

Double Sideband Suppressed Carrier (DSB-SC) Modulation

Η μετάδοση σήματος πληροφορίας ή σήματος βασικής ζώνης μέσα από ένα ζωνοπερατό κανάλι επικοινωνίας, όπως η τηλεφωνική γραμμή ή το δορυφορικό κανάλι, συνήθως απαιτεί μετατόπιση της περιοχής συχνοτήτων που περιέχονται στο σήμα σε άλλη περιοχή συχνοτήτων κατάλληλη προς μετάδοση. Η μετατόπιση της περιοχής συχνοτήτων του σήματος επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση. Ως διαμόρφωση ορίζεται η διεργασία με την οποία μεταβάλλεται κάποιο χαρακτηριστικό του φέροντος σήματος, σύμφωνα με ένα σήμα πληροφορίας.

Στην περίπτωση του DSB-SC, η μετατόπιση επιτυγχάνεται με μίξη (πολλαπλασιασμός) του αρχικού σήματος $x(t)$ με ένα ημιτονοειδές σήμα συχνότητας f_c :

$$y(t) = x(t)\cos(2\pi f_c t)$$

Αν το φάσμα (ο μετασχηματισμός Fourier) του σήματος πληροφορίας είναι $X(f)$, τότε το αντίστοιχο φάσμα του παραγόμενου σήματος θα είναι:

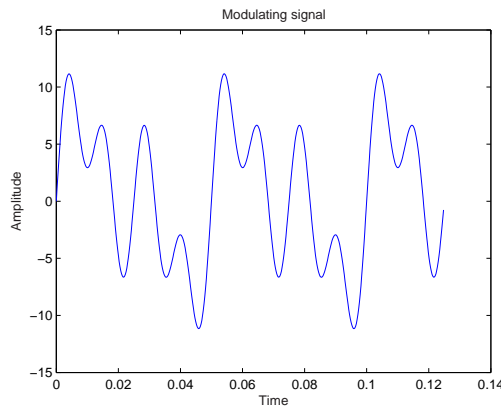
$$Y(f) = \frac{1}{2}X(f - f_c) + \frac{1}{2}X(f + f_c)$$

Δηλαδή, το φάσμα του αρχικού σήματος μετατοπίστηκε γύρω από τις συχνότητες f_c και $-f_c$. Στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν παρουσιάζεται ένα σήμα πληροφορίας:

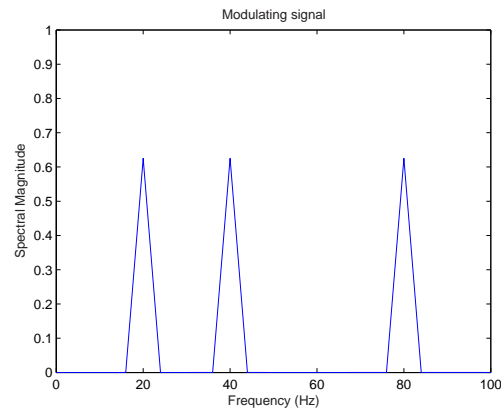
$$x(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t) + A_2 \sin(2\pi f_2 t) + A_3 \sin(2\pi f_3 t),$$

με $f_1 = 20\text{Hz}$, $f_2 = 80\text{Hz}$ και $f_3 = 40\text{Hz}$, το οποίο διαμορφώνει κατά DSB-SC ένα φέρον:

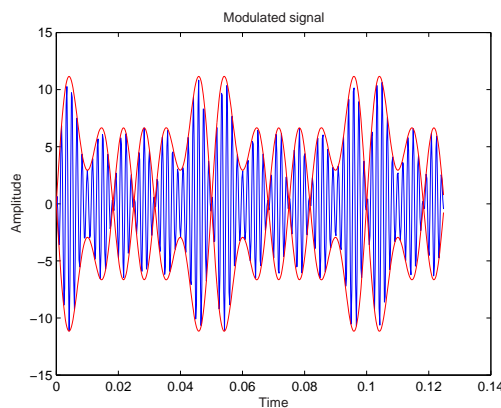
$$c(t) = A \cos(2\pi f_c t), \quad f_c = 600\text{Hz}$$



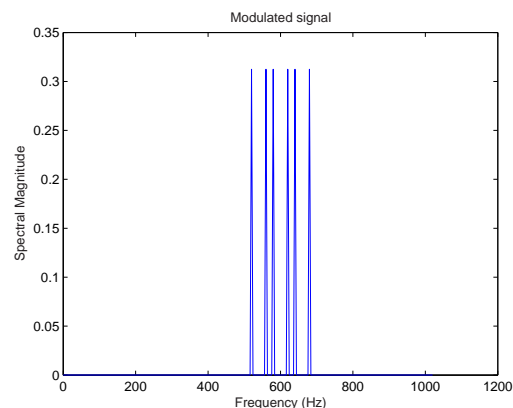
(α')



(β')



(γ')



(δ')

Το σήμα που παράγεται έχει και αυτό μία ημειονοειδή μορφή, το πλάτος της οποίας όμως παρακολουθεί τις μεταβολές του πλάτους του αρχικού σήματος. Η καμπύλη που συνδέει τις κορυφές (τοπικά μέγιστα) ονομάζεται περιβάλλουσα του διαμορφωμένου σήματος και προσεγγίζει την απόλυτη τιμή του αρχικού σήματος. Η προσέγγιση αυτή είναι καλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η f_c από την μέγιστη συχνότητα που εμφανίζει το σήμα πληροφορίας f_m . Αν δεν ισχύει $f_c \gg f_m$ τότε στο πεδίο του χρόνου δεν θα έχουμε κανονική απεικόνιση της περιβάλλουσας, ενώ στο πεδίο της συχνότητας θα έχουμε επικάλυψη των πλευρικών ζωνών. Το εύρος ζώνης μετάδοσης ορίζεται από τη διαφορά των συχνοτήτων $f_c + f_m$, $f_c - f_m$ και είναι $B = 2f_m$, δηλαδή διπλάσιο από αυτό του σήματος πληροφορίας.

Η αποδιαμόρφωση του σήματος πειλαμβάνει μίξη με ένα ακριβές αντίγραφο του αρχικού φέροντος που χρησιμοποιήθηκε στην διαμόρφωση και φιλτράρισμα. Η έξοδος του μίκτη στο δέκτη είναι:

$$z(t) = y(t)\cos(2\pi f_c t) = x(t)\cos^2(2\pi f_c t) = \frac{1}{2}x(t) + \frac{1}{2}x(t)\cos(2\pi 2f_c t)$$

με τον μετασχηματισμό Fourier να έχει ως εξής:

$$Z(f) = \frac{1}{2}X(f) + \frac{1}{4}[X(2f_c - f) + X(2f_c + f)]$$

Ο πρώτος όρος της αρχικής σχέσης αντιστοιχεί στον αρχικό σήμα στη βασική ζώνη εξασθενημένο κατά 50% ενώ ο δεύτερος όρος αντιστοιχεί στο ίδιο σήμα μετατοπισμένο στη

συχνότητα κατά $2f_c$. Ο τελευταίος όρος μπορεί να αποκοπεί με τη χρήση χαμηλοπερατού φίλτρου του οποίου η ζώνη αποκοπής να βρίσκεται μεταξύ f_m και $2f_c - f_m$.

Διαμόρφωση σήματος φωνής κατά (DSB-SC)

Διαβάζοντας το αρχείο (.wav), μπορούμε να δούμε την συχνότητα f_s με την οποία έγινε η δειγματοληψία του σήματος φωνής. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το φάσμα του αρχικού σήματος θα είναι περίπου:

$$f_m = \frac{f_s}{2}$$

οπότε η συχνότητα του φέροντος f_c πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε $f_c \gg f_m$ προκειμένου να αποφύγουμε τα φαινόμενα επικάλυψης που περιγράψαμε προηγουμένως. Συνεπώς η μέγιστη συχνότητα που περιμένουμε να εμφανιστεί είναι:

$$f_{max} = f_c + f_m$$

Επειδή όμως η προσομοίωση γίνεται ψηφιακά, για την συχνότητα δειγματοληψίας θα πρέπει να ισχύει:

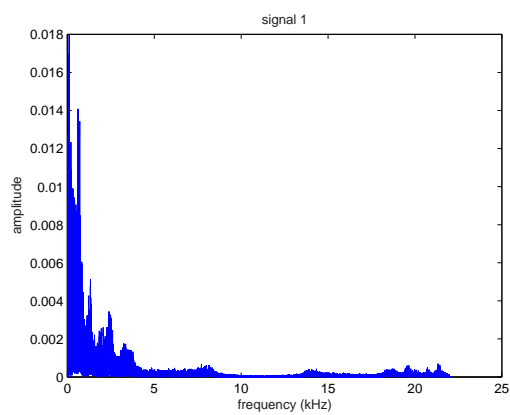
$$f_s = 2f_{max}$$

διαφορετικά θα έχουμε επικάλυψη των φασμάτων. Επομένως στην περίπτωση που η συχνότητα δειγματοληψίας δεν ικανοποιεί την παραπάνω σχέση είμαστε αναγκασμένοι να ξαναγράψουμε το αρχείο με μεγαλύτερη συχνότητα. Δηλαδή πριν τη διαμόρφωση απαιτείται υπερδειγματοληψία του αρχικού σήματος έτσι ώστε η καινούρια συχνότητα f'_s να είναι τουλάχιστον διπλάσια της $2f_{max}$.

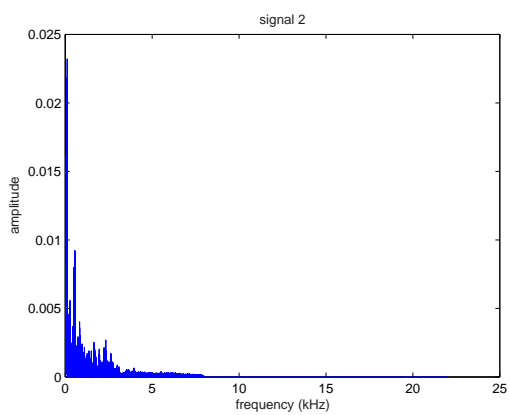
Στη συνέχεια παρουσιάζουμε την παραπάνω διαδικασία για δύο σήματα φωνής τα οποία διαμορφώνουν δύο φέροντα με συχνότητες $8kHz$ και $18kHz$ και στη συνέχεια προσθέτονται. Στην ουσία αυτό που κάνουμε είναι πολύπλεξη στη συχνότητα. Στον δέκτη περνάμε το λαμβανόμενο σήμα από ένα ζωνοπερατό φίλτρο, του οποίου η ζώνη διάβασης βρίσκεται γύρω από τη συχνότητα φέροντος που βρίσκεται το σήμα που επιθυμούμε και τέλος εφαρμόζουμε μίξη και φιλτράρισμα όπως περιγράψαμε παραπάνω.

Άσκηση

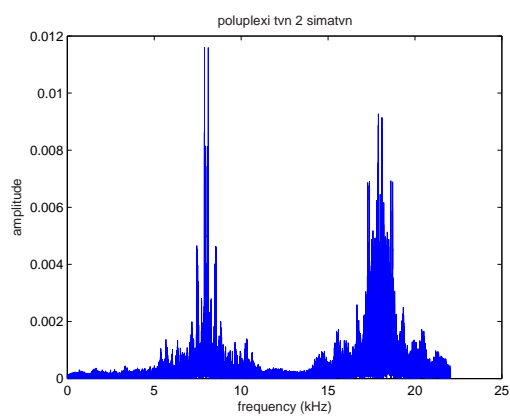
Επιλέξτε 2 αρχεία .wav και εργαστείτε με βάση τα παραπάνω προκειμένου να λάβετε γραφικές όμοιες με αυτές που ακολουθούν. Επίσης προσθέστε και Γκαουσιανό ή ημιτονικό θόρυβο και παρατηρήστε τι γίνεται μετά το φιλτράρισμα. Θα παραδώσετε μία έκθεση με τα αποτελέσματά σας και τα σημαντικότερα κομμάτια από τον κώδικά σας (π.χ ανάγνωση .wav αρχείου, υπολογισμός fft , υλοποίηση φίλτρων, φιλτράρισμα κτλ.). Όσο περισσότερο πειραματιστείτε τόσο καλύτερο για εσάς, αλλά και ο βαθμός θα είναι ανάλογος!



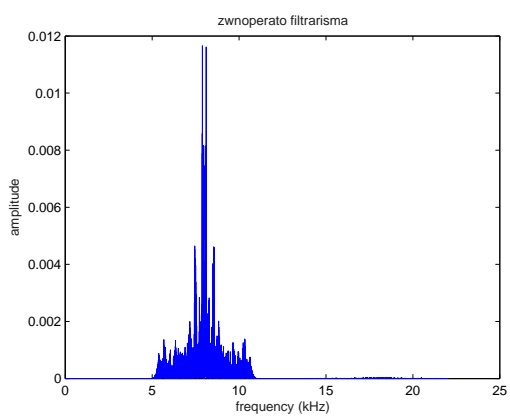
(ϵ')



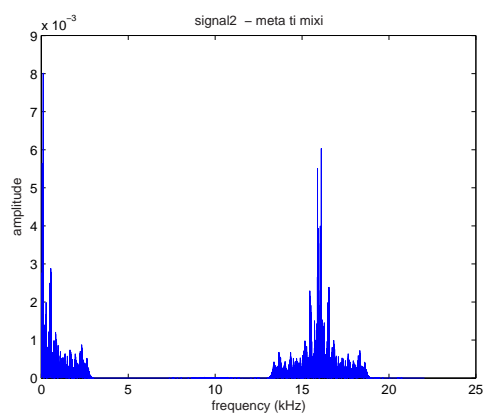
(τ')



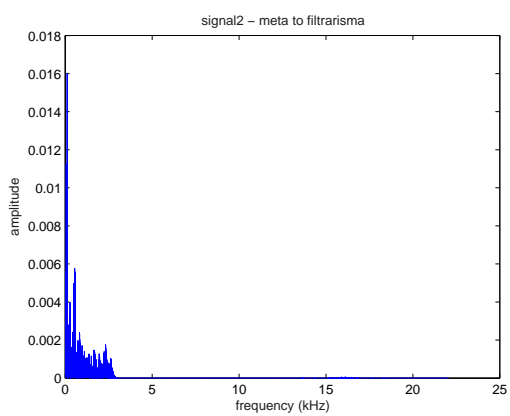
(ζ')



(η')



(ϑ')



(ι')