

数字系统设计基础

V. T. Rhyne 著

西北电讯工程学院

数字系统设计基础

董有喆 秦荻辉 林 生 译



西北电讯工程学院

1979.1.

译 者 的 话

本书比较系统地介绍了数字系统在工程技术中大量应用的各种逻辑元件的特性和逻辑部件的设计方法。所包括的内容，从目录中已经可以清楚了解。这里着重指出两点：一点是在组合设计中，作者专门推荐了“电位符号法”（Voltage Symbolism）。它在处理混合逻辑（正、负逻辑混合；“与非”、“或非”门混合等）的设计工作中，显得灵便和直捷。“电位符号法”也特别适用于中规模组件的设计，并且还能推广到时序部件的设计中去。另一点是作者专辟一章介绍了“系统级”（Systems Level）的设计方法，着重介绍了三种类型的控制器：环形计数控制器，状态计数控制器和微程序控制器的基本设计方法。此外，本书还简略介绍了计算机辅助最小化的步骤，并附有多至10个变量最小化的标准FORTRAN程序。

就译者的认识，本书有如下特点：

一、本书把逻辑设计的一般性理论与工程实际相结合方面，有相当成就。对于每一类问题，既运用一定的理论分量来指导设计方法，又提供丰富的设计实例。因而能为数字工程的教学人员和技术人员所喜欢。作者又很注意突出重点，对每一类设计问题，并没有广罗繁杂的方法，而是着重介绍一种作者认为最有用的设计技术，并通过许多综合性设计实例体现出来。这对于想有效掌握逻辑设计的人员来说，是有很大帮助的。

二、说理深入浅出。作者总是首先从实际问题引入基本概念，然后由浅入深，从易到难，步步相扣，能引人入胜。每提出一个概念或小步骤，随即附加一、二个实例来阐明，使人容易接受。整个说理结构较符合初学者的思路，因而易学易懂。

三、这是一本教科书，每一章都有小结，并提供复习思考题（“Did You Learn?”）和大量工程应用方面的习题（Problem），很多习题（带*号者）可用做实验。另外，还提供许多便于进一步深入的参考文献。因而是一本便于学习的书。

考虑到上面这几点，使本书对学习数字设计的人员有相当参考价值，因而将它翻译介绍给读者。

也要说明的是：

一、书中许多术语，因未见通用的统一译名，经译者斟酌，暂选定一种适当译名，如prime implicant（主蕴含项），dibble-dabble method（辗转除2法），dominance（支配性）等等。

二、有一些重大改正处，都已加译注说明。另一些纯属明显笔误或印误者，凡发现了都已纠正，不另说明。

三、本书有些例子和说法，反映了资产阶级意识方面的东西，译文照翻，未加删改，想读者自能判断处理。

参加本书翻译工作的有秦获辉（序言，第一、二、八、九、十各章，兼译文校对），董

有喆（第三、四、十一各章及附录，兼技术校对及文字统一加工）和林生（第五、六、七各章）三位同志。由于水平所限，可能有许多不妥和错误之处，希同志们指正。另外，在出版过程中，还得到 105 室数字电路组的许多同志的大力协助，特此表示感谢。

译 者

1978年 6 月

目 录

前 言	(1)
-----	-----

第一章 基本概念

1.0 什么是数字系统?	(3)
1.1 准确度与分辨力	(3)
1.2 连续系统与数字系统	(4)
1.3 数字系统的设计	(5)
1.4 信息与量值	(6)
1.4.1 信息的表示方法	(7)
1.4.2 量值的表示方法	(8)
1.5 二进制数系	(9)
1.5.1 二进制—十进制的转换	(10)
1.5.2 基本的二进制数的运算法	(16)
1.6 本章小结	(20)
1.7 你懂了吗?	(20)
1.8 参考文献	(20)
1.9 习 题	(21)

第二章 布尔代数概述

2.0 二值变量的特性	(25)
2.1 “与”联结	(25)
2.2 “或”联结	(26)
2.3 “非”运算	(28)
2.4 “与”—“或”—“非”完备组	(29)
2.5 布尔代数的基本性质	(29)
2.5.1 基本命题	(29)
2.5.2 基本定律	(30)
2.5.3 狄·摩根定理 (对偶性)	(31)
2.6 用代数方法简化布尔表达式	(31)
2.7 逻辑联结的其他完备组	(32)

2.7.1 “或非”联结	(32)
2.7.2 “与非”联结	(34)
2.8 组合设计: 最小项分解式	(36)
2.9 最大项分解式	(39)
2.10 八种标准形式	(40)
2.11 本章小结	(43)
2.12 你懂了吗?	(44)
2.13 参考文献	(44)
2.14 习 题	(45)

第三章 组合逻辑电路及电位符号法

3.0 引 言	(50)
3.1 普通门电路	(50)
3.2 电压真值表	(51)
3.3 电位符号法的引入	(54)
3.4 电位符号法及其取反	(56)
3.5 用“与非”—“或非”电路作“与”门或者“或”门	(57)
3.6 用电位符号法进行组合设计	(59)
3.7 用“与非”—“或非”门做反相器	(63)
3.8 输入端开路和使用开关	(64)
3.9 特殊功能的门电路	(66)
3.10 其他问题	(69)
3.10.1 门的并连	(70)
3.10.2 成本核算	(72)
3.10.3 时延	(73)
3.10.4 负载能力	(73)
3.11 用中规模器件的组合设计	(74)
3.12 本章小结	(77)
3.13 你懂了吗?	(77)
3.14 参考文献	(77)
3.15 习 题	(79)

第四章 组合函数的最小化

4.0 引 言	(86)
4.1 最小化的基本概念	(86)
4.2 展成标准式	(88)

4.3 卡诺图法	(90)
4.3.1 将函数值填入卡诺图	(93)
4.3.2 对部分简化函数作图	(95)
4.3.3 卡诺图中最小项的合并	(97)
4.3.4 蕴含项的选择	(101)
4.3.5 POS式的简化	(104)
4.3.6 其他举例	(106)
4.4 任意项: 无关条件和不发生条件	(109)
4.5 设计举例	(112)
4.5.1 旋转增量检测器	(112)
4.5.2 二进制比较器	(115)
4.5.3 码制变换器	(118)
4.5.4 七段显示法	(119)
4.6 列表最小化法	(124)
4.6.1 十进制数的分组过程	(125)
4.6.2 主蕴含项的选择	(130)
4.6.3 POS式与列表最小化法	(135)
4.6.4 任意项与列表化简法	(135)
4.6.5 计算机辅助最小化法	(139)
4.7 多端函数的最小化	(141)
4.7.1 非正规方法	(142)
4.7.2 用正规方法进行多端函数的最小化	(146)
4.7.3 举例: 码制变换器	(153)
4.8 本章小结	(159)
4.9 你懂了吗?	(159)
4.10 参考文献	(159)
4.11 习 题	(160)

第五章 时序系统概述

5.0 组合电路与时序电路	(166)
5.0.1 组合电路定义	(166)
5.0.2 时序电路: “是什么”与“为什么”	(167)
5.0.3 空间—时间等效	(168)
5.1 时序系统描述	(171)
5.1.1 输入、输出和系统状态	(171)
5.1.2 状态表和状态图	(173)
5.1.3 一般化时序电路	(175)

5.2 时序电路中的问题 (及其解决办法).....	(177)
5.2.1 时序电路的工作限制	(179)
5.2.2 基本触发器	(180)
5.2.3 脉冲方式	(185)
5.2.4 转换门	(190)
5.3 时钟型触发器	(192)
5.3.1 AC S-R触发器	(193)
5.3.2 AC J-K触发器.....	(193)
5.3.3 T触发器	(195)
5.3.4 J-K触发器的应用	(195)
5.3.5 D触发器	(195)
5.3.6 触发器实例: RTL和TTL型.....	(196)
5.4 单 冲	(196)
5.5 时间波形图	(197)
5.6 脉冲方式电路中的同步	(198)
5.6.1 脉冲同步	(199)
5.6.2 电位同步	(201)
5.7 脉冲方式电路中的时钟信号	(202)
5.8 本章小结	(203)
5.9 你懂了吗?.....	(203)
5.10 参考文献.....	(204)
5.11 习 题.....	(205)

第六章 时序电路的设计

6.0 引 言	(210)
6.1 计数器	(211)
6.1.1 描述计数序列	(212)
6.1.2 转移图	(214)
6.1.3 在转移图中容易出现的错误	(217)
6.1.4 进一步举例	(219)
6.2 计数器的设计	(221)
6.2.1 激励表	(221)
6.2.2 同步式激励图: 间接法	(223)
6.2.3 同步式激励图: 直接法	(226)
6.2.4 控制方程的POS形式	(234)
6.2.5 异步式转移图法	(236)
6.2.6 转移图与列表最小化	(242)

6.2.7 多余状态的转移	(243)
6.2.8 输出信号的产生	(247)
6.2.9 可允许的计数速率的估算	(250)
6.3 多模计数器设计和Mealy输出	(251)
6.4 一般时序电路设计	(256)
6.4.1 状态约简	(257)
6.4.2 状态赋值	(264)
6.5 寄存器以及有关的时序部件	(271)
6.5.1 寄存器写入数据的方法	(271)
6.5.2 移位寄存器	(274)
6.5.3 环形计数器	(277)
6.5.4 移存器型计数器	(281)
6.6 关于中规模集成时序部件	(284)
6.7 本章小结	(285)
6.8 你懂了吗?	(285)
6.9 参考文献	(286)
6.10 习 题	(288)

第七章 系统级的数字设计

7.0 引 言	(298)
7.1 控制器功能的指定	(299)
7.2 控制器设计	(303)
7.2.1 环形计数型控制器	(304)
7.2.2 状态计数型控制器设计	(309)
7.2.3 微程序控制器	(315)
7.3 系统设计的完成: 举例	(320)
7.4 系统设计方法小结	(331)
7.5 本章小结	(331)
7.6 你懂了吗?	(332)
7.7 参考文献	(332)
7.8 习 题	(332)

第八章 二进制算术

8.0 概述	(335)
8.1 再论二进制加法	(335)
8.1.1 并行相加	(335)

8.1.2 二进制累加器	(336)
8.1.3 溢 出	(340)
8.1.4 定时问题	(341)
8.1.5 进位提前法	(341)
8.1.6 串行相加	(343)
8.2 二进制减法	(345)
8.3 带符号二进制算术	(346)
8.4 符号和补数算术	(348)
8.4.1 符号和2的补数	(348)
8.4.2 符号和1的补数	(353)
8.4.3 三种形式的相互转换	(357)
8.5 本章小结	(359)
8.6 你懂了吗?.....	(359)
8.7 参考文献	(359)
8.8 习 题	(360)

第九章 十进制算术

9.0 概 述	(364)
9.1 十进制—二进制转换	(364)
9.2 二进制—十进制转换	(374)
9.3 十进制算术	(381)
9.3.1 8421 BCD码的相加	(384)
9.3.2 余三码的加法	(386)
9.3.3 十进制减法	(388)
9.4 本章小结	(394)
9.5 你懂了吗?.....	(394)
9.6 参考文献	(395)
9.7 习 题	(395)

第十章 码 及其特性

10.0 概 述	(401)
10.1 BCD 码.....	(401)
10.2 加权码	(404)
10.3 字母数字码	(407)
10.4 单位距离码	(409)
10.4.1 Gray码	(411)

10.4.2 单位距离BCD码 (413)

10.5 差错检测与纠正 (419)

10.5.1 检错 (419)

10.5.2 纠错 (420)

10.6 本章小结 (422)

10.7 你懂了吗? (422)

10.8 参考文献 (423)

10.9 习 题 (424)

第十一章 模拟—数字转换

11.0 引 言 (428)

11.1 数字—模拟转换 (428)

11.2 模拟—数字转换 (433)

11.2.1 斜坡式ADC (434)

11.2.2 跟踪式ADC (434)

11.2.3 逐次逼近式ADC (435)

11.3 本章小结 (439)

11.4 你懂了吗? (440)

11.5 参考文献 (440)

11.6 习 题 (441)

附 录 (布尔最小化程序语言 FORTRAN) (442)

前 言

本书的内容涉及到许多问题，但总的可以分成两大类：理论问题和实践问题。这种区分可以这样来加以说明：好象一个是讨论有限状态机理论，而另一个是一门论述焊点、配线方法等等的课程。我个人深信：一位优良的工程师必定既懂得理论，又会实际应用；他能够跨越一个概念与某个实用系统中实现这个概念之间的鸿沟。

工科教师往往发现，许多有关内容的现有教科书主要阐述理论问题。然而近几年来，在工科教学方面，已经明显的转向实践问题。教育委员会的 COSINE 委员会，在一九七一年三月的一份报告中讲到：

“电气工程教师所面临的主要问题之一，是使学生懂得如何能把在学校课程中所讲到的理论内容，用来解决实际的工程问题。特别重要的是，要把学生引向工程的实践方面，而这个任务应该包括在教学大纲之中。”

为此，本书试图来填补数字系统设计方面理论与实践之间的空隙。其目的是教授一种设计数字设备的常规方法，即学生所能遵循的一种设计步骤，使学生能从说明一个数字设备应有的功能，到懂得按实际所需的功能，将相应的元件进行连接。为了实用与普遍起见，对设计技术专门做了选择，书中所讲的方法都是有用的，并且均适用于今后所出现的新技术。

我们并不想使本书完全不同于有关这方面内容的现有的教科书，而是能成为它们的姐妹篇。为配合别的书中论述的理论分析，本书专门教授其应用技术。当然也介绍一些基本的理论概念，这样，单单学习了本书，学生也能进行数字系统的设计。再进一步学习，他就能加深理论知识。

总的说来，本书侧重点是：为解决一种类型的设计问题，至少介绍一种好的方法，而并不罗列很多其它的方法。采取这种做法的目的是为了达到一致性、条理性及合理性。书中内容是从基本概念讲起，逐渐引向整个系统的设计技术，并尽可能地举些实例。同时还提供了许多其它书籍与文章，以供参考，它们的理论性更强一些，目的是使有兴趣的学生能加深理解本书所讲的基本概念。

开头七章供一学期用。这几章构成了一种逻辑体系；新的一节内容都与前面几节的概念相衔接。整个教材已把电子学的细节内容减到最少，因而本教材能在电气工程课程中较早地使用，同时也适用于非电气工程的学生。本书内容已在得克萨斯(Texas)州的 A & M 大学中用于数百名学生，并广为他们所接受，其中包括从二年级到毕业班的学生，工程、数学、物理、计算机专业连同其它一些专业系的学生，以及职业工程师们。

第一章是介绍基本知识，对于已经熟悉二进制计数的学生，这一章可以不学。第二章到第四章讨论组合设计的统一方法。第二章介绍布尔代数。第三章引入电位符号表示法，以便把布尔表达式与实现这些表达式的门电路连系起来。首先把普通的门器件看作是理想的模型，然后再讨论与理想模型不同的情况，如门限效应、时延及加载等。这些内容在教材中较前面的第三章中就加以介绍，目的是能尽早地开设与实际的门器件相配合的实验。第四章讨

论组合表达式的最简化问题，包括单端输出函数与多端输出函数最简化问题的图表法、列表法与机助法，同时列举了许多组合设计的实例。还介绍了中规模集成组件用于组合网络中的情况。

第五章和第六章讨论时序设计问题。第五章介绍用普通术语来描述时序系统的方法、在时序操作中可能出现的问题及解决这些问题的各种技术。第五章还介绍了通用的时序存贮器。第六章讨论了时序应用部件的设计方法及其实例。首先介绍设计计数器用的转移图法，后几节讨论一般的时序设计与有关的时序部件（移位寄存器，环形计数器等）。

第七章讨论控制技术与控制设备，至此便将数字系统设计的内容全部介绍完毕。本章提供了设计控制器用的几种方法，同时列举了一些有关整个系统设计过程的例子。

其余几章是对数字系统设计人员普遍感兴趣的有关概念。这最后几章也包括许多组合设计、时序设计以及系统设计的例子。

数字系统课程必须要有实验相配合。每章末尾所给出的设计题目中，有许多都适用于实验练习。这类特别合适的题目都标有星号（*）。正如前面所引的 COSINE 报告中讲到的，实验室的实验可用最少量的硬件来进行。使用现代门电路、时序部件和中规模集成组件（全加器、计数器等）的实验是容易进行的，并能用来加强本书所提出的设计技术。

若时间与课程允许的话，我们希望能讲授两门数字系统设计课：一门是本书，它介绍基本的开关理论与设计技术；另一门讨论新近的开关理论。本书的核心是使学生懂得如何把理论概念付诸于实践。

在此，我不可能对本书所引用的一切概念、技术、及例子周到地给予感谢或提及出处。有许多是一些优秀的工程师和技术员提供的，他们都是我的同事。我也要感谢曾帮助过我的许多好老师，特别要提出的是密西西比（Mississippi）州大学的 Robert Guyton 先生，佐治亚（Georgia）理工学院的 John Peatman 博士。同时我要感谢得克萨斯 A & M 大学所给予的支持，特别是 Fred Benson 主任及小 W · B · Jones 博士所给予的支持。

我确信本书将对新老数字设计人员有所帮助，而我希望能达到这一点。

V. T. Rhyne

第一章 基本概念

1.0 什么是数字系统？

既然本书的意图是向读者介绍设计数字系统 (digital system) 的现代方法，因此，“什么是数字系统”这个问题作为本书的开头是恰当的。为了回答这个问题，就必须弄清 digital (数字) 这个术语在使用方面的意义。我们所生活的世界，大多是一种连续的物理变量，例如时间、温度、距离、重量等等。但是在会话、数据处理、记录保存以及大多数其它的活动，是不能取得这些变量的精确值的，而人们必须把测量到的变量用某种实际的数字值来代表。例如，对室温可以进行测量并记录为 72°F ，而实际上是处于 72°F 与 73°F 之间的某个值。一位妇女可以说她的年龄是三十九岁，而实际上并不是这么回事，甚至她在讲这句话时，也在变老。

通过测量，把准确度 (accuracy)、分辨力 (resolution) 及确定数字值的时间 (time) 这三个概念结合在一起，这种过程通常称为使变量数字化。这说明了原来的变量用一个数字值代替了，这个数字值的数表示了该变量在某一特定时刻的大小。一旦把某个值转换成数字形式以后，就能对它进行处理或贮存，而不会再降低准确度或分辨力。

现在，我们来回答原来的问题。数字系统就是以数字形式来处理信息的一种系统，而并不是处理连续的变量本身。实行连续变量与其数字化表达式之间的转换(及其反过程)的系统，也归为数字系统。

从连续到数字的转换过程，是我们大家都熟悉的。一位司机被问道：“你现在开得多快？”司机就看一下速度计（一种连续量的仪表），回答说：“每小时六十英里”（一种数字的表示）。他可能并非恰好以那个速度行驶着，但是为了表达他开的速度，他必须将速度转换成数字形式。

1.1 准确度与分辨力

在上面的例子中，司机所说的速度之准确程度是与两个因素有关：一个是速度计指示汽车速度的基本准确度，另一个是观察者读出所示数值的分辨力。准确度与测量过程的质量有关。提高准确度，通常就需要提高测量技术或改进测量仪表。用卷尺来测量一个滚珠轴承的直径，就达不到用千分尺来测量它所达到的精度。某一特定测量的准确度，在许多科学与工程应用中，是非常重要的。

连续——数字转换过程 (continuous/digital conversion process) 的分辨力，是与测量得到的相邻两数值 (numerical value) 之间的最小间隔有关。这个最小间隔通常叫做分辨单位 (unit of resolution)，它限制了转换的准确度。落于相邻数值之间的连续值，只能

表示成一个近似的数值，这个数值或大于其真值，或小于其真值。美国货币的分辨单位是便士。这样，譬如有两个小孩拣到了一枚五分镍币，并设法来分奖的话，那末，一个小孩可以得到三分，而另一个小孩只好得二分，这是不可能绝对平分的。这两个量的误差是半分，也就是半个分辨单位。一般说来，一个数值表示一个连续变量的准确度，对于误差范围为一个整单位来说，不会超过正负半个分辨单位。

若缩小相邻两数值的间隔，就能够提高测量的准确度。在转换过程中，要提高分辨力就必须获得更多的数字信息 (numerical information)。譬如，测一根金属棒，长十二英寸，这实际意味着，该棒长度在 11.5 英寸与 12.5 英寸之间。若更精确地测得长 12.00 英寸，则实际长度处于 11.995 与 12.005 英寸之间。

正如准确度的提高不能超过分辨单位所确定的限度一样，分辨力的提高也不能超过转换过程中基本准确度的限度。有些人用计算尺（一种连续的计算工具）进行乘法时，能读到小数第五位或第六位，或者更多位。但是这种过分高的分辨力并不是真正有用的，因为计算尺的准确度通常近于三位数。

连续——数字转换过程的准确度与分辨力是相辅相成的。通常，提高其中一种，就要提高转换系统的成本或复杂程度，或者两者兼有。而提高分辨力，则会增加经转换过程产生的数值的数字信息，从而加重了数字系统所要执行的数据存贮与信息处理的任务。而我们只需要采用实用上所要求的分辨力与准确度就行了。

1.2 连续系统与数字系统

并不是所有的系统都是数字性的。许多计算系统与控制系统处理的是连续性的信息。水银温度计，大多数浴室的磅称，计算尺以及电子模拟计算机等，都是以连续模型工作的设备。连续系统 (continuous system) 与数字系统 (digital system) 之间的对比可以这样来说明：譬如把一个水银温度计与一个数字温度测量系统相比较，后者犹如银行协会或贮蓄协会作广告用的许多招牌中的那一类东西。温度计是一种连续性设备，里面水银上升的高度，对应于温度计管泡的温度。温度的任何变化，都将引起水银柱高度的相应变化。

另一方面，数字系统将周期地把温度转换成数字值，并在招牌上把这个值显示出来，而且总是最靠近的度数。温度的变化并不立即显示出来，而要等到该变化大到足以使数字值移动到下一个较高的，或较低的度数时，才能显示出来。要不然，该数值便保持不变。这好象一只停走的钟一天只有两次是准的那样，数字系统也是难于显示出准确的温度，但是在分辨力为一度的范围内，它应该总是正确的。

数字系统正得到广泛的应用，这有种种原因。首先，若缩小分辨单位，数字系统的准确度将高于连续系统。这就使系统操作形成重复性，而这是计算机及数控车床这类领域中一个重要的考虑因素。同时，数字数据能不失真地加以存储或传送，或两者兼有。现在来考虑下列这三者的差别：测量一个电压，记录所测的值，以及试将这电压电平贮存在电容上。那么无疑，环境与时间的变化，对数字式记录电压的影响，是小于对贮存在电容上的电压电平的影响。另外，可以用新的方法对数字数据进行编码，以提高有效性和采用数据误差防护。

同时,按数字模型来运用电子器件,能达到可靠的、无故障的工作,甚至当采用宽容限的低耗组件时也是这样。由于这些原因及其它一些原因,便使数字系统广泛地应用在新的领域,以及先前采用连续系统的领域中。

一个一般化的数字系统如图 1-0 所示。加给系统的输入,可以是连续的,也可以是数字式的。在电子数字系统中,连续的输入必须由适当的信号转换器转换成合适的形式,通常是电压或电流。热电偶、应变仪和光电管,就是用于这种目的的典型器件。从这种转换器得到的连续输出信号,是原变量的电的“模拟”。而这些电信号,由所谓模拟——数字转换器(A/D)的数字分系统转换成数字形式。

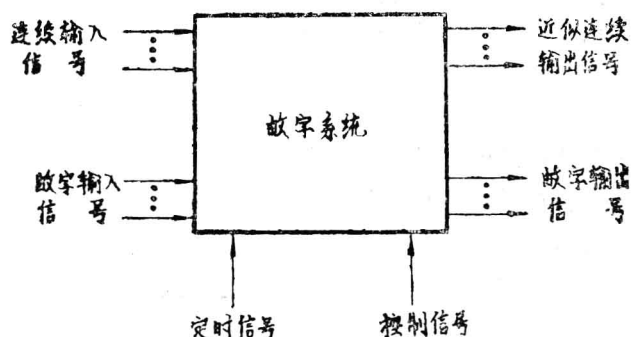


图 1-0 一般化的数字系统

直接输入数字信号就不需要经过这种转换了。来自现金收入记录机或键盘的输入,以及从穿孔卡片上读得的数据,便属于这类信号。而且,有些转换器能直接把输入信号转换成数字形式。每转一周产生一个电脉冲的汽轮机流量计,就是一例。这种脉冲可以累计在计数器中,以获得有关总流量或流速的信息。然而,在数字系统内部,一切信号均是数字式的。

直接输入的数字信号,以及由模拟——数字转换产生的数字信号,经过数字系统的处理便得到所需的输出信息。如果需要的话,数字式输出信息还可以用数字——模拟转换器(DAC)转换回去,成为近似连续的形式。关于模拟——数字转换器以及数字——模拟转换器的设计,将在第十一章中讨论。输出也可以是数字式的,记分牌与行式打印机就属于这一类。

1.3 数字系统的设计

数字设计可以分成三个大的方面:组件设计(component design)、功能设计(functional design)和系统设计(systems design)。组件设计主要集中于设计一个在数字系统中执行简单逻辑运算的电子器件。这些器件都有专门名称(如门电路、触发器等),这类设计与应用,跟其他方面的电子学或电路分析有所不同。数字组件设计的目标,是要制造出便宜而可靠的数字设备。各种数字组件可以从各类电子产品制造厂买到,因此,对于这一方面的数字设计问题,本书只做简要介绍。对数字电子学特别感兴趣的读者,请看参考文献^[3],

功能设计就是把数字组件装配成能工作的分系统，如计数器或加法器等。然后，把这些功能分系统与适当的定时系统，控制系统以及接口系统一起，组合成为能完成给定操作的总数字系统。最后的任务，当然就是系统设计阶段。典型的数字系统包括交通管制灯控制器，数控铣床以及数字计算机等。本书主要研究数字设计的功能方面与系统方面。功能设计技术在第二章到第六章中介绍。第七章讨论系统设计。本书的其余部分则讨论数字系统技术的有关应用。

例 1-0：一个数字转速测量系统

欲测量一个转轴的速度，要求测量精度能达到每分钟一转。图 E1-0 所示的数字系统就是为此目的而设计的。在轴上涂了一条黑带，留下一个白色的定时标记。光电管的作用是检测定时标记的出现，转轴每转一周，光电管就产生一个电脉冲。这些脉冲在一个计数器(counter)中总加起来。该计数器每分钟复位一次，因此，计数器就记录了每分钟的转数。在每次周期性的复位以前，计数器中的值转送到存储寄存器(storage register)中去，在下一个整分钟内，这个值保留在寄存器中不变。存储寄存器中的值，用来驱动一个数字显示器，以便指示出转轴每分钟的转速。

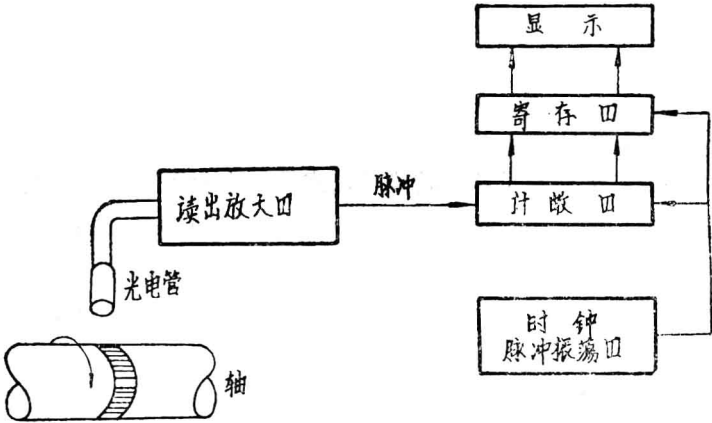


图 E1-0

可以把这个系统分成几个设计部分：

组件设计：设计光电管及其电子电路、用作周期复位的振荡器、存储器以及计数器部件，还有数字显示设备和相应的电子电路。

功能设计：设计计数器、存储寄存器以及数字显示单元。

系统设计：把系统组接起来，并规定必要的电子接口关系。

1.4 信息 与 量 值

一旦转换成数字形式以后，由数字系统处理或存储的项目可以分成两大类：信息项(items of information) 与量值项(items of quantity)。信息项给出事件内容，尽管许