

陶瓷学院科技艺术学院

本科生毕业设计（论文）

中文题目：_____家庭智能总线式开关系统_____

英文题目：_____FAMILY INTELLIGENT BUS SWITCH
SYSTEM_____

院 系：_____科技艺术学院 工程系_____

专 业：_____自 动 化_____

姓 名：_____邹 军_____

学 号：_____201030455106_____

指导教师：_____吴 德 道_____

完成时间：_____2014 年 5 月 16 日_____

摘要

智能家居作为家庭信息化的实现方式,已经成为社会信息化发展的重要组成部分,现在由于人人都想有一个方便,舒适,安全的居住环境,因此大家对于智能家居表现的越来越感兴趣。一般来说,智能家居旨在提供合适的智能服务来积极促进住户更好的生活,比如家务劳动,娱乐,休息和睡眠。物联网因其巨大的应用前景,将是智能家居产业发展过程中一个比较现实的突破口,对智能家居的产业发展具有重大意义。本文基于容易实现,方便操作,贴近使用的设计理念,采用 STC89C51 单片机为控制核心,为控制终端,并采用包括红外遥控、按键、Web 界面等在内的多个控制源来控制家用电器。

关键词：物联网 智能家居 单片机 STC89C51 多源控制

ABSTRACT

Smart Home as the implement mode of Family Information has become an important part of the social information development .The networking because of its huge prospect to develop .It will be a real way during the Smart Home' s development .Networking means a lot to the Smart Home . There is a growing interest in smart home as a way to offer a convenient, comfortable, and safe residential environment . In general, the smart home aims to offer appropriate intelligent services to actively assist in the resident' s life such as housework, amusement, rest, and sleep.This article base on the design concept of trying to use easiest way to deliver handle and closing to use .We take the STC89C51 as the control core of the design .The relay as the control terminal mean .While we also use the trared remote control key webpage etc to control the home appliances .

Key word: Networking Intelligent Home Microcontroller STC89C51 multi-source control

目录

1	绪论.....	5
2	总体设计.....	6
2.1	整体介绍.....	6
2.2	单片机控制部分.....	6
2.3	功能设计.....	7
3	系统设计.....	8
3.1	系统设计方案的论证与选择.....	8
3.2	智能总线式开关的设计方案:.....	15
3.2.1	总线网.....	15
3.2.2	星状网.....	15
3.2.3	环状网.....	17
3.3	通信编解码方式设计.....	18
3.3.1	DTMF（双音多频）编码方法.....	18
3.3.2	DTMF（双音多频）编解码器的原理.....	19
4	硬件电路设计.....	21
4.1	通信结点电路.....	21
4.1.1	控制开关的电路原理与分析.....	21
4.1.2	主机的电路原理与分析.....	22
4.1.3	MT8880 双音多频收发器的介绍.....	23
4.2	电源电路设计.....	33
4.3	AT89C51 芯片简介.....	35
5	软件系统的设计.....	42
5.1	软件组成及结构.....	42
5.1.1	主机程序流程.....	42
5.1.2	分机程序流程.....	42
5.2	用普通 I/O 口控制 MT8880 的软件实现.....	43
5.2.1	MT8880 初始化子程序.....	43
5.2.2	MT8880 数据发送子程序.....	45
5.2.3	MT8880 数据接收子程序.....	47
5.2.4	红外遥控开关程序.....	48
6	毕业设计小结.....	53
7	经济分析报告.....	54
	致谢.....	55

1 绪论

智能家居（Smart Home）是以家为平台，兼备建筑、自动化，智能化于一体的高效、舒适、安全、便利的家居环境。家居智能化技术起源于美国，最具代表性的是 X-10 技术，通过 X-10 通信协议，网络系统中的各个设备便可实现资源的共享。因其布线简单、功能灵活，扩展容易而被人们广泛接受和应用。至今，X-10 技术产品的销售已超过两亿个，仅在美国一个国家，便有超过 600 万个家庭在使用。自动化的智能家居不再是一幢被动的建筑，相反，成了帮助主人尽量利用时间的工具，使家庭更为舒适、安全、高效和节能。

智能家居是现代社会最热门的话题之一，它的目标是通过网络等信息通信技术手段实现对家居电器等的智能控制，使其能够按照人们的设定工作运行，而不论距离的远近。智能化与远程控制是智能家居的两大特点。目前，已经有越来越多的机构和个人开始了对智能家居的研究。

随着网络技术的发展，特别是无线网络的发展，网络化智能家居系统可提供遥控、家电（空调，热水器等）控制、照明控制、室内外遥控、窗帘自控、防盗报警、电话远程控制、可编程定时控制及计算机控制等多种功能和手段，使生活更加舒适、便利和安全。

2 总体设计

2.1 整体介绍

智能家居的主体在于家庭自动化，将来家庭自动化的主体是家电、照明等电气设备的控制。家庭自动化系统能够通过集中或者分布式控制家庭内部照明或者家电，住户可以通过网络或者电话远程控制家庭内部设备。家居自动化系统是将来智能家居的主要发展方向。从智能家居所包含的内容来看，智能总线式开关就适应了这一需求。本次设计以采用 AT89C51 实现的红外遥控和智能总线式开关来制作一个家居智能总线式开关控制系统，用遥控器代替机械式开关，来控制家庭内部照明，实现任何一个房间能控制任何房间的用电设备，并能指示任何房间的灯的状态。整个系统采用总线式连接，总线形式为四总线，两根信号线，一根电源线，一根地线。采用主从式结构，一个主机，最多八个分机，如有特殊需要，还可扩展。

2.2 单片机控制部分

本系统是单片机在系统检测以及工程控制方面的应用，其特点是体积小，成本低，功能强，功耗低，是微机应用产品化的最佳机种之一，它已广泛地应用在产品智能化和工业自动化上。而把单片机面向工控领域对象，嵌入到工控应用系统中，实现嵌入式应用的计算机称之为嵌入式计算机系统，简称嵌入式系统。嵌入式系统一般分为四种：工控机，通用 CPU 模块，嵌入式微机处理，单片机。嵌入式系统具有以下特点：

(1) 面对控制对象。如传感信号输入、人机交互操作，伺服驱动等。

(2) 嵌入到工控应用系统中的结构形态。

(3) 能在工业现场环境中可靠运行的品质。

(4) 突出控制功能。如对外部信息的捕捉、对控制对象实时控制和有突出控制功能的指令系统(I/O 控制、位操作和转移指令等)。单片机有惟一的专门为嵌

入式应用系统设计的体系结构与指令系统，最能满足嵌入式应用要求。单片机是完全按嵌入式系统要求设计的单芯片智能家居控制系统，形态应用系统，能满足面对控制对象、应用系统的嵌入、现场的可靠运行及非凡的控制品质等要求，是发展最快、品种最多、数量最大的嵌入式系统。

2.3 功能设计

为实现家居智能化，家庭内部照明或者其他家电的开关，需要集中或者分布式控制，有时还需要通过网络或者电话远程控制。从市场需求出介绍的智能总线式开关具有如下功能和特点：

（1）任何一个房间能控制任何房间的用电设备，并用发光二极管能指示任何房间的灯的状态。发光二极管亮代表此房间灯亮，发光二极管灭代表此房间灯灭。

（2）整个系统必须采用总线式连接，总线形式为四总线，两根信号线，一根电源线，一根地线。

（3）采用主从式结构，一个主机，最多 8 个分机，如有特殊需要，还可扩展。

（4）采用 DTMF(双音多频)方式通信，通信可靠，通信距离长。

（5）系统是集中提供电源，抗干扰性强。

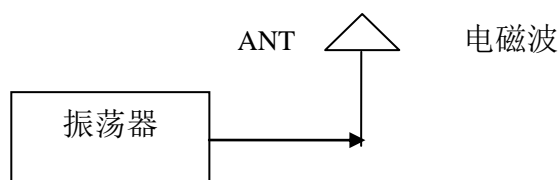
（6）加上电话线接口模块后，可实现拨电话开灯或开空调的功能，即基于公用电话网的远程开关。

3 系统设计

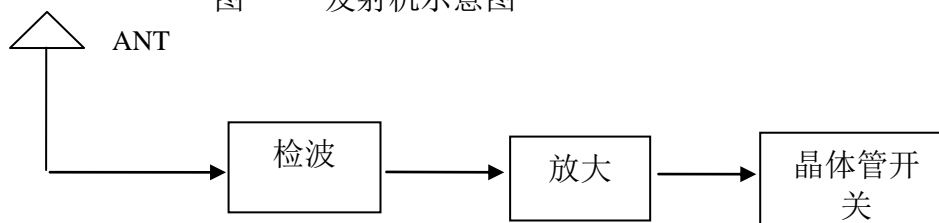
3.1 系统设计方案的论证与选择

方案一:无线遥控

无线遥控由遥控发射机和遥控接受机两大部分组成. 如图一所示为无线遥控发射机示意图. 图二所示为无线遥控接受机示意图.



图一 发射机示意图



图二 接收机示意图

早期的发射机较多使用 LC 振荡器, 频率漂移较为严重. 声表器件的出现解决了这一问题, 其频率稳定性与晶振大体相同, 而其基频可达几百兆甚至上千兆赫兹. 无须倍频, 与晶振相比电路极其简单. 图三和图四所示为两种常见的发射机电路, 由于使用了声表器件, 电路工作非常稳定, 即使手抓天线, 声表器件或电路其他部位, 发射频率均不会漂移. 图 2-1 和图 2-2 相比, 图 2-2 所示电路的发射功率更大一些. 作用距离可达 150 米以上。

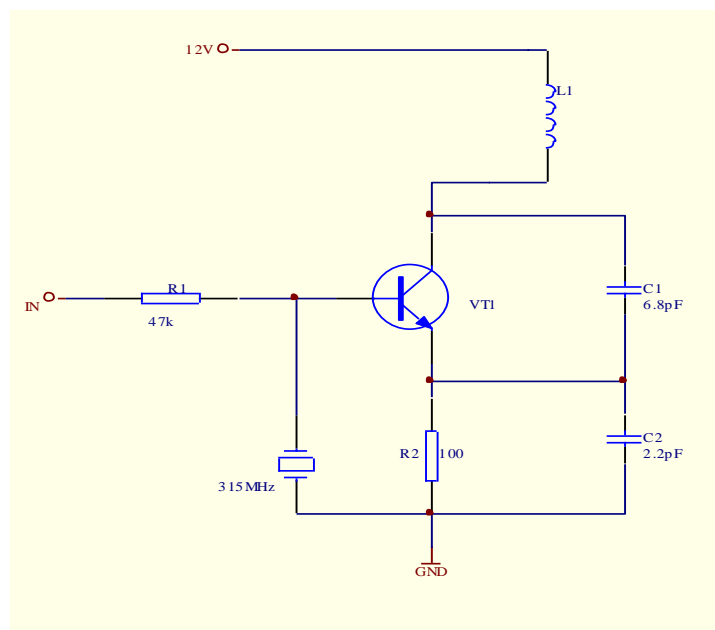


图 2-1 发射机电路

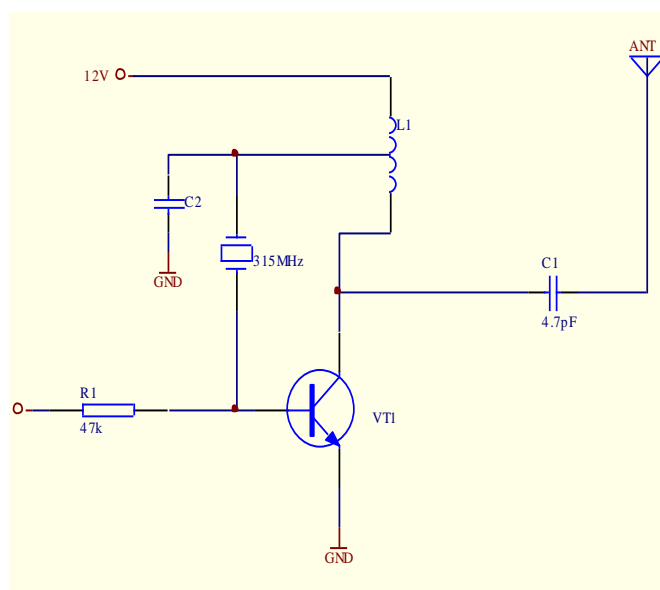


图 2-2 发射机电路

接受机可使用超再生电路或超外差电路,超再生电路成本低,功耗小,电流只需 100uA 左右,超再生电路的零敏度可调.但是,超再生电路的工作稳定性比较差,选择性差,从而降低了抗干扰能力。超外差电路的灵敏度和选择性都可以做得很好.因此比较常用。

方案二：采用 PT2262/PT2272 实现的红外遥控

1. 芯片介绍

PT2262/2272 是台湾普城公司生产的一种 CMOS 工艺制造的低功耗低价位通

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

用编解码电路 PT2262/2272 最多可有 12 位 (A0~A11) 三态地址端管脚 (悬空, 接高电平, 接低电平), 任意组合可提供 531441 地址码, PT2262 最多可有 6 位 (D0~D5) 数据端管脚, 设定的地址码和数据码从 17 脚串行输出, 可用于无线遥控发射电路, 红外遥控发射电路。

编码芯片 PT2262 发出的编码信号由: 地址码, 数据码, 同步码组成一个完整的码字, 解码芯片 PT2262 接收到信号后, 其地址码经过两次比较核对后, VT 脚才输出高电平, 与此同时相应的数据脚也输出高电平, 如果发送端一直按住按键, 编码芯片也会连续发射。当发射机没有按键按下时, PT2262 不接通电源, 其 17 脚为低电平, 所以 315MHZ 的高频发射电路不工作, 当有按键按下时, PT2262 得电工作, 其第 17 脚输出经调制的串行数据信号, 当 17 脚为高电平期间, 315MHZ 的高频发射电路起振并发射等幅高频信号, 当 17 脚为低电平期间, 315MHZ 的高频发射电路停止振荡, 所以高频发射电路完全受控于 PT2262 的 17 脚输出的数字信号, 从而对高频电路完成幅度控键 (ASK 调制) 相当于调制度为 100% 的调幅。

PT2262 的特点有 CMOS 工艺制造, 低功耗、外部元器件少、RC 振荡电阻、工作电压范围宽: 2.6V~15V、数据最多可达 6 位、地址码最多可达 531441 种。

PT2262 应用的范围有车辆防盗系统、家庭防盗系统、遥控玩具、其他电器遥控。

2. PT2262 引脚图

1	A0	VDD	18
2	A1	VT	17
3	A2	OSC1	16
4	A3	OSC2	15
5	A4	DIN	14
6	A5	D5	13
7	D0	D4	12
8	D1	D3	11
9	VSS	D2	10

3. PT2262 管脚说明

PT2262 的管脚说明如表所示。

说明	管脚	说明
----	----	----

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

A0~A11	1~8, 10~13	地址管脚, 用于进行地址编码, 可置为“0”, “1”, “f” (悬空)
D0~D5	7~8, 10~13	数据输入端, 有一个为“1”即可有编码发出, 内部下拉
Vcc	18	电源正端 (+)
TE	14	编码启动端, 用于多数据的编码发射, 低电平有效
OSC1	16	振荡电阻输入端, 与 OSC2 所接电阻决定振荡频率
OSC2	15	振荡电阻振荡器输出端
DOUT	17	编码输出端 (正常时为低电平)
Vss	9	电源负端 (-)

在具体的应用中, 外接振荡电阻可根据需要进行适当的调节, 阻值越大振荡频率越低, 编码的宽度越大, 发码一帧的时间越长。

4. PT2262 参数指标

PT2262 的极限参数如表一所示, 电气参数如表二所示。

参数	符号	参数范围	单位
电源电压	VCC	2~15.0	V
输入电压	Vi	-0.3~Vcc+0.3	V
输出电压	Vo	-0.3~Vcc+0.3	V
最大功耗	Pa	300	mW
工作温度	ToPr	-20~+70	度
储存温度	Tstg	-40~+125	度

表二 PT2262 的电气参数 (除非特殊说明 Tamb=25 度 Vcc=12.0V)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	Vcc		2		12	V
电源电流	Icc	Vcc=12v 振荡器停止振荡 A0~A11 开路		0.02	0.3	uV
Dout 输出 驱动电流	Ioh	Vcc=5V Voh=3V	-3			mA
		Vcc=8V Voh=4V	-6			mA
		Vcc=12V Voh=6V	-10			-mA
Dout 输出 陷电流	Iol	Vcc=5V Vol=3v	2			mA
		Vcc=8V Vol=4v	5			mA

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

		V _{cc} =12V V _{ol} =6v	9			mA
--	--	---	---	--	--	----

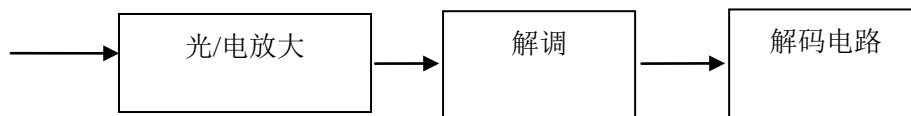
方案三：AT89C51 实现的红外遥控

1. 红外遥控的实现

通用红外遥控系统由发射和接收两大部分组成，应用编、解码专用集成电路芯片来进行控制操作，如图所示。发射部分包括键盘矩阵、编码调制、LED 红外发送器；接收部分包括光、□电转换放大器、解调、解码电路。

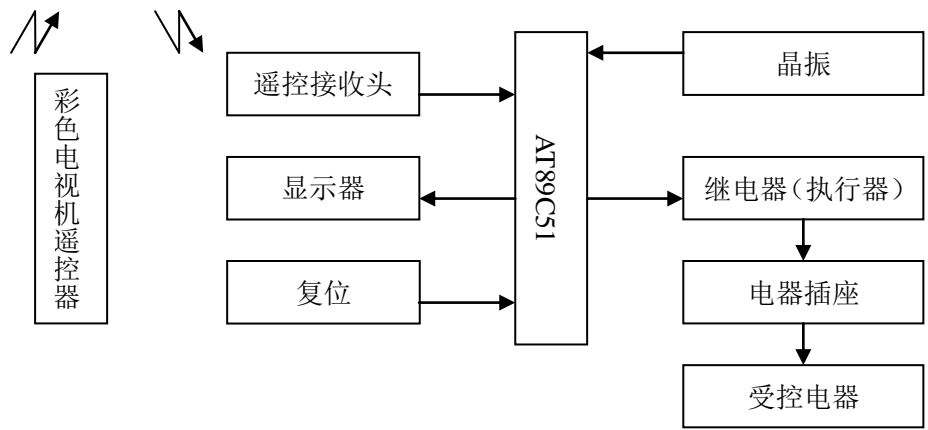


(a) 红外遥控发射框图

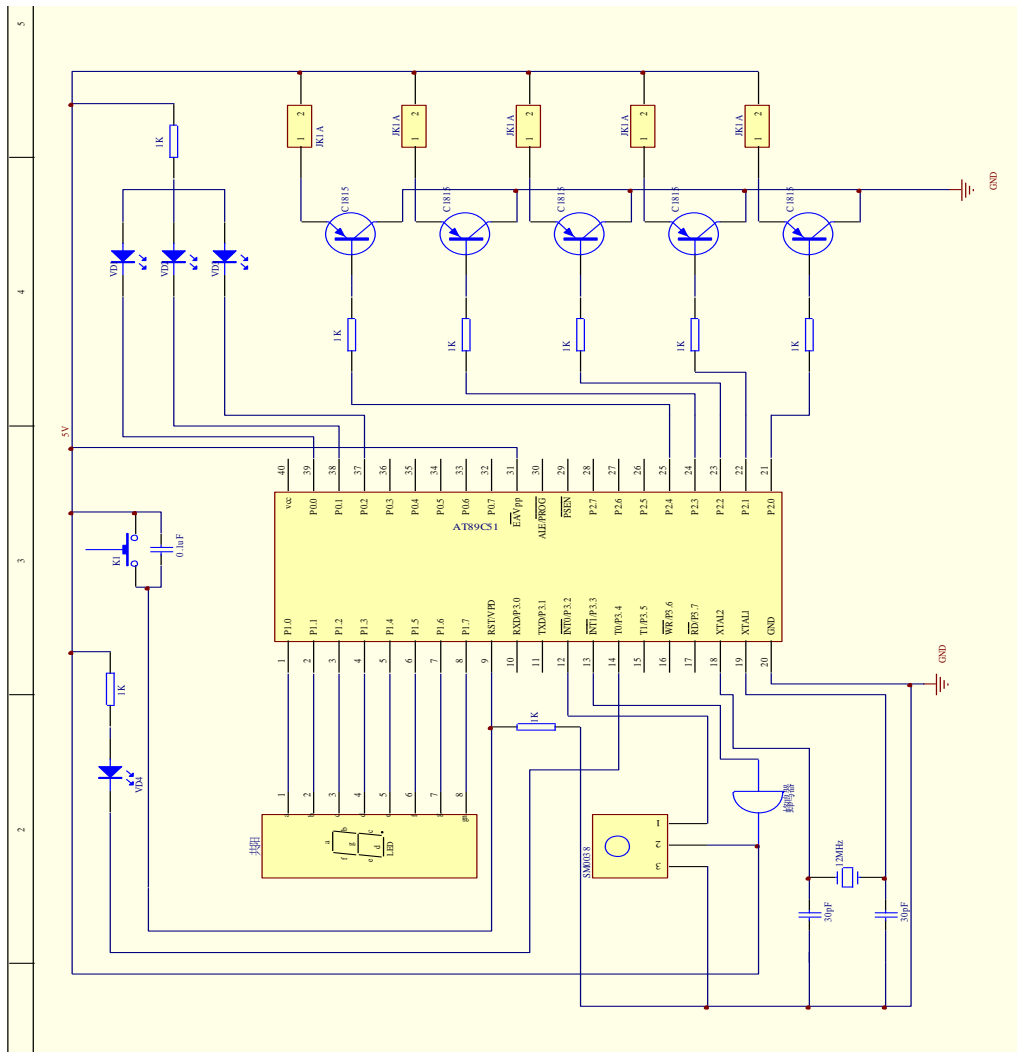


(b) 红外遥控接收框图

遥控开关是在通用红外遥控系统的基础上加以改进实现的。其实质就是将红外遥控接收部分采用单片机 AT89C51 来控制。即当一体化红外接收器接收到红外遥控信号后，将光信号转换成电信号，经放大、解调、滤波后，将原编码信号送入单片机 AT98C51 中进行信号识别、解码，然后进行相应的处理，打到控制电器的目的。下图一所示为遥控开关的系统构成框图，图二为遥控开关的电路原理图。



图一 遥控开关的系统构成框图



图二 遥控开关的电路原理图

2 红外线遥控器的工作原理

（1）红外线遥控发射器

红外线遥控器发射器包含键盘、指令编码器和红外发光二极管 LED 等部分组成。当按下键盘的不同按键时，通过编码器产生与之相应的特定的二进制脉冲码信号。将此二进制脉冲码信号先调制在 38KHZ 的载波上，经过放大后，激发红外发光二极管 LED 转变成以波长 940nm 的红外光线传播出去。

（2）红外线遥控接收器

遥控接收器由红外线接收器、微处理器、接口电路(控制电路)等部分组成。光电二极管将接收的红外线信号转变成为电信号，经检波放大，滤除去 38KHZ 的载波信号，恢复原来的指令脉冲，然后送入微处理器进行识别解码，解译出遥控信号的内容，并根据控制功能输出相应的控制信号，送往接口电路(控制电路)做相应的处理。

（3）红外遥控开关的译码

在红外线遥控开关电路图中，当接通电源后，AT89C51 的 13 脚所接的蜂鸣器会“嗡”的响一声，同时 14 脚所接的发光二极管闪亮一次，然后熄灭。P1 口所接 LED 显示器不显示，继电器 JK1A 至 JK5A 全部断开，这些都表明红外遥控开关没有接收到信号，在此提示等待。此时，若将遥控器的数字“1”按下时，则在图中的红外遥控开关的电路图中的遥控接收器 SM0038 接收来自遥控发射器发射的红外信号，将接收的红外线信号转换成电信号，经放大、解调、滤波后，经红外接收器的第一管脚将原编码输入 AT89C51 的 12 脚。然后由 AT89C51 对所接的原编码信号进行判断，识别等，然后做出响应的处理。

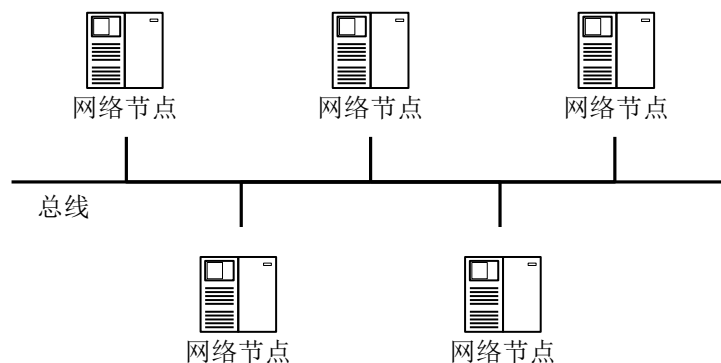
本系统采用单片机 AT89C51 和芯片 MT8880 作为本设计的核心元件。智能总线式开关是通过 AT89C51 和芯片 MT8880 实现对系统控制的。尽管无线遥控和 PT2262/PT2272 实现的红外遥控都比较方便使用，但是采用 AT89C51 实现的红外遥控更容易实现与智能总线式开关的连接。采用 AT89C51 实现的红外遥控就是在通用的红外遥控系统的基础上加以改进实现的，其实质就是将红外遥控接收部分采用单片机 AT89C51 来控制。所以，我们选择方案三。

3.2 智能总线式开关的设计方案：

3.2.1 总线网

总线结构是使用同一媒体或电缆连接所有用户的一种方式，也就是说，连接用户的物理媒体由所有设备共享，如图一所示。使用这种结构必须解决的一个问题是确保用户使用媒体发送数据时不能出现冲突。在点到点链路配置时，这是相当简单的。如果这条链路是半双工操作，只需使用很简单的机制便可保证两个端用户轮流工作。在一点到多点方式中，对线路的访问依靠控制端的探询来确定，即主机循环检测。

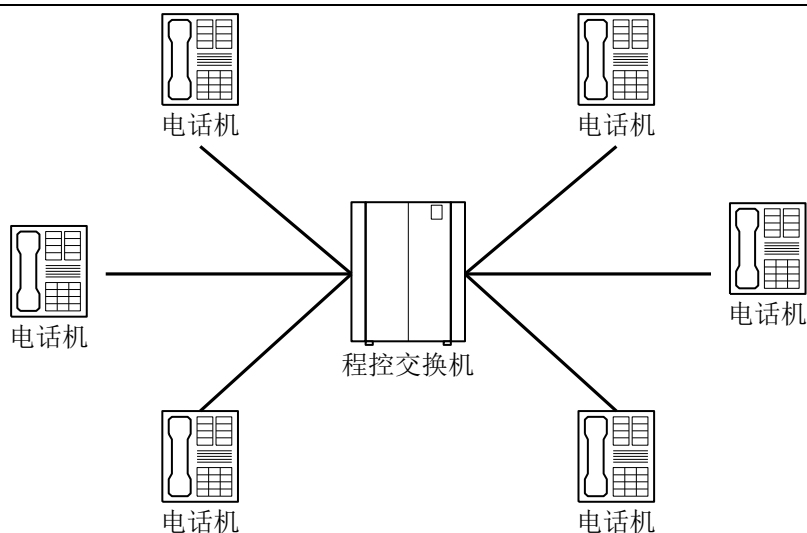
这种结构具有费用低、数据端用户入网灵活、站点或某个端用户失效不影响其他站点或端用户通信的优点。缺点是一次仅能一个端用户发送数据，其他端用户必须等待到获得发送权。媒体访问获取机制较复杂。尽管有上述一些缺点，但由于布线要求简单，扩充容易，端用户失效、增删不影响全网工作。



图一

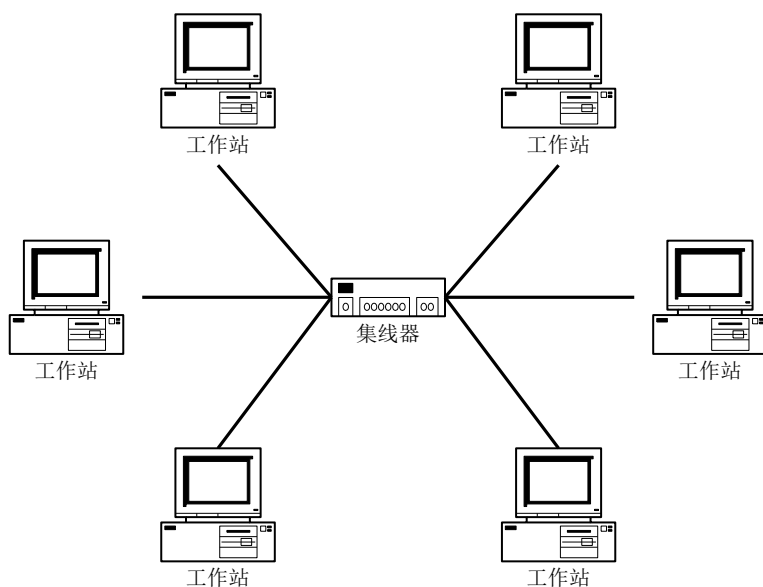
3.2.2 星状网

星状网是最古老的一种连接方式，大家每天都使用的电话就属于这种结构，如图图二所示。图三所示为目前使用最普遍的以太网星状结构，处于中心位置的网络设备称为集线器，英文名为 Hub。



图二

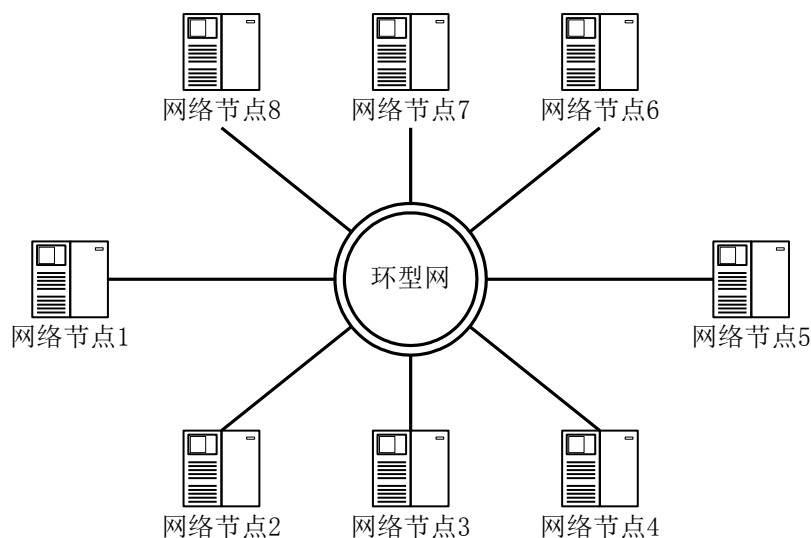
这种结构便于集中控制，因为端用户之间的通信必须经过中心站。由于这一特点，也带来了易于维护和安全等优点。端用户设备因为故障而停机时也不会影响其他端用户间的通信。但这种结构非常不利的一点是，中心系统必须具有极高的可靠性，因为中心系统一旦损坏，整个系统便趋于瘫痪。对此中心系统通常采用双机热备份，以提高系统的可靠性。星状网的另一缺点是布线较多，每一工作站要求一条线，工作站越多，线材也消耗越多。



图三

3.2.3 环状网

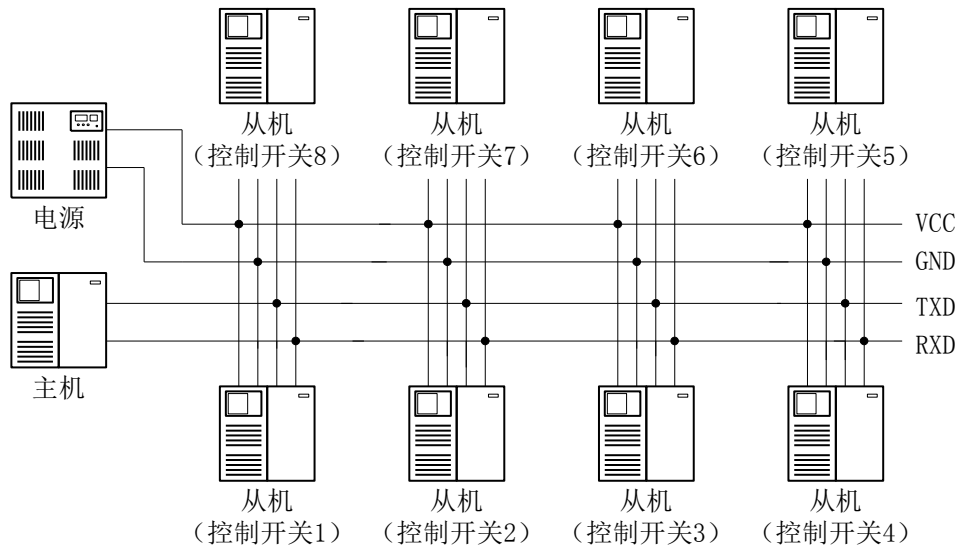
环状结构在局域网中使用较多。这种结构中的传输媒体从一个用户到另一个用户，直到所有用户连成环状，如图四所示。这种结构显而易见消除了用户通信时对中心系统的依赖性。



图四

环形结构的特点是，每个用户都与两个相邻的用户相连，因而存在着点到点链路，但总是以单向方式操作。于是便有上游用户和下游用户之称。例如图四中，用户7是用户8的上游端用户，用户8是用户7的下游用户。如果8端需将数据发送到7端，则几乎要绕环一周才能到达7端。

通过以上三种通信网络拓扑结构的比较。总线式网络具有费用低、数据端用户入网灵活、站点或某个端用户失效不影响其他站点或端用户通信的优点。更重要的是布线要求简单，扩充容易。对于家用的电器设备，选用总线式网络拓扑结构最为适合。为解决总线冲突的问题，可采用主从式结构，系统结构如图五所示。



图五

3.3 通信编解码方式设计

3.3.1 DTMF（双音多频）编码方法

数据通信中的编解码技术主要有 DTMF 编解码技术和三态逻辑解码技术，本系统编采用 DTMF 编解码技术。

DTMF 是英文 Dual Tone Multiple Frequency 的缩写，意为“双音多频”，它在程控系统中应用最为广泛。

DTMF（双音多频）信令具有的传递速度，使得它不仅广泛应用于电话系统的语音通信中，而且在通信网中应用也极为普遍。一些系统中常常需要同时接收和发送 DTMF 信号，发送和接收均伴随着编码和解码过程。

电话机有两种拨号方式，即脉冲拨号方式和双音多频拨号方式。

双音多频拨号方式的双音是指两个特定的单音信号的组合叠加来代表数字或符号（功能）。两个单音的频率不同，所代表的数字和功能也不同，在双音多频电话机中，有 16 个按键，其中有 10 个数字键（0~9），6 个功能键（*、#、A、B、C、D）。按照组合的原理，它必须有 8 种不同的单音频信号。由于采用的频率有 8 种，故称之为多频。又因从 8 种频率中任意抽出两种进行组合，又称其为 8 中取 2 的双音编码方法。

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

根据 CCITT 的建议，国际上采用 69HZ、770HZ、825HZ、941HZ、1209HZ、1336HZ、1477HZ 和 1633HZ。把这 8 种频率分为两个群，即高频群和低频群。从高频群和低频群中任意各抽取一种频率进行组合，共有 16 种不同的组合，代表 16 种不同的数字或功能，如表一所示

表一 拨号数字与高、低频率的组合关系

低频组 fl(hz)	高频组 fh(hz)			
	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	0	*	#	D

例如按“1”键时，由拨号电路产生 697HZ 与 1209HZ 叠加的信号电流输出；按“2”键时，产生 697HZ 与 1336HZ 叠加输出；以此类推。

3.3.2 DTMF（双音多频）编解码器的原理

DTMF（双音多频）编码器是采用每位数字有一组低频（f1）和一组高频（fh）按式 8-1 的组合叠加形成的一组双音多频信号，实现快速数字拨号。

$$V(t) = A_h \sin(2\pi f_h t) + A_l \sin(2\pi f_l t)$$

DTMF 解码器一般包括 DTMF 分组滤波器和 DTMF 译码器。DTMF 接收信号先经高、低群带通滤波器进行 f1、fh 区分，然后过零检测，比较，得到相应于 DTMF 的两路信号输出。该两路信号经译码、锁存、缓冲、恢复对应于 16 种 DTMF 信号音对的 4 比特二进制码。

目前 DTMF 产品多属于 CMOS 集成电路，国际上一些主要器件生产厂家或公司均有这方面的系列产品。有代表性的 DTMF 发送器包括 MITE 公司的 MT5087、MT5089、MT5088、MT5091, Motorola 公司的 MC14410, AMI 公司的 S2860、S2559, TEXAS 公司的 TP5087、TCM5087、TCM5089, MOSTEK 公司的 MK5087、MK5089、MK5091 等。有代表性的 DTMF 接收器有 MT8880、M8880、MT8888、MT8888、MT8889 等。这些 DTMF 产品集成度高，体积小，抗干扰能力强，并且中间传输的是两个叠加的音频信号，最后输出的是二进制编码信号，便于与微型计算机接口，无须

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

调制解调器。目前 DTMF 主要用于电话机及程控交换机中。实际上，DTMF 编译码电路可广泛用于遥控、遥测和数据传输等领域中。

本系统从通信可靠性和成本考虑，采用 DTMF 编解码技术，并选用 DTMF 编解码芯片 MT8880。

单片机 AT89C51 负责读取按键、控制 MT8880 收发数据、控制 LED 指示灯和驱动固态继电器 SSR 动作。双音多频收发芯片 MT8880 既可接收总线上的双音多频信号并解调出二进制数据，也可以将单片机送来的二进制数据变成双音多频信号发送到总线。电阻 R1、三极管 VT1 和电阻 R2 组成放大电路，把双音多频收发器 MT8880 输出的双音多频信号进行放大，发送到总线上。R3、VT2 是电子开关，当不发送双音多频信号时，VT2 截止，使 VT1 截止，使总线处于高阻状态，不影响其他通信结点发送信号。电源电路是开关稳压电路，将 10~30V 的直流电压变成 5V。按键 S1~S8 分别作为控制 8 个开关的主令按键。指示灯 LED1~LED8 作为 8 个开关的指示灯，用以指示 8 个开关的主指令按键。C6、R11 是单片机的复位电路。R13、R14、R15、R16、R17、R18、R19、R21 是指示灯 LED1~LED8 的限流电阻。

4.1.2 主机的电路原理与分析

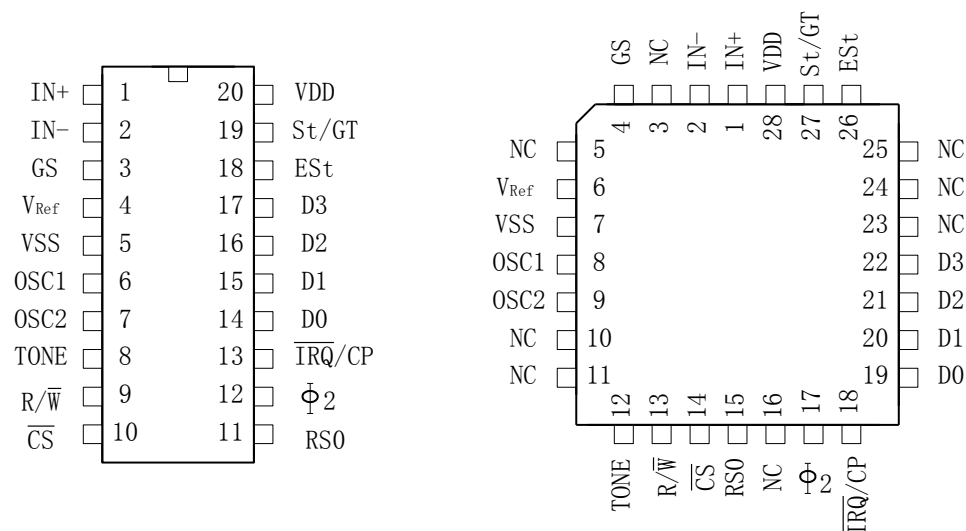
主机电路与控制开关电路相比，除无按键和指示灯外，其他均相同，电路如图八所示

（2）功能说明

MT8880C 是一个包括呼叫过程滤波器的单片双音多频收发器，它采用了 MITEL 公司的 ISO-CMOS 技术，具有低功耗，可靠性高的特点。双音多频发射部分使用了开关电容数模转换器，保证了所传递的双音多频信号具有低失真、高精度的特点。内部计数器提供音频波群传递方式，从而使音频串能够在高精度时序内传递。一个呼叫过程滤波器可使微处理机分析呼叫过程音频。片内的标准微处理器总线能够直接和微处理器兼容。MT8880C-1 除了接收部分的性能和 MT8880C 完全相同，前者增强了接收和拒收低信号电平的能力。

MT8880C 和 MT8880C-1 集成了双音多频收发功能，包括一个带内部增益设置放大器的高性能双音多频接收器和一个使用脉冲计数器把音频脉冲串和脉冲间隔进行精确合成的双音多频发生器。此外，可选择呼叫进程方式检测特定通频带内的频率。通过一个标准的微处理器接口，可以接入到芯片内一个状态寄存器、两个控制寄存器和两个数据寄存器中。

MT888C/C-1 有两种封装方式，两种封装的的引脚排列如图九所示. 外引线端子说明如表三所示。



图九 引脚排列图

表三 外引线端子说明

端子号		名称	说明
20	28		

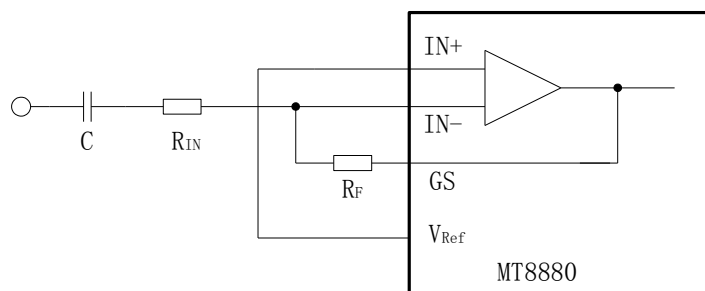
景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

1	1	IN+	运算放大器同相输入端
2	2	IN-	运算放大器反相输入端
3	4	GS	增益选择。前端差分放大器输出端用于同反馈电阻相连
4	6	Vref	参考电压输出。
5	7	Vss	接地端
6	8	OSC1	双音多频(DTMF)时钟/晶振输入
7	9	OSC2	时钟输出。3.579545MHZ 晶振连接在 OSC1 和 OSC2 之间以完善内部晶振电路，当+SC1 为时钟输入时，此端开路
8	12	TONE	音频输出
9	13	R/W	读写输入端，与 TTL 电平兼容
10	14	/CS	芯片选择。TTL 电平输入
11	15	RS0	寄存器选择输入端。与 TTL 电平兼容
12	17	$\Phi 2$	系统时钟输入。可与 TTL 电平兼容。注意：当芯片不使用时， $\Phi 2$ 时钟不需要被激活。
13	18	/IRQ/CP	向微处理器发出中断申请。当选择呼叫进程方式，并且中断开始时，/IRQ/CP 端输出一个矩形方波信号，代表在输入运算放大器上施加的输入信号。输入信号必须在呼叫进程滤波器的带宽限制以内。
14	19	D0	微处理器数据总线（TTL 电平兼容）。当 /CS=1 或 $\Phi 2$ 为低电平时，呈高阻态
15	20	D1	
16	21	D2	
17	22	D3	
18	26	Est	超前控制输出端，数字运算器检测到一对有效音频后为逻辑高电平。信号状态在任何时候丢去都会使 Est 返回到逻辑低电平
19	27	St/GT	控制输入/保护时间输出。如果在 ST 端检测出一个高于 Vtst 的电压，则芯片寄存这个被检测的音频信号并且刷新锁存器。低于 Vtst 的电压将使芯片接收新的音频信号。输出端 GT 可重新设定外部控制的时间常数。它的状态是 Est 和在 St 上的电压的函数。
20	28	VDD	正电源输入端（典型值+5V）
	3 5 10 11 16	NC	空脚（不连接）

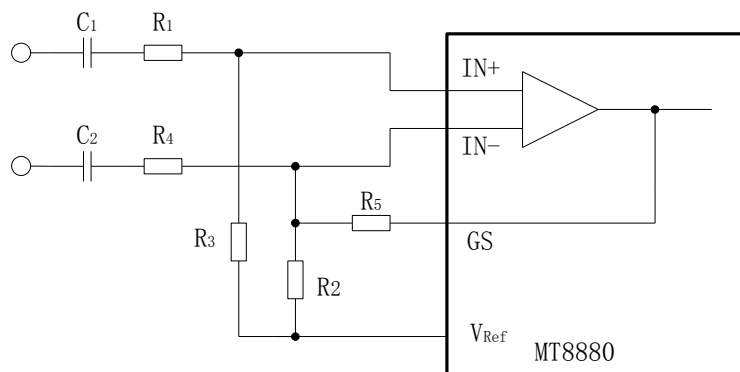
	23		
	24		
	25		

（3）输入结构

MT8880C/C-1 的输入配置为一个差动输入运算放大器和一个使输入 IN+ 偏置到 $V_{DD}/2$ 的偏压源 V_{ref} . 一个反馈电阻连到运算放大器的输出端调节增益。在单端输入形式中输入端的连接如图十所示。如图十一为差动输入形式下端子连接图。



图十 单端输入形式



图十一 差动输入形式

（4）接收部分

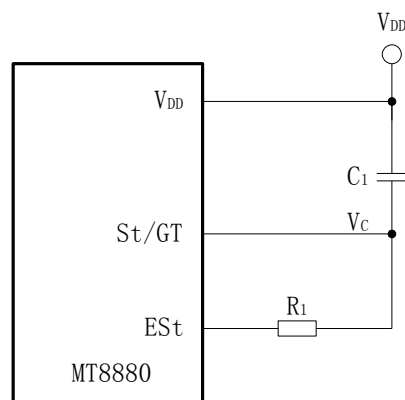
接收部分的功能是分离高次群和低次群音频。工作时将双音多频信号送入两个六级开关电容带通滤波器中，这两个带通滤波器的带宽分别对应于高次群和低次群频率，滤波器部分还包括 350HZ 和 440HZ 两个陷波滤波器用于抑制抑制拨号音，每个滤波器的输出在被限幅之前先送至一单级开路电容滤波器以便平滑信号。限幅是由一个高增益比较器完成的，它有滞后特性，以免不需要的低电平信号。

号被检测到。比较器输出信号按照输入的双音多频信号频率做全轨逻辑摆动。

译码器在滤波器之后，它运用数字计算技术判断音频并检验它是否与标准的双音多频信号的频率吻合。一种复杂的 4 平均值算法在向小的频率偏移提供容差的同时可防止话音等外来信号产生的音频模拟。这种计算方法已被求出，以确保既可以抗通话中断干扰，又可为干扰频率和噪声的出现提供容差，并使这两者得到最佳组合。当检测装置识别出两个有效音频时，超前控制即被激活。此后，信号状态的任何损失将使 Est 端处于低电平状态。

（5） 控制电路

接收器在已经译码的音频对寄存前检测有效信号持续时间（称为特性识别状态）。这种检测是由 Est 驱动外部 RC 时间常数完成的。如图十二所示，Est 端的逻辑高电平 VC 随着电容器的放电而上升。如果信号状态在有效时间（T）内一直保持着（Est 保持着高电平），那么 VC 就会达到寄存音频对所需要的控制逻辑阈值电压 VTST，并且将其相应的 4bit 码锁存进接收数据寄存器。这时保护时间（GT）输出端为高电平。并使电压 VC 达到 VDD。GT 在 EST 为高电平时继续激励高电平。最后，经过一个使输出锁存稳定的短暂延时后，延时控制输出标志变为高电平。这表明一个已经接受的音频对被寄存完毕。延时控制标志的状态可以通过校验状态寄存器的适当位置进行控制。在中断模式下，/IRQ/CP 端随延时控制标志的有效而变为低电平。



图十二 基本控制电路

如图十一 所示，有效时间 TGTP 为

$$T_{gtp} = R1C1$$

$$T_{gtp} = R1C1$$

表四 编码解码

Fl	Fh	数字	D3	D2	D1	D0
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	A	1	0	1	0
941	1209	B	1	0	1	1
941	1477	C	1	1	1	0
698	1633	D	1	1	1	1
770	1633	E	1	1	1	0
852	1633	F	1	1	1	1
941	1633	0	0	0	0	0

输出锁存器的内容随着激活延时控制跳变在不断更新。当接收的数据寄存器为读状态时，数据实际上是在 4 比特数据总线上传输。而控制电路是在是在确认信号间的间隔。因此，像衰减信号由于出现时间太短而被认为无效一样，接收器也容许极短时间的信号中断，而不认为是一个有效的时间间隔。此功能与外部选线控制时间常数的功能结合在一起，可以使设计者设计出的产品满足各种系统的广泛要求。

（6）保护时间调节

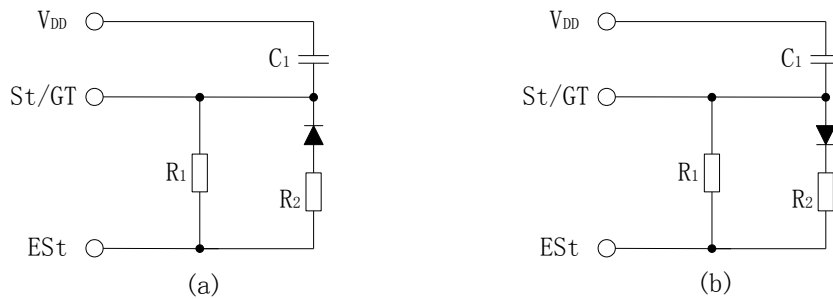
图十二所示为一种简单的控制电路，可以满足大部分应用要求。元件值的选择按照下面的公式，即

$$T_{rec} = T_{dp} + T_{gtp}$$

$$T_{id} = T_{da} + T_{gta}$$

其中， T_{dp} 是器件的参数， T_{rec} 是被接收器识别的最小信号持续时间。在大

多数时间常数下，建议 C_1 的取值 $0.1\mu F$ ， R_1 的值有设计者自行选择。对于音频出现时间 T_{gtp} 和音频消失时间 T_{gta} ，可选择不同的控制方案分别确定保护时间。对于要求在音频持续和中断时都能进行接收和拒收的系统来说，这是十分必要的。保护时间调节部分还允许设计者设计类似于对话取消和抗噪声这样的系统特性。增加 T_{rec} 将改善对话取消特性，应为话音模仿音频并使有效信号保持时间降低。另外，在噪声极强的环境中，需要较快占用时间和较强的抗漏码能力，这时采取相对较小的 T_{rec} 和大的 T_{id} 将是较为合适的。关于保护时间调节的设计如图十三所示



图十三 保护时间调节的设计

(a) 减少 $T_{gtp}(T_{gtp} < T_{gta})$

$$T_{gtp} = R_p C_1$$

$$T_{gta} = R_1 C_1$$

(b) 减少 $T_{gta}(T_{gtp} > T_{gta})$

$$T_{gtp} = R_1 C_1$$

$$T_{gta} = R_p C_1$$

(7) 双音多频 (DTMF) 发生器

MT8880C/C-1 中的双音多频发射器能产生全部 16 个标准的双音多频 (DTMF) 对，并且有低失真及高精度的特点，所有频率都是由外部 3.579545MHz 晶振分频而得。不同音频的正弦波通过使用列可编程分配器及开关电容 D/A 转换器进行数字化合成而得。行和列的音频经混合及滤波后产生总调和失真低，精度高的双音多频信号。为确定一个双音多频信号，符合表 8-4 中编码格式的数据必须写入发射寄存器。产生的各个音频称之为低次群音频和高次群音频，如表 8-4 所示，低次群频率是 697, 770, 852 和 941Hz。高次群比低次群的幅度高 2dB 用以补偿高次群在较长回路上的衰减。

每个音频周期包含 32 个相同时长的时间段。音频周期随这些时间段的时长变化而变化。在向发送数据寄存器写操作期间，数据总线上 4bit 数据被锁存并转换为两个八进制码以备可编程分配器电路使用。这个码用以确定时间段的长度，这个尺度最终决定音频的频率。当分配器计数达到一个适当值时，由输入码决定发出复位脉冲，接着，计数器重新开始计数，直到时间段数达到 32 为止。但是由于时间段长度的变化音频输出信号频率也在变化。分配器为一个计数器提供时钟，该计数器输出查找 ROM 中正弦波的地址。查询表包含开关电容 D/A 转换器为获得离散和高精度直流电压电平所使用的码。两个相同的电路，用于产生行和列的音频，然后使用一个低噪加法放大器混合。同在其他双音多频发生器一样，振荡器不需要启动时间，因为晶体振荡器是连续工作的，这样就保证了音频组的精度。

（8）成组模式

在某些电话应用方面要求产生的双音多频信号，要有特殊的持续时间，这或者是由于特殊应用要求的，或者是由现成的任意一种交换发送器规范所要求的。在成组模式下，能够产生标准的双音多频信号。片内发射部分能够在预定的工作时间内等间隔的发出/暂停信号。脉冲发出/暂停时间是 $51\text{ms} + 1\text{ms}$ ，这是自动拨号或电话局控制系统的标准间隔。当脉冲串暂停发出以后，状态寄存器在适当的比特位被置位，以指示发射部分准备发送更多的数据。以上所述的时序是在双音多频模式下进行的。但如果选择 CP 模式（即呼叫进程模式），脉冲发出/暂停时间变为 $102\text{ms} + 2\text{ms}$ 。这种延长的间隔，在音频信号组时间超过 51ms 或暂停超过 51ms 时，是极为有用的。特别应指出的是当选择了 CP 模式或成组模式时，双音多频信号只能发送不能接收。

当应用中要求非标准成组发射或暂停时，不能应用成组模式，并且发射部分输出控制门的开断，由外部的硬件和软件定时器控制。

（9）单音频的产生

当需要产生高音频和低音频时，用这种模式。这种模式可以应用于双音多频测试设备，用以确认音频的产生及失真的大小。详见表十控制寄存器 B 的说明。

（10）失真的计算

MT8880C/ C-1 具有产生高精度双音多频脉冲的能力。它产生的频率误差量

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

很小（见表五）。内部加法放大器带有一个一阶低通开关电容滤波器，它使谐波成分和互调信号减到最小程度。单音频总谐波失真的计算如式所示，它是所有谐波频率功率的总和与基频频率的功率之比，用百分数表示。双音多频输出的傅里叶成分，符合按输出波形测量的 $V_{2f} \dots V_{nf}$ 的值。双音多频总谐波失真可以用式计算得出。 V_L 和 V_H 分别代表低频带幅度和高频带幅度，在 D/A 转换器后面的内部开关电容滤波器使失真减少到极低的程度。

表五 实际频率与标准频率

有效输入	输出频率 (HZ)		误差率 (%)
	理论值	实际值	
L1	697	699.1	+0.30
L2	770	766.2	-0.49
L3	852	847.4	-0.54
L4	941	948.0	+0.74
H1	1209	1215.9	+0.57
H2	1336	1331.7	-0.32
H3	1477	1471.9	-0.35
H4	1633	1645.0	+0.73

（11）微处理器接口

MT8880C/C-1 具有一个微处理器接口，这个接口能精确地控制音频的发射和接收。片内与微处理器的接口相关的有 5 个寄存器，可分为三种类型功能块：数据发送，发送接收，控制及发送接收状态。其中与音频传送有关的两个寄存器。

接收数据寄存器是一个只读寄存器，包括前一个已被译码的有效双音多频对的输出码。进入发射寄存器的数据确定产生不同双音多频信号。数据只能被写入发射寄存器。发射接收控制由两个具有相同地址空间的控制寄存器（CRA 和 CRB）完成。寄存器 CRB 的写操作由在 CRA 上设置适当的比特位来控制。下一个向同一地址的写操作则将被写入 CRB，以后又将循环写入 CRA。当电源连通或重新开电源后，软件复位必须包括在所有程序运行前使预置控制和状态寄存器初始化。以下各表中关于控制寄存器和状态寄存器的说明，即可精确地用微处理器控制音频的发射和接收。

表六 内部寄存器的功能

RS0	R/W	功能
0	0	向发射寄存器写入

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

0	1	从接受寄存器读出
1	0	向控制寄存器写入
1	1	从状态寄存器读出

表七 控制寄存器 A(CRA)比特位

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP//DIMF	TOUT

表八 控制寄存器 B(CRB)比特位

b3	b2	b1	b0
C//R	S//D	TEST	BURST

表九 对控制寄存器 A(CRA)的说明

比特位	名称	功能	说明
b0	TOUT	音频输出	逻辑“1”可以使输出有效。这个功能可以在成组方式或非成组方式下执行。
b1	CP//DIMF	方式控制	为在双音多频模式下，芯片能产生并接收双音多频信号。当选择呼叫进行模式时，使第六级带通滤波器工作，允许选择呼叫进程音。当呼叫进行方式和成组方式同时被选择时，发射器将发出脉冲和停顿间隔为 102ms（典型值）的 DTMF 双音多频信号。这个信令间隔是在双音多频模式下的两倍。
b2	IRQ	中断执行	逻辑“1”为中断模式，在这种模式下，且双音多频模式被选中时，下列无论哪种情况都可使/IRQ 端输出为逻辑“0” 1.在保护时间内的双音多频信号被接收； 2.发射器准备发射更多数据时；（成组方式）
b3	RSEL	寄存器选择	在控制寄存器地址后的写循环中高电平选择控制器 B。随后控制寄存器的写循环又反过来控制寄存器 A

表十 对控制寄存器 B(CRB)的说明

比特位	名称	功能	说明
b0	BURST	成组方式	逻辑“0”启动成组方式。在这种方式下符合要求的双音多频可被写入发射寄存器，从而产生具有特定持续时间的一组双音频信号。其后，是与信号时间一样长的无信号间隔态，状态寄存器在这个间隔后立即被刷新，表明指令发射寄存器准

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

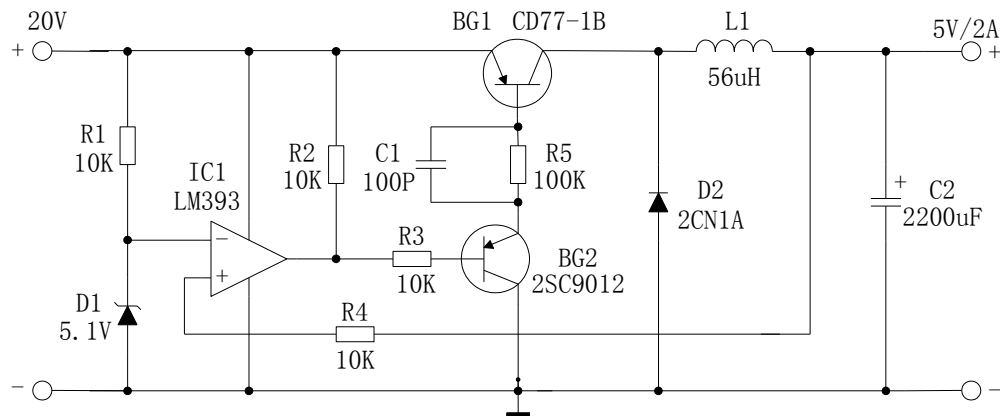
			备接收下一个数据并且将在启动中断模式的条件下出现中断。此外，如果选择呼叫进程 CP 模式，脉冲和暂停的持续时间将增加一倍。
b1	TEST	测试模式	通过启动测试模式（逻辑“1”），/IRQ/CP 端将出现来自双音多频接收器的延时译码控制信号。使用测试模式之前必须选择双音多频模式。
b2	S//D	单/双音多频产生	逻辑低电平是双音多频信号产生。如果置高电平选择单音频，那么随着控制寄存器 B 中的 b3 的状态可产生行和列音频（低频群和高频群）
b3	C//R	列/行音频	当和上述 b2 结合使用时，发射器可以产生单音行频和单音列频。低电平为选择行频，高电平为选择列频

表十一 状态寄存器说明

比 特 位	名称	状态标志设置	状态标志清除
b0	中断请求位	中断出现	中断无效，状态寄存器被读后即清零
b1	发射数据寄存器（仅成组方式）无载	暂停期结束，发射器准备发送新数据	状态寄存器被读后或者在非成组方式下被清零
b2	接收数据寄存器满	有效数据存于接收数据寄存器中	在状态寄存器被读后清零
b3	延时译码控制	根据对双音多频信号丢失状态的有效检测情况进行设置	检测到一个有效双音多频后即清零

4.2 电源电路设计

电源电路是本系统中不可或缺的重要组成部分，必须选用高性能，低成本，大电流，低功耗的稳压器。所以采用降压型开关稳压电源。开关稳压电源的突出优点是效率高，可达 70%以上。本系统的电源电路如图所示



电源电路

该电路为高速电压比较器 LM393 与晶体管开关组成的自激式开关稳压电源。基准电压电路采用了稳压二极管 VD1，R1 为限流电阻，可获得恒定的 5.1V 基准电压。R2 为上拉电阻，因为电压比较器 LM393 的输出端是集电极开路。R4 是反馈电阻。VD2 是续流二极管，L1 是储能电感，C2 是输出滤波电容，C1 是加速电容。

(1) 按开关稳压电源参数设计公式，计算出电路元件的数值及电路参数。

电路已知条件

输出电流最大允许值： $I_{om}=2A$

输入电压： $V_i=20V$

输出电压： $V_o=5V$

续流二极管的正向压降： $V_d=0.7V$

开关三极管的导通压降： $V_s=0.3V$

开关频率： $f=20000Hz$

允许输出纹波电压有效值： $V_{ly}=10mV$

(2) 电路参数

电感峰值电流： $I_p=2I_{om}=4A$

电感值： $L=57uH$

输出电容： $C_o=2500uF$

输入电流： $I_i=559mA$

效率： $\eta=89\%$

4.3 AT89C51 芯片简介

AT89C51 是一种带 4K 字节闪烁可编程可擦除只读存储器（Flash Programmable and Erasable Read Only Memory）的低电压，高性能 CMOS 8 位微处理器，又叫单片机。AT89C2051 是一种带 2K 字节闪烁可编程可擦除只读存储器的单片机。单片机的可擦除只读存储器可以反复擦除 100 次。该器件采用 ATMEL 高密度非易失存储器制造技术制造，与工业标准的 MCS-51 指令集和输出管脚相兼容。由于将多功能 8 位 CPU 和闪烁存储器组合在单个芯片中，ATMEL 的 AT89C51 是一种高效微控制器，AT89C2051 是它的一种精简版本。AT89C 单片机为很多嵌入式控制系统提供了一种灵活性高且价廉的方案。

主要特性有：可以与 MCS-51 兼容、4K 字节可编程闪烁存储器、寿命：1000 写/擦循环、数据保留时间：10 年、全静态工作：0Hz-24MHz、三级程序存储器锁定、128×8 位内部 RAM、32 可编程 I/O 线、两个 16 位定时器/计数器、5 个中断源、可编程串行通道、低功耗的闲置和掉电模式、片内振荡器和时钟电路

管脚说明：VCC：供电电压。

GND：接地。

P0 口：P0 口为一个 8 位漏级开路双向 I/O 口，每脚可吸收 8TTL 门电流。当 P1 口的管脚第一次写 1 时，被定义为高阻输入。P0 能够用于外部程序数据存储器，它可以被定义为数据/地址的第八位。在 FLASH 编程时，P0 口作为原码输入口，当 FLASH 进行校验时，P0 输出原码，此时 P0 外部必须被拉高。

P1 口：P1 口是一个内部提供上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P1 口缓冲器能接收输出 4TTL 门电流。P1 口管脚写入 1 后，被内部上拉为高，可用作输入，P1 口被外部下拉为低电平时，将输出电流，这是由于内部上拉的缘故。在 FLASH 编程和校验时，P1 口作为第八位地址接收。

P2 口：P2 口为一个内部上拉电阻的 8 位双向 I/O 口，P2 口缓冲器可接收，输出 4 个 TTL 门电流，当 P2 口被写“1”时，其管脚被内部上拉电阻

拉高，且作为输入。并因此作为输入时，P2 口的管脚被外部拉低，将输出电流。这是由于内部上拉的缘故。P2 口当用于外部程序存储器或 16 位地址外部数据存储器进行存取时，P2 口输出地址的高八位。在给出地址“1”时，它利用内部上拉优势，当对外部八位地址数据存储器进行读写时，P2 口输出其特殊功能寄存器的内容。P2 口在 FLASH 编程和校验时接收高八位地址信号和控制信号。

P3 口：P3 口管脚是 8 个带内部上拉电阻的双向 I/O 口，可接收输出 4 个 TTL 门电流。当 P3 口写入“1”后，它们被内部上拉为高电平，并用作输入。作为输入，由于外部下拉为低电平，P3 口将输出电流（ILL）这是由于上拉的缘故。

P3 口也可作为 AT89C51 的一些特殊功能口，如下表所示：

口管脚 备选功能

P3.0 RXD（串行输入口）

P3.1 TXD（串行输出口）

P3.2 /INT0（外部中断 0）

P3.3 /INT1（外部中断 1）

P3.4 T0（记时器 0 外部输入）

P3.5 T1（记时器 1 外部输入）

P3.6 /WR（外部数据存储器写选通）

P3.7 /RD（外部数据存储器读选通）

P3 口同时为闪烁编程和编程校验接收一些控制信号。

RST：复位输入。当振荡器复位器件时，要保持 RST 脚两个机器周期的高电平时间。

ALE/PROG：当访问外部存储器时，地址锁存允许的输电平用于锁存地址的地位字节。在 FLASH 编程期间，此引脚用于输入编程脉冲。在平时，ALE 端以不变的频率周期输出正脉冲信号，此频率为振荡器频率的 1/6。因此它可用作对外部输出的脉冲或用于定时目的。然而要注意的是：每当用作外部数据存储器时，将跳过一个 ALE 脉冲。如想禁止 ALE 的输出可在 SF R8EH 地址上置 0。此时，ALE 只有在执行 MOVX, MOVC 指令是 ALE 才起作用。

另外，该引脚被略微拉高。如果微处理器在外部执行状态 ALE 禁止，置位无效。

/PSEN：外部程序存储器的选通信号。在由外部程序存储器取指期间，每个机器周期两次/PSEN 有效。但在访问外部数据存储器时，这两次有效的/PSEN 信号将不出现。

/EA/VPP：当/EA 保持低电平时，则在此期间外部程序存储器（0000H-FFFFH），不管是否有内部程序存储器。注意加密方式 1 时，/EA 将内部锁定为 RESET；当/EA 端保持高电平时，此间内部程序存储器。在 FLASH 编程期间，此引脚也用于施加 12V 编程电源（VPP）。

XTAL1：反向振荡放大器的输入及内部时钟工作电路的输入。

XTAL2：来自反向振荡器的输出。

振荡器特性：

XTAL1 和 XTAL2 分别为反向放大器的输入和输出。该反向放大器可以配置为片内振荡器。石晶振荡和陶瓷振荡均可采用。如采用外部时钟源驱动器件，XTAL2 应不接。有余输入至内部时钟信号要通过一个二分频触发器，因此对外部时钟信号的脉宽无任何要求，但必须保证脉冲的高低电平要求的宽度。

此外，AT89C51 设有稳态逻辑，可以在低到零频率的条件下静态逻辑，支持两种软件可选的掉电模式。在闲置模式下，CPU 停止工作。但 RAM，定时器，计数器，串口和中断系统仍在工作。在掉电模式下，保存 RAM 的内容并且冻结振荡器，禁止所用其他芯片功能，直到下一个硬件复位为止。

串口通讯

单片机的结构和特殊寄存器，这是你编写软件的关键。至于串口通信需要用到那些特殊功能寄存器呢，它们是 **SCON**，**TCON**，**TMOD**，**SCON** 等，各代表什么含义呢？

SBUF 数据缓冲寄存器这是一个可以直接寻址的串行口专用寄存器。有朋友这样问起过“为何在串行口收发中，都只是使用到同一个寄存器 **SBUF**？而不是收发各用一个寄存器。”实际上 **SBUF** 包含了两个独立的寄存器，一个是发送寄存，另一个是接收寄存器，但它们都共同使用同一个寻址地

址—99H。CPU 在读 SBUF 时会指到接收寄存器，在写时会指到发送寄存器，而且接收寄存器是双缓冲寄存器，这样可以避免接收中断没有及时的被响应，数据没有被取走，下一帧数据已到来，而造成的数据重叠问题。发送器则不需要用到双缓冲，一般情况下我们在写发送程序时也不必用到发送中断去外理发送数据。操作 SBUF 寄存器的方法则很简单，只要把这个 99H 地址用关键字 sfr 定义为一个变量就可以对其进行读写操作了，如 `sfr SBUF = 0x99;`当然你也可以用其它的名称。通常在标准的 `reg51.h` 或 `at89x51.h` 等头文件中已对其做了定义，只要用 `#include` 引用就可以了。

SCON 串行口控制寄存器通常在芯片或设备中为了监视或控制接口状态，都会引用到接口控制寄存器。SCON 就是 51 芯片的串行口控制寄存器。它的寻址地址是 98H，是一个可以位寻址的寄存器，作用就是监视和控制 51 芯片串行口的工作状态。51 芯片的串口可以工作在几个不同的工作模式下，其工作模式的设置就是使用 SCON 寄存器。它的各个位的具体定义如下：

SM0 SM1 SM2 REN TB8 RB8 TI RI

SM0、SM1 为串行口工作模式设置位，这样两位可以对应进行四种模式的设置。串行口工作模式设置。

SM0 SM1 模式 功能 波特率

0 0 0 同步移位寄存器 $f_{osc}/12$

0 1 1 8 位 UART 可变

1 0 2 9 位 UART $f_{osc}/32$ 或 $f_{osc}/64$

1 1 3 9 位 UART 可变

在这里只说明最常用的模式 1，其它的模式也就一一略过，有兴趣的朋友可以找相关的硬件资料查看。表中的 f_{osc} 代表振荡器的频率，也就是晶振的频率。UART 为 (Universal Asynchronous Receiver) 的英文缩写。

SM2 在模式 2、模式 3 中为多处理机通信使能位。在模式 0 中要求该位为 0。

REN 为允许接收位，REN 置 1 时串口允许接收，置 0 时禁止接收。REN 是由软件置位或清零。如果在一个电路中接收和发送引脚 P3.0, P3.1 都

和上位机相连，在软件上有串口中断处理程序，当要求在处理某个子程序时不允许串口被上位机来的控制字符产生中断，那么可以在这个子程序的开始处加入 $REM=0$ 来禁止接收，在子程序结束处加入 $REM=1$ 再次打开串口接收。大家也可以用上面的实际源码加入 $REM=0$ 来进行实验。

TB8 发送数据位 8，在模式 2 和 3 是要发送的第 9 位。该位可以用软件根据需要置位或清除，通常这位在通信协议中做奇偶位，在多处理机通信中这一位则用于表示是地址帧还是数据帧。

RB8 接收数据位 8，在模式 2 和 3 是已接收数据的第 9 位。该位可能是奇偶位，地址/数据标识位。在模式 0 中，RB8 为保留位没有被使用。在模式 1 中，当 $SM2=0$ ，RB8 是已接收数据的停止位。

TI 发送中断标识位。在模式 0，发送完第 8 位数据时，由硬件置位。其它模式中则是在发送停止位之初，由硬件置位。TI 置位后，申请中断，CPU 响应中断后，发送下一帧数据。在任何模式下，TI 都必须由软件来清除，也就是说在数据写入到 SBUF 后，硬件发送数据，中断响应（如中断打开），这时 $TI=1$ ，表明发送已完成，TI 不会由硬件清除，所以这时必须用软件对其清零。

RI 接收中断标识位。在模式 0，接收第 8 位结束时，由硬件置位。其它模式中则是在接收停止位的半中间，由硬件置位。 $RI=1$ ，申请中断，要求 CPU 取走数据。但在模式 1 中， $SM2=1$ 时，当未收到有效的停止位，则不会对 RI 置位。同样 RI 也必须要靠软件清除。常用的串口模式 1 是传输 10 个位的，1 位起始位为 0，8 位数据位，低位在先，1 位停止位为 1。它的波特率是可变的，其速率是取决于定时器 1 或定时器 2 的定时值（溢出速率）。AT89C51 和 AT89C2051 等 51 系列芯片只有两个定时器，定时器 0 和定时器 1，而定时器 2 是 89C52 系列芯片才有的。

波特率在使用串口做通讯时，一个很重要的参数就是波特率，只有上下位机的波特率一样时才可以进行正常通讯。波特率是指串行端口每秒内可以传输的波特位数。有一些初学的朋友认为波特率是指每秒传输的字节数，如标准 9600 会被误认为每秒种可以传送 9600 个字节，而实际上它是指每秒可以传送 9600 个二进位，而一个字节要 8 个二进位，如用串口模

式 1 来传输那么加上起始位和停止位，每个数据字节就要占用 10 个二进制，9600 波特率用模式 1 传输时，每秒传输的字节数是 $9600 \div 10 = 960$ 字节。51 芯片的串口工作模式 0 的波特率是固定的，为 $f_{osc}/12$ ，以一个 12M 的晶振来计算，那么它的波特率可以达到 1M。模式 2 的波特率是固定在 $f_{osc}/64$ 或 $f_{osc}/32$ ，具体用那一种就取决于 PCON 寄存器中的 SMOD 位，如 SMOD 为 0，波特率为 $f_{osc}/64$ ，SMOD 为 1，波特率为 $f_{osc}/32$ 。模式 1 和模式 3 的波特率是可变的，取决于定时器 1 或 2（52 芯片）的溢出速率。那么我们怎么去计算这两个模式的波特率设置时相关的寄存器的值呢？可以用以下的公式去计算。

$$\text{波特率} = (2\text{SMOD} \div 32) \times \text{定时器 1 溢出速率}$$

上式中如设置了 PCON 寄存器中的 SMOD 位为 1 时就可以把波特率提升 2 倍。通常会使用定时器 1 工作在定时器工作模式 2 下，这时定时值中的 TL1 做为计数，TH1 做为自动重装值，这个定时模式下，定时器溢出后，TH1 的值会自动装载到 TL1，再次开始计数，这样可以不用软件去干预，使得定时更准确。在这个定时模式 2 下定时器 1 溢出速率的计算公式如下：

$$\text{溢出速率} = (\text{计数速率}) / (256 - \text{TH1})$$

上式中的“计数速率”与所使用的晶体振荡器频率有关，在 51 芯片中定时器启动后会在每一个机器周期使定时寄存器 TH 的值增加一，一个机器周期等于十二个振荡周期，所以可以得知 51 芯片的计数速率为晶体振荡器频率的 1/12，一个 12M 的晶振用在 51 芯片上，那么 51 的计数速率就为 1M。通常用 11.0592M 晶体是为了得到标准的无误差的波特率，那么为何呢？计算一下就知道了。如我们要得到 9600 的波特率，晶振为 11.0592M 和 12M，定时器 1 为模式 2，SMOD 设为 1，分别看看那所要求的 TH1 为何值。代入公式：

$$11.0592\text{M}$$

$$9600 = (2 \div 32) \times ((11.0592\text{M} / 12) / (256 - \text{TH1}))$$

$$\text{TH1} = 250$$

$$12\text{M}$$

$$9600 = (2 \div 32) \times ((12\text{M} / 12) / (256 - \text{TH1}))$$

$TH1 \approx 249.49$

上面的计算可以看出使用 12M 晶体的时候计算出来的 TH1 不为整数，而 TH1 的值只能取整数，这样它就会有一定的误差存在不能产生精确的 9600 波特率。当然一定的误差是可以在使用中被接受的，就算使用 11.0592M 的晶体振荡器也会因晶体本身所存在的误差使波特率产生误差，但晶体本身的误差对波特率的影响是十分之小的，可以忽略不计。

单片机最小系统

该系统采用 AT89S51 单片机，采用串口显示电路以节省端口，采用 4*4 矩阵试键盘，用来控制以及调试电路，采用固态继电器实现对家用电器的强电控制和隔离强电干扰。AT89C51 的主电路如图。

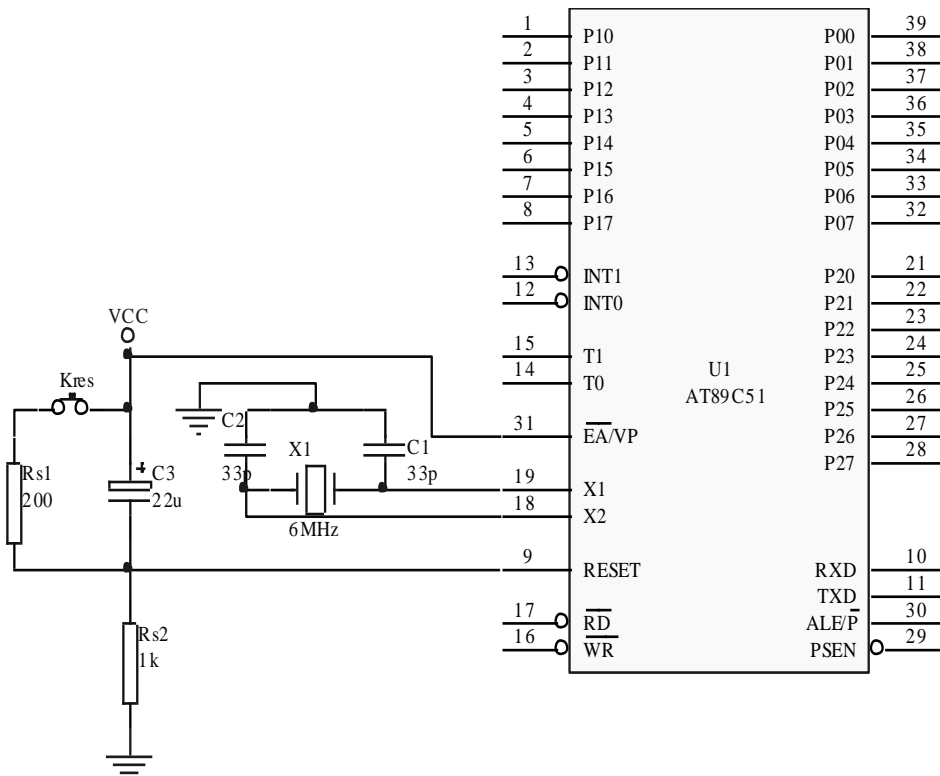


图 3 单片机最小系统电路图

5 软件系统的设计

5.1 软件组成及结构

软件是单片机控制系统的关键，一个单片机控制系统的功能实现和可靠性在很大程度上决定于软件。本系统的软件有两大部分：一部分是主机程序，一部分是分机程序。下面分别介绍其工作流程。

5.1.1 主机程序流程

主机实际上相当于网络中的服务器，主要负责整个系统的协调工作，不使通信产生混乱。具体功能是接收分机（控制开关）数据，在转发各分机（控制开关）。

图 4.1.1 所示主机程序流程图

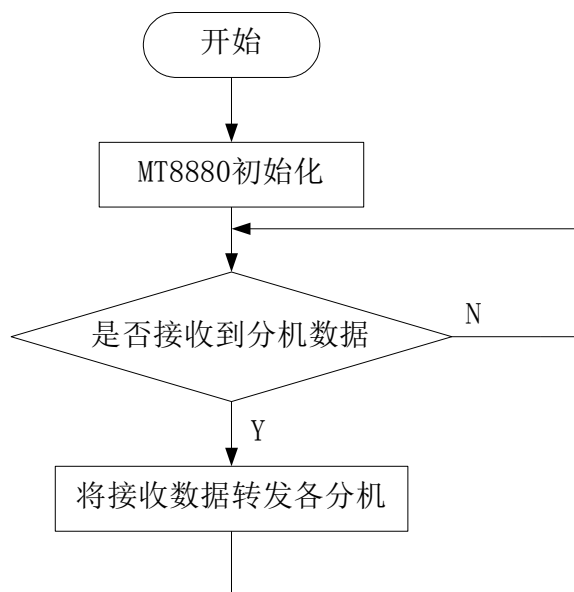
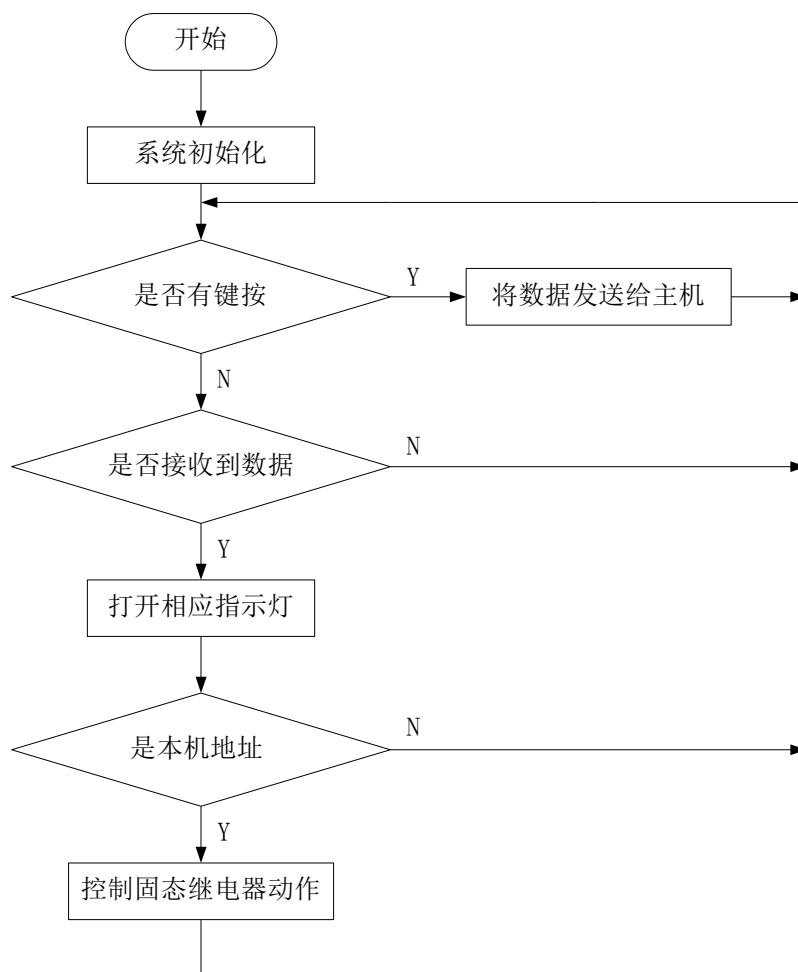


图 4.1.1 主机程序流程图

5.1.2 分机程序流程

分机（控制开关）的主要功能是检测按键，控制指示灯，收发数据和控制固

态继电器动作。图 4.1.2 所示为分机程序流程图。



5.2 用普通 I/O 口控制 MT8880 的软件实现

对 MT8880 的控制和读写可采用读写单片机外部数据存储器的方式实现，也可以用普通 I/O 口控制。这里介绍用普通 I/O 口控制 MT8880 的软件实现。

5.2.1 MT8880 初始化子程序

MT8880 的初始化程序必须在所有程序之前，以便在上电后刷新控制寄存器。初始化程序必须在通电后 100 ms 内完成。初始化 MT8880 的控制说明如表 4.2.1 所示。

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

表 4.2.1 MT8880 的初始化子程序

程序	功能	控制			数据			
		/CS	RS0	R// W	b3	b2	b1	b0
1	读状态寄存器	0	1	1	×	×	×	×
2	写入控制寄存器	0	1	0	0	0	0	0
3	写入控制寄存器	0	1	0	0	0	0	0
4	写入控制寄存器	0	1	0	1	0	0	0
5	写入控制寄存器	0	1	0	0	0	0	0
6	读状态寄存器	0	1	1	×	×	×	×

MT8880 初始化子程序:

```
RS0      BIT   P1.6      ;控制端口
RW       BIT   P1.5      ;控制端口
CS       BIT   P1.4      ;控制端口
```

```
B3       BIT   P1.3      ;数据端口
B2       BIT   P1.2      ;数据端口
B1       BIT   P1.1      ;数据端口
B0       BIT   P1.0      ;数据端口
```

MT8880RST:

```
NOP
CLR      CS      ;读状态寄存器
SETB     RS0
SETB     RW

CLR      B3      ;写控制寄存器
CLR      B2
CLR      B1
CLR      B0
CLR      CS
SETB     RS0
CLR      RW

CLR      B3      ;写控制寄存器
CLR      B2
CLR      B1
CLR      B0
CLR      CS
```

```
SETB  RS0
CLR    RW

SETB  B3      ;写控制寄存器
CLR    B2
CLR    B1
CLR    B0
CLR    CS
SETB  RS0
CLR    RW

CLR    B3      ;写控制寄存器
CLR    B2
CLR    B1
CLR    B0
CLR    CS
SETB  RS0
CLR    RW

CLR    CS      ;读状态寄存器
SETB  RS0
SETB  RW

RET
```

5.2.2 MT8880 数据发送子程序

控制 MT8880 发送发送双音多频信号的说明如表 4.2.2 所示

表 4.2.2 MT8880 发送数据的控制说明

程序	功能	说明	控制			数据			
			/CS	RS0	R//W	b3	b2	b1	b0
1	写入控制寄存器 A	双音多频输出, 选择控制寄存器 B	0	1	0	1	1	0	1
2	写入控制寄存器 B	非成组方式	0	1	0	1	0	0	0
3	写入发送数据	发送字 8	0	1	0	1	0	0	0

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

	寄存器								
--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

MT8880 发送数据子程序:

```

RS0          BIT   P1.6      ;控制端口
RW           BIT   P1.5      ;控制端口
CS           BIT   P1.4      ;控制端口

B3           BIT   P1.3      ;数据端口
B2           BIT   P1.2      ;数据端口
B1           BIT   P1.1      ;数据端口
B0           BIT   P1.0      ;数据端口
    
```

MT8880RST:

```

NOP

SETB  B3      ;写控制寄存器 A
SETB  B2
CLR   B1
SETB  B0
CLR   CS
SETB  RS0
CLR   RW

SETB  B3      ;写控制寄存器 B
CLR   B2
CLR   B1
CLR   B0
CLR   CS
SETB  RS0
CLR   RW

SETB  B3      ;写发送数据寄存器
CLR   B2
CLR   B1
CLR   B0      ;数字 8
CLR   CS
SETB  RS0
CLR   RW

ACALL DELAY   ;延时

RET          ;返回
    
```

```

DELAY:      MOV    R2, #100;延时子程序
DELAY1:     PUSH   02H
    
```

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

```

DELAY2:      PUSH    02H
DELAY3:      DJNZ    R2, DELAY3
              POP     02H
              DJNZ    R2, DELAY2
              POP     02H
              DJNZ    R2, DELAY1
              RET
    
```

5.2.3 MT8880 数据接收子程序

控制 MT8880 接收双音多频信号的说明如表 4.2.3 所示。

表 4.2.3 MT8880 接收数据的控制说明

程序	功能	说明	控制			数据			
			/CS	RS0	R//W	b3	b2	b1	b0
1	读 状 态 寄 存 器	判断 b2 位 是否为 1	0	1	1	×	×	×	×
2	读 接 收 数 据 寄 存 器	接收解码 后的数据	0	0	1	×	×	×	×

MT8880 接收数据子程序：

```

RS0          BIT    P1.6      ;控制端口
RW           BIT    P1.5      ;控制端口
CS           BIT    P1.4      ;控制端口

B3           BIT    P1.3      ;数据端口
B2           BIT    P1.2      ;数据端口
B1           BIT    P1.1      ;数据端口
B0           BIT    P1.0      ;数据端口

MT8880RST:   NOP

              SETB    B3      ;写控制寄存器 B
              CLR     B2
              CLR     B1
              CLR     B0
              CLR     CS
              SETB    RS0
              SETB    RW
    
```

	JB	B2, NEXT	;判断 b2 位是否为 1
	RET		;b2=0, 无数据接收, 返回
NEXT:	NOP		
	SETB	B3	;读接收数据寄存器
	SETB	B2	
	SETB	B1	
	SETB	B0	
	CLR	CS	
	CLR	RS0	
	SETB	RW	
	MOV	A, P1	
	ANL	A, #00001111B	;接收数据存累加器 A 中
	RET		

5.2.4 红外遥控开关程序

```

ORG 0000H
LJMP KKP                                ;摇控器采用常见的 M50462AP
ORG 0003H
LJMP LOOP
KKP: MOV P2, #0FFH                      ;主程序开放中断
      SETB EA
      SETB EX0                          ;开放外部中断 0
      SETB IT0                          ;外部中断 0 下降沿触发有效
      MOV 50H, #00H
      MOV 51H, #00H
      MOV R1, #0AH
RP:   CPL P3.5                          ;让蜂鸣器响一会儿接通电源
      LCALL D3s
      DJNZ R1, RP
      CLR P3.5
LP2:  MOV A, 50H                        ;定时初始化
      CJNE A, #00H, LP
      SJMP LP2
LP:   LCALL D60S                        ;调用 1 分钟程序
      DJNZ 50H, LP                      ;判断定时到了没有
      MOV A, 51H
      CJNE A, #00H, RP2
      SJMP LP2
RP2:  MOV R1, #08H
RP1:  CLR P3.3                          ;定时结束
      CLR P3.5                          ;发光二极管闪烁 8 次

```


景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

LCALL D3S	
SETB P3.3	;蜂鸣器响 8 次
SETB P3.5	
LCALL D3S	
LCALL D3S	
DJNZ R1, RP1	
MOV P2, #0FFH	;关闭照明灯总电源
MOV 50H, #00H	;定时清零
MOV P1, #0FFH	;关闭房间号显示, 数码管不显
示	
MOV P0, #0FFH	;关闭定时指示灯
CLR P3.5	
SJMP LP2	
LOOP: CLR EX0	;中断子程序, 关闭外部中断
MOV R0, #30H	
MOV R3, #00H	;8 位计数清零
LCALL IRIN	;调用红外判断程序
SETB EX0	;开放中断
RETI	;中断返回
IRIN: JNB P3.2, ILL2	;等待红外信号出现
RET	
ILL2: JB P3.2, IRIN	
LCALL DEL	;延迟一次
JB P3.2, IRIN	
ILL: JB P3.2, I5	;确认红外信号出现
SJMP ILL	
I5: MOV R2, #00H	;脉冲宽度计数
L1: LCALL DEL	;0.1ms 计数
JNB P3.2, L3	;等待红外信号变为高电平
INC R2	
CJNE R2, #1DH, L1	
RET	
L3: MOV A, #13	;判断 0 和 1 装入数据
CLR C	
SUBB A, R2	;判断高低位
MOV A, @R0	
RRC A	
MOV @R0, A	
INC R3	
CJNE R3, #8, ILL	;8 位用户码接收完了吗
MOV R3, #00H	
INC R0	
ILL1: JB P3.2, I51	;接收 8 位功能码
SJMP ILL1	

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

```
I51:MOV R2, #00H
L11:LCALL DEL                      ;调用 0.1MS 延时程序
    JNB P3.2, L31
    INC R2
    CJNE R2, #1DH, L11
KP:RET
L31:MOV A, #13                      ;判断 0 和 1 装入数据
    CLR C
    SUBB A, R2
    MOV A, @R0
    RRC A
    MOV @R0, A
    INC R3
    CJNE R3, #8, ILL1              ;8 位功能码接收完了吗
    MOV A, 30H                    ;判断用户码=47H 吗
    CJNE A, #47H, KP
    CLR P3.3                      ;蜂鸣器响一下
    LCALL D3S
    SETB P3.3
    MOV A, 31H                    ;将 31H 的功能码送入 A
    CJNE A, #00H, KP1             ;判断功能码进入相应的子程序
    MOV P2, #0FEH                 ;1 号
    MOV P1, #0F9H                 ;数码管显示 1
    SETB P3.5
    LCALL D3S
    RET
KP1:CJNE A, #08H, KP2             ;2 号
    MOV P2, #0FDH
    MOV P1, #0a4h                 ;数码管显示 2
    SETB P3.5
    LCALL D3S
    RET
KP2:CJNE A, #10H, KP3             ;3 号
    MOV P2, #0FBH
    MOV P1, #0b0h                 ;数码管显示 3
    SETB P3.5
    LCALL D3S
    RET
KP3:CJNE A, #18H, KP4             ;4 号
    MOV P2, #0F7H
    MOV P1, #99h                  ;数码管显示 4
    SETB P3.5
    LCALL D3S
    RET
```

景德镇陶瓷学院科技艺术学院本科生毕业设计（论文）

KP4:CJNE A, #20H, KP5	;5 号
MOV P2, #0EFH	
MOV P1, #92h	;数码管显示 5
SETB P3.5	
LCALL D3S	
RET	
KP5:CJNE A, #22H, KP6	;定时判断
MOV A, 51H	
CJNE A, #01H, OP6	
MOV P0, #0FDH	;音量增大键第二次按下定时 30 分钟
MOV 50H, #30	
MOV 51H, #02H	
LCALL D3S	
RET	
OP6:JC OP7	
CJNE A, #02H, OP8	;音量增大键第三次按下定时 45 分钟
MOV P0, #0FBH	
MOV 50H, #45	
MOV 51H, #03H	
LCALL D3S	
RET	
OP7:MOV P0, #0FEH	;音量增大键第一次按下定时 15 分钟
MOV 50H, #15	
MOV 51H, #01H	
LCALL D3S	
RET	
OP8:CJNE A, #03H, OP9	;音量增大键第四次按下定时 60 分钟
MOV P0, #0FAH	
MOV 50H, #60	
MOV 51H, #04H	
LCALL D3S	
RET	
OP9:CJNE A, #04H, OP10	;音量增大键第五次按下定时 90 分钟
MOV P0, #0F8H	
MOV 50H, #90	
MOV 51H, #05H	
LCALL D3S	
RET	
OP10:MOV P0, #0FFH	;音量增大键第六次按下取消定时
MOV 50H, #01H	
MOV 51H, #00H	
LCALL D3s	
RET	
KP6:CJNE A, #02H, KP8	;红色关机键按下时关机

```
MOV P1, #0FFH
MOV P2, #0FFH
CLR P3. 5
MOV P0, #0FFH
MOV 50H, #01H
MOV 51H, #00h
LCALL D3S
RET
KP8:RET
DEL:MOV R5, #01H ;时间 0. 1ms
DELAY1:MOV R6, #02H
E1:MOV R7, #11H
E2:DJNZ R7, E2
    DJNZ R6, E1
    DJNZ R5, DELAY1
    RET
D3S:MOV R4, #01H ;时间 260MS
TP14: MOV R6, #0FFH
TP12: MOV R5, #0FFH
TP11: NOP
    NOP
    DJNZ R5, TP11
    DJNZ R6, TP12
    DJNZ R4, TP14
    RET
D60S:MOV R4, #0C0H ;1 分钟
QP3:MOV R6, #0ECH
QP2:MOV R5, #0FDH
QP1:NOP
    NOP
    NOP
    DJNZ R5, QP1
    DJNZ R6, QP2
    DJNZ R4, QP3
    RET
```

6 毕业设计小结

毕业设计虽然是一种综合训练，但它绝不是针对某一门课程，而是针对本专业的要求所进行的更为全面的综合训练。它对于我们学生来说既有综合性，又有探索性，它主要侧重于理论知识的灵活运用。毕业设计要求我们在老师的指导下独立进行查阅资料，设计方案与组织实验等工作，并写出报告。这类实验对于提高我们的素质和科学实验能力非常有益，为以后从事通信电路的设计，研制通信产品打下基础。

通过对家居智能总线式开关系统的设计，使我更深地了解 AT89C51 系列单片机的端口控制技术和单片机调试技术的综合使用方法，以及对 MT8880 芯片的进一步了解和学习。按照先粗后细把整个系统软件分为多个功能独立模块。应明确规定个模块的功能，各模块间的接口信息，尽可能使各模块的联系减少到最低限度。这样各个模块可以分别独立设计、编制和调试，最后再将各个程序模块连接成一个完整的程序进行总调试。

由于通信技术发展非常快，我们就必须加强理论学习与实践工作的紧密度，而且不能忽视它。这样才能做到完美，不会给自己留下遗憾。做到理论学习与实践工作相统一，即使工作了以后，也不能忽略理论学习，否则就会被社会所淘汰。因此，要有超前意识；要及时掌握最新的通信技术；要在条件允许的情况下，尽可能地利用最新的通信技术来设计其应用系统，以保证所设计的系统在未来一段时间内仍具有生命力。

最后说明自己对这门课程的感受，课堂教学考虑到大多数同学的需求，主要强调“基本”——基本知识、基本理论、基本方法、基本技能。而这次设计正是为我们提供了一个深入学习、探索的机会，成为课堂教学的有益补充，在以后的学习中，要理论联系实际，知识用到实际当中。

通过这次毕业设计我们得到了很好的学习和锻炼，实际的工作能力得到了提高。在老师的辅助和启发下独立的完成了整个设计过程。懂得了实践和理论的相结合，为以后走向工作岗位做好准备

7 经济分析报告

传统的家用电灯电器开关从明装式到暗装式其发展只是外形结构的改变，且功能单一，而随着生活水平的提高人们对生活素质要求也越来越高，对灯光照明控制方便的要求也越来越高，因而各个生产厂家相继开发出了各式各样的遥控开关和自动智能开关来抢占这个巨大的市场。但这些各式各样的遥控开关或自动智能开关受到技术条件和生产成本的制约，都有各自的局限性而不能完全取代传统的开关，在推广和销售中受到了极大的阻碍。而“网路开关”作为一种完全可以取代传统开关的电子开关，符合市场需求。

智能开关采用了低成本高可靠多功能无线遥控开关电路结构方案。成本低廉：总体平均成本接近普通开关成本因此具有较高的性价比，使产品有着巨大的利润空间。在国内外没有同样的产品作为竞争对手，且有较高的科技含量令竞争对手难以马上跟进，使产品有较长的获利时间。

致谢

首先，也是最主要感谢的是我的指导老师，吴德道老师。在整个过程中他给了我很大的帮助，在论文题目制定时，他首先肯定了我的题目大方向，但是同时又帮我具体分析使我最后选择智能家居这个具体目标，让我在写作时有了具体方向。在论文提纲制定时，我的思路不是很清晰，经过老师的帮忙，让我具体写作时思路顿时清晰。在完成初稿后，老师认真查看了我的文章，指出了我存在的很多问题。

最后要感谢在整个论文写作过程中帮助过我的每一位人。

参考文献

- [1]王效华，张咏梅主编，单片机原理与应用，北京交通大学出版社，2007.5
- [2]吴金戎，沈庆阳，郭庭吉，8051 单片机实践与应用，清华大学出版社，2002
- [3]周航慈，单片机应用程序设计技术，北京航空航天大学出版社，2002
- [4]张毅刚，MCS-51 单片机应用设计，哈尔滨工业大学出版社，2003
- [5]刘迎春，MCS-51 单片机原理及应用教程，清华大学出版社，2005
- [6]李光飞，单片机课程设计实例指导，北京航空航天大学出版社，2004
- [7]何利民，单片机应用系统设计，北京航空航天大学出版社，1991
- [8]张振荣，晋明武，王毅平，MCS-51 单片机原理及实用技术，北京：人民邮电出版社，2000
- [9]李珍，单片机原理与控制技术，北京：清华大学出版社，2002
- [10]陈伟人，MCS-51 系统单片机实用子程序集锦，清华大学出版社，1993