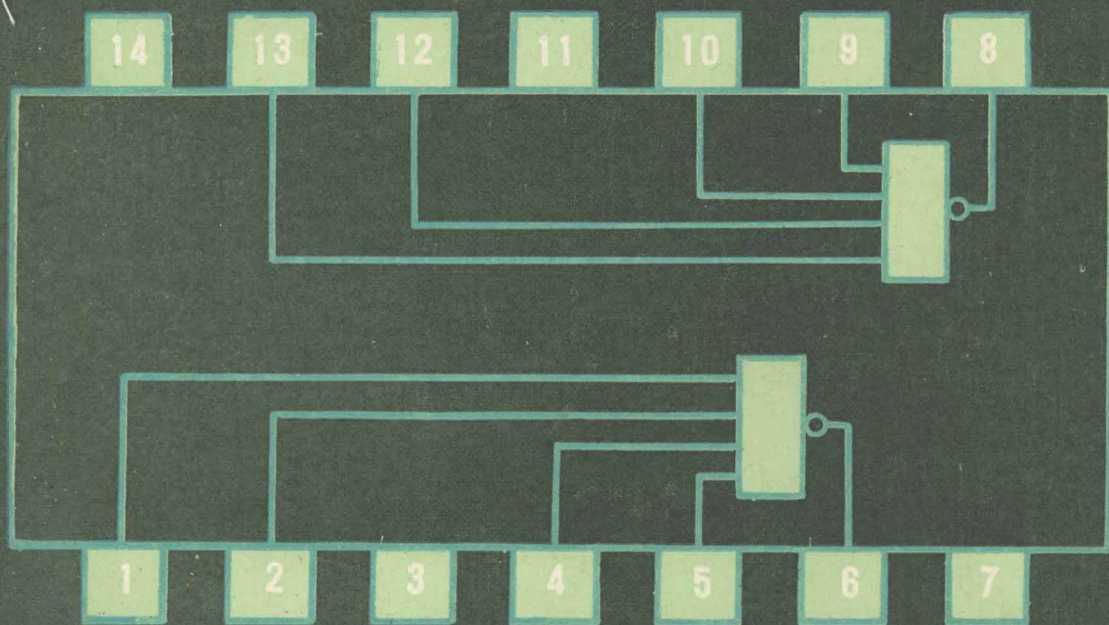


高等学校试用教材

# 脉冲与数字电路实验

南京工学院无线电工程系编

方九如 主编



高等教育出版社

高等学校试用教材

# 脉冲与数字电路实验

南京工学院无线电工程系 编

方九如 主编

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本书是一本密切配合脉冲与数字电路课程的实验教材。是根据1980年6月高等学校工科电工教材编审委员会扩大会议审订的《脉冲与数字电路教学大纲(草案)》和1981年10月脉冲与数字电路实验经验交流会的建议而编写的。经高等学校工科电工教材编审委员会电子线路编审小组委托专人审阅,同意作为高等学校试用教材出版。

全书分两篇。第一篇教学实验,共包括十七个实验,其中脉冲电路实验四个,数字电路实验十三个。数字电路以TTL小规模集成电路为主。第二篇实验仪器,共三章,分别介绍了脉冲示波器、电子计数式频率计、脉冲信号发生器的工作原理、特点及使用方法。

本书可供高等学校工科无线电技术专业作实验课教材,也可供电子类专业师生及工程技术人员参考。

本书责任编辑 姚玉洁

高等学校试用教材

### 脉冲与数字电路实验

南京工学院无线电工程系编

方九如 主编

\*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

江苏徐州新华印刷厂印装

\*

开本 787×1092 1/16 印张 9.75 字数 220,000

1982年10月第1版 1986年2月第4次印刷

印数 36,131—45,180

书号 15010·0139 定价 1.50 元

## 前 言

本书主要根据 1980 年 6 月教育部在成都召开的高等学校工科电工教材编审委员会扩大会议审订的《脉冲与数字电路教学大纲(草案)》和 1981 年 10 月在南京召开的电子线路实验交流会提议的《脉冲与数字电路实验教学实施方案》编写,可作为高等工科院校无线电技术专业的实验教材,也可作为电子类各专业的实验参考书。

《脉冲与数字电路实验》应同脉冲与数字电路课程密切配合,目的是巩固和扩充课堂讲授的理论知识,培养科学实验的基本技能和严谨的工作作风。要求通过实验使学生初步具备基本电路的分析和设计能力;了解实验仪器的基本工作原理,并掌握其使用方法;初步具备自行拟定实验步骤、检查与排除故障、分析和综合实验结果以及撰写实验报告的能力。

本书根据脉冲与数字电路的基本内容和常用电路,共编写了十七个实验。其中十五个是小型实验,每个实验课内学时为 2—3 学时,两个是大型实验,每个实验课内学时在 6 学时以上。实验一至五、七至九、十一、十二属基本实验,建议优先选用。

在上述十七个实验中,脉冲电路实验四个,数字电路实验十三个。数字电路以 TTL 小规模集成电路为主,中规模集成电路为辅,还安排了一个 CMOS 集成电路实验。

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。

每个实验均包括实验目的、实验原理、实验前准备、实验任务与步骤、实验设备与器材、实验报告要求和思考题等部分。实验原理中主要结合实验内容概括介绍基本工作原理及实验方法。根据循序渐进的原则,在开头的几个实验中对实验步骤列举得较为详细,以后渐趋简略,部分实验还要求实验者自行拟定实验步骤。实验任务中凡是有 \* 的部分均为选做内容。实验仪器仅列出仪器名称,具体型号由各校自行确定。为了便于实验者学习仪器的工作原理与使用方法,在本书第二篇介绍了几种型号的常用仪器。

为了达到实验的预期目的,要求学生在实验前按每个实验的具体要求认真预习,在实验过程中严格按照科学的操作方法进行实验,做好原始数据记录,实验结束后认真撰写实验报告。

撰写实验报告是培养科学实验基本技能的重要环节,报告内容应包括实验目的、实验任务、实验所用仪器、实验电路、实验数据与波形、实验结果的分析与讨论以及每个实验对实验报告的具体要求等。报告还必须附有实验数据与波形的原始记录。

本书是在南京工学院无线电工程系数字电路教研组多年来教学实践的基础上编写的。在编写过程中,实验十、十四和十六吸取了清华大学的部分实验内容,实验六和八分别吸取了上海交通大学和西安交通大学的部分实验内容,实验三吸取了西北电讯工程学院和华中工学院的部分实验内容。此外,还参考了浙江大学等许多兄弟院校的实验指导书。编写工作在何振亚、谢嘉奎两同志的组织与具体指导下进行,黄正瑾同志对本书全部内容作了初审与修改,谈世千、曹秀英、

马锦屏、汤焕锡、朱定保、叶敏峰、韩晓江以及教研组其他同志毫无保留地提供了他们在长期指导实验和准备实验过程中所积累的资料和意见。

书稿承高等学校工科电工教材编审委员会电子线路编审小组委托西安交通大学张端同志负责审阅,对本书提出了许多极其宝贵的意见。

编者在此对上述同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,错误与不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 第一篇 教学实验

实验一	脉冲示波器及其使用	1
实验二	晶体管开关特性 限幅器与箝位器	17
实验三	锯齿电压波发生器	23
实验四	晶体管张弛振荡器	28
实验五	TTL集成逻辑门的测试	36
实验六	集电极开路门与三态门	42
实验七	组合电路逻辑设计	47
实验八	利用集成逻辑门构成的脉冲电路	51
实验九	集成触发器	58
实验十	数据选择器	65
实验十一	同步时序电路逻辑设计	71
实验十二	计数器	74
实验十三	移位寄存器	79
实验十四	$m$ 序列发生器	84
实验十五	模-数转换器与数-模转换器	89
实验十六	数字钟	97
实验十七	CMOS 集成电路的测试	100

## 第二篇 实验仪器

第一章	脉冲示波器	108
第一节	SR8 型二踪示波器	108
第二节	SBT-5 型同步示波器	113
第二章	E312 型电子计数式频率计	119
第三章	脉冲信号发生器	129
第一节	XC-13 型脉冲信号发生器	129
第二节	XD-11 型多用信号发生器	132
第三节	自制简易信号发生器	133
附录一	通用实验底板	137
附录二	半导体集成电路型号命名法	139
附录三	部分半导体集成电路型号与外引线排列图	140
附录四	实验报告封面与实验记录纸格式	146

# 第一篇 教学实验

## 实验一 脉冲示波器及其使用

脉冲示波器是脉冲与数字电路实验常用的仪器之一。本实验的主要目的在于使实验者掌握正确使用脉冲示波器的方法,为此,先将脉冲示波器的基本工作原理简单叙述如下:

### 1. 脉冲示波器的特点

#### (1) Y轴放大器是宽频带放大器

脉冲信号占有较宽的频带。脉冲的边沿(上升边沿或下降边沿)越陡,所占的频带也越宽。为了不失真地放大被测的脉冲信号,要求示波器的Y轴放大器有足够宽的频带。

#### (2) 采用触发扫描

在简易示波器中,X轴扫描是连续进行的(称连续扫描)。为了使从荧光屏上观察到的波形稳定,示波器的扫描周期 $T_s$ 必须与被测信号周期 $T$ 近似相等,或近似为 $T$ 的整数倍,即

$$T_s \approx kT$$

在测量脉冲信号时,常会遇到占空系数 $Q$ <sup>①</sup>较大的脉冲波形。设有一个脉冲波形的占空系数 $Q=100$ [见图1-1(a)],显然用连续扫描方式显示这个波形是很困难的,因为若需要在示波器荧光屏上显示一个完整的脉冲重复周期,必须要求 $T_s \approx T$ ,由图1-1(b)可以看出,显示出的脉冲信号宽度仅占整个扫描基线的1/100,成为一条很细的垂直线,被测脉冲波形的形状根本无法分辨。实际上用这种方法显示的波形,在 $Q>10$ 时已不易看清了。

为了能看清被测的波形,应提高扫描频率,使 $T_s \approx T/Q = T_p$ ,如图1-1(c)所示。这样做虽然能使荧光屏上显示出被测脉冲的完整波形,但因存在着下述三个问题而无法付诸实用:

a. 在 $Q$ 次扫描中,仅有一次扫描用来显示被测脉冲波形,其他 $Q-1$ 次扫描的光束只在扫描基线上移动。由于荧光屏上光迹的强弱是与单位时间内扫过该光迹的次数成比例的,因此扫描基线将特别明亮,而所要显示的波形却暗淡不清,无法观察。

b. 若需要显示的脉冲宽度很窄,则要求示波器的扫描频率很高。例如,需要显示的脉冲波形的宽度 $T_p < 1\mu\text{s}$ ,则要求示波器的扫描频率 $f_s > 1\text{MHz}$ ,这实际上是很难实现的。

c. 如果应用内同步方式,即用被测信号同步扫描信号,由于 $Q$ 太大,每一百次扫描中只有一次被同步,同步将发生困难。假如被测信号的周期 $T$ 本身不够稳定,波形就更无法稳定显示。

脉冲示波器是用被测信号或用与被测信号有关的信号来触发扫描电路的,只有触发信号到来时,示波器才扫描一次。扫描时间的长短只要能足够显示被测脉冲的完整波形即可,因而扫描

①  $Q = T/T_p$ ,即脉冲重复周期与脉冲宽度之比。

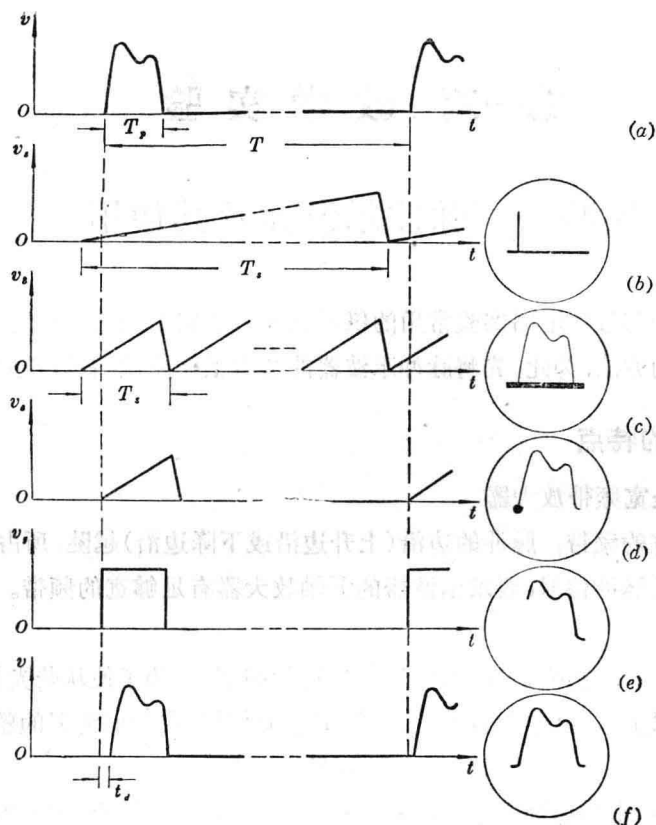


图 1-1 示波器显示脉冲波形的各种情况

- |                                |                        |
|--------------------------------|------------------------|
| (a) 被测信号 $v$ ( $Q=T/T_p=100$ ) | (d) 触发扫描(无增辉电路)        |
| (b) 连续扫描( $T_s \approx T$ )    | (e) 触发扫描(有增辉脉冲 $v_g$ ) |
| (c) 连续扫描( $T_s \approx T_p$ )  | (f) 触发扫描(Y轴放大器有延时装置)   |

时间的选择可以独立地由脉冲宽度  $T_p$  来决定,而不必与脉冲周期  $T$  保持整数倍的关系。扫描一次后,扫描就停止,直至下一个触发脉冲到来时再重新扫描一次。这种扫描方式称为触发扫描。如图 1-1(d)所示,它能使示波器清晰地显示出被测脉冲的波形。

### (3) 有增辉装置

采用触发扫描以后,虽然示波器已经能方便地显示被测脉冲的波形,但在被测脉冲的整个周期  $T$  内,大部分时间是不扫描的,因而光束停留在荧光屏上某一固定点不动,致使这一点特别亮,使用时间长了,就会在荧光屏该点的位置上留下亮疤;相反,光束在欲显示的波形光迹上停留时间却很少,因而显示的波形很暗淡。为了避免这一现象,示波器采用了增辉技术,即用一增辉脉冲控制示波管的栅极电位,使示波管在不扫描时处于截止状态,荧光屏上无光迹显示,只有在扫描正程时,荧光屏上才显示光迹,如图 1-1(e)所示。

### (4) 有延时放大装置

在实际测量时,往往是用被测信号的起始边沿触发扫描电路使示波器开始扫描的。因为触发扫描的过程需要一定时间,故扫描起始时间会滞后于信号的前沿时间,影响对信号前沿的观



察, 因此应使信号加至示波器 Y 偏转板的时间比扫描起始时间稍后一些。目前在各类脉冲示波器的 Y 轴放大器中都插入了一个固定延时装置, 将被测信号延迟一段时间后再加到示波器的 Y 轴偏转板。这样, 示波器荧光屏上就能显示出完整的被测信号波形, 如图 1-1(f) 所示。

## 2. 示波器的正确选择方法

脉冲示波器的主要指标有两个:

### (1) Y 轴放大器的频带宽度 $B$

理想方波通过线性网络时, 由于受网络频带宽度的限制, 将产生下列畸变(见图 1-2):

- 边沿失真——输出方波的边沿出现了上升时间  $t_r$  和下降时间  $t_f$ 。
- 顶部失真——输出波形顶部出现上冲和平顶降落。如脉冲幅度为  $V_m$ , 上冲幅度为  $P$ , 则上冲量用  $\delta = P/V_m(\%)$  表示。脉冲平顶降落用  $\Delta V$  表示, 也可以用  $\Delta V/V_m(\%)$  表示。

产生边沿失真与上冲的主要原因是网络的高频响应不好, 而平顶降落则是网络的低频响应不好所致, 所以它们都与网络的频带宽度有关。由于目前一般脉冲示波器的 Y 轴放大器的低频响应皆能做到接近直流(DC), 故平顶降落可以不加考虑。上冲量  $\delta$  通常也被控制在(3~5)% 范围内。放大器的频带宽度  $B$  与理想方波通过放大器时产生的边沿时间  $t_{r0}$  ( $t_r$  或  $t_f$ ) 之间存在如下近似关系

$$Bt_{r0} \approx 0.35$$

即 Y 轴放大器的频带越宽, 理想方波通过放大器时产生的边沿失真越小。通常将  $t_{r0}$  称为示波器(Y 轴放大器)的建立时间。

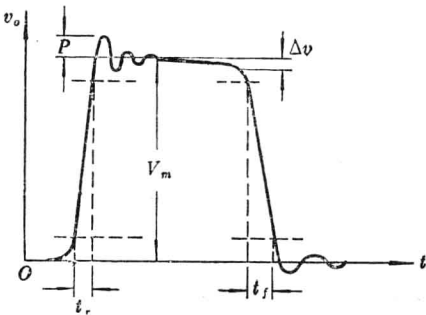


图 1-2 理想方波通过线性网络后的波形

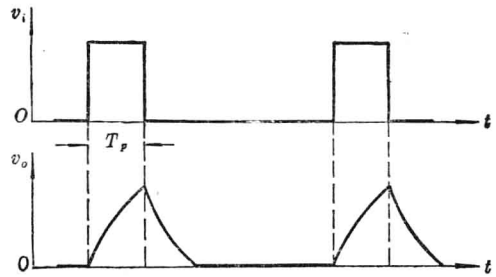


图 1-3  $T_p$  与  $t_{r0}$  接近时显示的波形

$t_{r0}$  的存在限制了对被测波形的观察。当被测信号的宽度  $T_p$  与  $t_{r0}$  接近时, 显示的波形将严重畸变, 甚至无法观察(如图 1-3 所示)。

实际的输入脉冲波形总是有边沿时间的。如图 1-4 所示, 对于一个幅度为  $V_m$  的矩形脉冲, 其上升时间  $t_r$  表示脉冲的上升边沿由  $0.1V_m$  上升到  $0.9V_m$  所需要的时间, 下降时间  $t_f$  表示脉冲的下降边沿由  $0.9V_m$  下降到  $0.1V_m$  所需要的时间。当被测脉冲的上升时间  $t_r$  或下降时间  $t_f$  与示波器的建立时间  $t_{r0}$  接近时, 显示波形将会发生畸变, 其边沿时间将由原来的  $t_r$  (或  $t_f$ ) 增大到  $t$ , 其值为

$$t = \sqrt{t_r^2 + t_{r0}^2}$$

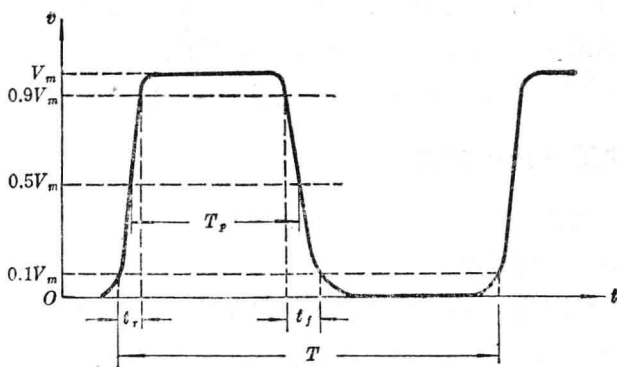


图 1-4 实际的矩形脉冲波形

## (2) 示波器的扫描速度

示波器的扫描速度决定了被测波形在荧光屏上水平方向展开的程度。如果荧光屏 X 轴方向的有效宽度为 10div(格), 则为了清楚地观测一个脉冲信号的完整波形, 这个波形在荧光屏上至少应占有 3div 以上的宽度。例如, 被观测的脉冲信号宽度为 120ns, 则扫描速度应  $\geq \frac{1}{40\text{ns/div}}$ 。同样, 为了清楚地观测脉冲信号的边沿, 被观测的边沿在荧光屏上也应占有 3div 以上的宽度, 若被测脉冲的边沿时间为 60ns, 则扫描速度也应  $\geq \frac{1}{20\text{ns/div}}$ 。因此必须根据被测信号的特点, 选用指标符合测量要求的脉冲示波器。

## 3. 脉冲示波器的触发行

脉冲示波器的触发通常有内触发、外触发和电源触发三种。

内触发是指扫描的触发信号取自机内 Y 通道的被测信号。这种方式的优点在于操作简便, 对被测系统的影响小, 因此一般情况下都采用内触发方式。其缺点是触发灵敏度较低, 触发点不稳定, 当信号幅度或信号边沿的斜率变化时, 触发点也随之变化。

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, 因而扫描不受机内 Y 通道信号波形的影响。这种方式的优点是触发灵敏度高, 触发点稳定, 缺点是对被测信号系统影响较大, 通常在观察缓慢变化的信号或有特殊要求的情况下使用。

电源触发是指扫描的触发信号取自电源, 可用来观察在时间上与电源(市电频率)有关的信号波形。

目前使用较广的脉冲示波器有 SR8 型二踪示波器和 SBT-5 型同步示波器。由于这两种示波器实验的原理与方法都有差异, 因此将两个仪器的实验一并列出, 使用时任选其一。鉴于实验者已具备使用普通简易示波器的能力, 关于示波器显示光迹的一般调节方法不再赘述。

# 第一部分 SR8 型二踪示波器

## 一、实验目的

1. 掌握 SR8 型二踪示波器的基本工作原理。
2. 掌握用 SR8 型二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. SR8 型二踪示波器的二踪显示原理

SR8 型二踪示波器有  $Y_A$  和  $Y_B$  两个独立的输入通道,通过电子开关的转换,共用一个  $Y$  轴放大器。电子开关由显示方式开关控制,开关置于交替或断续位置时,荧光屏可以同时显示两个波形。

当开关置于交替位置时,电子开关的转换频率受扫描系统控制,工作过程如图 1-5 所示,即开关首先接通  $Y_B$  通道,进行第一次扫描,显示由  $Y_B$  通道送入的被测信号波形;然后开关接通  $Y_A$  通道,进行第二次扫描,显示由  $Y_A$  通道送入的被测信号波形;接着再接通  $Y_B$  通道……这样轮流地对  $Y_B$  与  $Y_A$  两通道送入的信号进行扫描、显示。由于转换速度较快,每次扫描的回扫线在荧光屏上又不显示出来,因而使用者便能同时观察到两个清晰的波形。这种工作方式适宜在输入信号频率较高时使用。

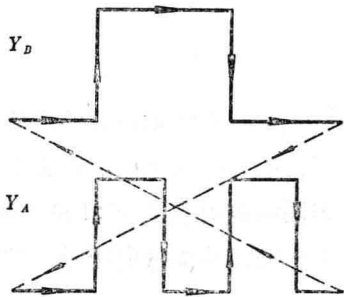
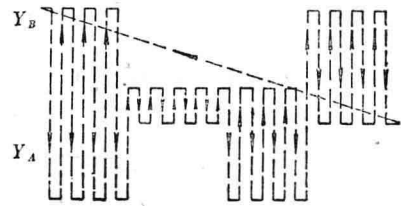
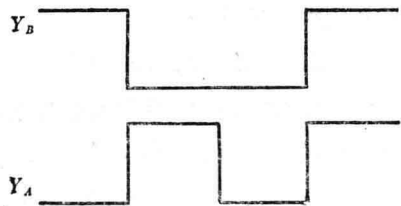


图 1-5 交替方式显示的波形



(a)



(b)

图 1-6 断续方式显示的波形  
(a) 无消隐 (b) 有消隐

当开关置于断续位置时,相当于将一次扫描分成许多个相等的时间间隔。在一次扫描的第一个时间间隔内显示  $Y_B$  信号波形的某一段(即形成  $Y_B$  波形的第一个光点);在第二个时间间隔内显示  $Y_A$  信号波形的某一段(即形成  $Y_A$  波形的第一个光点),以后各个时间间隔轮流地显示  $Y_B$ 、 $Y_A$  两信号波形的其余段,经过若干次断续转换,使荧光屏上显示出两个由光点组成的完整波形[见图 1-6(a)],由于转换频率很高(用由电子开关接成的频率为 250kHz 的自激振荡器控制),

光点靠得较近,其间隙用肉眼几乎分辨不出,再利用消隐的方法使两通道间的转换过程的过渡线不显示出来[见图 1-6(b)],因而同样可达到同时清晰地显示两个波形的目的。这种工作方式适合在输入信号频率较低时使用。

在选用内触发进行二踪显示时,必须拉出内触发 拉  $Y_B$  开关,使触发信号只取自  $Y_B$  通道,从而在荧光屏上以同一时间坐标稳定地显示出两个脉冲信号波形。

## 2. 电压测量方法

示波器的电压测量实际是对所显示波形的幅度进行测量。SR8 型二踪示波器用直接读数法测量电压。

测量时应使被测波形稳定地显示在荧光屏中央,幅度一般不宜超过 6div,以避免非线性失真造成的测量误差。

### (1) 直流电平测量

a. 将  $Y$  轴( $Y_A$  或  $Y_B$ )输入耦合开关 DC- $\perp$ -AC 置于  $\perp$  位置,触发方式开关置于自动位置,此时荧光屏上出现扫描基线。将扫描基线调至合适位置,作为零电平基准线。

b. 将  $Y$  轴输入耦合开关置于 DC 位置,被测电平由相应的  $Y$  输入端输入,则扫描基线将位移  $H$ div,如果此时  $Y$  轴灵敏度选择开关所处挡的标称值为  $V_0$ ,微调旋钮处于校准位置,极性拉- $Y_A$  开关处于常态(按下)位置,则被测电平值为

$$V = \pm HV_0(\text{V})$$

式中,基线向上移动取 + 号,基线向下移动取 - 号。

### (2) 交流电压测量

将灵敏度微调旋钮置于校准位置,灵敏度开关所处挡的标称值为  $V_0$ ,若显示的波形在荧光屏上所占尺寸为  $H$ div,则被测信号的电压幅值为

$$V = HV_0(\text{V})$$

### (3) 高频探头的应用

实际测量时,必须考虑示波器输入阻抗对被测电路的影响,它可能会降低测量的精确度。特别在测量高速脉冲时,示波器输入电容的影响很大,严重时甚至会破坏被测电路的正常工作。

使用高频探头测量时,输入阻抗提高到  $10\text{M}\Omega // 15\text{pF}$ ,但同时也引进了 10:1 的衰减,使测量的灵敏度下降到未使用高频探头时的十分之一。所以在使用高频探头测量电压时,被测电压的实际数值应是从荧光屏上直接读得的数值的十倍。

在使用探头测量快速变化的信号时,必须注意探头的接地点应选择在被测点附近。

## 3. 时间的测量方法

时间测量是指对脉冲波形的宽度、周期、边沿时间及两个信号波形间的时间间隔等参数的测量。一般要求被测部分在荧光屏  $X$  轴方向应占 4~6div。

SR8 型二踪示波器的时间测量采用直接读数法。测量时,先将扫描时间微调旋钮置于校准位置,扩展 拉  $\times 10$  开关置于常态(按下),调整扫描时间开关,使荧光屏上的波形在  $X$  轴方向大小适宜。读出所测部分的水平距离  $L$ div(见图 1-7),如果此时扫描时间开关所处挡的标称值是

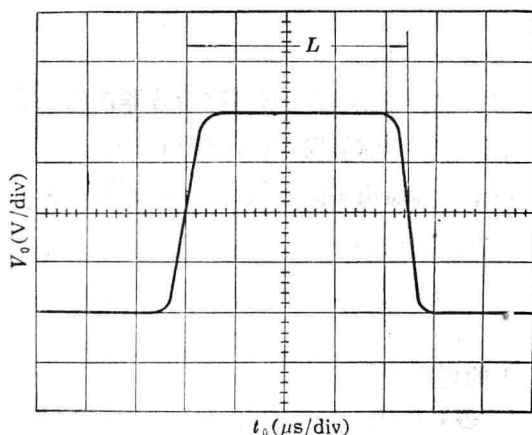


图 1-7 时间(脉冲宽度)测量

$t_0 \mu\text{s}/\text{div}$ , 则测得的时间量为

$$t = Lt_0 (\mu\text{s})$$

### (1) 脉冲边沿时间的测量

用示波器观察脉冲波形的上升边沿、下降边沿时, 必须合理选择示波器的触发极性(用触发极性开关控制), 显示波形的上升边沿应用+极性触发, 显示波形的下降边沿应用-极性触发。

如测得的边沿时间  $t$  比示波器的建立时间  $t_{r0}$  的三倍值小时, 实际边沿时间值  $t_r$  (或  $t_f$ ) 应由下式校正:

$$t_r \text{ (或 } t_f) = \sqrt{t^2 - t_{r0}^2}$$

SR8 型二踪示波器的建立时间  $t_{r0} \approx 24\text{ns}$ 。

### (2) 两信号时间(或相位)差的测量

比较两个周期成整数倍的信号的时间(或相位)差的方法如下:

a. 显示方式开关置于交替或断续位置, 极性 拉 -  $Y_A$  置于常态(按下), 内触发 拉  $Y_B$  置于拉出位置。

b. 时间导前的信号或周期较长的信号由  $Y_B$  输入端输入。

关于这类测量的几种不同情况如图 1-8 所示。

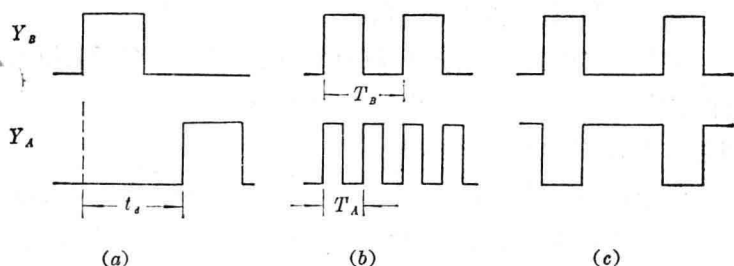


图 1-8 两信号时间(相位)差的测量

(a) 测量延迟时间 (b) 周期比较 (c) 相位比较

### 三、实验前准备

1. 预习脉冲示波器的基本工作原理。
2. 阅读第二篇第一章第一节,了解SR8型二踪示波器面板上各旋钮的作用与使用方法。
3. 阅读第二篇第三章,了解脉冲信号发生器的使用方法。
4. 阅读附录一第一部分,了解通用实验底板的结构与使用方法。

### 四、实验任务与步骤

#### 1. 示波器调整

##### (1) 时基线显示

将各控制开关按表 1-1 的要求置位。

表 1-1 显示时基线时控制开关的作用位置

控制开关名称	作用位置	控制开关名称	作用位置
辉度	适当	DC- $\perp$ -AC	$\perp$
显示方式	$Y_A$	触发方式	自动
极性 拉- $Y_A$	常态(按下)	扩展 拉 $\times 10$	常态(按下)
Y轴移位( $\uparrow$ )	居中	X轴移位( $\longleftrightarrow$ )	居中

如看不到光迹,可按下寻迹扳键,判明光迹偏离方向,然后松开扳键,把光迹移至荧光屏中心位置。调整辉度旋钮,使光迹明暗合适。

(2) 将扫描时间开关依次拨至  $0.1s/div$  和  $1\mu s/div$ , 观察荧光屏上光点扫描的情况。

#### 2. $Y_A$ 单踪测量(显示方式开关置于 $Y_A$ )

##### (1) 观察示波器校正信号。

将触发方式开关置于自动位置,触发源开关置于内位置,内触发 拉  $Y_B$  开关置于常态(按下),扫描时间开关置于  $0.5ms/div$  位置,  $Y_A$  的输入耦合开关置于 DC 位置,用高频探头观测示波器输出的  $1V$ 、 $1kHz$  校正信号的波形。

a. 当触发极性开关拨在 + 或 - 时,分别观察所显示的波形各是从什么边沿开始扫描的。调节电平旋钮,观察波形有何变化。

b. 依次把触发方式开关置于常态位置与高频位置,调节电平旋钮,观察该旋钮对显示波形有何影响。

c. 测量并记录被测波形的电压幅值与周期值。

d. 将内触发 拉  $Y_B$  开关拉出,观察此时波形的显示情况,并分析其原因。(注意:这项实验任务完成后应将内触发 拉  $Y_B$  开关仍置回常态位置。)

##### (2) 观察与测量脉冲信号发生器的输出信号。

将触发方式开关置于自动位置,DC- $\perp$ -AC 置于  $\perp$  位置,调节  $Y_A$  通道的移位旋钮,使基线在荧光屏中心线位置,作为参考电平,然后将DC- $\perp$ -AC 开关置于 DC 位置。

a. 观察脉冲信号发生器的输出波形。调节脉冲信号发生器,使输出方波信号周期约为  $100\mu s$ 、 $V_{p-p} \approx 3V$ , 测量波形的高电平与低电平值。

b. 测量波形的上升时间  $t_r$  与下降时间  $t_f$ 。必要时可拉出扩展 拉  $\times 10$  开关。

### 3. 二踪显示测量

将显示方式开关置于交替位置,内触发 拉  $Y_B$  开关置于拉出位置,观察与测量  $RC$  网络对矩形波信号的响应。

图 1-9 是本项实验任务所用的电路形式,其中输入信号  $v_i$  是脉冲信号发生器输出的频率  $f=10\text{kHz}$ 、 $V_{p-p}\approx 3\text{V}$  的方波信号,用  $Y_B$  的探头观察网络的输入端信号波形,用  $Y_A$  的探头观察网络的输出端信号波形,注意输入与输出信号间的时间与相位关系。

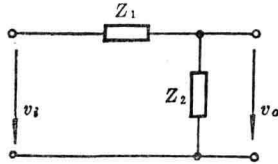


图 1-9  $RC$  实验电路

#### a. $RC$ 微分电路

实验电路中用电容  $C$  作为  $Z_1$ ,用电阻  $R$  作为  $Z_2$ ,元件参数按表 1-2 选取,观察与测量输入信号  $v_i$  与输出信号  $v_o$  的波形,并测量其脉冲宽度。

表 1-2  $RC$  微分电路测试记录

元 件 参 数	$Z_1(C)$	0.1 $\mu\text{F}$	3000pF	510pF
	$Z_2(R)$	10k $\Omega$	10k $\Omega$	10k $\Omega$
时间常数 $\tau$ (计算值)				
输入波形				
输出波形				
脉冲宽度 <sup>①</sup>				

① 尖脉冲的脉冲宽度指脉冲上升边沿的  $0.1V_m$  点至脉冲下降边沿  $0.1V_m$  点之间的时间间隔。

#### \*b. $RC$ 积分电路

实验电路中用电阻  $R$  作为  $Z_1$ ,用电容  $C$  作为  $Z_2$ ,元件参数按表 1-3 选取,观察与测量输入信号  $v_i$  与输出信号  $v_o$  的波形,并测量其脉冲波形上升时间。

表 1-3 RC 积分电路测试记录

元 件 参 数	$Z_1(R)$	10k $\Omega$	10k $\Omega$	10k $\Omega$
	$Z_2(C)$	0.1 $\mu$ F	3000pF	510pF
时间常数 $\tau$ (计算值)				
输入波形				
输出波形				
波形上升时间		—	—	

## \*c. 脉冲分压器

实验电路中的  $Z_1$  是  $R_1=10\text{k}\Omega$  与  $C_1=1000\text{pF}$  的并联,  $Z_2$  是电位器  $W_2=15\text{k}\Omega$  与  $C_2=1000\text{pF}$  的并联。调节电位器  $W_2$ , 观察输出波形的变化规律, 记录三个典型的波形。用万用电表分别测出与三个波形相对应的  $W_2$  电阻值, 并与理论计算值作比较。

## 五、实验设备及器材

- |               |    |
|---------------|----|
| 1. SR8 型二踪示波器 | 一台 |
| 2. 脉冲信号发生器    | 一台 |
| 3. 通用实验底板     | 一块 |
| 4. 万用电表       | 一块 |

## 六、实验报告要求

1. 记录实验中观察到的波形与有关参数, 把波形画在方格纸上。
2. 讨论触发极性开关(+、-)、电平旋钮与内触发 拉  $Y_B$  开关对波形显示的作用。
3. 根据实验结果分析微分电路与积分电路中时间常数  $\tau$  对输出波形的影响。

## 七、思考题

1. 由 SR8 型二踪示波器测得某一波形的上升时间  $t=45\text{ns}$ , 问测量误差是多少? 若要求测量误差  $\leq 5\%$ , 示波器的 Y 轴放大器的频带宽度应多大?
2. 为什么测量两频率较高的信号时用交替工作方式, 测量两频率较低的信号时用断续工作方式?
3. 如只使用  $Y_A$  通道观察一个脉冲信号, 能否采用二踪显示方式 (即将显示方式开关置于交替或断续位置)? 观察时应注意哪些问题?



## 第二部分 SBT-5型同步示波器

### 一、实验目的

1. 掌握 SBT-5 型同步示波器的基本工作原理。
2. 掌握用 SBT-5 型同步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. 电压测量方法

示波器的电压测量实际上是对所显示波形的幅度测量。SBT-5 型同步示波器的频带宽度为 10Hz~10MHz, 因此不能用来测量直流电平。它用比较法测量交变电压。测量时应使被测波形稳定地显示在荧光屏的中央, 幅度一般不宜超过 6cm, 以免因非线性失真造成测量误差。

##### (1) Y 轴灵敏度的测定

控制 Y 轴灵敏度的开关有两个, 一个是 Y 轴增幅, 另一个是 Y 轴衰减。当 Y 轴增幅旋钮顺时针旋到最大, Y 轴衰减开关置于 1 挡时, 仪器的 Y 轴灵敏度最高。Y 轴衰减开关所处的位置不同, Y 轴灵敏度也各异。逆时针旋动 Y 轴增幅旋钮, Y 轴灵敏度随之降低。因此, 所谓示波器的 Y 轴灵敏度是指 Y 轴衰减开关与 Y 轴增幅旋钮各处在一位置时的 Y 轴偏转灵敏度。

测定示波器 Y 轴灵敏度的方法如下: 将 Y 轴衰减开关和 Y 轴增幅旋钮置于所要测定的位置, Y 轴选择开关置于比较信号挡, 调整比较信号开关位置, 使荧光屏上出现幅度合适的方波。如果波形在 Y 轴方向所占的尺寸为  $H_0$ cm, 比较信号开关所处挡的标称值为  $V_0$ , 则此时示波器的 Y 轴灵敏度为

$$S_y = V_0 / H_0 \text{ (V/cm)}$$

##### (2) 波形幅值(电压)的测量

首先使被测波形稳定地显示在荧光屏中央。调节 Y 轴衰减开关与 Y 轴增幅旋钮, 使波形的大小适当, 读得波形在垂直方向(Y 轴)的尺寸为  $H$ cm。然后保持 Y 轴衰减开关和 Y 轴增幅旋钮的位置不变, 用上法测出此时示波器的 Y 轴灵敏度  $S_y$ , 则被测信号的电压幅值( $V_{p-p}$ )为

$$V = HS_y = H \cdot V_0 / H_0 \text{ (V)}$$

这种测量方法虽然比较麻烦, 但被测信号波形的尺寸可以任意调节, 操作较为灵活。

#### 2. 时间的测量方法

时间测量是指对脉冲波形的宽度、周期、边沿时间及两个信号波形间的时间间隔等参数的测量。一般要求被测部分在荧光屏 X 轴方向应占 4~6cm。

SBT-5 型同步示波器的时间测量方法有时标测量法与直接读数法两种。

时标测量法是 SBT-5 型同步示波器常用的测量时间的方法。使用时应将时标开关由关的位置拨到其他位置上, 此时机内时标发生器产生的矩形波便调制示波管的阴极电压, 使荧光屏