

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

1. Mạch tính toán số học
2. Mạch so sánh, đa hợp/giải đa hợp
3. ALU (Arithmetic Logic Unit)

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Để thiết kế một mạch số đơn giản, cần trải qua 3 bước:

- **Bước 1:** Lập bảng trạng thái (hay chân trị)
- **Bước 2:** Từ bảng trạng thái ghi ra phương trình trạng thái và rút gọn (thường dùng phương pháp giản đồ Karnaugh)
- **Bước 3:** Vẽ hình

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch cộng HA (Half Adder – mạch cộng 2 bit nhị phân)

- Bước 1: Bảng trạng thái

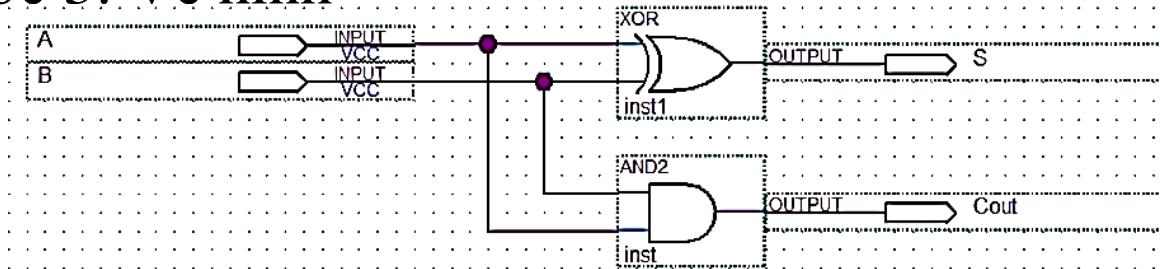
INPUT		OUTPUT	
A	B	S	Cout
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

- Bước 2: Phương trình trạng thái

$$S = A \oplus B$$

$$Cout = A \cdot B$$

- Bước 3: Vẽ hình



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch cộng FA (Full Adder – mạch cộng 3 bit nhị phân)

- Bước 1: Bảng trạng thái

INPUT			OUTPUT	
A	B	Cin	S	Cout
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

- Bước 2: Phương trình trạng thái

$$S = A \oplus B \oplus Cin$$

$$Cout = \bar{A} \cdot B \cdot Cin + A \cdot \bar{B} \cdot Cin + A \cdot B \cdot \bar{Cin} + A \cdot B \cdot Cin$$

Chưa
rút gọn

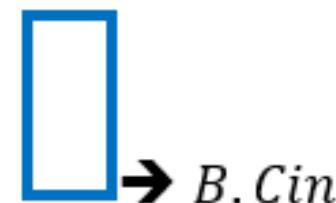
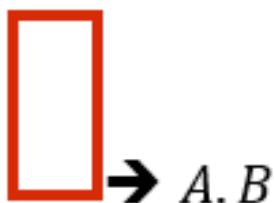
BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch cộng FA (Full Adder – mạch cộng 3 bit nhị phân)

- Bước 2: Rút gọn Cout dùng giản đồ Karnaugh

$$Cout = \bar{A} \cdot B \cdot Cin + A \cdot \bar{B} \cdot Cin + A \cdot B \cdot \bar{Cin} + A \cdot B \cdot Cin$$

Cin \ AB	00	01	11	10
0			1	
1		1	1	1

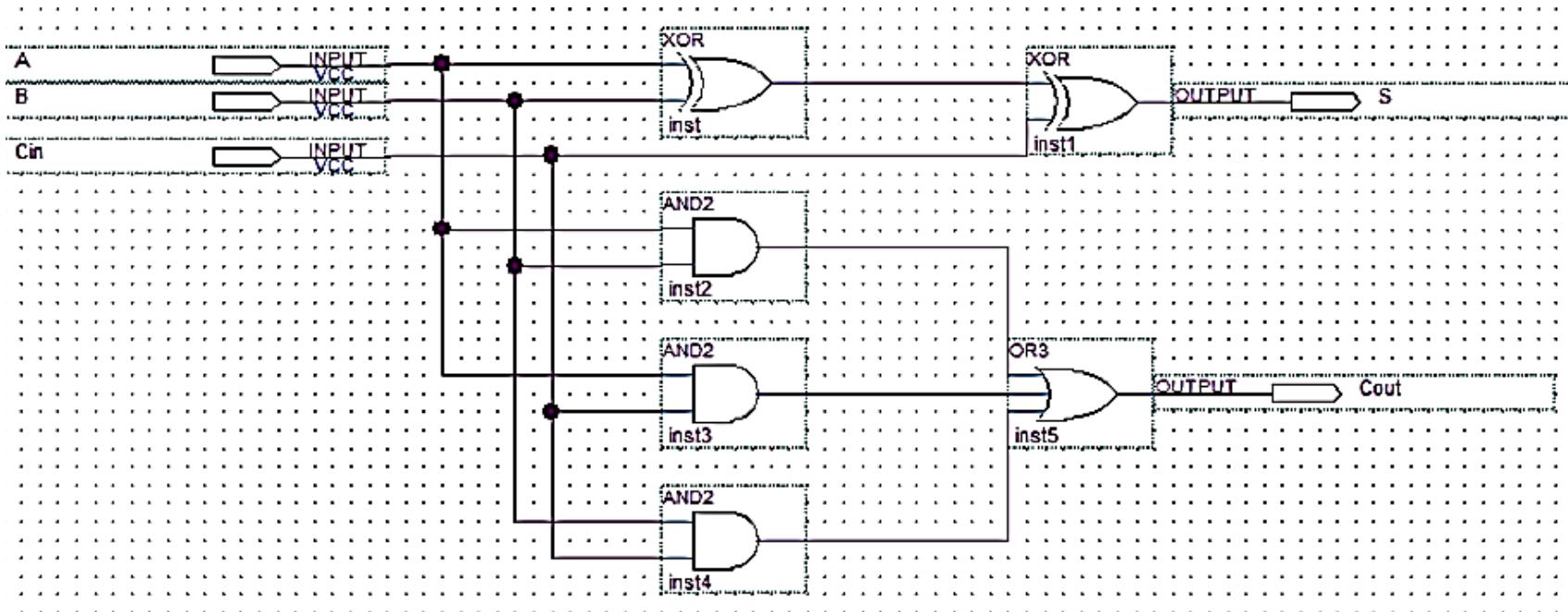


$$\Rightarrow Cout = A \cdot B + A \cdot Cin + B \cdot Cin$$

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

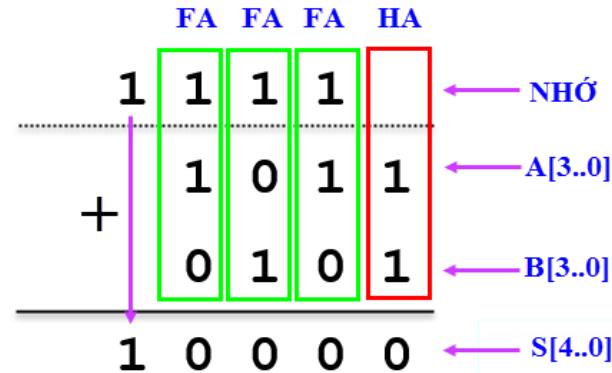
Mạch cộng FA (Full Adder – mạch cộng 3 bit nhị phân)

- Bước 3: Vẽ hình

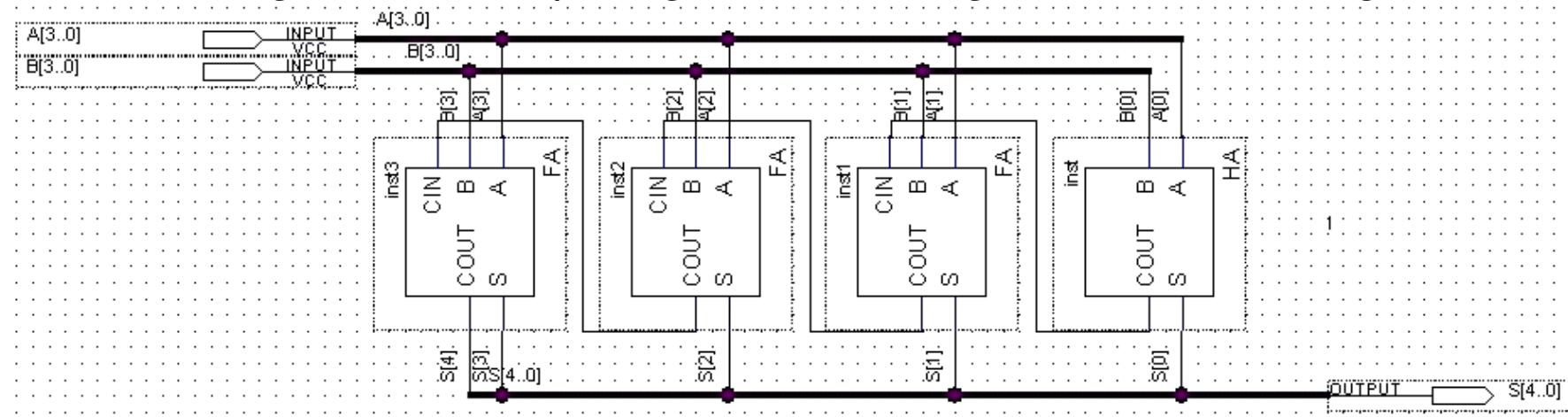


BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch cộng 4 bit không dấu (CONG4BIT)



Mạch cộng 4 bit được xây dựng từ 1 mạch cộng **HA** và 3 mạch cộng **FA**



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch trừ 4 bit có dấu (TRU4BIT)

Mạch trừ 4 bit được xây dựng từ 1 mạch trừ HS (Half Subtractor) và 3 mạch trừ FS (Full Subtractor)

- Mạch trừ 2 bit nhị phân HS:

- Input: A, B
- Output: D (hiệu) Bout (nhớ ngõ ra)

- Mạch trừ 3 bit nhị phân FS:

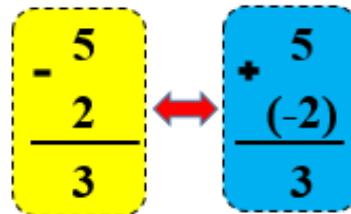
- Input: A, B, Bin (nhớ ngõ vào)
- Output: D, Bout

=> Xây dựng tương tự như mạch cộng 4 bit không dấu

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch cộng/trừ 4 bit có dấu (CONGTRU4BIT)

- Mạch cộng/trừ 4 bit được xây dựng từ **mạch cộng 4 bit** kết hợp với các cổng XOR ở ngõ vào B
- Ví dụ 1:



⇒ A trừ B chính là A cộng số bù 2 của B

- Ví dụ 2:

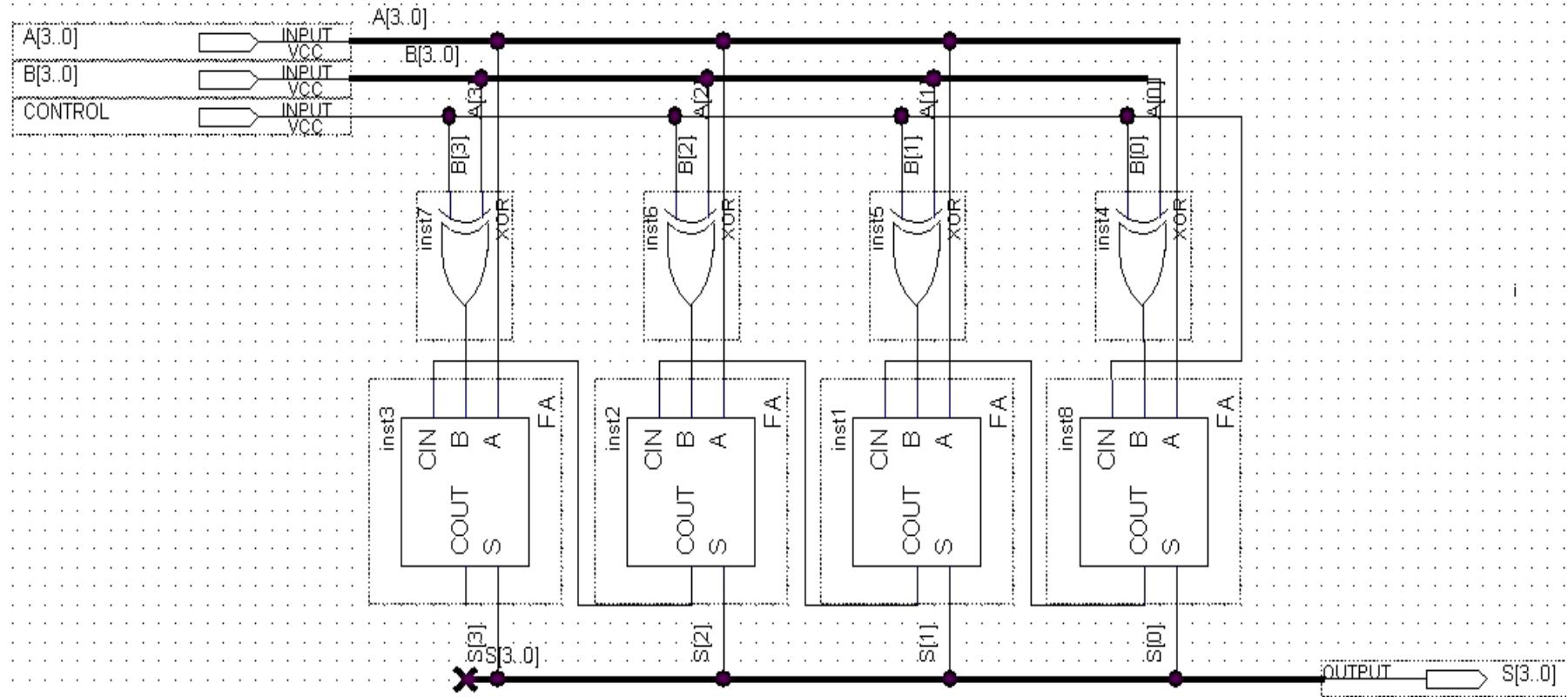
B	Control	$B \oplus \text{Control}$
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

⇒ Thực hiện xor B với 0 → kết quả là B

⇒ Thực hiện xor B với 1 → kết quả là B “đảo” (bù 1 của B)

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch cộng/trừ 4 bit có dấu (CONGTRU4BIT)



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch nhân 3 bit không dấu (NHAN3BIT)

Cách thực hiện phép nhân 2 số A, B (3 bit) kết quả là S (6 bit)

$$\begin{array}{r} \times \quad \begin{matrix} A2 & A1 & A0 \\ B2 & B1 & B0 \end{matrix} \\ \hline \end{array}$$

A[2..0]
B[2..0]

$$\begin{array}{r} \begin{matrix} \text{NHỎ} & \text{NHỎ} \\ \text{NHỎ} & \text{NHỎ} \\ \text{NHỎ} & \text{A2.B1} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{NHỎ} \\ A2.B0 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{A1.B0} \\ A1.B1 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{A0.B0} \\ A0.B1 \end{matrix} \\ \hline \end{array}$$

+

$$\begin{array}{r} \begin{matrix} \text{NHỎ} \\ A2.B2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{A1.B2} \\ A1.B2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{A0.B2} \\ A0.B2 \end{matrix} \\ \hline \end{array}$$

+

+

+

+

+

S[5..0]

The diagram illustrates the binary multiplication of two 3-bit numbers, A and B, resulting in a 6-bit product, S. The multiplication is shown as follows:

$$\begin{array}{r} \times \quad \begin{matrix} A2 & A1 & A0 \\ B2 & B1 & B0 \end{matrix} \\ \hline \end{array}$$

A[2..0]
B[2..0]

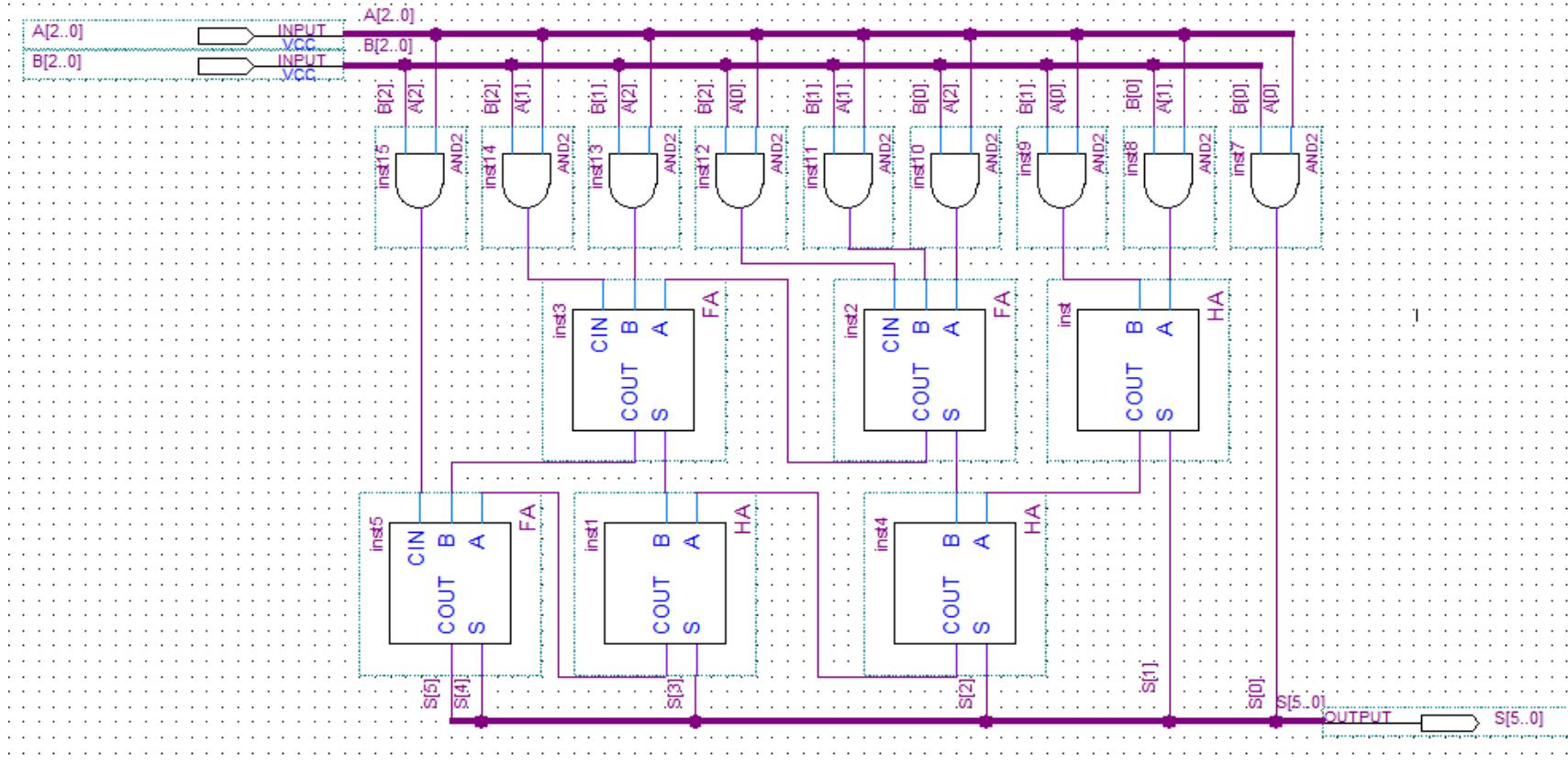
The partial products are calculated as follows:

NHỎ	NHỎ	NHỎ	NHỎ	NHỎ	NHỎ
NHỎ	NHỎ	A2.B0	A1.B0	A0.B0	
NHỎ	A2.B1	A1.B1	A0.B1		
NHỎ	A2.B2	A1.B2	A0.B2		

The final result S[5..0] is formed by summing the partial products. Red arrows point from the labels S5 to S0 to the corresponding bits in the result register S[5..0].

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch nhân 3 bit không dấu (NHAN3BIT)



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch so sánh 1 bit

$$a=1, b=0 \Rightarrow a>b$$

$$a=0, b=1 \Rightarrow a<b$$

$$a=0, b=0 \Rightarrow a=b$$

$$a=1, b=1 \Rightarrow a=b$$



S ($a>b$)

I ($a< b$)

E ($a=b$)

- Bước 1: Bảng trạng thái mạch so sánh 2 số 1 bit có thêm tín hiệu nối tiếp G:

G	a	b	S ($a>b$)	I ($a< b$)	E ($a=b$)
0	x	x	0	0	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1

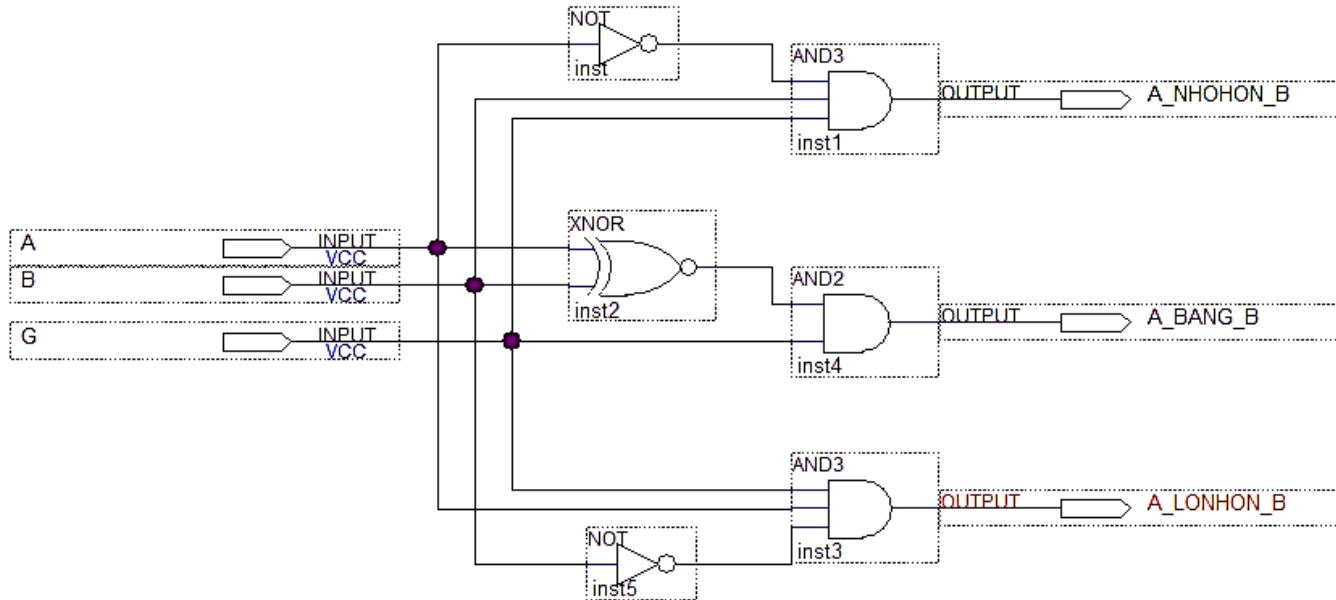
BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch so sánh 1 bit (SOSANH1BIT)

- Bước 2: Phương trình trạng thái:

$$S = G \cdot A \cdot \bar{B}$$
$$I = G \cdot \bar{A} \cdot B$$
$$E = G \cdot A \oplus B$$

- Bước 3: Vẽ hình



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch so sánh 4 bit (SOSANH4BIT)

➤ **A > B** $\Leftrightarrow (A_3 > B_3)$

hoặc $(A_3 = B_3)$ và $(A_2 > B_2)$

hoặc $(A_3 = B_3)$ và $(A_2 = B_2)$ và $(A_1 > B_1)$

hoặc $(A_3 = B_3)$ và $(A_2 = B_2)$ và $(A_1 = B_1)$ và $(A_0 > B_0)$

➤ **A < B** $\Leftrightarrow (A_3 < B_3)$

hoặc $(A_3 = B_3)$ và $(A_2 < B_2)$

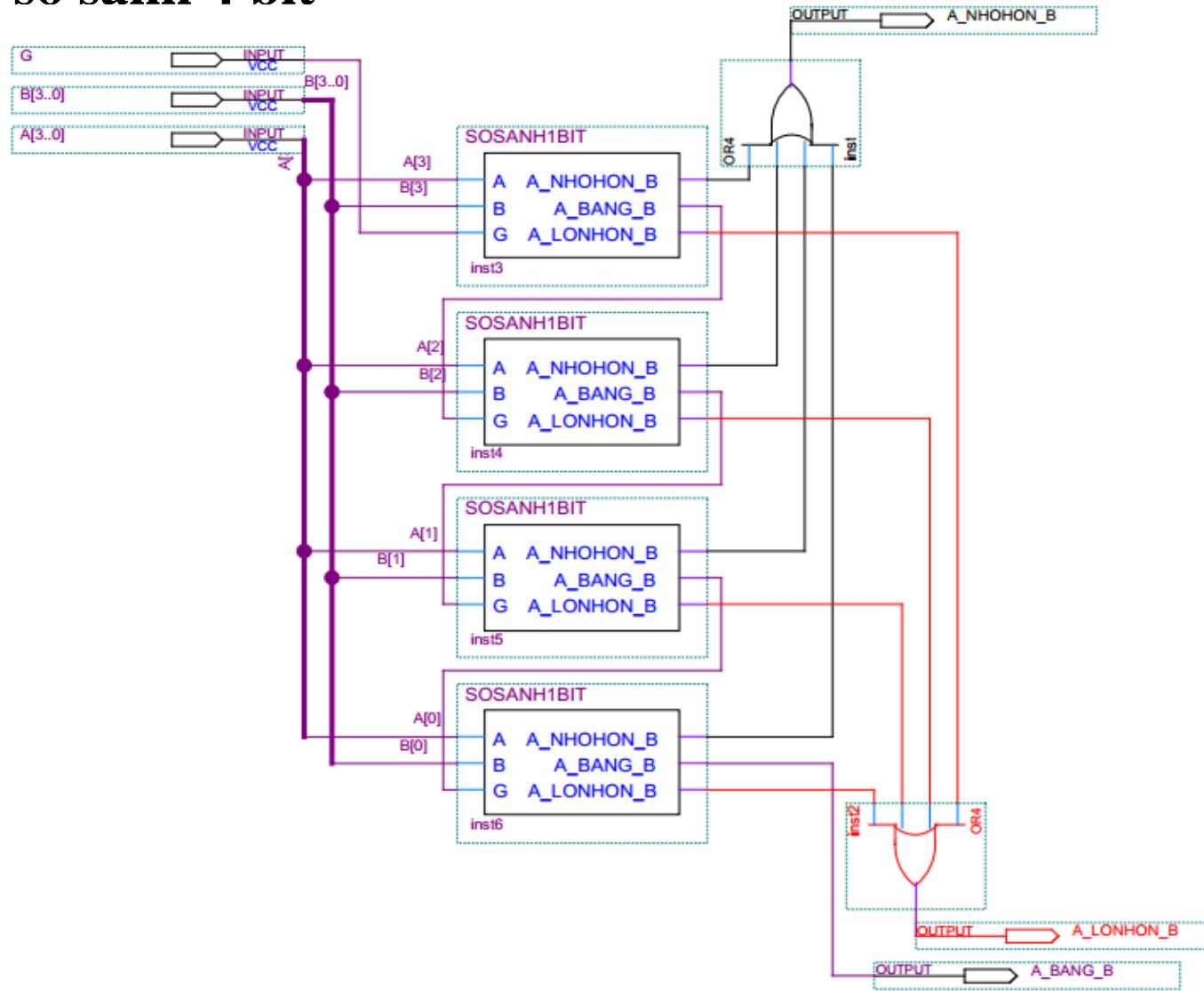
hoặc $(A_3 = B_3)$ và $(A_2 = B_2)$ và $(A_1 < B_1)$

hoặc $(A_3 = B_3)$ và $(A_2 = B_2)$ và $(A_1 = B_1)$ và $(A_0 < B_0)$

➤ **A = B** $\Leftrightarrow (A_3 = B_3)$ và $(A_2 = B_2)$ và $(A_1 = B_1)$ và $(A_0 = B_0)$

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch so sánh 4 bit



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch đa hợp 2–1–1 bit (mạch ghép kênh) (MUX2_1_1BIT)

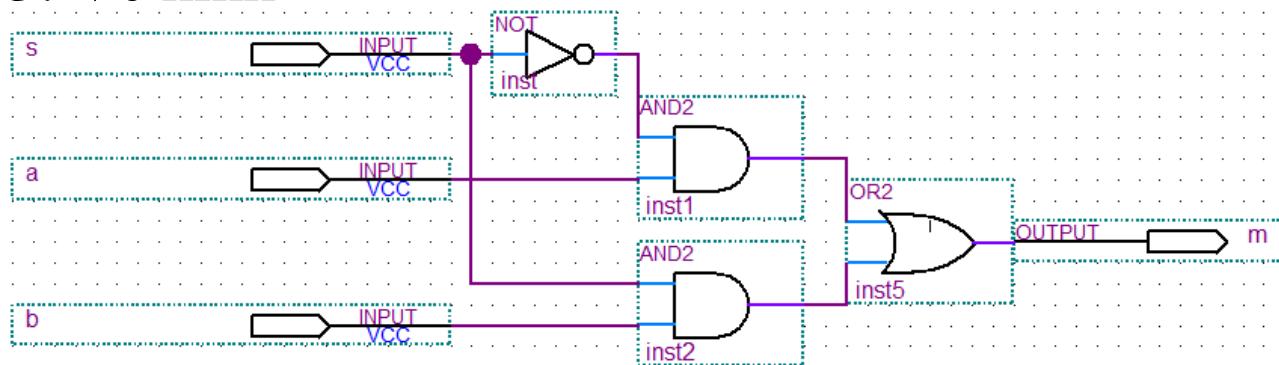
- Bước 1: Bảng trạng thái

a	b	s	Ngõ ra m
-	-	0	a
			b

- Bước 2: Phương trình trạng thái

$$m = \bar{s} \cdot a + s \cdot b$$

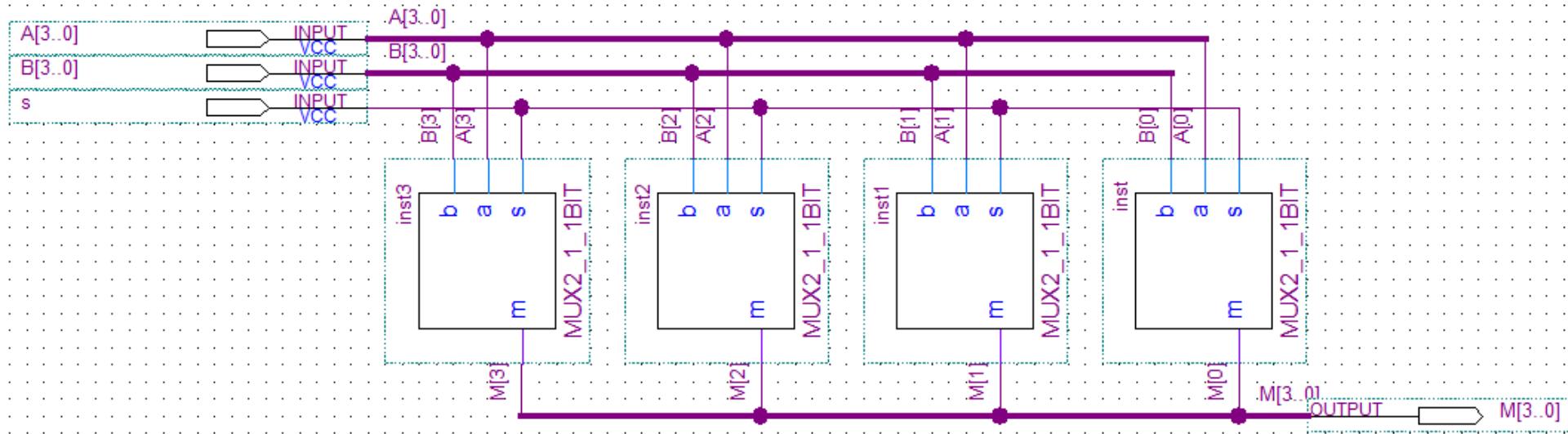
- Bước 3: Vẽ hình



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch đa hợp 2-1-4 bit (MUX2_1_4BIT)

Ghép 4 khối đa hợp 2-1-1 bit để tạo thành mạch đa hợp 2-1-4 bit



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch đa hợp 4–1–1 bit (MUX4_1_1BIT)

- Bước 1: Bảng trạng thái

a	b	c	d	s1	s0	Ngõ ra m
-	-	-	-	0	0	a
				0	1	b
				1	0	c
				1	1	d

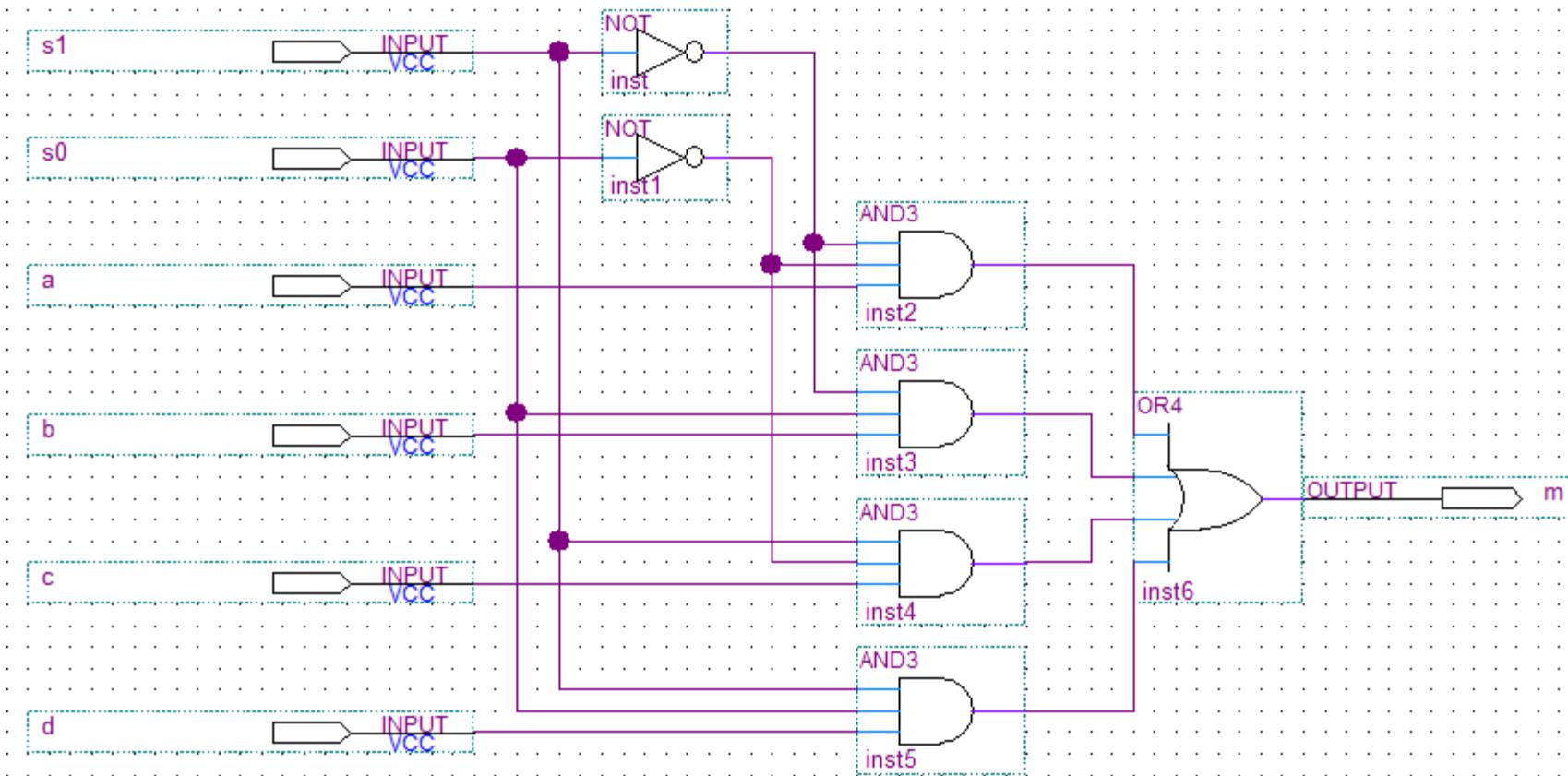
- Bước 2: Phương trình trạng thái

$$m = \overline{s1} \cdot \overline{s0} \cdot a + \overline{s1} \cdot s0 \cdot b + s1 \cdot \overline{s0} \cdot c + s1 \cdot s0 \cdot d$$

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch đa hợp 4-1-1 bit (MUX4_1_1BIT)

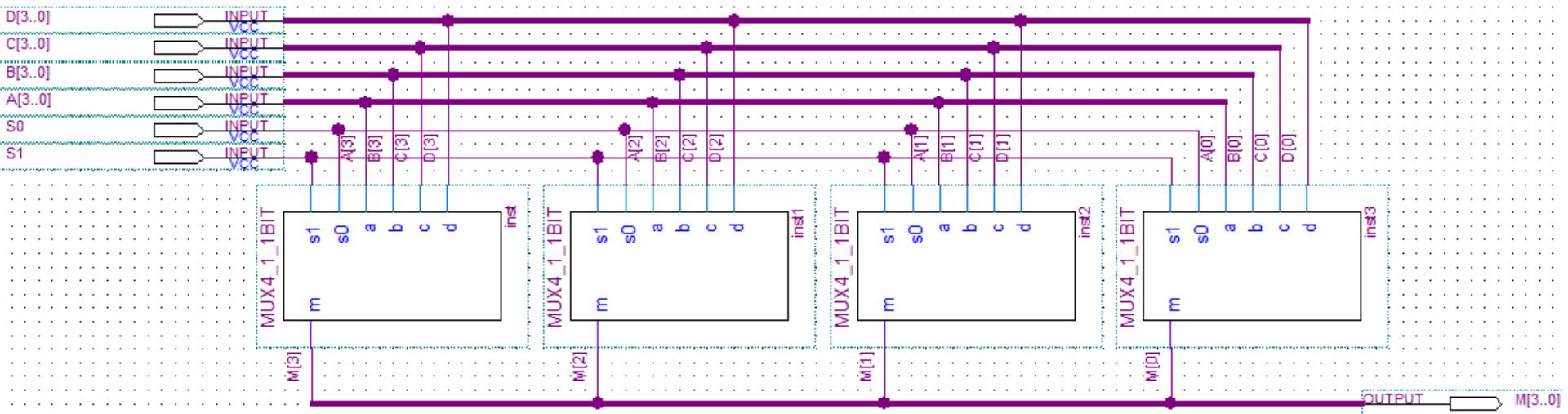
- Bước 3: Vẽ hình



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch đa hợp 4-1-4 bit (MUX4_1_4BIT)

Ghép 4 khối đa hợp 4-1-1 bit để tạo thành mạch đa hợp 4-1-4 bit



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch giải đa hợp 1–2–1 bit (mạch tách kênh)
(DEMUX1_2_1BIT)

- Bước 1: Bảng trạng thái

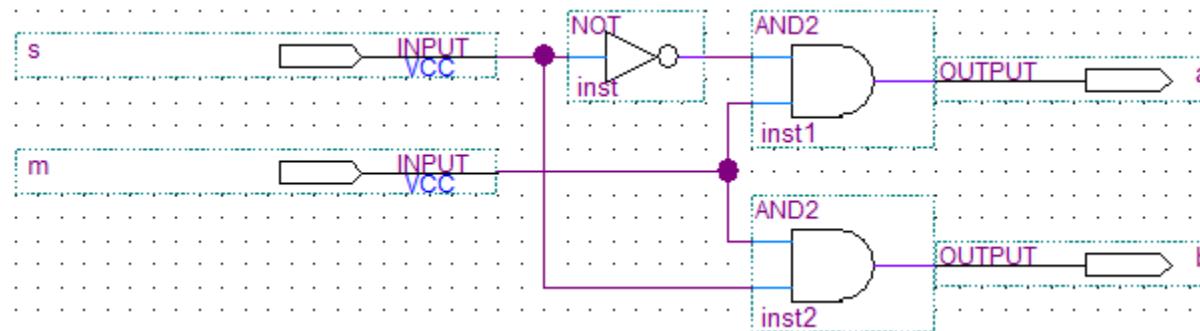
INPUT		OUTPUT	
m	s	a	b
-	0	m	0
	1	0	m

- Bước 2: Phương trình trạng thái

$$a = \bar{s} \cdot m$$

- Bước 3: Vẽ hình

$$b = s \cdot m$$



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch giải đa hợp 1–4–1 bit (DEMUX1_4_1BIT)

- Bước 1: Bảng trạng thái

INPUT			OUTPUT			
m	s1	s0	a	b	c	d
-	0	0	m	0	0	0
	0	1	0	m	0	0
	1	0	0	0	m	0
	1	1	0	0	0	m

- Bước 2: Phương trình trạng thái

$$a = \overline{s1} \cdot \overline{s0} \cdot m$$

$$b = \overline{s1} \cdot s0 \cdot m$$

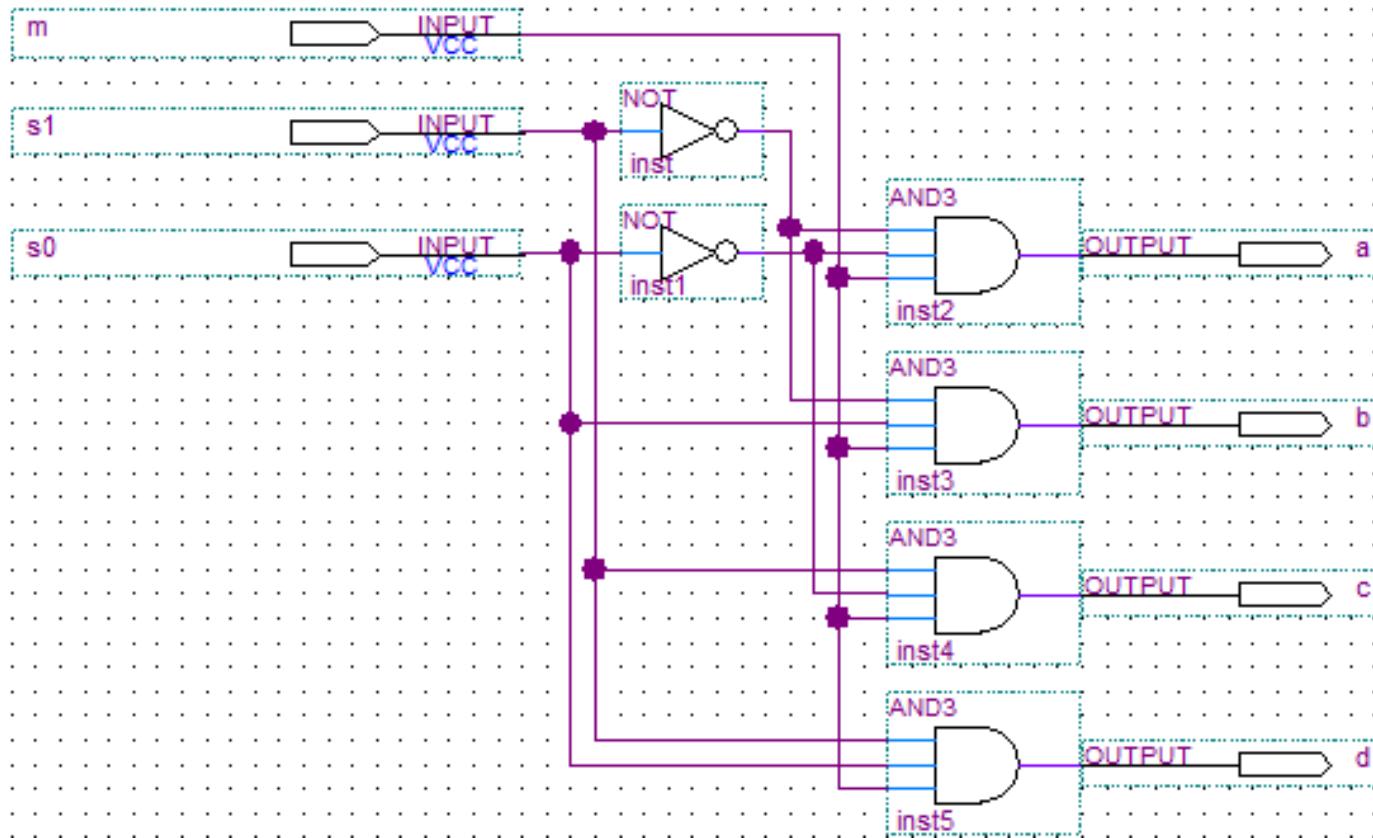
$$c = s1 \cdot \overline{s0} \cdot m$$

$$d = s1 \cdot s0 \cdot m$$

BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

Mạch giải đa hợp 1–4–1 bit (DEMUX1_4_1BIT)

- Bước 3: Vẽ hình



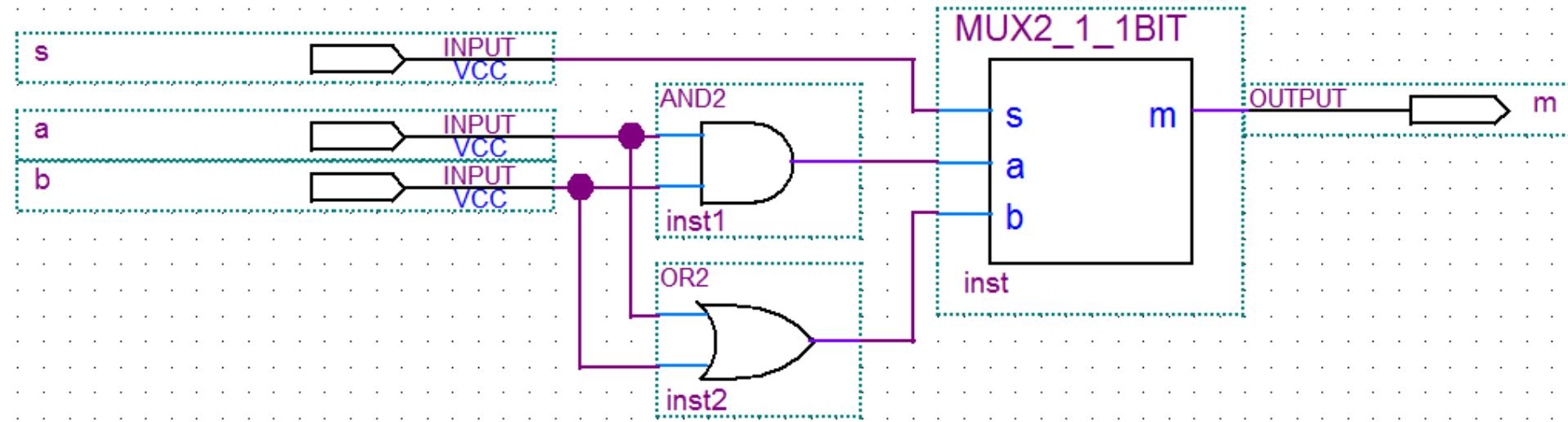
BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

ALU (ARITHMETIC LOGIC UNIT)

- ALU thực chất là sự ghép nối của nhiều mạch số cơ bản với nhau tạo thành một mạch số **đa chức năng**, có khả năng thực hiện các phép tính số học và logic.
- Các mạch ALU cơ bản:
 - **ALU 1 bit 2 chức năng AND, OR (ALU1BIT_2CN)**
 - **ALU 4 bit 2 chức năng AND, OR (ALU4BIT_2CN)**
 - **ALU 1 bit 4 chức năng AND, OR, XOR, CỘNG/TRỪ (ALU1BIT_4CN)**
 - **ALU 4 bit 4 chức năng AND, OR, XOR, CỘNG/TRỪ (ALU4BIT_4CN)**

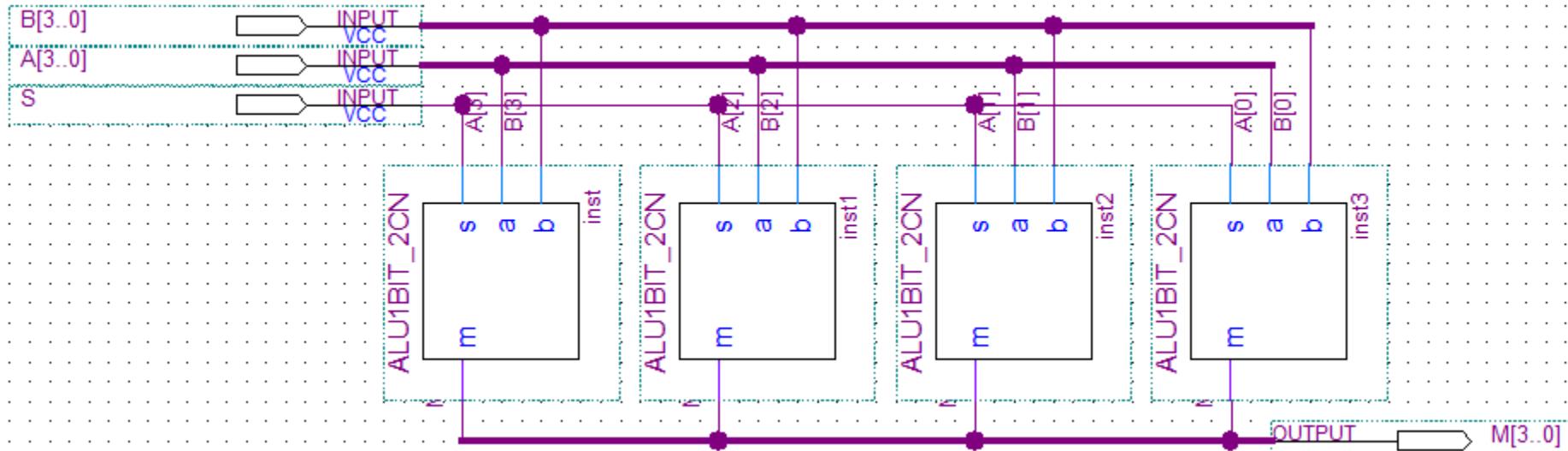
BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

ALU 1 bit 2 chức năng AND, OR (ALU1BIT_2CN)



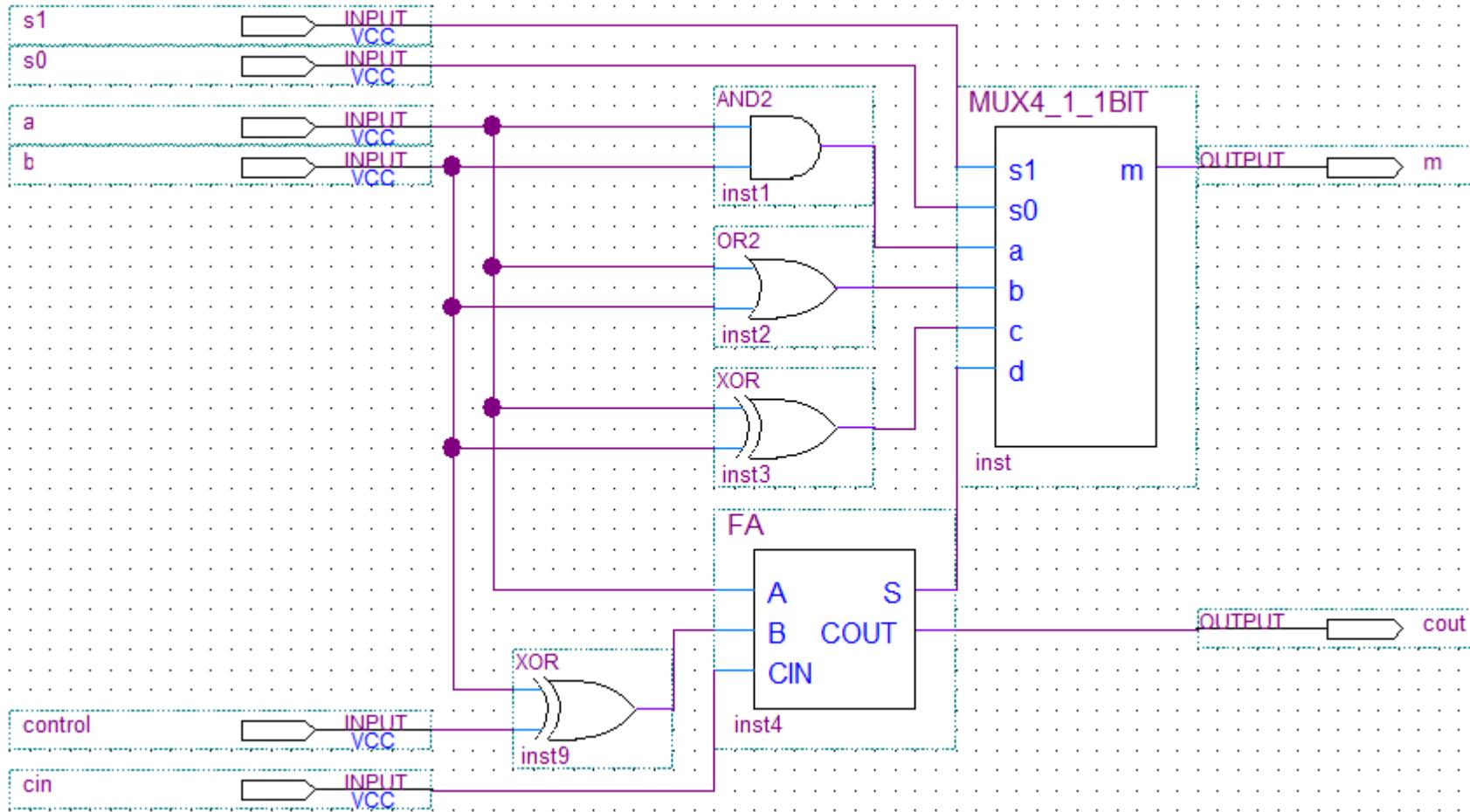
BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

ALU 4 bit 2 chức năng AND, OR (ALU4BIT_2CN)



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

ALU 1 bit 4 chức năng AND, OR, XOR, CỘNG/TRỪ
(ALU1BIT_4CN)



BÀI 4: CÁC MẠCH SỐ CƠ BẢN

ALU 4 bit 4 chức năng AND, OR, XOR, CỘNG/TRỪ
(ALU4BIT_4CN)

