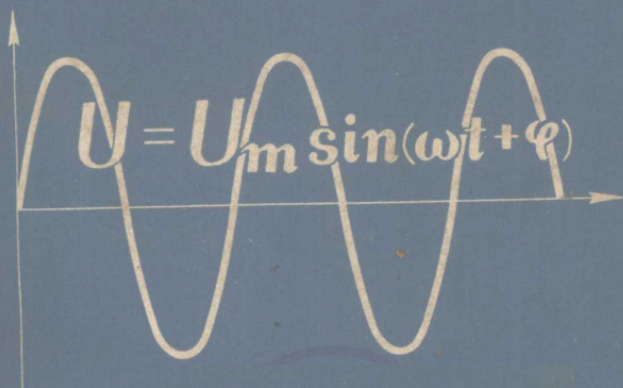


电 路 数 学



上海市卢湾区业余工业专科学校编

7M13

13.343

6

20

电 路 与 数 学

要 录 容 内

卢湾区业余工业专科学校编

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去解决问题，任何人间的困难总是可以解决的。

知识的问题是一个科学问题，来不得半点的虚伪和骄傲，决定地需要的倒是其反面——诚实和谦逊的态度。

重要的问题在善于学习。

让哲学从哲学家的课堂上和书本里解放出来，变为群众手里的尖锐武器。

内 容 提 要

本书由本校工人讲师,工人学员及专职教师三结合编写。经二学期的教学实践,广泛地吸收了广大工人学员的意见,在这次出版前又作了部分修改。

本书共分六章,在电路方面主要讨论基本电路(直流电路、交流电路、及基本逻辑电路)、电路中常用元件(电阻、电感、电容、二极管、三极管)的特性。在数学方面主要讨论数的基本运算、代数、三角、函数、微积分及开关代数。并通过生产实例及二者间内在联系,将电路与数学有机地结合在一起进行讨论。

本书是本校电气传动专业及半导体自动控制专业的基础教材,并可供从事电工及电子方面工作的工人同志及有关人员参考。

编 后 说 明

无产阶级新教材的编写，是一项长期的任务。本教材限于时间和水平关系，一定存在不少缺点和错误；我们殷切地期望广大工农兵和革命师生提出宝贵意见和批评。我们决心在毛主席革命路线指引下，不断总结，不断充实，不断提高，不断更新。

《电路与数学》编写小组

一九七二年一月

联系地址：上海市瑞金二路 77 号

卢湾区业余工业专科学校

《电路与数学》编写小组

目 录

第一章 数的基本运算

第一节 数的种类及运算规律	1
第二节 正负数及其运算	6
第三节 分式(分数)及其运算	10
第四节 小数及其运算	17
第五节 比和比例	19
第六节 乘方和开方	23
第七节 平方表与平方根表	29
附录	34

第二章 直流电路与代数运算

第一节 电路的基本概念	43
第二节 长度的度量与面积、体积的计算	49
第三节 电功和电功率	60
第四节 电阻的种类和选择	64
第五节 电阻的串并联	69
第六节 简易代数方程(一元一次方程)	74
第七节 简易联立方程(二元一次方程组)	81
第八节 一元二次方程	85
第九节 电路定律	90

第三章 交流电路与三角函数

第一节 交流电路的特点	99
第二节 角度与弧度	104
第三节 相位与相位差	108

第四节	锐角三角函数	114
第五节	任意角三角函数	122
第六节	三角函数的周期性	127
第七节	三角函数的图象	132
第八节	磁、电磁、电磁感应	138
第九节	电感	153
第十节	电容	157
第十一节	交流电路中电流定律及功率计算	166

第四章 函数图象和特性曲线

第一节	函数及其图象	177
第二节	线性函数与晶体二极管特性曲线	185
第三节	幂函数与晶体三极管特性曲线	191
第四节	指数函数与电容充放电曲线	202

第五章 微积分的基本概念

第一节	绪言——微积分的基本思想来自劳动人民 的生产实践	211
第二节	从变化率看微分和积分这对矛盾的转化	223
第三节	微分和变化率的计算和应用	229
第四节	最大最小值问题	239
第五节	积分的计算方法和简单应用	245
第六节	简单的微分方程	253

第六章 开关代数与逻辑电路

第一节	二进位制的数学运算	259
第二节	逻辑代数	264
第三节	基本逻辑电路	272

毛主席语录

我们不但要提出任务，而且要解决完成任务的方法问题。我们的任务是过河，但是没有桥或没有船就不能过。不解决桥或船的问题，过河就是一句空话。不解决方法问题，任务也只是瞎说一顿。

第一章 数的基本运算

第一节 数的种类及运算规律

伟大领袖毛主席教导我们：“人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。”

从古代人们在生产劳动和分配时，用“屈指计数”，到现代人们用电子计算机计算“人造卫星的轨道”，人类对于数及数的运算也是随着社会实践对数的需要和数的分析而产生，并不断发展起来的。

一、数的基本种类

伟大领袖毛主席教导我们：“胸中有‘数’。这是说，对情况和问题一定要注意到它们的数量方面，要有基本的数量分析。”我们在阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动中，必须注意事物的数量方面，才能把事情办好。

例：在绕制小功率电源变压器时，工人老师傅常采用下列简便计算方法：

第一步，先由变压器的功率 P 来确定铁芯截面积 S 的大小

$$S = K \sqrt{P}$$

其中： P 的单位是伏安， S 的单位是平方厘米。

由于变压器的结构形式可分为芯式和壳式二种，它们的截面积算法如图 1-1(a)(b)

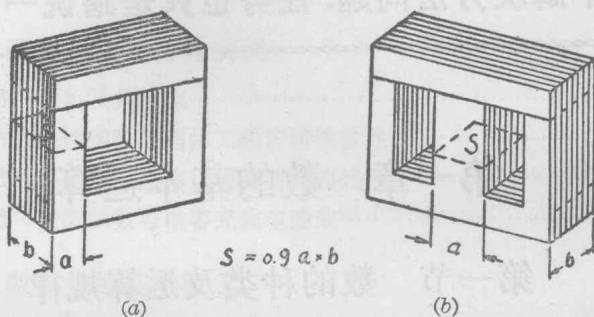


图 1-1

K 称系数，是根据铁片好坏经验而得，一般取 $1 \sim 2$ 。

一般硅钢片 $B = 8000 \sim 10000$ 高斯 (B 称磁通密度)，系数取 1.25 。

若 $P = 100$ 伏安

则 $S = 1.25 \sqrt{100} = 12.5$ 平方厘米

第二步，截面积 S 求出后，再求每伏圈(匝)数 N_0

$$N_0 = \frac{4.5 \times 10^5}{B \times S}$$

当 $S = 12.5$ ， B 取 9000 ， $N_0 = 4$ 圈/伏

若初级电压 U_1 为 220 伏，次级电压 U_2 为 36 伏

则初级圈数 $N_1 = 220 \times 4 = 880$ 圈

次级圈数 $N_2 = 36 \times 4 \times 1.05 = 151$ 圈

($\times 1.05$ 是考虑到铁芯的铁损及线圈的铜损)

第三步, 由电流求线径。

初级的电流为 $I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{100}{220} = 0.455$ 安培

查手册可知用线径为 0.500 毫米的 25 号线

次级的电流为 $I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{100}{36} = 2.78$ 安培

查手册可知用线径为 1.25 毫米的 18 号线

把以上计算的结果整理一下: 所需的铁芯截面积为 12.5 平方厘米, 初级 220 伏的用 25 号漆包线绕 880 圈, 次级 36 伏的用 18 号线绕 151 圈。

从上例, 我们可以了解到在三大革命实践中, 碰到的数有整数, 如 100, 4, 220, 36, ……

分数, 如 $\frac{100}{220}$, $\frac{5}{11}$, $\frac{100}{36}$, $\frac{25}{9}$, ……

小数 $\left\{ \begin{array}{l} \text{有限小数, 如 } 1.25, 12.5, 4.5, 1.05, \dots \\ \text{无限循环小数, 如 } 0.4545\dots, 0.777\dots \end{array} \right.$

这些数并包括负数和 0, 统称有理数。

另外还有些数, 如 $\pi = 3.14159\dots$

$$\sqrt{2} = 1.4142\dots$$

$$\sqrt{3} = 1.732\dots$$

是一些无限不循环小数, 又称无理数。

二、数的运算规律(1)

伟大领袖毛主席教导我们: “就人类认识运动的秩序说来, 总是由认识个别的和特殊的事物, 逐步扩大到认识一般的事物。”从上例, 可以知道数的运算主要包括加、减、乘、除、乘方和开方。关于这些运算的一般规律怎样呢?

我们说加、减、乘、除、乘方和开方这些运算可以分为三级。

加法和减法是第一级运算

乘法和除法是第二级运算

乘方和开方是第三级运算

运算的规律(顺序)是和运算的级是有密切联系的。

(一)只含有加法和减法的算式,只要按照从左到右的顺序进行运算就行了。

例:
$$\begin{aligned} &132 - 23 + 315 \\ &= 109 + 315 \\ &= 424 \end{aligned}$$

(二)只含有乘法和除法的算式,也是按照从左到右的顺序进行运算。

例:
$$\begin{aligned} &81 \div 9 \times 13 \\ &= 9 \times 13 = 117 \end{aligned}$$

(三)含有加法、减法、乘法和除法的算式,就按照先乘除、后加减的顺序进行运算。

例:
$$\begin{aligned} &312 - 16 \div 2 \times 11 + 14 \times 2 \div 7 \\ &= 312 - 8 \times 11 + 28 \div 7 \\ &= 312 - 88 + 4 \\ &= 224 + 4 \\ &= 228 \end{aligned}$$

(四)含有加法、减法、乘法、除法、乘方和开方的算式,按照先乘方、开方,后乘、除,最后加、减的顺序进行运算。

例:
$$\begin{aligned} &50 - 2 \times 3^2 + 8^2 \div 4^2 \\ &= 50 - 2 \times 9 + 64 \div 16 \\ &= 50 - 18 + 4 \\ &= 32 + 4 = 36 \end{aligned}$$

总之,含有不同级运算的算式,按照从高级运算到低级运算的顺序进行的。在同级运算的算式中,按照从左到右的顺序进行的。

三、数的运算规律(2)

伟大领袖毛主席早就指出:“在绝对真理的长河中,人们对于在各个一定发展阶段上的具体过程的认识只具有相对的真理性。”上述运算规律也不例外。人们在实践中发现:有时要先进行低级运算(加减或乘除),再进行高级运算(乘除或乘方开方),于是就产生了“括号”。计算时,先进行括号内运算,再去括号进行运算。

例:电阻器的阻值随温度变化而变化。

$$R_1 = R_0 [1 + \alpha(T_1 - T_0)]$$

其中 T_0 为标准温度,一般为 20°C 。

R_0 为 20°C 时电阻器的阻值。

α 为导体电阻温度系数,对铜导线 $\alpha = 0.004$

$\therefore$ 如果某一铜线 $R_0 = 4\ \Omega$

则在 $T_1 = 80^\circ\text{C}$ 时, $R_1 = ?$

$$R_1 = 4[1 + 0.004(80 - 20)]$$

$$= 4[1 + 0.004 \times 60]$$

$$= 4[1 + 0.24]$$

$$= 4 \times 1.24$$

$$= 4.96\ \Omega$$

总之,在有括号的算式内,应先进行括号内运算,再去括号进行运算。在有多种括号的算式内,应先进行小括号“()”内运算,再进行中括号“[]”内运算,然后进行大括号“{ }”内运算,最后再去括号进行运算。

第二节 正负数及其运算

革命导师恩格斯曾指出：“就是初等数学，也充满着矛盾。……”革命导师列宁也这样说明过矛盾的普遍性：“在数学中，正和负……”都是矛盾着的现象。伟大领袖毛主席又教导我们：“……矛盾着的各方面，不能孤立地存在。”根据这些教导，在上一节正数运算基础上，进一步讨论正负数及其运算。

一、正数和负数

我国喜马拉雅山的主峰——珠穆朗玛峰高出平均海平面 8882 米，吐鲁蕃盆地最低处低于平均海平面 154 米。

怎样以海平面为基准来表示这两种意义相反的量呢？

我国工人阶级最近试制成功的一种含氟塑料，俗称“塑料之王”，它能在摄氏零下 180° 到零上 250° 的环境中长期使用而性能不变。

怎样以摄氏 0° 为标准来表示这两种意义相反的量呢？

在三大革命运动的实践中，上述具有意义相反的量是普遍存在的，通常我们用正和负来表示这种意义相反的量。

对于高度，我们以海平面（或地平面）为基准，记为“0”，把珠穆朗玛峰的高 8882 米记作 $+8882$ 米，把吐鲁蕃盆地最低处 154 米记作 -154 米。

对于温度，我们以 0°C 为标准，把零上 250°C 记作 $+250^{\circ}\text{C}$ ，零下 180°C 记作 -180°C 。

这里我们把 $+8882$ ， $+250$ 称为正数，正数前“+”一般可省略不写，就写成 8882，250。

我们把 -154 ， -180 称为负数，负数前“-”不可省略。

0 是正数和负数的分界点，即介于正数和负数之间的数。

在分析电路时,我们常常假设某点的电位为 0, 则电位比这点高的那些点的电压值是正值(正电位), 电位比这点低的那些点的电压值是负值(负电位)。因此电压的正负实际上是相对零电位来讲的。

在分析电路时,我们还假设电流的方向是从(+)到(-), 与这方向相同的电流值是正值, 与这方向相反的电流值是负值。因此电流的正负实际上是表明电流方向。

这二点十分重要, 希望能引起注意。如在晶体管收音机里, 我们常把电池正极接 0, 则另一极电压为负。

二、数轴

革命导师恩格斯说: “数和形的概念不是从任何地方得来, 而仅仅是从现实世界中得来的。” 伟大领袖毛主席也教导我们: “离开实践的认识是不可能的。”

在一条直线上画出刻度, 用这些刻度可以表示量的大小。

例如用直尺上的刻度表示长度大小, 用温度计上的刻度表示温度的高低。

如把温度计如图 1-2 那样水平放置, 则以 0° 为界, 左边表示负的温度, 右边表示正的温度。可以很清楚, 直观地把正数、0, 负数表示出来。

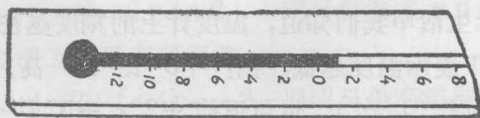


图 1-2

这样就启发我们: 用一条直线形象地把 0 和正负数表示出来。

它的表示方法是这样的: 在直线上取一点作为“原点”, 用它来表示“0”, 并规定箭头所指的方向为正, 取一定长度的线段为

单位长度，那末直线上从原点向正方向 3 个单位处的那一点就表示 3，从原点向相反方向 4 个单位处的那一点就表示 -4 如图 1-3 所示。

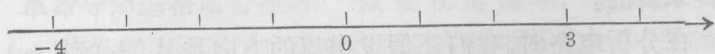


图 1-3

这样，我们就可用直线上的点来表示“0”或正负数了。反之，所有的有理数都可以用这条直线上的点表示出来。

这种规定了方向，原点和长度单位的直线，叫做数轴。

在数轴上表示一个数的点，它离开原点的距离叫做这个数的绝对值。

例：+6 和 -6 的绝对值都是 6。

要表示一个数的绝对值，可在这个数的两旁各画一条竖线，

例： $|+6|=6$ $|-6|=6$

在晶体管收音机中常用 6V 干电池。这里 6V 是指绝对值。

因为当电池正极接地时，负极电位为 -6V；当电池负极接地时，正极电位为 +6V。因此它可用于需 +6V 或 -6V 电源的电路。

三、正负数的比较

从实际生活中我们知道，温度计上的刻度越往上表示温度越高，越往下表示温度越低。例：+5° 比 +2° 高，记作 $+5^{\circ} > +2^{\circ}$ (“>”读作“大于”)，也可记作 $+2^{\circ} < +5^{\circ}$ (“<”读作“小于”)。

0° 比 -2° 高，记作 $0^{\circ} > -2^{\circ}$

-2° 比 -5° 高，记作 $-2^{\circ} > -5^{\circ}$

伟大领袖毛主席教导我们：“就人类认识运动的秩序说来，总是由认识个别的事物，逐步地扩大到认识一般的事

物。”

通过温度高低的比较,我们可以进一步认识到:

$$+5 > +2 \quad \text{正数绝对值愈大,数愈大。}$$

$$+2 > 0 \quad \text{正数都大于0。}$$

$$0 > -2 \quad 0 \text{ 大于一切负数。}$$

$$-2 > -5 \quad \text{负数绝对值愈大,数愈小。}$$

四、正负数的运算

伟大领袖毛主席教导我们:我们讨论问题,应当从实际出发,不是从定义出发。”下面我们通过实例来研究正负数运算的规律。

1. 加减法:

上海市气象台遵照伟大领袖毛主席“要用自然科学来了解自然,克服自然和改造自然,从自然里得到自由”的教导,每天预告今明二天的气温。若一月×日气象台预报:今天最高温度为摄氏4度,最低温度为摄氏零下3度;明天最高温度为摄氏2度,最低温度为摄氏零下4度。试根据气象台预报,求二天日温差,及今明二天最高温度与最低温度之差。

(1) 今明日温差:

$$4 - (-3) = 4 + 3 = 7 \quad \text{即今日日温差为7度}$$

$$2 - (-4) = 2 + 4 = 6 \quad \text{明日日温差为6度}$$

(2) 今明二天最高温度差:

$$2 - 4 = 2 + (-4) = -2 \quad \text{即明日最高温度下降2度}$$

(3) 今明二天最低温度差

$$(-4) - (-3) = -(4-3) = -1$$

即明日最低温度下降1度

这里涉及的是正负数的加减法,从上述运算可见:

(1) 正数减去一个负数,等于加上这个负数的绝对值。

$$a - (-b) = a + b$$

(2) 正数加上一个负数, 等于减去这个负数的绝对值。

$$a + (-b) = a - b$$

(3) 负数相加(减), 等于这二个负数绝对值之和(差), 前面加一负号。

$$(-a) + (-b) = -(a + b)$$

$$(-a) - (-b) = -(a - b)$$

2. 乘除法:

关于正负数相乘的规律, 大家可能是比较熟悉的, 即同号两数相乘(除)得正, 异号两数相乘(除)得负。

例: $3 \times (-2) = -(3 \times 2) = -6$

$$(-6) \times (-1) = +(6 \times 1) = 6$$

例: $(-36) \div (-12) = +(36 \div 12) = 3$

$$(-18) \div 2 = -(18 \div 2) = -9$$

第三节 分式(分数)及其运算

一、用字母表示数

伟大领袖毛主席教导我们: 人们的认识, 不论对于自然界方面, 对于社会方面, 也都是一步又一步地由低级向高级发展, 即由浅入深, 由片面到更多的方面。” 在我们日常工作常用 U 表示电压, 用 I 表示电流, 用 R 表示电阻……这些都是用字母表示数。用字母表示数, 在三大革命运动中起着很大的作用。

在十六世纪以后, 劳动人民通过实践创立了符号代数学, 用 a 、 b 、 c 、 d 等字母表示已知数, x 、 y 、 z 等字母表示未知数, 使数的运算得到了飞跃发展。