
电子琴设计

设计人：李梓宣

概括

本实验介绍了以RC并联为主振电路的电子琴的设计方法,给出了八音阶电子琴电路的参数设计方法及一组参数值。利用Multisim对RC串联并联正弦波振荡电路进行设计和仿真。结果表明,采用模拟电路方法制作的电子琴结构简单、成本低廉,满足C调参考标准。

关键词: 电子琴, RC振荡电路, 电路参数设计, Multisim仿真。

内容

1. 动机、目的和目标.....	3
2. 引言及背景理论.....	3
3. 方法和程序.....	4
3.1 电路元件.....	4
3.1.1 定时器 555	4
3.1.2 NE555	4
3.1.3 555多谐振荡器	5
3.1.4 LM324	8
3.1.5 关键电路设计	8
3.2 仿真实现.....	8
3.3 原型板.....	10
3.3.1 使用的设备	10
3.3.2 工作过程记录	11
3.4 脱衣板.....	12
3.4.1 使用的设备	12
3.4.2 工作过程记录	13
3.5 PCB板.....	16
3.5.1 PCB 制造	15
4. 结果	17
5. 讨论	错误!未定义书签。
6. 结论	18
7. 参考文献.....	18

1. 动机、目的和目标

音乐在人类社会中发挥着重要作用。传统乐器学习难度大、费用高，而一些简单的电子乐器则相对便宜，可以满足普通爱好者的需求。随着当代科学设计的发展，电子产品在人们的日常生活中占据着越来越重要的地位。因此，电子乐器的发展具有一定的社会意义。电子琴作为其中的典型代表之一，带领着很多孩子走进了音乐的殿堂。因此，我设计了这个简易版电子琴，因为它不仅可以提高实践能力，而且与现实生活有着密切的联系。

2. 介绍和背景理论

电子琴可以演奏各种美妙的音乐。这些音乐是由音符组成的。不同频率的声电信号经说话者发音后产生不同的音符。音调主要由声音的频率决定。在以C为参考音的八度音阶中，对应的频率如表1所示。

规模	1	2	3	4	5	6	7	1
频率/赫兹	2 64	2 97	3 30	3 52	3 96	4 40	4 95	5 28

在这款简易电子琴的设计和制作中，采用了NE555和三极管功放来完成设计要求。构成多谐振振荡器的555定时器的振荡频率可以通过改变振荡电路中RC原值来调节。通过按钮开关实现不同的RC调频网络，从而控制555多谐振振荡器不同频率的波形输出；再经音频功放放大，输出饱满优美的音乐。系统根据功能模块进行具体设计，整个电路由主振荡器、颤音振荡器、扬声器和按键组成。主振荡器由555定时器、八个按键S1~S8、外接电容C1、C2、电阻等元件组成。不同阻值的电阻和555定时振荡器产生不同频率的音符。连接扬声器后，可以获得八个音符。系统的关键部分是输入控制系统，实现do、re、mi、fa、so、la、 si 、do的输入；调频电路和振荡器共同产生不同频率的信号；功率放大器放大振荡器的输出，驱动扬声器发出不同音阶的声音。

3. 方法和程序

3.1 电路元件

3.1.1 定时器555

NE555（定时器IC）是一款8脚基于时间的集成电路，由Signaletics公司在1971年左右发布。当时，它是唯一非常快速且商业化的定时器IC，在接下来的40年里被广泛使用，并且许多应用电路得到了扩展。后来，基于CMOS技术版本的定时器IC，如MOTOROLA的MC1455已被广泛使用，但原始的NE555仍然在市场上正常销售。新版IC虽然有一些功能改进，但其脚功能没有改变，所以到目前为止可以直接使用。

3.1.2 NE555

NE555是555系列计时IC的型号之一。555系列IC的脚功能和应用是兼容的，但不同型号的价格不同，其稳定性、省电性、振荡频率也不一样；而555是一种广泛使用且相当常见的。定时IC只需很少的电阻和电容就可以产生数字电路所需的多种不同频率的脉冲信号。

主要特点

- 1、用简单的电阻和电容就可以完成特定的振荡延迟。其延迟范围极广，从几微秒到几个小时不等。
- 2、它的工作电源范围极大，可以与TTL、CMOS等逻辑电路相匹配，即它的输出电平和输入触发电平，可以与这一系列逻辑电路的高低电平相匹配。
- 3、输出端供电电流大，可直接推动多种自动控制负载。
- 4、计时精度高，温度稳定性好，价格便宜。

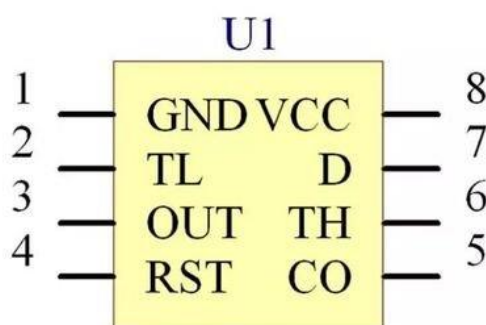


图1： NE555 引脚

引脚 1（地）- 地线（或共地），通常连接到电路共地。

Pin 2（触发点）——该脚是触发NE555启动的时间段。触发信号上沿电压必须大于 $\frac{2}{3} V_{CC}$ ，下沿电压必须小于 $\frac{1}{3} V_{CC}$ 。

引脚3（输出）——当时间周期开始时，555的输出脚移至比电源电压低1.7伏的高电位。循环结束时的输出返回到大约0伏的低电势。高电位时最大输出电流约为200mA。

引脚 4（复位）- 当低逻辑电位发送到该脚时，它将复位定时器并将输出带回到低电位。它通常连接到正电源或被忽略。

引脚 5（控制）- 该引脚允许外部电压改变触发和栅极限制电压。当定时器工作在稳定或振荡模式时，输入可用于改变或调整输出频率。

引脚 6（复位锁定）- 引脚 6 复位锁定并使输出为低电平。当该引脚的电压从低于 $\frac{1}{3} V_{CC}$ 移动到高于 $\frac{2}{3} V_{CC}$ 时启动此操作。

引脚7（放电）——该引脚与主输出引脚具有相同的电流输出能力。当Pin3为低电平时，Pin7对地为低阻（地导通），当Pin3为高电平时，Pin7为高阻。

引脚8（V+）——这是555定时器IC的正电源电压端。电源电压范围为 +4.5 伏（最小值）至 +16 伏（最大值）。

3.1.3 555多谐振荡器

频率发生由555芯片组成555多谐振荡器。555多谐振荡器单通道标准电路如下：多谐振荡器是一种能产生矩形波的自激振荡电路。由于矩形波除基波外还含有丰富的多次谐波，故称为多谐振荡器。多谐振荡器没有稳态，只有两种瞬态。电路在自身因素的作用下，在两种暂态之间来回转换，因此又称为非稳态电路。

由555定时器组成的多谐振振荡器如图所示。R1、R2 和 C 是外部定时元件。电路中，高电平触发端（6脚）和低电平触发端（2脚）连接到R2和C的连接处，放电端（7脚）连接到由于电容上电瞬间C不足以充电，电容两端电压uc为低电平，小于 $(1/3) V_{cc}$ ，所以高电平触发端和低电平触发端均为低电平，输出uo为高电平，放电管VT截止。此时电源经R1、R2对电容C充电，使电压uc呈指数上升。当uc上升到 $(2/3) V_{cc}$ 时，输出uo为低电平，放电管VT导通，uc从 $(1/3) V_{cc}$ 上升到 $(2/3) V_{cc}$ 。作为第一个暂态稳态，其维持时间TPH的长短与电容器的充电时间有关。充电时间常数 $T_{charge} = (R_1 + R_2) C$ 。不难理解，接通电源后，电路在两种瞬态之间来回翻转，输出可以获得矩形波。一旦电路开始振荡，uc电压始终在 $(1/3 \text{ 至 } 2/3) V_{cc}$ 之间变化。

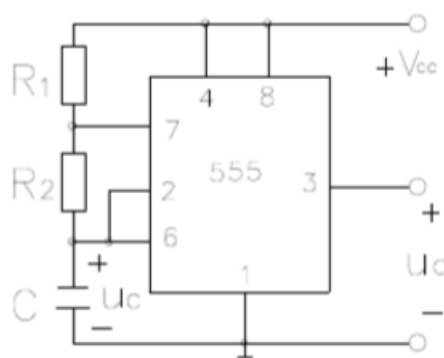


图2： 555组成的多谐振振荡器

电容C经过Vc波球的充电时间和 T_1 放电时间 T_2 计算如下：

充电时间 T_1 计算公式：

$$T_1 = (R_1 + R_2) C \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}}$$

放电时间 T_2 计算公式：

$$T_2 = R_2 C \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}} = R_2 C \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

因此，电路的振荡周期为：

$$T = T_1 + T_2 = (R_1 + R_2) C \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}} + R_2 C \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

当Vco V_{T+} 悬空（接电容后接地）， $\frac{2}{3} V_{CC} V_{T-} = \frac{1}{3} V_{CC}$

$$T_1 = (R_1 + R_2)C \ln 2 \quad T_2 = R_2 C \ln 2$$

振荡周期: $T = (R_1 + 2R_2)C \ln 2$

振荡频率: $f = 1/T = \frac{1}{(R_1 + 2R_2)C \ln 2}$

从 V_c 上升到 $\frac{2}{3}V_{cc}$ 所需时间 所需的 $\frac{1}{3}V_{cc}$ 时间, 即 t_{w1} 电容器 C 放电所需的时间。 t_{w2} 555电路要求和 R_1 R_2 两者不应小于 $1K\Omega$, 但两者之和不应大于 $3.3M\Omega$ 。

其中 R_2 为对应总图中的 R_2 , R_1 对应总图中的 $R_{11} \sim R_{18}$, C 为 $100n F$, 计算出可调电阻的阻值。

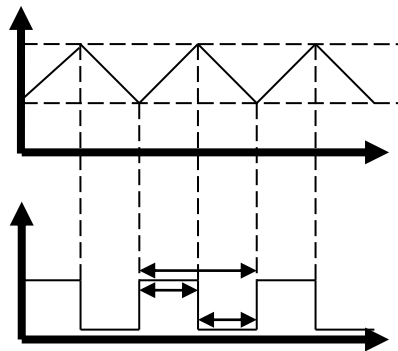


图3: 多谐振振荡器波形图

3. 1. 4 LM324

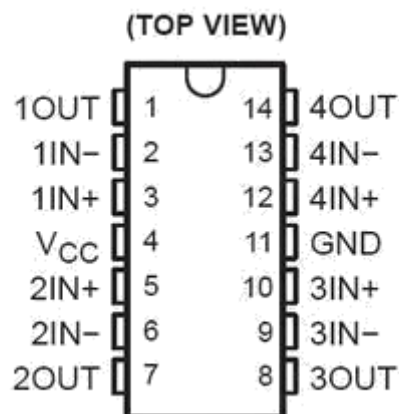


图4：LM324引脚

LM324系列器件有四个真差分输入运算放大器，具有真差分输入。与单功率应用的标准运算放大器相比，它们具有一些显著的优势。这四个放大器可以在低至3.0伏或高达32伏的电源下工作，静态电流是MC1741静态电流的五分之一。共模输入范围包括负电源，因此在许多应用中无需使用外部偏置组件。

3. 1. 5 关键电路设计

按键开关模块同时考虑了电源开关和振荡器 RC 组合中电阻的变化。即当按下不同的开关时，电源将被打开，并且同时连接不同的电阻值，从而在振荡器模块中产生不同频率的信号。

3. 2仿真实现

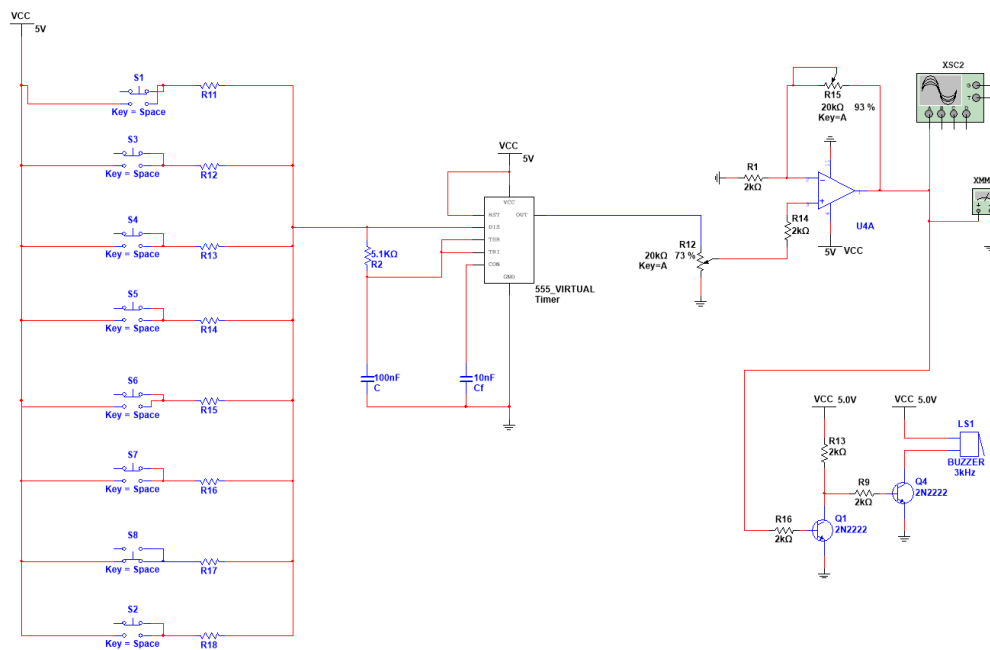
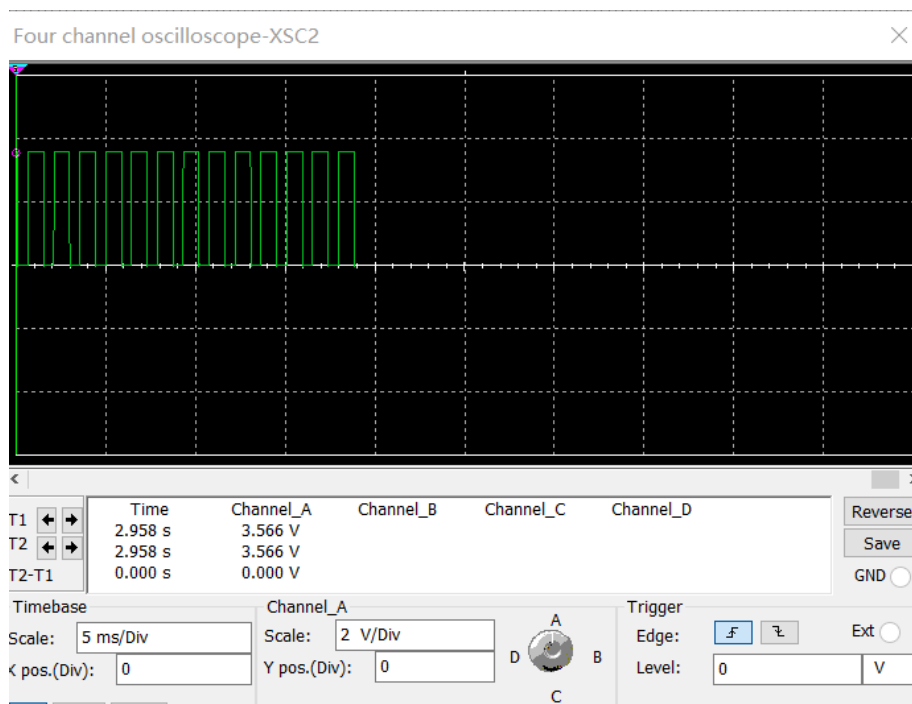


图5：仿真电路图

当按钮按下时，振荡频率如下：



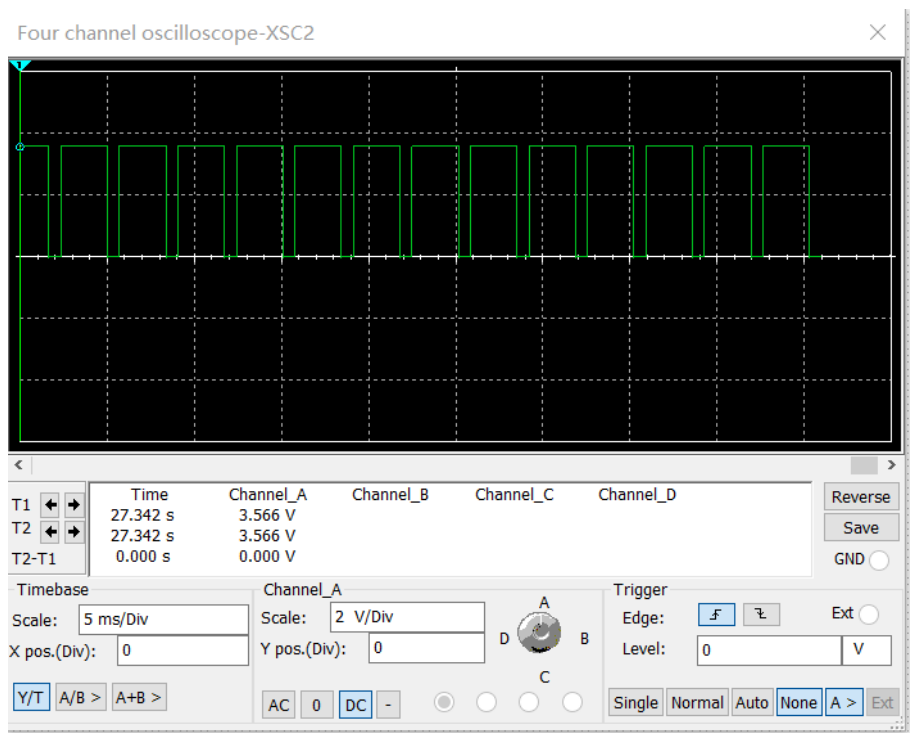


图6&7：波形生成

3. 3原型板_

3. 3. 1 使用设备

直流电源

双通道示波器

数字万用表

10cm*15cm条板

17. 33k Ω 、 14. 33k Ω 、 11. 65k Ω 、 10. 43k Ω 、 8. 17k Ω 、 6. 17k Ω 、 4. 37k Ω 、 3. 57k

Ω 电阻

5. 1k Ω 电阻

5*2k Ω 电阻

100nF、 10nF电容

LM324

NE555N

2*20k Ω 电位器

2*三极管

蜂鸣器

一些电线

3.3.2 工作过程记录

- (1) 使用单股线作为链接构建电路，通过将链接切割到正确的长度来保持电路整洁。

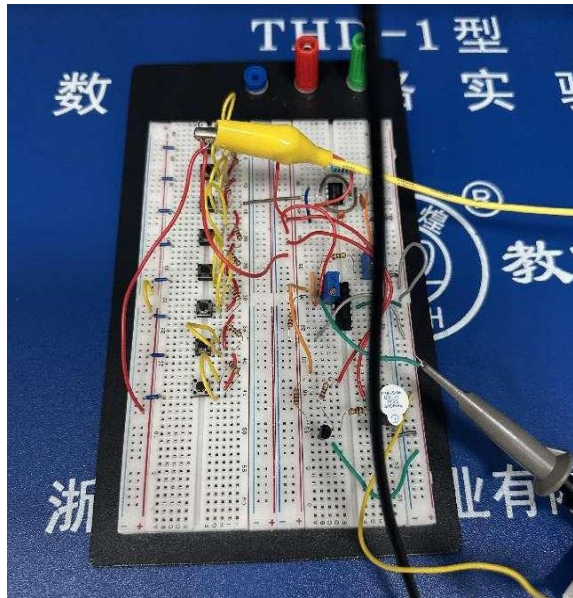


图 8：原型板

- (2) 准备电源 (15V)

根据实验要求，连接 将正向摊铺机电源供电，并检测正向电源的输出电压。

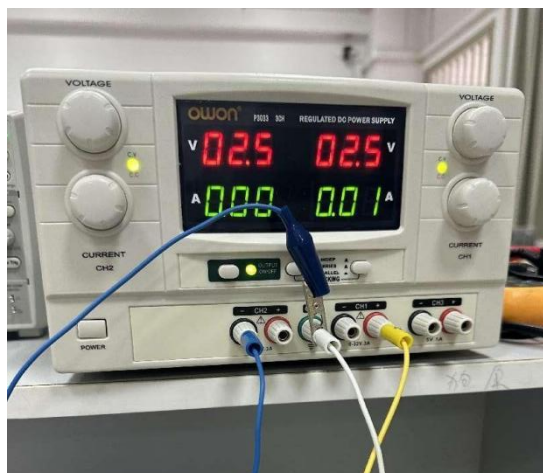


图9：电源输出5V电压

我用万用表检测连接到原板的电压，先将万用表量程调至20V，然后将万用表的黑表笔连接到绿色端子（接地端），红表笔连接将万用表的红色端子柱与原型板连接。万用表指示5.25V（图6）

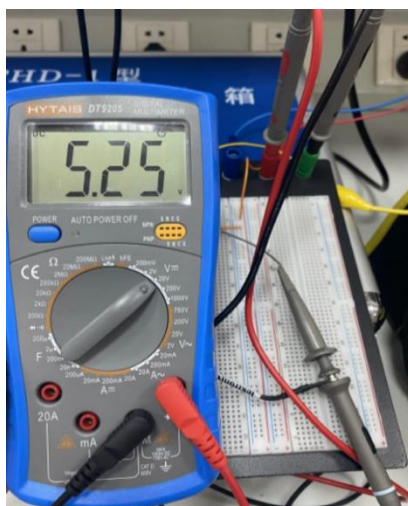


图10：用万用表测量电压

(3) 在原型板上测试电子键盘并记录结果

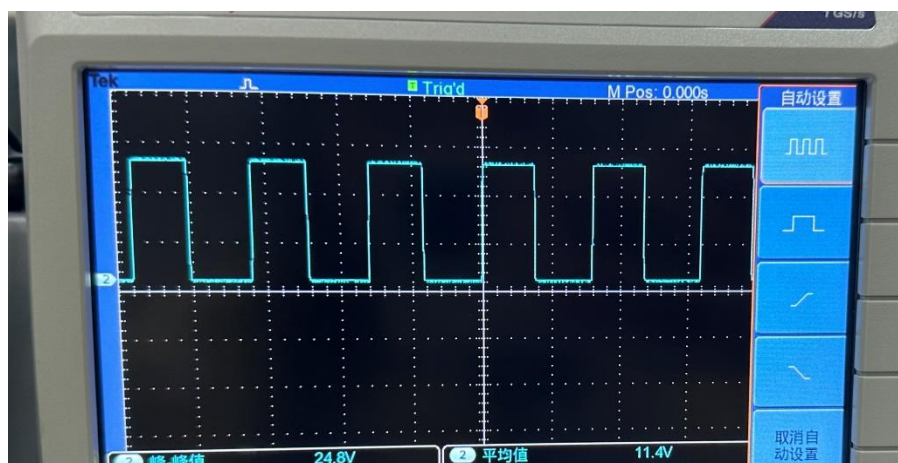


图11：生成波形

3. 4脱衣板

3. 4. 1使用设备

直流电源

双通道示波器

数字万用表

10cm*15cm条板

17. 33k Ω 、14. 33k Ω 、11. 65k Ω 、10. 43k Ω 、8. 17k Ω 、6. 17k Ω 、4. 37k Ω 、3. 57k

Ω 电阻

5. 1k Ω 电阻

5*2k Ω 电阻

100nF、10nF电容

LM324

NE555N

2*20k Ω 电位器

2*三极管

蜂鸣器

一些电线

3.4.2工作过程记录

准备电源。（+5V）

- (1)根据实验要求，将电源接入正负双电源。
- (2)检测正反向电源输出电压



图12: +5V电源

- (3)测试并在条板上记录结果。

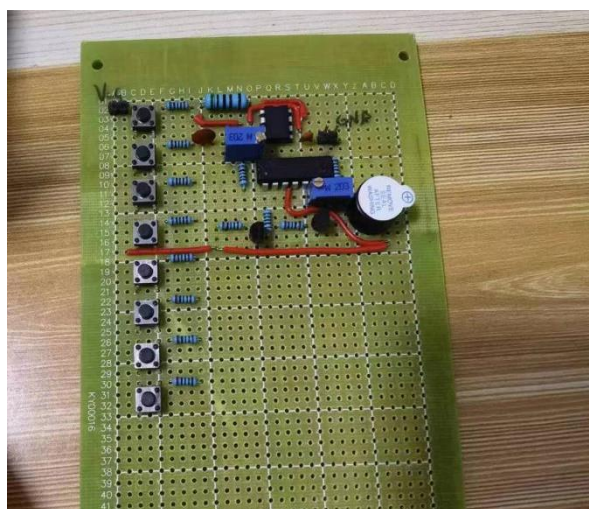


图 13: 条板中的电路。

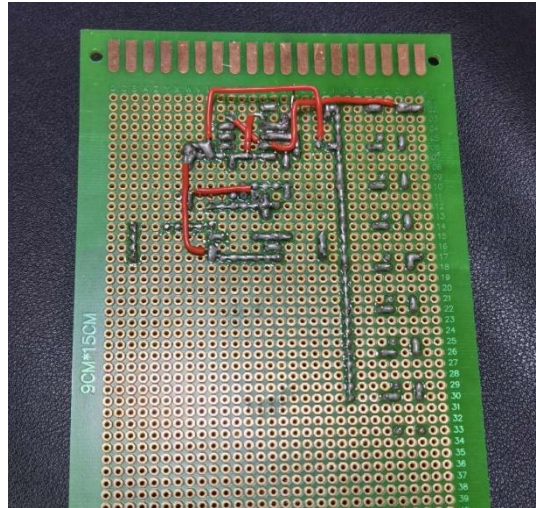


图14：条板焊接

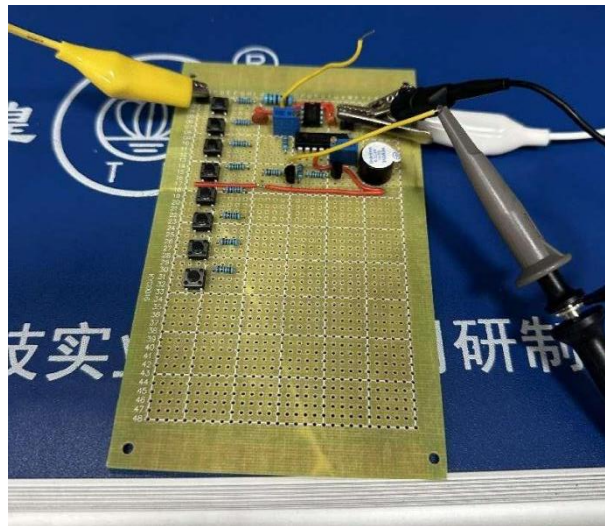


图 15：在条板上进行测试。

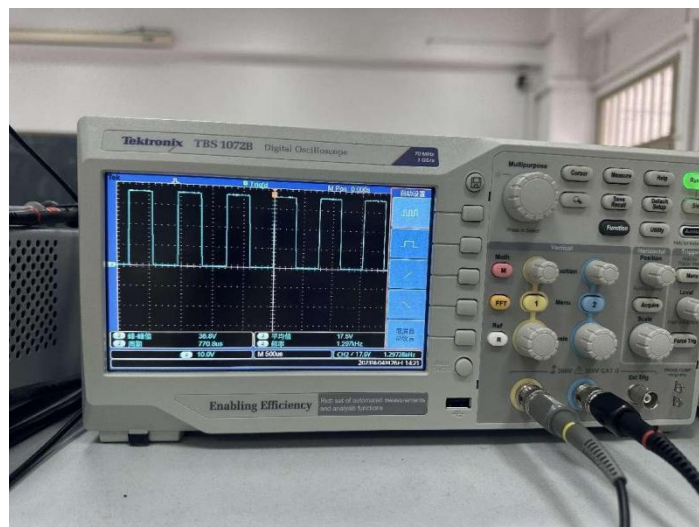


图 16：条板电路的结果

3.5 PCB板

3.5.1 PCB 磨损

(1) 使用AD 20软件绘制原理图并转化为PCB。

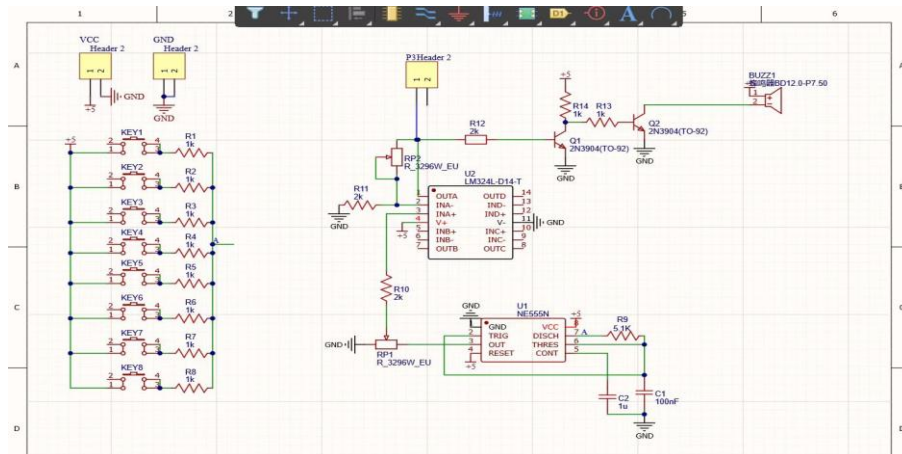


图1 7

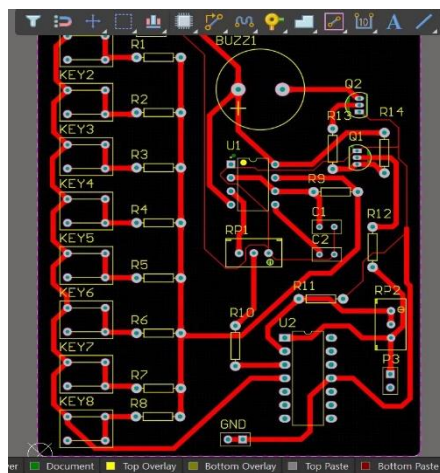
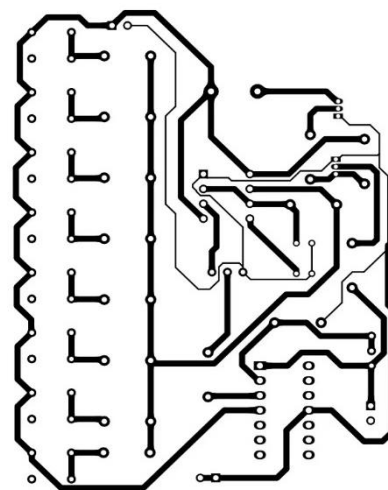


图1 8图1 9



(2) 将转换后的PDF打印在硫酸纸上。将硫酸纸抽真空并与感光电路板曝光210秒。

然后将显影电路板显影约40秒。当图像清晰时，将其从显影剂中取出，用清水冲洗，然后放入蚀刻溶液中约7分钟。腐蚀完成后，应钻孔。钻孔后进行焊接施工，如图15所示。

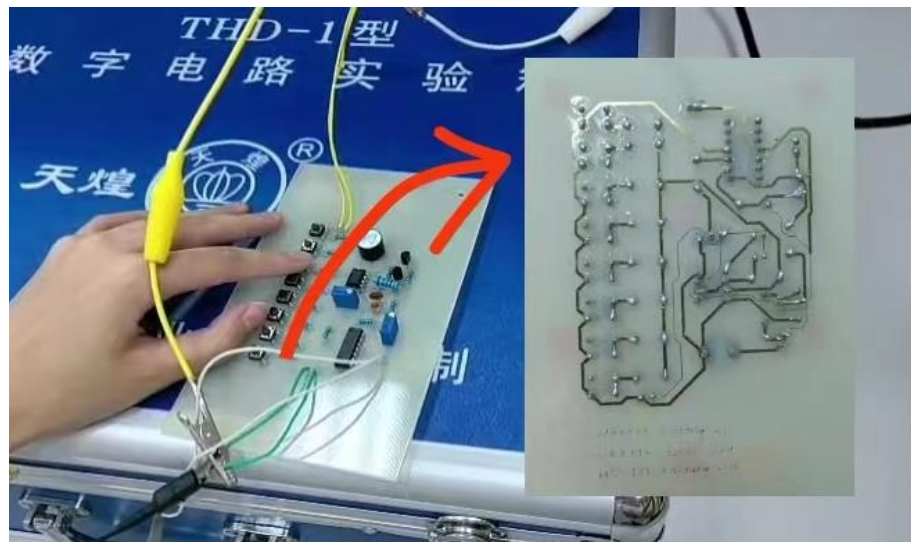


图20



图21

(2) 将焊接好的 PCB 连接到电源和示波器并测量图像，如图 16 所示。

4. 结果

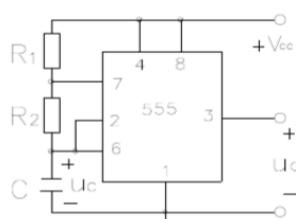


图22

振荡周期: $T = (R_1 + 2R_2)C \ln 2$

振荡频率: $f = 1/T$

语气	做	关于	米	F A	所以	拉	硅	做
电阻/ k Ω	26	24	22	20	18	16	14	13
F	262赫兹	294赫兹	330赫兹	349赫兹	392赫兹	440赫兹	494赫兹	523赫兹

使用NE 555制作电子琴的电子原理是利用不同电阻的对应按键,使NE 555发出不同频率的方波,从而产生不同的音色。

我们通过改变电阻来改变频率,然后产生不同的音调。

形成的波浪如下:

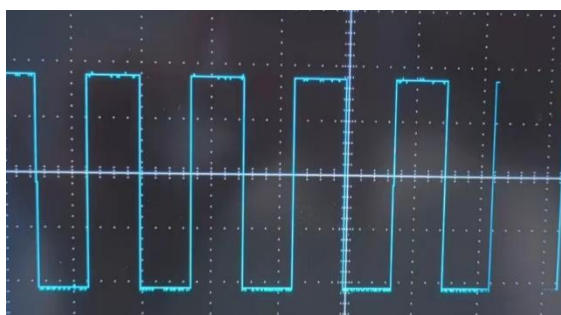


图23

5. 结论

采用555定时器组成多谐振荡器，用8个按键控制不同的RC组合，产生不同频率的八个基本音阶的脉冲信号波。通过功率放大器驱动扬声器，可以发出八个层次的音乐。555定时器是双列直插8脚结构的中型集成电路，体积小，使用方便。只要外接几个适当的阻容元件，就可以组成施密特触发器、单稳态触发器、多谐振荡器等脉冲信号发生和转换电路。广泛应用于波形的产生与变换、测量与控制、定时电路、家用电器、电子玩具、电子乐器等。由555定时器电路组成的多谐振荡器，通过改变其振荡频率可改变其振荡频率。振荡电路中RC原值。根据这一原理，通过控制电路设定一些不同的RC值，并以一定的速度将不同的RC元件连接到振荡电路中，振荡电路就可以按照设定的要求有节奏地发射设定的音频信号和音乐。

6. 参考资料

- [1] 张建华. 数字电子技术[M]. 北京：机械出版社，2000.
- [2] 郭索力. 基于Multisim9的电子系统设计、仿真及综合应用[M]. 北京：人民邮电出版社，2008。
- [3] 姚福安. 电子电路设计与实践[M]. 济南：山东科技大学出版社，2001。
- [4] 刘南平，李青. 数字电子技术[M]. 北京：科学出版社，2005。
- [5] 佟时白，徐振英. 现代电子学及其应用[M]. 北京：高等教育出版社，1994。
- [6] 孙梅胜，李梅英，徐振英. 电子技术设计[M]. 北京：高等教育出版社，2004。
- [7] 梁宗胜. 电子技术设计[M]. 武汉：华中科技大学出版社。2003年。
- [8] 张玉璞，李庆昌. 电子技术课程设计[M]. 北京：北京理工大学出版社。2000年。
- [9] 彭洁华. 电子技术课程设计指导[M]. 北京：高等教育出版社，2001。
- [10] 白童老师，华成英. 模拟电子技术基础知识，第三版。北京：高等教育版协会，2001。
- [11] 严石. 数字电子技术基础，第四版。北京：高等教育学会，1998。
- [12] 卢思忠，数字电路实验与课程设计，哈尔滨工业大学出版社。