

实用

李秉钧 编著

逻辑电路



人民邮电出版社

实 用 逻 辑 电 路

李秉钧 编著

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

介绍逻辑电路的书大多偏重原理，本书则从实用出发介绍常用的部分数字逻辑电路的设计、分析和故障诊断的实用方法，特别是在工作中的实用技巧，因而将对读者有较大的实用价值。

本书还从逻辑电路应用于数字通信方面举出不少实例。在叙述时从大量资料中抽出共同的东西，而不拘泥于某些特定产品，因而能适用于较广阔的领域。

本书可使有基础理论知识的读者进一步掌握逻辑电路的设计、应用，供从事该项工作的工程技术人员及大专院校师生参考，也适用于技术革新工作者参考。

实 用 逻 辑 电 路

李秉钧 编著

责任编辑 俞天林

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：850×1168 1/32 1985年12月第 一 版
印张：19.25 页数：308 1985年12月第一次印刷
字数：505 千字 印数：1—8,000 册

统一书号：15045·总3091-无6345

定价：4.20 元

前 言

本书介绍一部分数字逻辑电路的设计、分析和故障诊断的实用方法。

参加本书的写、校和审的同志都在较长时间内从事数字通信的科研和教学。在实践中大家体会到，除了研究数字电子学的基本理论外，还应掌握数字电子技术的一些实用技巧，才能得心应手地解决数字逻辑电路实践（包括设计、分析和故障诊断）中遇到的种种问题，以消费尽可能少的人力物力来取得尽可能好的技术经济效果。书中归纳了这部分知识，其中包括：一部分数字逻辑电路的容易掌握、使用方便的设计方法；在电路实践中可能遇到的问题和解决的方法；标准系列中的数字集成电路的应用；数字电路的测试技巧等。

另一方面，我们还感到，目前国内有关逻辑电路的书籍，以数字通信方面的逻辑电路为实例的还较少。同计算机，自动控制方面相比，数字通信设备中的逻辑电路又有它自己的特色。作为逻辑电路的应用实例介绍这些电路，想来会使从事数字通信工作的同志们感兴趣；而对其它行业的读者，除了有助于他们对数字通信的了解以外，设计这些电路的思想也许能给他们以启发或参考。

本书结合时分制通信的特点，介绍了数字通信系统中常见的几大类逻辑电路。叙述中注意了从许多实际的数字通信系统中抽出共同的东西，而不拘泥于某些特定的产品。

本书适合于各行各业对数字逻辑电路已有一定基础而又希望进一步充实一些实际应用知识的读者阅读。本书也不同于理论性的专著，在叙述上着重于介绍概念。

以上这些，只是一些尝试。既是尝试，必然存在不少缺点，而

且限于水平,书中一定有许多错误之处.希望得到广大读者的批评指正.欢迎读者将对本书的意见写信寄成都邮电部第五研究所作者收。

本书初稿承陈继努、邬贺铨、谭紫岚、柳光孝等同志校核,每人各校核一部分章节.最后,全书由郑吉申副教授审核.写作中还得到沈肇熙同志的指导.仅在此表示感谢。

1984年4月20日

绪 论

数字逻辑电路的实践包括设计, 分析和故障诊断等各方面的问題。解决这方面的问題, 首先应当掌握数字电子学的基本知识, 例如逻辑代数; 逻辑函数、逻辑表达式和图形的化简; 组合逻辑电路和时序逻辑的电路的不同特点和设计、分析方法; 逻辑集成电路的基本性能, 等等。把这些知识应用于实践, 就会发现在工程中可能遇到一些问題, 有待应用基本理论去探求解决的方法; 还有一些经常遇到的课题, 可以在基本理论的基础上进一步导出一些更简便的方法, 很容易得到答案。

本书从满足工程实用的需要出发, 讨论逻辑电路实践中的实际问題。在取材时, 特别注意到:

(一)从国内外书刊, 从实际的数字系统, 从从事数字电路技术的人员的经验总结和研究成果中选取素材, 并加以归纳提高, 去粗取精。

(二)一方面力求适合当前国内的数字集成电路器件、测试仪表的实际水平; 另一方面密切结合当前国内正在发展中的数字技术的实际需要, 有选择地介绍一些新技术。

(三)给出一些容易掌握的简便设计方法。对于在设计 and 调测中估计可能遇到的问題, 介绍解决的途径。

(四)力求将实用性、系统性和严密性结合起来。对于有实用性的材料, 还力求使它具有广泛性, 即不着眼于讨论某一种机器设备, 某一种特定用途的电路, 而尽可能地抽出其共性的东西, 力求使其能应用于较多的场合。

本书还有另一个特点, 作为逻辑电路的应用实例, 讨论数字通信系统中的几大类逻辑电路的原理和实践中的问題。

可以把本书的内容分为几个单元：

第一个单元，包括第一、二章，是实用性强的基础知识。

第二个单元，从第三章到第八章，讨论常见的部分时序逻辑电路。

第三个单元，从第九章到第十七章，是逻辑电路的应用实例。

第四个单元，第十八章是实用的测试技术。

它们的主要内容及相互关系如下：

第一章，论述有关数字逻辑电路的一般概念，为后面各章打下基础。

第二章，讨论目前常用的数字集成电路的逻辑功能、使用方法以及由这些集成电路组成的基本单元电路。由于数字集成电路的种类繁多，很难一一讨论，本书把数字集成电路分成与/与非型和或/或非型两类，每类中又各包括三个基本品种，门、D触发器和JK触发器。这样分类，基本上能代表常用的国产的MOS、TTL和ECL电路的小规模电路和大部分中规模电路品种。在以后各章讨论电路构成的一般方法时，一般将不特指由一定品种型号构成的电路，只是在具体实例中或者在讨论实际的中规模集成电路成品时，才指出它的型号。这就使后面各章的内容既具通用性，又不致脱离实际，从而便于在各种场合，各种具体要求下运用。

从第三章到第七章，讨论各类数字式分频器。从原理上讲数字式分频器和计数器、脉冲分频器相近，而且是通常的数字系统中出现最多的因而有相当代表性的时序逻辑电路。在这几章，分别讨论各类分频器电路的设计，电路原理分析和故障诊断方法。按分频器的编码规律的不同分类，各成一章。其中，第三章讨论有关分频器的一般有共性的问题。其后的四章是这些共同性问题的具体体现。在这几章中，首先讨论某一种编码规律的特点，由这些特点推导出按这种规律编码的分频器的各类电路的设计、分析和故障诊断。然后，把概念加以扩展，又讨论同类编码规律的计数器和脉冲分配器。讨论类似的中规模分频器电路的原理和使用方法。在每一章

中, 还有些一般都经过实验验证的实例。有些比较复杂的逻辑推导, 也由编者事先作过或借助电子计算机处理过, 书中给出了结果。

第八章讨论产生 M 序列的电路。 M 序列是一种伪随机序列, 广泛应用于通信等技术领域。许多专著从理论上论述过它的性质。本书着重于讨论 M 序列发生器的电路, 包括设计方法、调测和故障诊断技巧。另外, 介绍 M 序列的一些应用。

作为逻辑系统的实例, 从第九章到第十七章讨论数字通信系统中的数字逻辑电路。同其它领域中的逻辑电路比较, 数字通信系统中的逻辑电路具有相同的基本概念, 建立在同样的理论基础和元器件基础上, 但也有自己的特色: 更多地研究随机过程, 绝大部分属于时序逻辑电路, 要求较高的可靠性和可维护性, 成本尽可能低, 能在较差的环境条件下工作, 往往要求脉冲的沿在时间上有较高的准确性, 等等。

这几章遵循这样一个原则组织材料: 按照工作原理的不同, 将数字通信设备中的逻辑电路分为几大类。在每一类中, 讨论该类电路的共性和一般模式, 这是从许多实际应用中的电路中抽出来加以概括的。不讨论这些类型在特定的某机某物中如何应用, 然而了解这些共性后, 在分析已经成为产品在通信网上应用的设备时, 可望有轻车熟路之感。

首先, 在第九章我们想使读者对数字通信系统的概貌有所了解。这样, 后面几章的内容在系统中如何出现, 有何作用, 读后几章时问题便不难理解。

数字通信是时分制通信。要求数字信息流中每一个脉冲都在准确的时间出现, 并按既定的帧结构排列。为此, 需要有第十章讲的定时系统来控制。该章将各类定时方式归纳为三类, 分别讨论它们的特点。

帧同步是数字通信系统正确工作的前提。在第十三章, 首先从系统的角度讨论帧同步方式的原理、分类和适用条件, 然后再讨论较典型的帧同步电路。

在数字通信中，需要对数字流进行各种方式的变换。这类内容，在第十一章“码流形式的变换”，第十二章“从码流中检出码组”，第十六章“缓冲存储”中反映出来；这些章分别讨论某一类处理的特点、应用范围和典型电路。

从终端机到传输信道，或相反，数字流的码型常需有所变换，这一项技术在第十四章“接口码型的逻辑变换”中讨论。

语音信号编码中要用到一些逻辑电路，这在第十五章讨论。

在数字通信网上的设备，一般都要求有一定的监测性能。在第十七章，讨论了网对设备的告警性能一般有何要求；为了适应这些要求，可以采取什么电路。

第十八章讨论实际的数字逻辑电路的调测和故障诊断中的操作技巧。本章涉及到的是目前国内较好水平的仪器仪表的使用方法。没有讨论这些仪器仪表的一般原理和最简单的使用方法。然而，怎样利用它们解决数字逻辑电路实践中的特殊问题，它们的确切使用方法，这是能引起许多实际工作者的兴趣的问题。第十八章触及到这些。

在安排本书的内容时有一个指导思想：不求全。对于每一章的题目，本书都没有能全面地集纳有关的内容。这是由本书的宗旨决定的，也是由于受到作者的水平和阅历所限而形成的。

为了使不同情况的读者都能方便地查阅本书，提出以下几点意见，供读者在使用本书前参考。

1. 本书既不是入门书，也不是理论性专著。如果读者初具电工基础方面的知识、数字电子技术的一般知识、数字集成电路的应用知识，那么使用本书就会更加方便。

2. 在逻辑电路的实践中，给人印象很深的一条经验是：当你对电路原理还没有弄清之前，不要急于求成动手实装电路，否则囫圇吞枣，反而会浪费更多的时间和精力，回头来还得在电路原理上下功夫。所以，在了解简便方法的时候切不要忽略对原理的了解。

3. 每位读者根据自己的需要和实际情况，也可只选读书中的

部分章节。内容较多的章附有内容提要，常用数字集成电路附有型号索引。有些非主要内容在排印时用横线隔开，读的时候也可跳过两条横线夹着的部分。

4. 读者接触到的数字系统是多种多样的。希望在不同场合下灵活应用本书提供的材料。书中的内容并非一成不变。希望读者在实际应用中能找出更好的方法。随着新的集成电路器件的出现，新的数字系统的发展，将有许多新电路值得研究。

目 录

绪 论

第一章 数字逻辑电路的研究方法..... (1)

第一节 逻辑电路..... (1)

第二节 脉冲..... (4)

第三节 逻辑电路的研究方法..... (6)

第四节 数字逻辑电路的设计..... (11)

第五节 数字逻辑电路的工作原理分析..... (13)

第六节 数字逻辑电路的故障诊断..... (14)

第七节 布尔代数的基本公式..... (19)

参考文献 (24)

第二章 基本的数字集成电路器件..... (25)

第一节 数字集成电路的一般概念..... (25)

第二节 门电路的逻辑功能..... (34)

第三节 D触发器的逻辑功能..... (45)

第四节 JK触发器..... (61)

第五节 TTL器件应用指南..... (75)

第六节 ECL器件应用指南..... (83)

第七节 MOS器件应用指南..... (88)

参考文献 , (92)

第三章 关于数字式分频器的一般问题..... (93)

第一节 关于数字式分频器的初步概念..... (93)

第二节 分频器的编码规律..... (100)

第三节 分频比及其选择范围..... (103)

第四节 跳越及其方法..... (104)

· i ·

第五节	多余状态及处理方法	(109)
第六节	电路形式及其选择	(111)
第七节	用PROM构成的分频器	(113)
第八节	怎样分析集成化的分频器电路的原理	(117)
第九节	集成化的解码器	(118)
第十节	数字式分频器的设计步骤	(122)
参考文献		(123)
第四章	普通二进制分频器	(124)
第一节	普通二进制编码规律的特点	(124)
第二节	$m=2^4$ 的异步式电路	(126)
第三节	$m=2^4$ 的同步式电路	(129)
第四节	强置位式分频器	(134)
第五节	预置位式分频器	(143)
第六节	修正式分频器	(152)
第七节	普通二进制计数器	(166)
第八节	以普通二进制为编码规律的脉冲分配器	(177)
参考文献		(185)
第五章	格雷码分频器	(186)
第一节	格雷码及其特点	(186)
第二节	$m=H_0(A)$ 的电路模式	(191)
第三节	强置位式电路	(193)
第四节	修正式电路	(194)
第五节	格雷码脉冲分配器	(199)
第六节	格雷码计数器	(200)
参考文献		(202)
第六章	移位寄存器规律分频器	(203)
第一节	环形移存器方式分频器	(203)
第二节	$m=2^4$ 的扭环移存器分频器	(207)
第三节	$m=2^4-1$ 的扭环移存器分频器	(219)

第四节	移存器规律分频器的电路故障诊断	(225)
第五节	移位寄存器规律的脉冲分配器	(227)
第六节	集成化的移位寄存器产品	(227)
参考文献		(239)
第七章	复合式分频器	(240)
第一节	概述	(240)
第二节	相乘型复合分频器	(241)
第三节	相加型复合分频器	(247)
第四节	在复合分频器中实现跳越	(249)
第五节	$m/m+1$ 分频器	(251)
第六节	$m=5$ 的分频器的若干例子	(258)
第七节	并联型的复合分频器	(258)
参考文献		(264)
第八章	M序列发生器	(265)
第一节	M序列的概念	(265)
第二节	M序列发生器的电路模式	(272)
第三节	M序列的缩短	(275)
第四节	M序列发生器的应用例—作为分频器	(282)
第五节	M序列发生器的应用例—产生供数字 通信系统测试用的伪随机信号	(285)
第六节	M序列发生器的电路调测	(293)
参考文献		(300)
第九章	数字通信系统的一般概念	(301)
第一节	概述	(301)
第二节	数字通信系统中的系列等级	(304)
第三节	典型的帧结构	(308)
第四节	数字通信设备中的逻辑电路	(316)
参考文献		(322)
第十章	数字通信设备中的定时系统	(323)

第一节	概述	(323)
第二节	时钟源	(325)
第三节	时间分割空间不分割的定时方式	(330)
第四节	时间不分割空间分割的定时方式	(333)
第五节	时间分割空间分割的定时方式	(343)
第六节	定时系统的电路设计	(347)
第七节	定时系统的电路实践	(349)
第十一章	码流形式的变换	(353)
第一节	归零码同不归零码的互相转换	(353)
第二节	同源的码流的汇合与分离	(357)
第十二章	在码流中检出码组	(367)
第一节	概述	(367)
第二节	滑动法	(369)
第三节	核对法	(373)
第四节	选通法和择多判决	(376)
第五节	$\epsilon > 0$ 时的检出	(377)
第六节	连码检出	(386)
	参考文献	(386)
第十三章	帧同步系统	(387)
第一节	帧同步技术的基本原理	(387)
第二节	帧同步系统的三要素	(397)
第三节	帧同步系统电路设计和分析	(414)
第四节	帧同步系统的电路实践	(419)
第五节	帧同步技术的进展	(422)
第六节	贯码同步	(424)
	参考文献	(428)
第十四章	接口码型的逻辑变换	(430)
第一节	接口码型逻辑变换电路的特点	(430)
第二节	ADI变换及反变换	(431)

第三节	AMI码	(434)
第四节	HDB ₃ 码及其变换和反变换电路	(438)
第五节	自同步式扰码器及解扰码器	(456)
第六节	其它一些接口码型变换	(461)
第七节	极性误差检出	(463)
	参考文献	(466)
第十五章	语音信号编码用的逻辑电路	(467)
第一节	语音信号PCM编码中的逻辑电路	(467)
第二节	正弦数码发生器	(488)
第三节	用PROM作成的正弦数码发生器	(496)
第四节	大规模集成的CODEC	(504)
	参考文献	(504)
第十六章	缓冲存储器	(506)
第一节	缓冲存储和缓冲存储器	(506)
第二节	相位比较	(510)
第三节	数据选择器	(517)
第十七章	监测告警用的逻辑电路	(519)
第一节	告警和显示	(519)
第二节	中断性故障的显示	(527)
第三节	对端告警的实施	(529)
第四节	误码告警的逻辑方案	(531)
第五节	AIS的发出及接收	(535)
第六节	集成化的单稳态触发器	(538)
	参考文献	(541)
第十八章	数字逻辑电路的测量技术	(542)
第一节	概述	(542)
第二节	一些实用的小工具	(543)
第三节	频率及时间间隔的测量	(551)

第一章 数字逻辑电路的研究方法

本章介绍数字逻辑电路的基本概念，对一些术语的意义作些约定，介绍些实用的研究方法，以备后面各章所需。

第一节 逻辑电路

(一) 关于数字信号

按研究对象的不同，可以把电子技术分为数字电子技术和模拟电子技术。

逻辑电路技术是数字电子技术的一部分。而本书只是有选择地讨论一部分逻辑电路。

在逻辑电路中工作的是数字信号。数字信号的显著特点是在时间上和数值上都是离散的。“离散”的含义是指其取值的不连续性。

(二) 逻辑电位

在逻辑电路中工作的信号幅度可用逻辑电位或逻辑电平表示。在电路上要取一个基准点，在工程实用中，这个参考点就定在电路的“地”上。并且认定地的电位为0，以高于或低于地电位来决定电位是正还是负。

我们约定：正电位高于零电位，零电位高于负电位。两个正电位相比同零电位差值大的，其电位较高；两个负电位相比，同零电