

由方向乘运算实现的三值逻辑 乘法器的研究

盛振东 张其善

(北京航空航天大学二系)

关键词: 三值逻辑乘法器, 方向乘运算.

一、引言

从乘数与被乘数的特性来看, 乘法器有三种基本形式^[1,2].

1) 乘法器的乘数与被乘数都为二值函数. 这种乘法器可用 TTL 或 CMOS 逻辑电路来实现^[3].

2) 乘法器的乘数与被乘数仅有一个为 n 值函数, 另一个为任意函数.

3) 乘法器的乘数与被乘数都为任意函数. 原则上此种乘法器可由霍尔效应乘法器、场效应晶体管和对数元件来实现. 这些器件阻抗低、温度漂移大、价格高, 一般不能满足实际需要.

本文仅对第二种乘法器进行讨论并予以实现.

二、方向乘运算的定义及其系统构成

方向乘是本文提出并定义的一种特殊函数运算, 方向乘因子都是具有 0 和 +1 的二值函数. 方向乘运算之后可得到 -1, 0 和 +1 的三值函数, 在特殊情况下也可得到 0 和 +1 的二值函数.

方向乘运算的定义

方向乘用符号“ \oplus ”表示, 例如: $g(t) = f_1(t) \oplus f_2(t)$, 其中 $f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 是取值 0 和 +1 的方向乘因子, $g(t)$ 为方向积, 取值为 -1, 0 和 +1.

1) 当 $f_1(t) = +1$, $f_2(t) = +1$ 时,

$$g(t) = f_1(t) \oplus f_2(t) = -1;$$

2) 当 $f_1(t) = +1$, $f_2(t) = 0$ 时,

$$g(t) = f_1(t) \oplus f_2(t) = +1;$$

3) 当 $f_1(t) = 0$, $f_2(t) = +1$ 时,

$$g(t) = f_1(t) \oplus f_2(t) = 0;$$

4) 当 $f_1(t) = 0, f_2(t) = 0$ 时,

$$g(t) = f_1(t) \odot f_2(t) = X \text{ (不定)}.$$

从方向乘运算的定义可看到, 0, +1 的二值函数通过方向乘运算, 可得到 -1, 0, +1 的三值函数。因此可以设想利用二值函数, 控制某一系统(能够完成方向乘运算), 来得到三值函数。如果该系统再输入信息信号, 即可完成三值逻辑函数对信息信号的调制。

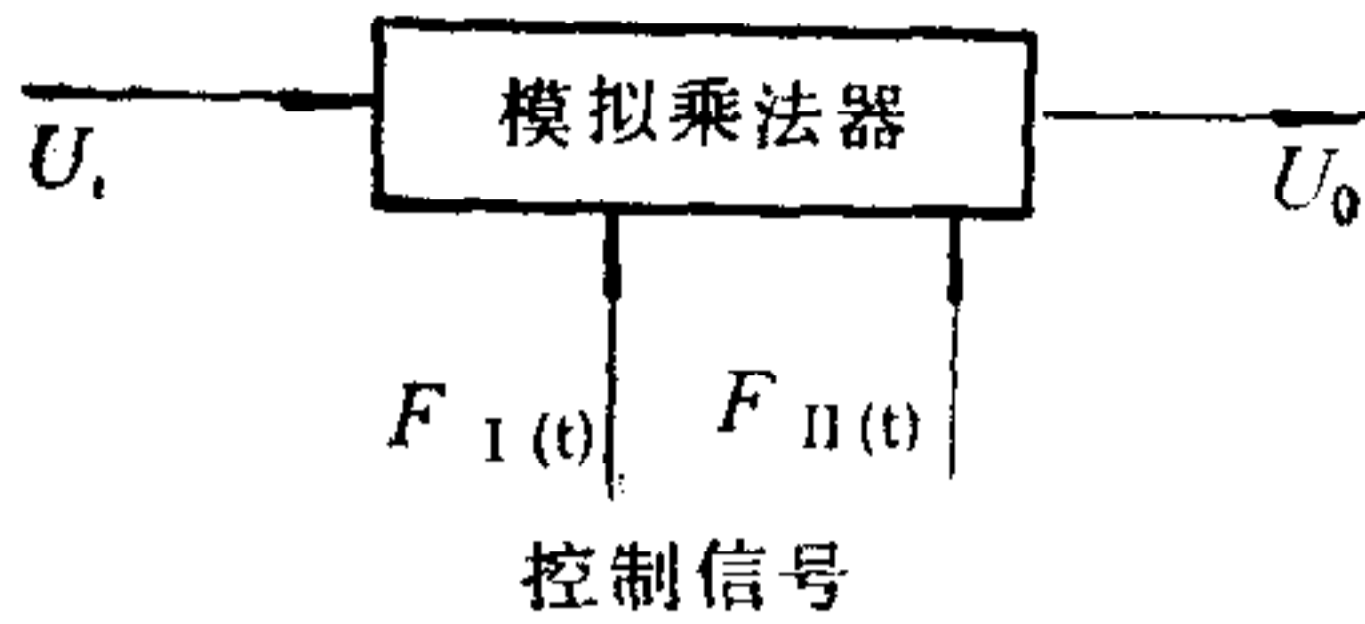


图 1 方向乘运算系统方框图

图 1 给出了方向乘运算系统的基本方框图。其中 U_i 是输入的信息信号, U_o 是系统的输出结果, $F_I(t)$ 和 $F_{II}(t)$ 是控制信号。表 1 给出了控制信号以及系统输入输出信号之间的关系。

表 1 控制信号与系统输入输出信号的逻辑关系

$F_{II}(t)$	U_o	$F_I(t)$		
			0	1
0			X	$+U_i$
1			0	$-U_i$

三、三值逻辑乘法器及各逻辑状态分析

根据第二部分介绍的方向乘运算, 图 2 给出了乘法器基本电路。下面讨论控制信号不同的状态下, 乘法器输入输出之间的关系。图 2 中, 运算放大器“A”的开环增益为“G”, 电阻 $R_1 = R_2$, U_i 和 U_o 分别表示乘法器的输入输出。 $F_I(t)$ 和 $F_{II}(t)$ 是控制信号。 V_+ 和 V_- 表示运算放大器正、负端电压。

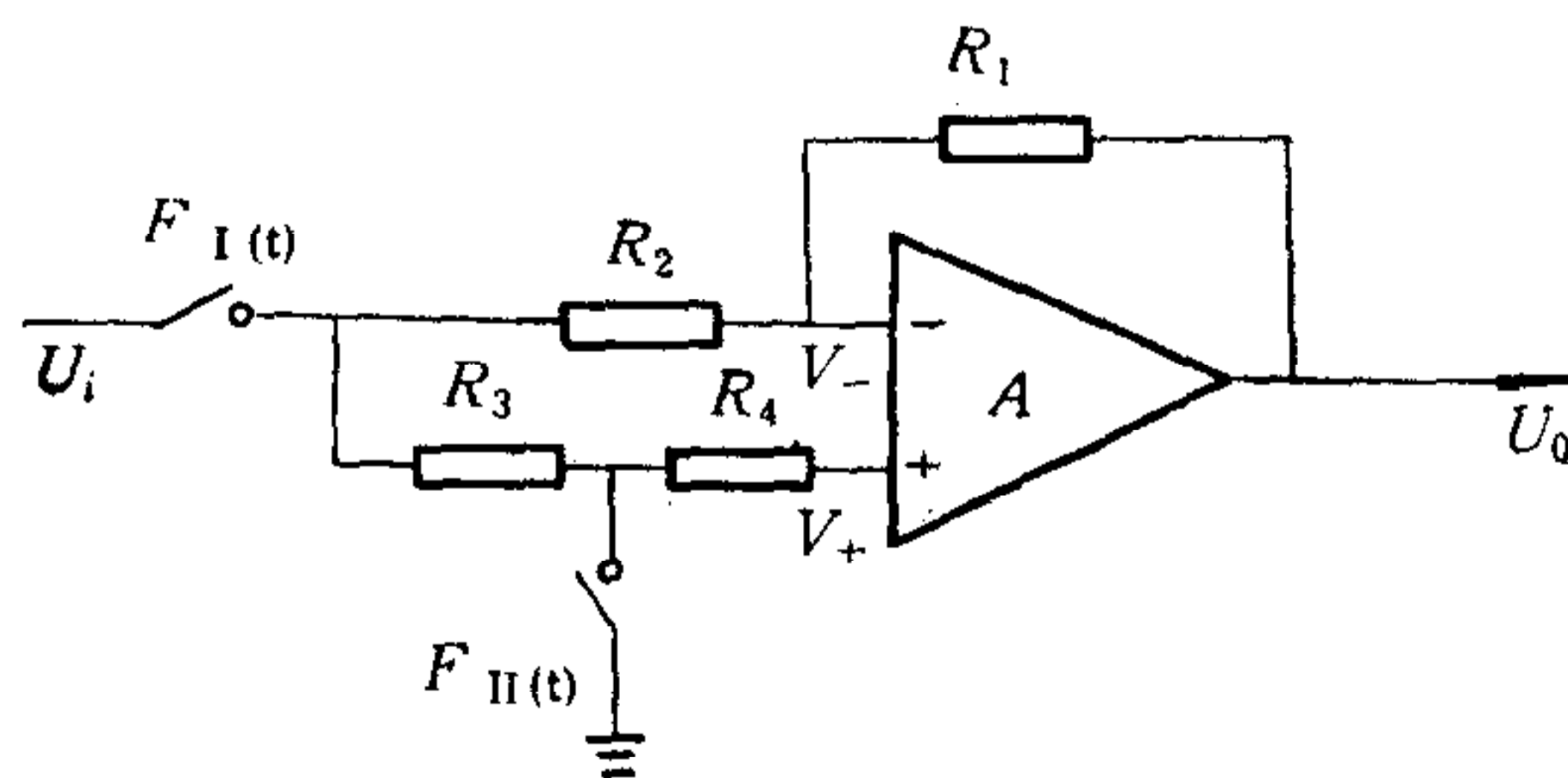


图 2 三值逻辑乘法器

1) 当 $F_I(t) = +1, F_{II}(t) = +1$ 时,

$$\begin{cases} \frac{U_i - V_-}{R_2} = \frac{-(U_o - V_-)}{R_1}, \\ U_o = G \cdot (V_i - V_-), \\ V_+ = 0. \end{cases}$$

故有 $U_o = \left[-1 / \left(1 + \frac{2}{G} \right) \right] \cdot U_i$, 而 $G \gg 2$, 则 $U_o = -U_i$.

2) 当 $F_I(t) = +1$, $F_{II}(t) = 0$ 时,

$$\begin{cases} \frac{U_i - V_-}{R_2} = \frac{V_- - U_o}{R_1}, \\ U_o = G \cdot (V_+ - V_-), \\ V_+ = U_i. \end{cases}$$

故有 $U_o = U_i$.

3) 当 $F_I(t) = 0$, $F_{II}(t) = +1$ 时,

$$\begin{cases} \frac{U_o - V_-}{R_1} = \frac{V_-}{R_2 + R_3}, \\ U_o = G \cdot (V_+ - V_-), \\ V_+ = V_- = 0. \end{cases}$$

故有 $U_o = 0$.

从以上的讨论中可知, 图 2 所示的电路可完成一连续函数与一三值函数的相乘.

由于数字逻辑器件只有两种状态, 故通过方向乘运算, 可利用数字电路完成多值逻辑函数之间的乘积运算.

参 考 文 献

- [1] Li Zhihua, Zhang. Qishan. IEEE Trans. **EMC-25** (1983), 4, 368-370.
- [2] 张风言, 模拟乘(除)法器分析、参数与应用, 科学出版社, 1988 年.
- [3] A. P. 马尔维诺著, 阎育苏译, 数字原理及应用, 人民邮电出版社, 1980 年.

THE REALIZATION OF TRINARY LOGIC MULTIPLIER THROUGH DIRECTION PRODUCT

SHENG ZHENDONG ZHANG QISHAN
(Beijing University of Aeronautics & Astronautics)

Key words: Trinary logic multiplier; direction product.