

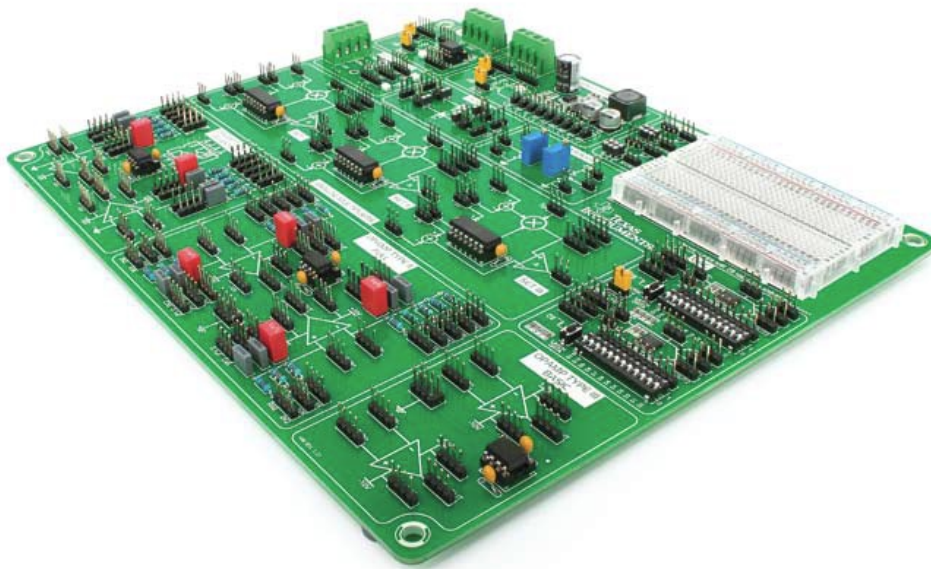
1 Giới thiệu

1.1 Tổng quan về kit ASLK PRO của Texas Instrument

1.1.1 Phần cứng

ASLK :Analog System Lab Kit

ASLK PRO được phát triển bởi TI Ấn Độ. Kit thí nghiệm này được thiết kế cho sinh viên thực hiện một số bài thí nghiệm tương tự. Ý tưởng chính của ASLK PRO là cung cấp một bộ mạch thí nghiệm có giá thành hợp lý nhưng cho phép sinh viên có thể thực hiện hầu hết các hệ thống tương tự sử dụng các vi mạch phổ biến như OP-Amp hay các bộ nhân tương tự.



ASLK PRO có ba khuếch đại thuật toán (TL082) và ba bộ nhân tương tự băng thông rộng (MPY634) của TI. KIT cũng đồng thời có hai bộ DAC 12 bit (DAC7821), một bộ điều khiển DC/DC kiểu “buck” TPS40200 và một vi mạch ổn áp dropout thấp (LDO: Low Dropout) TPS7250 của TI.

Kit có đầu nối với nguồn cung cấp $\pm 10V$ DC bên ngoài.

1.1.2 Phần mềm

Các phần mềm cần sử dụng cho các thí nghiệm

1. TINA hoặc một phần mềm bất kỳ nào có lõi mô phỏng SPICE
2. FilterPro – Một chương trình để thiết kế các bộ lọc tương tự
3. SwitcherPro – Một phần mềm để thiết kế các bộ nguồn

1.2 Các khối chức năng của ASLK PRO

1.2.1 Ba vi mạch OP-Amp TL082 (vùng 1)

Ba vi mạch OP-Amp được gắn nhãn là 1, 2, 3. Mỗi vi mạch có hai OP-Amp được gọi là phần tử A và phần tử B, ví dụ ký hiệu 1A và 1B là hai OP-Amp của IC 1. Sáu OP-Amp được chia thành các kiểu sau

OP-Amp	Type	Purpose
1A	TYPE I	Inverting Configuration only
1B	TYPE I	Inverting Configuration only
2A	TYPE II	Full Configuration
2B	TYPE II	Full Configuration
3A	TYPE III	Basic Configuration
3B	TYPE III	Basic Configuration

Như vậy các OP-Amp được đánh dấu là TYPE I, TYPE II và TYPE III trên bo mạch. Các OP-amp đánh dấu TYPE I chỉ có thể được nối theo sơ đồ bộ khuếch đại đảo. Sử dụng các dây nối các điện trở và tụ điện có thể được sử dụng trong vòng phản hồi của khuếch đại. Có hai bộ khuếch đại TYPE I trên mạch. Với TYPE II trên mạch có hai bộ khuếch đại TYPE II. Mạch TYPE II có thể được sử dụng tùy ý (có thể nối thành mạch khuếch đại, mạch so sánh...). Các mạch khuếch đại TYPE III được sử dụng làm mạch đệm điện áp (khuếch đại không đảo có hệ số khuếch đại bằng 1).

1.2.2 Hai biến trở $1k\Omega$ (vùng 7)

Mạch có hai biến trở P1 và P2, có thể được sử dụng để tạo ra các mức điện áp thay đổi. P1 hoạt động trong vùng từ $0V$ đến $+10V$, P2 hoạt động trong vùng từ $-10V$ đến $0V$

1.2.3 Đầu nối nguồn DC (vùng 8)

Mạch có đầu nối vặn vít để nối với nguồn cung cấp $\pm 10V$ bên ngoài. Tất cả các vi mạch trên kit đều nối với nguồn cung cấp này.

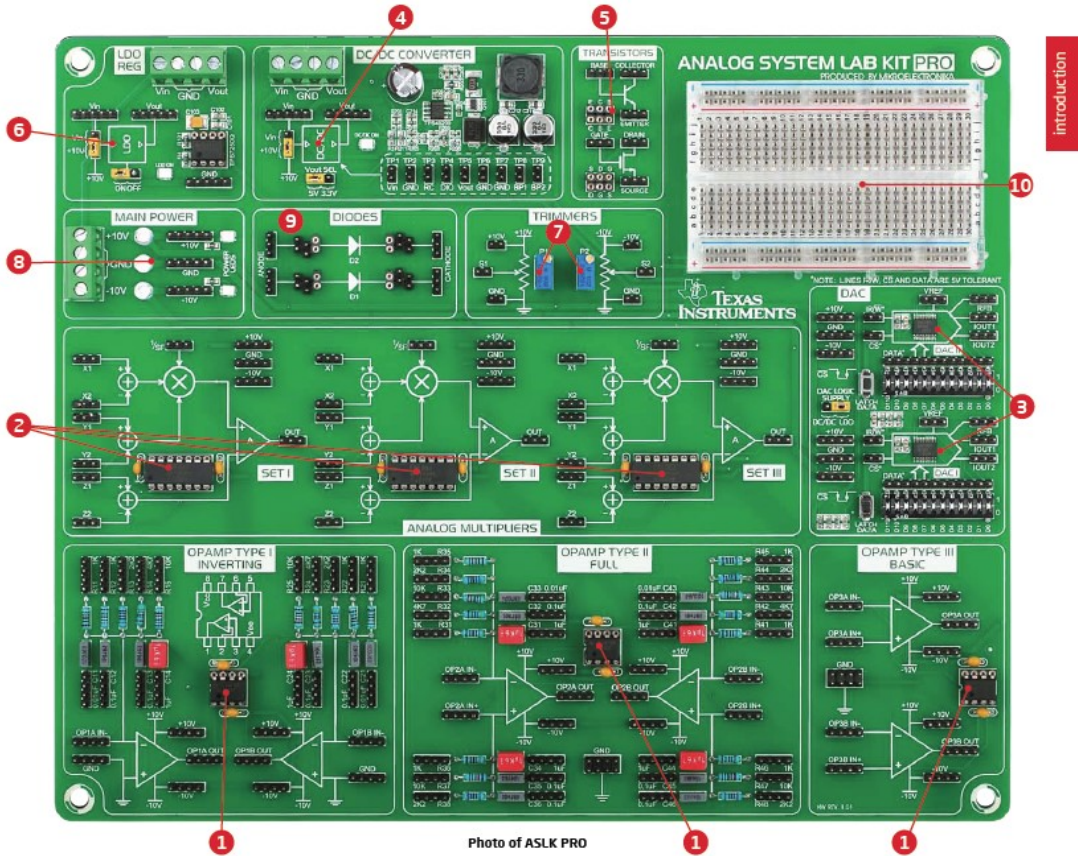


Photo of ASLK PRO

1 Thí nghiệm 1

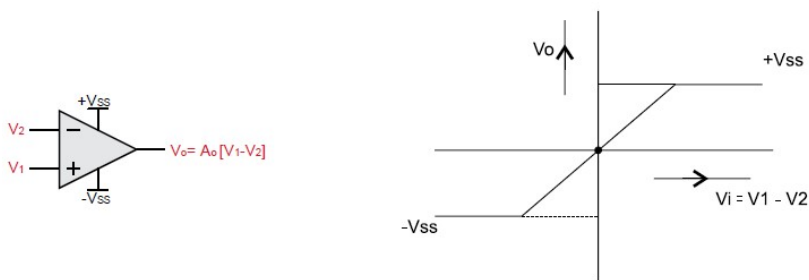
Mục tiêu của bài thí nghiệm

Mục tiêu của bài thí nghiệm giúp chúng ta hiểu tác dụng của phản hồi âm trong thiết kế các mạch khuếch đại và chúng ta sẽ biết cách thiết kế mạch khuếch đại đo lường.

1.1 Tóm tắt lý thuyết

1.1.1 Bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại bằng 1

Một OP-Amp có thể được sử dụng trong chế độ có phản hồi âm để xây dựng các bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại bằng 1, các bộ khuếch đại không đảo và các bộ khuếch đại đảo. Trong khi một OP-Amp lý tưởng giả thiết có hệ số khuếch đại vòng hở là vô cùng và băng thông là vô cùng thì một OP-Amp thực có các hệ số này là hữu hạn. Do đó cần phải hiểu các giới hạn của AP-Amp thực, ví dụ như tích hệ số khuếch đại – băng thông (Gain-Bandwidth Product: GB), tốc độ thay đổi (slew rate), giới hạn bão hòa đầu ra. Cho một Op-amp, làm thế nào để chúng ta đo các tham số này ?



Hình 1-1. Một OP-Amp lý tưởng và đặc tính VÀO-RA của nó

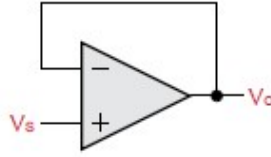
Do đáp ứng quá độ và đáp ứng tần số của một mạch khuếch đại chịu ảnh hưởng của các thông số này nên chúng ta có thể đo các thông số nếu chúng ta biết đáp ứng quá độ và đáp ứng tần số của mạch khuếch đại. Các đáp ứng này có thể thu được khi chúng ta đưa các tín hiệu hình sin và tín hiệu xung vuông ở đầu vào mạch khuếch đại.

Một OP-Amp có thể được xem như một nguồn áp điều khiển bằng điện áp (VCVS: Voltage Controlled Voltage Source) với hệ số khuếch đại điện áp bằng vô cùng. Cho một điện áp hữu hạn ở đầu ra, điện áp đầu vào sẽ xấp xỉ bằng không. Điều này là lý thuyết cơ bản của OP-Amp trong chế độ có phản hồi âm. Hình 1-1 chỉ ra một AP-Amp có đầu ra đơn đầu và đầu vào vi sai với nguồn cung cấp là $\pm V_{ss}$.

$$V_o = A_o \cdot (V_1 - V_2) \quad (1.1)$$

$$V_1 - V_2 = \frac{V_o}{A_o} \quad (1.2)$$

Trong các biểu thức trên, A_0 là hệ số khuếch đại vòng hở; với bộ khuếch đại thực, A_0 có giá trị khoảng 10^5 đến 10^6 và do đó $V_1 \approx V_2$.



Hình 1-2. Bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại bằng 1

Một mạch phản hồi đơn vị được chỉ ra trên Hình 1-2, để dễ dàng thấy rằng:

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{A_0}{1 + A_0} \quad (1.3)$$

$$\frac{V_o}{V_s} \rightarrow 1 \text{ as } A_0 \rightarrow \infty \quad (1.4)$$

Trong các OP-Amp, hệ số khuếch đại vòng kín A phụ thuộc tần số, như chỉ ra trong biểu thức dưới, với ω_{d1} và ω_{d2} là các điểm cực của OP-Amp. Đây là dạng hàm truyền phổ biến của một OP-Amp có bù tần số bên trong.

$$A = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_{d1})(1 + s/\omega_{d2})} \quad (1.5)$$

Chúng ta có thể viết hàm truyền T cho bộ khuếch đại với hệ số khuếch đại đơn vị như sau:

$$T = \frac{1}{1 + 1/A} \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{(1 + 1/A_0 + s/A_0\omega_{d1} + s/A_0\omega_{d2} + s^2/A_0\omega_{d1}\omega_{d2})} \\ &= \frac{1}{(1 + (s/GB + s/A_0\omega_{d2} + s^2/GB \cdot \omega_{d2}))} \end{aligned} \quad (1.7)$$

Hệ số $GB = A_0\omega_{d1}$ được biết như là tích hệ số khuếch đại – băng thông của khuếch đại thuật toán. Đây là một trong các tham số quan trọng của mạch OP-Amp có phản hồi âm. Hàm truyền trên có thể được viết lại như sau:

$$T = \frac{1}{1 + s/\omega_0 Q + s^2/\omega_0^2}$$

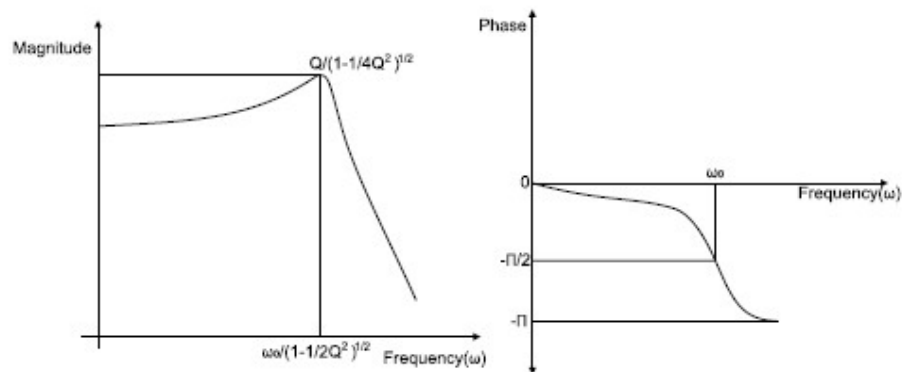
Với

$$Q = \frac{1}{\sqrt{\frac{\omega_{d2}}{GB}} + \frac{1}{A_0} \sqrt{\frac{GB}{\omega_{d2}}}}$$

Và

$$\omega_0 = \sqrt{GB \cdot \omega_{d2}}$$

Q là hệ số chất lượng và $\xi = \frac{1}{2Q}$ là hệ số suy giảm và ω_0 là tần số tự nhiên của hệ thống. Khi đáp ứng tần số biên độ và đáp ứng tần số pha được vẽ với ω/ω_0 chúng ta được đồ thị như Hình 1-3.

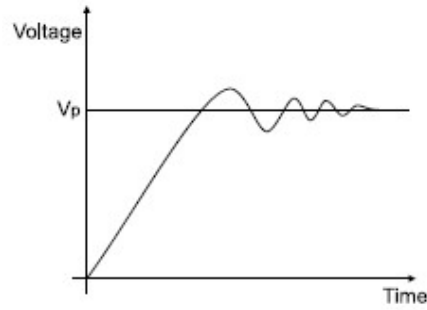


Hình 1-3. Đáp ứng biên độ và đáp ứng pha của hệ thống có hệ số khuếch đại bằng đơn vị

Nếu đưa một tín hiệu bước nhảy có điện áp V_p vào bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại bằng đơn vị và nếu $V_p \cdot GB < \text{slew rate}$ thì tại đầu ra xuất hiện dạng tín hiệu như chỉ ra trên Hình 1-4 nếu $Q > \frac{1}{2}$ hoặc $\xi < 1$.

Q xấp xỉ bằng số các đỉnh dao động của đáp ứng bước nhảy và tần số dao động là $\frac{\omega_0}{(1-1/4Q^2)}$

Tốc độ thay đổi (SR) được hiểu như là tốc độ thay đổi lớn nhất mà đầu ra của OP-Amp có thể đạt được, nói cách khác SR là giá trị lớn nhất mà dV_0/dt có thể đạt được. Trong thí nghiệm này khi chúng ta tăng biên độ của tín hiệu bước nhảy tại đầu vào đến một biên độ nhất định thì tốc độ thay đổi của tín hiệu đáp ứng tại đầu ra sẽ không tăng nữa, tốc độ này được gọi là tốc độ thay đổi slew rate.



Hình 1-4. Đáp ứng thời gian của một bộ khuếch đại với tín hiệu vào là bước nhảy có biên độ V_p

1.1.2 Bộ khuếch đại không đảo

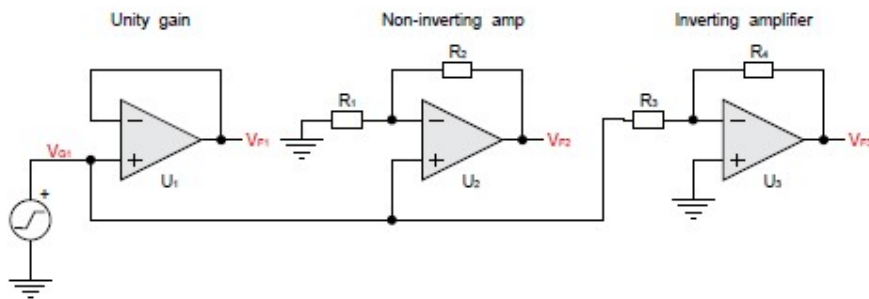
Một bộ khuếch đại không đảo với hệ số khuếch đại bằng 2 được chỉ ra trên Hình 1-5 (a).



Hình 1-5. (a) khuếch đại không đảo có hệ số khuếch đại bằng 2, (b) khuếch đại đảo có hệ số khuếch đại bằng 2

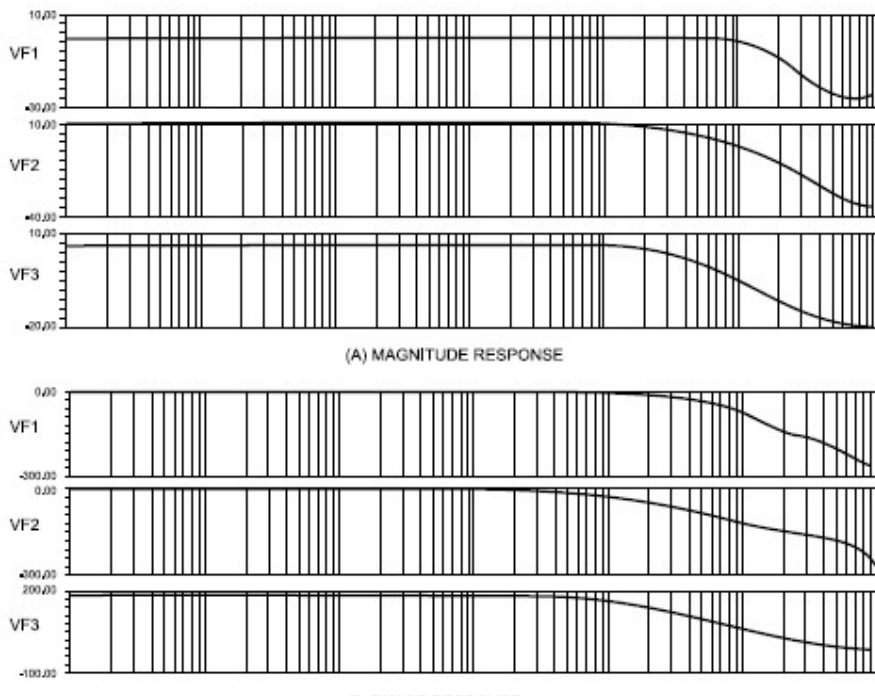
1.1.3 Bộ khuếch đại đảo

Một bộ khuếch đại đảo với hệ số khuếch đại bằng 2 được chỉ ra trên hình Hình 1-5 (b)

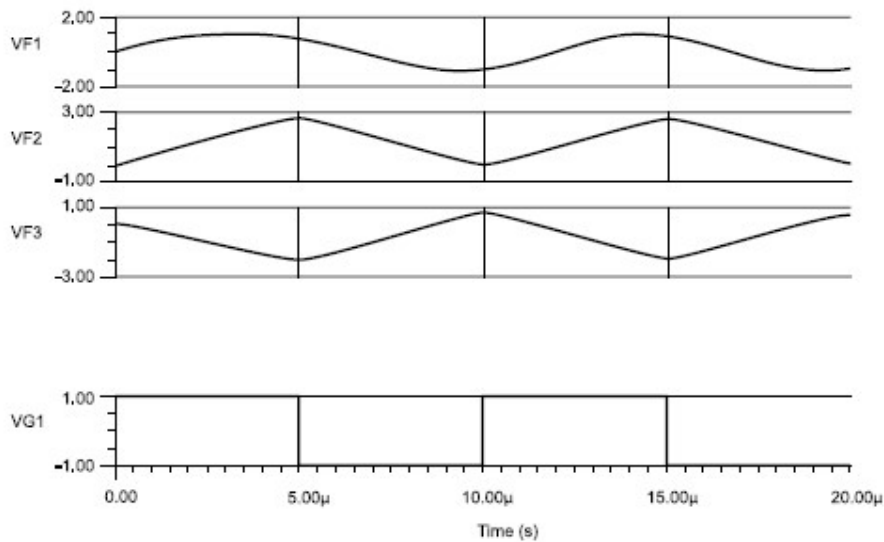


Hình 1-6. Các bộ khuếch đại có phản hồi âm

Hình 1-6 giới thiệu ba kiểu cấu hình bộ khuếch đại có phản hồi âm. Hình 1-7 chỉ ra các đáp ứng tần số (biên độ và pha) của ba kiểu khuếch đại có phản hồi âm nêu ra ở trên. Hình 1-8 thể hiện các tín hiệu đầu ra của ba kiểu khuếch đại đối với tín hiệu vào là xung vuông với các giới hạn về SR.



Hình 1-7. Đáp ứng tần số của các bộ khuếch đại có phản hồi âm

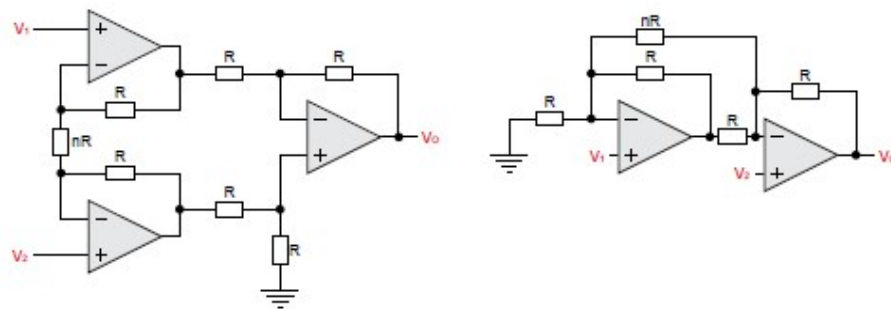


Hình 1-8. Các đầu ra VF1, VF2 và VF3 của các bộ khuếch đại có phản hồi âm trong Hình 1-6 với tín hiệu vào là xung vuông VG1

1.2 Bài tập

- 1) Thiết kế các bộ khuếch đại sau:
 - a. Bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại bằng 1
 - b. Bộ khuếch đại không đảo có hệ số khuếch đại bằng 2

- c. Bộ khuếch đại đảo có hệ số khuếch đại bằng 2,2
- Thiết kế bộ khuếch đại thiết bị đo sử dụng ba OP-Amp có hệ số khuếch đại vi sai bằng 3. Tham khảo Hình 1-9 sơ đồ mạch khuếch đại đo lường, xác định các giá trị điện trở. Giả thiết các điện trở có sai số 1% hãy xác định tỷ số nén đồng pha CMRR và ước lượng băng thông của mạch.
 - Thiết kế mạch khuếch đại đo lường sử dụng hai OP-Amp với hệ số khuếch đại vi sai bằng 5. Tham khảo Hình 1-9 sơ đồ mạch khuếch đại đo lường, xác định các giá trị điện trở. Giả thiết các điện trở có sai số 1% hãy xác định tỷ số nén đồng pha CMRR và ước lượng băng thông của mạch.



Hình 1-9. Các mạch khuếch đại đo lường sử dụng (a) ba OP-Amp và (b) hai OP-Amp

1.3 Các phép đo cần thực hiện

- Đáp ứng quá độ - Cho tín hiệu xung vuông có biên độ cố định tìm hiểu hiệu ứng slew rate của các mạch khuếch đại đơn vị, mạch khuếch đại đảo và mạch khuếch đại không đảo.
- Đáp ứng tần số - Từ đáp ứng tần số xác định tích băng thông – hệ số khuếch đại của các mạch khuếch đại đơn vị, mạch khuếch đại đảo và mạch khuếch đại không đảo
- Các đặc tính của hàm truyền DC – Tìm hiểu các giá trị bão hòa của một OP-Amp

1.4 Báo cáo thí nghiệm

- Báo cáo kết quả mô phỏng đáp ứng quá độ, đáp ứng tần số và các đặc tính hàm truyền DC
- Vẽ đồ thị đáp ứng quá độ, đáp ứng tần số và các đặc tính hàm truyền DC từ oscilloscope và so sánh với kết quả mô phỏng
- Cho tín hiệu xung vuông biên độ 1V tại đầu vào mạch khuếch đại. Thay đổi tần số và tìm hiểu biên độ đỉnh-đỉnh tại đầu ra. Ghi lại các giá trị thu được vào Bảng 1-1 và tính slew rate
- Đáp ứng tần số - Cho tín hiệu sóng sin tại đầu vào mạch khuếch đại với biên độ 1V. Thay đổi tần số tín hiệu sóng sin và tìm hiểu đáp ứng tần số biên độ và pha. Ghi lại các giá trị đo được vào Bảng 1-2.
- Các đặc tính hàm truyền DC – Thay đổi điện áp DC đầu vào và tìm hiểu đáp ứng của nó tại đầu ra. Ghi lại các giá trị đo được vào

S. No.	Input Frequency	Peak to Peak Amplitude of output (Vpp)
1		
2		
3		
4		

Bảng 1-1. Giá trị đỉnh-đỉnh tại đầu ra khi thay đổi tần số xung vuông

S. No.	Input Frequency	Magnitude Variation	Phase Variation
1			
2			
3			
4			

Bảng 1-2. Giá trị biên độ và pha của tín hiệu đầu ra khi thay đổi tần số sóng sin

S. No.	DC Input Voltage	DC Output Voltage	Phase Variation
1			
2			
3			
4			

Bảng 1-3. Giá trị điện áp đầu ra khi thay đổi tín hiệu DC

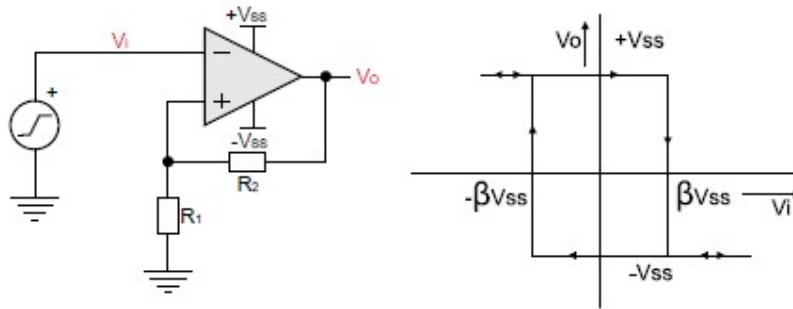
2 Thí nghiệm 2

Mục tiêu của bài thí nghiệm là giúp sinh viên hiểu kiến thức cơ bản về so sánh có trễ và sự cần thiết của nó trong các mạch đóng/cắt

2.1 Tóm tắt lý thuyết

2.1.1 Bộ so sánh đảo

Trong thí nghiệm trước, chúng ta đã đề cập đến việc sử dụng phản hồi âm trong mạch khuếch đại. Trong thí nghiệm này chúng ta sẽ tìm hiểu một trường hợp sử dụng phản hồi dương với OP-Amp, như chỉ ra trên Hình 2-1.



Hình 2-1. Mạch tri-gor Schmitt đảo và đặc tính trễ của mạch

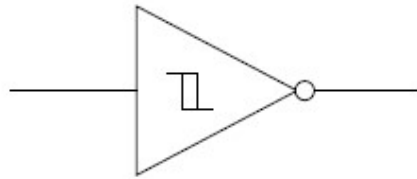
$$V_0 = -A_0 \cdot (V_i - \beta V_0) \quad (2.1)$$

$$\frac{V_0}{V_i} = -A_0 \cdot \frac{1}{1 - A_0 \cdot \beta} \quad (2.2)$$

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2.3)$$

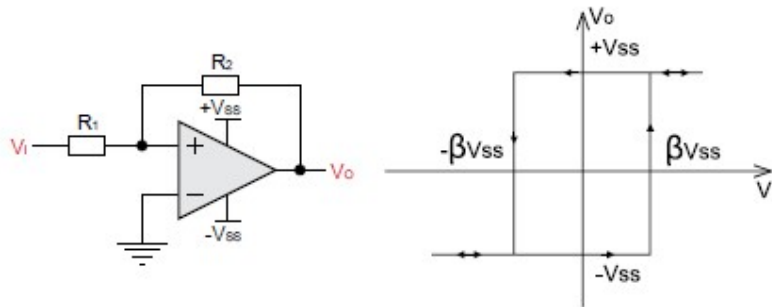
Tuy nhiên khi $|A_0 \cdot \beta| = 1$ mạch trở lên mất ổn định và đầu ra sẽ bão hòa. Khi $|A_0 \cdot \beta| \gg 1$ mạch trở thành mạch so sánh và mạch hoạt động ở chế độ “mixed”. Đầu ra chỉ ổn định ở hai mức $+V_{ss}$ và $-V_{ss}$. Khi đầu vào có giá trị âm lớn thì đầu ra bão hòa tại $+V_{ss}$. Khi tăng giá trị đầu vào đầu ra giữ nguyên giá trị tại $+V_{ss}$ chỉ đến khi đầu vào bằng $\beta \cdot V_{ss}$ thì đầu ra thay đổi sang trạng thái ổn định là $-V_{ss}$. Tương tự nếu đầu vào giảm thì cần giảm đến giá trị $-\beta V_{ss}$ khi đó đầu ra sẽ chuyển sang trạng thái ổn định là $+V_{ss}$. Như vậy khoảng trễ là $2 \cdot \beta \cdot V_{ss}$ quanh điểm 0. Kiểu so sánh này thường được sử dụng trong điều khiển một MOSFET khi điều khiển ON-OFF cho các nguồn đóng-cắt, trong các bộ điều

chế độ rộng xung và các bộ khuếch đại công suất âm thanh lớp D. Ký hiệu trên sơ đồ của trig-gơ Schmitt đảo được chỉ ra trên Hình 2-2.



Hình 2-2. Ký hiệu của một trig-gơ Schmitt đảo

Sơ đồ trig-gơ Schmitt không đảo được chỉ ra trên Hình 2-3.

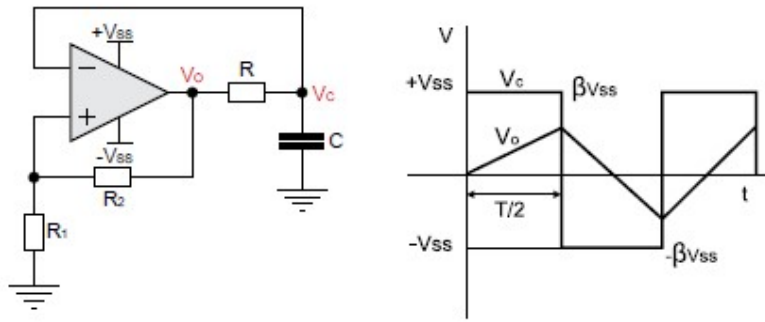


Hình 2-3. Trig-gơ Schmitt không đảo và đặc tính trễ của mạch

2.1.2 Bộ dao động đa hài không ổn định

Một mạch đa hài không ổn định được chỉ ra trên Hình 2-4. Các dạng sóng tam giác và sóng vuông được tạo ra bởi mạch đa hài không ổn định. Chúng ta sử dụng β là hệ số phản hồi dương. Chu kỳ của dao động được tính bởi công thức

$$T = 2 \cdot RC \cdot \ln\left(\frac{1 + \beta}{1 - \beta}\right) \quad (2.4)$$



Hình 2-4. Đa hài không ổn định và đặc tính của mạch

2.1.3 Mạch đa hài một xung kích (Timer)

Sơ đồ mạch đa hài một xung kích được chỉ ra trên Hình 2-6. Dạng sóng trig-gơ chỉ ra trên Hình 2-5 được đưa vào đầu vào của mạch trig-gơ. Sườn âm của tín hiệu đầu vào sẽ kích hoạt mạch một trạng thái ổn định và tạo ra sóng vuông như Hình 2-6.

Một trạng thái ổn định được duy trì ở trạng thái “ON” cho đến khi nó bị kích hoạt, tại thời điểm này mạch sẽ chuyển qua trạng thái “OFF” trong một khoảng chu kỳ τ . Biểu thức tính τ được tính như sau:

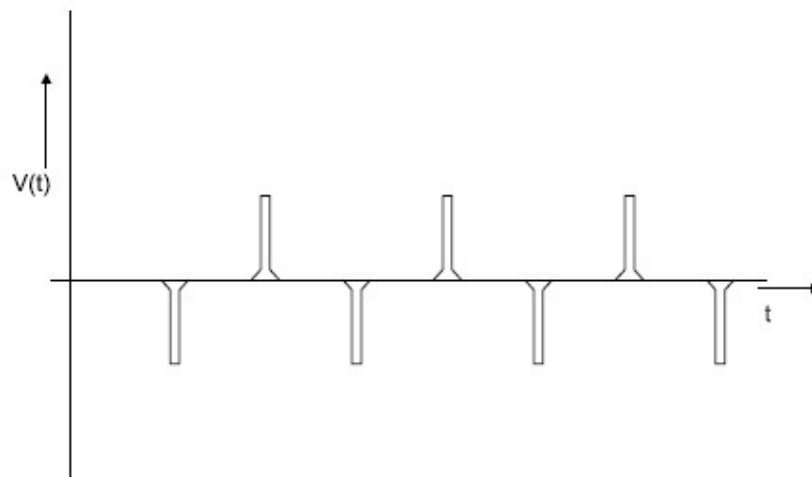
$$\tau = RC \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - \beta}\right) \quad (2.5)$$

Sau khi kích hoạt một trạng thái ổn định tại thời điểm t , xung trig-gơ tiếp theo chỉ được xuất hiện sau thời điểm $t + \tau'$

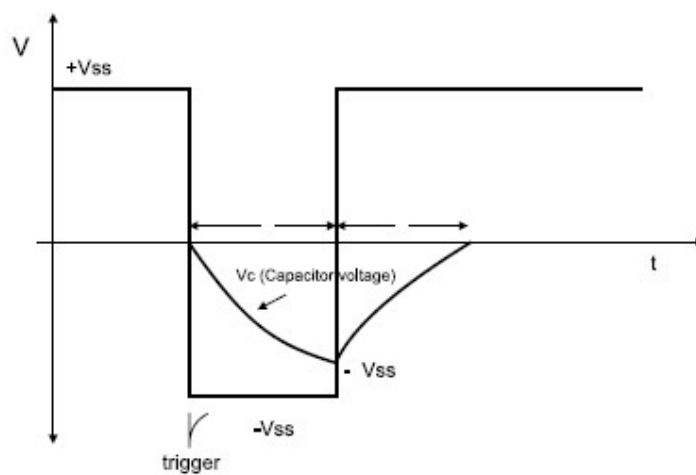
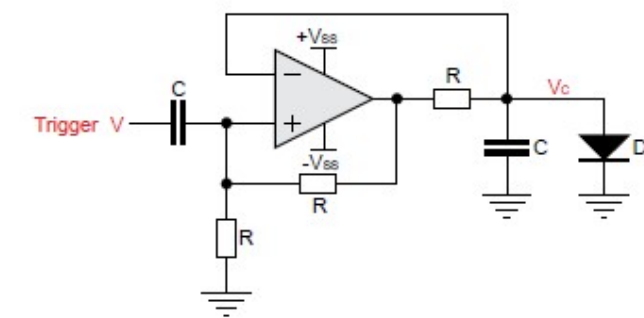
$$\tau' = RC \cdot \ln\left(\frac{1 + \beta}{\beta}\right)$$

S. No.	Regenerative Feedback	Hysteresis
1		
2		
3		
4		

Bảng 2-1. Giá trị độ trễ phụ thuộc phản hồi dương



Hình 2-5. Dạng sóng trig-gơ



Hình 2-6. Đa hài một xung kích và tín hiệu đầu ra của mạch

2.2 Bài tập

- 1) Thiết kế mạch phản hồi dương với độ trễ bằng $\pm 1V$. Tính đặc tính hàm truyền của mạch.

Thay đổi hệ số phản hồi dương $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ ghi lại các giá trị trễ của mạch.

- Sử dụng phần mềm mô phỏng khảo sát đặc tính hàm truyền DC của mạch
 - Sử dụng máy hiện sóng đo và vẽ lại đặc tính hàm truyền DC của mạch
 - Thay đổi hệ số phản hồi dương và quan sát sự thay đổi của độ trễ. Độ trễ là tỷ lệ với hệ số phản hồi dương.
- 2) Thay đổi điện trở R_1 hoặc R_2 . Cho tín hiệu xung tam giác với điện áp đỉnh là $10V$ đến cả hai mạch, quan sát dạng sóng tại đầu ra của mạch.
- 3) Thiết kế mạch đa hài không ổn định sử dụng việc nạp và phóng tụ C thông qua điện trở R giữa đầu vào và đầu ra của mạch trig-gơ Schmitt. Xem Hình 2-4. Giả thiết tần số

$$f = \frac{1}{T} = 1,5kHz.$$

Thiết kế một mạch đa hài không ổn định với $\tau = 4ms$, tính RC sử dụng công thức 2.5