

高等学校教学用书

数字计算机原理和元件

SHUZI JISUANJI YUANLI HE YUANJIAN

下 册

(数字计算机元件)

祖冲霄 编

人民教育出版社

高等学校教学用书



数字计算机原理和元件
SHUZI JISUANJI YUANLI HE YUANJIAN

下 册

(数字计算机元件)

祖 冲 霄 编

16930

人民教育出版社

“数字计算机原理和元件”分上下两册。上册为“电子数字计算机原理”，下册为“数字计算机元件”。

上册分三部分。第一部分叙述电子数字计算机的分类、工作原理、计算机的性能和特点等基本概念。第二部分分别讨论电子数字计算机的主要组成部分。第三部分深入地讨论计算机的组成原则和计算机设计、定型、制造、调整和维修等问题。

下册分四部分。第一部分讲电子管计算机元件。第二部分为晶体管元件。第三部分为磁元件。第四部分为其他元件。

上、下两册原来按两本书进行编写的。因此在叙述方法和使用符号上有所不同，请读者注意。

数字计算机原理和元件

下册(数字计算机元件)

祖 冲 霄 编

人民教育出版社出版(北京景山东街)

(北京市书刊出版业营业许可出字第2号)

中央民族印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 13010·1048 开本 787×1092 印张 10
字数 206,000 印数 5001—9,000 定价(6) 0.80
1961年10月第1版 1961年11月北京第2次印刷

目 录

緒言.....	1	§ 3-3 三相推进式記发器工作原理.....	103
第一章 电子管元件	3	§ 3-4 双相推进式記发器的工作原理.....	104
§ 1-1 邏輯門元件.....	3	§ 3-5 单相推进式記发器工作原理.....	105
§ 1-2 整形放大元件.....	25	§ 3-6 具有分接头綫圈的联系迴路的記发器 工作原理.....	106
§ 1-3 触发器.....	41	§ 3-7 印磁放大器构成的推进式記发器.....	108
§ 1-4 延迟元件.....	53	§ 3-8 磁触发器.....	109
§ 1-5 計数器.....	56	II 邏輯装置的磁元件	110
§ 1-6 移位寄存器.....	63	§ 3-9 引言.....	110
§ 1-7 加法器.....	66	§ 3-10 磁心基本邏輯运算元件.....	111
§ 1-8 元件的定型.....	69	§ 3-11 組合邏輯元件.....	114
第二章 晶体管元件	73	III 計算基础	116
§ 2-1 二极管—放大器邏輯綫路.....	73	IV 磁心晶体三极管元件	123
§ 2-2 电阻—放大器邏輯綫路.....	79	§ 3-12 引言.....	123
§ 2-3 二极管—变压器邏輯綫路.....	82	§ 3-13 半导体三极管和磁心組成的計算机基 本邏輯元件.....	124
§ 2-4 静态触发器組合綫路.....	85	§ 3-14 磁心—晶体三极管記发器綫路.....	126
§ 2-5 动态触发器組合綫路.....	90	§ 3-15 磁心—晶体三极管动态触发器.....	128
§ 2-6 直接耦合綫路.....	96	§ 3-16 磁心—晶体三极管計数器.....	129
第三章 磁元件	101	第四章 其它元件	131
I 一般問題	101	§ 4-1 变参数元件.....	131
§ 3-1 引言.....	101	§ 4-2 多孔磁心.....	147
§ 3-2 推进式記发器工作原理.....	101		

緒 言

在我們目前所处的时代里,人类的科学技术水平,已經发展到了一个新的阶段。这个阶段的主要标志是原子能、无綫电电子学和噴气技术等最新科学技术的高度发展。在这些新兴的科学技术领域中,电子数字计算机起着极为重要的作用。由于电子学和其它科学的进步而产生的电子自动控制机器大大提高了自动化技术的水平。

的确,沒有电子计算机这种使計算工作自动化的强大工具,原子能和近代物理学的数学問題的解决,精确地和全面地控制生产过程等,都将是不能实现的。当然,电子计算机在其它部門也有着广泛的应用。

电子计算机是一种計算工作高度自动化的工具,要求具有較高的准确度、可靠性和速度。要滿足这三个方面的要求,除了不断地改善机器的邏輯設計和探求新的計算方法和理論之外,組成机器的元件也是个十分重要的环节。可以这样讲,数字计算机在上述三个方面的每一个重要进展,都是和新元件或新綫路的采用分不开的。因此,熟悉和改善已有的元件,研究和探索新的元件,是从事计算机方面的技术工作者的一项重要任务。

另一方面,由于数字计算机往往是由大量的电子器件組成的复杂的装置,因此,縮小机器的体积,减少功率消耗等問題,也表現得很尖銳。解决这些問題,也是元件研究和制造中的一个重要方向。

最初的机械式的数字计算机和继电器式的计算机,由于运算速度的限制,难于解决許多复杂的計算問題和控制問題。电子管元件組成的机器,已經使大型的通用的数字计算机成为现实,而更新的元件,如晶体管和磁性元件则使得计算机的体积和功率消耗大大縮小,工作速度进一步提高,維護和使用更为方便和可靠。最近,又出現了变参数元件、新型磁性元件和半导体元件等,可以預見,这将会引起計算技术的重大革新和发展。

电子数字计算机的作用是对表示数字的电信号进行处理和变换,按照变换和处理的方式,计算机通常分为四个部分: 1) 存儲器: 用来存儲将要进行处理的那些数据以及处理的結果; 2) 运算器: 对数据进行算术运算和邏輯运算; 3) 控制器: 使运算和处理按照一定的人們預先給机器安排好的順序进行; 4) 輸出和輸入装置: 往机器內輸入数据和自机器內取出数据。

作为組成各种部件的基本元件来讲,它所完成的工作基本上有两种: 邏輯运算作用和存儲作用。前者使表示数据的电信号发生变化,后者是将信号寄存起来,以便以后使用,而信号本身在存入、取出和存儲的过程中,并不发生改变。

在人类的劳动和智慧所創造出来的許多元件中,包括电子管、半导体器件、无綫电元件和磁性物質、机械、电气装置等,能够完成上述作用的元件是非常多的,而且新的可能性仍在不断地被发现,被应用着。可以預期,客觀世界中被用来作为数据信号处理的工具的可能

性,是无穷尽的,随着人类对自然界的改造和認識程度的不断提高,数字计算机元件一定会日新月异地发展下去。

数字计算机元件的类型和創造新型元件的可能性如此广泛,是有其客观的条件的。因为作为数字计算机的运算基础的是二进位的数碼制,因此,对元件的要求是要具有两种不同的稳定状态,以表示“1”和“0”,而且这两种稳定状态,在一定条件下能够相互轉化,由“1”状态变到“0”状态,或者相反。在客观世界中,能够具有两种稳定状态的元件是很多的,例如,继电器触点的打开和閉合、电子管的开启和关闭、晶体三极管的饱和和截止、磁性元件的反复磁化、变参数元件的0相位和 π 相位等。許多新发现的元件,也无不具有这种性质。由于计算机元件的工作条件和这种客观物质广泛具有的规律性相符合,就使得计算机元件能不断地发展和更新,从而使计算技术得到蓬勃的发展。

由于这本书内容的限制,不可能对现有的计算机元件以及已经发现的可以用于数字计算机的元件作全面的叙述,只着重叙述了真空管、晶体管、磁心和变参数元件等几个部分,关于大容量存储、输出、输入和連續量-断續量变换装置以及某些最新出现的元件,这里都未加以包括,讀者可以从有关书籍和期刊資料中去弥补这些缺陷。

第一章 电子管元件

§1-1 邏輯門元件

计算机中广泛应用数理邏輯来处理各种信息。很早以前人們对邏輯作了数字分析，即把代数方法应用于形式邏輯，形式邏輯中引进了变数和方程式，用方程式的計算来代替推理。数学邏輯又名布尔代数，說明了以代数形式应用于电话及开关綫路是可能的。

基本邏輯运算种类

1) 邏輯加法 邏輯加法綫路具有几个輸入端，每一輸入端均有电位(設高电位代表“1”，低电位代表“0”)或脉冲(設有脉冲代表“1”，无脉冲代表“0”)。該綫路只要有一个輸入端处于“1”，則輸出即为“1”，邏輯图如图 1-1a)、6)。

邏輯加法运算法則为:

$$0+0=0$$

$$0+1=1$$

$$1+0=1$$

$$1+1=1$$

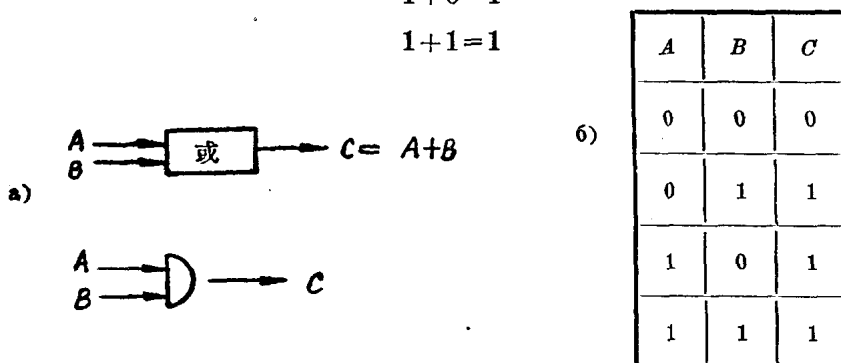


图 1-1

如开关闭合为“1”，打开时为“0”，則邏輯加法相当于有数个触点的平行綫。见图 1-2。

2) 邏輯乘法 邏輯乘法綫路具有几个輸入端，只有当所有的輸入均为“1”时，輸出才是“1”。邏輯图如图 1-3a)、6)所示。

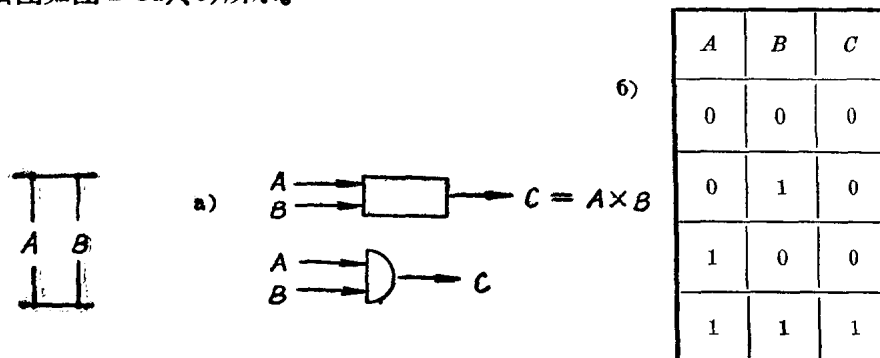


图 1-2

图 1-3

邏輯乘法运算法則:

$$\begin{aligned} 0 \times 0 &= 0 \\ 0 \times 1 &= 0 \\ 1 \times 0 &= 0 \\ 1 \times 1 &= 1 \end{aligned}$$

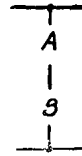


图 1-4

邏輯乘法相当于一个有数个触点的串联迴路。见图 1-4 所示。

3) 邏輯否定 邏輯否定綫路中的輸出状态与輸入状态相反。见图 1-5。

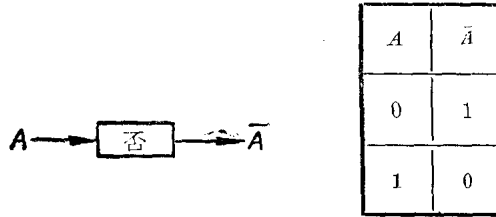


图 1-5

数理邏輯的基本法則

1) 变位律

$$\begin{aligned} A+B &= B+A; \\ A \times B &= B \times A. \end{aligned} \tag{1-1}$$

2) 組合律

$$\begin{aligned} (A+B)+C &= A+(B+C); \\ (A \times B) \times C &= A \times (B \times C). \end{aligned} \tag{1-2}$$

3) 分解律

$$\begin{aligned} (A+B) \times C &= A \times C + B \times C; \\ A \times B + C &= (A+C) \times (B+C). \end{aligned} \tag{1-3}$$

4) 反值律

$$\begin{aligned} \overline{A+B} &= \bar{A} \times \bar{B}; \\ \overline{A \times B} &= \bar{A} + \bar{B}. \end{aligned} \tag{1-4}$$

1° 二极管邏輯元件: “或”門、“与”門、“非”門

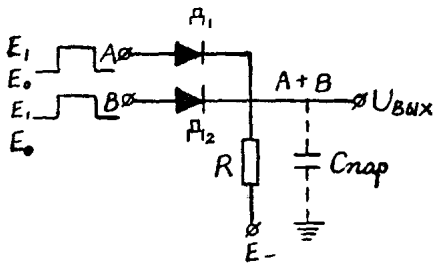


图 1-6

“或”門可称选择綫路, 收集綫路等, 用之执行邏輯加法。已設高电位(有脉冲)代表“1”, 低电位代表“0”(或无脉冲)。图 1-6 是电阻-二极管“或”門綫路。这里 E_1 为高电位, E_0 为低电位。不計分布电容之影响, 且認为二极管是理想的(正向电阻 $r_D=0$, 反向电阻 $=\infty$)。綫路的輸出为:

$$U_{Bux} = \max(U_A, U_B, E_-). \tag{1-5}$$

为了減輕前級負載与减少信号通过門时所引起的衰减, 希望 R 值越大越好。但 R 值太

大时会造成輸出波形变坏且影响工作速度。

“与”門可称符合綫路，它执行着邏輯乘法。因为在“或”門时輸出有：

$$U_{\text{БЛИХ}} = \max(U_A, U_B, U_C, \dots, U_N),$$

即：

$$U_{\text{БЛИХ}} = U_A + U_B + U_C + U_D + \dots + U_N.$$

利用布尔代数規律有：

$$\begin{aligned} \bar{U}_{\text{БЛИХ}} &= \overline{U_A + U_B + U_C + U_D + \dots + U_N} = \\ &= \bar{U}_A \times \bar{U}_B \times \bar{U}_C \times \bar{U}_D \times \dots \times \bar{U}_N. \end{aligned}$$

由此可知，“或”門綫路也可变做“与”門綫路，例如改变輸入信号的极性就可达到这个目的。

图 1-7a) 是电阻-二极管“与”門綫路。

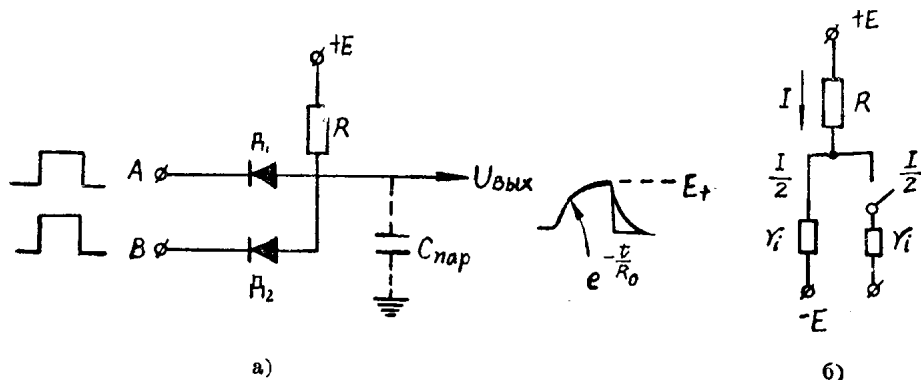


图 1-7

仍設二极管是理想的，不考虑分布电容影响則有：

$$U_{\text{БЛИХ}} = \min(U_A, U_B, E_+). \tag{1-6}$$

在二极管通电时，綫路輸入阻抗等于 R ， R 值大时，会減輕前級負載，而且推动源內阻 r_i 与二极管正向內阻 r_D ，实际不是零，当某一輸入端变成高电位，而另一輸入端仍为低电位时，低电位支路中电流加倍，于是产生一干扰輸出。为了使这一干扰小于一定值，就要求 $R \gg \gg (r_i + r_D)$ [图 1-7b)]，另一方面又希望 R 值小些。其目的是减少 R 上所消耗的功率。 R 小时綫路輸出阻抗也小，負載能力大。又由于寄生电容的存在， R 值小电容充电快，則時間常数短，輸出波形好。

以上两种简单的門綫路中对二极管反向电阻要求不高，事实上若信号源內阻 r_i 与二极管正向电阻 r_D 均为零时，且不考虑在反向电阻上引起的功率消耗的話，則反向电阻可以任意小(只要不为零)，綫路仍能正常工作。如果当 $r_i + r_D$ 不为零，在“或”門中当 n 个輸入有一个为高电位时，由于 $n-1$ 个二极管反向电流在 $r_i + r_D$ 上产生的压降将使高电位輸出降低，在“与”門中当 $n-1$ 端輸入高电位时，則这 $n-1$ 个二极管的反向电流将使輸出低电位抬高。因此对反向电阻的大小仅要求： $R_D/n-1$ 比 $r_i + r_D$ 大很多就可以。綜合上述，两种門綫路中参量之关系应有：

$$\begin{cases} R \gg (r_D + r_i); \\ R(C_{\text{nap}} + C_H) \text{ 应足够小}; \\ \frac{R_D}{n-1} \gg (r_i + r_D), \end{cases}$$

其中 C_{nap} 是分布电容; C_H 是负载电容。

由上可见,当 R 很小时,这种线路对二极管反向电阻是要求不高的。

由图 1-6 和 1-7 可见,当二极管为理想时,完全可以把本来加偏压(E_+ , 或 E_-)的一端当做输入端使用,这样可以节约一只二极管。

在二极管不是理想的情况下,先看“或”门,如图 1-8a)。

当 $A=0 (U_A = E_0)$ 时,情况和以前一样,希望 $R \gg r_D$; 当 $A=1, B=0, C=0$ 时,其等效电路如图 1-8b)。

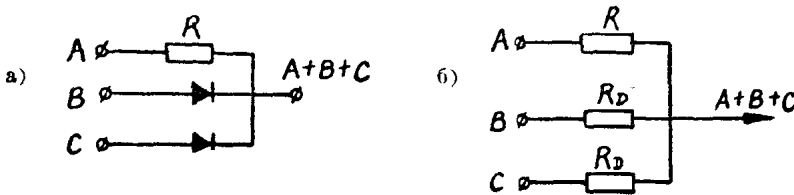


图 1-8

希望

$$\frac{R_D}{n-1} \gg R \gg r_D.$$

n 为输入变量之数目,在图 1-8 中 $n=3$ 。

在“与”门情况下,如图 1-9a)。

当 $A=1 (U_A = E)$ 时情况和以前一样,希望 $R \gg r_D$ 不再重复讨论; 当 $A=0, B=1, C=1$ 时,其等效电路如图 1-9b)。

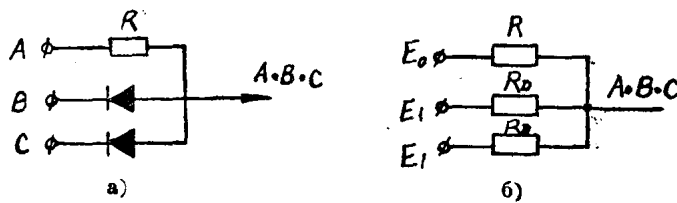


图 1-9

希望:

$$\frac{R_D}{n-1} \gg R \gg r_D.$$

上面所述的线路虽然节约了一只二极管,但却对二极管的正反向电阻提出了较高的要求。而且它也不适用于“多级的二极管门线路”中(见后面)。

二极管不具有反相性质,不能直接做“非”门,通常以“与”门和其它能反相的元件联合适用做成“非”门。下面介绍一种采用变压器型的“非”门。见图 1-10。(实际上它们是“禁止”

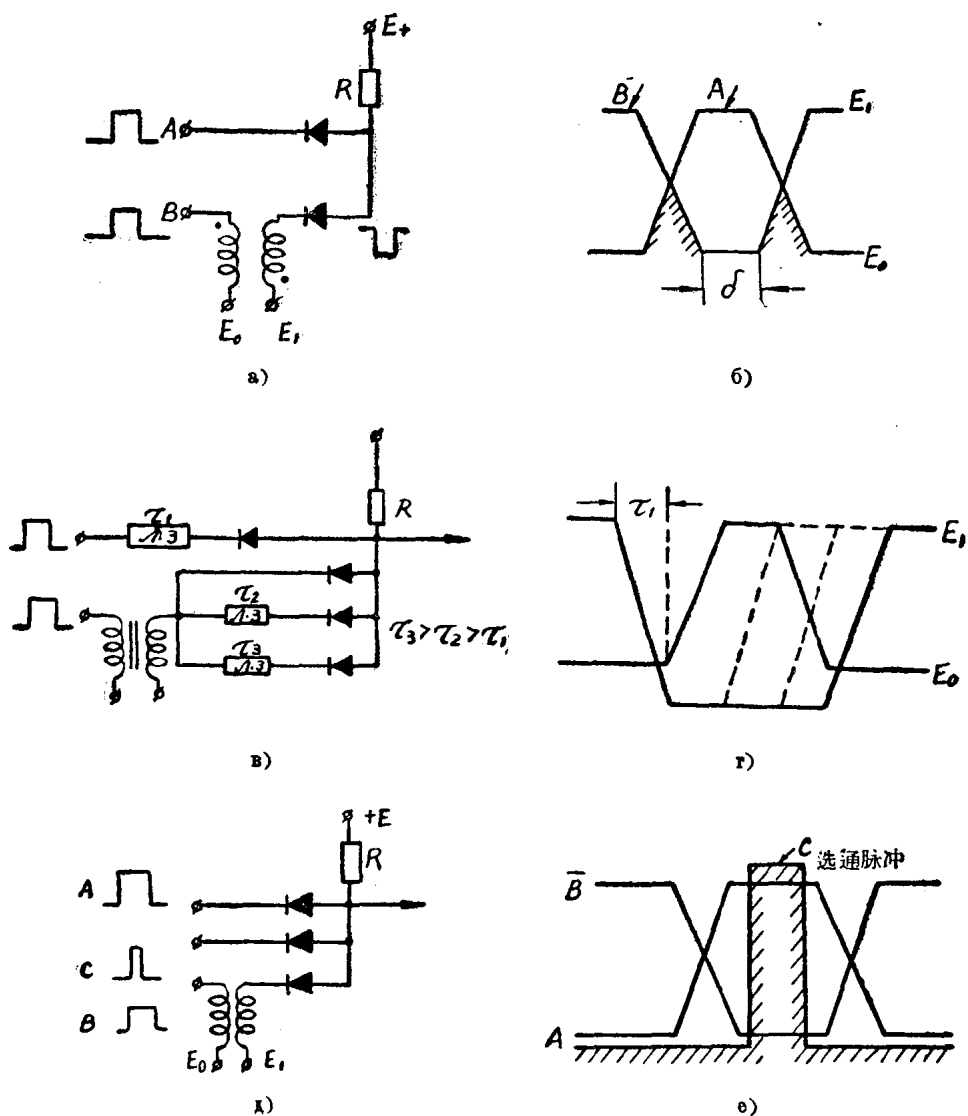


图 1-10

門。这两种門是不同的。“非”門是輸出和輸入信号相反，而“禁止”門是起禁止作用的，这里混起来談不妨碍对問題的实质認識。）

在上述綫路中，有几个值得注意的地方：(1) 变压器的电感不可太大，因此它只能工作在持續期較短的信号，即它只适合于脉冲工作的方式。(2) 为了完成它的禁止作用，不产生漏掉情况。所以輸入“与”門的負脉冲应完全“盖住”正脉冲。因为脉冲信号实际上不可能是理想脉冲。所以一个脉冲很难“盖住”另一个脉冲，如图 1-10b)。补救的办法是将“盖住”的脉冲(图中的負脉冲)加寬、加大，同时将被“盖住”的脉冲做稍許的延迟。见图 B)所示。其波形如图 r)所示。

另一种办法是：如果脉冲信号的到來是有一定的时刻(例如与某种脉冲同步)，則可以在“与”門上多加一个輸入端，該輸入端上加一經常存在的选通脉冲，这样就可避免門綫路在信

号边缘产生的干扰。如图 d) 和 e) 所示。

由上可见,“非”门的线路比较麻烦,其中由于引用了延迟线而造成反射不易消除,它们对“禁止”脉冲源也往往是比较重的负载,因此在二极管线路中总是尽可能地避免用“非”门。

多级的电阻-二极管开关线路:

实际应用上常出现多次执行“或”和“与”的操作,二级或多级的电阻-二极管开关线路就是符合这种要求的线路。

首先设二极管是理想的,且线路后面的负载阻抗无限大。输入信号高低电平分别为 E_1 、 E_0 , 且有 $E_+ > E_1 > E_0 > E_-$ 。

图 1-11 为二级的“与-或”线路;一般在设计开关线路时是由后面(靠近负载的一边)向前算过去的。因此先看 R_1 。

当 A_1 、 A_2 上输入皆是低电位 E_0 时,要求通过 R_1 之电流有足够的大小,能将输出端电位向下拉到 E_0 或 E_0 之下,因此 R_1 决定于负载的大小(由速度方面看则决定于负载电容的大小),已经假定了负载阻抗无限大,所以这时 R_1 就可以取任何值。

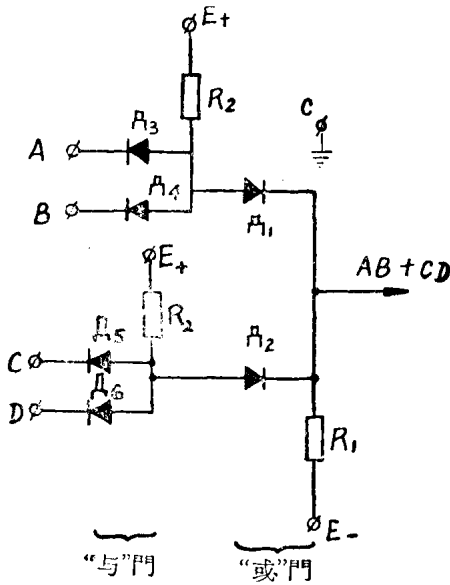


图 1-11

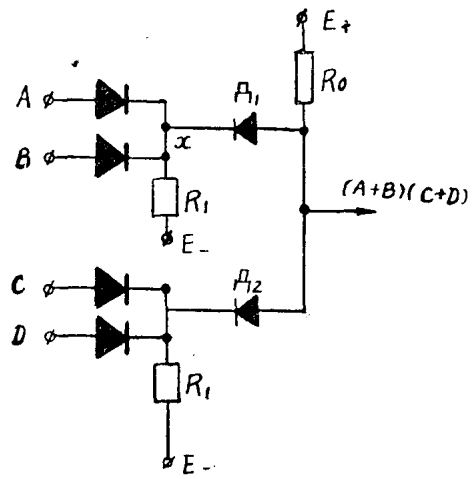


图 1-12

对于 R_2 之值就有一定限制,考虑 x 点电位 E_x , 当 $A=1$ 、 $B=1$ 时, E_x 应上升到 E_1 。因此要求线路要这样选择,使得当 A 、 B 两端与信号源断开,且 C 、 D 两点电位仍为 E_0 时, E_x 应大于或等于 E_1 。由欧姆定律可得:

$$E_x = \frac{E_+ R_1 + E_1 R_2}{R_1 + R_2} \geq E_1$$

或

$$R_2 \leq \frac{E_+ - E_1}{E_1 - E_+} \cdot R_1 \tag{1-7}$$

由于二极管是理想的,当任何(或原有)“与”门“或”门之输入端数目多于 2 个时,上述情况不改变。

以上谈的是“与-或”线路,对于“或-与”线路(图 1-12)可做同样分析。

$$E_x = \frac{E_+ R_1 + E_- R_0}{R_0 + R_1} \leq E_0$$

或

$$R_1 \leq \frac{E_0 - E_-}{E_+ - E_0} \cdot R_0 \quad (1-8)$$

由(1-7)、(1-8)可以看出,如果选择 $E_+ = E_1$ 、 $E_0 = E_-$,則按(1-7)、(1-8)算出的 R_2 、 R_1 皆为零。綫路就不能实现。在多級二极管門綫路中,如果象图 1-8、图 1-9 那样以电阻做为一个輸入端,則在計算时,(1-7)、(1-8)中的 E_+ 和 E_- 应分別改为 E_1 、 E_0 ,这說明以电阻作为輸入端的門綫路不能用在多級綫路中。

图 1-13 为三級的“或-与-或”綫路, R_1 、 R_2 之选择同二級綫路一样。为了决定 R_3 之值,考虑 Y 点之电位 E_y 。

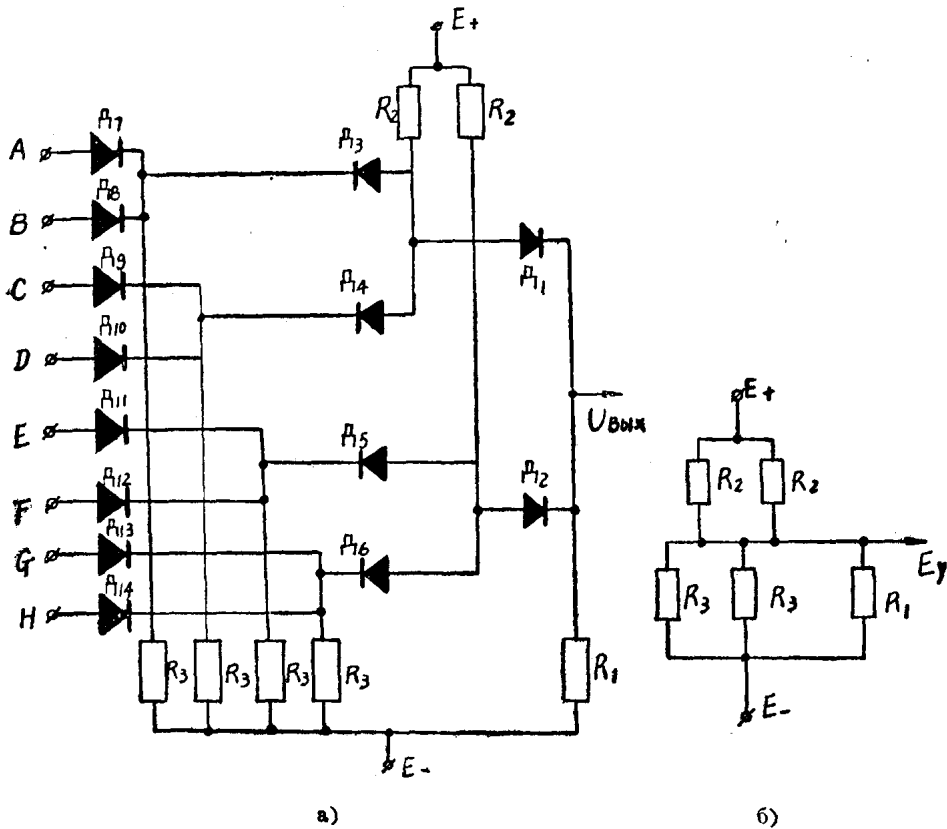


图 1-13

R_3 之值应足够小,以便在相应输出为 E_0 的任何輸入組合情况下,都能使 $E_y \leq E_0$ 。

其中最不利的情况是: $A=B=E=F=0$ 、 $C+D=1$ 、 $G+H=1$ 。 A_4 、 A_5 断开, A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_5 通电,等效电路如图 6) 所示。

由 $E_y \leq E_0$ 的要求可算得:

$$R_3 \leq \frac{2R_1 R_2 (E_0 - E_-)}{2R_1 (E_+ - E_0) - R_2 (E_0 - E_0_-)} \quad (1-9)$$

令(1-7)式中取等号,以 R_2 之最大值代入(1-9)中,可得 R_3 与 R_1 之关系为:

$$R_3 \leq \frac{2R_1(E_+ - E_1)(E_0 - E_-)}{(E_1 - E_-)(E_+ - E_0) + (E_+ - E_-)(E_1 - E_0)} \quad (1-10)$$

第一、二級“与”門、“或”門之輸入数目对上述电阻无影响，但是最末一級“或”門的輸入端数目是有关系的，設其輸入端数目为 N ，則相应于(1-9)之公式为：

$$R_3 \leq \frac{NR_1R_2(E_0 - E_-)}{NR_1(E_+ - E_0) - R_2(E_0 - E_-)}$$

当 $N \rightarrow \infty$ 时，得

$$R_3 \leq \frac{E_0 - E_-}{E_+ - E_0} R_2 \quad (1-11)$$

图 1-14 为三級的“与-或-与”綫路。 R_3 之值应足够小，使得在产生輸出为 E_1 的任何輸入变量組合下，能使 Y 点上之电位 $E_y \geq E_1$ 。

最不利的情况是：

$$A=B=E=F=1;$$

$$C \cdot D = G \cdot H = 0.$$

这时， $\bar{A}_3, \bar{A}_5, \bar{A}_4, \bar{A}_6$ 断开，若 R_2 之值小于(1-8)式右方規定之值，則 \bar{A}_1, \bar{A}_2 也是通的，于是有图 6) 之等效綫路；在最后級“与”門輸入数目为 N 时有图 B) 之一般等效电路，根据 $E_y \geq E_1$ 之要求，得：

$$R_2 \leq \frac{NR_0R_1(E_+ - E_1)}{NR_0(E_1 - E_-) - (E_+ - E_1)} \quad (1-12)$$

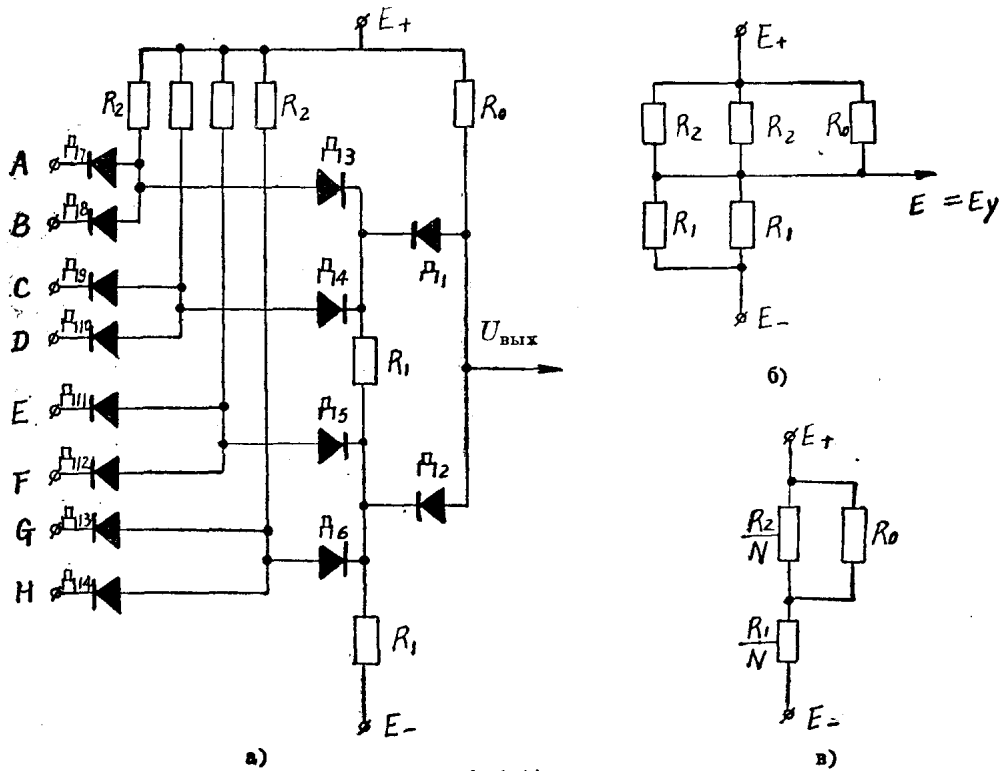


图 1-14

多級电阻—二級管开关綫路的一般討論(理想二极管):

由前面的討論可知,理想二极管在綫路中的作用犹如一个“开关”一样,它随着加于其两端上电位差之极性不同而自动“接通”(导电)或“断开”(截止)。选择与計算电阻值的任务是:当某一二极管“断开”时,其“右端”一点上之电位应由相应的电阻保証将其提升或拉下到所需之值(即使在最不利的情况下)。

若令 N_i 代表接于每一个电子門上的 R_i 的个数(假定在同一級中,每一个电子門的輸入数目是一样的,各門上的相应电阻值也是一样的)。为計算各电阻值之最不利情况的等效电路如图 1-15 及图 1-16。

图中相应于“与”門的电阻画在上面一排,相应于“或”門的电阻画在下面一排。

最右边的一組(R_0 或 R_1)根据对速度的要求确定后,可按照图的次序,由后往前分别根据参考点输出电压 $\geq E_1$ 或 $\leq E_0$ 之要求算出各 R_i 之值。

由图 1-15 和 1-16 中所見,每增加一級“与”(“或”)門,該門之中电阻 R_i 之值应足够小,使得能將中点之电位提升(拉下)到 E_1 (E_0) 值以上(下)。

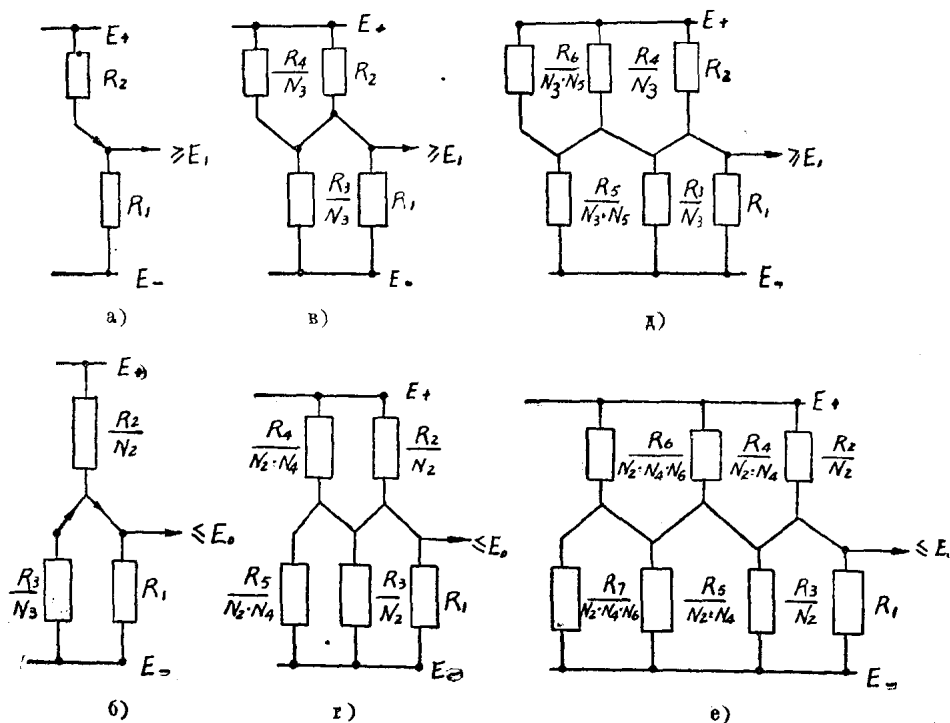


图 1-15

很明显,随着級数的增加,从图中左边看进去的輸入阻抗越来越小(因为并联电阻的数目急剧增加),因此需越来越大的电流才能使該点的电位提升或拉下,从而 R_i 值也越来越小。也就是說,随着級数的增加,需要輸入信号級付出更大的电流(功率),因此級数的增加是有限制的。若再考慮到元件允許的公差,以及二极管实际上不是理想的而是具有有限的正向反向电阻,因此在計算机中所采用的綫路实际上不会超过 2~3 級。一般每隔 2~3 級

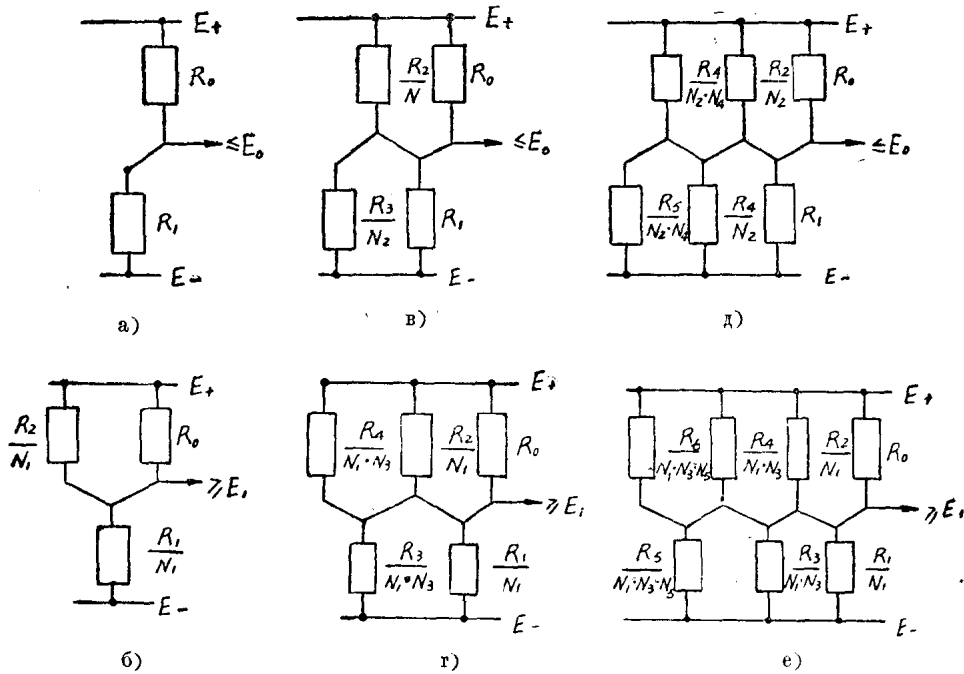


图 1-16

就加入一个电流放大(阴极跟随器等),以补偿电流因分流作用而引起的损失。

从减小电流的观点来看,提高 $(E_+ - E_1)$ 和 $(E_0 - E_-)$ 对 $(E_1 - E_0)$ 之比值是有好处的,这就意味着提高电源电压,同时加大电阻,于是为了产生电压变化 $\Delta E = (E_1 - E_0)$ 所需的电流变化增量 $\Delta I = \frac{\Delta E}{R}$ 就相应地不可以减小。但这样一来,消耗的直流电功率就会增加。

二极管反向电阻及负载电阻非无限大时所引起的后果讨论:

第一节中曾叙述在单个“与”或“或”门中,二极管反向电阻 R_D 对 R 之选择没有影响, R_D 希望大些主要是为了各输入端彼此之间互相隔离,不致因为某些变量是 1, 另外一些变量是 0, 而造成对信号源的额外负载。

在二级线路中 R_D 的作用就大了,以“与-或”线路为例,如图 1-16 a)。设 $A=B=1$, 而 $C=D=0$, 则 \mathcal{A}_2 之反向电阻之作用如图 6) 所示。流过 R_D 之电流为 $\frac{E_1 - E_0}{R_D}$, 因此它等效一个与 R_1 并联上一个电阻 $(R \cdot \frac{E_1 - E_-}{E_1 - E_0})$ (即由交叉点取同样大小的电流)。

在一般情况下,后一级“或”门有 N 个输入时,与 R_1 并联之等效电阻为

$$R_3 = R_D \cdot \frac{E_1 - E_-}{(N-1)(E_1 - E_0)}$$

从而在求 R_2 之值时,仍可用公式(1-7),只须将其中 R_1 之值代以 R_1 与上述 R_3 并联后的电阻值即可。

在三级线路中,以“或-与-或”线路为例,在 R_3 之值时,必须考虑中间一行 $\mathcal{A}_3, \mathcal{A}_4, \mathcal{A}_5, \mathcal{A}_6$ 的反向电阻,最不利情况是 $A=B=F=0$, 而其余变量为 1。这时 Y 之电位 E_y (及其另一

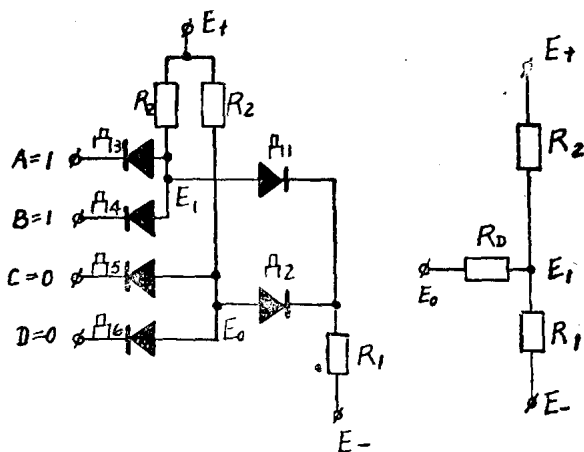


图 1-17

相应点之电位)将由于通过 \bar{A}_4, \bar{A}_6 之反向电流而提升, 此时等效线路如图 1-8 6) 所示。处理的办法和前面一样, 可以将 R_D 用一个与 R_2 并联的电阻 $R_D(E_+ - E_0)/(E_1 - E_0)$ 来代替。

一般情况下, 当相应于 R_2 的“与”门输入端的数目为 N_2 时, 则反向电阻之效应可以用与每一个 R_2 相并联的电阻

$$R_D \frac{E_+ - E_0}{(E_1 - E_0)(N_2 - 1)}$$

来代替。

对于负载电阻, 可以用同样的处理办法将它与 R_0 或 R_1 合并。

应该注意的是: 即使二极管的反向电阻 R_D 及负载电阻非常之小, 仍旧可以设计开关网络, 在其中电压信号的幅度毫无衰减, 只不过算出来 R_i 的值很小, 即: 必须付出足够的功率来作为代价(见图 1-18)。

二极管正向电阻不为零的效应:

主要的后果是造成信号摆动幅度的衰减, 这种现象从单级“或”线路里就可以观察到, 即由于电流经二极管时, 由于存在正向电阻而造成的输入和输出间的电位差。此外还注意到这种电位差(衰减)的大小还和输入的不同组合有关。例如在具有 A, B, C 三个输入的“或”门里, 当 $A=1, B=0, C=0$ 时, 全部电流流过一个正向电阻; 当 $A=B=C=1$, 电流的每三分之一流过一个正向电阻, 因此前一种情况下的衰减更大些, 不仅如此这时反向电阻也会对衰减有影响(如上段所述, 在正向电阻为零时, 反向电阻不造成衰减), 因为其它二极管反向电阻所取得的电流也流过该二极管的正向电阻, 使衰减增大。为了补偿电压的衰减, 每隔几级(例如 4—5 级)就必须加电压放大。

非零正向电阻也会产生噪音。

开关速度讨论:

开关速度受寄生电容(负载电容和分布电容)影响。

图 1-19 中 C_1, C_2, C_3 分别为 $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3$ 之并联分布电容, C_L 为负载电容。

最不利的情況为 $A=B=1$, 而 C 突然由 0 到 1, 这时通过 R 对 $C=C_L+C_1+C_3$ 充电。