

《电子系统专题设计与制作》大作业 实验报告

2024010536 桑梓恒

完成任务：

任务一（共10分）

- 1.1 总体设计 20空，共5分
- 1.2 单元验证
 - Ex1.2.1 1分
 - Ex1.2.2 1分
 - Ex1.2.3 1分
 - Ex1.2.4 1分
 - Ex1.2.5 1分

任务二（共10分）

- Ex2.1 0.5分
- Ex2.2 1分
- Ex2.3 1分
- Ex2.4 1分
- Ex2.5 1分
- Ex2.6 2分
- Ex2.7 1分
- Ex2.8 1分
- Ex2.9 1分
- Ex2.10 0.5分

任务三（最高计7分，完成9分）

- Ex3.1 3分
- Ex3.3 2分
- Ex3.4 2分
- Ex3.5 1分
- Ex3.6 1分

任务一·基础设计与单元验证（10 分）

1.1 总体设计（5 分）

1. LED
2. PWM波控制
3. OLED
4. 3.3
5. I²C 协议通讯
6. 5
7. 舵机
8. PWM波控制
9. 蜂鸣器
10. 数字信号直接控制
11. 模拟
12. GND
13. 5
14. 超声波测距
15. 上拉
16. 数字输入
17. 电机驱动
18. PWM波
19. 编码器
20. 12

1.2 单元验证（5 分）

- **Ex1.2.1** 测试 LED 控制：使用 UNO 驱动三色 LED 实现「此起彼伏」呼吸灯

循环调控三种颜色亮与不亮，呼吸灯以 `step` 为步长，到达边界后方向反转。

- **Ex1.2.2** 通过按键实现开关机。长按，开机并进入上述呼吸灯模式；长按，进入待机模式。

用 `onebutton` 库关联按钮，用 `switchPower` 切换亮灭。

- **Ex1.2.3** 测试显示模块与按钮：通过两个按钮实现一个值的增减（如，按一个增，按一个减），将该值在屏幕显示

两个函数，一个增加值一个减少值。

- **Ex1.2.4** 测试滚轮输入与指针：电机旋转→编码器读取角度→指针显示

设置舵机初始位置为0，将电机角度映射为舵机角度实现方法如下：

编码器每转一圈输出 360 个脉冲，使舵机转动 30 度，舵机角度与编码器脉冲数的关系为：

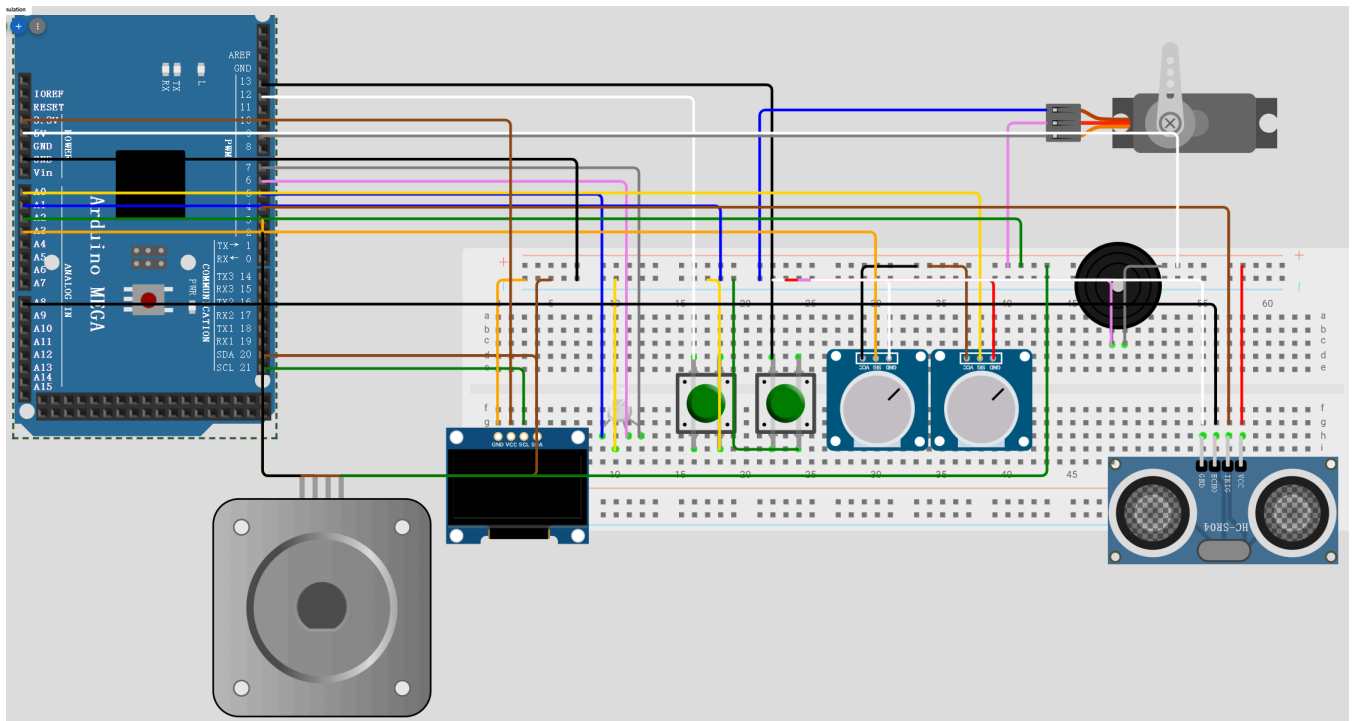
$$\theta_{\text{servo}} = \frac{\theta_{\text{motor}}}{12}$$

• Ex1.2.5 进度条显示滚轮旋转角度

Encoder会把AB信号电平变化都计数，一圈为 $360 \times 4 = 1440$ 。

任务二·任务三 功能部分

接线示意图——用 Wokwi 截图



总体：设置七个 state 分别对应七个主要的功能单元。由于相同按钮操作在不同事件中意义不同，故在按下按钮之后先对当前任务判断，再执行相应功能。

按钮模块：

按钮 1 (BTN1)

- **单击：**
 - 如果当前在 *手电筒模式* → 切换亮度挡位 (`ledLv1++`)。
- **长按：**
 - 如果当前在 *开机动画模式* → 进入菜单界面。
- **双击：**
 - 如果当前在 *菜单界面* → 进入当前高亮的功能页，并进行对应初始化：
 - 音乐播放器 → 重置播放状态
 - 示波器 → 初始化波形缓存、通道索引、关闭灯光
 - 其他模式 → 静音并重置音乐状态
 - 如果当前在 *功能页* (Flashlight、Voltage Meter、RangeFinder、Oscilloscope、Music Player) → 返回菜单，并静音、重置音乐状态。

按钮 2 (BTN2)

- **单击：**

- 如果当前在 **音乐播放器模式** → 播放/暂停切换：
 - 暂停时 → 停止蜂鸣器、关灯、亮蓝灯、记录暂停时间
 - 恢复时 → 补偿暂停时间以保持进度条连续、准备下一音符播放、关灯
- 如果当前在 **示波器模式** → 切换到下一个通道，并清空波形缓存、重置采样时间。

- **长按：**

- 如果当前在 **测距模式** → 切换阈值设置模式（进入/退出）。
- 如果当前在 **音乐播放器模式** → 切换到下一首歌，并复位播放状态（停止蜂鸣器、关灯、复位索引和时间等）。

菜单模块：

- **Ex2.1** 上电时 OLED 显示欢迎语
- **Ex2.2** 简易菜单：长按按钮 1 进入菜单，电机旋转上下翻动，双击选定；进入界面后顶部显示功能名
- **Ex3.1** 实现 3D 菜单界面
- **Ex3.5** 开机时显示小动画

为了便于修改和使主程序更清晰易读，用 `Bitmaps.h` 存储位图数据。

开机上方显示welcome语句，下方显示小火车进入动画。小火车每次右移动3，到最右侧后回到左侧重新播放，不断循环。

`fAnim` 为当前动画帧号 `0..149`，用于从轨迹表 `menu_positions` 中取位置。`prev` 记录上一轮的 `encCnt`，计算本轮与上轮的差值 `diff`selMenu` 与 `fAnim` 结合确定每个菜单项的“展示顺序”。顺时针转舵机则推进一帧，逆时针转舵机则回退一帧。

`f` 决定了该菜单项此刻的位置 (x,y) 以及是否处于“高亮区”。将 `0..15` 与 `135..149` 设为“高亮区”，中间过渡使用不同的 `sfrm`，实现缩放效果。位图按“每个菜单 11 帧 (0..10)”集中存放：

`((selMenu + i) % NUM_MENU_ITEMS)` 选择第几个菜单项，`*11 + sfrm` 选择该菜单项的第几帧，可以在同一个动画时间点，让 5 个图标各处于不同的位置与缩放帧，构成“转盘”感。

手电筒模块：

- **Ex2.3** 手电筒：按钮循环切换「微亮蓝 → 微亮白 → 最亮白」，双击或返回菜单关闭（RGB 全亮为白，可参考作业 3）

调节RGB不同PWM值实现微微蓝色，白色微亮和白色最亮。

电压表模块：

- **Ex2.4** 电压表：屏幕数值显示（V，保留两位小数）+ 舵机指针（10-170° 对应 0-5 V，可自制纸表盘）
- **Ex3.6** 电压表模式下同时显示一个指针

实现时遇到了识别不到双击操作的问题，解决方案是在功能循环里加 `if (now - lastDraw < 50) return;` 限制刷新频率，从而让按键检测（尤其是双击）有足够的时间被及时采样和识别。

绘制指针时，先把角度换算成弧度，再通过极坐标变换计算指针末端坐标，并用 `drawLine` 从表盘中心连到该坐标。

测距模块：

- **Ex2.5** 测距仪：屏幕显示距离（cm，保留两位有效数字）

- **Ex2.6** 测距报警：阈值默认 15 cm；长按按钮 2 进入阈值调节（蓝灯呼吸），电机调节 10–50 cm；测距模式下距离 < 阈值则红灯闪烁 + 蜂鸣器嘀嘀嘀，频率随距离减小而升高，否则绿灯常亮，蜂鸣器静音

报警：当 `on==true`（亮响状态）时，持续时间固定为 `half`，且最大不超过 50ms；当 `on==false`（静默状态）时，持续时间是 `cycle - half`，这个时间会随距离变化而变长或变短，从而让整体周期随距离动态调整。用 `now - last` 判断当前状态是否达到设定时长，若到达则翻转 `on` 并更新时间，实现按不同间隔交替的亮响与静默节拍。

两位有效数字：若 `d >= 10`，四舍五入到整数；若 `1 <= d < 10`，四舍五入到一位小数；若 `0.10 <= d < 1`，四舍五入到两位小数（如 0.256→“0.26”）。更小则显示“<0.10”。具体用 `floorf(d+0.5)`、`roundf(d*10)/10`、`roundf(d*100)/100` 得到数值，再用 `dtostrf(..., 精度)` 转成字符串。

示波器功能：

- **Ex2.7** 示波器：屏幕显示两根垂直坐标轴（示意图）
- **Ex2.8** 示波器：绘制模拟输入 A0 的时域波形（可用电位器测试）
- **Ex2.9** 示波器：单击按钮 2 依次切换通道 A0→A1→A2→...→A0，并在 OLED 显示当前通道

将 `millis()` 与 `lastSamp` 比较，间隔大于设定的采样周期 `SMP_INT_MS` 时采样，可以控制波形刷新速度。采样前先将 `waveBuf` 中的数据整体左移一位，相当于把旧波形向左滚动，为新的采样腾位置。随后用 `analogRead()` 读取当前通道 `ainPins[chIdx]` 的电压值，并通过 `map()` 将其从 `[0,1023]` 转换到屏幕像素坐标范围 `[OSC_H-1,0]`，存入波形缓存的最后一位。遍历缓存 `waveBuf` 的每个相邻点 `(xA,yA)` 和 `(xB,yB)`，用 `drawLine()` 连接起来，形成连续的波形轨迹。

音乐播放模块：

- **Ex2.10** 音乐播放器：Arduino 预存一段音乐（原创或作业 5《东方红》均可），按按钮 2 播放
- **Ex3.3** 音乐播放器：播放进度条 + 节奏闪灯，播放中按钮 2 暂停
- **Ex3.4** 音乐播放器：曲库功能，长按按钮 2 切歌并显示曲目名

曲库 `songs` 是“指向二维整型数组的指针数组”，每首歌都是一串 `{频率Hz, 时长ms}` 的音符对，最后用 `{0, 0}` 作为终止标记。播放时通过 `noteIdx` 逐个取出音符对：`f = curSong[noteIdx][0]`、`d = curSong[noteIdx][1]`，若遇到 `{0,0}` 则认为该曲目结束并复位索引。总时长 `songDur[s]` 在 `setup()` 里把该首歌所有 `d` 累加得到，用于进度条。

开始播放时记录 `songBeg = millis()`，暂停时记下 `pausAt`，显示时根据状态计算已用时 `elp = isPause ? (pausAt - songBeg) : (millis() - songBeg)`，并用 `map(elp, 0, tot, 0, bw)` 将其映射为条形宽度 `pw`，`u8g2.drawBox()` 画进度条。

每发声音符（`f > 0`）时调用 `tone(BUZZ, f)` 同时点亮绿灯 `analogWrite(G_PIN, 255)`，置 `ledBeatOn = true` 并设定 `ledOffAt = millis() + 100`；在循环开头检测 `if (ledBeatOn && millis() >= ledOffAt)`，到点就 `turnAllLedsOff()` 并清标志，实现“每个音符起始短促闪亮”的节拍效果；若是休止（`f <= 0`）则 `noTone()` 并熄灯。音符切换由 `noteEndAt = millis() + d` 控制，到时递增 `noteIdx` 播放下一拍。

附加分/课程总结和反馈

一些反馈：

- 理论课
 - 第二讲前半部分感觉讲的挺清楚，好评！逻辑性很强，而且逐步深入。
 - MCU感觉比较困难，而且中断和异常似乎后面没有体现应用..?
 - 第二讲mega328P部分不知道为什么讲那么多英文缩写名词

- 第三讲前半部分讲的感觉很清楚，好评！
- 第五讲定时器基本结构讲解似乎过多？后面应用（蜂鸣器，LED，舵机，电机）部分感觉更实用。
- 第六讲数字控制系统分析感觉没讲清楚。

系统特性的研究

• 离散时间系统：z变换

• 序列的z变换

- 双边： $Z\{x[n]\} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]z^{-n}$

- 单边： $Z\{x[n]\} = \sum_{n=0}^{\infty} x[n]z^{-n}$

- 理解：相当于以序列各项的值，构建了一个单边/双边函数项级数；函数项级数求和，在满足一定条件时，会收敛到一个确定的函数；此函数**配合收敛域**就蕴含了该序列的**全部**特征；但对于系统而言，并非如此。

- 因此，可通过z变换后的函数 $X(z)$ ，来识别原序列的特征

- 这里逻辑不懂，需要的前置知识过多，似乎过于跳跃。

系统特性的研究

• 从z变换到系统函数

- 对于系统的差分方程 $\sum_{i=0}^p a_i y[n-i] = \sum_{i=0}^q b_i x[n-i]$ 两边同时做z变换，可将延时转化为附加z的若干次幂。由于我们**目前**不是很关心初值，只关心系统特性，故可假定初值为0。进而可得到系统函数：

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

- 我们只考虑 $H(z)$ 的分子、分母均为有理多项式的情况，此时：
 - 分母多项式的根称为系统的极点，决定了系统的基本模式
 - 分子多项式的根称为系统的零点，对相位有影响，不改变系统的基本模式

这些“我们”都令人疑惑，结论一带而过不知道为什么要讲。

- 利用PID控制电机比较实用。
- 和其他核心课内容的关联是很好的想法，但具体关联哪些，如何关联，深度如何判断可以再讨论斟酌（避免第六讲情况出现）

- 小作业

- 一点小建议：如果补交和正常提交作业不完全相同，可否进行提前说明....?因为在补交发布之前作业其实做的差不多了，改变作业题后需要逐题比对查找修改。
- 作业2第三题（MCU执行指令）感觉设计很用心，点赞！可否补充一些数逻相关内容链接...?供有兴趣同学自学...?而且可能需要建立该部分内容和本课程之间关联。
- 小灯，超声波测距仪，舵机LED控制，电机控制，蜂鸣器控制感觉设计的也不错，有不少启发。
- 手写寄存器，编写中断函数这个作业至今仍不理解，源代码阅读只能说有一些尝试和了解，感觉难度似乎过大。
- 第六讲任务三Z变换，系统函数令人疑惑。
- 大作业
 - 点赞！感觉设计的很不错，符合解决问题的思维方式。模块单元验证也为硬件调试提供了程序验证。
 - 标识很清晰
 - 设计很有创意，比如3D菜单，入场动画，示波器等等
 - 附带自主学习资源很到位
 - 练习画接线示意图有意义
 - 建议wokwi连线附带一些视频教程？

总的来说，本次硬设课程中我能感受到各位助教的投入和付出，在此对助教和老师表示衷心的感谢！

关于上述对理论课，小作业，大作业的文字纯粹为个人感受，意在提供一个真实、较全面的反馈样本。由于学生群体站位较低，且喜好的教学方式不同，很可能不理解某些课程和作业安排的用意，因而做出不够客观的判断和评价，还请您包容！如有冒犯，真诚地向您致歉！

更高一个层面，这次硬设课让我认识到了创造力的重要性。习惯了给什么选题就做什么的思考方式，这次硬设无论小作业还是大作业都有很多令人耳目一新的创意（MCU寄存器，3D菜单，电机旋钮，示波器等等）。坦率地讲，我完全不能设想通过简单的器件可以实现这样丰富的功能，因而再次感谢助教设题时进行的用心引导！