

全国高等学校配套教材
供医学影像学专业用

医学电子学基础

学习指导



主 编 陈仲本
副主编 郭明霞
主 审 鲁 雯 柴 英

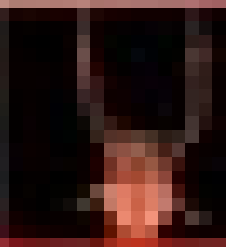
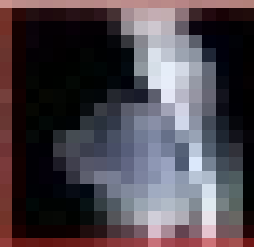


人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

“十三五”国家重点图书出版规划项目
“十三五”国家重点音像出版规划项目

医学电子学基础

学习指导



主 编 王 琳
副主编 王 琳
参 审 王 琳 王 琳 王 琳

人民邮电出版社
POST & TELECOM PRESS

全国高等学校配套教材
供医学影像学专业用

医学电子学基础

学习指导

主 编 陈仲本

副主编 郭明霞

主 审 鲁 雯 柴 英

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

医学电子学基础学习指导/陈仲本主编. —北京:
人民卫生出版社, 2010. 12

ISBN 978 -7 -117 -13626 -6

I. ①医… II. ①陈… III. ①医用电子学 - 高等
学校 - 教学参考资料 IV. ①R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 216515 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医 师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

医学电子学基础学习指导

主 编: 陈仲本

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: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京市安泰印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 8

字 数: 188 千字

版 次: 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-13626-6/R·13627

定 价: 18.00 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销售中心联系退换)

前 言

《医学电子学基础》是根据全国高等学校医学影像学专业规划教材会议精神修订的医学影像学专业系列规划教材之一,是后续相关专业课程的重要基础。为了帮助广大学生更好地学习和掌握《医学电子学基础》(第3版)课程的基础理论、基本知识、基本技能,该教材编写组的全体编者共同编写了《医学电子学基础学习指导》一书。本书根据教材中每一章的内容,编写了以下几方面内容:

内容提要:总结并精练各章主要知识要点,包括基本概念、主要定律和定理、重要推论和公式等,帮助学生掌握各章重要知识点并奠定扎实的理论基础。

重点与难点:明确各章应重点掌握的知识要点、基本技能及学习中可能存在的难点问题,引导学生掌握重点内容、重视并突破难点问题。

扩展知识:补充了一些重点内容的相关知识和一些难点问题简单实用的分析方法,如一阶线性电路暂态分析的三要素法、集成运放电路中反馈类型的判别方法及组合逻辑电路分析的卡诺图法等,拓宽学生知识面和解决、解决问题的思路。

典型例题:精选各章具有代表性的题型进行重点讲解,帮助学生学会分析和解决问题的方法。

习题解答:对教材各章的习题进行详尽的解答,帮助学生掌握课程内容重点,提高分析和解决问题的能力。

课外习题:各章补充适量的问答、分析和计算题,并附以主要答案,便于学生进行课程复习和检查学习效果。

针对医学影像学及其他医学专业的特定培养目标和医学生的知识结构特性,本学习指导书在材料筛选和叙述方法上尽可能方便于非理工科专业的学生自学。本书可作为医科院校医学影像学专业五年制、七年制学生和其他医学专业学生的教学辅导书。

本书共分十一章:第一章由第三军医大学宁旭编写;第二章由哈尔滨医科大学王晨光编写;第三章由泰山医学院鲁雯编写;第四章、第十章由天津医科大学郭明霞编写;第五章由广西医科大学莫华编写;第六章由中山大学陈仲本编写;第七章由牡丹江医学院周英君编写;第八章由广东医学院田晓明编写;第九章由大连医科大学柴英编写;第十一章由河北工程大学周国庆编写;部分课外习题由大连医科大学丁晓东编写;全书插图由王晨光绘制;全书由郭明霞负责统稿,陈仲本、鲁雯、柴英作修改和审定。

本书的编写工作得到了卫生部教材办公室、人民卫生出版社以及陈懿编辑的大力支持

前 言

持和指导;编写会议和定稿会议也得到广西医科大学和第三军医大学的鼎力协助,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错漏之处,恳请读者指正。

编 者

2010年2月

目 录

第一章 电路基础	1
一、内容提要	1
(一) 直流电路	1
(二) 电路的暂态过程	2
(三) 正弦交流电路	3
二、重点与难点	6
三、扩展知识	6
(一) 电路模型	6
(二) 一阶线性电路暂态分析的三要素法	6
四、典型例题	6
五、习题解答	8
六、课外习题	11
第二章 放大器的基本原理	14
一、内容提要	14
(一) 晶体二极管	14
(二) 晶体三极管	15
(三) 基本放大电路	16
(四) 射极输出器	17
(五) 场效应管及其放大电路	17
二、重点与难点	18
三、扩展知识	18
四、典型例题	20
五、习题解答	23
六、课外习题	29
第三章 生物医学常用放大器	31
一、内容提要	31
(一) 负反馈放大器	31
(二) 差分放大器	32
(三) 功率放大器	32

二、重点与难点	33
三、典型例题	33
四、习题解答	34
五、课外习题	38
第四章 集成运算放大器	40
一、内容提要	40
(一) 集成运放的组成与性能	40
(二) 基本运算放大器	40
(三) 集成运放在信号处理方面的应用	42
二、重点与难点	43
三、扩展知识	43
四、典型例题	44
五、习题解答	45
六、课外习题	51
第五章 振荡电路	53
一、内容提要	53
(一) RC 正弦波振荡器	53
(二) LC 正弦波振荡器	53
(三) 石英晶体正弦波振荡器	54
(四) 非正弦波发生器	55
二、重点与难点	55
三、典型例题	56
四、习题解答	57
五、课外习题	61
第六章 高频电路	63
一、内容提要	63
(一) 小信号调谐放大器	63
(二) 高频功率放大器	64
(三) 调幅与检波	64
(四) 调频与鉴频	65
二、重点与难点	65
三、典型例题	66
四、习题解答	66
五、课外习题	68
第七章 直流电源	70

一、内容提要	70
(一) 整流电路	70
(二) 滤波电路	70
(三) 稳压电路	70
(四) 可控硅整流电路	73
二、重点与难点	74
三、典型例题	74
四、习题解答	76
五、课外习题	81
第八章 门电路和组合逻辑电路	83
一、内容提要	83
(一) 数字电路概述与计数制	83
(二) 逻辑门电路	83
(三) 组合逻辑电路的分析与设计	85
(四) 常用组合逻辑电路	86
二、重点与难点	86
三、扩展知识	87
四、典型例题	88
五、习题解答	90
六、课外习题	95
第九章 触发器及时序逻辑电路	97
一、内容提要	97
(一) 双稳态触发器	97
(二) 时序逻辑电路	98
(三) 脉冲的产生与整形	100
(四) 555 定时器及其应用	100
二、重点与难点	101
三、典型例题	102
四、习题解答	103
五、课外习题	107
第十章 A/D 与 D/A 转换器	109
一、内容提要	109
(一) D/A 转换器	109
(二) A/D 转换器	110
二、重点与难点	111
三、典型例题	111

四、习题解答.....	113
五、课外习题.....	114
第十一章 医用仪器干扰的抑制和安全用电.....	115
一、内容提要.....	115
(一) 干扰与抑制	115
(二) 屏蔽	116
(三) 安全用电	116
二、重点与难点	117
三、扩展知识.....	117
(一) 人体带电产生的原因	117
(二) 放射损伤的影响因素	117
四、习题解答.....	118

电路基础

一、内容提要

(一) 直流电路

1. 电路的基本概念

(1) 电流: 电荷在电场作用下的定向移动。正电荷运动的方向规定为电流的方向。

(2) 电路: 电流所流过的路径。一般由电源、负载和中间环节三部分组成。电路具有传输和转换电能以及传递和处理信号两种主要作用。

2. 电流和电压的参考方向 在分析与计算电路时, 常先设定电路中电流和电压的方向, 即参考方向。实际方向与参考方向不一定相同, 若计算结果为正值, 则实际方向与参考方向相同; 若计算结果为负值, 则实际方向与参考方向相反。

3. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫第一定律: 流入节点的电流之和等于流出节点电流之和: $\sum I = 0$ 。其本质是电流的连续性原理。

(2) 基尔霍夫第二定律: 沿任一闭合回路的电势增量的代数和等于零: $\sum E + \sum IR = 0$ 。

基尔霍夫定律适用于任一瞬间任何变化的电压和电流, 可用于各种不同元件所构成的电路。

4. 电压源和电流源

(1) 电压源: 实际的电压源可以看成是电动势 E 和内阻 R_0 的串联组合。电源两端的电压 U 与输出电流 I 的关系为

$$U = E - IR_0$$

随着输出电流的增大, 电压源的输出电压线性下降, 且内阻 R_0 愈大, 下降愈多。 $R_0 = 0$ 时, $U = E$, 这种电压源称为理想电压源或恒压源。

(2) 电流源: 实际的电流源可以看成是恒值电流 I_s 与内阻 R_s 的并联。电源两端的电压 U 与输出电流 I 的关系为

$$I = I_s - \frac{U}{R_s}$$

在输出电压 U 一定的情况下, 输出电流随电流源内阻 R_s 的减小而减小。在电流源

内阻 $R_s = \infty$ 的情况下, $I = I_s$, 这种电流源称为理想电流源或恒流源。

(3) 电压源与电流源的等效变换: 实际电压源与实际电流源之间可以进行等效变换。

当 $I_s = \frac{E}{R_0}$, $R_s = R_0$ 时, 电压源和电流源都能在负载电阻 R_L 上产生相同的电压和电流。对负载而言, 电源的这两种电路模型是等效的。只要给出了电源的一种电路模型的参数, 就可以根据上述条件将它转换成另一种电路模型。

任何一个实际电源都可以等效成为电压源或电流源两种电路模型, 两者对外部电路是等效的, 但电源内部不等效。理想电压源和理想电流源是不可能等效的。实际应用中, 电源内阻 R_0 与负载电阻 R_L 相比, 当 $R_0 \ll R_L$ 时, $U \approx E$, 可以近似为理想电压源; 而当 $R_0 \gg R_L$ 时, $I \approx \frac{E}{R_0}$, 可以近似为理想电流源。

5. 叠加定理 对线性电路而言, 任何一条支路中的电流或某个元件两端的电压, 都可以看成是由电路中各个电源(电压源或电流源)分别作用时所产生的电流或电压的代数和。

功率不能用叠加定理计算, 因为功率与电流、电压之间不是线性关系。

6. 戴维南定理和诺顿定理

(1) 戴维南定理: 任何一个含源线性二端网络都可以等效成为一个理想电压源和内阻串联的电源。等效电源的电动势 E 等于该含源二端网络的开路电压(即该二端网络与外电路断开时其两 endpoint 之间的电压), 而内阻 R_0 则等于此二端网络内部所有电源都为零时(即各个理想电压源短路, 理想电流源开路)的两个输出 endpoint 之间的等效电阻。

(2) 诺顿定理: 任何一个含源线性二端网络都可以等效成为一个理想电流源和内阻并联的电源。等效电源的电流 I_s 等于该含源二端网络的短路电流(即该二端网络两 endpoint 短路后其中的电流), 而内阻 R_0 则等于此二端网络中所有电源都为零时的两个输出 endpoint 之间的等效电阻。

(二) 电路的暂态过程

电路的暂态过程是由于储能元件(电容元件和电感元件)的能量不能跃变而产生的。电阻、电容、电感元件的电路特性如表 1-1 所示。

表 1-1 电阻(R)元件、电容(C)元件和电感(L)元件的特性

特征	R 元件	C 元件	L 元件
伏安关系	$u = Ri$	$i = C \frac{du}{dt}$	$u = L \frac{di}{dt}$
能量	$\int_0^t Ri^2 dt$	$\frac{1}{2}Cu^2$	$\frac{1}{2}Li^2$

电容元件中电场能量 $\frac{1}{2}Cu_c^2$ 不能跃变, 所以其两端电压 u_c 不能跃变; 电感元件中磁场能量 $\frac{1}{2}Li_l^2$ 不能跃变, 所以其中电流 i_l 不能跃变。当电路中有储能元件时, 而电路又发

生换路事件(开关闭合、断开等),电路中的电压、电流将是一个随时间逐渐变化的过程,并最终达到稳定,这就是电路的暂态过程。

1. RC 电路的暂态过程 是由于电容元件充放电形成的,其电路见教材图 1-11。

(1) RC 电路的充电过程:由基尔霍夫定律和储能元件伏安特性可以得到

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{RC}u_c = \frac{E}{RC}$$

根据初始条件 $t=0$ 时, $u_c=0$, 解上述微分方程, 得出电容器充电时两端的电压和充电电流为

$$u_c = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}), i = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$$

在电容器的充电过程中,其两端电压 u_c 和充电电流 i 都随时间按指数规律变化,如教材图 1-12 所示。 $\tau = RC$ 称为电路的时间常数,它决定暂态过程中 u_c 和 i 的变化快慢。 τ 值越大,电流和电压的变化越缓慢; τ 值越小,则变化越快。

(2) RC 电路的放电过程:由基尔霍夫定律和储能元件伏安特性可以得到

$$\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{RC} = 0$$

根据初始条件 $t=0$ 时, $u_c = E$, 解上述微分方程得出电容器放电时两端的电压和放电电流分别为

$$u_c = Ee^{-\frac{t}{RC}}, i = \frac{u_c}{R} = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$$

在放电过程中,电容器两端的电压 u_c 和放电电流 i 都从它们各自的最大值按指数规律衰减。电容器放电的快慢也取决于时间常数 $\tau = RC$ 。

2. RL 电路的暂态过程

(1) RL 电路接通电源时,电感元件上的电流为 $i = \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{t}{L/R}})$,按指数规律上升。

(2) RL 电路断开电源时,电感元件上的电流为 $i = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{L/R}}$,按指数规律下降。

RL 电路的时间常数为 $\tau = \frac{L}{R}$ 。

(三) 正弦交流电路

1. 正弦交流电的三要素

(1) 频率 f 、周期 T 和角频率 ω :表示正弦量变化的快慢。三者间的关系为

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

(2) 有效值和幅值:表示正弦量的大小。交流电流的有效值是从交流电流与直流电流具有相等的热效应引出的 $(I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt})$, 对正弦量而言

$$\text{有效值} = \frac{\text{幅值}}{\sqrt{2}}$$

(3) 初相位:表示正弦量的起始相位,随计时起点($t=0$)不同而变化。两个同频率正弦量的初相位之差,称为相位差 φ ,不随计时起点而变化。

2. 正弦交流电的相量表示法 相量有两种表示形式。

(1) 相量式(复数式): $\dot{U} = U(\cos\varphi + j\sin\varphi) = Ue^{j\varphi} = U\angle\varphi$

j 的意义:① $j = \sqrt{-1}$,是复数中的虚数单位;② $\pm j = e^{\pm j90^\circ}$,是旋转 90° 的算子。例如相量 $j\dot{A}$ 比相量 \dot{A} 超前 90° ,即逆时针旋转 90° ;相量 $-j\dot{A}$ 比相量 \dot{A} 滞后 90° ,即顺时针旋转 90° 。

(2) 相量图:按照各个正弦量的大小和相位关系画出的若干个相量的图形,称为相量图。只有同频率的正弦量才能表示在一个相量图上。

相量只是表示正弦量,而不等于正弦量。

3. 电阻、电感与电容元件在交流电路中的特性

电阻 $\dot{U} = R\dot{I}$ (电阻电压与电流同相位)

电感 $\dot{U}_L = j\omega L\dot{I}$ (电感电压超前电流 90°)

电容 $\dot{U}_C = \frac{1}{j\omega C}\dot{I}$ (电容电压滞后电流 90°)

三种元件在交流电路中的电压、电流波形及其相位关系如教材图 1-18、1-19、1-20 所示。

其中感抗 $X_L = \omega L$ 、容抗 $X_C = \frac{1}{\omega C}$ 和电阻 R 一样,也具有阻碍电流的作用,也等于电压有效值 U 和电流有效值 I 之比。但 R 与频率无关,而 X_L 与频率 f 成正比, X_C 与频率 f 成反比。

4. RLC 串联电路及其谐振 RLC 串联电路如教材图 1-21 所示。根据基尔霍夫定律和正弦量的相量表示可以得到

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = R + j(X_L - X_C)$$

令 $Z = R + j(X_L - X_C)$,其大小为

$$|Z| = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

式中的 Z 称为交流电路的阻抗,而 $X_L - X_C$ 叫做电抗,它们的单位都是欧姆(Ω)。

总电压与总电流的相位差 φ 为

$$\varphi = \arctan \frac{X_L - X_C}{R} = \arctan \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

当 $X_L > X_C$ 时, $\varphi > 0$,总电压超前于电流,电路呈电感性;

当 $X_L < X_C$ 时, $\varphi < 0$,总电压滞后于电流,电路呈电容性;

当 $X_L = X_C$ 时, $\varphi = 0$, 总电压与电流同相位, 电路呈纯电阻性。

串联谐振条件:

$$X_L - X_C = \omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C} = 0$$

串联谐振角频率和频率:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

串联谐振电路的基本特性: ① u 、 i 同相, 电路阻抗为纯电阻性质; ② 电路阻抗最小, 谐振电流最大; ③ 电感与电容两端的电压大小相等、相位相反。

串联电路发生谐振的方法: 调整信号源的频率, 使它等于电路的固有频率; 调整 L 和 C 值的大小, 使电路的固有频率等于信号源的频率。

串联谐振在无线电工程中应用广泛, 利用谐振的选择性对所需频率的信号进行选择和放大, 而对其他不需要的频率加以抑制。

5. LC 并联谐振回路 LC 并联电路如教材图 1-22 所示。

并联谐振频率及角频率:

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad \omega_0 \approx \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

电路的品质因数:

$$Q = \frac{I_C}{I} = \frac{I_L}{I} = \frac{1}{\omega_0 CR} = \frac{\omega_0 L}{R}$$

Q 值标志着谐振回路的质量, Q 值越大, 损耗越小; Q 值越小, 损耗越大。

并联谐振电路的基本特性: ① 回路的总阻抗最大, 且 Q 值越高, 阻抗越大, 当外加信号频率偏离 f_0 时, 回路阻抗明显变小; ② 总阻抗呈纯电阻性, 总电流 i 与回路两端的电压 u 同相位; ③ 两支路的电流很大, 而总电流却很小, 且支路电流是总电流的 Q 倍。

6. RC 串联电路 电路如教材图 1-25 所示, 电容两端电压与总电压之比及相位差为

$$\frac{U_C}{U} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}, \quad \varphi = -\arctan(\omega RC)$$

信号频率越高, $\frac{U_C}{U}$ 越小; 频率越低, $\frac{U_C}{U}$ 越大。

同理, 电阻上的电压与总电压之比及相位差为

$$\frac{U_R}{U} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}}, \quad \varphi = \arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

$\frac{U_R}{U}$ 随着信号频率升高而增大。

这种特点使得 RC 电路具有滤波的作用, 相关内容详见教材第四章。

二、重点与难点

(一) 本章重点

1. 基尔霍夫定律、叠加定理的应用,电路的等效变换,戴维南定理和诺顿定理;
2. 暂态过程的基本分析方法;
3. 正弦交流电路的相量分析,谐振电路的频率特性及基本特征。

(二) 本章难点

1. 基本电路分析定律的灵活应用;
2. 正弦电路的相量分析法。

三、扩展知识

(一) 电路模型

为了方便进行分析和计算,需要将实际电路转化为电路模型。电路的模型化就是将实际元件理想化,由一些理想电路元件所组成的电路就是实际电路的电路模型。对于同一个实际元件,在不同的条件下其电路模型是不同的。以电感线圈为例,在直流状态下,其等效模型就是一个理想小电阻;在交流状态下,其等效模型又变为理想电阻与理想电感的串联;随着频率变成高频、甚高频,其等效模型又转变为理想电阻与理想电感的串联,再和理想电容的并联形式。因此电路的等效模型要根据不同电气条件突出其主要的电磁性质,而忽略其次要因素,理想电路元件(如电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等)分别由相应的参数来表征,用规定的图形符号来表示。在电路分析中使用的都是电路模型。

(二) 一阶线性电路暂态分析的三要素法

只含有一个储能元件或可等效为一个储能元件的一阶线性电路暂态过程中,电压、电流等变量的暂态响应都可用下式表达

$$f(t) = f(\infty) + [f(0) - f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

只要知道三个“要素”:初始值 $f(0)$ 、稳态值 $f(\infty)$ 和时间常数 τ ,就能直接写出电路的响应。

例如电容电路的三种响应:零输入响应、零状态响应和全响应。

1. 零输入响应 无电源激励,由电容的初始电压产生的电路响应。此时 $u_C(0) = E$, $u_C(\infty) = 0$, $\tau = RC$,因此得到 $u_C = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ 。

2. 零状态响应 电容上无初始电压,由电源激励产生的电路响应。此时 $u_C(0) = 0$, $u_C(\infty) = E$,得到 $u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ 。

3. 全响应 电源激励和电容初始电压都不为零时的电路响应。此时 $u_C(0) = U_0$, $u_C(\infty) = E$,得到 $u_C = E + (U_0 - E)e^{-\frac{t}{\tau}}$ 。

四、典型例题

【例 1-1】 用叠加定理求图 1-1(a) 所示电路中的电压 U 。已知 $I_S = 3 \text{ A}$, $U_S = 6 \text{ V}$, $R_1 = 1 \ \Omega$, $R_2 = 2 \ \Omega$, $R_3 = 6 \ \Omega$, $R_4 = 6 \ \Omega$ 。

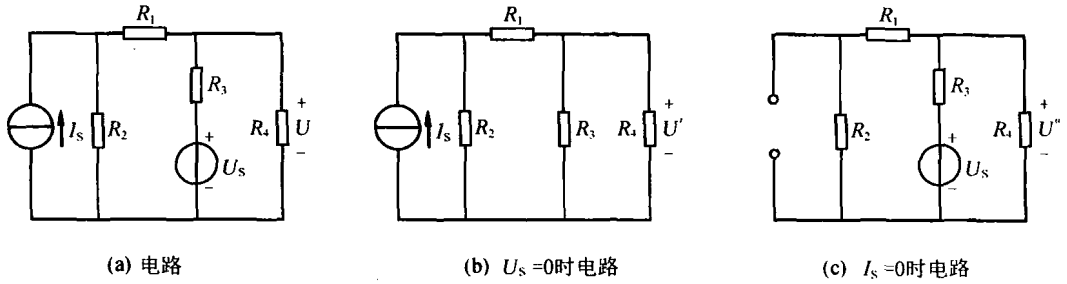


图 1-1 典型例题 1-1 附图

解：该电路有两个电源同时作用，根据叠加定理，画出电流源和电压源单独作用时的等效电路图，如图 1-1(b)和图 1-1(c)所示。所求电压

$$U = U' + U''$$

在图 1-1(b)中将电流源并电阻支路转换为电压源串电阻的支路，得

$$U' = \frac{I_s R_2}{R_2 + R_1 + R_3 // R_4} \cdot (R_3 // R_4) = \frac{3 \times 2}{2 + 1 + \frac{6 \times 6}{6 + 6}} \times \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3 \text{ V}$$

从图 1-1(c)得

$$\begin{aligned} U'' &= \frac{U_s}{R_3 + R_4 // (R_1 + R_2)} \cdot [R_4 // (R_1 + R_2)] \\ &= \frac{6}{6 + \frac{6 \times (1+2)}{6+1+2}} \times \frac{6 \times (1+2)}{6+1+2} = \frac{3}{2} \text{ V} \end{aligned}$$

所以
$$U = U' + U'' = 3 + \frac{3}{2} = 4.5 \text{ V}$$

【例 1-2】 图 1-2 所示电路中，开关 K 断开已久。t=0 时将 K 闭合，求 $i_k(0_+)$ 。

解：开关 K 闭合前，电路处于稳态。此时，电感相当于短路，电容相当于开路，电容两端电压为 $u_c(0_-) = \frac{10}{4+5+1} \times (5+1) = 6 \text{ V}$ ；电感上电流为 $i_L(0_-) = 0$ ；电路总电流 $i(0_-) = \frac{10}{4+5+1} = 1 \text{ A}$ 。

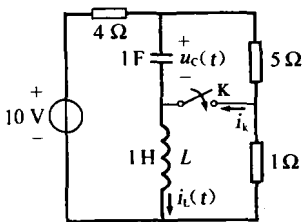


图 1-2 典型例题 1-2 附图

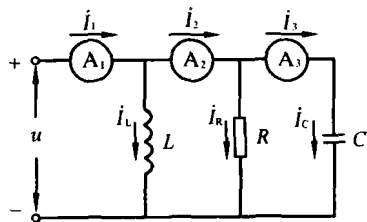


图 1-3 典型例题 1-3 附图