

## 8.1 设计课题示例

### 8.1.1 8 路抢答器

#### 1. 设计任务和要求

(1) 设计一个供 8 个代表队参赛的抢答器，每队的编号为 0~7，代表队通过按键实施抢答。

(2) 按照优先抢答原则，当某代表队首先抢答时，用数码管显示代表队的编号，并伴随有声音提示，同时锁定抢答电路，不再允许其他队抢答。

(3) 抢答限时为 20s，在 20s 内如果没有代表队抢答，系统发出声音提示，并自动锁定抢答电路，直到下一题抢答主持人解锁方可进入抢答状态，抢答时间采取倒计时并用数码管显示。

(4) 主持人通过控制手柄(一个开关)控制抢答器，控制抢答的开始与终止，解锁抢答器、关闭提示音。

#### 2. 系统总体设计方案

根据任务要求，系统应该由秒信号发生器、抢答按键、优先编码器、锁存电路、倒计时电路、控制电路、译码电路、显示电路、音响电路等组成，系统方案如图 8-1-1 所示。

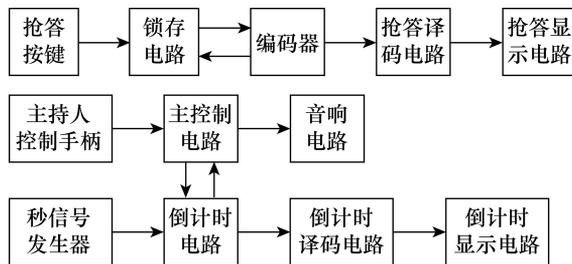


图 8-1-1 8 路抢答器总体框架图

### 3. 单元电路设计

#### (1) 秒信号发生器

1s 的信号可通过分频得到,如图 8-1-2 所示,也可通过 555 定时器构成多谐振荡器构成,如图 8-1-3 所示。

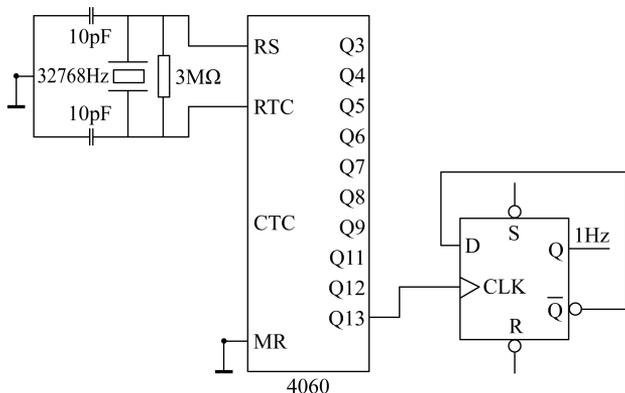


图 8-1-2 CC4060 分频构成的秒信号发生器电路

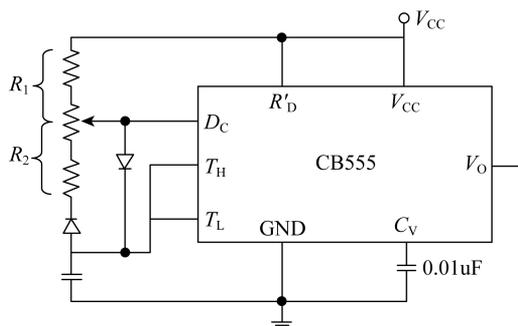


图 8-1-3 555 定时器构成的秒信号发生器图

$$f = 0.69(R_1 + 2R_2)C = 1\text{s}$$

$$q = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2}$$

取  $C = 0.01\mu\text{F}$ , 则  $R_1 = R_2 = 48.3\text{K}$ , 所以取两个 47K 的固定电阻和 1 个 1K 的电位器即可构成占空比为 50%, 频率为 1Hz 的秒信号。

#### (2) 抢答电路

抢答按键、锁存器和优先编码器构成抢答电路,如图 8-1-4 所示。解锁信号来源于主持人的按键,当主持人按键后解锁信号为高电平, U3 门的输出为高电平,倒计时输出为高电平(时间没到), U1 门的 LE 为高电平,开始接收按键信号,如在倒计时未到时有人抢答则抢答信号为低电平,此时解锁信号已撤销, U3 门输出为低电平, U1 门的 LE 信号为低电平,封锁别人抢答。如果倒计时到时还没有人抢答,则在倒计时控制信号(低电平)封锁抢答,直到下一次主持人解锁方可接收抢答信号。

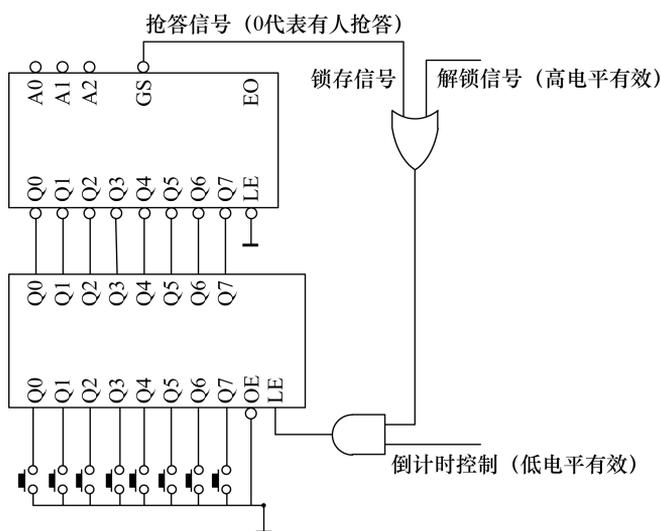


图 8-1-4 抢答电路图

### (3) 抢答译码、显示电路

如用共阴数码管则选用 74LS48 译码，如用共阳数码管则选用 74LS47 译码，，由于编码器的输出只有 3 位，用来显示 0~7，所以译码器的数据输入最高位直接接地，由于 74LS148 是反码输出，所以编码器的输出 A2、A1、A0 各经一个非门接到显示译码器的低 3 位数据输入端。为了方便期间，这里直接选喊译码器的 BCD 码数码管。

### (4) 20 秒倒计时电路

20s 倒计时电路用两片 74LS192 构成，用主持人的解锁信号作为置数信号，由于解锁信号是高电平有效，所以当解锁时 U7、U8 的 PL 为低电平，完成置数“0010 0000”，或门 U3：A 的输出为“1”，与门 U6：A 的闸门打开，1Hz 的信号加到了计数器 U8 的减法脉冲输入端，开始减法计数，如有人抢答，则抢答信号封锁

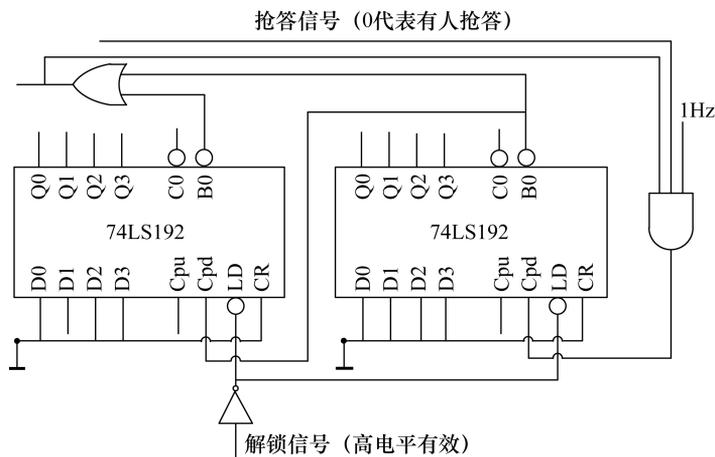


图 8-1-5 20s 倒计时电路图

U6: A 的闸门, 倒计时电路停止倒计时工作; 如没人抢答, 则倒计时一直计时到“0000 0000”时或门 U3: A 的输出低电平, 不仅封锁了秒信号, 倒计时电路停止工作, 同时封锁了抢答电路, 同时用倒计时控制信号控制音响电路发声提醒。

#### (5) 音响电路

音响控制电路如图 8-1-6 所示。用 555 定时器构成多谐振荡器, 振荡频率为  $f=1.43/((R_{10}+2R_9) \cdot C_2)$ , 当有人抢答或无人抢答且倒计时 20 秒到时, 与非门 U10: A 输出高电平, 多谐振荡器开始工作, 扬声器发声。在这里最好用三极管放大后再驱动扬声器。

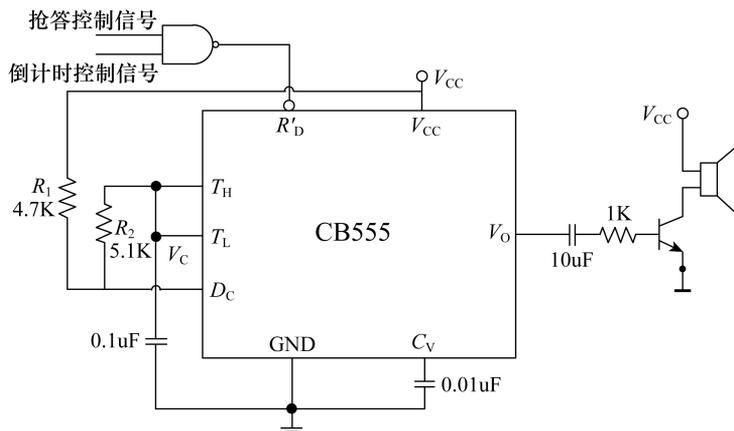


图 8-1-6 音响控制电路

#### (6) 主控制电路

主持人控制电路用一个 RS 锁存器就可完成, 如图 8-1-7 所示。

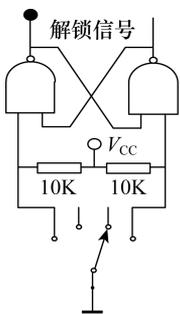


图 8-1-7 主控制电路

主持人将控制手柄拨到最左端, U10: B 的输出为高电平, 完成解锁功能, 同时将倒计时置数为“0010 0000”, 即“20”s, 之后将手柄拨到最右端, 系统开始工作。

### 4. 电路的安装与调试

(1) 所用集成块多, 连线多, 在安装前首先对各元件的安装位置进行规划, 尽量减少连线的交叉。

(2) 安装时按照图纸先将各单元电路安装并调试, 之后再各模块有序地级联起来, 做到边安装边调试。

(3) 安装、调试的一般过程为：先安装调试秒信号发生器，再安装调试抢答电路、译码显示电路、主控电路，最后安装调试音响电路。

8 路抢答器整体电路图如图 8-1-8 所示。

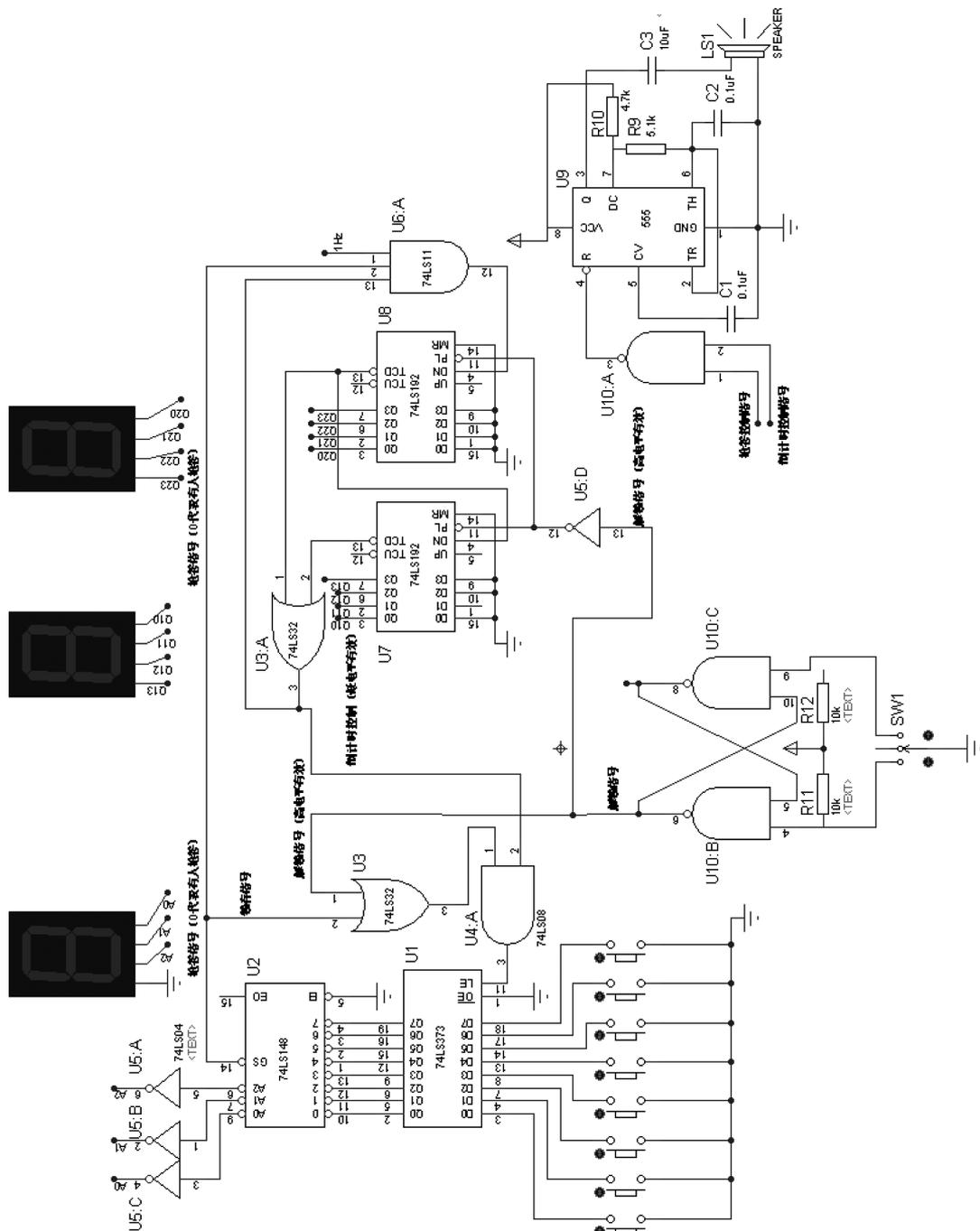


图 8-1-8 8 路抢答器整体电路图

## 8.1.2 交通信号灯的控制

### 1. 设计任务和要求

(1) 设计一个交通信号灯控制器，由一条东西路和一条南北路合成十字路口，在每个入口设置红、黄、绿三色信号灯，红灯亮禁止通行，绿灯亮允许通行，黄灯亮则等待。

(2) 东西、南北路轮流通行，东西亮绿灯时，南北亮红灯；南北亮绿灯时，东西亮红灯。

(3) 每次由绿灯变为红灯前，黄灯先亮 5s。在黄灯亮时，另一干道上的红灯按 1Hz 的频率闪烁，这种情况称为等待状态。

(4) 以倒计时方式显示时间，以便于行人和司机直观地把握时间。时间显示系统以秒作单位。

(5) 红、黄、绿灯亮的时间能在 0~99s 内任意设定。

### 2. 系统总体设计方案

交通灯控制系统应由四个部分组成，即秒信号发生器、计时系统(包括置数控制器、倒计时计数器、译码显示器)，状态计数和译码控制系统(包括状态计数器和状态译码控制器)，灯光控制系统(包括灯光控制器、东西、南北的信号灯)，如图 8-1-9 所示。秒脉冲发生器产生整个系统的时基信号；在系统的不同状态，时间计数器分别作 20 进制(红绿灯亮)、5 进制计数(黄灯亮红灯闪)；时间计数器按减法计数，在计数到零时送出一个信号给状态计数器；状态计数器对系统的工作状态进行计数；状态译码控制器对状态计数器译码，向灯光控制系统和置数控制器发出工作指令；灯光控制系统控制各个灯的点亮。

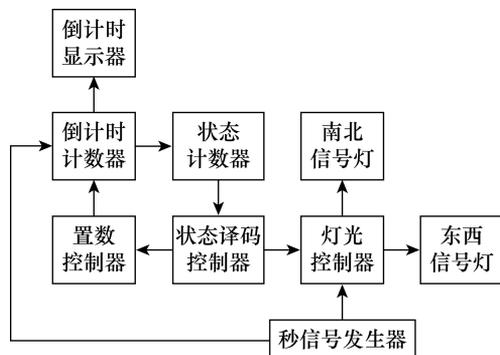


图 8-1-9 交通信号灯控制器结构框图

### 3. 单元电路设计

(1) 状态计数器根据控制要求，交通信号灯共有 4 种工作状态，并且在这几种状态之间循环，其状态表如表 8-1-1 所示。

表 8-1-1

状态	东西路	南北路	时间
S0	绿灯亮, 允许通行	红灯亮, 禁止通行	20 秒
S1	黄灯亮, 停车	红灯闪, 禁止通行	5 秒
S2	红灯亮, 禁止通行	绿灯亮, 允许通行	20 秒
S3	红灯闪, 禁止通行	黄灯亮, 停车	5 秒

由于存在四个状态, 一块 74LS161 构成四进制计数器就满足需求。根据题意, 倒计时的借位输出  $Q_s$  就是 74LS161 的计数脉冲, 利用系统复位信号实现状态计数器异步清零, 利用同步置数法构成 4 进制计数器, 其工作原理图如图 8-1-10 所示。

(2) 倒计时系统

倒计时系统由置数、倒计时、译码显示三部分组成。根据题意, 用两片 74LS192 级联就能满足需求, 但由于存在不同的倒计时数, 而且还可以任意改变, 因此必须用带有三态门的数据收发器才能满足需求, 因此这里特选用 74LS245 数据收发器。如图 8-1-11 所示。

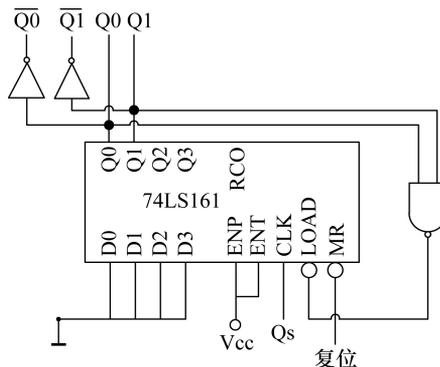


图 8-1-10 交通灯工作状态计数器电路图

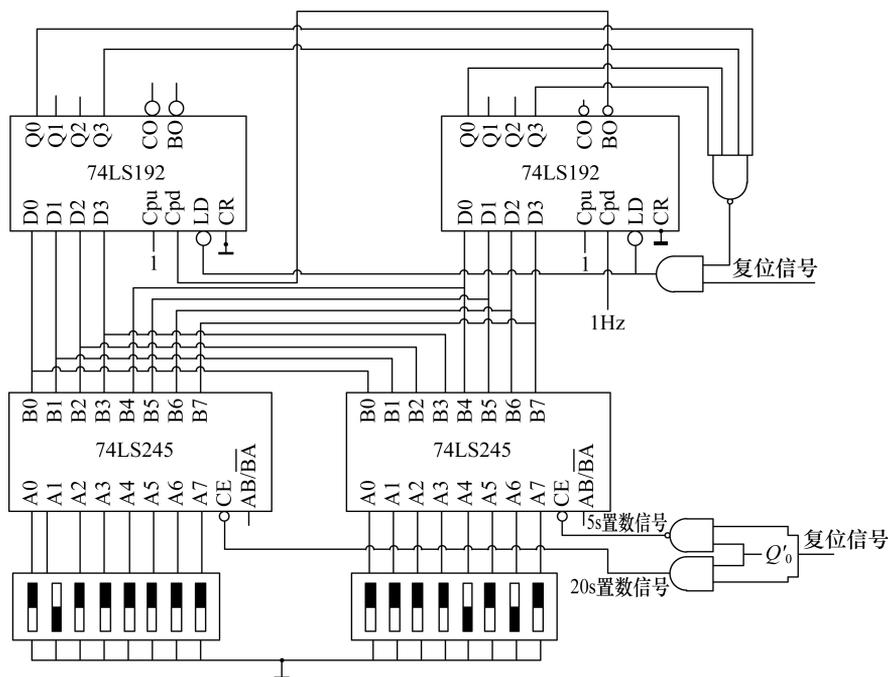


图 8-1-11 倒计时系统图

(3) 状态译码控制

设东西路的红、黄、绿灯用 R、Y、G 表示，南北路的红、黄、绿灯用 r、y、g 表示，置数 5s 的使能信号为  $\overline{CE}_5$ ，置数 20s 的使能信号为  $\overline{CE}_{20}$ ，则状态译码真值表如表 8-1-2 所示。

表 8-1-2

输入			输出							
复位信号	状态控制器输出		东西路信号灯			南北路信号灯			置数控制	
sw	Q1	Q0	R	Y	G	r	y	g	$\overline{CE}_5$	$\overline{CE}_{20}$
0	×	×	0	0	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	$R_{\text{红灯闪}}$	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
1	1	1	$R_{\text{红灯闪}}$	0	0	0	1	0	1	0

则： $R = Q_1 Q'_0 + Q_1 Q_0 R_{\text{红灯闪}} = Q_1 Q'_0 + Q_1 R_{\text{红灯闪}} = Q_1 \cdot \overline{Q_0 R'_{\text{红灯闪}}}$        $Y = Q'_1 Q_0$        $G = Q'_1 Q'_0$

$r = Q'_1 Q'_0 + Q'_1 Q_0 R_{\text{红灯闪}} = Q'_1 \cdot \overline{Q_0 R'_{\text{红灯闪}}}$        $y = Q_1 Q_0$        $g = Q_1 Q'_0$

$\overline{CE}_5 = \overline{sw \cdot Q'_1 Q'_0 + sw \cdot Q_1 Q'_0} = \overline{sw \cdot Q'_0}$        $\overline{CE}_{20} = \overline{sw + sw \cdot Q'_1 Q_0 + sw \cdot Q_1 Q'_0} = \overline{sw \cdot Q'_0}$

依据上述信号灯译码逻辑表达式，得出信号灯电路图，如图 8-1-12 所示。

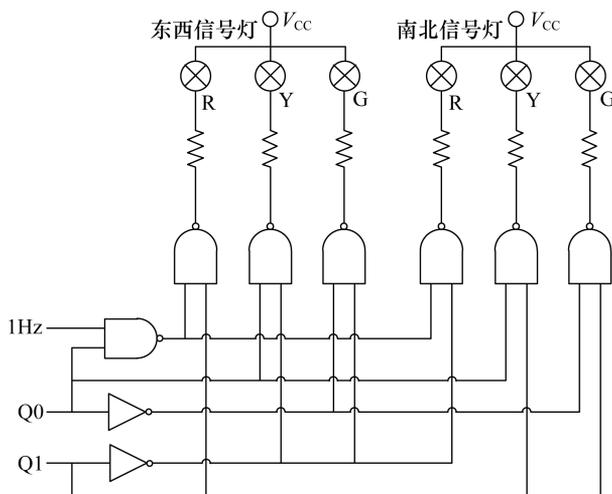


图 8-1-12 信号灯电路

4. 电路的安装与调试

(1) 所用集成块多，连线多，在安装前首先对各元件的安装位置进行规划，尽量减少连线的交叉。

(2) 安装时按照图纸先将各单元电路安装并调试，之后再各模块有序地级联起来，



## 8.2 课程设计课题

### 8.2.1 花样彩灯控制器设计

#### 1. 设计任务和要求

用中小规模集成电路设计一个八花样彩灯控制器，彩灯按以下八种花样不停地轮流点亮，每种花样显示 16 个节拍。

- (1) 花样 0：全灭。
- (2) 花样 1：彩灯一亮一灭，从左到右移动。
- (3) 花样 2：彩灯两亮两灭，从左到右移动。
- (4) 花样 3：彩灯四亮四灭，从左到右移动。
- (5) 花样 4：彩灯从左到右逐次点亮，逐次熄灭。
- (6) 花样 5：彩灯两亮一灭，三亮两灭，从左到右移动。
- (7) 花样 6：彩灯一亮七灭，从左到右移动。
- (8) 花样 7：全亮

#### 2. 总体设计方案

根据设计任务要求，八花样彩灯控制器电路应当由秒信号发生器、16 节拍发生器、花样产生电路、花样计数器、花样选择电路和串入并出移位寄存器和彩灯显示电路组成，其框架图如图 8-2-1 所示。

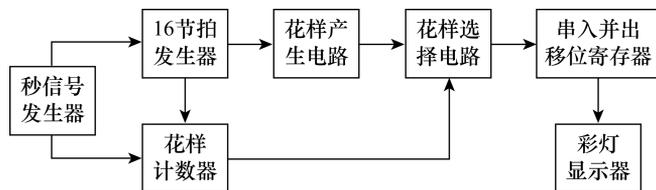


图 8-2-1 八花样彩灯控制器框架图

秒信号发生器用于产生系统工作所需要的秒脉冲信号；16 节拍发生器接连不断地产生节拍，可通过一个 16 进制计数器完成任务；花样产生电路产生八种花样，对于每一种花样均在每一个节拍有特定的编码输出，使彩灯按规定的花样点亮；花样计数器用于对当前的工作花样状态进行计数，是八进制计数器，每经过 16 个节拍花样计数器加 1；花样选择电路从当前 8 种花样中选择一种，送到 8 位串入并出移位寄存器输出；8 位移位寄存器将花样序列编码信号逐位输入并从左到右逐位移位；彩灯显示器用发光二极管代替彩灯进行显示。

#### 3. 电路的安装与调试

- (1) 自制秒信号发生器，并调试，用示波器观察波形和幅度，达到需求。
- (2) 设计构成 16 节拍发生器和 8 进制计数器，并安装调试。

- (3) 设计花样产生电路，并安装调试。
- (4) 设计花样选择电路、移位电路和显示电路，并安装调试。
- (5) 系统整体级联并调试。

#### 4. 分析、整理，写出设计报告。

## 8.2.2 篮球比赛计时、计分器

### 1. 设计任务和要求

用中小规模集成电路设计一个篮球比赛计时、计分控制器，具有如下功能：

- (1) 比赛采取四节制，每节比赛时间为15min，对每节时间采取倒计时显示。
- (2) 对节次按照1、2、3、4正计数并显示，4节时间到时立即停止比赛。
- (3) 具有暂停功能，暂停期间停止计时，比赛恢复后接着继续计时。
- (4) 具有计分功能，能加3分、2分、1分，并显示，在暂停期间封锁计分功能。
- (5) 比赛结束时，发音提醒，并停止计数，直到下次复位重新比赛。

### 2. 总体设计方案

根据设计任务要求，篮球比赛计时、计分器由秒信号发生器、15min 倒计时器、节次计数器、计分器、暂停控制电路、复位控制电路和音响电路组成，其框架图如图 8-2-2 所示。

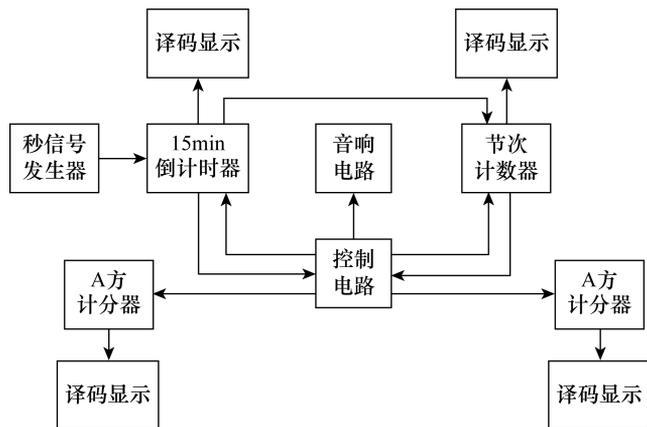


图 8-2-2 篮球比赛计时计分器框架图

倒计时器用来定时 15 分钟，每累计 15 分钟就计满一节，构成一个 15 进制计数器，初值为 15 就满足需求，由于时基信号是“1 秒”，因此首先构成一个 60 进制计数器，每经过 60 秒，节计时器减 1；节次计数器用来计数节次，构成 4 进制计数器，初值为 1，倒计时器为 0 时节次计数器加 1；比赛开始时通过主控电路使倒计时器和节次计数器置数并开始工作，在主控电路的控制下实现暂停和继续计时功能。

计分器可用两套 3 位 10 进制加法计数器构成，计数脉冲为单脉冲，在正常比赛期间，投入 3 分球则连续按 3 次按键（给出 3 个单脉冲）分值加 3，投入 2 分球、1 分球处理方法

以此类推。当计满 4 节比赛时，封锁系统，并控制音响电路发声，直到下次复位重新比赛。

### 3. 电路的安装与调试

- (1) 由于电路较复杂，秒信号发生器自制也可用标准信号。
- (2) 设计构成 15 进制倒计时器(显示 15、14……2、1、0)和 4 进制计数器(显示 1、2、3、4)，并安装调试，注意二者级联关系，并安装调试。
- (3) 设计音响电路，并安装调试。
- (4) 设计计分电路，并安装调试。
- (5) 设计主控电路，进行系统整体级联并调试。

### 4. 分析、整理，写出设计报告。

## 8.2.3 数字式音量调节电路

### 1. 设计任务和要求

用中小规模集成电路设计一个数字式音量调节电路，具有如下功能。

- (1) 数字音量调节电路有两个外部操作按键，即音量的增加按键 S1 和音量的减小按键 S2。
- (2) 设计一个静音按键 S3，按下静音按键时，处于静音。
- (3) 系统上电时，音量处于一个适中的位置。
- (4) 当音量达到最大值或最小值时，音量保持不变。

### 2. 总体设计方案

根据设计任务要求，系统由音量衰减网络、模拟开关电路、主控电路构成，电路框架图如图 8-2-3 所示。

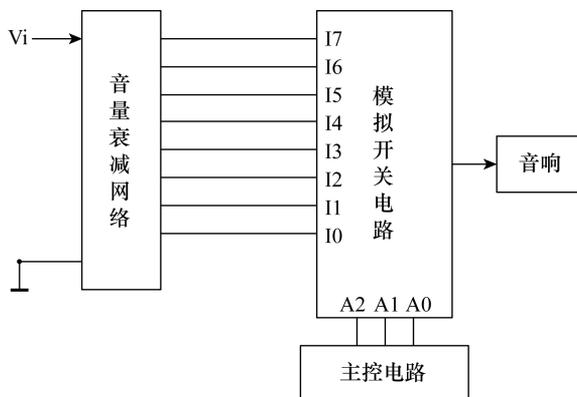


图 8-2-3 数字音量调节电路框架图

音量衰减网络可通过串联电阻分压网络构成，实现逐级衰减的目的，模拟开关可用中规模集成电路 CC4051 等，数控等级越高，就应该选用更多路的模拟开关电路，或通过译码电路配合多片 CC4051 即可满足需求。主控电路的核心是可逆计数器，它的核心作用就

是输出模拟开关所需的地址码。按键静音的实现比较简单，一般在模拟开关集成电路有通道选择使能端，借助按键使使能端无效即可完整需求。系统上电时，音量处于一适中的位置需求可通过预置计数器初始值的方法实现。计数器在五特殊控制的情况下，当计数值达到最大或最小时再继续计数就会达到反相极值，所以为实现设计任务(4)要求，可借助进、借位信号实现自锁，不再受继续增加、减小按键的控制，当往反相调节音量时，巧妙利用增加按键 S1 和减小按键 S2 实现解锁并控制音量的改变。

### 3. 电路的安装与调试

- (1) 根据需要合理安排电阻分压音量衰减网络，并测试直至满足需求；
- (2) 根据需要合理安排模拟开关类型和数量，以实验台的拨码开关控制模拟开关的地址信号，并调试。
- (3) 按要求设计主控电路，建议分任务逐级增加功能方式设计，并安装调试。
- (4) 音响电路可用现成的。

### 4. 分析、整理，写出设计报告。

## 8.2.4 数字钟设计

### 1. 设计任务和要求

用中小规模集成电路设计一台带整点提示功能的数字钟，具有如下功能。

- (1) 能够显示时、分、秒，以 24 小时制计数。
- (2) 具有手动校时功能。
- (3) 具有整点报时功能，从整点开始鸣叫，每隔 0.5s 鸣叫一次，鸣叫次数刚好是整点数。
- (4) 具有闹钟功能。

### 2. 总体设计方案

根据设计任务要求，系统由秒信号发生器、提示音信号发生器、计时器、译码显示电路、整点报时电路、闹钟电路、校时电路组成，其电路框架图如图 8-2-4 所示。

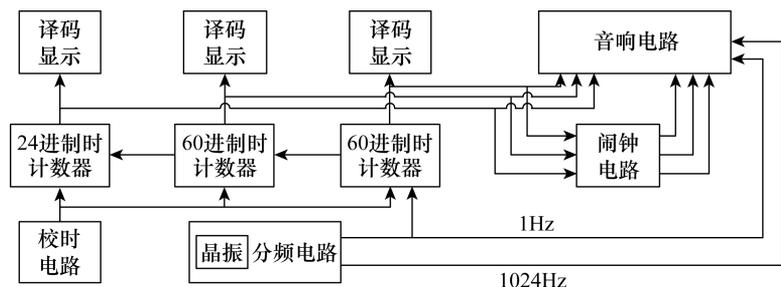


图 8-2-4 数字钟框架图

由于本设计中需要 1Hz 和 1 024Hz 两种时钟信号，因此用 32 768Hz 的晶振信号分频得到时钟信号较为方便，可参考图 8-1-2。用 6 个十进制计数器级联构成时计数器、分计数

器和秒计数器。校时电路的功能就是以标准时间校准系统时间，可用两种方案实现：第一种方法就是对每一个计数器提供一个单脉冲和控制端，以手动方式逐一控制工作并校准；另一种方法就是利用置数法。音响电路中要有计数器，整点到来时首先把当前整点数置数到该计数器中，并开始每隔 0.5s 以 1024Hz 频率发声一次，同时音响计数器值减 1，直到计数值为 0，停止发声。闹钟电路应该有锁存器，通过置数方式实现闹钟时间，工作时闹钟时间与系统时间比较(简单方法就是利用“与”运算控制逻辑)，如二者相等就启动音响电路，以人工复位的方式结束本次闹钟。

### 3. 电路的安装与调试

(1) 先设计秒信号发生器和 1024Hz 信号发生器，并调试。

(2) 以 2 个十进制计数器构成 24 进制计数器用作“时计数器”，以两组 2 个十进制计数器构成 60 进制计数器要做“分计数器”和“秒计数器”，将三者级联起来，把秒信号给秒计数器，并调试。

(3) 设计校准电路并安装调试。

(4) 音响电路没有现成的可用，所以按照前面的原理介绍认真设计并仿真调试，直到满足需求。

(5) 根据前面原理介绍认真设计闹钟电路，并与音响电路级联仿真调试，直到满足需求。

(6) 整体级联安装调试。

### 4. 分析、整理，写出设计报告。