

CHƯƠNG 5. CÁC KỸ THUẬT GHÉP KÊNH

Sau khi học xong bài này, sinh viên có thể:

- Nắm được các kỹ thuật ghép kênh phân chia theo tần số FDM
- Nắm được các kỹ thuật ghép kênh phân chia theo thời gian TDM

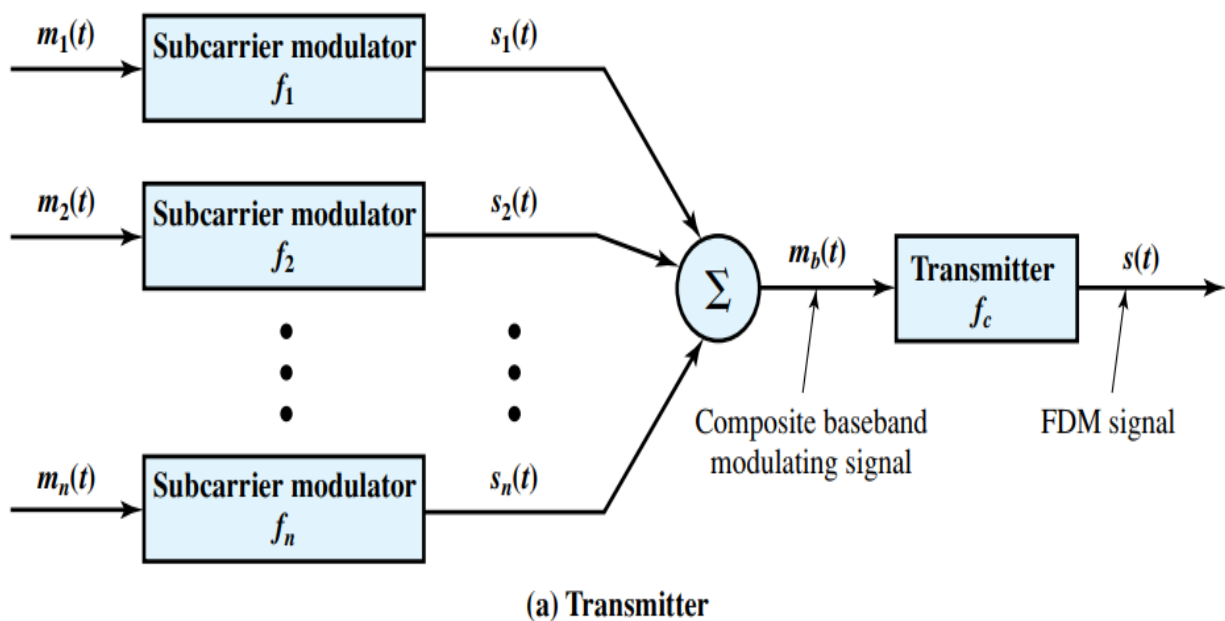
5.1 Ghép kênh phân chia theo tần số FDM (Frequency Division Multiplexing)

FDM có thể được thực hiện khi băng thông hiệu dụng của môi trường truyền lớn hơn nhiều băng thông yêu cầu của tín hiệu được truyền. Nhiều tín hiệu có thể được mang đồng thời nếu mỗi tín hiệu được điều chế trên một tần số sóng mang khác nhau và các tần số sóng mang cách nhau đủ để băng thông của tín hiệu không trùng nhau đáng kể.

Tín hiệu tổng hợp truyền qua môi trường tương tự. Tuy nhiên, các tín hiệu đầu vào có thể là tín hiệu số hoặc tương tự. Trong trường hợp đầu vào tín hiệu số, các tín hiệu đầu vào phải được truyền qua modem để được chuyển đổi sang tương tự.

Mỗi tín hiệu đầu vào sau đó phải được điều chế để di chuyển nó đến dải tần số thích hợp.

Để ngăn chặn nhiễu, các kênh được phân tách bằng các dải bảo vệ, là các phần không được sử dụng của phổ

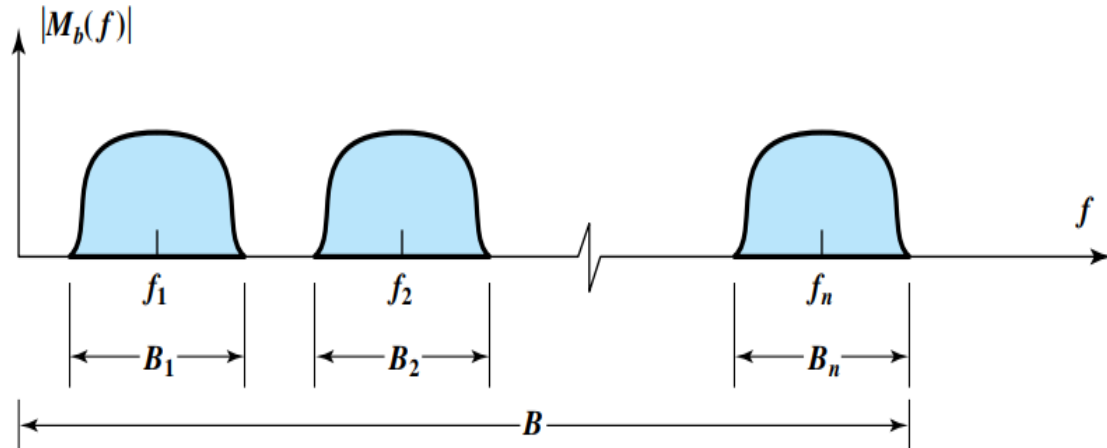


Hình 5-1: Sơ đồ nguyên lý bộ ghép kênh FDM

Trong bộ ghép kênh FDM được hiển thị trong Hình 4-1, các tín hiệu $[m_i(t), i=1,n]$ sẽ được ghép vào cùng một phương tiện truyền dẫn theo cách sau:

- Mỗi tín hiệu $m_i(t)$ được điều chế trên một sóng mang f_i gọi là sóng mang phụ.

- Bất kỳ loại điều chế nào cũng có thể được sử dụng.
- Các tín hiệu tương tự, được điều chế sau đó được tổng hợp để tạo ra tín hiệu dải nền tổng hợp $m_b(t)$.
- Tín hiệu tổng hợp sau đó có thể được chuyển toàn bộ sang tần số sóng mang khác bằng một bước điều chế bổ sung.

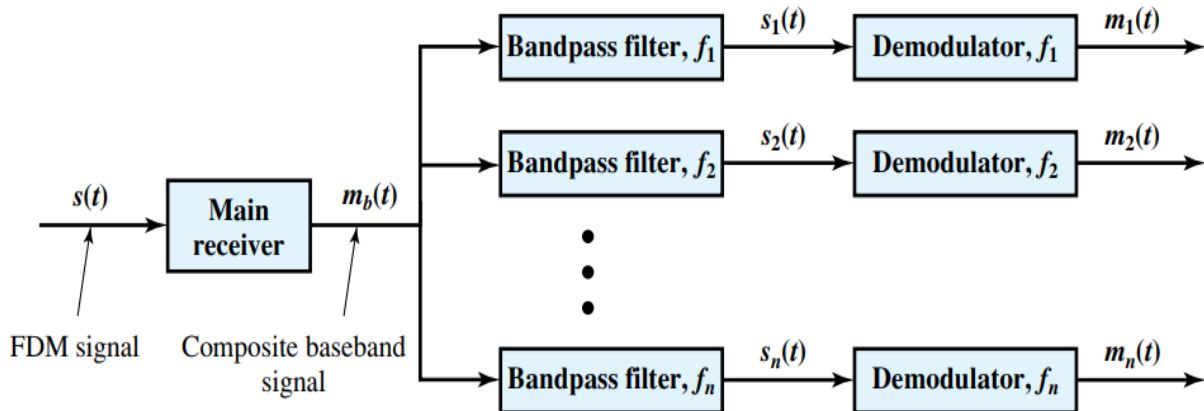


(b) Spectrum of composite baseband modulating signal

Hình 5-2: Phổ tín hiệu điều chế dải nền tổng hợp

Trong Hình 4-2 cho thấy phổ tín hiệu $m_i(t)$ được dịch chuyển xung quanh f_i . Các tần số f_i phải được chọn sao cho băng thông của các tín hiệu khác nhau không bị chồng chéo đáng kể. Nếu không, sẽ không thể phục hồi các tín hiệu ban đầu.

Ở phía thu, tín hiệu điều chế FDM được giải điều chế để truy xuất $m_b(t)$, sau đó được truyền qua n bộ lọc thông dải, mỗi bộ lọc thông dải có tần số trung tâm là f_i . Tín hiệu tổng hợp sẽ được tách thành các thành phần của nó. Mỗi thành phần sau đó được giải điều chế để phục hồi tín hiệu ban đầu.

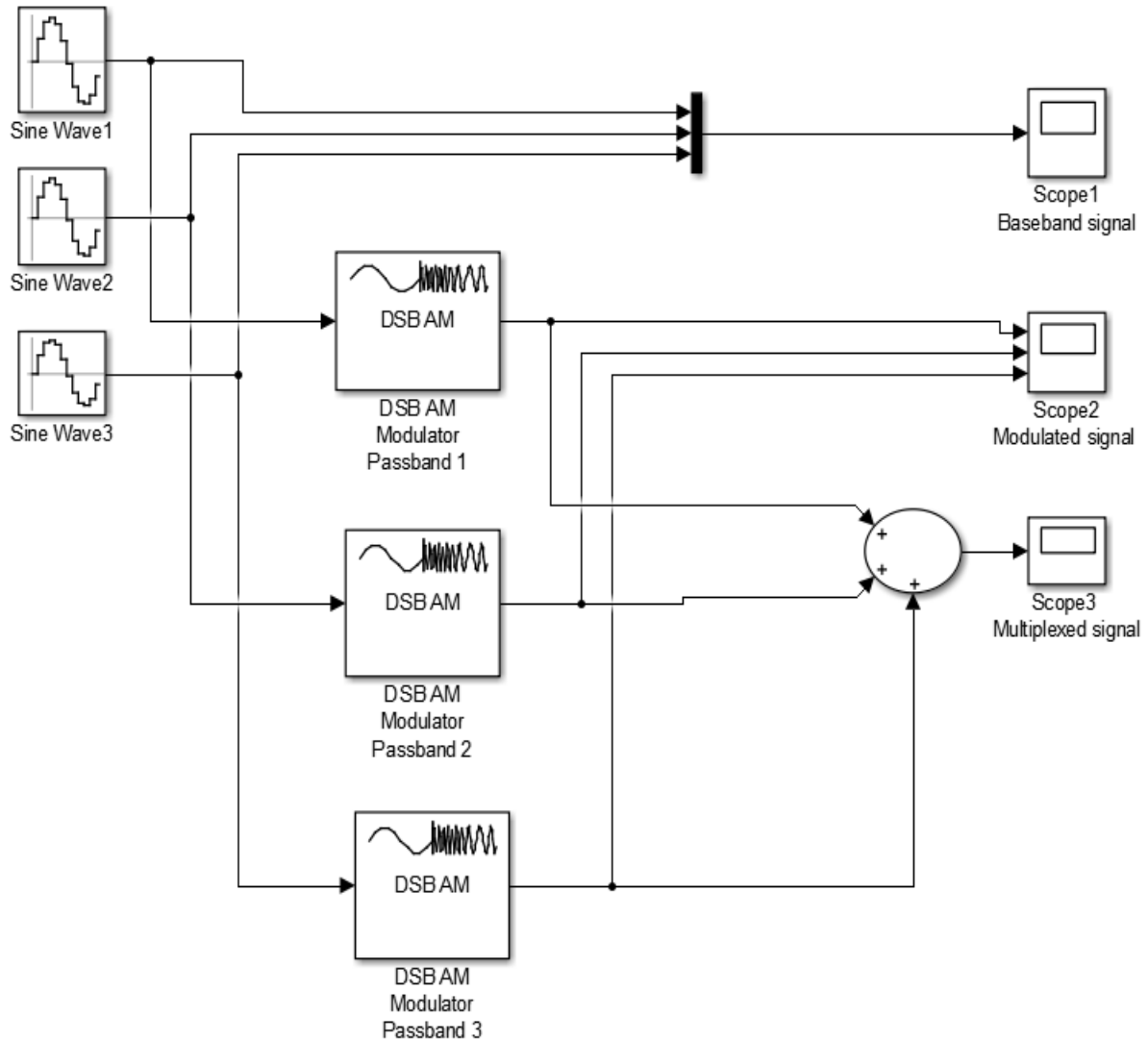


(c) Receiver

Hình 5-3: Sơ đồ nguyên lý bộ thu và tách kênh FDM

5.1.1 Mô hình bộ ghép kênh FDM sử dụng kỹ thuật điều chế AM.

Chúng ta có thể sử dụng Simulink để mô phỏng bộ ghép kênh FDM sử dụng kỹ thuật điều chế biên độ như sau:



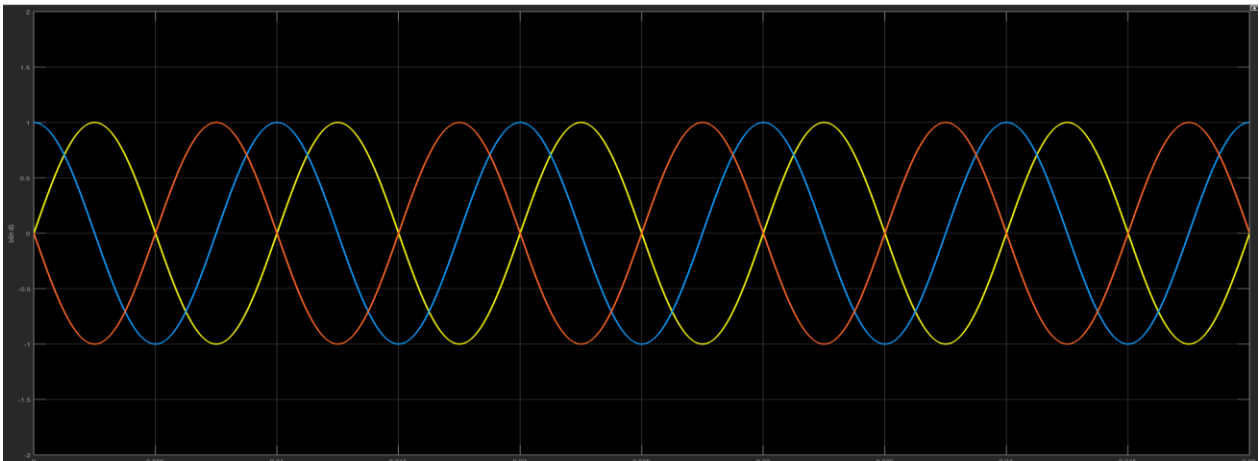
Hình 5-4: Mô hình Simulink bộ ghép kênh FDM sử dụng điều biên AM

Trong đó:

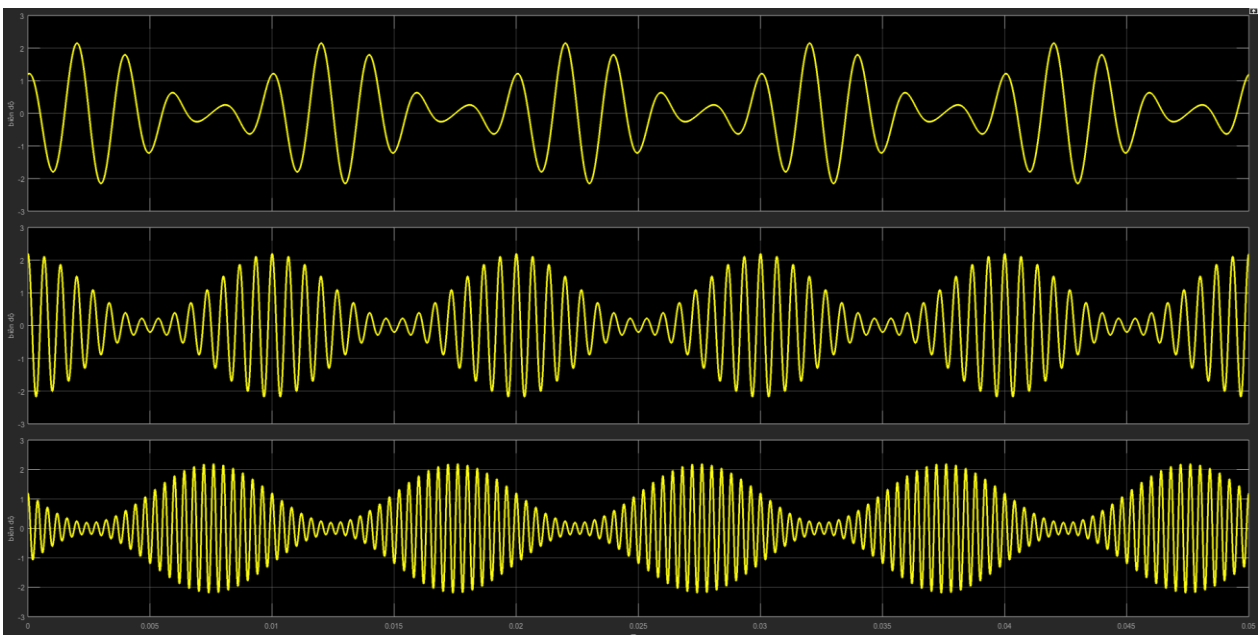
- Khối Sine wave: giả lập tín hiệu (mang dữ liệu) hình sin: $O(t) = A \cdot \sin(F \cdot t + \text{Phase})$
 - Biên độ sóng mang : $A = 1$, Tần số góc: $F = 200\pi \text{ rad/sec}$, $\text{Phase} = 0$
- Khối Sine wave1: giả lập tín hiệu (mang dữ liệu) hình sin: $O(t) = A \cdot \sin(F \cdot t + \text{Phase})$
 - Biên độ sóng mang : $A = 1$, Tần số góc: $F = 200\pi \text{ rad/sec}$, $\text{Phase} = \pi/2$
- Khối Sine wave2: giả lập tín hiệu (mang dữ liệu) hình sin: $O(t) = A \cdot \sin(F \cdot t + \text{Phase})$
 - Biên độ sóng mang : $A = 1$, Tần số góc: $F = 200\pi \text{ rad/sec}$, $\text{Phase} = \pi$

- Khối DSB AM Modulator Passband1: là bộ điều chế AM có tần số sóng mang 500 hz, input signal offset = 1.2 (thành phần DC), pha ban đầu = 0.
- Khối DSB AM Modulator Passband2: là bộ điều chế AM có tần số sóng mang 1500 hz, input signal offset = 1.2 (thành phần DC), pha ban đầu = 0.
- Khối DSB AM Modulator Passband3: là bộ điều chế AM có tần số sóng mang 2500 hz, input signal offset = 1.2 (thành phần DC), pha ban đầu = 0.
- Scope1 Baseband signal: biểu diễn 3 nguồn tín hiệu ban đầu trước khi ghép kênh.
- Scope2 Modulated signal: biểu diễn 3 kênh tín hiệu sau khi đã điều chế AM.
- Scope3 Multiplexed signal: biểu diễn tín tổng hợp FDM sau khi 3 kênh tín hiệu được cộng thành một tín hiệu duy nhất.

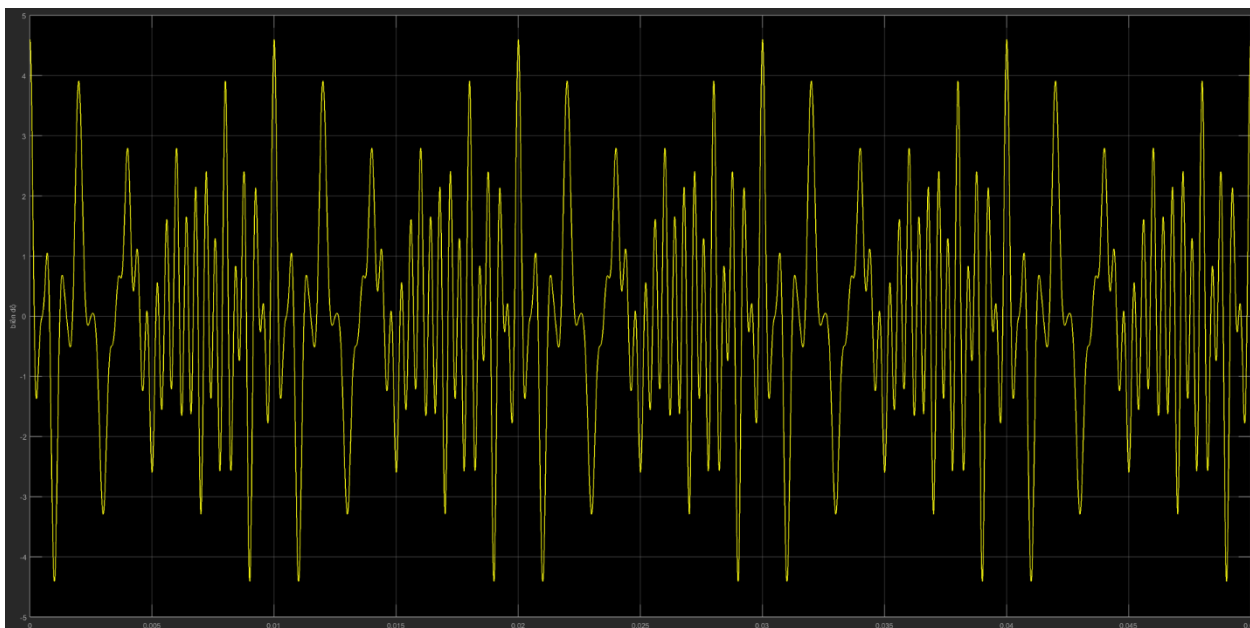
Kết quả mô phỏng như sau:



Hình 5-5: Biểu diễn 3 tín hiệu đầu vào

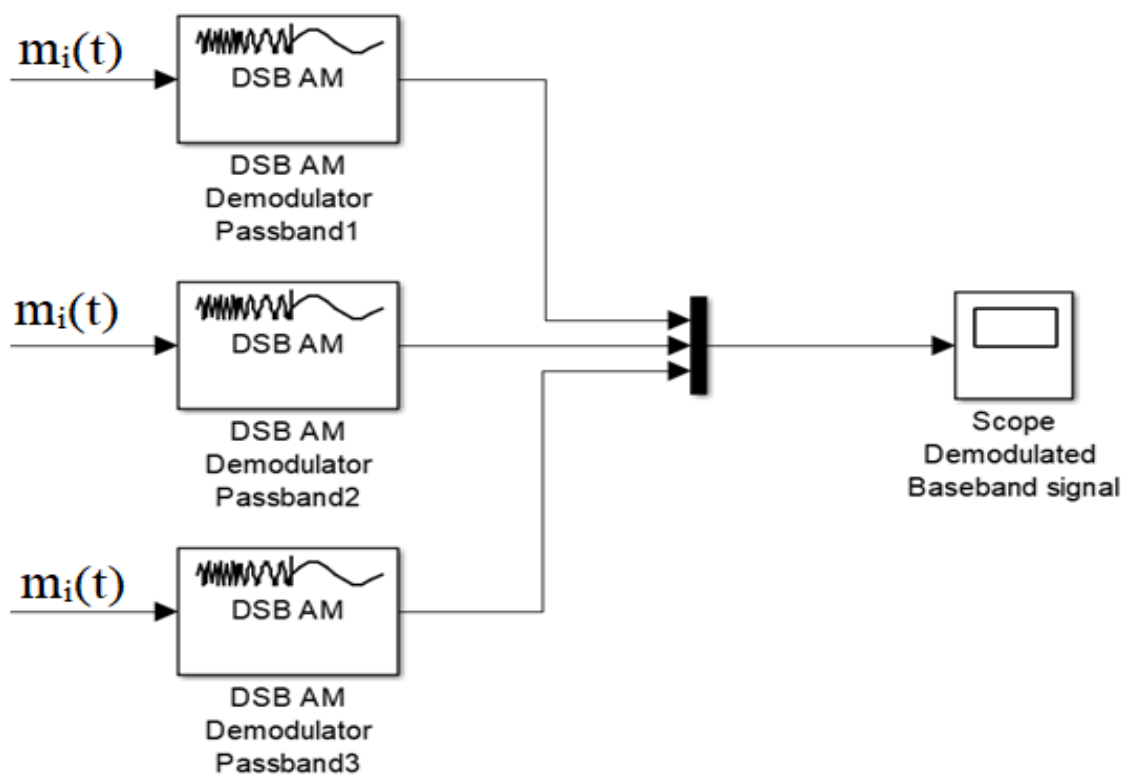


Hình 5-6: Ba tín hiệu điều chế AM tương ứng với 3 tín hiệu đầu vào



Hình 5-7: Biểu diễn tín hiệu tổng hợp sau ghép kênh ở đầu ra

Chúng ta có thể sử dụng mô hình sau để mô phỏng bộ tách kênh FDM sử dụng điều chế AM:

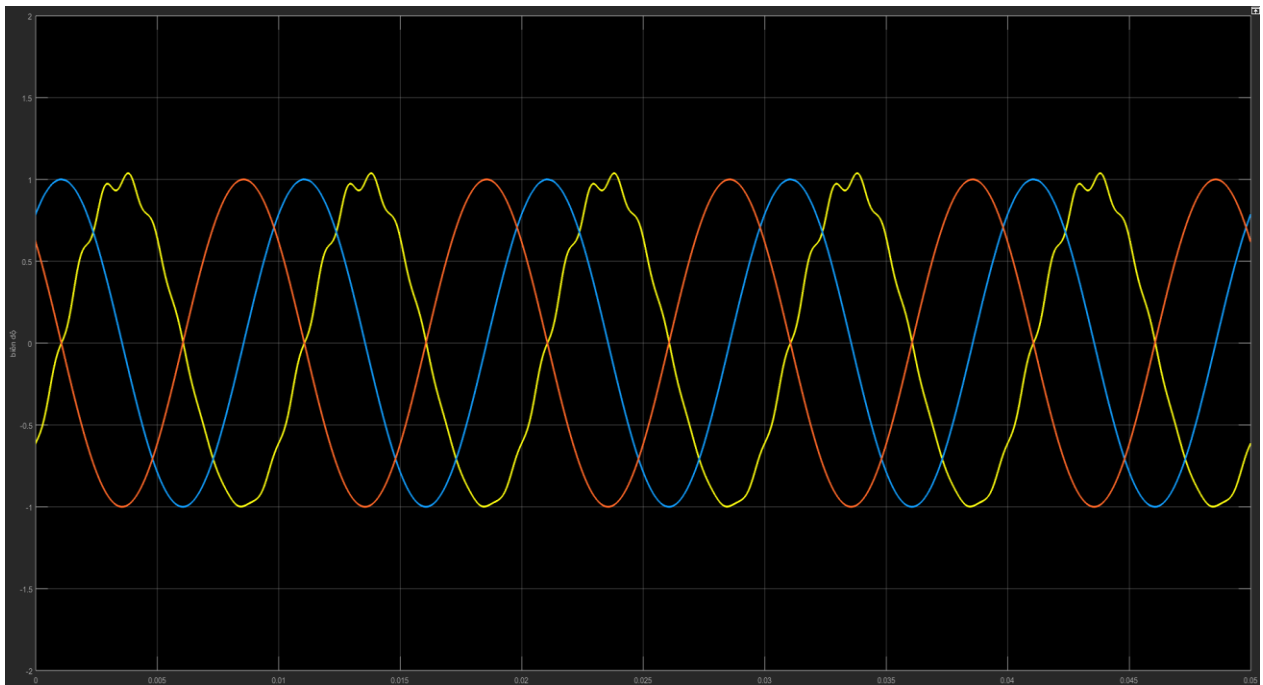


Hình 5-8: Mô hình Simulink bộ tách kênh FDM sử dụng điều biên AM

Trong đó:

- $m_i(t)$: tín hiệu thành phần sau khi tín hiệu tổng hợp ở đầu ra của bộ ghép kênh như Hình 4-4. đã qua bộ lọc thông dải.
- Khối DSB AM Demodulator Passband1: là bộ giải điều chế AM có tần số sóng mang 500 Hz, input signal offset = 1.2, pha ban đầu = 0, bộ lọc thông thấp sau khi giải điều chế AM là bộ lọc Butterworth có bậc lọc là 4 và tần số cắt là 400 Hz.
- Khối DSB AM Demodulator Passband2: là bộ giải điều chế AM có tần số sóng mang 1500 Hz, input signal offset = 1.2, pha ban đầu = 0, bộ lọc thông thấp sau khi giải điều chế AM là bộ lọc Butterworth có bậc lọc là 4 và tần số cắt là 400 Hz.
- Khối DSB AM Demodulator Passband1: là bộ giải điều chế AM có tần số sóng mang 2500 Hz, input signal offset = 1.2, pha ban đầu = 0, bộ lọc thông thấp sau khi giải điều chế AM là bộ lọc Butterworth có bậc lọc là 4 và tần số cắt là 400 Hz.
- Scope Demodulated Baseband signal: biểu diễn 3 nguồn tín hiệu (mang dữ liệu) sau khi đã tách kênh và lọc.

Kết quả mô phỏng như sau:



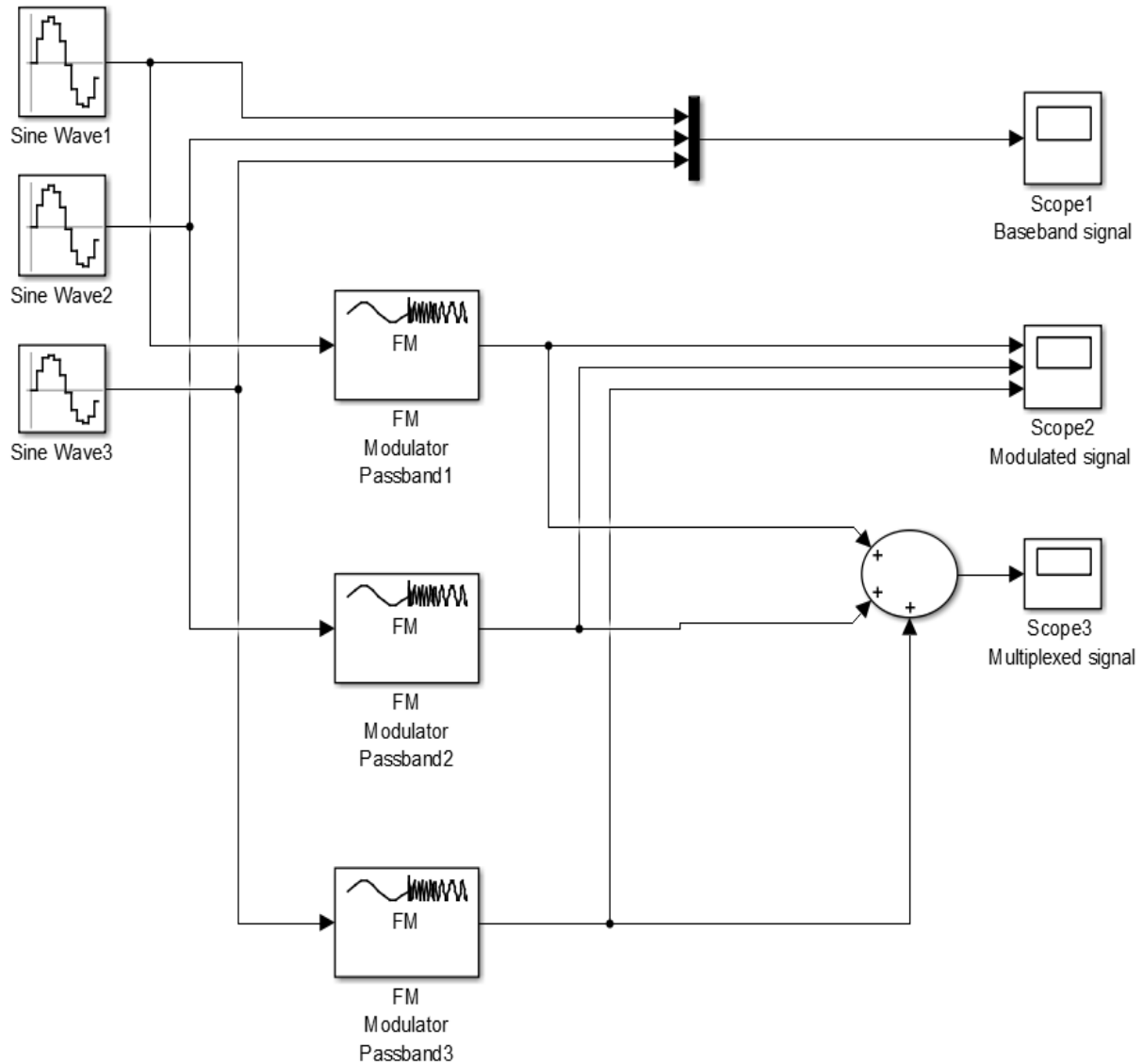
Hình 5-9: Biểu diễn 3 tín hiệu (mang dữ liệu) sau khi tách kênh

5.1.2 Mô hình bộ ghép kênh FDM sử dụng kỹ thuật điều chế FM

Chúng ta có thể sử dụng Simulink để mô phỏng bộ ghép kênh FDM sử dụng kỹ thuật điều chế tần số FM như sau:

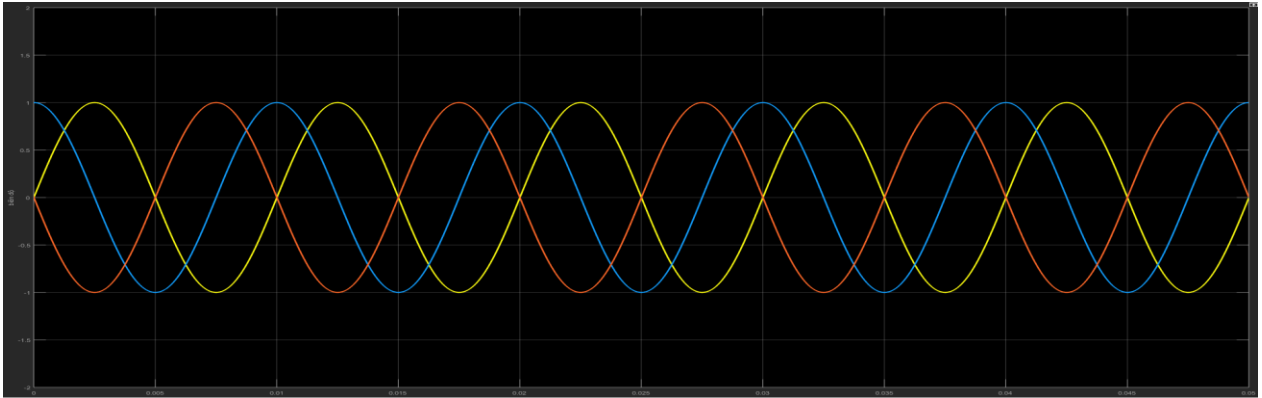
- Khối FM Modulator Passband1: là bộ điều chế FM có tần số sóng mang 1000 Hz, pha ban đầu = 0, độ dịch tần (Frequency Deviation) = 300 Hz.

- Khối FM Modulator Passband2: là bộ điều chế FM có tần số sóng mang 2000 Hz, pha ban đầu = 0, độ dịch tần (Frequency Deviation) = 300 Hz.
- Khối FM Modulator Passband1: là bộ điều chế FM có tần số sóng mang 3000 Hz, pha ban đầu = 0, độ dịch tần (Frequency Deviation) = 300 Hz.
- Scope1 Baseband signal, Scope2 Modulated signal, Scope3 Multiplexed signal: tương tự như đối với mô hình ghép kênh sử dụng kỹ thuật điều biên.

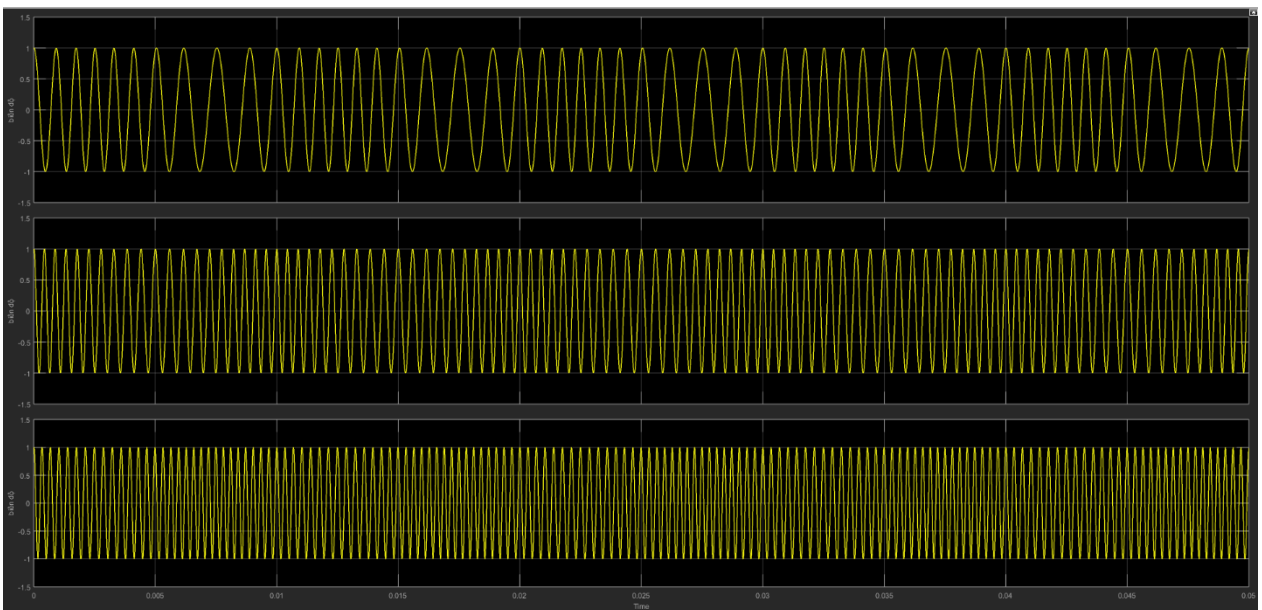


Hình 5-10: Mô hình Simulink bộ ghép kênh FDM sử dụng điều chế FM

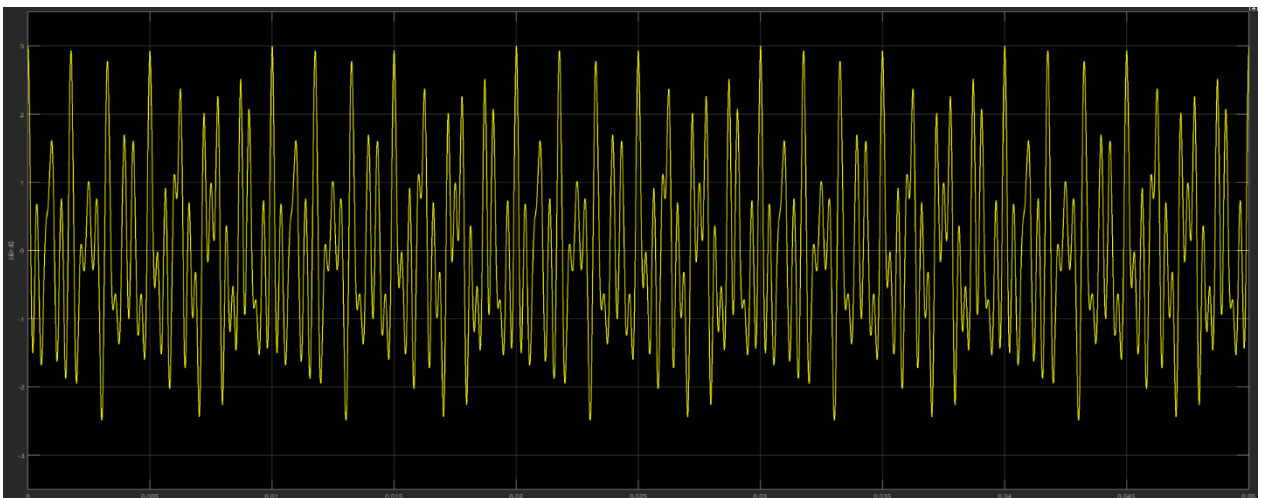
Kết quả mô phỏng như sau:



Hình 5-11: Biểu diễn 3 tín hiệu đầu vào

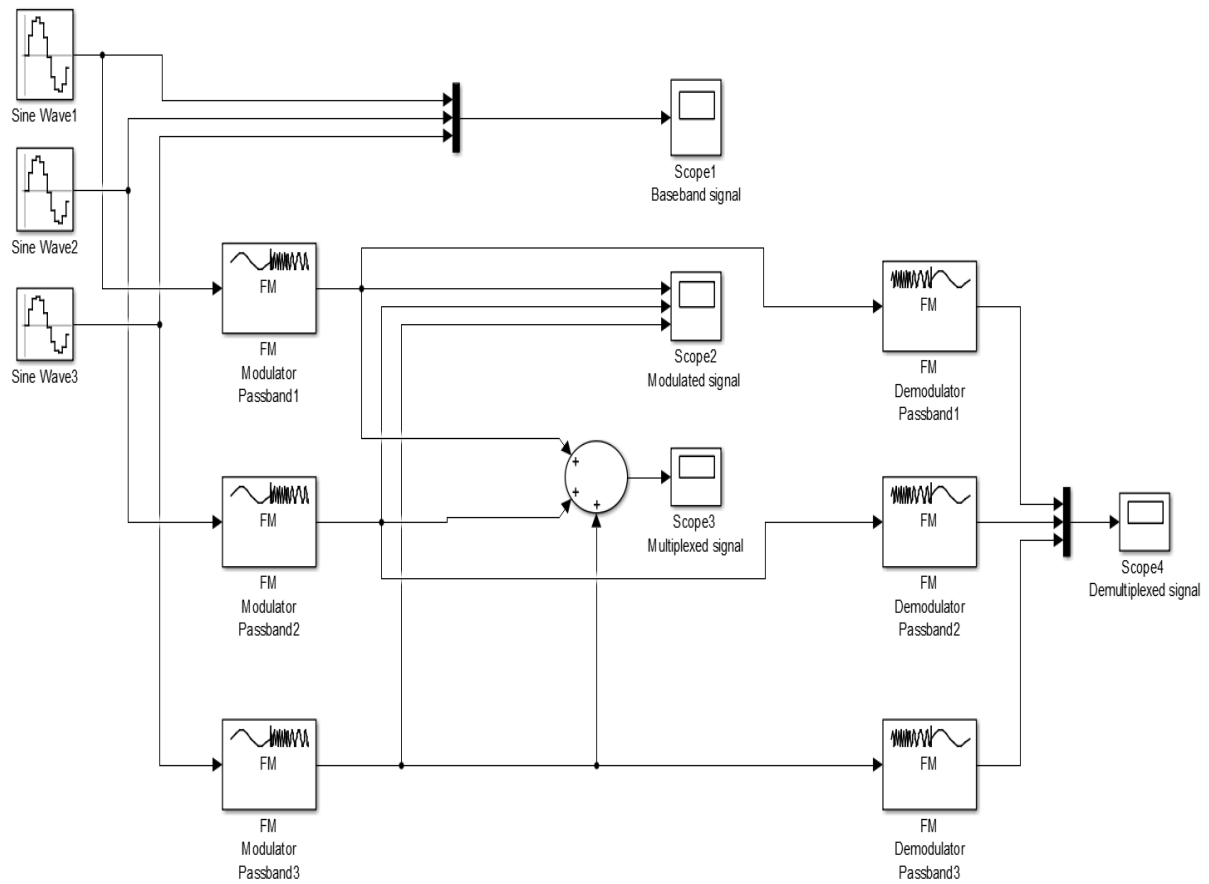


Hình 5-12: Ba tín hiệu điều chế FM tương ứng với 3 tín hiệu đầu vào



Hình 5-13: Biểu diễn tín hiệu tổng hợp sau ghép kênh ở đầu ra (FM)

Chúng ta có thể sử dụng mô hình sau để mô phỏng bộ tách kênh FDM sử dụng điều chế FM:

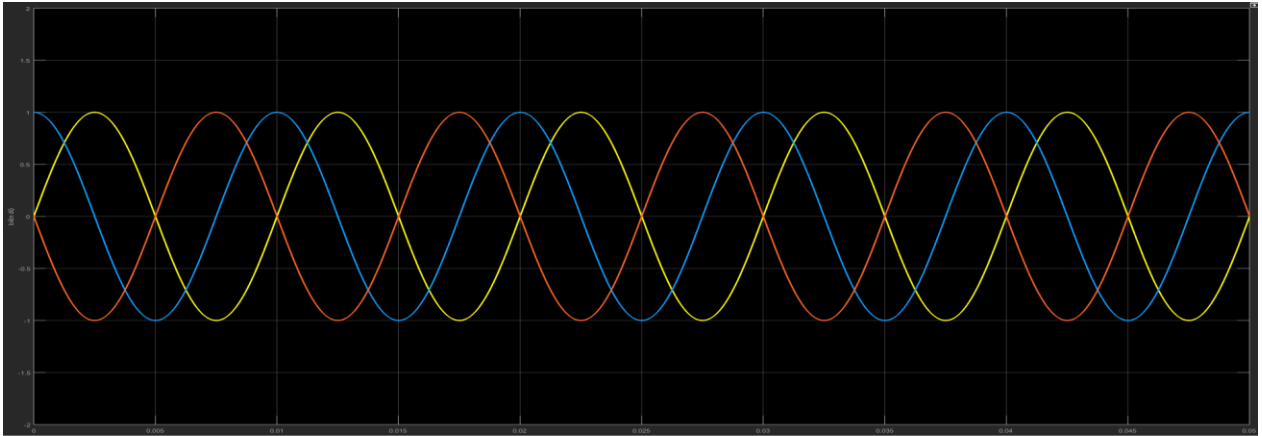


Hình 5-14: Mô hình Simulink bộ tách kênh FDM sử dụng điều tần FM

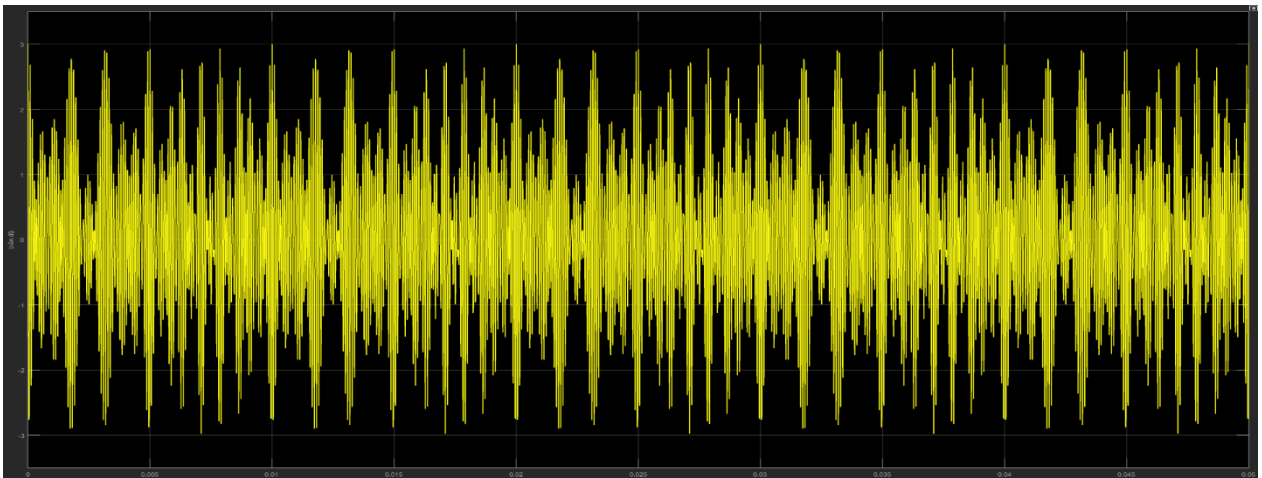
Trong đó:

- Các khối FM Modulator Passband1,2,3: là bộ điều chế FM có tần số sóng mang lần lượt là 10000 Hz, 11000 Hz, 12000 Hz pha ban đầu = 0, độ dịch tần (Frequency Deviation) = 300 Hz.
- Khối FM Demodulator Passband1: là bộ giải điều chế FM có tần số sóng mang 10000Hz, pha ban đầu = 0, độ dịch tần (Frequency Deviation) = 300 Hz, bộ lọc hilbert có bậc lọc = 100.
- Khối FM Demodulator Passband1: là bộ giải điều chế FM có tần số sóng mang 11000Hz, pha ban đầu = 0, độ dịch tần (Frequency Deviation) = 300 Hz, bộ lọc hilbert có bậc lọc = 100.
- Khối FM Demodulator Passband1: là bộ giải điều chế FM có tần số sóng mang 12000Hz, pha ban đầu = 0, độ dịch tần (Frequency Deviation) = 300 Hz, bộ lọc hilbert có bậc lọc = 100.

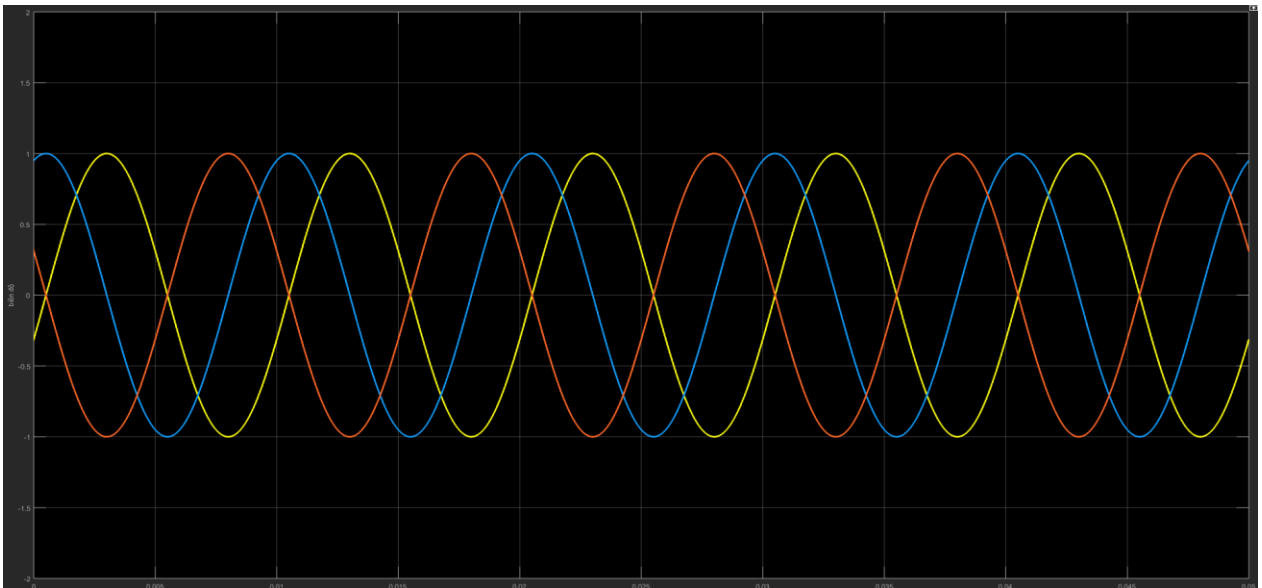
Kết quả mô phỏng như sau:



Hình 5-15: Biểu diễn 3 tín hiệu đầu vào



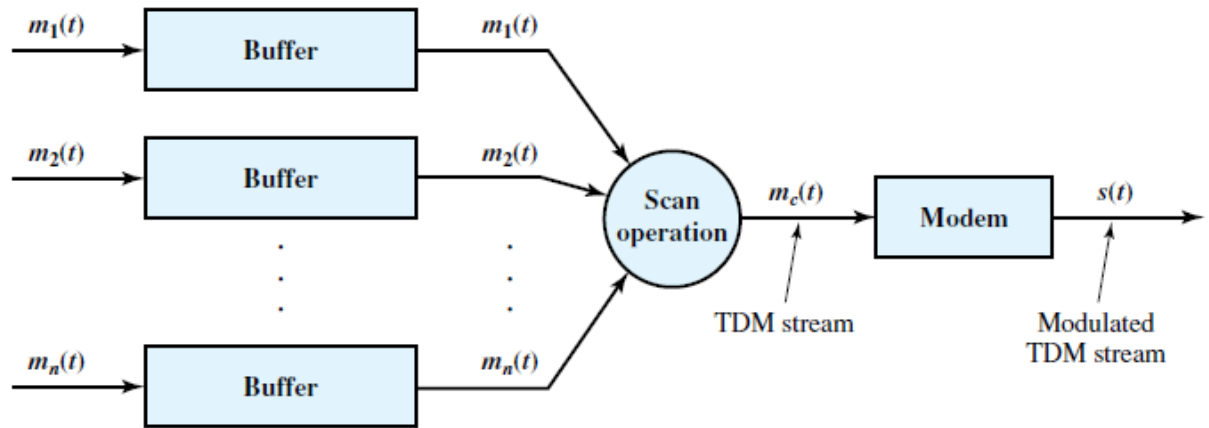
Hình 5-16: Biểu diễn tín hiệu tổng hợp sau ghép kênh FM ở đầu ra



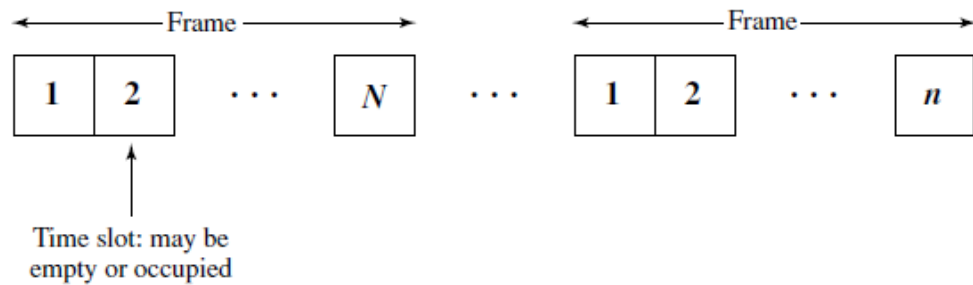
Hình 5-17: Biểu diễn 3 tín hiệu mang dữ liệu sau khi tách kênh FM

5.2 Ghép kênh đồng bộ phân chia theo thời gian TDM

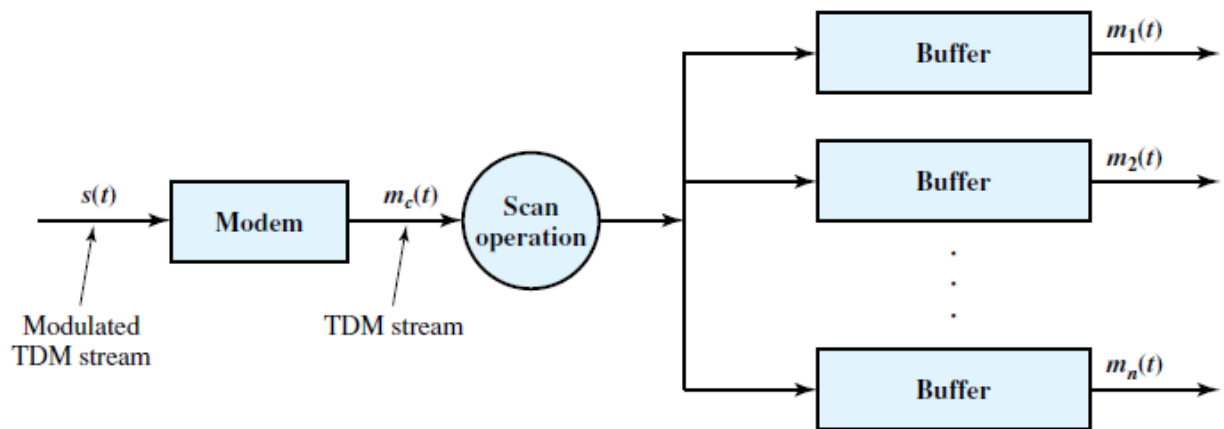
Kỹ thuật ghép kênh đồng bộ phân chia theo thời gian TDM (Synchronous time division multiplexing) yêu cầu tốc độ đường truyền phải lớn hơn tổng của tốc độ tất cả các tín hiệu cần ghép kênh. Ví dụ chúng ta cần ghép kênh TDM đồng bộ cho 6 tín hiệu, mỗi tín hiệu có tốc độ dữ liệu là 9.6 kbps. Như vậy, về mặt lý thuyết đường truyền cần phải có tốc độ ít nhất là 57.6 kbps để có thể ghép được 6 tín hiệu này.



(a) Transmitter



(b) TDM frames



(c) Receiver

Hình 5-18: Mô hình hoạt động của hệ thống ghép kênh đồng bộ phân chia theo thời gian

Ở hình 4.18a, giả sử n tín hiệu cần ghép kênh trên đường truyền $[m_i(t), i = 1, n]$. Dữ liệu của từng nguồn tín hiệu đầu tiên sẽ được lưu trữ trong bộ nhớ đệm của từng tín hiệu. Mỗi bộ nhớ đệm có độ lớn thông thường là 1 bit. Sau đó, những bộ nhớ đệm này sẽ được quét lần lượt để tạo thành tín hiệu $m_c(t)$. Tốc độ quét cần phải đủ nhanh để làm trống bộ đệm của mỗi tín hiệu trước khi có dữ liệu đến bộ đệm. Do vậy, tốc độ của $m_c(t)$ ít nhất sẽ bằng tổng của các tín hiệu $m_i(t)$ thành phần.

Tín hiệu số $m_c(t)$ có thể được truyền ngay cho bên nhận hoặc sử dụng modem để điều chế thành tín hiệu tuần tự và sau đó sẽ được truyền đi.

Dữ liệu được truyền đi sẽ có dạng như hình 4.18b và được tổ chức thành **frames**. Mỗi frame sẽ chứa một số **time slot**, mỗi time slot sẽ có độ dài bằng với độ lớn của bộ nhớ đệm (1 bit). Ở mỗi frame có thể có 1 hoặc nhiều slot cho mỗi nguồn tín hiệu. Dãy các slot truyền tải một nguồn tín hiệu (từ frame này sang frame khác) được gọi là **channel**.

Ở phía nhận (hình 4.18c) dữ liệu sẽ được tách ra về từng nguồn nhận tương ứng. Đối với từng nguồn truyền $m_i(t)$ sẽ có tương ứng nguồn nhận (có cùng tốc độ dữ liệu với nguồn truyền).

Ghép kênh đồng bộ ở đây mang ý nghĩa là những time slot sẽ được gán trước và không thay đổi cho mỗi nguồn. Time slot cho mỗi nguồn sẽ được giữ cho nguồn đó dù cho tại thời điểm đó nguồn có dữ liệu truyền hay là không. Điều này sẽ dẫn đến sự lãng phí băng thông. Trong thực tế, để giảm bớt sự lãng phí này, những nguồn tín hiệu có tốc độ lớn hơn sẽ được phân chia nhiều time slot hơn các nguồn tín hiệu có tốc độ nhỏ hơn để tận dụng tối đa các time slot giành cho từng nguồn.

Đoạn mã nguồn Matlab dưới đây sẽ minh họa cho mô hình ở hình 4.18.

```
clc;
close all;
clear all;

x=0:.5:4*pi;
sig1=8*sin(x);
l=length(sig1);
sig2=8*triang(l);

subplot(2,2,1);
plot(sig1);
title('Sinusoidal Signal');
ylabel('Amplitude--->');
```

```

xlabel('Time--->');
subplot(2,2,2);
plot(sig2);
title('Triangular Signal');
ylabel('Amplitude--->');
xlabel('Time--->');

subplot(2,2,3);
stem(sig1);
title('Sampled Sinusoidal Signal');
ylabel('Amplitude--->');
xlabel('Time--->');
subplot(2,2,4);
stem(sig2);
title('Sampled Triangular Signal');
ylabel('Amplitude--->');
xlabel('Time--->');
l1=length(sig1);
l2=length(sig2);
for i=1:l1
    sig(1,i)=sig1(i);
    sig(2,i)=sig2(i);
end

tdmsig=reshape(sig,1,2*l1);

figure
stem(tdmsig);
title('TDM Signal');
ylabel('Amplitude--->');
xlabel('Time--->');

```

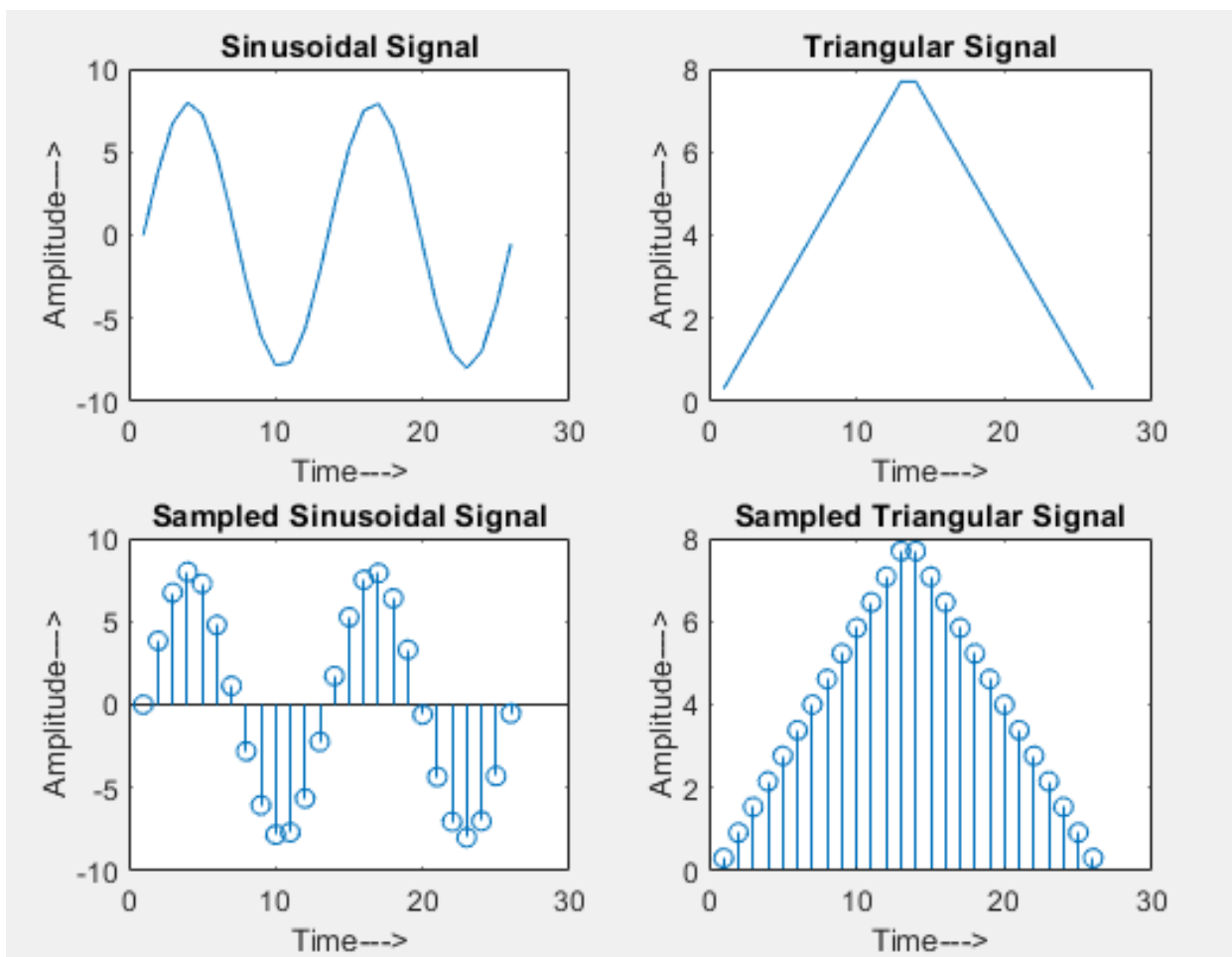
```

demux=reshape(tdmsig,2,11);
for i=1:11
    sig3(i)=demux(1,i);
    sig4(i)=demux(2,i);
end

figure
subplot(2,1,1)
plot(sig3);
title('Recovered Sinusoidal Signal');
ylabel('Amplitude--->');
xlabel('Time--->');
subplot(2,1,2)
plot(sig4);
title('Recovered Triangular Signal');
ylabel('Amplitude--->');
xlabel('Time--->');

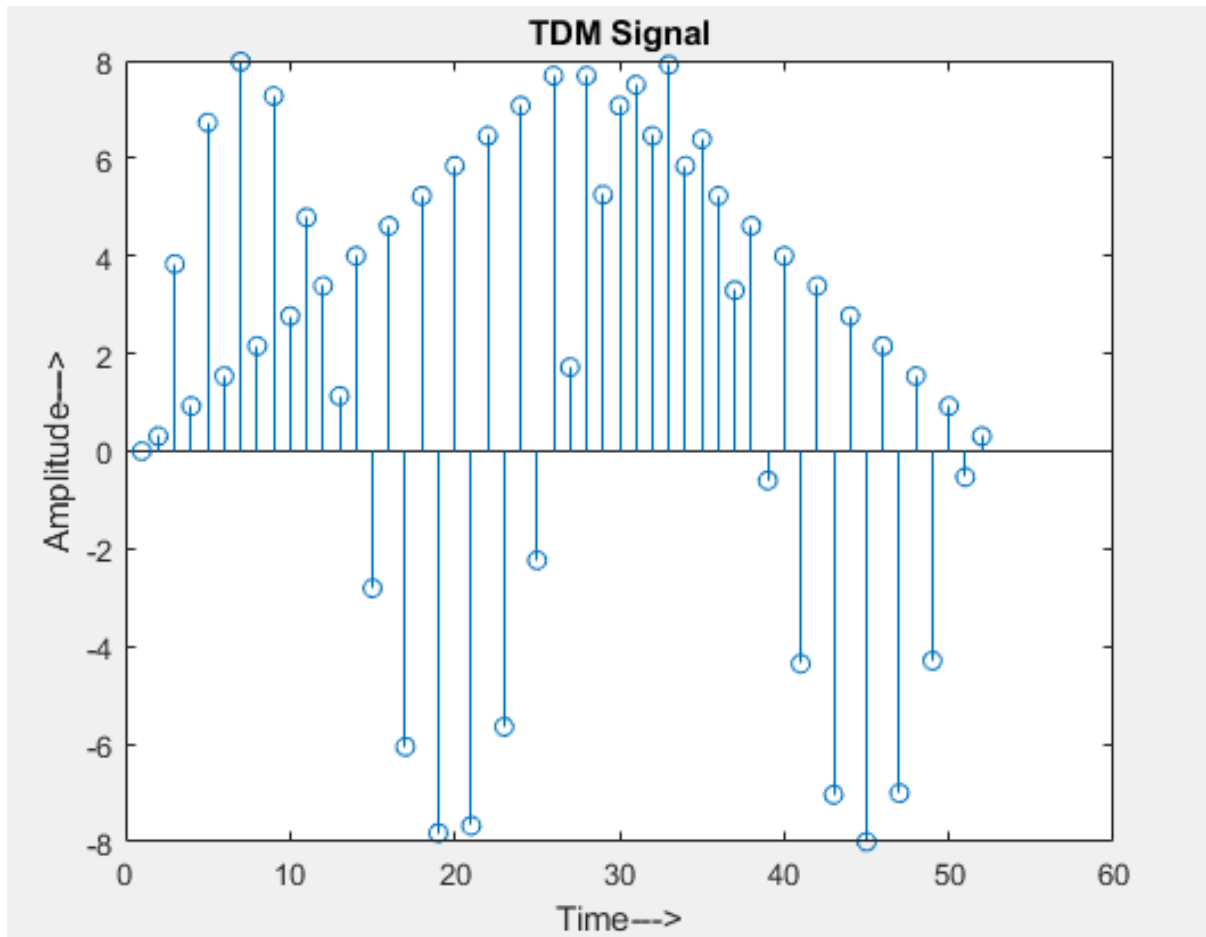
```

Ở ví dụ này, chúng ta sẽ tiến hành ghép kênh hai tín hiệu: một tín hiệu hình sin và một tín hiệu triangular như hình dưới. Trong đó, hai tín hiệu tuần tự này sẽ được lấy mẫu dựa vào hàm *stem(signal)* của Matlab.



Hình 5-19: Tín hiệu đầu vào sử dụng để ghép kênh đồng bộ theo TDM

Sau đó, dữ liệu sẽ được tổng hợp thông qua việc ghép kênh TDM để cho ra kết quả như hình 4.20 bên dưới.

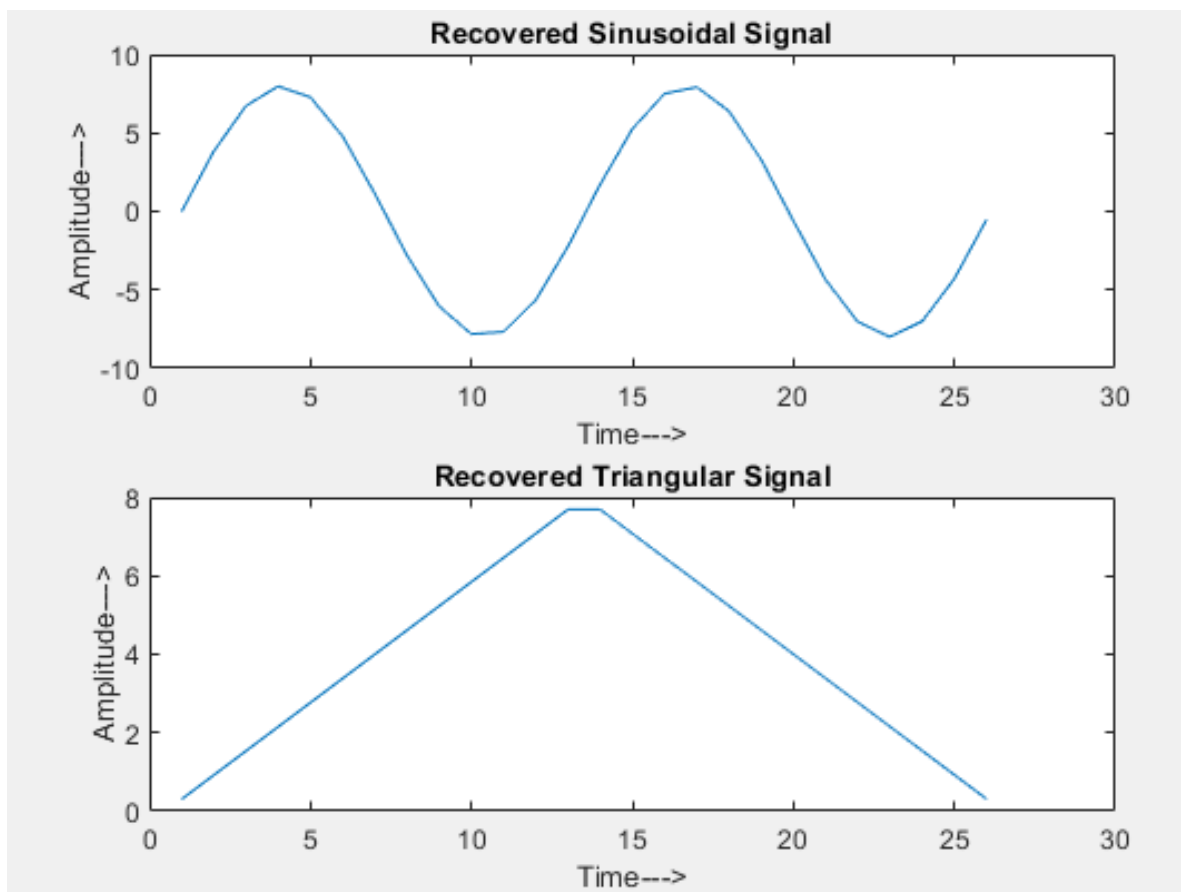


Hình 5-20: Tín hiệu tổng hợp sử dụng ghép kênh đồng bộ theo TDM

Chúng ta có thể thấy rõ sự xen kẽ lẫn nhau (chiếm từng time slot) của hai tín hiệu nguồn ở tín hiệu đồng bộ TDM, việc này được thực hiện dựa vào việc đọc bộ nhớ đệm lần lượt của từng nguồn như đã được mô tả ở mô hình 4.18a và được minh họa bằng đoạn mã nguồn sau đây:

```
for i=1:11
    sig(1,i)=sig1(i);
    sig(2,i)=sig2(i);
end
```

Tiếp theo đó, tín hiệu này sẽ được truyền sang cho bên nhận và được giải mã lại thành dạng tín hiệu ban đầu để chuyển tới từng nguồn nhận tương ứng như ở hình 4.20.



Hình 5-21: Dữ liệu được chia ra về từng nguồn nhận tương ứng

BÀI TẬP

- 1) Cho biết còn bao nhiêu dạng điều chế AM có thể dùng để ghép kênh? (1 điểm)
- 2) Thực hiện mô hình ghép kênh dùng kỹ thuật điều biên DSBSC (DSB Suppressed carrier AM) với 4 kênh data tự chọn có tần số 50Hz và 4 pha khác nhau. (2 điểm)
- 3) Thực hiện mô hình ghép, tách kênh dùng kỹ thuật điều tần FM với 5 kênh data tự chọn có tần số 20Hz và 5 pha khác nhau. (lưu ý tần số sóng mang của bộ giải điều chế phải lớn hơn 10% tần số lấy mẫu của nguồn tín hiệu đầu vào). (2 điểm)
- 4) Ở ví dụ của hình 4.20, mô hình ghép kênh đang chia đều time slot cho từng tín hiệu. Dựa trên mã nguồn đã có, phân chia time slot cho hai tín hiệu trên (sine – triangular) theo tỷ lệ 3 : 1 ở phía gửi và tách kênh theo đúng tỷ lệ để cho ra tín hiệu nguồn ban đầu. (5 điểm)