

摘 要

近年来随着电子在社会领域的渗透，应用电子正在不断地走向新时代，同时带动传统控制检测等日新月异更新。电子技术要求、技术整体设计、原理设备及配置、电子设计实践指导、电子技术先导性的实验、实践教材，常用器件的性能、检测及应用；印制电路板设计、制作与焊接；电子产品的设计、制作、调试与检修以及交流电的供电、配电与安全用电知识等，阐述硬件与软件环境建设及应用这些环境进行教育。

本文从数显可调光电路的设计并应用等多要素介绍数字电路控制设计思路，对电路原理图和实践作了简捷的描述。从功能介绍了CD4017、LM358、CD4511、NE555、数码等元件在不同的领域，有着广阔的作用。

关键词： 光控 手控 锁定 调光 双向晶闸管 数码管

Summary

Permeate in the social realm along with the electronics in recent years, apply the electronics just head for the modern ear constantly, arouse the day of the traditional control examination at the same time new moon benefit renewal. The electronics technique request, technique overall design, the principle equipments and install, the electronics design practices the experiment that the leading, the electronics technique leads sex first and practices the teaching material, the function of the in common use machine piece, examine and apply;Print to make the circuit board design, manufacture and weldings;The design of the electronics product, create, adjust to try fix with check and alternate current of power supply, go together with the electricity and safeties to use to give or get an electric shock the knowledge etc. , elaborate that the hardware and the software environments construction and applied these environmentses carry on the education.

This text from number the design of the adjustable light electric circuit combine applied etc. many the main factor introduces the numerical electric circuit control design way of thinking, making JIAN3 JIE2' s description to the electric circuit principle diagram and fulfillment. Introduced the CD4017, LM358, CD4511, NE555 from the function, figures etc.

the component is in the different realm, having the vast function.

Keyword: The light controls to control to target to adjust the light figures tube

目 录

绪论	5
(一) 设计的目的和意义。	5
(二) 设计主要原理及方案要点。	5
(三) 元器件的选取。	6
一、设计方案分析	6
二、设计方案规划及设计	7
(一)、单元电路设计	7
(1)、电源电路的设计	8
(2)、光控电路的设计	9
(3)、自动控制电路设计	9
(4)、计数/编码电路设计	11
(5)、译码/驱动显示电路设计	13
(6)、手动控制电路设计	15
(7)、97A6 控制电路设计	15
(二) 整机电路设计	16
(三)、整机电路的工作原理	17
三、电路的制作与调试	18
致 谢	22
主要参考文献	23

绪 论

(一) 设计的目的和意义。

毕业设计是理工科教学过程中的重要实践性教学环节，它是对学生在校期间所学知识的综合考察，也是对知识转化为能力的实际测验。毕业设计是在学完各专业必修课之后，并在做过课程设计的基础上进行的。目的是培养学生综合运用所学的基础理论课、专业课的知识、技能去分析和解决本专业范围内的一般工程技术问题的能力，培养学生建立正确的设计思想，掌握工程设计的一般程序、规范和方法。

综上所述，毕业设计有助于实现理论与实践相结合，教育与科研、生产相结合以及教育与国民经济相结合的目标，继而体现了毕业设计的教学、教育和社会功能。毕业设计在培养大学生强化社会意识、进行科学研究基本训练、提高综合实践能力与素质等方面，具有不可替代的作用，是培养大学生的创新能力、实践能力和创业精神的重要实践环节。

(二) 设计主要原理及方案要点。

现提供一批器材，请在其中选择适当的元器件，设计制作一个至少有三级变速的简单的电扇调速器。其要要求是当分别数显 0、1、2 三个数时电扇相应地在失电、强电（市电电压）、弱电（小于市电电压）三档级的供电状态。

由于不能提供一台电扇，只好给各位提供 220 伏交流 40 瓦的白炽灯泡及其塑壳灯头一套（供电导线从提供给作品用的电源线上剪下一段即可）。用白炽灯泡的熄、亮、暗代替电扇得失电、强电、弱电的三种状态便成为调光（调速）器。要求该调光（调速）器有如下功

能：

白天，手动（自动控制失效）控制灯泡的供电，即每当用手按一次调光（调速）器的按键时，显示的数码变动一字，对应的灯泡（或电扇）供电变化一档。

晚上，自动（手动失效）控制灯泡的供电，即当调光（调速）器得电后，自行显示“0—1—2”循环往复显字的同时，对应有灯泡失电“（灯泡失亮）—强电（灯光正常亮度）—弱点（灯光暗淡）”循环往复的过程，可形成“自然风”的模式。

（三）元器件的选取。

LM358、NE555、CD4011、CD4017、CD4511、光敏电阻、数码管、双向晶闸管、按键开关、保险管、继电器、变压器、灯泡、灯头，其它分立元件若干。

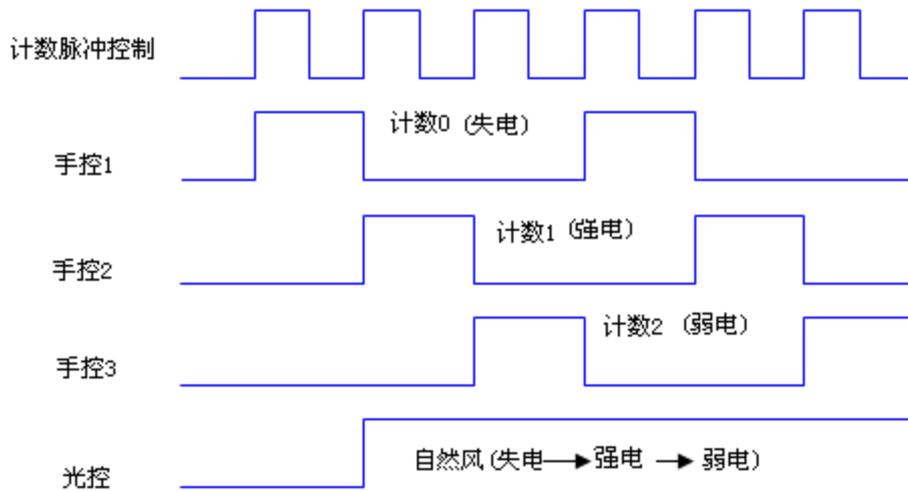
一、设计方案分析

按照方案要求，电路有两种工作方式，光控和手控，也就是白天工作和晚上工作。当电路得电工作：白天，自动控制不工作，只能进行手动控制，利用手动产生计数脉冲，进而一个脉冲控制一个显示。晚上，手动控制不工作，只能进行自动控制，利用多谐振荡自动产生计数脉冲，一个脉冲计数一次，周而复始；利用这两种方法控制计数脉冲的输出，当计数控制脉冲为高电平时，有计数脉冲输出，否则没有计数脉冲输出；然后利用计数脉冲控制计数器的输出显示，与此同时也控制灯光的变化。

在此，在分析电路的同时，我们先把时间区分好，在正常情况

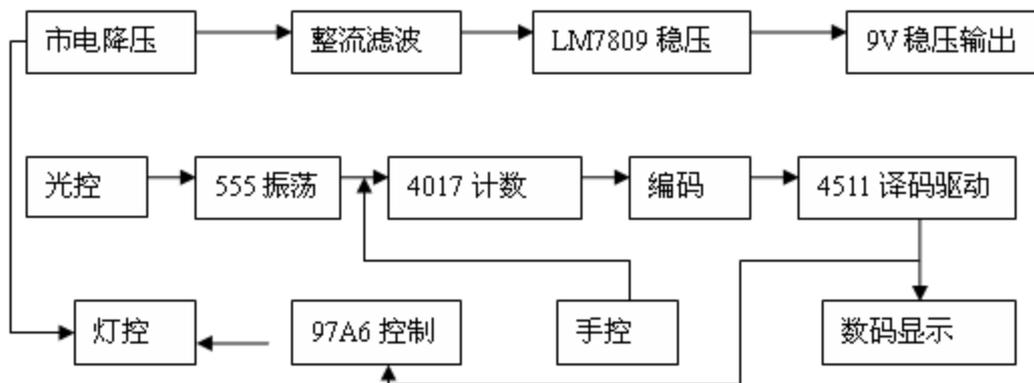
下，我们要在 2 个小时内把电路原理图设计完成，其剩余时间用来焊电路和检修电路，在这点上所以时间一定要掌握好，这样才能把电路设计完并做好。

电路主要波形如图（1）所示



图（1）简要波形图

通过电路波形图画出电路方框图如图（2）所示



图（2）电路方框图

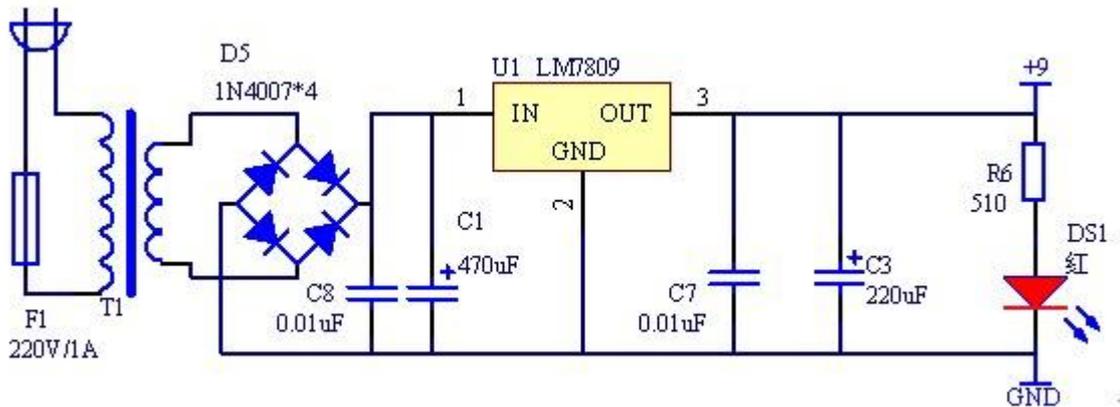
二、设计方案规划及设计

（一）、单元电路设计

将整机电路分为 7 大模块设计，即电源电路、光控电路、自动控制电路、计数/编码电路、译码/驱动/显示电路、手动控制电路、97A6 控制电路。

(1)、电源电路的设计

市电电压通过保险丝并经过变压器降压、IN4007 二极管整流、电容滤波、LM7809 稳压输出、利用红色发光二极管指示电源电路工作状态，电源电路的原理如图（3）所示。



图（3） 电源电路

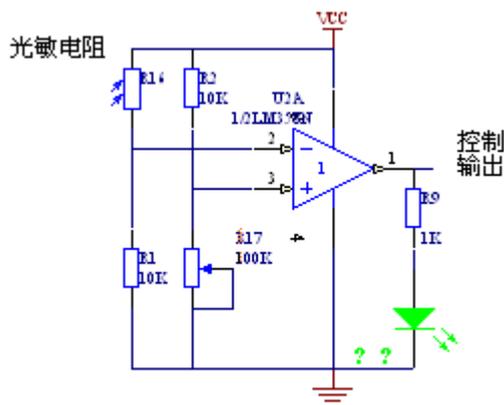
220V 市电经过变压器降压，二极管桥式整流，C8 用于滤除由市电引入的高频干扰，电容 C1 滤掉高频杂波后送入 LM7809 第 1 脚，第 2 脚接地，第 3 脚输出稳定的电压，电压为 9V。C7 进一步滤除高频干扰，C3 再滤波得到稳定 9V 电压，供给电路工作，红色发出二极管是电源指示灯，R6 是发光二极管的限流电阻，阻值的范围是（510 Ω ~ 1K）发光二极管的正常工作电流为 10mA。

电源是所有电气设备的灵魂，也是我们整机电路设计的重点。因为没有它，我们无论再完美、再有用的电路都不能工作，所以我们在每时每刻都必须把它记于心。所以在制作的时候，我们都一定要先

做电源电路，且要保证成功。

(2) 光控电路的设计

根据所给的元件，我们想要光控比较稳定，可以利用 LM358 来设计，我们知道 LM358 是二运放，所以只用它的一半就可。光敏电阻是根据半导体的光电导效应制成的，使用时给它施加以一定和偏



图(4) 光控电路

压。它对光线非常敏感，无光线照射时呈高阻态，有光照时材料中便激发出自由电子与空穴，使电阻值减小，随着照度的增强，电阻值迅速降低，电路如图(4)所示。

利用 1/2LM358 来进行电压比较，当白天时因光敏电阻阻值小，所以 $V_- > V_+$ ，则输出端为低电平。当晚上时，因光敏电阻阻值很大，所以 $V_- < V_+$ ，则输出端为高电平，电路中 R1 为分压电阻，R2 和 R17 构成电压取样值，取样的值大小可通过 R17 来调节，通过调节可使光控电路达到最佳工作状态，蓝色发光二极管指示工作状态，白天时不亮，晚上时亮。

(3)、自动控制电路设计

电路用多谐振荡器来做计数电路的主要部分，利用它产生持续的脉冲来进行自动控制。最常见的的多谐振荡器是用 NE555 组成的，它电路结构简单、性能良好。集成 555 定时器是一种电路结构简单、使用方便灵活、用途广泛的多功能中规模集成电路。只需在外部配接适当的阻容元件，便可组成施密特触发器、单稳态触发器和多谐振荡

器等多种应用电路，555 定时器的电源电压范围较宽，双极型的 5~16V，COMS 的为 3~18V，还能提供与 TTL 及 COMS 数字电路兼容的接口电平。555 定时器可输出一定的功率，用以驱动微电机、指示灯、扬声器等。它在脉冲波形的产生与变换、仪器仪表、测量与控制、家用电器与电子玩具等领域都有广泛的应用。

本电路就 NE555 构成多谐振荡器，利用光控来控制 NE555 的 4 脚，让其来控制自动计数。NE555 构成多谐振荡器最大振荡周期 T 为：

$$\begin{aligned} T &= 0.69 (R_{10} + R_4) C_6 \\ &= 0.69 (47000\Omega + 5000\Omega) \times 0.00001F \\ &= 0.3588S \end{aligned}$$

多谐振荡器的工作波形图如图 (5) 所示。电路接通电源的瞬间，由于电容 C 来不及充电， $V_c (=0V)$ 低于正向阈值 $V^+ (\frac{2}{3}V_{CC})$ 及负向阈值 $V^- (\frac{1}{3}V_{CC})$ ，555 定时器状态为“1”，输出 V_o 为高电位。与此同时，由于集电极开路输出端 (7 脚) 对地断开，电源 V_{CC} 通过 R_1 、 R_2 开始向电容 C 充电，电路进入暂稳态 I 状态。此后，电路按下列四个阶段周而复始地循环，从而产生周期性的输出脉冲。

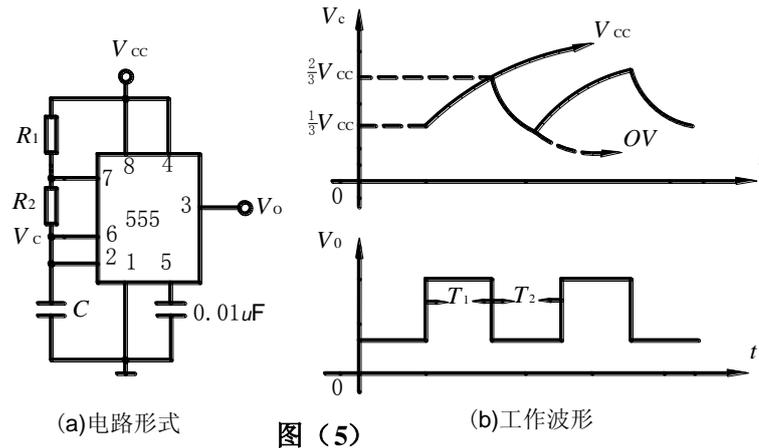


图 (5)

设计电路图如图 (6) 所示, 如果要改变振荡频率, 可以调节微调电位器 R_4 , 在电位器 R_4 串接电阻可以减小振荡频率。NE555 的 4 脚接信号控制端, 当 4 脚为低电平时, 有信号输出, 绿色信号指示信号输出。当 4 脚为高电平时, 没有信号输出, 信号输出的是持续的方波。

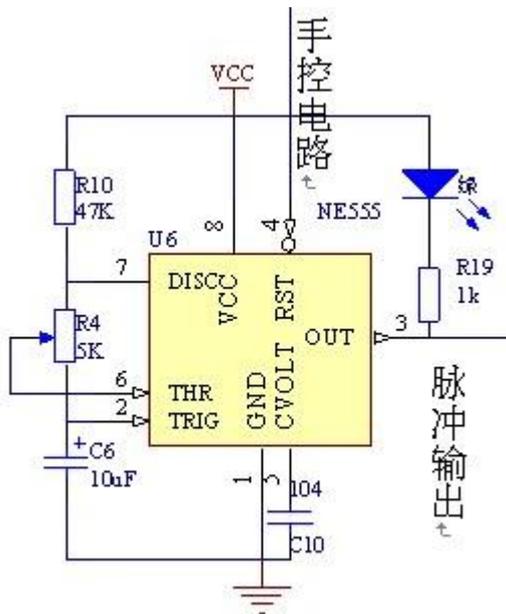


图 (6) 自动控制电路

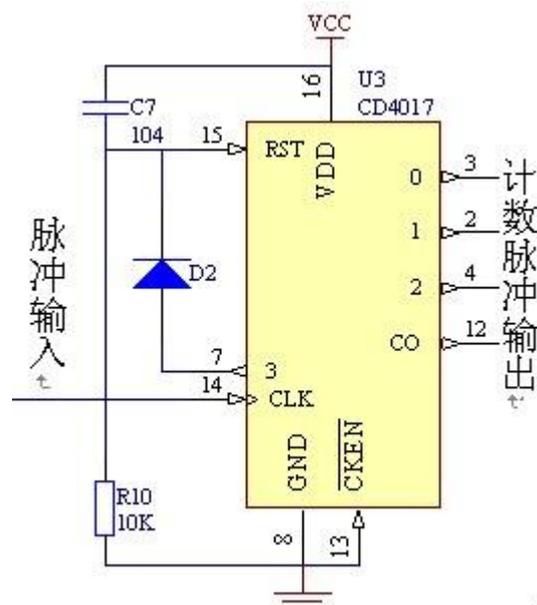
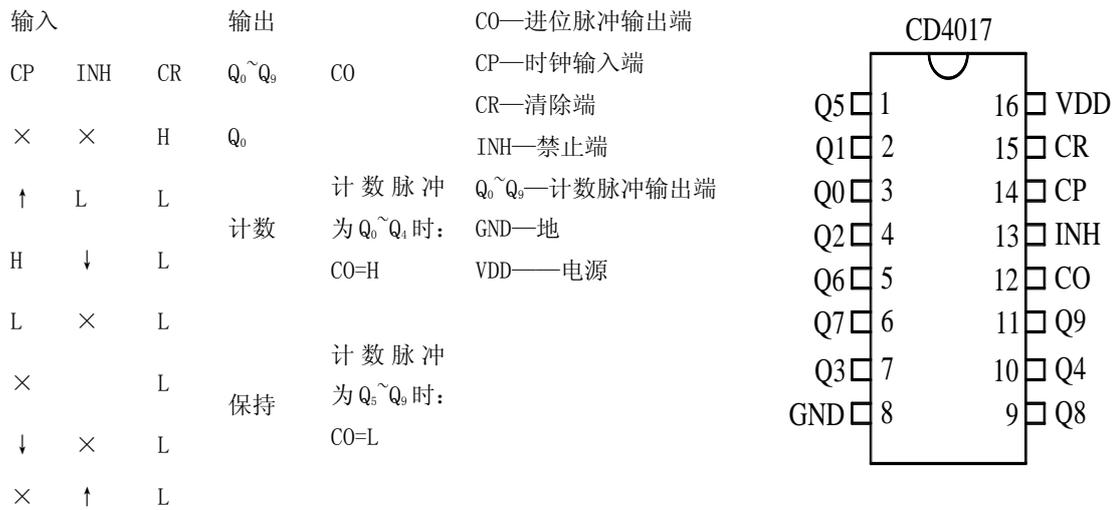


图 (8) 计数编码电路

(4) 计数/编码电路设计



图（7） CD4017 的引脚和真值表

电路的设计要求是循环显示“0-1-2”，我们利用 CD4017 来进行计数控制。CD4017 是 5 位 JOHNSON，具有 10 个译码输出端，CP、CR，INH 输入端，时钟输入端的施密特触发器具有脉冲整形功能，对输入时钟脉冲上升和下降时间无限制。INH 为低电平时，计数器在时钟上升沿计数；反之，计数功能无效。CR 为高电平时，计数器清零。Johnson 计数器，提供了快速操作，2 输入译码选通和无毛刺译码输出。防锁选通，保证了正确的计数顺序。译码输出一般为低电平，只有在对应时钟周期内保持高电平。在每 10 个时钟输入周期 CO 信号完成一次进位，并用作多级计数链的下级脉动时钟，CD4017 的引脚和真值表如图（7）所示。

我们设计的电路需要 IN4148 进行控制输出，其电路如图（8）所示，电路中只用到四个输出端口，即 Q0、Q1、Q2、Q3，其余不用。当来电时，Q0 为高电平，当来一个脉冲上升沿时，电路从 Q0 跳到 Q1，再就跳到 Q2，直到 Q3 时进行复位。电容 C7 与电阻 R10 组成开机复位电路，也就是电路得电时对 CD4017 进行复位，复位回到 Q0。二极管

D2 起保护作用，防止再开机复位时而造成电流倒流而损坏芯片。

(5)、译码/驱动显示电路设计

CD4511 是一块含 BCD—七段锁存/译码/驱动/消隐电路于一体的集成电路，其引脚见图 (9)。

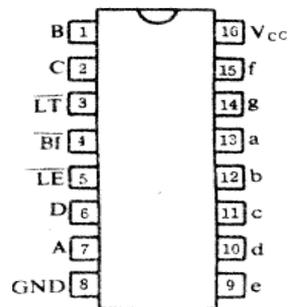


图 (9) CD4511 引脚排列

CD4511 的 1. 2. 6. 7 脚为 BCD 码输入端，第 9—15 脚为显示输出端。第 3 脚为测试端 (LT)，当 LT 为 “0” 时，输出全为 “1” 第 4 脚为消隐

端 (BI)，当 BI 为 “0” 时，输出全为 “0”，显然此时还可消除锁存器内的数值。第 5 脚为锁存允许端 (LE)，当 1e 端由 “0” 时所加 BCD 码对应的数码显示状态。第 16 脚接电源正极，第 8 脚接电源负极。

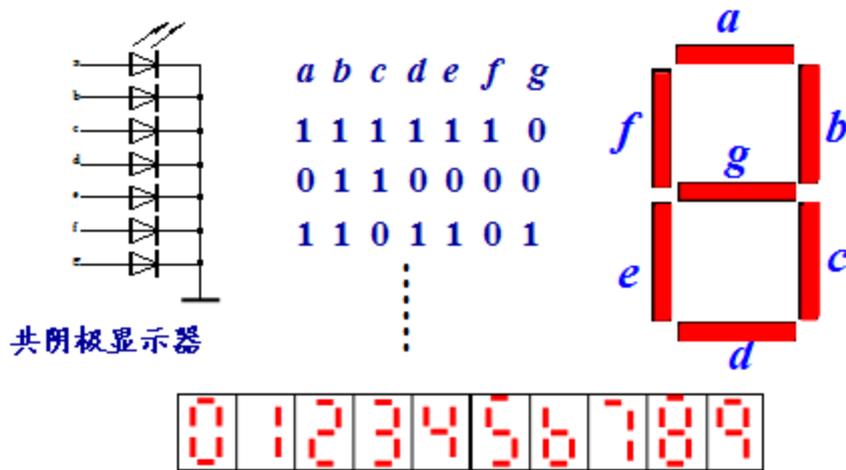
表 1 CD4511 的真值表

输入				输出							显示
\overline{LE}	\overline{BI}	\overline{LT}	D C B A	a	b	c	d	e	f	g	
L	H	H	L L L L	H	H	H	H	H	H	L	0
L	H	H	L L L H	L	H	H	L	L	L	L	1
L	H	H	L L H L	H	H	L	H	H	L	H	2
L	H	H	L L H H	H	H	H	L	L	L	H	3
L	H	H	L H L L	L	H	H	L	L	H	H	4
L	H	H	L H L H	H	L	H	H	L	H	H	5
L	H	H	L H H L	L	L	H	H	H	H	H	6
L	H	H	L H H H	H	H	H	L	L	L	L	7
L	H	H	H L L L	H	H	H	H	H	H	H	8
L	H	H	H L L H	H	H	H	L	L	H	H	9
L	H	H	H L H L	L	L	L	L	L	L	L	空白
L	H	H	H L H H	L	L	L	L	L	L	L	空白
L	H	H	H H L L	L	L	L	L	L	L	L	空白
L	H	H	H H L H	L	L	L	L	L	L	L	空白
L	H	H	H H H L	L	L	L	L	L	L	L	空白
L	H	H	H H H H	L	L	L	L	L	L	L	空白
X	X	L	X X X X	H	H	H	H	H	H	H	8
X	L	H	X X X X	L	L	L	L	L	L	L	空白
H	H	H	X X X X	其它输出同 \overline{LE} ↑							

CD4511 的 1、2、6、7 脚为 BCD 码输入端，在本电路中用于输入二极管编码输出的 BCD 码；译码输出端口分别是 “a-b-c-d-e-f-g”，其输出端接数码管显示，数码管每段的工作电流为 10mA 左右，所以必须在 CD4511

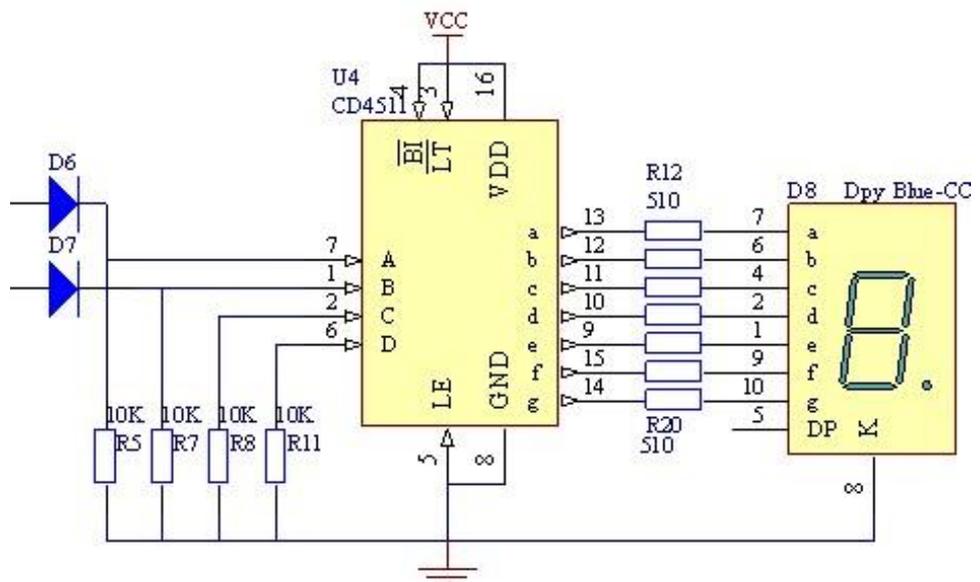
的输出端接上 7 个限流电阻，其阻值为 510Ω ，计算方法为： $(7-2) V \div 10mA \approx 510\Omega$ ；按照设计要求，CD4511 必须工作在两种状态中：计

数、消隐。由 CD4511 的真值表（表 1）可知，LT 非为测试端，当 LT 非为低电平时，输出全为 1，显示“8”，此端可以用来在制作时测试数码管的好坏和显示故障，本电路接高电平；BI 非端为消隐端，当它为低电平时显示消隐，为高电平时显示正常，本电路接高电平；LE 非为锁存端，高电平锁存，本电路接低电平。



图（10） 数码管结构

数码管的结构如图（10）电路中用的是共阴极的数码管，其工作方法是，当笔段接高电平，公共阴极接低电平时，相应的笔段可以发光。

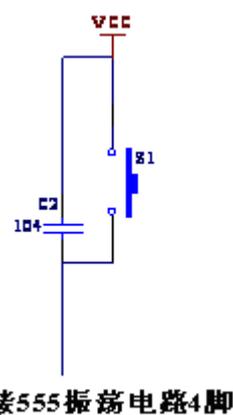


图（11） 译码/驱动显示电路

计数/编码电路如图（11）所示，按题目要求只显示“0.1.2”，所以我们可以不要经过繁杂的编码，只用两个 IN4148 直接构成。CD4511 中 A、B、C、D 所对应的是 8421BCD 码的 1、2、4、8。两个二极管，D6 接入 A，显示 1，D7 接入 B 显示 2，剩余的 CD 直接拉接 10K 下拉电阻（注意：在 COMS 电路中，输入端一律不许悬空，不然会引起数码的不稳定，所以要么就接上拉电阻，要么接下拉电阻）。

（6）手动控制电路设计

在自动控制的同时，我们还有手动控制，手动控制的电路如图（12）所示，电路十分简单。我们只是利用 CD4017 来一个脉冲计数一次的特点，在自动控制不工作时，用手动来控制，电路只是由开关 S1 和电容组成。因为开关是按钮开关，当按下开关时，电流在一瞬间给予 NE555 的 4 脚高

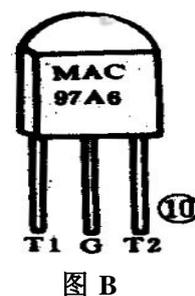
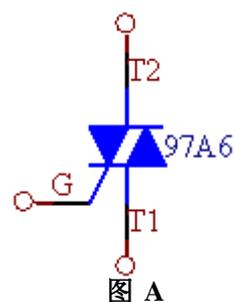


图（12）手动控制电路

电平，NE555 马上输出一个脉冲，CD4017 计数一次。104 这个瓷介电容起消除抖动作用。

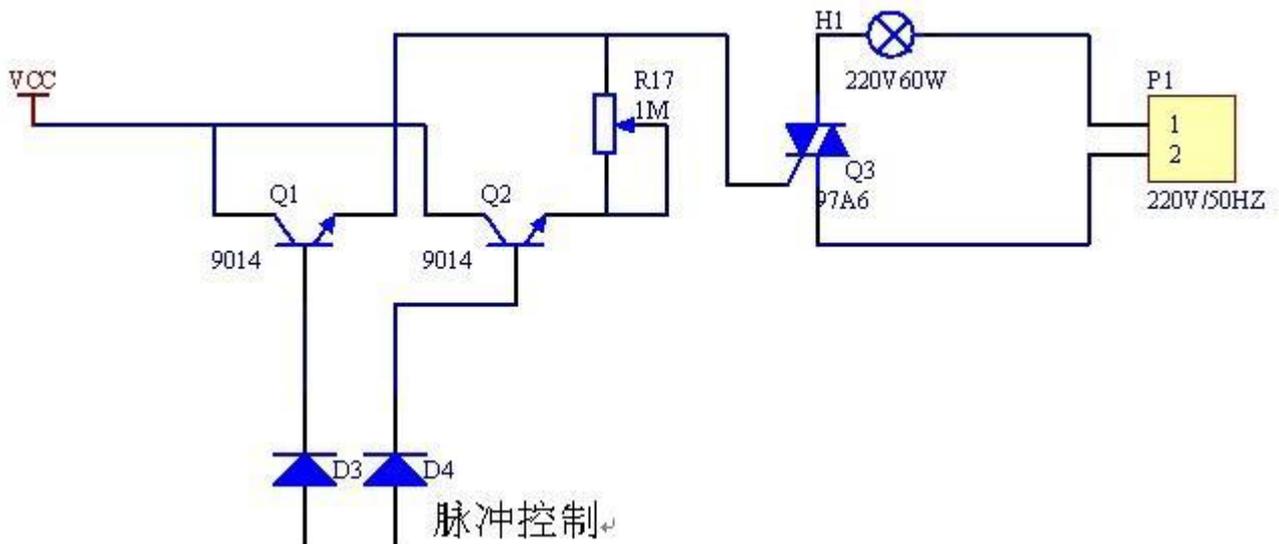
（7）97A6 控制电路设计

双向晶闸管旧称双向可控硅，相当于两个单向晶闸管的反极并联而成。双向晶闸管的外形结构如图（B）所示，从图中可以看出有三个电路，分别称为第一电极 T1、第二电极 T2、控制极 G，T1、T2 又称为主电极。对晶闸管来说，无所谓阳极和阴极，任何一个主电极，对一个管子是阳极，对另一个管就是阴极，反过



来也一样，双向晶闸管触发方式有两种，一种是调节电压、电流，另一种是用双向触发二极管。双向晶闸管的符号如图（A）所示双向晶闸管使得电路的可靠性提高，设备的体积缩小，重量减轻，这是双向晶闸管的一个突出优点。

97A6 晶闸管，最大电流可以达到 1A，最大输出功率为 60W，耐压为 600V。这里我们用的是电压触发，电路如图（13）所示，我们利用三极管的开关特性来控制晶闸管的 G 极的电压通断。当 D3 这个二极管有电压通过时，Q1 三极管导通，则 9V 电压通过三极管 CE 极而触发 97A6 晶闸管，此时灯最亮（强电）。同理，D4 用电压时，Q2 三极管导通，导通电压流过电阻 R17 降压而输出，此时灯微亮（弱电）。R17 可以调节电灯的亮度，调至明显效果即可。



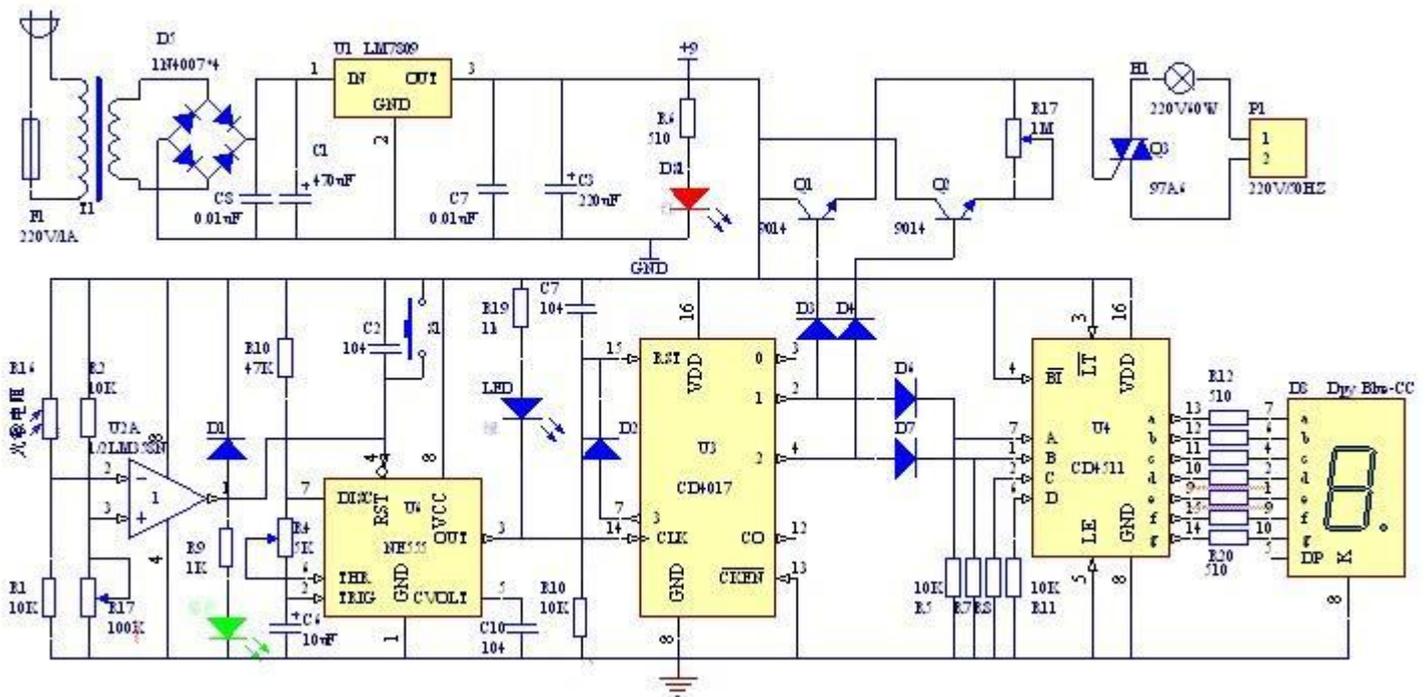
图（13） 97A6 控制电路

（二）整机电路设计

当所有单元电路都设计完成之后就要对整机电路进行设计分析。整机电路的设计其实就是利用方框图及所要设计电路的逻辑关系

把设计出来的单元电路进行组合，组合完成能实现电路工作就完成了整机电路的设计。当然，整机电路的设计也并不是把单元电路组合在一起就可以了，它要考虑到多方面的因素，比如它们的级联问题，电器特性的相互问题，信号耦合方式以及相互干扰等问题。

本电路的总电路原理图如图（14）所示



（三）、整机电路的工作原理

利用 1/2LM324 与光敏电阻构成一个光控电路，当白天时，因光敏电阻有光照而电阻小，所以 $V^- \rightarrow V^+$ ，V0 输出为低电平。而 1 脚的输出端用来控制 NE555 的 4 脚，NE555 芯片利用分立元件组成一个多谐振荡器。众所周知，要想 NE555 振荡，4 脚必须接高电平，那么在白天的情况下 1 脚输出为低电平而使 NE555 不振荡。依次可知因 CD4017 构成的计数器 CP 端就没脉冲输入而不工作。根据赛题的要求，

以上的为自动控制，但因工作不满足而不工作，所以在自动控制不工作的时候我们只能进行手动控制。要知道，CD4017 如果正常计数，必须给予脉冲，脉冲的控制由一个按钮开关和一个电容组成。手动计数时，按一下开关就一个脉冲，脉冲输出控制 CD4017 计数一次，而计数脉冲经过编码后由 CD4511 组成的电路进行译码/驱动并输出显示“0”紧接着显示“1”如此而已。

当然，晚上时，由于光敏电阻无光而成高阻状态，所以 $V_- < V_+$ ，1 脚输出高电平。而由 NE555 构成的多谐振荡器由于 4 脚变为高电平，所以多谐振荡器起振，并输出连续不断的脉冲，进而脉冲控制起振 CD4017 进行计数输出，经过译码/驱动后数码管在 0-1-2-0-1-2……一直循环跳变。此时电路工作在自动控制状态，而手动控制不工作。

我们利用三极管的开关特性来控制晶闸管的 G 极的电压通断。当 D3 这个二极管有电压通过时，Q1 三极管导通，则 9V 电压通过三极管 CE 极而触发 97A6 晶闸管，此时灯最亮（强电）。同理，D4 用电压时，Q2 三极管导通，导通电压流过电阻 R17 降压而输出，此时灯微亮（弱电）。R17 可以调节电灯的亮度，调至明显效果即可。

三、电路的制作与调试

当一个电路设计好后封信它的可行性可通过后就可通过后就可把这个整机电路利用所给元件排版并焊接在专用的万能班上，焊接完后就可以把理论上的整机电路变为实际的整机电路。为了方便单元电路的检测，一定要注意电源电路一定要最先焊。

在制作中，一定要注意许多细节，元件排布和焊接工艺是十分重

要的。元件排布是为了焊接的方便和布局的美观，它的排布或许会花好多时间，但如果你以一个单元电路模块、一个单元电路模块来排布，这样就可节约许多时间。在排布的过程中一定要注意传感器件及控制器件的排布，在电路中光敏电阻这传感器件一定要排在边缘，不要排在一些发光器件周围，同时不要在光敏电阻周围排上一些会阻光线的器件，要让光敏电阻感光范围大。至于一些其他控制器件（如按钮开关）也一定要安在适合操作的方位上，并且要显眼。

至于焊接工艺，这是每位参赛选手平时的基本功。焊接的好坏，直接关系到电子产品或制作的质量，这必须严格要求。为了确保制品受到振动或冲击时不知脱落松动，要求焊点一定要有良好的机械强度，为了确保良好的导电性能，要求焊点无虚焊、焊接要可靠，为了确保焊点的形状表面圆而光滑、清洁、无毛刺，要求用好的焊锡松香和烙铁。在焊接过程中一定要控制时间，要避免因加热时间过长而烧坏元件。焊接的连线不要太多焊锡，避免两条平行而造成短路。

要熟悉所焊印制电路板的装配图，并按图纸配料检查元器件型号、规格及数量是否符合图纸上的要求。

元器件的装焊顺序依次是电阻器、电容器、二极管、三极管、集成电路、大功率管，其它元器件是先小后大。

电阻器的焊接 按图将电阻器准确地装入规定位置，并要求标记向上，字向一致。装完一种规格再装另一种规格，尽量使电阻器的高低一致。焊接后将露在印制电路板表面上多余的引线脚齐根剪去。

电容器的焊接 将电容器按图纸要求装入规定位置，并注意有极性的电容器其“+”与“-”极不能接错。电容器上的标记方向要

易看得见。先装玻璃釉电容器、金属膜电容器、瓷介电容器，最后装电解电容器。

二极管的焊接 正确辨认其正负极后按要求装入规定位置，型号及标记要易看得见。焊接立式二极管时，对最短的引线脚焊接时，时间不要超过 3 秒钟。

三极管的焊接 按要求将 e、b、c 三根引线脚装入规定位置。焊接时间应尽可能的短些，焊接时用镊子夹住引线脚，以帮助散热。焊接大功率三极管时，若需要加装散热片，应将接触面平整，打磨光滑后再紧固，若要求加垫绝缘薄膜片时，千万不能忘记管脚与线路板上焊点需要连接时，要用塑料导线。

集成电路的焊接是将集成电路装在印制线路板上，按照图纸要求，检查集成电路的型号、引线脚的位置是否符合要求。焊接时先焊集成电路边沿的二只引线脚，以使其定位，然后再从左到右或从上至下进行逐个焊接。焊接时，烙铁一次沾取锡量为焊接 2~3 只引线脚的量，烙铁头先接触印制电路的铜箔，待焊锡进入集成电路引线脚底部时，烙铁头再接触引线脚，接触时间以不超过 3 秒钟为最好，而且要使焊锡均匀包住引线脚。焊接完毕后要查一下，是否有漏焊、碰焊、虚焊之处；并清理焊点处的焊料。

整个电路一定要按单元电路来一个模块，一个模块焊接，一般在全先一定要先焊电源部分确保它的有用。然后再根据原理图一个模块，一个模块焊接，在焊完一个单元电路是一定要对其进行通电测试，测试要有用为止，否则一定不要在焊其他单元路，这样可以避免在所有单元电路焊完后组成一个整机电路出现大面积故障而造成排岔故

障的难度。

电路测试十分重要，调试一定要在做单元电路时就把他调适在合适的工作范围。如整机电路中的光控，调试它的灵敏度要合适，不要造成灵敏度太高或太低。此外，在整机调试中还要对安全性、稳定性和时序的准确性进行调试。因电路工作在 220V，所以整机安全性要注意。在 97A6 控制灯光的三种状态调试也要注意它们的参数选用合适的电阻参数达到最明显的视觉效果，这点是电路的重点。

致 谢

感谢指导老师谈卫东教授在繁忙工作中，经常抽出时间来指点我的学习。他的严谨细致、一丝不苟的作风一直是我学习中的榜样，他循循善诱的教导和不拘一格的思路给予我无尽的启迪。这篇论文的每个实验细节和每个要注意的事项都离不开您的强细心指导。

感谢南昌理工学院电子信息科学系陈志龙博士、罗中华主任以及吴振庚、蔡国瑞、鲍宏亚等多位老师，愿他们工作顺利。

感谢我的爸爸妈妈，焉得谖草，言树之背，养育之恩，无以回报，你们永远健康快乐是我最大的心愿。

感谢我的室友们，从遥远的家来到这个陌生的城市里，是你们和我共同维系着彼此之间兄弟般的感情，维系着寝室那份家的融洽。三年了，仿佛就在昨天。愿大家在今后的事业道路上一帆风顺！

从开始进入课题到论文的顺利完成，有多少可敬的师长、同学、朋友给了我无言的帮助，在这里请接受我诚挚的谢意！

参考文献

- 数字电路基础 罗中华 清华大学出版社
- 电子实训指导 蔡国瑞等 南昌理工学院
- 电子电工实践指导 王港元 江西科学技术出版社
- 电子技能与实践. 张大彪. 电子电工出版社, 2003
- 新编传感器原理、应用、电路详解. 方佩敏. 电子电工出版社, 2005
- 74 系列芯片手册 李海 重庆大学出版社 1999