}''(X)$ 和 $M_{52}'(X)$, 查表求 $M_{51}''(X)$ 的余数 $R_{51}(X)$, 将 $R_{51}(X)$ 与 $M_{52}'(X)$ 模 2 加得 $M_{52}''(X)$ 和 $M_{53}'(X)$, 查表求 $M_{52}''(X)$ 的余数 $R_{52}(X)$, 将 $R_{52}(X)$ 与 $M_{53}'(X)$ 模 2 加得 $M_{53}''(X)$ 和 $M_{54}'(X)$, 查表求 $M_{53}''(X)$ 的余数 $R_{53}(X)$, 将 $R_{53}(X)$ 与 $M_{54}'(X)$ 模 2 加得 $M_{54}''(X)$ 和 $M_{55}'(X)$, 查表求 $M_{54}''(X)$ 的余数 $R_{54}(X)$, 将 $R_{54}(X)$ 与 $M_{55}'(X)$ 模 2 加得 $M_{55}''(X)$ 和 $M_{56}'(X)$, 查表求 $M_{55}''(X)$ 的余数 $R_{55}(X)$, 将 $R_{55}(X)$ 与 $M_{56}'(X)$ 模 2 加得 $M_{56}''(X)$ 和 $M_{57}'(X)$, 查表求 $M_{56}''(X)$ 的余数 $R_{56}(X)$, 将 $R_{56}(X)$ 与 $M_{57}'(X)$ 模 2 加得 $M_{57}''(X)$ 和 $M_{58}'(X)$, 查表求 $M_{57}''(X)$ 的余数 $R_{57}(X)$, 将 $R_{57}(X)$ 与 $M_{58}'(X)$ 模 2 加得 $M_{58}''(X)$ 和 $M_{59}'(X)$, 查表求 $M_{58}''(X)$ 的余数 $R_{58}(X)$, 将 $R_{58}(X)$ 与 $M_{59}'(X)$ 模 2 加得 $M_{59}''(X)$ 和 $M_{60}'(X)$, 查表求 $M_{59}''(X)$ 的余数 $R_{59}(X)$, 将 $R_{59}(X)$ 与 $M_{60}'(X)$ 模 2 加得 $M_{60}''(X)$ 和 $M_{61}'(X)$, 查表求 $M_{60}''(X)$ 的余数 $R_{60}(X)$, 将 $R_{60}(X)$ 与 $M_{61}'(X)$ 模 2 加得 $M_{61}''(X)$ 和 $M_{62}'(X)$, 查表求 $M_{61}''(X)$ 的余数 $R_{61}(X)$, 将 $R_{61}(X)$ 与 $M_{62}'(X)$ 模 2 加得 $M_{62}''(X)$ 和 $M_{63}'(X)$, 查表求 $M_{62}''(X)$ 的余数 $R_{62}(X)$, 将 $R_{62}(X)$ 与 $M_{63}'(X)$ 模 2 加得 $M_{63}''(X)$ 和 $M_{64}'(X)$, 查表求 $M_{63}''(X)$ 的余数 $R_{63}(X)$, 将 $R_{63}(X)$ 与 $M_{64}'(X)$ 模 2 加得 $M_{64}''(X)$ 和 $M_{65}'(X)$, 查表求 $M_{64}''(X)$ 的余数 $R_{64}(X)$, 将 $R_{64}(X)$ 与 $M_{65}'(X)$ 模 2 加得 $M_{65}''(X)$ 和 $M_{66}'(X)$, 查表求 $M_{65}''(X)$ 的余数 $R_{65}(X)$, 将 $R_{65}(X)$ 与 $M_{66}'(X)$ 模 2 加得 $M_{66}''(X)$ 和 $M_{67}'(X)$, 查表求 $M_{66}''(X)$ 的余数 $R_{66}(X)$, 将 $R_{66}(X)$ 与 $M_{67}'(X)$ 模 2 加得 $M_{67}''(X)$ 和 $M_{68}'(X)$, 查表求 $M_{67}''(X)$ 的余数 $R_{67}(X)$, 将 $R_{67}(X)$ 与 $M_{68}'(X)$ 模 2 加得 $M_{68}''(X)$ 和 $M_{69}'(X)$, 查表求 $M_{68}''(X)$ 的余数 $R_{68}(X)$, 将 $R_{68}(X)$ 与 $M_{69}'(X)$ 模 2 加得 $M_{69}''(X)$ 和 $M_{70}'(X)$, 查表求 $M_{69}''(X)$ 的余数 $R_{69}(X)$, 将 $R_{69}(X)$ 与 $M_{70}'(X)$ 模 2 加得 $M_{70}''(X)$ 和 $M_{71}'(X)$, 查表求 $M_{70}''(X)$ 的余数 $R_{70}(X)$, 将 $R_{70}(X)$ 与 $M_{71}'(X)$ 模 2 加得 $M_{71}''(X)$ 和 $M_{72}'(X)$, 查表求 $M_{71}''(X)$ 的余数 $R_{71}(X)$, 将 $R_{71}(X)$ 与 $M_{72}'(X)$ 模 2 加得 $M_{72}''(X)$ 和 $M_{73}'(X)$, 查表求 $M_{72}''(X)$ 的余数 $R_{72}(X)$, 将 $R_{72}(X)$ 与 $M_{73}'(X)$ 模 2 加得 $M_{73}''(X)$ 和 $M_{74}'(X)$, 查表求 $M_{73}''(X)$ 的余数 $R_{73}(X)$, 将 $R_{73}(X)$ 与 $M_{74}'(X)$ 模 2 加得 $M_{74}''(X)$ 和 $M_{75}'(X)$, 查表求 $M_{74}''(X)$ 的余数 $R_{74}(X)$, 将 $R_{74}(X)$ 与 $M_{75}'(X)$ 模 2 加得 $M_{75}''(X)$ 和 $M_{76}'(X)$, 查表求 $M_{75}''(X)$ 的余数 $R_{75}(X)$, 将 $R_{75}(X)$ 与 $M_{76}'(X)$ 模 2 加得 $M_{76}''(X)$ 和 $M_{77}'(X)$, 查表求 $M_{76}''(X)$ 的余数 $R_{76}(X)$, 将 $R_{76}(X)$ 与 $M_{77}'(X)$ 模 2 加得 $M_{77}''(X)$ 和 $M_{78}'(X)$, 查表求 $M_{77}''(X)$ 的余数 $R_{77}(X)$, 将 $R_{77}(X)$ 与 $M_{78}'(X)$ 模 2 加得 $M_{78}''(X)$ 和 $M_{79}'(X)$, 查表求 $M_{78}''(X)$ 的余数 $R_{78}(X)$, 将 $R_{78}(X)$ 与 $M_{79}'(X)$ 模 2 加得 $M_{79}''(X)$ 和 $M_{80}'(X)$, 查表求 $M_{79}''(X)$ 的余数 $R_{79}(X)$, 将 $R_{79}(X)$ 与 $M_{80}'(X)$ 模 2 加得 $M_{80}''(X)$ 和 $M_{81}'(X)$, 查表求 $M_{80}''(X)$ 的余数 $R_{80}(X)$, 将 $R_{80}(X)$ 与 $M_{81}'(X)$ 模 2 加得 $M_{81}''(X)$ 和 $M_{82}'(X)$, 查表求 $M_{81}''(X)$ 的余数 $R_{81}(X)$, 将 $R_{81}(X)$ 与 $M_{82}'(X)$ 模 2 加得 $M_{82}''(X)$ 和 $M_{83}'(X)$, 查表求 $M_{82}''(X)$ 的余数 $R_{82}(X)$, 将 $R_{82}(X)$ 与 $M_{83}'(X)$ 模 2 加得 $M_{83}''(X)$ 和 $M_{84}'(X)$, 查表求 $M_{83}''(X)$ 的余数 $R_{83}(X)$, 将 $R_{83}(X)$ 与 $M_{84}'(X)$ 模 2 加得 $M_{84}''(X)$ 和 $M_{85}'(X)$, 查表求 $M_{84}''(X)$ 的余数 $R_{84}(X)$, 将 $R_{84}(X)$ 与 $M_{85}'(X)$ 模 2 加得 $M_{85}''(X)$ 和 $M_{86}'(X)$, 查表求 $M_{85}''(X)$ 的余数 $R_{85}(X)$, 将 $R_{85}(X)$ 与 $M_{86}'(X)$ 模 2 加得 $M_{86}''(X)$ 和 $M_{87}'(X)$, 查表求 $M_{86}''(X)$ 的余数 $R_{86}(X)$, 将 $R_{86}(X)$ 与 $M_{87}'(X)$ 模 2 加得 $M_{87}''(X)$ 和 $M_{88}'(X)$, 查表求 $M_{87}''(X)$ 的余数 $R_{87}(X)$, 将 $R_{87}(X)$ 与 $M_{88}'(X)$ 模 2 加得 $M_{88}''(X)$ 和 $M_{89}'(X)$, 查表求 $M_{88}''(X)$ 的余数 $R_{88}(X)$, 将 $R_{88}(X)$ 与 $M_{89}'(X)$ 模 2 加得 $M_{89}''(X)$ 和 $M_{90}'(X)$, 查表求 $M_{89}''(X)$ 的余数 $R_{89}(X)$, 将 $R_{89}(X)$ 与 $M_{90}'(X)$ 模 2 加得 $M_{90}''(X)$ 和 $M_{91}'(X)$, 查表求 $M_{90}''(X)$ 的余数 $R_{90}(X)$, 将 $R_{90}(X)$ 与 $M_{91}'(X)$ 模 2 加得 $M_{91}''(X)$ 和 $M_{92}'(X)$, 查表求 $M_{91}''(X)$ 的余数 $R_{91}(X)$, 将 $R_{91}(X)$ 与 $M_{92}'(X)$ 模 2 加得 $M_{92}''(X)$ 和 $M_{93}'(X)$, 查表求 $M_{92}''(X)$ 的余数 $R_{92}(X)$, 将 $R_{92}(X)$ 与 $M_{93}'(X)$ 模 2 加得 $M_{93}''(X)$ 和 $M_{94}'(X)$, 查表求 $M_{93}''(X)$ 的余数 $R_{93}(X)$, 将 $R_{93}(X)$ 与 $M_{94}'(X)$ 模 2 加得 $M_{94}''(X)$ 和 $M_{95}'(X)$, 查表求 $M_{94}''(X)$ 的余数 $R_{94}(X)$, 将 $R_{94}(X)$ 与 $M_{95}'(X)$ 模 2 加得 $M_{95}''(X)$ 和 $M_{96}'(X)$, 查表求 $M_{95}''(X)$ 的余数 $R_{95}(X)$, 将 $R_{95}(X)$ 与 $M_{96}'(X)$ 模 2 加得 $M_{96}''(X)$ 和 $M_{97}'(X)$, 查表求 $M_{96}''(X)$ 的余数 $R_{96}(X)$, 将 $R_{96}(X)$ 与 $M_{97}'(X)$ 模 2 加得 $M_{97}''(X)$ 和 $M_{98}'(X)$, 查表求 $M_{97}''(X)$ 的余数 $R_{97}(X)$, 将 $R_{97}(X)$ 与 $M_{98}'(X)$ 模 2 加得 $M_{98}''(X)$ 和 $M_{99}'(X)$, 查表求 $M_{98}''(X)$ 的余数 $R_{98}(X)$, 将 $R_{98}(X)$ 与 $M_{99}'(X)$ 模 2 加得 $M_{99}''(X)$ 和 $M_{100}'(X)$, 查表求 $M_{99}''(X)$ 的余数 $R_{99}(X)$, 将 $R_{99}(X)$ 与 $M_{100}'(X)$ 模 2 加得 $M_{100}''(X)$ 和 $M_{101}'(X)$, 查表求 $M_{100}''(X)$ 的余数 $R_{100}(X)$, 将 $R_{100}(X)$ 与 $M_{101}'(X)$ 模 2 加得 $M_{101}''(X)$ 和 $M_{102}'(X)$, 查表求 $M_{101}''(X)$ 的余数 $R_{101}(X)$, 将 $R_{101}(X)$ 与 $M_{102}'(X)$ 模 2 加得 $M_{102}''(X)$ 和 $M_{103}'(X)$, 查表求 $M_{102}''(X)$ 的余数 $R_{102}(X)$, 将 $R_{102}(X)$ 与 $M_{103}'(X)$ 模 2 加得 $M_{103}''(X)$ 和 $M_{104}'(X)$, 查表求 $M_{103}''(X)$ 的余数 $R_{103}(X)$, 将 $R_{103}(X)$ 与 $M_{104}'(X)$ 模 2 加得 $M_{104}''(X)$ 和 $M_{105}'(X)$, 查表求 $M_{104}''(X)$ 的余数 $R_{104}(X)$, 将 $R_{104}(X)$ 与 $M_{105}'(X)$ 模 2 加得 $M_{105}''(X)$ 和 $M_{106}'(X)$, 查表求 $M_{105}''(X)$ 的余数 $R_{105}(X)$, 将 $R_{105}(X)$ 与 $M_{106}'(X)$ 模 2 加得 $M_{106}''(X)$ 和 $M_{107}'(X)$, 查表求 $M_{106}''(X)$ 的余数 $R_{106}(X)$, 将 $R_{106}(X)$ 与 $M_{107}'(X)$ 模 2 加得 $M_{107}''(X)$ 和 $M_{108}'(X)$, 查表求 $M_{107}''(X)$ 的余数 $R_{107}(X)$, 将 $R_{107}(X)$ 与 $M_{108}'(X)$ 模 2 加得 $M_{108}''(X)$ 和 $M_{109}'(X)$, 查表求 $M_{108}''(X)$ 的余数 $R_{108}(X)$, 将 $R_{108}(X)$ 与 $M_{109}'(X)$ 模 2 加得 $M_{109}''(X)$ 和 $M_{110}'(X)$, 查表求 $M_{109}''(X)$ 的余数 $R_{109}(X)$, 将 $R_{109}(X)$ 与 $M_{110}'(X)$ 模 2 加得 $M_{110}''(X)$ 和 $M_{111}'(X)$, 查表求 $M_{110}''(X)$ 的余数 $R_{110}(X)$, 将 $R_{110}(X)$ 与 $M_{111}'(X)$ 模 2 加得 $M_{111}''(X)$ 和 $M_{112}'(X)$, 查表求 $M_{111}''(X)$ 的余数 R_{111

$R_3(X)$ 与 $M_4'(X)$ $M_3(X)$ 模 2 加的结果即为块校验字符 BCC. 逻辑流程如图 3 所示.

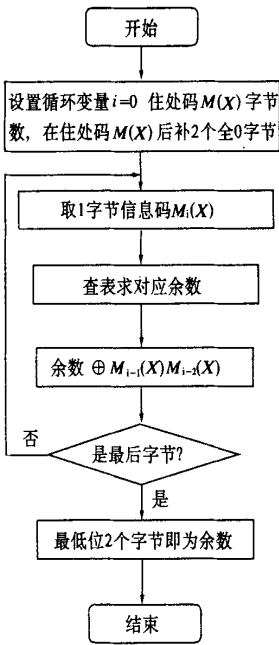


图 3 表驱动法生成 CRC 码的程序框图
Fig. 3 The program chart of CRC based on
Table -event driven algorithm

3 通信实例

近年来,铁路通讯网络规模迅速扩大,配置了多种类型的现代化通讯设备,由于设备技术复杂、可靠性高,因而出现了许多无人值守站,但由于缺乏完整的远程监控系统,也产生了诸多问题.为此设计了光传输无人值守站远程监控系统,其主要包括三部分:中心处理系统、数据通讯通道和小站环境监测前置端机.

数据通讯通道利用现有的公共通信网和调制解调器组成通讯链路,实现监控中心与无人值守站前置端机的组网与通讯.中心处理系统的监控软件负责向前置端机发送指令并采集、处理、分析、显示前置端机回送的小站环境信息,及时对各种告警信号发出声、光报警,建立告警历史数据库,可供用户随时调阅、查询、打印.小站环境监测前置端机由高性能的微控制器系统、看门狗电路、数据收集部分、控制部分、显示部分以及外围传感器和电源监测装置构成,完成对无人值小站各种参数的采集和上传.由于工作环境恶劣,电磁干扰比较大,为了保证数据通讯的安全可靠,采用了CRC 循环冗余校验系统.监控中心 RPC 与前置端机 HCU 的通讯协议如下:

RPC→HCU													
10	01	01	10	02	01	00	00	00	00	10	03	CRCH	CRCL

RPC→HCU													
10	01	01	10	02	81	DATA	10	03	FF	CRCH	CRCL		

监控软件用 Delphi 4.0^[4] 开发,采用性能稳定、功能完备的控件SPCOMM 实现计算机的串口通讯^[3],采用CRC -CITT($G(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$) 标准作为CRC 编码方法,用嵌入式汇编完成循环冗余校验码的表驱动算法,保证数据传输的高效、快速、准确.程序的部分实现代码如下:

```
function UpdateCRC 16 ( InitCRC : Word ; var
Buffer : Length : LongInt ) : Word ;
begin
asm
    push esi
    push edi
    push eax
    push ebx
    push ecx
    push edx
    pushf
    cld
    lea edi , Crc _ 16Tab
    mov esi , Buffer
    mov ax , InitCrc
    mov ecx , Length
    or ecx , ecx
    jz @@done
@@loop :
    xor ebx , ebx
    mov bl , ah
    mov ah , al
    lodsb
    shl bx , 1
    add ebx , edi
    xor ax , [ebx]
    loop @@loop
@@done :
    mov Result , ax
    popf
    pop edx
    pop ecx
    pop ebx
    pop eax
```

```
pop edi
pop esi
end ;
end ;
```

4 结束语

光传输无人值守站远程监控系统采用CRC表驱动法作为通讯系统的差错校验技术,在环境恶劣、电磁干扰较大、数据信道质量较差的情况下,取得了理想的应用效果,有力地保障了铁路交通大动脉的畅通无阻.

参考文献:

[2] 约翰·麦克纳马拉.数据通信技术[M] . 张根度,吴猷

定,译.北京:中国铁道出版社,1982.
[2] 沈振元.通信系统原理[M] . 西安: 西安电子科技大学出版社,1999.
[3] A MRHO Charles ,TERRISSE Andre .Windows 95 通信编程[M] . 贺 军,高胜友,译.北京: 清华大学出版社,1997.
[4] MARCO Cant ù.DELPHI 高级开发指南[M] . 王 辉,张晓晖,译.北京:电子工业出版社, 1998.
[5] 邱林海.多媒体通讯中CRC 码及其快速算法设计[J] . 小型微型机计算机系统,1998.19(11) :18~20.
[6] 马宝甫.CRC 校验快速擦表算法及其应用[J] . 计算机工程与应用,1997(7) :28~31.

The Design and Implementation of Rapid CRC Algorithm in Remote Monitoring Control Network

GAO Li¹, LI Jin -li²,ZHANG Bin³

(¹Department of Computer Science , Central China Normal University , Wuhan 430079,China ;²Department of Computer Science , Hngyuan University ,Ximiang 453003,China ;³School of Physical Science & Technology , Zhengzhou University , Zhengzhou 450052, China)

Abstract :In remote data communication ,in order to reduce the error rate of the data link ,Cyclic Redundancy Check(CRC) is generally adopted to detect and control the error code .Now the table -driven algorithm based on the principle of the CRC has been designed to implement the CRC for the circumstances the serious electromagnetic interference the severe environments the complicated installation conditions large numbers of the data communications and the strict requirement of the real -time data processing .In more detail the algorithm has been completed in the macroassembler of Delphi 4.0 in the central processor and carried out in assembly language of the MCS -51 chipset in the front devices .Because the CRC is implemented by the table -driven algorithm ,any additional hardware circuits are not necessarily to be appended to the system .Thus the cost will be reduced and the device size becomes much smaller .At the same time the speed of the data communication of the remote monitoring control network and the precision of the message transmission have been promoted greatly .

Key words : data communication ; CRC ; table -driven algorithm ; Delphi