

# Ψηφιακές Επικοινωνίες

## Εργαστήριο 8

Γραμμένος Θεόδωρος

A.E.M.: 3294

### Άσκηση 1

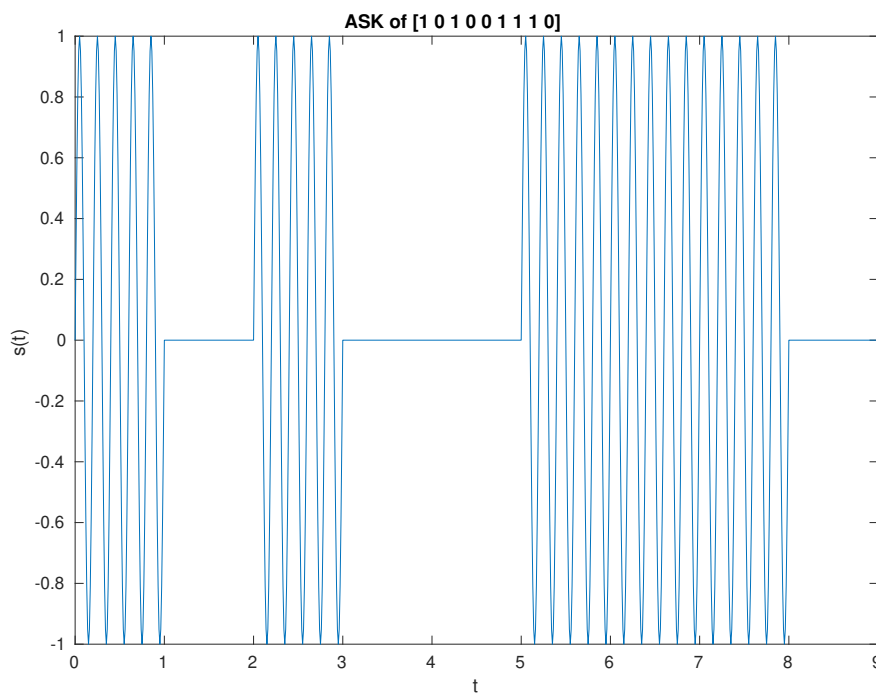
Τα τρία χαρακτηριστικά ως προς τα οποία μπορεί να διαμορφωθεί ένα σήμα είναι:

- Το πλάτος. Με τη μέθοδο Amplitude Shift Keying το 0 και το 1 αναπαριστούνται από 2 διαφορετικά επίπεδα πλάτους. Συνήθως χρησιμοποιείται η απουσία σήματος (πλάτος 0) για την αναπαράσταση του δυαδικού 0 και ένα σήμα  $A \cos(2\pi f_c t)$  για την αναπαράσταση του δυαδικού 1. Το εύρος ζώνης είναι ίσο με  $BW = (1 + r)R$  με το  $r$  να είναι μια τιμή στο  $[0, 1]$  και το  $R$  να είναι το bit rate. Συνεπώς εάν θέλουμε να μεταφέρουμε 16bps θα χρειαστούμε τουλάχιστον 16Hz και το πολύ 32Hz.
- Η συχνότητα. Η μέθοδος Binary Frequency Shift Keying αντιστοιχίζει το 0 και το 1 σε δύο διαφορετικές συχνότητες. Δηλαδή το 0 αναπαριστάται από ένα σήμα  $\cos(2\pi f_1 t)$  και το 1 από ένα σήμα  $A \cos(2\pi f_2 t)$ . Όταν χρησιμοποιούνται περισσότερες από 2 συχνότητες τότε έχουμε τη μέθοδο Multiple Frequency Shift Keying. Με αυτή τη μέθοδο κάθε συχνότητα αντιστοιχεί σε περισσότερα από 1 bit. Το απαιτούμενο εύρος ζώνης για την MFSK είναι  $BW = \left( \frac{(1+r)M}{\log_2 M} \right) R$  με το  $M$  να είναι ο αριθμός των διαφορετικών σημάτων (δηλαδή των διαφορετικών συχνοτήτων). Στη BFSK  $M = 2$  και άρα  $BW = 2(1 + r)R$ . Παρατηρούμε ότι το απαιτούμενο εύρος ζώνης της BFSK είναι μεγαλύτερο από αυτό της ASK.
- Η φάση. Στη μέθοδο Binary Shift Keying αναπαριστά τα δυαδικά ψηφία αλλάζοντας τη φάση του σήματος. Το 0 αναπαριστάται από ένα σήμα  $A \cos(2\pi f_c t)$  και το 1 από ένα σήμα  $A \cos(2\pi f_c t + \pi) = -A \cos(2\pi f_c t)$ . Μια παραλλαγή αυτής της μεθόδου αποτελεί η Differential PSK στην

οποία το 0 συμβολίζεται στέλνοντας ένα σήμα που έχει ίδια φάση με το προηγούμενο και το 1 συμβολίζεται στέλνοντας ένα σήμα που έχει αντίθετη φάση από το προηγούμενο. Έτσι ο πομπός και ο δέκτης δεν χρειάζεται να έχουν συμφωνήσει για την ακριβή φάση. Για να αποκωδικοποιηθεί ένα bit χρειάζεται μόνο η φάση του σήματος του προηγούμενου bit. Όπως και με την FSK μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερα από 2 επίπεδα φάσης. Τότε, η μέθοδος ονομάζεται Multiple PSK. Το απαιτούμενο εύρος ζώνης για την MPSK είναι  $BW = \left( \frac{1+r}{\log_2 M} \right) R$ . Παρατηρούμε ότι για  $M = 2$  η απόδοση είναι ίδια με την ASK, αλλά για  $M > 2$  η απόδοση είναι σαφώς καλύτερη. Για παράδειγμα, εάν έχουμε bit rate 16bps και 4 διαφορετικά σήματα το απαιτούμενο bandwidth είναι από 8 έως 16Hz.

## Άσκηση 2

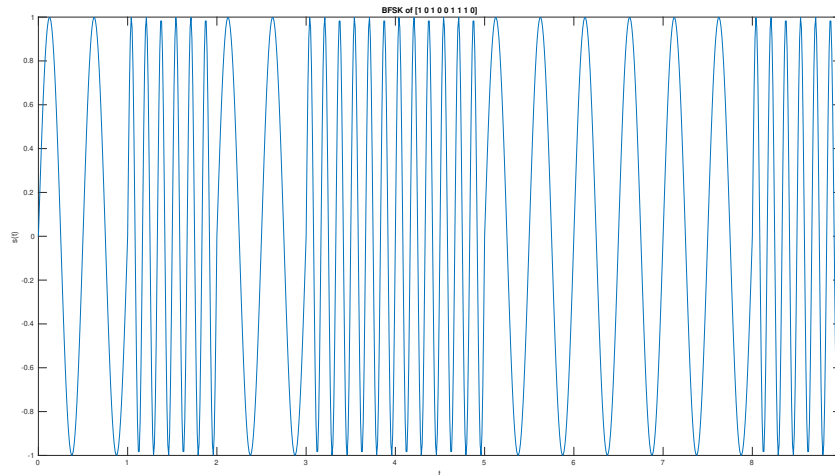
Η λύση της άσκησης βρίσκεται στο αρχείο ask.m. Το αποτέλεσμα εκτέλεσης του κώδικα φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 1: Αποτέλεσμα του ask.m

### Άσκηση 3

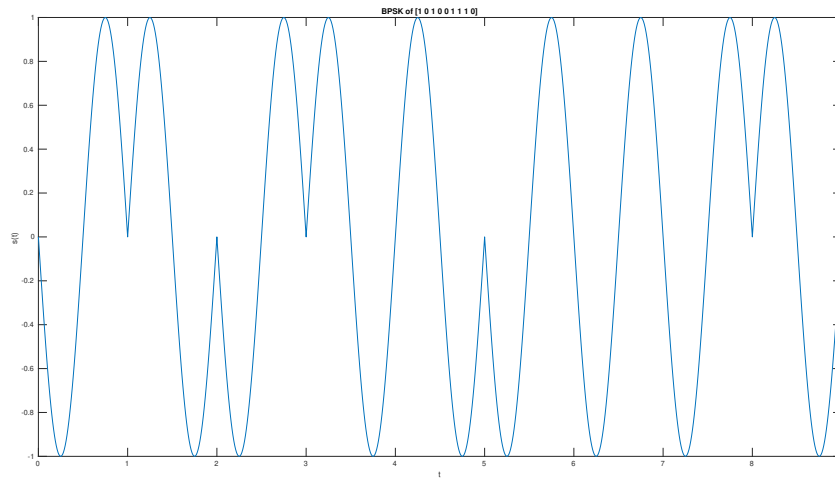
Από το σχήμα βλέπουμε ότι η συχνότητα του 1 είναι  $f_2 = 2Hz$  και του 0  $f_1 = 6Hz$ . Οι δύο συχνότητες ισαπέχουν από τη συχνότητα του φέροντος  $f_c = 4$  κατά 2. Τα αποτελέσματα του κώδικα στο bfsk.m φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 2: Αποτέλεσμα του bfsk.m

### Άσκηση 4

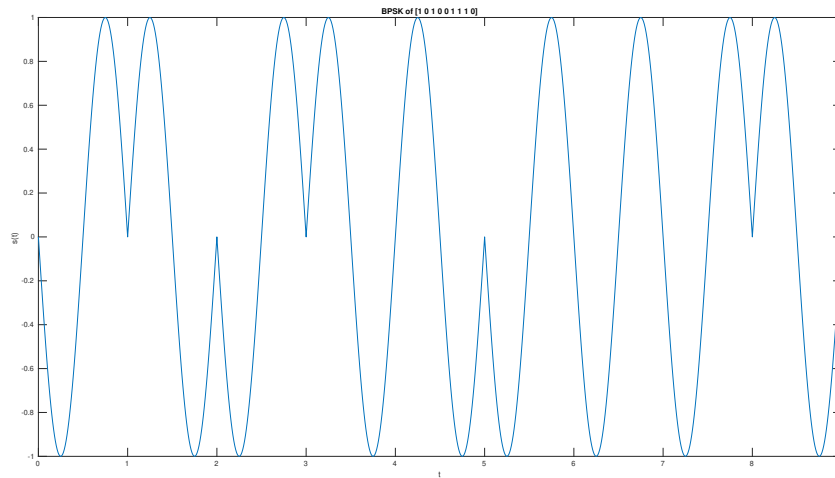
Η φάση του δυαδικού 0 θα είναι 0 και του δυαδικού 1 θα είναι  $\pi$ . Από το σχήμα μπορούμε να δούμε ότι η συχνότητα είναι  $1Hz$ . Τα αποτελέσματα του κώδικα στο bpsk.m φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 3: Αποτέλεσμα του bpsk.m

## Άσκηση 5

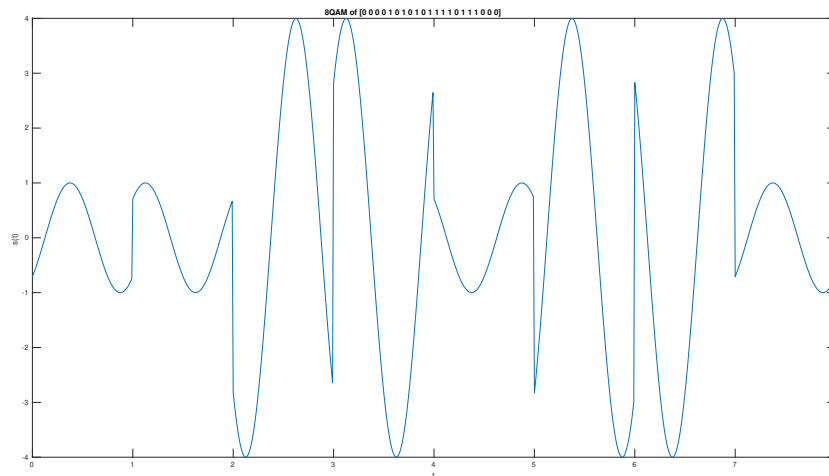
Στην DPSK το 0 αναπαριστάται διατηρώντας την ίδια φάση, ενώ το 1 αλλάζοντας την φάση. Συνεπώς τα δύο σύμβολα δεν αντιστοιχούν σε κάποιες ορισμένες τιμές φάσεις όπως γίνεται στην PSK. Για παράδειγμα αν σταλεί το μήνυμα 10 στην BPSK θα υπάρξει αλλαγή φάσης ανάμεσα στα 2 bit, ενώ στην DPSK η φάση θα παραμείνει η ίδια. Τα αποτελέσματα του dpsk.m φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 4: Αποτέλεσμα του dpsk.m

## Άσκηση 6

Για την υλοποίηση της λύσης χρησιμοποιήθηκαν τα πλάτη 1 και 4 που αναφέρονται στην εκφώνηση.



Σχήμα 5: Αποτέλεσμα του 8qam.m