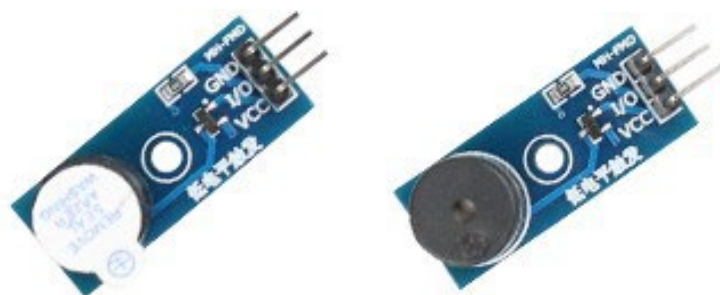


实验七 蜂鸣器实验

一、实验介绍

蜂鸣器属于声音模块，一般可以分为有源蜂鸣器和无源蜂鸣器。有源和无源是指内部是否有震荡源。有源蜂鸣器内置振荡器，没有频率变化，直接接上合适的直流电源即可发声，常用于发出单一的提示性报警声音；无源蜂鸣器由于内部没有震荡源，所以其驱动方式为脉冲频率调制(Pulse-Frequency Modulation, PFM)，可以通过调控脉冲频率发出不同频率的声音信号。本次实验任务为利用蜂鸣器播放一段音乐（音乐自选）。



有源蜂鸣器（左）和无源蜂鸣器（右）

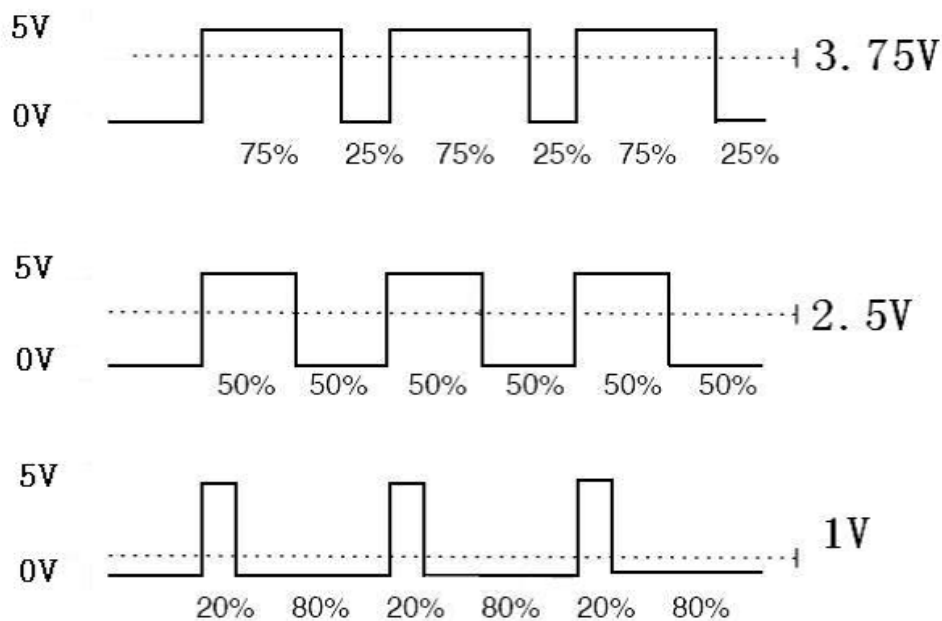
二、实验原理

本实验无源蜂鸣器采用 PFM 驱动方式。PFM 是一种仅使用两个电平（1 和 0）表示模拟信号的调制方法，在改变方波频率的同时固定方波脉冲的宽度（一般高电平宽度占空比（Duty）为 50%）。

在开关电源领域，PFM 模式是在驱动轻负载时 提高开关降压 DC-DC 转换器效率的常用技术。PFM 模式通过降低轻载时转换器的开关频率，明显减小开关管的开关损耗，进而提高轻载效率。

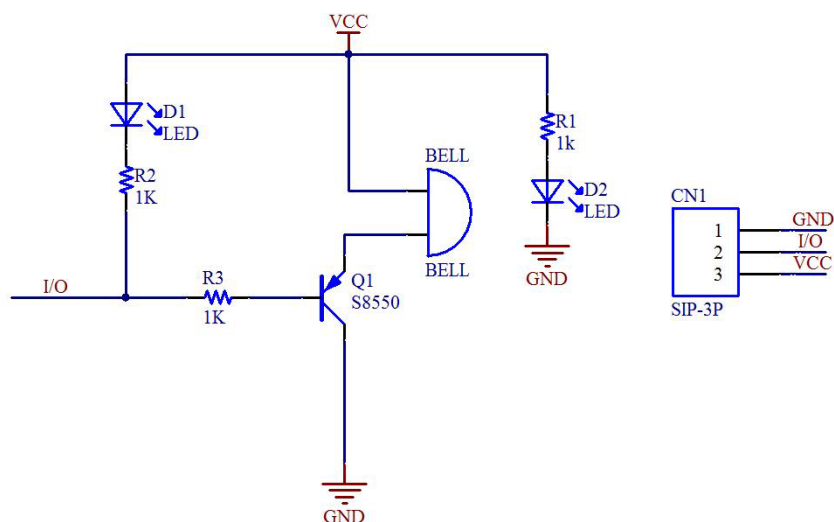
与 PFM 类似的另一种广泛使用的调制方式是脉冲宽度调制（Pulse-Width Modulation, PWM）。不同的是 PWM 脉冲的频率固定，但方波脉冲的宽度会依信号的大小而改变。PWM 由于其脉冲频率固定，实现简单等特点在控制和通信等领域应用非常广泛，比如电机转速控制、屏幕 PWM 调光等。

下图展示了不同占空比的 PWM 调制输出电压的方式。PWM 为 0 到 5V 的脉冲。当 5V 占空比为 75%时，输出电压的有效值为 $5V * 75\% = 3.75V$ 。



不同占空比的 PWM 调制电压

有源蜂鸣器内部有一个简单的振荡电路，能将恒定的直流电转化成一定频率的脉冲信号，程序控制方便但**频率固定**，单片机一个低（高）电平就可以让其发出声音，实验所使用的有源蜂鸣器为低电平触发。

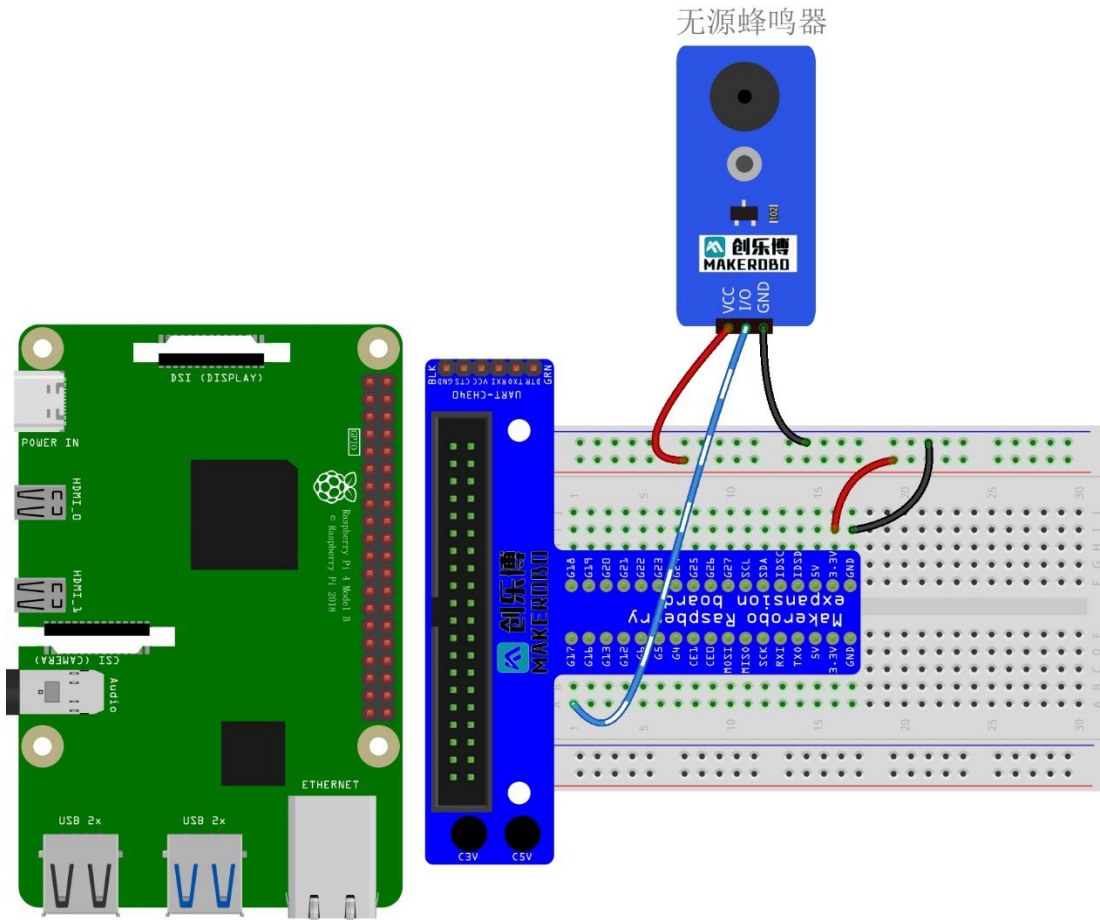


有源蜂鸣器原理图

无源蜂鸣器内部没有驱动电路，需要接在特定的音频输出电路中才能发出声音。如果直接给直流信号，则无声音，一般需要用 2K-5KHz 的方波去驱动它。由于声音频率可控，可以发出“do re mi fa so la xi”的声效。在一些特例中，可以和 LED 复用同一个控制口。

(2) 无源蜂鸣器

树莓派	T 型转接板	有源蜂鸣器模块
GPIO0	GPIO17	I/O
3.3V	3.3V	VCC
GND	GND	GND



编程思路：

- 配置 GPIO 引脚状态，11 号为输出（选择支持 PWM 输出的 GPIO）。
- 设置脉冲初始频率（如 440Hz）和默认 50%的占空比启动蜂鸣器引脚。
- 设置歌曲音符的频率列表，使输出引脚依次输出一系列频率的脉冲，从而实现无源蜂鸣器播放音乐。