

邵阳职业技术学院

毕 业 设 计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目：_____ 无线调频发射器的设计 _____

学生姓名：_____ 刘柏良 _____

学 号：_____ 201810300861 _____

系 部：_____ 电梯工程学院 _____

专 业：_____ 机电一体化技术 _____

班 级：_____ 机电 1182 _____

指导老师：_____ 耿运涛 _____

二 0 二 一 年 六 月 一 日

目 录

一、设计要求.....	1
(一) 设计的意义.....	1
(二) 设计任务与基本要求.....	2
二、方案设计整体思路.....	3
(一) 方案论证与比较.....	3
1. 音频无线发射电路.....	3
2. 压控振荡器方案论证与选择	3
(二) 系统组成.....	4
三、硬件方案设计.....	5
(一) 单片机控制电路	5
(二) 内部结构.....	5
(三) 引脚功能.....	6
(四) 调频调制发射电路.....	8
(五) 调频调制电路的特点.....	8
四、软件方案设计.....	9
(一) 主程序.....	9
(二) 查键子程序.....	9
五、调试与测试.....	11
(一) 硬件调试.....	11
(二) 软件调试.....	11

(三) 发射频率的调试.....	11
(四) 性能分析.....	11
六、成果.....	12
参考文献	13
致谢.....	14

无线调频发射器的设计

[摘要]

面向 21 世纪的无线通信，无线通信的系统组成、信道特性、调制与编码、接入技术、网络技术、抗衰落与抗干扰技术以及无线通信的新技术和新应用的发展更是一日千里。语音信号采用调频方式与调幅相比，有利于改善输出音频信号的信噪比，以保证语音业务的可靠传输。本设计设计一个无线调频发射器，由单片机、键盘、数码显示、调频发射、调频放大和电源模块等六部分组成。采用单片机 AT89S52 和调频专用发射芯片 BH1415F 及数码显示设计一套完整的无线调频发射系统，具有单声道/立体声控制，实现语音信息的短距离无线传输，不仅设计简单，而且频率设定灵活，可有效地避开当地的调频电台，可应用于学校无线广播、电视现场导播、汽车航行、无线演说等场所。

[关键词] AT89S52 无线调频 发射器

一、设计要求

(一) 设计的意义

人类社会的发展可视为一部信息传播技术的发展史。从古代的烽火到近代的旗语，都是人们寻求快速远距离通信的手段。直到 19 世纪电磁学的理论与实践已有坚实的基础后，人们开始寻求用电磁能量传送信息的方法。信息传播促进社会进步和科学技术的发展；科学技术的进步又不断地改进、更新人类信息传播的媒体和工具，并促进信息更迅速、更广泛的传播。面向 21 世纪的无线通信，无线通信的系统组成、信道特性、调制与编码、接入技术、网络技术、抗衰落与抗干扰技术以及无线通信的新技术和新应用的发展更是一日千里。

在各国，频率资源是有限的。国家已严格限制频率的使用范围。广播频率是政府部门颁发的，现在很多公司、媒体都愿意斥巨资竞标频谱使用权。无线广播中，单一载频用来传输单一的或者单套立体声节目。由于传统的大功率的调频广播频率资源的限制，使广播技术工作者开辟了另一种广播技术形式：小调频同步广播，它的特点是布点多、小功率、同频、同相、同步广播，使用的是现有的调频技术，不过存在着多点同步问题，这在技术上是可克服的。信号传输可使用微波、有线甚至卫星方式。

由于采用小功率按需布点的方法，在满足覆盖需要的前提下，把单台发射机的功率大幅度降了下来，降到 10W、50W、最大不超过 300W，这就使诸多问题迎刃而解。对于多径干扰，由于功率小了，大部分反射波场强下降到不至于产生干涉的水平，并且由于布点多，部分多径干扰区可能被互相掩盖；可以用同步补点的办法消除阴影区；小功率辐射易于规划，且提高频谱利用率；可方便组成单频网，满足交通线上的无缝覆盖，保证驾乘人员的不间断接收；场强不均匀度仅为 30dB，加上使用低高度垂直极化天线，极大地减小对空辐射和根部近场辐射，既节约能源，又满足电磁环境卫生标准，并可避免造成对航空频段的干扰。

任何一个地区、一个城市都需要有很多专业的服务及新闻宣传，如交通信息咨询、健康咨询、股市信息咨询等，广播又是大众最灵活的信息接受媒体，这需要建立很多的广播电台，而作为一个国家的频率资源是严格控制和有限的，因此，小调频广播就成了未来广播的另一种主要形式，它是广播发展的其中一个方向，是数字音频广播(DAB)、网络广播的有力补充，既节约了频谱资源，又实现了广

播功能。

(二) 设计任务与基本要求

语音信号采用调频方式与调幅相比,有利于改善输出音频信号的信噪比,以保证语音业务的可靠传输,设计一个无线调频发射系统,实现语音信号的短距离传输。采用单片机 AT89S52 和调频专用发射芯片 BH1415F 及数码显示设计一套完整的无线调频发射系统,设计为可在 88MHz--98MHz 范围内任意设置发射频率,并且可以预置频道,发射频率通过单片机控制最小调整值为 0.1MHz,具有单声道/立体声控制,实现语音信息的短距离无线传输,可应用于学校无线广播、电视现场导播、汽车航行、无线演说等场所。

二、方案设计整体思路

（一）方案论证与比较

1. 音频无线发射电路

方案 1：采用单片调频发射集成电路组成芯片 MC2833。它可构成发射高频率信号的功率放大器。电路由音频放大器、可变电抗器、射频振荡器、输出缓冲器以及放大电路构成。由集成芯 MC2833 组成的调频发射机，先将语音通过话筒变成音频电压信号送给音频放大器进行音频电压放大，此音频电压信号经耦合电容送给可变电抗的输入端脚 3 去控制可变电抗，而由可变电抗以及电感、晶体与高频振荡器组成调频振荡电路，产生调频波经缓冲送给两级二倍频放大器。电路实现基本框图如图 1 所示。但由于该芯片涉及到的谐振回路较多，不易统调，因而频率不易控制，导致信号不稳定，容易跑台，实现较为困难。

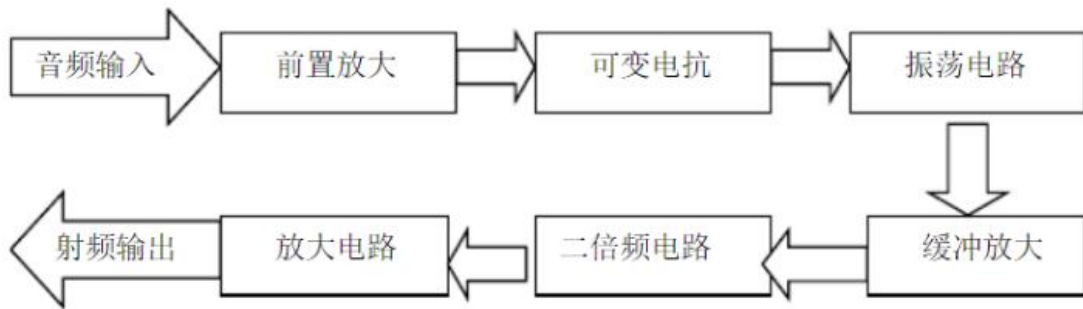


图 1 MC2833 电路基本框图

方案 2：采用集成芯片 BH1415F 及相关电路构成。BH1415F 是将预加重电路、限幅电路、低通滤波电路（LPF）一体化，使音频信号的质量比分立元件的电路（如：BA1404、NJM2035 等）有很大改进。此电路可实现立体声调频发射，采用了 MCU 数据直接频率设定，可设定 70-120MHz 频率，由于采用了锁相环锁频并与调频发射电路一体化，使发射的频率非常稳定，并且可靠性好，抗干扰能力强，容易实现调频的要求。

综上所述，为了实现中心频率的控制和系统设计的功能要求，本设计选择方案 2，即采用集成芯片 BH1415F 及相关电路构成音频无线发射电路。

2. 压控振荡器方案论证与选择

方案 1：采用分立元件构成。利用低噪声场效应管，用单个变容二极管直接接入振荡回路作为压控器件，电路是电容三点式振荡器。该方法实现简单，但是

调试困难，而且输出频率不易灵活控制。

方案 2：采用压控振荡器和变容二极管，及一个 LC 谐振回路构成变容二极管压控振荡器。只需要调节变容二极管两端的电压，便可改变压控振荡的输出频率。由于采用了集成芯片，电路设计简单，系统可靠性高，并且利用锁相环频率合成技术可以使输出频率稳定度进一步提高。

综上所述，方案 2 具有更优良的特性和更简单的电路构成，所以使用方案 2 作为本次设计的方案。

（二）系统组成

本设计由单片机、键盘、数码显示、调频发射、调频放大和电源模块等六部分组成，系统框图如图 2 所示。通过操作键盘可以设置和更改发射的频率；单片机用于控制数码管显示对应的发射频率和发送频率信号到调频调制电路中；调频发射将输入的音频信号调制后通过载波发送出去；数码管用于显示发射的频率；调频放大将得到的调制信号进行放大；电源模块则为整个电路提供电源。

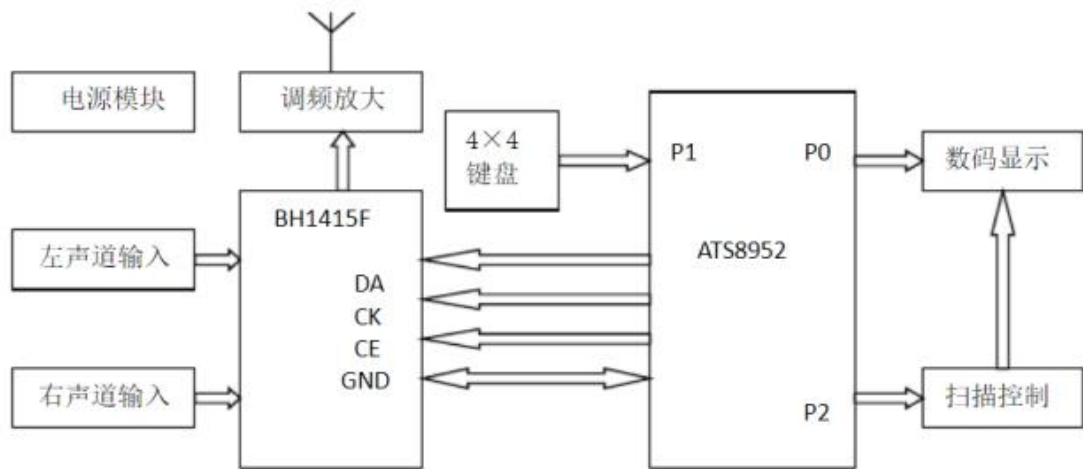


图 2 系统框图

三、硬件方案设计

(一) 单片机控制电路

系统采用的微控制器是 ATMEL 公司生产的低功耗、高性能单片机 AT89S52，它有 32 个外部双向输入/输出 (I/O) 端口，片内含 8k bytes 的可重复编程的 Flash 存储器和 256bytes 的随机存取数据存储器 (RAM)，3 个 16 位可编程定时计数器，1 个全双工串行通信口，器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术生产，兼容标准 MCS-51 指令系统。AT89S52 可以按照常规方法进行编程，也可以在线编程。其将通用的微处理器和 Flash 存储器结合在一起，特别是可反复擦写的 Flash 存储器可有效地降低开发成本。

(二) 内部结构

AT89S52 单片机包含中央处理器、程序存储器 (ROM)、数据存储器 (RAM)、定时器/计数器、并行 I/O 口、串行 I/O 口和中断系统等几大单元以及数据总线、地址总线和控制总线三大总线构成。图 3 所示为 AT89S52 单片机内部结构框图。

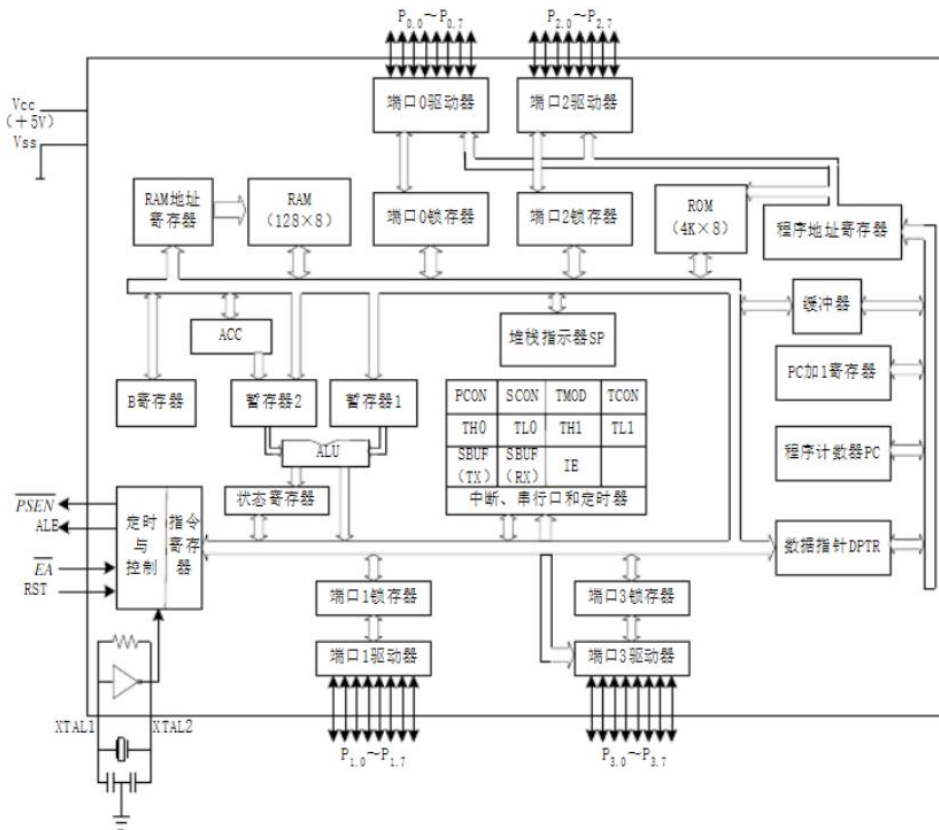


图 3 AT89S52 单片机内部结构框图

(1) 中央处理器 中央处理器 (CPU) 是整个单片机的核心部件，能处理 8

位二进制数据或代码，CPU 负责控制、指挥和调度整个单元系统协调的工作，完成运算和控制输入输出功能等操作。

(2) 程序存储器 AT89S52 共有 8KB 个 E2PROM，用于存放用户程序，原始数据或表格。

(3) 数据存储器 (RAM) AT89S52 内部有 128 个 8 位用户数据存储单元和 128 个专用寄存器单元，它们是统一编址的，专用寄存器只能用于存放控制指令数据，用户只能访问，而不能用于存放用户数据，所以，用户能使用的 RAM 只有 128 个，可存放读写的数据，运算的中间结果或用户定义的字型表。

(4) 并行输入输出口 AT89S52 共有 4 组 8 位 I/O 口 (P0、P1、P2 或 P3)，用于对外部数据的传输。

(5) 串行输入输出口 AT89S52 内置一个全双工串行通信口，用于与其它设备间的串行数据传送，该串行口既可以用作异步通信收发器，也可以当同步移位器使用。

(6) 定时/计数器 AT89S52 有三个 16 位的可编程定时/计数器，以实现定时或计数功能，并以其定时或计数结果对单片机进行控制。

(7) 中断系统 AT89S52 具备较完善的中断功能，有两个外中断、三个定时/计数器中断和一个串行中断，可满足不同的控制要求，并具有两级的优先级别选择。

(三) 引脚功能

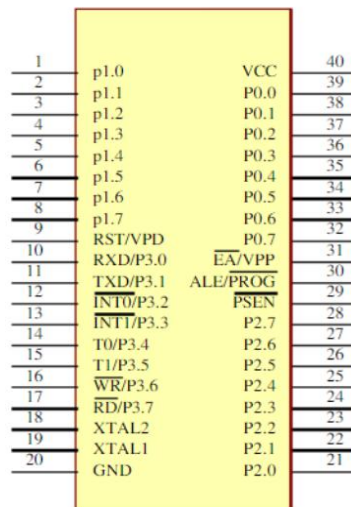


图 4 AT89S52 芯片引脚图

(1) 电源和晶振

VCC: 供电电压。

GND: 接地。

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。

(2) I/O 口

① P0 口 P0 口的字节地址为 80H, 位地址为 80H~87H。P0 口既可以作为通用 I/O 口使用, 也可以作为单片机系统的地址/数据线使用。当作为输出口使用时, 由于输出电路是漏极开路, 必须外接上拉电阻才能有高电平输出。

② P1 口 P1 口的字节地址为 90H, 位地址为 90H~97H。P1 口只能作为通用 I/O 口使用。当作为输出口使用时, 已能对外提供推拉电流负载, 外电路无需再接上拉电阻; 当作为输入口使用时, 应先向其锁存器写入“1”, 使输出驱动电路的 FET 截止。

③ P2 口 P2 口的字节地址为 0A0H, 位地址为 0A0H~0A7H。P2 口用于为系统提供高位地址, 但只作为地址线使用而不作为数据线使用。此外, P2 口也可作为通用 I/O 口使用。

④ P3 口 P3 口的字节地址为 0B0H, 位地址为 0B0H~0B7H。P3 口可以作为通用 I/O 口使用, 但在实际应用中它的第二功能信号更为重要。P3 口引脚的第二功能, 如下所示:

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 (计时器 0 外部输入)

P3.5 T1 (计时器 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)

(3) 4 根控制线

① RST: 复位信号。保持 RST 脚两个机器周期以上的高电平, 就可以完成

CPU 系统复位操作，使系统的一些单元内容回到规定值。

② PSEN：外部程序存储器读选通信号。在读外部 ROM 时，/PSEN 有效（低电平），以实现外部 ROM 单元的读操作。

③ EA/VPP：访问程序存储器控制信号。当/EA 信号为低电平时，对 ROM 的读操作限定在外部程序存储器；而当/EA 为高电平时，则对 ROM 的读操作是从内部程序存储器开始，并可延续至外部程序存储器。

④ ALE/PROG：地址锁存控制信号。在系统扩展时，ALE 用于控制 P0 口输出的低 8 位地址送入锁存器锁存起来，以实现低位地址和数据的分时传送。此外由于 ALE 是以六分之一晶振频率的固定频率输出的正脉冲，因此也可作为外部时钟或外部定时脉冲使用。

（四）调频调制发射电路

本系统调频调制发射部分电路采用了 ROHM 公司的调频发射专用集成电路 BH1415F。BH1415F 是一种无线音频传输集成电路，它可以将计算机声卡、游戏机、CD、DVD、MP3、调音台等立体声音频信号进行立体声调制发射传输，配合普通的调频立体声接收机就可实现无线调频立体声传送。适合用于生产立体声的无线音箱、无线耳机、CD、MP3、DVD、PAD、笔记本计算机等的无线音频适配器开发生产。这个集成电路是由提高信噪比（S/N）的预加重电路、防止信号过调的限幅电路、控制输入信号频率的低通滤波电路（LPF）、产生立体声复合信号的立体声调制电路、调频发射的锁相环电路（PLL）组成。

（五）调频调制电路的特点

（1）将预加重电路、限幅电路、低通滤波电路（LPF）一体化，使音频信号的质量比分立元件的电路（如：BA1404、NJM2035 等）有很大改进。

（2）导频方式的立体声调制电路。

（3）采用了锁相环锁频并与调频发射电路一体化，合发射的频率非常稳定。

（4）采用了 MCU 数据直接频率设定，可设定 70-120MHz 频率，使用上非常方便。

四、软件方案设计

（一）主程序

首先，进行整个程序的初始化及清屏，开机时先显示一下“088.0”，预制发射频率为 88MHz，送入 BH1415F，然后进入查键和显示函数的循环。当有按键按下时，程序判断是哪个键被按下，然后执行相应的按键功能，并调用数码显示，显示所设置的发射频率；当没有键按下时，返回键盘扫描，再判断是否有键被按下。本次程序设计的主程序流程图，如图 5 所示。

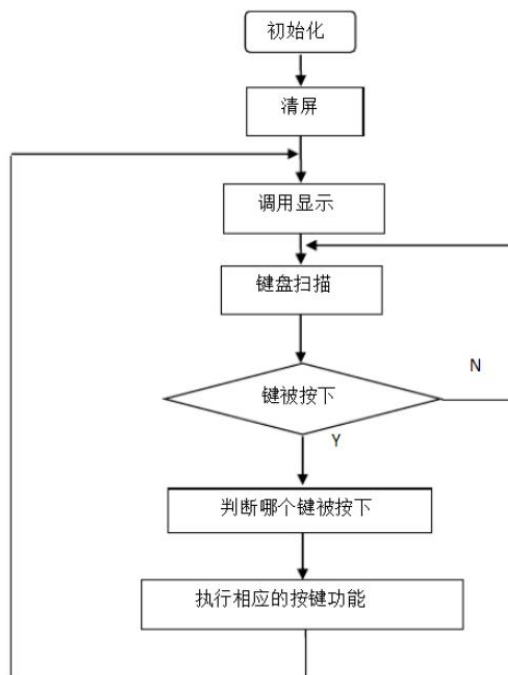


图 5 主程序流程图

（二）查键子程序

系统采用 4×4 行列式键盘。键盘部分应实现如下功能：首先，对键盘进行扫描，判断是否有键被按下。如果没有，则转回键盘扫描，看下次是否有键被按下；如果有键被按下，则先对键进行去抖动，然后算出是哪个键被按下，再延时等待键释放。因为每一个键都对应一个处理子程序，得到闭合键的键码后，就可以根据键码，转相应的键处理子程序（分支是使用 JMP 等散转指令实现的），进行字符、数据的输入或命令的处理。这样就可以实现该键所设定的功能。本次程序设计的键处理子程序流程图，如图 6 所示。

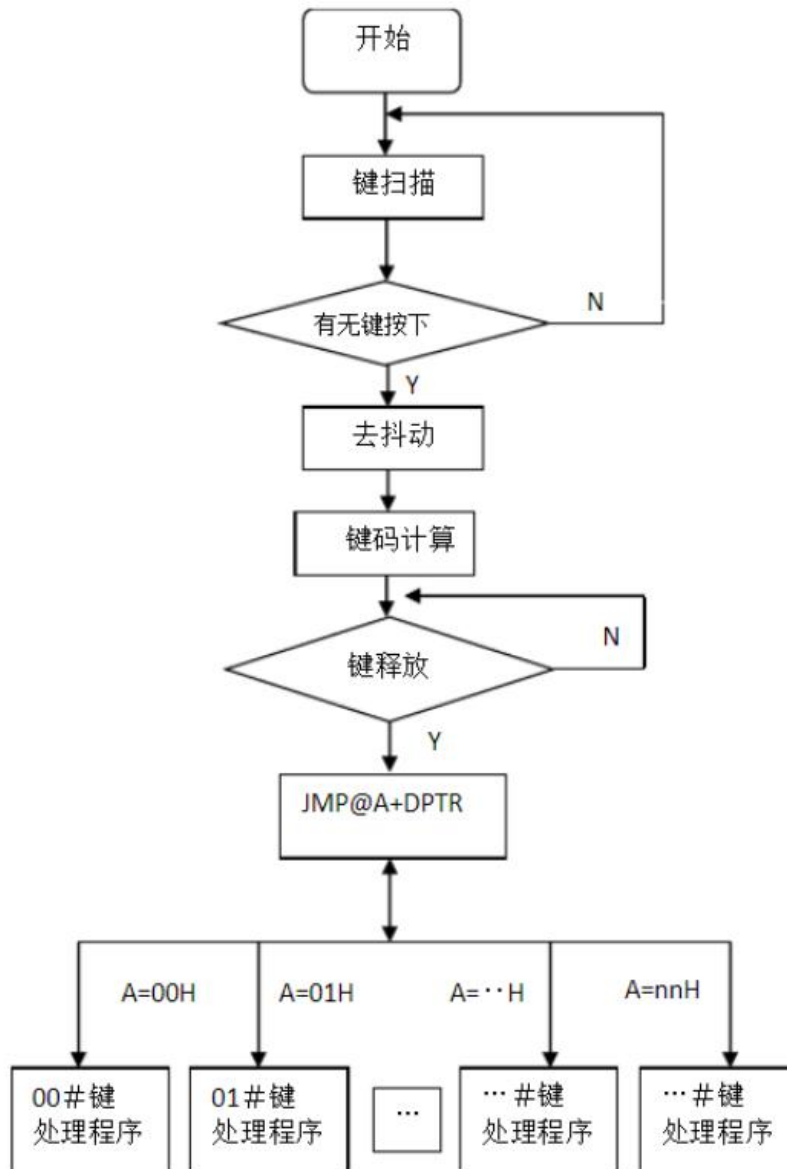


图 6 键处理子程序流程图

五、调试与测试

（一）硬件调试

硬件调试时先检查电路板的焊接情况，在检查无误后可以通电检查。实际制作中可结合示波器对晶振及 P0、P1、P2 口的波形情况进行综合硬件测试分析。

（二）软件调试

软件调试使用伟福编译软件，源程序编译及仿真调试应分段或以子程序为单位一个一个进行，最后可以结合硬件实时运行调试。

（三）发射频率的调试

调通程序及硬件的情况下，在 BH1415F 的 11 脚接上一段电线作为发射天线，在室内可以收到调频广播。如果调不出频率，或者出了频率但不由单片机控制，该类问题主要是压控调试不对，没有锁相。在 LC 振荡电路中，把振荡产生的信号接入示波器，观察示波器，调节中周的磁芯改变 L 的值使示波器的频率读数达到 93MHz 左右。先测试变容二极管上的电压，频率越高，电压越高，调节电感匝距，使得频率设置在 98MHz 时，电压接近 V_{CC} ，频率设置在 88MHz 时，电压接近 0V。当发现频率的最高端达不到 98MHz 时应减小振荡电感（减小匝数）；而在低端的频率达不到要求时，要增加线圈匝数。

在调试中选用 MC1648 做压控振荡，虽然频率达到了设计要求，但是干扰特别明显，导致接收到的音频信号质量下降。考虑发射信号的音质很重要，不采用 MC1648，直接使用 LC 振荡电路。LC 振荡电路的调试过程中需要多次更换电容和电感线圈，调整振荡电路使 BH1415F 可以振荡。

如果调试中频率覆盖范围没有达到预期的效果，一个原因是变容二极管变容范围不够大；也有可能 LC 振荡电路调整的不完善。振荡电感调好后用胶封住，防止发射器工作时由于振动而产生频率漂移。

（四）性能分析

用 BH1415F 设计的小功率调频发射器不仅设计简单，而且频率设定灵活，可有效地避开当地的调频电台，可应用于室内广播、电视伴音转发等小范围的无线调频转播。

六、成果

此次设计将应用于无线通信领域，并且针对当前市场上短距离无线产品的不足进行了改进。测试结果表明，设计要求的各项指标均可以基本实现，尽管发射的带宽没有到达预计的结果，原因是变容二极管的变容范围不够大。要得到稳定度高的发射频率应采用锁相环技术，来降低中心频率的漂移。此外，语音信号采用调频方式与调幅相比，有利于改善输出音频信号的信噪比，以保证语音业务的可靠传输。

无线调频发射系统应用了大量的高频电子线路技术，尤其是其中的高频信号处理设计电路要有电路调试的环境，受实际调试环境的影响较大，调试具有较大难度。在电路的设计制作中，一定要遵循高频布线规则，并且可以在焊接电路的过程中适当接入退耦电容，有效的滤除杂波信号的干扰。

通过方案论证、资料查询及电路设计和反复调试，不断的解决电路调试过程中的问题，最终在规定的时间内完成了设计任务。本设计由于水平有限，电路及程序设计还有需要改进的地方，在今后的学习和研究中，将继续改进完善。

另外在调试过程中，以保证作品实现功能准确为前提，尽量做到电路简单、美观，效果好成本低，以增强其实用价值。

参考文献

- [1]张则. 51 系列单片机(C 语言)快速入门(六) [M]. 电子报, 2015: 66-75.
- [2]陈海宴. 51 单片机原理及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2016:80-87.
- [3]彭介华. 电子技术课程设计指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015:38-45.
- [4]李光飞, 李良儿等. 单片机课程设计实例指导[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社. 2017:60-63.
- [5]胡汉才. 单片机原理及其接口技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2019:68-72.
- [6]张洪润, 蓝清华等. 单片机应用技术教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2018:88-95.
- [7]李华. MCS-51 系列单片机实用接口技术 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2016:73-85.
- [8]谭博学, 苗汇静等. 集及成电路原理应用[M]. 电子工业出版社, 2019:68-72.
- [9]李鹏飞. AVR 单片机与 4×4 小键盘的使用[M]. 无线电, 2006 (5):39-41.
- [10]李光飞, 楼然苗等. 单片机 C 程序设计实例指导[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2013:45-55.
- [11]赵晓安. MCS-51 单片机原理及应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 2015:74-80.
- [12]宋东生. 整流滤波电路[M]. 无线电, 2002(453):42-43.
- [13]吴景狄. 单片机的键盘及 LED 数码显示接口[M]. 电子世界, 2001(4):30-31.
- [14]陈粤初等. 单片机应用系统设计与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2018:101-123.

致谢

本设计是在耿运涛老师的悉心指导和热情关怀下完成的。在整个设计过程中，他不顾教务的繁忙，设身处地的为我们找资料，查文献，细致、耐心的教导和讲解我们遇到的各种问题，让我们的设计最终得以完成。除此之外他教会我们很多得学习的方法以及生活中如何做人、做事。耿老师平易近人的人格魅力，严谨进取的治学精神和乐观向上的生活态度，将给我往后的工作生活带来很多帮助。

毕业设计是我们专业课程知识综合应用的实践，这是我们迈向社会，从事职业工作前一个必不可少的也是提升个人能力的过程。通过这次毕业设设计，我更加深深的体会了解了“千里之行始于足下”这一佳话。万事开头难，但是我们必须脚踏实地的开始，了解设计整个过程的理念，以及设计零件的思想和计划方案，这样我们才能为明天稳健地在社会建设大潮中找到立足之地，为在大潮中奔跑打下坚实的基础。

在此衷心感谢在这过程中帮助及指导过我的老师和同学，让我开阔了眼界，增加了学识。