

# 光盘库嵌入式主控系统<sup>①</sup>

马晓铭, 马维华

(南京航空航天大学 信息科学与技术学院, 南京 210016)

**摘要:** 随着光驱接口的升级和蓝光技术的发展, 对光盘库的主控系统提出了新的设计需求。主要阐述主控板的设计, 将光驱的数据通道和控制通道相分离, 主控板通过向马达板发送命令, 达到控制光驱的目的。主控板接收以太网数据包, 将其解析成马达板命令, 控制整个光盘库。本系统使用基于 ARM920T 架构的 S3C2440 微处理器, 移植嵌入式 Linux, 提高开发效率, 具有很强的可移植性。经验证, 该主控系统完全满足系统的应用需求。

**关键词:** 光盘库; 主控系统; S3C2440; 以太网

## Embedded Main Control System in the Optical Disc Library

MA Xiao-Ming, MA Wei-Hua

(Department of Computer Science and Technology, Nanjing University of Aero.& Astronautics., Nanjing 210016, China)

**Abstract:** As the development of drive's interface and Blu-ray, the main control system has new requirements. This paper is about the design of the main controller. The data bus and control bus of the drive are separate. The main controller is able to control the drives by sending commands to motor board. The main board receives packets from Ethernet, and converts them to Uart commands of the motor board to control all of the optical disc library. The main controller is at the core of embedded microcontroller S3C2440 based on ARM920T architecture, and transplants embedded Linux which can help to improve development efficiency and portability. It is certified that the main controller meets the requirement in practice.

**Keywords:** optical disc library; main control system; S3C2440; Ethernet

## 1 引言

随着科学技术的快速发展, 人们需求的数据量呈现爆炸性的增长, 数据的形式变得日益多样化, 图像、音频、视频等多媒体数据进一步加剧了存储量的膨胀, 而信息载体正在由传统向电子化转变。因此, 对于各种数据的安全保存与共享就显得尤为重要。

光盘库<sup>[1]</sup>是 20 世纪 80 年代初出现的一种为近线 (Nearline) 自动存取和检索海量数据的存储系统, 具有容量大、可靠性高、成本低、数据保存时间长等特点。其存储介质光盘可用作数据的安全、长期存储(备份)。光盘库的存储容量可由小型库的几十个盘片、1.7TB 以上到大型库的数百个盘片、30TB 以上。

由于蓝光技术的长足发展, 以及主流光驱接口的

升级换代, 为光盘库提出了新的需求与挑战。本文将结合嵌入式技术, 机械, 数据存储等, 详细阐述一种适应现代需要的光盘存储系统的设计与实现。

## 2 系统结构

光盘库 (Optical Disc Library 或 Optical Disc Jukebox 或 Media Changer) 是一种利用机械手在片匣、弹出屉和光驱间来回移动光盘, 以达到扩展存储容量的存储设备。它集中应用了现代光盘存储技术、精密机械技术、自动控制技术及计算机技术等技术。

光盘库的主要组成部分<sup>[2]</sup>包括: 机械手、光驱、弹出屉、片匣、主控板、马达板和读卡器组成。光盘库系统图如图 1 所示:

① 收稿时间:2010-09-28;收到修改稿时间:2010-11-06

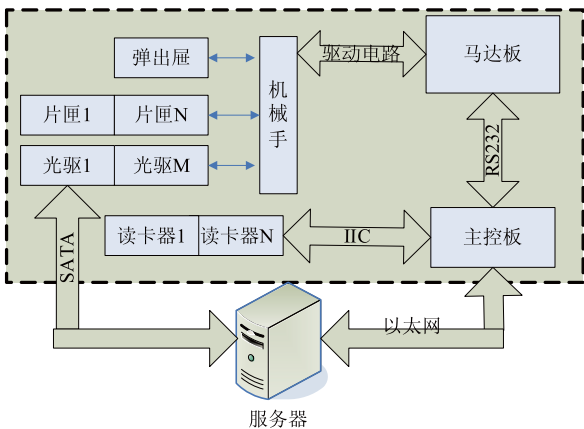


图 1 系统结构图

**机械手 (Robot Arm):** 在光驱、弹出屉和片匣间来回移动光盘。由 3 个步进电机完成 xyz 三个方向的运动，并且利用抓盘器抓取光盘。机械手受控于马达板。

**光驱 (Drive):** 用于读取光盘数据。可以为任意一款主流 SATA 接口光驱。光盘库中至少有一台光驱。在该系统的设计中，将光驱的数据流和控制信号相分离。即使将来光驱的接口升级换代，无需改动主控板，只需将光驱的相关控制信号接出即可，达到低耦合高内聚的设计原则。

**弹出屉 (Mailslot):** 用于从光盘库中取出光盘，或者向光盘库放入光盘。

**片匣 (Magazine):** 用于存放光盘，每个片匣有 35 个抽片 (slot)，每个抽片中存放一张光盘。另外，每个片匣上都贴有唯一的 RFID 标签。当片匣从光盘库 (近线数据) 除出放到离线柜 (离线数据) 中时，将片匣的 RFID，以及每个抽片有无光盘等信息存入主控板的数据库中，从而保证下次将此片匣放入光盘库中，无需重新初始化，即可获取此片匣的数据信息，提高光盘库的运行效率。

**马达板 (Motor Board):** 用于控制机械手上的三个步进电机，读取各路传感器信号，以及发送 I/O 命令。不具有任何逻辑处理功能，完全受控于主控板。

**读卡器 (RFID Reader):** 用于读取片匣上的 RFID 标签，在主控板查询时，上报 RFID。

**主控板 (Main Control Board):** 是光盘库的核心部件，接收来自以太网的命令，完成初始化、移盘、返回系统状态等操作。通过向马达板发送命令，达到控

制机械手完成各项动作，以及读取各传感器状态，保证系统稳定安全的运行。

### 3 系统设计

如图 2 所示，主控系统的主要工作流程为：系统初始化，将机械手回到初始位置；从铁电存储器中读取系统信息；然后根据收到命令的操作码，调用对应的处理函数。这里主要介绍 MOVE MEDIUM 移盘命令的工作过程，首先根据从铁电存储器中读出的数据，判断源地址出是否有盘，目的地址是否无盘，如条件不满足，则调用相应的出错处理；如条件满足，则开始将其解析成马达板命令，如：将机械手上的钩子回到初始位置，将机械手上行 X 步，将机械手上的钩子钩出 Y 步，判断抽片是否被拉出，若没有拉出，则说明抽片异常，进入出错处理，然后检查是否有光盘，如无，则说明 FRAM 中的数据有误，需更新 FRAM，并进入出错处理，将抓盘器上的磁珠吸合，将机械手下行 Z 步，将抓盘器上磁珠发开，将机械手上行 Z 步，将钩子推回 Z 步，这样就完成了从源地址抓出光盘的动作，当该命令完成时，发送以太网数据包。

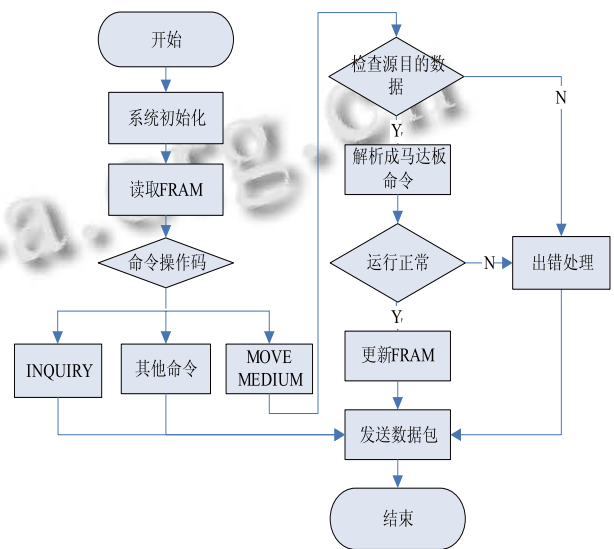


图 2 工作流程图

主控系统的模块包括：微处理器 S3C2440、以太网模块、存储模块、人机交互模块、按键电路、电源模块、复位模块和 JTAG 模块等。其硬件结构图如图 3 所示。

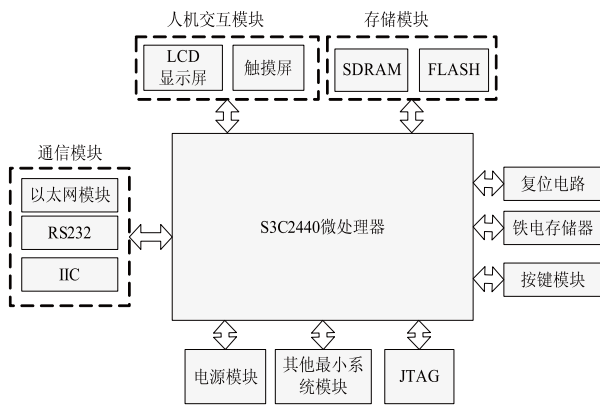


图 3 硬件结构图

S3C2440<sup>[3]</sup>是三星公司针对嵌入式系统推出的高性价比微处理器，该处理器内部集成了 arm920t 的核，主频最高可达 533MHz。该微处理器具有低功耗，高速的处理计算能力，并且内置了 LCD 控制器，Touch Screen 接口和 NAND 控制器，减少外围电路设计，缩短产品开发周期；并且可以移植嵌入式 Linux 操作系统，无需再移植 GUI 和 TCP/IP 协议栈，满足光盘库的应用需求。

主控系统使用以太网与服务器通信，使用串口与马达板通信，使用 IIC 与读卡器通信。人机交互模块用来查看系统状态，设置系统参数。铁电存储器用来存放系统动态数据，当数据迁出时，保存到 NAND Flash 中。下面将主要介绍存储模块和通信模块的详细设计。

### 3.1 存储模块设计

在同等容量下，Nor Flash 的价格远远高于 Nand Flash<sup>[4]</sup>，所以一般使用 Nand Flash 存放代码，而在 SDRAM 中运行程序。由于 S3C2440 自带 Nand Flash 控制器，支持从 Nand Flash 启动，所以我们无需使用 Nor Flash。

SDRAM 使用了两片 16 位的 32MB 的 HY57V561620FTP 组成 32 位 64MB 的 SDRAM 存储系统，并且使用 BANK6 作为 SDRAM 的存储空间，其起始地址为：0x30000000。

NAND Flash 使用了一片大小为 64MB，型号为 K9F1208。如图 4 所示，其中 RnB、nFRE、nFCE、CLE、ALE、nFWE 引脚分别于对应的微处理器引脚相连；I/O0~7 连接到 S3C2440 的低 8 位数据总线；nFWP 写保护，接到高电平允许写入和擦除，接到低

电平禁止写入和擦除。另外，还需将 S3C2440 上的 OM[1:0]设置成 00，这样微处理器复位后，会通过 NAND Flash 控制器将 NAND Flash 起始区的 4K 用户程序复制到 BootSRAM 中去。

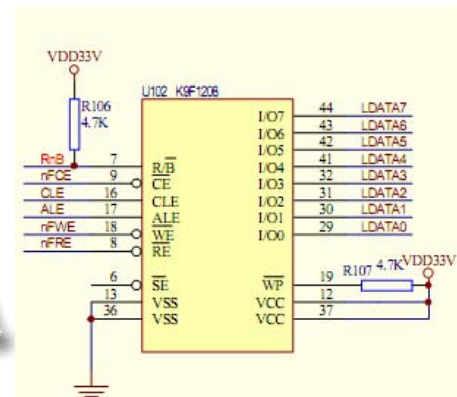


图 4 NAND FLASH 原理图

由于系统需要动态存储系统运行信息，系统采用可重复擦除 10 亿次以上的铁电存储器 FM24C16A 作为存储芯片存储动态运行数据。

该系统存储的数据分为在线数据和离线数据。在线数据存放于铁电存储器内，保存了光盘库中所有片匣，光驱和弹出屉的信息，一旦光驱、抽片或弹出屉的状态发生变化，如有无光盘，是否异常等，都需要更新铁电存储器中的数据。离线数据则存放在 NAND Flash 中，当片匣从光盘库中取出时，须将在线数据该片匣所有信息存储到 NAND Flash 中；当光盘库中插入一个新的片匣，由于每个片匣都有唯一的 RFID 标签，只需到离线数据中查找，如果有此 RFID，则将片匣信息同步到在线数据中。通过这种方式，无需每次替换片匣都需要通过机械抽拉抽片，读取传感状态的方式获知此片匣的信息。

### 3.2 通信模块设计

主控板与马达板之间采用串口通信，使用 MAX3232C 将微控制器的 UART 引脚从 TTL 电平转换为 RS232 电平。主控板通过发送串口命令，读取系统内各传感的状态，控制各电机的上行和下行，以及写 I/O 命令。

在该系统中，如图 5 所示，将多个读卡器和主控板并联在 IIC 总线上，由于读卡器只负责读取片匣标签的 RFID，主控系统始终工作在主收从发的工作模式下，每次读卡器将返回三个字节的 RFID 和一个字节

的校验和。当主控板通过检查片匣传感，监测是否有片匣被放入，然后通过读取片匣对应读卡器的 RFID 标签，并查询离线数据，根据查询结果，刷新在线数据中此位置片匣的数据。

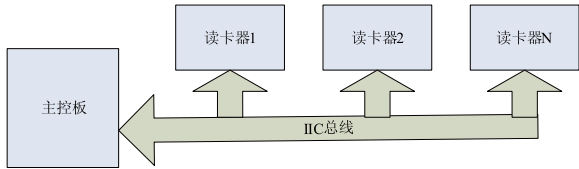


图 5 读卡器通信模块

主控板使用以太网与服务器通信，本系统使用 DM9000<sup>[5]</sup>作为网络控制器。DM9000 是 DAVIDCOM 公司推出的 10/100M 自适应的快速以太网控制器。如图 6 所示，DM9000 采用 16 位的连接模式，与 S3C2440 的 16 位数据总线直接相连。CMD 是命令类型控制线，连接到地址总线 ADDR2，当为高电平访问数据端口，为低电平是访问地址端口，使得 DM9000 地址信号和数据信号复用。AEN 是地址使能信号线，通过把 nGCS4 设置为低电平来选通 DM9000。INT 是中断请求信号，连到 S3C2440 上的外部中断引脚 EINT7，当网络控制器产生中断时将触发外部中断。

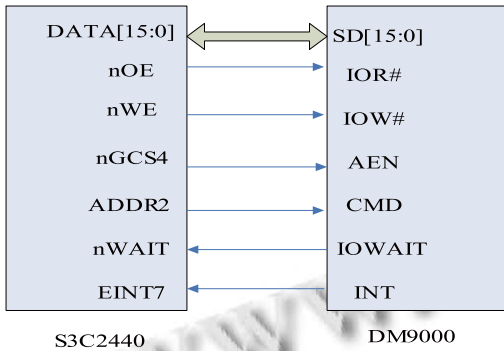


图 6 DM9000 连接示意图

当主控板收到以太网数据包时，将调用 S2tProcessPacket ((s2t\_command\_t \*) data, len)函数，进行数据包的包头的解析，如果包头错误，则调用 S2tProcessPacketAbort 函数立即向服务器发送以太网数据包，否则，将此数据包解析到任务队列中，等待主控板处理。主控板调用 S2tProcessPendingCommand()处理任务队列中的命令，根据收到的命令控制块中的操作码，调用对应命令的处理函数，如 jbf\_scsit\_read\_elem\_stat 、

jbf\_scsit\_move\_medium 等。在各命令的处理函数返回前，将调用 S2tFinishRunningCommand (unsigned char status ,unsigned char message)函数，添加数据包包头，并将此数据包发送到以太网上。主控板与服务器的以太网通信协议报文如图 7 所示：

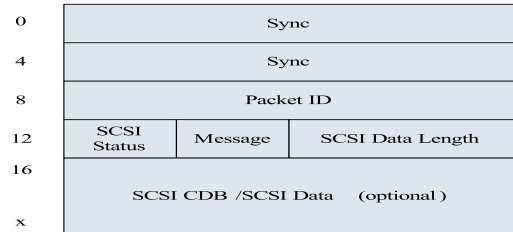


图 7 以太网通信协议

由图 6 所示，该通信协议由两大部分组成：16 字节的包头和长度可变的数据段组成。

其中包头：Sync 为同步字段，固定设置为 0xFF；Packet ID 为包号，服务器每发一条命令都自加 1；SCSI Status 为总线状态，Message 为消息字段，SCSI Data Length 为可变数据段长度。当服务器发送命令时，总线状态和消息字段将设置为 0，并且数据字段长度固定为 16；当主控板处理完命令，将使用相同的包号通知服务器此命令是否正常处理。

可变的数据段使用 SCSI-2<sup>[6]</sup>通信协议，主要支持的命令如表 1 所示：

表 1 Media Changer 命令集

命令	功能
INITIALIZE ELEMENT STATUS	通过机械手和传感，获知每个抽片内是否放有光盘
INQUIRY	查看固件系统信息，如：公司名，产品型号等
MODE SENSE	查看设备内光驱、片匣的个数，以及各传感的状态
READ ELEMENT STATUS	主要用来读取各抽片、光驱和弹出屉内是否装有光盘，以及片匣 RFID 标签
MOVE MEDIUM	用来在各个存储单位间移动光盘
REQUEST SENSE	用来读取错误代码，当服务器收到的总线状态为 CHECK_CONDITION 时，需要调用此命令，查询具体错误信息
TEST UNIT READY	用来查看当前光盘库系统是否繁忙

(下转第 16 页)

算法 1:

```
try {F1=(U[0]*F[1]+U[1]*F[2]+U[2]*F[3]+U[3]*F[4]+U[4]*F[5]+U[5]*F[6])*(1/(U[0]+U[1]+U[2]+U[3]+U[4]+U[5]));} catch(ArrayIndexOutOfBoundsException) {} //抛出数组越界异常
或者, 算法 2
for(int i=0;i<6;i++)
{F1=F1+(U[i]*F[i+1])*(1/(U[0]+U[1]+U[2]+U[3]+U[4]+U[5]));}
```

## 4.2 系统实现

表 6 05 年胶粒季度需求值的源数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
05年	16	48	50	64	58	34	82	98	80	92	78	80
季度均值	38			52			87			83		

系统输入为:

```
.....Random demand system based on the fuzzy theory....
<1>The optimal cost: 732000.0
<2>The optimal demand: 60.666666666666664
```

系统输出为:

```
C:\jdk\bin>javac BV_Agrithm.java
C:\jdk\bin>java BV_Agrithm 16 48 50 64 58 34 85 98 80 92 78 80 1000 2000 1000 3000
```

## 5 结论

1) 采用 2005 年的原始数据作为系统输入。系统需要输入 16 个值, 前 12 个是每年每个月的需求, 后四个分别是单位库存成本、单位缺货成本、单次订货费用和单位商品价格。系统会将 12 个月的需求

值转换成季度平均值, 并最终生成最优成本和最优需求量。

2) 用系统得到的最优需求量和 06 年真实数据以及采用泊松分布得到的模拟量进行对比, 证明模糊函数得到的拟合数据更贴近于真实情况, 且比泊松分布的拟合程度要好。说明该基于模糊算法的随机需求系统具有很好的实践意义。

3) 不足和改进: 该随机需求系统的模糊算法采用了遍历的算法, 这样可以得到最优值。但是因为计算机的计算能力不足, 我们在处理数据的时候只能将每个月的需求量改成每个季度的需求量, 这样就舍弃了一定的精度。下一步我们的工作优化该模糊算法, 减少运算量, 并保证系统的精度。

## 参考文献

- 1 于春云,赵希男,彭艳东,等.模糊随机需求模式下的扩展报童模型与求解算法.系统工程,2006,24(9):103-107.
- 2 Petrovic D, Petrovic R, Vujosevic M. Fuzzy models for the newsboy problem. International Journal of Production Economics, 1996,45(1/3):435-441.
- 3 Duttap C, Roy AR. A single-period inventory model with fuzzy random variable demand. Mathematical and Computer Modeling, 2005,41(8/9):915-922.
- 4 黎青松,袁庆达,等.结合库存策略的物流选址模型.西南交通大学学报,2000,5(3).
- 5 万志成,慕静.模糊需求下物流系统订货点量的建模与仿真.决策参考,2009,20.
- 6 朱卫锋,费奇复.物流系统订货点量建模与仿真优化.数学的实践与认识,2005,7(35).

(上接第 24 页)

## 4 结束语

经测试,该系统平均无故障时间大于 50 万次,换盘时间最长为 10 秒,具有运行速度快,工作稳定等特点。移植嵌入式 Linux,提高开发效率,并且开发的应用程序具有很强的可移植性,降低升级维护成本。本系统将光驱的数据通道和控制通道相分离,即使将来光驱的接口升级,也无需改变主控板,只需要将所需要的控制线和传感线从光驱引出,连接到马达板,符合低耦合、高内聚的设计思想。

## 参考文献

- 1 光盘库保海量数据安全.中国计算机报,2003.4:D07
- 2 张帆.基于 NAS 的光盘库系统嵌入式控制器的设计与实现[硕士学位论文].2004.
- 3 S3C2440A Datasheet.
- 4 韦东山.嵌入式 Linux 应用开发完全手册.北京:人民邮电出版社,2008.
- 5 刘升.S3C2440 平台上的视频监控系统的研究与实现.计算机技术与发展,2010:240-243.
- 6 SCSI Media Changer Commands -2(SMC-2).2003.