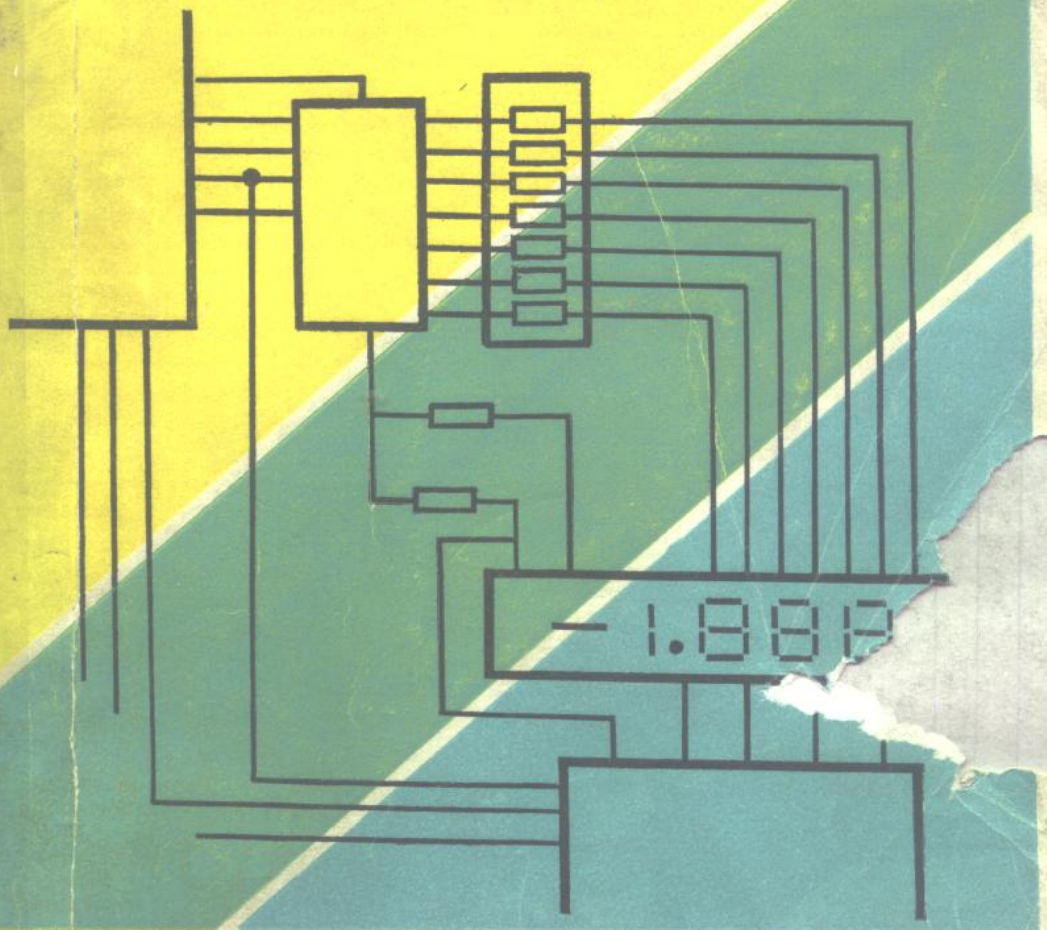




数字电路设计 与实用电路

张志锐 邹延引 编

华南理工大学出版社

数字电路设计 与实用电路

张志锐 邹延引 编

华南理工大学出版社

内 容 简 介

本书从实用出发,着重阐述用中大规模CMOS集成电路进行数字系统(或装置)设计的方法及介绍有关设计资料。这是一本实用性较强的教材。

全书共分四部分:第一部分介绍数字电路设计方法,并附有较详细的、颇具启发性的设计举例;第二部分选编了十四个典型、实用、有趣的设计课题;第三部分是CMOS集成电路原理及应用,提供了60个最常用的CMOS集成电路的使用资料;第四部分精选了约80个新颖、有趣,且有使用价值的实用电路。

本书资料丰富实用,通用性强。可作为工科院校及成人教育电类各专业数字电路设计教材或有关课程的教学参考书。对从事电子技术的科技人员及电子业余爱好者,亦是一本有价值的自学用书。

数字电路设计与实用电路

张志锐 邹延引 编

责任编辑 于世龙/林炳清

华南理工大学出版社出版发行

(广州 五山)

广东省新华书店经销 番禺印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张14.3125 字数360千

1988年10月第1版 1989年10月第2次印刷

印数 7500—13 500

ISBN 7—5623—0076—3/TN·4

定价: 5.20元

前 言

数字电子技术是当前发展较快的学科之一，它已深入到科技、工农业生产以至日常生活的各个领域。“数字电路”是一门实践性很强的技术基础课，它不仅要求学生掌握一定的理论知识，而且要求学生能熟悉常用元器件的功能，具有解决工程实际问题的能力。“数字电路设计”正是培养合格的工程技术人员的重要实践环节。

数字电路设计的任务包括基本功能电路设计和逻辑电路系统设计两部分。随着各种中大规模集成器件的广泛使用，数字电路设计的任务主要用中大规模集成电路来完成。由于CMOS集成电路具有许多独特的优点，几乎被公认为是一种理想的逻辑电路，应用范围日趋扩大，因此本书的设计均选用CMOS集成电路进行。

本书编写的意图是使学生能较快地掌握数字电路的设计方法，从而在较短的时间内完成数字小系统的设计、安装调试任务，并通过实践熟悉掌握新型数字集成电路的性能。鉴于本书是一本实用性较强的教材，因此对设计方法等问题均以举例的方式进行详述。

全书共分四个部分。

第一部分介绍数字电路的设计方法，并附有详细的、具有启发性的设计举例。在介绍设计方法时，着重阐述如何应用所学的基本理论知识，用中大规模CMOS集成电路进行数字小系统或装置的总体设计和单元电路设计，并较详细地介绍了数字小系统的

安装、调试方法。

第二部分选编了十四个典型、实用、有趣的设计课题。课题大都具有一定的“典型性”，（即课题中均包含有较多的常用数字部件）和“实用性”，且内容广泛，包括仪器类、控制类、家用电器类和微机应用类等。编写时着重明确课题的要求，讲清所设计系统的原理，引导读者独立完成设计任务。

第三部分是CMOS集成电路的原理及应用。这部分实际上是简明、常用CMOS集成电路的使用手册，是进行数字电路设计时的必备资料，也是目前数字电路教科书中较欠缺的内容。

第四部分精选了约80个实用电路。这些电路既能启发读者的设计思路，也可作为装配数字电路装置时的有用资料；既新颖有趣，又颇有实用价值；既有适用于教学、科研、生产的，也有适用于日常生活的。

读者在进行设计前，可先阅读本书第一部分的有关内容，然后根据专业要求、程度高低、时间长短及实验条件，在第二部分中合适的设计课题，认真体会课题的要求后，再利用本书提供的资料进行有关设计和安装调试。实践证明，通过上述步骤是可以在较短时间内达到设计的预期目的的。

本书是编者在华南理工大学无线电系对多届学生进行“数字电路设计”教学实践的基础上编写而成的，适合于工科院校本科及成人教育电类各专业作为数字电路设计的实用性教材或有关课程的教学参考书。对从事电子技术的科技人员及电子业余爱好者，亦是一本有价值的自学用书。

在编写本书的过程中，蒙华南理工大学无线电系领导、数字电路教研组全体同志给予大力支持和帮助，何婉明同志负责绘图，在此表示衷心感谢。

编 者

1988年4月

目 录

第一部分 数字电路设计	(1)
一、数字电路设计的方法	(1)
二、数字电路的安装和调试	(3)
三、数字电路设计的总结	(10)
四、CMOS集成电路应用须知	(11)
五、数字电路设计举例	(19)
例一、数字脉搏计	(19)
例二、时间顺序控制器	(34)
第二部分 数字电路设计课题	(53)
课题一、数字频率计	(53)
课题二、数字温度计	(56)
课题三、数字显示电容测量计	(61)
课题四、实用逻辑分析仪	(64)
课题五、彩色电视信号发生器	(68)
课题六、数字万用表	(76)
课题七、数字测量与控制装置	(79)
课题八、生产过程程序控制装置	(84)
课题九、售货机计算控制电路	(87)
课题十、数控机床自动进给装置	(90)
课题十一、数字式收音机调谐指示装置	(95)
课题十二、对时电子钟	(99)

课题十三、微机波形信号发生器·····	(103)
课题十四、单片机数据采集显示系统·····	(110)
第三部分 常用CMOS集成电路原理及应用 ·····	(137)
一、CMOS门电路·····	(137)
二、CMOS触发器/锁存器·····	(147)
三、CMOS计数器·····	(166)
四、CMOS译码器·····	(196)
五、CMOS移位寄存器·····	(208)
六、CMOS选择开关·····	(214)
七、CMOS运算电路·····	(224)
八、存贮器·····	(242)
九、8位单片微计算机8035/8039·····	(255)
十、输入/输出扩展器8243·····	(265)
十一、其它CMOS集成电路·····	(269)
附录·····	(303)
(一) CMOS集成电路型号命名介绍·····	(303)
(二) 常用CMOS集成电路型号对照表·····	(306)
(三) 常用数字集成电路电参数表·····	(310)
(四) CMOS集成电路常用符号表·····	(320)
第四部分 实用电路 ·····	(326)
一、测试仪器·····	(326)
(一) 简单实用的多功能装置·····	(326)
(二) 晶体管简易测试仪·····	(329)
(三) 简单的运算放大器测试仪·····	(330)
(四) 简易逻辑探头·····	(331)
(五) 数字电路初测器·····	(332)
(六) 4×2门电路的逻辑功能测试仪·····	(333)
(七) 简易电视灰度等级信号发生器·····	(334)

(八) 简易电容测量仪.....	(336)
(九) 数字显示电容测量仪	(337)
(十) 简易数字电压表.....	(339)
(十一) 电容筛选器.....	(341)
(十二) 触摸式调谐器.....	(343)
(十三) 四路显示开关.....	(344)
(十四) 八通道显示接口.....	(345)
二、数字控制与检测.....	(346)
(一) 简单型液位控制器.....	(346)
(二) 单线水位控制器.....	(347)
(三) 自动照明报警器	(348)
(四) 低功耗路灯光控装置	(349)
(五) 自动灌溉装置.....	(351)
(六) 集成电路方向判别器	(351)
(七) 用减法计数器组成的数控电路	(354)
(八) 带有数字显示的数控电路	(355)
(九) 汽车灯光开门电路.....	(356)
(十) 红宝石光电点数器.....	(359)
(十一) 数字式测速装置.....	(362)
(十二) 自行车里程表.....	(365)
三、电子电器与电机控制.....	(367)
(一) 触摸式台灯开关.....	(367)
(二) 电网断电检测电路.....	(368)
(三) 市电过、欠压自动指示保护器	(369)
(四) 相序检测及断相报警电路	(370)
(五) 三相电源相序指示电路	(372)
(六) 遥控转换开关	(373)
(七) CMOS停振型接近开关.....	(373)

(八) 自动复位触电保安器.....	(375)
(九) 继电器校验用计时器.....	(376)
(十) 直流电机旋转量的控制电路	(377)
(十一) 三相步进电机的控制和驱动电路.....	(378)
四、延时、定时电路.....	(380)
(一) 照明灯延时器.....	(380)
(二) 暗室定时器	(382)
(三) 智定测验抢答计时电路	(384)
(四) 智力竞赛用定时器	(386)
(五) 能显示剩余时间的定时器	(388)
(六) 电视机高压延时器.....	(389)
(七) 简易自动定时电路.....	(390)
五、报警电路.....	(391)
(一) 防盗报警器	(391)
(二) 自锁报警器	(393)
(三) CMOS触摸报警器	(394)
(四) 触摸式门锁报警器	(395)
(五) 多路触摸报警器	(396)
(六) 多路防盗报警器	(397)
(七) 光电报警器	(398)
(八) 断电报警器	(398)
(九) 超速报警电路	(399)
(十) 洪水报警器	(401)
六、装饰彩灯.....	(402)
(一) 简易电子闪光电路.....	(402)
(二) 小型装饰彩灯	(403)
(三) 可改变移动方向的LED装饰彩灯	(405)
(四) 大型装饰彩灯	(406)

(五) 使用CMOS驱动器的装饰彩灯	(407)
(六) 循环式广告灯	(408)
七、电子游戏器	(410)
(一) 光点式抢先游戏器	(410)
(二) 电子迷宫游戏器	(411)
(三) 判别第一的鉴别器	(412)
(四) 突然射击游戏器	(414)
(五) 电子地对空战斗游戏器	(414)
八、门铃、逻辑锁	(417)
(一) 三种双音电子门铃电路	(417)
(二) 可编式电子音乐门铃	(421)
(三) 六音电子门铃	(422)
(四) 脉动音响门铃	(422)
(五) 简易电子琴	(424)
(六) 按钮式电子逻辑锁	(426)
(七) 编码电子锁	(427)
九、其它实用装置	(429)
(一) 花卉浇水闪光指示装置	(429)
(二) 金属探测器	(430)
(三) 对叫蟋蟀声模拟器	(431)
(四) 鸟声模仿器	(432)
(五) 超声波驱蚊器	(433)
附录	(435)
附录一、常用显示器件	(435)
附录二、红外发光管参数表	(437)
附录三、3 DU 型硅光敏三极管特性参数	(438)
附录四、部分常用晶体管参数	(439)
附录五、拨码开关	(442)

第一部分

数字电路设计

数字电路设计的任务包括基本逻辑功能电路设计和数字逻辑系统设计两部分。前者按照所学经典法，根据设计任务要求，用真值表、状态表求出简化的逻辑表达式，画出逻辑图、逻辑电路，用小规模集成电路实现。而后者是完成复杂逻辑功能的系统，例如数字钟，数字频率计，数字测量与控制装置和数据采集系统等。它们都难以用真值表、状态表完整地描述其逻辑功能，用经典法进行设计，显然是复杂而困难的。

近年来，由于中、大规模集成电路迅速发展，特别是中规模集成电路，如数据选择器，译码器、计数器和移位寄存器等已大量生产和推广使用，故目前数字系统的设计主要用中规模集成电路来进行。设计人员的任务主要是不断地吸收新的功能适用的中、大规模集成电路器件，用来组成满足要求的逻辑电路系统。这种采用中、大规模集成电路进行数字电路设计的方法，具有简化设计、便于调试、生产、维护以及价廉和可靠性高等优点。

一、数字电路设计的方法

数字电路系统一般包括输入电路、控制电路、输出电路、被控电路和电源等。它的方框图如图 1-1-1 所示。输入电路主要作用是将被控信息进行加工变换成数字信号，例如各种输入接口电路；控制电路功能是将信息加工运算并提供系统所需的各种控制信号，例如各种逻辑运算、判别电路，它是整个系统的核心，

统一指挥各部分的工作；电源电路是供给整机各部分的电压、电流。

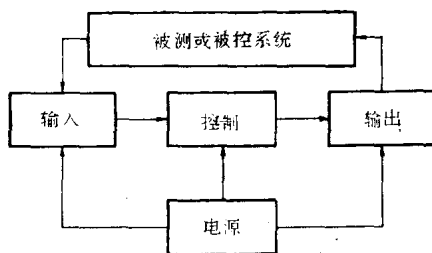


图 1-1-1 数字电路系统方框图

显然任何一个复杂的大系统都可以逐步划分成不同层次的较小的子系统，然后选用中、大规模集成电路器件实现各子系统的逻辑功能，最后把它们连接起来，便完成整个大系统的设计。

按照这种从大到小进行系统设计，就可以避免盲目地进行拼凑，能较顺利地完成任务。设计时的具体步骤是：

1. 充分了解设计要求。也就是首先将设计课题消化，明确被设计系统（或装置）的逻辑功能。

2. 确定总体设计方案。也就是根据系统逻辑功能要求，把复杂的逻辑系统划分为若干个独立的单元，并画出系统的原理方框图。在划分单元时，要注意数目不宜过多，否则不利于选择中规模集成电路，且单元数太多将导致连线较多而容易引起错接；但数目也不能太少，否则太大的单元会给选择集成电路、诊断故障和更换集成电路带来困难。此外，实现同一逻辑功能有时可以采用不同的原理方框图，这时就应该全面地、认真地进行比较和选择。总之，决定总体方案及划分子系统没有一定的规律可以遵循，无疑是设计中最困难、最富于创造性的一步。

3. 选择合适的中规模集成电路, 实现已经划分好的单元电路的逻辑功能。由于用中规模集成电路构成的数字系统(或装置)的造价近似地正比于集成电路的数量, 所以为了降低成本, 应使所设计的系统中, 集成电路的数目最少。而集成电路数量的减少, 也使电路间的外部连线减少, 系统的体积缩小, 可靠性提高。

4. 设计围绕中规模电路的辅助接口电路或不能用中规模电路的其它部分电路。

5. 将所设计的各部分电路连接起来, 画出整机的逻辑电路图。

由上述的设计步骤可知, 在以中规模集成电路为单元的逻辑设计中, 并没有固定的格式, 设计的优劣往往取决于设计者对中规模集成电路的熟悉程度和灵活应用的能力。

二、数字电路的安装和调试

按照上述数字电路设计的方法, 完成课题的理论设计(即预设计)以后, 要对设计方案进行装调实验。通过测量、调试可以发现并纠正预设计方案中的错误或不足之处, 并可以掌握实际的数字逻辑系统正常运行时的各项指标、参数、工作状态、动作情况与逻辑功能。因此装调工作是检验、修正设计方案的实践过程, 是应用理论知识来解决实践中各类问题的关键环节, 是数字电路设计者必须掌握的基本技能。在装调实验时, 为了修改方案和更换元器件方便起见, 通常是在逻辑实验器(即面包板)上进行。在完成了总体实验且符合指标要求后, 才进行样机的组装和调试。这里主要介绍数字装置实验电路的安装调试。包括数字集成电路的功能检测; 实验电路的安装和布线方法; 数字电路装置调试的要求、内容和方法等。

(一) 数字集成电路器件的功能检测

在安装实验电路之前,对所选用的数字集成电路器件,应进行功能检测,以避免由于器件功能不正常而增加调试的困难。经验表明,进行这一步工作可以有效地减少系统调试时的工作量。

对数字集成电路器件,检测的方法是多种多样的,在实验室中通常有如下方法:

1. 仪器检测法。即使用简单而实用的测试仪器进行检测。例如简易逻辑分析仪、数字电路初测器(见本书第四部分)等。
 2. 替代法。即用被测器件去替代正常工作的数字装置中的相同器件,从而判定它的好坏。
 3. 功能检查法。即对照所用器件的功能表,作功能实验。
- 以上几种方法,设计者可根据实际情况选择使用。

(二) 实验电路的安装和布线方法

1. 集成器件的装插

接插集成器件时首先应认清方向,不要倒插。装插时应先对准插孔的位置,然后稍用力将其插牢,应防止集成器件管脚弯曲或折断。

2. 导线的选用

布线用的导线直径应和通用底板插孔直径相一致。不宜太粗,以免损坏插孔;也不宜过细,以免与插孔接触不良。

为了检查电路方便,导线最好用多种色线,以示区别不同用途。一般习惯用深红色的导线接电源,用黑色的导线接地等。

导线的剥口不宜太长或太短,大约5~7mm为合适。导线插入插孔时,应防止塑料包层插入插孔造成接触不良故障。

3. 布线的顺序

(1) 布线时应先将固定电平的端点接好。例如电源的正极

(+5V或+12V)、地线、门电路的多余输入端及实验过程中始终不改变电平的输入端(如触发器的置位端S等)。这些连线应尽可能短,并布在接近电源正极和电源负极(地线)的位置。

(2)上述线路布完后,则应按信号的流向顺序对所划分的子系统逐一布线、调试,最后再将各子系统连接起来。

布线时应注意导线不宜太长,最好贴近底板并在集成元件周围走线,应尽量避免导线重叠,更不要覆盖插孔。切忌导线跨越集成元件的上空,杂乱地在空中搭成网状。正确布线的实验板,电路清晰,整齐美观,既提高了电路工作的可靠性,又便于修正电路或更换器件,也便于检查和排除故障。

(三)数字电路装置的调试

一般说来,数字系统的调试可分两步进行。首先调试单元电路(即“分调”),然后进行整机调试(即“总调”)。“分调”是“总调”的前提,只有认真做好“分调”,使各单元电路达到预定要求,“总调”才有可能进行。实践证明,“分调马虎,调吃苦”,“分调”工作做好了,“总调”就较容易实现整机指标、要求,因此,一定要把好“分调”关。

1. 调试的要求

(1)应吃透调试对象的工作原理和电路结构,明确调试的任务。即应弄清楚调试的是什么电路?电路输入与输出间的逻辑关系如何,正常情况下输入与输出信号的特征(幅度、频率、波形)怎样?做到心中有数。

(2)应在电路实际工作状态下(如接上负载、输入额定高、低电平等)进行测量。

(3)从实际需要出发选用仪器,尽量使用简便的测量方法,并注意设备和人身安全。

(4)养成边测量、边记录、边分析的良好习惯,培养认真

求实的科学态度和工作作风。

2. 测试的基本内容

数字电路测试的基本项目是静态测量、动态测量以及稳定性和抗干扰性能等。通常是按“先静后动”进行测试。

(1) 静态测量是测量电路没有输入信号(或加固定电位信号)时,各点的电位。一般采用内阻较高的万用表进行测量。

(2) 动态测量是被测电路输入端引入合适输入信号时,各处工作状态。包括测量电路的输入、输出脉冲波形、幅度、脉宽、占空比和上升时间、下降时间等脉冲参数或其它技术指标。一般选用合适的脉冲信号发生器和双踪脉冲示波器进行。

3. 调试的方法

数字电路的调试工作,包括测量和调整。通过测量可以掌握大量数据、波形、现象,然后对电路进行分析、判断,找到问题症结所在,从而提出调整、改进的措施。可见,“测量”是发现问题的过程,而“调整”则是解决问题、排除故障的过程。在此必须指出,实际工作中,测量与调整并不是截然分开的两个步骤,而是紧密结合、穿插进行的。总之,只要遵循测量、分析、调整、再测量……进行下去,就可以发现、排除故障,实现预定的设计指标。

通常调整工作是按信号的流程逐级进行。可以从输入端向输出端推进,也可以从输出端向输入端倒推。这应该由电路的类型和设计者的经验来决定。

由于在数字逻辑系统中,相同的电路单元和集成电路往往是较多的,所以在调试时,为了尽快找出故障,通常可用“替代法”、“对比法”、“对分检测法”等。

(1) “替代法”就是把已调整好的单元电路代替有故障或有疑问的相同的单元电路,这可以很快判断出故障原因是在单元电路本身,还是在其它的单元或连接线上。当发现某一局部有问

题时，可以先检查这部分的连线，当确认无误后，再更换集成电路调试。

(2) “对比法”是将有问题的电路的状态、参数与相同的正常电路进行逐项对比。此方法也可以较快地从异常的参数中，分析出故障的原因。

(3) “对分法”是把有故障的电路对分为二个部分，先检测这二部分中究竟是哪一部分有故障，然后再对有故障的部分进行对分检测，一直分到找出故障点为止。采用“对分法”常可减少调试的工作量。

除上述方法外，也常用通过观察故障现象，进行分析，找出故障点的方法及在电路的每级输入端注入信号，观察其输出响应的“信号注入法”等。

实践表明，单元逻辑电路出现故障的原因大都是接线错误、接点接触不良、元器件损坏或性能不稳定、电路参数选择不合理、信号源或电源不符合要求等。在此必须指出：在调试中发现工作不正常时，往往不是CMOS集成电路器件的问题，而是接线错误或接触不良等原因，然而设计者常常一下就怀疑集成器件损坏，这是应该引起注意的。

4. 常用数字逻辑电路测试举例

(1) 逻辑门电路

在测试多输入端逻辑门电路时，静态测试是在各输入端分别接入不同的电位，观察输出端的电位变化情况。据此分析各数值间的逻辑关系。而动态测试则是指输入端输入时钟信号时，输出波形的变化情况。从而分析测试结果，判断逻辑门功能是否正常。

(2) 触发电路

静态测试是检查触发器复位、置位，翻转功能和稳定性，动态测试是检查它的计数功能并在时钟信号（要选择合适的频率、