

摘 要

随着社会经济和科学技术的发展,人们对家居生活的要求也不断提高。人们期望所生活的家居能够不断满足其对舒适、安全、高效、便捷等方面的要求,而这些要求的实现直接需要新的技术——网络技术来支持,于是家庭自动化应运而生。本文论述的家庭智能控制系统的研究和开发也是在这方面进行的一次有益的尝试。

本文共分六章,各章具体介绍如下。

第一章主要介绍了家庭自动化的概念以及国际上在家庭自动化方面的知名协议。

第二章详细介绍了家庭智能控制系统的总体结构、功能描述和采用的协议以及该协议各层的规定。

第三章介绍家庭智能控制系统的核心部分——主控模块的软硬件设计。

第四章介绍手持编址器的软硬件设计。

第五章介绍基于 PC 的总线监控模块软硬件设计。

第六章将传统照明系统与家庭智能控制系统进行了比较,并详细介绍了家庭智能控制系统在家庭中的一种安装和配置实例

第七章对全文进行总结,并对系统提出了一些构想。

ABSTRACT

With the rapid development of economy and science, people care more and more about the quality of life. In order to get such a life which is comfortable, safe, efficient and convenient, new technology is needed, such as electronic technology, network technology. Therefore, Home automation comes into being. This paper describes the research and development of home intelligent control system which is part of the home automation.

This paper is divided into seven chapters:

Chapter one introduces the concept of home automation and some world famous protocols in home automation fields.

Chapter two is the guideline of the home intelligent control system, with detailed information on system architecture, function, protocol and specification.

Chapter three presents the core of the home intelligent control system, Main Controller. In this chapter, we emphasize the hardware and software design of Main Control.

Chapter four introduces the hardware and software design of Palmar Coder.

Chapter five describes the hardware and software design of Bus Monitor based On PC.

Chapter six compares the traditional lighting system and the home intelligent control system and shows an installation instance of the home intelligent control system.

At last, chapter seven summarizes the whole paper and put forwards some new ideas for the home intelligent control system.

致 谢

在硕士论文完成之际，我衷心地感谢我的导师张玉润教授。近三年来，张老师无论在工作、学习和生活上都给予我无微不至的关心和帮助。张老师开阔活跃的思维、敏锐深刻的洞察力、严谨的治学精神和永不停息的开拓意识给我留下了深刻的印象。使我在学识和做人上都有了很大的进步。

感谢杭州市科学技术委员会的楼建人处长。项目立项时，他给予了很大的支持和帮助。项目开展时，楼处长以其广博的知识和前瞻性的见解，对项目的发展提供了很多独到和极具价值的建议。

感谢吴明光副教授、黄克强高级工程师和谢锋老师。作为开发小组的负责人，他们技术熟练，业务精通，并且对开发小组成员体现了周到的关心和帮助。在他们身上我学到了很多。

感谢杭州鸿雁电器公司的杜贵福老总。在他亲自过问下，杭州鸿雁电器公司提供了经费，项目的顺利开展是和他的大力支持分不开的。

非常感谢同学周缙、潘险峰、石向荣、张昌利，以及师弟刘敢锋、黄卜夫和刘凯。通过和你们的探讨，我受益匪浅。谢谢你们的关心和帮助。

最后，我要特别感谢我的父母，是父母的理解、支持和鼓励使我得以顺利完成学业！

陈引

2001年12月于求是园

第一章 几种网络协议简介

1.1 家庭自动化简介

家庭自动化是一种过程或系统,通过使用家庭网络或者家庭总线,使居住环境达到舒适、安全和有效。它能将家庭中的照明、视听、安全、通讯、制冷、加热以及空气调节等各种设备连接起来,协同工作。从而将你的家庭从一个被动的结构转变成为一个主动的伙伴。帮助你的工作提高效率,增加安全感,节省能源消耗,节约你的金钱,营造舒适温馨的家庭氛围。

在介绍一个家庭自动化系统的功能和组成之前,先介绍一下白色家用电器和黑色家用电器的概念。白/黑色家用电器从家用电器外表的颜色来区分的,白色家用电器主要是指电灯、微波炉、空调和洗衣机等白色外表的家用电器,与之相对,黑色家用电器主要是指电视、录/摄像机和 DVD 等。

一个完整的家庭自动化系统应该具有以下功能^[1]:

(1) 对白色家用电器和其他设备的控制、调节和监测,比如微波炉、洗衣机、灯光、电动窗帘、防盗报警器、自动门烟雾探测器、有害气体检测装置、温度和湿度控制器、风量调节器、各种手动开关和遥控器等。在这部分网络上,主要传输速率比较低的控制信号和设备状态信息,它占用的信道带宽比较窄,我们称之为控制网络或家庭总线。

(2) 沟通黑色家电和其他音、视频设备之间以及与外部世界之间的信息通道,其中包括:台式/手持计算机、电视机、录/摄像机、监视器、VCD/DVD 和数码照相机等;同时,也可以实现对它们的控制和监测。在这部分网络上,主要传输速率比较高的音、视频信号和数据信息,我们称之为信息网络或宽带网。

(3) 通过对外的接口,实现远程控制和信息交换,如:通过电话线、有线电视电缆、市电电源线、无线通讯方式和专用电缆等,建立与局域网或 Internet 的联系。

一个完整的家庭网络由下述五部分组成。

(1) 控制网:主要实现对白色家用电器(如微波炉和冰箱等饰以白色外表

的电器)的开关量和少量模拟量的控制和监视。

(2) 信息网: 主要实现对黑色家用电器(如电视、录/摄像机和 DVD 等饰以黑色外表的电器)和计算机的信息交换和控制。

(3) 路由器/网关或电话接口: 主要实现控制网络和信息网的信号综合, 并提供与外界的接口, 以便作远程控制和信息的交换。这个功能的实现也为集成商/控制中心的远程监测/维护提供了良好的基础。

(4) 控制中心/通用遥控器: 用以对家庭网络上的任意一个家用电器的控制和监测, 同时实现对网络上的家用电器作参数设置。

(5) 用户程序的开发环境: 这是在通用计算机上运行的一个软件开发环境, 它不是家庭网络上必备部分, 一般只是由系统集成公司的技术人员来使用。它的主要功能有两个: 一是在初始建立一个家庭网络时为用户生成应用程序, 为系统设置必要的初始化参数, 并将它们下载到遥控器和各个模块中去; 另一个功能是用用于调试和维护家庭网络。

1.2 网络协议简介

国际上对家庭自动化的研究起于 20 世纪 70 年代, 主要集中在北美、欧洲和日本等一些经济比较发达的国家, 其地理分布如图 1.1 所示^[2]。目前在国际已经有一些比较成熟的网络协议标准, 如 X-10、LongWorks、EIB、HBS 和 BACnet 等, 下面对这些协议做一个简单的介绍。

1.2.1 X-10

X-10 是世界上最早出现的, 也是最简单的智能家庭网络系统, X-10 在 70 年代就开始在美国流行, 成为当时最具代表性的家庭自动化产品^[3]。

X-10 采用电力线作为其网络通信介质, 系统中的各个设备直接挂在电力线上就可以相互通信, 所以 X-10 系统不需要另外再铺设信号总线, 这为系统组网带来了很大的方便^[4]。

X-10 系统主要由发送器和接收器组成, 发送器和接收器都有地址。X-10 的地址分为房间地址和设备地址, 房间地址有 16 个, 设备地址也有 16 个, 所以

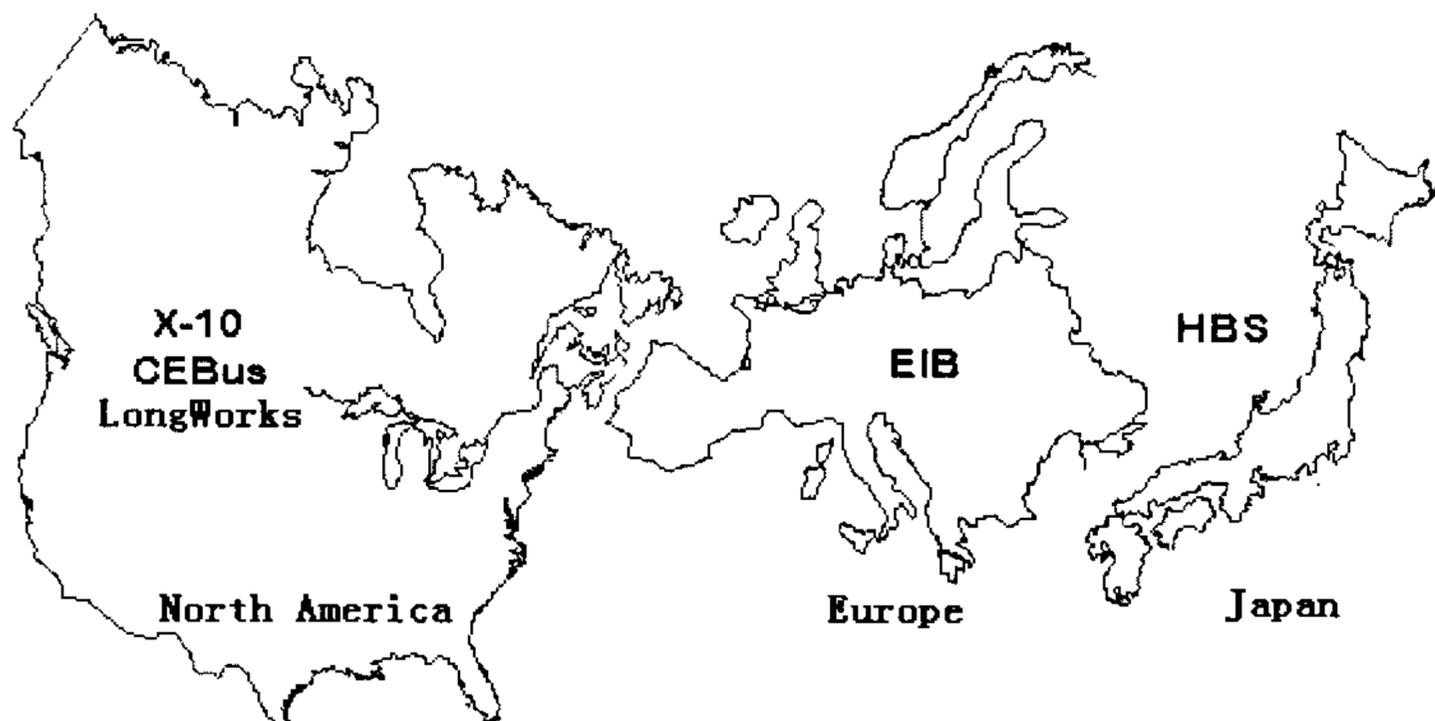


图 1.1 家庭自动化协议地理分布

X-10 最多可以有 256 个设备。

发送器和接收器的控制关系是由他们的地址来决定的。也就是说，当发送器 A 的地址与接收器 A 的地址相同时，发送器 A 就可以控制接收器 B，发送器和接收器的地址是可以改变的，当发送器 A 和接收器 A 的两者中的某一个的地址改变后，他们之间的控制关系就不再存在了。

根据不同需要，发送器有多种类型，有的可以进行灯光亮度调节，有的可实现定时控制等。

X-10 系统的低廉价格使其得到了一定的发展。2001 年，美国 650 万户家庭装备了 X-10 模块。但是，由于其只支持电力线传输，而电力线容易受到干扰系统，所以系统的抗干扰性能比较差，这点在国内表现的尤为明显。另外 X-10 的寻址空间小，对模拟量支持不够也限制了它的可扩展性和应用范围^[81]。

1.2.2 HBS

HBS 的全称是家庭总线系统 (Home Bus System)^{[5][83]}。他是由日本电子工业联合会/无线工程电子协会 (EIAJ/REEA—Electronic Industry Association of Japan/Radio Engineering&Eletronics Association) HBS 标准委员会于 1997 年制定的，得到了日本政府和商会的支持。

HBS 以双绞线和同轴电缆为通讯介质，介质的最大长度为 200m。HBS 有控

制通道和信息通道之分，控制通道用于低速数据的传输，信息通道用于高速数据的传输。控制通道最多可以有 64 个节点，传输速率为 9.6Kbps。

HBS 对开放系统互联 (OSI—Open System Interconnect)^[15] 七层模型作了精简，由三层结构组成，分别为物理层、数据链路层和网络层，类似现场总线。在介质访问子层，HBS 采用带碰撞检测的载波侦听多路访问 (CSMA/CD—Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 协议。根据网络层的规定，HBS 的子网之间由路由器连接，HBS 的子网和其他网之间用网关连接。HBS 的典型连接图如图 1.2 所示。

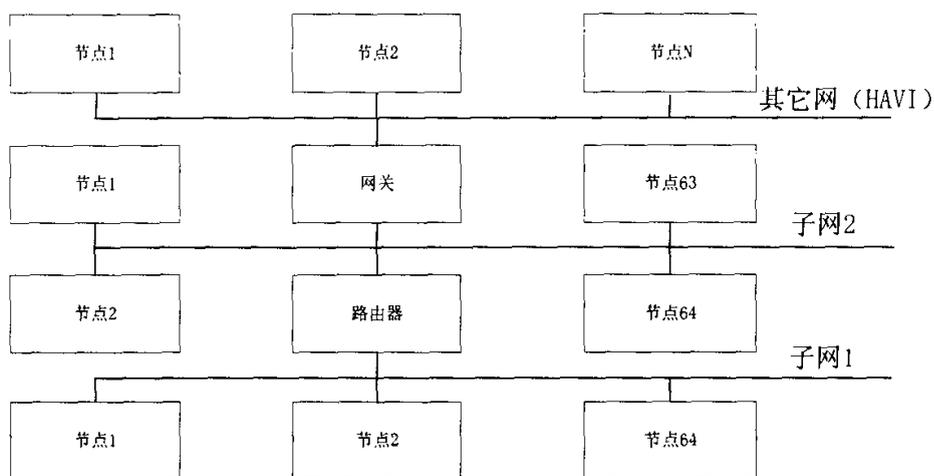


图 1.2 HBS 典型连接

日本政府以及各大公司对 HBS 投入了巨大的资金，HBS 主要面向白色家电，价格低廉性能可靠的长处使其得到广泛应用。日本黑色家电主流技术为 HAVI，HBS 通过网关与 HAVI 实现互联（见图 1.2）。但是，HBS 不支持电力线和无线传输，并且传输速率仅为 9.6kbps，这些不足限制了他的使用范围。

1.2.3 EIB

欧洲安装总线 (EIB—European Installing Bus) 是一个在欧洲占主导地位的楼宇自动化 (BA) 和家庭自动化 (HA) 标准^[6]，他是由 Siemens, ABB 等一些知名企业首先提出的。EIBA 是 EIB 的管理机构，目前在全球已经拥有 110 多家生

产厂商。美国消费电子制造协会（CEMA—Consumer Electronics Manufacturers Association）批准 EIB 为家庭网络标准（EIA—776）^[76]。

EIB 采用双绞线、电力线、同轴电缆、无线作为其通讯介质，在很多场合，主要还是使用双绞线和电力线。使用双绞线时，每个物理段可长达 1000m，传输速率为 7.6Kbps；使用电力线时，最大传输距离为 600m。EIB 网络也是一个完全对等（peer-to-peer）的分布式网络。网络上的每个设备具有相等的地位，网络拓扑图如 1.2 所示，EIB 中每个 Domain 最多可以有 15 个 Area，每个 Area 最多

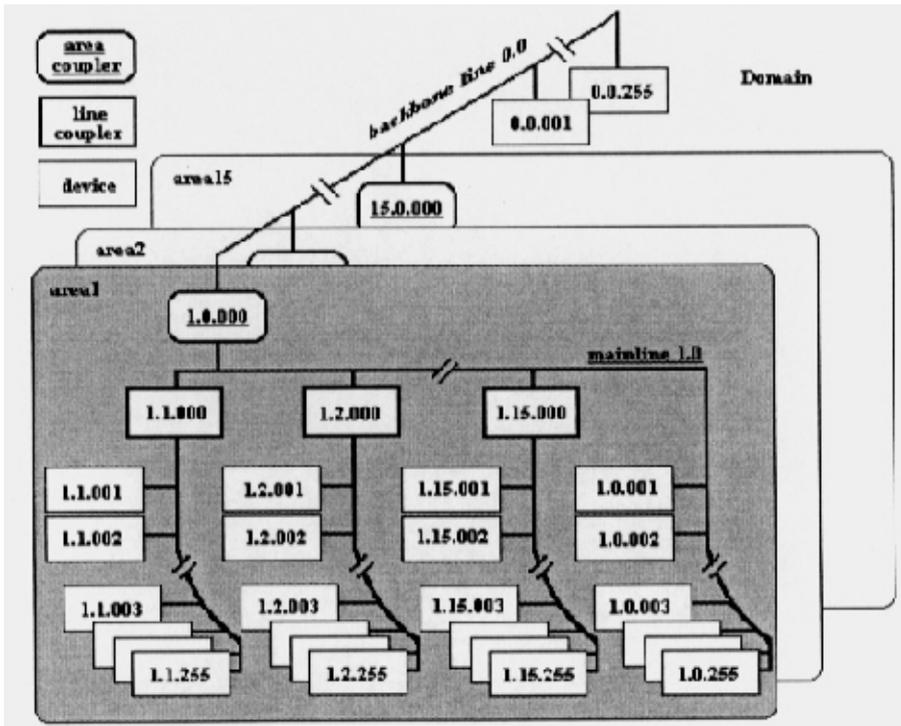


图 1.2 EIB 网络拓扑

可以有 15Line 条的每个 Line，而每条 Line 最多可容纳 255 个设备^[7]。

EIB 通讯协议遵循 OSI 七层模型。在介质访问子层，EIB 采用带碰撞避免的载波侦听多路访问（CSMA/CA—Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance）协议。网络层主要用来设置节点间通信所经过的路由器的最大数目。传输层支持面向连接和面向非连接的两种服务^[8]。

EIB 网络中，最基本的单元是总线耦合单元（BCU—Bus Couple Uint）和应

用单元 (AU—Application Unit)^{[77][78]}。BCU 中固化了 EIB 的部分通讯协议, 以便设备与总线交互。在 BCU 的基础上, 用户可以根据不同的应用选择不同的 AU。

EIB 一出现, 就获得了巨大的成功, 国际上很多知名公司都推出了符合 EIB 规范的相关产品。但是, EIB 较低的传输速率影响了他的适用范围^[79]。

1.2.4 LongWorks

LongWorks 是美国 Echelon 公司于 1990 年开发成功的全分布式智能控制网络技术, 他使用 LongTalk 作为其通讯协议^[9]。目前, LongWorks 在工业自动化、楼宇/家庭自动化方面, 得到了广泛的应用。1997 年, LongWorks 被电子工业联合会 EIA 定为家庭网络标准 (EIA/IS-709)。

LongWorks 协议支持电力线、双绞线、同轴电缆、无线和光纤作为通讯介质, 大多数场合下使用电力线和双绞线^[80]。使用双绞线时, 传输速率可以为 78Kbps (最大传输距离为 2700km) 和 1.25Mbps (最大传输距离为 130km)。LongWorks 网络中, 每个节点的地位是对等的, 是一个真正的分布式控制网络, 支持的网络节点数最多为 32000 个^[10]。

LongTalk 协议是第一个宣称完全遵循 OSI 七层模型的通讯协议。在数据链路层的介质访问子层, LongTalk 使用了 P 坚持的载波侦听多路访问 (CSMA) 协议 (P-CSMA), P-CSMA 能有效地减少网络碰撞, 提高网络的利用率。LongWorks 最基本的部件是具有通讯和控制功能的 Neuron 芯片, 该芯片有 3 个微处理器, 内部固化了 LongTalk 通讯协议和 34 个常用的 I/O 控制对象。

LongWorks 是一个功能强大的智能控制系统, 但其协议的非开放性和造价高又限制了他在家庭自动化方面的应用。

1.2.5 BACnet

BACnet 是美国采暖、制冷和空调工程师协会 (ASHRAE) 组织 20 多位世界级专家, 经过近 9 年时间的研究制定的世界上第一个楼宇自动控制网络协议^[11]。该协议 1995 年一经颁布, 即引起了各国政府、专家学者和企业的广泛关注。1995 年由美国国家标准学院通过成为美国国家标准, 目前韩国、日本已将其列为国家标准, 也成为欧盟标准草案。同时, 一些主要的自动控制设备生产商都支持

BACnet。

BACnet 遵从 OSI 七层模型的原则，将协议分为四层：物理层、数据链路层、网络层和应用层。BACnet 的物理层和数据链路层支持 LongTalk 协议。另外，他的物理层还支持 EIA-232、EIA-485、Ethernet 和 ARCNET 协议。数据链路层还支持 IEEE802.2、MS/TP（主从/令牌传递）和 PTP（点到点）协议^[73]。

BACnet 采用了面向对象的技术^[74]，它定义了一组具有属性的对象（Object）来表示任意的楼宇自控设备的功能，从而提供了一种标准的表示楼宇自控设备的方式。同时 BACnet 定义了四种服务原语来传递某些特定的服务参数。目前 BACnet 共定义了 18 个对象，123 个属性和 35 个服务。由于一个楼宇自控系统中并不是所有的设备都要有必要支持 BACnet 所有的功能，BACnet 协议还定义了 6 个性能级别和 13 个功能组^[12]。

BACnet 是一个完全开放性的楼宇自控网协议，其开放性表现在：独立于任何制造商，不需要专门芯片，并得到众多制造商的支持；有完善和良好的数据表示和交换方法；按标准制造的产品有严格的性能等级和完整的说明；产品有良好的互操作性，有利于系统的扩展和集成^[75]。

1.3 其他协议

以上所述的四个协议，是在家庭自动化方面，人们使用的最多和研究的最多的协议。除此之外，还有一些比较有名的协议，比如消费电子总线（Cebus—Consume Electronic Bus）协议^[13]和无线通讯协议 IEEE802.11^[14]。Cebus 在很多方面弥补了 X-10 的不足，他在物理层几乎定义了所有的传输介质，寻址能力也得到了很大的加强。以前曾风靡一时的蓝牙（Bluetooth）协议^[15]，现在逐渐被 IEEE802.11 协议取代，相信在以后的家庭无线网络中，IEEE802.11 协议定能大展风采^[82]。

1.4 本章小结

由以上的介绍可以看出，在家庭自动化方面，国际上有很多的协议，但是，至今为止还没有哪个协议能占据主导地位，可以说现在还处在抢协议的阶段。环顾国内，类似的协议和产品几乎为零，家庭自动化的广大市场，差不多均被国外

产品垄断^[84]。

因此，本着由易到难、循序渐进的方针，我们开发了家庭智能控制系统，本论文将对该系统作一个详细介绍。

第二章 系統總體描述

2.1 系統總體結構描述

家庭智能控制系統如圖 2.1 所示：

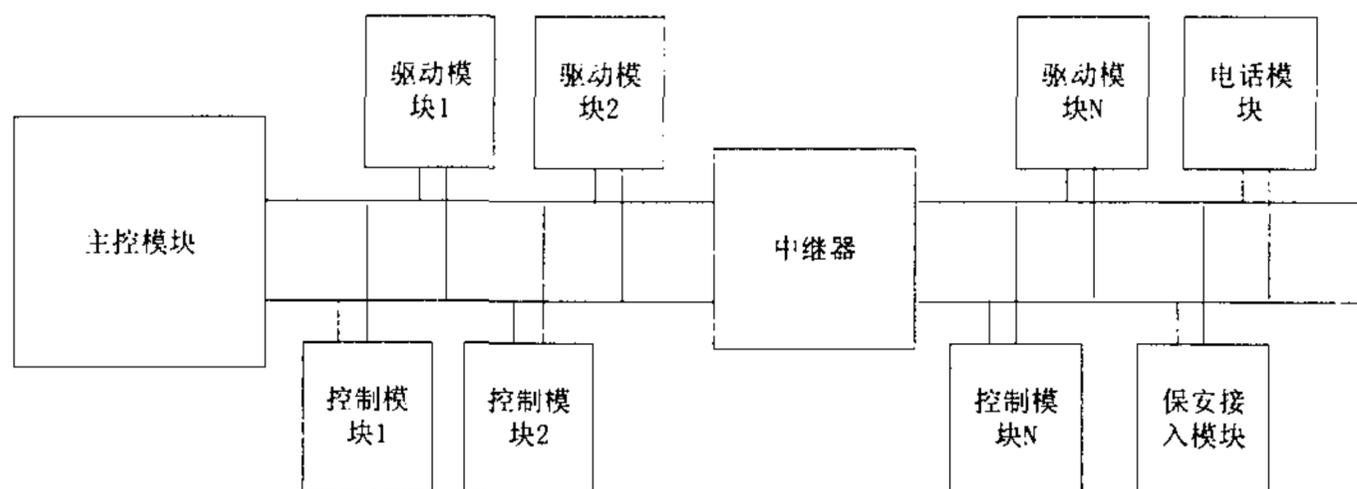


圖 2.1 家庭智能控制系統

從圖中可以看出，家庭智能控制系統是一個有線連接的總線型的系統，系統中任何設備都要連接到總線上。

總的來說，總線上的設備可以分為主控和中繼模塊類、控制模塊類、驅動模塊類和擴展功能模塊類，下面分別予以介紹。

2.1.1 主控和中繼模塊類

每套家庭智能控制系統必須包含一個主控模塊，該模塊負責協調總線上的通信，以及向總線上其他模塊供電。系統中控制類模塊和驅動類模塊之間的通信，都必須經過主控模塊仲裁，系統中的許多功能，比如調光、定時等，也都是由主模塊實現的。主控模塊有兩個接口，一個是 220V 電力線輸入端口，另一個是總線輸出端口，總線上是 24V 的交流信號，系統中的控制類模塊和驅動模塊的工作電源都是從總線上獲得的。

中繼模塊是系統的選件模塊。由於總線自身存在電阻，所以當總線很長時，總線上傳輸的信號會被衰減，這樣到達控制和驅動模塊的信號就會發生畸變，使

得他们（尤其是驱动模块）不能与主控模块正常通信。因此，为了保证系统工作的可靠性，总线上的信号需要每隔一段距离就进行放大。当然，在一些总线长度比较短的小系统中，并不需要中继器。中继器模块也有两个接口，一个是需要被放大的总线信号输入接口，另一个是经过中继器放大后的总线信号输出接口。

2. 1. 2 控制模块类

控制类模块主要是人机界面，是用户使用的最多的模块。用户的指令由他负责发到总线上，经过主控模块和驱动模块处理后，指令执行的结果又由他显示。控制类模块基本上以按键形式出现，包括开关控制器、调光控制器、遥控器/红外接收和集控模块几种类型。

开关控制器是最常用的控制类模块，通过他可以来控制对象的打开和关闭，每个开关模块可以控制四个对象，每个被控对象的状态都在面板上由两盏指示灯来显示，如果此时被控对象处在打开的状态，则红色的指示灯亮，如果处在关闭的状态，则绿色的指示灯亮。

调光控制器也是一种常用的控制类模块。开关模块只可以控制对象打开或者关闭，而调光模块除了这个功能之外，还可以连续调节白炽灯的亮度。和开关模块一样，调光模块的面板上也显示被控对象的当前开关和亮度状态。

红外接受模块接收遥控器发出的控制信号，然后再将此控制信号转发到总线上，这样用户可以直接用遥控器就可以控制家里的电器，给用户生活能带来很大的方便。

保安接入模块接收传感器发出的报警信号，经过处理后，一方面可以在本地报警，另一方面，可以将报警信号转换成规定的格式发到系统总线上。

控制类模块不需要接入 220V 电力线，他只要连接到系统的总线上就可以工作了，系统使用的是 24V 的低电压总线，所以对用户来说，这样减少了不少安全隐患。另外，开关模块和调光模块面板上的指示灯，可以在夜里给用户提供微弱的照明。

2. 1. 3 驱动模块类

驱动类模块是具体的驱动单元，他一般安装在比较隐蔽的地方。驱动类模块从总线上接收控制类模块的命令（已经经过主控模块处理），然后去驱动具体的对象，如灯，电源开关等。系统中的驱动模块包括开关驱动器，调光驱动器两种类型。

开关驱动器接收总线上的信号，通过继电器去控制灯的开关，同时向总线上回送灯此时灯的状态，以供在控制类模块的面板上显示设备工作状态。

调光驱动器接收总线上的信号，通过控制继电器和可控硅来调节灯的开关和亮度。同时也向总线上回送此时灯的开关和亮度状态。

2. 1. 4 扩展功能模块类

扩展功能累模块主要是电话模块，电话模块使智能家庭控制系统有了远程监控的能力，用户可以远程查询和遥控家中的电器，如果有了报警信号，则报警信号可以通过此模块发送到用户预先设定的固定电话或者移动电话上。

2. 2 系统功能描述

由于家庭智能控制系统采用了总线的技术，所以使系统具备了许多的功能，比如一对一控制，一对多控制，多对一控制，组控制，场景控制，定时等。为了更好的理解家庭智能控制系统的这些功能，我们先介绍一下系统最基本的工作原理。

家庭智能控制系统中控制类模块和驱动类模块在工作前，都必须有一个地址。控制类模块和驱动类模块的之间的控制关系是由他们的地址决定的，如果一个控制类模块的地址和一个驱动类模块的地址一样的时候，他们之间的控制关系就形成了，如果当中任一个的地址改变后，他们的控制关系将不复存在。家庭智能控制系统的地址由单独、调光、组和场景四种，一般单独类型的地址都用来设置开关控制器和驱动器，调光类型的地址设置调光控制器和驱动器，组和场景类型的地址用来设置开关驱动器。

一对一的控制是最常用的一种类型。当某个控制类模块的地址，和某个驱动类模块的地址一致时，并且是一一对应的关系，那么他们之间的控制关系是一对的。如果有多个驱动类模块与某一控制类模块的地址一致时，那么他们之间形

成了一对多的控制关系。如果由多个控制类模块的地址和某一个驱动类模块的地址一致时，那么他们形成了多对一的控制类关系。设备的地址是通过一个手持编址器设定的，用户可以根据需要随时更改设备的地址。

组或者场景控制中，具体一个组或者场景包含那些驱动器，用户可以通过系统中的设置模块进行编程。当用户使用手持编址器，将某一控制类模块设置了一个组类型的地址时，他必须先通过设置模块对其进行编程，可以让其包含一个驱动器，也可以让其包含多个甚至所有的驱动器。由以上的介绍可知，组控制的类似与一对多的控制，但是他们之间的控制原理有本质的不同，因为一对多控制时有多个驱动模块的地址是一样的，这样就不能对他们进行单独的控制，在有些场合不能满足用户的需要；而在组或者场景控制中，他们之间的控制关系是由组或场景内在的包含关系决定的，那些被包含的驱动模块，既可以对他进行单独控制，又可以进行组或场景控制。

场景类型的地址与组类型的地址类似，他们都能达到一对多的控制功能，但是他们有以下三点不同：首先，组地址只能设置包含哪些驱动器，而场景地址除此之外，还可以设置所包含的驱动器的状态，例如他可以被设置为包含 A 驱动器打开的状态和 B 驱动器关闭的状态。其次，场景是控制驱动器达到事先设定好的一种状态，当这个状态达到后，用户再操作该具有场景地址的控制器时，他所包含的驱动器状态不会再变化，而具有组地址的控制器，可以控制其所包含的驱动器的状态连续变化，即可以连续的全开和全关。最后，组地址有定时功能，而场景地址没有。

家庭智能控制系统中，单独地址和组地址具有定时的功能，定时分软定时和硬定时两种类型，两者的区别如下，如果一个驱动器处在软定时的状态，用户可以将其强行关闭，如果处在硬定时的状态，用户是不能将其关闭的，只有当定时时间到的时候，他才会自动关闭。软定时有 20 秒、1 分钟、5 分钟、1 小时、2 小时五种，硬定时有 20 秒、1 分钟、5 分钟三种。

2.3 系统通信协议描述

众所周知，在计算机网络的发展过程中，OSI 七层参考模型在通信领域不但起到了巨大的作用，而且他提出的接口、服务和协议的概念却深入人心，即使在现代的面向对象的编程技术中也得到了很好的体现^{[16] [86]}。

由前面的介绍可知，智能家庭控制系统是一个总线型的系统，系统所有设备之间的通信数据都在总线上传输的。因此，为了保证系统工作的高性能和可靠稳定型，我们一方面借鉴了 OSI 七层模型的思想^{[87] [88]}，另一方面也根据系统工作的实际需要，设计了三层模型的通信规范，即物理层、数据链路层和命令层，该通信协议的模型与 OSI 七层模型比较如表 2.1 所示。

2.3.1 物理层描述

根据 OSI 七层参考模型，物理层处在通信协议最低层，他主要解决通信介质和数据编码的问题。在物理层常用的协议有 RS232、RS485/422 等。

层次	ISO/OSI	家庭智能控制系统
第七层	应用层	命令层
第六层	表示层	未使用
第五层	会话层	
第四层	传输层	
第三层	网络层	
第二层	数据链路层	数据链路层
第一层	物理层	物理层

表 2.1 协议模型比较

常用的通信介质有磁介质、双绞线、同轴电缆、光纤和无线等。考虑到系统成本、可靠性和实际需要诸因素，家庭智能控制系统采用普通的双绞线作为通信介质。

常用的数据编码格式有未经编码的基带数字信号、曼彻斯特编码、归零码和非归零码等。

家庭智能控制系统采用了脉宽编码,即根据总线上信号的脉冲宽度来区分 0 或者 1。家庭智能控制系统中主控模块在总线上发出的是电压信号,而控制类模块和驱动类模块发出的是电流信号。电压信号和电流信号都统一的采用脉宽编码。脉冲编码的原理如图 2.2 所示,

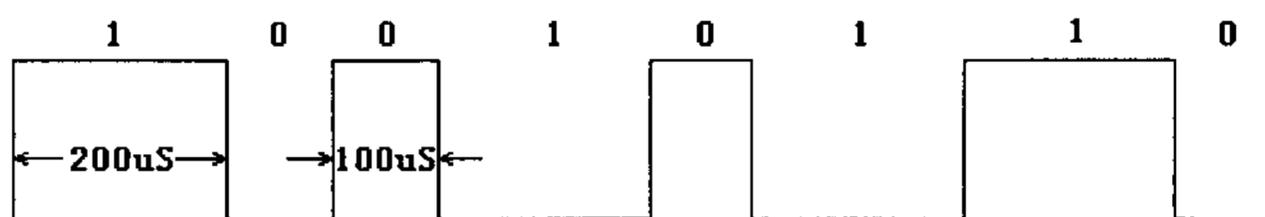


图 2.2 脉宽编码

当两个脉冲之间的间隔是 200us 时,表示的是 1,当间隔是 100us 时,表示的是 0。采用脉宽编码技术,可以使系统总线有较强的抗干扰能力。

家庭智能控制系统总线上传输的是 24V 的交流载波信号。主控模块每隔 16ms 必须向总线上发送一帧数据,主控模块发出的数据占用 16ms 中的 10ms,其余 6ms 由控制类模块和驱动类模块向主控模块发送响应信号,电压信号和电流信号时间上的分布如图 2.3 所示。

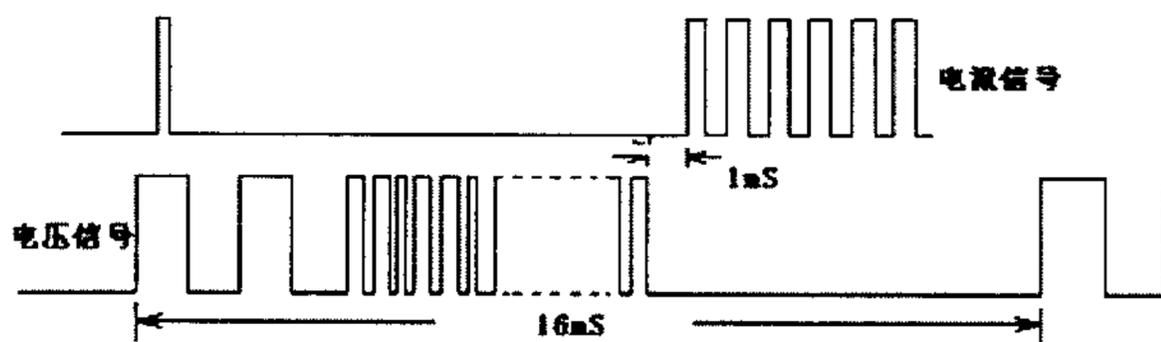


图 2.3 电压电流时间分布

2.3.2 数据链路层描述

根据 ISO 七层参考模型的规定,数据链路层主要解决通信中以下问题:成帧、差错控制。如果是广播网络,数据链路层中还要有一个介质访问子层,专门用来解决数据帧冲突问题。

家庭智能控制系统从总体上说是主从式结构，每一次通信都是由主控模块发起，他将数据发到总线上，控制类模块和驱动类接收总线上的数据，并将响应发到总线上以供主控模块接收。总线通信有两种模式，静态扫描和动态扫描。

静态扫描时，主控制器依地址顺序，向驱动类模块发状态查询帧，在获得他们的响应后向相应的控制类模块发状态设置帧，使其在面板上显示状态。

当用户操作控制模块后，控制模块在主控模块发出的帧起始位置上发出电流信号（我们称之为 Cut in 信号），从而打断静态扫描，通信进入动态扫描。主控模块发地址查询帧，发出 cutin 请求的控制模块作出响应（请他模块保持沉默），于是主控模块获得了他的地址以及具体的控制信息。然后发出设置帧，设置执行模块。最后向执行模块发状态查询帧，获得执行结果，并将此结果通过状态设置帧发给控制模块，从而结束此次动态扫描。通讯重新进入静态扫描。

在智能家庭控制系统中。主控模块发出的数据帧的结构如图 2.4 所示，开始是 5 个 bit 起始位，每位的间隔是 1ms，命令和分页各 4 个 bit、地址和数据各是 8bit，最后校验有 4bit，所以一共有 33 个 bit。校验方式采用累加和校验。方法是对命令、地址和数据共 24bit，每隔四位相加，进位抛弃，最后所得的四

起始	命令	分页	地址	数据	校验
----	----	----	----	----	----

图 2.4 主控模块发送的数据帧格式

位结果求反后，即为校验码。

家庭智能控制系统中，成帧的功能是按照如下的方法实现的。在主控模块中，命令层将要发送的数据交给数据链路层，数据链路层将这些数据按照图 2.4 所示的帧结构组成一帧数据，然后依次将该数据帧中的每个 bit 发到总线上。当控制类模块或者驱动类模块有响应时，数据链路层将他们的响应打包后交给命令层处理，他的工作流程如图 2.5 所示。在控制类模块和驱动类模块中，他们的主要任务是接收主控模块发出的数据帧和向主控模块发送 cutin 信号和响应，他们的工作流程如图 2.6 所示。由于家庭智能控制系统采用脉宽编码，所以数据链路层在发送和接收数据时，主控模块、控制类模块和驱动类模块都要用到定时器。

虽然系统采用了脉宽编码，可以有效增强总线的抗干扰能力，但是由于干

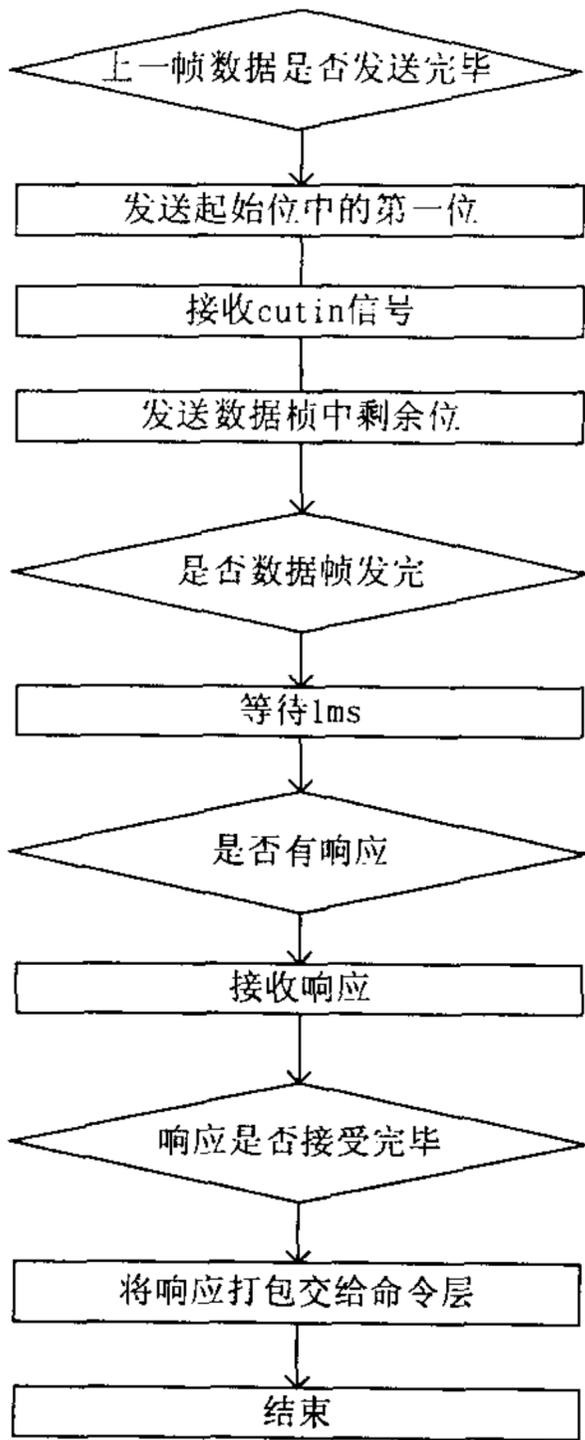


图 2.5 主控模块发送数据帧流程

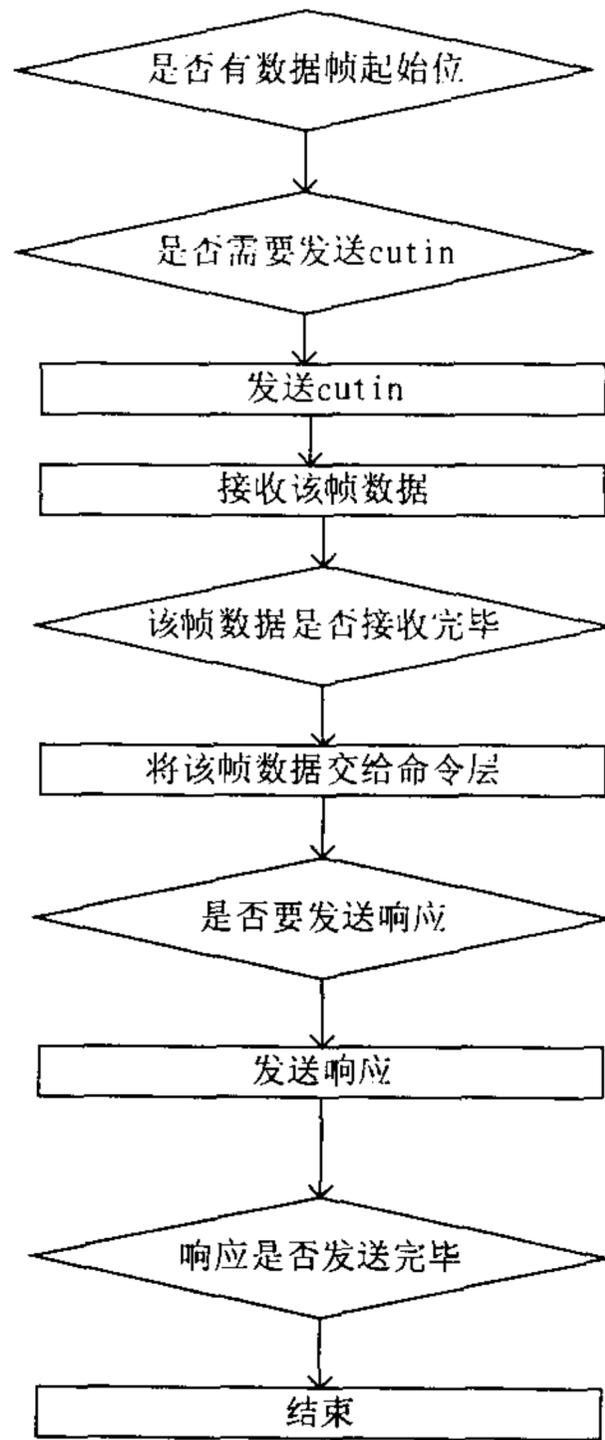


图 2.6 其他模块接收数据帧流程

扰等原因，信号的脉冲边沿会产生畸变，所以如果没有差错检测功能，系统工作有时会发生错误。按照脉宽编码的规定，200us 的脉宽表示 bit1，100us 的脉宽表示 bit0，他们之间有 100us 的间隔，所以在主控模块、控制类模块和驱动类模块接收总线上的数据时，我们将脉宽小于 140s 的信号认为是 0，而大于 160us 的信号认为是 1，增加了干扰容限，大大提高了总线的抗干扰能力。

2. 3. 3 介质访问子层描述

计算机网络分为两类：采用点到点连接的网络和采用广播信道的网络。

在所有的广播网络中，关键的问题是：当信道的使用产生竞争时，如何分配信道的使用权。为了更清楚的认识这个问题，现在考虑一个召开电话会议的情况：6个人均有各自的电话，电话能互相连通，因此每个人都可以听到其他人讲话，同时也可以与其他人通话。很可能会发生这样的情况，当其中的一个人停止讲话时，两个人或更多人会立即开始同时讲话，因而导致混乱。再面对面的会议中，这种混乱可以通过一些外部方法，如举手申请发言的形式来避免。但是在只有单个信道可以使用时，要决定下一个该谁讲话就困难了。广播信道有时也称多路访问信道（multiaccess channel）或随机访问信道(random access channel)^[16]。

为了解决这个问题，人们已经制定了许多协议。比如 ALOHA 协议、载波侦听多路访问（CSMA—Carrier Sense Multiple Access）协议等。

根据前面的介绍可知，家庭智能控制系统属于广播网络，控制类模块和驱动类模块把数据以广播的形式发送到总线上，所以系统存在着信道竞争的问题。从家庭智能控制系统的工作原理可以看出，如果有多个控制类模块在同一帧数据起始位同时发了 cutin（在总线上也会发生碰撞，但是不影响主控模块的接收），主控模块收到 cutin 后，会接着发出查询命令，以便获得他们的具体地址，这时候这些发 cutin 的控制类模块会同时回送地址，他们发出的数据在总线上就会发生碰撞，使主控模块不能正确接收，从而造成系统的误动作。从上面的分析可知，如果主控模块在接收 cutin 时，能判别出是一个控制类模块发出的 cutin 还是多个控制类模块发出的 cutin，那么就能从更本上解决信道竞争的问题。

在家庭智能控制系统中规定，cutin 信号的脉宽至少为 50us（一般为 50us）。如果有多个控制类模块同时发出 cutin 请求，由于 cutin 信号在总线上的延时和叠加，主控类模块接收到的 cutin 信号脉宽至少会大于 70us。

根据上述这点，如果主控模块发现接收到的 cutin 信号小于 70us（一般为 50us），那么他就知道，只有一个控制模块发出了 cutin，接着他会发出查询命令来获得发 cutin 信号的控制模块的地址，以进行下一步的操作。如果主控模块发现接收到的 cutin 信号大于 70us，他就知道此时有多个控制类模块同时发出了 cutin 请求，这时他就不理会这些请求，继续作自己的工作，而控制类模块发现自己发出 cutin 请求后，主控模块并没有发出查询地址的命令，他就知道了他发出的 cutin 信号与另外一个控制类模块发生了碰撞，因此，他会等待一个随机长

的时间之后，再向主控模块发出 cutin 请求，因为他等待了一个随机长的时间，所以下次他再发 cutin 信号时，与刚才发生碰撞的模块再次发生碰撞的机率就会小的多了。

2.3.4 命令层描述

由于家庭智能控制系统采用主从式通讯方式，因此所有的命令帧都是由主控模块发出的，控制类模块和驱动类模块只返回响应和 cutin 申请。由图 2.4 可以看出，每帧数据去除起始位和校验位后，还剩下命令、分页、地址和数据四项，共三个字节，下面分别予以说明。

命令表明此帧要执行什么操作。目前有查询、设置和等待三类命令。其中查询分查询驱动类模块：0100，查询控制类模块：1000、0110、0010；设置驱动类模块和控制类模块均为 1100；等待命令：0000。

分页：系统扩展时使用，目前只是用了 0001。

在介绍地址和数据项之前，我们先来看看家庭智能控制系统的地址规定。我们知道家庭智能控制系统的地址分为四种类型，这四种类型地址的定义和分布如下：

1. 单独类型地址 (I)。分为 64 组，每组 4 个。控制类模块单独类型地址范围为 0~63，驱动类模块单独类型地址范围为 128~191。
2. 调光类型地址 (D)。分为 16 组，每组 1 个。控制类模块调光类型地址范围为 64~79，驱动类模块调光类型地址范围为 192~207。
3. 组类型地址 (G)。分为 32 组，每组 4 个。组的地址范围是 80~111。
4. 场景类型地址 (P)。分为 16 组，每组 4 个。场景的地址范围是 112~127。

我们将以上所说的四种类型地址再细分为两部分：段地址和偏移地址。段地址就是其组号，偏移地址是指该组所包含的元素的编号，编号有 1, 2, 3, 4 四种。对单独类型地址，段地址就是组号，范围为 0~63，每组中包含四个元素，偏移地址范围为 1, 2, 3, 4，可以以 1-1, 1-2, 1-3, 1-4 来表示。对调光类型地址，同样段地址为其组号，范围为 64~79，但是调光类型的组地址只包含一个

元素，所以其偏移地址固定为 1，可以以 64-1, 65-1 来表示。组和场景类型的地址与单独类型地址类似，段地址即为其编号，偏移地址范围为 1, 2, 3, 4。

通过上述对地址的划分规定，我们将组号填入数据帧的地址项中，因为各种类型地址其范围不一样，所以从数据帧的地址项中我们就能看出是对何种类型的地址操作。

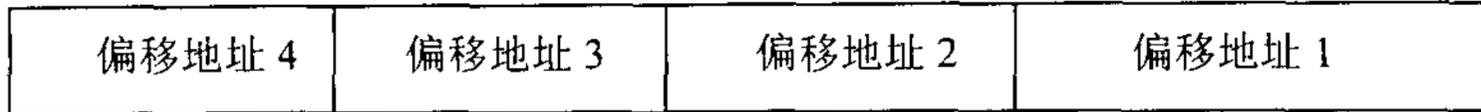


图 2.7 单独类型数据项结构

偏移地址体现在数据帧的数据项中。对单独类型地址，他们每个地址的通信内容只要占用两个 bit 就够了，因此，我们将数据项这个字节划分为四块（如图 2.7 所示），bit0,1 是留给偏移地址 1 的，bit2,3 是留给偏移地址 2 的，以此类推。所以数据项同时兼有两种功能，一方面根据该两位的数值可以表明通信的内容，另一方面根据位置可以表明他的偏移地址。对于调光类型地址，他的通信内容要包含亮度的信息，所以他必须占用一个字节，这也是调光类型地址的偏移地址固定为 1 的原因。组和场景类型地址的数据项与单独类型地址类似，此处不在

例如，命令帧 0100,1000,10000000,00000000 表明的是向单独类型地址的驱动模块查询状态，该驱动模块的地址是 0-1, 0-2, 0-3, 0-4。而命令帧 1100,1000,00000000,01100110 表明是向具有单独类型地址 0-1, 0-2, 0-3, 0-4 的控制模块设置，设置数据分别为 10, 01, 10, 01。

2. 4 本章小结

本章对家庭智能控制系统的总体结构、主要功能和系统中采用的通信协议作了简单介绍，下面几章将详细论述系统的几个组成部分的软硬件设计。

第三章 主控模块设计

主控模块在家庭智能控制系统中是必不可少的,每套系统必须包含一个主控模块,否则系统不能运行。在硬件上,主控模块负责与总线上其他模块通信和向他们提供工作电压。在软件上,他要实现家庭智能控制系统中的一些主要功能,比如定时控制、组控制、场景控制和设备管理等。

3.1 主控模块硬件设计

主控模块的硬件结构如图 3.1 所示。

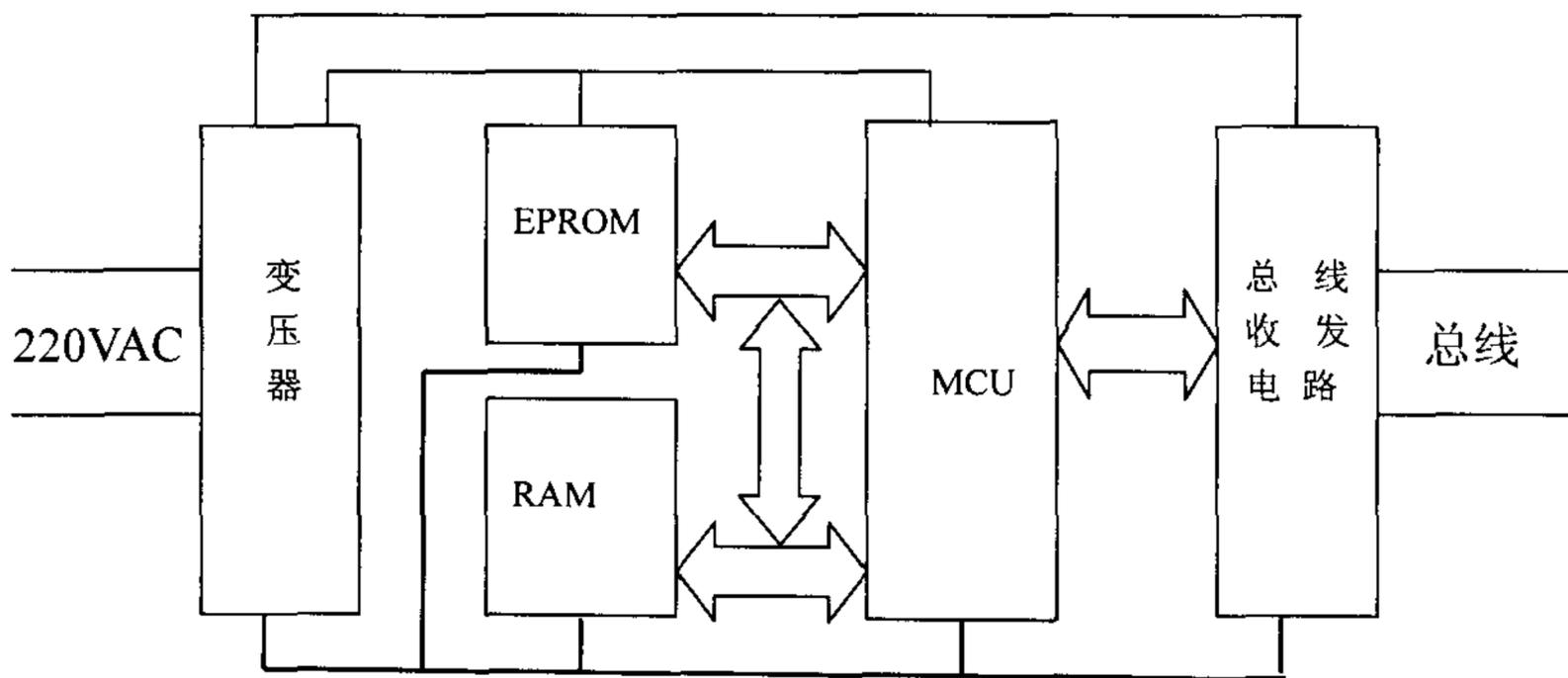


图 3.1 主控模块硬件结构

从图 3.1 中可以看出,主控模块的硬件可以分为电源、MCU、存储器和总线收发电路四部分组成。

3.1.1 电源部分描述

电源部分主要是变压器^[57]，变压器原边输入为交流 220V 市电，副边输出为交流 5V 和交流 30V。

MCU 和存储器都是 CMOS 器件，需要工作在 CMOS 电平下，因此他们由变压器的 5V 输出，经全波整流滤波后变成直流 +5V 供电。我们知道家庭智能控制系统总线上的信号是 ±24V 方波信号，所以总线收发模块由变压器的 30V 输出，同样经全波整流滤波后变成直流 +30V 供电。全波整流和滤波电路原理如图 3.2 所示^[58]。

为了减少干扰，整个系统采用单点接地技术^[17]，即两部分电源的地线在线路板上是分开走线的，但是最后将这两个地线连接到一点。

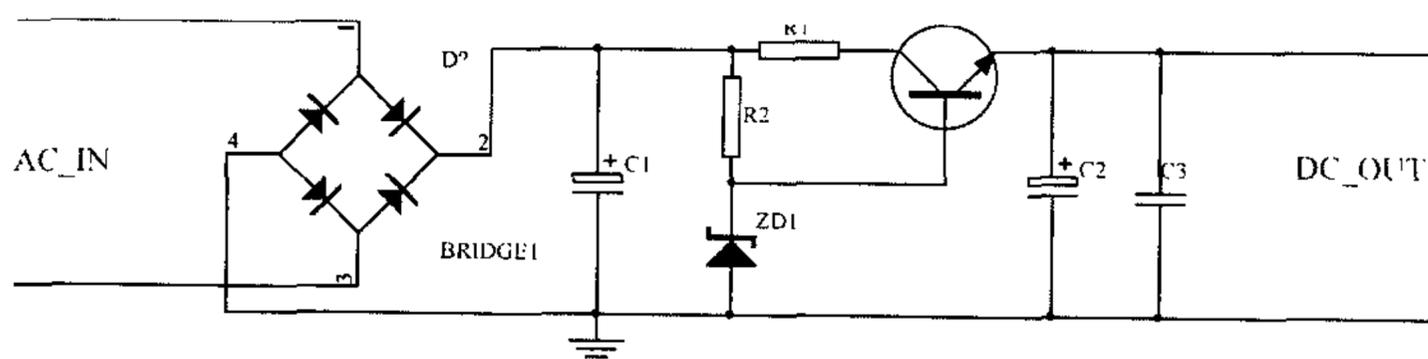


图 3.2 全波整流滤波原理

3. 1. 2 MCU 部分描述

我们选择了 ATMEL 公司的 AT89C52 作为主控模块的 MCU，AT89C52 是当今最流行的 MCU 之一，和 MCS-51 系列微处理器兼容^[18]。AT89C52 的结构如图 3.3 所示。

AT89C52 是采用 CMOS 工艺制造的一款低功耗、高性能的 8 位微处理器^[59]。AT89C52 片内有 8K 字节可编程的 Flash ROM（可以擦写 1000 次），可以简化系统硬件设计，提高系统软件的保密性；片内 256 个字节的 RAM，使编程更方便。有 PDIP、PLCC、PQFP 和 TQFP 四种封装形式供用户选择。AT89C52 的具体特性如下：

- 1: 一个 8 位算术逻辑单元；

部晶振下。12MHz的晶振既能满足系统工作的需要，又能使AT89C52不至于工作在超负荷的状态下，保证了系统硬件工作的稳定性^[60]。

我们将AT89C52的片内/片外程序空间选择引脚EA接地，使用外部程序存储器。主控模块的软件占据的存储空间比较大，而AT89C52片内只有8K Flash ROM，所以我们选择了有64K Eprom的片外程序存储器TMS27C512（将在下一节介绍）。

3. 1. 3 存储器部分描述

主控模块中，存储器分为程序存储器和数据存储器两块^[61]。

我们选择了 Texas Instruments 公司的 TMS27C512 作为程序存储器^[19]。TMS27C512 是使用 CMOS 工艺制造的低功耗 EPROM，存储空间为 64K×8 Bit，输入输出电平与 TTL 兼容。TMS27C512 采用+5V 单电压供电，编程电压为 12V，片内数据采用紫外线擦除。TMS27C512 的引脚示意图如图 3.4 所示。

数据存储器中，我们选择了 Cypress 公司的 CY62256 作为系统 RAM^[20]，Atmel 公司的 AT28C256 作为系统 EEROM^[21]。

CY62256 是采用 CMOS 工艺制造的低功耗静态随机存储器，存储空间为 32K×8Bit，输入输出电平与 TTL 兼容。CY62256 采用 4.5V—5.5V 供电电压，访问时间为 55ns 或 70ns，当片选线无效时，CY62256 自动 POWER DOWN。CY62256 的的引脚示意图如图 3.5 所示。

AT28C256 也是采用 CMOS 工艺制造的低功耗 32K×8Bit EEROM，读访问时间为 150ns，写访问时间为 3—10ms，支持 1—64 字节的页写，输入输出电平与 TTL 和 CMOS 兼容。AT28C256 在硬件和软件上支持数据保护功能，防止意外操作损坏重要数据。AT28C256 的引脚示意图如图 3.6 所示。

部晶振下。12MHz的晶振既能满足系统工作的需要，又能使AT89C52不至于工作在超负荷的状态下，保证了系统硬件工作的稳定性^[60]。

我们将AT89C52的片内/片外程序空间选择引脚EA接地，使用外部程序存储器。主控模块的软件占据的存储空间比较大，而AT89C52片内只有8K Flash ROM，所以我们选择了有64K Eprom的片外程序存储器TMS27C512（将在下一节介绍）。

3. 1. 3 存储器部分描述

主控模块中，存储器分为程序存储器和数据存储器两块^[61]。

我们选择了 Texas Instruments 公司的 TMS27C512 作为程序存储器^[19]。TMS27C512 是使用 CMOS 工艺制造的低功耗 EPROM，存储空间为 64K×8 Bit，输入输出电平与 TTL 兼容。TMS27C512 采用+5V 单电压供电，编程电压为 12V，片内数据采用紫外线擦除。TMS27C512 的引脚示意图如图 3.4 所示。

数据存储器中，我们选择了 Cypress 公司的 CY62256 作为系统 RAM^[20]，Atmel 公司的 AT28C256 作为系统 EEROM^[21]。

CY62256 是采用 CMOS 工艺制造的低功耗静态随机存储器，存储空间为 32K×8Bit，输入输出电平与 TTL 兼容。CY62256 采用 4.5V—5.5V 供电电压，访问时间为 55ns 或 70ns，当片选线无效时，CY62256 自动 POWER DOWN。CY62256 的的引脚示意图如图 3.5 所示。

AT28C256 也是采用 CMOS 工艺制造的低功耗 32K×8Bit EEROM，读访问时间为 150ns，写访问时间为 3—10ms，支持 1—64 字节的页写，输入输出电平与 TTL 和 CMOS 兼容。AT28C256 在硬件和软件上支持数据保护功能，防止意外操作损坏重要数据。AT28C256 的引脚示意图如图 3.6 所示。

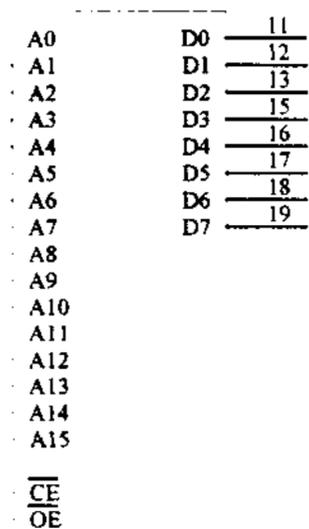


图 3.4 TMS27C512

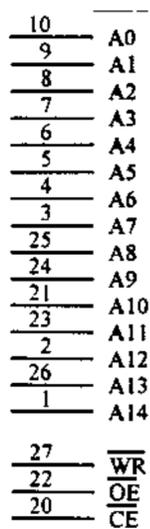


图 3.5 CY62256

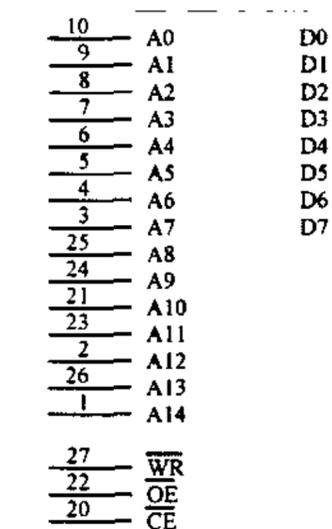
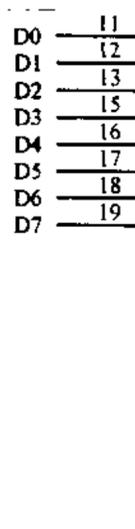


图 3.6 AT28C256

3. 1. 4 总线收发电路描述

家庭智能控制系统在总线上传输的是 24V 的交流信号，由于电源模块提供的是 30V 的单电压，因此，我们采用了如图 3.7 所示的总线收发电路^[62]。

图中 Q1Q2 与 Q3Q4 是两对互补的大功率晶体三极管^{[70][71]}，Q5Q6 是普通晶体三极管，U1、U2 是比较器，MCU_IN 与 MCU_OUT 连接到 MCU 的引脚，MCU_IN 是总线向 MCU 输入的引脚，MCU_OUT 是 MCU 输出到总线的引脚。

从图 3.7 中，我们可以看出，MCU 的信号是按照如下的方式发到系统总线上的：

当 MCU 输出信号为低电平时，MCU_OUT 引脚保持 0V，通过与 Refer_Voltage1 比较，U1A 输出 0V，U1B 输出 30V。这样使得 Q2 与 Q6Q3 导通，Q1Q5 与 Q4 截止，这时电流从 30V 电源流出，经过 Q6Q3 流向总线的 BUS_2，然后从 BUS_1 流回，最后经过 Q2 流入地，扣除晶体管的压降，BUS_1 与 BUS_2 之间的电压为-24V。

当 MCU 输出信号为高电平时，MCU_OUT 引脚保持 5V，通过与 Refer_Voltage1 比较，U1A 输出 30V，U1B 输出 0V。这样使得 Q5Q1 与 Q4 导通，Q6Q3 与 Q2 截止，这时电流从 30V 电源流出，经过 Q5Q1 流向总线的 BUS_1，然后从 BUS_2 流回，最后经过 Q4 流入地，扣除晶体管的压降，BUS_1 与 BUS_2 之间的电压为+24V。

这样，通过变换电流的方向就实现了单一电源输出交流信号的功能。当 MCU 发出信号时，0V~5V 的变化，引起了总线电压-24V~+24V 的变化，从而实

现总线信号变换。MCU 发完信号后，MCU_OUT 引脚电平保持不变，总线始终保持在一个固定电平-24V 或+24V。

MCU 从总线上接收其他模块的信号是按照如下方式实现的：

从图 3.7 中我们看到，总线上的电流信号，不论是通过 Q2 还是通过 Q4，最终都要经过电阻 R12 才流入地。这样，总线上的电流信号就可以通过电阻 R12 采样获得。值得注意的是，连接在总线上的控制类和驱动类模块都有一定的静态功耗，这样 R12 上始终有这部分电流引起的电压。但这个电压并不是信号，需要将其屏蔽掉。这可以通过调节比较器 U2B 同相端的电平实现。例如当同相端的电平取 1V，R12 取 4Ω 时，总线可以流过的 250mA 的电流而不会引起 MCU_IN 端电平的变化。在家庭智能控制系统中，控制类模块和驱动类模块向 MCU 回送信号，是通过将总线瞬间短路来实现的，瞬间短路时会在总线上引起一个相当大的电流。这时采样电阻 R12 上产生的电压就高于比较器 U2B 的同相端电压。从而引起 MCU_IN 端电平的变化，实现总线电流信号到电压信号的转换和信号输入。

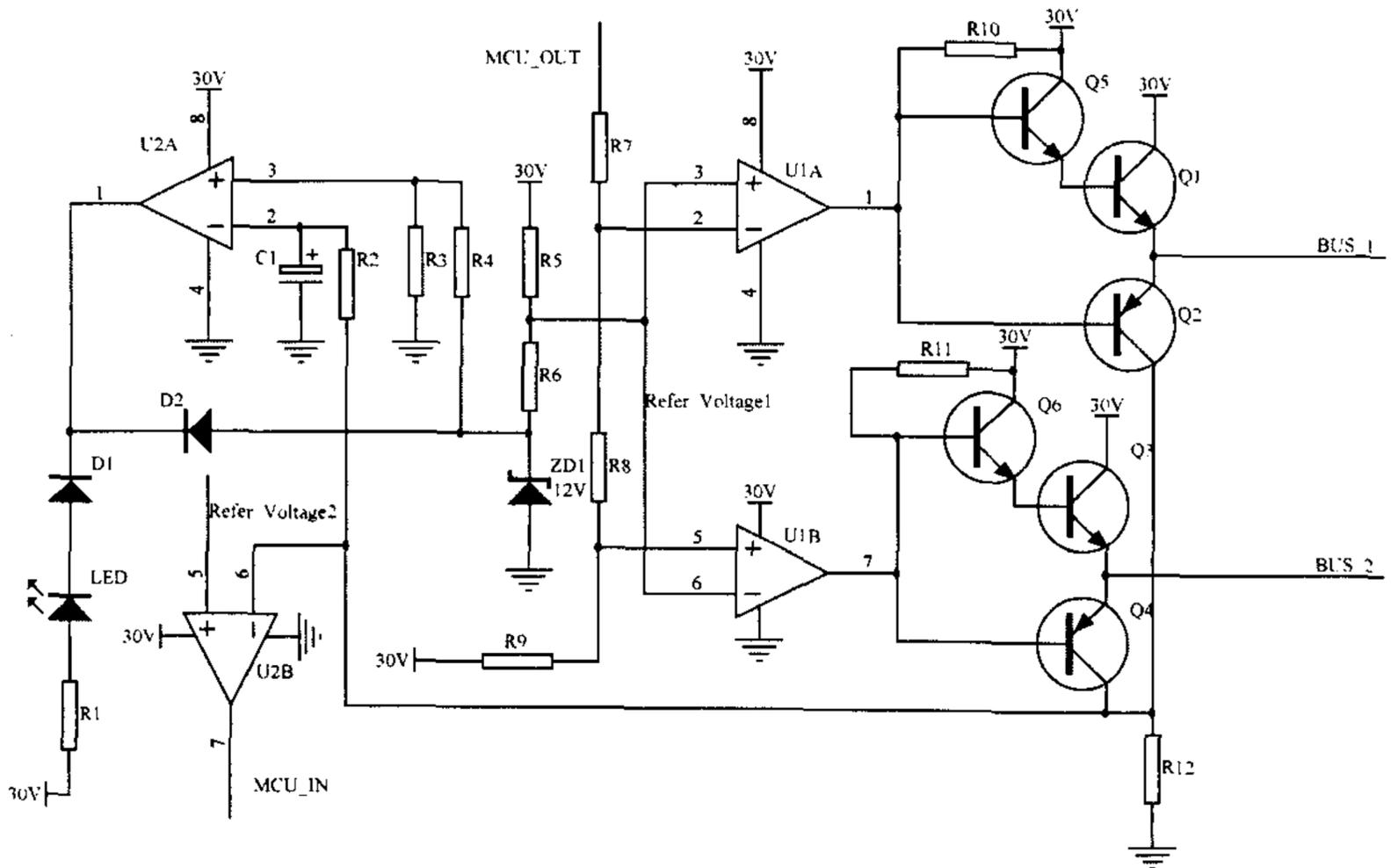


图 3.7 总线收发电路

家庭智能控制系统采用两线制的总线作为系统传输介质，一旦这两根线发生短路，就会对整个系统产生毁灭性的破坏，甚至会引起家庭火灾，因此，在总线收发电路的硬件设计中，我们使用将总线锁定的方法，来防止总线短路带来的严重后果，即总线一旦发生短路，我们将 U1A 和 U1B 的输出置成相同电压，这样总线上就没有电流流过了，大大增加了系统的安全性。具体工作原理如下：

从图 3.7 中，我们看到 R2 和 C1 构成了一个低通滤波器，所以当系统控制类模块和驱动类模块瞬间短路时，在采样电阻 R12 上形成的电压不会影响 U2A 反相端的输入，从而不会影响 U2A 的输出。正常情况下，稳压管 ZD1 产生 12V 的电压，通过 R3R4 的分压，使得 U2A 同相端的电压大于反相端的电压，U2A 的输出为 30V。但是，如果总线发生短路，会在采样电阻 R12 上产生长时间的电压，这就会影响 U2A 反相端的输入，从而使得 U2A 的输出变为 0V。此时产生两种的情况，1：电流从 R1、LED 和 D1 流向 U2A 的输出引脚，LED 会亮起来以提醒用户总线发生了短路；2：由于电流从 R5、R6 和 D2 流向 U2A 的输出引脚，12V 稳压管 ZD1 不再起稳压的作用，U1A 的同相端和 U1B 的反相端的电压受到影响，通过电阻 R7、R8 和 R9 的分压，使得无论 MCU_OUT 引脚的电压为何值，U1A 和 U1B 的输出总为相同电压值，这样总线上就没有电流流过了；此时采样电阻 R12 上的电压就几乎为 0V，这样可使收发电路又恢复了正常工作状态，LED 熄灭；如果此时总线还处在短路的状态，收发电路仍然会将总线锁定，LED 点亮。如此往复，只要总线处在短路的状态，一方面由于总线锁定的功能，使得总线上没有长时间的大电流流过，达到了系统即使在总线短路的情况下，也能不受损坏的目的；另一方面，LED 会时亮时灭，提醒用户总线发生短路了。当总线脱离了短路后，由前面介绍的收发电路工作原理可知，系统能自动恢复到正常工作的状态，即硬件电路有自保护功能，因此系统有完备的自治性能。

3. 2 主控模块软件设计

主控模块的软件在家庭智能控制系统中，起着至关重要的作用，系统中的通信协议和很多功能都是在其中实现的，并且软件的可靠性和稳定性对系统的正常工作也有着关键性的影响。

从第二章的介绍中，我们知道主控模块主要有数据链路层收发模块、命令层处理模块和数据处理模块三个部分，他们之间的相互关系如图 3.8 所示。

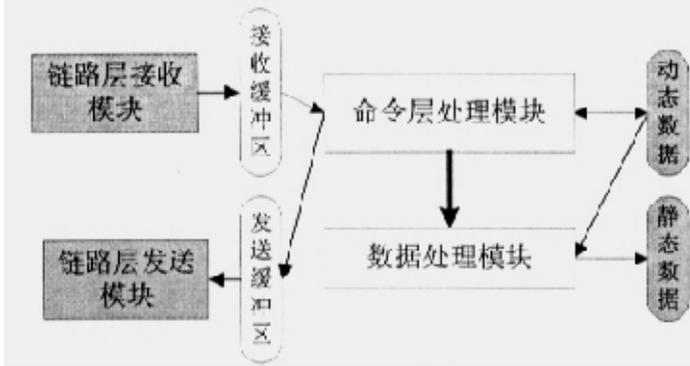


图 3.8 主控模块内部运行流程

数据链路层主要负责将主控模块的命令，按照规定格式组成数据帧发出，接收控制类模块和驱动类模块的响应，并将其送给命令层处理。数据链路层还要处理差错控制和数据碰撞等问题。

命令层处理模块主要包含静态扫描、动态扫描两个模块。静态扫描依次按照地址顺序，根据查询到的驱动类模块状态，设置控制类模块。当控制类模块发出 CutIn 后，主控模块由静态扫描进入动态扫描，处理完毕后，再返回到静态扫描。

数据处理模块涉及到静态数据和动态数据，其中静态数据是放在 EEPROM AT28C256 中，其内容是地址包含关系，如组类型地址和场景类型地址包含了哪些单独类型或调光类型地址，这些内容是用户设定的包含关系，在系统断电后也必须保持。动态数据放在 SRAM CY62256 中，他包含两块，一块记录系统运行时各个模块的状态，这可以通过运行时的查询动态填写。另一块是静态数据的镜像，我们知道组和场景类型地址的控制关系，可以在运行中动态修改的。因此先修改动态数据区，当用户修改完毕后，再将动态数据区的这块镜像重新写回静态数据区，从而新的控制关系被保存了下来。

3. 2. 1 软件开发工具

在 MCU 上开发软件，以前主要使用的是汇编语言。汇编语言有编译效率高，执行速度快等优点，但是汇编语言并不是一种结构化语言，他编写的软件可读性、

可扩展性和维护性都比较差，并且开发周期长^[22]。

C语言是一种通用的计算机程序设计语言，它既有高级语言的各种特征，又能直接操作系统硬件，而且可以进行结构化程序设计，用C语言编写的程序很容易移植^[23]。

AT89C52有多种C51的编译器支持，经过Keil/Franklin、Archmeads、IAR、BSO/Tasking 等公司艰苦不懈的努力，C51于90年代开始渐趋成熟，成为专业化的MCU高级语言了。过去长期困扰人们的所谓高级语言产生代码太长，运行速度太慢，因此不适合单片机使用的致命缺点在很大程度上得到克服。目前C51语言的代码长度已经做到了汇编水平的1.2-1.5倍，4K字节以上的程序C语言的优势更能得到发挥，至于执行速度的问题，只要有好的仿真器的帮助，找出关键代码，进一步用人工优化就可很简单地达到十分美满的程度。如果谈到开发速度、软件质量、结构严谨程度、坚固等方面的话，则C语言的完美绝非汇编语言编程所可比拟的。这也是我们选用89C52作为MCU的主要原因。C51的优点具体可以归纳为以下几个方面^[24]：

- 1: 不懂得单片机的指令集也能够编写完美的单片机程序。
- 2: 无须懂得单片机的具体硬件，也能够编出符合硬件实际的专业水平的程序。
- 3: 不同函数的数据实行覆盖有效利用片上有限的RAM空间。
- 4: 程序具有坚固性：数据被破坏是导致程序运行异常的重要因素。C语言对数据进行了许多专业性的处理，避免了运行中间非异步的破坏。
- 5: C语言提供复杂的数据类型（数组、结构、联合、枚举、指针等），极大地增强了程序处理能力和灵活性。
- 6: 提供auto static const等存储类型和专门针对51系列单片机的data、idata、pdata、xdata、code等存储类型，自动为变量合理地分配地址。
- 7: 提供small、compact、large等编译模式，以适应片上存储器的大小。
- 8: 中断服务程序的现场保护和恢复，中断向量表的填写，是直接和MCU相关的，都由C编译器代办。
- 9: 提供常用的标准函数库以供用户直接使用。
- 10: 头文件中定义宏、说明复杂数据类型和函数原型，有利于程序的移植

和支持MCU的系列化产品的开发。

11: 有严格的句法检查, 错误可容易地在高级语言的水平上迅速地被排除掉

12: 可方便地接受多种实用程序的服务: 如片上资源的初始化有专门的实用程序自动生成; 再如, 有实时多任务操作系统可调度多任务, 简化用户编程, 提高运行的安全性等等。

3. 2. 2 数据链路层软件设计

从上面的介绍中, 我们知道数据链路层主要处理发送主控模块的数据帧和接收其他模块的响应。

我们知道, 家庭智能控制系统总线信号是按照脉冲宽度来编码的, 一帧数据时间长度为 16ms, 共 33 个 Bit, 以 200ms 的脉冲宽度表示 1, 100ms 的脉冲宽度表示 0, 因此数据链路层在发送和接收数据帧时, 都必须用到 AT89C52 的定时/计数器和外部中断。

AT89C52 的计数功能是指对外部事件进行计数。外部事件的发生以输入脉冲表示, 因此计数功能的实质是对外来脉冲进行计数。但是计数脉冲的频率不能高于振荡频率的 $1/24$ ^[25]。

定时功能也是通过计数器的计数来实现的, 不过这时的计数脉冲来自 AT89C52 的内部, 即每个机器周期产生一个计数脉冲。也就是每个机器周期计数器加 1。由于 AT89C52 一个机器周期等于 12 个振荡脉冲周期, 因此计数频率为振荡频率的 $1/12$ 。如果采用 12MHz 晶振, 则计数频率为 1MHz。即每微秒计数器加 1。这样不但可以根据计数值计算出定时时间, 也可以反过来按定时时间的要求计算出计数器的预置值。

AT89C52 中与定时/计数器相关的寄存器主要有以下几个: EA(中断使能寄存器), TL0/TL1(T0/T1 低 8 位)、TH0/TH1(T0/T1 高 8 位)、TCON(定时控制寄存器)、TMOD(工作方式寄存器)^[26]。

TL0/TL1 中存放定时器/计数器的初始低 8 位值, TH0/TH1 中存放的是定时器/计数器的初始高 8 位值。他们的初始数值是根据实际定时/计数需要计算出来的。

EA 负责 AT89C52 的中断控制，其各位定义如图 3.9 所示。其中 ET0 和 ET1 控制 T0 和 T1 的中断，EA 控制所有中断。ET0(ET1)=1: 允许 T0(T1) 中断; ET0(ET1)=0: 禁止 T0(T1) 中断。EX0 (EX1) =1: 允许外部中断 0 (外部中断 1) 中断; EX0 (EX1) =0: 禁止外部中断 0 (外部中断 1) 中断。

EA	----	ET2	ES	ET1	ES1	ET0	EX0
----	------	-----	----	-----	-----	-----	-----

图 3.9 中断使能寄存器各位定义

TCON 既参与中断控制又参与定时控制，其各位定义如图 3.10 所示。

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

图 3.10 定时控制寄存器各位定义

其中参与定时控制的有四位：

TF0 (TF1) ——计数溢出标志。当计数器溢出（计满）时，该位置 1。使用查询方式时，此位作状态位供查询，但应注意查询有效后以软件方法及时将该位清 0；使用中断方式时，此位作中断标志位，在转向中断服务程序时由硬件自动清 0。

TR0 (TR1) ——定时器运行控制位。TR0 (TR1) =0: 停止 T0/T1 工作；TR0 (TR1) =1: 启动 T0/T1 工作。该位需要以软件方式使其置 1 或清 0。

TMOD 寄存器是一个专用寄存器，用于控制两个定时器/计数器的工作方式。其各位定义如图 3.11 所示。

定时器/计数器1				定时器/计数器0			
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

图 3.11 工作方式控制寄存器

从寄存器的位格式中可以看出，他的低 4 位定义定时器 0/计数器 0，高 4

位定义定时器 1/计数器 1。其中：

GATE——门控位。GATE=0：以运行控制位 TR0 (TR1) 启动定时器；GATE=1：以外中断请求信号启动定时器。

C/T——定时方式或计数方式选择位。C/T=0：定时工作方式；C/T=1：计数工作方式。

M1M0——工作方式选择位。M1M0=00：工作方式 0；M1M0=01：工作方式 1；M1M0=10：工作方式 2；M1M0=11：工作方式 3。

家庭智能控制系统软件中，我们使用 T0 发送一帧数据中的每个 Bit。T0 的初始化程序如下（以 Franklin C51 编写）^[27]。

```
void T0Init (void)
{
    TMOD&=0xF0;           //使T0工作在方式1
    TMOD|=0x01;
    ET0=1;                //打开T0的中断使能
    EA=1                  //打开总的中断使能
}
```

T0 中断服务程序的大致结构如下（以 Franklin C51 编写）：

```
void T0IntSev(void)
{
    TR0=0;                //关闭T0
    If (To_Be_Sent_Bit == 1)
    {
        TH0=0x4B;         //12MHz下，定时200us
        TL0=0xFF;
    }
    else
    {
        TH0= 0xCD;        //12MHz下，定时100us
        TL0=, 0xFF;
    }
}
```

```

}
TRO=1;          //打开T0
}

```

外部中断是由外部原因引起的，共有两个中断源，即外部中断 0 和外部中断 1。他们的中断请求信号由引脚 INT0(P3.2)和 INT1 (P3.3) 引入^{[25] [72]}。

外部中断请求有两种信号方式，即电平方式和脉冲方式。可通过有关控制位的定义进行规定。电平方式是低电平有效。只要在中断请求引入端（INT0 或 INT1）上采样到有效的低电平时，就激活外部中断。脉冲方式则是脉冲的后沿负跳变有效。

与外部中断相关的寄存器主要有 TCON，他的各位定义如图 3.11 所示。其中有四位与外部中断相关，下面分别作简单介绍。

IE0 (IE1) ——外中断请求标志位。当 MCU 采样到 INT0(INT1)端出现有效中断请求时，此位由硬件置 1。在中断响应完成后转向中断服务子程序时，再由硬件自动清 0。

IT0(IT1) ——外中断请求信号方式控制位。IT0(IT1)=1:脉冲方式（后沿负跳变有效）；IT0(IT1)=0:电平方式（低电平有效）。此位由软件置 1 或清 0。

在家庭智能控制系统中，如果主控模块发出命令帧后，总线上的模块有响应，这个响应就是通过 AT89C52 的外部中断和定时/计数器的综合作用来通知主控模块的。其原理如图 3.12 所示。

因为 AT89C52 外部中断的触发方式中，电平触发明显不能满足需要，而脉冲方式中只有后沿负跳变才能触发中断。所以为了能记录一个脉冲的宽度，我们必须要用到两个外部中断，并且要在外部中断 0 的输入引脚前要加一级非门取反，以便将上升沿的脉冲转化成下降沿的脉冲。外部中断和 T1 定时/计数器的初始化程序如下（以

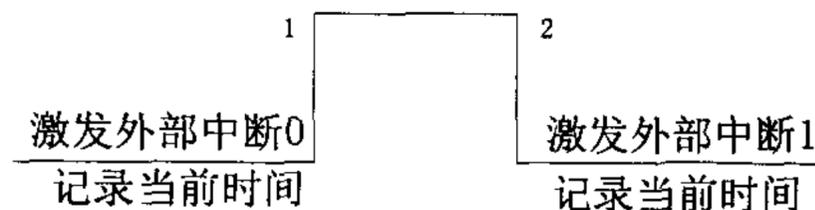


图 3.12 总线响应接收原理

Franklin C51 编写)^[26]：

```
void ExAndT1Init(void)
{
    TMOD&=0x0F;           //使T1工作在方式1
    TMOD|=0x10;
    IT0=1;                //外部中断0选择脉冲触发
    IT1=1;                //外部中断1选择脉冲触发
    EX0=1;                //允许外部中断0中断
    EX1=1;                //允许外部中断1中断
    EA=1                  //打开总的中断使能
}
```

两个外部中断的中断服务程序大致如下（以记录一个脉冲的宽度为例，用 Franklin C51 编写）：

```
void E0IntSev(void)
{
    TR1=0;                //关闭T1
    TL1=0x00;            //清除定时初值寄存器
    TH1=0x00;
    TR1=1;                //打开T1
}

void E1IntSev(void)
{
    TR1=0;
    Pulse_Length=TL0+(TH0<<8);
    TR1=1;
}
```

3. 2. 3 命令层软件设计

软件一般可以分为三大类。操作系统属于第一类，为系统软件，如眼下最风

光的 Windows。另一类软件被称为支撑软件，其中份额最大的为数据库管理软件、网络和通信软件、语言及开发工具软件。第三类软件就是应用软件，为特定行业的特定需要开发的专业软件，如财务软件、字表处理软件、教育软件^[37]。

中间件 (Middleware) 是最近几年软件业中流行的新产品^[38]。中间件位于操作系统和用户应用之间的通用服务^[39]，这些服务具有标准的程序接口和协议。针对不同的操作系统和硬件平台，他们可以有符合接口和协议规范的多种实现方式。中间件在操作系统、网络和数据库之上，应用软件的下层，其主要功能是帮助用户灵活、高效的开发和集成复杂的应用软件^[40]。

根据中间件思想，我们编写了命令层软件。

家庭智能控制系统命令层的软件主要分为静态扫描、动态扫描两个方面^[64]。

静态扫描主要要完成的是下面的任务：主控模块先查询驱动模块的当前状态，然后根据此状态设置地址与他相同的控制模块。当对这个地址的驱动和控制模块扫描和设置结束后，将地址加 1，再以同样的方式进行扫描设置。如此周而复始，当系统上电工作后，如果没有用户的外部干预，也就是说控制类模块没有发出 CutIn，系统就一直处在静态扫描状态。其工作流程如图 3.13 所示。

当控制类模块发出 CutIn 后，系统由静态扫描进入了动态扫描。动态扫描要获得发出 CutIn 的控制模块的段地址和偏移地址，以便对其进行相关的操作。其操作流程如图 3.14 所示。

动态扫描中查询地址分为两个阶段，第一个阶段是查询段地址，第二个阶段是查询偏移地址。如果在查询段地址时，主控模块没有得到响应，那么他会转到下一个地址组中继续查询段地址（我们在动态扫描时，将 256 个段地址分成了 16 个地址组）。只有在查到了段地址后，才能接着查询偏移地址。主控模块在得到了段地址和偏移地址后，就结束地址查询，进入处理阶段。

在动态扫描处理阶段，根据收到的段地址和偏移地址，主控模块发出设置命令。如果收到的是单独或调光地址，则只要设置对应地址的驱动模块，一条设置命令就可以完成。如果收到的是组或场景地址，则要查询包含在这个组或场景地址内的单独或调光地址，然后一一发设置命令。所有设置命令发完后，程序退出动态扫描处理，重新开始静态扫描处理。

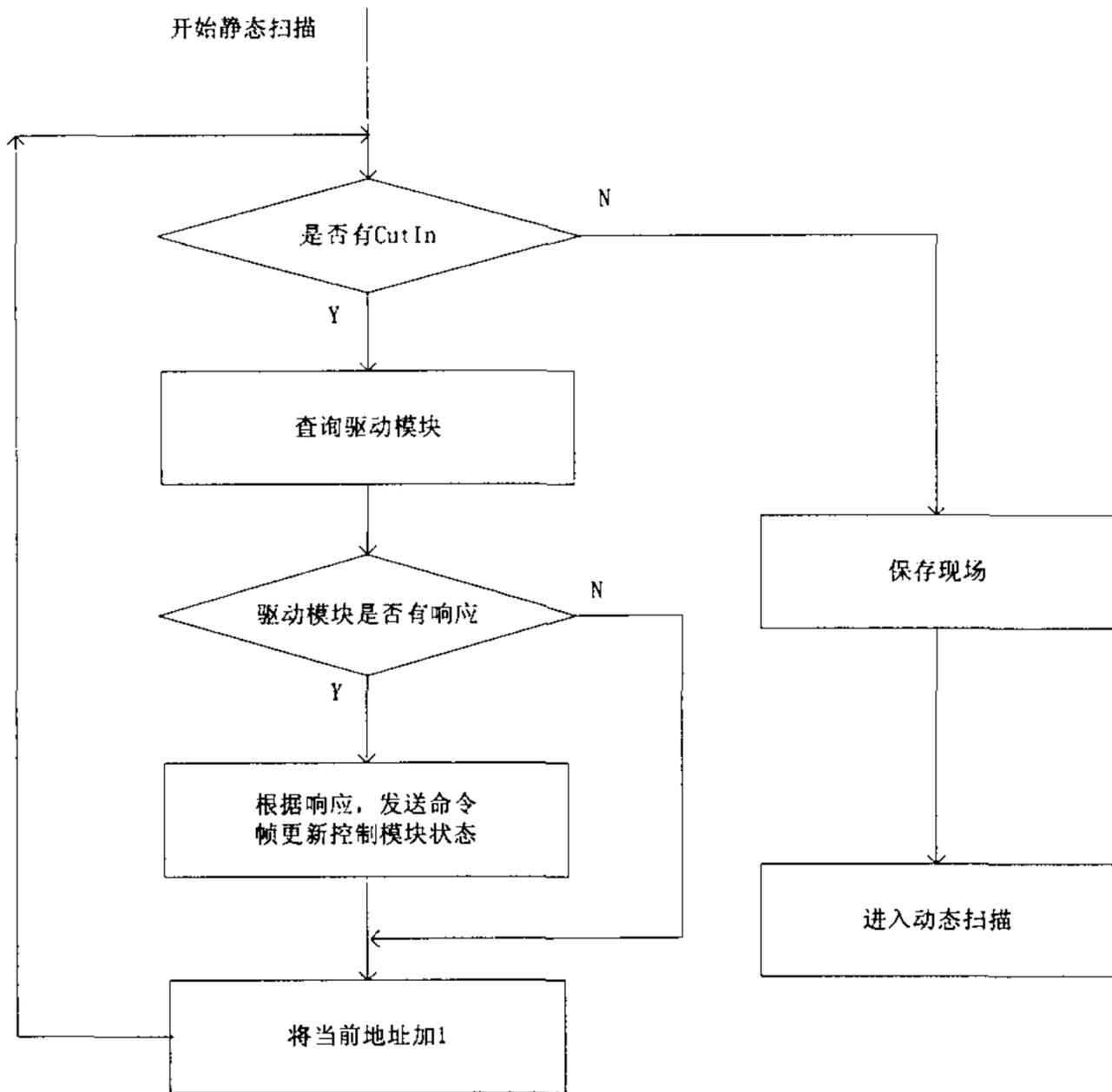


图 3.13 静态扫描流程

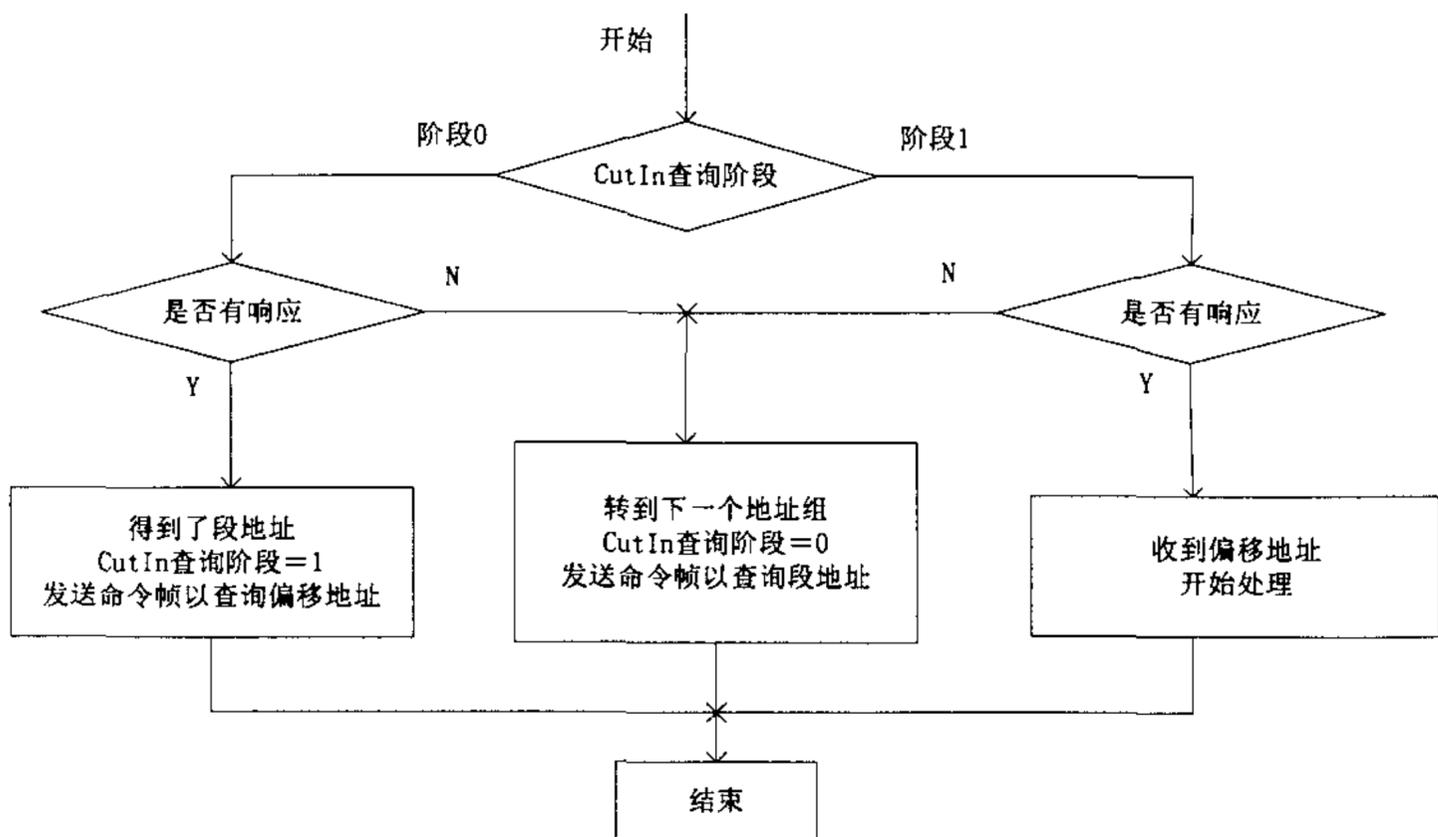


图 3.14 动态扫描流程

3. 2. 4 数据处理模块及采用的数据结构

数据处理是主控模块软件中很重要的一部分，他涉及到静态数据和动态数据两部分。

动态数据中存放的是系统中各个模块当前的状态，并且在系统静态扫描和动态扫描时，进行实时的更新。我们知道，家庭智能控制系统有 256 个组类型地址、16 个调光类型地址、128 组类型地址和 64 个场景类型地址，每个地址分由段地址和偏移地址组成。因此我们在软件上采用了数组类型的线性数据结构来保存他们的状态^[63]，数组元素是无符号字符类型，以段地址作为数组下标，按偏移地址将每个字符分为 4 块（调光类型地址除外），每块分配一个偏移地址，用以存放该地址当前的状态。因为调光类型的偏移地址固定为 1，并且他的状态中还要存放当前灯的亮度，所以一个调光地址就占用一个字符。用 Franklin C51 可以如下申明^[27]：

```
unsigned char  individual[64];    //单独
unsigned char  dimmer[16];       //调光
unsigned char  group[32];        //组
unsigned char  pattern[16];      //场景
```

根据实际需要，当系统断电后，各个模块的状态是不需要保存的，因为重新上电后，经过静态扫描各个模块的当前状态会再次得到，所以我们将动态数据存放在 Ram CY62256 中。

静态数据中存放的是组和场景类型地址的包含关系。因为家庭智能控制系统有 128 个组类型地址，64 个场景类型地址，每个组或者场景最多可以包含 272（256 个单独类型地址，16 个调光类型地址）个元素，并且每个元素中还要表示 11 种状态信息，比如包含开、包含关、不包含以及定时等状态。而主控模块中，存储空间是十分有限的，所以我们选择了如下的数据结构^[63]：

```
structure GroupAndPattern
{
    int Individual_Addr[64];    //单独
    int Dimmer_Addr[4];        //调光
};
```

此数据结构可以用图 3.15 表示出来。

我们给每个单独或者调光类型的元素分配 4Bits，这样他一共可以表示 16 种状态，满足了每个元素表示要表示 11 种状态的要求。结构体中的数组元素采用了整数类型，这样数组一个元素中就可以表示一个段地址和四个偏移地址（调光类型除外），方便了程序的编写。

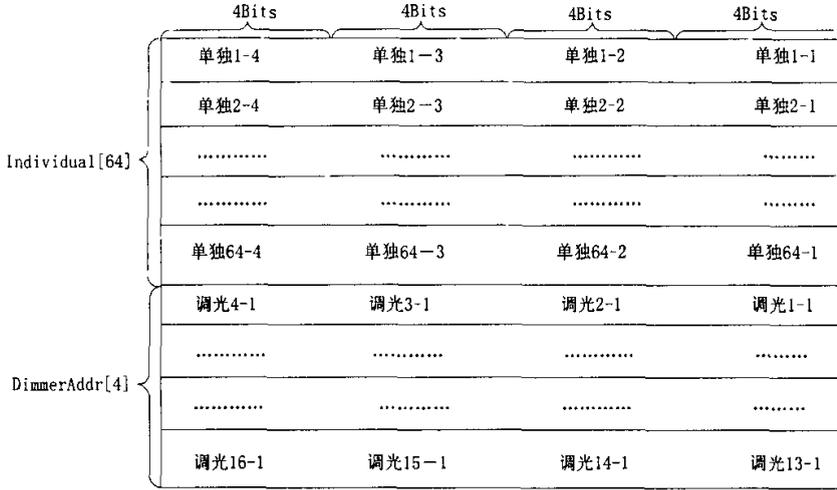


图 3.15 structure GroupAndPattern 的图示表现

家庭智能控制系统中每个组和场景类型的地址都要分配一个改种结构体的变量，从图 3.17 中可以看出，每个变量要占用 136 个 byte。系统中一共有 192 个

变量，所以需要 $192 \times 136 = 26112$ byte 的空间，约为 26K。

用户一旦设定了组和场景的包含关系，即使在系统断电时，也必须保存，否则会增加用户操作的复杂度。所以，我们将静态数据存放在 EEPROM AT28C256 中。AT28C256 有 32K 的存储空间，能满足组和场景 26K 存储空间的要求。为了变程的方便，在动态数据区也存有最近一次改变的组和场景包含关系的镜像。

3.3 本章小结

本章详细介绍了家庭智能控制系统核心——主控模块软硬件的设计。下一章将介绍手持编址器的软硬件设计。

我们给每个单独或者调光类型的元素分配 4Bits，这样他一共可以表示 16 种状态，满足了每个元素表示要表示 11 种状态的要求。结构体中的数组元素采用了整数类型，这样数组一个元素中就可以表示一个段地址和四个偏移地址（调光类型除外），方便了程序的编写。

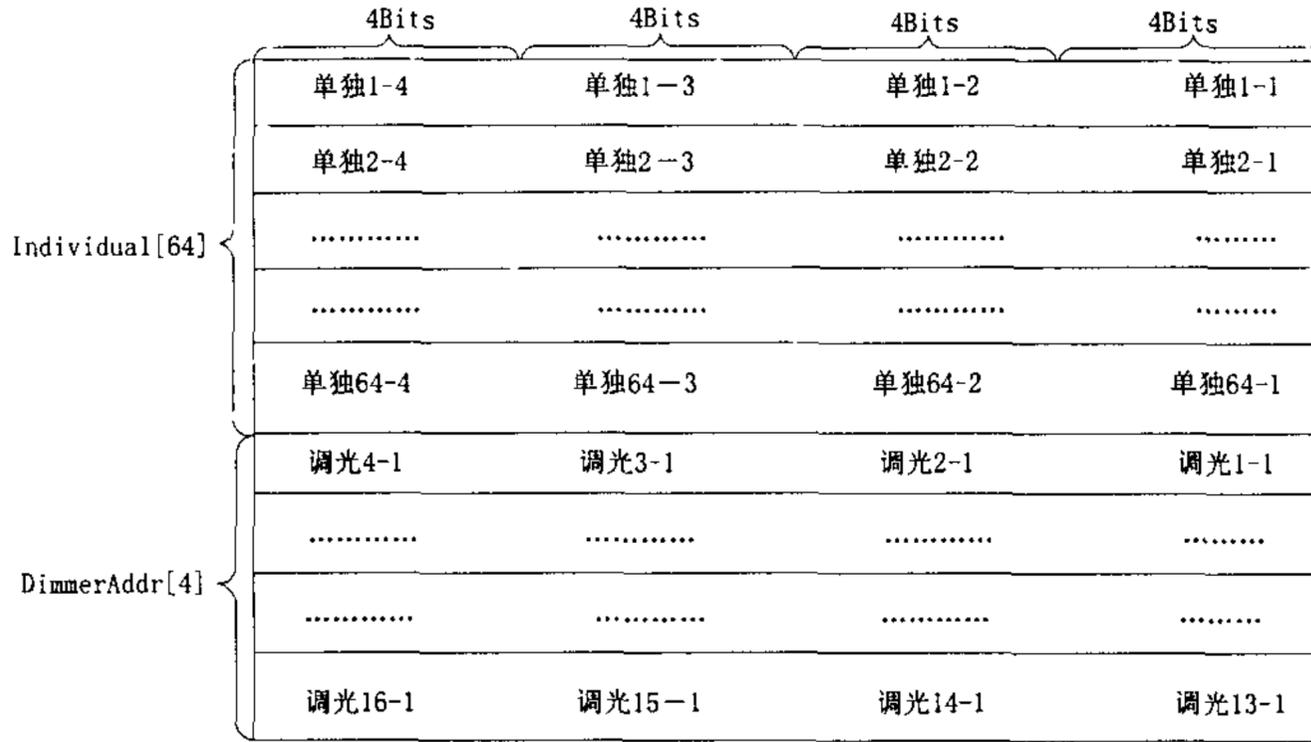


图 3.15 structure GroupAndPattern 的图示表现

家庭智能控制系统中每个组和场景类型的地址都要分配一个改种结构体的变量，从图 3.17 中可以看出，每个变量要占用 136 个 byte，系统中一共要有 $128+64=192$ 个变量，所以需要 $192 \times 136=26112$ byte 的空间，约为 26K。

用户一旦设定了组和场景的包含关系，即使在系统断电时，也必须保存，否则会增加用户操作的复杂度。所以，我们将静态数据存放在 EEPROM AT28C256 中。AT28C256 有 32K 的存储空间，能满足组和场景 26K 存储空间的要求。为了变程的方便，在动态数据区也存有最近一次改变的组和场景包含关系的镜像。

3. 3 本章小结

本章详细介绍了家庭智能控制系统核心——主控模块软硬件的设计。下一章将介绍手持编址器的软硬件设计。

第四章 手持编址器设计

家庭智能控制系统是一个基于编址技术的总线系统，系统中控制类和驱动类模块都有一个地址，他们之间的控制关系也是由地址决定的。通过手持编址器，用户可以方便的给控制类或者驱动类模块的地址进行编程，这样系统的功能随用户的设定变得更加灵活，从而满足用户多方面的需要。

4.1 手持编址器硬件设计

手持编址器的硬件结构如图 4.1 所示。

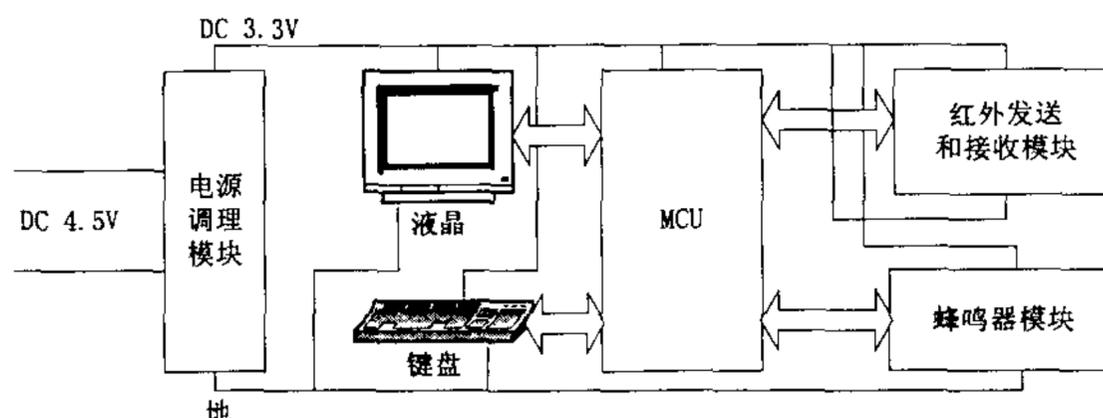


图 4.1 手持编址器硬件结构

从图上可以看出，手持编址器的硬件结构主要由电源调理模块、MCU、人机界面、红外收发模块以及蜂鸣器模块构成。MCU 采用的是 ATMEL 公司的 AT89C52，第三章已经详细的介绍过了 AT89C52 的特点，此处不再累述。

4.1.1 电源调理模块

因为编址器是手持设备，所以他的 4.5V 供电电源由 3 节 1.5V 的干电池直接提供。手持编址器中采用的液晶是 3.3V 供电的，需要将 DC 4.5V 变换成 DC 3.3V。我们使用了如图 4.2 所示的 DC-DC 变换电路。

当图中的 SHDN=1 时，4.1V 稳压管起稳压作用，Q1 的基极 (B) 有 4.1V

的电压,并且此时 Q1 处于导通饱和导通状态,由于 Q1 的基极和发射极之间(B-E)的电压降有 0.7V,由 $4.1 - 0.7 = 3.4V$ ^[28],所以 Q1 的发射极就产生了大约 3.3V 的电压。当 SHDN=0 时,该 DC-DC 变换电路停止工作。

通过改变电阻 R1 的值,可以改变该转换电路的供电电流。电路中的电解电

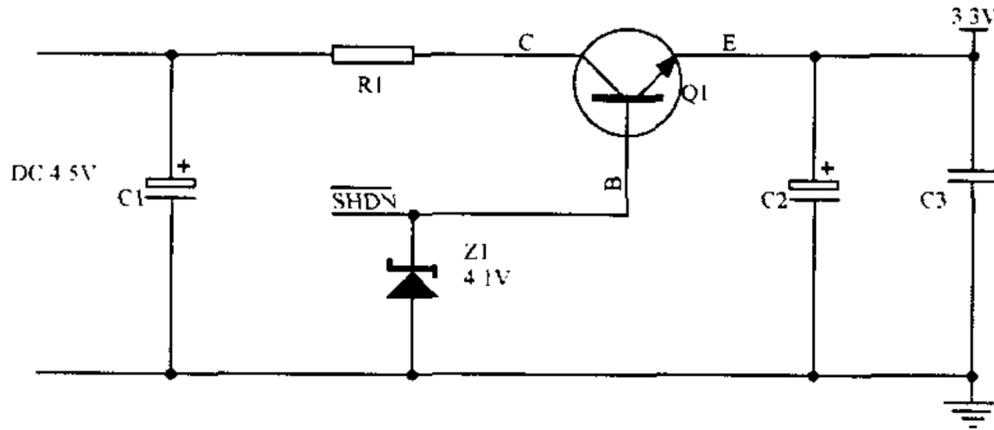


图 4.2 DC-DC 变换电路

容 C1 和 C2 起储能和低频滤波作用,瓷片电容 C3 起高频滤波作用^[29]。

电源的开关一般有两种方式,一种是自锁形式,按下按键后,按键不再弹起,再次按下后,按键才弹起,这样就达到了开关的功能。另一种是掀触式开关,按下后他会自动弹起,所以这种按键的导通时间是很短暂的,必须另外再加电路来实现开关的功能。

自锁形式的按键由于机械的原因,使用时间长了容易损坏,并且尺寸小的自锁按键更加容易损坏。因此我们采用了如图 4.3 所示的触发电路。

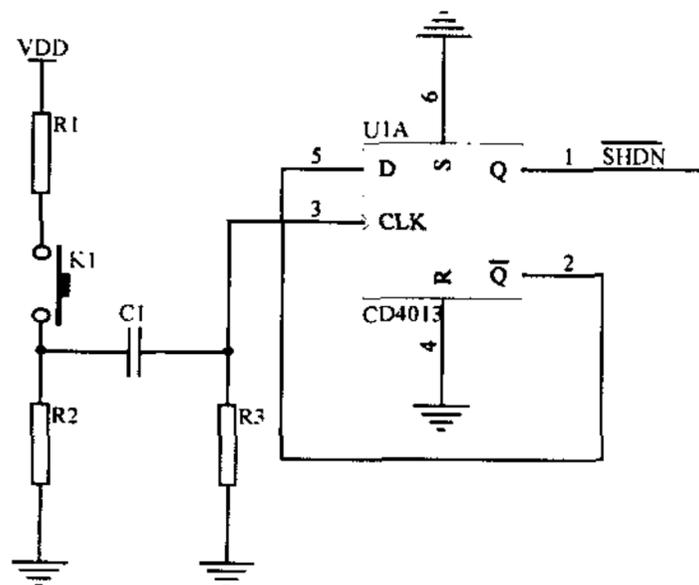


图 4.3 电源触发电路

CD4013 是 D 型触发器^[30]，采用 CMOS 工艺制造，功耗低，工作频率最高可达到 16MHz。在此电路中，我们将 CD4013 供电电源引脚直接接到 4.5V 干电池，以保证其总是处在工作状态。当其脉冲输入引脚 CLK 出现一个由低电平到高电平的正脉冲时，他的输出端 Q 的状态就会翻转一次^[31]。这样当按键 K1 按下时的短暂导通状态，就会在 CLK 引脚产生一个正脉冲，从而使 Q 端的电平发生翻转，并且 Q 端的当前状态不会随按键的弹起而变化。这样按键每按下一次，Q 端的状态就变化一次，达到了开关的功能。电路中 R1、R2、R3 和 C1 起滤波作用。

4. 1. 2 人机界面

常用的键盘有独立式和行列式两种方式^[32]。其示意图见图 4.4 所示。独立式键盘的每个按键单独占有一根 I/O 口线，每根 I/O 口线上的按键工作状态不会影响其它 I/O 口线的工作状态。独立式键盘在按键数量较多时，I/O 口线浪费较大。行列式键盘又叫矩阵式键盘。用 I/O 口线组成行、列结构，按键设置在行列的交叉的上。例如用 2*2 的行列结构可以构成 4 个键的键盘；4*4 的行列结构可构成 16 个按键的键盘。在按键数量较多的时候，采用行列式键盘可节省 I/O 口线。

手持编址器中按键数量较多，并且 I/O 口线有限，所以我们采用行列式结构的键盘。

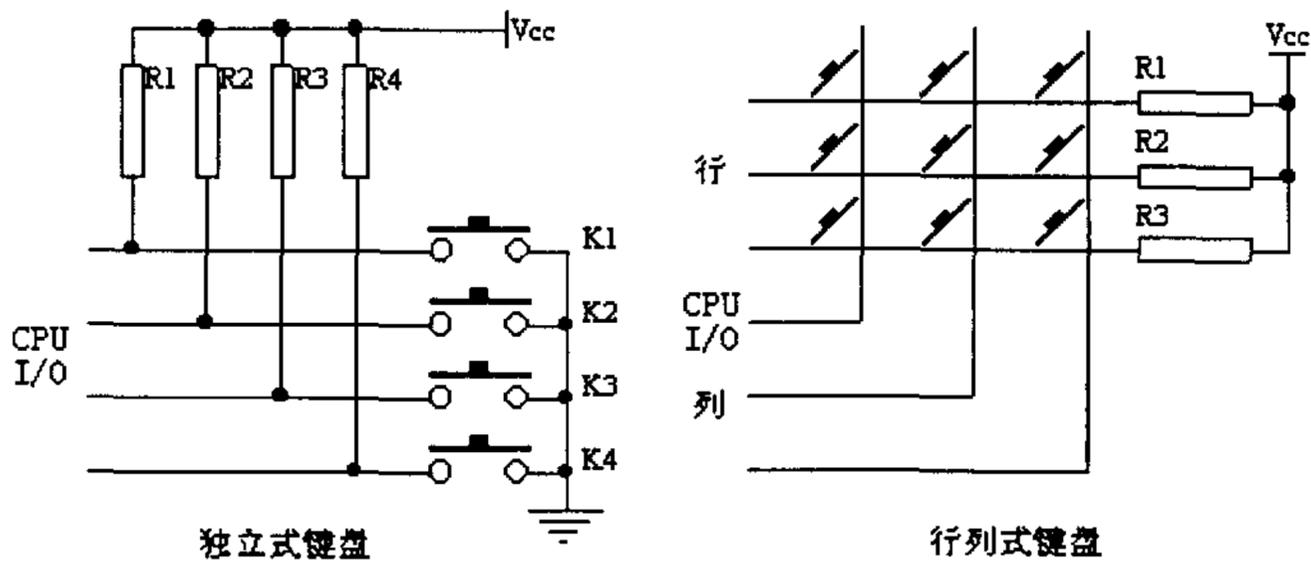


图 4.4 键盘结构

常用的显示设备有发光二极管 (LED) 和液晶 (LCD)。LED 的工作原理

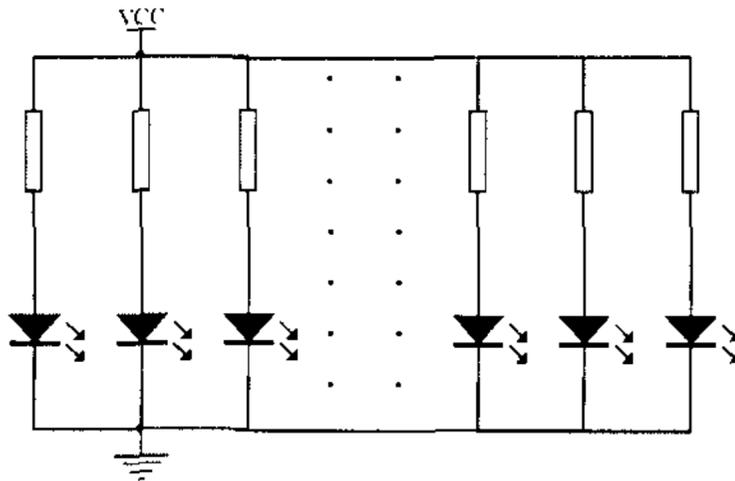


图 4.5 LED 工作原理

如图 4.5 所示。在只需要显示数字和简单的汉字时，使用 LED 不失为一种廉价和方便的选择。但是 LED 工作时，需要消耗比较大的电流，并且显示界面不是十分友好^[33]。

液晶是介于固体和液体之间的一种有机化合物，他和液体一样可流动^[17]，又具有类似于晶体的某些光学特性，即在不同方向上他的电光效应不同。利用这种特性就可制成液晶显示器 (LCD)。液晶显示器的最大特点是功耗低，同样的显示面积其功耗比 LED 显示器小几百倍。

手持编址器中，有许多的汉字需要显示，并且他由于电池供电，不适合使用功耗大的元件，所以我们选择了一款图形点阵式的 LCD 模块作为显示器^[34]，他可以很方便的显示汉字，并且与 MCU 采用并口连接，可以降低 MCU 对其编程的复杂度。并且他的点阵大小为 160×64 ，能满足手持编址器的显示需要。

4. 1. 3 红外收发电路

手持编址器对控制类和驱动类模块进行地址编程时，我们使用了红外的方式进行串行通信^[35]。手持编址器中的红外收发电路如图 4.6 和图 4.7 所示。

由于手持编址器不需要像遥控器那样进行远距离的操作，所以我们没有将信号采用载波的方式进行通信，而是直接把发射和接收引脚接到了 AT89C52 的串口上 (AT89C52 有通用串口的硬件支持)，这样可以简化硬件和软件设计。

由于 AT89C52 的串口在正常情况下，处在高电平状态，所以红外发射时的

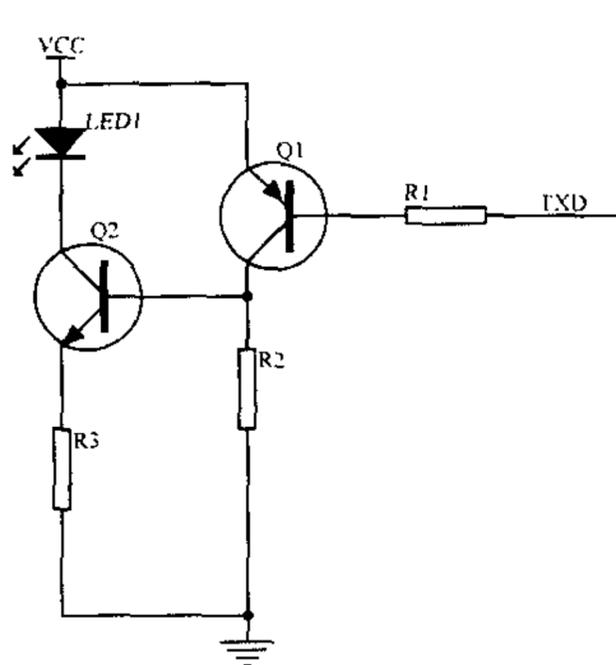


图 4.6 红外发射电路

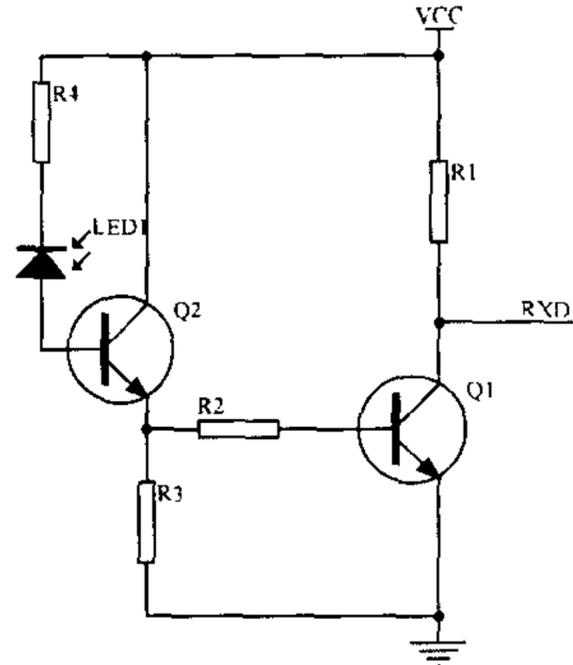


图 4.7 红外接收电路

第一级放大电路采用了 NPN 的三极管，同样在红外接收电路中也考虑了这个因素。为了提高收发电路的工作效率，红外发射和接收电路都将信号进行了两级放大。

4. 1. 4 蜂鸣器模块

手持编址器在对控制类模块和驱动类模块编址成功后，需要将编址成功的信息告诉用户。这种提示信息一般有两种方式，一种是图象提示，可以在显示器上显示编址成功的信息；另一种是声音提示，可以通过蜂鸣器来实现。

由前面的介绍，我们知道手持编址器是由于电池供电的，他的电源能量是有限的，所以用户在使用完手持编址器后，应该及时将其关闭。要实现这种功能，通常也有两种方法，一种是定时关闭电源的方法，当用户在某段时间内没有对其进行任何操作，手持编址器会自动将电源关闭，但是采用这种方法会大大增加硬件成本。另一种方法还是采用声音提示的方法，来提醒用户是否该关闭电源了。

综合手持编址器需要实现的功能，我们采用了声音提示的方法，通过 MCU 驱动蜂鸣器来发出提示信息。蜂鸣器模块我们采用了如图 4.7 所示的电路^[36]。

BUZZER 引脚直接连接到 MCU 的 I/O 口，通过 Q1 将电流进行放大后，能够驱动蜂鸣器发出比较明显的提示声音。

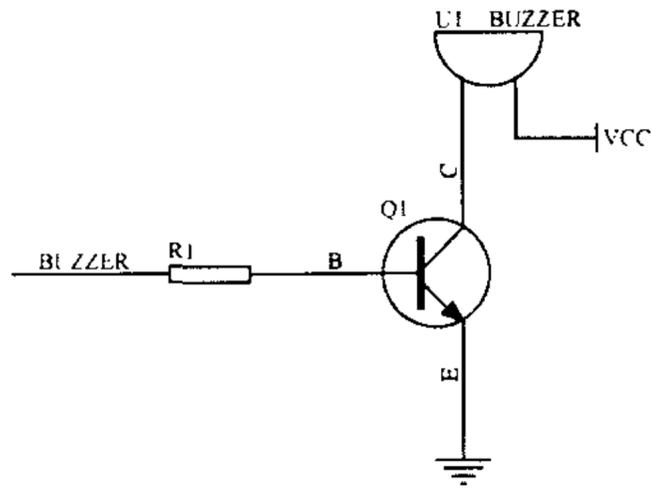


图 4.7 蜂鸣器电路

4. 2 手持编址器软件设计

手持编址器的软件主要包含键盘扫描程序、显示程序和通信程序三大部分。他们之间的关系如图 4.8 所示。

手持编址器的键盘，一共有七个按键：上下左右四个方向按键、一个内容选择按键、一个发送数据和接收数据按键。在正常情况下，程序一直在扫描按键，以便当有按键按下时，该按键能得到实时的响应。

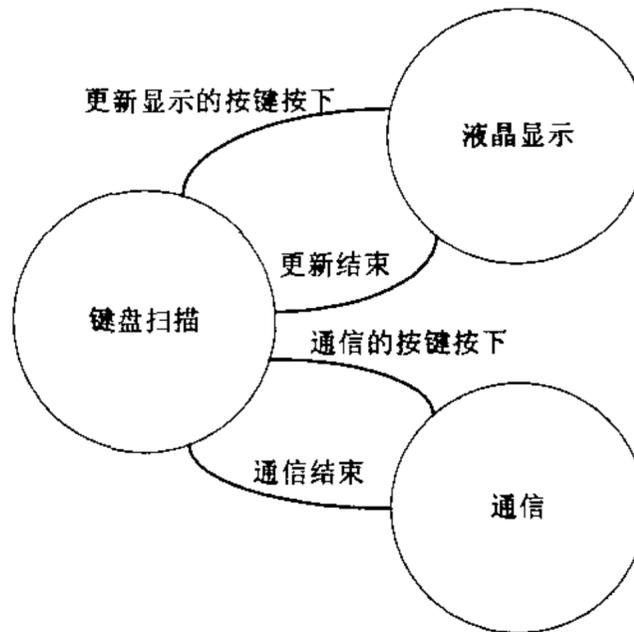


图 4.8 手持编址器软件总体流程

当有方向按键或者内容选择按键按下时，程序转入更新液晶显示程序模块。更新结束后，程序仍然进入键盘扫描程序。

当有发送数据或者接收数据的按键按下时，程序转入手持编址器与控制类或者驱动类模块通信程序模块。通信完成后，仍然回到键盘扫描程序。

考虑到软件开发的效率以及以后维护和升级的方便，手持编址器的软件仍然采用 Franklin C51 编写。

4.2.1 键盘扫描软件设计

从前面的介绍中我们知道，手持编址器的键盘采用了矩阵式的键盘，其电路如图 4.9 所示。

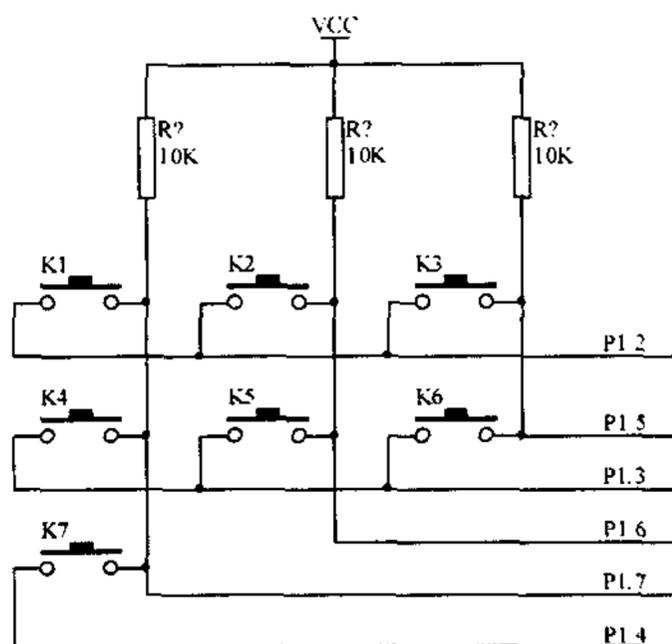


图 4.9 手持编址器键盘

矩阵键盘的扫描程序需要达到以下两种功能：一是判断键盘中是否有按键按下；二是如果有按键按下，需要确定该按下键所在的行列位置^[45]。

因此，键盘扫描程序也相应的分为四步：

第一步：查询是否有按键按下。MCU 向行扫描口 P1.2~P1.4 输出全为“0”的扫描码 0xE0，然后从列检测口 P1.5~P1.7 检查反馈信号，只要有一列信号不为“1”，即 P1 口不为 0xE0，则表示有按键按下，接着要查出按下键所在的行列位置。否则表明没有按键按下，扫描程序重新执行第一步

第二步：查询按下键所在的行列位置。MCU 将得到的信号取反，P1.5~P1.7 中为“1”的位便是按下键所在的列。接下来要确定按下键所在行位置。这需要进行逐行扫描，MCU 首先使 P1.2 接地，P1.3~P1.7 为“1”，即向 P1 口发送扫

描码 0xF8，接着从列检测口检查反馈信号，若为全“1”，表示不在第一行。接着使 P1.3 接地，其余全为“1”，再检查列反馈信号……。这样逐行发“0”扫描码，直到找到按下键所在的行位置，将该行扫描码取反，P1.2~P1.4 中为“1”的位即为按下键所在的行位置。如果各行扫描后仍然没有找到，则放弃扫描，认为是按键的误操作。

第三步：对得到的行号和列号译码，得到键值。

第四步：键的抖动处理。当用手按下一个键时，往往会出现所按键在闭合位置和断开位置之间跳几下才稳定的闭合状态的情况。在释放一个键时，也会出现类似的情况，这就是键的抖动，抖动的持续时间不一，通常不会大于 10ms。若抖动的问题不解决，就会引起对闭合键的多次读入。对于键抖动最方便的解决方法就是当发现有键按下后，不是立即进行逐行扫描，而是延时 10ms 后再进行。由于键按下的时间持续上百 ms，延时后扫描也不迟。

用 Franklin C51 编写的矩阵式键盘扫描程序如下：

```
unsigned char keyboardscan()
{
    unsigned char nScan_Code, nReceive_Code, nKey_Number;
    P1=0xE0; //列扫描码
    if((P1&0xE0)!=0xE0)
    { //有键按下
        Delay(); //延时去抖动
        if((P1&0xE0)!=0xE0)
        { //不是抖动，确实有键按下
            nScan_Code=0xF8; //初始行扫描码
            while((nScan_Code&0x20)!=0)
            {
                P1=nScan_Code;
                if((P1&0xE0)!=0xE0)
                { //找到行位置
                    nReceive_Code=P1&0xE0;
```

```

..... //译码, 找键值
return(nKey_Number);
}
else
nScan_Code=(nScan_Code<<1)|0x04;//逐行扫描码
}
else
return(0); //是抖动, 返回
}
else
return(0); //无键按下, 返回
}

```

4. 2. 2 液晶显示软件设计

在手持编址器的显示程序中, 有两个比较重要的问题需要解决, 一是是汉字的显示问题; 另一个是光标的定位问题。

从对手持编址器硬件的介绍中可知, 我们选择的液晶显示模块是图形点阵形式的, 点阵大小为 160×64 。考虑到显示汉字的分辨率和该液晶模块的点阵大小, 我们为汉字选择了 16×16 大小的点阵, 这样 160×64 的点阵刚好能显示四行汉字, 能满足系统的实际需要^[42]。

在图形点阵形式的液晶上显示汉字, 需要汉字的点阵字模, 在 16×16 点阵下, 以显示汉字“大”为例, 其原理如图 4.10 所示^{[43] [44]}。

从图中可以看出, 汉字“大”共占用了 256 个小方格(点阵), 横向有 16 个小方格, 占用两个字节, 纵向也有 16 个小方格, 同样占用两个字节, 所以其字模一共要占用 32 个字节 ($16 \times 16 \div 8 = 32$)。同样可以看出, 要将该汉字显示出来, 也就是要在模板背景色的基础上, 用前景色将其“描”出来。字模是根据如下的原则计算出来的: 如果只有背景色, 而没有前景色(相当于显示一个空格), 其

字模的 32 个字节全为 0x00。如果没个汉字需要显示前景色, 计算出每个需要

显示前景色的小方格所对应的字节和以及在该字节中所对应的位，并将该位置“1”。因此图 4.10 显示的“大”字，其字模如下（横向取模）：

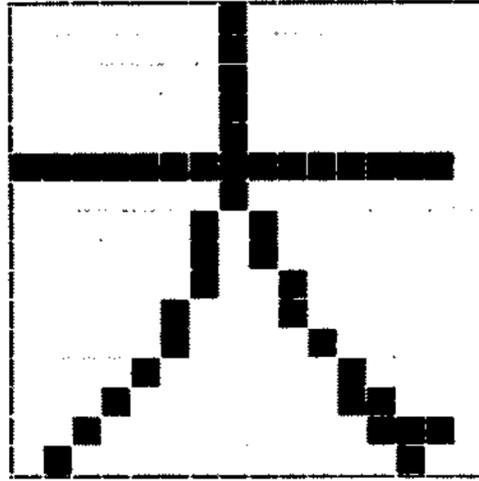


图 4.10 点阵汉字显示原理

0x01,0x00,0x01,0x00,0x01,0x00,0x01,0x00,0x01,0x00,0xFF,0xFE,0x01,0x00,0x02,0x80,0x02,0x80,0x02,0x40,0x04,0x04,0x04,0x20,0x08,0x10,0x10,0x18,0x20,0x0E,0x40,0x04。

点阵数越多，表明分辨率越高，汉字也就显示得越逼真。

用户在操作手持编址器时，需要有一个光标来提示用户当前操作的位置。通常使用的方法是在该位置，让一个光标不停的闪烁，但是这种方法需要比较多的占用 MCU 的运行时间。在 MCU 的工作频率比较低，系统实时性要求比较高的情况下，不宜使用。手持编址器的 MCU AT89C52 工作在 12MHz 的频率下，并且对用户的按键需要作出实时的响应，所以我们没有采用上述方法，而是使用了汉字反显的办法。

汉字反显的方法，是通过对当前用户操作位置的汉字字模取反，使得该位置的汉字背景色和前景色颠倒，以不同与其它汉字的醒目的方式显示，这样就达到了对用户的提示作用。同样以“大”字为例，当他反显示的时候，显示形式如图 4.11 所示。

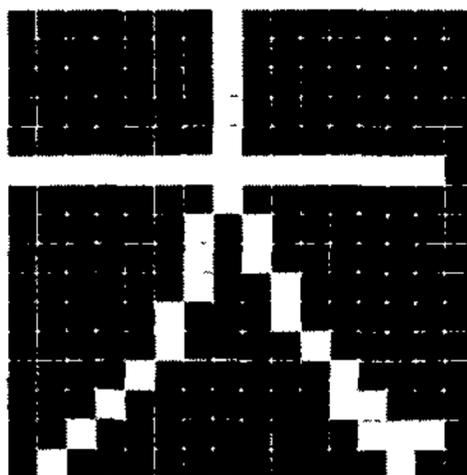


图 4.11 “大”字黑白反显

4. 2. 3 通信软件设计

手持编址器的主要功能就是对控制类和驱动类模块的地址进行编程，他们之间是通过 AT89C52 的串口，采用无线红外方式进行通信的。AT89C52 上有 UART（通用异步接收/发送）用于串行通信，发送时数据由 TXD 端送出，接收时数据由 RXD 端输入。有两个缓冲器 SBUF，一个作发送缓冲器，另一个作接收缓冲器。他是可编程的全双工串行口。与串行口相关的寄存器有串行口控制寄存器（SCON）和电源控制寄存器（PCON）^[25]。

串行口控制寄存器 SCON 的各位的定义如图 4.12 所示。

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

图 4.12 串行口控制寄存器各位定义

SM0SM1：串行口工作方式控制位。SM0SM1=00:方式 0，为同步移位寄存器，波特率由 AT89C52 的晶振决定；SM0SM1=01:方式 1，10 位异步收发，波特率由定时器决定；SM0SM1=10:方式 2，11 位异步收发，波特率由 AT89C52 的晶振决定；SM0SM1=11:方式 3，11 位异步收发，波特率由定时器控制。

SM2:多机通信控制位（方式 2、3）。SM2=1：只有接收到第九位（RB8）为 1，RI 才置位。SM2=0：接收到字符 RI 就置位。

REN：串行口接收允许位。REN=1：允许串行口接收。REN=0：禁止串行口接收。

TB8：方式 2 和方式 3 时，为发送的第九位数据，也可作奇偶校验位。

RB8: 方式 2 和方式 3 时, 为接收的第九位数据。。方式 1 时, 为接收到的停止位。

TI: 发送中断标志。由硬件置位, 必须由软件清 0。

RI: 接收中断标志。由硬件置位, 必须由软件清 0。

电源控制寄存器 PCON 中, 只有第七位 SMOD 是与串行口的波特率设置相关。SMOD=1: 波特率(方式 1 和方式 3) = 定时器 1 溢出率/16, 波特率(方式 2) = MCU 晶振频率/32; SMOD=0: 波特率(方式 1 和方式 3) = 定时器 1 溢出率/32, 波特率(方式 2) = MCU 晶振频率/64。

手持编址器中, 我们对串口作了如下的初始化(以 Franklin C51 编写):

```
void SerialInit()
{
    TMOD=0X20;           //设定定时器1工作在方式2
    TH1=0XE6;           //12MHz晶振下, 设置波特率为1200bps
    SCON=0X50;          //设定串口工作在方式1
    TR1=1;              //启动定时器1
    TI=1;               //初始状态为可以发送
    RI=0;               //初始状态为未接收到数据
}
```

串口发送一个字节的程序如下(以 Franklin C51 编写):

```
unsigned char SendByte(unsigned char nByte)
{
    unsigned int ntemp;
    ntemp=0x00;         //初始化计数
    SBUF=nByte;        //将数据交给发送缓冲器
    while(!TI)         //等待数据发送完毕
    {
        ntemp++;
        if(ntemp==20000)
            return(0); //如果仍然没有发送完毕, 返回错误信息
    }
}
```

```

}
TI=0;           //发送完毕, 将标志清0
return(1);      //返回发送成功信息
}

```

串口接收一个字节的程序如下（以Franklin C51编写）：

```

unsigned char ReceiveByte()
{
    unsigned int ntemp;
    ntemp=0x00;           //初始化计数
    while(!RI)           //等待接收数据
    {
        ntemp++;
        if(ntemp==20000)
            return(0xFF); //仍然没有接收到数据, 返回错误信息
    }
    RI=0;                //接收到数据, 将标志清0
    return(SBUF);        //返回所接收到的数据
}

```

手持编址器通信部分的程序分为读地址和写地址两个部分。对于从控制类和驱动类模块中读出地址，我们设计了如图4.13所示的通信协议。

从图中可以看出，读地址通信是由手持编址器发起的。手持编址器负责发送命令和地址数据的序号，控制类或驱动类模块负责返回特征数据和地址数据。当手持编址器接收到控制类或驱动类模块的校验数据和后，他将自己接收到的数据也进行求和，并与之作比较，如果相同，就表明此次读地址成功，否则表明此次读地址操作失败，置失败标志位后返回^[46]。

对于向控制类和驱动类模块中写入地址，我们设计了如图4.14所示的通信协议^[46]。

从图中可以看出，与读地址相反，写地址时是手持编址器发送地址数据，控制类或驱动类模块返回接收到的地址数据的编号。当手持编址器接收到返回的数

据校验和后，他将自己所发送的所有数据也求加法和，并与之比较，如果相同，这表明此次写地址成功，否则表明此次写地址操作失败，置失败标志位后返回。

4.3 本章小结

本章详细介绍了家庭智能控制系统中手持编址器的软硬件的设计，正是由于手持编址器的存在，家庭智能控制系统才有了很大的灵活性和多样性，用户通过简单的操作，就能使该控制系统能满足多方面的需要。下一章将介绍总线监控模块的软硬件设计。

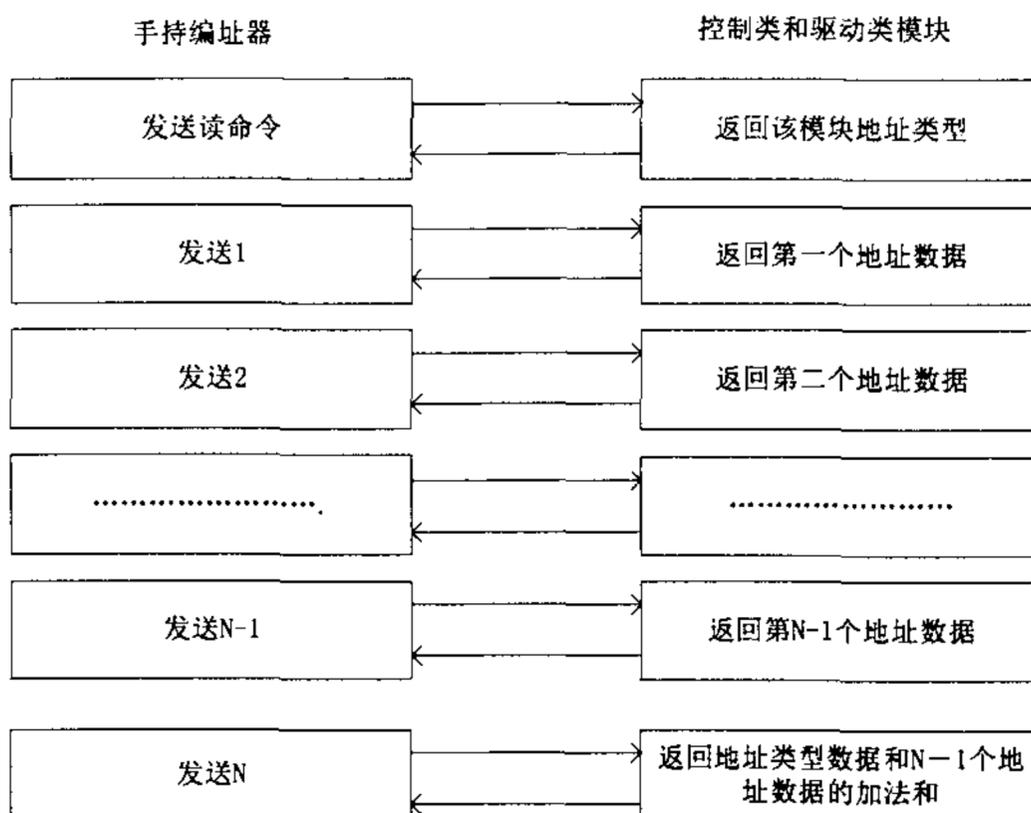


图4.13 读地址通信协议

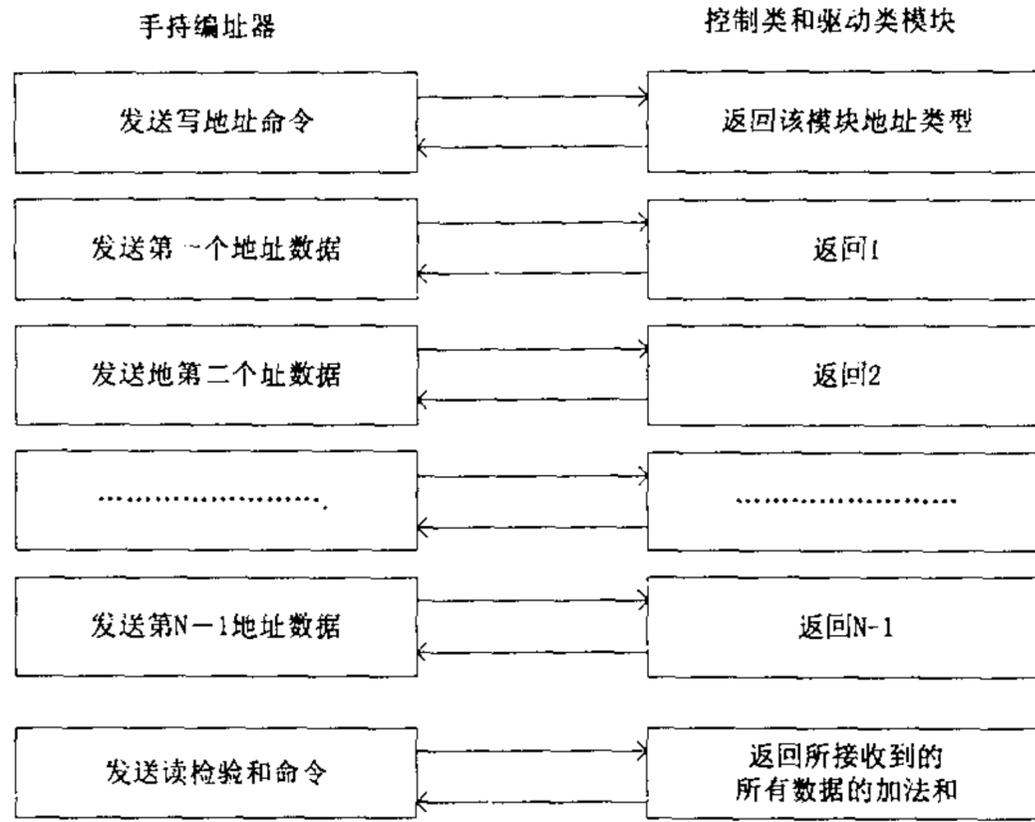


图4.14 写地址通信协议

第五章 总线监控模块设计

总线监控模块是家庭智能控制系统中重要的一部分。他有两个作用：一是通过监视总线上流过的数据帧，从而能监控用户在某段时间内进行了哪些操作。另一个是作为家庭智能控制系统的开发工具，因为开发者如果想了解主控模块和其它模块发出的数据，是否正确的发到了总线上，通常使用的方法是通过示波器来看总线的波形，但是用普通示波器所能看到的数据容量十分有限，常常不能满足需要。总线监控模块将数据保存在计算机的硬盘上，所以其容量十分可观，能够满足开发者的需要。这样就可以大大缩短系统的开发周期，并为现场工程师提供有效的系统维护手段。

5.1 总线监控模块硬件设计

总线监控模块的硬件结构如图 5.1 所示。

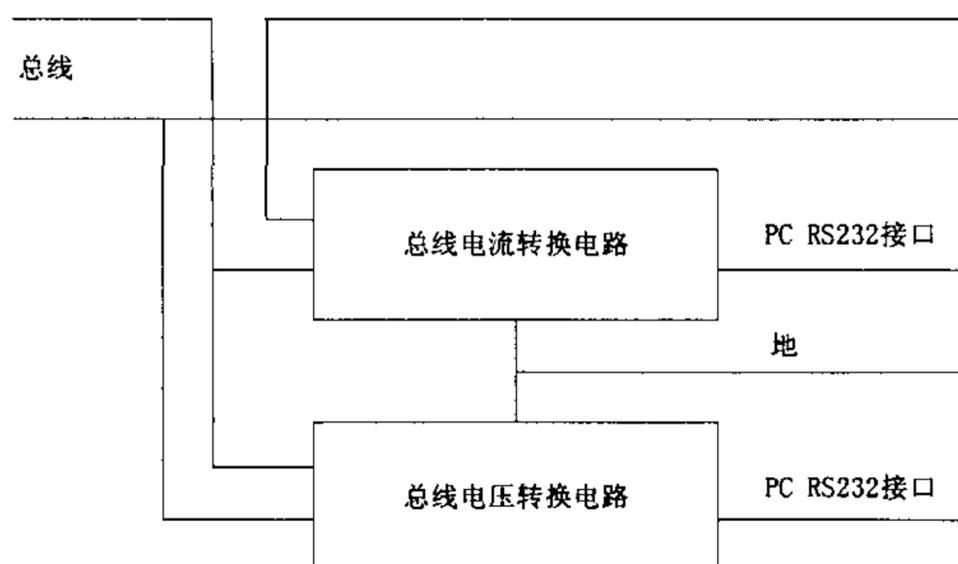


图 5.1 总线监控模块硬件结构

我们知道，家庭智能控制系统的总线上既有电压信号，又有电流信号。主控模块发出的命令帧是电压信号，控制类和驱动类模块发出的响应帧是电流信号。

因此，为了能将总线上的电压和电流信号都采集到，总线监控模块中必须

有总线电压转换电路和总线电流转换电路（如图 5.1 所示）。通过这两个转换电路，要将家庭智能控制系统的总线电平规范，转换成 RS232 的电平规范，通过 PC 的串口，将数据上传给 PC 处理。

5. 1. 1 RS232 硬件接口简介

RS232 标准（协议）是美国 EIA（电子工业联合会）与 BELL 等公司一起开发的 1969 年公布的通信协议^{[47] [65]}。

RS232 适合于传输速率在 0~20000bit/s 范围内的通信。他最初是为远程通信连接数据终端设备 DTE (Data Terminal Equipment) 与数据通信设备 DCE (Data Communication Equipment) 而制定的。但目前已广泛用于计算机与终端或外设之间的近端连接。

RS232 对接口逻辑电平作了如下的规定^[48]：逻辑 1 (MARK) = -3~-15V，逻辑 0 (SPACE) = +3~+15V。从以上的规定可以看出，传输电平的绝对值大于 3V，电路才可以有效的检测出来，介于 -3V~+3V 之间的电压毫无意义，低于 -15V 或高于 +15V 的电压也认为无意义。因此，实际工作时，应保证电平在 ±(5~15)V 之间。显而易见，与 TTL 电平规范相比，RS232 规范的电平标准具有较强的抗干扰能力^[66]。

5. 1. 2 总线电压信号转换电路

总线电压信号转换电路如图 5.2 所示^{[48] [49]}。

我们知道家庭智能控制系统总线上流过的是 ±24V 方波信号，所以在电压转换电路中，我们首先利用电桥对总线信号进行全波整流，为了得到稳定的直流信号，电路中的 R1、C1、R2、C2 对电桥的输出进行了二级滤波，经过 R1R2 和 R3R4 的分压，节点 1 的电压有 14V，在经过 R3 和 R4 的分压，COM 端的输出有 7V。COM 端作为公共端，与 RS232 的地相连。

总线 BUS_IN 经过电阻 R6 与三极管 Q1 的基极相连。这样当 BUS_IN 上的电压为 24V 时，三极管 Q1 导通，V 端的输出为 0V；当 BUS_IN 上的电压为 0V 时，三极管 Q1 截止，V 端的输出大约为节点 1 的电压（14V）。以 COM 端的电

压为基准，根据 RS232 电平贵方，当 Q1 导通时，V 端的输出为 -7V，即为逻辑

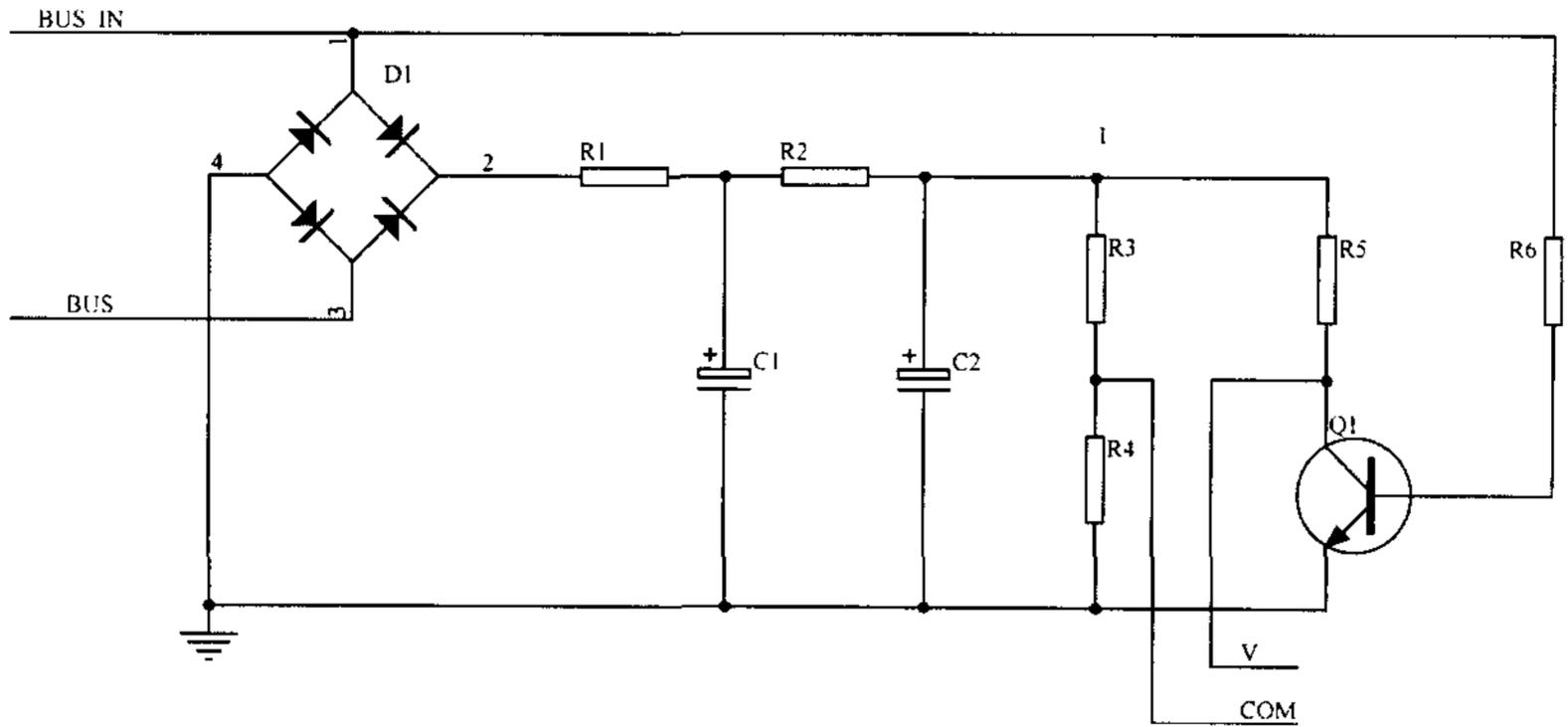


图 5.2 总线电压信号转换电路

辑 1，当 Q1 截止时，V 端的输出为 +7V，即为逻辑 0。

5. 1. 3 总线电流信号转换电路

总线电流信号转换电路如图 5.3 所示^[50]。

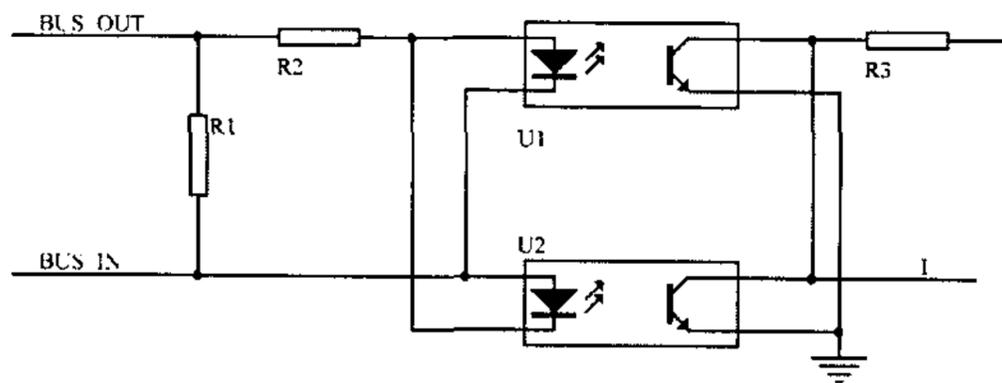


图 5.3 总线电流信号转换电路

图中光电隔离器型号是 TLP521-1^{[51] [52]}。TLP521-1 是日本 TOSHIBA 公司生产的一种高性能和高可靠性的光电隔离器，前向电流最大可以流过 70mA，集电极最大流过电流为 50mA，电流传输比例最少为 50%，隔离电压最少为

2500Vrms，集电极和发射极（CE）之间的最大耐压值为 55V。典型情况下，前向电流达到 16mA，集电极和发射极之间就导通了^[53]。

静态情况下，家庭智能控制系统总线上流过的电流与总线所连接的控制类和驱动类模块的多少有关，如果连接的比较多，那么总线上的电流就比较大，反之则比较小。一般情况下，总线上流过的静态电流为几十毫安，最多不会超过 150mA。静态电流经过电阻 R1 和 R2 的分流，流经 TLP521-1 的前向电流不超过 16mA，所以 TLP521-1 的集电极和发射极之间不会导通。此时 I 端的输出为节点 1 的电压 14V（节点 1 的电压见 5.1.2 小节中的分析）。

动态情况下，也就是控制类模块或者驱动类模块向总线上发出了电流响应，此时总线上流过的电流比较大，至少为 250mA（与总线上所连接的控制类和驱动类模块的数目有关），此电流经过电阻 R1 和 R2 分流后，流过 TLP521-1 的前向电流达到了 16mA，使得 TLP521-1 的集电极和发射极导通了。此时 I 端的输出近似为 0V。

以 COM 端为基准（COM 端的电压为 7V，分析见 5.1.2 小节），根据 RS232 电平规范，静态情况下，I 端的输出为 +7V，即为逻辑 0，动态情况下，I 端的输出为 -7V，即为逻辑 1。

5.2 总线监控模块软件设计

总线监控模块的软件主要分为扫描电压和电流信号、记录数据和更新数据库三个部分。其结构如图 5.4 所示。

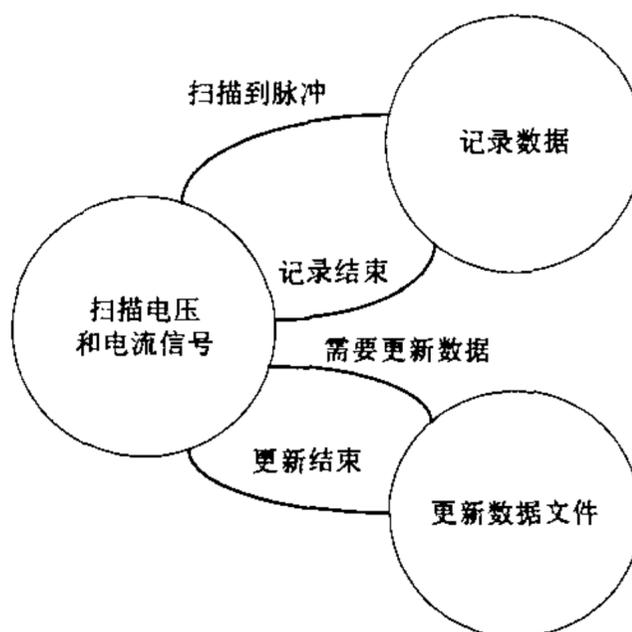


图 5.4 总线监控模块软件结构

扫描电压和电流信号部分的软件，主要是通过对 PC 的串口编程，扫描串口上的电压和电流信号。当扫描到电压或电流信号有脉冲时，程序进入了数据记录部分，数据记录部分通过对 PC 上的定时器编程，精确记录下脉冲发生的时间，进而能计算出脉冲的宽度。当扫描到的数据积累到一定程度，就需要更新数据文件，以便能将总线上最新流过的数据记录下来。

5. 2. 1 开发环境和开发工具

由上面的介绍可知，总线监控模块软件需要对 PC 串口和定时器编程，而在 Windows 环境下，不便于对 PC 的硬件操作，甚至对某些硬件还不能操作^{[54] [55]}。因此，DOS 操作系统与 Windows 相比，虽然在任务调度和安全性等方面有着很大的差距，但是他是一个接口开放的系统，用户可以很方便的对硬件进行编程^[56]。因此，我们选择了在 DOS 环境下，编写总线监控模块的软件。

C 语言是近年来在国内外得到迅速推广应用的一种计算机语言^[67]。C 语言功能丰富、表达能力强、使用灵活方便、应用面广、目标程序效率高、可移植性好，既有高级语言的优点，又具有低级语言的许多特点，因此，特别适合于编写系统软件软件。目前，微机上运行最流行的 C 语言版本主要有 Microsoft 公司的 MS C 和 Borland 公司的 Turbo C。虽然这两类 C 语言在功能上非常接近，但 Turbo C 以其快速的编程和简明易学的风格收到广大编程者的欢迎。因此，我们选择了 Turbo C 2.0 作为总线监控模块软件的编程工具。

5. 2. 2 对 PC 串口编程

PC 与其它设备通过 RS232 接口通信时，PC 一般作为数据终端设备(DTE)，因此 PC 的串口（常用 9 线串口）定义如图 5.5 所示^[47]。

1	2	3	4	5	6	7	8	9
DCD	RX	TX	DTR	GND	DSR	RTS	CTS	RI
数据载波检测	接收数据	发送数据	数据终端就绪	地	数据设置就绪	请求发送	清除发送	振铃指示

图 5.5 PC 串口定义

因为家庭智能控制系统的通信协议不是采用的 RS232 标准, 虽然经过硬件进行了电平转换, 但是他的数据帧格式仍然与 RS232 不兼容, 并且总线上的电压和电流信号都是输入信号, 所以不能将其直接接到 PC 串口的数据线上。

在 PC 串口九根线的定义中, DSR 和 CTS 均是输入信号, 是 MODEM 向 PC 返回的状态信号^{[91][92]}。DSR=0, 表示数据装置准备好, DSR=1, 表示数据装置未准备好。CTS=0, 表示允许传送, CTS=1, 表示禁止传送。DSR 和 CTS 这两个标志位都在 PC 的 MODEM 状态寄存器 (MSR), MSR 在内存中的地址为 3FCH (串口 1) 或者 2FCH (串口 2)^[68]。DSR 位于 MSR 的第五位, CTS 位于 MSR 的第四位^[93]。

从 5.1 节对总线监控模块硬件的介绍中我们知道, 经过该电路转换后, 家庭智能控制系统中总线上的电压信号由 V 端输出, 电流信号由 I 端输出, 另外还有一个公共端 COM。我们将 COM 端直接与 PC 串口的地相连, V 端直接与 DSR 端相连, I 端直接与 CTS 端相连。这样在程序中, 我们不停的查询 DSR 和 CTS 标志位, 就能扫描到家庭智能控制系统总线上的电压和电流信号。

在 Turbo C 2.0 的 bios.h 文件中, 有一个专门用于 PC 串口操作的函数 `Bioscom()`^[69], 他的调用方式如下: `int bioscom(int cmd, char byte, int port)`, 其中的 cmd 参数决定了 bioscom() 的操作类型, cmd 参数的定义如图 5.6 所示。

cmd	0	1	2	3
含义	初始化串口	发送一个字符	接收一个字符	返回串口状态

图 5.6 cmd 参数定义

当 cmd=3 时, bioscom 返回的是串口当前工作状态, 该状态共 16 位数值, 其中第一位表示 DSR 信号有变化, 第零位表示 CTS 信号有变化。

byte 参数在 cmd 等于 0 或 1 时, 为发送给串口的 8 位数值, 在 cmd 等于 2 或 3 时, 无意义, 将其置 0。port 参数用来指定串口, port 为 0, 指定串口 1, port 为 1, 指定串口 2。

因此, 扫描串口程序可以如下编写 (用 C 语言编写):

```

void Serial_Scan()
{
    bioscom(0, 0, 0);           //初始化串口
    ptState=bioscom(3, 0, 0);  //读串口当前状态
    if(ptState&0x0002)
        //记录电压信号
    else if(ptState&0x0001)
        //记录电流信号
}
    
```

5. 2. 3 对 PC 定时器编程

我们知道，家庭智能控制系统使用的脉宽编码，以 200us 表示信号 1，100us 表示信号 0，为了能准确的将信号接收到，需要有精确的定时器。但是在 Turbo C 2.0 中，提供的时间函数均不能达到精度要求，所以在程序中必须对 PC 的定时器进行直接编程。

在 PC/XT 类型的计算机中，使用的定时器芯片是 8253—5^[89]，在 PC/AT 类型的计算机中，使用的是 8254—2^[90]，两者的外形引脚及功能都是兼容的。8253/8254 的读写操作及端口地址如图 5.7 所示^[47]。

RD	WR	地址	操作
1	0	40H	向计数器0写入计数初值
1	0	41H	向计数器1写入计数初值
1	0	42H	向计数器2写入计数初值
1	0	43H	向控制寄存器写入方式控制字
0	1	40H	从计数器0读出计数值
0	1	41H	从计数器1读出计数值
0	1	42H	从计数器2读出计数值

图 5.7 8253/8254 的读写操作及端口地址

要计算出信号的数值，根据家庭智能控制系统通信协议，必须要记录下每个脉冲的宽度。因此，在脉冲的开始时刻，我们给定时器设置初值，程序如下（用 Turbo C 2.0 编写）^{[94] [95]}：

```
void SetTimer()
{
    /*写方式控制字，使其使用定时器0，读/写两个字节（先低字节，后高字节），
    设定定时器0工作在方式2，使用二进制编码*/
    outportb(0x43, 0x34);
    outportb(0x40, 0xff);    //向低字节写入定时初始值0xff
    outportb(0x40, 0xff);    //向高字节写入定时初始值0xff
}
```

在脉冲结束的时刻，需要记录下定时器当前的计数值。因为我们给 8253/8254 设置的定时初值为 0xffff，所以其最大定时时间约为 55ms ($65536/1.19318=55\text{ms}$)^[96]，远远大于家庭智能控制系统中最大的脉冲宽度，这样在脉冲结束的时刻，8253/8254 不会溢出。因此，在脉冲结束时刻的计时程序可以如下编写（以 Turbo C 2.0 编写）：

```
unsigned int GetTime()
{
    unsigned int ntime;
    outportb(0x43, 0x00);    //向计数器0发送锁存计数值命令
    ntime=inportb(0x40);    //读出低位计数值
    ntime+=256*inportb(0x40); //读出高位计数值
    return ntime;          //返回计数值
}
```

5. 2. 4 建立和更新数据文件

总线监控模块需要将扫描到的总线数据进行保存，以使用户查看。

将数据保存下来，最简单的方法是将其保存到数据文件，而且对数据文件进

行读写只需要占用很短的时间，符合程序的实时性要求^{[97] [98]}。

数据文件建立后，当扫描到的数据积累到一定程度，在保证文件长度一定的情况下，需要对其中的内容进行及时的更新。

5.3 本章小结

本章介绍了家庭智能控制系统中，总线监控模块的软硬件设计。总线监控模块在家庭智能控制系统的开发过程中，起到了巨大的作用，大大加快了开发速度，并且他也为用户提供了一定的安全保障。下一章将介绍家庭智能控制系统在用户家庭中安装和配置的一个实例。

第六章 应用实例

6.1 传统照明系统

自爱迪生发明电灯以来，照明系统已伴随人类度过了一个多世纪的时间。在这期间，尽管采用新工艺、新材料产生了许多新型灯具和开关，但照明系统本身结构、原理并未出现质的突破。

传统的照明系统结构如图 6.1 所示^[99]。其基本结构是进户总线通过电表和总闸进入配电箱，通过配电箱进行分线，在每路分线上，根据用户控制需求再铺设线路。特点是动力线与控制线重叠，通过机械式开关直接控制电源的开与关，不存在控制信息流的概念。一个开关控制一路，一开都开，一关全关。

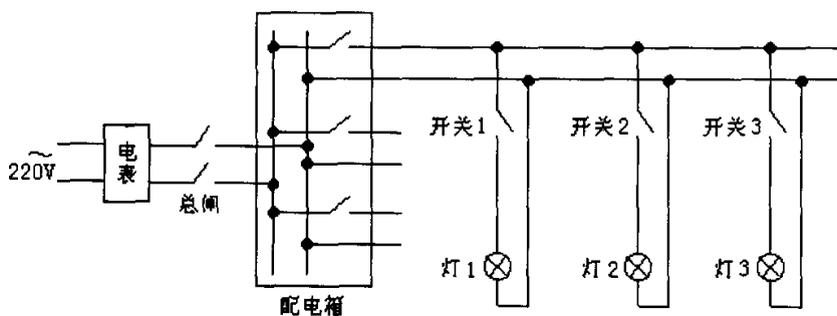


图 6.1 传统照明系统

此类照明系统原理简单直观，但其缺点是一旦布线完成后系统就固定不能再改动，如图中的开关 1 控制的是灯 1，如果控制要求有改动，开关 1 要控制灯 2，就必须重新布线。此外，要实现复杂的控制要求时，布线量将大大增加。例如一个简单的两地控制，就需要布三根线，随着系统复杂度的提高，布线量将以几何级数增加。如果到剧场、体育馆或电影院的灯光控制室参观过，一定会对那里错综复杂的线路留下深刻的印象。布线量增加的同时还降低了系统的可靠性，一旦出错，线路的检查也相当费时。随着大量商用办公楼，跃式住宅的推出，办公楼管理人员和住户需要对电器的实时工况予以监视，而传统技术对此无能为

力。至于提供安全、舒适、便利的生活环境，实现电器联动，根据环境自动调整或控制灯光亮度等，用传统技术实现更是无法想象^[100]。

由于上述的几个缺点，传统的照明系统已不能满足现代化的控制要求。它的应用范围日渐缩小，将逐步退出历史舞台^[101]。

6.2 家庭智能控制系统及安装实例

从上几章对家庭智能控制系统的介绍中我们知道，由于系统采用了总线型的体系结构，所以具有很大的灵活性，用户可以根据自己的实际需要进行相应的安装和配置。

下面以图 6.2 为例，具体介绍一种家庭智能控制系统在两室一厅用户家庭中的安装和配置方法。

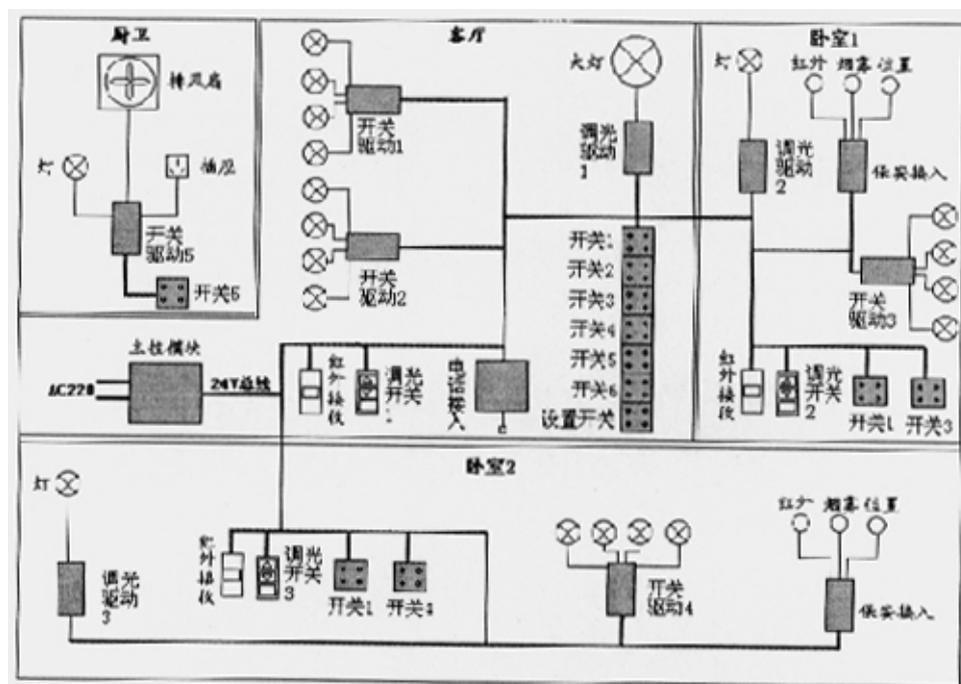


图 6.2 家庭智能控制系统应用实例

家庭智能控制系统的核心—主控模块，是每套系统必需的。主控模块在系统的后台运行，用户不需要对其进行操作，并且主控模块的模具尺寸根据建筑电气

行业标准设计,所以为了保持整洁和美观,用户可以将其安装在家庭的配电箱内。

根据理论计算和实际测试,家庭智能控制系统的总线长度在 300 米范围内,不需要使用中继器对总线信号进行放大。因此,在两室一厅的家庭中,该系统没有必要使用中继器。当家庭智能控制系统安装在别墅等一些面积比较大的家庭中时,中继器就可能成为系统必须的设备了。在系统中安装中继器只需要将其串接在总线中即可。

通过图中标注的控制和驱动模块的地址,我们可以清楚的看出他们之间的控制关系,开关 1 控制开关驱动器 1,开关 2 控制开关驱动器 2,依次类推。从图中还可以看出,系统具有多对一控制的功能,比如厨卫、卧室 1 和卧室 2 的开关驱动模块,用户既可以在本地进行控制,也可以在客厅进行控制。同样,客厅中的开关驱动 1,用户既可以在客厅控制,也可以在卧室 1 和卧室 2 控制。如果用户需要改变他们之间的控制关系,只需通过手持编址器改变响应模块的地址即可。

用户可以将客厅中的开关 6 设置成组或者场景地址,使系统具有一对多控制的功能。通过设置开关,用户可以任意设置组或者场景地址的包含对象。比如,用户可以将开关 6 的按钮 1(即偏移地址 1)设置成全部包含开的场景地址,将按钮 2(即偏移地址 2)设置成全部包含关的场景地址。这样用户回家时只需按按钮 1,就可以打开家里所有的电器,离开家时按按钮 2,就可以关闭所有的电器。同样用户可以实际需要,将按钮 3 和按钮 4 设置成包含某些对象的组或者场景地址。对于组地址,还可以将其设成有定时的组控制。

系统中的红外接收模块,可以接收遥控器的控制信号,方便用户操作。比如,用户可以坐在客厅的沙发上,通过遥控器来控制家里的电器。同样,用户也可以睡在卧室 1 或者卧室 2 的床上来控制家里的电器。遥控器上有八个按钮,相当于两个四按钮的开关模块。同样,用户可以通过手持编址器对遥控器上的八个按钮的地址进行设置。

系统中的电话模块,可以使用户对家中的电器进行远程控制。电话模块有两个接口,一个与系统总线相连,一个与电话线相连。家庭中若安装了电话模块,用户可以在办公室或者其它地方,通过电话就可以控制或者查询家中电器。比如,用户可以在下班回家前,先通过电话将家中的电饭煲或者空调打开。另外,电话

模块可以有防盗的功能。比如，用户如果在外地度假，可以通过电话的远程控制，来模拟主人在家时的灯光场景变化。

家庭智能控制系统中的安防模块可以使家庭具有安全报警功能。当小偷试图进入家中行窃时，红外和位置传感器通过保安接入模块，会自动发出报警信号。当家中有火警时，烟雾传感器也会自动发出报警信号。家庭智能控制系统不但可以在本地报警，而且还可以通过电话模块，将报警信号发到用户的设定的固定电话或者移动电话上。

如果用户需要在原有的系统中扩展新的模块，只需将新模块接到系统总线上即可，并不需要对原先的布线作很大的变动。

综上所述，与传统的家庭照明系统相比^[102]，家庭智能控制系统具有安装简单、扩展方便、配置灵活等特点。并且，该系统不光适用于家庭，而且也适用于办公写字楼、学校、医院和舞台等场合。

6.3 本章小结

本章通过对传统照明系统和家庭智能控制系统之间的比较，以及家庭智能控制系统在家庭中的一个安装实例，说明了家庭智能控制系统一些主要优点。

第七章 总结与展望

7.1 总结

本论文详细介绍了家庭智能控制系统的工作原理，以及笔者在近一年的时间内研究和开发的各个模块。

现在家庭智能控制系统的原理已经设计完毕，并且样品也已通过了杭州市科委的技术鉴定。

但是目前系统规模还比较小，只能实现一些基本的功能。考虑今后的发展，计划：

- 1: 丰富控制类模块和执行类模块的种类，增加系统的功能。
- 2: 加入耦合器模块，从而几个系统能够连成一个大系统。
- 3: 加入上位机组态软件，方便用户操作。
- 4: 加入协议转换模块，从而系统可以连接入采用其它协议的系统

7.2 展望

随着经济的发展，人们物质文化需求的日益增长，家庭自动化的市场前景是相当广阔的。国外厂商的开发热情很高。但是目前国内厂商在这方面的投入还不够多。希望本系统的开发能起到一个抛砖引玉的作用。在不久的将来，越来越多的在市场上见到国内厂商自主开发的产品。

附录一 参考文献

- [1]. 杨士元 e-home 在中国 单片机与嵌入式系统应用 2001 (12)
- [2]. Kenneth P. Wacks, , Home Automation and Utility Customer Services, Cutter Information Corporation, 1998
- [3]. www.x10.com
- [4]. 叶朝辉 杨士元 智能家庭网络研究综述 计算机应用研究 2001 (9)
- [5]. www.hometoys.com
- [6]. www.eiba.com
- [7]. Marc Goossens, The EIB System for Home & Building Electronics, EIBA s.c., 1998
- [8]. EIBA Handbook Series, Reales3.0
- [9]. www.echelon.com
- [10]. 吴礼雄 船舶监控系统中 LonWorks 现场总线的应用 工业控制计算机 2000 (1)
- [11]. www.bacnet.org
- [12]. www.iwebme.com
- [13]. www.cebus.org
- [14]. www.wireless-nets.com
- [15]. www.bluetooth.com
- [16]. Andrew S. Tanenbaum Computer Network Prentice Hall PTR 1996
- [17]. 王幸之 王雷等 单片机应用系统抗干扰技术 北京航空航天大学出版社 2000
- [18]. 8-bit Microcontrol With 8k Bytes Flash ATMEL Corporation, 1999
- [19]. TMS27C512 65536 by 8-bit Texas Instruments INC, 1998
- [20]. CY62256 32K×8 Static RAM Cypress Semiconductor Corporation, 1997
- [21]. AT28C256 32K×8 Paged CMOS EEPROM ATMEL Corporation, 1998
- [22]. 徐爱钧、彭秀华, 单片机高级语言 C51 应用程序设计, 电子工业出版社, 1998.6

- [23]. 谭浩强 C 程序设计 (第二版) 清华大学出版社 1999
- [24]. 梁合庆 广州周立公单片机发展有限公司 1999
- [25]. 李广第 单片机基础 北京航空航天大学出版社 1993
- [26]. 何立民 单片机高级教程—应用与设计 北京航空航天大学出版社 2000
- [27]. 马忠梅 籍顺心等 单片机的 C 语言应用程序设计 北京航空航天大学出版社 1999
- [28]. 邓汉馨 郑家龙 模拟集成电子技术教程 高等教育出版社 1994
- [29]. 周庭阳 江滩澄 电路原理 浙江大学出版社 1994
- [30]. CD4013BMS CMOS Dual D-Type Flip Flop Intersil Semiconductor Corporation, 1992
- [31]. 宋樟林 陈道铎 王小海 数字电子技术基础教程 浙江大学出版社 1996
- [32]. 何立民, MCS-51 系列单片机应用系统设计, 北京航空航天大学出版社, 1990.1
- [33]. 徐爱钧编著, 智能化测量控制仪表原理与设计, 北京航空航天大学出版社, 1995.11
- [34]. LMS-019 系列液晶显示技术手册 深圳拓微电子有限公司 2000
- [35]. 郭维芹 康华光 实用模拟电子技术 电子工业出版社 1998
- [36]. 胡汉才 单片机原理及其接口技术 清华大学出版社 1995
- [37]. 张玉华 中间件, 谁能抓住机会 信息产业频道 2000
- [38]. 邬向阳 新一代系统集成工具——交换平台与中间件 金融电子化 2001
- [39]. 张岩 周可记 中间件技术与应用研究 计算机与通信 2001
- [40]. 黄之林 中间件在银行数据集成中的应用 电脑与信息技术 2001
- [41]. 王定军 罗斌 键盘扫描/液晶显示驱动器 NJU6435 及软件设计 电子技术 1997
- [42]. 金伟正 基于 C51 的液晶汉字显示方法研究 电子与自动化 2000
- [43]. 陈晓英 陈骁峰 利用单片机实现液晶汉字显示方法的研究 辽宁工学院学报 2001
- [44]. 刘曙光 点阵式液晶汉字显示技术 西北纺织工学院学报 1994
- [45]. 李朝青 PC 机及单片机数据通信技术 北京航空航天大学出版社 1999

- [46]. 林双平 金科学 无线通信中数据同步接收与传送的实现 计算机工程
2001
- [47]. 刘乐善 叶济忠 叶永坚 微型计算机接口技术原理及应用 华中理工大学
出版社 1996
- [48]. 张同新 戴义保 吴斌 RS232—CAN 总线协议转换器设计 电气自动化
2001
- [49]. 赵建民 林勃 侯树春 Longworks 与 RS232/485 的接口设计 电工技术杂志
2000
- [50]. 卜广炎 用自制 RS485/RS232 转换器实现 PC 机和单片机之间的串行通信
电子元器件应用 2001
- [51]. TLP521—1 TOSHIBA PHOTOCOUPLER GaAs IRED & PHOTO TRANSISTOR
TOSHIBA Technology INC, 1998
- [52]. 徐晖 关辉 一种模拟量光电隔离的实现 黑龙江大学自然科学学报 1999
- [53]. 马顺基 李朝波 用 TLP521—4 型光电耦合器替代高灵敏型继电器初探
医疗器械杂志 1993
- [54]. 包晓露、李萱, Windows 编程指南, 电子工业出版社, 1991
- [55]. Peter Norton, Rob McGregor, MFC 开发 Windows 95/NT 应用程序 清华
大学出版社, 1998.4
- [56]. 王永乐 徐书欣 Dos 和 Windows 下多任务功能的比较 许昌师专学报 2001
- [57]. 康华光 电子技术基础 人民教育出版社 1991
- [58]. 童诗白 模拟电子技术基础 高等教育出版社 1980
- [59]. 余永权 ATMEL 89 系列 Flash 单片机原理及应用 电子工业出版社 2001
- [60]. 薛栋梁 MCS-51/151/251 单片机原理与应用 中国水利水电出版社 2001
- [61]. 窦振中 单片机外围器件实用手册存储器分册 北京航空航天大学出版社
1998
- [62]. LM393 Differential Comparators Texas Instrument Corporation, 2000
- [63]. 严蔚敏等 数据结构 清华大学出版社 1998
- [64]. Jean J. Labrosse, uc/os-II:the Real Time Kernel Miller Freeman, Inc
2000

- [65]. 高传善 郭健民 陈章龙 接口与通信 复旦大学出版社 1989
- [66]. 胡大可 微处理机原理及应用 浙江大学出版社 1993
- [67]. 徐金梧 杨德斌 徐科 TURBO C 大全 机械工业出版社 1996
- [68]. 刘力 陈建革 王仲谋等 最新实用 IBM PC 软、硬件技术参考大全 学苑出版社 1993
- [69]. 陈龙三 张琦 8051 单片机 C 语言控制与应用 清华大学出版社 1999
- [70]. 秦和 实用电子元器件手册 上海电器科学研究所 1998
- [71]. 宋春荣、刘芳芳、杨礼成、刘春华等, 通用集成电路速查手册, 山东科学技术出版社, 1995.1
- [72]. MCS-51 Microcontroller Family User's Manual, Intel, 1994.2
- [73]. 刘晓胜 吴乐南 智能建筑中德 BACnet 协议与 TCP/IP 协议 电子科学 2001
- [74]. 惠晓实 刘贤德 BACnet 的对象模型 工程设计 CAD 与智能建筑 2000
- [75]. 陈德水 BACnet 楼宇自控系统的数字通讯协议 工程设计 CAD 与智能建筑 1999
- [76]. 黄卜夫 吴明光 杜贵福 欧洲设备安装总线(EIB)概述 电子技术应用 2001
- [77]. European Installation Bus Technical Information.EIBA,1999
- [78]. European Installation Bus Technical Information.EIBA,1999
- [79]. G.Seip The future of the EIB system.In:EIB-proceedings,2000
- [80]. 陈龙 智能住宅与家居布线 建筑电气咨询 2001
- [81]. www.smarthomecn.com
- [82]. www.smartreseller.com.cn
- [83]. 刘敢锋 谢锋 基于 HBS 的分布式智能照明安防系统的研制与开发 电子技术应用 2001
- [84]. 黄卜夫 李海学等 数字化智能照明系统的设计中国照明电器 2001
- [85]. 曾剑 贾云艳 智能建筑设计—建筑与技术的系统整合 重庆建筑大学学报 2000
- [86]. 谢希仁, 计算机网络 (第二版), 大连理工大学出版社, 1996.4
- [87]. Matthew Flint Arnett, TCP/IP 从入门到精通, 学苑出版社, 1994.9
- [88]. 周明天、王文勇, TCP/IP 网络原理与技术, 1993.12

- [89]. MSM82C53 CMOS Programmable Interval Timer OKI Semiconductor Corporation 1998
- [90]. MSM82C54 CMOS Programmable Interval Timer OKI Semiconductor Corporation 1998
- [91]. 8251A Programmable Communication Interface AMD Technology INC, 1987
- [92]. INS8250 Universal Asynchronous Receiver/Transmitter National Semiconductor Corporation 1990
- [93]. TL16C550 Asynchronous Communication Element With AutoFlow Control TEXAS Instrument Corporation 1998
- [94]. 吕田有 孙燕华 8253 用于脉冲计数的几点体会 测试技术学报 1998
- [95]. 杨华庭 使用计数器应注意的几个问题 自动化仪表 1997
- [96]. 刘天宽 龚达涛 8253 计数器通道级联的两个问题合解决方法 电子技术应用 1997
- [97]. 范素珍 数据库系统原理教程 清华大学出版社 1998
- [98]. 冯玉才 数据库系统基础 华中理工大学出版社 2000
- [99]. www.echelon.com.cn
- [100]. 汪鲁才 戴瑜兴 学校图书馆节能照明系统设计 照明工程学报 2001
- [101]. 师仁俊 王智 智能灯光控制系统及其节能分析 能源研究与利用 1997
- [102]. www.gkbgroup.com

附录二 论文及参与的项目

论文:

1. 驱控制器 GM82C765 在基于单片机的数据采集系统中的应用
第一作者, 电子技术, 2001
2. 彩色小长途无纸记录仪的设计与开发
第二作者, 电子技术应用, 2001

项目:

1. 杭州市科委项目“智能照明系统”(编号 991221318), 杭州鸿雁电气公司委托项目。
该项目于 2000 年通过杭州市科委的技术鉴定。
2. 彩色小长图无纸记录仪。北京自动化仪表五厂委托项目。