

BÀI 13. THIẾT KẾ MẠCH ALU

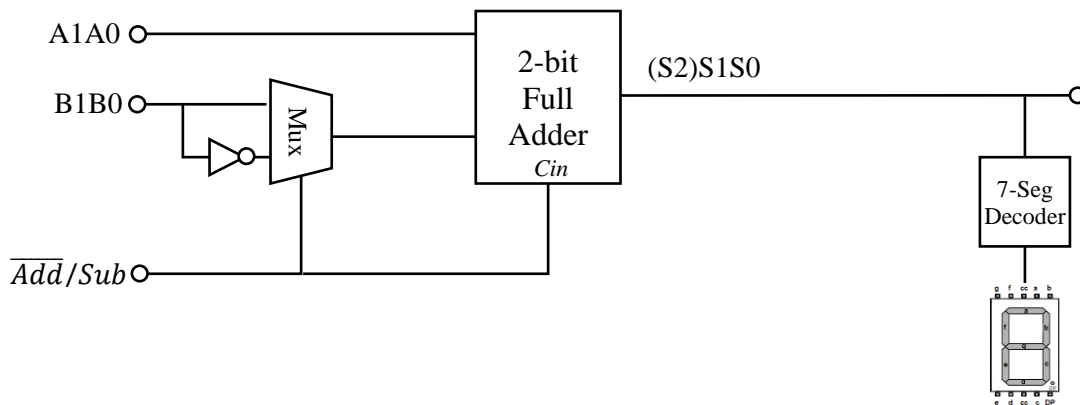
1. Mục tiêu

- Tìm hiểu chức năng của ALU.
- Thiết kế mạch ALU thực hiện phép cộng và phép trừ, sử dụng IC bộ cộng.
- Xây dựng mạch ALU 2-bit trên TinkerCAD với 74HC283.

2. Hướng dẫn thực hành

2.1. Lý thuyết

Mạch ALU 2-bit ở Hình 1 có chức năng thực hiện phép cộng và phép trừ. Kết quả của phép tính được hiển thị kết quả trên một LED 7-thanh.



Hình 1: Sơ đồ khối mạch ALU 2-bit.

• Thực hiện phép cộng:

- Chọn $\overline{Add/Sub} = 0$ để mạch thực hiện phép cộng.
- Vì $Cin = 0$ nên bộ cộng 2-bit FA thực hiện $A1A0 + B1B0$.
- Kết quả được chứa ở $(S2)S1S0$ và được dùng để hiển thị trên LED 7-thanh.
Chú ý: trong trường hợp này S2 đóng vai trò là Cout.

• Thực hiện phép trừ:

- Chọn $\overline{Add/Sub} = 1$ để mạch thực hiện phép trừ.
- Vì $Cin = 1$ nên bộ cộng 2-bit FA thực hiện $A1A0 + \overline{B1} \overline{B0} + Cin$.
- Do $\overline{B1} \overline{B0} + Cin = \overline{B1} \overline{B0} + 1$ là bù 2 của $B1B0$ nên có thể coi bộ cộng 2-bit FA thực hiện $A1A0 - B1B0$ dưới dạng bù 2.
- Kết quả được chứa ở $S1S0$ và được dùng để hiển thị trên LED 7-thanh. **Chú ý:** không sử dụng S2.

- **Hiển thị kết quả:**

- Kết quả của phép cộng/trừ được đưa vào một bộ giải mã LED 7 thanh (7-Seg Decoder).
- Sau đó, bộ giải mã có nhiệm vụ biến đổi kết quả (S2)S1S0 (phép cộng) hoặc S1S0 (phép trừ) ở dạng nhị phân để hiển thị kiểu “số thập phân” trên LED 7-thanh.

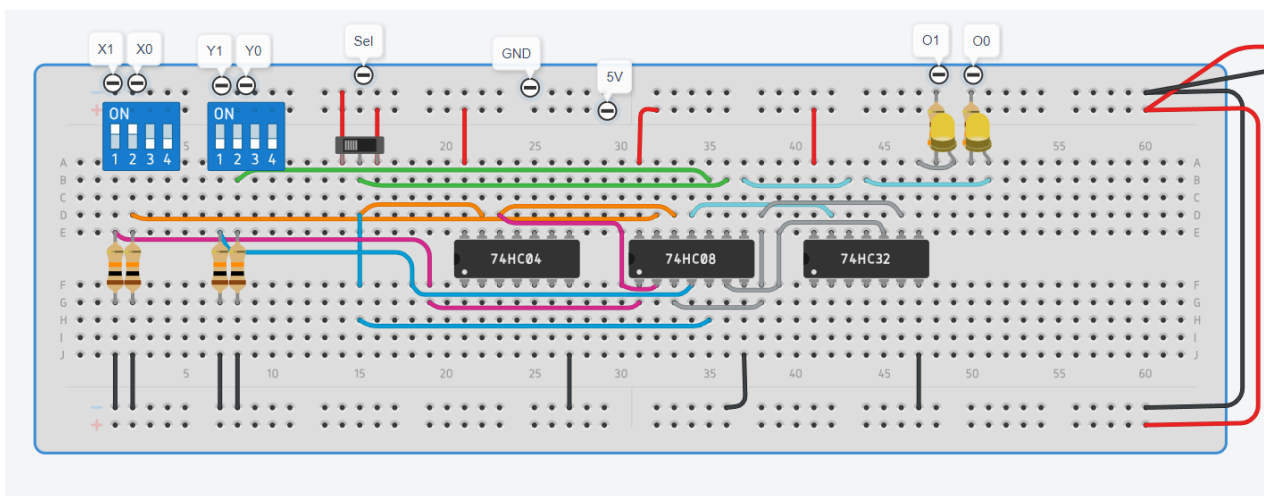
2.2. Thiết kế ALU 2-bit trên TinkerCAD

Để thiết kế mạch ALU 2-bit ở Hình 1 một cách đơn giản cần chia thành thiết kế các khối logic cơ bản gồm: **mạch chọn kênh 2-to-1, mạch cộng đầy đủ, mạch giả mã và hiển thị LED 7-thanh.**

2.2.1. Mạch chọn kênh 2-to-1, đầu vào 2-bit

Trong mạch ALU 2-bit, mạch chọn kênh 2-to-1 được dùng để chọn đầu vào $B1B0$ hoặc $\overline{B1} \overline{B0}$. Do đó, khi áp dụng mạch chọn kênh 2-to-1 ở Hình 2 vào mạch ALU 2-bit, $X1X0$ đóng vai trò $B1B0$, $Y1Y0$ đóng vai trò $\overline{B1} \overline{B0}$.

(Sinh viên xem lại cách thiết kế bộ chọn kênh 2-to-1 ở Bài 11)



Hình 2: Mạch chọn kênh 2-to-1, đầu vào 2-bit. Khi $Sel = 0$, thì $O1O0 = X1X0$, khi $Sel = 1$, thì $O1O0 = Y1Y0$.

- **Mô tả chung:**

- Đầu vào: **$X1X0$ và $Y1Y0$**
- Đầu ra: **$O1O0$**
- Tín hiệu lựa chọn: **Sel**

- **Các linh kiện cần sử dụng:**

- Nguồn (Pin 9V và LM7805)
- Breadboard

- Điện trở ($10k\Omega$, 330Ω)
- LED
- Công tắc
- 74HC04 (NOT), 74HC32 (OR), 74HC08 (AND).

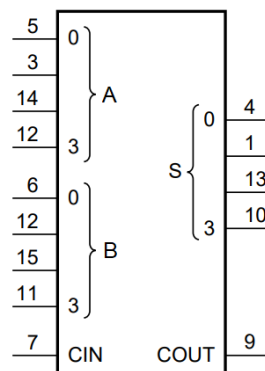
2.2.2. Mạch cộng đầy đủ

Dùng 74HC283 để thiết kế phép cộng 2 đầu vào, 2-bit $A1A0 + B1B0$. Do 74HC283 có khả năng thực hiện phép cộng 2 đầu vào 4-bit, $A3A2A1A0 + B3B2B1B0$, nên các chân tương ứng với đầu vào có trọng số lớn $A3A2$ (chân số 12, 14) và $B3B2$ (chân số 11, 15) cần được nối đến GND.

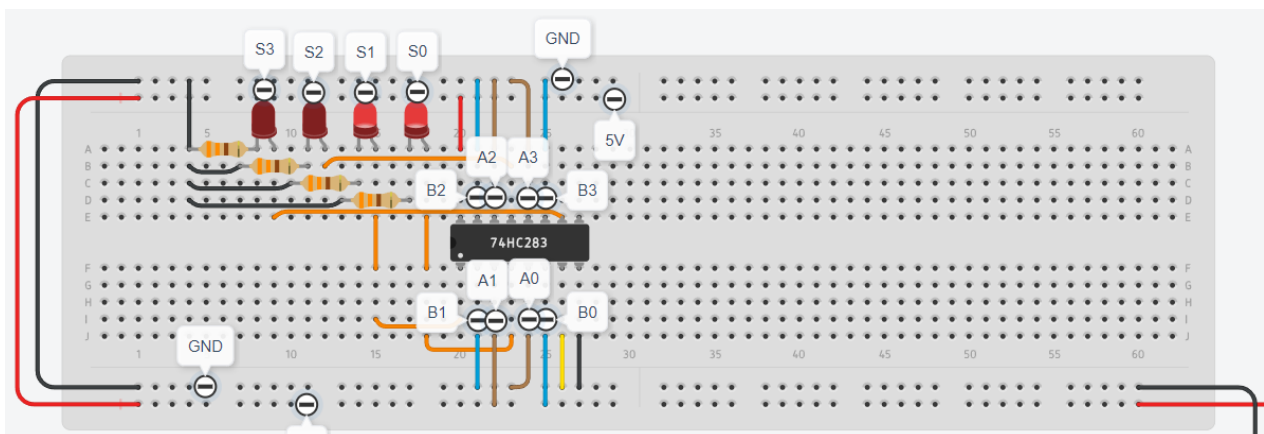
Kết quả của phép cộng 2 đầu vào 2-bit được chứa ở 3 bit: $S2S1S0$ (chân số 13, 1, 4). Do vậy, $S2$ đóng vai trò Cout của phép tính.

74HC283 Datasheet:

<https://www.datasheetq.com/datasheet-download/859101/1/NXP/74HC283>



Hình 3: IC 74HC283



Hình 4: Mạch cộng đầy đủ 2-bit dùng 74HC283. Khi $A1A0 = 10$ và $B1B0 = 01$, thì $A1A0 + B1B0 = (S2)S1S0 = (0)11$.

• Mô tả chung:

- Đầu vào: $A1A0$ và $B1B0$

- Đầu ra: (S2)S1S0
- **Các linh kiện cần sử dụng:**
 - Nguồn (Pin 9V và LM7805)
 - Breadboard
 - Điện trở (330Ω)
 - LED
 - 74HC283

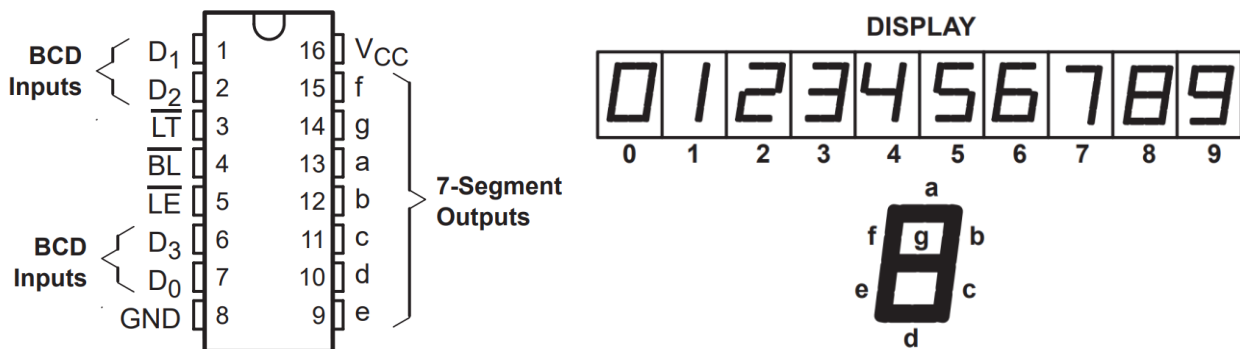
2.2.3. Mạch giải mã và hiển thị LED 7-thanh

Dùng CD4511 và LED 7-thanh để thực hiện mạch hiển thị kết quả của phép tính (S2S1S0 của phép hoặc S1S0 của phép trừ) từ bộ cộng đầy đủ. CD4511 có khả năng chuyển đầu vào BCD (0-9) sang “số thập phân” hiển thị trên LED 7-thanh.

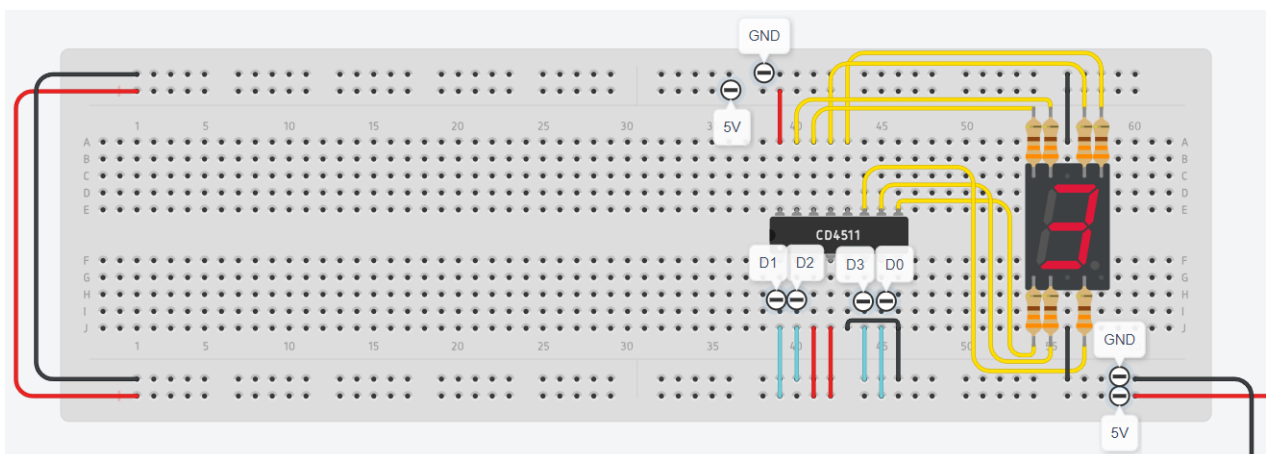
Với mạch ALU 2-bit, kết quả S2S1S0 đóng vai trò đầu vào BCD, và được nối với D2D1D0 (chân số 2, 1, 7). D3 (chân số 6) không được sử dụng cần nối GND.

Chân số 9 ~ 16 (ab..gh) của CD4511 được nối với các chân ab..gh tương ứng của LED 7-thanh. Chân 3 và 4 của CD4511 nối 5V, chân 5 nối GND.

CD4511 Datasheet: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd54hc4511.pdf>



Hình 5: IC CD4511 và LED 7-thanh



Hình 6: Mạch giải mã và hiện thị LED 7-thanh. Khi $D2D1D0 = 011$ ($D3 = 0$), thì LED 7-thanh hiện thị số “3”.

- **Mô tả chung:**

- Đầu vào: **S2S1S0** (nối với D2D1D0) hoặc **S1S0** (nối với D1D0)
- Đầu ra: **ab...gh** (nối với LED 7-thanh)

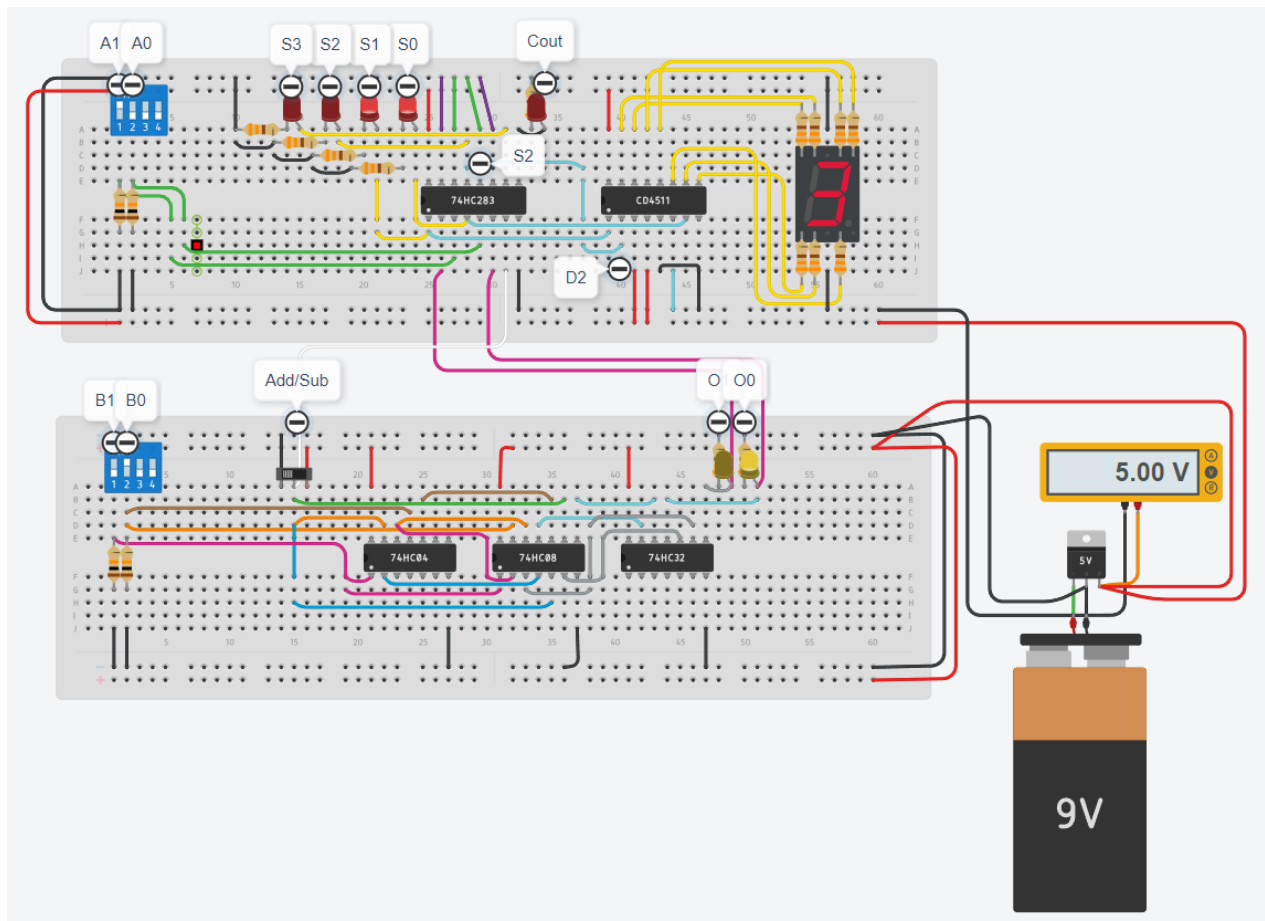
- **Các linh kiện cần sử dụng:**

- Nguồn (Pin 9V và LM7805)
- Breadboard
- Điện trở (330Ω)
- CD4511
- LED 7-thanh (Cathode)

2.2.4. Mạch ALU 2-bit

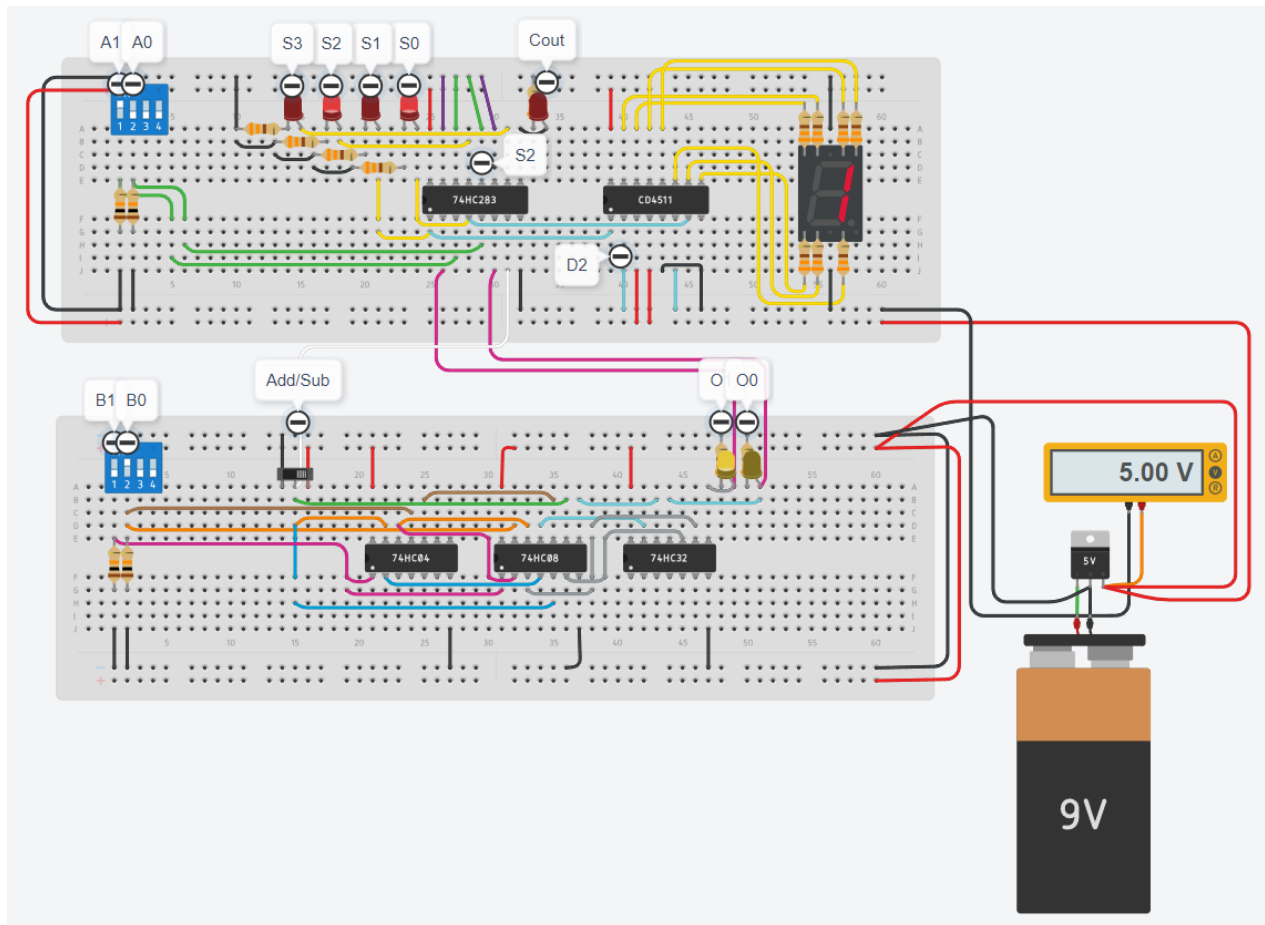
Sau khi thiết kế xong các khối logic cần thiết cần ghép nối những khối này với nhau để tạo mạch ALU 2-bit hoàn chỉnh.

Mạch ALU 2-bit khi thực hiện phép cộng: **A1A0 (10) + B1B0 (01) = S2S1S0 (011)**. Kết quả của phép cộng (**011**) được hiển thị thành số “3” trên LED 7-thanh.



Hình 7: Mạch ALU 2-bit khi thực hiện phép cộng. **Chú ý:** D2 của CD4511 nối S2.

Mạch ALU 2-bit khi thực hiện phép trừ: **A1A0 (10) – B1B0 (01) = S1S0 (01)**, theo dạng bù 2. Kết quả của phép trừ (01) được hiển thị thành số “1” trên LED 7-thanh.



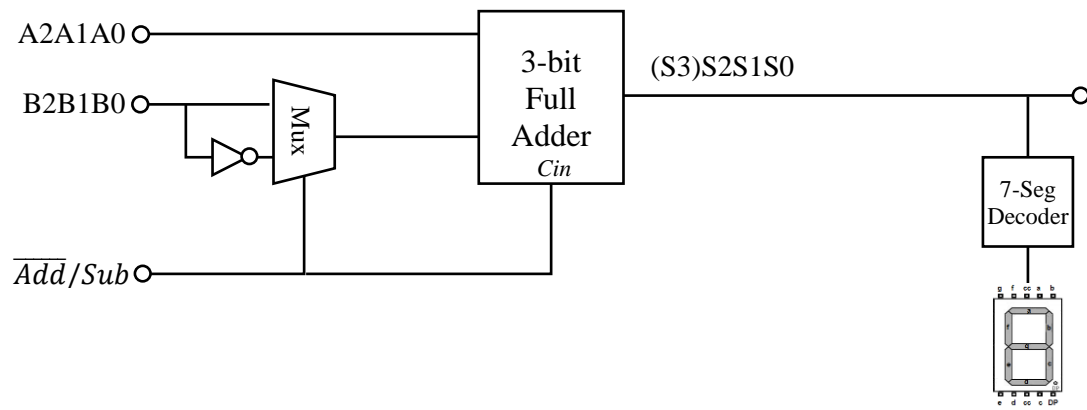
Hình 8: Mạch ALU 2-bit khi thực hiện phép trừ. **Chú ý:** D2 của CD4511 nối GND.

3. Bài thực hành tự làm

Bài 1. Thiết kế và thực hành lắp mạch ALU 2-bit trên nền tảng TinkerCAD như ở Mục 2.2 và trả lời các câu hỏi sau.

- Ở mạch ALU thực hiện phép cộng (Hình 7), nếu nối D2 của CD4511 với GND (tức là không nối với S2) thì **A1A0 (11) + B1B0 (11)** hiển thị trên LED 7-thanh như thế nào? Tại sao?
- Ở mạch ALU thực hiện phép trừ (Hình 8), nếu nối D2 của CD4511 với S2 thì **A1A0 (10) - B1B0 (01)** hiển thị trên LED 7-thanh như thế nào? Tại sao?

Bài 2. Thiết kế và thực hành lắp mạch ALU 3-bit trên nền tảng TinkerCAD. Mạch có khả năng thực hiện phép cộng và phép trừ (tương tự mạch ALU 2-bit).



Sơ đồ khối mạch ALU 3-bit