

数字逻辑第二章组合线路分析



信息科学与工程学院计算机系

杨永全

i@yangyongquan.com

基本概念

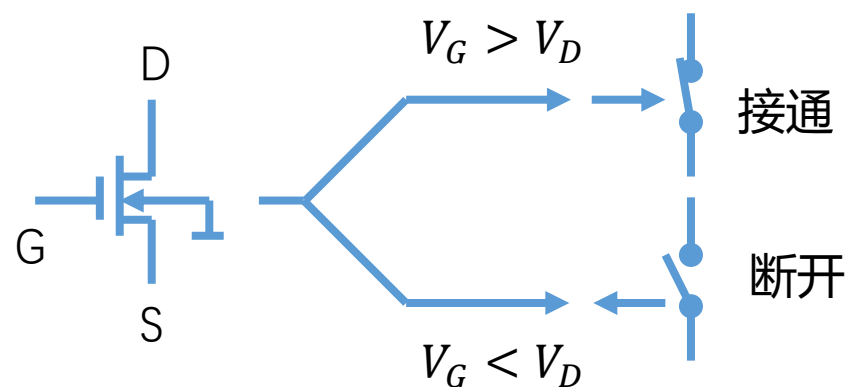
源极 (S)

栅极 (G)

漏极 (D)

栅极为高电位时，源极和漏极之间导通，为低阻抗

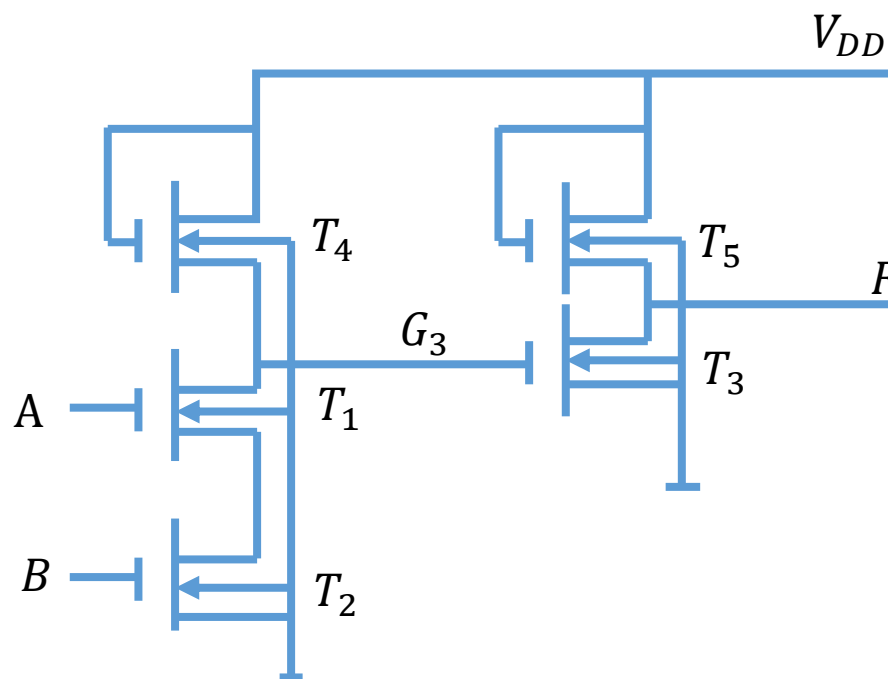
栅极为低电位时，源极和漏极之间截止，为高阻抗



简单逻辑门电路-与门

A、B任一输入端为低电位，则 T_1 和 T_2 必有一个截止状态， G_3 点为高电位， T_3 导通，输出F为低电位。

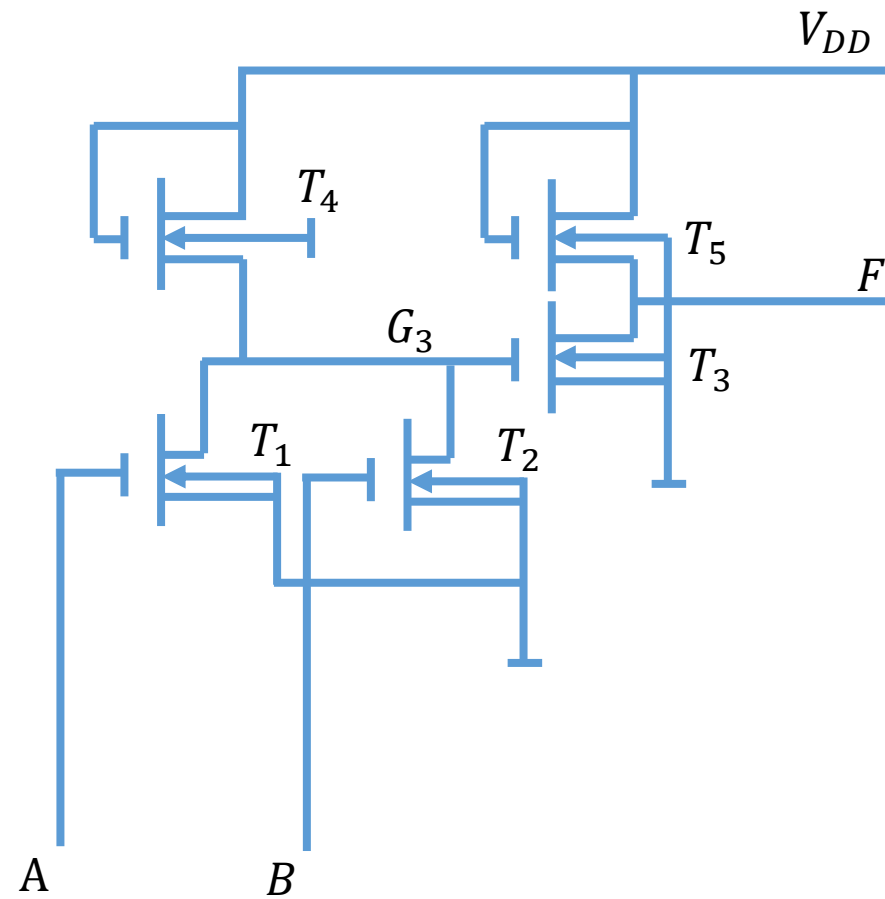
A、B输入端均为高电位，则 T_1 和 T_2 管均导通， G_3 点为低电位， T_3 截止，输出F为高电位。



简单逻辑门电路-或门

A或B为高电位时， T_1 或 T_2 有一个管导通， G_3 点位低电位， T_3 管截止，输出F为高电位。

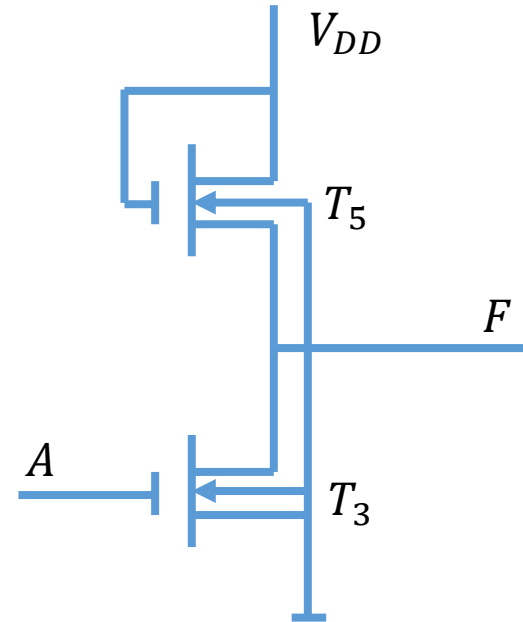
A和B 全为低电位时， T_1 、 T_2 管截止， G_3 点位高电位， T_3 管导通，输出F为低电位。



简单逻辑门电路-非门

A为高电位时， T_3 管导通，输出F为低电位。

A为低电位时， T_3 管截止，输出F为高电位。



门电路的主要外特性参数

标称逻辑电平：电路中表示0、1的理想电平值为标称逻辑电平

关门电平 V_{OFF} ：保证输出为标准低电平的**最大**输入**低**电平值（关门电平表示“0”的最大低电平值）

开门电平 V_{ON} ：保证输出为标准高电平的**最小**输入**高**电平值（开门电平表示“1”的最小高电平值）

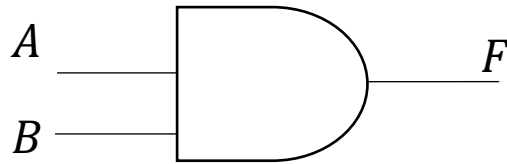
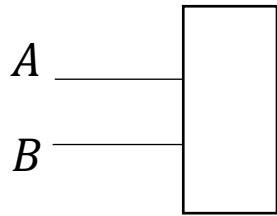
扇入系数 N_R 和扇出系数 N_C

1. 扇入系数 N_R 是门电路允许的输入端数目，一般小于8

2. 扇出系数 N_C 是门电路能与下一级多少个输入端相连

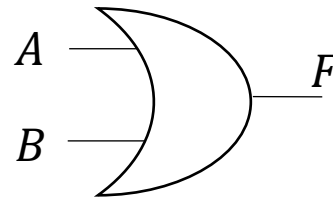
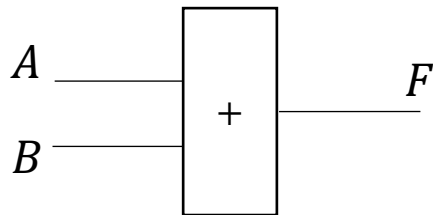
门电路的逻辑符号

与门：
 $F = AB$



A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

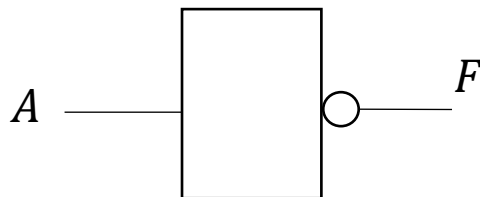
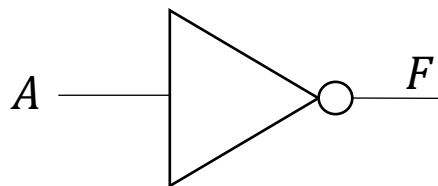
或门：
 $F = A + B$



A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

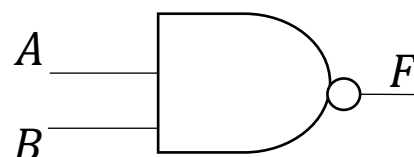
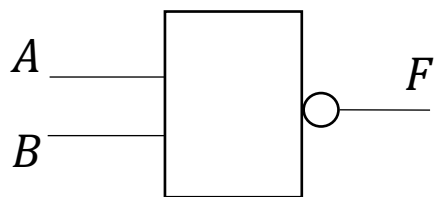
门电路的逻辑符号

非门：
 $F = \overline{A}$



A	F
0	1
1	0

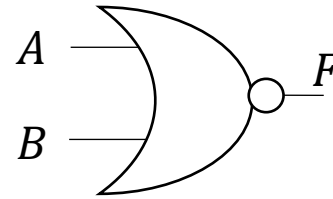
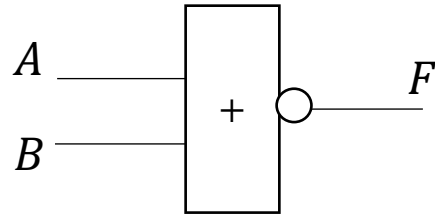
与非门：
 $F = \overline{AB}$



A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

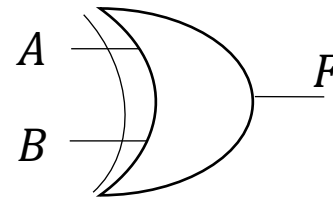
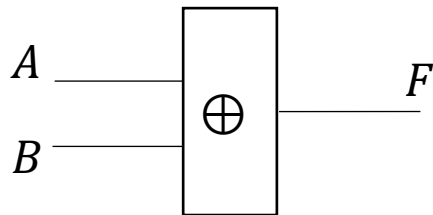
门电路的逻辑符号

或非门：
 $F = \overline{A + B}$



A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

异或门：
 $F = A \oplus B$



A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

组合线路的分析概述

组合线路分析，就是确定给定组合线路的输出与输入之间的关系，进而判断该线路的逻辑功能。

给定组合线路



```
graph TD; A[给定组合线路] --> B[列写逻辑表达式]; B --> C[列真值表]; C --> D[指出线路的逻辑功能]; D --> E[对线路的评价与改进];
```

The diagram illustrates a five-step process for analyzing a combination circuit. It begins with a blue box labeled '给定组合线路' (Given combination circuit), followed by a teal box '列写逻辑表达式' (Write the logic expression), then a green box '列真值表' (Write the truth table), then a darker green box '指出线路的逻辑功能' (Point out the logic function of the circuit), and finally a dark green box '对线路的评价与改进' (Evaluate and improve the circuit). Each step is connected to the next by a downward-pointing arrow.

列写逻辑表达式

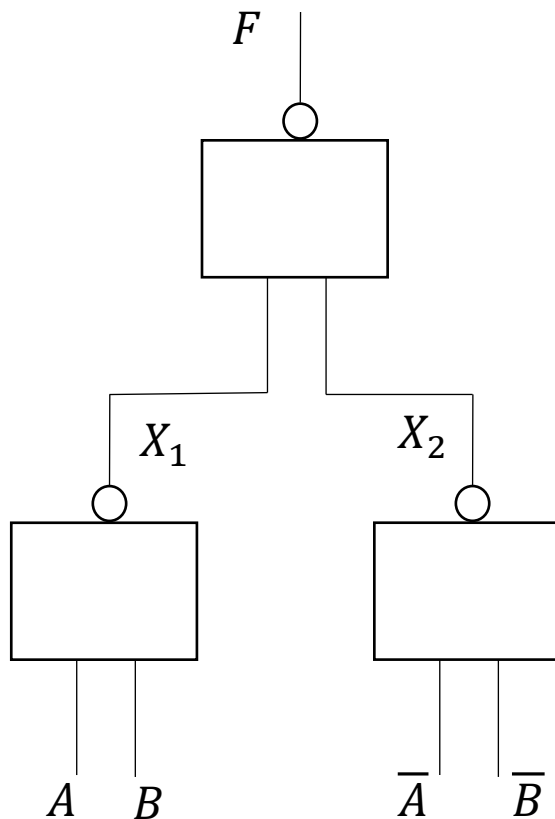
列真值表

指出线路的逻辑功能

对线路的评价与改进

组合线路的分析概述

在此之前，先介绍另外一种方法：逐级推导法。



要使 $F=1$ ，则需要：

$X_1 = 0$ 或者 $X_2 = 0$

要使 $X_1 = 0$ ，则需要：

$A=1$ 并且 $B=1$

要使 $X_2 = 0$ ，则需要：

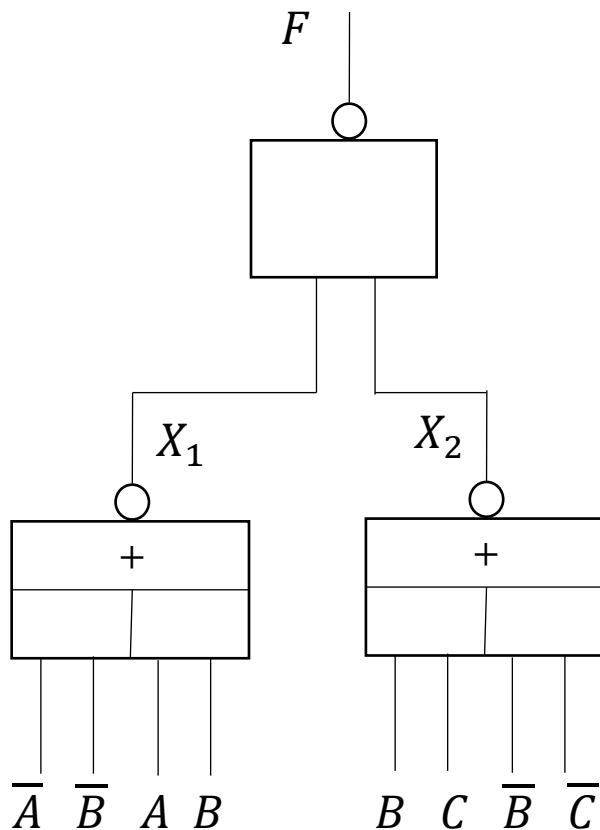
$A=0$ 并且 $B=0$

所以，当 $A=B=1$ 或 $A=B=0$ 时，
 $F=1$

因此，这是一个判断 AB 是否相等的电路。

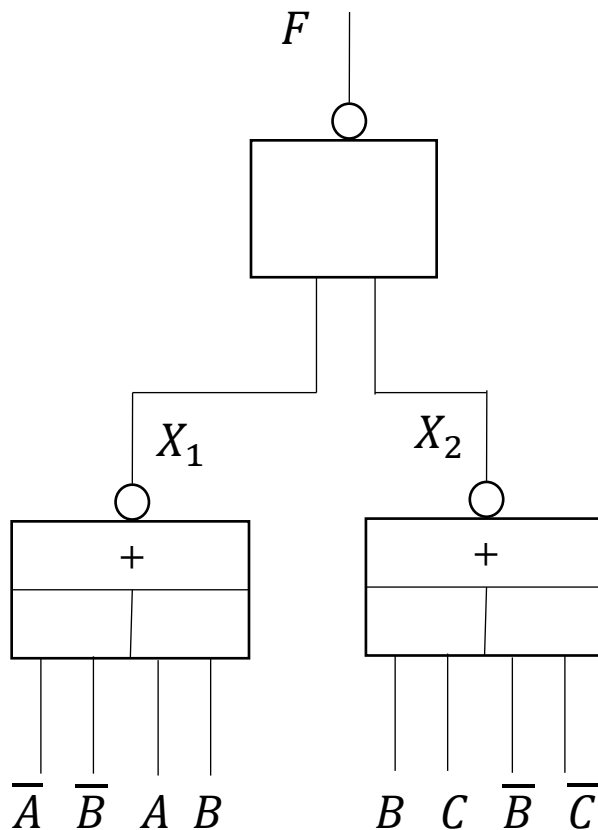
组合线路的分析概述

试用逐级推导法分析下面逻辑电路的功能。



组合线路的分析概述

试用逐级推导法分析下面逻辑电路的功能。



要使 $F=1$ ，则需要：

$X_1 = 0$ 或者 $X_2 = 0$

要使 $X_1 = 0$ ，则需要：

$A=0, B=0$ 或 $A=1, B=1$

要使 $X_2 = 0$ ，则需要：

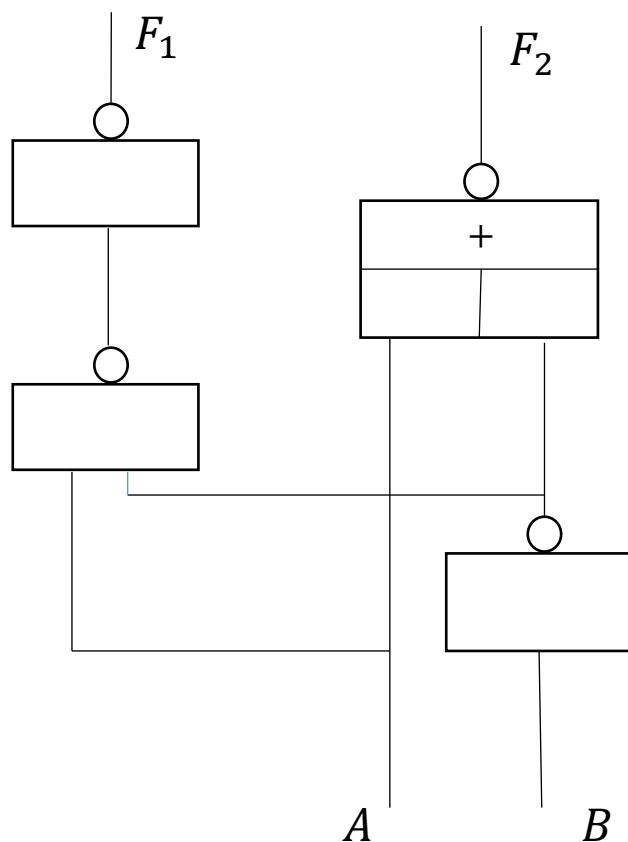
$B=0, C=0$ 或 $B=1, C=1$

所以，当 $A=B=1$ 或 $A=B=0$ 时，
 $F=1$

因此，这是一个判断是否 $A=B$ 或 $B=C$ 。

组合线路的分析概述

试用列写逻辑表达式法分析下面逻辑电路的功能。



1. 写出逻辑表达式

$$F_1 = \overline{A} \overline{B} = A \overline{B}$$

$$F_2 = A + \overline{B} = \overline{A} B$$

2. 写出真值表

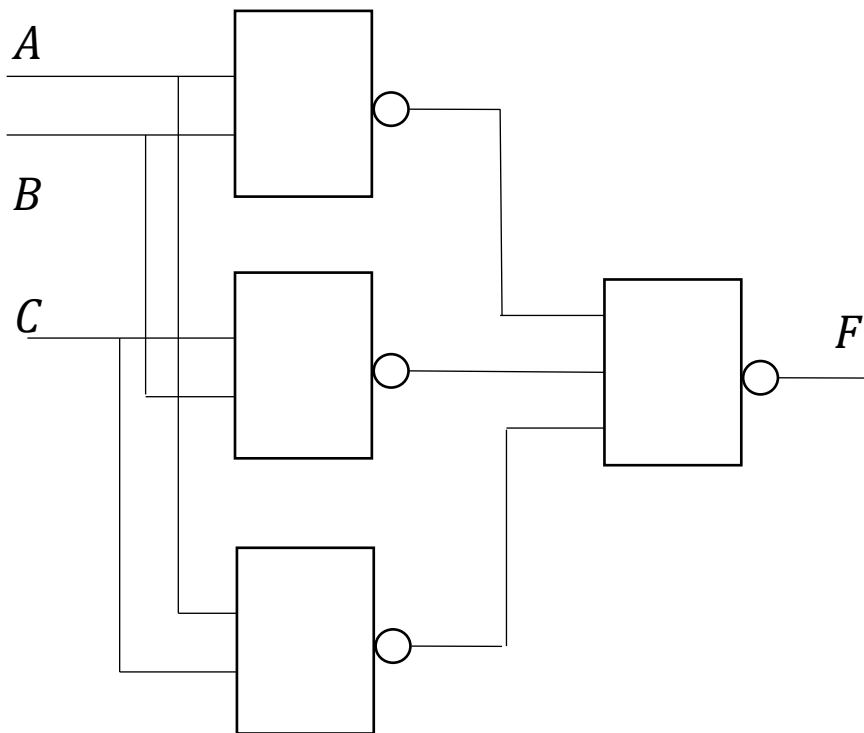
A	B	F ₁	F ₂
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

3. 分析功能。

电路的功能为判A、B的大小，
A=B，F₁ F₂为00；A<B，F₁ F₂为01；A>B，F₁ F₂为10

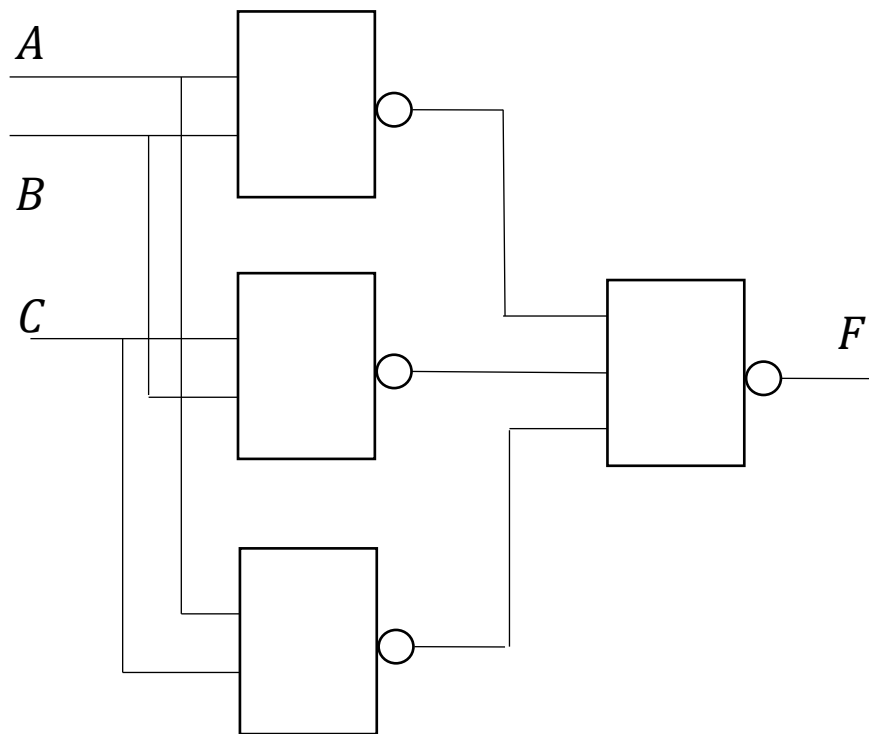
组合线路的分析概述

试用列写逻辑表达式法分析下面逻辑电路的功能。



组合线路的分析概述

试用列写逻辑表达式法分析下面逻辑电路的功能。



1. 写出逻辑表达式

$$F = \overline{AB} \cdot \overline{BC} \cdot \overline{AC}$$
$$= AB + BC + AC$$

2. 写出真值表

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

3. 分析功能

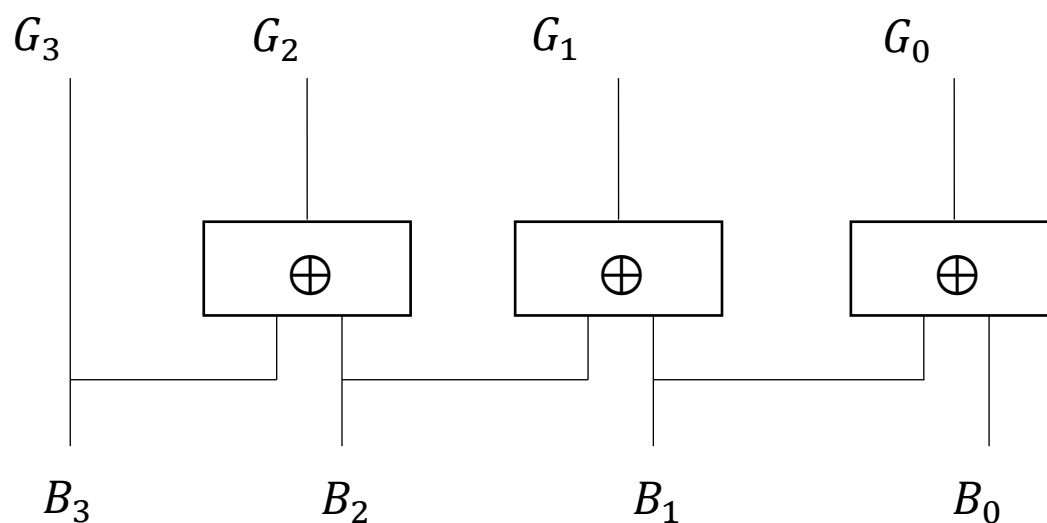
多数输入变量为1，输出F为1

多数输入变量为0，输出F为0

这是一个三人表决电路。

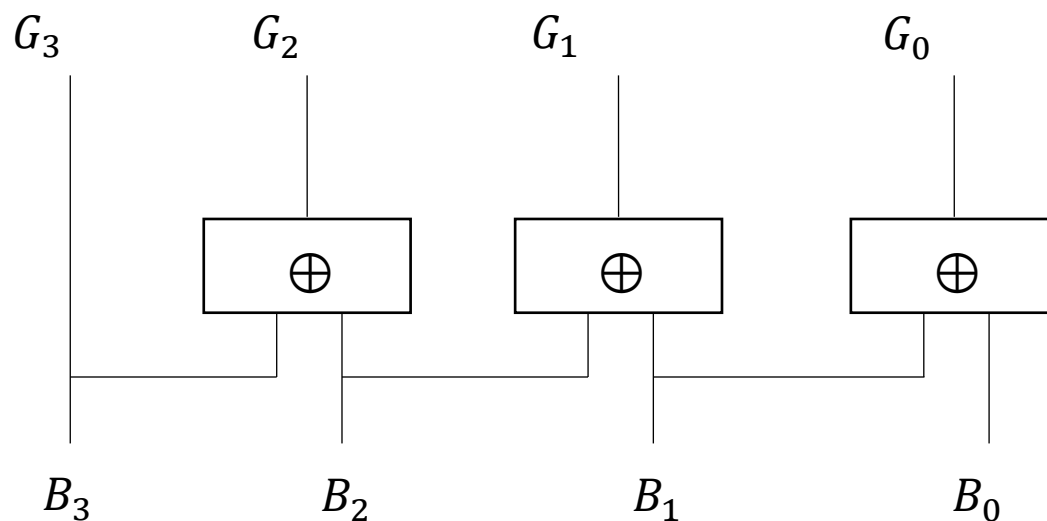
组合线路的分析概述

试用列写逻辑表达式法分析下面逻辑电路的功能。



组合线路的分析概述

试用列写逻辑表达式法分析下面逻辑电路的功能。



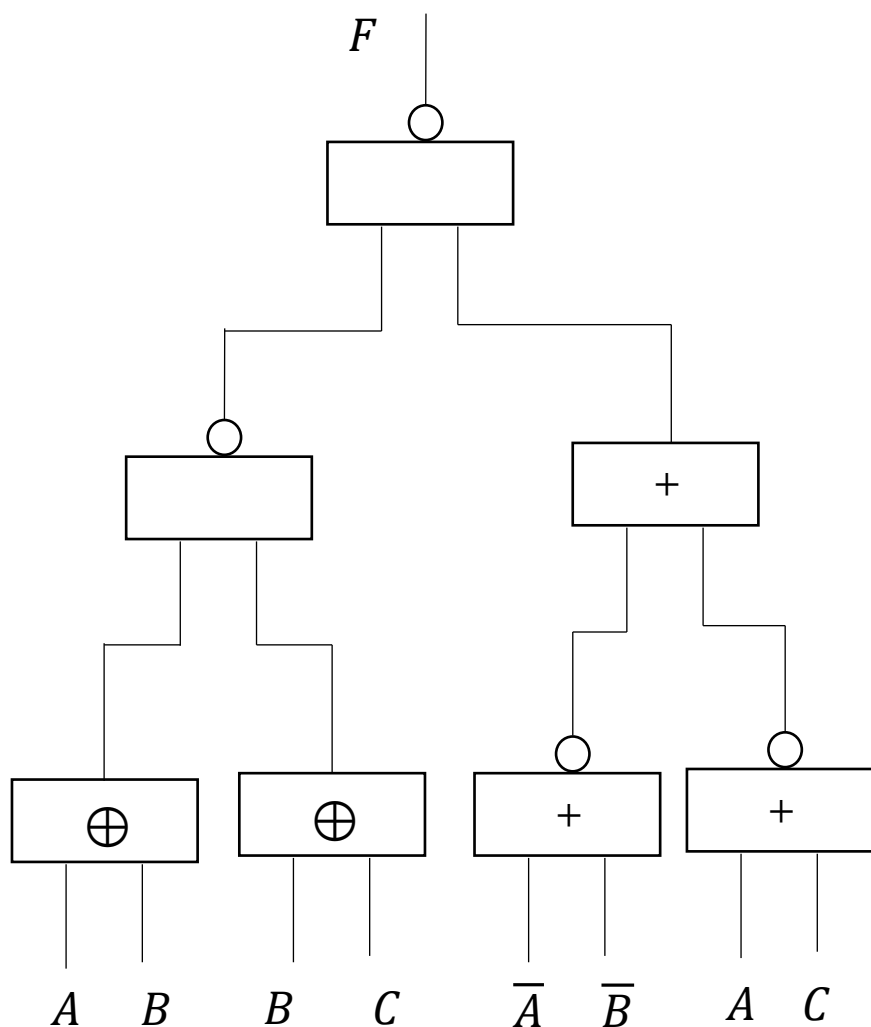
$$\begin{cases} G_3 = B_3 \\ G_2 = B_3 \oplus B_2 \\ G_1 = B_2 \oplus B_1 \\ G_0 = B_1 \oplus B_0 \end{cases}$$

组合线路的分析概述

B_3	B_2	B_1	B_0	G_3	G_2	G_1	G_0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	0	1	0	1
0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0	1	1
1	1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0	0	0

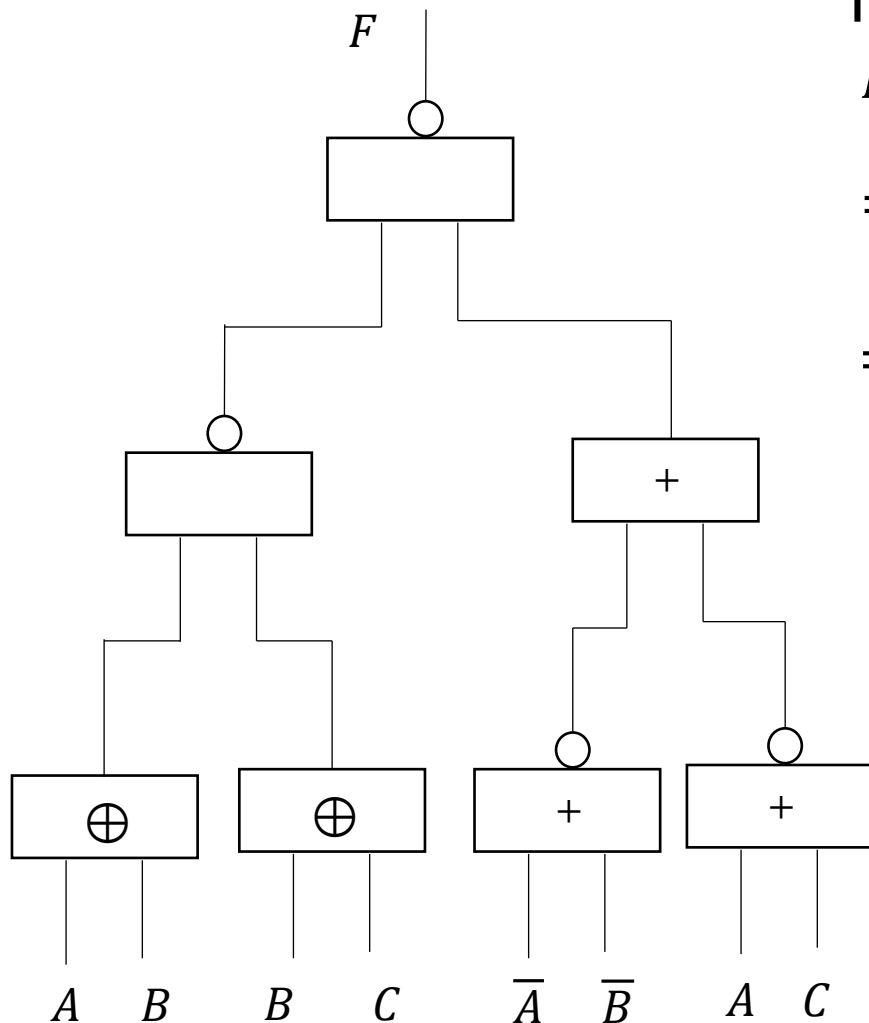
组合线路的分析概述

试用列写逻辑表达式法分析下面逻辑电路的功能。



组合线路的分析概述

试用列写逻辑表达式法分析下面逻辑电路的功能。

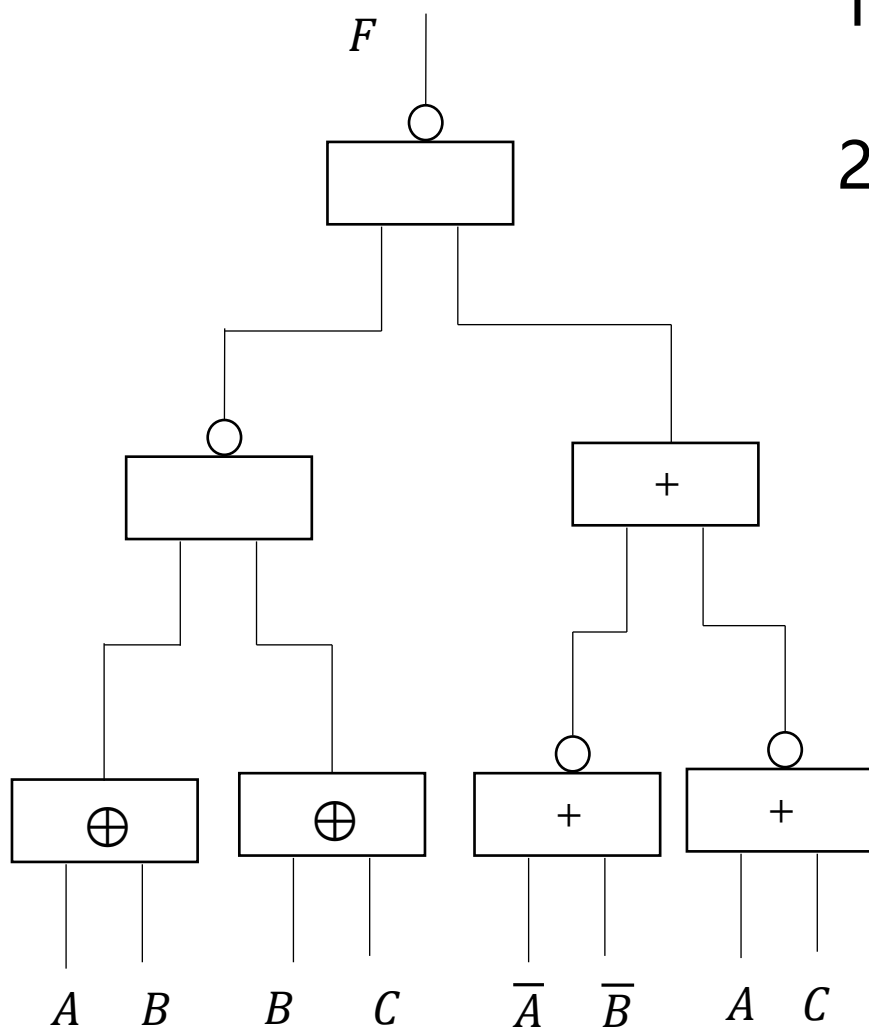


1. 写出逻辑表达式

$$\begin{aligned} F &= \overline{(A \oplus B)(B \oplus C)} \left[\overline{(\bar{A} + \bar{B})} + \overline{(A + C)} \right] \\ &= (A \oplus B)(B \oplus C) + \overline{(\bar{A} + \bar{B})} + \overline{(A + C)} \\ &= (\bar{A}\bar{B} + \bar{A}B)(\bar{B}\bar{C} + \bar{B}C) + \bar{A}C + A\bar{B} \\ &\quad + \bar{B}C \\ &= \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}C + A\bar{B} + \bar{B}C \\ &= \bar{A}(C + B) + A\bar{B} \\ &= A \oplus B + \bar{A}C \end{aligned}$$

组合线路的分析概述

试用列写逻辑表达式法分析下面逻辑电路的功能。



1. 写出逻辑表达式

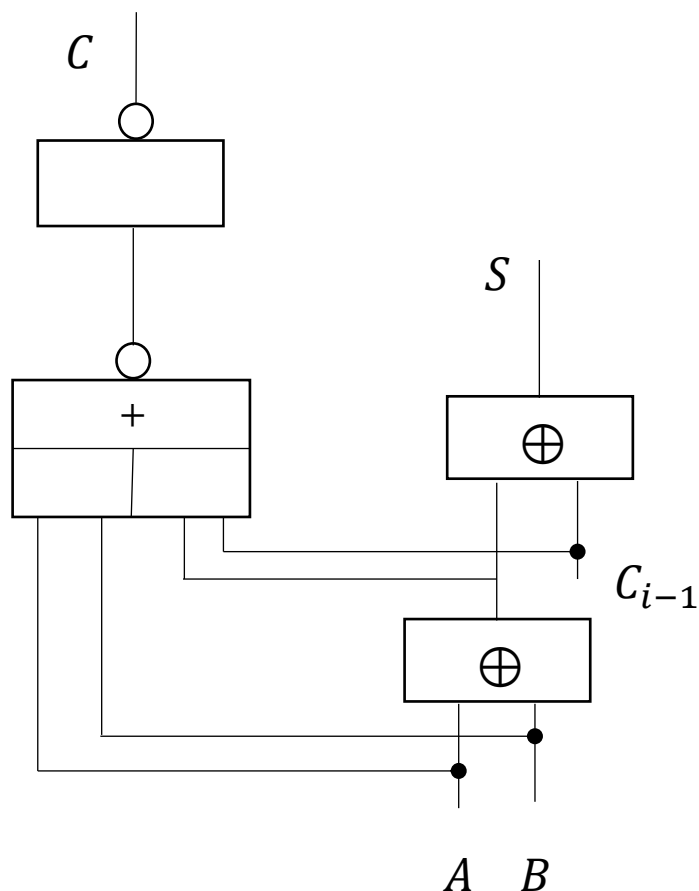
$$F = A \oplus B + \bar{A}\bar{B}C$$

2. 真值表：

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

全加器：用来计算一位二进制数相加。

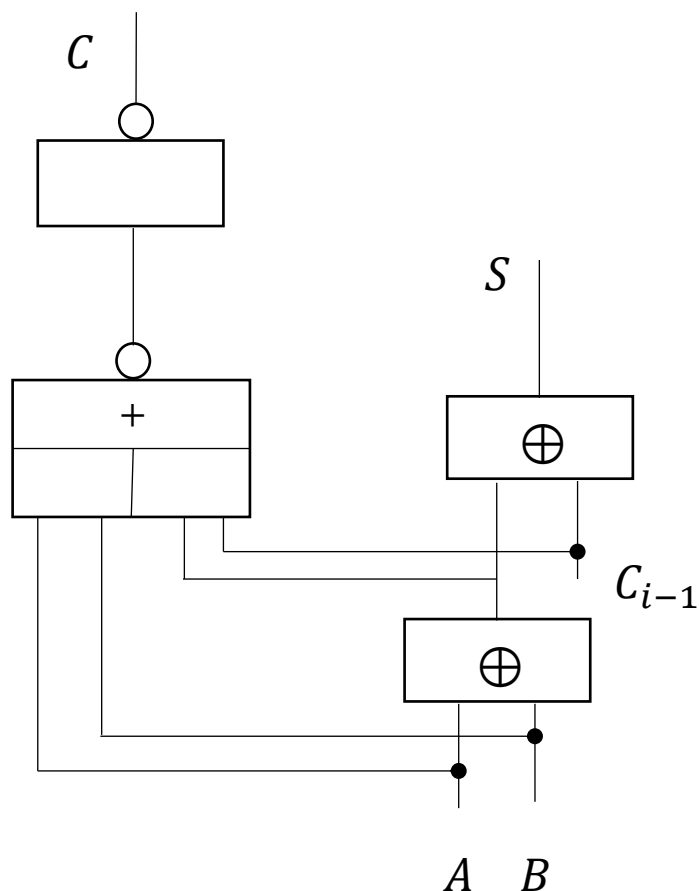
1. 先温习一下十进制的加法
2. 再介绍一下二进制的加法
3. 看该电路如何实现



$$\begin{aligned} S &= A \oplus B \oplus C_{i-1} \\ C &= \overline{\overline{(A \oplus B) C_{i-1} + AB}} \\ &= AB + \overline{A} \overline{B} C_{i-1} + \overline{A} B C_{i-1} \\ &= A(B + C_{i-1}) + \overline{A} B C_{i-1} \\ &= AB + (A + B) C_{i-1} \end{aligned}$$

常用的组合线路

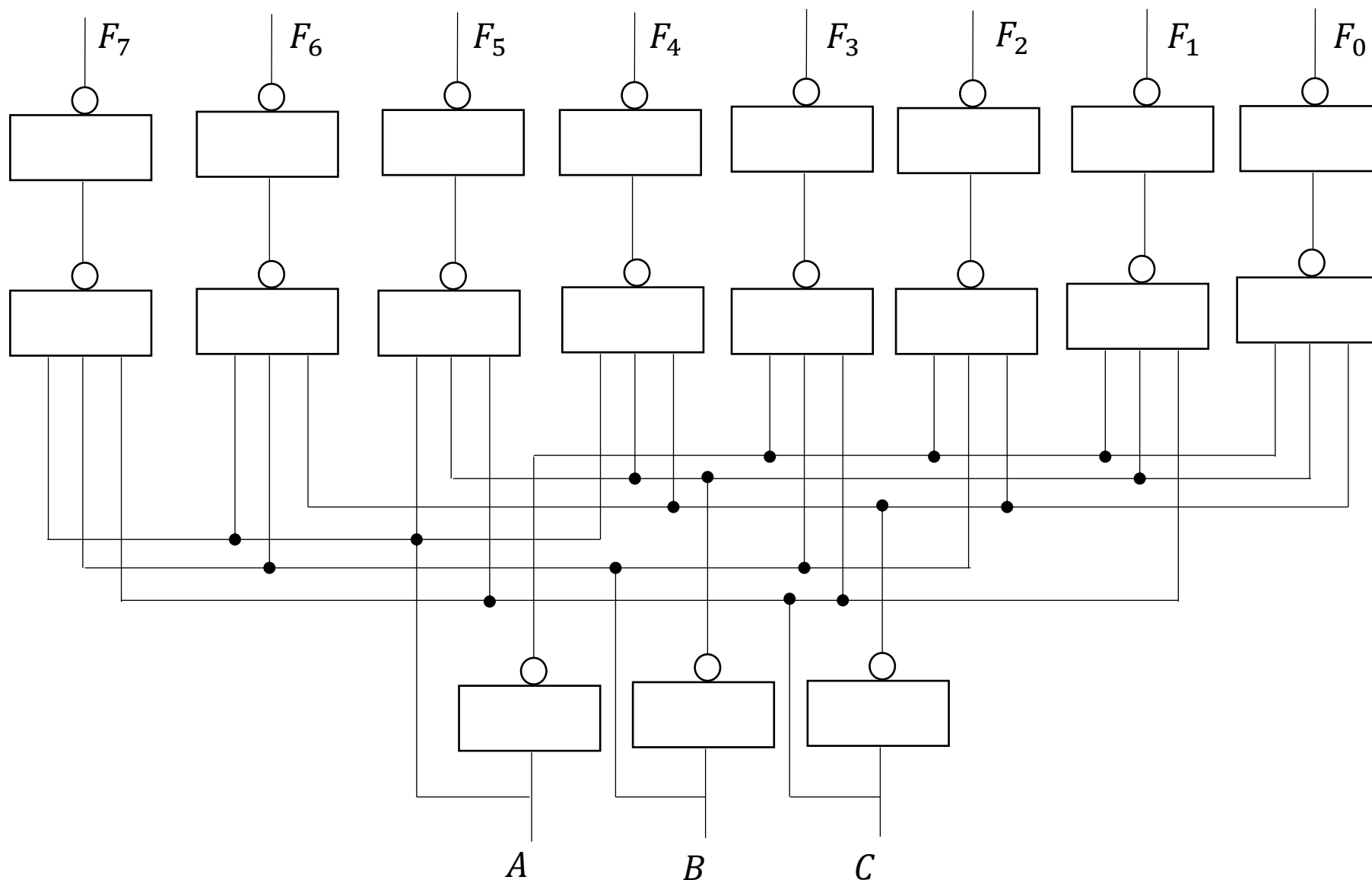
全加器：用来计算一位二进制数相加。



A	B	C_{i-1}	S	C
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

常用的组合线路

译码器：将一种编码格式变换成另外一种编码格式。



译码器：将一种编码格式变换成另外一种编码格式。

$$\left\{ \begin{array}{l} F_0 = \overline{A} \overline{B} \overline{C} \\ F_1 = \overline{A} \overline{B} C \\ F_2 = \overline{A} B \overline{C} \\ F_3 = \overline{A} B C \\ F_4 = A \overline{B} \overline{C} \\ F_5 = A \overline{B} C \\ F_6 = A B \overline{C} \\ F_7 = A B C \end{array} \right.$$

常用的组合线路

译码器：将一种编码格式变换成另外一种编码格式。

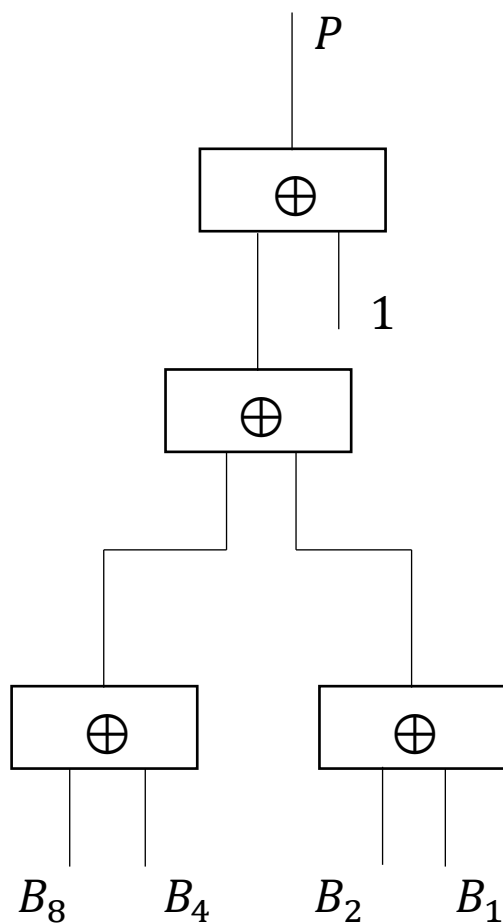
$$\left\{ \begin{array}{l} F_0 = \overline{A} \overline{B} \overline{C} \\ F_1 = \overline{A} \overline{B} C \\ F_2 = \overline{A} B \overline{C} \\ F_3 = \overline{A} B C \\ F_4 = A \overline{B} \overline{C} \\ F_5 = A \overline{B} C \\ F_6 = A B \overline{C} \\ F_7 = A B C \end{array} \right.$$

A	B	C	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

常用的组合线路

奇偶校验器：检验特定的二进制序列内1的个数是否为奇数或偶数。

$$P = B_8 \oplus B_4 \oplus B_2 \oplus B_1 \oplus 1$$



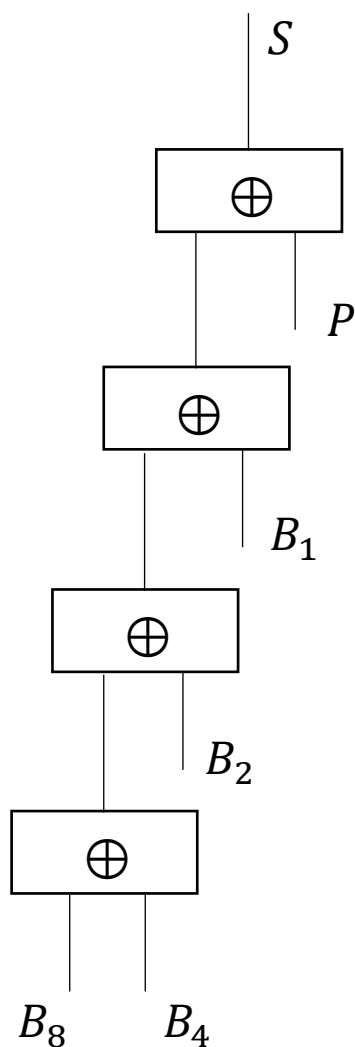
B_8	B_4	B_2	B_1	P
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

常用的组合线路

奇偶校验器：检验特定的二进制序列内1的个数是否为奇数或偶数。

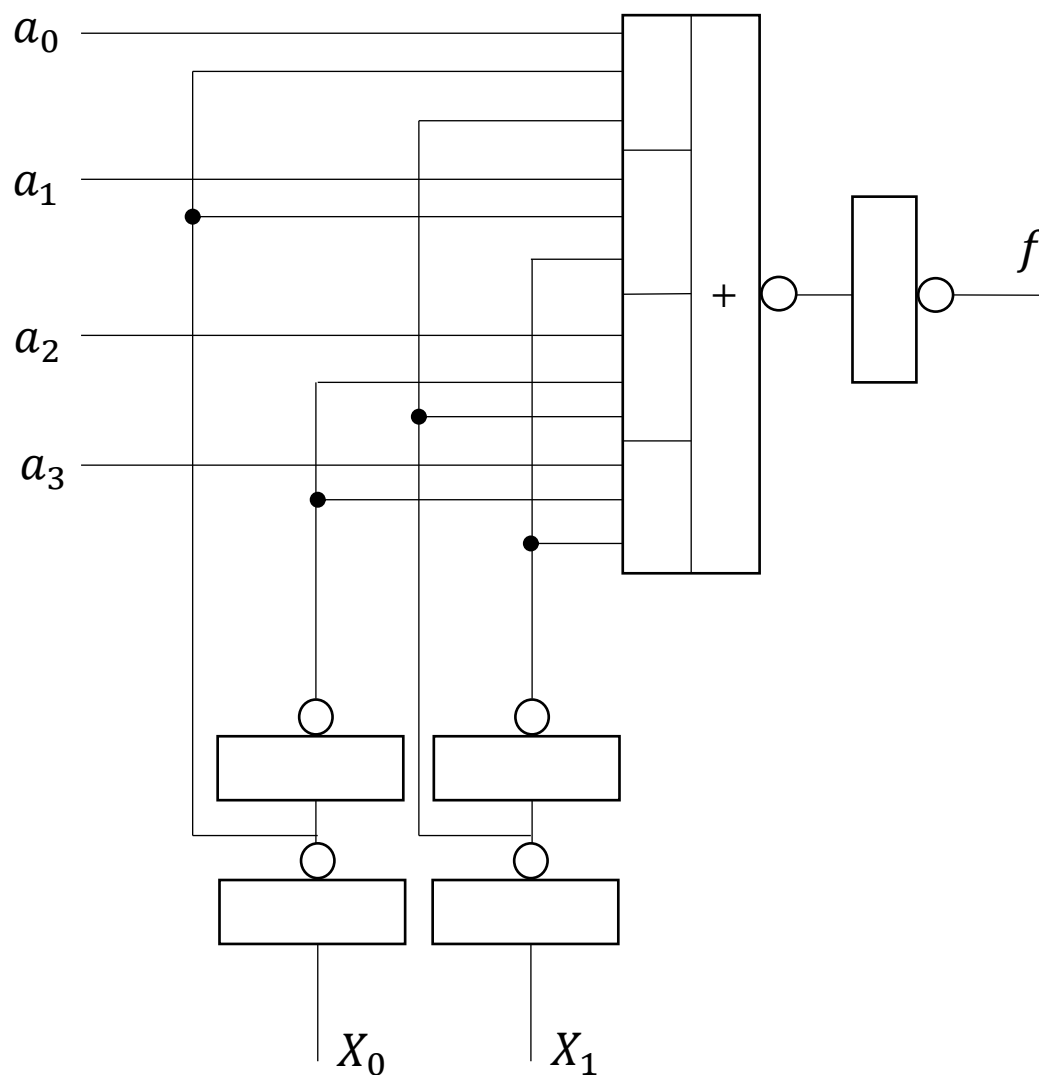
$$S = B_8 \oplus B_4 \oplus B_2 \oplus B_1 \oplus P$$

B_8	B_4	B_2	B_1	P	S
0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1



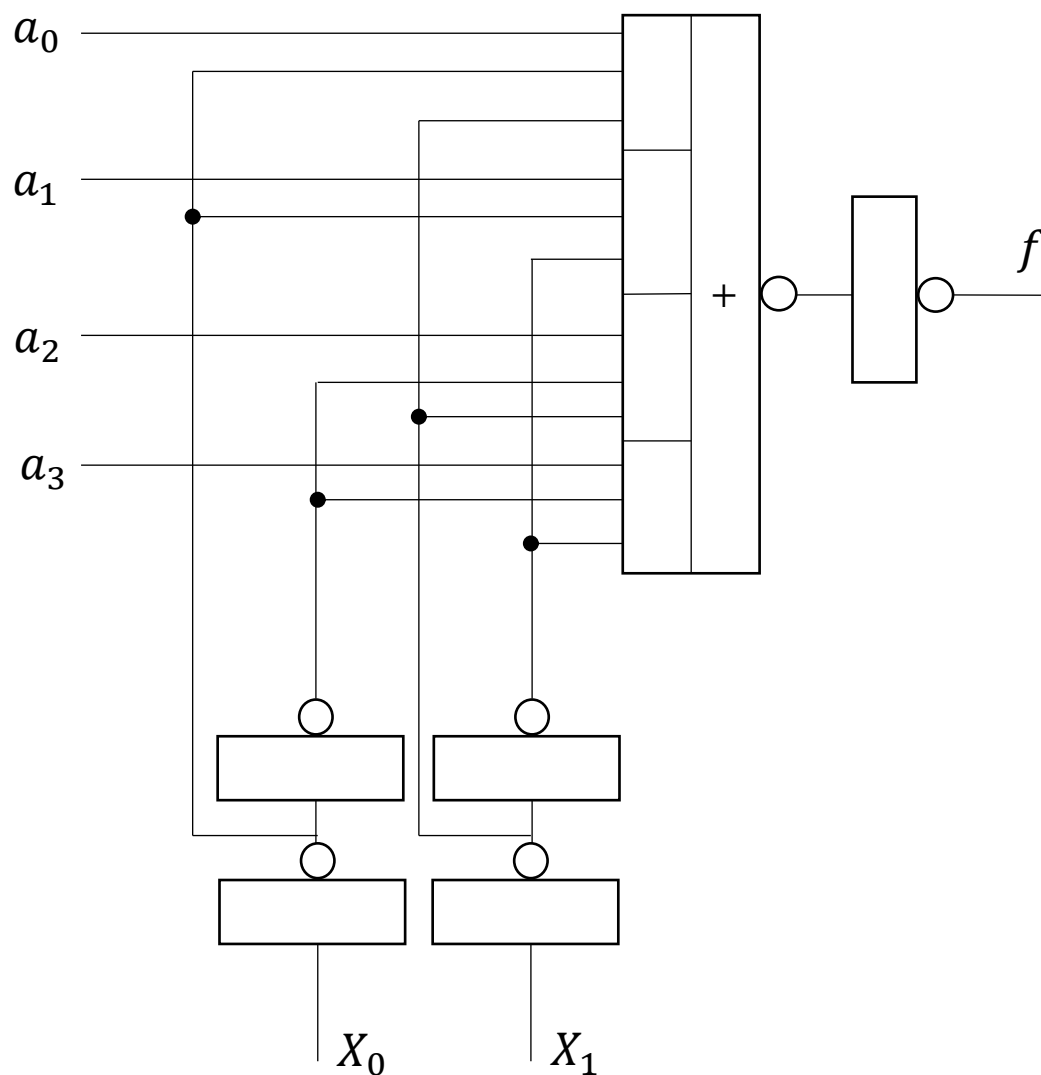
常用的组合线路

数据选择器：有输入信号与控制信号，控制信号的取值，决定了输出哪一路输入。



常用的组合线路

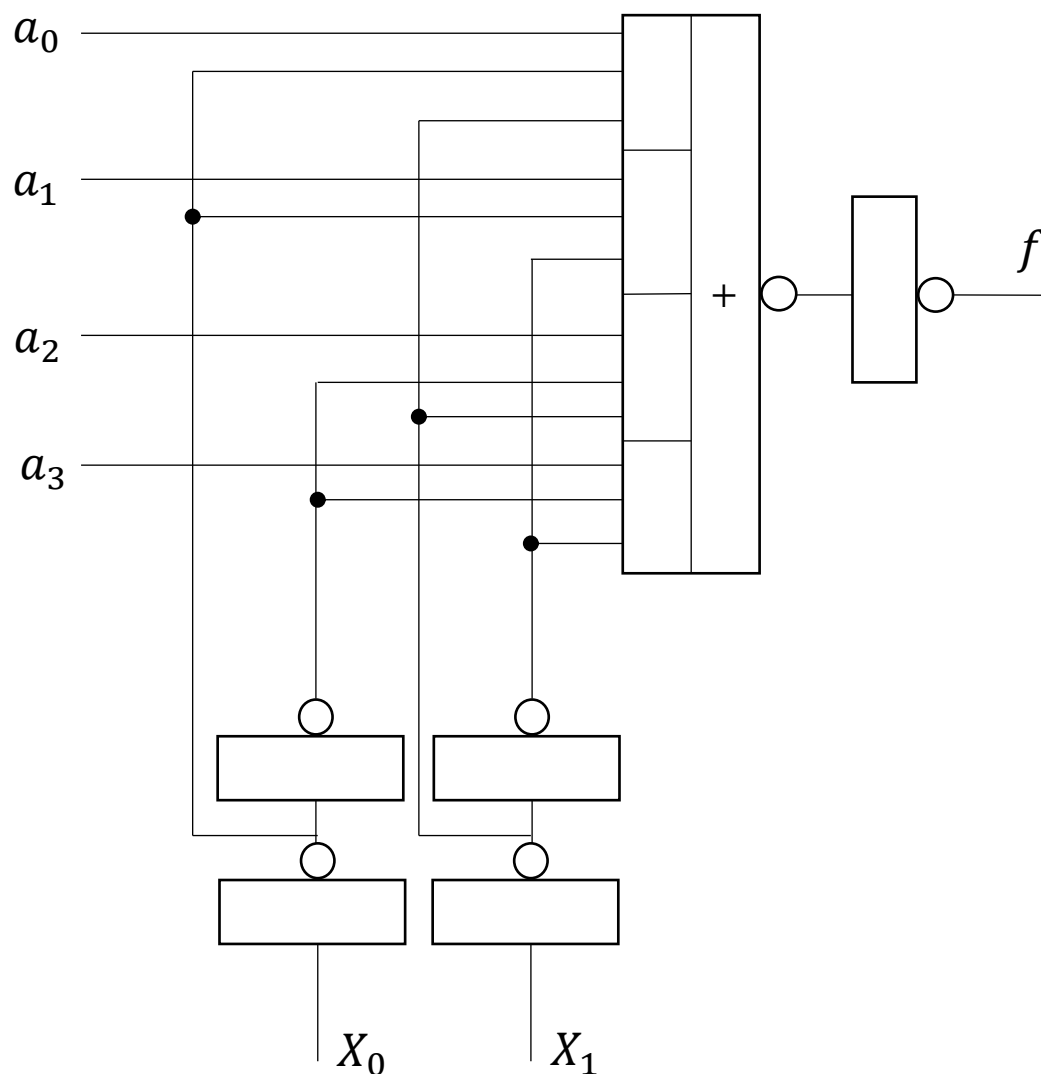
数据选择器：有输入信号与控制信号，控制信号的取值，决定了输出哪一路输入。



$$f = a_0 \overline{x_0} \overline{x_1} + a_1 \overline{x_0} x_1 + a_2 x_0 \overline{x_1} + a_3 x_0 x_1$$

常用的组合线路

数据选择器：有输入信号与控制信号，控制信号的取值，决定了输出哪一路输入。



$$f = a_0 \overline{x_0} \overline{x_1} + a_1 \overline{x_0} x_1 + a_2 x_0 \overline{x_1} + a_3 x_0 x_1$$

x_1	x_2	f
0	0	a_0
0	1	a_1
1	0	a_2
1	1	a_3