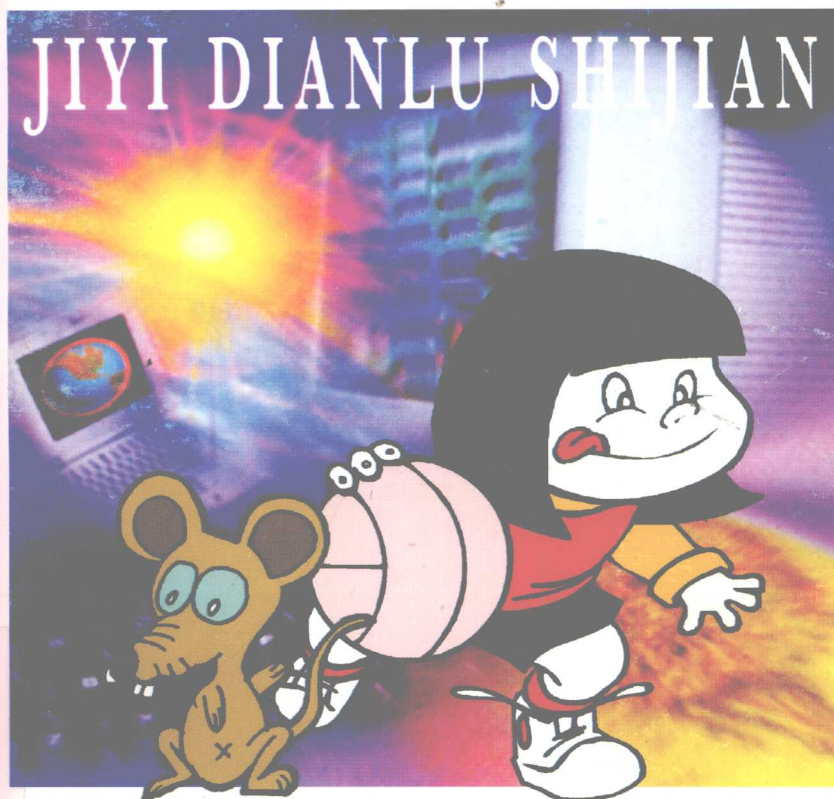


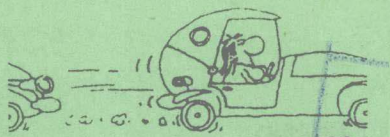
记忆电路实践

青少年电子入门快车

阮弼忠



福建科学技术出版社



● 青少年电子入门快车

记忆电路实践

阮初忠

福建科学技术出版社

(闽)新登字 03 号

图书在版编目(CIP)数据

记忆电路实践/阮初忠编著. —福州:福建科学技术出版社,2000.4
(青少年电子入门快车)
ISBN 7-5335-1620-6

I. 记… II. 阮… III. 电子电路,记忆型-普及读物 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 55715 号

青少年电子入门快车

记忆电路实践

阮初忠

*

福建科学技术出版社出版、发行

(福州市东水路 76 号)

各地新华书店经销

福建省科发电脑排版服务公司排版

福建省新华印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 5.75 印张 2 插页 131 千字

2000 年 4 月第 1 版

2000 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5335-1620-6/TN·224

定价:9.50 元

书中如有印装质量问题,可直接向承印厂调换

丛书编委：（按姓氏笔划为序）

王乃成（中国人民解放军运输工程学院）

孙 漪（西安交通大学）

孙威娜（华中理工大学）

吴淑泉（华南理工大学）

杜效农（天津理工学院）

周亦武（大连海事大学）

林成武（沈阳工业大学）

柯锡明（东南大学）

徐洪水（浙江大学）

徐宝琨（吉林大学）

程卫东（中国科学技术大学）

蔡声镇（福建师范大学）

青少年电子入门
快车

吕新奎
一九九九年
首夏

国家信息产业部吕新奎副部长题词



编辑的话

近 20 年来，电子技术得到了飞速的发展，从航天飞机的发射升空、“火星探路者”号的成功登陆，到卫星全球定位系统 (GPS)、巨型计算机的研制，从海湾战争、抗震救灾、维和行动，到与我们生活息息相关的大屏幕高清晰度彩色电视机、VCD、DVD 视盘机、手提电话……我们无不感受到电子技术的无穷魅力以及对我们社会生活的巨大影响。同时，电子技术又是那么地“平易近人”。一把烙铁、几个元件、一本书，迷得一代代的青少年“乐不思蜀”……谁能否认当今的电子大师们不正是从这条路上走来的？谁又敢说今天的“小电子迷”不能成为明日的电子大师？即便是平平凡凡，他们也乐此不疲，沉迷于电子世界，增长知识，陶冶情操，服务社会。

“青少年电子入门快车丛书”是一套面向青少年朋友的电子入门读本。丛书将电子学知识分成各个相对独立的专题，分册论述。各个分册大致包括了基本知识、元器件特性、基本电路原理与分析、实用电路制作等内容，并注重反映电子科学发展的最新技术及其应用。丛书力求通俗易懂，同时强调知识性、实用性、系统性，让青少年

朋友们能够在较短时间内掌握电子技术的基本知识及制作技能。

在丛书出版之际，特别要感谢参加本丛书编写的专家们，他们大都来自全国各大院校。在为国家培养高级电子人才之余，他们仍不忘普及科技知识的社会责任，百忙之中，天南海北，共同为本丛书的出版而辛劳。国家信息产业部吕新奎副部长、清华大学的李鹤轩教授、中国电子科技大学的过璧君教授、浙江大学的陈曾济教授、大连海事大学的吕健先生以及福州市少年宫的林正山高级工程师等，也为全书的策划组稿提出了宝贵的建议，福建师范大学的许瑞珍老师为丛书编写了生动有趣的电子知识短文，在此一并致谢。

我们诚恳地希望全国电子行业的专家们能继续关注“青少年电子入门快车丛书”的成长，并希望广大青少年朋友能将学习中遇到的问题及萌发的建议告诉我们，让我们一起为普及电子知识而努力。

前 言

为什么电脑控制的洗衣机能自动洗涤衣服？为什么空调器能自动维持房间里调定的温度？为什么电子英-汉、汉-英词典能给出发音？……这些电子产品的核心就是存在一个具有记忆功能的电路。有了它，洗衣机才能记住洗涤衣物的过程，并按照洗涤的要求进行自动进水—洗涤—排水—再进水……空调器才能记住人们调定的温度，并跟房间的实际温度比较：当室温升高时，空调机开始制冷；当室温降低时，空调机就停止制冷。所以，记忆电路是数字电子技术中的一个重要组成部分。

记忆电路是继门电路、触发器、计数器电路之后，我们向青少年朋友们介绍的另一种数字电子技术电路。它可分为两大类：第一类为寄存器、锁存器、缓冲器等；第二类为存储器、顺序存储器、随机存储器、只读存储器等，它们都有各自的集成芯片。本书与《门电路实践》、《触发器、计数器电路实践》二书共同构筑了数字电子技术的基础知识。

本书第一章主要介绍第一类记忆电路：各种类型的寄存器的工作原理，以及该电路中常用集成芯片的功能、特点和使用注意事项。

第二章主要介绍第二类记忆电路：顺序存储器、随机存储器，只读存储器等的工作原理，以及该电路中常用集成芯片的功能、特点和使用注意事项。

第三章主要介绍模数转换、数模转换电路。因为上述记忆电路只能记住以“0”和“1”为代码的数字信号，但是现实生活中很少存在这种信号，而是大量存在缓慢变化的模拟量（如：温度、语音、压力等），所以必须把这些模拟量转化为二进制代码的数字

量，这样才能够记忆。同样，要把这些数字量还原为模拟量，就要用到数模转换电路。它们是数字电子产品中的重要器件。

第四章主要介绍记忆电路在实际生活中的应用。通过对 20 个新颖、实用的电路进行分析、制作和调试实践，来加深对前三章内容的理解，同时也教大家学会怎样分析数字电路，起到举一反三的作用。

在编写过程中，我们力求通俗易懂、深入浅出，少理论推导、重分析方法。对于书中用到的门电路、触发器电路的知识，本书都给于必要的复习，以便于老读者巩固以前的知识，同时也便于扫除新读者的阅读障碍。

由于编者水平有限，制作经验不足，书中遗漏、错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

1999 年 7 月于集美学村

目 录

第一章 寄存器

一、数码寄存器	(1)
(一) 双拍式数码寄存器	(2)
(二) 单拍式数码寄存器	(3)
二、移位寄存器	(8)
(一) 左移位寄存器	(8)
(二) 右移位寄存器	(10)
(三) 双向移位寄存器	(12)
三、寄存器应用举例	(17)
(一) 寄存器的扩展	(17)
(二) 实现数据串行的加法器	(18)
(三) 环形计数器 (节拍发生器)	(20)

第二章 存储器

一、顺序存储器	(22)
(一) 动态 MOS 存储单元	(23)
(二) 动态 CMOS 移位寄存器单元	(24)
(三) 顺序存取存储器 SAM 的结构和工作原理	(25)
二、随机存取存储器 (RAM)	(28)
(一) 静态存储单元	(29)
(二) 动态存储单元	(30)
(三) RAM 的结构	(33)
(四) 静态 RAM6116 简介	(37)
(五) RAM 的扩展	(38)

三、只读存储器 (ROM)	(42)
(一) 固定程序 ROM	(42)
(二) 可编程只读存储器 (PROM)	(48)
(三) 可改写型只读存储器 (EPROM)	(51)
(四) 电可改写型只读存储器 (EEPROM)	(56)
四、不易挥发静态随机存储器 (NOV-RAM)	(63)
(一) 并行 NOV-RAM	(63)
(二) 串行 NOV-RAM	(66)

第三章 数模转换和模数转换

一、概述	(69)
二、数模转换器 (DAC)	(71)
(一) 数模转换器的基本原理	(71)
(二) 电压相加型数模转换器	(73)
(三) 电流型数模转换器	(78)
(四) 集成数模转换器芯片	(81)
三、模数转换器 ADC	(91)
(一) 模数转换的基本原理	(92)
(二) 模拟—数字转换的实现过程	(93)
(三) 直接比较型模数转换器 ADC	(96)
(四) 间接比较型模数转换器 ADC	(101)
(五) 集成模数转换器 ADC	(105)

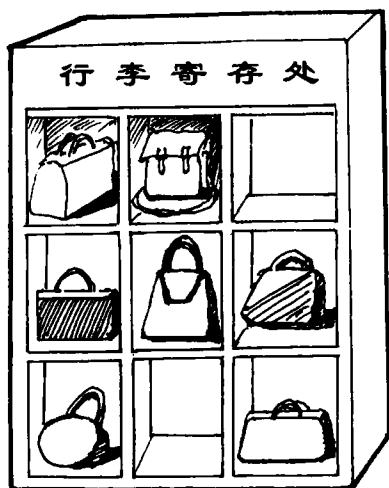
第四章 记忆电路的应用

一、摩托车尾灯转向指示电路	(121)
二、土壤湿度计	(123)
三、语音强弱模拟显示	(125)
四、防窃听器的射频检测器	(126)

五、数控频率振荡器	(127)
六、数字式电容测量计	(129)
七、数字式温度计	(131)
八、录音机用霍尔计数器	(132)
九、数字式吊扇调速器	(134)
十、高级数字密码锁	(135)
十一、可编程自动打铃器	(139)
十二、可编程自然风电扇控制器	(142)
十三、电子驱蚊器	(145)
十四、全自动程控洗衣机	(146)
十五、音乐门铃	(149)
十六、简单语音集成电路的应用	(151)
十七、语音录放集成芯片的应用	(153)
十八、自动量程万用表	(162)
十九、循环彩灯控制器	(168)
二十、自动留言电话机	(169)

第一章 寄存器

顾名思义，寄存器犹如车站行李寄存处一样，可寄存数字系统中的数据代码。它的用处很多，几乎在所有的数字系统中都要用到它。我们知道，一个触发器能够记忆存放一位二进制的数字代码 0 或 1，若要寄存两位二进制代码，就需两个触发器，寄存三位二进制代码需三个触发器……这样，要寄存 N 位二进制代码，就需



N 个触发器。我们通常把这种能够记忆存储数据代码，并在必要时按原数据代码送出，或可消去旧的数据代码，存入新的代码的一组触发器，以及它们的外围电路，统称为寄存器。我们把仅能寄存数据代码的寄存器称为数码寄存器（或锁存器）；把存放的数据代码受时钟脉冲控制而进行相邻位之间依次左移、右移或者双向移动的寄存器称为移位寄存器。

一、数码寄存器

数码寄存器存、取数码信息是受外部的控制“命令”来进行的，这样按存入数码的方式，可分为双拍式和单拍式两种。

（一）双拍式数码寄存器

图 1-1 所示,为一个四位双拍式数码寄存器,它是由 4 个 D 触发器和若干个“与”门电路组成。触发器 F_0 、 F_1 、 F_2 、 F_3 是用来寄存数码的,“与”门 G_0 、 G_1 、 G_2 、 G_3 是接收数码的控制门,“与”门 G_0' 、 G_1' 、 G_2' 、 G_3' 是输出数码的控制门。例如,当我们要寄存 1010 这个数码时,寄存器的工作过程如下:

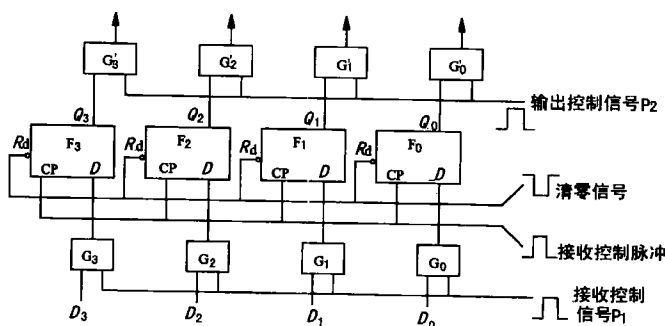


图 1-1 双拍式数码寄存器

第一步:首先清除原有代码,即将寄存器内的原始数码清为零,简称“清零”。根据触发器的功能,当直接给置“0”端 R_d 一个负电平时,触发器便被置于“0”态。因此,当“清零信号”到来时,四个触发器都为“0”状态,使寄存器处于“0000”状态。

第二步:接收数码。四位要寄存的数码“1”、“0”、“1”、“0”,是以“高”、“低”、“高”、“低”电平形式分别出现在接收控制门的四个输入端 D_3 、 D_2 、 D_1 、 D_0 上的。当接收控制电平 P_1 (正脉冲)到来时,四个接收控制门的输出分别为:

$$G_0: G_0 = D_0 \cdot P_1 = 0 \cdot 1 = 0 \text{ 出现低电平;}$$

$$G_1: G_1 = D_1 \cdot P_1 = 1 \cdot 1 = 1 \text{ 出现高电平;}$$

$G_2: G_2 = D_2 \cdot P_1 = 0 \cdot 1 = 0$ 出现低电平;

$G_3: G_3 = D_3 \cdot P_1 = 1 \cdot 1 = 1$ 出现高电平;

根据 D 触发器的功能, 当 CP 端出现正脉冲时, 便把 D 输入端的信号存入触发器。因此, 当“接收控制脉冲” CP 到来后, 触发器 F_1 、 F_3 就分别翻转为“1”状态; F_0 、 F_2 保持“0”状态, 寄存器便成为“1010”状态, 即数码“1010”被存入寄存器内。这样寄存器内的各触发器的输出端 Q_3 、 Q_2 、 Q_1 、 Q_0 的电位分别为“高”、“低”、“高”、“低”, 只要不出现“清零信号”或“接收控制脉冲”, 寄存器内的各触发器就总保持这一状态, 即寄存着数码“1010”。

第三步: 输出数码。当输出控制电平 P_2 出现正脉冲时, 输出控制门 G_3' 、 G_2' 、 G_1' 、 G_0' 的输出端分别给出数码“1010”, 即以“高”、“低”、“高”、“低”的电平形式将寄存器内所寄存的数码“1010”发送出去。

可见, 这种寄存器要寄存数码, 首先需要—个“接收控制电平” P_1 , 即—个正脉冲 (相当于一拍) 来打开输入门, 然后还需要接收控制脉冲 CP (又一拍), 才把数码寄存到寄存器中。这样, 寄存过程共需要两个脉冲 (即两拍), 所以把这种寄存器称为双拍式寄存器。

(二) 单拍式数码寄存器

1. 由基本 RS 触发器构成的单拍接收方式的数码寄存器

图 1-2 是由基本 RS 触发器组成的—个四位数码寄存器。因为它在接收数码时只需—个接收脉冲, 所以称为单拍接收方式。

当接收脉冲到达时, 接在各触发器 F 输入端的 R 和 S 的两个“与非”门都被打开。若 $D=1$, 则 $S=0$, $R=1$, 触发器被置“1”; 若 $D=0$, 则 $S=1$, $R=0$, 触发器被置“0”。这样, 若要寄

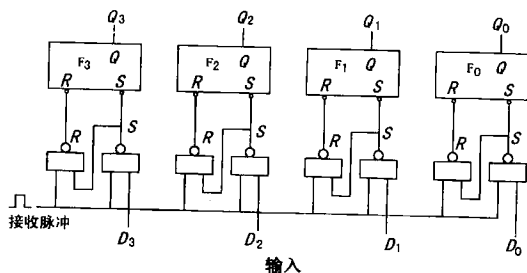


图 1-2 单拍式数码寄存器

存“1100”，寄存器的输入端分别为： $D_3=1$ 、 $D_2=1$ 、 $D_1=0$ 、 $D_0=0$ 。当接收脉冲到达时，按照上述规则，各触发器分别被置于 $F_3=1$ 、 $F_2=1$ 、 $F_1=0$ 、 $F_0=0$ 的状态，数码“1100”就被寄存进去。同时， $Q_3=1$ 、 $Q_2=1$ 、 $Q_1=0$ 、 $Q_0=0$ ，输出端就出现了“1100”数码。

2. 由 D 触发器构成的单拍接收方式的数码寄存器

图 1-3 是由 D 触发器组成的四位数码寄存器的逻辑图。由于 D 触发器具有“ $Q^{n+1}=D^n$ ”的逻辑功能，所以只要各触发器的 D 端出现数码之后，来一个接收脉冲， D 触发器的输出就变为 D 端所决定的状态。例如，要寄存数码“1101”，这时 D 端应分别出现： $D_3=1$ 、 $D_2=1$ 、 $D_1=0$ 、 $D_0=1$ 。当接收脉冲到达之后， CP 端出现

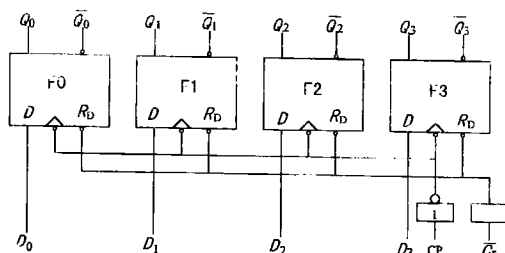


图 1-3 由 D 触发器组成的单拍式寄存器

时钟脉冲, 使得触发器 F_3 置“1”, 即 $Q_3=1$; 同样, F_2 也被置“1”, 即 $Q_2=1$; F_1 被置“0”, 即 $Q_1=0$; F_0 被置“1”, 即 $Q_0=1$ 。这样, 寄存器就寄存了“1101”状态。

3. 由 JK 触发器构成的单拍接收方式的数码寄存器

图 1-4 是由 JK 触发器构成的四位数码寄存器。由于 J 端与 K 端总是反相, 那么 JK 触发器的翻转状态就由 J 端来决定, 它实质上就变成了 D 触发器。那么, 它的寄存过程与由 D 触发器构成的寄存器的动作过程是一样, CP 时钟脉冲也就是接收脉冲。

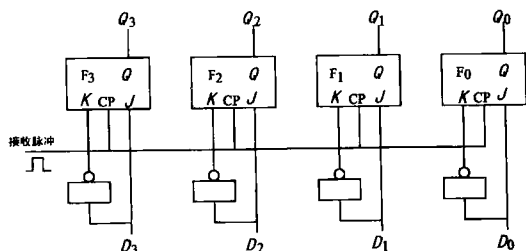


图 1-4 由 JK 触发器组成的单拍式寄存器

上述几种寄存数码的方式都有共同的特点, 各位数码是同时加入的, 而且每位的输出状态也同时出现在输出端上, 所以我们把这种输入-输出方式称为并行输入-并行输出方式。

下面介绍两个数码寄存器芯片。

图 1-5 是国产 TTL 型 4 位寄存器 T1175、T3175、T4175 的图形符号与外部引线排列图, 其逻辑图与图 1-3 相同。图中的 16 脚为电源端, 8 脚为接地端, $\overline{C}_r$ 为清零端, 其余各脚为 4 个触发器的输入输出端。

表 1-1 是 T1175 的功能表。T1175 具有异步清零功能, 只要 $\overline{C}_r=0$, 不论 CP 和各输入端处于什么状态, 都能使各个触发器置