

一种通信矩阵交换网络设备的研制

闫薇 徐雪飞 刘之宽

(中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083)

摘要 针对数据通信系统中线路自动控制及灵活转接的需要,设计中采用了模拟开关阵列集成电路的级连,来构成交换矩阵网络。阐述了矩阵交换的基本原理和矩阵交换设备的设计过程,并在试验的基础上给出了数字信号通过矩阵开关时的各项试验数据指标。试验结果表明,信号通过矩阵体时,失真和干扰小,能够较好的满足实际使用要求。控制系统在传送控制信号时使用 CRC 校验正确率达到 99%以上。目前,该设备已成功投入使用。

关键词 矩阵交换; MT8816; CRC 校验

中图分类号 TP 271.5

文章编号 1007-4333(2004)03-0063-04

文献标识码 A

Development of the communication switching

Yan Wei, Xu Xuefei, Liu Zhikuan

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract A switching device which can be used in a artificial system was introduced. The basic theory of communicating switching and its process of designing was presented. On the base of testing CRC verified method, the possibility-realizing scheme was put forward. This device has been developed successfully and put into application.

Key words switching; MT8816; CRC checking

在仿真系统中需要有多路转接的矩阵交换网络设备,而在目前的一些专用数据通信系统中,数据的传输都采用固定的电缆连接。这样做的弊端是当有一路电缆发生故障时,不能及时的切除并更换数据通道,从而造成数据的丢失。针对这些问题,国内已有人做过矩阵网络交换设备的研究^[1],但是却没有考虑掉电后,矩阵开关通/断状态数据的保存问题。基于此,笔者开发研制了一种矩阵交换设备,在原来的基础上增加了掉电存储功能,并且扩展了级连,能够做到 4 层 64 路输入 32 路输出的任意选通。新的矩阵交换设备控制灵活,采用了 PC 机与单片机的联合控制。模拟开关阵列集成电路主要由地址译码器、控制锁存器和交叉开关阵列组成。

1 矩阵交换的基本原理

图 1 为完成交换转接任务设备方框图,其中的核心部分是开关群。其工作原理是, n 条进线和 m 条出线纵横排列, 2 条线的交叉点上有 1 个开关。

显然,任一进线可通过这些开关中的某一个与任一出线接通。当然,每条线上有 1 个开关接通后,这条线上的其他开关应锁住而不让它们再接通,以防止 1 条进线接通多条出线,或 1 条出线接通多条进线。不在这条线上的开关,仍可按需要被接通。这样一来,任一条未被占用的进线总可与任一条未被占用的出线接通。这种开关群称为无阻塞开关群^[2]。

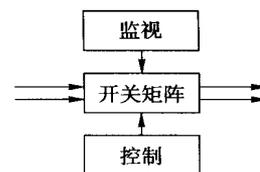


图 1 交换转接设备方框图

Fig. 1 Switching transition device square bracket

为了分析信号通过矩阵体的传输特性,设 $G_T(\)$, $G_R(\)$ 和 $G_R(\)$ 分别为发送滤波器、矩阵体信道和接收滤波器的传输函数。输入信号

收稿日期: 2003-10-15

作者简介: 闫薇, 硕士研究生; 刘之宽, 教授, 主要从事计算机自动控制领域的研究。

$$X(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n(t - nT)$$

其中: a_n 为基带输入信号, 取值为 0 或 1; T 为时间间隔; t 为时间变量; $\delta(t)$ 为冲击函数。输入信号激励发送滤波器, 在其输出端形成的波形序列为

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT)$$

其中: $g(t)$ 为发送滤波器的冲击响应, 是 $G_T(\omega)$ 的傅氏变换。当信号 $S(t)$ 通过矩阵体时, 可能产生信号波形畸变, 且叠加上噪声, 因此接收端收到的信号不一定是 $S(t)$ 的重现。设整个系统的传输函数为 $H(\omega) = G_T(\omega) C(\omega) G_R(\omega)$ 。那么接收滤波器的输出信号为

$$Y(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n h(t - nT) + n_R(t) \quad (1)$$

取样电路对 $Y(t)$ 经行取样, 取样时间为 $t_k = kT + t_0$, 则式(1)可写为

$$Y(t_k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n h(kT + t_0 - nT) + n_R(kT + t_0) = a_k h(t_0) + \sum_{n=k}^{\infty} a_n h[(k - n)T + t_0] + n_R(kT + t_0) \quad (2)$$

其中: $\sum_{n=k}^{\infty} a_n h[(k - n)T + t_0]$ 是码间串扰值, $n_R(kT + t_0)$ 是噪声干扰值^[3]。

从以上分析可知, 码间串扰和随机噪声干扰是影响基带信号传输质量的 2 个要素。消除码间串扰的方法主要有 2 种: 一是要求传输系统具有均匀且无限宽的频率特性, 使得基带信号在传输过程中不产生任何畸变, 这条途径在理论上是存在的, 但具体实现十分困难; 二是要求在取样点上信号互不干扰, 通过对基带信号波形频谱特性的分析, 说明这种方法是可以实现的。奈奎斯特第一准则指出: 当基带传输系统具有理想低通滤波器的特性时, 以其截止频率 2 倍的速率传输数字信号, 便能消除码间串扰。

根据以上的分析, 本研究中采用 MITEL 公司的 MT8816 芯片, 使用该芯片基本上能够使数字信号在其要求的频率和电压幅值范围内线性通过矩阵交换体。由此, 在数字基带信号传输时, 不改变其通道的传递函数, 保持其原有设计好的低通滤波器的特性, 从而不会导致由于加入矩阵交换设备而产生码间串扰现象。

MT8816 芯片并联构成的矩阵体可以通过数字信号, 也可以通过模拟信号。当通过交换矩阵的信

号为数字信号时, 需将 MT8816 芯片 V_{SS} (数字地) 接地。当通过交换矩阵的信号为模拟信号时, 只需将 MT8816 芯片 V_{EE} (模拟地) 接地。

通信信号为数字信号, 通过试验测得导通时的静态电流为 100 μ A, 截止时的漏电流为 500 nA; 当输入电压为 12 V, 通过的信号频率小于 40 MHz 时, 接通后的电阻约为 45 Ω 。不同开关在上述条件下, 导通电阻的差值最大为 5 Ω 。试验测得 MT8816 芯片的截止频率为 45 MHz, 不同频率下其道间干扰见表 1。由试验可知, 当将 MT8816 使用在输入信号为 TTL 电平, 频率为 2 MHz 时, 信号可以以较小的失真和串扰通过矩阵体。

表 1 不同频率下 MT8816 芯片的道间干扰值

Table 1 Crosstalk at different frequency			
信号频率/kHz	10 000	10	1
道间干扰值/dB	- 45	- 90	- 80

注: 当 i 通道的输入 X_i 与输出 Y_i 导通, j 通道的输入 X_j 与输出 Y_j 导通时, 道间干扰值为 $20\lg(V_{Y_i}/V_{X_j})$

2 矩阵交换设备的硬件构成

矩阵交换体采用 MT8816 芯片。该芯片具有能够很好的满足通信矩阵交换设备实现其交换功能的功能:

1) 其内部存在控制闭锁和地址解码器; 启动和滞后时间短; 能通过 12 V 的模拟信号; 在加入 12 V 直流电, 温度为 25 $^{\circ}$ C 的情况下最大接通电阻为 65 Ω ; 交换节点为信号变形很小的 CMOS 开关; 较小的道间干扰。

2) MT8816 芯片采用 MITEL 的 ISO-CMOS 技术制造, 具有低功耗和高可靠性, 内部包含了 8 \times 16 路交叉点开关, 以及 7 路选通 128 路的地址解码器和闭锁电路, 通过 7 位的地址选址可以选通 128 路开关。开关的闭合或打开可以通过对 DATA 位输入 1 或 0 实现, 而且片选信号可以使开关列层叠, 以此来实现矩阵的扩展。

本系统主要由控制单元、交换单元、监控计算机、网络收发数据控制计算机和通信双工柜等组成, 其中交换单元由 MT8816 模拟开关阵列集成电路构成, 是集群系统的关键部分。在中央控制单元的控制下, 完成指定输入通道与输出通道的接续与切断。交换矩阵控制部分电路框图见图 2。8751 最小微机系统控制 MT8816 交换体, 并为交换网络提供

控制和地址译码数据。将 8 个模块的输出端并联，即可完成 64 × 32 的完全无阻塞交换。为了实现全双工通信，同时发送 4 个信号：收定时、收数据、发定时、发数据。采用 4 个 64 × 32 的交换体。在这 4 个交换体里，4 片对应的 MT8816 模拟开关阵列集成电路芯片接收相同的片选、片上地址和数据信息，使得对应结的通/断相同。为了保证在设备掉电时，地址和控制信息不被丢失，采用 1 个 24C01 芯片来保存从上位机传来的地址和控制信息。

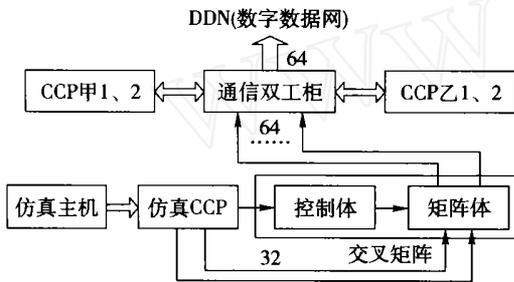


图 2 交换矩阵控制部分框图

Fig. 2 Switching matrix of controlling parts

3 矩阵交换网络控制程序设计

3.1 单片机控制程序设计原理

图 3 为 8751 控制部分的主程序处理流程图。由于单片机的计算能力有限，由上位机把计算好的数据指令和地址指令传送到单片机，单片机打开中断接收数据，把接收到的数据存入 24C01 芯片，再从 24C01 芯片读取数据进行动作，打开相应的通道的开关。在每次断电后重新启动时，单片机都自动从 24C01 芯片读出断电前保存的数据，以保证其正

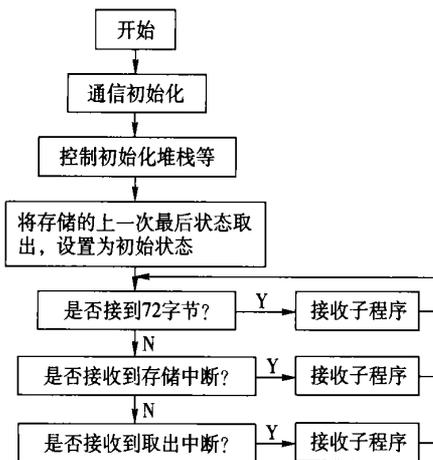


图 3 8751 控制部分主程序处理流程

Fig. 3 Processing control flow chart in main program

确通断。

3.2 矩阵交换设备上位机控制软件

所设计的控制软件要实现以下几个功能：

- 1) 路及数据转换功能；
- 2) 网络信息处理功能；
- 3) 同步通信卡控制功能；
- 4) 局域网收发控制功能。

这里重点讨论一下交换设备的选路及数据转换功能。矩阵的选路采用人机交互的形式，操作人员可在相应的表格中填写，计算机读入信息后，需经过如下算法转换：

设 chY1 为所选择的输入通道(32 路)，chX1 为所选择的输出通道(64 路)，最后要发送给矩阵体的数据格式为

```

* * * * X4 Y5 Y4 Y3 Y2 Y1 Y0 X3 X2 X1 X0
          地址译码          数据信息
          D

```

on/off(开关状态)

需要对初始数据作一些变换，程序为：

准备要发送数据的高位

chY2 = (ch Y1 & 0x18) >>3; 取 Y4, Y3

chX2 = (chX1 & 0x30) >>2; X5 X4

chSend[1] = (ch Y2 | chX2) | 0x0c0;

准备要发送数据的低位

chY2 = (ch Y1 & 0x7);

chX2 = (chX1 & 0x0f);

由 mt8816 的真值(表 2)可以看到，当 AX = 6，AY = 0 时，选通的为 X12- Y0，所以需要作如下变换：

if (chX2 == 12) {chX2 = 6; break;}

同理

if (chX2 == 13) {chX2 = 7; break;}

if (chX2 == 6) {chX2 = 8; break;}

if (chX2 == 7) {chX2 = 9; break;}

if (chX2 == 8) {chX2 = 10; break;}

if (chX2 == 9) {chX2 = 11; break;}

if (chX2 == 10) {chX2 = 12; break;}

if (chX2 == 11) {chX2 = 13; break;}

为了保证数据的正确传输，采用循环冗余(CRC)校验码。CRC 校验码的编码方法是用待发送的二进制数据 $t(x)$ 除以生成多项式 $g(x)$ ，将最后的余数作为 CRC 校验码^[4]。其实现步骤如下：

表 2 MT8816 真值表

Table 2 MT8816 address decode truth table

AX0	AX1	AX2	AX3	AY0	AY1	AY2	连接
0	0	0	0	0	0	0	X0- Y0
1	0	0	0	0	0	0	X1- Y0
0	1	0	0	0	0	0	X2- Y0
1	1	0	0	0	0	0	X3- Y0
0	0	1	0	0	0	0	X4- Y0
1	0	1	0	0	0	0	X5- Y0
0	1	1	0	0	0	0	X12- Y0
1	1	1	0	0	0	0	X13- Y0
0	0	0	1	0	0	0	X6- Y0
1	0	0	1	0	0	0	X7- Y0
0	1	0	1	0	0	0	X8- Y0
1	1	0	1	0	0	0	X9- Y0
0	0	1	1	0	0	0	X10- Y0
1	0	1	1	0	0	0	X11- Y0
0	1	1	1	0	0	0	X14- Y0
1	1	1	1	0	0	0	X15- Y0

1) 设待发送的数据是 12 位的二进制数 $t(x)$;

2) 采用 CRC-4 的生成多项式为 $g(x) = x^4 + x + 1$, 阶数 r 为 4, 即 10011 ;

3) 在 $t(x)$ 的末尾添加 4 个 0 构成 $x^4 t(x)$;

4) 用 $g(x)$ 去除, 无论商是多少, 只需要求得余数 $y(x)$ 作为 CRC 的校验码。校验时, 以计算的校正结果是否为 0 为据, 判断数据帧是否出错^[5]。程序流程如下:

reg 是一个 5 bits 的寄存器, 数据由高位到低位, 依次移入寄存器

把 reg 中的值置 0

给原始的数据后添加 4 个 0

While (数据未处理完)

{

If (reg 首位是 1)

reg = reg XOR 0011 ;

把 reg 中的值左移 1 位, 读入 1 个新的数据并置于 register 的 0 bit 的位置。

}

reg 的后 4 位就是所要求的余数。从 CRC 的编码规则可以看出, CRC 编码实际上是将待发送的 m 位二进制多项式 $t(x)$ 转换成了可以被 $g(x)$ 除尽的 $m + r$ 位二进制多项式 $x^r t(x)$, 所以解码时可以用接受到的数据去除 $g(x)$, 如果余数为 0, 则表示传输过程没有错误; 如果余数不为 0, 则在传输过程中肯定存在错误。同时 $x^r t(x)$ 可以看做是由 $t(x)$ 和 CRC 校验码的组合, 所以解码时将接收到的二进制数据去掉尾部的 r 位数据, 得到的就是原始数据。

4 结束语

目前, 所设计的通信交换设备已在测控系统仿真子系统中投入使用, 能够满足使用要求。该技术还可以应用于专用小交换机的电话网络控制, 无线移动通信设备及测试仪器等领域。

参 考 文 献

- [1] 徐玉滨, 王北松, 强蔚, 等. 交换矩阵网络的控制与设计方法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 1997, 29(3): 35
- [2] 周炯. 通信网理论基础[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1991. 33 ~ 34
- [3] 杨心强. 数据通信与计算机网络[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998. 104
- [4] 刘东. 循环冗余校验 CRC 的算法分析和程序实现[DB/OL]. [http: www.ahcit.com/200209/23.doc](http://www.ahcit.com/200209/23.doc), 2004
- [5] 王新梅, 肖国镇. 纠错码-原理与方法[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001. 55 ~ 75
- [6] 罗伟雄, 韩力, 原东昌, 等. 通信原理与电路[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1999. 80 ~ 90
- [7] 王仲文. ARQ 编码通信[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991. 102
- [8] Ross Williams. A Painless guide to CRC Error Detection Algorithms[DB/OL]. [http: www.repairfaq.org/filipg/](http://www.repairfaq.org/filipg/), 1993