

Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Veri İletişimi 2015-2016 Güz Dönemi Final Sınavı (5 Ocak 2016)

1) 1101011010 bit dizisinin **NRZ-I**, **Farksal Manchester** ve **AMI** kodlama tekniklerinde sinyal kodlarını çiziniz.
Not: Başlangıç durumu gerektiren tekniklerde +V seviyesinden başlayabilirsiniz. (10 puan)

2) $G(x)=x^7+x^5+x^3+x+1$ üreteç fonksiyonunu kullanarak **10011101011** veri biti dizisine karşılık düşen **CRC** katarını bulup, göndericinin alıcıya ilettiği bit dizisini yazınız. İletilen bit dizisinin alıcıya gönderilirken 3. ve 7. veri bitlerinin bozulması durumunda alıcının hatayı algılayabilmesi için ne tür işlemler yaptığını maddeler halinde belirleyiniz. (20 puan)

3) **RS-232** bağlantı arayüz standardına göre iki bilgisayar arasında **10010111 00101101 10011110** veri bitleri sırasıyla 2 bit ve 5 bit boşluk süreleri kullanılarak asenkron bir şekilde 56000 bit/sn, 8 veri biti, 1 parity biti (even), 2 stop biti bağlantı parametreleri ile bit dizisi olarak gönderilmektedir. (20 puan)

- Yukarıda verilen bit dizisini temsil eden fiziksel ortam (kablo) sinyalini, başlangıç bitini de dikkate alarak RS-232 arayüz standardına göre çiziniz.
- İletimin ne kadar süre içerisinde tamamlandığını bulunuz.
- Bu seri hat üzerinden iletebilen bit hızını ve veri hızını bulunuz.

4) **ADSL DMT** frekans spektrumunda, her biri **4000 Hz** (standarttaki değeri 4.3125 KHz'dir, işlem kolaylığı için 4000 Hz tercih edilmiştir) bant genişliğine sahip ilk 6 kanal ses iletimine, sonraki 32 kanal upstream iletimine ve geri kalan 218 kanal da downstream iletimine tahsis edilmiştir. Sembol başına düşen bit sayısı, farklı kanallarda farklı modülasyon tekniklerinin kullanımına ihtiyaç duymasından dolayı (sinyal zayıflaması nedeniyle) değişken değerlere sahip olabilir. (30 puan)

Bunlara bağlı olarak;

- a) **Upstream**'de genel modülasyon için ayrılan 2 kanal haricindeki ilk 10 kanaldaki SNR değeri 65535, diğerleri için SNR değeri 16383 ise, kanalları verilen SNR değerine göre modüle edilebilecek maksimum modülasyon tekniğini bulunuz ve bu yapıya göre maksimum toplam upstream bit hızını bulunuz.
- b) **Downstream**'de genel modülasyon için ayrılan 2 kanal haricindeki ilk 26 kanaldaki SNR değeri 16383, diğerleri için SNR değeri 4097 ise, kanalları verilen SNR değerine göre modüle edilebilecek maksimum modülasyon tekniğini bulunuz ve bu yapıya göre maksimum toplam downstream bit hızını bulunuz.
- c) Yukarıdaki maddelerde verilenlere göre **FDM** kullanarak gerçekleştirilen DMT modülasyon tekniği için ADSL frekans spektrumunu ve bütün sistem konfigürasyonunu çiziniz.

5) Bir **TDMA** ve **FDMA**'nın beraber kullanılmak istendiği bir iletişim sistemi tasarlanmak isteniyor. Bu iletişim sistemi özellikleri aşağıda sıralanmıştır. (30 puan)

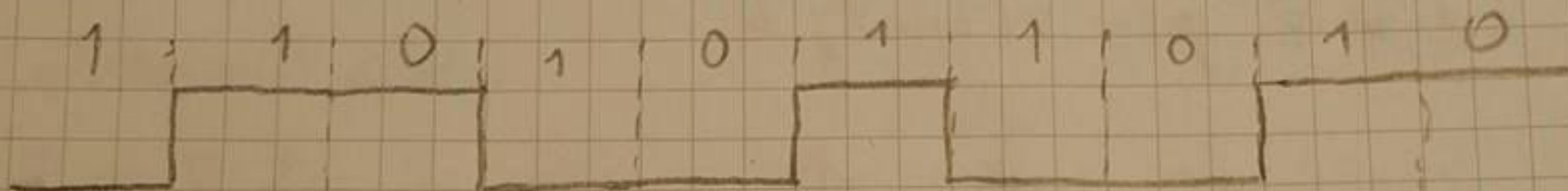
- 0-750 KHz frekans aralığı gönderim yönünde, 750-1500 KHz frekans aralığı ise alım yönünde 5 farklı kanal için full-duplex iletim modunda FDMA olarak kullanılmak istenmektedir.
- Her bir veri kanalını 10 farklı cep telefonu kullanıcısı zaman düzleminde (TDMA) paylaşmaktadır. Her bir cep telefonu kullanıcısı için kabul edilen bant genişliği 3 KHz'dir. Sayısallaştırma noktasında sadece **PCM** kullanılmakta ve her bir örnek 8 bit ile temsil edilmektedir. Ayrıca her bir TDM çerçevesine ek kontrol biti olarak 20 bit ilave edilmektedir.

Yukarıda verilen bilgilere bağlı olarak;

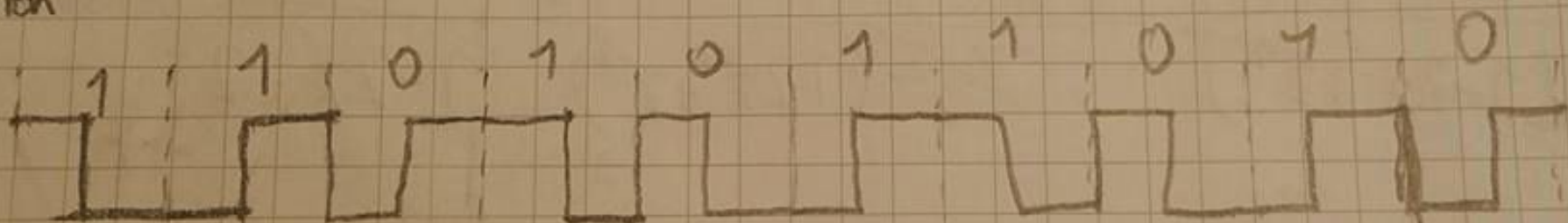
- TDMA-FDMA sisteminin tasarımını yapınız ve şeklini çiziniz (çizimde sadece gönderme yönünü dikkate alınız).
- TDM çerçevesinin boyutunu ve çıkış bit hızını bulunuz.
- Sayısal verinin tanımlanan frekans bandından iletebilmesi için kullanılması gereken modülasyon tekniğini belirleyiniz.
- Tasarlanan sistemin desteklediği kullanıcı sayısını bulunuz.

① 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0

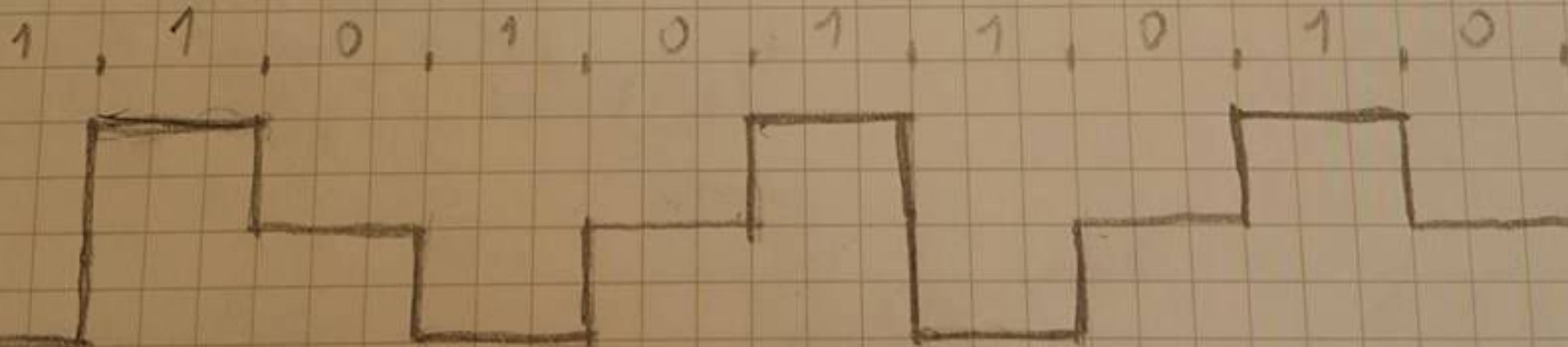
NRZ-I



D-Mon



AMI



5 Ocak 2016 - Final S.2

$$G(x) = x^7 + x^5 + x^3 + x + 1$$

$$\text{Veri} = 10011101011$$

CRC ?

→ (Veri) · x^7 olmalı:

$$(x^{10} + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1) \cdot x^7 = x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7$$

$$\begin{array}{r} x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 \\ \textcircled{1} \quad x^{17} + x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^{10} \\ \hline x^{15} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^8 + x^7 \end{array} \quad \begin{array}{r} x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \end{array}$$

$$\textcircled{2} \quad x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^9 + x^8$$

$$\textcircled{3} \quad x^{14} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7$$

$$\textcircled{4} \quad x^{13} + x^{10} + x^9 + x^8$$

$$\textcircled{5} \quad x^{13} + x^{11} + x^9 + x^7 + x^6$$

$$\textcircled{6} \quad x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^6$$

$$\textcircled{7} \quad x^{11} + x^9 + x^7 + x^5 + x^4$$

$$\textcircled{8} \quad x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^4$$

$$\textcircled{9} \quad x^{10} + x^8 + x^6 + x^4 + x^3$$

$$\textcircled{10} \quad x^9 + x^5 + x^3$$

$$\textcircled{11} \quad x^9 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2$$

$$\textcircled{12} \quad x^7 + x^2$$

$$\textcircled{13} \quad x^7 + x^5 + x^3 + x + 1$$

$$\textcircled{14} \quad x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\textcircled{15} \quad x^5 + x^3 + x^2 + x + 1 \rightarrow \text{CRC (101111)}$$

Göndericinin alıcuya ilettiği;

$$\underbrace{x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7}_{\text{Veri}} + \underbrace{x^5 + x^3 + x^2 + x + 1}_{\text{CRC}}$$

$$\Rightarrow 100111010110 \underline{101111}$$

$$\begin{array}{r} x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1 \\ \textcircled{1} \quad x^{17} + x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^{10} \\ \hline x^{15} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \end{array}$$

$$\textcircled{2} \quad x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^9 + x^8$$

$$\textcircled{3} \quad x^{14} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\textcircled{4} \quad x^{14} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7$$

$$\textcircled{5} \quad x^{12} + x^{10} + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\textcircled{6} \quad x^{12} + x^{11} + x^9 + x^7 + x^6$$

$$\textcircled{7} \quad x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\textcircled{8} \quad x^{11} + x^9 + x^7 + x^5 + x^4$$

$$\textcircled{9} \quad x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\textcircled{10} \quad x^{10} + x^9 + x^6 + x^4 + x^3$$

$$\textcircled{11} \quad x^9 + x^2 + x + 1$$

$$\textcircled{12} \quad x^9 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2$$

$$\textcircled{13} \quad x^7 + x^5 + x^3 + x + 1$$

$$\textcircled{14} \quad x^7 + x^5 + x^3 + x + 1$$

0

→ iletimde hata olmadığı takdirde kalan "0" olacaktır.

$$10011101011010111$$

↑ ↑

⇒ 3. ve 7. bitler bozulursa kalan sıfırdan farklı çıkar.

Başlık biti:	0	-	1
Dur biti:	1	-	0
Bosluk biti:	1	-	0

* Başlık ve Dur biti her zaman birbirinin tersidir
 * Dur biti ile Bosluk biti her zaman birbirinin aynıdır.

→ İkisinin birini kullanıyoruz.

Parity biti:

* Odd (Tek) ise:

$$[\text{Veri bitlerinin toplamı}] + [\text{Parity biti}] = \text{Tek olmalıdır}$$

* Even (Çift) ise:

$$[\text{Veri bitlerinin toplamı}] + [\text{Parity biti}] = \text{Çift olmalıdır}$$

Soru : RS-232 bağlantı arayüz standardına göre iki bilgisayar arasında 10010111 00101101 10011110 veri bitleri sırasıyla 2 bit ve 5 bit boşluk süreleri kullanılarak asenkron bir şekilde 56000 bit/sn, 8 veri biti, 1 parity biti (even), 2 stop biti bağlantı parametreleri ile bit dizisi olarak gönderilmektedir. (20 puan)

- Yukarıda verilen bit dizisini temsil eden fiziksel ortam (kablo) sinyalini, başlangıç bitini de dikkate alarak RS-232 ara yüz standardına göre çiziniz.
- İletimin ne kadar süre içerisinde tamamlandığını bulunuz.
- Bu seri hat üzerinden iletilebilen bit hızını ve veri hızını bulunuz.

Çözüm :

a)

Birinci veri biti için

Başlangıç	Veri Biti	Parity	Stop Biti
1	10010111	1	00

İkinci veri biti için

Başlangıç	Veri Biti	Parity	Stop Biti
1	00101101	0	00

Üçüncü veri biti için

Başlangıç	Veri Biti	Parity	Stop Biti
1	10011110	1	00

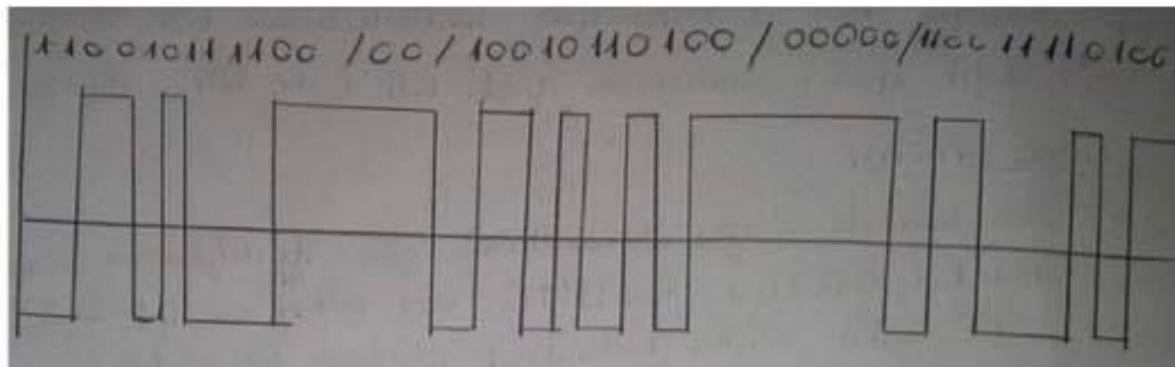
Sonuç olarak

110010111100 00 100101101000 00000 110011110100 elde edilir.

2 Bit Boşluk

5 Bit Boşluk

NRZ-L kodlama tekniğine göre sinyal kodlarını çizelim.



b) Boşluk bitleri alındığı takdirde,

1 sn 56000 bit

x sn 43 bit

İletim süresi $x = 0,767 \cdot 10^{-3}$ sn elde edilir.

c)

- Bu seri hat üzerinden iletilebilen bit hızını bulalım.

$$\begin{array}{r} 43 \text{ bit} \quad 24 \text{ bit} \\ 56000 \text{ bit} \quad x \text{ bit} \\ \hline x = 31255 \text{ bit / sn elde edilir.} \end{array}$$

- Bu seri hat üzerinden iletilebilen veri hızını bulalım. NRZ-L kodlama tekniğinde 1 sinyal 1 bit ile temsil edildiğinden,

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} \cdot N \cdot \frac{1}{r} \\ 5600 &= \frac{1}{2} \cdot N \cdot \frac{1}{1} \\ 5600 &= \frac{N}{2} \\ N &= 2 \cdot 5600 \\ N &= 11200 \text{ bit / sn elde edilir.} \end{aligned}$$

A) upstream için
ilk 10 kanal için

$$C = 4000 \times \log_2 (65535 + 1)$$

$$\rightarrow \underline{65536 \text{ QAM}}$$

$$C = 4000 \times \log_2 2^{16}$$

$$C = 64 \text{ Kbps}$$

Geride kalan 20 kanal için

$$C = 4000 \times \log_2 (16383 + 1) \rightarrow \underline{16384 \text{ QAM}}$$

$$C = 4000 \times \log_2 2^{14}$$

$$C = 56 \text{ Kbps}$$

Toplam upstream bit hızı $64 + 56 = 120 \text{ Kbps}$

B) DownStream için

26 kanal için

$$C = 4000 \times \log_2 (16383 + 1) \rightarrow \underline{16384 \text{ QAM}}$$

$$C = 4000 \times \log_2 2^{14}$$

$$C = 56 \text{ Kbps}$$

Geride kalan 120 kanal için

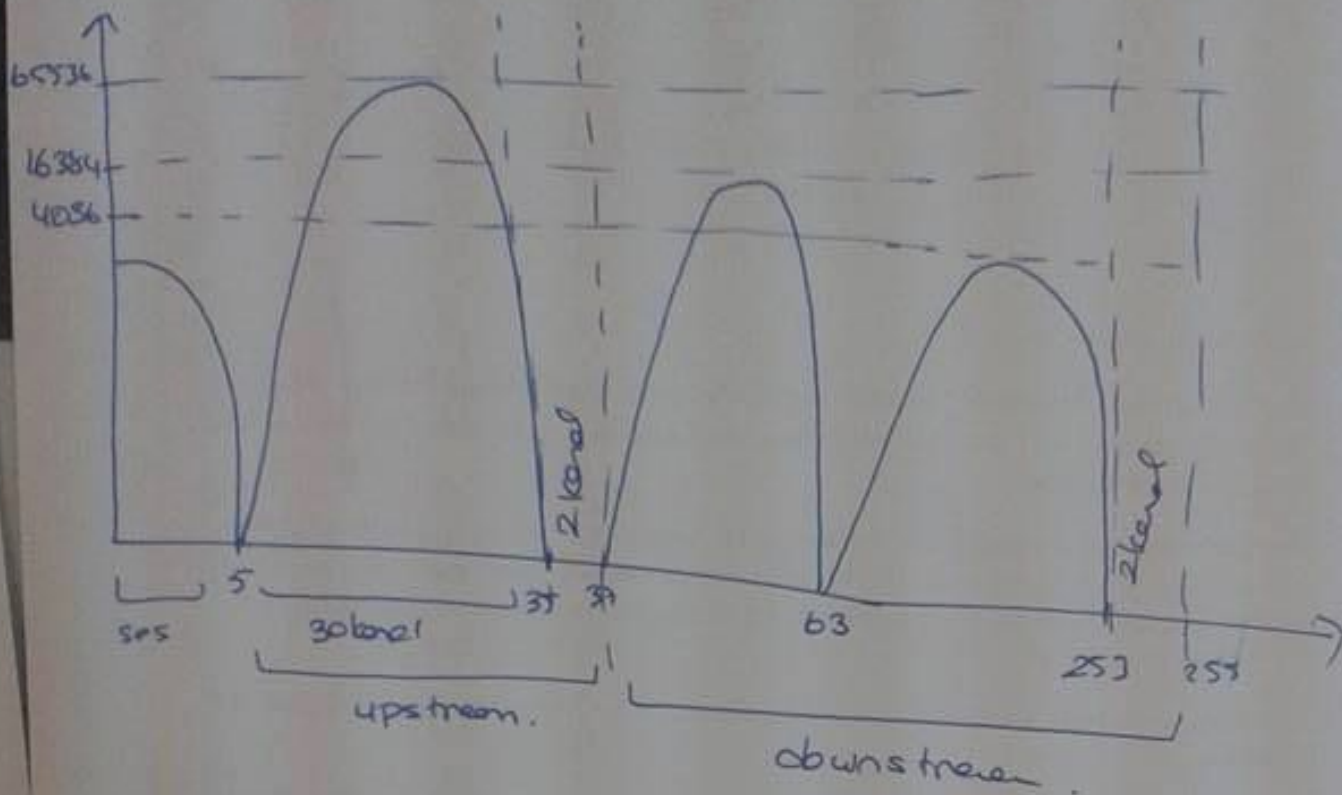
$$C = 4000 \times \log_2 (4095 + 1) \rightarrow \underline{4096 \text{ QAM}}$$

$$C = 4000 \times \log_2 2^{12}$$

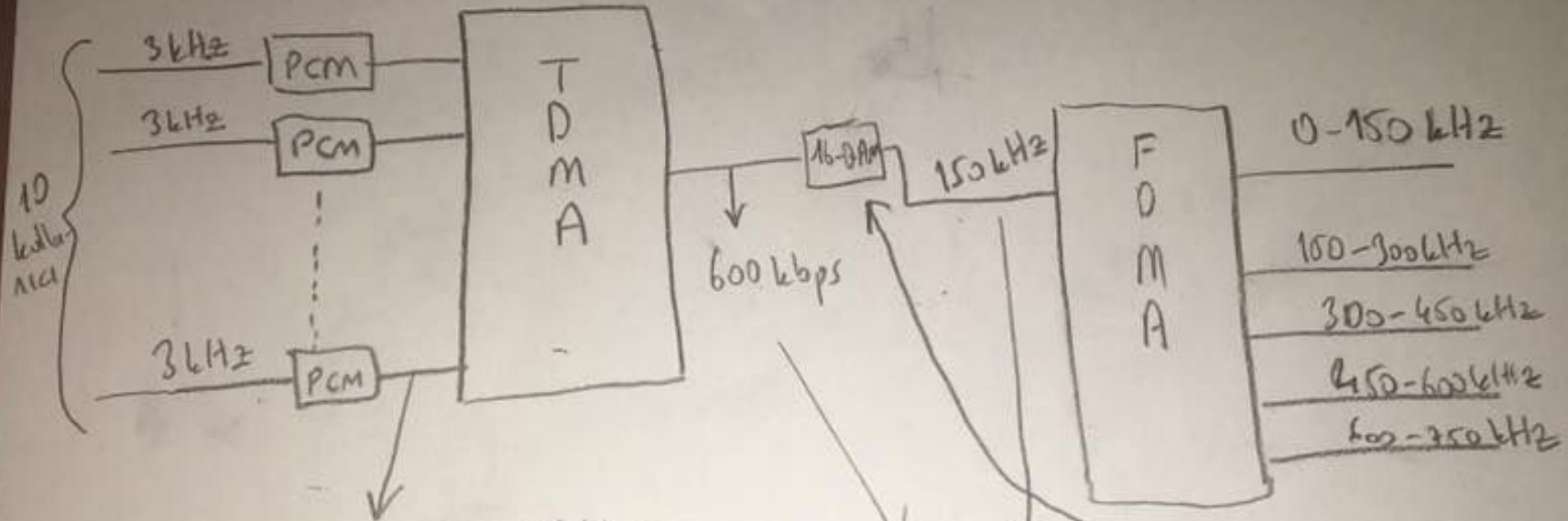
$$C = 48 \text{ Kbps}$$

Toplam downstream bit hızı $56 + 48 = 104 \text{ Kbps}$

c)



Güz Final (15-16) (55)



$$3 * 2 * 8 = 48 \text{ kbps}$$

örneklem sayısı

$$\frac{600}{150} = 4 \quad 2^4 = 16\text{-QAM}$$

$$\text{TDM gerece ve boyutu} = 80 + 20 = 100 \text{ bit}$$

$$10 * 5 = 50 \text{ kullanıcı}$$

$$48000 / 8 = 6000 \text{ gerece/sn}$$

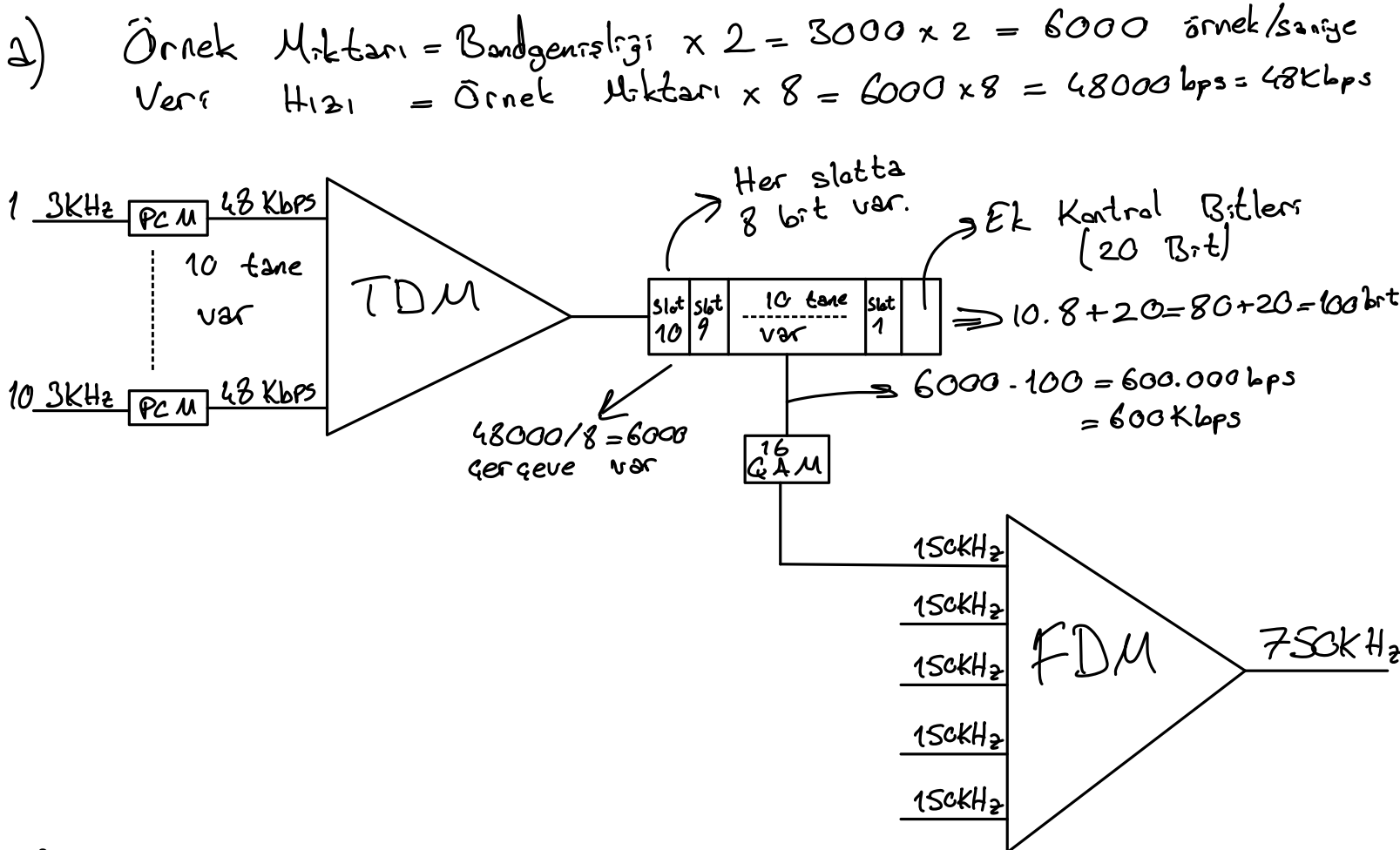
$$6000 * 100 = 600000 = 600 \text{ kbps} \rightarrow \text{TDM alir hızı}$$

5) Bir **TDMA** ve **FDMA**'nın beraber kullanılmak istendiği bir iletişim sistemi tasarlanmak isteniyor. Bu iletişim sistemi özellikleri aşağıda sıralanmıştır. (30 puan)

- 0-750 KHz frekans aralığı gönderim yönünde, 750-1500 KHz frekans aralığı ise alım yönünde 5 farklı kanal için full-duplex iletim modunda FDMA olarak kullanılmak istenmektedir.
- Her bir veri kanalını 10 farklı cep telefonu kullanıcısı zaman düzleminde (TDMA) paylaşmaktadır. Her bir cep telefonu kullanıcısı için kabul edilen bant genişliği 3 KHz'dir. Sayısallaştırma noktasında sadece **PCM** kullanılmakta ve her bir örnek 8 bit ile temsil edilmektedir. Ayrıca her bir TDM çerçevesine ek kontrol biti olarak 20 bit ilave edilmektedir.

Yukarıda verilen bilgilere bağlı olarak;

- TDMA-FDMA sisteminin tasarımını yapınız ve şeklini çizin (çizimde sadece gönderme yönünü dikkate alınız).
- TDM çerçevesinin boyutunu ve çıkış bit hızını bulunuz.
- Sayısal verinin tanımlanan frekans bandından iletilebilmesi için kullanılması gereken modülasyon tekniğini belirleyiniz.
- Tasarlanan sistemin desteklediği kullanıcı sayısını bulunuz.



b) 100 bit, 600 Kbps

c) 16 - QAM

d) $10 \cdot 5 = 50$ kullanıcı

2) $G(x)=x^7+x^5+x^3+x+1$ üreteç fonksiyonunu kullanarak 10011101011 veri biti dizisine karşılık düşen CRC katarını bulup, göndericinin alıcıya ilettiği bit dizisini yazınız. İletilen bit dizisinin alıcıya gönderilirken 3. ve 7. veri bitlerinin bozulması durumunda alıcının hatayı algılayabilmesi için ne tür işlemler yaptığını maddeler halinde belirleyiniz. (20 puan)

$$\Rightarrow \text{Üreteç} = x^7 + x^5 + x^3 + x + 1$$

$$\text{Veri} = x^{10} + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1$$

$$7 \cdot \text{Veri} = x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7$$

$$\begin{array}{r} x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 \\ \oplus x^{17} + x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^{10} \\ \hline x^{15} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^8 + x^7 \end{array} \quad \begin{array}{r} x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{15} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^8 + x^7 \\ \oplus x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^9 + x^8 \\ \hline x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^9 + x^7 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^9 + x^7 \\ \oplus x^{14} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 \\ \hline x^{13} + x^{10} + x^9 + x^8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{13} + x^{10} + x^9 + x^8 \\ \oplus x^{13} + x^{11} + x^9 + x^7 + x^6 \\ \hline x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 \\ \oplus x^{11} + x^9 + x^7 + x^5 + x^4 \\ \hline x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^4 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^4 \\ \oplus x^{10} + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 \\ \hline x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 \\ \oplus x^9 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 \\ \hline x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 \\ \oplus x^8 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ \hline x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \end{array}$$

$$x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$$

Gönderilecek Veri

$$\Rightarrow x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\Rightarrow 10011101011010111$$

$$\text{Bozulmuş Veri} = 100111010111101011$$

$$\begin{array}{r} x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ \oplus x^{17} + x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^{10} \\ \hline x^{15} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{15} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^8 + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ \oplus x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^9 + x^8 \\ \hline x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^9 + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{14} + x^{13} + x^{12} + x^9 + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ \oplus x^{14} + x^{12} + x^{10} + x^8 + x^7 \\ \hline x^{13} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{13} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ \oplus x^{13} + x^{11} + x^9 + x^7 + x^6 \\ \hline x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ \oplus x^{11} + x^9 + x^7 + x^5 + x^4 \\ \hline x^{10} + x^9 + x^8 + x^4 + x^3 + x + 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^{10} + x^9 + x^8 + x^4 + x^3 + x + 1 \\ \oplus x^{10} + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 \\ \hline x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + x^3 \\ \oplus x^9 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 \\ \hline x^8 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^8 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 \\ \oplus x^8 + x^5 + x^3 + x + 1 \\ \hline x^6 + x^2 + x \end{array}$$

\Rightarrow Sıfır çıkmadığı için veri bozulmuş.