

图解电路设计与制作系列

数字电路

设计与制作

■ [日] 汤山俊夫 著

■ 彭 军 译



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

图解电路设计与制作系列

数字电路设计与制作

〔日〕 汤山俊夫 著

彭 军 译



科学出版社

北京

图字: 01-2005-1154 号

内 容 简 介

本书是“图解电路设计与制作系列”之一,内容分为基础篇和制作篇两部分。基础篇介绍制作数字电路所涉及的基本知识、基本方法和制作技巧;制作篇中介绍大量实用的数字电路的设计与制作,例如电子节拍器、电子计数器、万步计、速度计、秒表、电子存钱箱、断线传感器、信息灯、水位传感器、频率计数等。

本书着眼于提高学习者的数字电路实验技能,具有很强的实用性。

本书可作为电子、电气、信息科学、仪器仪表等相关专业技术人员及本科生的参考用书,亦可作为相关专业中等专科学生的数字电路实验或者自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路设计与制作/(日)汤山俊夫著;彭军译.--北京:科学出版社,2005
(图解电路设计与制作系列)

ISBN 7-03-014689-1

I. 数… II. ①汤…②彭… III. 数字电路-电路设计-图解 IV. TN 79-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 001160 号

责任编辑:杨 凯 崔炳哲 / 责任制作:魏 谨

责任印制:刘士平 / 封面设计:朱 平

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>

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 4 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2005 年 4 月第一次印刷 印张: 16 1/2

印数: 1—4 000 字数: 311 000

定 价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

前言

近年来,由于半导体技术的迅速发展,各种非常便利的电子设备得到普遍推广应用。个人计算机的体积直到十多年前还有桌面那样大,然而现在已经缩小到能够放在手掌上。这是因为采用了高度集成化的超大规模集成电路(VLSI)。

对于希望自制电子设备,或者需要设计功能复杂的电子电路的人们来说,要求他从一开始就能熟练掌握这些知识与技能是非常困难的。特别是对于进入一个崭新领域的人来说是需要勇气的。因此,在最初的学习阶段需要从最简单的电子电路开始进行训练。如果在身旁有志同道合者能够一起探讨就好了,不过现实中往往不是这样的。有些人是依靠杂志上刊登的新产品介绍或硬件说明书进行自学的。但是一般的产品介绍是以具有一定基础知识的人为对象的,对于初学者来说所介绍的内容是往往难以理解的。

现在计算机应用技术在不断发展,已经渗透到各个技术领域。例如,已经能够利用计算机技术自动进行电子电路的设计。然而目前这些技术首先考虑的是更有系统地避免失败,保证工作的效率。它并不能给你提供你所希望的某种规格的系统。人们之所以孜孜不倦地学习是因为对它感兴趣。如果因制作的电路由于某些原因工作不正常而灰心,就不会有进步。工作的挑战之一就是会经历多次失败。学习电子电路也是这样,如果不理解失败的原因,那就多看参考书。它往往可以帮助你解决困难。不同的读者对于参考书有不同的需求,没有一本可以解决一切问题的万能之书。

本书的内容不同于一般的教科书。它分为两部分:第一部分基础篇,是针对初步掌握数字 IC 的读者在实验中将会遇到的各种基本问题。例如,使用数字 IC 进行电路设计时应该做哪些准备工作?在将要进行的实验中,应该给数字电路加多大的电压?会有多大的电流流过?对于 IC 的速度或其他特性有什么要求?实验中应该注意哪些问题?等等各种疑难点。在基础篇中将尽量简明易懂地解答这些问题。

第二部分制作篇,内容不拘泥于系统的理论问题,而是通过设计和组装实际的数字电路学习数字 IC 的功能和数字电路的结构。通过这些制作,使读者能够及早熟悉数字电路以及这里使用的各种部件、工具的应用技巧。

对于初学者和业余爱好者来说,没有什么比圆满完成某项实验更具有乐趣和成就感了。懂得了数字电路的奥妙,就会产生无穷兴趣。我们期待着本书成为你成功的开端。

著 者

目 录

基础篇

第 1 章	数字电路制作的基础知识	3
1.1	数字 IC 的代名词	3
1.1.1	74 系列的种类与特征	3
1.1.2	74 系列的电特性	4
1.1.3	74 系列数字 IC 的型号	5
1.2	数字 IC 的规则	6
1.2.1	数字 IC 的功能	6
1.2.2	逻辑电平	7
1.2.3	V_{IH} 与 V_{IL}	7
1.2.4	V_{OH} 与 V_{OL}	7
1.2.5	数字 IC 的管脚配置	8
1.2.6	数字 IC 的结构	9
1.3	数字电路图的识别方法	9
1.3.1	逻辑符合的意义	9
1.3.2	数字 IC 的配置方法	11
1.3.3	电源旁路电容器的作用	11
1.4	TTL 与 CMOS	12
1.4.1	电路结构上的不同	12
1.4.2	逻辑 IC 的输入输出特性	14
1.4.3	门延迟与消耗电流	14
1.4.4	门延迟与电源电压	15
1.4.5	门延迟与负载电容	16
1.4.6	门延迟与环境温度	16
1.4.7	消耗电流与工作频率	16
1.4.8	电流消耗与负载电容	16
1.5	门 IC 的作用	16
1.5.1	门 IC	16

1.5.2	门的动作	17
1.5.3	作为逻辑器件的动作	18
1.5.4	把逻辑器件作为门工作	18
1.5.5	NAND 门与 NOR 门	19
1.6	模拟 IC 与数字 IC	20
1.6.1	模拟与数字的不同	20
1.6.2	模拟 IC 与数字 IC	21
1.6.3	通用 IC 与专用 IC	22
第 2 章	数字电路中使用部件的选择方法	23
2.1	经常使用的各种结构部件	23
2.1.1	实验用印制电路板	23
2.1.2	IC 插座的使用方法	24
2.1.3	螺钉与螺帽	25
2.1.4	布线的线材	26
2.1.5	组装用机壳	26
2.2	各种经常使用的电子部件	28
2.2.1	晶体管	28
2.2.2	电阻器	29
2.2.3	电阻值(色标)的读法	31
2.2.4	电容器	32
2.2.5	电容器容量值的读法	34
2.2.6	LED	34
2.2.7	小型可变电阻器	36
2.2.8	开 关	37
2.2.9	石英振子	37
2.2.10	陶瓷振子	38
2.2.11	压电蜂鸣器	38
2.2.12	小型扬声器	39
第 3 章	选择测试仪器和制作工具的方法	41
3.1	焊接必需的工具	41
3.1.1	烙 铁	41
3.1.2	焊 锡	42
3.1.3	镊 子	43

3.2	加工部件和线材时使用的工具	44
3.2.1	剪钳和尖嘴钳	44
3.2.2	弯曲元器件的引线时使用的特殊尖嘴钳	45
3.2.3	剥皮钳	45
3.3	安装和加工时使用的工具	46
3.3.1	螺丝起子	46
3.3.2	钻	47
3.4	方便实验和测定的工具	48
3.4.1	带鳄鱼夹的引线	48
3.4.2	有测试扣的引线	48
3.4.3	模拟式万用表和数字式万用表	50
第4章	数字电路的制作方法	52
4.1	加工、组装基板和机壳的方法	52
4.1.1	通用基板的剪切	52
4.1.2	剪切丙烯酸板	53
4.1.3	自制 IC 插座的方法	54
4.1.4	印制文字的方法	55
4.2	实装部件和导线的技巧	56
4.2.1	部件插在 DIP 插座上的方法	56
4.2.2	把各种元器件合理地安装在基板上	57
4.2.3	利用序号标记防止布线错误	58
4.2.4	拆卸 IC 或部件的方法	59
4.2.5	捆扎导线的方法	60
4.2.6	使用面包板	61
4.3	部件的保存方法	62
4.3.1	饭盒型	62
4.3.2	抽屉型	62
4.4	电路图的画法	63
4.4.1	门 IC 的表示方法	63
4.4.2	触发器	63
4.4.3	计数器和移位寄存器(MSI)	64
4.4.4	V_{DD} 和 GND 的画法	65
4.4.5	特别信号的画法	65
4.4.6	清晰地画电路图	66

制作篇

第 1 章 数字 IC 的基本功能	71
1.1 用数字 IC 判定电压	71
1.1.1 数字 IC 的基本功能	71
1.1.2 装配前的焊接练习	73
1.1.3 电压判定器的电路及装配	74
1.1.4 利用可变电阻器改变输入电压	76
1.1.5 电压判定器电路动作的确认	77
1.2 利用 NAND 门和 NOR 门判定电压	77
1.2.1 利用 NAND 门的电压判定器的实验	77
1.2.2 利用 NOR 门的电压判定器的实验	79
1.3 应用电压判定器的光传感器电路	80
1.3.1 光传感器电路	80
1.3.2 使用 CdS 的光传感器	81
1.3.3 确认 CdS 的工作	82
1.3.4 光传感器电路的制作与实验	82
1.4 数字 IC 电路用电源电路的制作	84
1.4.1 各种 CMOS 逻辑 IC 电路用电源	84
1.4.2 用 AC 适配器制作实验用电源	85
1.4.3 好电源与差电源	86
 第 2 章 LED 闪光电路、扬声器电路的制作	 87
2.1 微型圣诞树的制作	87
2.1.1 圣诞树的结构	87
2.1.2 使 LED 闪光的实验	88
2.1.3 制作不同颜色 LED 交替闪光的电路	89
2.1.4 在圣诞树上的应用	91
2.2 断线传感器电路的制作	92
2.2.1 断线传感器的电路结构	92
2.2.2 断线传感器的工作	93
2.2.3 节能改良型断线传感器	93
2.2.4 用作导通传感器或触摸传感器	94
2.3 水传感器电路的制作	96
2.3.1 水传感器的电路与结构	96

2.3.2	传感器部分的结构与制作方法	98
2.4	制作完成后进行检查的要点	100
2.4.1	接电源前检查的要点	100
2.4.2	接上电源后检查的要点	100
2.4.3	工作不正常时的检查方法	101
第3章	接口电路的实验与制作	103
3.1	自行车用方向指示灯的制作	103
3.1.1	自行车用方向指示灯与高辉度 LED	103
3.1.2	自行车用方向指示灯电路的制作	104
3.2	声控开关的制作	107
3.2.1	声控开关的电路与动作	107
3.2.2	电容型传声器的结构	108
3.2.3	声控开关的结构及应用	109
第4章	电子节拍器的制作	111
4.1	电子节拍器的设计	111
4.1.1	节拍器使人们感受音乐节奏	111
4.1.2	节拍器的电子化	112
4.1.3	设计规格	112
4.2	依据规格设计电路	113
4.2.1	电子节拍器的电路设计	113
4.2.2	确定振荡器的振荡频率	114
4.2.3	电子节拍器的结构	114
4.2.4	利用冲息多谐振荡器	115
4.2.5	把框图具体化为电路图	116
4.2.6	制作以及电路动作的确认	118
4.3	利用开关获取数据的方法	120
4.3.1	开关与数字电路	120
4.3.2	机械式开关是噪声源	120
4.3.3	用 RC 消除噪声	121
4.3.4	具有滞后作用的门的制作方法	122
4.3.5	用 R-S 锁存器防止产生噪声	123

第 5 章 电骰子的制作	124
5.1 电骰子的动作	124
5.1.1 骰子的作用	124
5.1.2 重新评价骰子的功能	125
5.1.3 由功能决定结构	125
5.2 骰子表示部分的实验	126
5.3 根据功能框图设计电路	129
5.3.1 根据基本规格设计框图	129
5.3.2 设计电路	131
5.3.3 振荡电路	131
5.3.4 六进制计数器	131
5.3.5 译码器的设计	132
5.3.6 译码器的输入、输出	133
5.3.7 使用卡诺图简化逻辑	134
5.3.8 LED 的驱动	136
5.3.9 时钟控制电路	136
5.3.10 电骰子的电路图以及制作	137
5.4 利用卡诺图简化逻辑的方法	139
5.4.1 把布尔代数变换为逻辑	139
5.4.2 逻辑的简化	140
5.4.3 实际使用 IC 的电路	141
第 6 章 电子旋转圆盘的制作	143
6.1 旋转圆盘游戏的玩法	143
6.1.1 旋转圆盘的玩法	143
6.1.2 把旋转圆盘置换为电子电路	145
6.2 根据旋转圆盘的框图设计电路	146
6.2.1 建立旋转圆盘的框图	146
6.2.2 38 个数字,需要制作 38 位的移位寄存器	146
6.2.3 旋转圆盘电路的设计	147
6.2.4 制作 1 位“H”的电路	148
6.2.5 旋转圆盘的動作	150
6.3 利用环形计数器制作的旋转圆盘	150
6.4 用数字表示器制作旋转圆盘	153

6.4.1	用 7 段数字表示器制作旋转圆盘	153
6.4.2	用计数器的输出表示 0 与 00 的方法	154
6.4.3	旋转圆盘的三十六进制计数器	155
6.5	移位寄存器的应用	158
6.5.1	数据的移动	158
6.5.2	什么是移位寄存器?	158
6.5.3	移位寄存器的工作	159
6.5.4	使数据滞后一定时间的方法	159
6.5.5	保存动作	160
第 7 章	电子存钱箱的制作	162
7.1	显示存钱额的存钱箱	162
7.1.1	对不同面值的硬币分类	162
7.1.2	按照大小对硬币分类	163
7.2	电子式硬币分类器	163
7.2.1	电子式分类硬币的大小	163
7.2.2	利用光断续器	164
7.2.3	利用光断续器判别硬币大小的过程	164
7.2.4	机械式与电子式检测器的不同	165
7.3	硬币计数器的框图	166
7.3.1	表示各类硬币的枚数	166
7.3.2	表示实际金额的技巧	166
7.3.3	表示合计金额	167
7.3.4	使用光断续器的方法	168
7.4	设计计数器电路	169
7.4.1	10 日元硬币用计数器	169
7.4.2	脉冲发生电路	171
7.4.3	脉冲发生的原理	172
7.4.4	用预置计数器产生门脉冲	173
7.4.5	程序化的脉冲发生器	173
7.4.6	对输入信号有限制	174
7.4.7	译码器部分的简单制作	175
7.4.8	总电路图	176
7.4.9	制作要点	176
7.5	译码器电路的设计方法	176

7.5.1	代码变换	176
7.5.2	译码器电路的设计	177
7.5.3	AND-OR 门的代用	179
7.5.4	简单的译码器电路	179
第 8 章	电子计数器、万步计、人数计的制作	182
8.1	电子计数器的制作	182
8.1.1	计数的动作	182
8.1.2	利用计数器 IC 74HC160	183
8.1.3	7 段译码器/驱动器 TC5002BP/ TC5022BP	183
8.1.4	电路图与实际制作	184
8.1.5	计数·零·消除功能	185
8.1.6	调整和使用方法	186
8.2	电子万步计的制作	186
8.2.1	万步计的工作	187
8.2.2	检测步数的装置	187
8.2.3	关闭显示的方法	188
8.2.4	制作与调试	189
8.3	人数计的制作	190
8.3.1	光开关的动作	190
8.3.2	光开关的应用	190
8.3.3	电路设计的要点	190
8.3.4	制作时注意之点	191
8.3.5	光电计数器的使用方法	193
第 9 章	秒表的制作	194
9.1	钟表的工作	194
9.1.1	振荡器+计数器=秒表	195
9.1.2	制作准确的标定时间	196
9.1.3	利用计数器获得基准脉冲	196
9.1.4	利用 R-S 锁存器	198
9.1.5	AND 门和 NAND 门	198
9.2	秒表的制作与调整	198
9.2.1	电路工作的确认	198

9.2.2	改变最大计数	200
9.2.3	利用专用计数器 IC	200
9.3	使用 BCD 计数器和十进制计数器的方法	202
9.3.1	十进制计数器与 BCD 计数器	202
9.3.2	适合分频的计数器	203
9.3.3	十进制计数器 74HC390	204
第 10 章	自行车用速度计的制作	206
10.1	速度计的原理	206
10.1.1	模拟式(指针式)速度计	206
10.1.2	非接触式速度检测器	207
10.1.3	锁存器的必要性	209
10.2	速度计的规格及电路设计	210
10.2.1	速度计的规格	210
10.2.2	电路设计	210
10.3	速度计的制作与调试	212
10.3.1	速度计的制作	212
10.3.2	准确的速度计	214
10.3.3	实际使用	214
第 11 章	信息灯的制作	216
11.1	使用多个 LED 表示文字	216
11.1.1	使用 LED 灯	216
11.1.2	LED 灯的驱动	217
11.1.3	用 7×9 点组成文字	218
11.2	改善显示效果的方法	218
11.2.1	发光顺序	218
11.2.2	流动文字式发光	220
11.2.3	依次增加式发光	222
11.2.4	熄灭→发光转换的方式	225
11.3	用一台表示器显示多种表示方式	227
11.3.1	组合各种发光方式	227
11.3.2	组 装	227
11.3.3	连接 12V 蓄电池	230

11.4	二进制数的运算	232
11.4.1	二进制数的加法运算	232
11.4.2	半加器	232
11.4.3	全加器	233
11.4.4	加法器的串行连接	234
第 12 章	频率计数器的制作	236
12.1	频率计数器电路的设计与动作	236
12.1.1	频率计数器	236
12.1.2	使用的部件	237
12.1.3	频率计数器的电路结构	239
12.2	频率计数器各方框的动作	240
12.2.1	取样时钟脉冲发生部分	240
12.2.2	计数器部分	240
12.2.3	LED 显示部分	241
12.2.4	基准信号发生部分	242
12.2.5	输入放大器的构成	243
12.2.6	频率计数器的动作	243
12.3	频率计数器性能的提高	245
12.3.1	可变的测定周期	245
12.3.2	改变最高计数频率	245

基础篇

