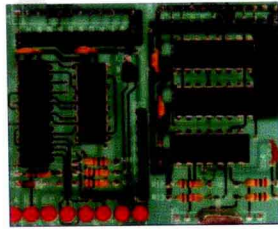
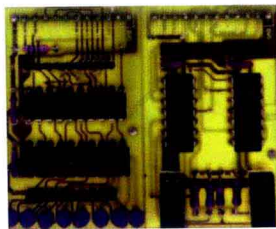
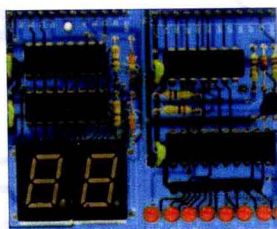


数字电路

创意实验

卢明智 等 编著
刘晋峰 审校



数字电路创意实验

卢明智 等 编著
刘晋峰 审校

科学出版社

北 京

图字: 01-2012-1761 号

内 容 简 介

本书自成体系,作者以轻松的口吻详尽地介绍了数字电路实验,从原理的认识至学会数字 IC 的设计,循序渐进、浅显易懂,自学与初学者皆能简单上手。

本书分为 9 章:数字电路实验板的功能与制作、数字电路实验接线参考、数字电路实验板的线路分析与故障排除、数字电路实验板应用范例、自己做一支实用型逻辑笔、许多好玩又实用的小实验、为交通警察做一个米轮尺、为体育老师做一台百米赛跑多人计时器、频率计与转速计变成超速报警器。这些内容与数字电路实验板相结合,边做边学,即使在家也能做数字电路实验。

本书可作为工科院校相关专业的教学用书,也适合作为进入数字电路领域的初学、自学启蒙书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路创意实验/卢明智等编著;刘晋峰审校. —北京:科学出版社,2012
ISBN 978-7-03-033987-4

I. 数… II. ①卢… ②刘… III. 数字电路-实验-教材 IV. TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 061203 号

责任编辑:喻永光 杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:李广铎

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

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>

北京佳艺恒彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2012 年 6 月第一次印刷 印张: 16 1/4

印数: 1—5 000 字数: 240 000

定 价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

这是一种趋势

数字电路课程从早期认识 0 与 1 开始,进入数字 IC 的实习与使用,迄今 PLA、PLD、FPGA……及各式整合型大 IC 相继问世,使得数字电路课程中的系统整合变得格外重要。教导学生如何把现有的中小型数字 IC(如 TTL、CMOS……)组成实用的线路,将是未来数字电路教学的主要趋势,以迎合门阵列的系统规划及相关接口电路的设计。

解决学生的困扰

拿一中小型数字 IC 做实用线路的系统实验时,常常用到数个 TTL 或 CMOS 数字 IC,却因接线太多而告失败,致使学生丧失信心,教师协助除错也倍感辛苦。以两位数的电子秒表为例,振荡电路、控制部分、计数器、解码器、显示器……,最少要插 6 个数字 IC、2 个七段数码显示器,全部接线最少要 104 条!这么多的接线,也难怪学生无法自己除错。

我一直在思考的问题

我一直在想,怎样使数字电路实验变得更容易、更简单,通过对原理的认识,学会数字 IC 的使用,减少实验接线,进而达系统组合的能力,并培养学生除错的能力。让学生在家也能做数字实验,以学生的理念,从事各具创意的设计(数字 IC 之相互取代性太高了),实现“我喜欢有什么不可以?”将数字电路学习

与实验提升到自我发挥的领域,也融入新新人类的思维模式。进而提高学生的
学习动机,增加其兴趣,使您、我在数字电路课程的教学中,有相当的成就和
喜悦。

数字实验板之边际效益

1. 可作为数字电路的实验项目

每一个实验板都能规划成具有系统的学习步骤,从原理说明、IC 使用、线
路分析、零件选购、焊接练习、产品测试、故障排除、应用思考……以落实数字电
路课程的有效学习。

2. 是仪器也是工具

实验板共有 6 块:①8 位逻辑指示器,②单脉冲发生器,③两位数十进制计
数器,④时钟脉冲信号产生器,⑤两位数七段显示器,⑥8 位二进制计数器。这
6 块板子可以充当信号发生器、示波器、数字显示器,就算在家里也能自己做数
字电路实验。这些板子也可以拿来当做数字电路的除错工具,并且可用作单片
机或接口实验中的输入信号及受控元件,真正达到所有数字电路实验课程与专
题制作都可以用的目的。

互勉

书中电路种类及所规划的实验项目或有不合您意、编排说明缺失的地方,
尚请见谅,愿老师们教得愉快、学生学得有成就。

卢明智 于淡水老家

第 1 章	数字电路实验板的功能与制作	1
1.1	为什么要制作数字电路实验板	1
1.2	数字电路实验板的功能	1
1.3	数字电路实验板的介绍	2
1.4	数字电路实验板的使用方法	4
1.4.1	LA-01 逻辑状态指示器的使用方法	4
1.4.2	LA-02 单脉冲发生器的使用方法	5
1.4.3	LA-03 十进制计数器的使用方法	9
1.4.4	LA-04 时钟脉冲发生器的使用方法	11
1.4.5	LA-05 七段数码显示器的使用方法	12
1.4.6	LA-06 8 位二进制计数器的使用方法	13
1.5	数字电路实验板的制作	17
1.6	LA-01~LA-06 各实验板的制作	19
1.6.1	LA-01 8 位逻辑状态指示器的组装	19
1.6.2	LA-02 单脉冲发生器的组装	21
1.6.3	LA-03 十进制计数器的组装	21
1.6.4	LA-04 时钟脉冲发生器的组装	22
1.6.5	LA-05 七段数码显示器的组装	23
1.6.6	LA-06 二进制计数器的组装	24

第2章 数字电路实验接线参考	25
2.1 逻辑门真值表的实验	25
2.1.1 实验说明	25
2.1.2 实验记录	27
2.1.3 讨 论	27
2.2 逻辑组合电路应用实验——抢答器	27
2.2.1 实验说明	27
2.2.2 讨 论	29
2.2.3 应 用	29
2.3 触发器实验	30
2.4 D型触发器自锁现象的观察	32
2.5 J-K触发器的应用实验——分频与计数	34
2.6 除18的电路	35
2.7 多种方波信号发生器	36
2.8 计数器的使用——74LS90	38
2.8.1 9的设定与清0	39
2.8.2 BCD除10	39
2.8.3 反相除10	39
2.9 74LS90的实验设计——BCD计数器	40
2.9.1 实验步骤	40
2.9.2 讨 论	41
2.9.3 除100的分析	42
2.10 74LS90的实验设计——反相除10	42
2.10.1 实 验	42
2.10.2 讨 论	43

第 3 章	数字电路实验板的线路分析与故障排除	45
3.1	LA-01 线路分析与故障排除	45
3.1.1	LA-01 原理	45
3.1.2	LA-01 故障排除	48
3.2	LA-02 线路分析与故障排除	49
3.2.1	LA-02 原理	49
3.2.2	LA-02 故障排除	51
3.3	LA-03 线路分析与故障排除	52
3.3.1	LA-03 原理	52
3.3.2	LA-03 故障排除	55
3.4	LA-04 线路分析与故障排除	58
3.4.1	LA-04 原理	58
3.4.2	LA-04 故障排除	60
3.5	LA-05 线路分析与故障排除	61
3.5.1	LA-05 原理	62
3.5.2	LA-05 故障排除	65
3.6	LA-06 线路分析与故障排除	67
第 4 章	数字电路实验板应用范例	69
4.1	输入设定与输出检验	69
4.1.1	实验说明	69
4.1.2	讨 论	71
4.1.3	接线比较	71
4.2	多级方波发生器	72
4.2.1	实验说明	72
4.2.2	讨 论	73
4.3	简易电子秒表	75
4.3.1	实验说明	76
4.3.2	实验接线	76

4.3.3	动作说明	76
4.3.4	接线比较	78
4.4	任意除 N 的分频电路	78
4.4.1	除 32 的电路	78
4.4.2	除 40 的电路	79
4.4.3	除 N 电路	80
4.4.4	除 M 电路	82
4.5	应用参考 1:跑马灯 74138 的实验	84
4.5.1	想一想	84
4.5.2	实验接线	85
4.5.3	动作说明	85
4.5.4	接线比较	85
4.6	应用参考 2:脉冲计数器实验 74LS160	87
4.6.1	实验说明	89
4.6.2	实验步骤	90
4.6.3	讨 论	91
4.7	应用参考 3:加减计数实验 74LS192	91
4.8	应用参考 4:大家一起来抢答(74LS75)	94
4.8.1	动作分析	94
4.8.2	接线讨论	95
4.8.3	讨 论	97
4.9	应用参考 5:触发器实验(前沿、后沿).....	97
4.9.1	实验步骤	98
4.9.2	实验结果	99
4.9.3	实验讨论	100
4.10	应用参考 6:电动机转速计(综合应用)	100
4.10.1	怎样知道电动机转了 1 圈	100
4.10.2	电动机转速的单位	102
4.10.3	控制信号的安排	102
4.10.4	所需硬件	103

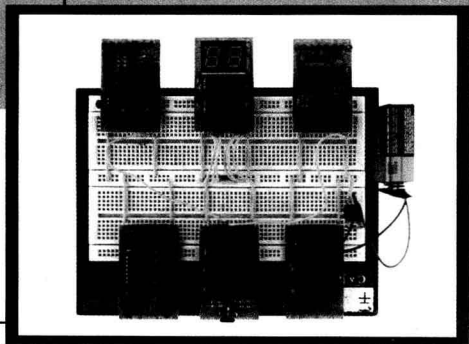
4.10.5 借助实验板完成电路设计	103
第5章 自己做一支实用型逻辑笔	107
5.1 问题思考与解答	107
5.1.1 问题思考	107
5.1.2 问题解答	107
5.2 电路设计与制作	110
5.2.1 电压比较器特性	110
5.2.2 逻辑笔电路设计	111
5.2.3 测量状况的分析	112
5.3 制作与调试	114
5.4 变化应用与创意构思	117
5.4.1 自动温控的应用分析	117
5.4.2 热敏电阻温控应用设计	118
5.4.3 动作分析	119
5.4.4 应用思考	121
第6章 许多好玩又实用的小实验	125
6.1 篮球计分板:计数方式	125
6.2 键盘编码 1:74LS148	127
6.3 键盘编码 2:74C922	130
6.4 篮球计分板 1:按键数据移位的方式	133
6.5 篮球记分板 2:按键数据锁存的方式	135
6.6 冤家路窄,以和为贵	136
6.6.1 三态门的应用	136
6.6.2 三态门应用实验	138
6.7 实验考试:应用设计——数据选择器	138
6.8 五灯全亮加十分:SISO 移位寄存器	141
6.9 可编程信号发生器:SISO 移位寄存器	143

6.10	怎样把电压值送进单片机	145
6.10.1	转换的原理	146
6.10.2	实验记录与讨论	146
6.11	玩一下遥控又何妨	148
6.11.1	实验说明	149
6.11.2	实验接线	149
第7章	为交通警察做一个米轮尺	153
7.1	问题思考与解答	153
7.1.1	问题思考	153
7.1.2	圆周长与直线距离的关系	153
7.1.3	哪些元件可以拿来旋转检测	154
7.2	正反转判断与加减计数器	157
7.2.1	旋转检测器	157
7.2.2	正反转判断电路	158
7.2.3	脉冲计算电路	158
7.2.4	脉冲分离型加减计数器(74LS192)的使用说明	161
7.2.5	模式选择型加减计数器(74LS190)的使用方法	163
7.3	时序图的波形分析练习	164
7.3.1	74LS192 的时序图分析	165
7.3.2	74LS190 的时序图分析	166
7.4	74LS192 基本实验	167
7.4.1	实验接线	167
7.4.2	实验记录	168
7.4.3	实验讨论	168
7.5	74LS190 基本实验	169
7.5.1	实验接线	169
7.5.2	实验记录	170
7.5.3	实验讨论	170

7.6	左去右回的跑马灯实验	170
7.6.1	实验接线	170
7.6.2	实验线路分析	171
7.6.3	向上加数分析	172
7.6.4	向下减数分析	173
7.6.5	实验讨论	173
7.7	加减数自动切换的实验	173
7.7.1	实验接线	173
7.7.2	实验记录与讨论	173
7.7.3	自动循环加减计数	175
7.8	米轮尺的设计与制作	176
7.8.1	米轮尺机构	176
7.8.2	米轮尺电路	177
7.8.3	米轮尺的产品改良	178
第 8 章	为体育老师做一台百米赛跑多人计时器	181
8.1	问题思考与解答	181
8.1.1	问题思考	181
8.1.2	数字电路中的时间单位	181
8.1.3	时钟脉冲信号怎样产生	182
8.1.4	产生精确的时钟脉冲	182
8.1.5	计时器就是计数器	183
8.1.6	怎样实现多组记录的功能	184
8.2	数据锁存 IC 的认识与使用	188
8.3	多组计时显示实验	190
8.3.1	实验接线	190
8.3.2	实验接线说明	191
8.3.3	启 动	192
8.3.4	锁 存	193
8.3.5	实验记录与讨论	193

8.4	可设定时间的定时器	194
8.4.1	功能流程说明	194
8.4.2	数值比较器的应用介绍	195
8.4.3	可设定时间的定时器实验	197
第9章	频率计与转速计变成超速报警器	203
9.1	转速计与频率计原理说明	203
9.1.1	计数使能(EN)控制信号的功能	203
9.1.2	数据锁存(LE)控制信号的功能	204
9.1.3	计数清除($\overline{\text{CLR}}$)控制信号的功能	204
9.2	如何完成固定时间产生电路的设计	205
9.2.1	使用 74LS123 产生控制信号	205
9.2.2	使用逻辑门延迟特性产生控制信号	205
9.2.3	延迟线的概念	207
9.3	74LS123 的变化应用	208
9.3.1	线路动作分析	208
9.3.2	多段定时应用	209
9.4	小便自动冲水	210
9.4.1	人体近接感应	210
9.4.2	近接判断	210
9.4.3	冲水时间设定	212
9.4.4	问题思考与产品改良	212
9.5	频率计实验	213
9.5.1	时钟脉冲产生电路	213
9.5.2	控制信号接线的流程	213
9.5.3	实验记录与讨论	215
9.6	串行计数器的串联使用	217
9.6.1	触发器做计数电路	217
9.6.2	串行计数器 IC 的串联	220
9.6.3	实验题 1:做一个两位数(十进制)的计数器	222
9.6.4	实验题 2:做一个 12 生肖的跑马灯	222

9.7	同步计数器 IC 的串联·····	225
9.7.1	74LS160 系列的串联·····	225
9.7.2	74LS168、169 的串联·····	226
9.7.3	74LS190、191 的串联·····	227
9.7.4	74LS192、193 的串联·····	228
9.8	具有数据锁存功能的计数器 IC·····	229
9.9	74LS690 的原理和使用方法·····	230
9.9.1	数据锁存功能:74LS175·····	230
9.9.2	数据选择功能:74LS257·····	231
9.9.3	线路动作分析·····	232
9.10	74LS690 实验·····	233
9.10.1	基本实验·····	233
9.10.2	实验记录与讨论·····	233
9.11	74LS696 系列的原理和使用方法·····	235
9.12	设计工程师的创意训练·····	237
9.12.1	想想看·····	237
9.12.2	扩大产品功能·····	239
9.12.3	计时电路的设计与应用·····	239
9.12.4	积木游戏也能完成实验与设计·····	241



第 1 章

数字电路实验板的功能与制作

1.1 为什么要制作数字电路实验板

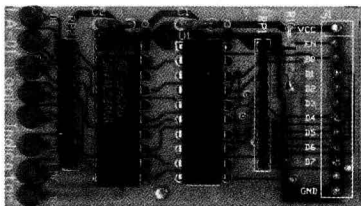
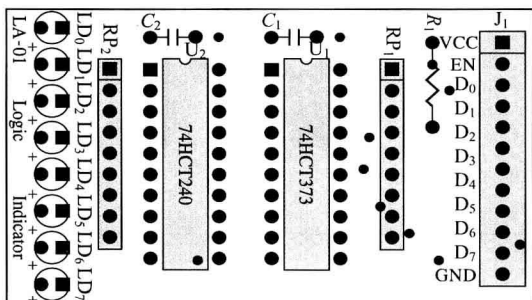
- (1) 减少实验接线,降低出错的概率。
- (2) 方便实现系统设计,达到系统实验的目的。
- (3) 操作简单,只要按下开关,就能看到实验结果。
- (4) 不需要仪器设备,让你在家也能做数字电路实验和线路设计。

1.2 数字电路实验板的功能

- (1) 可用来当做数字电路故障检测和维修的工具。
- (2) 减少接线错误,以提高学习兴趣和信心。
- (3) 是实验结果验证、实习设计和考试的最佳辅助工具。
- (4) 支持后续单片机 I/O 实验和专题制作,十分方便。
- (5) 数字电路实验板经系统组合,数字电路教学即变成了“积木游戏”。

1.3 数字电路实验板的介绍

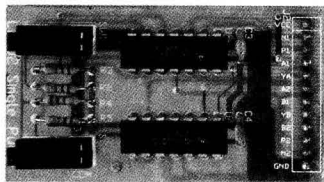
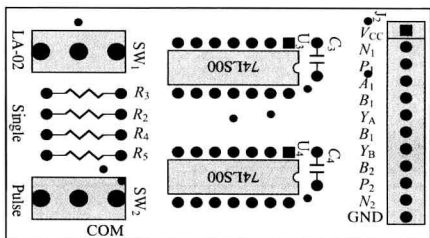
(1) LA-01 逻辑状态指示器,如图 1.1 所示。



LA-01的功能:
(1) 具有8位逻辑指示;
(2) 逻辑1, LED ON;
(3) 预留使能端EN, EN=0不动作。

图 1.1 LA-01 零件配置图

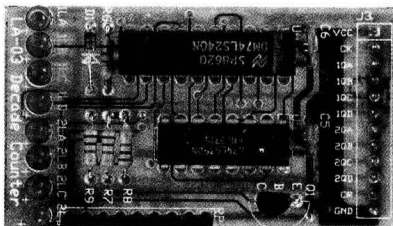
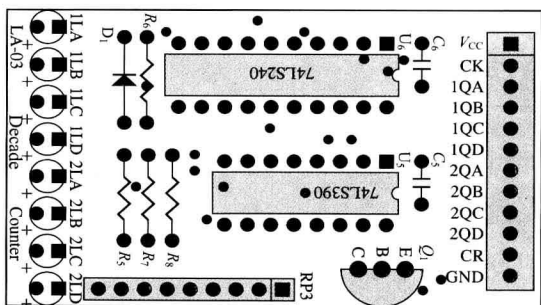
(2) LA-02 单脉冲发生器,如图 1.2 所示。



LA-02的功能:
(1) 两组单脉冲发生器;
(2) 一个NAND门, $B_1 \cdot B_2 = Y_1$;
(3) 一个AND门, $A_1 \cdot A_2 = Y_2$ 。

图 1.2 LA-02 零件配置图

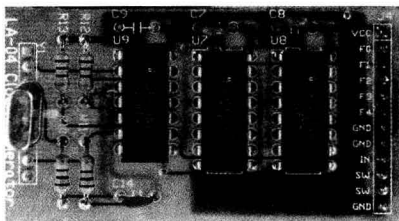
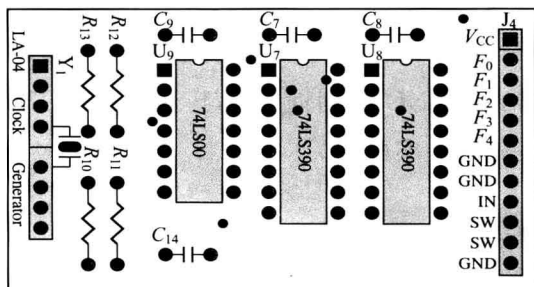
(3) LA-03 十进制计数器,如图 1.3 所示。



LA-03的功能:
(1) 拥有两个十进制计数器;
(2) 两组LED分别指示个位和十位;
(3) 预留清0端供您使用。

图 1.3 LA-03 零件配置图

(4) LA-04 时钟脉冲发生器,如图 1.4 所示。

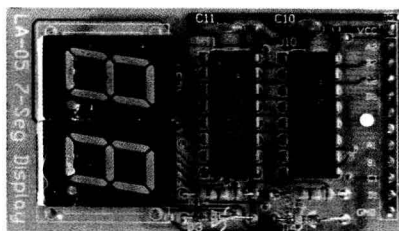
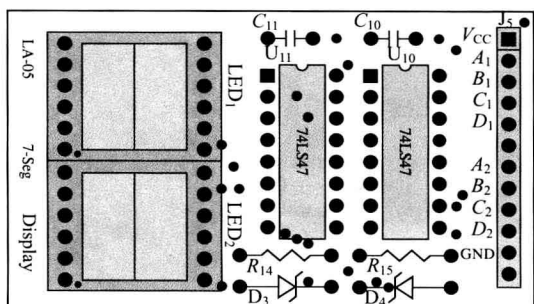


LA-04的功能:

- (1) 石英晶体可更换, 目前为10M石英晶体;
- (2) 有10M、1M、100k、10k、1k五种方波;
- (3) 预留SW做信号输出控制。

图 1.4 LA-04 零件配置图

(5) LA-05 七段数码显示器,如图 1.5 所示。

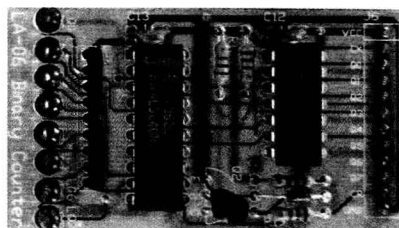
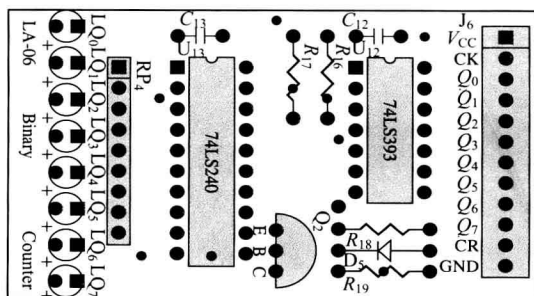


LA-05的功能:

- (1) 两组共阳极七段数码显示器;
- (2) 不加输入信号时完全不亮, 以省电。

图 1.5 LA-05 零件配置图

(6) LA-06 二进制计数器,如图 1.6 所示。



LA-06的功能:

- (1) 拥有8位二进制计数器;
- (2) 8个LED显示 $Q_0 \sim Q_7$ 的计数状态;
- (3) 预留清0端供您使用。

图 1.6 LA-06 零件配置图