

高等学校改革创新教材
医学影像专业系列

供医学影像学、医学影像技术、生物医学工程及放射医学等专业使用

影像电工学实验

主编 | 周英君



人民卫生出版社

高等学校改革创新教材
医学影像专业系列

供医学影像学、医学影像技术、生物医学工程及放射医学等专业使用

影像电工学实验

主 编 周英君

副主编 张艳洁 杨艳芳

编 委 (以姓氏笔画为序)

王晨光 (哈尔滨医科大学)	张瑞兰 (北华大学)
王铭义 (牡丹江医学院)	杨艳芳 (牡丹江医学院)
李帅三 (牡丹江医学院)	周英君 (牡丹江医学院)
张文华 (牡丹江医学院)	周鸿锁 (牡丹江医学院)
张艳洁 (牡丹江医学院)	高 杨 (牡丹江医学院)
张淑丽 (齐齐哈尔医学院)	蔺清春 (牡丹江医学院)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

影像电工学实验 / 周英君主编. —北京: 人民卫生出版社, 2014

ISBN 978-7-117-18424-3

I. ①影… II. ①周… III. ①医用电气机械—电工实验—高等职业教育—教材 IV. ①TH772-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 290335 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

影像电工学实验

主 编: 周英君

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 7

字 数: 175 千字

版 次: 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-18424-3/R · 18425

定 价: 20.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

- 高等学校改革创新教材
- 医学影像专业系列

编委会

- 主 任 关利欣
- 副主任 王 莞 卜晓波
- 委 员 (以姓氏笔画为序)
 - 王汝良 仇 惠 邢 健 朱险峰
 - 李芳巍 李彩娟 周志尊 周英君
 - 徐春环 景介文
- 秘 书 富 丹 李明珠

- 高等学校改革创新教材
- 医学影像专业系列

- 医学影像设备学实验
- 影像电工学实验
- 医学图像处理实验
- 医学影像诊断学实验指导
- 医学超声影像学实验指导与学习指导
- 医学影像检查技术实验指导
- 影像核医学学习指导与实习指导

- 高等学校改革创新教材
- 医学影像专业系列

编写说明

医学影像专业系列教材以《中国医学教育改革和发展纲要》为指导思想,强调三基、五性,紧扣医学影像专业培养目标,紧密联系专业发展特点和教改要求,由10多所医学院校医学影像专业的教学专家与青年教学翘楚共同参与编写。

本系列教材是在教育部建设特色大学和培养实用型人才背景下编写的,突出了实用性的原则,注重基层医疗单位影像方面基本知识的学习和基本技能的训练。本系列教材可供医学影像学、医学影像技术、生物医学工程及放射医学等专业的学生使用。

本系列教材第一批出版《医学影像设备学实验》、《影像电工学实验》、《医学图像处理实验》、《医学影像诊断学实验指导》、《医学超声影像学实验指导与学习指导》、《医学影像检查技术实验指导》、《影像核医学学习指导与实习指导》共7种教材。

本系列教材吸收了各参编院校在医学影像专业教学改革方面的经验,使其更具有广泛性。本系列教材各自成册,又互成系统,希望能满足培养医学影像专业高级实用型人才的要求。

医学影像专业系列编委会

2013年10月

前 言

本书是根据国家教育部制定的“高等院校理工科非电类专业《电工学实验大纲》的要求”编写的。它可作为高等工科院校非电类专业《电工技术》课程的配套教材,也可作为实验独立设课的《电工技术》实验课教材。

本书具有如下特点:

(1) 本书选取了影像设备中典型电路,特别适合医学影像专业的需求。

(2) 参编教师均为实验教学的一线教师,具有丰富的实践教学经验。编写内容由浅入深,循序渐进,易于学生接受。

(3) 实验项目中的注意事项及思考题是参编教师多年教学经验的总结。不仅有利于学生对理论知识的消化吸收,而且对实践操作具有直接的指导意义。

(4) 强化对学生动手能力的培养。

(5) 侧重对学生综合设计能力的培养。

(6) 注重对学生医学影像技能的培养。

本书由牡丹江医学院、哈尔滨医科大学、北华大学、齐齐哈尔医学院共同编写,由周英君担任主编,负责全书的统稿,杨艳芳、张艳洁担任副主编。本书实验内容丰富,不同院校的教师可以根据学生专业的需求选用。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不足,恳请使用本书的师生和读者批评指正。

编 者

2013年10月

目 录

实验一 直流电路综合实验的研究	1
实验二 RC 电路的研究	6
实验三 R 、 L 、 C 元件及交流参数的测量	13
实验四 RLC 串联谐振电路的研究	18
实验五 单相交流电路特性的研究	22
实验六 三相交流电路特性的研究	27
实验七 三相电路功率的测量	33
实验八 功率因数及相序的测量	37
实验九 单相铁心变压器特性的测试	40
实验十 变压器的连接与测试	44
实验十一 三相异步电动机点动和自锁控制线路	47
实验十二 三相异步电动机的正反转控制线路	59
实验十三 三相异步电动机顺序控制线路	62
实验十四 三相异步电动机两地控制线路	65
实验十五 三相异步电动机 $Y-\Delta$ 降压起动控制线路	67
实验十六 三相异步电动机能耗制动控制线路	69
实验十七 单相异步电动机	71
实验十八 交流接触器控制线路	75
实验十九 时间继电器控制线路	78
实验二十 电工测量仪器的使用	81
实验二十一 用三表法测量交流电路等效参数	88
实验二十二 电流互感器的应用	92
实验二十三 基于 EWB 的电路设计与实现	95
附录	102
参考文献	103

实验一

直流电路综合实验的研究

【实验目的】

1. 用实验的方法验证基尔霍夫定律和叠加定理, 加深对这些基本理论的认识与理解。
2. 进行电源外特性的测试, 验证电压源与电流源的等效变换条件。
3. 通过实验加深对电位、电压与参考点之间关系的理解。

【实验器材】

模拟实验箱, 可调直流电压源一台, 可调直流电流源一台, 万用表一块, 电流插座三个, 电流插头一个, 100Ω、200Ω、500Ω 电阻各一只, 1kΩ、10kΩ 滑线电阻各一只。

【实验原理】

1. 基尔霍夫定律包括基尔霍夫电流定律(KCL)和基尔霍夫电压定律(KVL)。

基尔霍夫电流定律指出, 在任一瞬间, 流向任一结点的电流等于流出该结点的电流。即对电路中任一节点而言 $\sum I = 0$ 。

基尔霍夫电压定律指出, 在任一瞬间, 沿任一回路循行方向, 回路中各段电压的代数和恒等于零, 即 $\sum U = 0$ 。

2. 叠加原理指出, 在对于一个具有唯一解的线性电路, 由几个独立电源共同作用所形成的各支路电流或电压等于各个独立电源单独作用时在相应支路中形成的电流或电压的代数和。不作用的电压源所在的支路应(移开电压源后)短路, 不作用的电流源所在的支路应开路。

3. 电源有两种不同的电路模型, 即电压源和电流源。

电压源在一定的电流范围内具有很小的内阻, 所以在实际应用中, 常将其视为理想的电压源, 其输出电压不随负载电流而变, 其外特性, 即伏安特性是一条平行于 I 轴的直线。

恒流源在一定的电压范围内, 其输出电流不随负载电压而变, 其外特性, 即伏安特性是一条平行于 U 轴的直线。

一个实际的电源, 就其外特性而言, 既可以看成是一个电压源, 又可以看成是一个电流源。若视为电压源, 则用一个理想电压源和一个电阻串联来表示; 若视为电流源, 则用一个恒流源和一个电阻并联来表示, 如图 1-1 所示。对负载而言, 两个虚线框中的电压源和电流源是等效的, 等效条件为

$$I_s = \frac{E}{R_0}$$

4. 电位与电压 电位是指电路中某点至参考点的电压, 记为“ V_x ”。通常设参考点的电位为零, 电位值是相对的, 参考点选取的不同, 电路中各点的电位也将随之改变; 但电路中任意两点的电压(电位差)不变, 即任意两点的电压与参考点的选择无关。

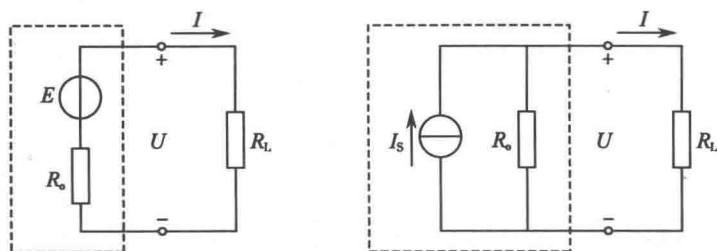


图 1-1 电压源与电流源的等效变换

【实验内容】

1. 基尔霍夫定律与电位的研究

(1) 基尔霍夫电流定律(KCL): 按图 1-2 连接实验电路, 其中电源 $E_1 = 5V$, $E_2 = 12V$, $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 200\Omega$, $R_3 = 500k\Omega$ 。选择节点 A, 测量电流 I_1 、 I_2 、 I_3 , 填入表 1-1 中。也可自行设计实验电路。其中 K_1 、 K_2 、 K_3 代表电流插座。

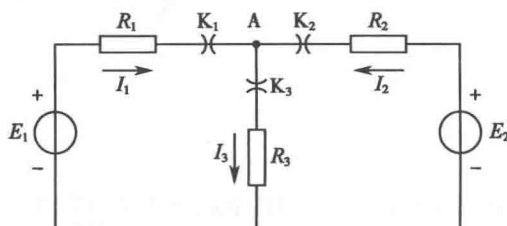


图 1-2 基尔霍夫电流定律

表 1-1 基尔霍夫电流定律验证数据

	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	ΣI (mA)
测量值				
计算值				

注意事项: 所测电流值的正负号应根据电流的实际流向与参考方向的关系来确定, 而约束方程 $\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3$ 中, 电流 I 前边的正负号是由基尔霍夫电流定律根据电流的参考方向确定的。

(2) 基尔霍夫电压定律(KVL): 按图 1-3 所示, 选择 $abda$ 和 $cbdc$ 两个闭合回路, 测量回路中各段电压, 填入表 1-2 中。

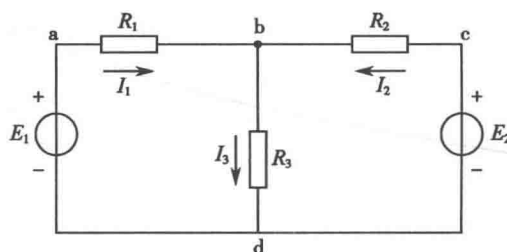


图 1-3 基尔霍夫电压定律

表 1-2 基尔霍夫电压定律验证数据

回路 1 (abda)	$U_{ab}(\text{V})$	$U_{bd}(\text{V})$	$U_{da}(\text{V})$	$\Sigma U(\text{V})$
回路 2 (cbdc)	$U_{cb}(\text{V})$	$U_{bd}(\text{V})$	$U_{dc}(\text{V})$	$\Sigma U(\text{V})$

注意事项：回路的选择可按表格中给定的回路，也可自行选择回路，选择参考方向进行测量。

(3) 电位的研究：首先以节点 d 为参考点(地电位)测量 $abcd$ 各点电位，计算各段电压值，填入表 1-3 中。

表 1-3 不同参考点的电位与电压

参考点	测量值(V)				计算值(V)					
	V_a	V_b	V_c	V_d	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{da}	U_{ac}	U_{bd}
b										
d										

注意事项：当参考点选定后，各点电位便随之确定，这是节点电压的单值性；当参考点改变时，各点电位均改变相同量值，这是节点电压的相对性，但各点间电压的大小和极性应保持不变。

2. 叠加定理的研究

(1) 将电压源的输出电压 E_S 调至 6V，(用万用表直流电压挡测定)，电流源的输出电流 I_S 调至 20mA(用直流毫安表测定)，然后关闭电源，待用。

(2) 按图 1-4 所示连接实验电路，也可自行设计实验电路。

(3) 按以下三种情况进行实验

- 1) 电压源与电流源共同作用；
- 2) 电压源单独作用，电流源不作用；
- 3) 电流源单独作用，电压源不作用。

分别测出各电阻上的电压和各支路的电流填入表 1-4 中。最后计算出叠加结果，验证是否符合叠加定理。

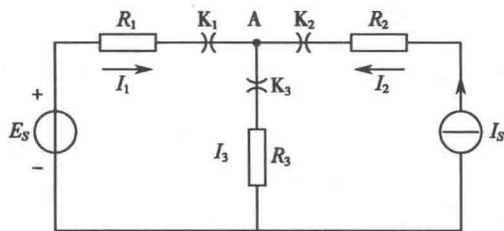


图 1-4 叠加定理电路

表 1-4 叠加定理验证数据

		$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$
测量值	E_S 与 I_S 共同作用				
	E_S 单独作用				
	I_S 单独作用				
计算值	叠加结果				

注意事项：①电压源不作用时，应关掉电压源，移开，将电压源所在支路短路；②电流源不作用时，应关掉电流源，将该支路真正开路，电流源的流出端为电流源的正极；③当电

流表反偏时,将电流插座或电流表两接线换接,电流表读数前加负号;④电流插座有方向,约定红色接线柱为电流的流入端,接电流表量程选择端,黑色接线柱为电流的流出端,接电流表的负极;⑤实验前应根据所选参数理论计算所测数据,为方便读取,各支路电流应大于5mA,否则应改变电路参数。

3. 直流电源的研究

(1) 恒压源与实际电压源的外特性的测试:按图 1-5A 接线, E_s 为 +6V 直流稳压电源,调节 R_w ,令其阻值由大至小变化,记录两块万用表的读数填入表 1-5 中。

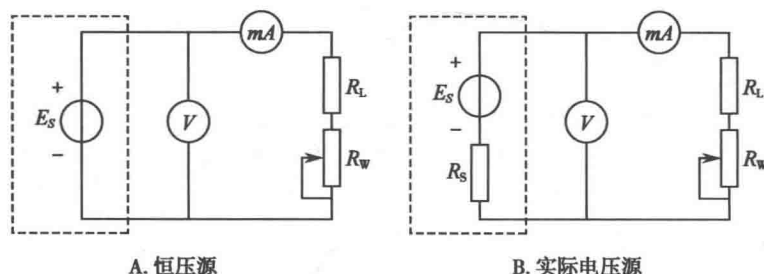


图 1-5 电压源

表 1-5 恒压源外特性

$R_w(\Omega)$	100	200	300	500	800	1000	∞
$U(V)$							
$I(mA)$							

按图 1-5B 接线, E_s 为 +6V 直流稳压电源, R_s 为 100Ω 电阻,虚线框模拟一个实际电压源,调节 R_w ,令其阻值由大至小变化,记录两块万用表的读数填入表 1-6 中。

表 1-6 实际电压源外特性

$R_w(\Omega)$	100	200	300	500	800	1000	∞
$U(V)$							
$I(mA)$							

(2) 恒流源与实际电流源的外特性的测试:按图 1-6A 接线, I_s 为直流恒流源,调节其输出为 5mA,调节电位器 R_w (从 0 至 $1k\Omega$),测出电压表和电流表的读数。记录两块万用表的读数填入表 1-7 中。

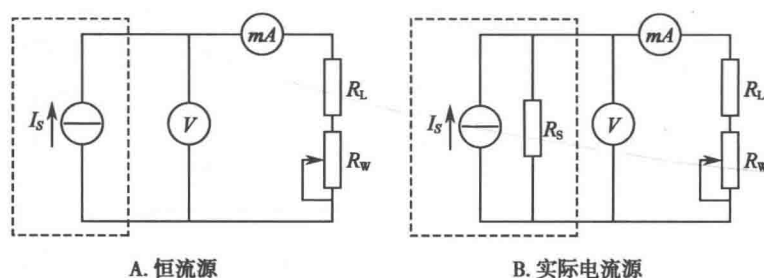


图 1-6 电流源

表 1-7 恒流源外特性

$R_w(\Omega)$	100	200	300	500	800	1000	∞
$U(V)$							
$I(mA)$							

按图 1-6B 接线, I_s 为直流恒流源, 调节其输出为 5mA, 令 R_s 为 1k Ω , 调节电位器 R_w (从 0 至 1k Ω), 测出这种情况下的电压表和电流表的读数。记录两块万用表的读数填入表 1-8 中。

表 1-8 实际电流源外特性

$R_w(\Omega)$	100	200	300	500	800	1000	∞
$U(V)$							
$I(mA)$							

(3) 测定电源等效变换的条件: 按图 1-7 线路接线, 首先读取 1-7A 电路两表的读数, 然后调节 1-7B 电路中恒流源 I_s (取电压源和电流源的内阻 R_s 相等), 令两表的读数与 1-7A 时的数值相等, 记录 I_s 之值, 验证等效变换条件的正确性。

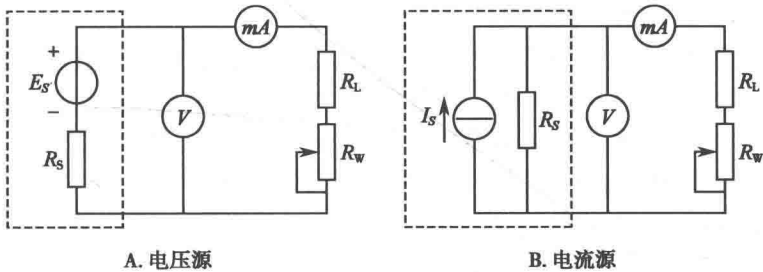


图 1-7 电压源与电流源等效变换

【注意事项】

- 1. 在测试电压源外特性时, 不要忘记测量空载时的电压值; 测试电流源外特性时, 不要忘记测量短路时的电流值, 注意恒流源负载电压不可超过 20V, 负载更不可开路。
- 2. 换接线路时, 必须关闭电源开关。

【思考题】

- 1. 若用指针式万用表直流毫安挡测各支路电流, 在什么情况下可能出现指针反偏? 应如何处理?
- 2. 直流稳压电源的输出端为什么不允许短路? 直流恒流源的输出端为什么不允许开路?

(杨艳芳)

实验二

RC 电路的研究

【实验目的】

1. 研究 RC 电路的暂态过程, 加深对暂态过程的理解。
2. 掌握时间常数 τ 对 RC 电路输出波形的影响。
3. 学习用示波器测定 RC 电路时间常数的方法。

【实验仪器】

函数发生器、双踪示波器、实验电路板、电阻、电容若干。

【实验原理】

电路中如果有储能元件电感 L 或电容 C 存在, 当发生换路时 (如电路中的电源或元件接入和断开、参数突然变化等), 电感中的电流不能跃变, 电容上的电压不能跃变, 所以电路从一个稳定状态转变到另一个稳定状态都需要经历一个过程, 工程上把这个过程叫做过渡过程。

零状态响应是指电容器 C 上无初始储能, 而在输入激励信号下的响应。如图 2-1 所示接线, 开关 K 合上时, 电容 C 放电殆尽, 即 $U_C = 0$; 从开关 K 打开时刻起, RC 电路中的电流、电压便产生一个从暂态到稳态的过程, 即零状态响应。

由分析可得

$$u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

直流电源经电阻 R 向电容 C 充电时, 电容的端电压 U_C 是按指数规律变化的, 即开始阶段变化较快, 以后越来越慢。

零输入响应指的是电容器 C 上具有初始储能, 而无输入激励信号下的响应。如图 2-2 所示接线, 开关 K 合上时, 电容 C 充电至 $E = 6V$; 从开关 K 打开时刻起, RC 电路即产生一个从暂态到稳态的过程, 即零输入响应。由分析可得

$$u_C = Ee^{-\frac{t}{RC}}$$

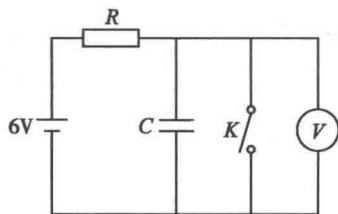


图 2-1 零状态响应

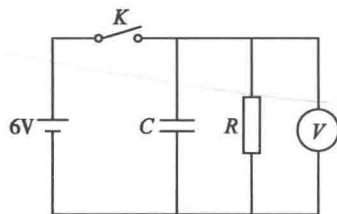


图 2-2 零输入响应

电容充、放电的快慢与电阻 R 和电容 C 的大小有关系。电容 C 越大, 达到同样的电压所需要积累(释放)的电荷也越多, 而电荷积累(释放)是需要时间的, 所以 U_C 上升(或下降)就越慢。电阻 R 越大, 充、放电电流 I_C 越小, 要积累(释放)同样多的电荷就需要更长的时间, 所以 U_C 上升(或下降)就越慢。我们把 R 和 C 的乘积叫做时间常数, 用 τ 表示, $\tau = RC$ 。

τ 越大, 充、放电越慢, 过渡过程延续的时间越长。从理论上说, 要经过无限长的时间($t = \infty$)才能达到稳定。但在工程实际上, 一般认为 $t = (3 \sim 5)\tau$ 之后, 过渡过程就基本结束了, 电容的端电压 U_C 基本上达到电源电压 E (或 0)。

当 RC 电路输入电压为矩形脉冲波, 设矩形波幅值为 U , 宽度为 t_p 。如果 t_p 与时间常数 τ 的关系满足不同条件, 并且电路选取不同的输出端时, RC 电路的特点也将不同, 具体如下:

1. RC 充、放电电路 RC 电路如图 2-3B 所示。输入端所加为方波, 幅值为 U , 宽度为 t_p ($t_p = \frac{T}{2}$), 如图 2-3A 所示。当 $t_p = (3 \sim 5)\tau$ 时, 从电容 C 上选取输出信号, 则输出为一般形式的充、放电过程。

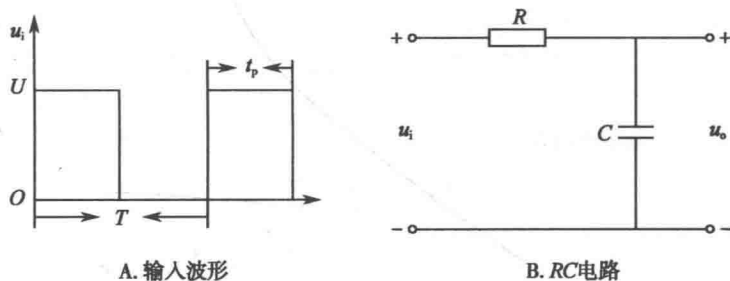


图 2-3 RC 电路及输入波形

2. RC 积分电路 RC 积分电路如图 2-4A 所示。输入端所加为方波, 幅值为 U , 宽度为 t_p , 电路时间常数 $\tau = RC$ 。当 $\tau \gg t_p$ 时, 并从电容 C 上选取输出信号, 可以推出输出为

$$u_o = u_C = \frac{1}{RC} \int u_i dt$$

上式表明, 输出电压 U_o 与输入电压 U_i 对时间的积分成正比, 所以该电路称为积分电路。

积分电路具有波形变换的作用, 如输入为方波, 并且满足 $\tau \gg t_p$ ($\tau \approx 10t_p$) 时, 输出为三角波, 如图 2-5A 所示。

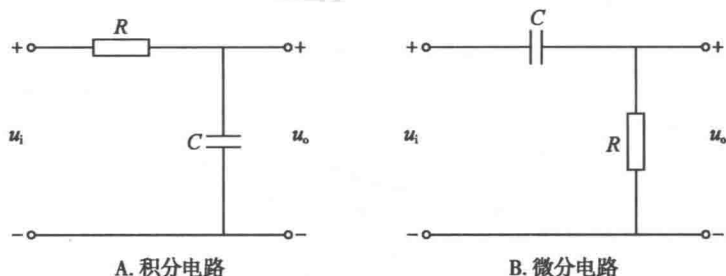


图 2-4 RC 电路

3. RC 微分电路 RC 微分电路如图 2-4B 所示。输入端所加为方波, 幅值为 U , 宽度为 t_p 。电路时间常数 $\tau = RC$ 。当 $\tau \ll t_p$ 时, 并从电阻 R 上选取输出信号, 可以推出输出为

$$u_o = u_R = RC \frac{du_i}{dt}$$

上式表明, 输出电压 U_o 近似地与输入电压 U_i 对时间的微分成正比, 所以该电路称为微分电路。

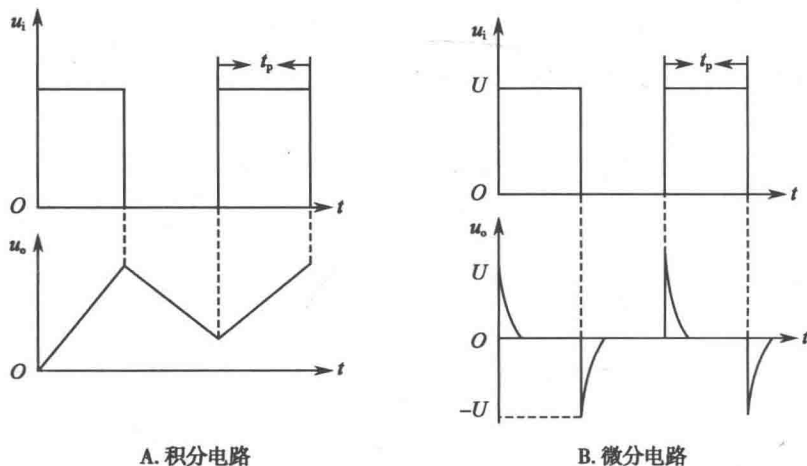


图 2-5 波形图

电子线路中常应用微分电路把矩形脉冲变换为尖脉冲, 如图 2-5B 所示。

4. RC 耦合电路 RC 耦合电路如图 2-6 所示。输入端所加为方波, 幅值为 U , 宽度为 t_p 。电路时间常数 $\tau = RC$, 当 $\tau \gg t_p$ 时, 并从电阻 R 上选取输出信号。

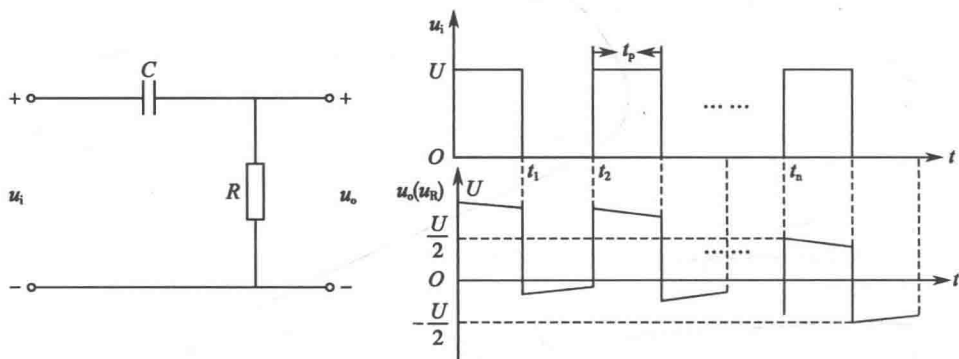


图 2-6 RC 耦合电路

假设输入宽度为 t_p 的方波。当 $t=0$ 时刻(方波正半周), 输入的幅值从零跃变为 U , 电容上的电压不能突变, 所以电阻上电压(即输出电压)从零跃变为 U , 之后电容 C 开始充电。由于 $\tau \gg t_p$, 电容 C 充电缓慢, 即电容上电压缓慢上升, 所以输出电压缓慢下降; 当 $t=t_1$ 时刻(方波零半周), 输入的幅值从 U 跃变为零, 相当于输入端被短路。电容上的电压不能突变, 仍为输入跃变前的数值 U_c , 电容 C 经电阻 R 非常缓慢地放电。开始放电, $t=t_2$ 时, 因电容还来不及放完电, 积累了一定电荷, 第二个方波到来, 电阻上的电压就不是 0, 这样第

二个输出方波比第一个输出方波略微往下平移, 第三个输出方波比第二个输出方波又略微往下平移……最后, 当输出波形的正半周“面积”与负半周“面积”相等时, 就达到了稳定状态。也就是电容在一个周期内充得的电荷与放掉的电荷相等时, 输出波形就稳定不再平移, 电容上的平均电压等于输入信号中电压的直流分量(利用 C 的隔直作用)。把输入信号往下平移这个直流分量, 便得到输出波形, 起到传送输入信号的交流成分, 因此是一个耦合电路。经过上述分析可以推出输出近似等于输入, 即 $\mu_o \approx \mu_i$ 。此时, U_R 波形中没有直流分量, 可见, 电容 C 能隔去输入信号中的直流分量, 仅仅允许交流分量通过, 因此, 此时的电容称为隔直电容。这种电路在多级交流放大电路中常用作级间耦合电路。

【实验内容】

1. RC 充、放电电路

(1) 按图 2-3B 连接电路, 选择合适的电阻 R 和电容 C , 计算时间常数 $\tau = RC$, 填入表 2-1。

表 2-1 电路参数

参数	$R(k\Omega)$	$C(\mu F)$	$t_p(ms)$	$\tau(ms)$	
				计算值	测量值
数值					

(2) 调节函数发生器(信号源), 使之输出幅度为 1V 的方波, 并调节频率, 使满足 $t_p = (3 \sim 5)\tau$ 。

(3) 调节双踪示波器, 将双踪示波器分别接在信号源和电容两端, 观察输入 U_i 与输出 U_o 的波形, 并记录在图 2-7 中。

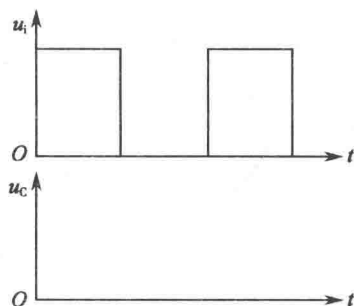


图 2-7 波形图

(4) 用示波器测定 RC 电路的时间常数 τ , 填入表 2-1。

用示波器测定 RC 电路的时间常数 τ 方法如下: 如图 2-8 所示, 从示波器荧光屏上测得电容电压 U_c 的最大值对应的格数为 a ; 当 $t = \tau$ 时, 电容电压 U_c 对应的格数为 b , 由理论知识可知: $b \approx 0.7a$, 此时时间轴(横轴)对应的格数为 c , 则时间常数

$$\tau = \frac{sc}{n}$$

其中 s 为示波器的“扫描时间开关”的指示值, 它的单位是毫秒/厘米(ms/cm)或微秒/厘米($\mu s/cm$); c 为时间轴(横轴)对应的格数, 它的单位是厘米(cm); n 为扩展倍数, 若扩展倍数为 1 时, 时间常数 $\tau = sc$ 。

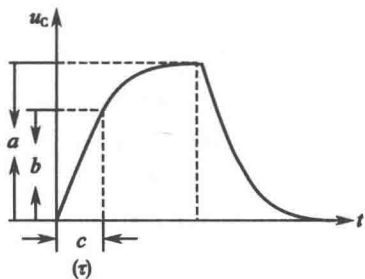


图 2-8 时间常数 τ 的测定方法

所以若扩展倍数为 1 时, 只要测出示波器的横轴对应的格数 c , 再从示波器“扫描时间开关”上读取 s , 取二者的乘积就可以测出 RC 电路的时间常数 τ 。

(5) 将图 2-3 中的电阻 R 换成可变电阻 R_w , 观察时间常数 τ 改变时对电容充、放电波形的影响, 画在图 2-9 中, 并将结论填入实验结果的相应位置。

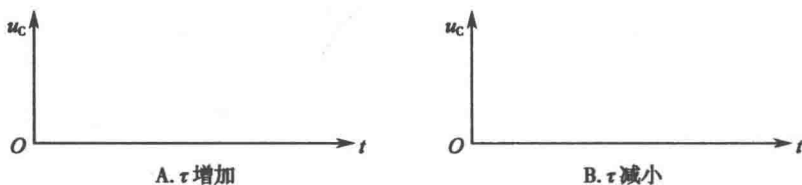


图 2-9 时间常数 τ 对电容充、放电波形的影响

τ 增加, 输出波形的变化: _____

τ 减小, 输出波形的变化: _____

2. RC 积分电路

(1) 按图 2-4A 连接电路, 选取 R 和 C , 计算时间常数 $\tau = RC$, 填入表 2-2。

表 2-2 积分电路

参数	$R(k\Omega)$	$C(\mu F)$	$t_p(ms)$	$\tau(ms)$	
				计算值	测量值
数值					

(2) 调节函数发生器(信号源), 使之输出幅度为 1V 的方波, 调节频率, 使满足 $\tau \approx 10t_p$ 。

(3) 将双踪示波器分别接在信号源和电容两端, 观察输入 U_i 与输出 U_o 的波形, 并画在图 2-10 中。

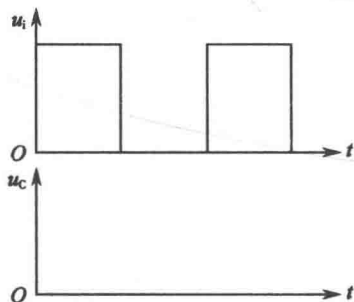


图 2-10 积分电路波形图