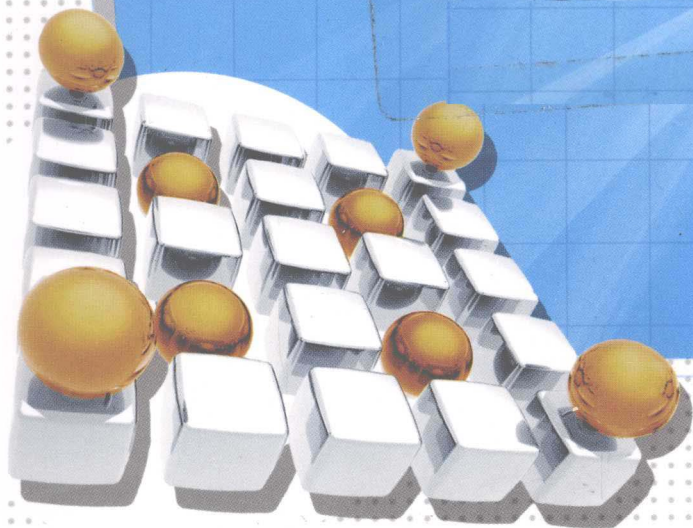




高职高专制造大类系列规划教材
电 气 自 动 化 系 列



数字电子技术

高建新 吴春诚 编著



科学出版社
www.sciencep.com

高职高专制造大类系列规划教材

电气自动化系列

数字电子技术

高建新	吴春诚	编 著
张湘洁	李 玲	参 编
马志财	侯 静	

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书采用模块形式编写,每个模块在阐述基本理论的基础上,设计了技能训练项目,并将最后一个模块设计为综合技能训练项目充分体现“理实一体化”的编写原则。

全书分8个模块。第1模块介绍逻辑代数和门电路知识及技能训练;第2模块介绍组合逻辑电路知识与技能训练;第3模块介绍时序逻辑电路知识与技能训练;第4模块介绍脉冲信号的产生和转换知识及技能训练;第5模块介绍数模与模数转换知识及技能训练;第6模块介绍存储器和可编程器件知识与技能训练;第7模块介绍 Multisim 7 仿真应用;第8模块是数字抢答器设计与制作综合技能训练指导。各模块后附有习题。

本书适合高职高专和应用型本科的自动化、机电一体化、电气和电子等专业使用,也适合相关技术人员参考、学习。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/高建新,吴春诚编著. —北京:科学出版社,2010
(高职高专制造大类系列规划教材·电气自动化系列)
ISBN 978-7-03-027537-0

I. ①数… II. ①高… ②吴… III. ①数字电路-电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 084250 号

责任编辑:李太铄/责任校对:耿 耘
责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年9月第一次印刷 印张:19 1/2

印数:1—3000 字数:440 000

定价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈海生〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135763 转 8220 (VT03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前言

本书应用了教学改革课题“高职自动化类专业《数字电子技术》课程改革建设研究与实践”的成果（此课题是辽宁省教育厅辽教发【2009】141号文件批准的辽宁科技学院高建新主持的辽宁省高等教育教学改革研究A类“重点项目”课题），体现了“理论实践能力模块一体化”的“数字电子技术”教材编写方案。该方案以培养学生的理论认知和实践操作技能双向并重为原则构建教材内容体系，以理论和实践一体化为编写原则构建“能力包”型、模块化的“理论实践一体化”内容结构，重在培养学生的实际应用技能。

本书采用项目导入课程的方式，以任务驱动的形式强化数字电子技术技能型、实用性的课程理念，突出课程的应用性特点。

本书选择一个综合性较强的实践项目贯穿全书始终，即通过实施一个“数字抢答器制作项目”的工作过程，将数字电子技术的知识进行“理论实践一体化”教学，实现培养技能型人才的教学目标；同时，学习者学习完课程后，能够独立分析复杂数字电路，并能设计、安装、调试、制作实际数字电路。

本书配有辅助“数字抢答器学习与制作”的Flash动画课件、PPT课件、Multisim仿真指导、Protel制作的数字抢答器PCB图及数字抢答器实际电路制作指导，可以直接用来制作实际电路。读者可以通过科学出版社职教技术出版中心网站 www.abook.cn 或编者网站 www.zls6.com 获得相关配套的教学资源。

本书还增加了Multisim 7应用模块，可以满足读者进行电路设计、开发、实验仿真的需要。

此外，由于数字电子技术的系统性强，一个项目不能包揽全部系统知识，所以本书对数字抢答器项目没有涉及的理论与实践知识，在相关模块中安排了相应的技能训练案例。

本书最后一个模块是综合能力训练，与本书开篇的项目导引相呼应，将课程结束的终点落在实践上，更加突出了本书的应用性，履行了高职教育培养高技能型人才的宗旨。

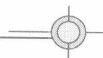
本书适合高职高专和应用型本科的自动化、机电一体化、电气电子等相关专业教学和技术人员学习、使用。

本书由辽宁科技学院、开封大学、河南职业技术学院的教师共同编写。其中，高建新负责数字电子技术项目导引、第1模块、第2模块、第8模块的编写，吴春诚负责第4模块的编写，张湘洁负责第3模块的编写，李玲负责第7模块的编写，马志财负责第6模块的编写，侯静负责第5模块的编写。高建新进行了全书内容的组织策划与统稿。

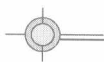
由于编者水平有限，本书难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

数字电子技术项目导引	1
第 1 模块 数字电路基础知识	10
1.1 数制与码制	11
1.1.1 数制及数制间的转换	11
1.1.2 常用编码	15
1.2 逻辑函数的建立和化简方法	16
1.2.1 建立逻辑函数及其基本逻辑运算	16
1.2.2 化简逻辑函数的公式法	21
1.2.3 化简逻辑函数的卡诺图法	24
1.3 逻辑门电路基础	31
1.3.1 二极管、晶体管的开关特性	31
1.3.2 分立器件构成的基本门电路	32
1.4 集成门电路及其芯片	35
1.4.1 常用集成门电路及其芯片	35
1.4.2 集成电路的外特性与使用	46
1.4.3 集成门电路的应用举例	53
1.5 数字电路基础技能训练项目(数字集成器件应用基本技能训练)	55
1.5.1 数字集成电路的型号与常见封装形式	55
1.5.2 数字集成电路的主要技术参数测试训练	62
习题	65
第 2 模块 组合逻辑电路	70
2.1 组合逻辑电路的分析与设计	71
2.1.1 组合逻辑电路的分析	71
2.1.2 组合逻辑电路的设计	72
2.2 常用组合逻辑电路及其集成芯片	75
2.2.1 编码器及其集成芯片	75
2.2.2 译码器及其集成芯片	78
2.2.3 数据选择器及集成芯片	86
2.2.4 加法器与比较器及集成芯片	89
2.3 组合逻辑电路中的竞争冒险	92



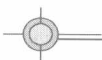
2.3.1 逻辑竞争与冒险的概念	92
2.3.2 逻辑险象的识别	93
2.4 组合逻辑电路技能训练项目	94
2.4.1 号码显示器制作	94
2.4.2 数据、信号分配控制电路制作	95
习题	96
第3模块 时序逻辑电路	99
3.1 RS 触发器	100
3.1.1 “与非”型基本 RS 触发器	100
3.1.2 “或非”型基本 RS 触发器	102
3.1.3 钟控 RS 触发器	103
3.1.4 主从型 RS 触发器	105
3.2 时钟控制触发器	106
3.2.1 主从 JK 触发器	107
3.2.2 边沿触发器	109
3.2.3 触发器之间的相互转换	111
3.2.4 触发器应用举例	112
3.3 时序逻辑电路的分析	114
3.3.1 时序逻辑电路的基本概念	114
3.3.2 时序逻辑电路的一般分析	116
3.3.3 异步时序逻辑电路的分析举例	119
3.4 寄存器	120
3.4.1 基本概念	120
3.4.2 数码寄存器	120
3.4.3 移位寄存器	121
3.5 计数器	126
3.5.1 二进制计数器	127
3.5.2 十进制计数器	129
3.5.3 集成计数器	130
3.5.4 计数器的应用	133
3.6 时序逻辑电路技能训练项目	135
3.6.1 “数字抢答器”项目中相关单元电路功能分析与测试	135
3.6.2 汽车尾灯控制电路设计与制作	138
习题	141
第4模块 脉冲信号的产生和变换	148
4.1 555 集成定时器	149
4.1.1 脉冲信号概述	149



4.1.2	555 定时器的组成	149
4.1.3	555 定时器的工作原理	151
4.1.4	集成 555 器件	151
4.2	单稳态触发器	152
4.2.1	门电路构成的单稳态触发器	153
4.2.2	集成单稳态触发器	155
4.2.3	555 定时器构成单稳态触发器	159
4.2.4	单稳态触发器的应用	161
4.3	施密特触发器	163
4.3.1	用门电路构成的施密特触发器	163
4.3.2	集成施密特触发器	165
4.3.3	555 定时器构成施密特触发器	165
4.3.4	施密特触发器的应用	167
4.4	多谐振荡器	168
4.4.1	概述	168
4.4.2	555 定时器构成多谐振荡器	168
4.4.3	石英晶体多谐振荡器	170
4.5	技能训练项目	171
4.5.1	一种数字抢答器综合训练项目	171
4.5.2	另一种数字抢答器综合训练项目	176
习题		181
第 5 模块	模数与数模转换	183
5.1	D/A 转换器	184
5.1.1	D/A 转换工作原理	184
5.1.2	D/A 转换器主要技术指标	190
5.1.3	集成 D/A 转换器器件	191
5.2	A/D 转换器	194
5.2.1	A/D 转换器工作原理	196
5.2.2	A/D 转换器主要技术指标	201
5.2.3	集成 ADC 器件	201
5.3	A/D 与 D/A 转换技能训练项目	203
习题		206
第 6 模块	存储器和可编程器件	208
6.1	半导体存储器	209
6.1.1	随机存储器(RAM)	209
6.1.2	RAM 容量的扩展	211
6.1.3	只读存储器(ROM)	213



6.1.4 可编程 ROM 的应用	216
6.2 可编程逻辑器件(PLD)	218
6.2.1 概述	218
6.2.2 PLD 的基本结构和分类	218
6.2.3 可编程逻辑阵列(PLA)	218
6.2.4 可编程阵列逻辑(PAL)	219
6.2.5 通用阵列逻辑(GAL)	221
6.3 复杂可编程逻辑器件	228
6.3.1 概述	228
6.3.2 CPLD 的基本结构	229
6.4 现场可编程门阵列	229
6.4.1 概述	229
6.4.2 FPGA 的基本结构	230
6.5 可编程逻辑器件的开发	231
6.5.1 低密度 PLD 的开发	231
6.5.2 高密度 PLD 的开发	232
6.6 存储器和可编程器件技能训练项目	233
习题	234
第 7 模块 数字电路仿真——Multisim 7 应用	235
7.1 Multisim 7 用户界面	236
7.1.1 Multisim 7 的菜单栏	236
7.1.2 Multisim 7 的工具栏	238
7.2 元器件库与元器件	239
7.2.1 信号源库	240
7.2.2 基本元器件库	240
7.2.3 二极管库	240
7.2.4 晶体管库	240
7.2.5 模拟元器件库	241
7.2.6 TTL 元器件库	241
7.2.7 CMOS 元器件库	241
7.2.8 其他数字元器件库	241
7.2.9 混合元器件库	241
7.2.10 指示元器件库	241
7.2.11 其他元器件库	242
7.2.12 射频元器件库	242
7.2.13 机电类元器件库	242
7.3 常用虚拟仪器	242



7.3.1	数字万用表	242
7.3.2	信号发生器	243
7.3.3	双踪示波器	244
7.3.4	波特图示意	246
7.3.5	字信号发生器	247
7.3.6	逻辑分析仪	249
7.3.7	逻辑转换仪	250
7.4	创建电路图	251
7.4.1	设置 Multisim 7 的用户界面	251
7.4.2	放置元器件	253
7.4.3	线路连接	254
7.4.4	添加文本	255
7.5	基本分析方法	255
7.5.1	直流工作点分析	256
7.5.2	交流分析	256
7.5.3	瞬态分析	259
7.6	仿真实例	260
7.6.1	用 3 线—8 线译码器 74LS138 设计 1 位二进制全加器电路	260
7.6.2	用 74LS160 实现六进制计数器	260
7.6.3	用两片 74LS290 实现一百进制计数器	260
7.6.4	三十八进制秒计数器	261
习题		263
第 8 模块	理论实践一体化综合训练——八路数字抢答器设计与制作	264
8.1	数字电子电路的一般设计方法	265
8.1.1	选择整体方案的原则	265
8.1.2	设计单元电路	265
8.1.3	选择器件	265
8.1.4	计算电路参数	266
8.1.5	画出整体电路图	267
8.1.6	计算机模拟仿真	267
8.1.7	实验调试电路	267
8.1.8	工艺制作完成产品	268
8.1.9	撰写设计文件	268
8.2	八路数字抢答器设计	268
8.2.1	八路数字抢答器设计整体方案	268
8.2.2	八路数字抢答器单元电路设计	268
8.2.3	八路数字抢答器器件表	269



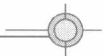
8.2.4	八路数字抢答器电路图	269
8.2.5	器件功能与电路工作原理	269
8.3	用 Multisim 7 仿真八路数字抢答器	274
8.4	八路数字抢答器制作	288
8.4.1	抢答器 PCB 单面板制作	288
8.4.2	锁存、定时、报警模块 PCB 制作	289
8.4.3	抢答信号输入、锁存、编码模块 PCB 制作	292
8.4.4	译码模块 PCB 制作	294
8.4.5	数码管显示模块 PCB 的制作	297
8.4.6	四个电路模块的组合	299
	习题	299
	主要参考文献	300

数字电子技术项目导引

数字电子技术是一门实践性很强的课程，是工科院校电类、电子、通信、计算机等专业的重要专业技术、技能性课程。近年来，随着科学技术的迅猛发展，集成数字逻辑电路在高速、低功耗、低电压、带电插拔等许多方面都取得了长足的发展，各种数字新技术、数字电子新器件层出不穷，这些不断涌现的新技术，使数字电子技术成为现代工业工程岗位上普遍需要掌握的基本技术。

本书采用的项目教学是通过实施一个“数字抢答器制作项目”，将数字电子技术的基本知识在项目实施的过程中进行介绍，从而实现培养技能型人才的培养目标，即读者学习完本课程，能够独立分析复杂数字电路，能够安装、调试、制作实际电路。

下面进入数字电子技术项目导引。



1. 项目名称：八路数字抢答器设计与制作

2. 电路原理图

电路原理如图 0.1 和图 0.2 所示。

3. 项目教学目标

1) 掌握数字电子技术的基本知识与应用方法，具有数字电子电路原理分析的能力，具有简单电子电路的设计能力。

2) 掌握数字电子技术的基本技能：常用数字电子器件的选择、测试、使用方法，具有电路调试、故障检测、故障排除能力。

3) 完成八路数字抢答器的制作。通过本项目的制作实践过程，实现将书本理论知识与实际应用技能相结合的目标。

4. 数字抢答器工作过程

在抢答开始前，先由主持人按 K_1 开关，使显示系统归零。同时 G_2 的 2 脚输入低电平，15 脚置 1。 G_3 的 8 脚输入低电平，输出端 11 脚输出低电平。 LED_1 、 LED_2 处于熄灭状态。 G_2 的输出端 15 脚的高电平送到 IC_1 的 11 脚 G 端，使 IC_1 处于直通状态， IC_1 的输入端等待抢答信号输入。当主持人按下 K_2 开关时，给 IC_4 的输入端 2 脚一个低电平，使 IC_4 的输出端 3 脚由低电平跳到高电平进入暂稳状态。同时电容 C_3 开始充电，在充电时间内（抢答定时时间约为 $1.1R_3C_3$ ）允许抢答者抢答。这时若某一组的抢答者抢答，则该组的信号将使 IC_1 的对应输入端由原来的高电平跳到低电平，其对应的输出端为低电平，其余未被触发的输出端为高电平，同时 IC_2 的 14 脚，片优先编码输出端，由高电平跳到低电平。这时 G_2 、 G_3 的时钟脉冲输入端得到一个下降沿信号，因为 G_2 的 4 脚 $J=0$ ，16 脚 $K=1$ ，此时， G_3 的 9 脚 $J=0$ ，12 脚 $K=1$ ，使 G_2 的输出端的 15 脚由高电平跳到低电平， G_3 的输出端 11 脚仍为低电平，其所连接的 LED_1 不亮，由于 G_2 的输出端 15 脚为低电平， IC_1 的 G 端 11 脚也为低电平，这时 74LS373 处于锁存状态，抢答者的编号经 IC_2 、 IC_3 最终在 LED 上显示。同时由于 IC_4 的输出端 3 脚输出为高电平，经 G_4 、 G_5 控制 LED_2 发光，并经送 G_6 给 IC_5 的 4 脚高电平，使扬声器发出报警声音，提示有人抢答。抢答举例：主持人按下开关 K_1 之后，又按下开关 K_2 ，抢答计时开始，若 S_8 抢答开关被抢先按下，这时 IC_1 的输入端 3 脚由 1 变为 0，使对应的输出端 2 脚为 0。并经过 G_1 输出为 1，使 IC_3 的输入端 6 脚为 1；同时 IC_2 的输入端 4 脚为 0， IC_2 的其余输入端为 1，则 IC_2 的输出端 6、7、9 脚都为 0。使 IC_3 的输入端 2、1、7 脚也都为 0，则 IC_3 的输入端对应编码 $DCBA=1000$ ，数码管显示“8”。同时 IC_2 的输出端 14 脚为低电平，产生下降沿触发 G_2 、 G_3 使 G_2 的 15 脚为低电平，实现对 S_8 信号锁存。（其他信号不能再输入）。同时由于 K_2 开关按下， IC_4 的 2 脚为低电平其对应的 3 脚输出高电平，经 G_7 使 G_3 的输出端 11 脚为低电平，则 LED_1 不亮，经 G_4 、 G_5 使 LED_2 亮，同时又经 G_6 给 IC_5 的 4 脚高电平，使 IC_5 发出报警声音，同时数码管显示 S_8 抢答者的号码。

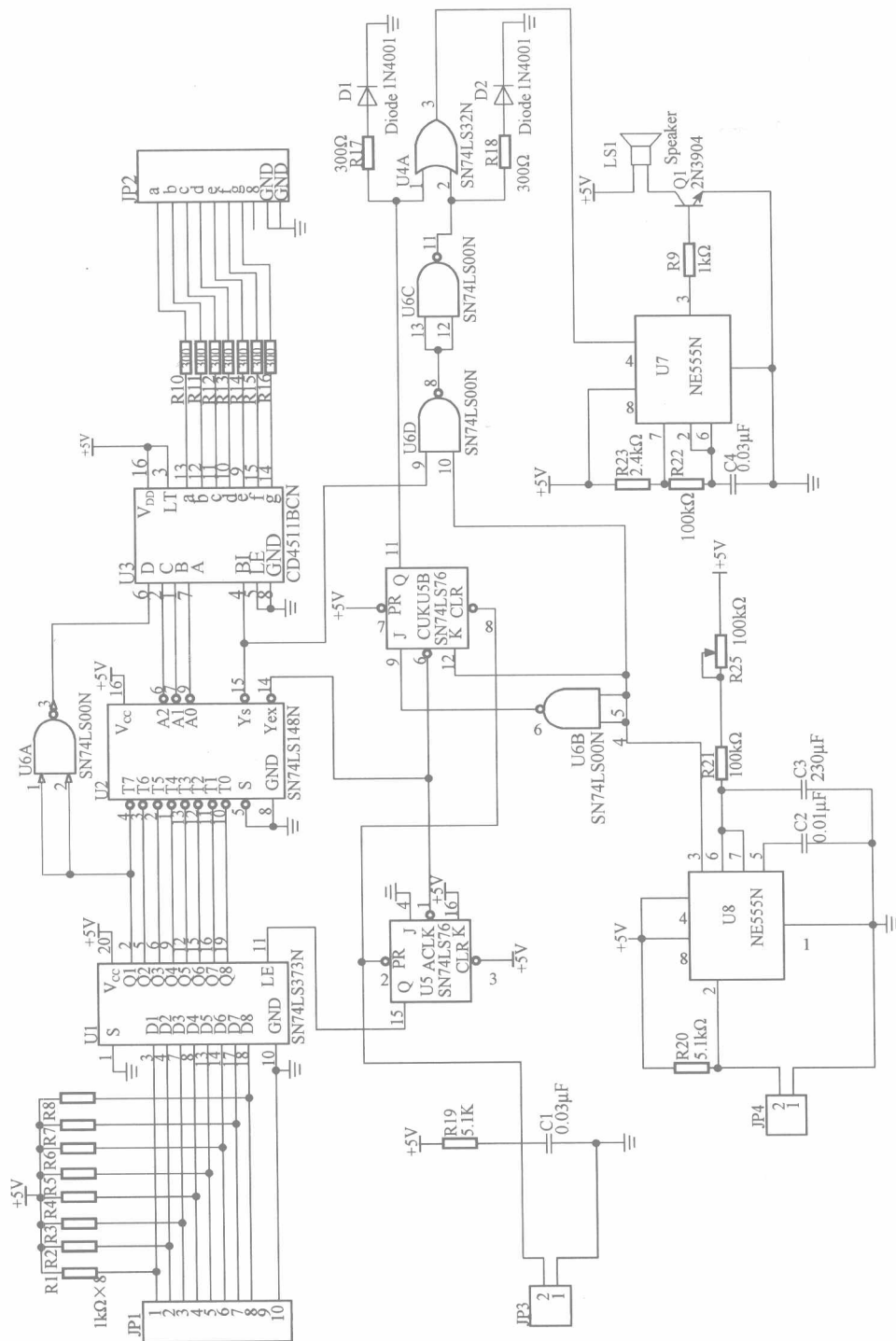


图 0.1 Protel 绘制的原理图

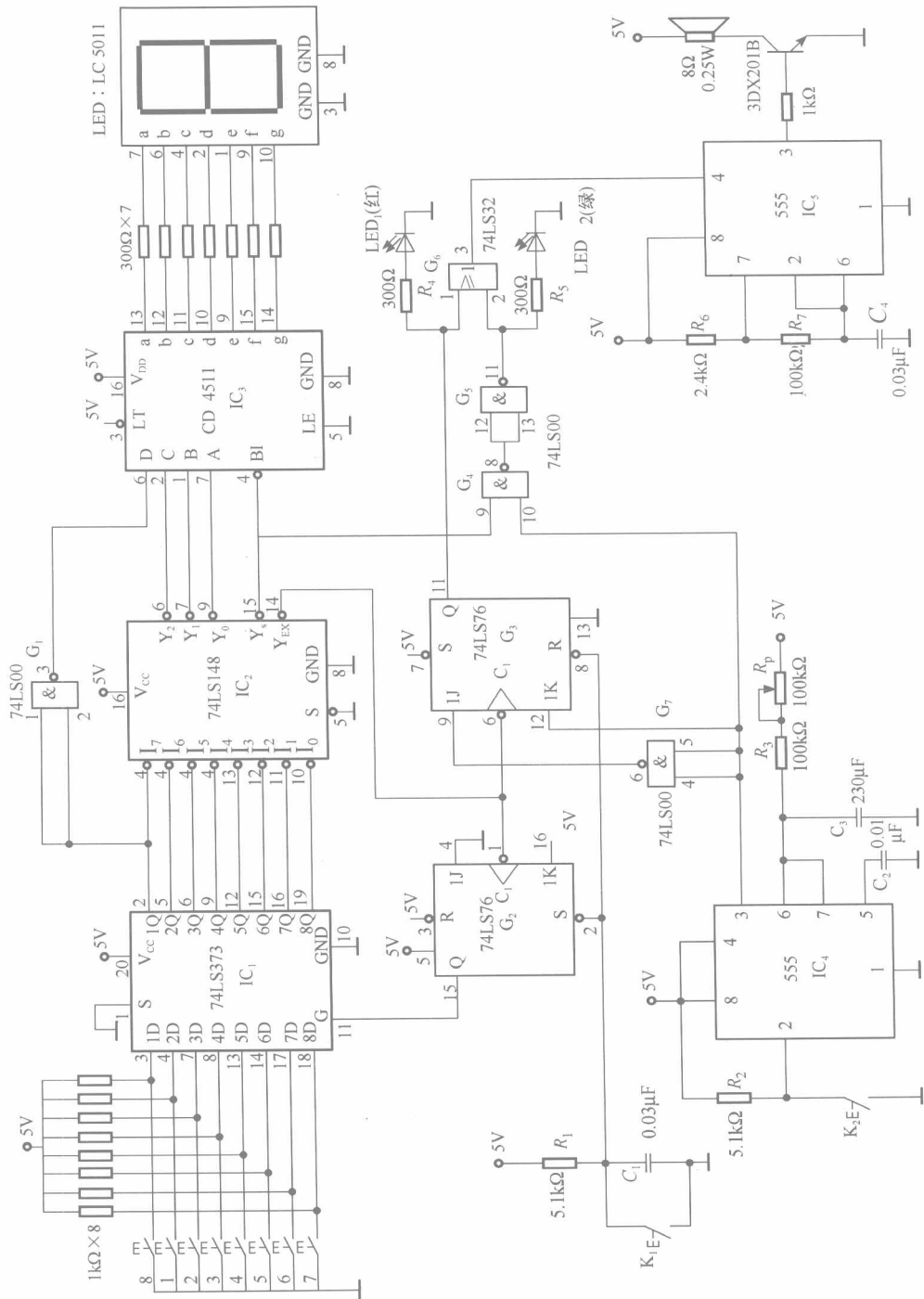


图 0.2 八路数字抢答器原理图

5. 数字抢答器的组成

数字抢答器的构成如图 0.3 所示。

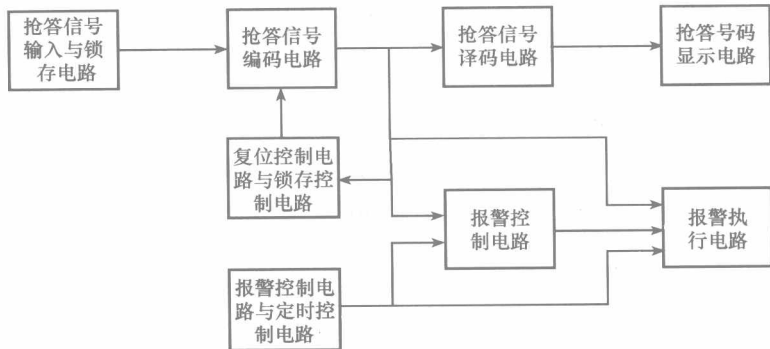


图 0.3 数字抢答器的功能框图

(1) 抢答信号输入与锁存电路

1) 电路组成与功能。

电路组成如图 0.4 所示。

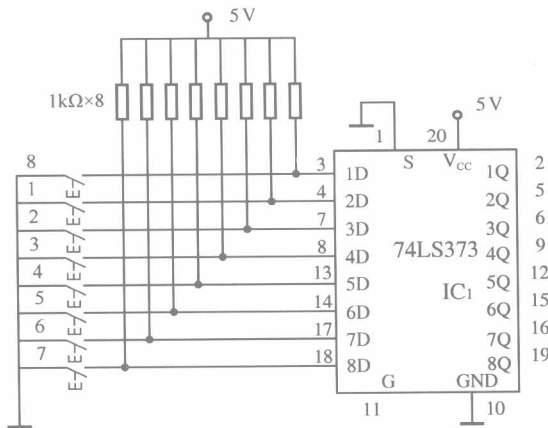


图 0.4 抢答信号输入与锁存电路图

电路实现抢答信号输入与锁存的功能。抢答者分别通过八个按键输入低电平抢答信号，通过控制信号实现先进入锁存器 74LS373 的抢答信号的锁存。封锁其他后来信号，并且将抢入信号在输出端送出。

2) 相关知识。

这一部分需要了解以下相关知识。

- 数字信号、电平的概念。
- 数制知识。
- 逻辑代数知识。
- 触发器知识。

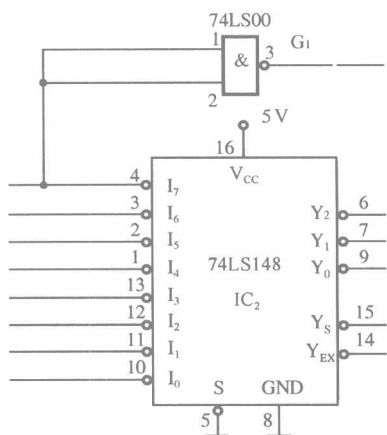
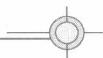


图 0.5 输入信号编码电路图

上述相关知识分别在第 1 模块、第 3 模块中学习。

(2) 输入信号编码电路

1) 电路组成与功能

电路组成如图 0.5 所示。

电路实现对抢入信号进行编码的功能。

由前级电路送来一路有效信号，经过本电路后被编成 4 位二进制代码送出，同时送出控制信号 14、15。

2) 相关知识

除仍需要前述知识之外，还需要具备以下知识。

- 编码的概念与方法。
- 常用集成编码器的知识与测试、应用技能。
- 门电路的概念与常用集成门电路的知识。
- 门电路的选择、测试、使用方法与技能。

上述相关知识分别在第 1 模块、第 2 模块中学习。

(3) 抢答信号译码电路

1) 电路组成与功能。

电路组成如图 0.6 所示。

电路实现对抢入信号进行译码的功能。

由前级电路送来 4 位编码信号，经过本电路后被译成显示驱动信号，驱动数码管显示。

2) 相关知识。

除仍需要前述知识之外，还需要具备以下知识。

- 译码的概念与方法。
- 常用集成译码器的知识与测试、应用技能。
- 应用集成译码器构成组合逻辑电路的方法。

上述相关知识在第 2 模块中学习。

(4) 抢答信号显示电路

1) 电路组成与功能。

电路组成如图 0.7 所示。

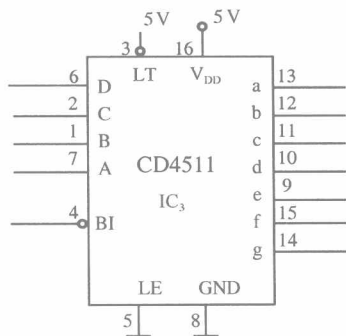


图 0.6 抢答信号译码电路图

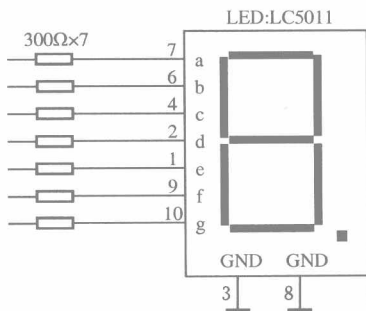


图 0.7 抢答者号码显示电路图

电路实现显示抢答者编号的功能。

由前级电路送来 7 位译码信号, 经过本电路后, 显示出抢答者的编号。

2) 相关知识。

除仍需要前述知识之外, 还需要具备以下知识。

- 显示译码的概念与常用器件。
- 常用显示译码器的测试、应用技能。

上述知识在第 2 模块中学习。

(5) 系统复位控制与锁存控制电路

1) 电路组成与功能。

电路组成如图 0.8 所示。

电路实现抢答电路系统的初始状态设置和锁存抢入信号的控制功能。

点按 K_1 , 在 G_2 的 2 脚产生低电平使 15 脚置 1, 送至 IC_1 的 11 脚, 允许抢答信号进入电路。在无输入抢答信号的初始时刻, 由相关电路控制系统无显示输出; 当 G_2 的 1 脚由高电平跳变到低电平时 15 脚变为低电平。 IC_1 锁存输入信号。

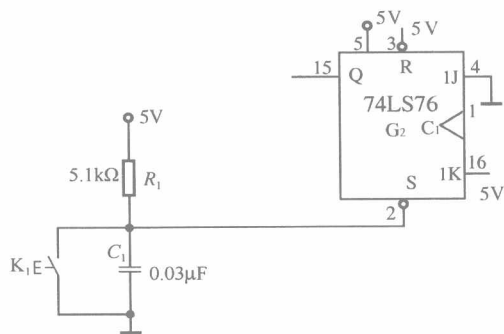


图 0.8 系统复位与锁存电路图

2) 相关知识。

这一部分需要了解的知识主要有以下两个方面。

- 数字信号、电平的概念。
- 触发器的知识。

上述相关知识分别在第 1 模块、第 3 模块中学习。

(6) 定时控制与报警控制电路

1) 电路组成与功能。

电路组成如图 0.9 所示。

电路实现抢答时间控制和抢答状态的光与声音提示的功能。

没按下 K_2 时 IC_4 的 2 脚是高电平, 3 脚输出低电平, (电容 C_3 上无电压。) 6 脚一定是低电平。 G_3 的 11 脚输出低电平, 报警声、光电路无显示。

当点按 K_2 后, 在 IC_4 的 2 脚产生低电平, 6 脚已经是低电平。使 3 脚置 1, (T 截止) 7 脚与地断开, C_3 开始充电, 即定时开始。

IC_4 的 3 脚的高电平送至下级电路控制声、光报警电路, 同时 3 脚的高电平送至 G_3 的 9 脚和 12 脚, 为下一个动作做准备。

2) 相关知识。

需要了解如下的知识。

- 数字信号、电平的概念。
- 触发器的知识。
- 555 定时器的知识。