

(日)岩本 洋著 袁 棣林 译

电子电路计算入门

人民邮电出版社

わかりやすく解まやすい

電子回路計算法の完成

(日) 岩本 洋

(1978)

内 容 提 要

本书是帮助读者掌握电子电路计算方法的一本入门读物。第一章介绍计算电子电路必需的数学知识，第二章至第七章分别讲解有关电工原理、放大电路、振荡电路、脉冲电路、调制和检波电路、电源电路的计算方法。书中给出近二百道例题及二百多道习题(附解答)，文字浅显通俗，便于自学。

本书适于自学电子电路的工程技术人员和无线电爱好者阅读，也可供大专院校师生参考。

电子电路计算入门

(日) 岩本 洋著

袁 棣 林 译

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本: 787×1092 1/32 1982年9月 第 一 版

印张: 10 20/32 页数: 170 1982年9月河北第一次印刷

字数: 238 千字 印数: 1—46,000 册

统一书号: 15045·总2610—无6194

定价: 1.15 元

原 序

近来电子技术发展之快，实在令人惊异，而其核心就是“电子电路”。对于准备学习电子技术的读者说来，熟练地掌握电子电路非常重要。只有充分打好电子电路的基础，才能进一步向更高深的领域前进。作者认为，要想学好电子电路，就应该理解电路的结构和作用，并预备好纸笔，动手多解一些计算题才行。

作者在写作本书时，力求能让初学者不感到有多大困难，比较顺利地打好电子电路基础。

第一章介绍计算电子电路时要用到的数学知识，收入了行列式、指数、对数、三角函数、微分、积分、微分方程、偏微分、傅利叶级数这样一些内容，通过解题，简明地作了讲解。

第二章为电工原理，收入的是欧姆定律、基尔霍夫定律这类极为基本的、对于计算电子电路来说必不可少的一些内容。

第三章至第七章可以说是本书的正文，作为电子电路基础，分别给出了关于放大电路、振荡电路、脉冲电路、调制及检波电路、电源电路的计算方法。十分熟练地把这些电路的计算掌握起来，这是真正学好电子电路的一条捷径，也才能为将来进一步学习更高深的电子技术打好基础。

写作本书时，参考了国内外许多著作，在此谨对各位著者深表谢意。

最后，请允许我向建议写这本书的启学出版社户井田丰先生以及担任本书编校工作的关口正博先生表示由衷的感谢。

岩本 洋

1978年6月

目 录

原 序

第一章 电子电路计算的必要数学知识 (1)

1.1 行列式 (1)

〔用行列式解二元一次联立方程〕 (1)

〔用行列式解三元一次联立方程〕 (3)

1.2 指数运算 (8)

1.3 对数 (9)

1.4 三角函数 (10)

〔度与弧度〕 (10)

〔求三角函数的值〕 (12)

〔三角函数公式〕 (13)

1.5 微分 (15)

〔求函数的平均变化率〕 (15)

〔求函数的导数〕 (16)

〔求函数的导函数〕 (17)

〔对函数进行微分〕 (17)

1.6 积分 (20)

〔对函数进行积分〕 (20)

〔分部积分法〕 (22)

〔对指数函数进行积分〕 (24)

〔对三角函数进行积分〕 (25)

〔用定积分求面积〕 (26)

1.7 微分方程 (29)

〔解变量分离型微分方程〕 (29)

1.8 偏微分	(32)
〔求函数对 x 和 y 的偏微分〕	(32)
〔求函数对 x 、 y 、 z 的偏微分〕	(34)
1.9 傅利叶级数	(35)
〔将各种波形展为傅利叶级数〕	(35)
自习题 1	(39)
自习题 1 的解答	(44)

第二章 电工原理

2.1 欧姆定律	(61)
〔欧姆定律〕	(61)
〔电流和电荷的关系〕	(63)
〔电阻的连接〕	(64)
〔电流的分流〕	(67)
〔分流器〕	(68)
〔倍率器〕	(69)
〔求电阻器所消耗的电功率〕	(70)
〔导体的电阻〕	(71)
2.2 基尔霍夫定律	(74)
〔基尔霍夫第一定律〕	(74)
〔基尔霍夫第二定律〕	(75)
〔求各支路电流〕	(76)
2.3 电磁感应	(83)
〔楞次定律〕	(83)
〔法拉第电磁感应定律〕	(84)
〔自感应〕	(85)
〔互感应〕	(86)
2.4 电容器	(88)
〔电容〕	(88)

〔电容器的连接〕	(90)
2.5 交流	(93)
〔正弦交流电的基础〕	(93)
〔正弦交流电的平均值和有效值〕	(94)
〔正弦交流基本电路〕	(97)
〔 R - L 串联电路〕	(101)
〔 R - C 串联电路〕	(102)
〔 R - L - C 串联电路〕	(104)
〔 R - L - C 并联电路〕	(107)
2.6 过渡过程	(109)
〔 R - L 串联电路〕	(109)
〔 R - C 串联电路〕	(112)
自习题 2	(115)
自习题 2 的解答	(122)
第三章 放大电路的计算	(131)
3.1 半导体三极管	(131)
〔半导体三极管的 h 参数和等效电路〕	(131)
〔电流放大系数〕	(135)
〔电流传输系数〕	(136)
〔截止频率〕	(138)
〔集电极截止电流〕	(138)
〔什么是热击穿〕	(141)
3.2 放大倍数和增益	(142)
〔放大倍数和增益的关系〕	(142)
〔总增益的求法〕	(145)
3.3 偏置电路	(147)
〔偏置电路的必要性〕	(147)
〔固定偏置电路〕	(148)

〔自偏置电路〕	(150)
〔电流负反馈偏置电路〕	(152)
〔旁路电容器的作用〕	(153)
〔组合式偏置电路〕	(155)
〔固定偏置电路的稳定系数〕	(156)
〔自偏置电路的稳定系数〕	(159)
〔电流负反馈偏置电路的稳定系数〕	(160)
〔组合式偏置电路的稳定系数〕	(163)
3.4 各种偏置电路的设计	(165)
〔固定偏置电路的设计〕	(165)
〔自偏置电路的设计〕	(169)
〔电流负反馈偏置电路的设计〕	(170)
3.5 $R-C$ 耦合放大电路	(178)
〔 $R-C$ 耦合放大电路负载线的画法〕	(178)
〔最佳集电极电流的求法〕	(179)
〔设计 $R-C$ 耦合放大电路〕	(183)
3.6 变压器耦合放大电路	(188)
〔变压器耦合放大电路负载线的画法〕	(188)
〔变压器耦合放大电路最佳集电极电流的求法〕	(189)
〔什么是阻抗匹配〕	(191)
〔阻抗变换〕	(192)
3.7 甲类功率放大电路	(195)
〔求甲类功放电路的工作点〕	(195)
〔甲类功放电路的设计〕	(196)
〔求甲类功放电路的效率〕	(197)
3.8 乙类推挽功率放大电路	(198)
〔乙类推挽功放电路的工作原理〕	(198)
〔乙类推挽功放电路的设计〕	(201)
〔乙类推挽功放电路的效率〕	(202)

3.9 单端推挽放大电路	(204)
〔变压器激励方式〕	(204)
〔互补对称方式〕	(205)
〔达林顿连接〕	(206)
3.10 高频放大电路	(207)
〔 T 型高频等效电路〕	(207)
〔混合 π 型等效电路〕	(208)
〔截止频率〕	(208)
〔中和电路〕	(209)
〔中频变压器〕	(210)
自习题 3	(213)
自习题 3 的解答	(228)
第四章 振荡电路的计算	(246)
4.1 振荡电路的基础	(246)
〔维持振荡的条件〕	(246)
〔振荡电路的种类〕	(246)
4.2 L - C 振荡电路	(247)
〔求集电极调谐式振荡电路的振荡频率〕	(247)
〔求调谐回路的 C (集电极调谐式)〕	(248)
〔求考毕兹振荡电路的振荡频率〕	(248)
〔求调谐回路的 L (考毕兹)〕	(251)
〔求调谐回路的 C (考毕兹)〕	(251)
〔求哈脱来振荡电路的振荡频率〕	(252)
4.3 石英晶体振荡电路	(253)
〔石英晶体谐振器〕	(253)
〔石英晶体谐振器的谐振频率〕	(254)
〔石英晶体谐振器的谐振频率和 Q 值的算法〕	(255)
〔石英晶体谐振器频率范围的算法〕	(255)

〔 <i>B-E</i> 型皮尔斯电路与 <i>C-B</i> 型皮尔斯电路〕·····	(256)
4.4 <i>R-C</i> 振荡电路·····	(257)
〔求移相式振荡电路的振荡频率〕·····	(257)
〔移相式振荡电路的振荡条件〕·····	(260)
〔振荡频率的计算法(移相式)〕·····	(261)
〔移相电路中的 <i>R</i> 的计算法〕·····	(261)
〔文氏电桥振荡电路的振荡频率和起振条件〕·····	(261)
〔振荡频率的计算法(文氏电桥)〕·····	(263)
〔求文氏电桥振荡电路中的 <i>R</i> 〕·····	(264)
4.5 弛张振荡电路·····	(264)
〔多谐振荡器的重复频率和重复周期的算法〕·····	(264)
〔 <i>C</i> 和重复频率的计算法(多谐振荡器)·····	(265)
〔间歇振荡电路的重复周期的算法〕·····	(265)
自习题 4·····	(266)
自习题 4 的解答·····	(269)

第五章 脉冲电路的计算····· (273)

5.1 脉冲的基本参数·····	(273)
〔什么是脉冲的宽度、重复周期和重复频率〕·····	(273)
〔求峰值功率和占空系数〕·····	(275)
5.2 波形变换电路·····	(275)
〔什么是微分电路〕·····	(275)
〔 <i>RC</i> 值大的微分电路〕·····	(277)
〔什么是积分电路〕·····	(278)
5.3 用傅利叶级数表示脉冲·····	(281)
〔将矩形脉冲展为傅利叶级数〕·····	(281)
5.4 多谐振荡器·····	(287)
〔无稳态多谐振荡器〕·····	(287)
〔单稳态触发器〕·····	(288)

〔双稳态触发器〕	(290)
自习题 5	(291)
自习题 5 的解答	(292)
第六章 调制和检波电路的计算	(294)
6.1 调幅(AM)	(294)
〔求调幅波〕	(294)
〔求调幅波的电功率〕	(296)
6.2 调频(FM)	(298)
〔求调频波〕	(298)
〔计算调频波的带宽〕	(299)
〔电抗管调频电路〕	(300)
6.3 调幅波的检波	(303)
〔什么是半导体二极管检波〕	(303)
〔什么是超外差检波〕	(304)
6.4 调频波的检波	(306)
〔怎样对调频波检波〕	(306)
自习题 6	(307)
自习题 6 的解答	(309)
第七章 电源电路的计算	(313)
7.1 电源电路的特性	(313)
〔什么是纹波因数〕	(313)
〔什么是电压调整率〕	(313)
〔什么是整流效率〕	(314)
7.2 整流电路	(314)
〔单相半波整流电路的电压调整率、纹波因数、整流效率 计算法〕	(314)
〔单相全波整流电路的电压调整率、纹波因数、整流效率	

计算法]	(316)
7.3 平滑滤波电路	(319)
〔扼流圈输入式平滑滤波电路的纹波衰减率的求法〕	(319)
自习题 7	(321)
自习题 7 的解答	(324)

第一章 电子电路计算的必要 数学知识

1.1 行列式

[用行列式解二元一次联立方程]

例题1-1-1 用行列式解下述联立方程：

$$2I_1 + 5I_2 = 13$$

$$3I_1 + I_2 = 26$$

(解答)

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 13 & 5 \\ 26 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2 & 5 \\ 3 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{13 \times 1 - 5 \times 26}{2 \times 1 - 5 \times 3} = \frac{13 - 130}{2 - 15} = 9$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & 13 \\ 3 & 26 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2 & 5 \\ 3 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{2 \times 26 - 13 \times 3}{-13} = \frac{52 - 39}{-13} = -1$$

答：(I₁, I₂) = (9, -1)

【说明】 有时将 (a₁a₄-a₂a₃) 这样的式子以 $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{vmatrix}$ 的形式来表示。这种纵横各排列有两个数字并在其左右两边画有竖线的式子称为二阶行列式。此时将a₁、a₂和a₃、a₄这样的横

排叫作列，将 a_1 、 a_3 和 a_2 、 a_4 这样的竖排叫作行。

现在让我们用二阶行列式来求下述联立方程的解。

$$\begin{cases} a_1x + a_2y = b_1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} a_3x + a_4y = b_2 \end{cases} \quad (2)$$

$$(1) \times a_4$$

$$a_1a_4x + a_2a_4y = a_4b_1 \quad (3)$$

$$(2) \times a_2$$

$$a_2a_3x + a_2a_4y = a_2b_2 \quad (4)$$

$$(3) - (4)$$

$$a_1a_4x - a_2a_3x = a_4b_1 - a_2b_2$$

$$\therefore x = \frac{a_4b_1 - a_2b_2}{a_1a_4 - a_2a_3} \quad (5)$$

$$\therefore x = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & a_2 \\ b_2 & a_4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{vmatrix}} \quad (6)$$

同理， y 为

$$y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_3 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{vmatrix}} \quad (7)$$

总之，求解下述二元一次联立方程

$$\begin{cases} ax + by = c \\ dx + ey = f \end{cases} \quad (8)$$

时，有

$$x = \frac{\begin{vmatrix} c^+ & -b \\ f & e \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a^+ & -b \\ d & e \end{vmatrix}} = \frac{ce - bf}{ae - bd} \quad (9)$$

$$y = \frac{\begin{vmatrix} a^+ & -c \\ d & f \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{af - cd}{\Delta} \quad (10)$$

式中的 Δ 所代表的与 x 的分母相同。这是因为由(6)式与(7)式可见, x 与 y 的分母是一样的, 因此可用 Δ 来加以简化。求解(8)式中的 x 时, 用 $\begin{vmatrix} c \\ f \end{vmatrix}$ 来取代 x 的系数 $\begin{vmatrix} a \\ d \end{vmatrix}$ 而写出行列式 $\begin{vmatrix} c & b \\ f & e \end{vmatrix}$, 再用 $\begin{vmatrix} a & b \\ d & e \end{vmatrix}$ 来除。同理, 为了求 y , 用 $\begin{vmatrix} c \\ f \end{vmatrix}$ 来取代 y 的系数 $\begin{vmatrix} b \\ e \end{vmatrix}$ 而写出行列式 $\begin{vmatrix} a & c \\ d & f \end{vmatrix}$, 再用 $\Delta = \begin{vmatrix} a & b \\ d & e \end{vmatrix}$ 来除即可。

这里, 如(9)式和(10)式所示, 计算行列式时, 箭头指向右下方的乘积具有(+)号, 箭头指向左下方的乘积具有(-)号。由于分母是共同的, 只算一次, 置为 Δ 即可。

〔用行列式解三元一次联立方程〕

例题1-1-2 用行列式解下述联立方程:

$$\begin{cases} 2I_1 + I_2 + 4I_3 = 16 \\ I_1 + 3I_2 - 2I_3 = 1 \\ 7I_1 - 6I_2 + I_3 = -2 \end{cases}$$

(解答)

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 16 & 1 & 4 \\ 1 & 3 & -2 \\ -2 & -6 & 1 \\ 2 & 1 & 4 \\ 1 & 3 & -2 \\ 7 & -6 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2 & 16 & 4 \\ 1 & 1 & -2 \\ 7 & -2 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{48 + 4 - 24 + 24 - 1 - 192}{6 - 14 - 24 - 84 - 1 - 24}$$

$$= \frac{-141}{-141} = 1$$

设上式的分母为 Δ , 则

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & 16 & 4 \\ 1 & 1 & -2 \\ 7 & -2 & 1 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{2 - 224 - 8 - 28 - 8 - 16}{-141}$$

$$= \frac{-282}{-141} = 2$$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & 1 & 16 \\ 1 & 3 & 1 \\ 7 & -6 & -2 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-12 - 96 + 7 - 336 + 2 + 12}{-141}$$

$$= \frac{-423}{-141} = 3$$

答: $(I_1, I_2, I_3) = (1, 2, 3)$

因 I_1, I_2, I_3 的分母是相同的, 只算一次 (-141) 即可。

【说明】与二阶行列式相类似, $(a_1 a_5 a_9 + a_2 a_6 a_7 + a_3 a_4 a_8$

$- a_3 a_5 a_7 - a_2 a_4 a_9 - a_1 a_6 a_8)$ 同样可用 $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{vmatrix}$ 来表示, 称为

三阶行列式。

用行列式解联立方程式，广泛应用于电气线路、电子线路的计算中，因此应熟练地掌握这一解法。

现在让我们用三阶行列式来求下述联立方程的解：

$$\begin{cases} a_1x + a_2y + a_3z = d_1 & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_4x + a_5y + a_6z = d_2 & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_7x + a_8y + a_9z = d_3 & (3) \end{cases}$$

$$(1) \times a_6 - (2) \times a_3$$

$$a_1a_6x + a_2a_6y - a_3a_4x - a_3a_5y = a_6d_1 - a_3d_2$$

$$(a_1a_6 - a_3a_4)x + (a_2a_6 - a_3a_5)y = a_6d_1 - a_3d_2 \quad (4)$$

$$(2) \times a_9 - (3) \times a_6$$

$$a_4a_9x + a_5a_9y - a_6a_7x - a_6a_8y = a_9d_2 - a_6d_3$$

$$(a_4a_9 - a_6a_7)x + (a_5a_9 - a_6a_8)y = a_9d_2 - a_6d_3 \quad (5)$$

$$(4) \times (a_5a_9 - a_6a_8) - (5) \times (a_2a_6 - a_3a_5)$$

$$(a_1a_6 - a_3a_4)(a_5a_9 - a_6a_8)x$$

$$- (a_4a_9 - a_6a_7)(a_2a_6 - a_3a_5)x$$

$$= (a_6d_1 - a_3d_2)(a_5a_9 - a_6a_8)$$

$$- (a_9d_2 - a_6d_3)(a_2a_6 - a_3a_5)$$

$$x \{ (a_1a_6 - a_3a_4)(a_5a_9 - a_6a_8)$$

$$- (a_4a_9 - a_6a_7)(a_2a_6 - a_3a_5) \}$$

$$= (a_6d_1 - a_3d_2)(a_5a_9 - a_6a_8)$$

$$- (a_9d_2 - a_6d_3)(a_2a_6 - a_3a_5)$$

$$x = \frac{(a_6d_1 - a_3d_2)(a_5a_9 - a_6a_8) - (a_9d_2 - a_6d_3)(a_2a_6 - a_3a_5)}{(a_1a_6 - a_3a_4)(a_5a_9 - a_6a_8) - (a_4a_9 - a_6a_7)(a_2a_6 - a_3a_5)}$$

打开括弧求 x ，得

$$x = \frac{a_5 a_9 d_1 + a_3 a_8 d_2 + a_2 a_6 d_3 - a_3 a_5 d_3 - a_2 a_9 d_2 - a_3 a_8 d_1}{a_1 a_6 a_9 + a_2 a_6 a_7 + a_3 a_4 a_8 - a_3 a_5 a_7 - a_2 a_4 a_9 - a_1 a_6 a_8}$$

$$x = \frac{\begin{vmatrix} d_1 & a_2 & a_3 \\ d_2 & a_5 & a_6 \\ d_3 & a_8 & a_9 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{vmatrix}}$$

同样得 y 、 z 为

$$y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & d_1 & a_3 \\ a_4 & d_2 & a_6 \\ a_7 & d_3 & a_9 \end{vmatrix}}{\Delta}, \quad z = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & d_1 \\ a_4 & a_5 & d_2 \\ a_7 & a_8 & d_3 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

式中 Δ 为

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{vmatrix}$$

于是，要解下述三元一次联立方程

$$\begin{cases} ax + by + cz = d \\ ex + fy + gz = h \\ ix + jy + kz = l \end{cases}$$

时，可直接求得 x 为

