

LED旋转时钟

【摘要】 本实验利用单片机的特性， 将各种廉价的原材料自制成可用于室内装饰和便利生活的 LED 旋转时钟。其制作方法简单、整体结构紧凑、材料环保、成品便于移动、外形美观而且成本低廉。

【关键词】 发光二极管 单片机系统 旋转 视觉停留 编码 显示时间

一、课题背景：

课题构思背景

在课题构思初期，本组计划用 51 单片机来实现变色光纤花篮的控制（本组大二期间物理课题，计划将其改进）。之后通过查阅资料，本组认为制作旋转时钟与变色光纤花篮大体原理相同，但在技术知识上比变色光纤花篮更进一步，所以将课题目标定为“旋转时钟”。

课题技术背景

“单片机原理及应用”是我们大学本科学习期间的重要课程之一。它注重培养同学们的实践动手能力，使我们在自学与实际操作中将知识融汇贯通。单片机的应用大到卫星、导弹，小到洗衣机、微波炉，都有他们的踪影。

旋转时钟的主要特点就是结构新颖，效果奇特。加入了现代科技的元素，利用人眼的视觉暂留特性，用单片机作为主控芯片，采用电机带动发光二极管高速旋转，霍尔传感器进行定位，利用刷屏显示原理呈现时钟画面及 DS18B20 温度显示。造型及显示效果个性、新颖，解决了传统时钟结构单一，显示效果固定的缺陷，更好了满足了人们对美的追求。

现今人们家庭用的时钟主要还是传统意义上的时钟，固定的表盘与表针，显示效果单一，不能满足时钟不但用来看时间还是一件很好的装饰品的要求。随着科技的发展网络上出现了以 DIY 为主要形式的旋转时钟作品。

但是随着单片机技术、高亮发光二极管制造技术和高速稳定电机制造技术的发展，这种千奇百怪、创意无限的电子旋转时钟必将走进千家万户。

二、原理介绍

（一）、发光二极管发光原理

发光二极管的核心部分是由 P 型半导体和 N 型半导体组成的晶片，在 P 型半导体和 N 型半导体之间有一个过渡层，称为 PN 结。在某些半导体材料的 PN 结中，注入的少数载流子与多数载流子复合时会把多余的能量以光的形式释放出来，从而把电能直接转换为光能。PN 结加反向电压，少数载流子难以注入，故不发光。这种利用注入式电致发光原理制作的二极管叫发光二极管，通称 LED。当它处于正向工作状态时（即两端加上正向电压），电流从 LED 阳极流向阴极时，半导体晶体就发出从紫外到红外不同颜色的光线，光的强弱与电流有关。LED 发光二极管内部结构如图 1 所示。

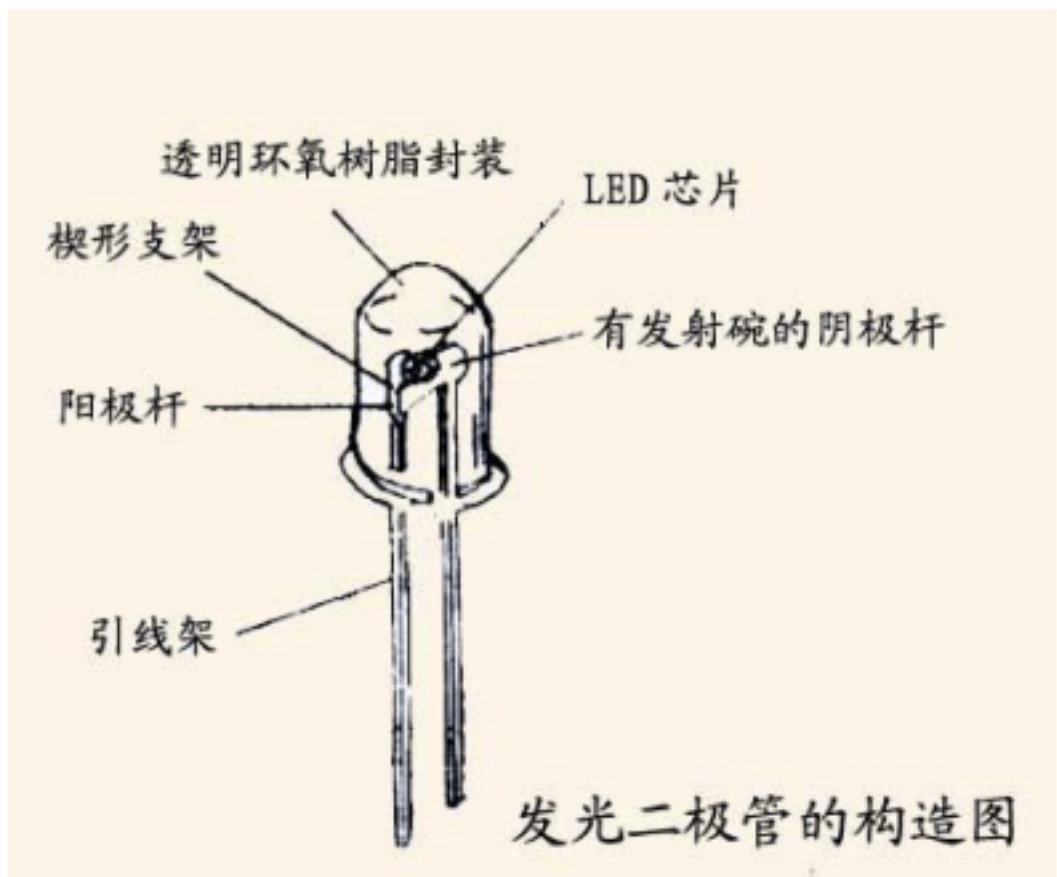


图 1 发光二极管构造图

（二）、红外对管原理

红外对管是一种常用的光电器件。所谓对管就是由一只红外线发射管和红外线接收管组成。根据发射和接收的频率不同，红外对管有不同的型号。当发射管与接收管的发射与接收窗靠近对齐时，即红外线照射到接收管上，则接收管导通，其中导通特性与普通二极管相似，例如图 1 所示，一般红外对管的有效距离为数米。如果想扩大感应距离可加装透镜。把接收管连接成如图 2 所示的电路。就可以组成一个光电触发系统。

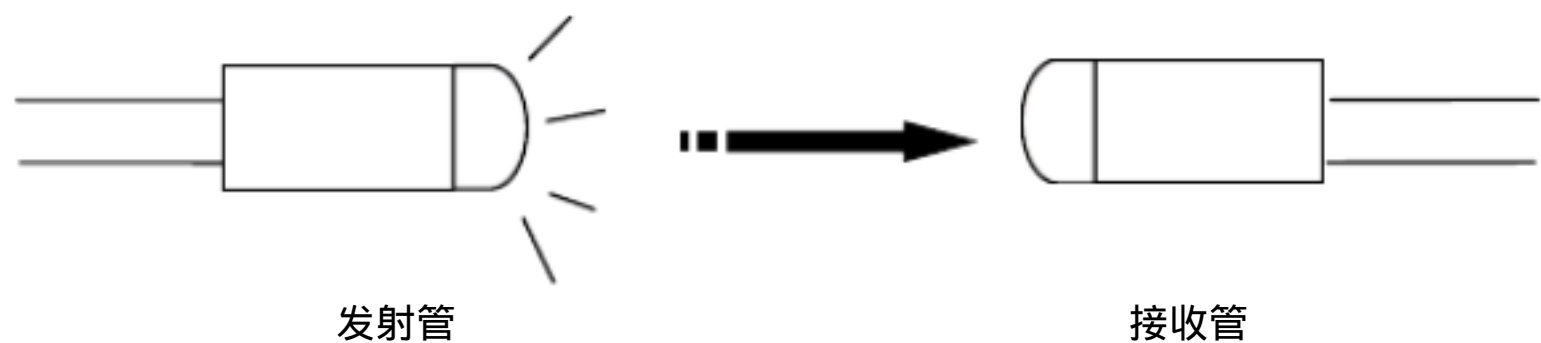


图 2 红外对管的使用

（三）、视觉暂留原理

人眼在观察景物时，光信号传入大脑神经，需经过一段短暂的时间，光的作用结束后，视觉形象并不立即消失，这种残留的视觉称“后像”，视觉的这一现象则被称为“视觉暂留”。是光对视网膜所产生的视觉在光停止作用后，仍保留一段时间的现象，其具体应用是电影的拍摄和放映。原因是由视神经的反应速度造成的。其时值是二十四分之一秒。是动画、电影等视觉媒体形成和传播的根据。

视觉实际上是靠眼睛的晶状体成像，感光细胞感光，并且将光信号转换为神经电流，传回大脑引起人体视觉。感光细胞的感光是靠一些感光色素，感光色素的形成是需要一定时间的，这就形成了视觉暂停的机理。

视觉暂留现象首先被中国人发现，走马灯便是据历史记载中最早的视觉暂留运用。宋时已有走马灯，当时称“马骑灯”。随后法国人保罗·罗盖在 1828 年发明了留影盘，它

是一个被绳子在两面穿过的圆盘。 盘的一个面画了一只鸟， 另一面画了一个空笼子。 当圆盘旋转时，鸟在笼子里出现了。这证明了当眼睛看到一系列图像时，它一次保留一个图像。

物体在快速运动时，当人眼所看到的影像消失后，人眼仍能继续保留其影像 0.1-0.4 秒左右的图像，这种现象被称为视觉暂留现象。是人眼具有的一种性质。人眼观看物体时，成像于视网膜上，并由视神经输入人脑， 感觉到物体的像。但当物体移去时，视神经对物体的印象不会立即消失，而要延续 0.1 -0.4 秒的时间，人眼的这种性质被称为“眼睛的视觉暂留”。

（四）、 AT89C2051单片机原理

51 单片机是对目前所有兼容 Intel 8031 指令系统的单片机的统称。该系列单片机的始祖是 Intel 的 8031 单片机，后来随着 Flash rom 技术的发展， 8031 单片机取得了长足的进展，成为目前应用最广泛的 8 位单片机之一，其代表型号是 ATME公司的 AT89 系列，它广泛应用于工业测控系统之中。目前很多公司都有 51 系列的兼容机型推出，在目前乃至今后很长的一段时间内将占有大量市场。 51 单片机是基础入门的一个单片机，还是应用最广泛的一种。

（1）内部结构

AT89C2051 是一带有 2K 字节闪速可编程可擦除只读存储器（ EEPROM的低电压，高性能 8 位 CMOS微处理器。它采用 ATME的高密非易失存储技术制造并和工业标准 MCS-51指令集和引脚结构兼容。 通过在单块芯片上组合通用的 CPLI 和闪速存储器， ATME的 AT89C2051 是一强劲的微型处理器，它对许多嵌入式控制应用提供一定高度灵活和成本低的解决办法。

AT89C2051提供以下标准功能： 2K 字节闪速存储器， 128 字节 RAM, 15 根 I/O 口，两个 16 位定时器，一个五向量两级中断结构，一个全双工串行口，一个精密模拟比较器以及两种可选 的软件节电工作方式。空闲方停止 CPU工作但允许 RAM 定时器 / 计数器、串行工作口和中断系统继续工作。 掉电方式保存 RAM内容但振荡器停止工作并禁止有其它部件的工作到下一个硬件复位。

（2）软硬件的开发

AT89C2051可以采用下面两种方法开发应用系统。

1、由于 89C2051 内部程序存储器为 Flash ，所以修改它内部的程序十分方便快捷，只要配备一个可以编程 89C2051 的编程器即可。调试人员可以采用程序编辑 - 编译 - 固化 - 插到电路板中试验这样反复循环的方法，对于熟练的 MCS-51程序员来说，这种调试方法并不十分困难。但是做这种调试不能够了解片内 RAM的内容和程序的走向等有关信息。

2、将普通 8031/80C31 仿真器的仿真插头中 P1.0 ~ P1.7 和 P3.0 ~ P3.6 引出来仿真 2051, 这种方法可以运用单步、断点的调试方法，但是仿真不够真实，比如， 2051 的内部模拟比较器功能， P1 口、 P3 口的增强下拉能力等等

3、引脚说明

AT89C2051芯片引脚如图 3 所示。

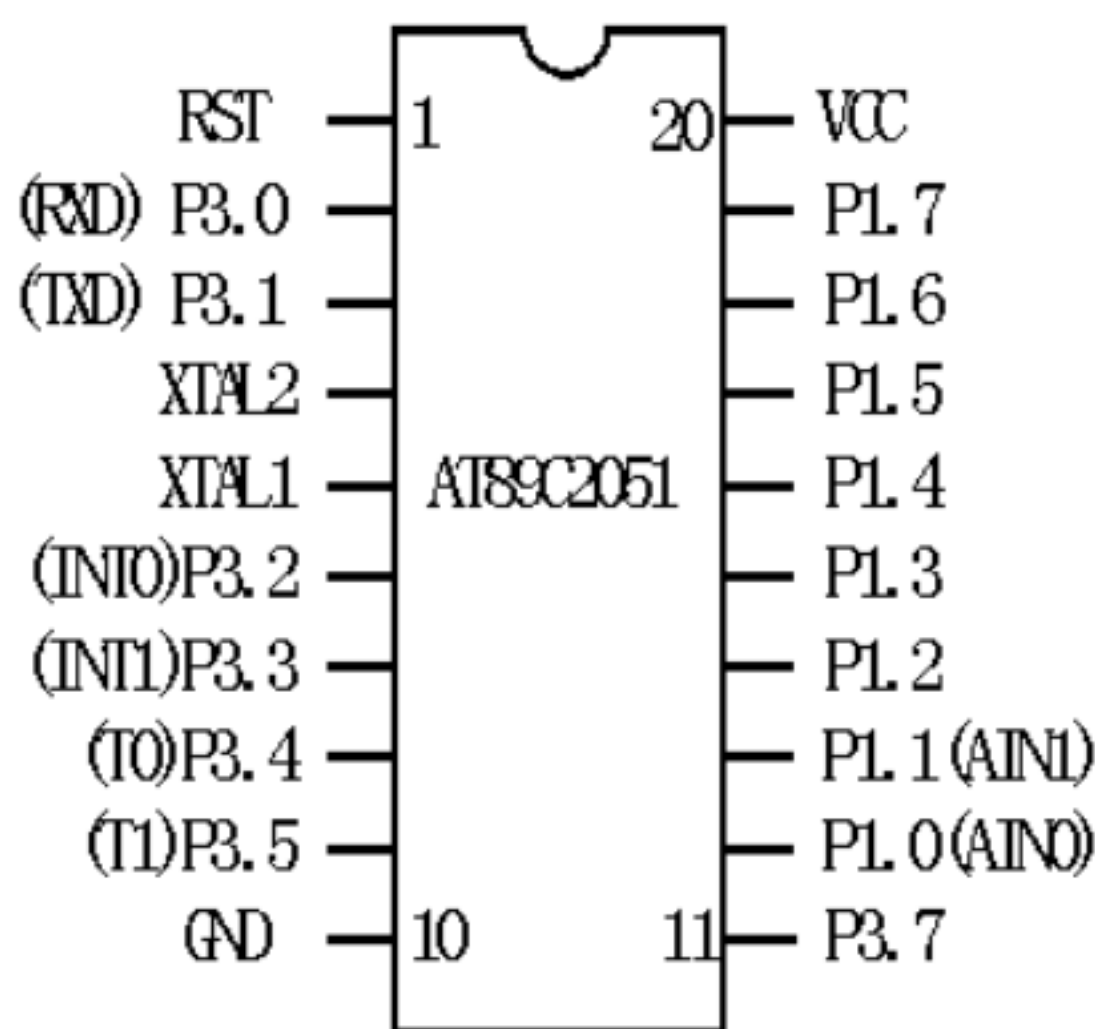


图 3 AT89C2051 引脚图

- 1、VCC: 电源电压。
- 2、GND: 地。
- 3、P1口：P1口是一个 8 位双向 I/O 口。口引脚 P1.2~P1.7 提供内部上拉电阻，P1.0 和 P1.1 要求外部上拉电阻。P1.0 和 P1.1 还分别作为片内精密模拟比较器的同相输入 (ANI0) 和反相输入 (AIN1)。P1 口输出缓冲器可吸收 20mA 电流并能直接驱动 LED 显示。当 P1 口引脚写入“1”时，其可用作输入端，当引脚 P1.2~P1.7 用作输入并被外部拉低时，它们将因内部的上拉电阻而流出电流。
- 4、P3口：P3口的 P3.0~P3.5、P3.7 是带有内部上拉电阻的七个双向 I/O 口引脚。P3.6 用于固定输入片内比较器的输出信号并且它作为一通用 I/O 引脚而不可访问。P3 口缓冲器可吸收 20mA 电流。当 P3 口写入“1”时，它们被内部上拉电阻拉高并可用作输入端。用作输入时，被外部拉低的 P3 口脚将用上拉电阻而流出电流。

P3 口还用于实现 AT89C2051 的各种第二功能，如表 1 所列：

表 1 AT89C2051 的第二功能

| 引 脚 口 | 功 能 |
|----------|---------------|
| P3.0 | RXD 串行输入端口 |
| P3.1 | TXD 串行输出端口 |
| P3.2 | INT0 外中断 0 |
| P3.3 | INT1 外中断 1 |
| P3.4 | T0 定时器 0 外部输入 |
| P3.5 | T1 定时器 1 外部输入 |

P3 口还接收一些用于闪速存储器编程和程序校验的控制信号。

5、RST: 复位输入。 RST一旦变成高电平所有的 I/O 引脚就复位到“ 1 ”。当振荡器正在运行时，持续给出 RST引脚两个机器周期的高电平便可完成复位。每一个机器周期需 12 个振荡器或时钟周期。

6、XTAL1: 作为振荡器反相器的输入和内部时钟发生器的输入。

7、XTAL2: 作为振荡器反相放大器的输出。

(五)、小马达原理

motor 的译音即电机、电动机。电子启动器就是现在人们通常所指的马达， 又称启动机。它通过电磁感应带动启动机转子旋转， 转子上的小齿轮带动发动机飞轮旋转， 从而带动曲轴转动而着车。 具有瓷芯底座的新型低成本火花塞和启动器这两项零部件创新， 奠定了汽车发展的技术基础。

(六)、旋转时钟

旋转时钟， 利用了视觉暂留的原理， 有 8 只发光二极管排成一列， 图中以圆圈代表发光二极管， 最内侧的发光二极管为圆心， 它们绕着圆心旋转， 最外侧的发光二极管显示时间刻度， 如图所示，当时针在 12 点时我们假设角度为 0 度，则每个小时时针之间的角度为 $360/12=30$ 度，于是，当这一列发光二极管每旋转 30 度， 最外侧的发光二极管就点亮一个瞬间以呈现出时间刻度。这样，如果在 0,1 秒之内，这列发光二极管能旋转完一圈， 则人眼就会产生错觉，而把先后产生的时间刻度连成 12 个完整的时间刻度。

显示时针、分针的方法与显示刻度的原理相似。实际中， 分针较时针长，所以在图中我们假设分针用 7 只发光二极管来显示， 时针用 5 只发光二极管来显示， 例如，要显示 3 点整，在时间刻度的显示基础上， 控制在 0 度上点亮 7 只发光二极管以显示分针指在 12 点位置上；然而当发光二极管转过 90 度时再显示 5 只以显示时针指在 3 点位置上， 如图所示，由于发光二极管在不断 的旋转，在 0.1 秒内重复点亮 12 点位置上的 7 只和 3 点位置上的 5 只发光二极管，直到 1 分钟以后在 6 度的位置上点亮 7 只发光二极管表示 3 点 01 分。

三、课题材料

课题材料如表 2 所示。

表 2 LED 旋转时钟电路元件清单

| 原件名称 | 规格或型号 | 数量 | 图例 |
|------|-------|----|----|
|------|-------|----|----|

| | | | |
|--------|-----------|---|---|
| 稳压直流电源 | 1.5V~12V | 1 |  |
| 纽扣电池 | 3V | 2 |  |
| 单片机 | AT89C2051 | 1 |  |
| 电机 | 1200rpm | 1 |  |
| 万用板 | 9cm*15cm | 1 |  |

| | | | |
|------|--------------|-----|---|
| 无源晶振 | 12MHz | 1 |  |
| 电容 | 20pF | 2 |  |
| | 10uF | 1 | |
| | 100uF | 1 | |
| | 0.01uF | 1 | |
| 二极管 | 发光二极管 白发红 | 1 |  |
| | 发光二极管 白发蓝 | 7 | |
| | 红外对管 | 1 对 |  |
| 电阻 | 470 | 8 |  |
| | 4.7k | 1 | |
| | 560 | 1 | |

四、方案设计

旋转时钟主要有两个部分组成：电机部分和单片机控制发光二极管显示部分。在单片机控制发光二极管显示部分，为了制作的方便，把单片机。电池。发光二极管等器件焊接到一个电路板上，这样可以使旋转的电路板成为一个独立的系统，如图所示，电路板的中心有一个电机轴插孔电机轴插入其中带动电路板旋转旋转。该电路板应该越轻越好，器件可使用贴片式的。

首先要计算旋转时钟的周长和半径。 选用直径为 3mm的发光二极管组成一列， 这样最外侧的发光二极管旋转一周经过的显示位置有 60 个。为了在显示时每分钟之间有一个间隔，我们在每分钟之间引入一个 1mm空隙，如图 4 所示，于是得到旋转的周长 $C=60 \times 3\text{mm}+59 \times 1\text{mm}=239\text{mm}$ 可得半径 $R=38\text{mm}$

得到半径后，可将 8 只发光二极管按 38mm平均间距排成一列，如图 5 所示，这样就确定了显示部分的硬件尺寸设计， 7 只内侧的发光二极管可使用蓝色的高亮度管，最外侧的时间刻度发光二极管可用红色以突出刻度。

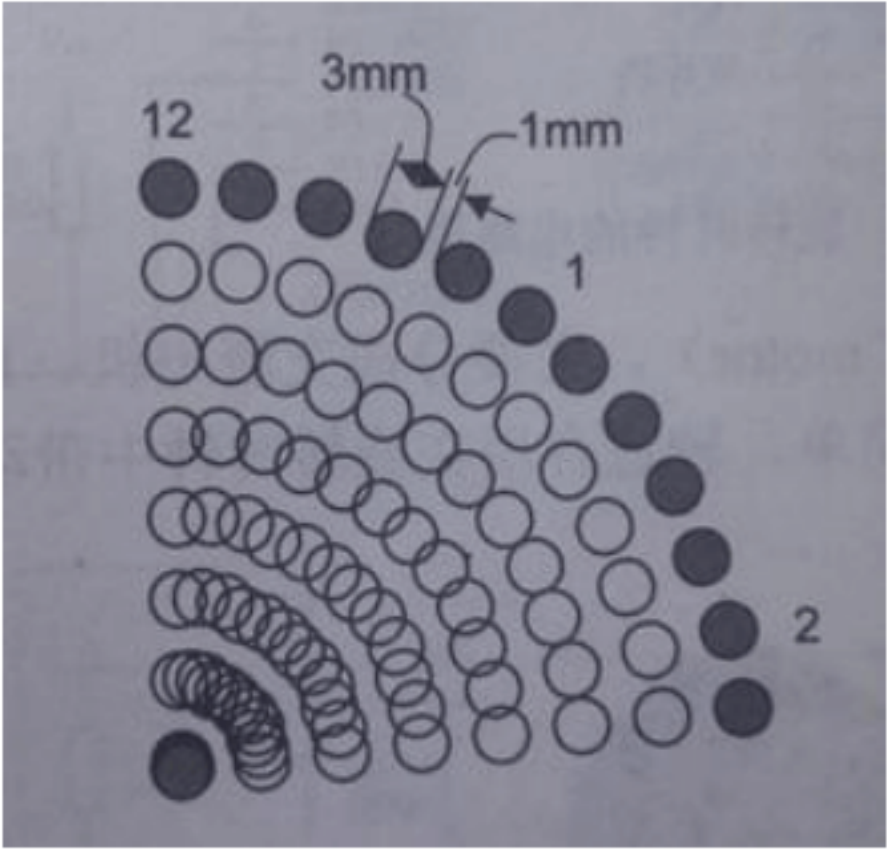


图 4 旋转周长

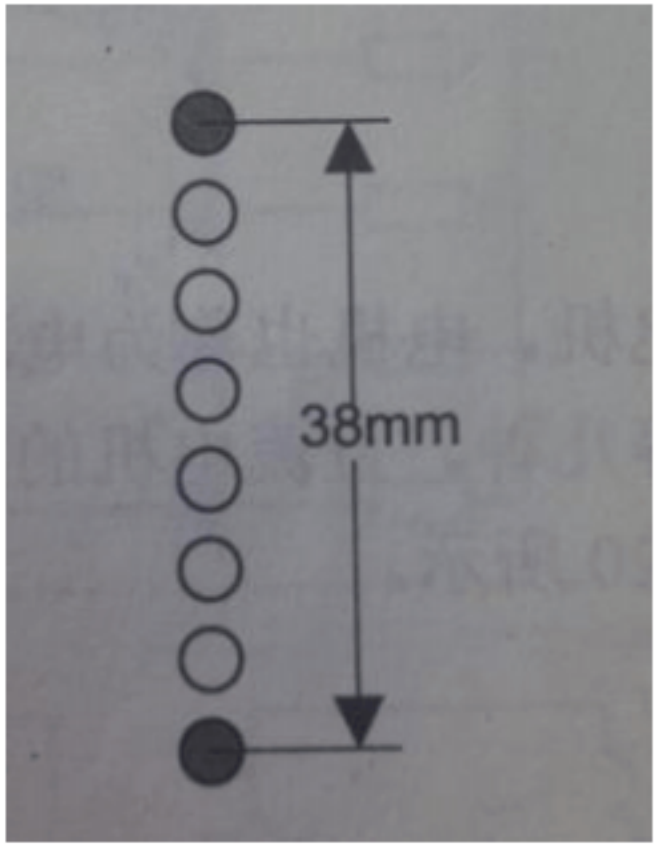


图 5 发光二极管列半径为 38mm

时间的计算。 根据视觉暂留的原理， 该列发光二极管在同一位置出现的时间间隔应该不大于 0.1 秒，即旋转周期 $T=100\text{ms}$ 。在这 1ms 中，可设计发光二极管点亮 0.7ms，熄灭 0.3ms。这样，就完成了发光二极管显示时间的计算。

直流电机的控制简单，较适合用在旋转时钟中带动电路板旋转。刚才计算出周期 $T=50\text{ms}$ ，即电机转轴每 60ms 旋转一圈，得到每秒转动的圈数 $f=1/T=16.7$ ，所以可选用转速约为 1000rpm 的电机，可以通过与电位器串联进行具体的转速调整。

在旋转电路板的电路中， P3.3 管脚是外部中断 1 的输入端，连接了一个红外接收管，当有与之配对的红外发光二极管发出红外线照到其上时红外接收管在电路中导通， 则外部中断 INT1 的输入端呈现低电平，将会触发外部中断。

在电机控制和红外管得电路中有一个红外发光二极管，发射管和接收管组成红外对管，用于同步。 红外发光二极管固定在电机附近， 接收管固定在旋转电路板背面， 需要保证接收管和发射管在电路板每旋转一周能对齐一次，以产生一个中断信号。

五、实验计划

- (一)、设计好整体规划；
- (二)、根据规划选材料；
- (三)、编写程序；
- (四)、实验仿真；
- (五)、若有不合适的地方，总结经验并做适当的调整直至仿真成功；
- (六)、购买材料；

(八)、拍照片，制作实验报告和演示验证的 PPT。

（一）、明确系统功能

(二)、设计实验电路图并确定各种实验材料的规格

图 6 旋转时钟系统仿真电路图

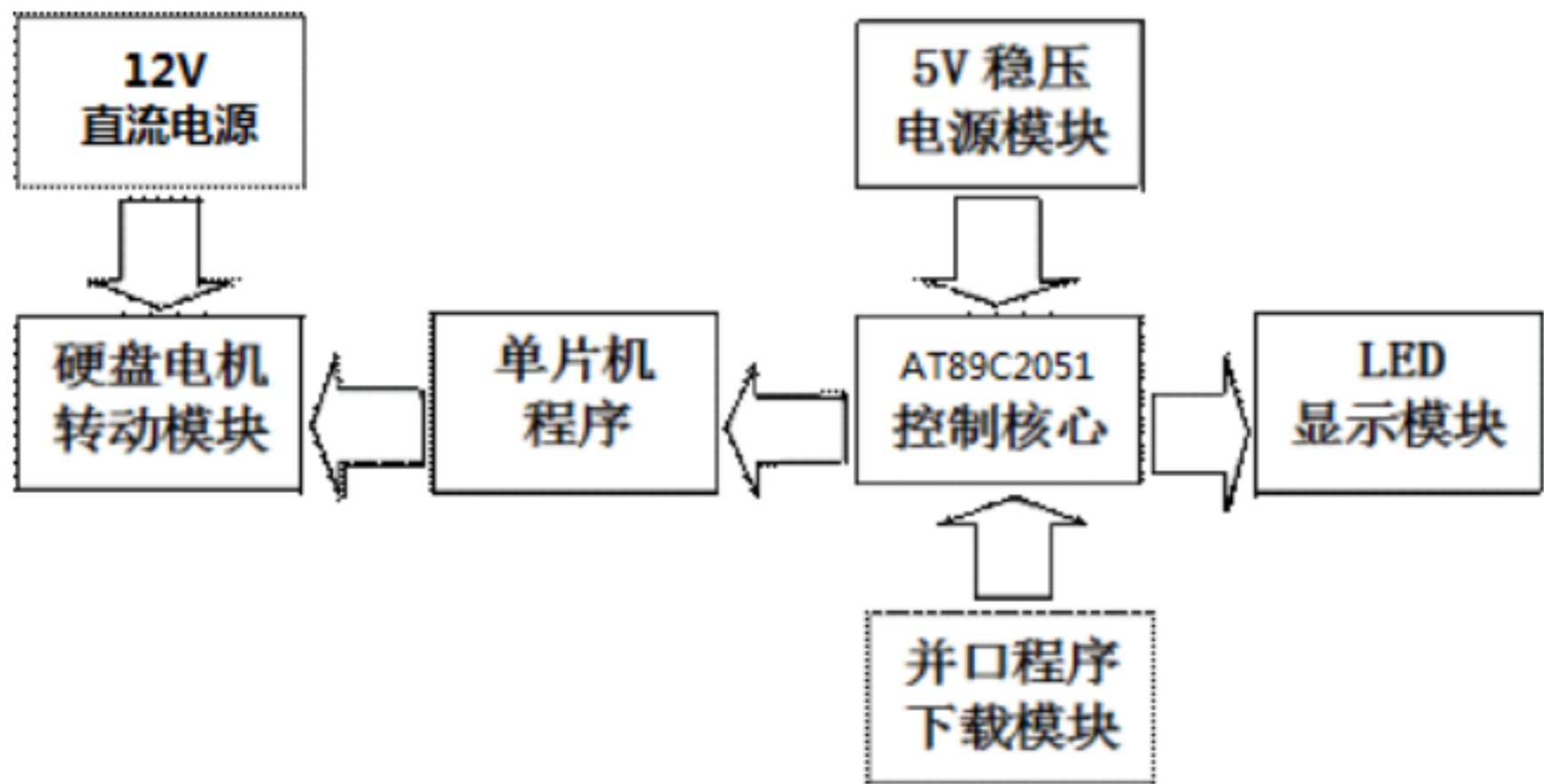


图 7 系统框图

(三)、编写实验程序
系统程序如下。

```

ORG  00H          ;          起始地址 00H
JMP  MAIN          ;          跳转到 MAIN
ORG  0BH          ; Timer 0      中断向量地址
JMP  TIM0          ;          跳转到 TIM0
ORG  13H          ;          外部中断 1 向量地址
JMP  EXT1          ;          跳转到 EXT1
;          这里是主程序段，使能中断，中断优先级，装载计数初始值等

```

```

MAIN:
MOV  IE, #86H      ;          使能 Timer 0 中断和外部中断 1
SETB TCON.2        ;          设置
MOV  IP, #02H      ;          设置 Timer 0 优先级较高
MOV  TMOD, #01H    ;          使用 Timer 0 工作在模式 1 下
MOV  TH0, #3CH     ;          装载计数初始值，50ms 延时
MOV  TL0, #0B0H
MOV  R0, #00H      ; Timer 0      的 50ms 延时计数器
MOV  R1, #00H      ;          秒的计数器
MOV  R2, #00H      ;          分的计数器
MOV  R3, #00H      ;          时的计数器
MOV  32H, #0FFH    ;          旋转时钟的指针显示数据
SETB TR0           ;          启动 Timer 0 中断
JMP  $             ;          循环本行，等待中断发生

```

； 这里是 Timer 0 中断服务子程序，用于分，时计时

TIM0:

| | | |
|-----------------------|--------|------------------------------|
| INC R0 | ； 50ms | 延计数器加 1 |
| CJNE R0, #20, NEXT | ； | 如果不等于 20，说明不到 1 秒，跳到 NEXT |
| INC R1 | ； | 如果 R0=20, 计时 1 秒，R1 加 1 |
| CJNE R1, #60, INC_SEC | ； | 如果 R1 不等于 60，说明不到 1 分钟，跳 |
| 到 INC_SEC | | |
| INC R2 | ； | 如果 R1=60, 计时 1 分钟，R2 加 1 |
| MOV 30H, R2 | ； | 将分钟存储在 30H |
| CJNE R2, #60, INC_MIN | ； | 如果 R2 60 ,说明不到一分钟，跳到 INC_MIN |
| INC R3 | ； | 如果 R2=60, 计时 1 小时，R3 加 1 |
| MOV 31H, R3 | ； | 将小时存储在 31H |
| CJNE R3, #12, INC_HR | ； | 如果 R3 不等于 12，说明不到 12 个小时 |
| MOV R0, #00H | ； | 如果 R3=12, 将 R0~ R3 计数器清 0 |
| MOV R1, #00H | | |
| MOV R2, #00H | | |
| MOV R3, #00H | | |

NEXT:

| | | |
|----------------|---|------------------|
| MOV TH0, #3CH | ； | 装载计数初始值， 50ms 延时 |
| MOV TL0, #0B0H | | |
| RETI | ； | 返回主程序 |

INC_SEC:

| | | |
|--------------|--------|---------|
| MOV R0, #00H | ； 50ms | 计数器清 0 |
| JMP NEXT | ； | 跳至 NEXT |

INC_MIN:

| | | |
|--------------|--------|----------|
| MOV R0, #00H | ； 50ms | 计数器清 0 |
| MOV R1, #00H | ； | 秒钟计数器清 0 |
| JMP NEXT | ； | 跳至 NEXT |

INC_HR:

| | | |
|--------------|--------|----------|
| MOV R0, #00H | ； 50ms | 计数器清 0 |
| MOV R1, #00H | ； | 秒钟计数器清 0 |
| MOV R2, #00H | ； | 分钟计数器清 0 |
| JMP NEXT | ； | 跳至 NEXT |

； 这里是外部中断 1 中断服务子程序，用于指针，刻度的显示

EXT1:

| | | |
|--------------|---|--------------------|
| MOV R4, #00H | ； | 显示位置计数器，记录旋转过程中的位置 |
|--------------|---|--------------------|

DISPLAY:

| | | |
|-----------------------|---|----------------------|
| MOV A, R4 | ； | 位置数据载入 ACC |
| CJNE A, #60, CONTINUE | ； | 如果位置不等于 60，表示没有显示完一圈 |
| RETI | ； | 如果 60，说明显示完一圈，返回主程序 |

CONTINUE:

| | | |
|-----------|-------|--------------|
| PUSH ACC | ； ACC | 压栈 |
| MOV B, #5 | ； | 刻度的位置是 5 的倍数 |

| | | | |
|----------|----------------|---------|---------------------------------|
| DIV | AB | ; | 将位置除以 5 |
| MOV | A, B | ; | 将余数载入 ACC中 |
| CJNE | A, #0, DIS_MIN | ; | 余数与 0 比较, 不相等表示不是刻度位置 |
| ANL | 32H, #0FEH | ; | 如果是刻度位置, 将显示数据的最低位清 0 |
| DIS_MIN: | | | |
| POP | ACC | ; ACC | 弹栈, 位置数据 |
| CJNE | A, 30H, DIS_HR | ; | 如果位置数据与 30H的分钟不相等, 跳转 |
| ANL | 32H, #01H | ; | 如果相等, 说明是分针的显示位置, 将显示数据中得分针位清 0 |
| DIS_HR: | | | |
| PUSH | ACC | ; ACC | 压栈 |
| MOV | A, 31H | ; | 小时计数器载入 ACC |
| MOV | B, #5 | ; B=5 | |
| MUL | AB | ; | 做 A B=时针的位置, 积存回 ACC |
| MOV | 31H, A | ; | 位置载入 31H |
| POP | ACC | ; ACC | 弹栈, 位置数据 |
| CJNE | A, 31H, NXT | ; | 如果位置数据与 31H中内容不相等, 跳转 |
| ANL | 32H, #07H | ; | 如果相等, 说明是时针的显示位置, 将显示数据中的时针位清 0 |
| NXT: | | | |
| MOV | P1, 32H | ; 32H | 中的显示数据从 P1 输出 |
| MOV | R6, #174 | ; | 延时 700us |
| CALL | DELAY | | |
| MOV | 32H, #0FFH | ; | 熄灭 |
| MOV | P1, 32H | ; | 延时 300us |
| MOV | R6, #74 | | |
| CALL | DELAY | | |
| INC | R4 | ; | 位置计数器加 1 |
| JMP | DISPLAY | ; | 循环 |
| DELAY: | | | |
| MOV | R5, #2 | | |
| D1: DJNZ | R6, \$ | | |
| | DJNZ | AR5, D1 | |
| | RET | | |
| | END | ; | 程序结束 |

（四）、用 PROTUE软件进行仿真

新建设计文件—设定绘图纸大小—选取元器件并添加到对象选择器中—放置、移动、旋转元器件—放置电源、地—电路图布线—设置、修改元器件的属性—电气检测
源程序设计—源程序编译汇编、生成目标代码文件夹—加载目标文件—全速仿真

（五）、购买实验材料

网上购买和实体店购买。

（六）、连接电路

布局排版，将材料和线路在万能板上摆好，之后进行焊接。如图 8。
两部分衔接，将直流电机部分电路连接好，之后将直流电机与电路板衔接固定。如图 9。

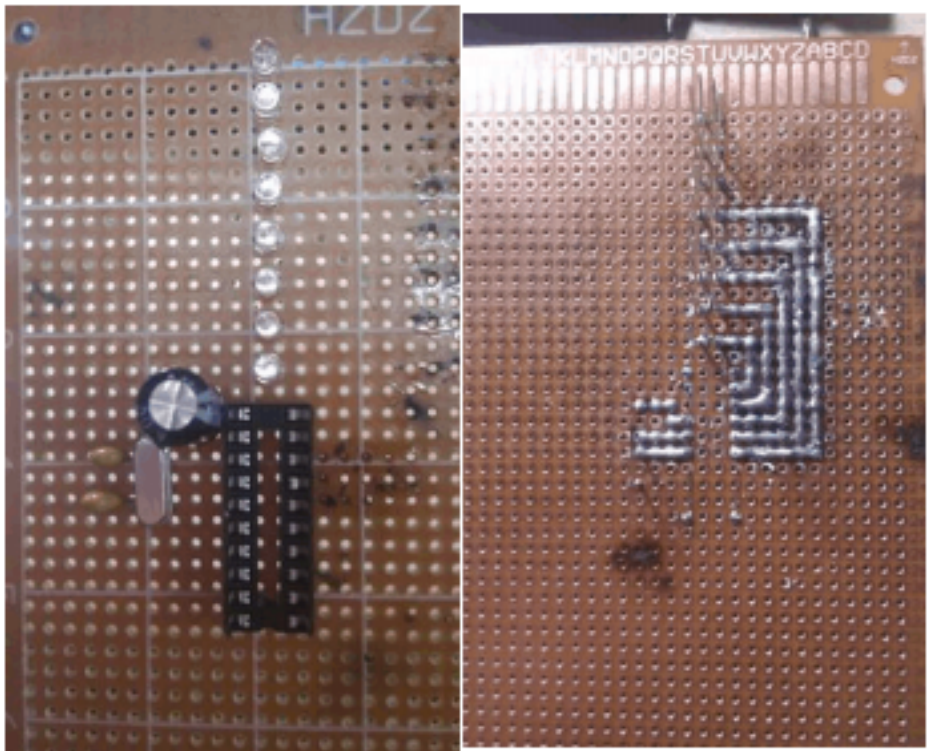


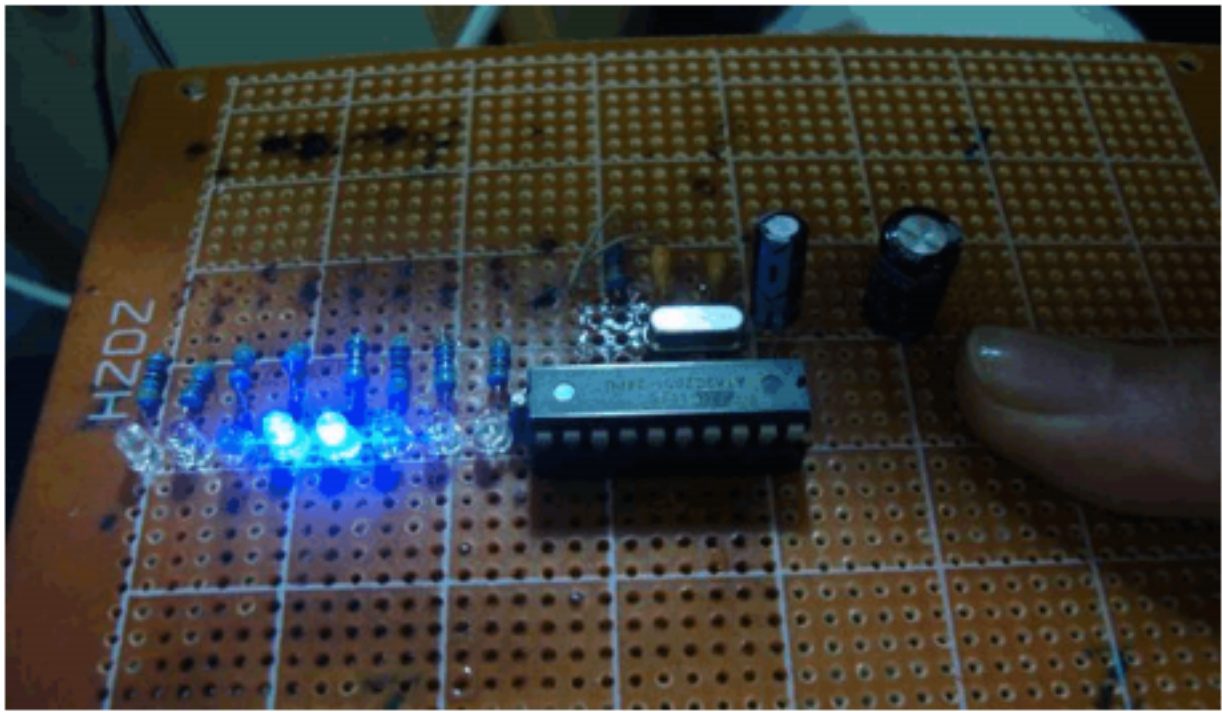
图8 摆放、焊接



图9 上下衔接

（七）、调节电路

调节直流电源，至直流电机转速合适。测试 LED灯是否接好。如图 10。



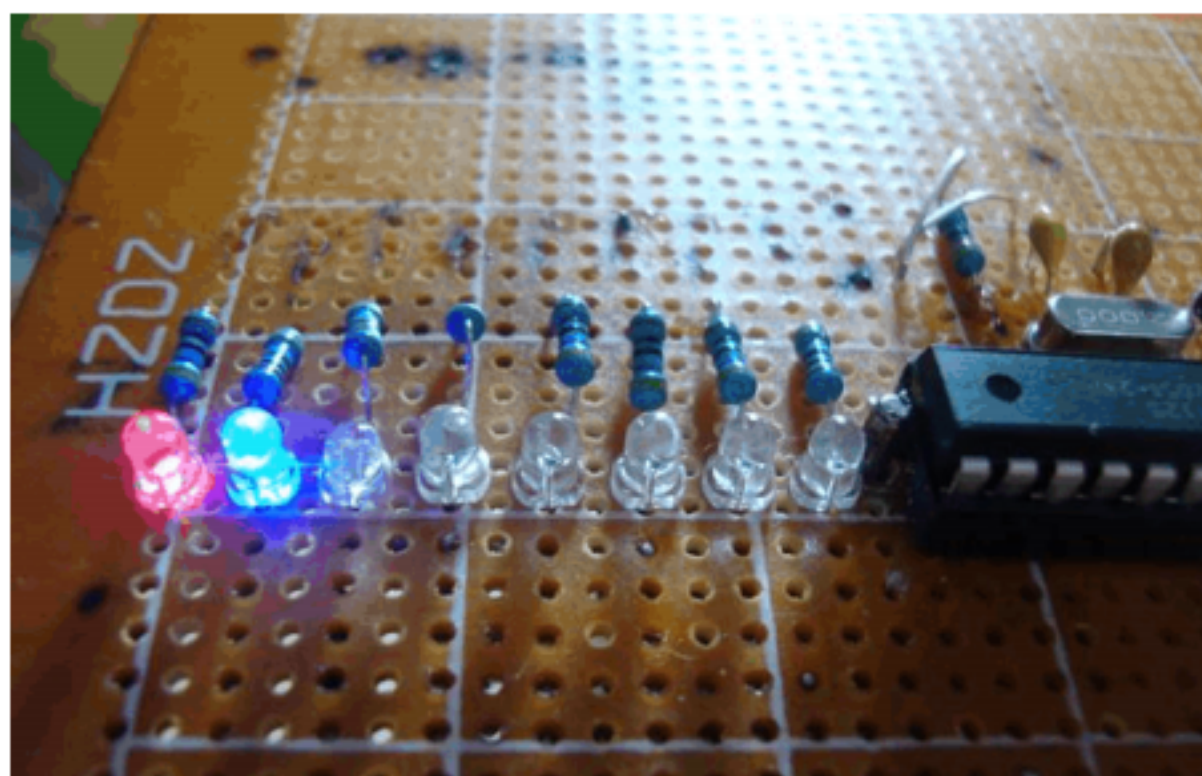
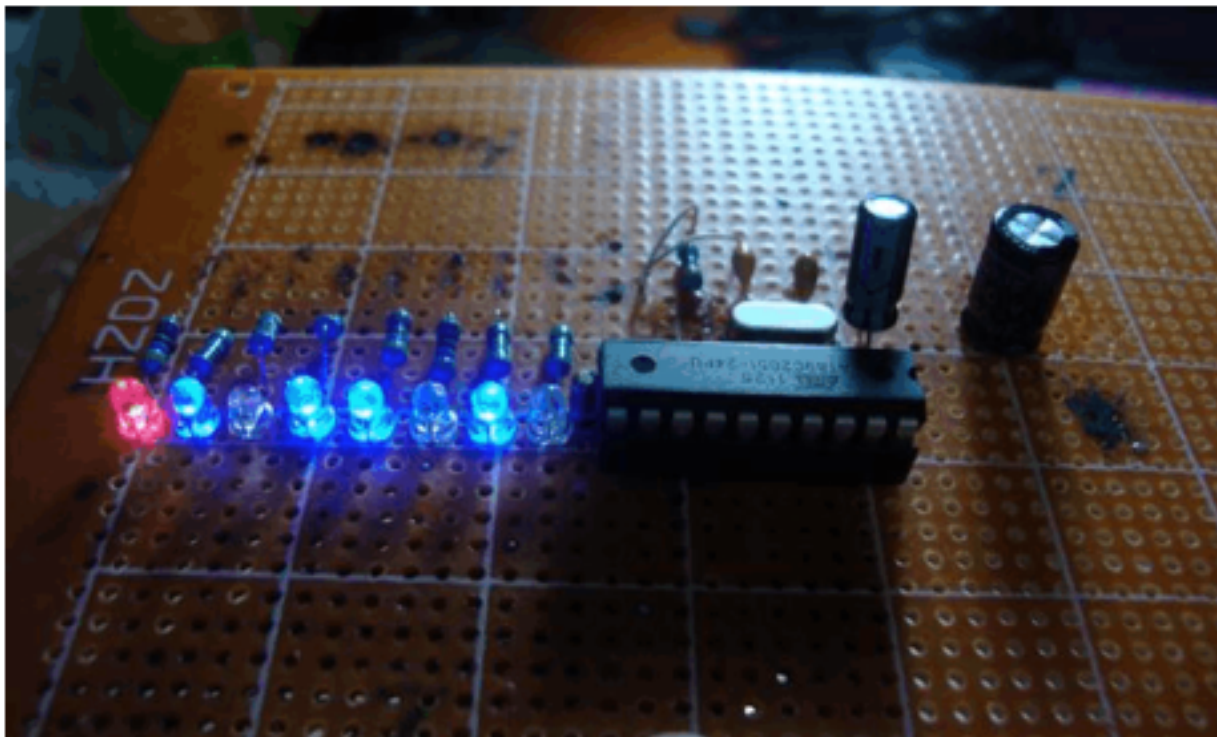


图10 LED灯连接测试

(八)、完成状态
完成图如图 11。



图11 完成效果图



图12 理论完成图

七、收获与问题分析

本组共 2 名组员，均对电学和光学实践性活动抱有浓厚兴趣。积极参加了此次单片机应用课题，亲身经历了课题制作过程中的采购、组装、改进、解决问题等几个过程之后，每个人都获得了许多实践经验，还总结了一些解决问题的办法。同时对于团队合作过程中的组员协调与交流，也成为了我们收获中的重要部分。制作这个 LED 旋转时钟的初衷只是想试验自己的能力，后来逐渐发现看似简单的课题背后却有着许多我们从未面临过的问题。

这次实验过程中，本组遇到了硬件及软件的多方面问题。

（一）、课题初期无从下手。刚开始时本组一直没有确定课题究竟要做什么，一方面是初识单片机，把握不好课题难度，另一方面不知自身水平如何。

（二）、编程过程中出现了多处错误久久没有被找出，使得课题进度被延后。

（三）、软件仿真步骤中，初次接触 PROTUE 软件的本组组员，从网上查找使用教程后才逐渐熟悉软件机制。

（四）、原件采购过程中的问题是最多的。首先，由于不熟悉单片机现状，本组匆忙从网店购入 AT89C205 芯片，致使引发了后期包括烧录、安插、链接等一系列的麻烦；其次，原件购买过多，造成了浪费，对于这个问题，本组讨论确定之后的学校学习中，依旧将单片机引入我们的学习探索；之后的焊接，由于技术、工具、场地的问题，我们不仅把万用板烧出黑斑，还烧到了组员电脑，药瓶等生活用品。

（五）、课题中引入红外对管，红外光谱肉眼不可见，无法判断发射管是好是坏。针对此问题，本组在发射管旁串联一支红色 LED 发光管作为指示灯。

经过这些困难与问题，我们收获的不仅是一次单片机课题制作经历，还有面对问题敢于迎难而上的处事经验。作为理科女生的我们，更应该勇敢解决学习生活中的各种困难。除此之外本组组员在课题配合的默契程度上又增加了许多，这是本组课题顺利完成的精神保证。作为一支团队，只有目标一致、默契配合，才能将各自长处发挥到最大。