

全零器、无定器在晶体管、集成元件 电路中的互换分析

姚海福

(无锡轻工大学机械工程系,无锡,214036)

摘要 通过现代电子电路设计中所虚设的全零器、无定器,将分立元件电路转化成集成电路。为设计集成电路和电子电路分析开创了又一个新方法。

关键词 全零器;无定器;晶体管电路;集成电路

中图分类号 TN603

0 前 言

随着大规模集成电路的开发和应用,一些普通的晶体管放大电路似乎不被人们重视。事实上,正是由无数最基本的晶体管电路构成了集成电路。因而,电子技术的工作已从单纯的电路设计转移到使器件和电路集成化。一般的晶体管放大电路与集成块放大电路之间有何联系,设计中能否相互转换,作者分析了二者之间的关系。

1 全零器、无定器的设定

随着晶体管、集成电路和超大规模集成电路的发展,人们在对电路进行深入研究时,引出了全零器和无定器这种虚构的电子元件概念。利用这一虚构概念,人们对许多电子电路和集成电路的分析,将变得简单、方便和容易。首先,设定全零器和无定器都属于二端元件,其端电压和电流分别有如下定义:

全零器: $V = I = 0$

无定器: V 为任意值, I 为任意值。

二者的电路符号见图 1。

根据全零器和无定器的定义,它们的伏安特性见图 2。

分析全零器和无定器的性质,发现它们有如下特点:

- 1) 全零器的端电压 $V = 0$, 从电路的分析角度来说,它如同短路一样。
- 2) 全零器电流为零,它同时又具有开路的性质。
- 3) 无定器在伏安特性上可取任意值。

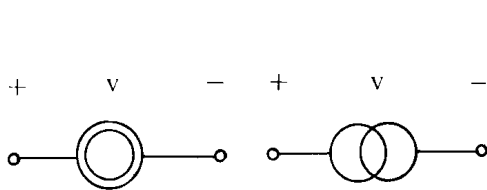


图1 全零器符号和无定器符号

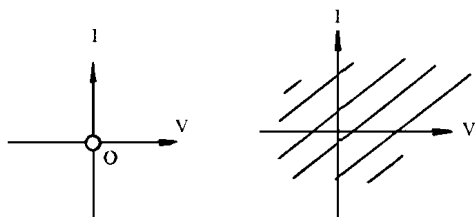


图2 全零器和无定器的伏安特性

2 全零器、无定器与晶体管的替换

先分析一下实际工作中的三极管,首先是流过基极的电流甚微,其次 B-E 极电压差很小。这样,就可把晶体管电路加以理想化。在讨论替换前,先设定以下几点成立:

- 1) 晶体管电路中基极几乎无电流;
- 2) B-E 极间电压差为零;
- 3) C-E 极间电压差可以是任意的;
- 4) C-E 极间电流基本守恒。

以上假设与实际的基本放大电路相仿。那么,以上的 1)和 2)两点假设,便满足了全零器的定义。3), 4)就可用无定器来表示。由此得到晶体管、全零器、无定器等效替换图(图 3)。

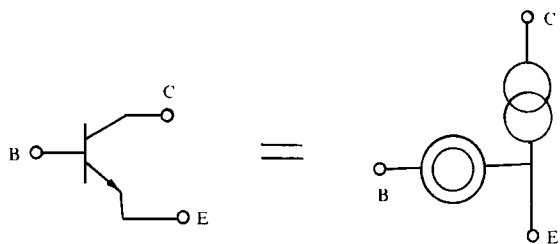


图3 等效替换图

为进一步说明二者之间的等效替换,将用全零器、无定器表示的电路图用晶体管替换,见图 4 和图 5。

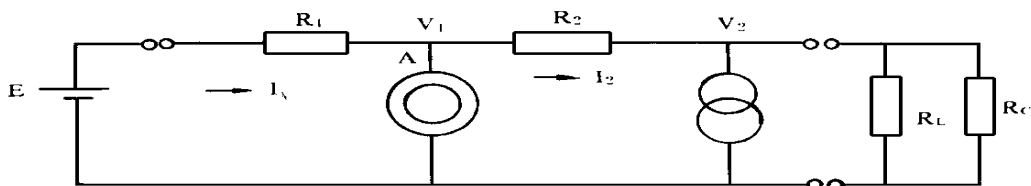


图4 用全零器、无定器表示的电路图

用晶体管来替换时,很明显 V_1 点接三极管 B 极, V_2 点接 C 极,接地点为 E 极。由此,得到交流等效图(图 5)。

等效是用晶体管 PNP 型还是 NPN 型无关紧要。按具体情况来选择。有了交流等效电路,再把偏置电路考虑进去,就能得到较完整的放大电路图(图 6)。

用 PNP 型三极管时也以同样的方法替换。按具体情况,还可以加入隔直电容等来完善电路。从分析所知,二者的替换非常简便。反之,用全零器、无定器替换晶体管也相当容易。通过此种变换,电路分析变得相当简捷。更重要的是有多种多样的变换,若把全零器和无定器串联起来接入图 4 中的任意二点,就导致了晶体管电路的多种变化,同时又不改变整个电路的工作特性,由此给电路设计者提供了多种设计电路方案的可能性。

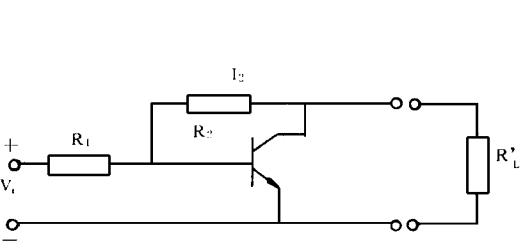


图 5 交流等效图

$$R'_L = (R_C + R_L) \parallel (R_C \cdot R_L)$$

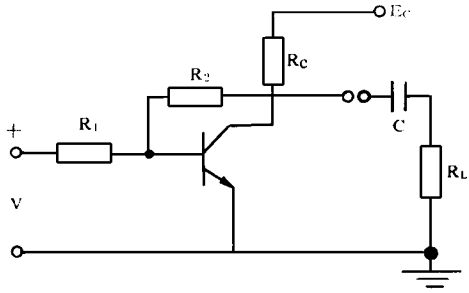


图 6 放大电路图

3 全零器、无定器的运放电路替换

在讨论运算放大器前设定以下三点成立:

1) 运放输入阻抗为无限大; 2) 运放输出阻抗为 0; 3) 放大倍数为无限大。即把运算放大器理想化,由此得到运算放大器的全零器、无定器等效电路,见图 7。

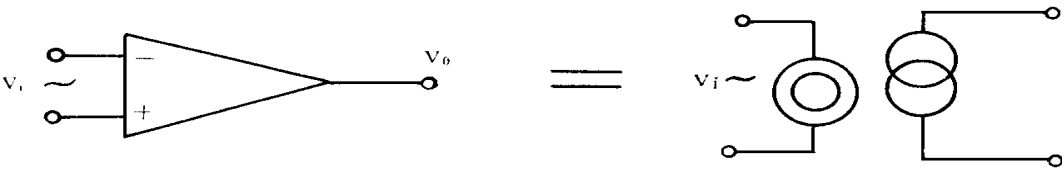


图 7 运算放大器的全零器、无定器替换图

上图替换成立的原因,首先是运放输入端的输入电流为零。其次,运放输入端的虚地概念,使运放输入端满足了全零器的定义。这样,可以用无定器来替换输出端,因为无定器的电压与电流关系是整个平面。

根据以上的等效关系,分析一下图 4 用运放替换的情况

图 4 中接点 A: $\frac{V_E}{R_1} = I_1 = I_2$ (全零器不分流电流) (1)

$$V_2 = - I_2 \cdot R_2 \tag{2}$$

将 (1) 式 I_2 代入 (2) 式得

$$V_2 = - \frac{V_E}{R_1} \cdot R_2 \quad \text{即} \quad K = \frac{V_2}{V_E} = - \frac{R_2}{R_1} \tag{3}$$

分析式 (3),发现该式就是运算反相放大计算公式。再用图 7 的等效关系替换图 4,得到反相运放基本电路,见图 8。

反之,有了运放电路,用全零器和无定器来替换运放块,可返回到图

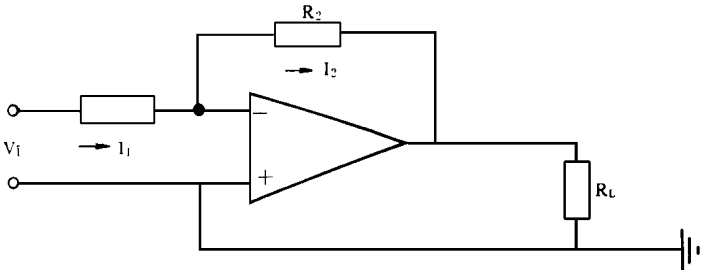


图 8 反相运放基本电路

4. 由此,不但从计算上证实了它的准确性,而且经电路图替换也完全正确

用全零器、无定器替换后,研究和分析电路的输入、输出关系以及电路的结构变得非常简单。并且,用全零器和无定器分析电路,电路结构将不是唯一的,可以演变成多种结构(因为把全零器和无定器串联起来接入电路并不影响电路的特性)。由以上讨论而知,集成运放块与晶体管之间的有机联系,给电路设计提供了较多的选择。

4 结 论

上述替换和分析,都是从纯理想条件来考虑,并且分析时都采用交流信号等效电路。无论从原理图上或从集成电路的计算中均证明了电路的可行性。然而,实际情况还需考虑偏置电路的添加、直流工作点的确定等。任何事物都是相对的。运放电路与晶体管电路的这种互换关系也具有一定的条件。特别是多级以上的晶体管放大电路用运放来替换,反馈网络的存在及全零器和无定器的人为添加,将有待进一步研究。随着现代科学技术的发展,这种简单的分析方法在模拟计算机的加减法电路,在雷达及多种数字滤波器测量电路,以及集成块内部电路中都得到了广泛的应用,相信它在未来一定会获得更大的发展。

参 考 文 献

- 1 童诗白. 模拟电子技术基础.
- 2 阎石. 数字电路基础.
- 3 郭维芹. 模拟电子技术.
- 4 武部崎筱云纲入门. 东海大学出版会.
- 5 Chirlian P M. 集积回路网. の解析と合成”筱沢. 学献社

Analysis of Exchange between Nullator and Norator in Transistor and Integrated Circuit

Yao Haifu

(Dept. of Mech. Eng. Wuxi University of Light Industry, Wuxi, 214036)

Abstract Disintegrated Element Circuit were translated into Integrated Circuit by supposition of nullator and norator in modern Electronic Circuits design. A new model was made for designing Integrated Circuits and Electronic Circuit analysis.

Key-words nullator; norator; transistor circuits; integrated circuits