

数字电路

Digital Circuits

09_组合逻辑电路(3)

张俊霞
zjx@ustc.edu.cn

内容提纲

- 常用组合逻辑电路
 - 数据选择器
 - 数值比较器
 - 加法器

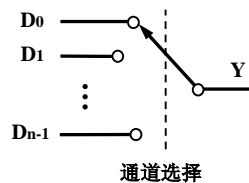
数据选择器

- 数据选择器(Multiplexer, 简称MUX): 根据通道选择信号, 从多通道(也称路)输入数据中选择一路数据输出, 相当于多输入的单刀多掷开关

- 逆过程是数据分配器

- 常见集成数据选择器

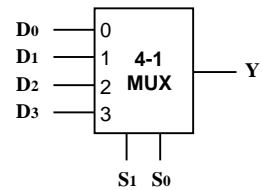
- 二选一(74x157)
- 四选一(74x153)
- 八选一(74x151)
- 十六选一(74x150)等



设计四选一数据选择器

真值表

S_1	S_0	Y
0	0	D_0
0	1	D_1
1	0	D_2
1	1	D_3

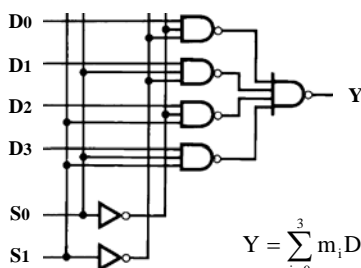


$$Y = \overline{S_1} \overline{S_0} D_0 + \overline{S_1} S_0 D_1 + S_1 \overline{S_0} D_2 + S_1 S_0 D_3$$

$$= \sum_{i=0}^3 m_i D_i, i = (S_1 S_0)_2$$

设计四选一数据选择器(续)

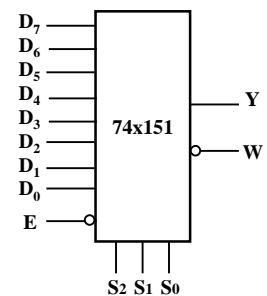
- 用与非门实现的逻辑图



$$Y = \sum_{i=0}^3 m_i D_i, i = (S_1 S_0)_2$$

八选一数据选择器74x151

- 带使能和互补输出的八通道数据选择器
- $D_0 \sim D_7$: 8路数据输入
- Y、W: 互补输出
- $S_2 \sim S_0$: 数据选择输入, S_2 为最高位
- E: 使能输入, 低电平有效
 - E=0时, $Y=D_i, W=\overline{D_i}$
 - E=1时, $Y=0, W=1$



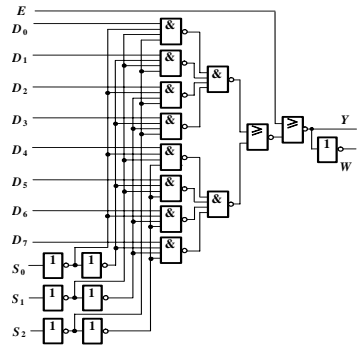
74x151逻辑图

- 写出逻辑式

$$Y = \bar{E} \sum_{i=0}^7 m_i D_i$$

$$, i = (S_2 S_1 S_0)_2$$

$$W = \bar{Y}$$



数字电路—组合逻辑电路(3)

7

数据选择器的应用

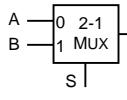
- 数据选择器的扩展
 - 位扩展: 加宽每路数据的位数
 - 字扩展: 增加数据的路数
- 实现任意逻辑函数
- 实现并/串数据转换

数字电路—组合逻辑电路(3)

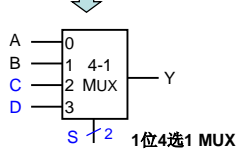
8

数据选择器的扩展

- 用1位2选1 MUX进行扩展设计

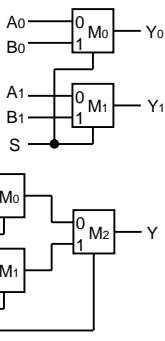


字扩展



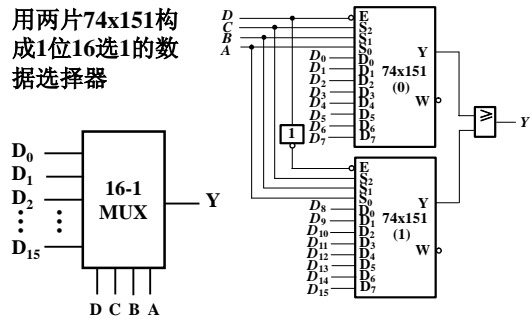
数字电路—组合逻辑电路(3)

9



数据选择器的扩展(续)

- 用两片74x151构成1位16选1的数据选择器



数字电路—组合逻辑电路(3)

10

数据选择器实现任意逻辑函数

$$Y = \bar{E} \sum_{i=0}^7 m_i D_i, i = (S_2 S_1 S_0)_2$$

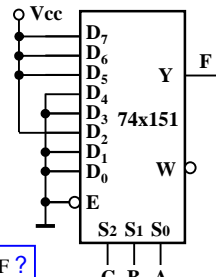
- 使E=0, 通过配置Di, 74x151可实现

- 在不增加逻辑情况下, 任意3变量逻辑函数
- 在可增加非门情况下, 任意4变量逻辑函数

$$F = \bar{A}B + AC \quad \text{设 } S_2 S_1 S_0 = CBA$$

$$F = m_2 + m_5 + m_6 + m_7$$

如何用4选1MUX (S1S0=BC)实现F?

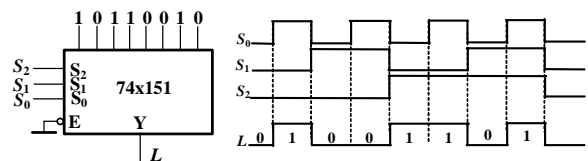


数字电路—组合逻辑电路(3)

11

数据选择器实现并/串数据转换

- 将并行数据加于数据选择器的数据输入端, 通过依次改变通道选择信号, 从其输出端可获得相应的串行数据输出
- 利用数据分配器可实现数据从串行到并行的转换



数字电路—组合逻辑电路(3)

12

数值比较器

- 判断两个二进制数大小关系的逻辑电路
- 设计一位数值比较器
 - 输入：2个1位数A和B
 - 输出： $F_{A>B}$ 、 $F_{A<B}$ 、 $F_{A=B}$

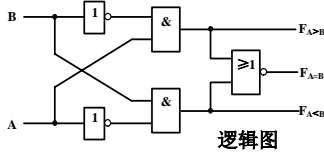
真值表

A	B	$F_{A>B}$	$F_{A<B}$	$F_{A=B}$
0	0	0	0	1
0	1	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1

$$F_{A>B} = A\bar{B}$$

$$F_{A<B} = \bar{A}B$$

$$F_{A=B} = \overline{A\bar{B} + \bar{A}B}$$



数字电路—组合逻辑电路(3)

13

两位数值比较器

- 利用一位数值比较器设计两位数值比较器
- 待比较的两个2位二进制数： $A = A_1A_0$ ， $B = B_1B_0$
 - 先比较高位 A_1 和 B_1
 - 只有高位相等，才比较低位 A_0 和 B_0

真值表

$A_1 B_1$	$A_0 B_0$	$F_{A>B}$	$F_{A<B}$	$F_{A=B}$
$A_1>B_1$	x	1	0	0
$A_1<B_1$	x	0	1	0
$A_1=B_1$	$A_0>B_0$	1	0	0
	$A_0<B_0$	0	1	0
$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	0	0	1

$$F_{A>B} = (A_1>B_1) + (A_1=B_1)(A_0>B_0)$$

$$F_{A<B} = (A_1<B_1) + (A_1=B_1)(A_0<B_0)$$

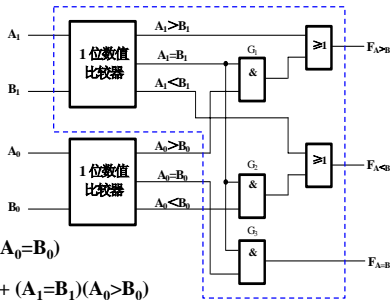
$$F_{A=B} = (A_1=B_1)(A_0=B_0)$$

数字电路—组合逻辑电路(3)

14

两位数值比较器(续)

- 逻辑图



$$F_{A=B} = (A_1=B_1)(A_0=B_0)$$

$$F_{A>B} = (A_1>B_1) + (A_1=B_1)(A_0>B_0)$$

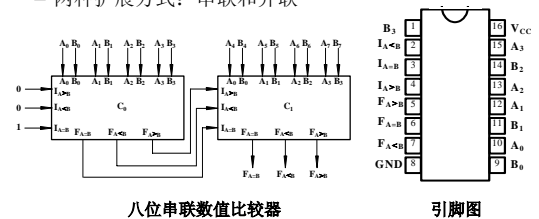
$$F_{A<B} = (A_1<B_1) + (A_1=B_1)(A_0<B_0)$$

数字电路—组合逻辑电路(3)

15

四位数值比较器74x85

- 工作原理和两位数值比较器相同
 - 从高位比起，若不等，出结果，否则还需比较下一位
- 提供附加输入端 $I_{A<B}$ 、 $I_{A=B}$ 和 $I_{A>B}$ ，便于扩展应用
 - 两种扩展方式：串联和并联



八位串联数值比较器

引脚图

数字电路—组合逻辑电路(3)

16

加法器

- 加法器是算术运算(加、减、乘、除运算)电路的基本单元
- 1位加法器包括
 - 1位半加法器
 - 1位全加法器
- 多位加法器可由1位加法器构成
 - 串行进位加法器
 - 超前进位加法器

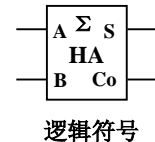
数字电路—组合逻辑电路(3)

17

1位半加法器

- 将两个1位数相加，产生1位的和与进位
 - $\{Co, S\} = A + B$

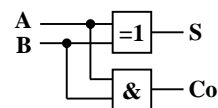
A	B	Co	S
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0



逻辑符号

$$S = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B$$

$$Co = AB$$



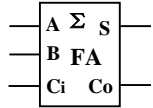
数字电路—组合逻辑电路(3)

18

1位全加器

- 将两个1位数与来自低位的进位相加，产生1位的和，以及向高位的进位

C _i	A	B	C _o	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1



逻辑符号

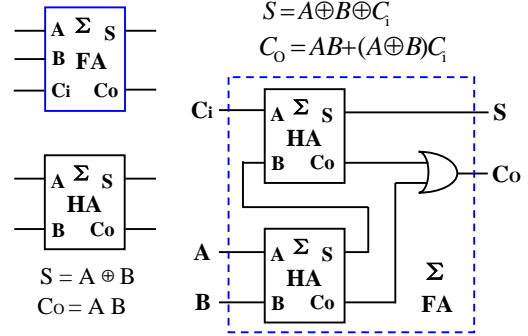
$$S = \overline{A}B C_i + \overline{A}B \overline{C}_i + A \overline{B} C_i + A B \overline{C}_i$$

$$= A \oplus B \oplus C_i$$

$$C_o = AB + \overline{A}B C_i + A \overline{B} C_i$$

$$= AB + (A \oplus B) C_i$$

1位全加器逻辑图

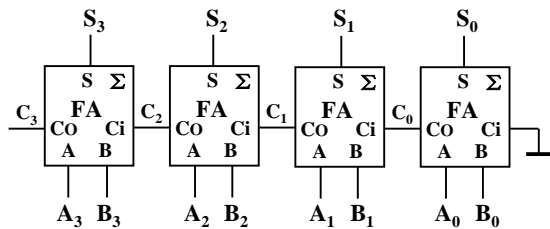


$$S = A \oplus B \oplus C_i$$

$$C_o = AB + (A \oplus B) C_i$$

串行进位加法器

- 例，四位串行进位加法器

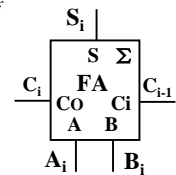


优点：简单，易于扩展；缺点：速度慢

超前进位加法器

- 基本原理
 - C_{i-1} 是 $A_{i-1} \sim A_0$ 和 $B_{i-1} \sim B_0$ 的函数
 - 设计每位进位信号产生电路：在输入每位加数和被加数时，同时获得该位全加的进位信号，而无需等待最低位的进位信号

- 优点：速度快
- 缺点：电路复杂
- 超前进位产生器74x182
- 4位超前进位加法器74x283



4位超前进位信号的产生

$$C_i = A_i B_i + (A_i \oplus B_i) C_{i-1}$$

令 $G_i = A_i B_i$, $P_i = (A_i \oplus B_i)$ 则 $C_i = G_i + P_i C_{i-1}$

$$C_0 = G_0 + P_0 C_{-1}$$

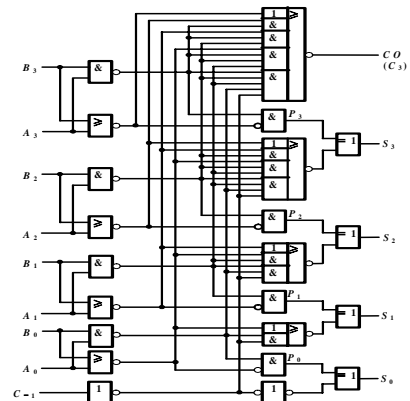
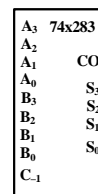
$$C_1 = G_1 + P_1 C_0 = G_1 + P_1 G_0 + P_1 P_0 C_{-1}$$

$$C_2 = G_2 + P_2 C_1 = G_2 + P_2 G_1 + P_2 P_1 G_0 + P_2 P_1 P_0 C_{-1}$$

$$C_3 = G_3 + P_3 C_2 = G_3 + P_3 G_2 + P_3 P_2 G_1 + P_3 P_2 P_1 G_0 + P_3 P_2 P_1 P_0 C_{-1}$$

74x283

- 4位超前进位加法器



74x283应用

- 8位二进制数加法器

—片内超前进位，片间串行进位

