第7卷 第2期 自动化学报 Vol. 7, No. 2
1981年4月 ACTA AUTOMATICA SINICA April, 1981

N位M进制数码网络及其参数计算*

余振复
(天水电气传动研究所)

摘 要

本文介绍一种数码网络，它适用于任意位数和正整数进制的系统．文中证明了网络的各水平电阻之间，以及水平电阻与终端电阻、网络等效电阻、各点输出电压、最大输出电压、基准电压利用率等参数之间都存在着确定的关系，并推演出一系列参数计算公式．文中还讨论了二进制和二-十进制网络的一般情况，当它的水平电阻相同时所得的参数恰与人们使用过的网络参数完全相符．

一、前 言

目前人们接触到的数码网络几乎是二进制网络和二-十进制网络，而且全是水平电阻相同的情况．在水平电阻相同时，水平电阻和终端电阻之间遵循着什么样的规律？在水平电阻不同时，水平电阻之间和水平电阻与终端电阻之间有无规律可循？各点输出电压、最大输出电压和基准电压利用率有无统一的计算公式？要求网络的阻抗为一定值时，网络的参数如何选取？要使用特殊进制时，网络的参数如何确定？对于上述问题本文都给予了系统地完整地解决，其参数规律都以定理和公式给出，并加以证明．

一般地说，m进制数中的每一位数人们普遍采用二-m进制网络来与此相应，因此，不妨把每一位数的二-m进制网络称为位网络；它的内阻称为位等效电阻；位网络的位数用p表示，它与m进制要满足如下关系：

$$2^{p-1} < m \leqslant 2^p \tag{1}$$

本文讨论的都是位网络和位等效电阻相同的情况．

二-m进制位网络的形式较多，加上求各点输出电压、最大输出电压和基准电压利用率等参数都与位网络的形式有关，因此在给出这些参数的计算公式时，仅以二进制T形位网络（简称T形位网络，如图1）和1，2，4，8，……，2^{p-1}权电阻位网络（简称普通位网络，如图2）为例．

由于二进制和十进制网络应用广泛，本文把这两种进制网络作为特例，直接给出各种参数计算公式．人们不难发现，在以前使用过的二进制和十进制网络中，其所选取的电阻参数都可由本文给出的公式计算出来．

由于十进制网络的位网络形式很多，本文增加了1，2，4，2权电阻位网络(简称1,2,

* 本文修改稿于1980年12月18日收到．

4，2 位网络，如图 3）组成的十进制网络的各种参数计算公式，由其余位网络组成的十进制网络的各种参数计算公式，读者可以自行模仿导出．

本文不仅给数码网络予数学化、理论化，揭示了网络参数之间内在的规律，为制作不同的网络内阻的数码网络组件提供了依据，为计算各点输出电压、最大输出电压、基准电压利用率提供了简便的公式；而且为特殊进制提供了网络的形式和参数的确定方法；数码网络若采用微处理机校正输出电压精度，并做成装置时，本文给出的公式则是很好的数学模型．

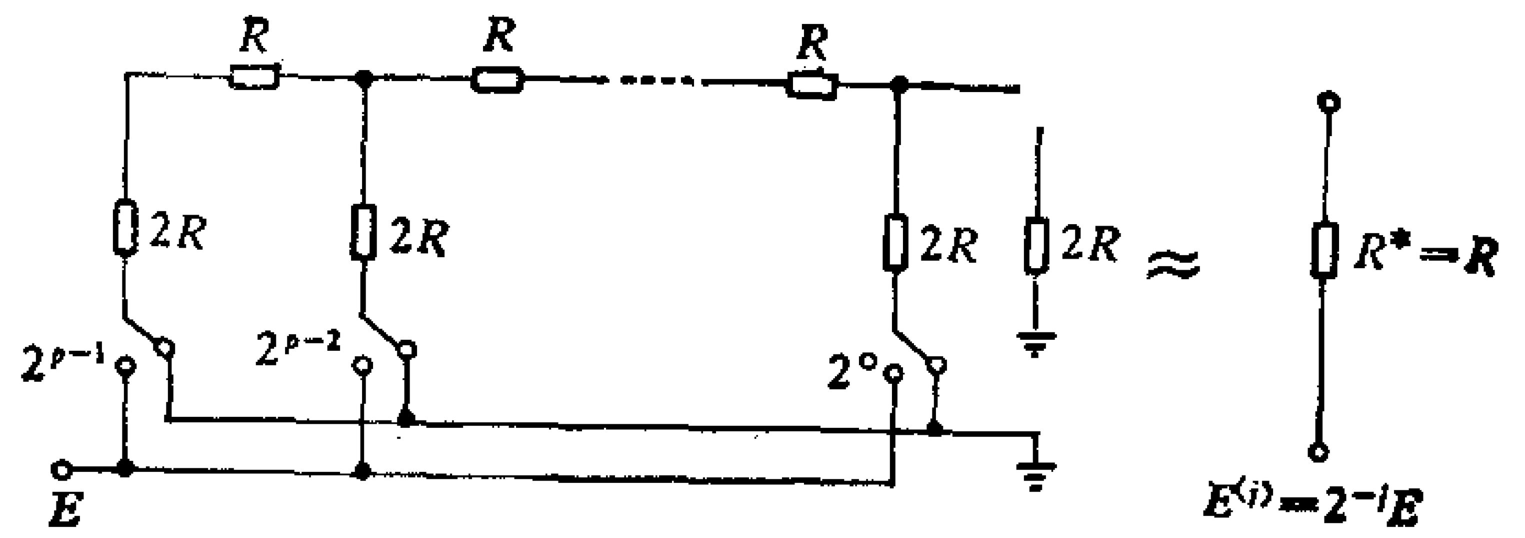


图 1　T 形位网络及其最简等效位网络图

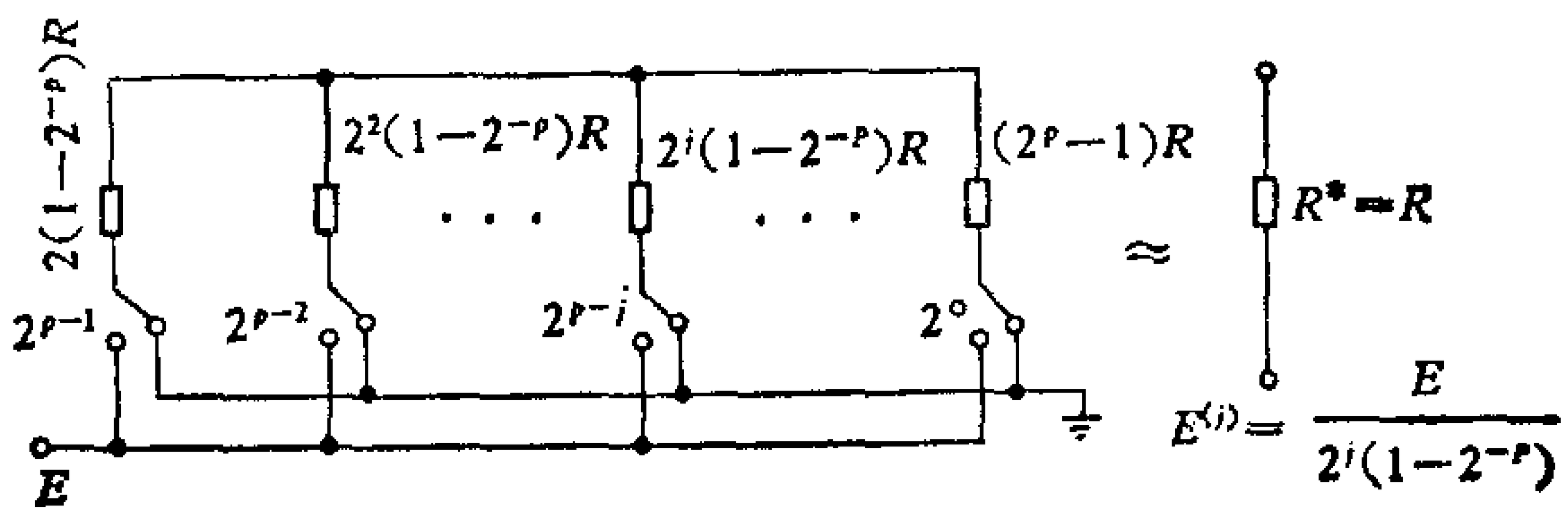
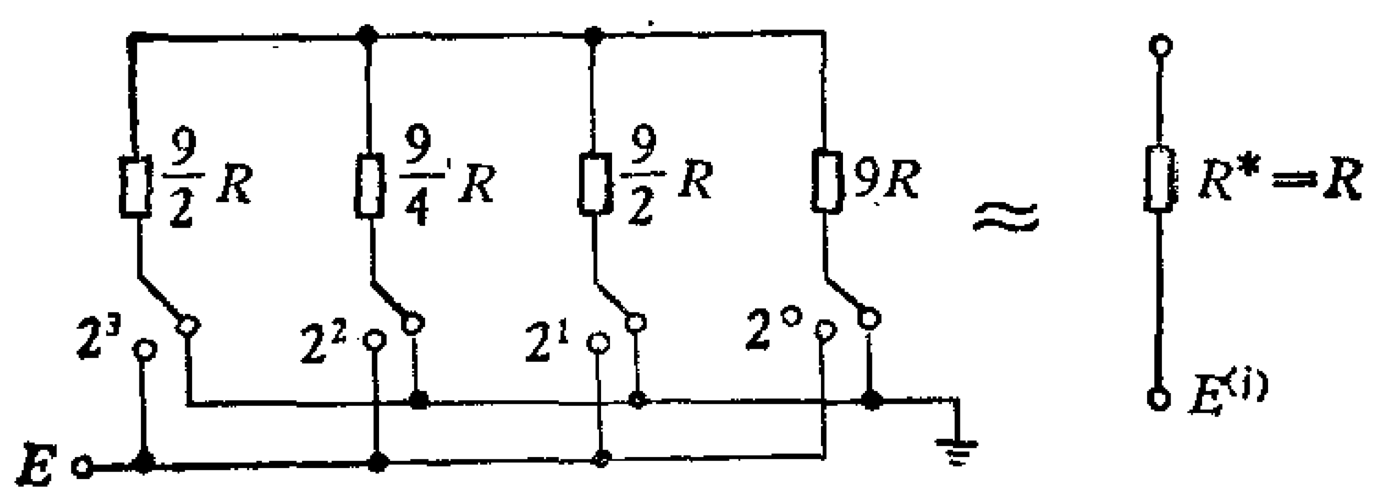


图 2　普通位网络及其最简等效位网络图



$E^{(1)}=E^{(3)}=\frac{2E}{9}$，$E^{(2)}=\frac{4E}{9}$，$E^{(4)}=\frac{E}{9}$

图 3　1，2，4，2 位网络及其最简等效位网络图

二、数码网络定理

对于图 4 所示的数码网络，若最多只有一位接基准电压 E，而其余位接地时，可用等效网络逐步简化，其最简形式是由一个等效电阻 R^* 所组成，R^* 的一端接等效电压 $E^{(i)}$，

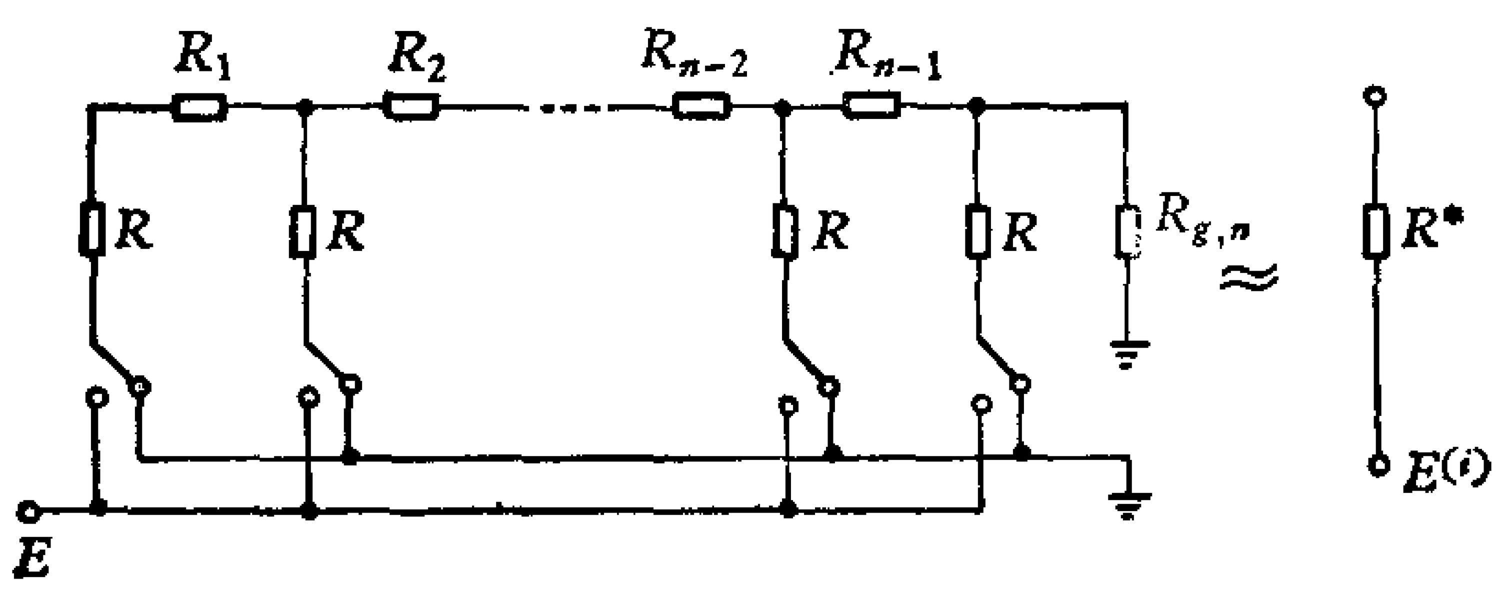


图 4　n 位数码网络及其最简等效网络图

另一端作为原网络的输出端,可与其他线路相连,这种网络称为最简等效网络. $E^{(i)}$ 表示数码网络的第 i 位接 E 其余位接地时的最简等效网络的等效电压 ($i=1,2,\cdots,n$). 若网络所有位全都接地时,则最简等效网络的一端接地.

最简等效网络的提出,是化简网络的有力工具. 该参数的求法由引理 1 给出.

图 4 也是一般的数码网络形式.

图 4 中 R_i 通称为水平电阻 ($i=1,2,\cdots,n-1$), 其中 R_1 称为最高位水平电阻, R_{n-1} 称为最低位水平电阻,在两个相邻水平电阻 R_{i-1}, R_i 中, R_{i-1} 称为相对高位水平电阻, R_i 称为相对低位水平电阻;

$R_{g,n}$ 称为终端电阻;

R 称为位等效电阻,它由位网络组成;

n 为确定的大于 1 的整数;

E 称为数位基准电压,简称基准电压;

$\approx$表示两端网络为等效网络.

为方便起见,事先引入两个符号:

Π为连乘运算符号;

$/\!/$ 为电阻并联运算符号.

上面已引入和以后将引入的符号都只有单一意义,因此在符号引入后再用到时一律不再说明.

引理 1. 对于图 4 所示的 n 位数码网络,当第 i 位 ($i\leqslant n$) 接 E 其余位接地时,其最简等效网络参数可表作:

$$R^*=R/\!/R^{(1)} \tag{2}$$

$$E^{(i)}=\left(\prod_{j=1}^{i-1}\frac{R}{R+R^{(j)}}\right)\frac{R^{(i)}}{R+R^{(i)}}E,\quad i=1,2,\cdots,n. \tag{3}$$

其中

$$\begin{cases}R^{(j)}=R_j+R/\!/(R_{j+1}+R/\!/(\cdots/\!/(R_{n-1}+R/\!/R_{g,n})\cdots)), & j=1,2,\cdots,n-1.\\ R^{(n)}=R_{g,n}\end{cases} \tag{4}$$

(4) 式用递推公式表示则为:

$$\begin{cases}R^{(j)}=R_j+R/\!/R^{(j+1)}, & j=1,2,\cdots,n-1.\\ R^{(n)}=R_{g,n}.\end{cases} \tag{5}$$

引理 1 又称最简等效网络引理,从它的证明可看出(见附录 1),它不仅可求出图 4 整个网络的最简等效网络,也可以求出图 4 右边部分网络的最简等效网络. 若求第 k 位到第 n 位部分网络的最简等效网络时,那么 (2)、(3) 式可分别改为:

$$R^*=R/\!/R^{(k)}. \tag{6}$$

$$E^{(i)}=\left(\prod_{j=k}^{i-1}\frac{R}{R+R^{(j)}}\right)\frac{R^{(i)}}{R+R^{(i)}}E,\quad i=k,k+1,\cdots,n. \tag{7}$$

除了由引理 1 可求图 4 的最简等效网络外,其它网络也可仿效之. 图 1—图 3 所示的位网络比较简单,其最简等效网络的参数直接在图中标出.

引理 2. 对于图 4 所示的 n 位数码网络,当第 i 位接 E 其余位接地时的输出端电压

U_i 可表作：

$$U_i=\left(\prod_{j=1}^{i-1}\frac{R}{R+R^{(j)}}\right)\frac{R^{(i)}}{R+R^{(i)}}E,\quad i=1,2,\cdots,n. \tag{8}$$

其中 $R^{(j)}(j=1,2,\cdots,n)$ 仍为 (4) 或 (5) 式所规定(引理 2 证明见附录 2).

数码网络定理：对于图 4 所示的 n 位数码网络，m (m 为大于 1 的整数) 进制的必要充分条件是电阻参数满足关系式：

$$\begin{cases}R_{i-1}=(m-1)\left[R/\!/\left(\frac{m}{m-1}R_i\right)\right], & i=2,3,\cdots,n-1. \quad (9)\\ R_{n-1}=(m-1)(R/\!/R_{g,n}). & (10)\end{cases}$$

或

$$\begin{cases}R_{i-1}=\frac{m(m-1)RR_i}{(m-1)R+mR_i}, & i=2,3,\cdots,n-1. \quad (11)\\ R_{n-1}=\frac{(m-1)RR_{g,n}}{R+R_{g,n}}. & (12)\end{cases}$$

数码网络定理也称为原码网络定理其证明见附录 3.

三、网络参数计算公式

由数码网络定理可推导出下列公式.

1. 由终端电阻计算各水平电阻公式：

由 (11)、(12) 式的递推演算，可归纳出相应公式：

$$R_i=\frac{m^{n-1-i}(m-1)RR_{g,n}}{R+\left(\sum_{j=0}^{n-1-i}m^j\right)R_{g,n}}=\frac{m^{n-1-i}(m-1)^2RR_{g,n}}{(m-1)R+(m^{n-i}-1)R_{g,n}},$$
$$i=1,2,\cdots,n-1. \tag{13}$$

2. 由最高位水平电阻计算终端电阻和其余水平电阻公式：

由 (11)、(12) 式分别反推得出：

$$\begin{cases}R_i=\frac{(m-1)RR_{i-1}}{m(m-1)R-mR_{i-1}}, & i=2,3,\cdots,n-1\\ R_{g,n}=\frac{RR_{n-1}}{(m-1)R-R_{n-1}}\end{cases}$$

经上式反复递推演算找出其通式如下：

$$\begin{cases}R_i=\frac{(m-1)RR_1}{m^{i-1}(m-1)R-\left(\sum_{j=1}^{i-1}m^j\right)R_1}=\frac{(m-1)^2RR_1}{m^{i-1}(m-1)^2R-m(m^{i-1}-1)R_1},\\ \qquad i=2,3,\cdots,n-1.\\ R_{g,n}=\frac{RR_1}{m^{n-2}(m-1)R-\left(\sum_{j=0}^{n-2}m^j\right)R_1}=\frac{(m-1)RR_1}{m^{n-2}(m-1)^2R-(m^{n-1}-1)R_1}\end{cases} \tag{14}$$

表 1　n 位 m 进制数码网络的参数计算公式表

位网络	水平电阻	R_i 与 R_{i-1} 之间关系	R_{n-1} 与 $R_{g,n}$ 之间关系	$R_{内}$	U_{ij}	E_{max}	η
T 形位网络	不同	$R_{i-1}=\frac{m(m-1)RR_i}{(m-1)R+mR_i}$ $i=2,3,\cdots,n-1$	$R_{n-1}=\frac{(m-1)RR_{g,n}}{R+R_{g,n}}$	$\frac{mRR_1}{(m-1)R+mR_1}$	$\frac{2^{-j}m^{2-i}R_1E}{(m-1)R+mR_1}$ $i=1,2,\cdots,n$ $j=1,2,\cdots,p$	$\frac{2^{-p}m^2(1-m^{-n})R_1E}{(m-1)R+mR_1}$	$\frac{2^{-p}m^2(1-m^{-n})R_1}{(m-1)R+mR_1}$
	相同	$R_i=\frac{(m-1)^2}{m}R$ $i=1,2,\cdots,n-1$.	$R_{g,n}=(m-1)R$	$\frac{(m-1)}{m}R$	$2^{-j}m^{-i}(m-1)E$ $i=1,2,\cdots,n$ $j=1,2,\cdots,p$	$2^{-p}(m-1)(1-m^{-n})E$	$2^{-p}(m-1)(1-m^{-n})$
普通位网络	不同	同　上	同　上	同　上	$\frac{2^p}{2^p-1}\times\frac{2^{-j}m^{2-i}R_1E}{(m-1)R+mR_1}$ $i=1,2,\cdots,n$ $j=1,2,\cdots,p$	$\frac{m^2R_1(1-m^{-n})E}{(2^p-1)[(m-1)R+mR_1]}$	$\frac{m^2R(1-m^{-n})}{(2^p-1)[(m-1)R+mR_1]}$
	相同				$\frac{2^p}{2^p-1}[2^{-j}m^{-i}(m-1)E]$ $i=1,2,\cdots,n$ $j=1,2,\cdots,p$	$\frac{(m-1)(1-m^{-n})}{2^p-1}E$	$\frac{(m-1)(1-m^{-n})}{2^p-1}$

表 2　二进制和十进制数码网络的参数计算公式表

网络	位网络	水平电阻	R_i 与 R_{i-1} 之间关系	R_{n-1} 与 $R_{g,n}$ 之间关系	$R_{内}$	U_{ij}	E_{max}	η
二进制网络	$p=1$ 普通位网络	不同	$R_{i-1}=\frac{2RR_i}{R+2R_i}$ $i=2,3,\cdots,n-1$	$R_{n-1}=\frac{RR_{g,n}}{R+R_{g,n}}$	$\frac{2RR_1}{R+2R_1}$	$\frac{2^{2-i}R_1E}{R+2R_1}$ $i=1,2,\cdots,n$	$\frac{4(1-2^{-n})R_1E}{R+2R_1}$	$\frac{4(1-2^{-n})R_1}{R+2R_1}$
		相同	$R_i=\frac{1}{2}R$ $i=1,2,\cdots,n-1$	$R_{g,n}=R$	$\frac{R}{2}$	$2^{-i}E$ $i=1,2,\cdots,n$	$(1-2^{-n})E$	$1-2^{-n}$

十进制网络	$p=4$ T形位网络	不同	$R_{i-1}=\frac{90RR_i}{9R+10R_i}$ $i=2,3,\cdots,n-1$	$R_{n-1}=\frac{9RR_{g,n}}{R+R_{g,n}}$	$\frac{10RR_1}{9R+10R_1}$	$\frac{2^{-j}10^{2-i}R_1E}{9R+10R_1}$ $i=1,2,\cdots,n$ $j=1,2,3,4$	$\frac{25(1-10^{-n})R_1E}{36R+40R_1}$	$\frac{25(1-10^{-n})R_1}{36R+40R_1}$
		相同	$R_i=8.1R$ $i=1,2,\cdots,n-1$	$R_{g,n}=9R$	$\frac{9}{10}R$	$9\times 2^{-j}10^{-i}E$ $i=1,2,\cdots,n$ $j=1,2,3,4$	$\frac{9}{16}(1-10^{-n})E$	$\frac{9}{16}(1-10^{-n})$
	$p=4$ 普通位网络	不同				$\frac{320}{3}\times\frac{2^{-j}10^{-i}R_1E}{9R+10R_1}$ $i_1=1,2,\cdots,n$ $j=1,2,3,4$	$\frac{20}{3}\times\frac{(1-10^{-n})R_1E}{9R+10R_1}$	$\frac{20}{3}\times\frac{(1-10^{-n})R_1}{9R+10R_1}$
		相同				$\frac{48}{5}\times 2^{-j}10^{-i}E$ $i=1,2,\cdots,n$ $j=1,2,3,4$	$\frac{3}{5}(1-10^{-n})E$	$\frac{3}{5}(1-10^{-n})$
	$p=4$ 1,2,4,2位网络	不同	同　上	同　上	同上	$U_{i_1}=U_{i_3}=\frac{2\times 10^{2-i}R_1E}{81R+90R_1}$ $U_{i_2}=\frac{4\times 10^{2-i}R_1E}{81R+90R_1}$ $U_{i_4}=\frac{10^{2-i}R_1E}{81R+90R_1}$ $i=1,2,\cdots,n$	$\frac{100(1-10^{-n})R_1E}{81R+90R_1}$	$\frac{100(1-10^{-n})R_1}{81R+90R_1}$
		相同				$U_{i_1}=U_{i_3}=2\times 10^{-i}E$ $U_{i_2}=4\times 10^{-i}E$ $U_{i_4}=10^{-i}E$ $i=1,2,\cdots n$	$(1-10^{-n})E$	$1-10^{-n}$

3. 网络等效电阻 $R_{内}$(也称内阻)的计算公式:

根据引理 1, 图 4 的等效电阻

$$R_{内}=R/\!/R^{(1)}$$

令 (33) 式中 $i=1$ 代入上式, 则得:

$$R_{内}=R/\!/\left(\frac{m}{m-1}R_1\right)=\frac{mRR_1}{(m-1)R+mR_1} \tag{15}$$

由此得出:

$$R_1=\frac{(m-1)RR_{内}}{m(R-R_{内})} \tag{16}$$

这是一个重要公式,因为数码网络在与其它线路配合时要求阻抗匹配, 因此, 当网络阻抗给定时,便可根据 (14)、(16) 式来确定各电阻参数.

4. 网络各点输出电压、最大输出电压和基准电压利用率的计算公式:

在讨论这些量时,由于它们与位网络选择有关,仅以 T 形位网络(图 5) 和普通位网络(图 6) 组成的 m 进制网络为例.

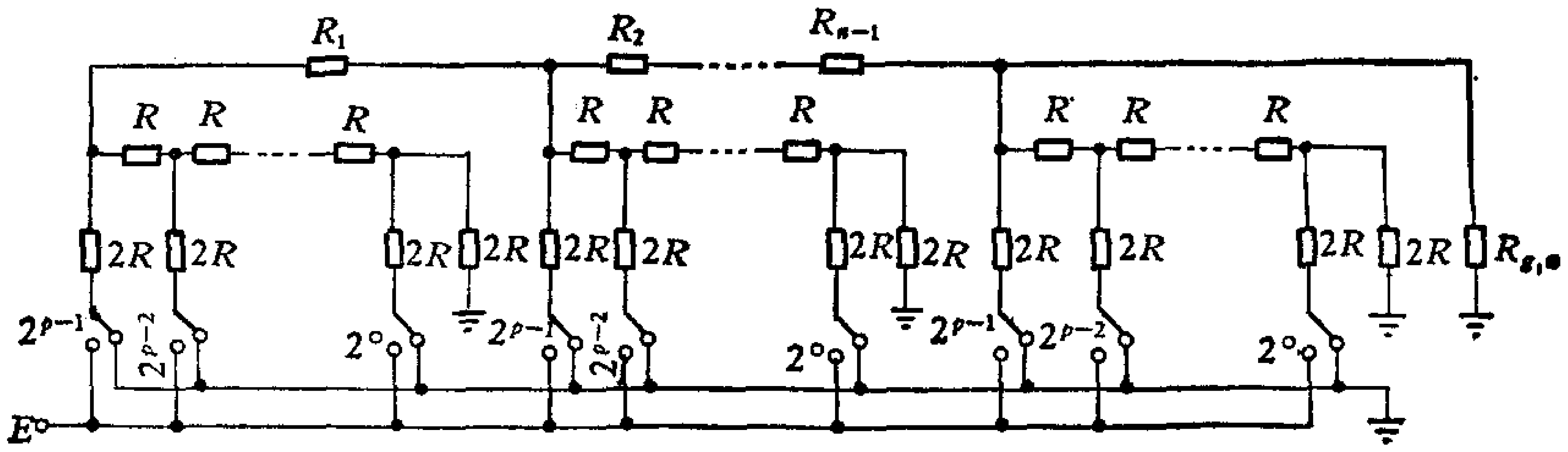


图 5 由 T 形位网络组成的 m 进制网络图

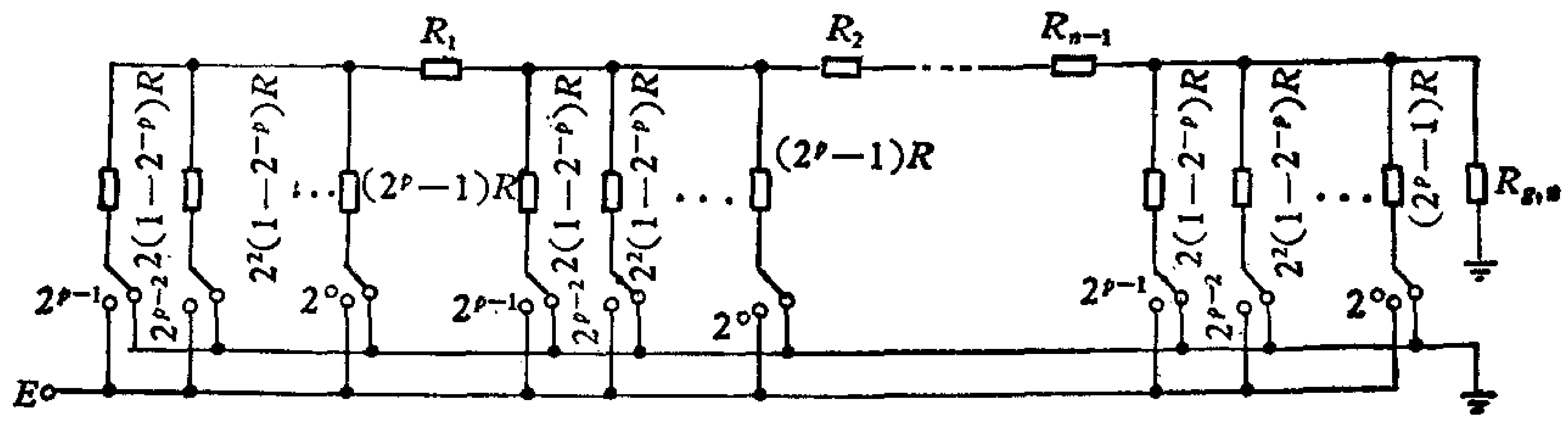


图 6 由普通位网络组成的 m 进制网络图

设 n 位数 m 进制网络的第 i 个 $(i\leqslant n)$ 位网络中的第 j 位 $(j\leqslant p)$ 接 E, 而整个网络的其余位接地,其输出电压表示为 U_{ij}. 根据二-m 进制网络的性质,相邻两点之间的输出电压有如下关系:

$$\begin{cases}U_{ij}=mU_{i+1},j\\U_{ij}=2U_{i,j+1}\end{cases} \tag{17}$$

因此,要求各点的输出电压,只需求出某一点输出电压, 例如先求出 U_{11}, 就可根据上两式逐一确定.

对于图 5、图 6 这两种网络来说,计算最大输出电压 E_{max} 的公式为:

$$E_{max}=mU_{1p}-U_{np} \tag{18}$$

实际上，在 m 进制中，每个位网络最大表示数 $m-1$，如果位网络是二-m 进制的，则至少有一位表示数 1，因此，总可以使位网络的第 p 位表示 1，这就说明只要位网络是二-m 进制的，(18) 式都是适用的．例如由 1，2，4，2 位网络组成的十进制网络，也可利用上式来求它的最大输出电压．

一般的基准电压利用率是由下式定义的，即

$$\eta=\frac{E_{\max}}{E} \tag{19}$$

为省略起见，图 5、图 6 的各参数计算公式（包括水平电阻相同的情况）直接在表 1 中给出．

由于二进制和十进制网络用途广泛，尤其是组成十进制网络的位网络形式较多，特地把各参数计算公式直接列在表 2．

由表 1、表 2 可看出，当给定位网络的等效电阻 R 时，只要给出网络的某一参数，那么其余参数就被确定．在水平电阻相同时，只要给定网络等效电阻，上述参数也就完全确定．

在表 2 中二进制网络的位网络虽然只有一位，但它是普通位网络在 $p=1$ 的特例．

附录 1

证明引理 1（用数学归纳法）

1）证明 $n=2$ 的情况：

$n=2$ 的网络形式如图 7．若图 7 中的第 1 位或第 2 位接 E，而其余位接地的网络及其等效网络分别为图 8 和图 9．

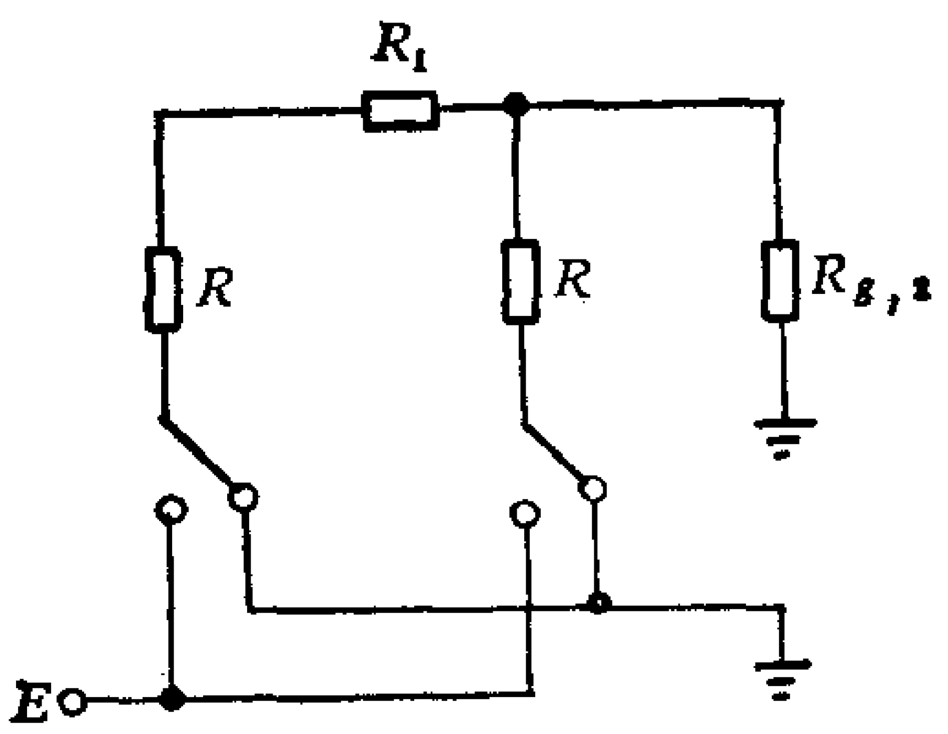


图 7　$n=2$ 的网络图

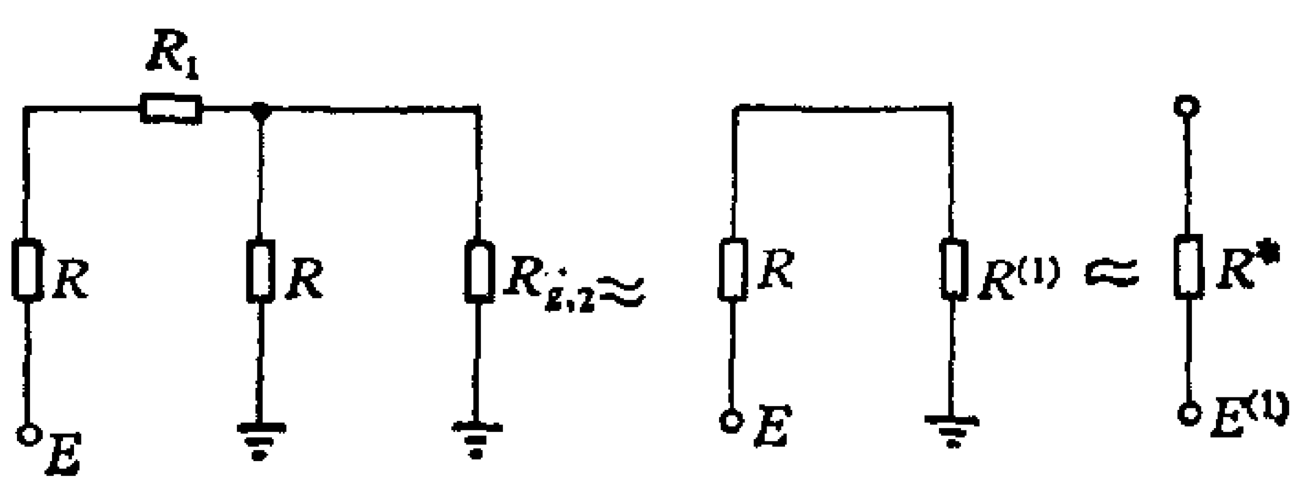


图 8　第 1 位接 E 其余位接地的网络图

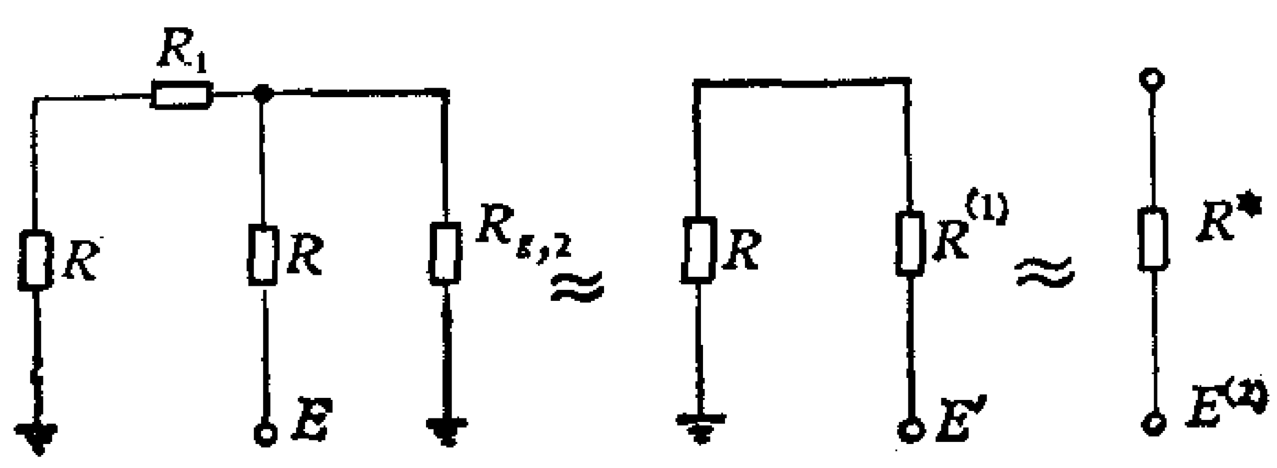


图 9　第 2 位接 E 其余位接地的网络图

由图 8 可知：

$$R^{(1)}=R_1+R/\!/R_{g,2}. \tag{20}$$

$$R^*=R/\!/R^{(1)}. \tag{21}$$

$$E^{(1)}=\frac{R^{(1)}}{R+R^{(1)}}E.$$

由图 9 可知，除 (20)、(21) 式成立外，下式也成立：

$$E^{(2)}=\frac{R}{R+R^{(1)}}E'=\frac{R}{R+R^{(1)}}\times\frac{R_{g,2}}{R+R_{g,2}}E$$

因此，$n=2$ 时，R^*、$E^{(1)}$、$E^{(2)}$ 均满足 (2)、(3)、(4) 式.

2) 证明 n 满足 (2)、(3)、(4) 式时，$n+1$ 也一定满足关系式:

$$R^*=R/\!/R^{(1)} \tag{22}$$

$$E^{(i)}=\left(\prod_{j=1}^{i-1}\frac{R}{R+R^{(j)}}\right)\frac{R^{(i)}}{R+R^{(i)}}E,\quad i=1,2,\cdots,n,n+1 \tag{23}$$

其中

$$\begin{cases}R^{(j)}=R_j+R/\!/(R_{j+1}+R/\!/(\cdots/\!/(R_{n-1}+R/\!/(R_n+R/\!/R_{g,n+1}))\cdots)), & j=1,2,\cdots,n.\\ R^{(n+1)}=R_{g,n+1}\end{cases} \tag{24}$$

证明如下: $n+1$ 位数码网络如图 10.

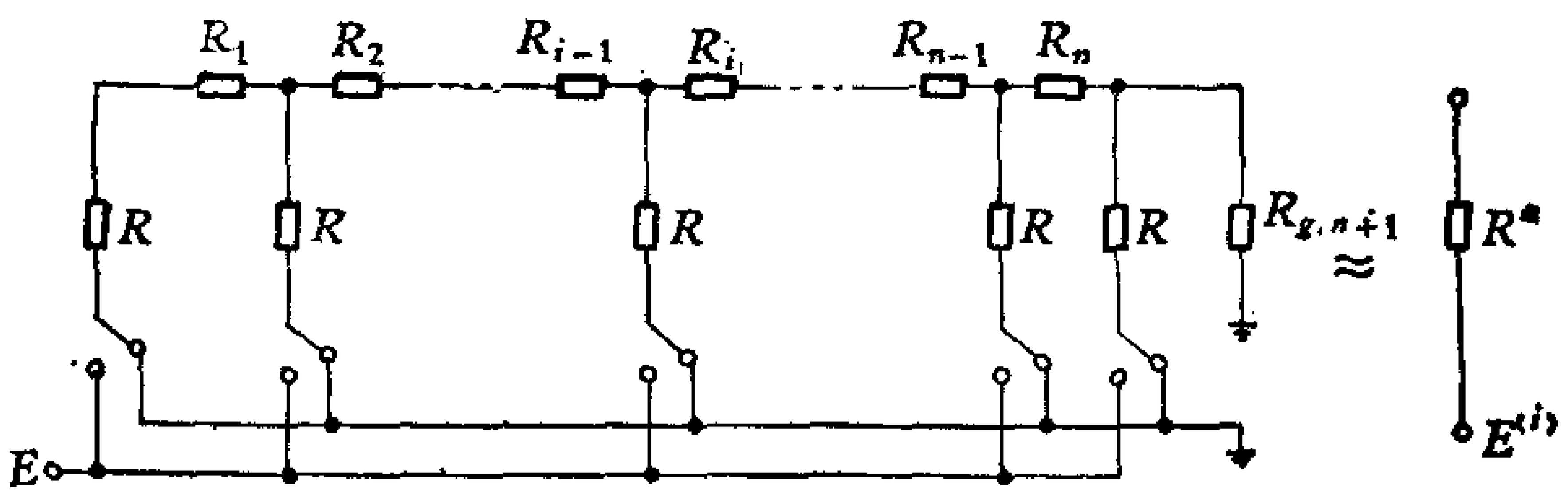


图 10 $n+1$ 位数码网络图

图 10 的第 1 位到第 n 位中的任何一位接 E 其余位接地的等效网络和图 4 中的同一位接 E 其余位接地的等效网络一样，其中

$$R_{g,n}=R_n+R/\!/R_{g,n+1} \tag{25}$$

因为上述图 10 的等效网络为 n 位数码网络，满足关系式 (2)、(3)、(4)，若以 (25) 式代入，恰与 (22)、(23)、(24) 式的 R^* 和 $E^{(i)}$ 符合 ($i=1,2,\cdots,n$). 剩下的只需证明 $E^{(n+1)}$ 也满足 (23)、(24) 式.

考虑图 10 中的第 n 位接 E 其余位接地时的 n 位数码网络及其等效网络(见图 11).

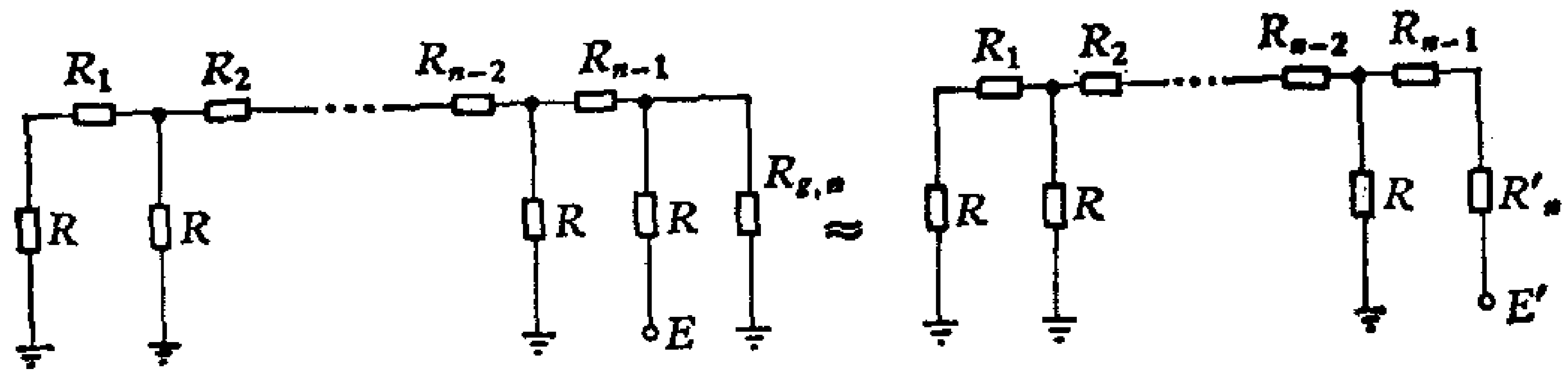


图 11 第 n 位接 E, 其余位接地的网络图

图 11 中:

$$R'_n=R/\!/R_{g,n}$$

$$E'=\frac{R_{g,n}}{R+R_{g,n}}E=\frac{R^{(n)}}{R+R^{(n)}}E \tag{26}$$

由于 n 位网络的 $E^{(n)}$ 满足 (3)、(4) 式，并考虑到 (26) 式，则:

$$E^{(n)}=\left(\prod_{j=1}^{n-1}\frac{R}{R+R^{(j)}}\right)\frac{R^{(n)}}{R+R^{(n)}}E=\left(\prod_{j=1}^{n-1}\frac{R}{R+R^{(j)}}\right)E' \tag{27}$$

$$R^{(j)}=R_j+R/\!/(R_{j+1}+R/\!/(\cdots/\!/(R_{n-1}+R'_n)\cdots)),\quad j=1,2,\cdots,n-1. \tag{28}$$

考虑图 10 中的第 $n+1$ 位接 E 其余位接地时的 $n+1$ 位网络及其等效网络(见图 12).

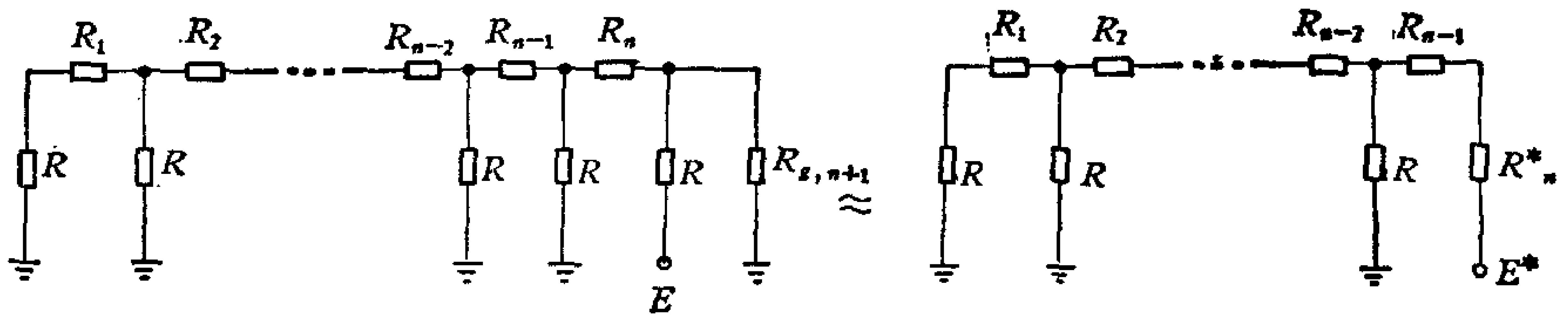


图 12　第 $n+1$ 位接 E，其余位接地的网络图

图 12 中：

$$R_n^* = R /\!/ R^{(n)}$$

$$E^* = \frac{R}{R + R^{(n)}} \cdot \frac{R_{g,n+1}}{R + R_{g,n+1}} E$$

图 12 的等效网络相当于图 11 的等效网络，则有：

$$R_n' = R_n^* = R /\!/ R^{(n)}$$

$$E' = E^* = \frac{R}{R + R^{(n)}} \cdot \frac{R_{g,n+1}}{R + R_{g,n+1}} E \tag{29}$$

它们的最简等效网络也应相同，则

$$E^{(n)} = E^{(n+1)} \tag{30}$$

将 (29)、(30) 式代入 (27)、(28) 式后的结果就是 (23)、(24) 式中 $E^{(n+1)}$ 的情况．至此引理一证明完毕．

附录 2

证明引理 2

当求 $U_i(i = 2, 3, \cdots, n)$ 时，根据引理 1，图 4 的等效网络为图 13．在图 13 中：

$$R^* = R /\!/ R^{(2)}$$

$$E^{(i)} = \left(\prod_{j=2}^{i-1} \frac{R}{R + R^{(j)}}\right) \frac{R^{(i)}}{R + R^{(i)}} E, \quad i = 2, 3, \cdots, n$$

由图 13 可知：

$$U_i = \frac{RE^{(i)}}{R + R_1 + R^*} = \left(\prod_{j=1}^{i-1} \frac{R}{R + R^{(j)}}\right) \frac{R^{(i)}}{R + R^{(i)}} E, \quad i = 2, 3, \cdots, n$$

求 U_1 时图 4 的等效网络为图 14，由图 14 可知：

$$U_1 = \frac{R_1 + R^*}{R + R_1 + R^*} E = \frac{R_1 + R /\!/ R^{(2)}}{R + R_1 + R /\!/ R^{(2)}} E = \frac{R^{(1)}}{R + R^{(1)}} E$$

上两式的联合就是 (8) 式，证明完毕．

附录 3

数码网络定理的证明

由 m 进制网络可知：

$$U_{i-1} = mU_i, \quad i = 2, 3, \cdots, n.$$

上式根据引理 2 并经化简可得：

$$R^{(i-1)} = m(R /\!/ R^{(i)}), \quad i = 2, 3, \cdots, n. \tag{31}$$

(5) 式可改写为

$$R^{(i-1)} = R_{i-1} + R /\!/ R^{(i)}, \quad i = 2,3,\cdots,n. \tag{32}$$

由 (31)、(32) 式可求得：

$$R^{(i-1)} = \frac{m}{m-1} R_{i-1}, \quad i = 2, 3, \cdots, n.$$

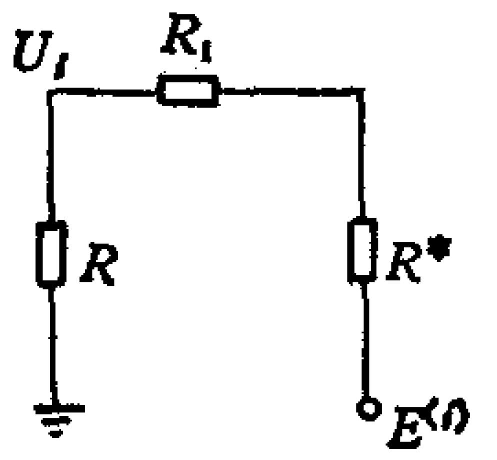


图 13　求 U_i 的等效网络图

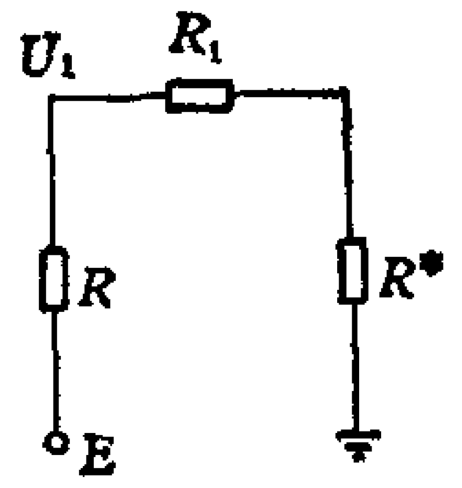


图 14　求 U_1 的等效网络图

同理

$$R^{(i)} = \frac{m}{m-1} R_i, \quad i = 1, 2, \cdots, n-1. \tag{33}$$

用上两式代入 (32) 式，并经整理可得：

$$R_{i-1} = (m-1)\left[R /\!\!/ \left(\frac{m}{m-1} R_i\right)\right], \quad i = 2, 3, \cdots, n-1.$$

当 $i = n$ 时，(31) 式则为：

$$R^{(n-1)} = m(R /\!\!/ R^{(n)})$$

用 (4)、(33) 式代入上式，经整理可得：

$$R_{n-1} = (m-1)(R /\!\!/ R_{g,n})$$

反之，若 (9)、(10) 式成立，也可证明网络为 m 进制. 这是不难的，只要把上述过程反推即可.

DIGITAL-CODE NETWORK ON N-BIT M-NUMBER SYSTEM AND ITS CALCULATION OF THE PARAMETERS

YU ZHENFU

(*Tianshui Institute of Electric Drive*)

Abstract

This paper introduces a digital-code network which applies to any bits and positive integral number systems. It is demonstrated that there are determinate relations between the parameters, such as between different level resistors of network themselves, and between level resistors and terminal resistor, equivalent network resistor, output voltage at each point, maximal output voltage, the utilization ratio of reference voltage etc. A series of arithmetic equations are also derived. In this paper, general conditions of the binary and binary-code-decimal network are discussed. When its level resistors are equal, obtained parameters agree with the parameters of commonly used network.