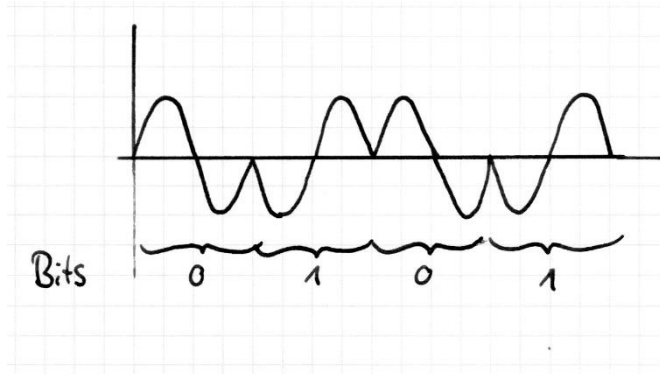




Lösung 03: Digitale Modulation, Rahmenbildung

Aufgabe 1: Digitale Modulation im „Passband“

- a) siehe Abbildung. Natürlich könnte man auch andersrum kodieren.



- b) Es gibt $V = 4$ Symbole:
 $\text{Bit rate} = \log_2 V * \text{baud rate} = \log_2 4 * \text{baud rate} = 2 * 1200 = 2400 \text{ [bits/s]}$
- c) Die Frage lässt sich nicht ganz einfach beantworten. Jedes Symbol repräsentiert 2 Bits. Es hängt davon ab welche Bits durch die Symbole (1,1) und (1,-1) repräsentiert werden.
- Worst Case: (1,1) entspricht Bits „11“ und (1,-1) entspricht Bits „00“. Somit entstehen 2 Bitfehler.
 - Normalerweise kippt aber aus Empfängersicht nur 1 Bit um. Bsp: (1,1) entspricht Bits „11“ und (1,-1) entspricht Bits „10“. Dann ist nur das 2. Bit falsch.
- d) Ein Vollduplex Modem benötigt verschiedene Frequenzbereiche, eine Frequenz für den Downstream und eine für den Upstream.

Aufgabe 2: Multiplexing

- a) Es gibt *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) und *Time Division Multiple Access* (TDM). Bei FDM senden verschiedene Nutzer in verschiedenen Frequenzbereichen. Bei TDM wird die Sendezeit auf die einzelnen Nutzer aufgeteilt.
- b) Datenrate pro Slot: $R = 156 \text{ bits} / 0,577 \text{ ms} = 270 \text{ kbit/s}$
Es gibt sowohl für den Uplink als auch für den Downlink nun 124 Kanäle. Somit ergibt sich als gesamte Datenrate für Downlink und Uplink:
 $R = 270 \text{ kbit/s} * 124 = 33 \text{ Mbit/s}$

Aufgabe 3: Rahmenbildung

- a) Falls die Link Layer „A B ESC FLAG“ (entspricht 01000111 11100011 11100000 01111110) übertragen möchte, so ergeben sich auf der Physical Layer je nach Verfahren unterschiedliche Bitsequenzen:
- **Byte Count:** Am Anfang wird ein Byte-Wert hinzugefügt, der die Gesamtlänge des Frames angibt. Im konkreten Fall ist das 5 (00000101), wenn man das Längenfeld mitrechnet. Es ergibt sich: 00000101 01000111 11100011 11100000 01111110.
 - **Byte Stuffing:** Anfang und Ende des Frames wird durch FLAG Zeichen markiert. Man beachte, dass ESC-Zeichen ggfs. hinzugefügt werden müssen. Er ergibt sich

01111110 01000111 11100011 11100000 11100000 11100000 01111110 01111110

- **Bit Stuffing:** Bei Bit Stuffing darf nur am Frameanfang und Frameende 6mal hintereinander die 1 gesendet werden.

01111110 01000111 110100011 111000000 011111010 01111110

- b) Der schlechteste Fall tritt ein, wenn die Nutzlast ausschließlich aus ESC und FLAG Bytes besteht. In diesem Fall ist die zu übertragene Datenmenge in etwa doppelt so groß wie die Anzahl Bytes der Nutzlast. Der Overhead beträgt dann ca. 100%.
- c) Ja, der Frame muss sogar eine Folge von 6 1er Bits enthalten. 6 aufeinanderfolgende 1er Bits weisen nämlich den Empfänger daraufhin, dass es sich um den Beginn bzw. das Ende eines Frames handelt.

Aufgabe 4: MAC Adressen

- a) Beim Test mit dem PC des Dozenten ergab sich:
- MAC der des Gastes/Laptop: 60:57:18:67:37:57
 - MAC der VM: 08:00:27:81:A8:73

Wie kommt man an die MAC Adresse:

- Windows: `ipconfig /all` oder Gerätemanager
- Linux: `ip link show` oder `ifconfig` oder ...
- Auch innerhalb von VirtualBox kann man in den Netzwerkeinstellungen die MAC Adresse setzen.

Drahtlos-LAN-Adapter WLAN:

```
Medienstatus. . . . . : Medium getrennt
Verbindungsspezifisches DNS-Suffix: dhcp.fh-rosenheim.de
Beschreibung. . . . . : Intel(R) Dual Band Wireless-AC 7265
Physische Adresse . . . . . : 60-57-18-67-37-57
DHCP aktiviert. . . . . : Ja
Autokonfiguration aktiviert . . . : Ja
```

```
android@android:~$ ip link show
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN mode DEFAULT group default qlen 1000
   link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
2: enp0s3: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UP mode DEFAULT group default qlen 1000
   link/ether 08:00:27:81:a8:73 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

- b) Das Präfix einer MAC Adresse (die ersten x Bits) gibt Aufschluss über den Hersteller der Netzwerkkarte. Jeder Hersteller bekommt einen bestimmten Präfix zugewiesen. Im konkreten Fall handelt es sich bei dem WLAN Adapter um einen MAC-Adressbereich, der Intel zugewiesen wurde.
- c) Unter Linux geht das Ändern auf 08:00:27:DA:9D:E3 recht einfach mit folgenden Befehlen:
- ```
ip link set dev <interface-name> down
ip link set dev <interface-name> address 08:00:27:DA:9D:E3
```
- Nach einem Neustart sollte die ursprüngliche MAC Adresse wieder vorhanden sein.

Unter Windows ist es nicht immer möglich die MAC Adresse zu ändern. Vor allem bei WLAN Netzwerkkarten gibt es Schwierigkeiten. Der Standardweg zum Ändern wäre über die Systemsteuerung, siehe Screenshot.

### Aufgabe 5: iPerf

Der folgende Screenshot zeigt das Ergebnis bei einem Test vom Laptop des Dozenten (iPerf Client) zu einem Raspberry Pi (iPerf Server). Die gewünschte Bandbreite von 2Mbit/s wurde erreicht, eigentlich ist es strenggenommen der Durchsatz bzw. die Datenrate. Der Jitter beträgt 0,344 ms. Das heißt, dass die Zeit zwischen den angekommenen Paketen nicht immer gleich ist und sondern im

Schnitt 0,344 ms abweicht (= Laufzeitschwankung). Von den 306 Paketen gingen im konkreten Fall 2 verloren.

```
C:\Users\muwo522\Downloads\iperf-3.1.3-win64>iperf3.exe -u -c 192.168.178.55 -b 2M
Connecting to host 192.168.178.55, port 5201
4] local 192.168.178.25 port 61301 connected to 192.168.178.55 port 5201
ID] Interval Transfer Bandwidth Total Datagrams
4] 0.00-1.00 sec 248 KBytes 2.03 Mbits/sec 31
4] 1.00-2.00 sec 248 KBytes 2.03 Mbits/sec 31
4] 2.00-3.00 sec 248 KBytes 2.03 Mbits/sec 31
4] 3.00-4.00 sec 248 KBytes 2.03 Mbits/sec 31
4] 4.00-5.00 sec 240 KBytes 1.97 Mbits/sec 30
4] 5.00-6.00 sec 240 KBytes 1.97 Mbits/sec 30
4] 6.00-7.00 sec 232 KBytes 1.90 Mbits/sec 29
4] 7.00-8.00 sec 264 KBytes 2.16 Mbits/sec 33
4] 8.00-9.00 sec 240 KBytes 1.97 Mbits/sec 30
4] 9.00-10.00 sec 248 KBytes 2.03 Mbits/sec 31

ID] Interval Transfer Bandwidth Jitter Lost/Total Datagrams
4] 0.00-10.00 sec 2.40 MBytes 2.01 Mbits/sec 0.344 ms 2/306 (0.65%)
4] Sent 306 datagrams

iperf Done.
```