



25 YEARS ANNIVERSARY
SOICT

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG



ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

ĐIỆN TỬ CHO CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Electronics for Information Technology

IT3420

Đỗ Công Thuần

Bộ môn Kỹ thuật Máy tính

Email: thuandc@soict.hust.edu.vn

Thông tin chung

- Tên học phần: **Điện tử cho Công nghệ thông tin**
- Mã học phần: IT3420
- Khối lượng: 2 (2-1-0-4)
- Lý thuyết/Bài tập: 30/15 tiết
- Đánh giá: 50% - 50%
- Tài liệu học tập:
 - Lecture slides
 - Textbooks
 - *Introductory Circuit Analysis* (2015), 10th – 13th ed., Robert L. Boylestad
 - *Electronic Device and Circuit Theory* (2013), 11th ed., Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky
 - *Microelectronics Circuit Analysis and Design* (2006), 4th ed., Donald A. Neamen
 - *Digital Electronics: Principles, Devices and Applications* (2007), Anil K. Maini

Nội dung

- Khái niệm chung về ĐT cho CNTT
- Chương 1: Linh kiện thụ động và ứng dụng
- Chương 2: Linh kiện bán dẫn và ứng dụng
- Chương 3: Khuếch đại thuật toán
- Chương 4: Cơ sở lý thuyết mạch số
- Chương 5: Các cổng logic cơ bản
- Chương 6: Mạch tổ hợp
- Chương 7: Mạch dãy

Chương 3:

Khuếch đại thuật toán (Op-amps) và ứng dụng

1. Khuếch đại thuật toán
2. Các tham số của op-amp
3. Mạch op-amp cơ bản
4. Ứng dụng của op-amp

Chương 3:

Khuếch đại thuật toán (Op-amps) và ứng dụng

1. Khuếch đại thuật toán
2. Các tham số của op-amp
3. Mạch op-amp cơ bản
4. Ứng dụng của op-amp

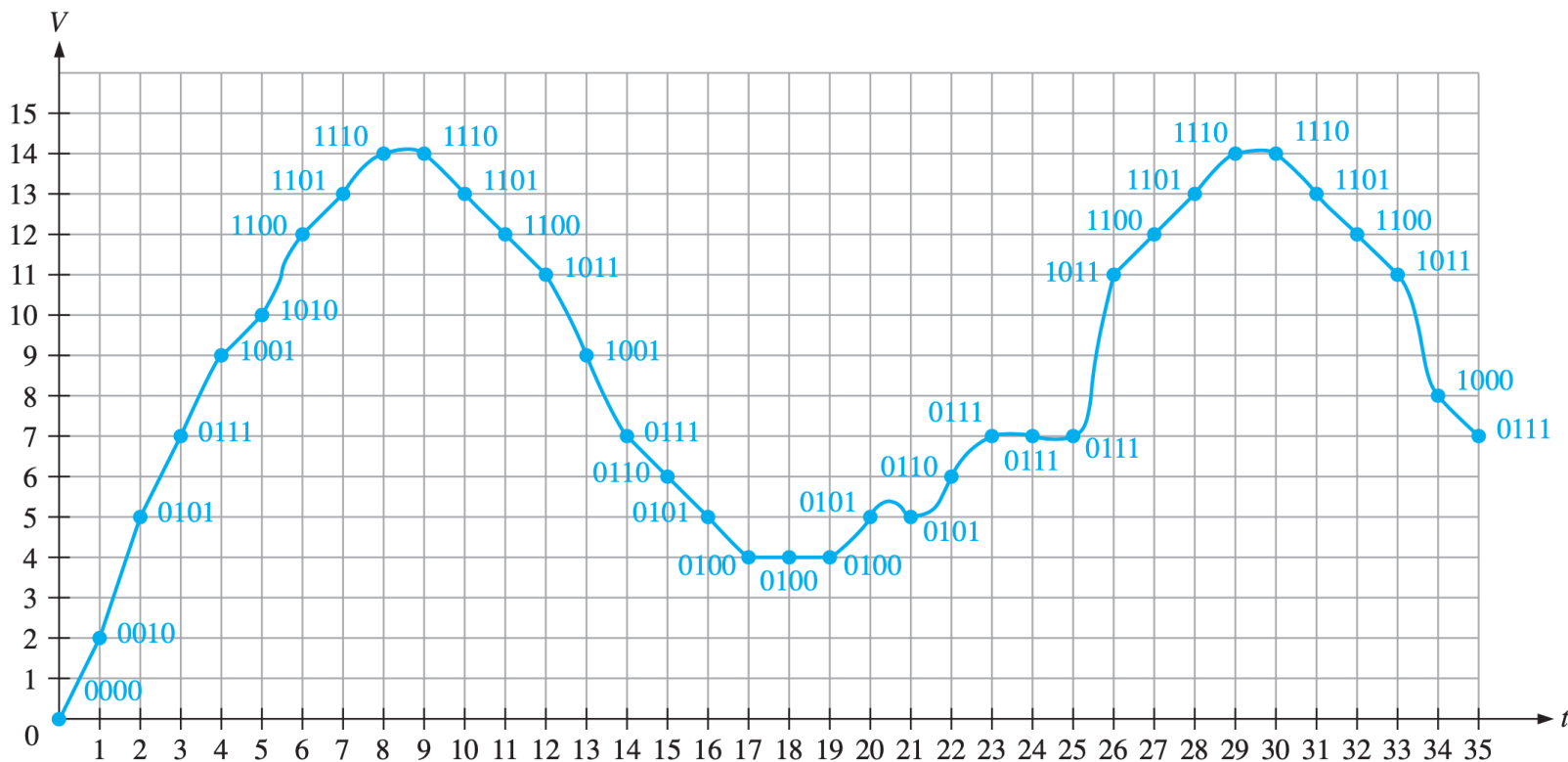
Ứng dụng op-amp

- Tín hiệu và chuyển đổi tín hiệu
- Bộ chuyển đổi tương tự – số ADC
- Bộ chuyển đổi số – tương tự DAC

Tín hiệu và chuyển đổi tín hiệu

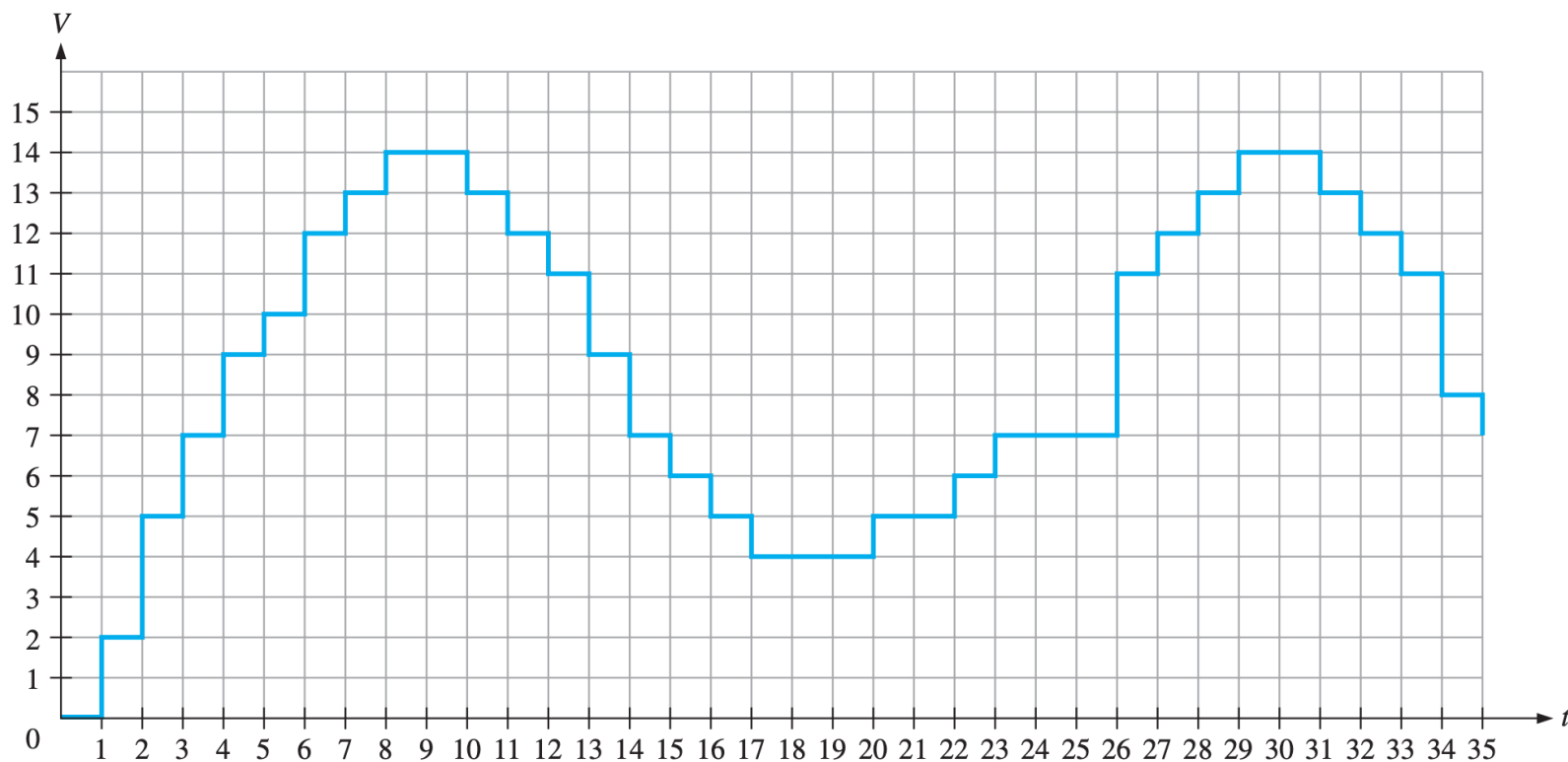
- Tín hiệu tương tự là tín hiệu có một tập các giá trị tương tự (liên tục) trong một khoảng thời gian xác định.
- Tín hiệu số là tín hiệu có một tập các giá trị rời rạc trong một khoảng thời gian xác định.
- Để có thể xử lý giữa tín hiệu số và tín hiệu tương tự, cần hai quá trình:
 - Quá trình chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang số (A/D)
 - Quá trình chuyển đổi từ tín hiệu số sang tương tự (D/A)

Chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số



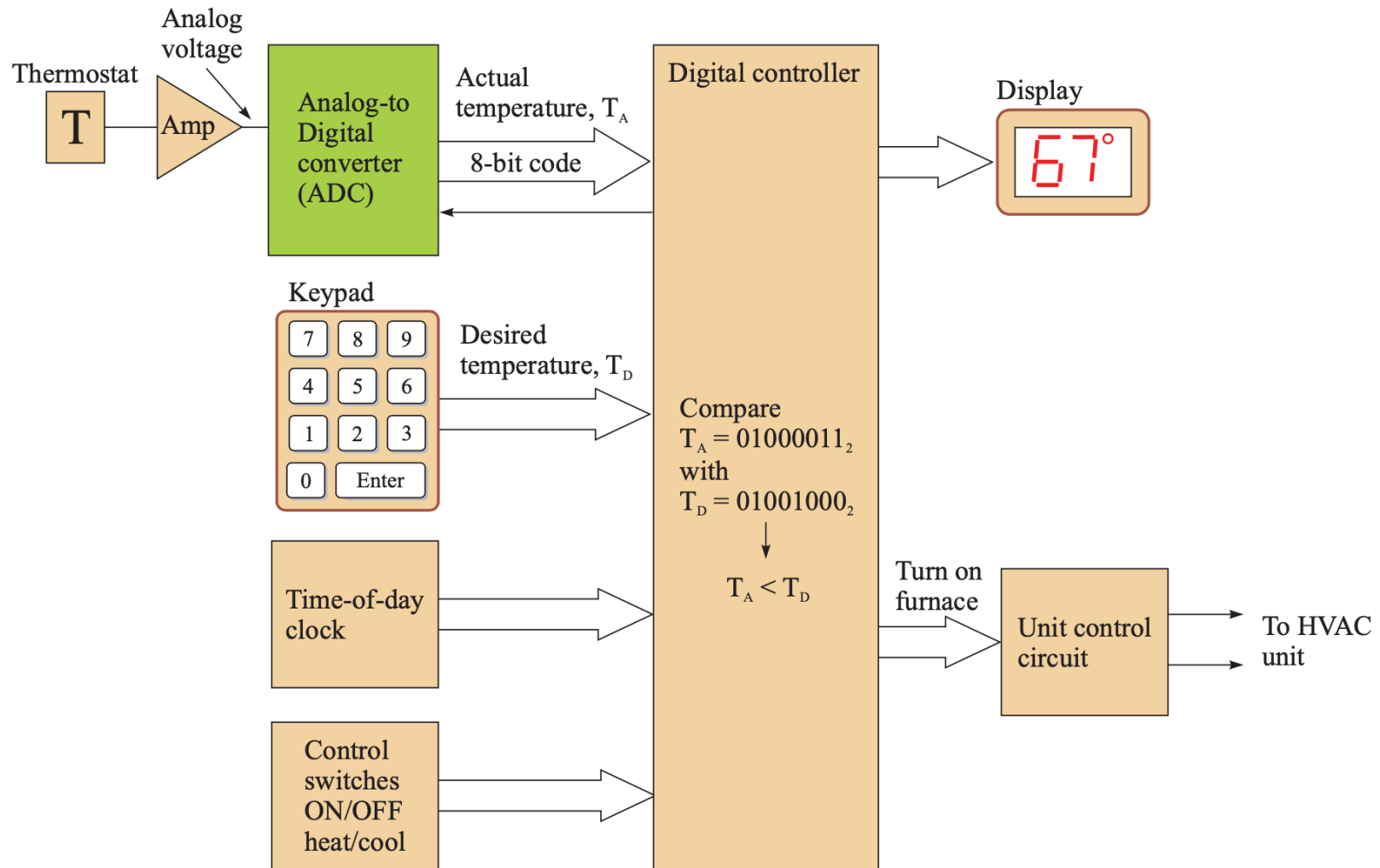
- Các điểm rời rạc trên đường cong tương tự

Chuyển đổi tín hiệu số sang tương tự

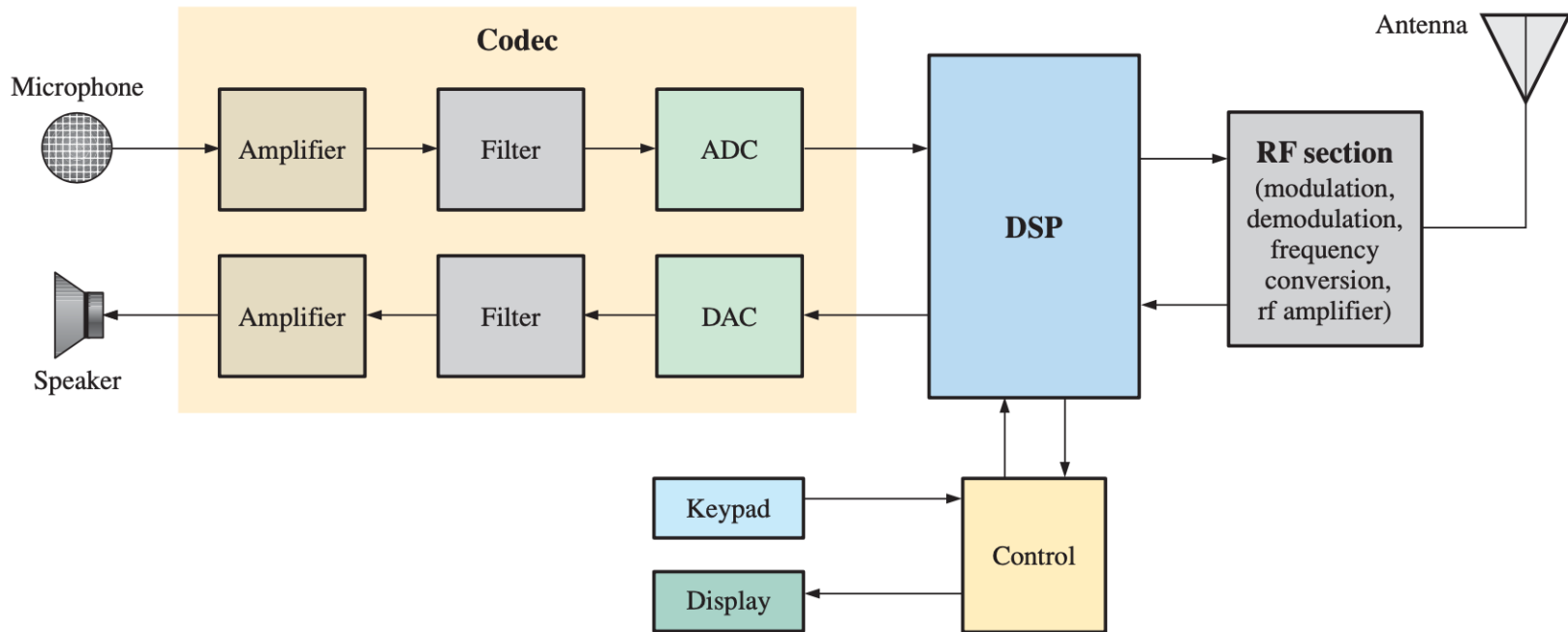


- Tái tạo tín hiệu tương tự từ xấp xỉ tín hiệu số

Ứng dụng ADC - Nhiệt kế điện tử



Ứng dụng ADC/DAC - Điện thoại



Bộ chuyển đổi tương tự - số (ADC)

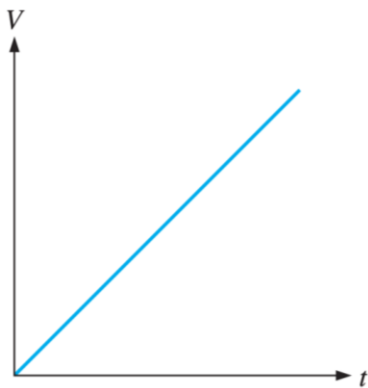
- Chức năng của ADC
- Cách ghép mạch lấy mẫu và giữ và ADC
- Định nghĩa độ phân giải, thời gian chuyển đổi, tần số lấy và và lỗi lượng tử hoá
- Bộ ADC nhanh (Flash ADC)

Bộ chuyển đổi tương tự - số (ADC)

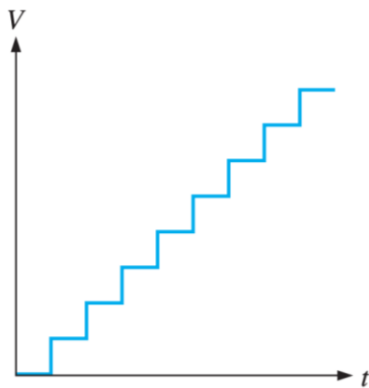
- Chuyển tín hiệu từ dạng tương tự sang một chuỗi các số nhị phân.
- Mỗi giá trị nhị phân biểu diễn giá trị của tín hiệu tương tự ở thời điểm chuyển đổi.
- Các thông số quan trọng trong chuyển đổi A/D:
 - Độ phân giải
 - Thời gian chuyển đổi
 - Tần số lấy mẫu
 - Lỗi lượng tử hoá

Độ phân giải

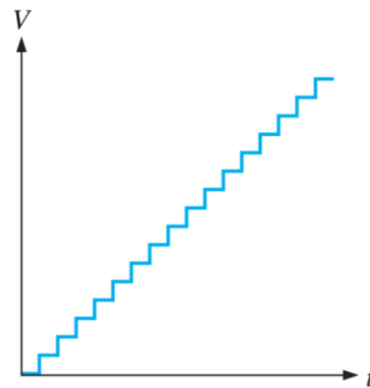
- Độ phân giải của một bộ ADC được biểu hiện bằng số lượng bit dùng để biểu diễn mỗi giá trị tương tự
- Một bộ ADC 3-bit có thể biểu diễn 8 giá trị khác nhau của tín hiệu tương tự, 4-bit là 16 giá trị, 5-bit là 32 giá trị...



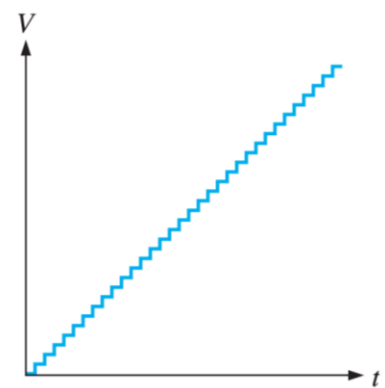
Một đoạn tín hiệu tương tự



Tín hiệu số với độ phân giải 3-bit



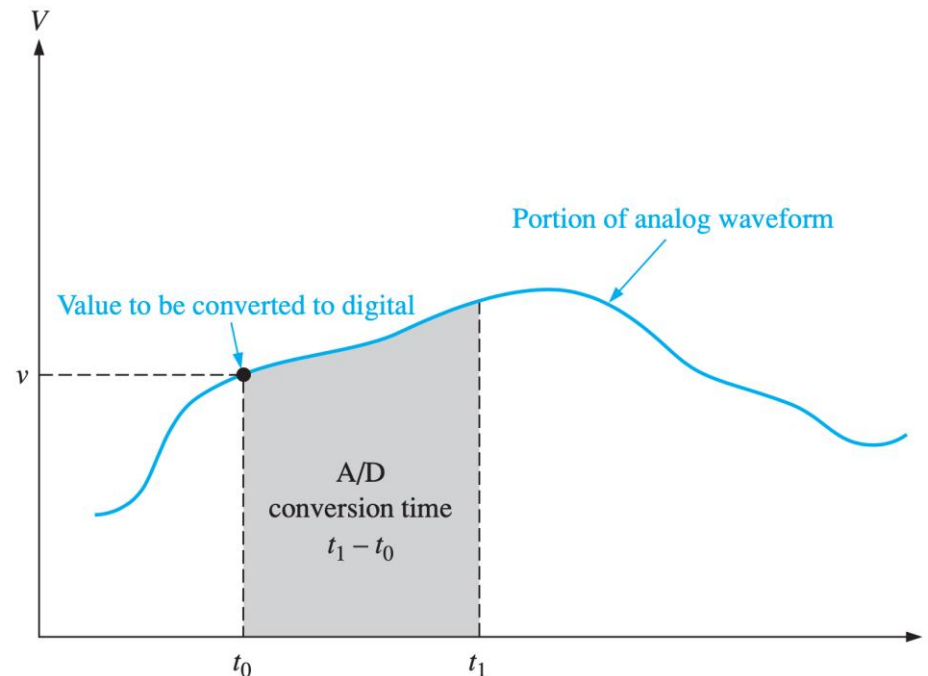
Tín hiệu số với độ phân giải 4-bit



Tín hiệu số với độ phân giải 5-bit

Thời gian chuyển đổi

- Thời gian chuyển đổi một giá trị tương tự thành một giá trị số **không phải là một sự kiện tức thời mà là một quá trình** cần một khoảng thời gian xác định.
- Thời gian chuyển đổi có thể thay đổi từ ms đến μs

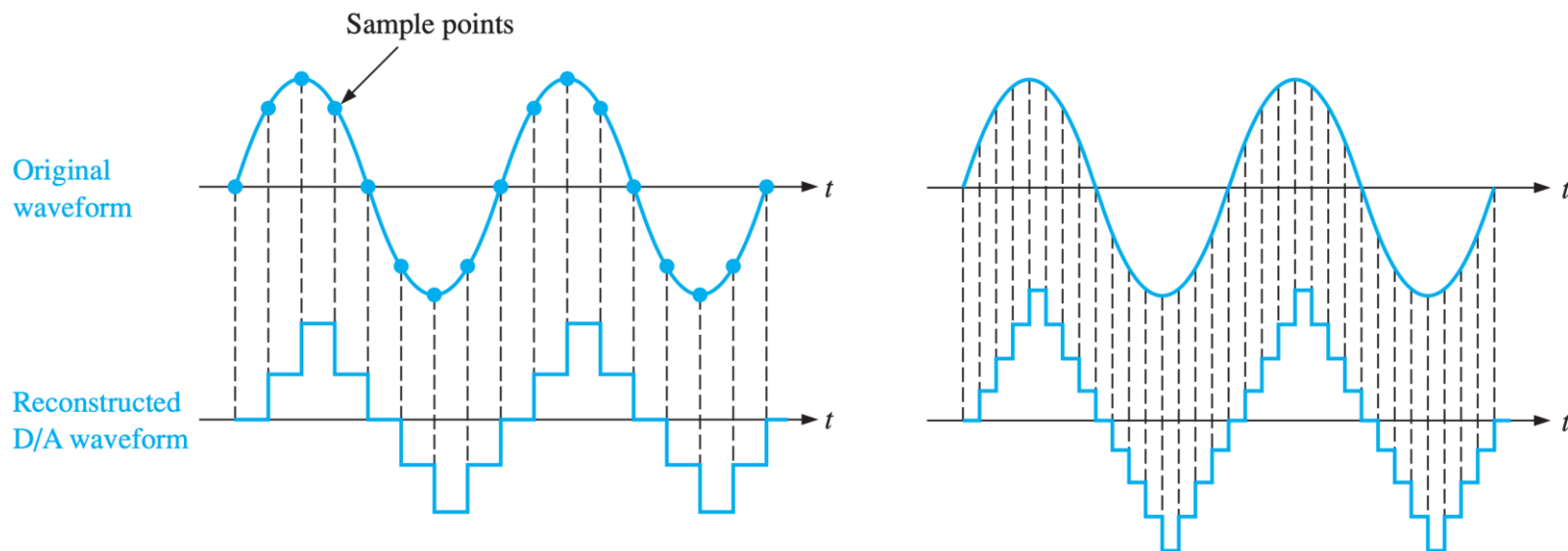


Tần số lấy mẫu

- Tại thời điểm lấy mẫu, tín hiệu tương tự được lấy mẫu và giá trị lấy mẫu sau đó được chuyển sang số nhị phân.
- Vì việc chuyển đổi cần một khoảng thời gian để hoàn thành nên số lượng mẫu lấy trong một khoảng thời gian là hạn chế.
- Tần số lấy mẫu nhỏ nhất tuân theo **tần số Nyquist**: **gấp 2 lần thành phần tần số lớn nhất của tín hiệu.**

Tần số lấy mẫu

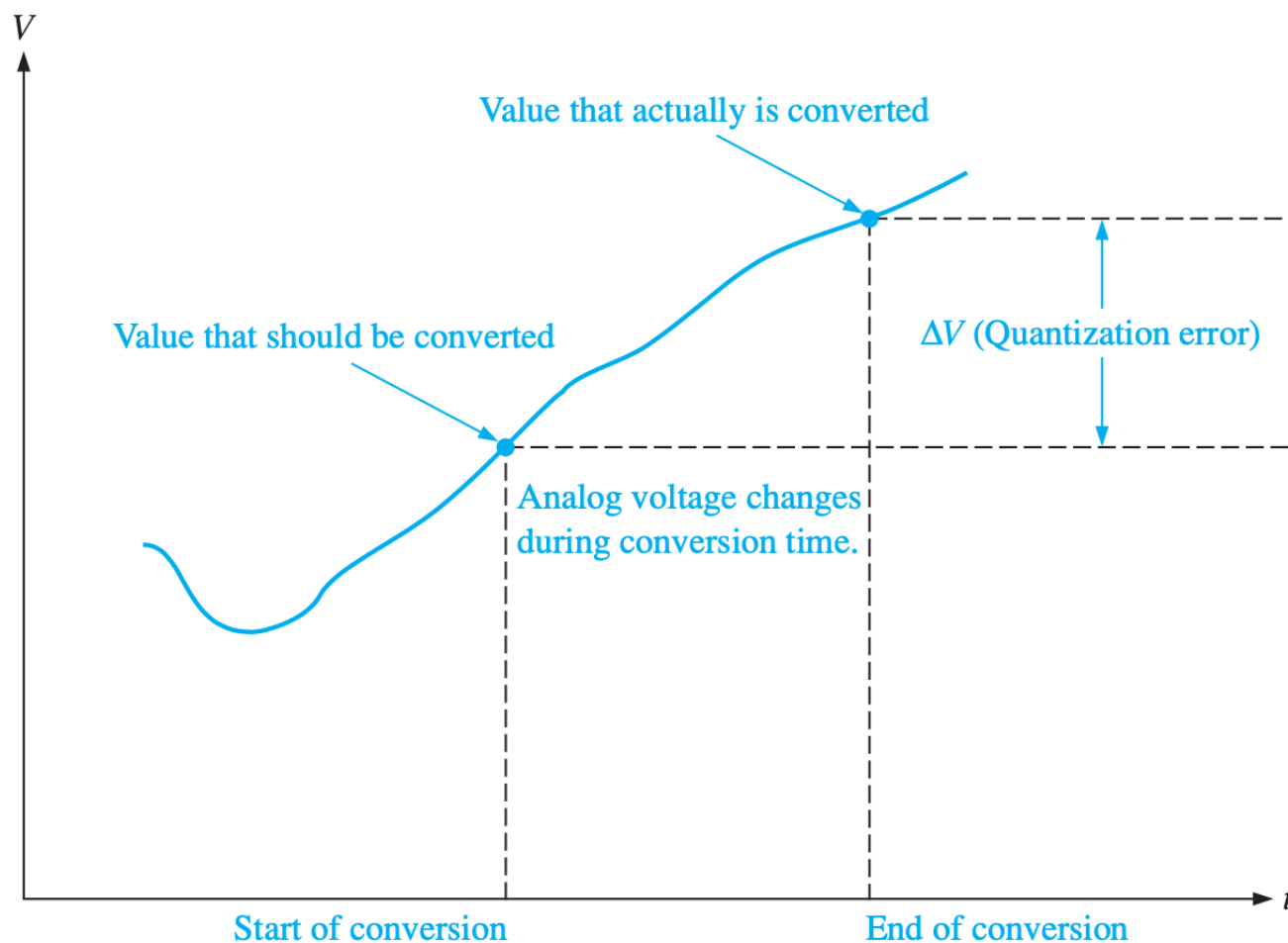
- Hai tần số lấy mẫu khác nhau và tín hiệu được tái tạo lại



Lỗi lượng tử hoá

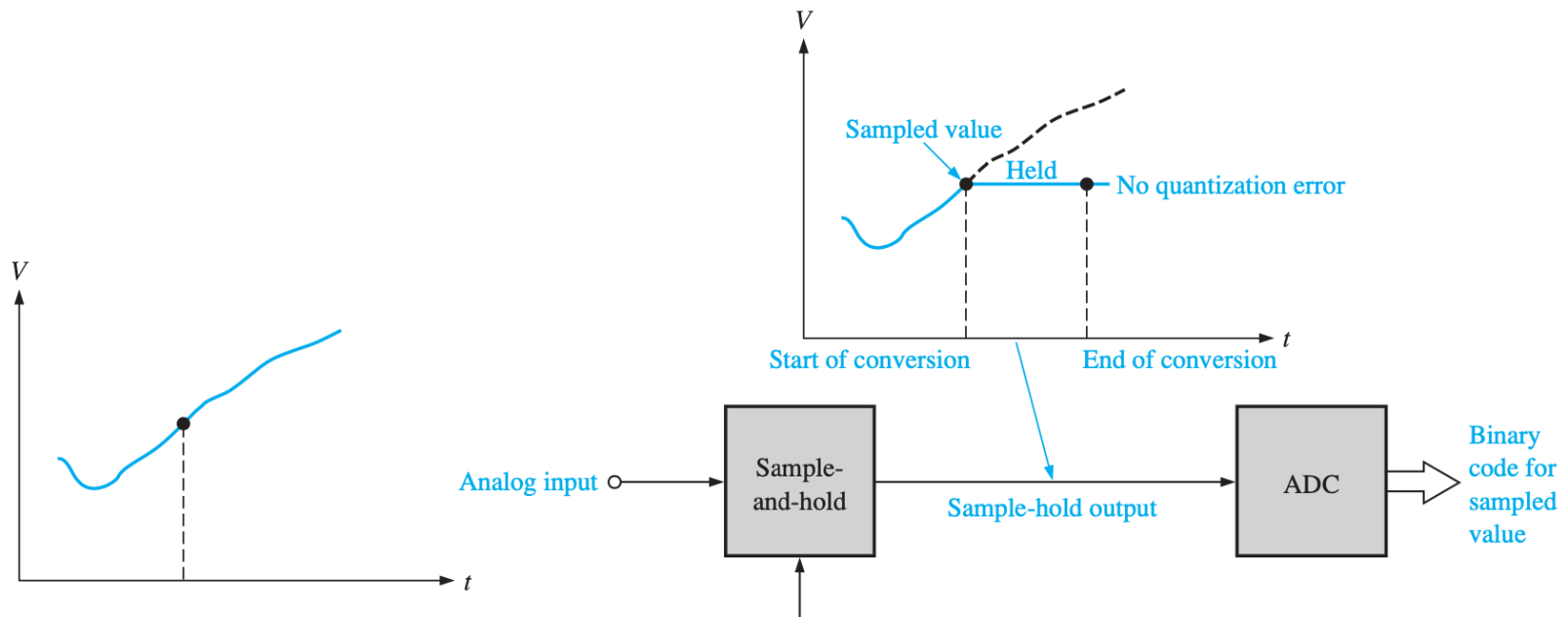
- Khái niệm lượng tử hoá đề cập đến việc quyết định một giá trị cho một đại lượng tương tự.
- **Lý tưởng:** Lấy một giá trị tại một thời điểm tức thời và chuyển ngay giá trị đó sang dạng số → không khả thi vì thời gian chuyển đổi của các bộ ADC.
- **Thực tế:** Tín hiệu tương tự có thể thay đổi trong khoảng thời gian chuyển đổi → giá trị ở cuối thời điểm chuyển đổi có thể không giống với giá trị ở thời điểm ban đầu.
- **Sự thay đổi giá trị của tín hiệu tương tự trong thời gian chuyển đổi được gọi là lỗi lượng tử hoá.**

Lỗi lượng tử hoá



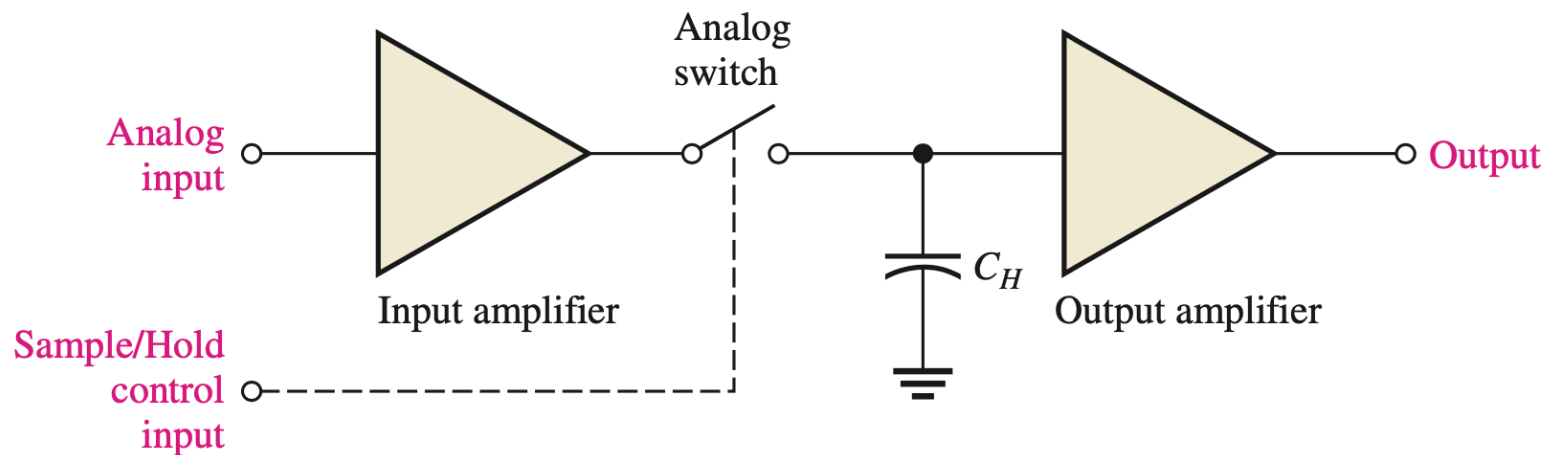
Lỗi lượng tử hoá

- Một cách để tránh hoặc tối thiểu hoá lỗi lượng tử hoá là sử dụng **mạch lấy mẫu và giữ (Sample-and-Hold)** ở đầu vào của ADC



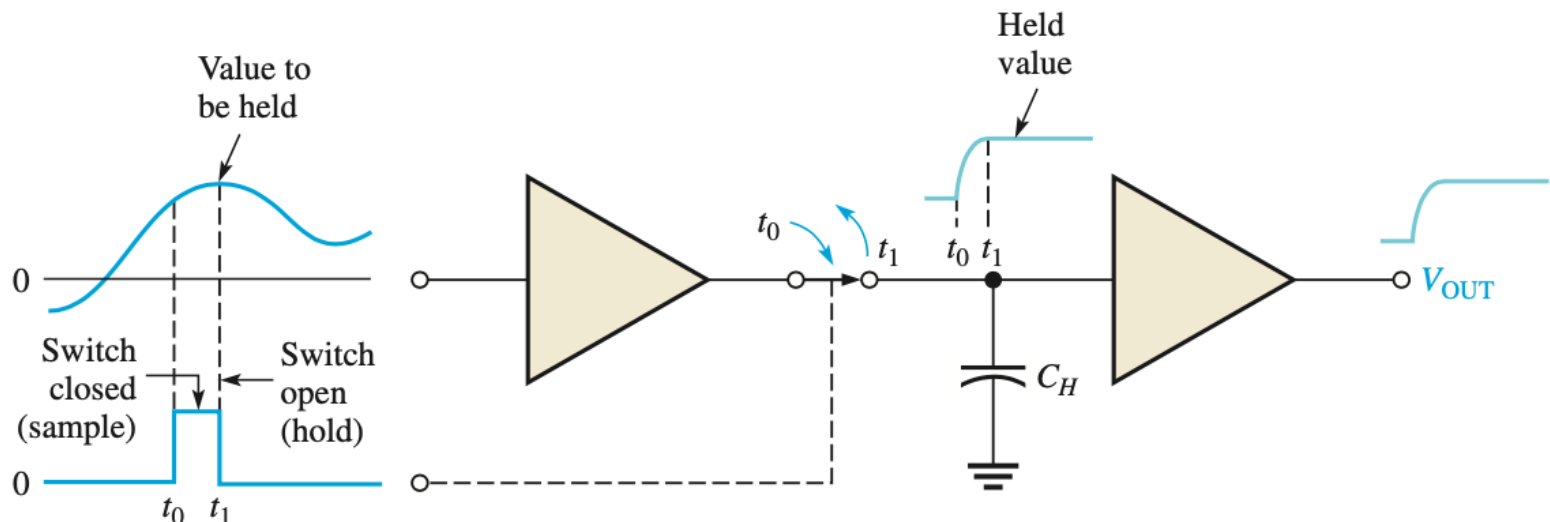
Mạch lấy mẫu và giữ

- Mạch lấy mẫu và giữ (S&H) lấy mẫu điện áp đầu vào tương tự ở một thời điểm xác định và **duy trì hoặc giữ điện áp mẫu đó trong một khoảng thời gian** sau khi lấy mẫu.
- Khoảng thời gian kéo dài này đủ để cho phép bộ ADC chuyển đổi từ điện áp về dạng số.



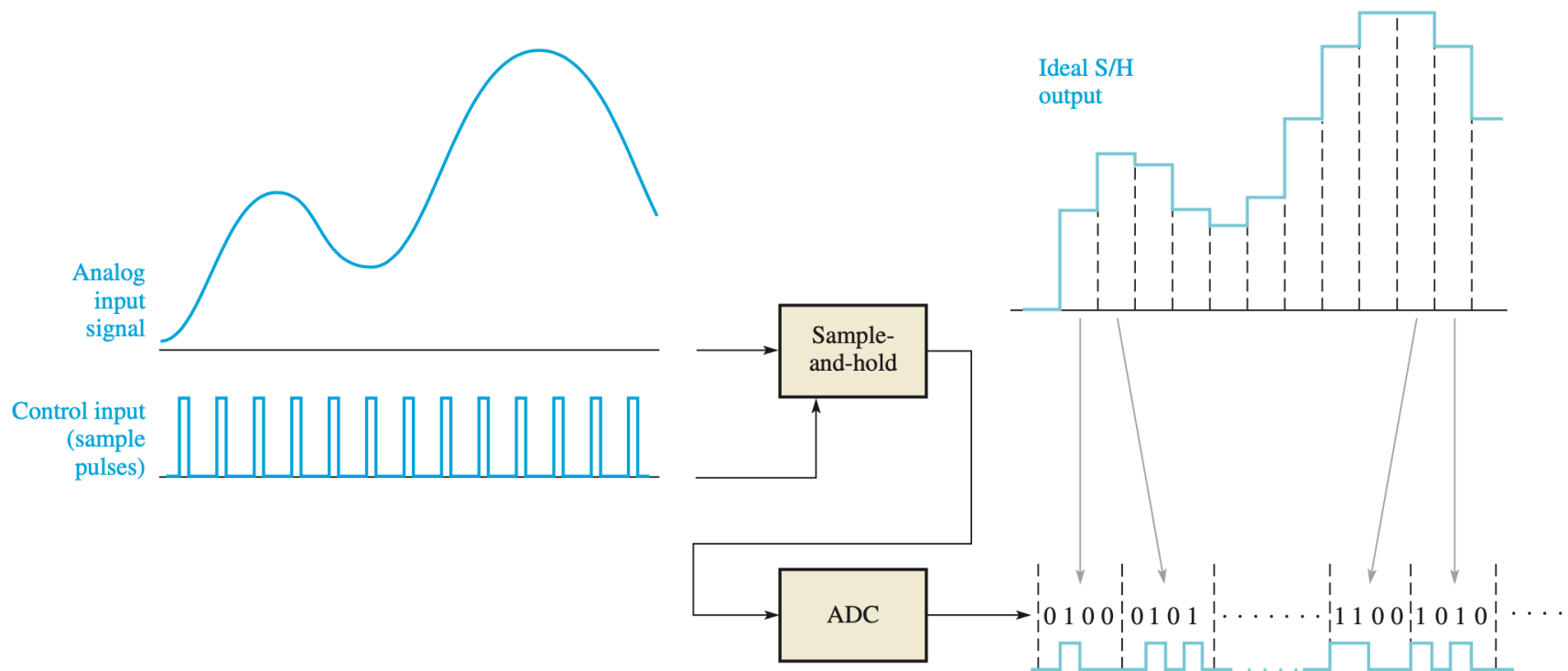
Mạch lấy mẫu và giữ

- Một xung điện áp điều khiển **tương đối hẹp** đóng khoá tương tự và cho phép tụ điện nạp đến giá trị của điện áp đầu vào.
- Khoá sau đó mở ra và tụ điện sẽ giữ giá trị điện áp trong một khoảng thời gian dài bởi vì trở kháng đầu vào rất cao ngăn dòng vào đầu vào của op-amp.



Ghép mạch lấy mẫu và giữ với ADC

- Tín hiệu đầu ra của mạch lấy mẫu và giữ được đưa vào đầu vào của ADC để loại bỏ/giảm thiểu lỗi lượng tử hoá.



Flash ADC

- Bộ chuyển đổi ADC nhanh (tức thời) sử dụng các bộ so sánh để so sánh các điện áp tham chiếu với điện áp tương tự đầu vào.
- Khi điện áp tương tự vượt quá điện áp tham chiếu đối với một bộ so sánh cụ thể, một đầu ra mức cao được tạo ra.
- Đối với các trạng thái toàn bit 0 thì không cần bộ so sánh riêng, do đó để chuyển đổi sang mã n-bit thì cần $2^n - 1$ bộ so sánh.
- Tốc độ chuyển đổi nhanh nhưng không phù hợp với các bộ chuyển đổi có số lượng bit lớn.

3-bit flash ADC

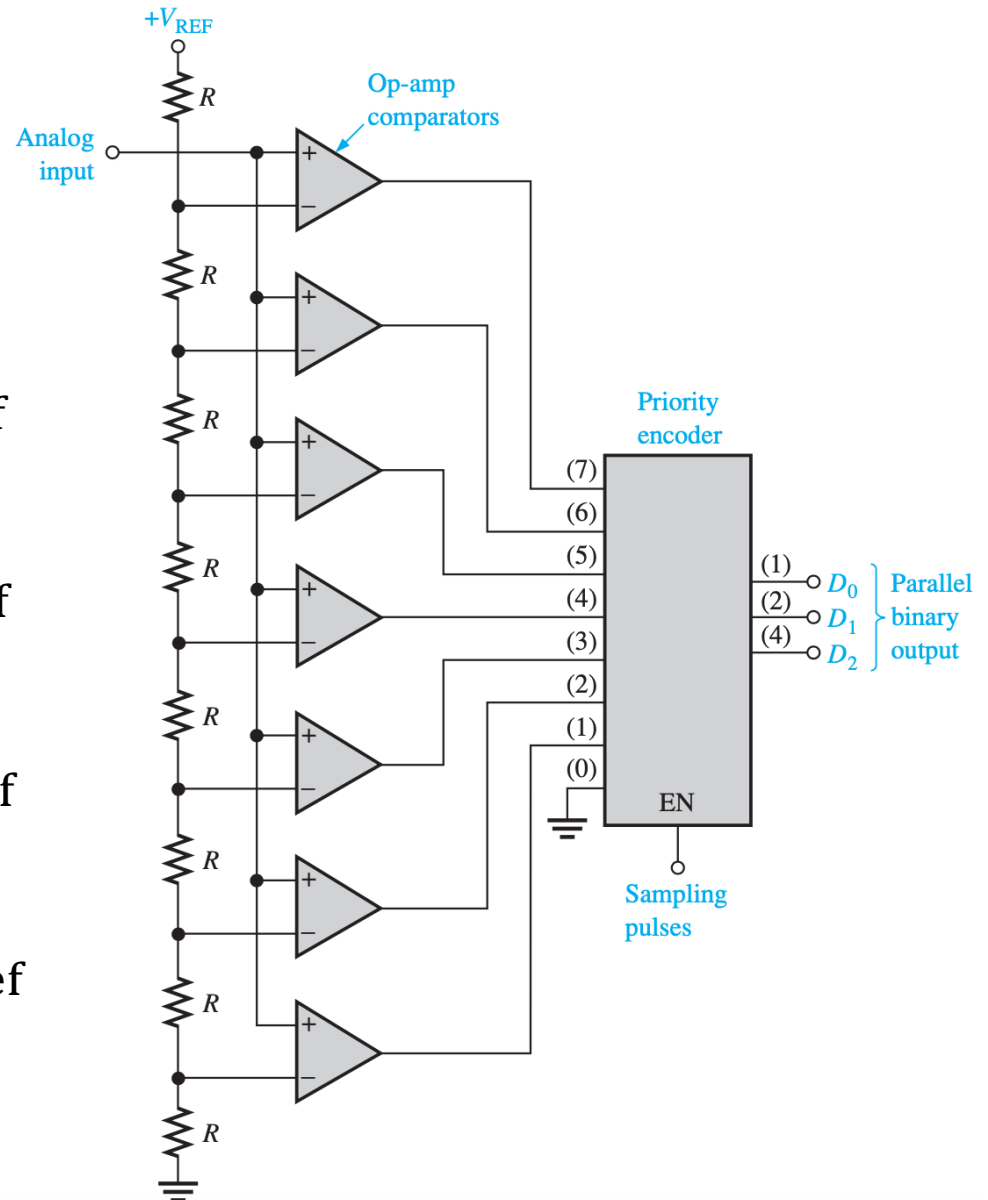
- Đầu ra của mỗi bộ so sánh sẽ ở mức cao nếu tín hiệu đầu vào

$$(7) = \frac{7}{8} V_{\text{ref}} \quad (3) = \frac{3}{8} V_{\text{ref}}$$

$$(6) = \frac{6}{8} V_{\text{ref}} \quad (2) = \frac{2}{8} V_{\text{ref}}$$

$$(5) = \frac{5}{8} V_{\text{ref}} \quad (1) = \frac{1}{8} V_{\text{ref}}$$

$$(4) = \frac{4}{8} V_{\text{ref}} \quad (0) = \frac{0}{8} V_{\text{ref}}$$



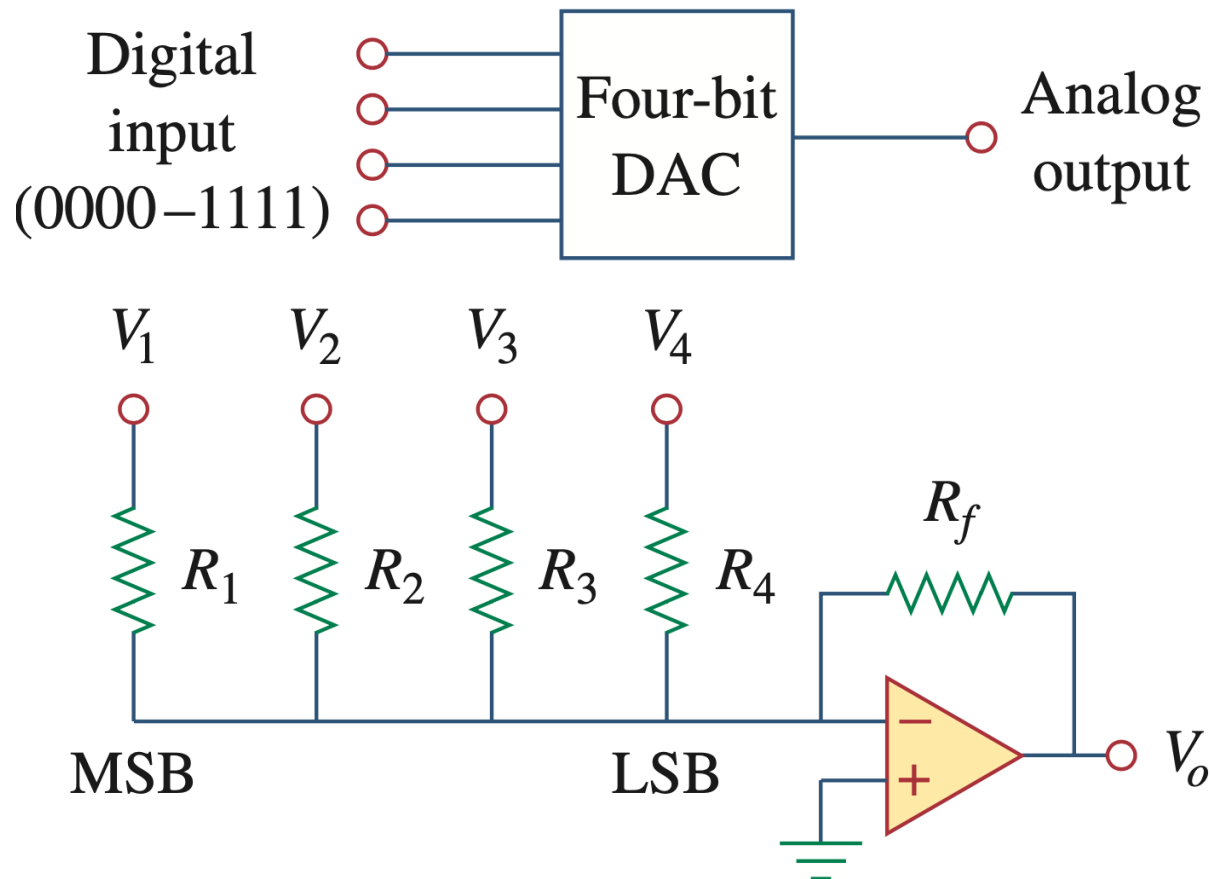
Bộ chuyển đổi số - tương tự (DAC)

- Chuyển đổi tín hiệu số thành tín hiệu tương tự.
- Đầu vào: tín hiệu số
- Đầu ra: tín hiệu tương tự



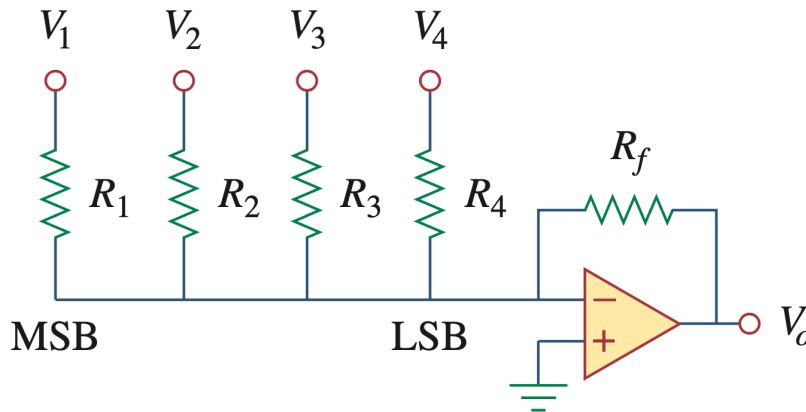
Bộ cộng trọng số nhị phân 4-bit

- Binary weighted ladder, đầu vào ở mức cao (+5V) và ở mức thấp (0V)



Bộ cộng trọng số nhị phân 4-bit

- Bộ cộng trọng số nhị phân 4-bit:



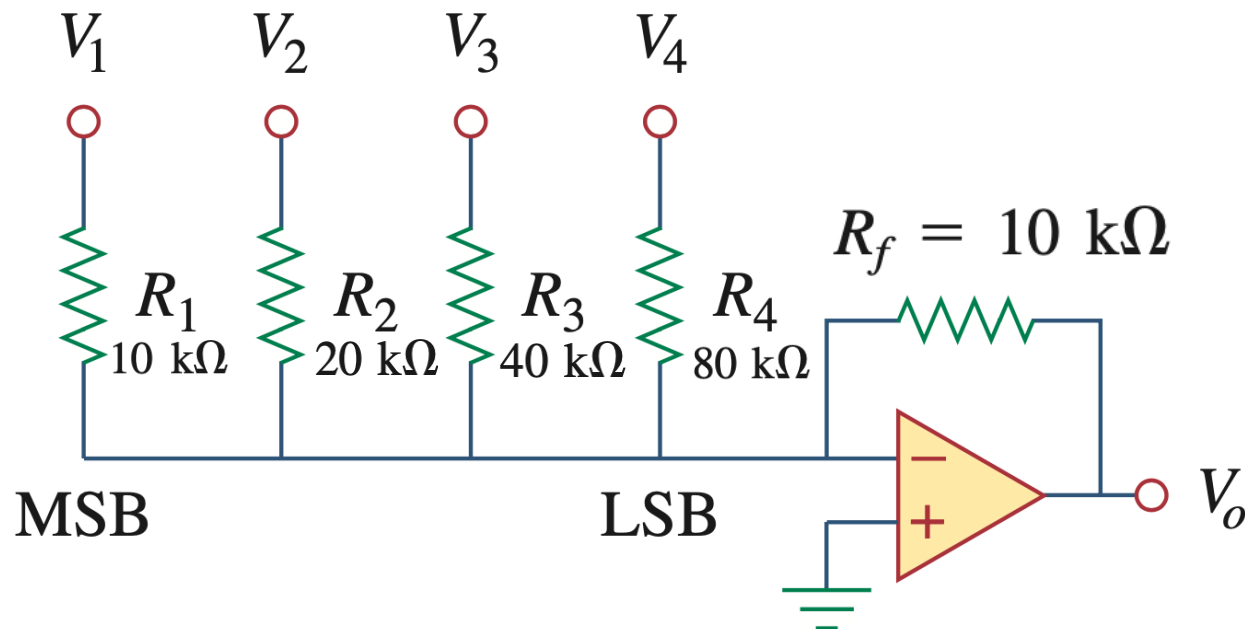
- Điện áp đầu ra tính được như sau:

$$-V_o = \frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \frac{R_f}{R_3}V_3 + \frac{R_f}{R_4}V_4$$

- Giả thiết đầu vào chỉ có 2 mức điện áp, với 1 giá trị đầu vào cụ thể sẽ thu được một đầu ra duy nhất tỉ lệ với đầu vào.

Ví dụ 4.9

- Cho mạch DAC có các giá trị điện trở như hình. Tìm tín hiệu đầu ra tương tự với các tổ hợp đầu vào $V_1 V_2 V_3 V_4$ từ 0000 đến 1111.



Ví dụ 4.9

- Đầu ra tính theo công thức:

$$\begin{aligned} -V_o &= \frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 + \frac{R_f}{R_4} V_4 \\ &= V_1 + 0.5V_2 + 0.25V_3 + 0.125V_4 \end{aligned}$$

- Với các tổ hợp đầu vào, tính được:

$$[V_1 V_2 V_3 V_4] = [0010] \quad \Rightarrow \quad -V_o = 0.25 \text{ V}$$

$$[V_1 V_2 V_3 V_4] = [0011] \quad \Rightarrow \quad -V_o = 0.25 + 0.125 = 0.375 \text{ V}$$

$$[V_1 V_2 V_3 V_4] = [0100] \quad \Rightarrow \quad -V_o = 0.5 \text{ V}$$

⋮

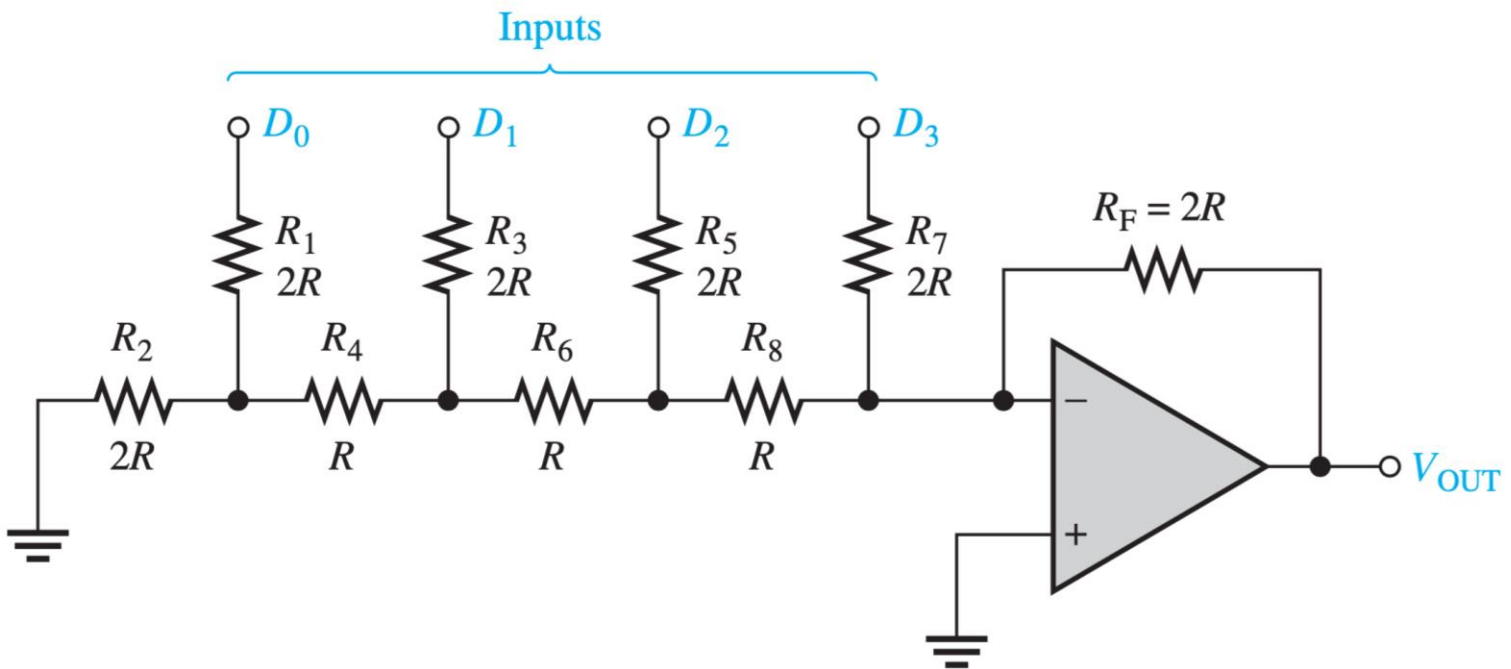
$$\begin{aligned} [V_1 V_2 V_3 V_4] &= [1111] \quad \Rightarrow \quad -V_o = 1 + 0.5 + 0.25 + 0.125 \\ &= 1.875 \text{ V} \end{aligned}$$

Ví dụ 4.9

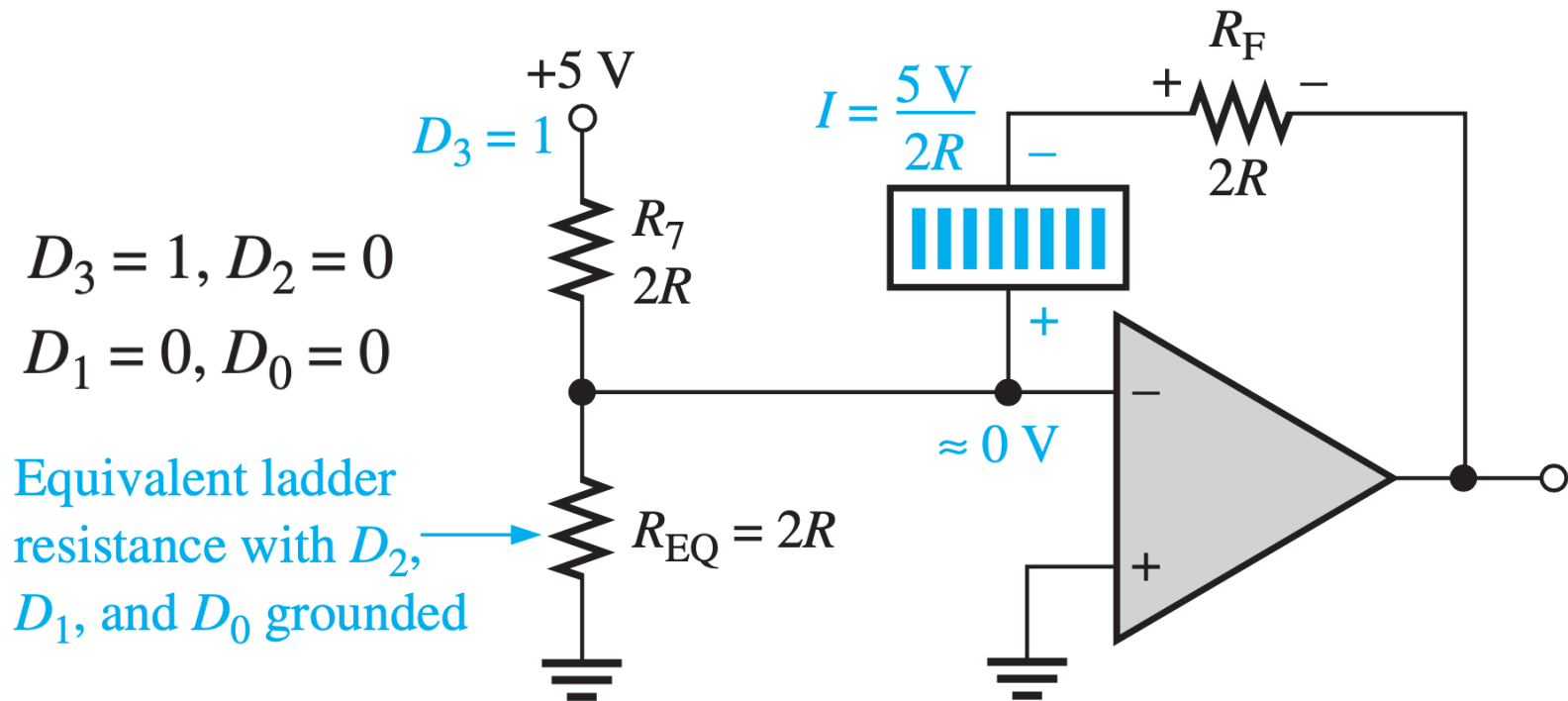
$[V_1V_2V_3V_4]$	Decimal value	$-V_o$
0000	0	0
0001	1	0.125
0010	2	0.25
0011	3	0.375
0100	4	0.5
0101	5	0.625
0110	6	0.75
0111	7	0.875
1000	8	1.0
1001	9	1.125
1010	10	1.25
1011	11	1.375
1100	12	1.5
1101	13	1.625
1110	14	1.75
1111	15	1.875

DAC dùng mạng điện trở R/2R

- Giả thiết đầu vào ở mức cao (+5V) và ở mức thấp (0V)

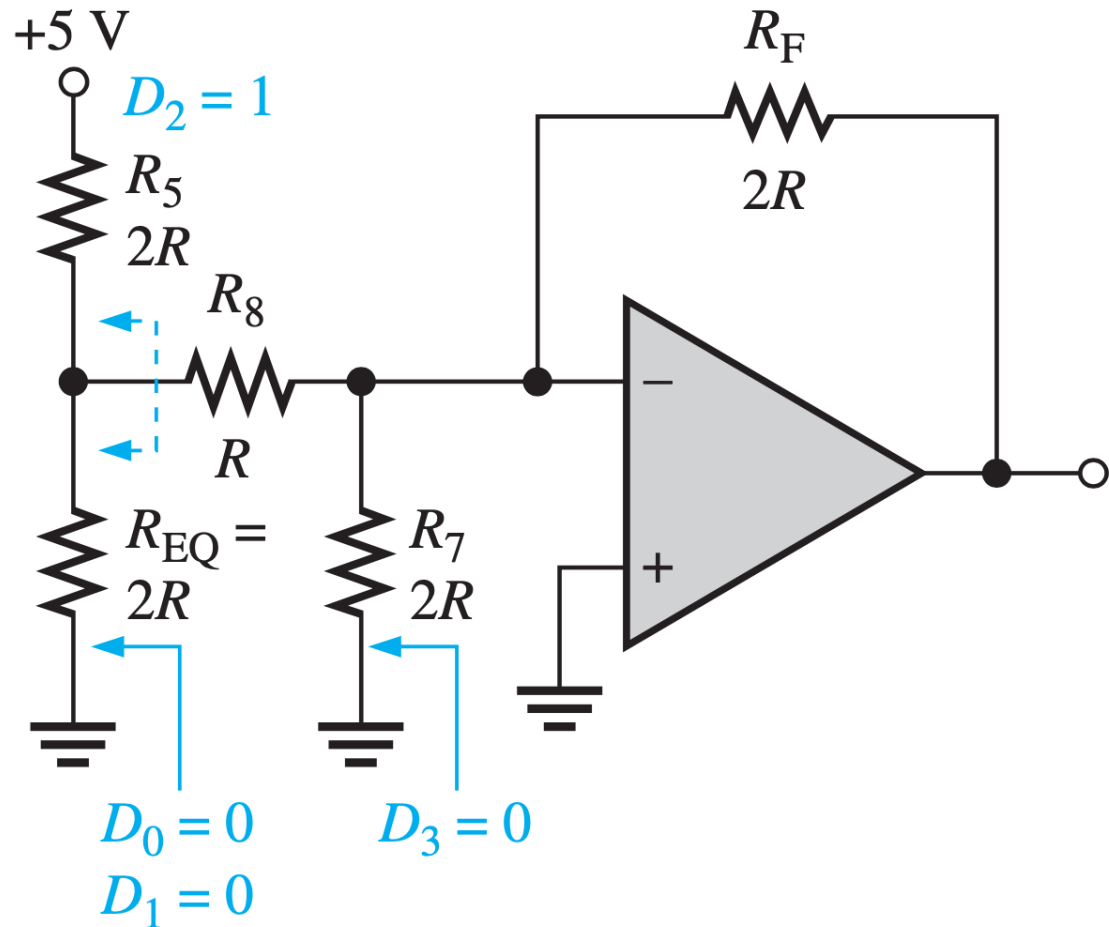


DAC dùng mạng điện trở R/2R



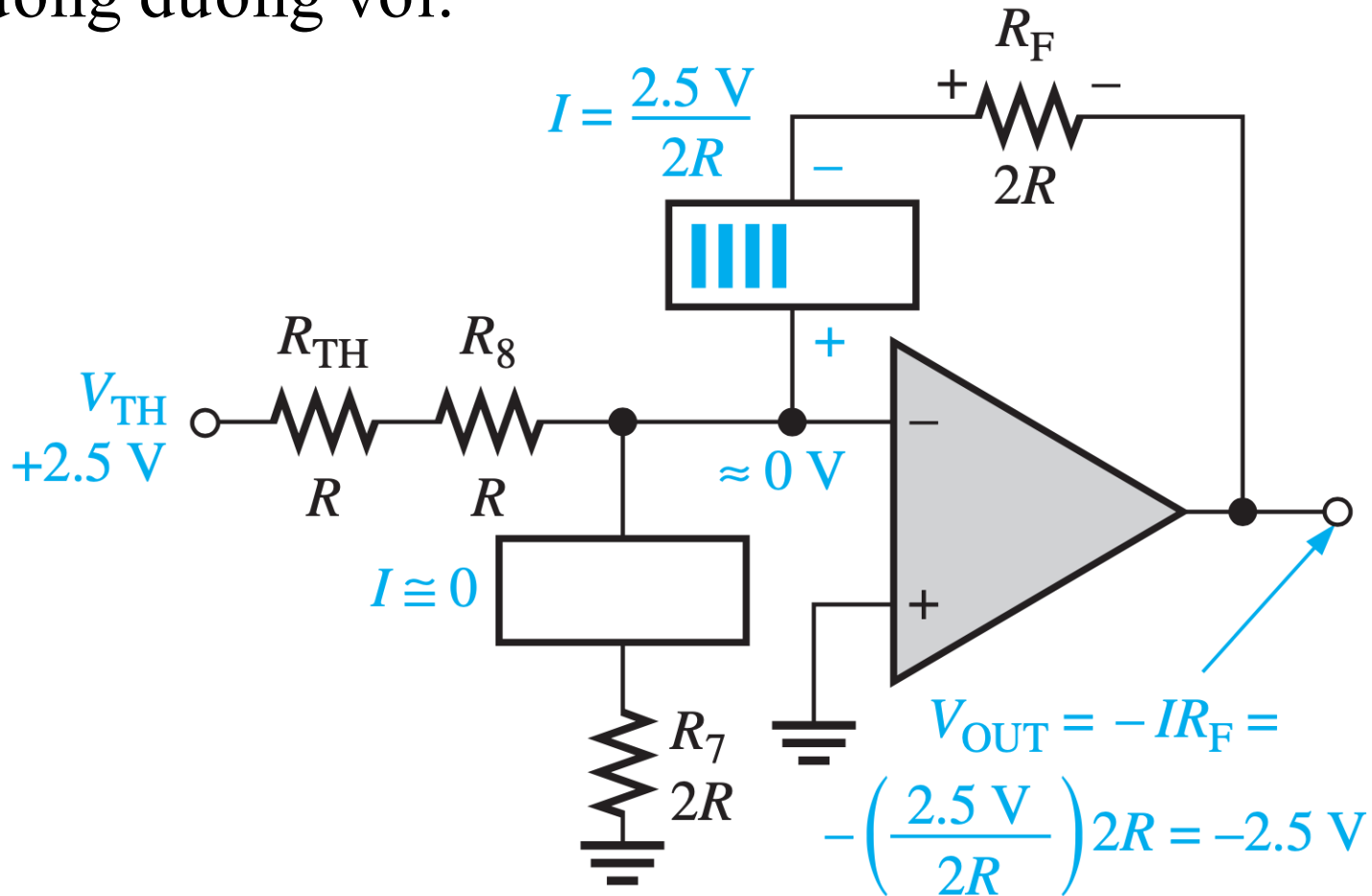
DAC dùng mạng điện trở R/2R

$$D_3 = 0, D_2 = 1$$
$$D_1 = 0, D_0 = 0$$



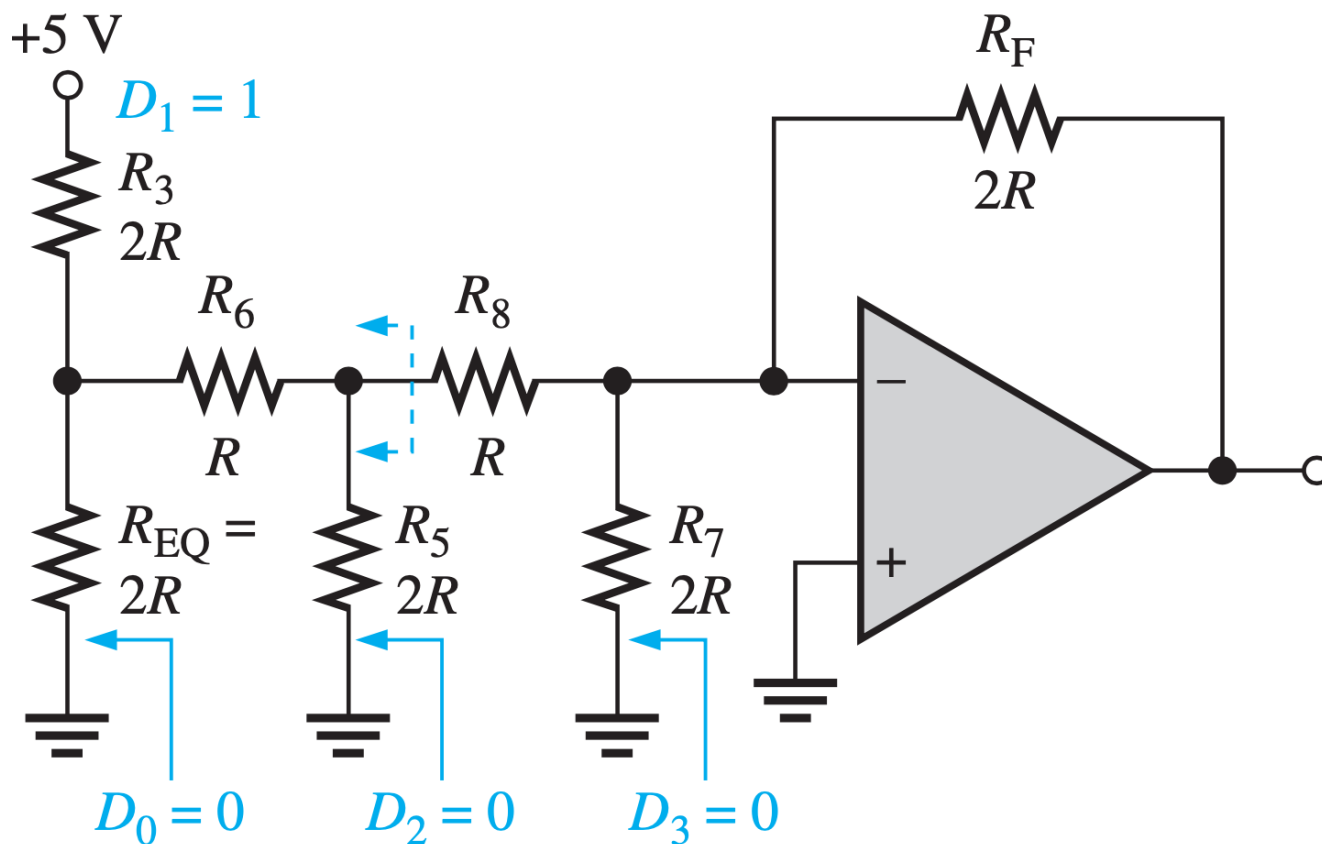
DAC dùng mạng điện trở R/2R

- Tương đương với:



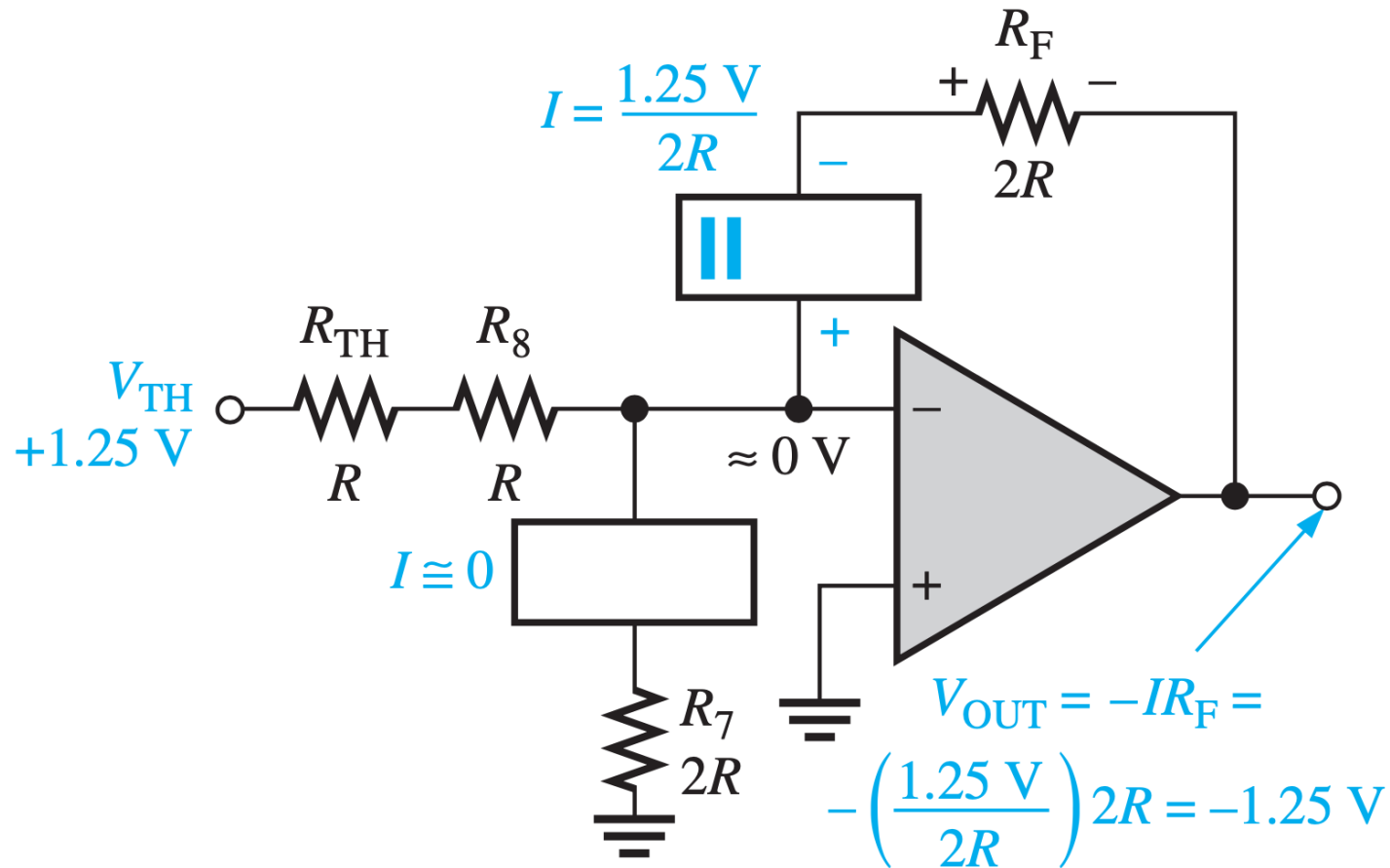
DAC dùng mạng điện trở R/2R

$$D_3 = 0, D_2 = 0, D_1 = 1, D_0 = 0$$



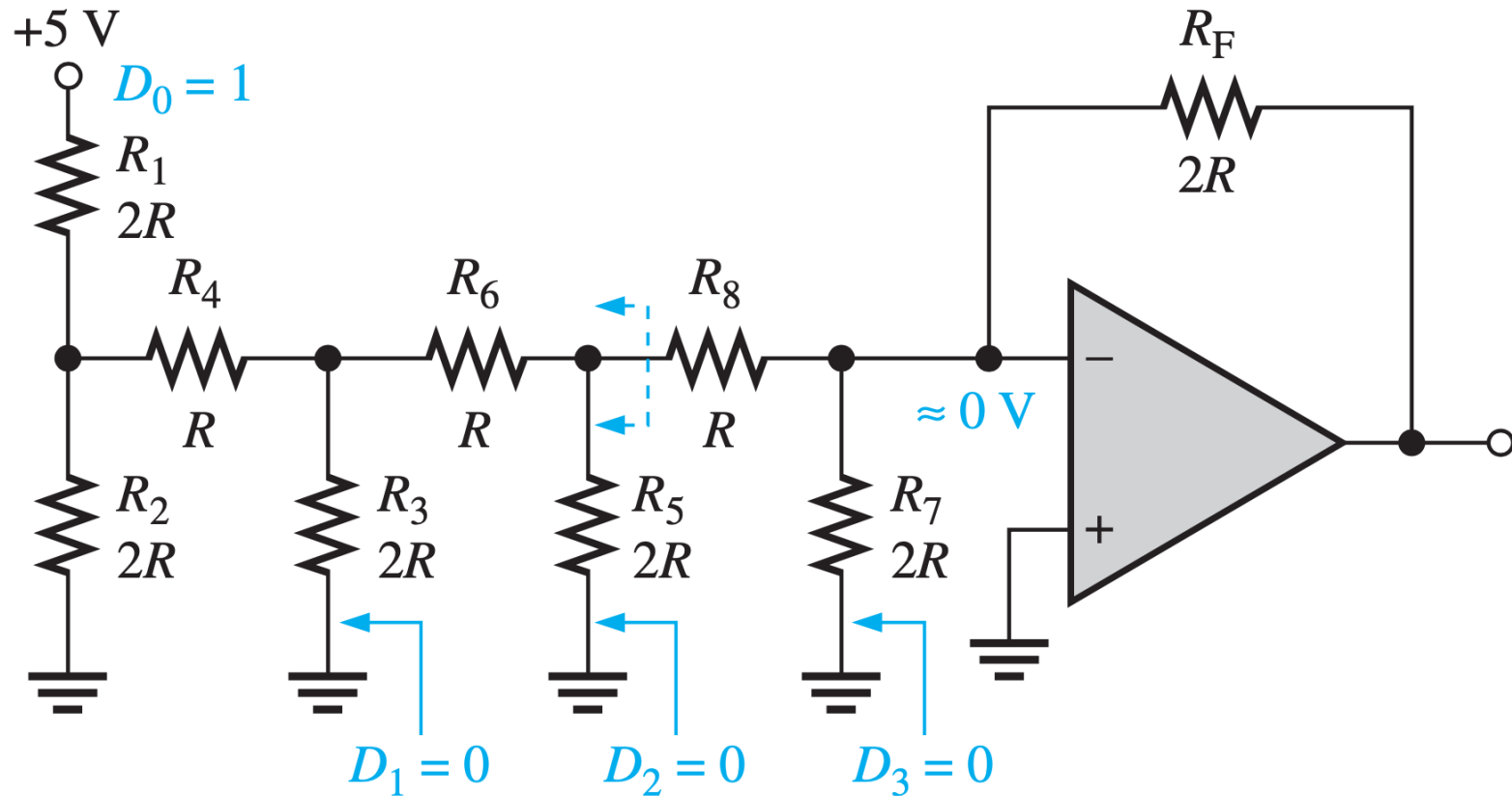
DAC dùng mạng điện trở R/2R

- Tương đương với:



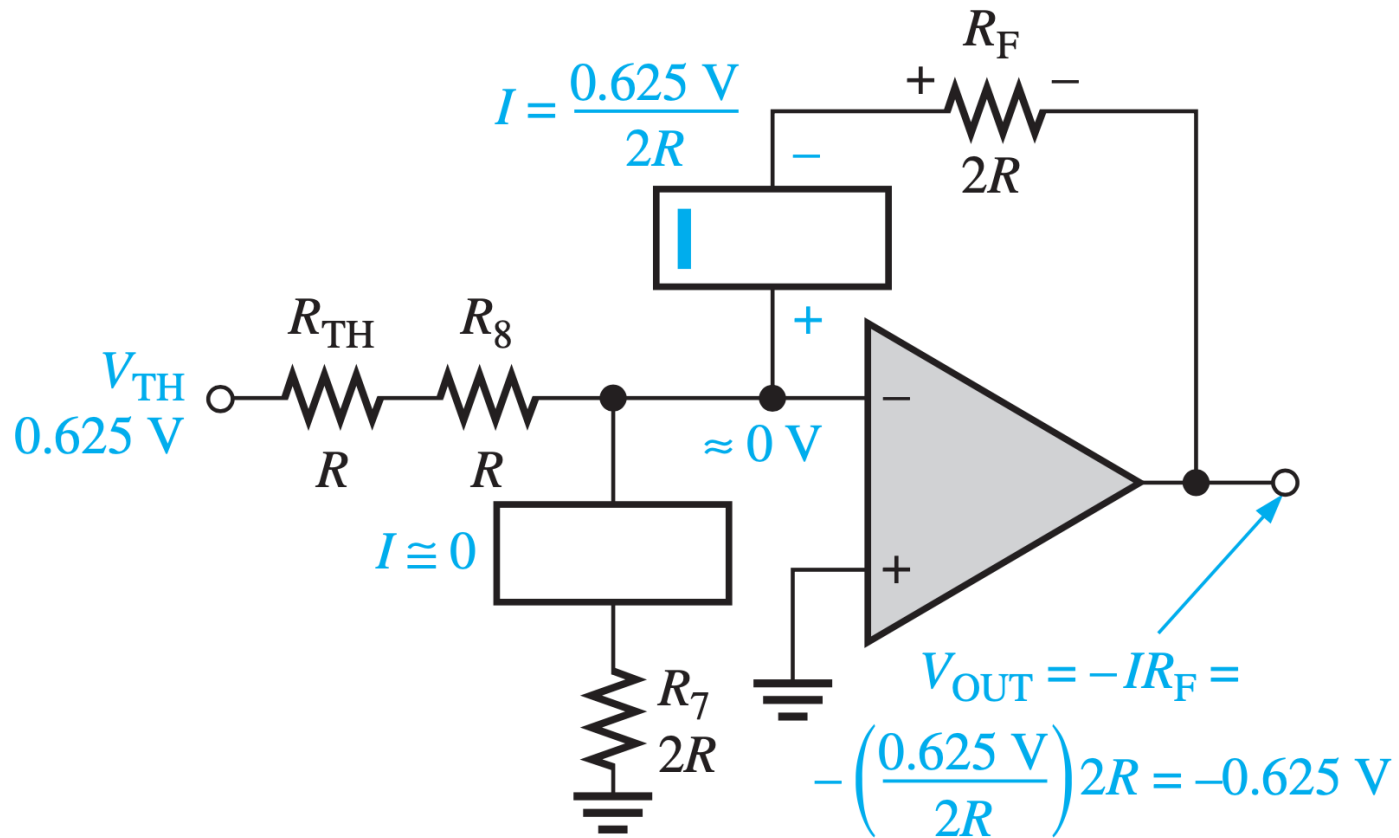
DAC dùng mạng điện trở R/2R

$$D_3 = 0, D_2 = 0, D_1 = 0, D_0 = 1$$



DAC dùng mạng điện trở R/2R

- Tương đương với:



Tổng kết

- Thảo luận và phát triển các tham số và đặc tính của bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng và phương thức phân tích của mạch op-amps lý tưởng
- Phân tích và hiểu các đặc tính của bộ khuếch đại thuật toán đảo/không đảo
- Phân tích và hiểu đặc tính của bộ khuếch đại thuật toán so sánh mức không/khác không
- Phân tích và hiểu đặc tính của bộ khuếch đại thuật toán cộng
- Phân tích và hiểu đặc tính xếp tầng của bộ khuếch đại thuật toán
- Thiết kế một vài mạch khuếch đại thuật toán lý tưởng với các thông số cho sẵn
- Tìm hiểu một số ứng dụng của bộ khuếch đại thuật toán bao gồm bộ ADC và DAC.