

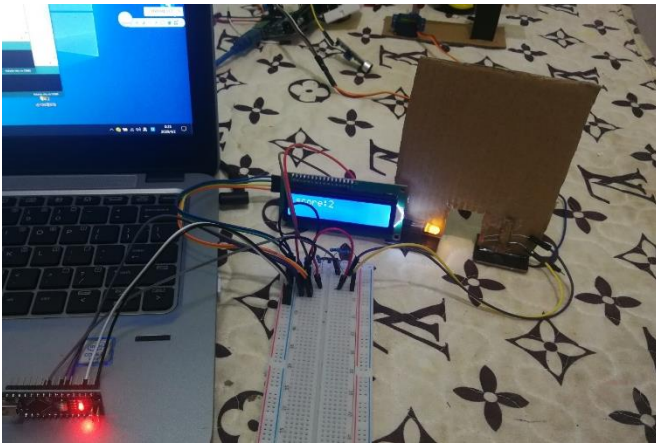
# 弹簧发射器的设计（研究记录）

廖阳辉 17307110300

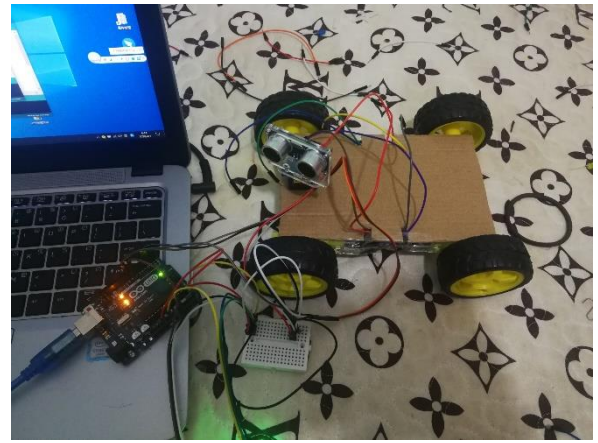
## 课题设计

课题再最初的设计上经历了两次改进。

1. 最初希望设计一个“足球机器人”，能自动搜寻球门位置，转动方向，并移动进行射门。还希望通过手势或者蓝牙控制小车移动，实现一场掌上足球比赛。



图一 球门



图二 搜寻装置

A. 球门：用纸壳制作球门。将一个单色 LED 和一个光敏电阻进行组合，设计了一个粗糙的光电门，当弹珠经过球门时，LED 发出的光会被挡住，光敏电阻感受到光学减弱，对球经过次数进行计数。再通过液晶显示屏将感受到的进球数目显示出来。

B: 搜寻装置：由于球门较高较宽易于识别。使用超声波传感器和舵机组，舵机在 0 度到 180 度来回转动，超声波传感器对不同角度进行测距。直到测到的距离小于一定数值，并且距离发生突变，此时说明大概找到了球门一端位置和距



图三 发射装置

离。然后从反向开始转动找到另外一端位置，计算平均位置和平均距离进行定位。

C: 发射装置：用纸壳和塑料盒制作发射器，使用拉伸弹簧的发射方法。弹簧一端固定在杆上，另一端固定在发射器末端。使用声音传感器控制发射。舵机臂旋转带动杆拉伸弹簧。当舵机转动到一定程度后停止，当接到一个较大的声音时，舵机继续旋转，舵机臂超过一定角度脱离杆，弹珠发射。再方向转动，回到初始位置，进行第二次发射。

2. 希望改进成可以自动搜寻“球洞”，并根据不同距离选择不同力度进行发射的“高尔夫球游戏”。

A: 改进球洞：在之前球门的基础上再加上一个 LED 和一个光敏电阻，通过两个光电门判断小球是否进入球洞，即当小球进入第一个球门而没有出第二个球门时就说明小球进入球洞。



图四 球洞

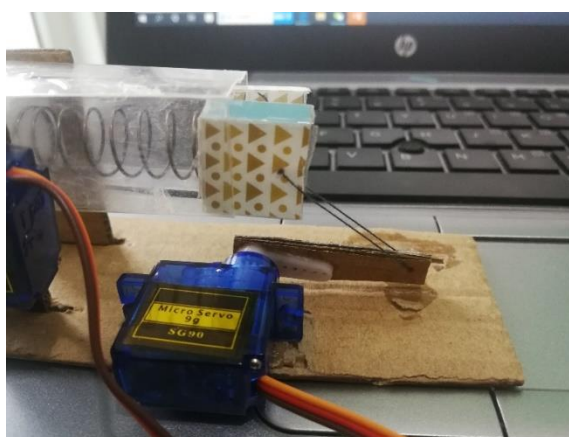
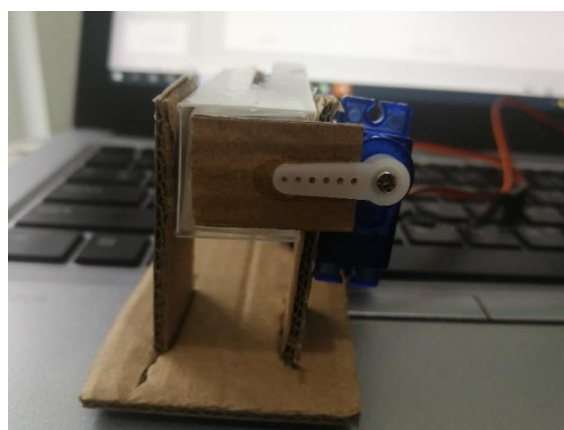


图 5 发射装置（第 2 版）

B: 改进发射装置: 重新制作发射装置, 在发射口加上一个舵机和挡板用于控制发射。而另一个舵机转动不同角度, 根据检测到的距离不同, 舵机臂压缩弹簧程度不同, 从而调控发射力度。收到发射命令时, 舵机转动, 挡板移开, 弹珠弹出。发射结束后, 控制发射舵机反向转动, 回到初始位置, 通过第三幅图中黑线带动弹簧回到初始位置, 发射口关闭, 准备下次发射。

C. 改进搜寻装置: 不仅要测量到距离发生突变, 同时要求距离小于某个设定值时, 才确定找到了球洞。

3. 使用木板代替纸壳和塑料板重新制作发射装置来避免发射器形状畸变。

A 改进搜寻装置: 需要联系几次测量都发现小于设定值才确定找到了球洞。

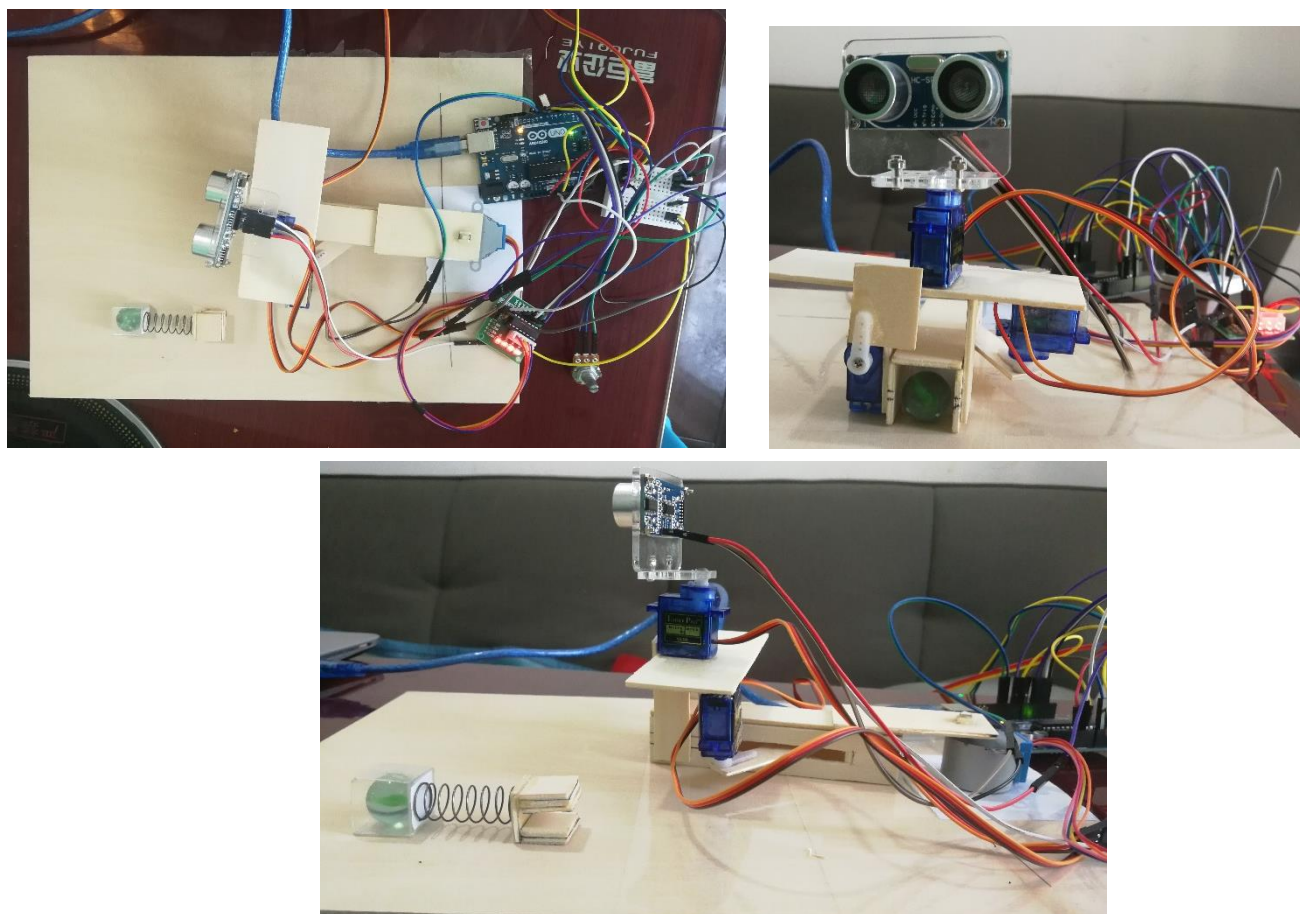


图 6 发射装置 (第 3 版)

B: 改进并组装发射装置: 将搜索装置搭建在发射装置顶端, 在发射装置尾部加装步进电机, 用来控制发射装置转动。若搜索到球门, 计算球门中心与发射方向夹角, 让步进电机转动所需角度, 对准球门并发射。

## 实验过程

### 1. 搭建和改进过程

A. 进行了 arduino 例程的学习（具体操作请看附录）

B. 搭建球门，并对灯光下和没有光时的光敏在小球经过时检测到的光强变化，当仅仅安装一个电阻时，会超出范围，因此使用两个电阻。当检测到小球时，进球数加 1，并循环等待，直到小球离开后再开始下一次测量。这样可以避免小球停在球门处时间较长而导致的重复计数。

改进后：在球门后方再加装一个二极管和光敏电阻用来判断球是否出球洞，当检测到小球开始等待，直到小球再次消失则进球数减 1，小球离开球洞。

C. 搜寻装置：第一次让舵机在 0 到 180 来回转动，超声波传感器对不同角度进行测距。直到测到的距离小于一定数值，并且距离发生突变，此时说明大概找到了球门一端位置和距离。然后从反向开始转动找到另外一端位置，计算平均位置和平均距离进行定位。

存在问题：由于超声波传感器测量不准确，经常出现突变，可能前方并未出现球门，但是测量出现突变，从而导致判断错误。

第二次要求出现突变，并且距离小于一个设定值（需要将球门放到距离小于设定值范围内）。

存在问题：判断失误有所减少，但在没有障碍物时仍然会出现判断失误的情况。

第三次设置了一个指标  $p$ ，一开始  $p=0$ ，当距离大于设定值时  $p=0$ ，当距离小于设定值时  $p=p+1$ 。直到  $p=n$  时，才给出找到球门的结论。即需要连续  $n$  次测量结果都小于设定范围系统才确定找到了球洞，避免了偶然的测量失误。

D. 发射装置的制作与改进：

第一次采用拉伸式发射，舵机臂一端制作了一个卡口，当转动压缩时，可以卡住连接杆带动传动轴拉伸弹簧，当转动到一定程度就停止，直到声音传感器收到较大声音时，舵机继续转动，舵机臂与连接杆脱离从而实现发射。发射后，舵机反向转动回到初始状态时。

存在问题：拉伸式发射需要一个传动轴和一个连接杆，舵机需要施加力去带动两者运动，但舵机能施加的力很小，弹簧弹性系数必须很小，才能完成整套发射流

程，导致弹珠出射速度很低；发射时，弹簧的力同时带动传动轴、连接杆和弹珠一起运动，弹簧动能转化为三者动能，导致发射速度很低；制作材料较软，容易出现变形，发射力度不稳定；只能实现一个力度发射，无法变化发射力度。

第二次使用压缩式发射，在发射口加上一个舵机和挡板用于控制发射。而另一个舵机根据检测到的距离不同，转动不同角度，使舵机臂压缩弹簧程度不同，从而调控发射力度。当接受到较大声音时，声音传感器将命令传给发射口舵机，使其转动，挡板移开，弹珠弹出。然后控制压缩舵机反向转动到压缩前的状态，并通过一根线将弹簧也拉回发射器中，控制发射舵机反向转动，关闭发射口，准备下一次发射。

存在问题：制作材料较软，容易变形，导致发射力度不稳定。由于舵机臂在竖直方向转动压缩弹簧，如果太长会接触到地面，因此舵机臂长度受到限制，发射力度范围较小。

第三次改用木板重新搭建发射器，让发射器更牢固，不易变形。同时将控制发射的舵机臂改为横向，加长了舵机臂，扩大了发射力度范围。将超声波传感器安装到发射器上，使用步进电机控制发射器整体转动。超声波传感器搜索 0 到 180 度范围，若测量距离连续  $n$  次小于设定值，记录次数角度，让舵机反向转动，再次测量小于设定值  $n$  次时的角度，将两个角度取平均减去 90 度，即为步进电机需要转动的角度，步进电机转动，对准球门，并发射。

存在问题：舵机能施加的力度较小，弹簧可能无法压缩到位。解决办法：实验人员将弹簧先压缩，等舵机臂转动后，再释放弹簧到舵机臂位置，并固定。

## 2. 实验部分

首先，让超声波传感器在 0 度到 180 度转动，将其朝向天花板，测量了一百次距离读数，分析出当距离较大时，超声波传感器测量的不准确性，从而设置  $n$  的值。（联系  $n$  次小于设定距离才算测量到球门）

接着，在木板上画一根直线，当发射器边界两次与直线平行时，说明步进电机转动了 180 度，测量步进电机转动 180 度需要的时间，从而得到转动速度。

然后，让舵机转动指定角度然后固定住舵机位置，将弹簧放入发射器压缩弹簧，并关闭发射口，测量弹簧长度变化。

## 结果及简要分析

### 1. 球洞搜索准确性测量

从图中看出当超声波传感器前方短距离内没有障碍物时(家中层高3.9m 由于超声波传感器放在桌子上,减去桌子高度,大约为3.1m,因此中间连续出现的值为准确值),测量值会跳动,因而不能采用发现突变,或者仅仅小于某个设定值就说明看到球门。观察距离小于100cm的点,最多出现连续的三个点同时小于100cm的情况,将n设置为6,设定距

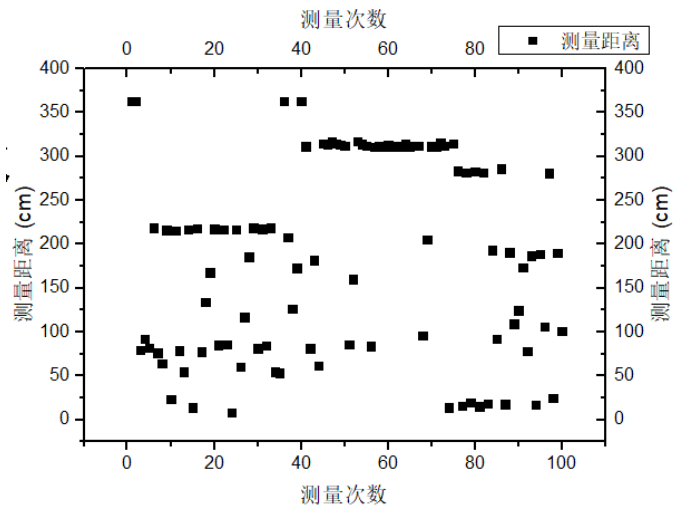


图6 超声波传感器测量距离随测量次数变化图

离小于等于100cm,再次将超声波传感器面向天花板,连续测试3分钟,程序没有显示找到球洞。因此当设定距离为100cm时,将n设置为6是合理的。

### 2. 测量步进电机转动速度

步进电机带动发射器转动,可以观察到有小幅度转动,但是会出现不动的情况,也会出现传动速度突然加快的情况。这是由于发射器质量大,与木板产生摩擦力和步进电机可以施加的力较为接近,使得步进电机有时可以带动发射器转动,有时会停止转动。通过给木板贴上一层薄膜来减小摩擦力,情况有了一些好转,但是还是会出现速度不均匀,甚至停下的情况。

当步进电机关闭时,轻轻拨动发射器,发射器可以移动一个角度,用量角器测量出这一角度为3.5度。这是由于步进电机存在轮差,发射时需要注意消除该误差。

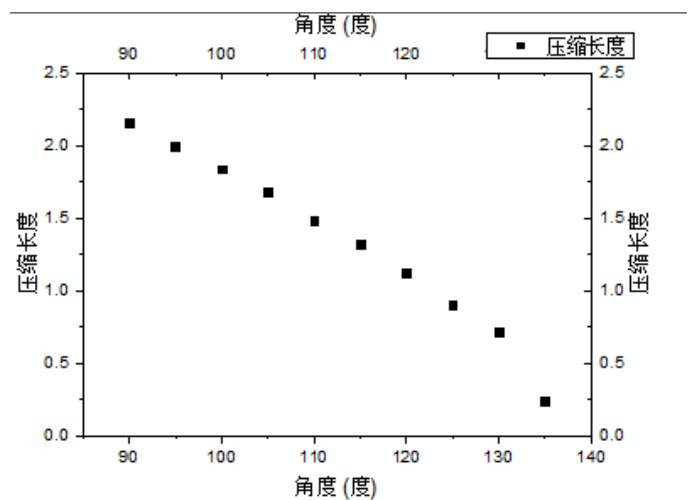


图7 弹簧压缩长度随舵机转动角度变化图

### 3. 测量舵机转动角度和弹簧压缩长度关系

绘制出弹簧压缩长度随舵机角度的关系图,舵机通过转动带动舵机臂压缩弹

簧，因此其压缩长度随角度关系接近于向下平移后的正弦函数，但是图中接近 90 度时和正弦函数偏离较大，更接近于直线。这是由于舵机转动存在轮差，由于轮差很小，不是误差的主要原因。舵机施加给弹簧的力度不够，需要手动固定舵机臂位置，再将弹簧放入发射器，这会使得弹簧变形，在角度接近 90 度时，弹簧压缩到最小不易弯曲，接近 135 度施加力较小也不易完全，在期间的角度弹簧容易向上弯曲，使得弹簧所测长度偏小，因此会偏离正弦函数而接近于直线。同时手动固定舵机臂的过程中会给舵机臂施加力，由于舵机能施加的力很小，人施加力将导致位置发生较大偏移，为误差的主要原因。将如图结果结合超声波传感器测量的距离，可以选择合适的转动角度对弹簧进行压缩。

存在问题：

1. 木板与发射器之间摩擦力较大，导致步进电机无法保持匀速转动，甚至可能停住不动，这使得瞄准变得更加困难。

2. 舵机能施加给弹簧的力度不够，需要手动固定帮助发射，压缩长度的测量不准确，同时会导致弹簧变形，会给弹珠发射速度产生较大误差。

下一步优化方向：

1. 使用大功率电机代替步进电机进行实验，并添加修正步骤，在电机转动到所需角度，需要发射前再次测量球洞位置，修正发射器位置，直到确定球洞和发射方向同向再进行发射。

2. 测量球洞位置，检验超声波传感器是否能对准球洞。

# 附录

例程:

5. 实验操作及记录

1. 用USB线将 Arduino UNO板与电脑相连。  
观察到 Arduino UNO板, 中部偏上有一黄灯闪烁。右侧 ON灯有一绿灯一直亮, 亮度无变化。L灯
2. 下载24G开发资料, 打开 YROBOT\_1.44TFT V4.0 中 Arduino 例程 \ 1.44 inch Arduino Serial-STT75 \ Arduino 1.0.6 版本开发环境 \ x arduino - 1.0.6 - windows . exe , 安装程序  
电脑提示是否安装驱动, 安装驱动。

⑤ 将  
长脚  
⑥ 调用  
⑦ 调用  
熄灭, 第  
改变  
⑧ 将一  
⑨ 调用

打开设备管理器, 端口中出现 Arduino Uno (COM3)。

3. 打开 Arduino 开发环境, 点击 File \ Examples \ 01. Basics \ Blink 弹出 Blink 程序 (电脑开机时观察到 Arduino UNO板黄灯快速闪烁约3秒)  
再点击 Tools \ Board \ Arduino Uno 以及 Tools \ Serial port \ COM3  
点击 upload  
观察到 L 灯快速闪烁, 3次, Tx 和 Rx 同时闪烁2次, 后熄灭, L 灯开始闪烁。  
显示 Done uploading . 下方为自学类名字

4. LED 实验

- ① 将 EasyShield 复制到 Examples 文件夹中
- ② 重新打开开发环境 二极管长脚
- ③ 将一个 LED 和电阻串联到面包板上, 正极连接 D13, 负极连接 GND.  
(重新接入电脑时黄灯一直亮, 亮度不发生改变), 变为
- ④ 调用 Easyshield 中 Blink, 看到黄灯二极管从不亮开始闪烁, L 黄灯也开始闪烁, 频率不随时间改变
- ⑤ 将两个 LED 和两电阻串联, 分别连接 D12 和 GND 以及 D13 和 GND.  
长脚接 D12 和 D13 闪烁一次就交替
- ⑥ 调用 Blink2, 看到两个极管交替闪烁, 频率不随时间改变, 快速闪烁
- ⑦ 调用 Blink3, 看到两个二极管交替闪烁, 一个二极管闪烁多次然后熄灭, 第二个二极管开始闪烁, 同样次数, 交替频率和闪烁频率不随时间改变
- ⑧ 将一个 LED 和电阻串联, LED 长脚接到 D9, 短脚接 GND
- ⑨ 调用 Breath-LED, 看到二极管先慢慢变亮, 再慢慢熄灭, 交替进行, 频率不随

开发



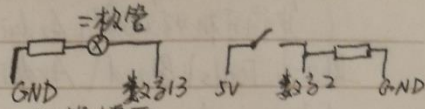
L灯一直亮,亮度不变。

### 6. 按键实验

① 将如图连接电路

当开关上的数字口2为高电压

返回1就让数字13输出低电压,二极管熄灭



② 打开 Button, 二极管发光, 亮度不发生改变。L灯发光亮度不

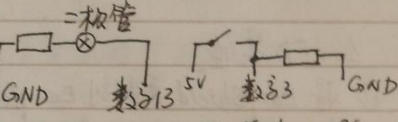
发生改变。按下开关, 二极管熄灭, L灯熄灭。放开后, 二极管和

L灯又发光, 亮度不变。

③ 如图连接电路 就让采样状态锁

如采2为低电压一直点亮(延迟一段时间)

如采2为高电压, 则数字13输出低电压, 并延迟一段时间, 并让 onoff 状态反转。

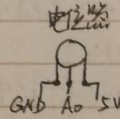


④ 打开 Button-Lock, 二极管不发光, L灯不亮。

第一次按下开关, 二极管仍不发光 (程序可改进, 把第一次 onoff 改成 High HIGH 即可)。第二次按下开关, 二极管发光, L灯发光, 且亮度都不变。之后每按下开关时状态不变, 放开后状态发生反转。

### 3. 电位器实验

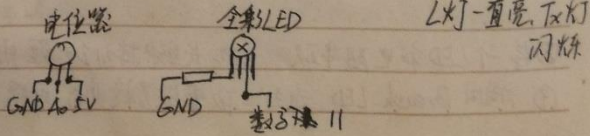
① 如图接电路,



② 打开 rs232.ad, 并将点开 Serial Monitor, 弹出 COM3 中

显示 455。顺时针转动电位器, 数字从 455 不断减小, 当无法转动时数字变为 0。逆时针转动电位器数字从 0 不断增大, 无法转动时数字变为 1023。

③ 如图接电路

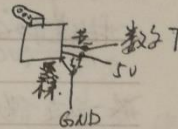
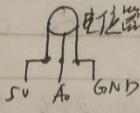


L灯一直亮, L灯闪烁

④ 打开 Potation LED, L灯亮, 三极全彩LED发出蓝色光, 且亮度不变。  
 顺时针转动电位器, L灯亮度不变, 全彩LED亮度减弱。  
 逆时针转动电位器, L灯亮度不变, LED亮度逐渐增加。  
 无法转动时, LED不发光。

⑤ 如图连接电路, 棕色接地, 红色接5V, 黄色接D7

⑥ 打开 RC motor, 顺时针转动电位器舵机顺时针转动, 黄灯一直亮, 亮度不变, Tx灯



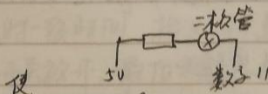
闪烁。逆时针转动电位器, 舵机逆时针转动, 黄灯亮度不变, Tx灯闪烁。  
 不转动电位器, 舵机发出微小响声, 黄灯亮度不变, Tx灯闪烁。最大转动角度小于180度。  
 解读

#### 4. Hello world

① 将从零开始学习 arduino 1.3.1 LESSON1 HELLO WORLD 中代码并写入程序, 并运行, 点开串口监视器, 每隔一段时间出现一个 Hello World!。L灯一直亮, 亮度不变, Tx灯闪烁。

#### 5. PWM 调光

① 如图所示连接电路。



② 第一次使用 digitalWrite, 将LED管点亮延迟点亮的时间(占空比乘总时长), 然后让LED管熄灭, 总时长乘(1-占空比)。

当总时长较大时可看到LED管亮一段时间后熄灭一段时间, 当总时长较小时, 看到LED管一直亮或者一直熄灭。这是非门逻辑电路, 当数字11输出高压时熄灭, 低压时发光。

第二次使用 analogWrite (pin, Value) 当 Value 小时发光较亮, 随 Value 增大亮度逐渐减弱。当 Value 大于 255 时看不到明显发光。

~~6. 继电器~~

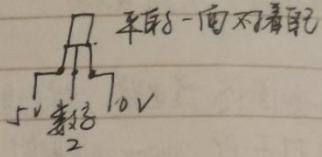
~~6. 温度传感器~~

6. 温度传感器实验

1. 如图接电路

2. 打开 LM35- RS232 AD, 串口监视器

一开始是 40.0 逐渐降低到 0.0 C



将并有可能不会出现大幅波动, 简化程序. Void loop 中  
仅保留 Serial println( $\frac{5}{1024} \times 1000 / 10 \times \text{analogRead}(2)$ ); 和 delay(500)

数据仍从 43.36 43.4 降低到 0.00

将手机发现手机移动时数据会上升到 40.0 左右

将手机移开房间后. 数据不为 0.00, 但在 7.81 到 30.27 之间波动. 将电脑和 UNO 板一起搬离房间后数据稳定在 26.86 附近.

再次将电脑移回房间. 数据在 26.37 附近波动.

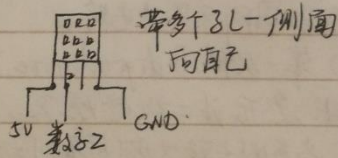
将笔记本插上充电器, 数据立即变为 0.

断开电源. 并移动手机, 数据在 21.48 到 31.25 附近波动.

7. 湿度传感器实验

1. 如图接电路

2. 打开 dht11 - test 1, 一开始将第 2 个脚接到 D4 口, 观察到串口监视器显示



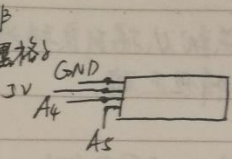
Time, out, error, 湿度 0.00%, 湿度 0.00 C \* 32.00 F, 27.15 K

Dew point nan C Dew point fast nan C 且不发生改变

将第 2 个脚接到 D2 口, 显示 checksum error, 湿度 60.00%, 湿度 17.00 C  
62.60 F 29.15 K Dew Point 9.20 C Dew point fast 9.18 C

### 8 液晶 LCD 1602 i2c 实验

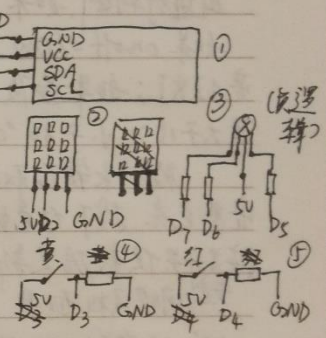
- ① 如图接电路，并调节将亮度，使其出现
- ② 打开 Hello world 文件，看到板上出现 Hello, world! 语句



### 9. 第一次作业

- ① 如图接电路 ① 和 ②

- ② 将 dht11\_test1 打开复制到空白的 IDE 中，将 Hello world 文件中库文件输出，定义等部分写入 dht11\_test1，第一行输出湿度，第二行输出温度 (LCD set Cursor(0,1)) 换到第三行。



观察到在液晶上显示出湿度和温度，但在数字后出现两个“三”，在把 printf 换成 print 后消失，故两个“三”是换行符号回车。

- ③ 接电路 ① ② ④，定义标变量 temp = LOW

- ④ 仿写 Button Lock 程序，将 void loop 中程序写入 dht11\_test1 中，在未按下按钮时，延时一段时间，检测按钮是否按下，若按下就使 temp 反转，延迟直到按钮放开。最后判断，如果 temp = LOW 输出摄氏度，如果 temp = HIGH 输出华氏度。

观察到按下按钮，液晶未从摄氏度变为华氏度，多次按下按钮，偶然发现摄氏度变为华氏度。

猜想是程序延时太长，将所有延时改为 10ms，仍有上述现象。

猜想是在 Button Lock 中一开始就进入判断，在按钮未按下时开始翻转，中途按下就反转。而比时有其它程序，可能在执行之前程序时就按下，于是没有进入反转的判断。

于是去掉第一次判断，只要发现按钮按下就反转，发现按下

开关就从摄氏度转为华氏度或从华氏度转为摄氏度。  
第三个猜想正确。

### ④ 连接①②③④⑤电路

⑤ 同上进行判断，如果开关⑤按下 on 灯就反转。

再进行判断，如果 on/off = HIGH，三个引脚输出高压 LED 熄灭（反逻辑）  
如果 on/off = LOW，则判断，如果温度大于  $30^{\circ}\text{C}$  LED1 变成 LOW 亮红灯；如果温度小于  $15^{\circ}\text{C}$ ，LED3 变成 LOW，亮蓝色灯，如果温度大于  $15^{\circ}\text{C}$  小于  $30^{\circ}\text{C}$ ，LED2 变成 LOW 亮绿灯。

放入冰箱后取出，测得温度为  $10^{\circ}\text{C}$ ，湿度为 88%，LED 亮蓝色光，按下红色按钮蓝色光熄灭。吹气使其升温，当温度按开关使数据更新，当温度为  $16^{\circ}\text{C}$  时，湿度 92%，亮绿色光。

黄色用吹风机加热，按黄色开关更新数据，当温度为  $31^{\circ}\text{C}$  湿度为 45%；温度到  $33^{\circ}\text{C}$  湿度 28%，华氏按黄色开关切换为华氏度  $95^{\circ}\text{F}$  亮红灯，按下红色开关，灯熄灭。