

浙江大学

本科实验报告

课程名称： 电子电路综合实验

姓 名： 姚桂涛

学 院： 信息与工程学院

专 业： 信息工程

学 号： 3190105597

指导老师： 李锡华、施红军

2021 年 7 月 16 日

在许多比赛活动中,为了准确、公正、直观地判断出第一个抢答者,通常设置一台抢答器,通过数显、灯光及音响等多种手段指示出第一抢答者。此外,还可以设置计分、犯规、限时等功能。在比赛进行时,需要反应及时准确、显示清晰方便的定时抢答器设备。通常有多组参加竞赛,所以抢答器应该包括一个总控制台和多个具有显示及抢答功能的终端。

一、 设计任务

以中规模数字集成电路为核心,设计一台多路竞赛抢答器,要求具有如下功能。

1. 可同时提供 8 名选手参加比赛,按钮和显示的参赛组编号为 1、2、……、8。
2. 主持人有一个控制开关,用来控制系统的复位清零和启动。
3. 抢答器具有数据锁存和组号显示功能。在主持人将系统复位后,组号显示为“0”或不显示;在主持人按下“开始”键后,系统发出短促的“嘀”的提示音,这时参赛者可按抢答按钮进行抢答,最先按动按钮的那组指示绿灯亮,系统发出“嘀-嘟”的双音提示音,同时显示器显示出抢答者的组号。此时系统具有自锁功能,锁存抢答者的输入信息,同时封锁其他抢答者的随后抢答,使随后的其他各组的抢答无效。
4. 定时抢答功能。当主持人按下“开始”钮后,定时器开始以秒减计数并显示剩余时间,参赛者在设定的时间内进行抢答,一旦有选手抢答,定时器立即停止计数。如果定时时间到时还无人抢答,系统发出持续 1 秒的提示音,定时器停在 秒,本次抢答无效,封锁抢答输入电路,禁止参赛者超时后抢答。抢答的时间可在 1-99 秒内由主持人预设。
5. 选做项。判断提前抢答(违规)电路。在主持人启动“开始”钮前,如果有人提前按下抢答按钮,则该组指示红灯亮,并显示出抢答者的组号,系统发出短暂的“嘟”警告音,同时封锁抢答输入电路,本次抢答无效。
6. 选做项。记分电路。每组在开始时预置 100 分,抢答后有主持人控制,答对加 10 分,答错减 10 分。

二、 方案思路

1. 鉴别第一抢答者。设计任务是要准确判断出第一个抢答者的信号,并将其锁存和显示,同时封锁随后的抢答信号。实现这一功能可用触发器或锁存器,在得到第一信号后立即将电路的输入封锁,阻止随后的抢答信号进入。
2. 当电路获得第一抢答信号后,用绿色 LED 指示灯指示该组抢答成功,用数码显示电路显示抢答者的组号。同时启动音频电路,使其发出“嘀-嘟”的双音提示音。
3. 抢答定时器。可用时钟专用芯片产生一个标准秒信号,2 位可预置数的十进制减法计数器作倒计时定时器。当得到有效的第一抢答信号后停止计数。如果计数器减到 时还未收到有效的第一抢答信号,则同样停止计数,并封锁抢答器,本次抢答无效。同时发出持续 1 秒的告警提示音。
4. 记分电路可采用 2 位十进制计数器及数码显示器来实现。由于每次都是加(减)10 分,个位数始终为 0,所以只要对十位和百位进行加(减)计数即可,个位仅用数码管显示 0。

三、 系统设计

1. 设计原理

基于以上的分析可知,多路竞赛抢答器由抢答输入电路、锁存显示电路、定时电路、声音告警电路及控制电路等组成,可画出抢答器的组成框图如图 1,其工作过程为:接通电源后,主持人按下“复位”

键, 抢答器清零复位, 并处于禁止工作状态。在按下“开始”键后, 抢答器处于工作状态, 系统发出短暂的“嘀”提示音, 倒计时定时器工作。当参赛选手按下抢答键时, 控制器接收并锁存第一个抢答信号, 点亮按钮旁的绿色指示灯, 并发出抢答成功的提示音, 同时对抢答输入电路进行封锁, 禁止其他选手再抢答。编译码及显示电路显示出抢答者的组号。如果有人先于主持人按下“开始”键抢答, 控制器则点亮抢答者按钮旁的红色指示灯, 并发出告警提示音, 显示违规抢答者的组号, 同时对抢答输入电路进行封锁, 本次抢答无效。主持人可对得分进行加(减)控制。

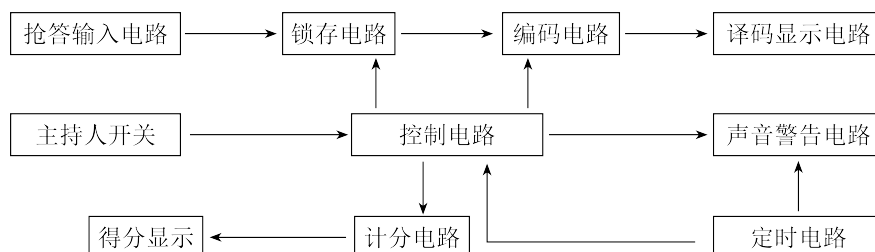


图 1: 多路竞赛抢答器电路组成框图

2. 抢答输入电路设计

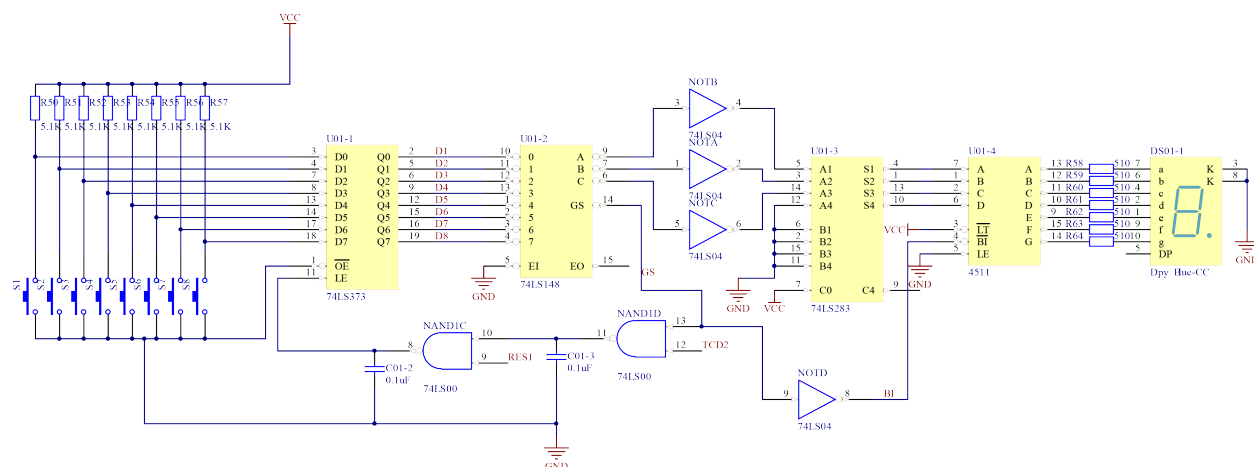


图 2: 抢答输入、锁存、显示电路

电路组成: 按钮开关 S1 S8、数据锁存器 74LS373、编码器 74LS148、全加器 74LS283、译码器 CD4511、门电路及数码管等。

主持人的复位开关产生一个负脉冲, 使与非门 G1 输出高电平, 加到锁存器 74LS373 的锁存控制端 LE, 使锁存器输出不锁定, 并与输入端一致。此时 S1 S8 没有被按下, 锁存器的输入端均为高电平, 并反映到输出端, 致使编码器 74LS148 的级联输出端 GS 为高电平, 经与非门 G2 反相后得到低电平, 使 G1 保持高电平输出, 完成复位过程。

抢答开始后, 当某个输入按钮开关 S_i 被按下时, 对应的 D_i 端为低电平, Q_i 端也为低电平, 编码器 GS 信号立即转变为低电平, 使门 G1 输出低电平, 锁存器锁存控制端 LE 为低电平, 执行锁存功能。这时若再有输入按钮被按下, 锁存器的输出也不会发生变化, 确保不会出现二次按键时的输入, 起到封锁输入的目的。

编码器的编码输出为反码, 需经反相器反相后得到 3 位二进制码, 由于参赛选手的编号为 18, 因此将编码器输出的编码通过全加器 74LS283 进行加 1 修正。修正后的数据送入 BCD-七段译码器 CD4511 进行七段译码, 由七段共阴数码管显示抢答者的组号。

编码器级联信号 GS 反相后接译码器的灭灯信号 BI 的输入端, 这样, 在抢答成功前显示器不显示。编码器输出的这个信号还可作为抢答成功提示音的启动信号和倒计时停止计时的信号等。

3. 可预置时间的倒计时定时器设计

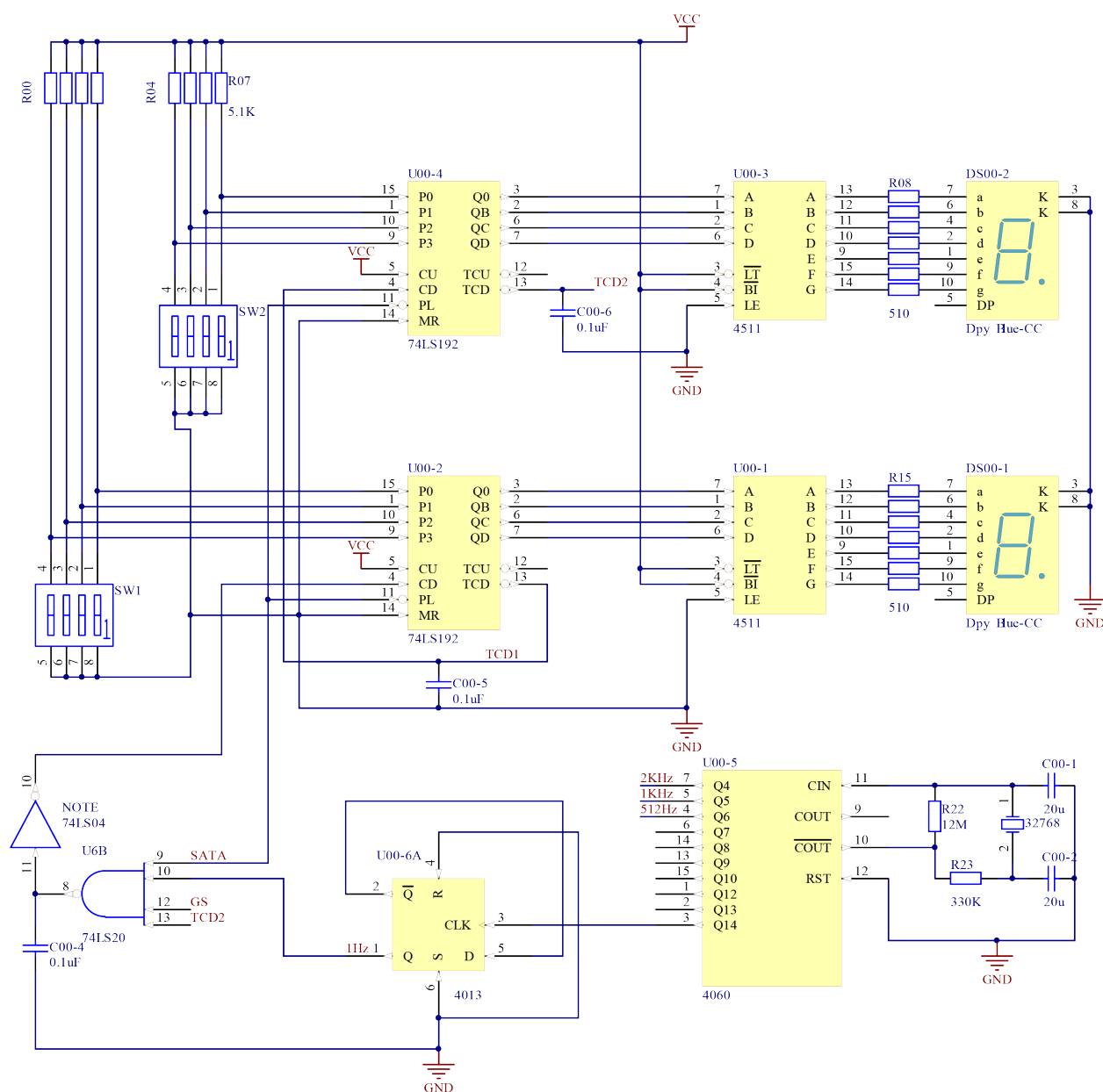


图 3: 可预置时间的倒计时定时器设计

在抢答环节中,有时需要规定抢答的时间,如果超过规定的时间没有选手抢答,则停止本轮抢答。主持人可根据题目的难易程度在 99 秒范围内设定时间长短。

电路组成:时钟专用电路 4060、可预置数可逆计数器 74LS192、译码器 CD4511 和共阴数码管等。

由 32768 晶振电路产生 32768Hz 的信号,经过 4060 分频后得到 2Hz 2KHz 的信号,其中 2Hz 信号用于产生秒标准信号,其它输出信号可作为告警电路不同音效的音频信号。

由 CD4013 主从 D 触发器组成的二分频信号将 2Hz 的信号转换为 1Hz 的秒标准信号经组合控制电路后作为计数器的计数信号。

控制电路由一个与非门和一个反相器组成一个与门,实现计数器的启动由主持人的开始信号 SATA 启动,当主持人复位,或者抢答成功,或者倒计时结束时都要停止计数的功能。

74LS192 是一片可预置数的可逆计数器,在这里作减计数,每秒减 1,低位计数减到 0 时,低位 74LS192 的借位信号 TCD 输出借位脉冲 TCD1 作为高位计数器的计数脉冲,从而实现高低位级联。当全部计数器都计到 0 时,高位计数器输出借位脉冲 TCD2,此信号作为规定时间到信号,一方面封锁秒信号而停止计数,并启动提示音,另一方面封锁抢答输入电路,禁止选手再抢答。预置数由拨码开关设置,通过主持人的复位信号置入预置数。

4. 抢答指示灯设计

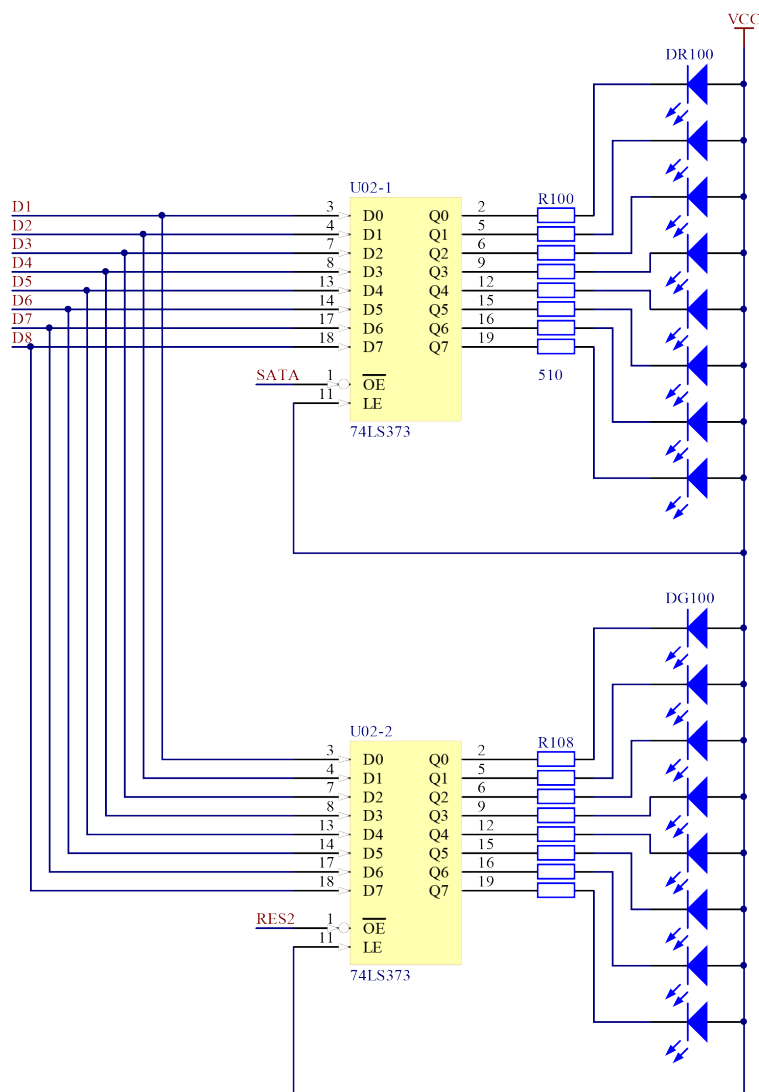


图 4: 抢答指示灯设计

电路组成: 发光二极管、74LS373 锁存器等。

为了给选手更直观地显示抢答成功与否,除了显示出组号外,在抢答器终端处设置指示灯,直观地指示出抢答成功者。指示灯设红、绿两个,绿灯表示抢答成功,红灯表示该选手提前抢答,属违规行为。抢答信号从锁存器的输出端获得,再结合主持人的开始信号判断出是抢答成功还是提前抢答。电路组成如图 4 所示。由主持人复位、开始信号分别控制锁存器的输出控制端,实现提前抢答或抢答成功的指示。

5. 告警电路设计

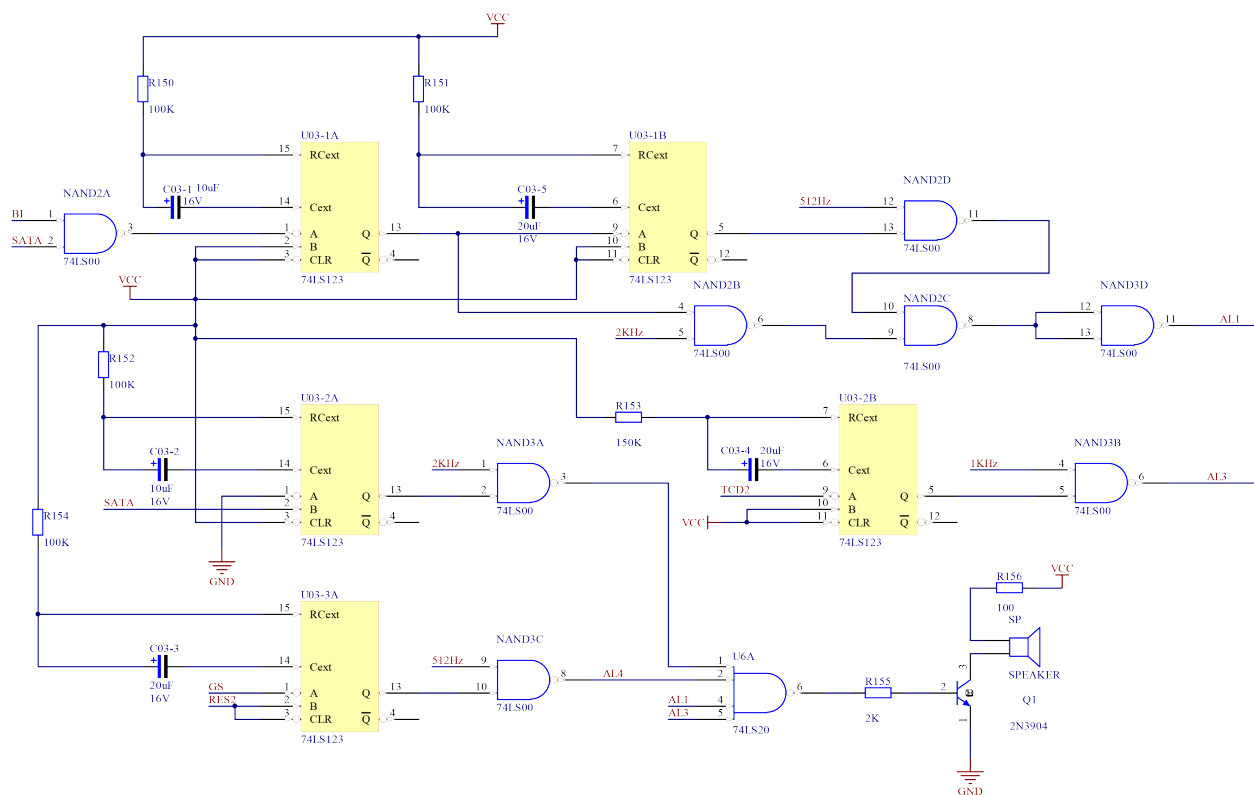


图 5: 告警电路设计

告警电路的作用是当不同的操作发生时, 给出相应的提示音, 共有 4 种不同的提示音:

- (1) 抢答开始提示音: 短促的“嘀”
- (2) 抢答成功提示音: “嘀-嘟”
- (3) 时间到提示音: 长“嘟”音
- (4) 提前抢答提示短暂“嘟”音

电路组成: 单稳态触发器 74LS123、与非门等。

用时钟电路的输出 ($Q5=2048\text{Hz}$ 、 $Q6=1024\text{Hz}$ 、 $Q7=512\text{Hz}$) 作音频信号, 用单稳态触发器 74LS123 控制音响时长, 电路如图 5 所示。

以抢答成功的“嘀-嘟”为例进行分析:

当开始抢答并有人抢答成功时, BI 从低电平变为高电平, SATA 保持为高电平, 两者相连的与非门产生一个下降沿信号, 控制 74LS123 单稳态电路 U03-1A 产生一个 $tw1 = 0.37 \times 100K \times 10\mu F = 0.37s$ 的稳态信号 Q1, Q1 与 2KHz 的信号组合最终经扬声器发出音高为 2kHz, 持续时间为 0.37s 的“嘀”音; 同时 Q1 单稳态结束时的下降沿信号控制 74LS123 单稳态电路 U03-1B 产生一个下降沿信号, 控制 74LS123 单稳态电路 U03-1A 产生一个 $tw2 = 0.37 \times 100K \times 20\mu F = 0.74s$ 的稳态信号 Q2, 在“滴”结束时 Q2 与 512Hz 的信号组合最终经扬声器发出音高为 512Hz, 持续时间为 0.74s 的“嘟”音。

6. 控制电路设计

控制电路控制了整个抢答器的工作运行状态,是整个抢答器的关键,包括抢答输入封锁控制电路、倒计时控制电路、主持人控制电路等。

6.1 抢答输入封锁电路

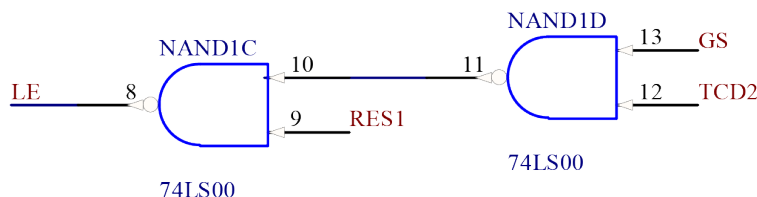


图 6: 抢答输入封锁电路

抢答封锁控制受倒计时结束输出 TCD2、抢答编码器级联输出 GS 和主持人的控制。当倒计时计数结束时 TCD2 为低电平,这时编码器无输入,GS 为高电平;而当有选手抢答时,编码器 GS 输出低电平,这时 TCD2 为高电平;当主持人手动复位时,解除封锁并返回到初始状态。

6.2 倒计时控制电路

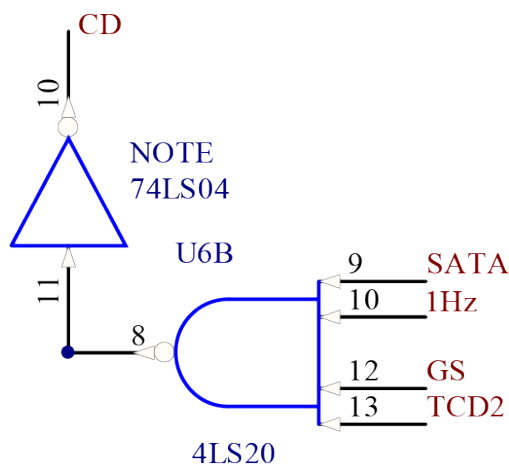


图 7: 倒计时控制电路

倒计时也受 TCD2、GS 控制和主持人控制,当 TCD2 和 GS 中任何一个信号为低电平时,封锁秒信号而停止计数,当主持人手动开始时启动计数,当主持人复位时计数器置入预置数。

6.3 主持人控制电路

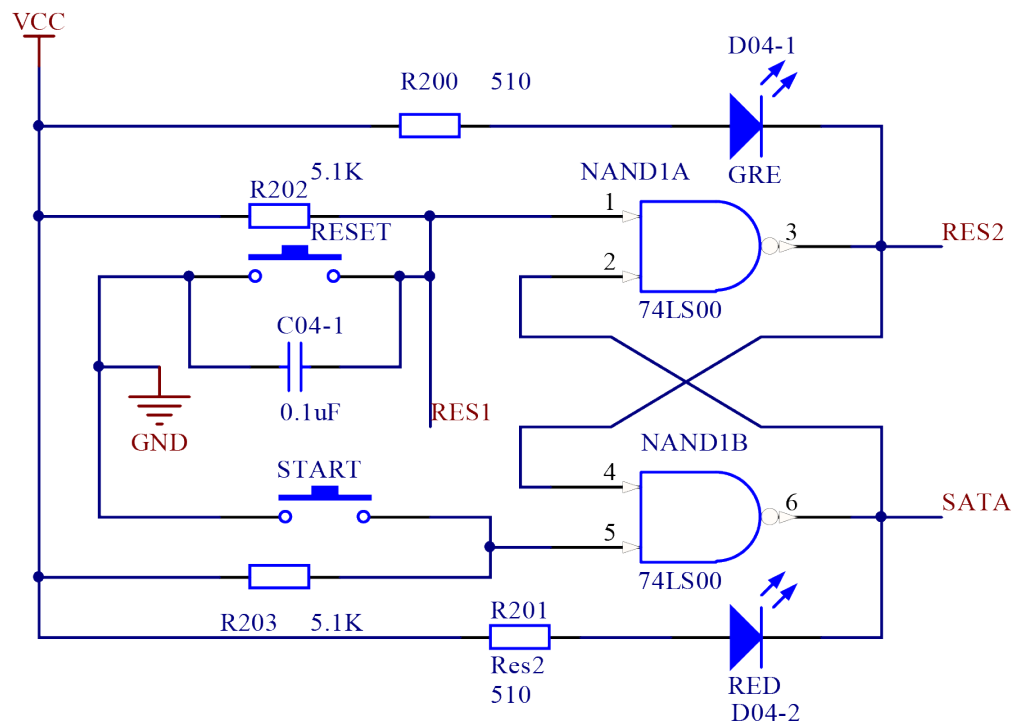


图 8: 主持人控制电路

机械开关在拨动时会有抖动现象, 这些抖动会严重影响电路的工作, 必须设法将它去除。主持人控制电路实际上仅仅控制了系统的“复位”和“开始”, 用基本 R-S 触发器去除抖动, 用一个滤波电容去除 RES1 信号的抖动。

当主持人按下复位按钮 (RES) 后, 产生一个下降沿信号 RES1, 同时 RES2 由低电平转换为高电平并保持, SATA 由高电平转换为低电平并保持, 红灯亮; 当主持人按下开始按钮 (SAT) 后, SATA 由低电平转换为高电平并保持, RES2 由高电平转换为低电平并保持, 绿灯亮。

7. 计分电路设计

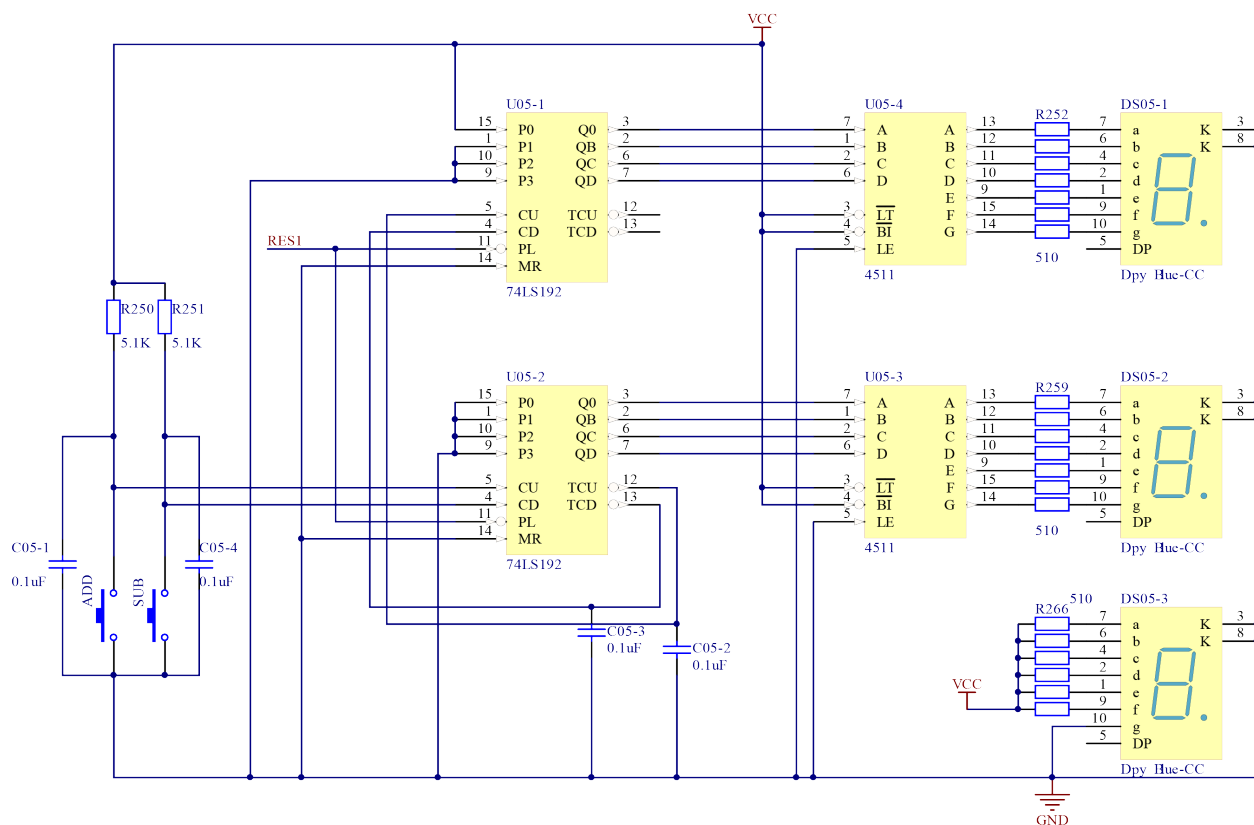


图 9: 计分电路设计

电路组成: 按钮 ADD, SUB、74LS192 可逆计数器、CD4511 译码器和共阴数码管等。

计分电路由 3 个数码管组成, 由于每次都是加(减) 10 分, 个位数始终为 0, 所以只要对十位和百位进行加(减)计数即可, 个位仅用数码管显示 0。

主持人复位时, RES1 信号控制两个 74LS192 可逆计数器置入预置数进行复位, 数码管复位为 100。

计时时, 主持人可以通过加分按钮 ADD、减分按钮 SUB 进行加减分控制。两个按钮产生的信号分别控制 74LS192 可逆计数的加计数和减计数, 实现计分。

8. 开关按钮消抖设计

设计时我们采用并联一颗 0.1uF 的陶瓷电容, 进行滤波处理来消除开关的抖动。

9. 竞争-冒险消除

在分析可能产生竞争-冒险现象的元件出, 我们采用在输出端接入滤波电容来消除竞争冒险现象。

10. 电源模块设计

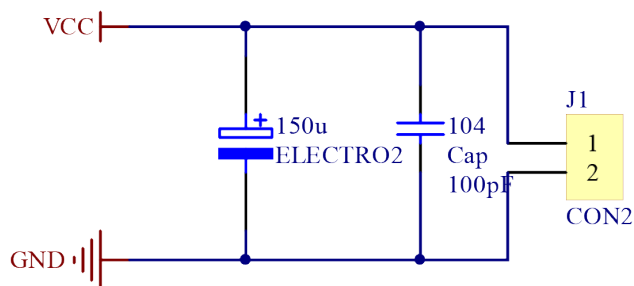


图 10: 电源模块设计

电源输入 5V 电压, 同时并联一个 150uF 的极性电容进行滤波, 一个 0.1uF 的小电容滤除高频。

11. 关键信号的获得与作用

(1) 主持人复位信号 RES1: 主持人按下复位按钮后产生一个下降沿脉冲

当主持人按下复位按钮 (RES) 后, 产生一个下降沿信号 RES1, 同时 RES2 由低电平转换为高电平并保持, SATA 由高电平转换为低电平并保持, 红灯亮; 当主持人按下开始按钮 (SAT) 后, SATA 由低电平转换为高电平并保持, RES2 由高电平转换为低电平并保持, 绿灯亮。