

# 基于51单片机的电子琴设计

高书阳

(湖北方源东力电力科学研究所有限公司, 湖北 武汉 430000)

**摘要** 本设计是基于Proteus51单片机电子琴的设计。主要是以51单片机为主要核心,通过按键来获取信息,然后通过单片机一些部件来实现蜂鸣器发出声音,与此同时用数码管同步显现出来。该系统具有播放弹奏乐曲的功能,最大的优点就是:电路简单、大部分功能能够很好的实现,稳定性好。一首歌曲是由许多不同的音阶组成的,在51单片机里每个音阶对应这每个频率,我们可以利用这个特点,通过输入一些不同的频率的组合从而构成一首我们想要的音乐。对于单片机来说,产生一些不同的频率是非常简单的,我们可以利用单片机的定时和计时器T0来产生这些不同的频率信号,所以我们只需要把构成一首歌曲的所有音阶对应的频率弄正确就可以了

**关键词** Proteus 数码管 按键 蜂鸣器 音阶

中图分类号:TP3

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2021)05-0001-09

## 1 绪论

### 1.1 课题背景

键盘分为单列、双键盘,是20世纪50年代,日本从美国进口的键盘。1959年雅马哈公司生产的第一个垂直键盘在世界上被称为“伊莱克特拉”器官键盘。1980年,通过集成电路的不断发展,电子琴开始向小型化发展,如雅马哈等厂商便携式单键盘(portatone portasound)。1983年雅马哈DX7合成电钢琴。1986年有HX先进的电子出版的历史。最常见和最熟悉的键盘是日本1991年后生产的EL,ELS系列和双便携Ddk7的。

在1958年,中国北京邮电学院已经开发出了一个单片的电子管。由于种种原因,1977年,中国生产了大量的电子琴。在1989年,中国有200万套儿童电子琴,输出39万套,电子琴在中国快速的发展。<sup>[1]</sup>

### 1.2 设计依据

随着现代科技的不断发展,电子琴也在日益成长,它是一种新型的键盘乐器,在如今的乐器里面担任着重要的角色。单片机具有强大的功能,现代生活中人们随处可以看到它的身影。这个设计主要是以STC89C51单片机为主要控制器,设计的一个电子琴。用单片机作为主要的控制中心,与键盘、扬声器等元件组成核心主控制模块,在主控模块上设有8个按键。<sup>[2]</sup>

基于单片机电子琴的硬件组成:可以通过单片机制造出不同的频率来获得我们需要的音阶,最后能够随意的进行演奏,并且分别从原理图、主要芯片、各模块原理及各模块的程序的调试来详细阐述。

对于单片机来讲,可以很方便的产生不同的频率,我们能够利用单片机的定时/计数器T0产生不同的频率信号,所以就可以弹奏出不同的歌曲了。

## 2 系统方案设计及主控芯片介绍

### 2.1 系统基本设计思路

弹奏的歌曲通过扬声器播放出来。电路包括:单片机、

键盘以及单片机周边最小系统和晶振电路。

#### 2.1.1 各部分说明

(1)八个按键对应八个音符,用来演奏乐曲。

(2)单片机通过一系列信号的输出来驱动控制每个部分的正常工作。

#### 2.1.2 系统工作过程

单片机在CPU中产生音频脉冲,CPU随时对输入的信号进行处理。阅读相应的寄存器,CPU将处理过的读值通过I/O端口使用扬声器输出播放音乐。

### 2.2 控制器模块

单片机的功能比较强大,使用灵活,可实现软件编程的算法和控制逻辑。由于低功率单芯片,小体积、技术成熟和成本低廉,所以广泛应用于各种领域,且具有抗干扰性能。<sup>[3]</sup>

#### 2.2.1 发声模块

发声模块是本设计的最主要的部分。

基本方案:声音电路是电路部件的核心设计,它担当着把单片机所产生的语音信号放大并输出重要的作用,并且该设计是由两个S8050晶体管驱动构成声音电路。S8050是一个功率晶体管放大器管,是NPN型晶体管,而判读三极管有以下方法:

1.判断三极管的基极。对于NPN型三极管,用黑表笔接在某一个电极,红表笔连接到其他两个电极,如果测得的电阻值是交换表笔后,两个测得的电阻值都较大,这样就可以分析黑笔的第一测量被连接到电极基部;如果测量值和一个小的值有很大的区别,则黑笔的第一测量没有连接到电极基部,它应当更换另一电极重量度量。<sup>[4]</sup>

2.测量三极管发射极e和集电极c。晶体管基极由切换表笔两次测量E、C之间的电阻后确定,如果两个测量不相等,其中较小的一个所测量的电阻值是红色笔,黑色笔e极与c极连接。对于PNP型晶体管,类似于NPN方法,但是测试的相反的效果e之间进行测量时导致角极端抗性。注

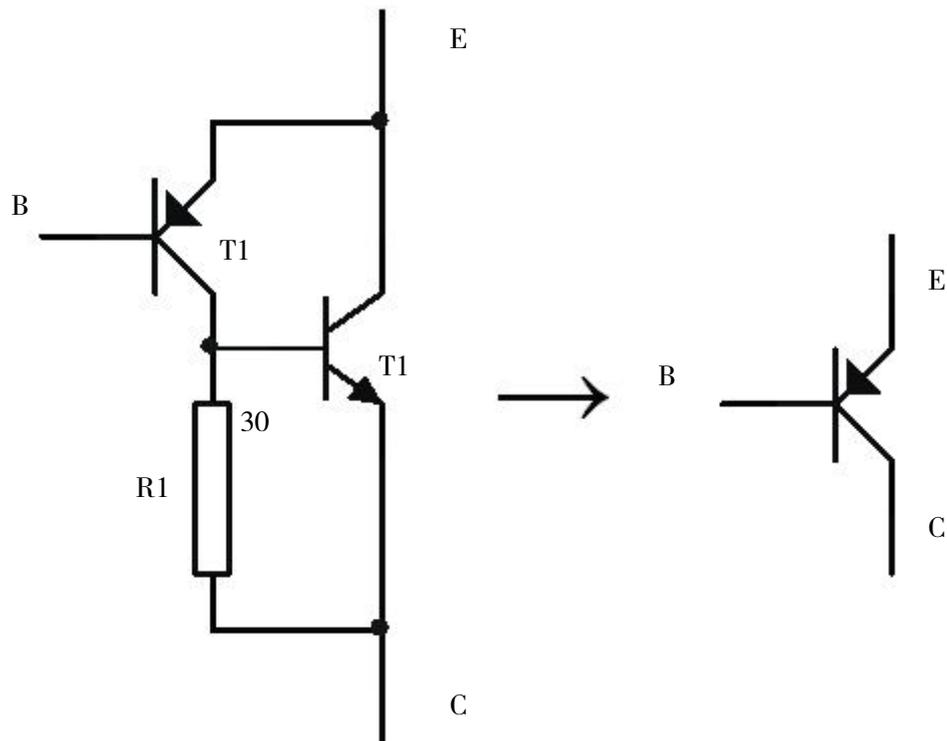


图1 声音驱动电路

意由于晶体管V(BR)CEO是非常小的,很容易击穿发射结。当确定了晶体管的管脚,就可以使用两个晶体管形成一个达林顿配置。首先,单片机P1.0口输出高电平由两个达林顿晶体管组成,可以形成为导通,而且电流和某些扩增接通之后,声音更清晰(图1)。

### 2.2.2 编程软件模块

方案1:采用汇编语言编程

与一些助记符字符的汇编语言指令有相应的表达意义,所以它相比机器语言来说使用起来更容易,但是它使用的CPU资源,对于高级语言,似乎更加困难。

方案2:采用C语言编程

C语言具有灵活性、丰富性、兼容性、新颖性等特征。进行深入分析主要特点,可以加深对C语言的理解;利用这些功能,可以大大提高实际应用。<sup>[5]</sup>

### 2.2.3 最终方案

经过反复论证,最终确定了如下方案:

- (1) 采用STC89C51单片机作为主要核心。
- (2) 采用达林顿效应放大音乐信号。
- (3) 采用C语言编程。

## 2.3 STC89C51 单片机

STC89C51是一种性能高消耗低的CMOS8位微控制器,具有8K在系统可编程Flash存储器。在一个芯片上,由于存在这灵巧的8位CPU和在系统可编程Flash,让STC89C51在许多嵌入式控制应用上提供了高度的灵活,十分有效的解决了方案难题。具有以下标准功能:8k字节Flash、512字节RAM、32位I/O口线、看门狗定时器、内置4KBE

EPROM、MAX810复位电路、三个16位定时器/计数器、一个6向量2级中断结构、全双工串行口。另外STC89C51可降至0Hz静态逻辑操作,支持2种软件可选择节电模式。在空闲模式下,CPU停止,允许RAM、定时器/计数器、串行口中断工作。掉电保护方式下,RAM内容被保存,振荡器被冻结,单片机一切工作停止,直到下一个中断或硬件复位为止。最高运作频率35Mhz,可选6T/12T(图2)。<sup>[6]</sup>

单片机是一种新型51内核的单片机。片内含有Flash程序存储器、SRAM、UART、SPI、PWM等模块。

### 2.3.1 STC89C51 主要功能、性能参数

- (1) 内置标准51内核,机器周期:增强型为6时钟,普通型为12时钟;
- (2) 工作频率范围:0~40MHZ,相当于普通8051的0~80MHZ;
- (3) STC89C51RC对应Flash空间:4KB;
- (4) 内部存储器(RAM):512B;
- (5) 定时器\计数器:3个16位;
- (6) 通用异步通信口(UART)1个;
- (7) 中断源:8个;
- (8) 有ISP(在系统可编程)\IAP(在应用可编程),无需专用编程器\仿真器;
- (9) 通用I/O口:32\36个;
- (10) 工作电压:3.8~5.5V;
- (11) 外形封装:40脚PDIP、44脚PLCC和PQFP等。

### 2.3.2 STC89C51 单片机最小系统

最小系统包括微处理器和所需的电源、时钟、复位和

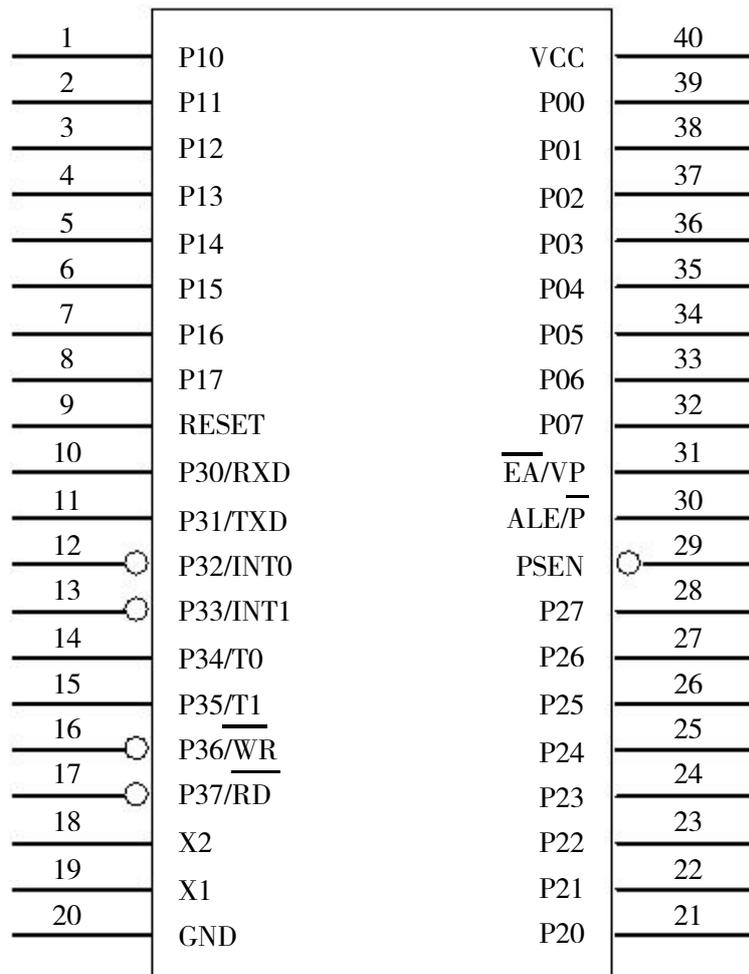


图 2 STC89C51 单片机引脚图

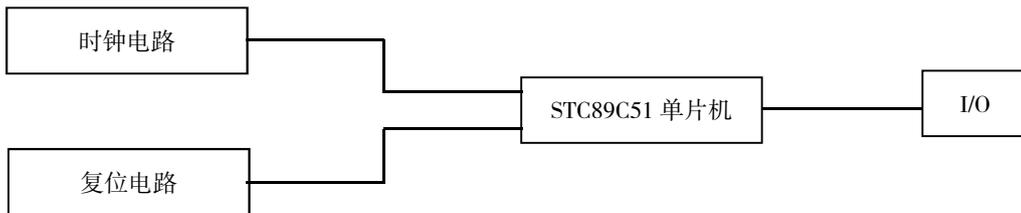


图 3 单片机最小系统原理框图

其他组件，从而使微处理器始终在正常使用中。电源和时钟电路允许通过搜索系统的最小系统的一个必要条件是，扩展的存储器和 A/D 扩张的核心部分的运行要在装置中，因此 MCU 需要执行更复杂的功能。

STC89C51ROM/EPROM 芯片，芯片至少有简单和可靠的系统配置。因为被连接到 2-3 中时要使用 STC89C52 芯片配置的应用系统中的一个，所以只要在 MCU 时钟和复位，在所述集成电路图案的结构中，应用程序就可以使用较小的控制单元的最小数量（图 3）。<sup>[7]</sup>

中断技术主要用于实时监视和控制，单片机的中断请求源提交服务请求时，会及时响应和快速治疗反应。这是通过芯片实现中断系统引起的。当中断请求源中断请求时，

如果中断请求被允许，当前正在执行的微控制器会暂停主程序，并中断服务处理器来执行中断请求。中断服务请求后中断服务会处理程序，并在此之后返回到原来的地方悬挂程序（断点），以继续中断的主程序（图 4）。

如果没有中断单片机系统，单片机大量的时间，在是否有轮询操作的服务请求查询中被浪费了。中断技术完全消除了微控制器等待现象，这大大提高了微控制器和实时的效率。

### 3 硬件电路设计

#### 3.1 系统总体框图

本设计采用 STC89C51 单片机作为主控制器，外部加上

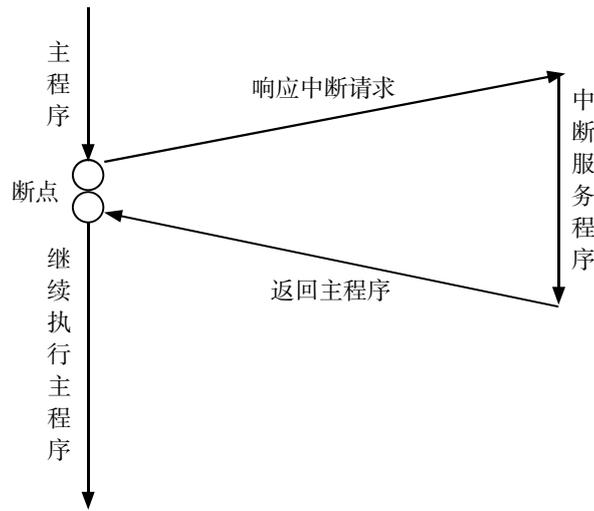


图4 中断响应和处理过程

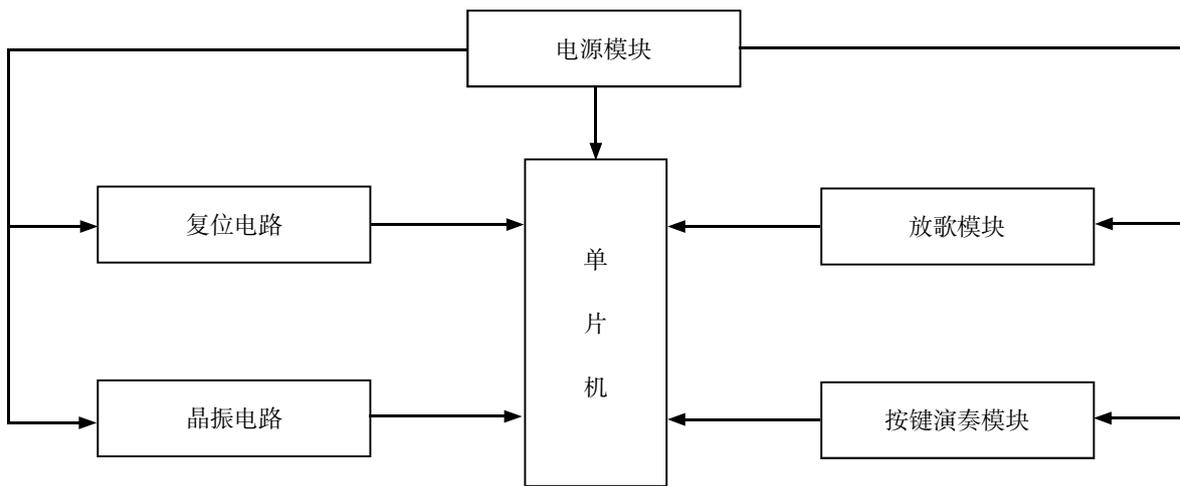


图5 系统总体框图

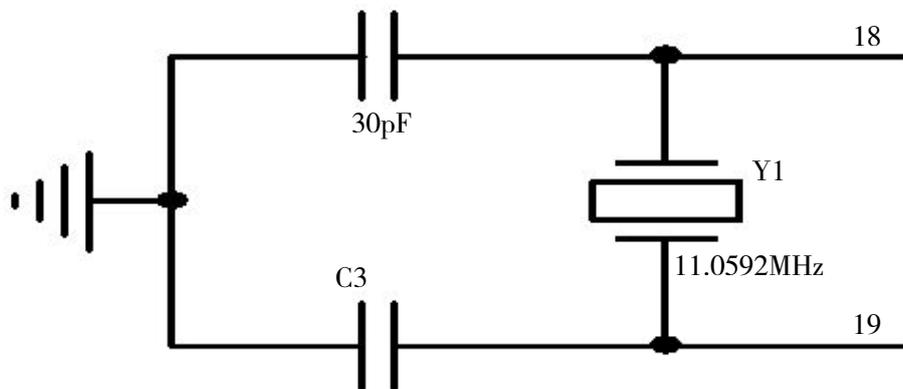


图6 89C51 复位电路

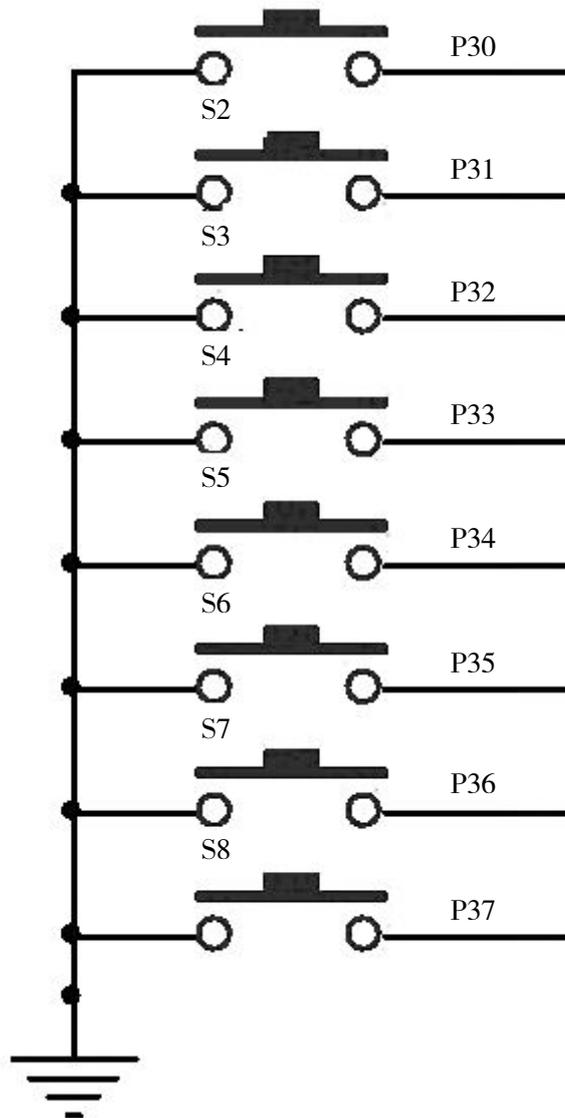


图 7 按键模块

三极管驱动收音设备 (系统总体框图 5 所示)。

### 3.2 最小系统设计

最小系统包括微处理器和所需的电源、时钟、复位和其他组件,从而使微处理器始终在使用中正常运行。扩展的存储器和 A/D 扩张核心部分运行的装置为电源和时钟电路的一个必要条件是允许通过搜索系统的最小系统,因此 MCU 执行更复杂的功能。<sup>[8]</sup>

### 3.3 时钟电路

车削放大器、引脚 RXD 和 TXDSTC89C51 内部振荡器的形成是一个放大器的输入和输出。它可能是由内部或外部时钟发生器来形成。内部时钟这里不详细介绍,外部时钟电路、接地 RXD、TXD 连接外部振荡器。外部振荡器信号没有特殊要求,只需要 12MHz 晶体或 11.0592MHz 常用频率的脉冲宽度。

### 3.4 按键控制模块

电子琴设有 8 个按键,8 个按键分别代表 8 个音符,包括中音段的全部音符,可通过软硬件设计 (如图 7)。

### 3.5 播放模块

播放这块是由 2 个三极管组成,三极管将信号放大,然后传输到喇叭,喇叭几乎不存在一点噪声,音响效果很好。

下图 8 是该模块电路:

该晶体管是一个电流放大器,元件中有三个极,被称为集电极 C,基极 B,发射极 (E.NPN 和 PNP)。我们把 NPN 晶体管共发射极放大电路作为一个例子来解释所述晶体管放大器电路的基本原理。

#### 3.5.1 电流放大

NPN 硅晶体管对于下面的分析,如图 8 所示。目前的基 B 的发射极 E 的流量被称为基本电流  $I_b$ ; 从集电极 C 与

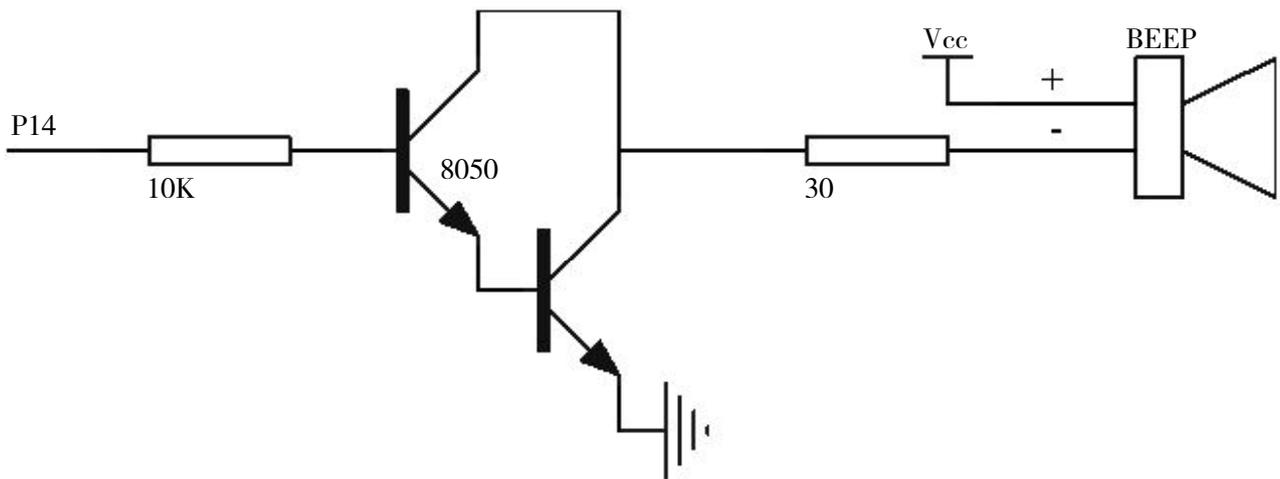


图8 播放模块



TO-92

1脚为e; 2脚为b; 3脚为C

图9 三极管引脚介绍

发射极 E 中的流量被称为集电极电流  $I_c$ 。这两个是流出的发射器的电流方向，发射极 E 可以通过电流方向箭头来表示。放大晶体管是这样的：集电极电流由基极电流控制限制（假设电源可以提供足够的电流），基极电流微小的变化会引起集电极电流的巨大变化，而变化会满足一定的比例关系：集电极电流的变化的量的  $\beta$  倍的电流变化是  $\beta$  倍放大的变化量的基极电流，所以我们称之为放大晶体管  $\beta$ （ $\beta$  通常比 1 大得多，例如：数十、数百个）。如果我们改变其中一点并施加到基极发射极的信号，这将导致在基本电流  $I_b$  的变化， $I_b$  中的变化会扩增，导致在  $I_c$  中的显著变化。如果流过电阻 R 的集电极电流  $I_c$  发生变化，根据公式  $U=IR$  上的电压，我可以认为电阻两端的电压会发生很大的变化。我们再将这个电压的电阻器取出，会得到放大的

电压信号。<sup>[9-10]</sup>

### 3.5.2 偏置电路

在实际的晶体管放大电路使用中，还需要添加相应的偏置电路。有几个原因：第一是由于非线性 BE 结型晶体管（相当于一个二极管），基极电流在一定程度上必须输入电压。当基极 - 发射极电压小于 0.7V 时，基极电流可以被认为是零。但在实践中被放大的信号通常比 0.7V 小，如果没有偏置，这样的小信号不足以引起基极电流的变化（因为小于 0.7V 时，基极电流为 0）。如果我们让晶体管加适当的电流基极（称为偏置电流，电阻  $R_b$  上图中用于提供该电流，因此它被称为基极偏置电阻器），那么当叠加有一个偏置小信号时，小信号将导致基极电流的变化，基极电流变化后，输出将被放大。另一个原因是，输出信号的范围要求，如果不存

在偏差,那么只有那些附加信号放大,而降低的信号是无效的(因为没有收集器偏置电流为零,不能减少)。并加入预先偏移以便当输入基极电流减小时,集电极电流可以减小一定集电极电流;当输入基极电流增加时,集电极电流增大。信号和增加的信号可以被减小,从而放大电流。

### 3.5.3 作用开关

下面说说三极管饱和。图像上面,因为由电阻  $R_c$  的限制( $R_c$  为一个固定值,则  $U/R_c$ ,其中  $U$  是电源电压的最大电流),集电极电流不能无限期向下增加。当基极电流增加时,集电极电流不能继续增加,该晶体管进入饱和。通常它确定晶体管是否饱和标准:  $\beta \cdot I_B > I_C$ 。后进入与集电极-发射极的晶体管的饱和电压将是小的,它可以作为一个开关闭合来理解。这样我们就可以得到该晶体管作为开关:当基极电流是零,晶体管集电极电流是零(这就是所谓的晶体管断开),等效开关关断;当基极电流是大的,从而使晶体管饱和,相当于开关闭合。如果三极管和饱和截止主要工作,那么我们通常把该晶体管叫做开关。

## 4 系统软件设计

### 4.1 单片机发声概述

一般情况下,单芯片不像其他专业的仪器,可以起到不包含相应的幅度共振频率很多声音的声音。SCM 播放音乐的基本音调频率。因此,微控制器是比较简单的播放音乐,只是可以清楚地“音”和“打”的两个概念就可以了。间距是指一个音符唱多高的频率。

我们知道一个音符的频率后,他们微控制器可以发出对应于振荡频率的信号,产生相应的音符的声音。通过单片机的定时器定时中断,最终单片机 I/O 端口设置为高或低的来回,所以扬声器将声音放在单片机的中断服务程序。通过敲打所需的时间,每注都计算,使用循环延迟控制方法,实现了音符唱很长一段时间,从而构成了第一个完整的音乐。

主间距由所述声音的频率来确定。和频率纯音及音高液压电梯一样强度,声音的纯音频率、高频低频纯音在体积增大增加的生长声音的强度降低。

因为出现在音频声音的频率结构,它也取决于结构和语调。一般情况下,比低频音调响度和响度的 2000Hz 的纯音低增长高频的声音超过 3000 赫兹的纯音的下降。例如,在音乐往往定位标准中 C 高音 A,频率  $f=440\text{Hz}$ ,与他们的声音其余部分进行比较。F1 和用于两个音符 F2 中,如果两个音符间的频率差加倍,即当  $F2=2 \cdot F1$ ,F2 称为比 F1 以上的八度。

一个八度仅有的区别,在音符 1 音乐学说和注 2、注 2 和注 3..... 等等这一个八度之间的差异。在一个八度,有 12 个半音。由于听觉效果,其中 12 个规模大致关系来划分的数量。只知道 12 个音符球场,这是它的基本频率,就可以得到其他基调频率音符之间的关系八度。

高音频率标准为  $F=440\text{Hz}$  的,其相应的周期为:  $T=1/F=$  四百四十零分之一  $=2272\mu\text{s}$ 。要求单片机 I/O 口输出周期  $T=2272\mu\text{s}$  方波脉冲,即  $T=T/2=$  二分之二千二百七十二  $=1136\mu\text{s}$ 。

换句话说,单片机的定时器中断起飞时间  $1136\mu\text{s}$ 。如果使用定时器微控制器工作 1 时,振荡器频率信号是第十二计数脉冲。提供外部晶体振荡器的频率为  $f$ ,用下面的公式来确定定时器预设的初始值:

$$\text{Temp} = 65536 - (50000/\text{CurrentFre}) * 10 / (12000000 / \text{SYSTEM\_OSC})$$

$$\text{TH} = \text{Temp} / 256$$

$$\text{TL} = \text{Temp} \% 256$$

### 4.2 编程软件 KeilC51

KEILC51Keil 公司是一家美国公司,生产的 51 系列兼容单片机 C 语言软件开发系统,与汇编、C 语言函数相比,对结构、可读性、可维护性等有明显的优势,因而易于使用。二手汇编语言,然后用 C 开发,更有深刻的体会。KEILC51 软件提供了丰富的库函数、功能强大的集成开发、调试工具和一个完整的 Windows 界面。另外重要的一点,只要看看生成编译的汇编代码,就能体会到通过的 KeilC51 生成的目标代码的效率是非常高的,多数生成的汇编代码的语句是非常紧凑的,易于理解。在大型软件的开发中,可以更好地体现高级语言的优势。下面详细说明各部分的功能和使用 KeilC51 开发系统(如图 10 所示的 KeilC 软件界面)。

### 4.3 画图软件 Protel99SE

Protel99SE 是 PORTEL 公司在 20 世纪 80 年代后期推出的 EDA 软件。把 Protel99SEEDA 设计软件用在 Windows9X/2000/NT 操作系统上,采用设计库管理模式的网络设计,具有很强的开放的数据交换能力和 3D 仿真功能,是一个 32 位的设计软件,可以完成电路原理图设计、印刷电路板的设计和可编程逻辑器件设计等,可设计为信号层 32,16 的功率地层和 16 加工层。

用 Protel99SE 软件功能:

- (1) 可生成 30 种电连接网表格式;
- (2) 强大的全球编辑功能;
- (3) 选择在示意的设备的水平,在同一装置的 PCB 也将被选择;
- (4) 运行原理图和 PCB,开放的原理图和 PCB 图之间允许双向跨找到组件、销、网;
- (5) 可以有成分标签的正面评价(从原理图、PCB),也可以将意见(PCB 电路图)保持电气原理图和 PCB 设计的一致性;
- (6) 为了满足国际需求计划(包括离职的国家标准标题栏,GB4728 国标库),\*易于使用数字-模拟混合仿真(SPICE3F5 兼容);

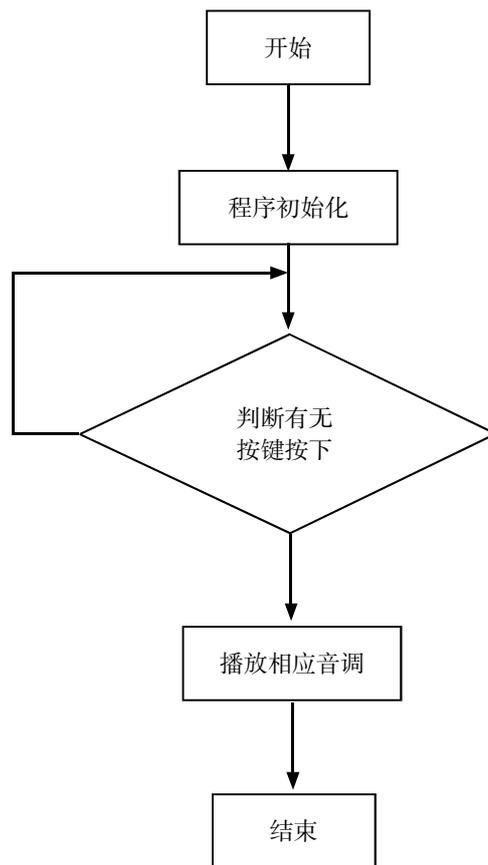


图 10 系统程序流程图

(7) 按照政治学 PLD 的设计模式支持中国大学生，生产标准的 JED 下载文件；\*的 PCB 可以被设计为 32 的信号层，电源 16-16 形成处理层；

(8) “基于规则”强大的设计环境，包括在线和批处理设计规则检查线；

(9) 智能铜、铀可以自动重铺路面覆盖；

(10) 多个行业标准的印刷电路板的设计模型；

(11) 可以导入和导出 DXF, DWG 文件格式, AutoCAD 等软件和交流信息；

(12) 智能包装导航系统（与复杂的 PGA, BGA 封装有用的结构）；

(13) 轻松打印预览功能，不能直接改变控制 PCB 文档打印；

(14) 可以看到主板的一些独特的 3D 显示的效果；

(15) 有效 CAM 软件可以让您轻松实现输出 Gerber 文件、材料清单、钻孔文件、贴片机、测试点报告；

(16) 算法时，传输线和完成验证的精确仿真，特征信号在 PCB 的开头是完整性数据；

(17) 测量仪器、促进反射和串扰仿真波形显示相结合的结果；

工作用的 Protel99SE 接口是标准的 Windows 界面，主要包括：标题栏、主菜单、标准工具栏。绘图工具栏上，

状态栏按钮附近，预览控制按钮的目标，在预览窗口中模拟控制按钮，选择对象窗口，最后选图像编辑窗口。

#### 4.4 系统总体程序流程

按下按键，系统检测到有按键值输入，通过单片机产生相对应的频率，再利用扬声器播放出声音。

#### 5 调试与实现

这是本设计中比较难的部分，需要经过反复调试，以达到预期的效果，下面的硬件和软件将是不在话下。两个部分描述了调试的过程中，遇到的调试过程和解决方法。

程序主要是从一个音乐播放器没有任何功率放大部，也没有按钮的一部分。在此基础上，它第一要修改的是，在保留原来的音调产生程序的前提下，所进行的主程序的设计，首先端口初始化，直到按下该按钮输入的一部分的周期，防止抖动到程序中，如果没有晃动，再进入音乐播放器，直到松开按钮，再次按下按钮，进入等待的部分。

不断改进 KEIL 软件后生成 hex 文件，然后输入开发板程序，并通过 STC-ISP 刻录软件刻录，最终将它完成。

在节目一开始是简单的中断延迟，在歌曲的串联方面需要大量的工作，连接互联网之后，找了很多资料，选用一个程序来做音乐播放器，他也是基于在中断后可以立即执行播放，而且他编辑歌曲的灵活性，有很大的发展空间，所以我用他完成计划的一部分。

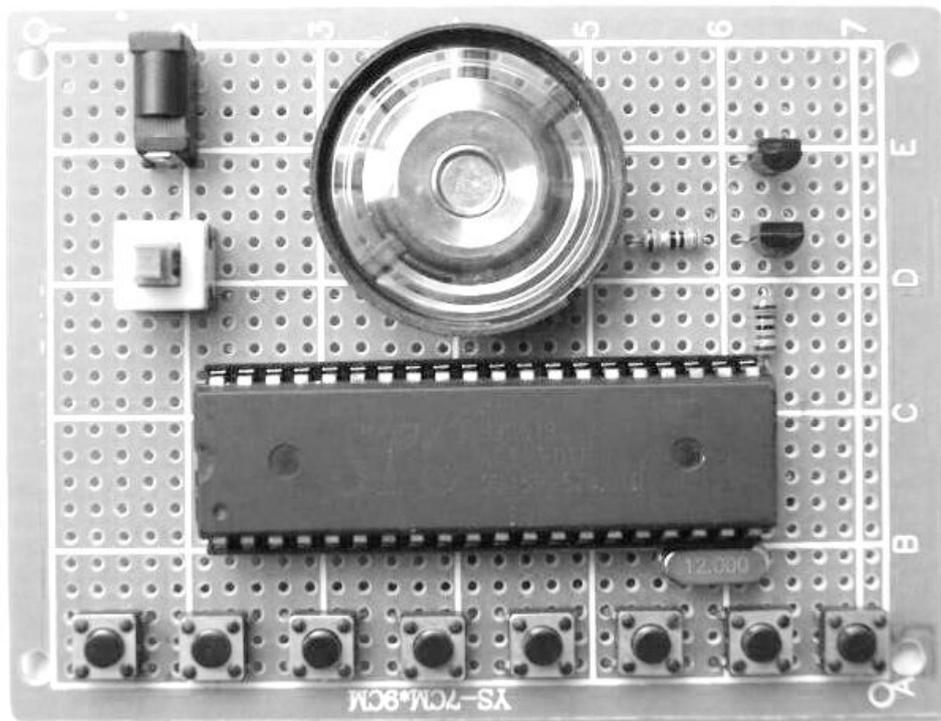


图 11 实物图

因此,主要考虑的是如何打一个音节进入这个等待状态。对于方案保护,预防和治疗抖动部分的主要手段是扣子,所以待机按钮被按下时,程序使用一个短暂的延迟,确定按钮是否被再次按下,然后输入播放器。

(1)承插焊接安装的组件应该遵循先小后大,先轻后重,第一个高后一个低,在外面先的原则,这是一个很好的组装顺利进行。

(2)陶瓷电容、电解电容、晶体管和垂直安装其他组件,不能太长,否则降低部件的稳定性;但不能太短,以免焊接期间将组件过热的损坏。电路板一般要求2毫米,并注意电解电容的极性,不能插错。

(3)IC,焊接过程中,我们必须先了解引脚的顺序,并与电路板焊盘定位,经核实后,第一个固定IC,然后确认焊接剩下的引脚后重复检查。由于IC引线脚密集,焊接检查虚焊、连焊的现象后,还要保证焊接质量。

(4)烙铁应在插入插头,电烙铁需要进行加热。

(5)焊接时,与电路板、电烙铁和板焊接角度优选为45度,形成90度的焊料和烙铁角度。

(6)焊接时,焊烙铁不宜过长,以免造成泄漏或过度焊锡;时间也不要太短,以免引起虚焊。

(7)元素尽可能的要直,不要延长太久,1毫米最好,最后可以切断多余的。

(8)完成后焊接,优选在圆锥的形式焊接,使其具有金属光泽。

(9)设计安装在三节AA电池,确保4.5V~5.5V之间的

电压,首先检测电路板有无焊接短路,然后通电。确保万无一失!

#### 参考文献:

- [1] 付家才,等.单片机控制工程实践技术[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [2] 及力.电子CAD基于protel99SE[M].北京:北京邮电大学出版社,2008.
- [3] 白焮贵.单片机C语言案例教程[M].北京:电子工业出版社,2011.
- [4] 周良权.模拟电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2005.
- [5] 卜锡滨.数字电子技术[M].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [6] 王洋.基于单片机的微型电子琴研究与实现[D].电子科技大学,2013.
- [7] 章丹.基于单片机的简易电子琴的设计与实现[J].电脑知识与技术,2014,13:3179-3181.
- [8] 潘晓利,陈学煌,祝祥迪.基于单片机的MIDI电子琴的设计[J].电子测量技术,2008,06:174-176.
- [9] 任肖丽,王骥.基于STC89C51单片机的电子琴设计[J].电子元器件应用,2010,07:27-28,31.
- [10] 和丽花,张海龙.基于Proteus的单片机电子琴的设计[J].中国新技术新产品,2014,11:91.