

BÀI 7. ỨNG DỤNG OPAMP TRONG XÂY DỰNG MẠCH ĐIỀU CHẾ/GIẢI ĐIỀU CHẾ

1 Mục tiêu

- Xây dựng mạch điều chế và giải điều chế BPSK sử dụng OpAmp.

2 Lý thuyết

2.1 Điều chế và giải điều chế tín hiệu

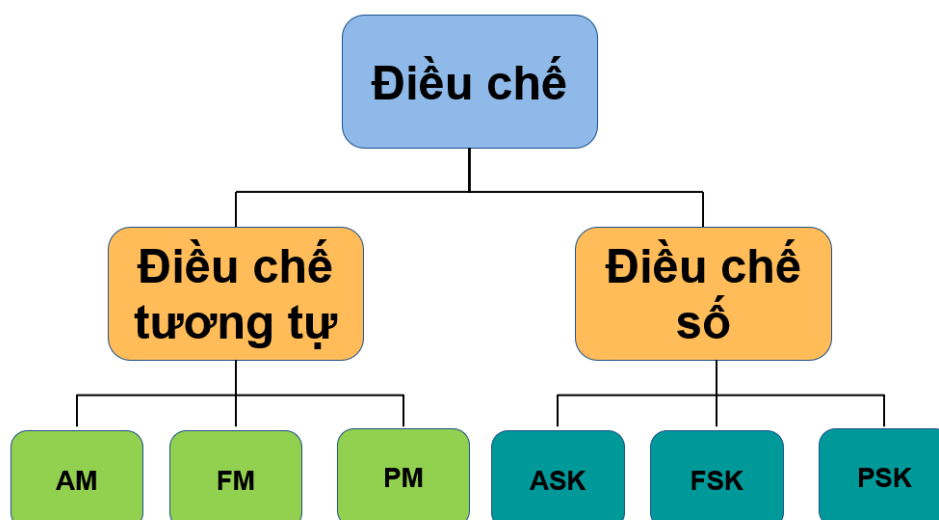
Điều chế tín hiệu là quá trình biến đổi một hay nhiều thông số của tín hiệu tuần hoàn theo sự thay đổi một tín hiệu mang thông tin cần truyền đi xa. Tín hiệu mang thông tin được gọi là tín hiệu điều chế.

- **Mục đích của điều chế tín hiệu**

Điều chế tín hiệu một trong những khâu quan trọng nhất trong các hệ thống truyền thông (*communication system*). Một số lý do chính của việc điều chế tín hiệu:

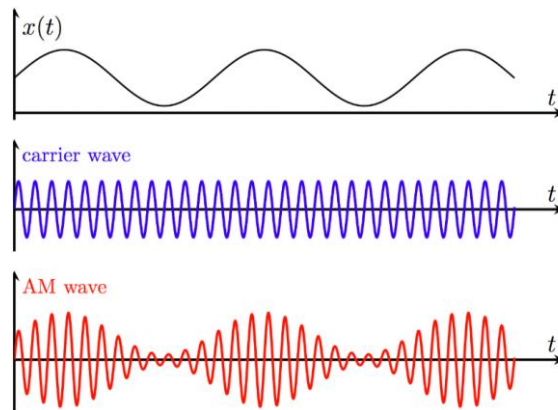
- Tín hiệu cao tần ít bị suy hao khi truyền đi trong không gian.
- Băng tần là một tài nguyên quốc gia hạn chế, và được nhà nước cho phép sử dụng tùy thuộc vào các đối tượng, mục đích khác nhau. Do đó, quá trình điều chế giúp chuyển phổ của tín hiệu băng cơ sở lên các băng tần phù hợp. Có những kênh truyền dẫn chỉ cho đi qua những dải tần số nhất định mà ít làm suy hao và giảm nhiễu đáng kể.
- Trong thông tin vô tuyến, kích thước ăng-ten thường tỷ lệ thuận với bước sóng, và tỷ nghịch với tần số, tức là tần số càng thấp thì kích thước ăng-ten càng lớn và ngược lại. Điều này ảnh hưởng đến hiệu quả thu/phát năng lượng cũng như không gian thiết kế của hệ thống.

- **Phân loại điều chế tín hiệu**

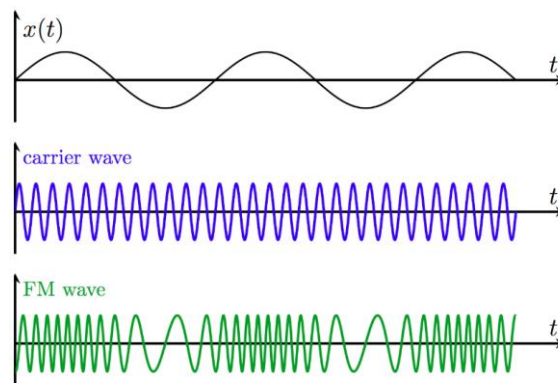


- **Điều chế tương tự:** là việc điều chế được thực hiện liên tục theo tín hiệu thông tin tương tự.

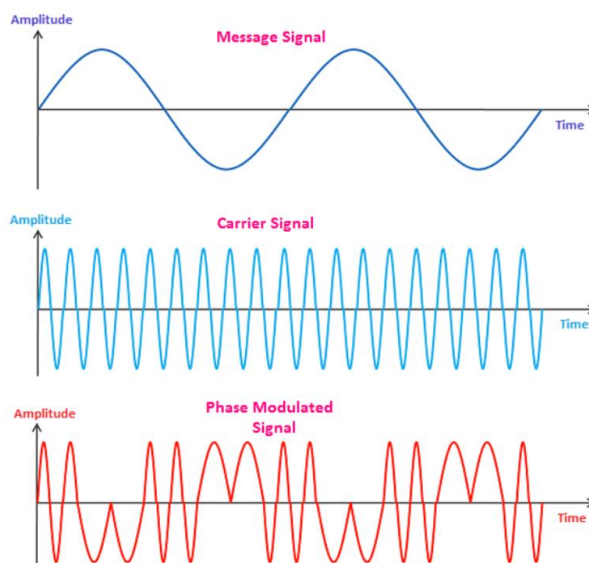
- **Điều chế biên độ (AM):** biên độ sóng mang thay đổi dựa trên tín hiệu thông tin bằng cơ sở tương tự.



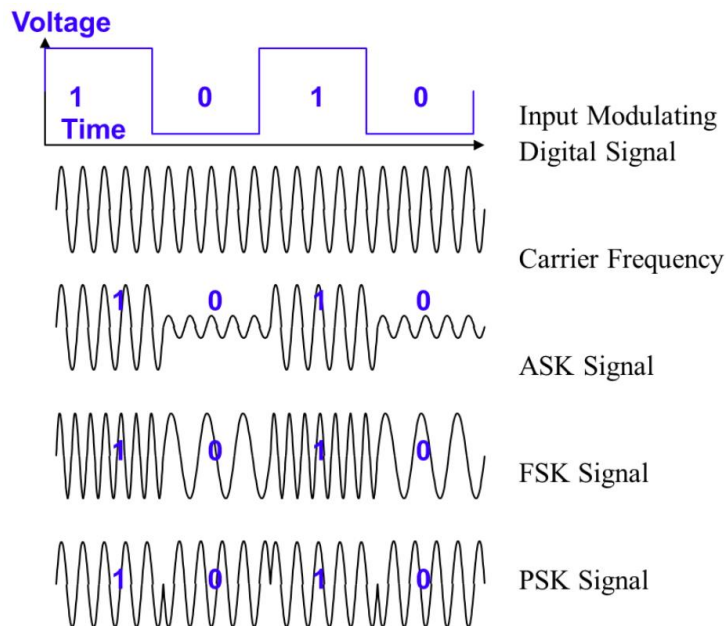
- **Điều chế tần số (FM):** tần số sóng mang thay đổi dựa trên tín hiệu thông tin bằng cơ sở tương tự. Điều chế tần số được coi là vượt trội so với điều chế biên độ do khả năng chống can nhiễu tốt.



- **Điều chế pha (PM):** pha sóng mang thay đổi dựa trên tín hiệu thông tin bằng cơ sở. Điều chế pha được gọi là *điều chế tần số gián tiếp* do thực tế điều chế pha tạo ra điều chế tần số. Ảnh hưởng của sự thay đổi lượng dịch pha tỷ lệ thuận với sự thay đổi tần số sóng mang.



- **Điều chế số:** là việc điều chế mà một sóng mang tương tự sẽ được biến đổi theo một chuỗi bit có chiều dài cố định hoặc thay đổi.



- **Điều chế số theo biên độ tín hiệu (ASK):** dùng một số hữu hạn biên độ riêng biệt để truyền thông tin số.
 - **Điều chế số theo tần số tín hiệu (FSK):** dùng một số hữu hạn tần số riêng biệt để truyền thông tin số.
 - **Điều chế số theo pha tín hiệu (PSK):** dùng một số hữu hạn pha để truyền thông tin số. Ví dụ, trong điều chế số theo pha tín hiệu nhị phân, -180 độ dùng để biểu diễn Bit-0 và 180 độ dùng để biểu diễn Bit-1.
- **Một số ứng dụng của điều chế:**
 - Các kỹ thuật điều chế nói chung được áp dụng phổ biến trong lĩnh vực truyền thông không dây. Ví dụ, điều chế biên độ và tần số hay được dùng trong kỹ thuật phát thanh, truyền hình vệ tinh; điều chế pha được dùng trong các chương trình mã hóa truyền dẫn kỹ thuật số (wi-fi, GSM, v.v.).
 - Điều chế tần số còn có thể được áp dụng trong các hệ thống truyền dẫn video, ghi băng từ (VCR) để ghi lại cả độ chói (đen và trắng của tín hiệu video).
 - Đặc biệt, ngày nay điều chế tần số cũng được sử dụng trong các ứng dụng đo xa, radar, khảo sát địa chấn, và mô hình động kinh EEG của trẻ sơ sinh, v.v.

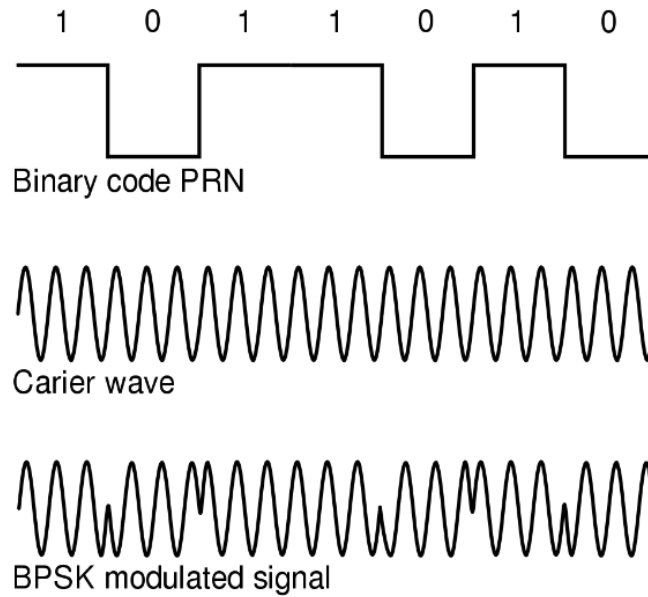
Giải điều chế (còn gọi là tách sóng) là quá trình tách lấy tín hiệu thông tin ra khỏi sóng mang cao tần. Quá trình này được sử dụng ở phía đầu thu tín hiệu. Có thể nói rằng, giải điều chế là một quá trình ngược lại so với điều chế.

2.2 Điều chế và giải điều chế tín hiệu đảo pha nhị phân (BPSK-Binary Phase Shift Keying)

Đối với phương pháp điều chế BPSK, với dãy bit cần điều chế là $D(t)$, sóng mang là $C(t)$ (thường có dạng sin) và tín hiệu ra là $S(t)$. Khi đó tín hiệu điều chế được tạo ra bằng cách nhân toán học thành phần dãy bit cần điều chế và thành phần sóng mang:

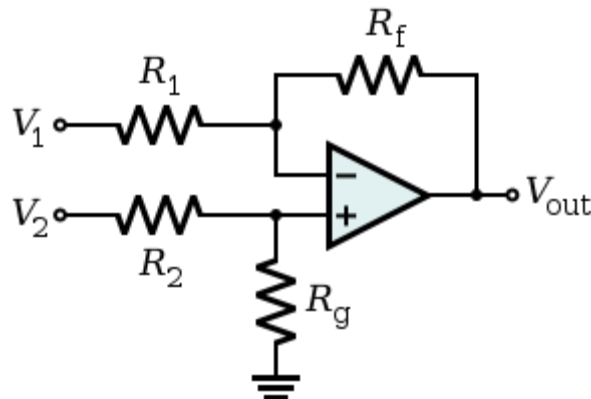
$$S(t) = D(t)C(t)$$

Lưu ý: $D(t)$ sẽ biểu diễn Bit-1 là 1 và Bit-0 là -1 và $C(t) = \cos(2\pi f_c t)$



Quá trình giải điều chế sẽ khôi phục lại dãy bit từ tín hiệu điều chế $S(t)$.

2.3 Ứng dụng op-amp xây dựng mạch điều chế/giải điều chế



V_{out} được xác định thông qua công thức sau:

$$V_{out} = \left(\frac{R_1 + R_f}{R_1} \right) \left(\frac{R_g}{R_g + R_2} \right) V_2 - \frac{R_f}{R_1} V_1$$

2.4 Mạch điều chế/giải điều chế BPSK

2.4.1. Xây dựng mạch điều chế BPSK

Dựa trên sơ đồ mạch Opamp tổng quát, chúng ta có thể xây dựng mạch điều chế BPSK bằng cách thay đổi giá trị R_g . Cụ thể, chúng ta sẽ thay R_g bằng BJT và chuỗi bit cần điều chế sẽ đưa vào cực B của BJT này.

Lựa chọn các giá trị:

$$R_1 = R_f$$

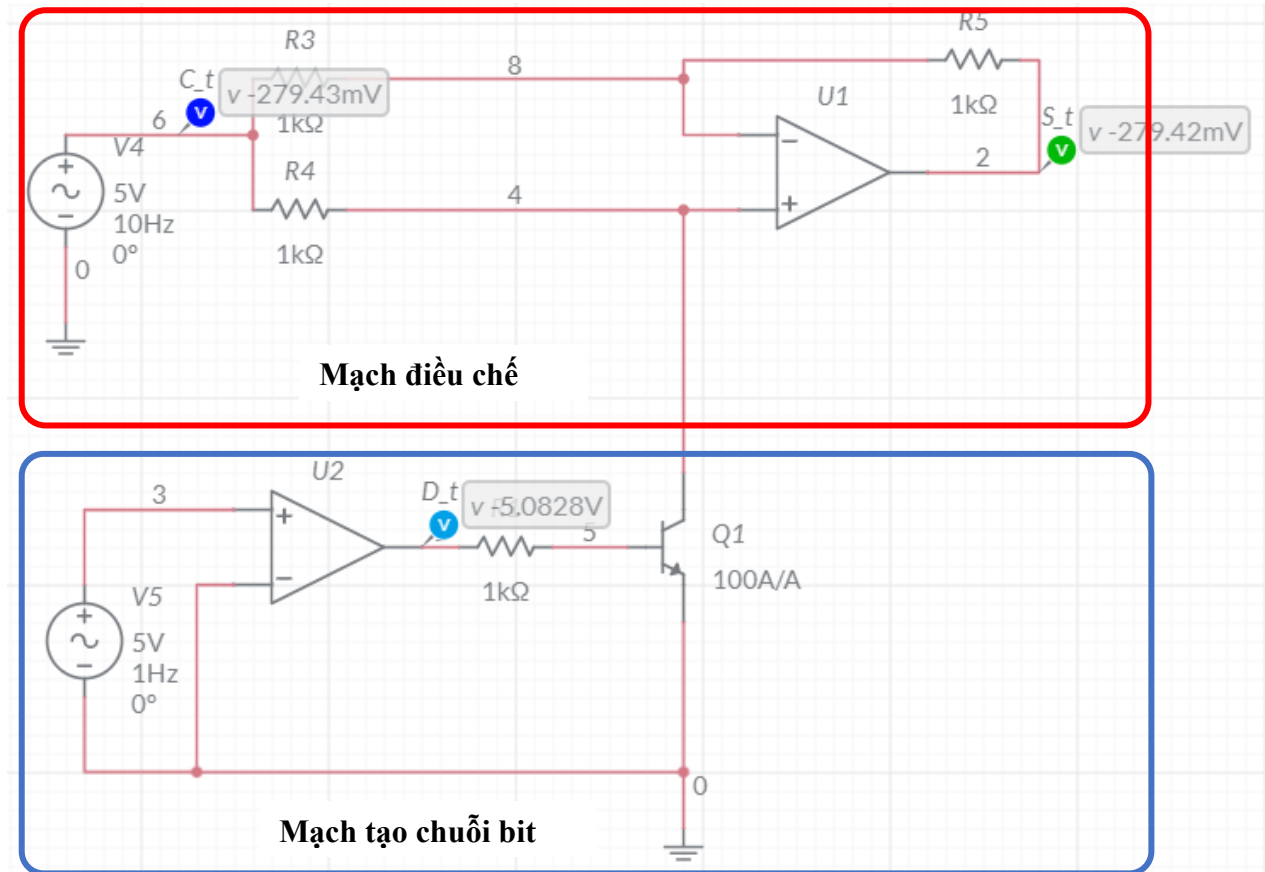
$$V_1 = V_2 = V_c \text{ (Đây chính là thành phần sóng mang)}$$

Nếu R_g là điện trở trong của BJT, trong trường hợp lý tưởng:

$$R_g = 0 \rightarrow V_{out} = -V_c$$

$$R_g = \infty \rightarrow V_{out} = V_c$$

Sơ đồ mạch điều chế được thiết kế trên Multisim Live được trình bày như Hình 1.



Hình 1: Sơ đồ mạch điều chế

2.4.2. Xây dựng mạch giải điều chế:

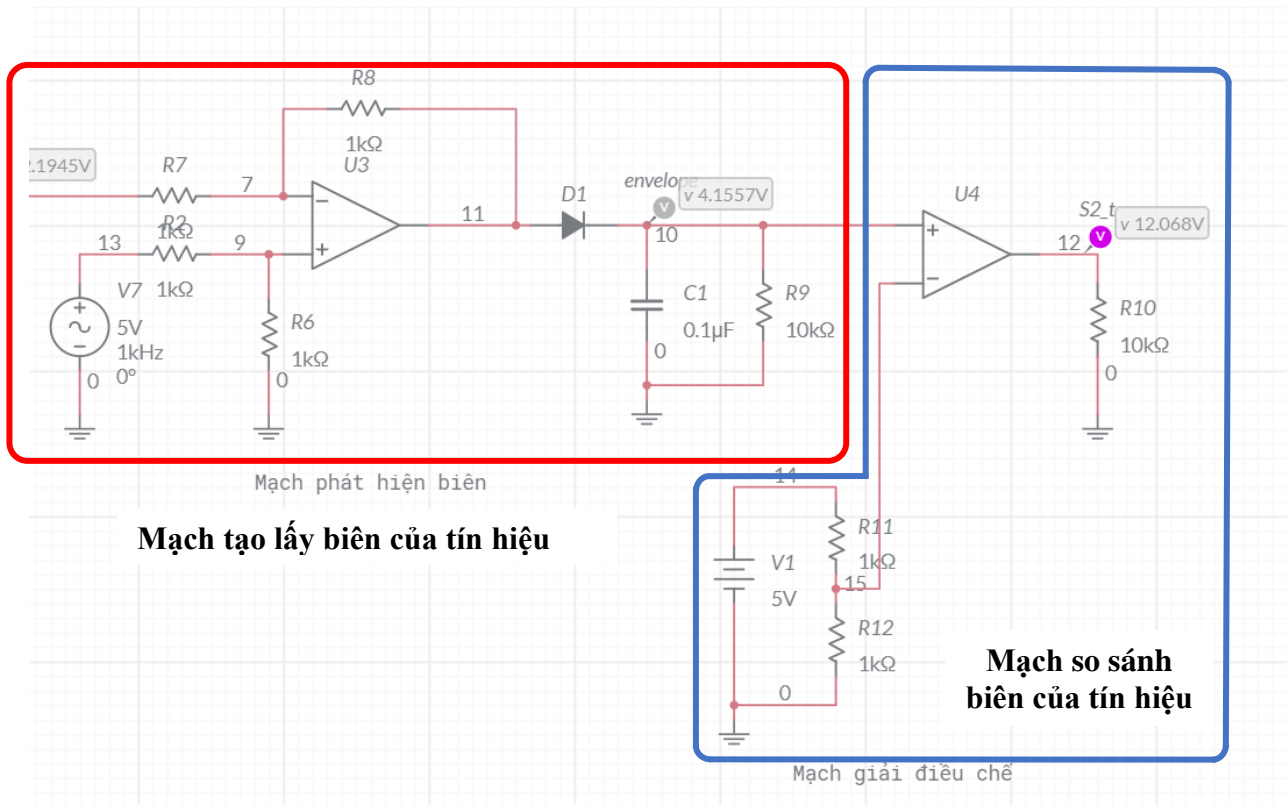
Hình 2 trình bày sơ đồ mạch giải điều chế được thiết kế trên Multisim Live. Mạch giải điều chế gồm 2 thành phần:

- Mạch phát hiện biên của tín hiệu
- Mạch so sánh biên để lấy tín hiệu ra.

Mục đích của phát hiện biên:

- Xét tín hiệu $E(t) = C(t) - D(t)C(t) = (1 - D(t))C(t)$
- Do $D(t)$ chỉ nhận 2 giá trị “1” và “-1” nên những thành phần cùng pha sẽ triệt tiêu. Tín hiệu $E(t)$ khi đó chỉ còn thành phần khác pha. Thành phần này sau đó được loại bỏ 1 chiều bằng cách sử dụng diode và làm phẳng bằng cách sử dụng tụ điện.

Mục đích của so sánh biên: tín hiệu $E(t)$ sau khi được loại bỏ 1 chiều và làm phẳng được đưa qua mạch so sánh V_{ref} để lấy giá trị đầu ra.



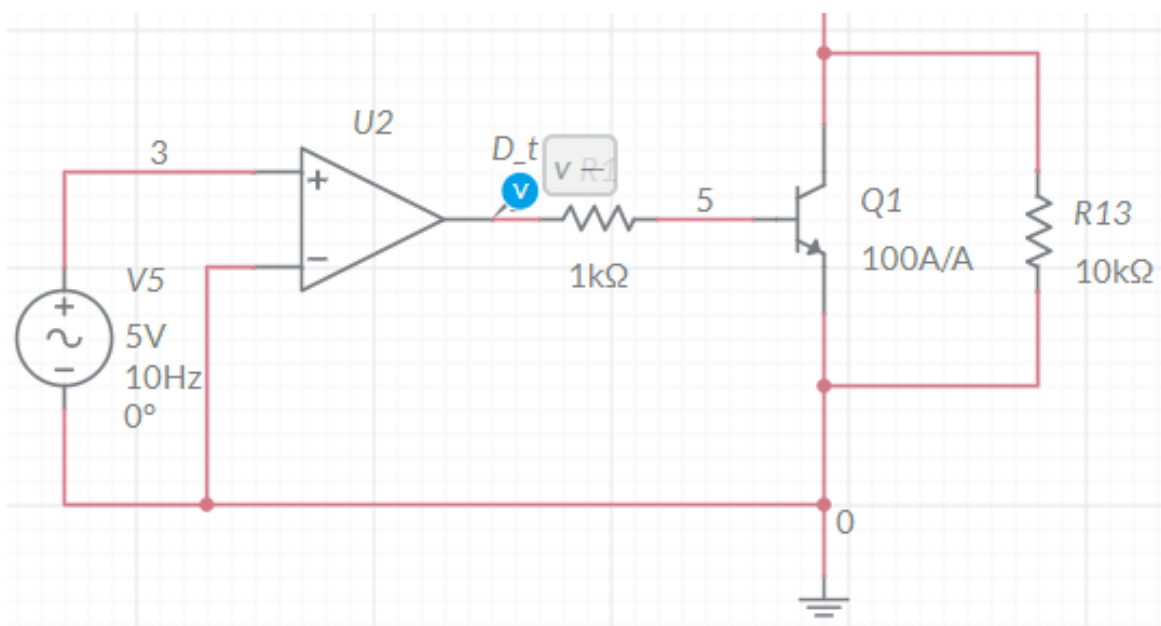
Hình 2: Sơ đồ mạch giải điều chế

Mạch tham khảo:

https://www.multisim.com/content/yz23HG2qBv6LVGm4WUPADR/mod_demod/open/

3 Bài tập tự làm

Trên thực tế để tránh trường hợp $R_g = \infty$, người ta thường nối song song BJT với 1 điện trở, khi đó mạch tạo chuỗi bit sẽ được tạo ra như sau:



- 1) Hãy tính toán lại các giá trị điện trở R3, R4, R5 trên mạch điều chế (Hình 1) để thu được tín hiệu điều chế theo bảng dưới đây. Thực hiện mô phỏng để kiểm tra tín hiệu điều chế thu được.

Input	Output (V)
Bit-0	$2.5 \cos(2\pi f_c t)$
Bit-1	$-2.5 \cos(2\pi f_c t)$

- 2) Hãy tính toán và thay đổi các điện trở R11, R12 trên mạch (Hình 2) so sánh để mạch hoạt động đúng thiết kế. Thực hiện mô phỏng để so sánh về **biên độ, tần số, độ dịch pha** giữa tín hiệu thu được sau giải điều chế và tín hiệu gốc ban đầu.