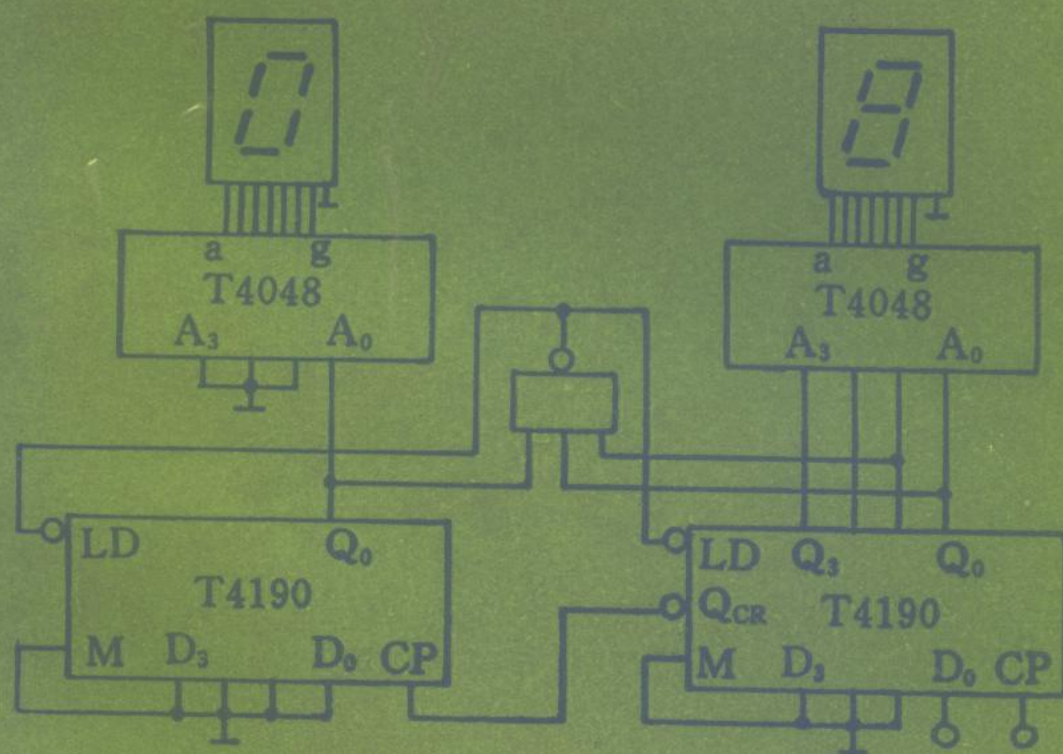


脉冲与数字电路 实验及其应用

任绍发 编著



重庆大学出版社

TX78-33

R 45

381552

脉冲与数字电路实验及其应用

任绍发 编著

重庆大学出版社

FA 14 / 26
35
内 容 提 要

本书根据国家教委批准的《脉冲与数字电路实验基本要求》，结合近几年来科技的发展和实验教学实践编写而成。

全书分四篇。第一篇教学实验，共包括16个基本实验，培养学生理论联系实际、提高实践技能；第二篇综合实验，选编了5个课题，介绍小型数字系统的设计方法和设计技巧；第三篇实验基本知识，介绍集成电路的命名规则、使用规则、逻辑符号及检查、排除故障方法等；第四篇实验仪器，介绍数字电路实验常用仪器的工作原理和使用方法。

本书可作为高等学校工科电子类各专业的实验教材，并可供学生课程设计和毕业设计时参考，亦可供工程技术人员参考。

脉冲与数字电路实验及其应用

任绍发 编著

责任编辑 黄开植

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆通信学院印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 399千

1994年10月第1版 1994年10月第1次印刷

印数: 1—5000

ISBN 7-5624-0967-6/TN·19 定价: 12.40元

(川)新登字 020 号

前 言

随着微电子学和计算机技术的迅速发展和广泛应用,理工科大学生不仅需要掌握书本上的理论知识,还需具备一定的实验研究能力和探索精神。实验教学的作用和重要性日益为人们所重视。

“脉冲与数字电路”是一门实践性很强的课程,其实验对电子类专业的学生是一个非常重要的教学环节,培养学生在理论指导下进行科学实验的基本技能,提高学生解决实际问题的能力。

为了加强实验教学环节,适应深化教学改革的需要,参照高等学校工科电工课程教学指导委员会制定,并经国家教委批准的《脉冲与数字电路实验基本要求》,结合多年的实验教学实践,编写了这本教材。它可作为高等工科院校无线电、计算机、自动化等电子类专业的实验教材,也可以供其他从事电子技术的人员参考。

近十年来随着数字技术的迅速发展,各种中、大规模集成电路在数字系统、控制系统、信号处理等方面都得到广泛的运用,迫切要求学生熟悉和掌握常用中、大规模集成电路功能及其在实际中应用的方法。除通过实验教学培养学生掌握数字电路的基本实验方法、分析问题和故障检查方法以及双踪示波器等常用仪器使用方法等基本实验技能外,还必须培养学生工程设计和组织实验的能力。因此全书分为四篇:教学实验、综合实验、实验基本知识和实验仪器。

教材以数字电路为主,TTL 和 CMOS 集成电路并重,突出和加强常用中、大规模集成电路以及设计性实验的内容。其中,教学实验篇的目的是,培养学生对基本电路的应用和掌握,使学生在实验原理的指导下,初步具备基本电路的分析和设计能力,并掌握其应用方法;自行拟定实验步骤、检查与排除故障、分析和处理实验结果以及撰写实验报告的能力。综合实验篇的目的是培养学生初步掌握小型数字系统的设计能力,包括选择设计方案,进行电路的设计、安装、调试等环节,它是运用所学知识进行工程设计、提高实验技能的实践。实验基本知识篇提供了学生必须掌握的、在实验过程中经常遇到的一些基本知识,包括器件的使用规则、检查和排除电路故障的一般方法。实验仪器篇是为了便于实验者学习仪器的工作原理与使用方法。

根据“脉冲与数字电路”的基本内容和常用电路,教学实验篇共编排了 16 个实验,前 13 个实验是基本实验,后 3 个实验是提高性实验。每个实验均包括实验目的、实验原理、实验设备与器材、实验任务、实验预习要求、实验报告要求和一定数量的思考题等。实验原理部分主要结合实验目的与内容概括介绍基本工作原理、实验方法和在数字系统中应用的方法。每个实验编排了较多的实验内容,凡有“*”号者为选作内容。上述 16 个实验及其相应的内容,可根据不同专业、不同层次和不同教学要求进行选定。

综合实验篇提供了 5 个较典型的课题,它们将数字电路的理论与实际工作密切联系起来,并运用一定的设计技巧设计出合理而又具有实用性的电路,它们较系统地反映了中、大规模集成电路在数字系统中的运用,是大型实验或课程设计的实验教材和参考教材。

集电极开路与非门的测试、三态门的测试和 CMOS 集成电路的测试等小规模集成电路

实验列于附录中(见附录一和附录二)。为了便于读者自学与查阅,在附录三中对常用的数码管显示器、TTL 与 CMOS 显示译码器以及它们之间的连接方法(包括静态连接和动态扫描连接)作了详细讨论。“附录四”是“计算机逻辑模拟”实验使用的“逻辑模拟程序”。

本书有其自身的系统性,也可作为实验独立设课的基本教材。

本书使用目前国内常用(原部颁标准)逻辑图形符号,同时也介绍了最近颁布的国家标准(GB)逻辑图形符号,并在第三篇第二章中对 GB 逻辑图形符号的有关规定作了简单介绍。

在实验三~十三中使用的 TTL 器件可以用相应的 CMOS 器件代替,在附录五中列出了它们的对照表。本书对脉冲信号发生器提供的信号波形参数作了具体规定(详见实验一的实验原理四)。

为了达到实验的预期目的,学生在实验前必须认真做好预习,弄清实验原理、内容和方法。实验中要实事求是、一丝不苟、充分发挥主观能动性、独立完成实验;实验后认真撰写实验报告。我们相信,通过实验,一定能在理论知识和实验技能方面有较大的提高。

书稿承重庆大学电子信息工程学院无线电系金吉成教授审阅,对本书提出了许多极其宝贵的意见。编者在此表示衷心的感谢。

本书在出版过程中得到了重庆大学电子信息工程学院、无线电系和中心实验室各级领导的大力支持。编者对他们表示深切的谢意。

书中如有错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1994 年 6 月

目 录

第一篇 教学实验

实验一 双踪示波器及其使用	1
实验二 晶体管开关特性 限幅器与钳位器	9
实验三 集成逻辑门的测试与使用	16
附录一 集电极开路门和三态门的使用方法	21
附录二 CMOS 集成电路及接口电路	24
实验四 用 SSI 设计组合电路和冒险现象的观察与消除	27
实验五 MSI 译码器及其应用	33
实验六 集成触发器及其应用	39
实验七 MSI 数据选择器及其应用	51
实验八 MSI 半加器、全加器及其应用	57
实验九 MSI 移位寄存器及其应用	62
实验十 MSI 计数器及其应用	71
附录三 显示译码器和数码管	82
实验十一 同步时序电路的设计与测试	97
实验十二 脉冲信号的产生与整形	102
实验十三 555 定时器与集成单稳态触发器及其应用	110
实验十四 RAM 和 ROM 的操作及应用	116
实验十五 数/模和模/数转换器及其应用	125
实验十六 计算机逻辑模拟	134
附录四 PLS ——逻辑模拟程序	142

第二篇 综合实验

课题一 数字闹钟	152
课题二 数字电压表	167
课题三 数字频率计	177
课题四 数字频率合成器	181
课题五 数字显示电容测试仪	187

第三篇 实验基本知识

第一章 集成电路的命名规则	191
第二章 逻辑图形符号	193
第三章 TTL 集成电路与 CMOS 集成电路的使用规则	198
第四章 实验电路布线及常见故障的检查与排除	201

第四篇 实验仪器

第一章 COS 5020 型双踪示波器	205
---------------------------	-----

第二章 E312C 型电子计数式频率计	216
第三章 脉冲信号发生器(XC-13A 型 XD11 型)	227
第四章 SD-2 型数字逻辑电路实验器	234
附录五 常用集成电路型号对照表与引出端排列图	239
主要参考书目	249

第一篇 教学实验

实验一 双踪示波器及其使用

COS5020 型双踪示波器频带宽度为 $DC \sim 20\text{MHz}$ 。用以观察和测定两种不同电信号的时间过程,它可以同时显示两个不同电信号的波形,以便分析比较;也可以显示两个信号的和($CH_1 + CH_2$)和两个信号的差($CH_1 - CH_2$);还可以任选某一通道作单踪显示。

一、实验目的

1. 掌握双踪示波器的基本工作原理;
2. 掌握用双踪示波器测量脉冲波形参数的方法;
3. 熟悉脉冲信号发生器的使用方法。

二、实验原理

1. COS5020 型双踪示波器的基本工作原理

(1) 整机的原理方框图

该机主要由主机、Y 轴偏转系统、X 轴偏转系统和 Z 轴放大器几个主要部分组成,整机的原理框图如图 4-1-4 所示,面板上各控制开关和旋钮如图 4-1-5 所示。

主机包括示波管显示系统、校正信号和电源供给。校正信号用以检查、校对 Y 轴灵敏度和扫描速度;各级电路所需的低压电源由低压电子稳压器供给,示波管显示系统所需高压由高频高压发生器供给。

Y 轴偏转系统含有 CH_1 和 CH_2 两个结构相同、相互独立的输入通道及共用 Y 轴输出放大器,并含有切换逻辑电路(即电子开关)。电子开关受显示方式开关(图 4-1-5 VERT MODE①)和扫描信号的控制,对两个通道的信号进行切换即根据需要选择显示 CH_1 通道、 CH_2 通道的信号或同时显示 CH_1 和 CH_2 信号(双踪显示),被选中的信号经放大后送到示波管 Y 轴偏转板。

触发信号送至触发电路整形、微分后,取其负向脉冲信号,触发启动时基发生器产生锯齿波扫描信号[当触发方式开关(SWEEP MODE②)置于 AUTO 时,时基发生器则产生自激扫描信号],锯齿波扫描信号经 X 轴放大器放大后送到示波管 X 轴偏转板。

当显示方式开关置于 DUAL(双踪)位置时,荧光屏上就以“交替”或“断续”显示方式同时显示两个不同信号的波形。而交替和断续显示是通过扫描时间选择开关(TIME/DIV③)自动进行的(详见第四篇第一章)。

Z 轴放大器由增辉驱动电路与消隐驱动电路组成。增辉驱动电路受时基发生器控制,使示波管只在扫描正程显示光迹。当示波器工作在断续方式时,消隐驱动电路受电子开关控制,使

扫描线在由显示 CH_1 到显示 CH_2 与由显示 CH_2 到显示 CH_1 的转移过程中示波管不显示光迹。

(2) 示波器的工作特性

① 脉冲示波器是脉冲与数字电路实验的常用仪器之一,其主要技术指标是示波器 Y 轴放大器的频带宽度 B 及放大器的输入阻抗。

脉冲示波器能够观察包括脉冲波形在内的各种信号波形。众所周知,脉冲的前、后沿愈陡,其频谱所占带宽愈宽。如果要 Y 轴放大器不失真地传送脉冲信号,它必须有足够的带宽。目前大多数通用示波器 Y 轴放大器的低频响应已扩展至直流,因此 Y 轴放大器的高频响应将直接影响波形的失真。使用一台 Y 轴放大器频带宽度为 B 的示波器观察一个理想的阶跃信号,示波器荧光屏上将显示一个具有边沿时间 t_o 的阶跃信号,称 t_o 为示波器的建立时间。实验证明,示波器的频带宽度 B 和建立时间 t_o 存在着如下的近似关系(波形的上冲量 $\delta \leq 5\%$)

$$Bt_o \approx 0.35$$

COS5020 示波器频带宽度为 DC ~ 20MHz,建立时间(即上升时间) t_o 通常为 17.5ns,当 Y 轴“扩展 $\times 5$ ”约 23ns。

② 连续扫描、触发扫描和单次扫描

为了在荧光屏上显示稳定的信号波形,要求 X 轴的扫描信号必须与被测信号同步。COS5020 型示波器有三种扫描工作方式。一种是连续扫描工作方式[COS5020 示波器的触发方式开关置于 AUTO(自动挡)],此时扫描电路产生自激扫描信号,荧光屏显示扫描线。在观察信号波形时,扫描信号能在一定范围内与外加被测信号同步,使显示的波形稳定。连续扫描工作方式通常用来观察工作频率不高的正弦波信号。另一种是触发扫描工作方式[COS5020 型示波器触发方式开关置于 NORM(常态挡)],此时示波器扫描受触发信号控制,在无触发信号时扫描停止(扫描处于等待状态),荧光屏上无扫描线。触发扫描工作方式用来观察包括脉冲波形在内的各种信号波形。当 LEVET(电平)旋钮 ② 置于 LOCK(锁定)位置时,触发电平自动地保持在最佳值,而与信号幅度无关(从很小的幅度到大的幅度),不需要手动调节。还有一种是单次扫描工作方式(即用触发信号进行扫描),按一下 COS5020 型示波器触发方式开关 SINGLE 按键即复位,使电路进入单次扫描状态,此时指示灯 ⑦ 亮;单次扫描结束,灯灭。单次扫描工作方式可用来观察非重复性信号和单次瞬变信号。

(3) 触发源选择与显示方式的关系

触发源: CH_1 、 CH_2 (内触发), EXT(外触发), LINE(电源触发)。

内触发:当触发源选择开关(SOURCE ⑧)置于 CH_1 或 CH_2 位置时,其触发输入信号取自 Y 轴放大器,经适当放大后反馈至触发电路。这种触发形式操作比较简单,适用正常测试。

外触发:是指扫描的触发信号由机外直接加入。触发信号可以是被测信号,也可以是与被测信号有固定时间关系,且边沿较陡的信号,因而这种触发方式的优点是不受 Y 轴系统操作的影响,特别是不受“V/DIV”灵敏度选择开关的牵制。因此,当使用外触发信号源启动扫描后,即使再变动 Y 轴系统的控制旋钮,只要外触发波形无变化,仍能进行正常的触发。

如果需要在输入被测信号之前或者之后开始启动扫描,那么利用外触发形式即能观察这种情况。

电源触发是指扫描的触发信号取自市交流供电电源。在观察与交流供电频率信号有密切关系的信号时,采用这种触发。对音频设备、闸流晶体管等电路中低电平交流噪声的测量,这种

方法很有效。

不同的显示方式,选择内触发信号的方法却不同。当 VERT MODE(④) 置于 CH_1 或 CH_2 位置时,示波器作单踪显示。此时内触发信号不是通过触发源开关(SOURCE②)选择确定,而是由开关(④)所处的位置确定。在双踪显示时,内触发信号通过开关(②)选择确定。

(1) 当开关(④)置于 CH_1 时,作 CH_1 单踪显示。此时开关(④)也选择 CH_1 信号作为内触发信号。

(2) 当开关(④)置于 CH_2 时,作 CH_2 单踪显示。此时开关(④)选择 CH_2 信号作为内触发信号。注意,实践证明在作单踪显示时, SOURCE 开关(②)只能置于 CH_1 或 CH_2 的位置。

(3) 当开关(④)置于 DUAL 时,作双踪显示。此时内触发信号是通过 SOURCE 开关(②)选择确定。

(4) 当开关(④)置于 ADD 时,显示 $CH_1 + CH_2$ 。此时若再把 CH_2 位移拉出,则显示 CH_1 CH_2 。此时,内触发信号也是通过开关(②)选择确定。

注意,当采用外触发时,开关(②)必须置于 EXT 的位置;当采用电源触发时,开关(②)必须置于 LINE 的位置。

2. 脉冲波形参数及其测量

(1) 脉冲波形参数

矩形脉冲是常见的一种脉冲波,其波形如图 1-1-1 所示。其主要参数有:重复周期 T 、脉宽 t_w 、上升时间 t_r 、下降时间 t_f 和脉冲幅度 V_m 等。这些脉冲参数的定义如图 1-1-1 所示(方波的脉冲参数的定义与矩形脉冲相同)。尖脉冲是另一种常见的脉冲波,它的脉冲宽度是指在 $0.1V_m$ 处,波形的前沿到后沿之间的时间间隔。正尖脉冲的幅度为 V_m^+ ,负尖脉冲的脉冲幅度为 V_m^- 。

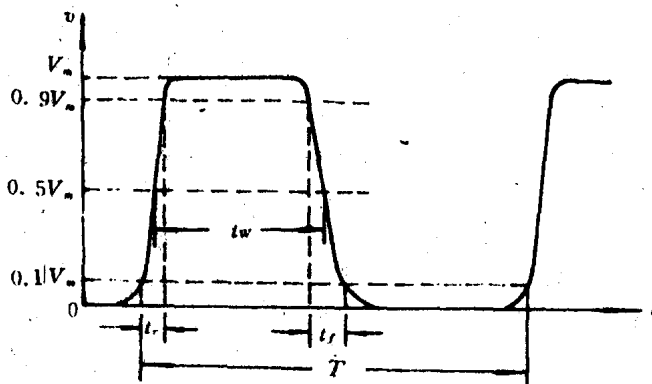


图 1-1-1 实际的矩形脉冲波形

(2) 电压测量方法

用示波器测量电压,实际上是测量波形的幅度。因此,在测量幅度时,灵敏度(V/DIV)微调旋钮必须置于 CAL'D 校正位置。使被测波形稳定地显示在荧光屏中央。一般要求被测部分在 Y 轴方向占 4~6 大格(DIV),以减少测量误差。

由于被测信号一般都含有交流及直流两种成分,如图 1-1-2 所示。通常在测量波形的交流成分的电压值时,应将 Y 轴输入耦合置于 AC 的位置,以隔开被

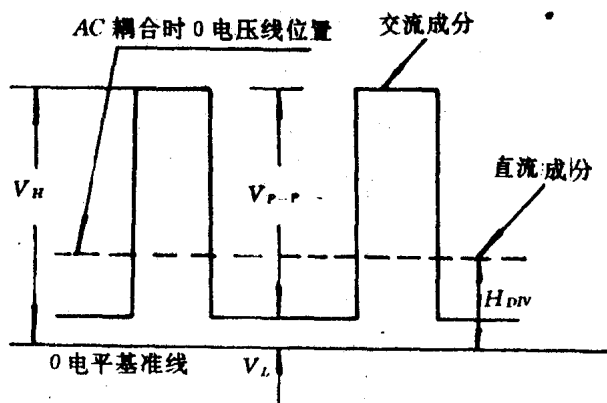


图 1-1-2 具有交直流成分的信号

测信号的直流成分。

① 交流电压与脉冲幅度的测量

若灵敏度选择开关所处挡的标称值为 V_0 (V/DIV), 被测波形在荧光屏 Y 轴上所占尺寸为 H (DIV), 探头在 $\times 1$ 挡处, 则被测波形的电压幅值为

$$V = HV_0 \text{ (V)} \quad (1-1)$$

若被测波形的电压幅值很大时, 则使用探头的 $\times 10$ 挡 (将被测信号衰减 10 倍), 此时被测电压的实际数值应是荧光屏上直接读得数值的 10 倍, 即

$$V = HV_0 \times 10 \text{ (V)} \quad (1-2)$$

在使用探头或直接送到示波器 (不用探头) 来测量快速变化的信号时, 必须注意接地点应选在被测点附近。波形的高、低电平的值也可用上述方法测量。

② 被测信号直流成分的测量

测量步骤如下:

a. 显示被测信号波形。将 Y 轴输入耦合置于 AC, 将被测信号从示波器探头送入, 使波形大小适中、位置合适。

b. 确定零电平基准线。将 Y 轴输入耦合置于 GND, 触发方式开关置于 AUTO (自动), 荧光屏将显示扫描基线。把扫描基线调至与邻近的水平标尺线重叠。此水平标尺线即为零电平基准线。然后将输入耦合重新置于 AC, 显示被测信号波形 (如果被测信号为直流电压, 波形只是一条直线即扫描基线, 而且与零电平基准线重叠)。记住从波形顶部到零电平基准线之间的距离, 用 H_1 (DIV) 表示, 如图 1-1-3(a) 所示。

c. 读波形的直流成分 (或直流电压) 的值。将输入耦合从 AC 置于 DC, 此时被测信号波形就要在 Y 轴方向上发生位移。此时, 从波形顶部开始 (向下), 距离为 H_1 (DIV) 处 (AC 耦合时, 零电平基准线就在此处), 此处与零电平基准线之间的距离的电压值即为被测信号的直流成分如图 1-1-3(b) 所示。如果被测信号为直流电压, 扫描基线发生位移, 位移距离的电压值即为直流电压之值。其值仍按上述 1-1 或 1-2 式计算。被测波形位于零电平基准线上方的为正电压值, 位于零电平基准线下方的为负电压值。

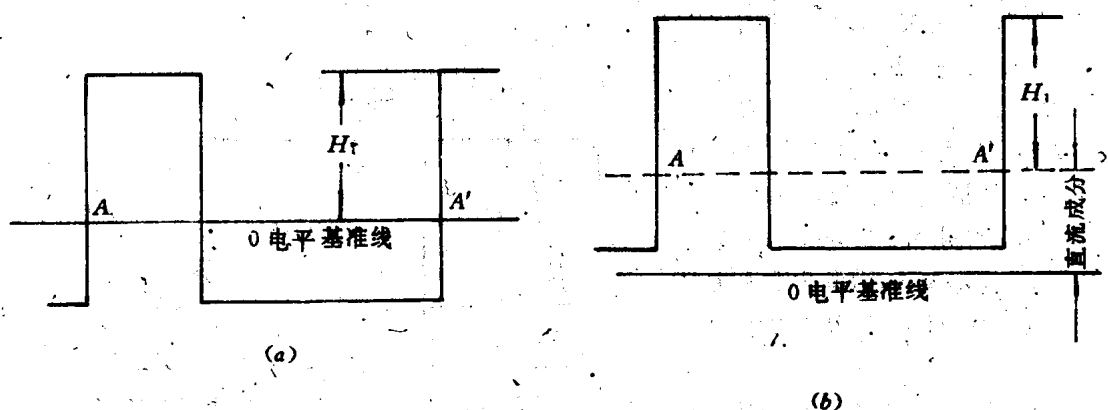


图 1-1-3 被测信号波形

(a) 不含直流成分的波形 (上、下波形面积相等) (b) 含直流成分的波形

(3) 时间测量方法

时间测量是指对脉冲重复周期、脉冲宽度和边沿时间等时间参数的测量。在测量时间参数时,扫描速度(TIME/DIV)微调旋钮必须置于“校正”位置,扫描扩展置于常态(按入)。调节有关开关和旋钮,使被测波形稳定地显示在屏幕中央,一般要求被测部分在X轴方向占4~6大格(DIV)。

① 脉冲重复周期和脉冲宽度的测量

如果扫描时间(TIME/DIV)所处挡的标称值是 $t_0(\mu\text{s}/\text{DIV})$,被测波形在X轴方向所占的水平距离为 $L(\text{DIV})$ [例如在图1-1-4中 $L = 4.45\text{DIV}$],则测得的时间量为

$$t = Lt_0(\mu\text{s}) \quad (1-3)$$

若被测时间很小,在扫描时间开关置于 $0.2\mu\text{s}/\text{DIV}$ 时,还无法读出X轴距离时,则可借助于示波器的扩展2拉 $\times 10$ 开关,使波形在X轴方向放大10倍。若此时荧光屏上测得的距离为 $L(\text{DIV})$,则测得的时间为

$$t = L \cdot t_0 \times \frac{1}{10} \quad (1-4)$$

注意,使用扩展拉 $\times 10$ 开关后,将使测量误差增加到 $\pm(5 \sim 8)\%$ 。

② 脉冲边沿时间的测量

测量步骤如下:

a. 合理地选择示波器的触发极性(用触发极性选择开关控制)。若测量波形的上升边沿,应使用“+”极性触发;若测量波形的下降边沿,应使用“-”极性触发。

b. 调节Y轴灵敏度选择开关及其微调旋钮,使被测信号的波形幅度占满荧光屏中间6大格(顶部与底部各空1大格)。改变扫描时间选择开关,使被测边沿稳定地显示在荧光屏上,并在X轴方向有足够的格数。

c. 根据边沿时间的定义,波形的光迹分别与荧光屏中间6格的第一与第六格中的虚线相交(两交点的幅值为 $0.1V_m$ 与 $0.9V_m$),若两交点在X轴方向上的距离为 $L(\text{DIV})$,此时的扫描时间为 $t_0(\mu\text{s}/\text{DIV})$,则测得的边沿时间为

$$t_r = Lt_0(\mu\text{s}) \quad (1-5)$$

若扫描时间为 $0.2\mu\text{s}/\text{DIV}$ 时 L

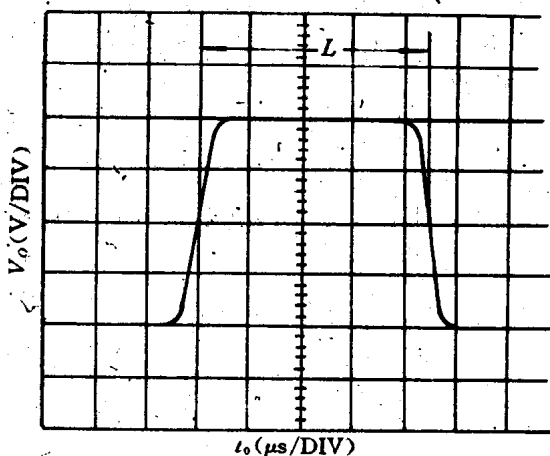


图 1-1-4 时间(脉冲宽度)测量

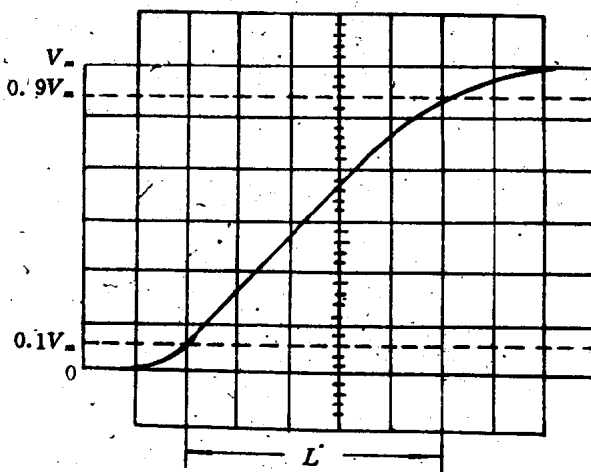


图 1-1-5 边沿时间测量

仍然很小,则应采用扫描扩展 拉 $\times 10$ 开关,使波形在 X 轴方向放大 10 倍,使上述的两交点在 X 轴方向有足够的格数,如图 1-1-5 所示。则此时测得的边沿时间为

$$\begin{aligned} t_r &= L \times 0.2 \times \frac{1}{10} \\ &= 20 L(\text{ns}) \end{aligned} \quad (1-6)$$

为了不失真地显示被测波形边沿,要求被测边沿时间应大于本机的上升时间 t_{r0} (23ns) 的三倍以上,否则其前沿(或后沿)时间值 t_r (或 t_f) 应由下式校正:

$$t_r = \sqrt{t^2 - t_{r0}^2} \quad (1-7)$$

上述测量边沿时间的方法同样可以用来测量尖脉冲的脉宽。

3. 双踪显示测量方法

双踪显示可以用来直接观测和比较周期成简单整数比的两个信号波形的时间和相位关系。测量时,显示方式开关(VERT MODE⑭)应置于 DUAL(双踪),内触发信号由触发源选择开关(SOURCE⑳)选择确定;如果选取的信号从 CH_1 探头送入,则 SOURCE⑳ 应置于 CH_1 位置,反之亦然。示波器的触发信号应按以下基本方法选取:

(1) 选取较稳定的、边沿较陡的信号作触发信号,因此通常选取被测电路的输入信号 v_i 作示波器的触发信号如图 1-1-6(a) 所示。

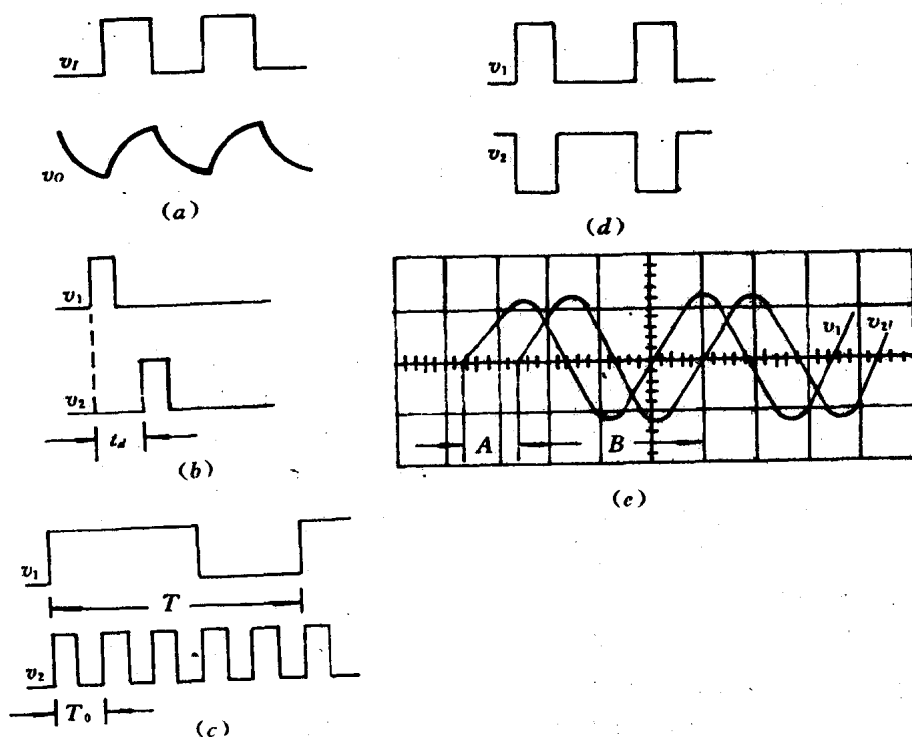


图 1-1-6 COS5020 型双踪显示选择触发信号的方法

((a) 选 v_i 、(b) ~ (e) 均选 v_1) 和相位差的测量方法

(2) 测量两个波形的相对延迟时间时,应把时间导前的信号作触发信号,如图 1-1-6(b) 所

示的信号 v_1 。

(3) 显示周期比大于 1 的两信号时,宜把周期较长的信号选作触发信号,如图 1-1-6(c) 所示的 v_1 信号。

(4) 双踪显示可以直观地比较频率相同的两信号之间的相位是同相位还是反相,见图 1-1-6(d)。可测量两相同频率的正弦信号之间的相位差 φ ,见图 1-1-6(e),相位差 φ 用式(1-8)计算。应选时间导前的信号作触发信号,如图 1-1-6(d) 和图 1-1-6(e) 所示的信号 v_1

$$\varphi = \frac{360^\circ}{B} \cdot A \quad (1-8)$$

请注意:对于 SR8 型双踪示波器作双踪显示时,在使用内触发方式工作时,必须把内触发选择开关“内触发 拉 Y_B ”置于“拉 Y_B ”位置,此时示波器的触发信号取自 Y_B 输入通道,必须在两路被测信号中选择其中一个较合适的信号作为示波器的触发信号,从 Y_B 输入端输入。

4. 用示波器监测脉冲信号发生器输出信号的波形参数

实验使用的方波信号由脉冲信号发生器提供,本书全部实验使用的信号应满足 TTL 电路(包括电源电压 +5V 的 CMOS 电路)要求,主要参数如下:

(1) 方波信号(即 $t_w \approx \frac{1}{2}T$)的周期应在 1 Hz 到 100 kHz 范围内可调。信号边沿时间应小于或等于 100ns。方波的低电平电压值 $V_L \approx 0V(0V \leq V_L \leq 0.4V)$,高电平电压值 $V_H \approx 4.5V(3.2V \leq V_H \leq 5V)$ 。

(2) 单次脉冲或阶跃信号等其他脉冲信号输出,其边沿时间和高、低电平电压值要求同上。

简易脉冲信号发生器与通常使用的函数发生器、数字逻辑实验器提供的信号源等相似,输出信号的边沿时间、 V_L 与 V_H 等值是不可调的,并完全符合实验要求。对于那些上述参数可调的信号发生器,在使用前必须将参数调节在要求的范围内,方可接入电路进行实验。

大多数脉冲信号发生器的信号周期必须在示波器的监测下调节。例如要求信号发生器输出周期 $T = 10\mu s$ 的方波信号,应把示波器的扫描时间开关置于 $2\mu s/DIV$ 挡(扫描微调置于校准位置,扩展 拉 $\times 10$ 开关置于常态),调信号发生器的周期(频率)旋钮,使荧光屏上显示波形的周期在 X 轴方向占 5DIV。

三、实验设备与器材

- | | |
|--|-----|
| 1. COS 5020 型双踪示波器 | 1 台 |
| 2. 脉冲信号发生器 | 1 台 |
| 3. 数字逻辑电路实验器 1 台(或通用实验底板 1 块) | |
| 4. 器材:电位器 10k Ω 1 只,电容器 0.1 μF 、3000pF 和 510pF 各 1 只等。 | |

四、实验任务

1. 测量示波器的校准信号

(1) 调出扫描基线(COS5020 之面板图见图 4-1-5)

通电前,把示波器的各控制开关和旋钮按表 4-1-2 要求置位。然后接通电源(将电源开关 POWER③ 按入)指示灯(LED②)亮。稍待后荧光屏上将出现一条扫描光迹。若 1min 后荧屏上仍无光迹,按表 4-1-2 要求重新检查各控制开关和旋钮的位置或适当调节亮度及 $\downarrow$ 位移

(POSITION⑨) 和 $\leftrightarrow$ 位移 (POSITION⑫) 的位置, 荧光屏上将出现扫描光迹。调节辉度 (INTEN④) 和聚焦 (FOUCE⑥), 使光迹清晰、辉度合适。若扫描光迹不水平, 用小起子调光迹转动 (TRACE ROTATION⑦), 使光迹与水平标尺线平行。

(2) 将校准信号从 CH_1 探头送入

将 Y 轴输入耦合置于 DC, 将 CH_1 灵敏度开关 (VOLTS/DIV⑬) 和扫描速度开关 (TIME/DIV⑭) 调到适当位置, 以便显示出幅度和波形个数都适当的信号波形。调 $\updownarrow$ 位移和 $\leftrightarrow$ 位移旋钮, 使显示的波形与标尺线对齐, 以便读信号的脉冲幅度 V_{P-P} 和周期 T 。

① 测量波形的脉冲幅度 V_{P-P} 和周期 T 。

② 记录波形的高电平电压值 V_H 、低电平电压值 V_L 和直流分量的电压值。

③ 进行操作和观察, 并回答有关问题:

a. 在触发极性开关置于 + 或 - 时, 荧光屏上光迹分别从波形的哪个边沿开始扫描? 方波信号的边沿为什么在荧光屏上不易被看清?

b. 在无触发信号的情况下 (Y 轴输入耦合置于 GND), 观察触发方式开关分别置于 AUTO (自动)、NORM (常态) 时, 荧光屏上的显示结果有何不同? 为什么?

c. Y 轴输入耦合从 AC 置于 DC 时, 荧光屏上显示的波形有何变化? 为什么?

2. 测量脉冲信号发生器输出的方波信号

调节方波信号的周期, 使 $T = 100\mu s$ (如果信号发生器输出的方波信号其它参数可调, 则要求信号的 $t_w = \frac{1}{2}T$, $V_L \approx 0V$, $V_H \approx 4.5V$, t_r (或 t_f) $\leq 100ns$, 符合实验对方波信号要求)。测量与记录信号发生器实际输出的方波信号的参数 T 、 t_w 、 V_H 、 V_L 、 t_r 和 t_f 等值。

3. 测量 RC 电路对方波信号的响应

利用双踪显示进行测量, 显示方式开关 (VERT MODE⑮) 置于 DUAL, 按图 1-1-7 进行连接, 用示波器的 CH_1 探头观察网络的输入信号 v_i , 用 CH_2 探头观察网络的输出信号 v_o , 因此示波器的触发源开关 (SOURCE⑯) 置于 CH_1 的位置。网络输入 $T = 100\mu s$ 的方波信号, 记录在 $R = 10k\Omega$, C 分别为 $0.1\mu F$ 、 $3000pF$ 和 $510pF$ 时的输入、输出工作波形图。

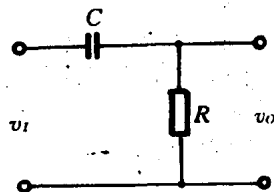
(1) 计算电路的时间常数 τ 。

(2) 记录输入与输出波形, 注意它们之间的时间与相位关系, 时间坐标必须对齐。

(3) 画出各波形的直流零电压轴线位置, 并在各输出波形的左边标出电路的时间常数 ($\tau = RC$) 之值。

(4) 读出各波形的脉冲宽度 t_w 值。

4. 把图 1-1-7 RC 网络中 R 与 C 的位置对换, 取 $R = 10k\Omega$, C 分别取 $0.1\mu F$ 、 $3000pF$ 和 $510pF$, 输入 $T = 100\mu s$ 方波信号, 记录输入与输出波形, 并测量与记录在 $R = 10k\Omega$, $C = 510pF$ 时的输出波形的上升边沿时间。



五、实验预习要求

1. 阅读实验原理及第四篇第一章, 了解 COS5020 型双踪示波器的基本工作原理, 了解面板上各控制开关和旋钮的名称、作用和使用方法。

图 1-1-7 RC 网络实验电路

2. 阅读第四篇第三章,了解脉冲信号发生器的使用方法。

3. 了解输入脉冲边沿对 RC 电路输出的影响。

为了便于说明问题,把输入脉冲边沿直线化,如图 1-1-8(a) 所示, $t = 0^-$ 以前,电容 C 未充电(电路如图 1-1-7 所示),则 $v_i(0^-) = 0$ 。 $t = 0^+$ 时, $v_i(0^+) = 0$, 则 $v_c(0^+) = 0$ 所以 $v_o(0^+) = 0$ 。此后 v_i 直线上升, C 不断充电, v_c 上升, $v_o = v_i - v_c$ 也随之上升。 $t = \Delta t$ 时, v_i 达到最大值 E , 此时 v_o 也达到最大值 V_m 。因 Δt 期间 C 两端已有一定电压,故 V_m 一定比 E 小,如图 1-1-8(b) 所示。 $t > \Delta t$ 后 v_i 不再上升, C 继续充电, v_c 继续上升, $v_o = v_i - v_c$ 按指数规律下降。 τ 越小, Δt 越大时,则 v_c 就越大, V_m 就越小。

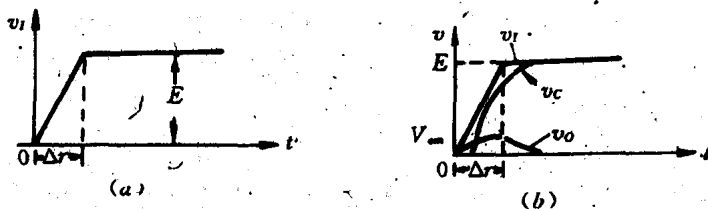


图 1-1-8 RC 电路输入脉冲边沿对输出的影响

(a) 输入信号波形 (b) v_i 边沿对 v_o 的影响

由于 t_r 较大,对 RC 微分电路输出的正尖脉冲影响最大。当 t 与输入脉冲边沿相比拟时,这种影响就不容忽略;当 $\tau \gg t_r$ 时,此影响才可近似忽略。由此分析实验任务 3 和 4 可能得到的结果。

六、实验报告要求

1. 按任务要求记录实验结果,并回答有关问题。
2. 波形图必须画在方格纸上,输入、输出工作波形图要求竖直排列,时间必须对齐,并标出直流零电压线位置。图位置应与报告内容相配合。

七、思考题

1. 若示波器的建立时间 $t_o = 23\text{ns}$,荧光屏显示的波形的边沿时间为 50ns ,试问波形的实际边沿时间是多少?
2. 为了不失真地观察边沿时间为 40ns 的信号,选用 Y 轴放大器频带宽度为多少的示波器较合理?
3. 显示方式开关 ADD 挡表示的是单踪显示还是双踪显示?若 CH_2 位移旋钮被拉出,显示的将是什么波形?

实验二 晶体管开关特性 限幅器与钳位器

一、实验目的

1. 观察晶体管的开关特性,熟悉外电路参数对晶体管开关特性的影响;

2. 掌握限幅器和钳位器的基本工作原理。

二、实验原理

1. 晶体二极管的开关特性

在用二极管构成的一些脉冲电路中,都是把二极管的导通和截止两种工作状态看作是无惰性的,即二极管的端电压为正向时,二极管就导通,端电压反向时,管子就截止。这样的假定在信号频率(即开关速度)较低时,可以认为是正确的。但当开关速度提高到例如每秒百万次以上时,二极管本身的惰性就不容忽视了,它阻碍开关速度的进一步提高。

(1) 二极管开关特性的表现

二极管开关特性表现在正向导通与反向截止这样两种不同状态的转换过程。二极管从反向截止到正向导通与从正向导通到反向截止相比所需的时间很短,一般可以忽略不计,因而下面着重讨论二极管从正向导通到反向截止的转换过程。

在图 1-2-1 所示电路的输入端加入开关方波信号 v_i ,当加在二极管上的电压突然由正向偏置($+V_1$)变为反向偏置($-V_2$)时,二极管并未立即截止,而是出现一个较大的反向电流即电流由 $\frac{V_1}{R}$ 突然变到 $-\frac{V_2}{R}$ (同时,二极管上仍维持很小的正向压降),并将这种情况维持一段时间 t_i 后,反向电流才开始减小,再经过 t_f 后,反向电流才等于静态特性上的反向电流 I_0 (同时, v_D 也下降到 $-V_2$),如图 1-2-1 所示。其中 t_i 为存贮时间, t_f 为下降时间,而把 $t_{rr} = t_i + t_f$ 叫做反向恢复时间。

(2) 产生这种现象的原因

二极管在正向导通时,载流子不断地向对方区域扩散。空穴向 N 区扩散,成为 N 区的少数载流子,电子向 P 区扩散,成为 P 区的少数载流子。于是在两个区内都有相当数量的少数载流子存贮。这时若有反向电压作用于二极管上,就会发生少数载流子的漂移运动,形成反向电流 $i \approx -V_2/R$,经过一段时间后 $i \approx I_0$,存贮电荷逐渐消散。由此可见,二极管的开关转换过程,实质上是结电容充电、放电和存贮电荷的建立与消散的过程,反向恢复时间 t_{rr} 是存贮电荷消散所需要的时间。

(3) 减小反向恢复时间 t_{rr} 的方法

图 1-2-1 所示 t_{rr} 这段时间与二极管的结构有关。若 PN 结面积小,结电容就小,则存贮电荷就少,所以存贮时间 t_i 就短;若在二极管内部掺金,可以加速存贮电荷的复合, t_i 就小。同时, t_{rr} 也与正向导通电流和反向电流(驱散存贮电荷的速度)有关。因此减小反向恢复时间 t_{rr} 有两条途径:

一是从二极管的结构上想办法。开关二极管的 PN 结面积小,则结电容就小,这样存贮电荷就少,所以存贮

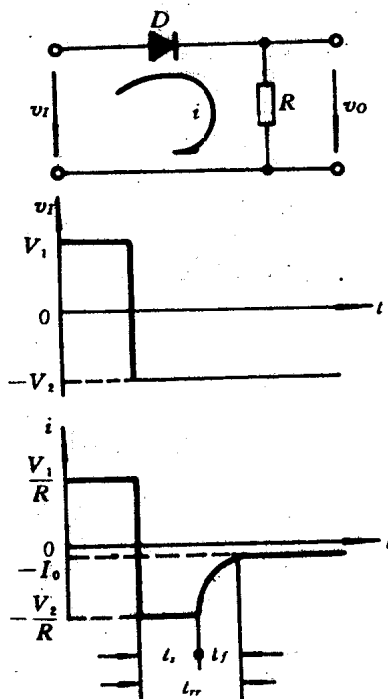


图 1-2-1 二极管开关特性