



电路信号及系统 研究生试题选解

江苏科学技术出版社

内 容 简 介

本题解收集了全国二十四所高等院校有关《电工基础》、《电路理论》、《信号与系统》等课程自1978年以来的招收硕士研究生考试试题共330道,并分为九类,逐题作出详细解答。解题时,着重介绍分析方法和运算技巧,并用电路变换图、波形图对问题加以说明。另外,对部分重点题,还给出了几种解答方法,加以比较。

本书不仅对报考电类各专业的硕士研究生的同志具有参考价值,而且可作为高等院校理工科电类各专业的在校学生和从事《电路理论》方面的教学工作者的参考书。

电路信号及系统研究生试题选解

沙玉钧 主编

出版:江苏科学技术出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:江苏新华印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 21.625 字数 478,000

1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数 1—8,000册

书号 15196·145 定价 4.50 元

责任编辑 许顺生

序 言

——论 解 题

解答习题，是学习过程中一个重要的实践性环节。任何一门自然科学课程，每当学习告一段落，都要作习题。学生通过解题的训练，可以深刻领会、加深理解已学到的理论，并掌握灵活运用的方法。

由于解题的目的主要不是为了获得结果，而是为了训练正确运用理论分析问题、解决问题的能力，因而解题时就必须把主要精力放在思考问题与分析问题上，随时注意严密的逻辑思维与严格的科学论证。一题到手，首先要搞清楚题目给定的是什么，要求解什么。对于电路方面的习题，仔细看过题目之后，需要根据题意重画一下电路图，整理重写一下题给的已知条件及需要求解的问题。这对于明确问题的出发点及目的地，明确思考的方向，启发自己的思路，都是大有好处的。明确了起点及终点，下一步就是找出由此及彼的一条通路。这是关键性的一步。作习题的目的，主要就是训练这一步。对于同一习题，解答的方法有时可以有多种，最好能考虑几种方案，比较并选择最简捷的道路。这本《题解》也是依据这样一些指导思想来编写的。

对于理论的运用，教科书中的例题作出了某些示范。教科书中很大一部分内容，也可以看成是基本原理在具体运用上的典型例题。但仅记住了书本上的示例，不等于已经掌握

了分析方法。要真正掌握对基本原理的灵活运用，只有通过自己反复实践，而这正是习题应起的作用。因此，习题一定要自己作，不但应当多作，而且每作一题，都要思考一下运用方法所依据的基本原理。在对基本分析方法大体熟悉之后，便应当抛开现成的方法，力求运用基本原理找出新的解题方法，这就是常说的“灵活运用”。教科书中的习题，大体上也是按照这一考虑编排的。

只有对解题方法及过程已经大体上心中有数以后，才正式动笔把它解出来。也有可能具体解题过程中会遇到预想不到的困难，甚至会发现“此路不通”，需要重新考虑。但无论如何，必须作到“意在笔先”，决不要仓促动笔，盲目乱碰。这一动笔解题过程，一方面是具体证实运用理论分析问题的正确性，也通过具体演算训练运用数学工具的能力；另一方面，还必须注意过程的条理性及完整性。因为分析问题与解决问题的能力，应包括正确的逻辑思维及把这一思维完整地表达出来两个方面。对于理工科的绝大部分课程，表达的工具主要是“数学语言”。解题的层次分明，条理与推导演算过程的有条不紊，都是这一能力的具体训练。此外，画图的工整，书写的整齐清楚，也是科学工作者应当有的严谨作风。所有这些，都应该在作习题时得到训练。

毫无疑问，解题能力的提高，主要应当依靠自己的实践，靠自己多做多练。但解题如同其他任何工作一样，前人的实践，他人的经验体会，总是可以借鉴的，对自己总是可以起到启迪作用的。我们这本《题解》，也就是为了帮助读者提高这方面的能力而编写的。

本书收集的题目，是近几年来国内一些高等院校有关电路信号及系统课程研究生的入学试题（其中个别题的文字做

了微小的修改),它不同于一般教科书中每章后的习题。教科书每章后的习题,目的是供学生系统学习该课程的练习;而研究生入学试题,出题者的目的是用以考察学生对本门课程基本理论的掌握程度及灵活运用能力。题目比较灵活多样,一般难度也比较大,而且要求解题者必须在规定时间内,完全凭借自己的能力,独立分析,独立解决。这对于已经系统学完这门课程的学生来说,试做这些题目对自己是一个很好的自我考试。一方面可以衡量出自己对这门课程熟练掌握的程度;另一方面,可以从中发现自己过去学习中的某些不足之处,及时补充解决。我们收集这些考题,作出详细题解目的是帮助读者在“自我考试”后,能对照题解,进行“自我批阅”,证实自己独立分析能力,补充过去学习中的某些缺陷。同时,也希望通过题解,在如何分析问题,以及如何用较完整的“语言”加以表达等方面,为读者提供某些示范。因此,建议读者在作题后对比题解时,不仅看结果是否正确,也对比一下所应用的方法以及表达这一分析过程的逻辑性、完整性及条理性。

这里需要指出,作出这些题解的同志们,虽然总的来说,对本门课程的熟练掌握程度,可能比读者高一点,但决不是在所有各方面都是高明的。读者应该用批判的态度来对待每一题解,相信一定能发现,有一些题目,读者所用的分析方法,比这本《题解》所提供的更简捷,更巧妙。

本《题解》由南京工学院无线电工程系“电路基础”教研组教师刘延鹏、江金容、夏恭恪、王济清、华似韵、李振铎、陈正风、张克、吴叔美、何琴芳、孙崇洲、张琳琳、周培德、吴玉玉、柯锡明、范定松、张锡昌分别作出解答;刘延鹏、夏恭恪、吴叔美、何琴芳同志参与审编工作;刘延鹏、吴叔美

同志还担任了全书的资料搜集整理和具体组织工作。许多兄弟院校及时提供了试题和帮助，在此表示感谢。

编者

1983. 6

本书是根据《1983年全国硕士研究生入学统一考试数学考试大纲》的要求，结合多年来的教学经验和命题规律，精心编选而成的。本书可作为报考数学专业研究生的参考书，也可作为数学专业本科生的参考书。本书共分四章，第一章为高等代数，第二章为解析几何，第三章为微分几何，第四章为微分方程。本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了许多同志的帮助，在此表示衷心的感谢。

目 录

一、直流电路	1
二、交流电路	88
三、时域分析	247
四、频域分析	333
五、复频域分析	427
六、状态变量分析	550
七、离散系统分析	590
八、传输线与电磁场	633
九、其他	673

一、直流电路

1-1 如图 1-1-1 所示立方体的 12 个棱边, 均有 1Ω 的热阻丝构成, 试求立方体两对角点间的等效电阻 $R_{AG}=?$ (中国科技大学 81 年)。

解 由所给电路可知, 该电路明显具有对称性, 因此可用以下方法求解。

方法一 如在图 1-1-1 所示电路中的 A 、 G 两点间外施一电压, 则根据所给电路的对称特点 (即电路以 AG 轴线左右对称),

图中 B 、 D 、 E 三点电位相等; C 、 F 、 H 三点电位相等。等电位点间可以用短路线联接, 不会改变电路的工作状态。因此, 用短路线把 B 、 D 、 E 三点联接起来, 把 C 、 F 、 H 三点也联接起来, 并改画电路于平面上, 可得其等效电路如图 1-1-2 所示。

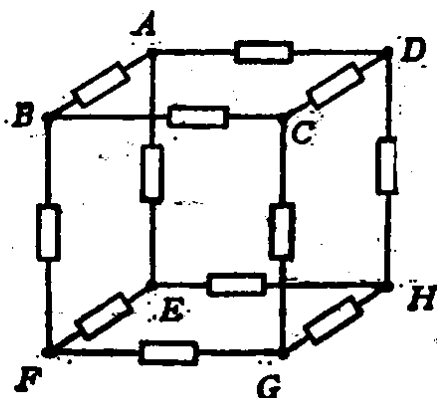


图 1-1-1

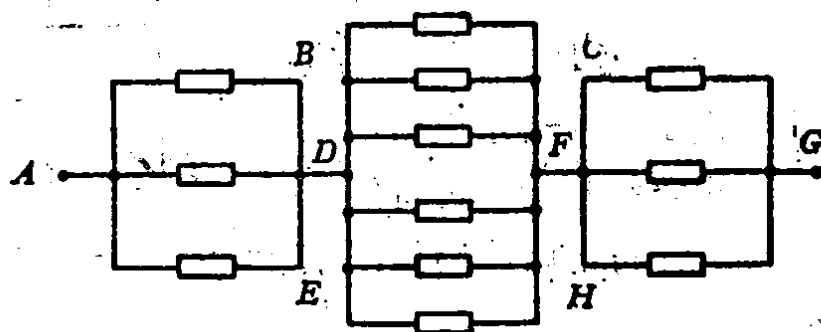


图 1-1-2

由此等效电路可求得立方体两对角点间的等效电阻为

$$R_{AG} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6} (\Omega)$$

方法二 用电流分布系数法求。

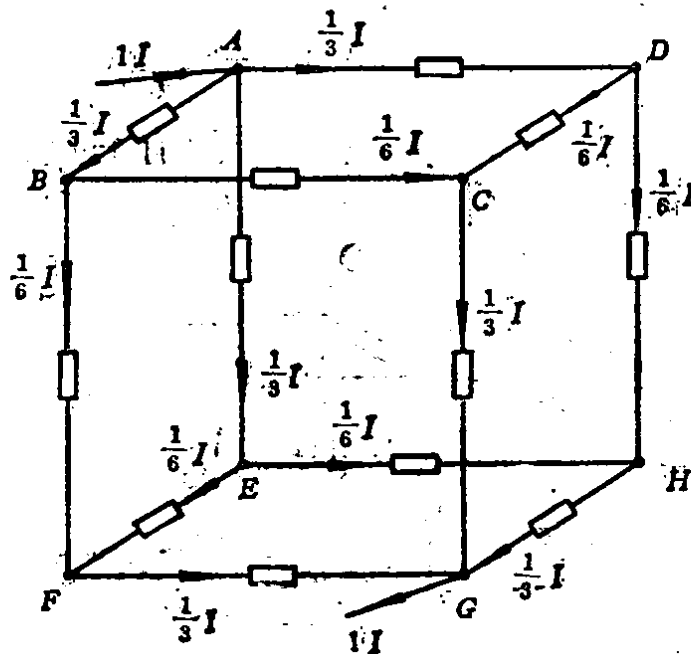


图 1-1-3

根据所给电路结构上的对称情况，决定各支路电流的分布如图 1-1-3 所示。

由图 1-1-3 不难求得

$$\begin{aligned} U_{AG} &= \frac{1}{3} IR \\ &+ \frac{1}{6} IR + \frac{1}{3} IR \\ &= \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \right) I \end{aligned}$$

所以 $R_{AG} = \frac{U_{AG}}{I} = \frac{5}{6} \Omega$

1-2 如图 1-2-1 所示之六面体，每一棱电阻均为 1Ω ， cd 两点间接一短线，试求 ab 两点间之等值电阻 $R_{ab} = ?$ （南京工学院 79 年）。

解 由于图 1-2-1 所示电路中 c 、 d 两点间有短路线相接，可将线段 cd 缩成一点，并将电路改画如图 1-2-2 所示。

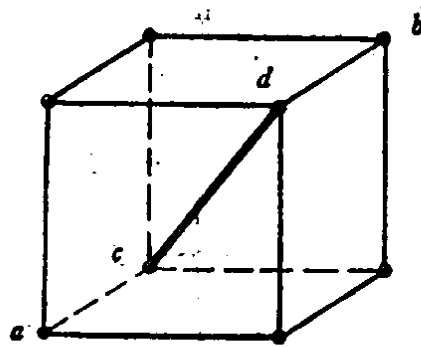


图 1-2-1

图 1-2-2 所示电路具有传递对称和平衡对称特点。本电路利用平衡对称的特点求解比用传递对称特点要方便。图中

m, c, d, n 为平衡对称线, 电路中与平衡对称线相交的点 m, c, d , 和 n 为同电位点, 可以短接为一点. 由图 1-2-2 可知

$$R_{ab} = 2 \times \frac{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{\frac{1}{2} \times 1}{1 + \frac{1}{2}} \right) \times 1}{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{\frac{1}{2} \times 1}{\frac{1}{2} + 1} \right) + 1}$$

$$= \frac{4}{5} = 0.8 \Omega$$

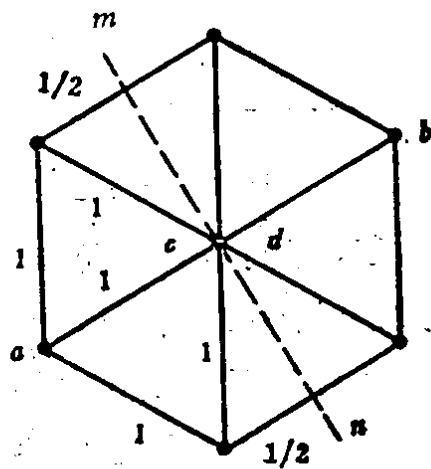


图 1-2-2

1-3 一电阻网络有 $n+1$ 个结点(编号 $0, 1, 2, 3 \dots k, \dots, n-1, n$), 每二结点间有 1Ω 电阻

直接相连如图 1-3-1 所示. 求任意二结点间的等效电阻值. (南京工学院 81 年).

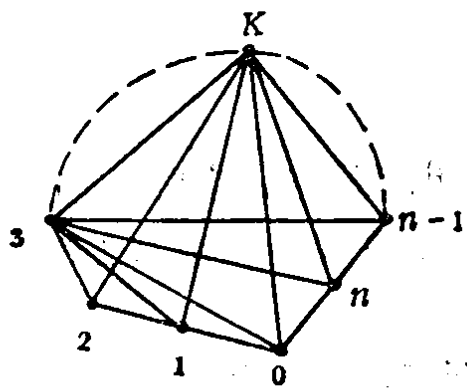


图 1-3-1

解 图 1-3-1 所示电路具有传递对称和平衡对称的特点, 但其结构特点不明显, 哪些是等电位点需要仔细地判定, 不可想当然地判定. 根据电路结构来判定电路中的等电位点, 可采用试探法: 将电路中可能是等电位点之间的支路都断开, 然后分析一下这些点之间的电压是否为零. 若为零, 则这些点是等电位点; 否则, 就不是. 对于本题, 我们可以设想任取两个结点(如 2, 3), 在其上外施某一电压, 同

然地判定. 根据电路结构来判定电路中的等电位点, 可采用试探法: 将电路中可能是等电位点之间的支路都断开, 然后分析一下这些点之间的电压是否为零. 若为零, 则这些点是等电位点; 否则, 就不是. 对于本题, 我们可以设想任取两个结点(如 2, 3), 在其上外施某一电压, 同

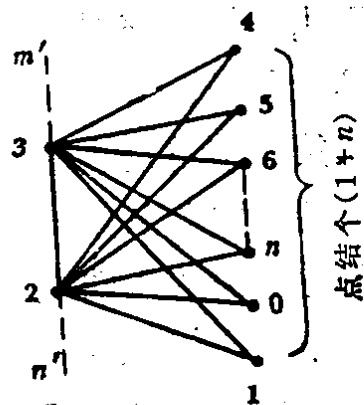


图 1-3-2

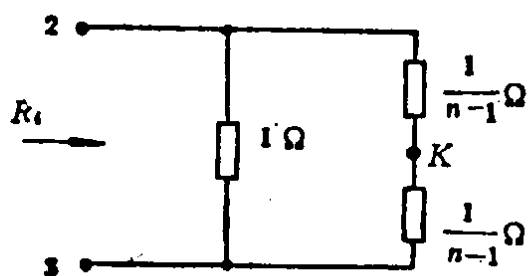


图 1-3-3

时把其余结点(4、5、6、 $\cdots$ 、 n 、0、1、共计 $n-1$ 个)之间的支路都断开,仅留下它们与 2、3 结点间的支路,如图 1-3-2 所示。由此图可明显地断定这 $(n-1)$ 个结点之间的电位

差为零,它们是等电位点。等电位点之间可以短接,也可以断开。如果用短路线把这 $(n-1)$ 个结点联结为一个结点(如 K),则 K 点与结点 2 或 3 之间都有 $(n-1)$ 个电阻相并联。由此得任意两结点间的等效电路如图 1-3-3 所示。

由此等效电路可求知任意二结点间的等效电阻为

$$R = \frac{1 \times \frac{2}{n-1}}{1 + \frac{2}{n-1}} = \frac{2}{n+1} \Omega$$

1-4 图 1-4-1 为一无限长梯型电阻网络,串臂电阻均为 2Ω ,并臂电阻均为 $1/2\Omega$,求入端电阻 R_i 。(南京工学院 79 年)

解 根据题意,图 1-4-1 所示的网络是由无限多节倒 L 型网络的级联而成的梯型网络。如设网络的入端电阻为 R_i ,则由于该网络是无限长的,有无限多节,去掉一节后,它仍然是无限长、无限多节,因此它的入端电阻仍然是 R_i 。也就是说从第二节看进去的入端电阻与从第一节看进去的入端电阻相同,都是 R_i 。于是得等效电路如

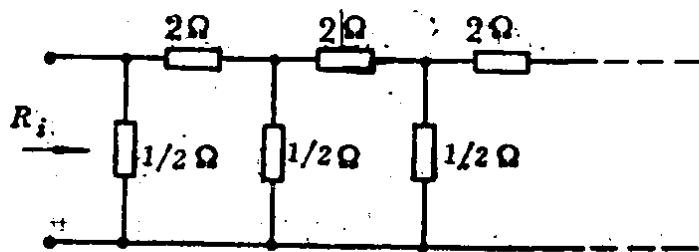


图 1-4-1

图 1-4-2 所示。

由等效电路可列出方程

$$R_i = \frac{\frac{1}{2} \times (2 + R_i)}{\frac{1}{2} + 2 + R_i} = \frac{2 + R_i}{5 + 2R_i}$$

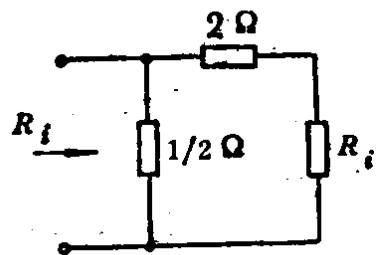


图 1-4-2

即 $R_i^2 + 2R_i - 1 = 0$

解方程得 $R_i = -\frac{2}{2} \pm \sqrt{1+1} = -1 \pm \sqrt{2}$

由题给条件知,组成网络的电阻均为正电阻,所以网络的入端电阻 R_i 必定为正值,故取

$$R_i = -1 + \sqrt{2} = 0.414 \Omega$$

1-5 电路如图 1-5-1 所示。当(a) $U_2 = U_1$, (b) $U_2 = -U_1$ 时,试分别计算上述两种情况时电流 I_1 的值。(设 $U_1 = 1V$) (华东工程学院 81 年)。

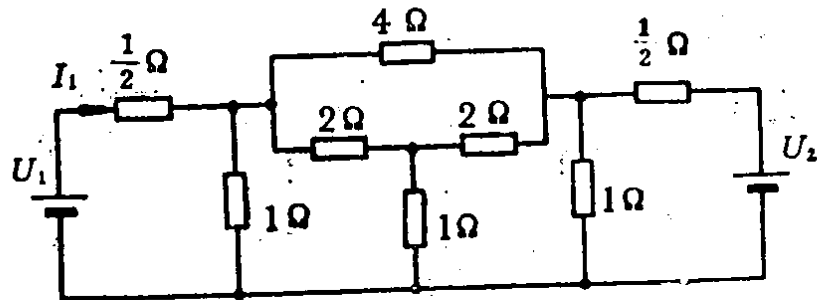


图 1-5-1

解 由于图 1-5-1 所示电路为一对称二端口网络,外接电源数值相等,故使用中分定理求解比较简便。当 U_1 和 U_2 大小相等、极性相同时,网络在中剖处未交叉的端口应开路(因为由叠加原理知其电流等于零);而当 U_1 和 U_2 大小相等、极性相反时,网络在中剖处未交叉的端口应短路。分别如图 1-5-2、1-5-3 所示。

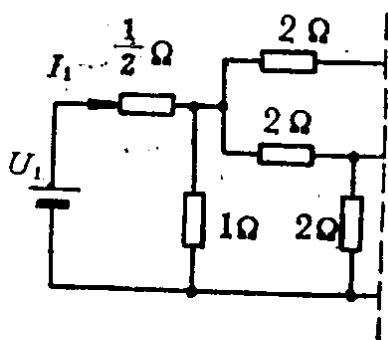


图 1-5-2

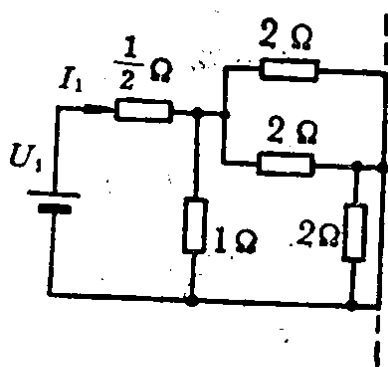


图 1-5-3

(a) 由于 $U_2 = U_1 = 1V$, 因此中分后的电路如图 1-5-2 所示, 所以

$$I_1 = \frac{U_1}{0.5 + \frac{1 \times (2 + 2)}{1 + 2 + 2}} = \frac{1}{0.5 + 0.8} = 0.769(A)$$

此电流即为中分前电路在 $U_2 = U_1 = 1V$ 共同作用下, U_1 支路中的电流 I_1 。

(b) 由于 $U_2 = -U_1 = -1V$, 因此中分后的电路如图 1-5-3 所示, 所以

$$I_1 = \frac{U_1}{0.5 + \frac{1 \times \frac{2 \times 2}{2 + 2}}{1 + \frac{2 \times 2}{2 + 2}}} = \frac{1}{0.5 + 0.5} = 1(A)$$

此电流即为中分前电路在 $U_2 = -U_1$ 作用下流过 U_1 支路的电流 I_1 。

1-6 一电路如图 1-6-1 所示, 求图中流过各电阻的电流和电阻上消耗的功率, 以及各电源供给的功率。图中电阻的单位为欧姆。(福州大学 81 年)

解 由于电路对称, 两电源相同, 因此可应用中分定理求解。中分后的电路如图 1-6-2 所示。

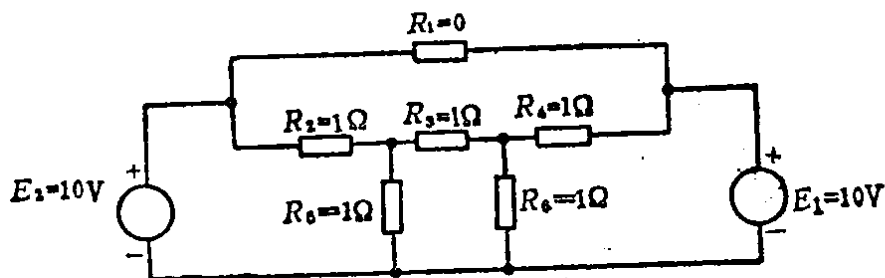


图 1-6-1

$$I_2 = \frac{E_2}{R_2 + R_5} = \frac{10}{2} = 5(\text{A})$$

$$I_1 = 0$$

$$I_3 = 0,$$

所以各支路电流为

$$\begin{aligned} I_{E2} = I_{E1} = I_2 = I_{R2} = I_{R5} \\ = I_{R4} = I_{R6} = 5(\text{A}) \end{aligned}$$

$$I_{R3} = I_3 = 0$$

各电阻消耗的总功率为

$$\begin{aligned} P &= R_1 I_{R1}^2 + R_2 I_{R2}^2 + R_3 I_{R3}^2 + R_4 I_{R4}^2 + R_5 I_{R5}^2 + R_6 I_{R6}^2 \\ &= 0 + 1 \times 5^2 + 0 + 1 \times 5^2 + 1 \times 5^2 + 1 \times 5^2 \\ &= 4 \times 5^2 = 100(\text{W}) \end{aligned}$$

各电源供给的总功率

$$\begin{aligned} P_E &= P_{E1} + P_{E2} \\ &= E_1 I_{E1} + E_2 I_{E2} \\ &= 10 \times 5 + 10 \times 5 = 100\text{W} \end{aligned}$$

由于 $R_1 = 0$, E_1 、 E_2 、 R_1 形成一无电阻回路, 这一回路可以存在任何大小及方向的电流而不影响电路工作, 因而电源 E_1 及 E_2 还可以有任意大小的, 直接的功率交换。

1-7 如图 1-7-1 所示的电路, 试求左边电流源 3A 的端电压(图中的电阻单位为欧姆)。(华东工程学院 79 年)。

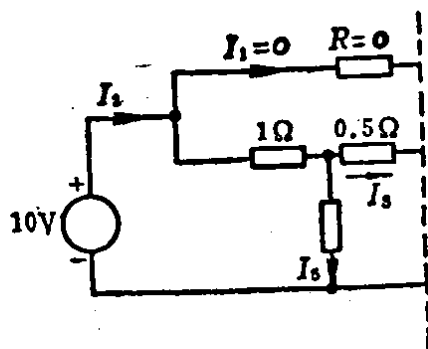


图 1-6-2

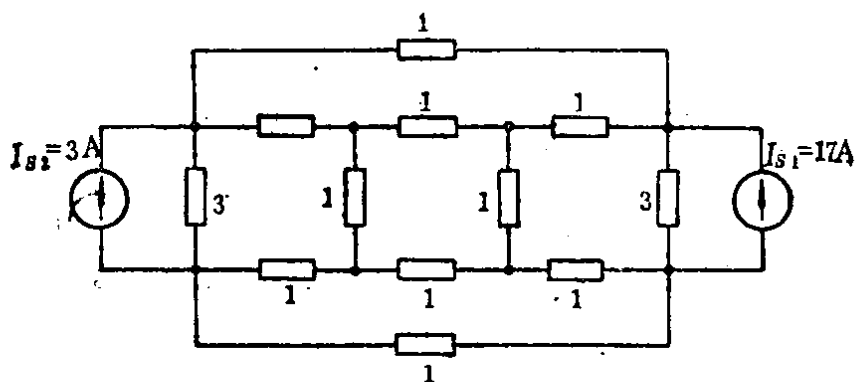


图 1-7-1

解 本题电路从电流源激励的两端口看, 是一平衡对称网络, 因此可将端口的电流源分解为两电流源 I_1 与 I_2 的叠加, 其中

$$I_1 = \frac{1}{2}(I_{S1} + I_{S2})$$

$$I_2 = \frac{1}{2}(I_{S1} - I_{S2})$$

所以

$$I_{S1} = I_1 + I_2$$

$$I_{S2} = I_1 - I_2$$

这样图 1-7-1 就分解为图 1-7-2 和图 1-7-3 的叠加,

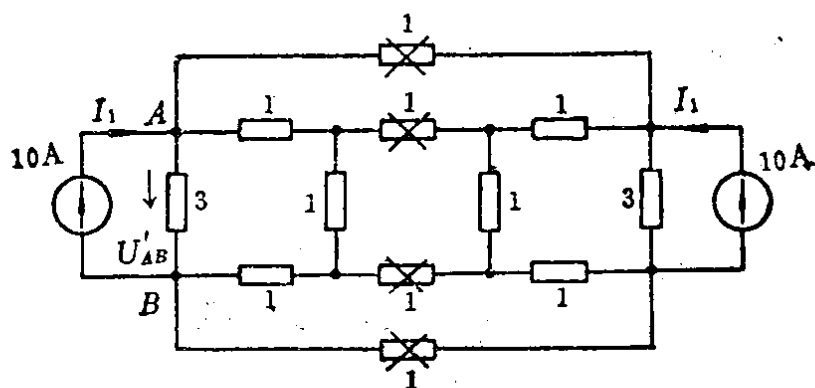


图 1-7-2

对图 1-7-2 来说, 不难用叠加原理求得中间四个打“×”号电阻中的电流为零, 可以视为开路, 因此

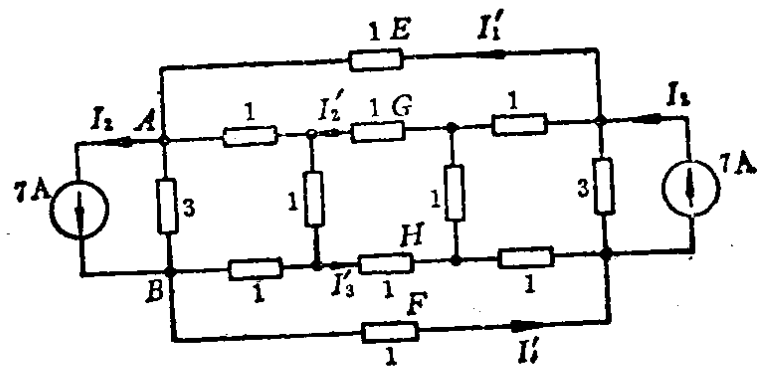


图 1-7-3

$$U'_{AB} = R_{AB} I_1 = \frac{3}{2} \times 10 = 15(\text{V})$$

对图 1-7-3 来说, 不难用叠加原理证明, $I_1 = I_4$, $I_2 = I_3$, 且 $U_{EF} = 0$, $U_{GH} = 0$, 故可分别将它们短接, 如图 1-7-4 和图 1-7-5 所示.

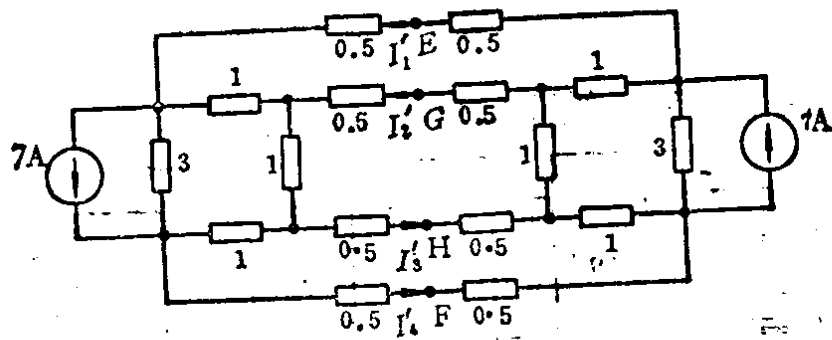


图 1-7-4

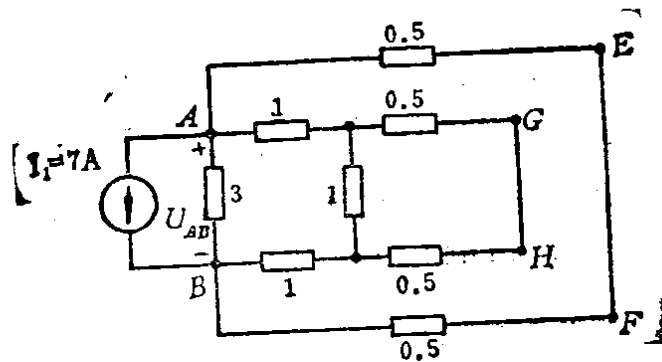


图 1-7-5

因此, $U'_{AB} = -R_{AB}I_2$

$$= -\frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{2}{5} + 1} \times 7 = -4.04(\text{V})$$

所以, $U_{AB} = U'_{AB} + U'_{AB} = 15 - 4.04 = 10.96(\text{V})$

1-8 如图 1-8-1 所示之电路,求支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I_5 。(中国人民解放军通讯工程学院 82 年)。

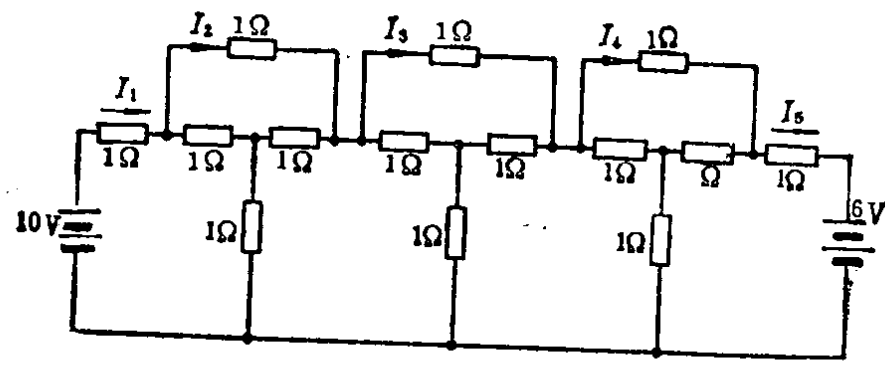


图 1-8-1

解 原电路为三级双口桥梯型网络级联,如图 1-8-2。

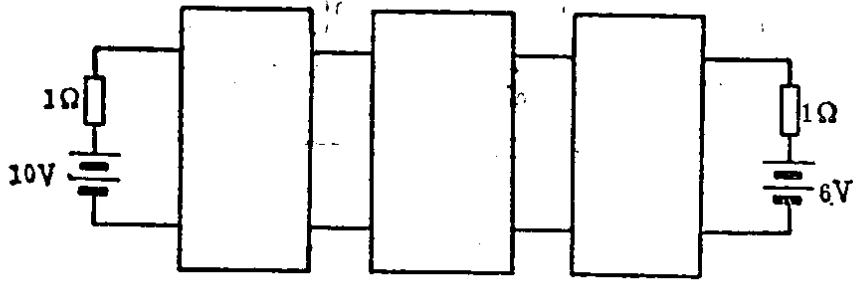


图 1-8-2

每一对称双口网络是特性阻抗为 1Ω 的匹配连接的平衡电桥,如图 1-8-3。应用叠加原理,当左端 10V 电源单独作用时(将 6V 电压源短路),则可得如图 1-8-4 所示的等效电路。

因此,对第一级双口网络有

$$I'_1 = \frac{E_1}{R_1 + R_{\text{总}}} = \frac{10}{2} = 5(\text{A})$$