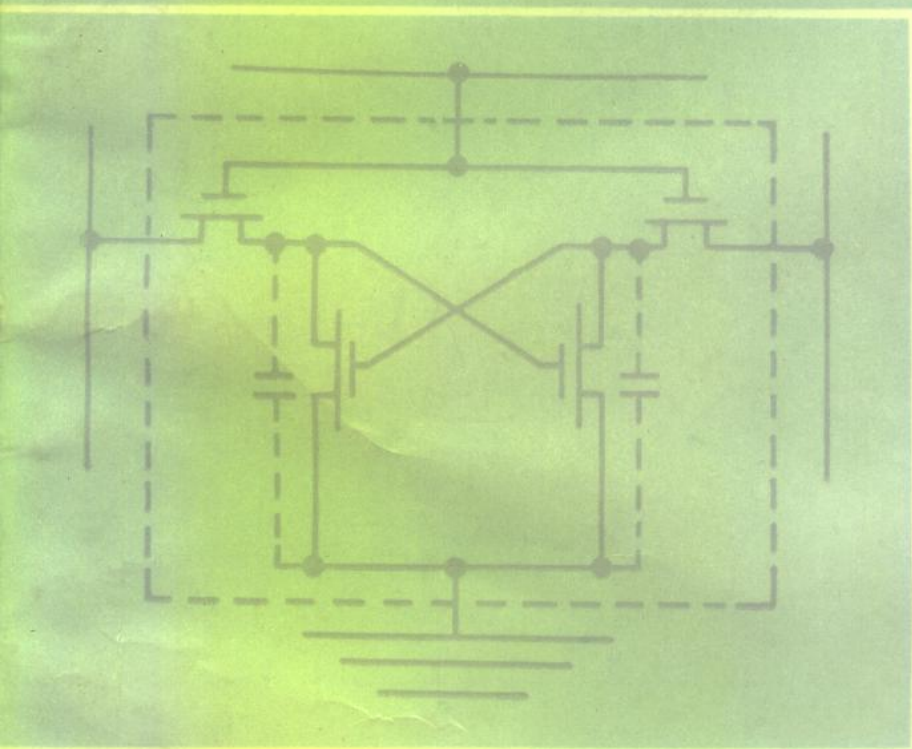


脉冲与数字技术实验 及应用

第二版



陈耀华 主编

毛期俭 李桂盛 周永明等 编著

科学技术文献出版社

380201

脉冲与数字技术实验及应用

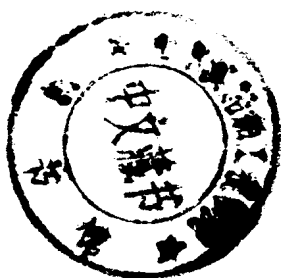
第 二 版

陈耀华 主编

毛期俭 李桂盛 周永明

杨成杰 郑渝兰 蒋维玉 编著

黄扬帆 谢礼堂



科学技术文献出版社

(京)新登字130号

2014/63

图书在版编目(CIP)数据

脉冲与数字技术实验及应用/陈耀华主编.-2版.-北
京:科学技术文献出版社,1994

ISBN 7-5023-2253-1

I.脉… II.陈… III.①脉冲电路-实验-高等院校-教
材②数字电路-实验-高等院校-教材 IV.TN78-33 TN79-33

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第01424号

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

中国科学技术信息研究所重庆分所印刷厂印刷 新华书店重庆发行所发行

1989年9月第1版 1994年8月第2版第1次印刷

787×1092毫米 1/16开本 13.75印张 339千字

科技新书目, 324—165 印数, 1—6800册

定价: 9.80元

第二版序

本书第一版由重庆大学、重庆邮电学院、中国人民解放军重庆通信学院联合编著。经审定后认为：该书符合国家教委制定的《脉冲与数字电路》课程对实验的基本要求。在内容上加强了中、大规模集成电路，注重典型性、实用性、趣味性、新颖性，反映了部分科研和毕业设计成果，有较大的实用价值。1989年正式出版后，受到各院校广大读者的青睐，1991年被重庆大学评为优秀教材。现由重庆大学和重庆邮电学院编者对第一版作了修订，注意保留第一版的特色并拓宽新颖性和实用性。由于使用中发现与第一分册不配套，第二版为自身独立编写，加强了有关仪器的介绍。

本书为高校电子类专业实验教材，可供电类和非电类以及电大、职大、函大等有关专业选用。全书具体编排如下：

第一章 基本实验，共19个实验，按理论课的内容顺序编排，着重培养学生掌握基本知识和技能以及常用仪器的使用。每个实验安排了较多的实验任务，凡有“*”号标志的为选作内容，为实验室开放学生自选课题提供方便。

第二章 综合实验，有6个课题，供课程设计选用，使学生掌握小型数字系统的工程设计方法，为今后开展科研打下基础。

第三章 实验基本知识及常用仪器。附录收集部分集成电路汇编资料，可供实验、课程设计、毕业设计参考。

参加第二版编著、修订的有：重庆大学高级工程师陈耀华，讲师李桂盛、黄扬帆、谢礼莹，重庆邮电学院副教授毛期俭、周永明，工程师杨成杰、郑渝兰、蒋维玉。

基本实验十八、十九，课题三、五、六，第三章大部分，由陈耀华修订；实验一、二、三、五，由毛期俭修订；实验十二、十三、十四，由李桂盛修订、编写并对附录进行了审校和编排；实验十五、十六，由周永明修订；实验七、十，由杨成杰编写；第三章第六节由郑渝兰编写；实验四、六，由蒋维玉编写；实验八、十七，由黄扬帆编写、修订；实验九、十一，由谢礼莹修订；课题二、第三章第七节，由郑渝兰、黄扬帆编写；附录由谢礼莹、杨成杰编写、修订。本版还保留了第一版由卜荣宗编著的现为第二章概述、课题四以及和陈耀华合写的课题一；陈祖熔编写的第一章概述。在修订过程中，毛期俭、李桂盛审阅了部分内容。全书由陈耀华统一审阅、修改定稿。

在修订中，广泛收集了各院校老师对第一版的使用情况和宝贵意见。这对保证书稿质量有重要作用。在此致以诚挚的谢意。

鉴于编者水平有限，如有不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

1993年11月

内容提要

本书是根据国家教委制定的《脉冲与数字电路》课程对实践性环节的基本要求,在第一版的基础上修订而成的。

在内容和编排上保留并拓宽了第一版的特色,为了实验独立设课需要,对实验基本原理和实验方法写得比较详细。全书共分三部分:第一章是基本实验,有19个,以数字电路为主,TTL和CMOS集成电路并重,突出了中规模集成电路,适当地选编了一些大规模集成电路实验,各院校可根据各自的教学层次选用;第二章是综合实验,共6个课题,可作为大型实验或课程设计参考,着重培养学生综合应用理论知识来解决实际问题的能力,使其初步掌握小型数字系统工程设计的方法;第三章系统地介绍了实验基本知识和常用仪器使用方法;附录编排了部分常用集成电路资料,可供实验课、课程设计及毕业设计参考。

本书为高等院校电子类专业实验教材,可供电类和非电类以及电大、职大等有关专业选用,亦可供有关专业师生及工程技术人员参考。

前 言

随着科学技术的迅速发展,微电子技术和计算机的广泛应用,理工科大学生不仅需要掌握基本理论知识,而且还需要掌握基本实验技能和具有一定科研能力。

实验教学是工科院校三大教学环节之一,通过实验不仅可以巩固、加深对基础理论知识的理解,而且可以培养学生独立分析问题、解决问题的能力 and 严谨的工作作风,以适应未来工作的需要。

为了加强实践性环节,适应深化教学改革的需要,重庆大学、重庆邮电学院、中国人民解放军重庆通信学院经过充分酝酿,决定联合编写实验单独设课所需的电子类技术基础课实验系列教材,即《电子测量技术及仪表》、《电路、信号与系统实验》、《模拟电路实验》、《脉冲与数字技术实验及应用》。本教材是其中的第四分册。我们本着立足当前、着眼发展的原则,参照1986年5月国家教委工科电工课程指导委员会电子线路课程指导小组在厦门会议上提出的《脉冲与数字电路实验基本要求》讨论稿,结合三院校近几年的实验教材和实验教学改革实践,编写了这本教材。

本书由基本实验、综合实验和实验基本知识三部分组成。以数字电路为主,TTL和CMOS集成电路并重,突出和加强了中规模集成电路的内容,适当采用了一些大规模集成电路如单片RAM、ROM、D/A和A/D转换器等内容。

本书内容循序渐进,深入浅出,实验原理与理论教材相辅相成并具有自身的系统性,便于学生自学。每个实验除对实验目的、任务、步骤、测试方法及设备器材等作了较详细的介绍外,还对实验预习、记录、报告内容提出了具体要求。为了培养学生的独立工作能力,每个实验均附有思考题,部分设计性实验要求学生自拟实验方案,提出器材清单。全书具体编排如下:

第一章 基本实验。有19个实验,按理论课的内容顺序编排,前几个实验着重培养学生掌握基本知识和技能以及常用仪器的使用。以后则是以中规模集成电路应用为主的设计性实验,适当选一些大规模集成电路应用实验。每个实验编排了较多的实验任务,凡有“*”号标记的为选作内容,为实验室开放学生自选课题提供方便。

第二章 综合实验。共8个课题,可作为该门理论课教学结束后搞大型实验或课程设计的参考课题。通过本章实验,可使学生初步掌握小型数字系统的工程设计方法,为今后开展科研打下基础。

第三章 实验基本知识及常用仪器。附录收集了部分常用集成电路汇编资料,可供实验、课程设计、毕业设计参考。

本教材由重庆邮电学院副教授周永明、讲师毛期俭,中国人民解放军重庆通信学院副教授卜荣宗、陈祖熔和重庆大学陈耀华联合编著,陈耀华任主编。

基本实验八、十、十一、十二、十六、十七,综合实验课题二、三、七、八,第三章以及附录由陈耀华执笔;基本实验一、二、三、五由毛期俭执笔;第一章概述及基本实验四由

陈祖熔执笔；基本实验六、七、十三、十四，综合实验课题六由周永明执笔；第二章概述及综合实验课题四、五由卜荣宗执笔。基本实验九、十五由周永明、陈耀华合写，综合实验课题一由卜荣宗、陈耀华合写，最后由主编修改定稿。

本书由重庆大学熊良仕副教授主审。经审定后认为本书符合国家教委工科电工课程指导委员会电子线路课程指导小组提出的《脉冲与数字电路实验的基本要求》，在内容上加强了中、大规模集成电路，注重典型性、实用性、趣味性，比较新颖，反映了部分科研和毕业设计成果，有较大的实用价值。

重庆邮电学院、中国人民解放军后勤工程学院、西南师范大学、重庆建筑工程学院、渝州大学等兄弟院校的谭孝华、陶永揆、谭道鸿副教授，钱天华高级工程师和包明讲师参加了集体审定，一致同意主审意见并提出了许多宝贵建议。在本书整理、定稿和出版过程中，承有关单位和院校老师杨克栋、邱平凯、徐少华、万沛霖、肖仁德、李复生等对征求意见稿提出的修改意见和大力支持，在此一并致以诚挚的谢意。

鉴于时间仓促，编著者水平有限，如有不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

1988年12月11日

目 录

第一章 基本实验	(1)
实验一 晶体管开关特性测试	(3)
实验二 集成逻辑门测试	(6)
实验三 三态门、OC门的功能测试及其应用	(13)
实验四 组合逻辑电路的设计及功能测试	(18)
实验五 译码器及其应用	(22)
实验六 数据选择器及其应用	(30)
实验七 半加器、全加器及其应用	(32)
实验八 数值比较器及其应用	(36)
实验九 集成触发器	(39)
实验十 移位寄存器和移存型计数器及其应用	(44)
实验十一 计数器及其应用	(49)
实验十二 序列检测器的设计与测试	(57)
实验十三 脉冲信号的产生与整形电路	(60)
实验十四 集成单稳态触发器、施密特触发器及其应用	(66)
实验十五 锯齿电压波发生器	(72)
实验十六 555定时器及其应用	(76)
实验十七 累加/减器和算术逻辑运算单元	(81)
实验十八 大规模集成存储器RAM和ROM	(89)
实验十九 数模和模数转换器	(98)
 第二章 综合实验	(111)
课题一 数字电子钟	(114)
课题二 数字频率计	(122)
课题三 数字电压表	(127)
课题四 射击自动报靶器	(134)
课题五 TTL集成电路自动检测器	(139)
课题六 十字路口的交通灯控制器	(141)
 第三章 实验基本知识及常用仪器	(143)
第一节 TTL器件和CMOS器件使用规则	(143)
第二节 TTL器件、CMOS器件、运算放大器之间的接口电路	(145)
第三节 实验注意事项及常见故障检查	(148)

第四节	数字显示器判别法及使用注意事项·····	(150)
第五节	数字逻辑实验箱·····	(151)
第六节	双踪示波器·····	(153)
第七节	数字式频率计·····	(166)
第八节	逻辑笔·····	(171)
附 录	部分常用集成电路汇集·····	(173)
附录一	我国数字集成电路型号介绍 (含 TTL、CMOS 电路) ·····	(173)
附录二	国际数字集成电路规范 (含 TTL、CMOS 电路) ·····	(175)
附录三	国内外部分集成电路型号对照表 ·····	(176)
附录四	部分常用集成电路汇编 ·····	(176)
附录五	部分常用中规模集成电路功能表、真值表和时序波形·····	(200)

第一章 基本实验

概 述

随着科学技术的发展,脉冲与数字技术在各个科学领域中都得到了广泛的应用,它是一门实践性很强的技术基础课,在学习中,不仅要掌握基本原理和基本方法,更重要的是学会灵活应用。因此,需要配有一定数量的实验,才能掌握这门课程的基本内容,熟悉各单元电路的工作原理、各集成器件的逻辑功能和使用方法,从而有效地培养学生理论联系实际和解决问题的能力。为此,本章根据该门课程的内容顺序,编排了19个基本实验。以数字电路为主,TTL和CMOS集成电路并重,加强了中规模集成电路的内容,适当选编了单片RAM、ROM、A/D与D/A转换器等大规模集成电路的实验。本章所述的实验原理,是为实验单独设课的需要,并与理论教材相辅相成,具有自身的系统性,文理通顺,启发性强,深入浅出,便于自学。每个实验编排了较多的实验内容,除满足必作需要外,可供学生选作参考。通过本章实验,要求达到:

1. 掌握脉冲波形参数的测量和双踪示波器的正确使用。
2. 掌握锯齿波、脉冲信号的产生和整形的方法,以及555定时器的典型应用。
3. 掌握组合与时序逻辑电路的一般分析和设计方法;学会正确选用中规模集成器件,熟悉其逻辑功能,并能灵活用它来实现某些特定的功能,从而提高实验技术和实验研究能力。
4. 了解常用大规模集成电路的功能、测试方法和应用。
5. 初步掌握分析、寻找和排除数字电路中常见故障的方法。
6. 培养实事求是、严谨的科学实验作风,能写出符合要求的实验报告,为第二章综合实验或课程设计以及今后开展科研等工作实践打下基础。

为了使实验顺利进行,现对有关问题介绍如下:

(1) 实验预习、记录和实验报告

1) 实验预习:认真预习是作好实验的关键。预习好坏,不仅关系到实验能否顺利进行,而且直接影响实验效果。预习应按本书各实验预习要求进行,按实验任务要求设计好电路,并对如何着手实验以及对实验预期的结果有所估计,做到心中有数。此外,通过预习还应作好实验前的准备,其内容包括:

绘出设计好的实验电路逻辑图,并在该图上标出器件型号(若仅使用器件一个独立单元,则可标上 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{1}{4}$,...其后再附型号)、使用的引脚号及元件数值。必要时,必须用文字来说明。

列出元、器件清单。

拟定实验方法和步骤。

拟好记录实验数据的表格和波形坐标等。

2) 实验记录: 实验记录是实验过程中获得的第一手资料。测试过程中测试的数据和波形有必然、偶然以及干扰信号。因此, 对记录的数据和波形允许修改, 但必须清楚、合理、正确。若不正确, 则要重复测试, 以便在写报告时加以分析。实验记录应包括如下内容:

实验任务名称及内容。

实验数据和波形以及实验中出现的现象。从记录中应能初步判断实验的正确性。

记录波形时, 应注意输入、输出波形的时间相位关系, 在坐标中应上下对齐。

实验中实际使用的仪器型号及编号。

3) 实验报告: 实验报告是培养学生的科学实验总结能力和分析思维能力, 也是培养基本功的一个重要环节。它能有效地巩固实验成果, 加深对基本理论的认识和理解, 从而进一步扩大知识面。

实验报告是一份技术总结, 要求文字简洁, 内容清楚, 图表工整。报告内容应包括实验目的、实验用仪器、实验内容和结果以及讨论等。其中实验内容与结果是报告的主要部分, 它应包含实际完成的全部(必作和选作的)实验, 并且要按实验任务逐个书写, 每个实验任务应有如下内容:

实验课题的方框图、逻辑图(或测试电路)、状态图、真值表以及文字说明等。对于设计性课题, 还应有整个设计过程和关键的设计技巧说明。

实验记录和经过整理的数据、表格、曲线和波形图。其中表格、曲线和波形图应充分利用专用实验报告本中的简易坐标格, 并用三角板、曲线板等工具描绘, 力求画得准确, 不得随手示意画出。

实验结果的分析、讨论及其结论。对讨论的范围, 没有严格要求, 一般应对重要的实验现象、结论加以讨论, 以便进一步加深理解。此外, 对实验中的异常现象、体会等, 可作一些简要说明。

(2) 注意和学会资料的查阅方法

在第三章和附录中有TTL器件和CMOS器件的使用规则及其接口电路、实验注意事项及故障排除、常用仪器的使用方法以及部分常用集成电路汇编等, 可供学习、设计电路和实验时参考, 从而有助于理解和掌握本章内实。

实验一 晶体管开关特性测试

一、实验目的

1. 熟悉双踪示波器的使用方法。
2. 理解晶体二极管的开关特性。
3. 熟悉晶体管反相器的性能测试方法。

二、实验原理

1. 晶体二极管的开关特性

晶体二极管（简称二极管）的主要特点是具有单向导电性。在低频电路中，常将二极管当作理想开关，即当正极和负极之间的电压为正时，二极管导通，相当于开关短路；反之，相当于开关开路。但在数字电路中，二极管经常工作于开关状态，而且开关频率有时高达每秒一百万次以上，因此，就不能简单的视为理想开关了。必须分析二极管在导通与截止状态之间快速转化的过渡过程。二极管的开关过程，实际上是结电容效应和存贮电荷建立与消散的过程。因而，二极管的导通与截止不可能在瞬时完成，即二极管由截止转为导通时必须经历正向恢复过程。这一过程相当快，一般可忽略不计。相反，当二极管从导通转为截止时，必须经历反向恢复过程。这一过程所需的时间叫反向恢复时间 t_R ， $t_R = t_s + t_f$ ，其中 t_s 为存贮时间， t_f 为下降时间，而且 $t_s \gg t_f$ ，如图 1-1-1 所示。图 1-1-1 中充分体现了二极管的主要开关特性。 t_R 值的大小直接影响二极管的开关速度，要提高二极管的开关速度，就必须减小二极管的 t_R 值。因 $t_s \gg t_f$ ，所以要尽量减小 t_s 值。通常的方法是：除了生产厂家从内部采取措施外，还必须从外电路设法缩短存贮时间 t_s ，例如，适当减小二极管的正向电流，适当加大二极管的反向偏压来缩短 t_s ，以提高二极管的开关速度。

2. 晶体管反相器

晶体管反相器（简称反相器）既是一种重要的开关电路，又是组成各种脉冲单元电路的基本单元。因此，在脉冲与数字电路中，它是最基本的、很重要的电路。

反相器就是将信号的极性变反的电路。如图 1-1-2(a) 所示。其基本工作原理是：当输入电压为低电平（即 $v_i = V_L$ ）时，三极管截止，则输出为高电平（即 $v_o = V_H$ ）；当输入电压为

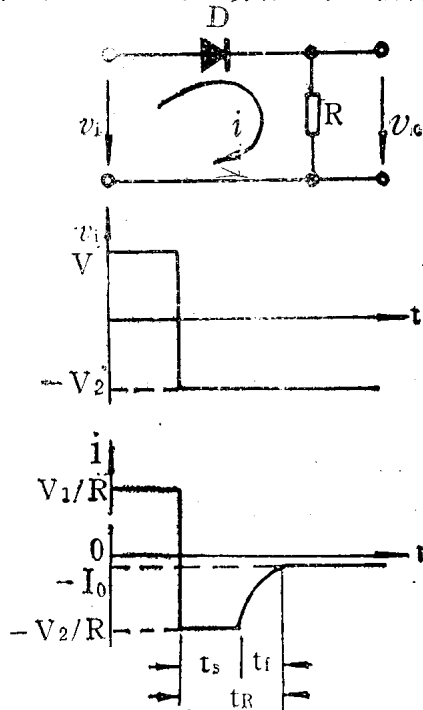


图 1-1-1 二极管开关特性

高电平(即 $v_i = V_H$)时,三极管饱和,则输出为低电平(即 $v_o = V_L$)。在脉冲与数字电路中所需要的波形往往是边沿陡峭的,而且在高速的数字电路系统中,波形的上升、下降时间太长,会严重地影响电路工作速度。因此,对反相器的基本技术要求是:①开关速度要高,以保证波形无畸变。②带负载能力应足够大。

我们知道,根据晶体管的开关特性,当晶体管工作在开关状态时,由于管内结电容效应和扩散电容效应的作用,相应就要产生晶体管的开启时间 t_{on} 和关闭时间 t_{off} ,如图1-1-2(b)所示。同时由于电路的分布电容和负载电容的影响,会使输出波形的边沿产生畸变,而且随输入信号频率增高,所受影响也就更严重。在本实验中,我们将主要针对上述问题进行研究。

通常提高开关速度的方法有两种:

(i) 在输入支路 R_b 上并接一个 $10 \sim 200$ P F的电容 C_i ,一般称它为加速电容,其作用是,当输入信号瞬变时,能加快管子的饱和与截止之间的转换,以缩短晶体管的开关时间 t_{on} 和 t_{off} ,使波形边沿变陡。 C_i 的取值与输入信号频率有关,频率越高, C_i 的值越小。(ii)在输出支路晶体管的集电极加二极管箝位电路,以解决输出端分布电容和负载电容所引起的输出电压波形边沿时间长的问題。加箝位电路的目的是,充分利用电容充电时其端电压上升起始部分较陡,从而使输出电压波形的上升时间缩短。

三、实验设备与器件

- | | |
|--|----|
| 1. 双踪示波器 | 一台 |
| 2. 直流稳压电源 | 一台 |
| 3. 脉冲信号发生器 | 一台 |
| 4. 万用表及工具 | 一套 |
| 5. 实验电路板(面包板) | 一块 |
| 6. 器件: 2CP22一只, 2CK2一只, 3DK3一只, 1K电位器一只。 | |

四、实验任务及步骤

1. 观察二极管的反向恢复时间

实验电路按图1-1-3(a)连接,图中二极管选用开关时间长的2CP22为宜。

将脉冲信号发生器输出的矩形脉冲信号加到实验电路的输入端,其信号频率 f 调为200 kHz左右,脉宽调到5 μ s左右,幅度调为4伏左右,观察输出 v_o 的波形,用偏移旋钮改变脉冲信号发生器输出的直流电平,观察波形的 t_r 与 t_f 的变化规律。如果所使用的脉冲信号发生器

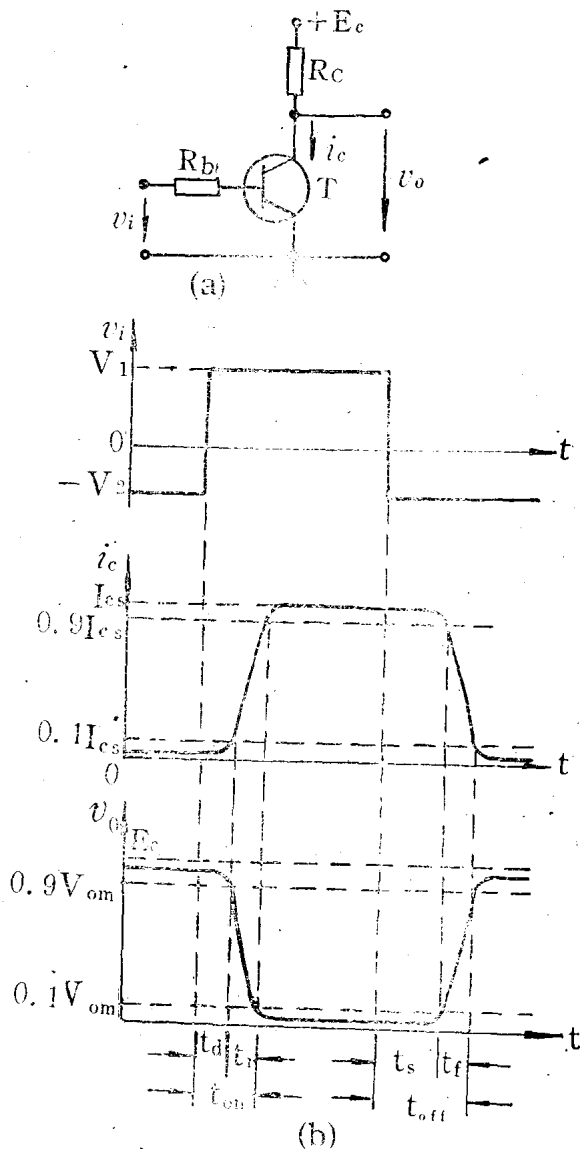


图1-1-2 晶体管电路及其瞬态开关特性

的输出直流电平不可调, 则可按图1-1-3(b)连接实验电路, 然后改变偏压 E (由0伏变化到3伏), 观测输出 v_o 波形的 t_r 与 t_f 。再将信号频率 f 调为100KHz左右, 重复上述实验过程, 并比较之。记录结果并进行分析。

2. 晶体管反相器的静态测试

在实验板上按图1-1-4接好线路并接通 E_c 和 $-E_b$ (不接通 E_Q)。

(1) 调节电位器 W , 使反相器输入端 v_i 的电压为3伏 (用万用表测量), 再量出 v_o 的直流电压, 分析晶体管的工作状态, 并将测量和分析结果填入表1-1-1中。

表 1-1-1 反相器静态测试表

输入电压 v_i	输出电压 v_o	晶体管工作状态
3 伏		
0 伏		

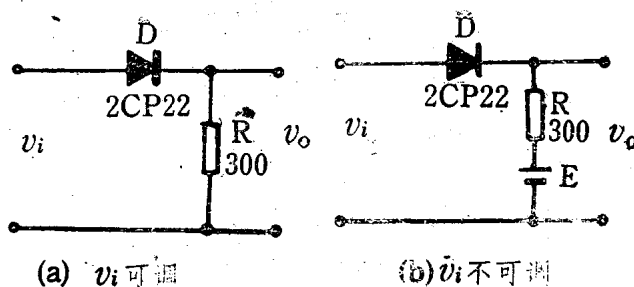


图1-1-3 观测二极管反向恢复时间电路

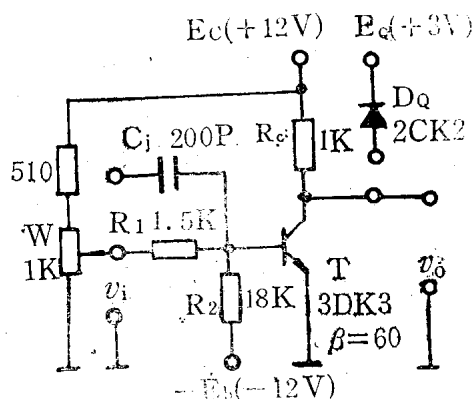


图1-1-4 晶体管反相器性能测试电路

(2) 将反相器输入端短路, 使 $v_i=0$ 伏, 重复步骤(1)。

3. 晶体管反相器的动态测试

断开输入端与电位器的连线, 接通箝位电源 E_Q , 将脉冲信号发生器的输出端与反相器的输入端连接, 调节脉冲信号发生器有关旋钮, 使其输出幅度 $V_m=3V$, $f=1MHz$ 。

(1) 用双踪示波器同时观察并记录输入、输出波形, 从输出波形上测出开启时间 t_{on} 、存储时间 t_s 和关闭时间 t_{off} 。

(2) 分别接上加速电容 C_i 和箝位电路, 重测 t_{on} 和 t_{off} 。

(3) 同时接上加速电容 C_i 和箝位电路, 再次测 t_{on} 和 t_{off} 。

最后列表比较分析 t_{on} 和 t_{off} 的四次测量结果。

五、预习要求

1. 阅读双踪示波器的使用方法, 见第三章第六节。
2. 复习晶体二极管、三极管的开关特性。
3. 复习晶体管反相器的工作原理和性能改善措施。

六、思考题

1. 产生二极管反相恢复时间的条件和原因是什么?
2. 为什么加速电容能缩短晶体管开关时间?
3. 如何提高晶体管反相器带负载能力?

实验二 集成逻辑门测试

一、实验目的

1. 熟悉TTL与非门和CMOS或非门主要参数的含义及其测试方法，并通过功能测试判断其好坏。
2. 熟悉数字逻辑实验箱的使用方法。

二、实验原理

集成逻辑门是数字电路中应用十分广泛的最基本的一类器件。为了合理地使用和充分利用其功能，必须对它的主要参数和逻辑功能进行测试。本实验采用TTL中速4输入端双与非门T063（同74LS20）和2输入端四或非门C039（或CC4001）进行测试。T063与非门的内部电路和引脚排列如图1-2-1所示。

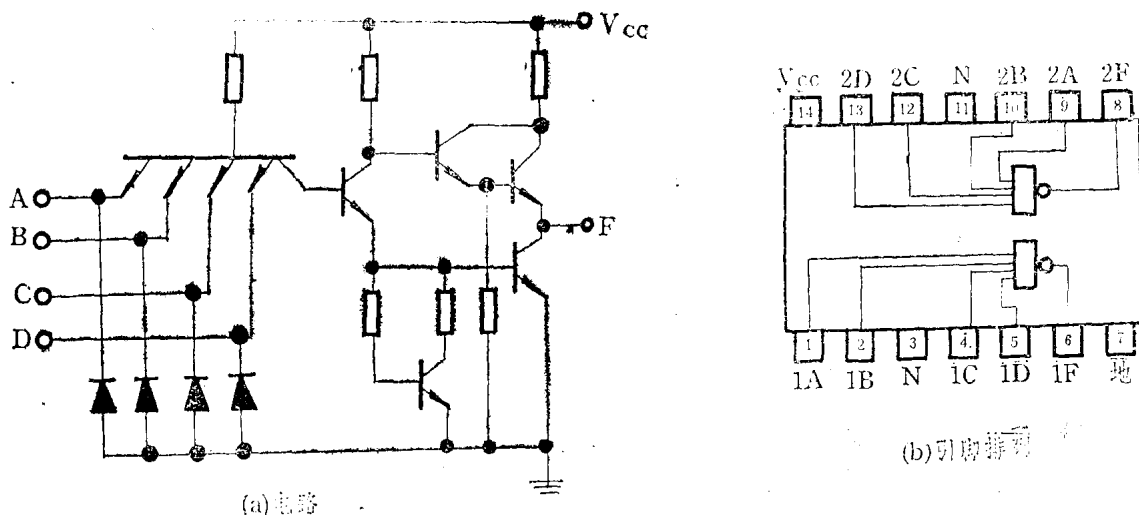


图1-2-1 T063与非门

1. TTL与非门的主要参数

(1) 通电源电流 I_{CCL} ：通电源电流又叫空载导通电流，是指输入端全部悬空、输出端空载、与非门工作在导通状态时电源供给的电流。 I_{CCL} 的大小标志着门电路的功耗 P_L 的大小， $P_L = V_{CC} \cdot I_{CCL}$ 。由于门电路导通时的功耗大于截止时的功耗，因此手册中的规范值通常只列出 I_{CCL} 的数值。T063的 $I_{CCL} \leq 14\text{mA}$ 。

(2) 低电平输入电流 I_{IL} ：低电平输入电流又叫输入短路电流，是指当一个输入端接地、其余输入端悬空时流出接地输入端的电流。 I_{IL} 的大小直接影响前级门电路带负载的个数。一般 $I_{IL} \leq 1.6\text{mA}$ 。

(3) 高电平输入电流 I_{IH} ：高电平输入电流又称输入漏电流，是指当一个输入端接高电平而其余输入端接地时流入接高电平输入端的电流，该电流主要为前级门输出为高电平时的

拉电流。T063的 $I_{IH} \leq 50\mu A$ 。

(4) 输出高电平 V_{OH} : V_{OH} 是指与非门有一个以上输入端接地或接低电平时的输出电平值。此时门电路工作于截止状态。如果输出空载, V_{OH} 约为3.6V; 若输出接拉流负载, V_{OH} 将下降。T063 $V_{OH} \geq 2.4V$ 。

(5) 输出低电平 V_{OL} : V_{OL} 是指与非门的所有输入端均接高电平时的输出电平值。此时门电路工作于导通状态。 V_{OL} 的大小主要由 T_6 管的饱和深度与外接负载来决定。如输出空载, V_{OL} 约为0.1V; 若输出接灌流负载, 因负载向门电路灌入电流, 使 T_6 管的饱和程度变浅, V_{OL} 将上升。T063的 $V_{OL} \leq 0.4V$ 。

(6) 开门电平 V_{on} : V_{on} 是指与非门带等效额定负载, 且输出处于额定低电平时允许输入高电平的最小值。只要输入电平 $v_i \geq V_{on}$ 时, 与非门必定导通。测量时可取 $V_{OL} = 0.4V$ 所对应的输入电平作为 V_{on} 。一般 $V_{on} \leq 1.8V$ 。

(7) 关门电平 V_{off} : V_{off} 是指与非门输出处于高电平状态时允许输入低电平的最大值。测量时用 $V_{OH} = 2.7V$ (或2.4V)所对应的输入电平作为 V_{off} 。T063的 $V_{off} \geq 0.8V$ 。

(8) 阈值电平 V_T : V_T 是指与非门的工作点处在电压传输特性, 输出电平迅速变化区中点的输入电平值。通常又称为门槛电压。一般 $V_T \approx 1.35V$ 。

与非门的 V_{OH} 、 V_{OL} 、 V_{on} 、 V_{off} 和 V_T 等参数可根据定义按厂家测试的条件测出, 但实验中通常是从测绘的电压传输特性曲线上直接读出这些参数值(两者测试条件虽不一样, 但数值非常接近)。这里所说的电压传输特性, 是在输出端开路条件下, 输入电压 v_i 从零电平逐渐升高到高电平时, 输出 v_o 随输入 v_i 的变化曲线。在电压传输特性中, 若 V_{on} 和 V_{off} 的值越靠近, 则门电路的抗干扰能力愈强。因低电平噪声容限 $V_{NL} = V_{off} - V_{IL}$, 高电平噪声容限 $V_{NH} = V_{IH} - V_{on}$ 。式中 V_{IH} 通常取3V, V_{IL} 取0.35V。

(9) 扇出系数 N_0 : N_0 是指门电路所能驱动同类电路门的数目, 它是用来衡量门电路负载能力的一项参数, 其大小主要受输出低电平时输出端允许灌入的最大负载电流的限制。如灌入的负载电流超过门电路所允许的数值, 将使输出低电平显著上升。T063的 $N_0 \geq 8$, 取 $V_{OL} = 0.4V$ 。

(10) 平均传输延迟时间 t_{pd} : 平均延迟时间是与非门的一个瞬态参数。它是指与非门输出波形边沿的0.5 V_m 点相对于输入波形对应边沿的0.5 V_m 点的时间延迟, 如图1-2-2所示。其中 t_{pdL} 为导通延迟时间, t_{pdH} 为截止延迟时间。于是门电路的平均延迟时间为 $t_{pd} = \frac{1}{2}(t_{pdL} +$

$t_{pdH})$ 。平均延迟时间是衡量门电路开关速度的一个重要指标, 按平均延迟时间的不同, TTL门电路有中速、高速和超高速之分, 一般中速门电路的 t_{pd} 为10~50ns, 高速为2~10ns, 超高速的 $t_{pd} \leq 2ns$ 。

T063中速双与非门主要电参数规范如表1-2-1所示。

2. CMOS或非门的主要参数

CMOS电路是由NMOS和PMOS管组成, 通称为互补MOS电路。它具有功耗低, 电源电压范围宽, 输出逻辑电平摆幅大, 噪声容限高, 输入阻抗高, 可靠性好, 价格便宜等优点, 所以在各种电子系统中的应用愈来愈广泛。

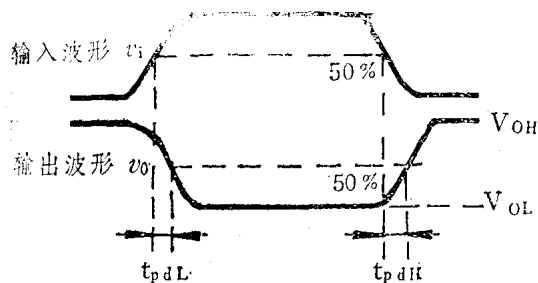


图1-2-2 门电路的延迟时间

表 1-2-1

T063 中速双与非门参数规范

参数名称和符号			规范值		单位	测 试 条 件
			T063A	T063B		
直 流 参 数	通导电源电流	I_{cc1}	≤ 14		mA	$V_{CC}=5.5V$, 输入端悬空, 输出端空载。
	低电平输入电流	I_{iL}	≤ 1.0		mA	$V_{CC}=5.5V$, 被测输入端接地, 其它输入端悬空, 输出端空载。
	高电平输入电流	I_{iH}	≤ 50		μA	$V_{CC}=5.5V$, 被测输入端 $V_{in}=2.4V$, 其它输入端接地, 输出端空载。
	输出高电平	V_{OH}	≥ 1		mA	$V_{CC}=5.5V$, 被测输入端 $V_{in}=5.5V$, 其它输入端接地, 输出端空载。
	输出低电平	V_{OL}	≥ 2.4		V	$V_{CC}=4.5V$, 被测输入端 $V_{in}=0.8V$, 其它输入端悬空, $I_{OH}=400\mu A$ 。
	扇出	N_O	≤ 0.4		V	$V_{CC}=4.5V$, 输入端 $V_{in}=2.0V$, $I_{OL}=12.8mA$ 。
交 流 参 数			≥ 8			同 V_{OH} 和 V_{OL} 。
	平均传输延迟时间	t_{pd}	≤ 40	≤ 20	ns	$V_{CC}=5.0V$, 被测输入端输入信号: $V_{in}=2.0V$, $f=2MHz$, $t_r, t_f=10\sim 15ns$, $t_w=0.25\mu s$, 其它输入端接 $2.4V$, $R_L=300\Omega$, $C_L=21pF$, BG 为 3DK3B (bc短接)。

CMOS门电路是最基本的逻辑电路之一, 尽管内部结构与TTL不同, 但它们的逻辑功能却完全一样。CMOS门电路的特性也有直流(静态)和交流(动态)两种, 其参数含义大体上也与TTL相似。手册中一般都给出各器件电参数的规范值和测试条件。这里以CMOS或非门为例, 说明几个主要参数的特点。

(1) 功耗: CMOS门电路的静态功耗非常低, 一般为微瓦数量级, 这是它的一个突出优点。动态工作时虽然在输出状态转换过程中, 电源要对负载电容充、放电, 动态功耗要增加, 但总的功耗还是很低的, 一般在毫瓦数量级。

(2) 电压传输特性: 电压传输特性, 通常是在门电路输出端开路情况下测出的。从传输特性曲线上, 可以读出输出高电平 V_{OH} 和输出低电平 V_{OL} 的数值。 $V_{OH} \approx V_{DD}$, $V_{OL} \approx V_s \approx 0V$ 。噪声容限 $V_N \approx 40\% V_{DD}$ 。

(3) 扇出系数: CMOS电路输入阻抗极高, 大致相当于 10^{12} 欧姆和 $5PF$ 电容相并联。一个CMOS门驱动另一个CMOS门几乎不需要静态输入电流, 所以它的直流扇出实际上是无限的。但在动态工作时, 对后级门电路的输入电容充、放电需要电流, 使扇出系数 N_O 受到一定限制。一般取 $N_O=10\sim 20$ 。

(4) 传输延迟时间: CMOS器件的传输延迟时间比TTL器件长得多, 其典型值是在特定容性负载下测得的, 约 $200ns$ 。如果负载电容增大, 传输延迟时间就增加。设计时可凭经验估计, 每个CMOS门输入端为 $5PF$ 再加上 $5\sim 15PF$ 的杂散布线电容。

3. 逻辑功能

(1) 与非门的逻辑功能: 当所有输入端均为高电平时, 输出为低电平; 一个或一个以上输入端为低电平时, 输出为高电平。对于T0603四输入端与非门, 有十六种输入情况, 实际上只要对输入1111、0111、1011、1101和1110五种进行测试就可判断其逻辑功能是否正常。

在测试时, 为了方便起见, 输入低电平可将输入端接地; 输入高电平, 对TTL电路而言,