

Τμήμα
Μηχανικών
Πληροφορικής τ.ε.

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Δυτικής Ελλάδας

Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα II

Διάλεξη 8: Τεχνικές Πολλαπλής Πρόσβασης Multiple Access Techniques

Δρ. Μιχάλης Παρασκευάς
Αναπληρωτής Καθηγητής

Ατζέντα

- ❖ Τεχνικές Πολλαπλής Πρόσβασης
- ❖ Σύντομη παρουσίαση SDMA, FDMA, TDMA και F/TDMA
- ❖ Βασικές αρχές λειτουργίας CDMA
- ❖ Τεχνικές φασματικής διασποράς (spread spectrum)
- ❖ Σύγκριση τεχνικών πολλαπλής πρόσβασης
- ❖ Παράδειγμα κώδικα Direct Sequence Spread Spectrum CDMA
- ❖ Αλγόριθμοι παραγωγής CDMA κωδίκων
- ❖ Ασκήσεις
- ❖ Ορθογώνια Διαίρεση Συχνότητας Πολλαπλής Πρόσβασης (OFDMA)

Τεχνικές Πολλαπλής Πρόσβασης

Το ζητούμενο: Η ταυτόχρονη πρόσβαση περισσότερων του ενός χρηστών επάνω από το **ίδιο φυσικό μέσο**, συνήθως ασύρματης μετάδοσης.

Η λύση: Χρήση τεχνικών που δημιουργούν **διακριτά φυσικά κανάλια** για κάθε χρήστη.

Κύριες τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης:

- ❖ **Διαίρεσης Χώρου (SDMA, Space Division Multiple Access)**
- ❖ **Διαίρεσης Συχνότητας (FDMA, Frequency Division Multiple Access)**
- ❖ **Διαίρεσης Χρόνου (TDMA, Time Division Multiple Access)**
- ❖ **Διαίρεσης Κώδικα (CDMA, Code Division Multiple Access)**

Δευτερεύουσες τεχνικές (υλοποιούνται σε συνδυασμό με τις κύριες):

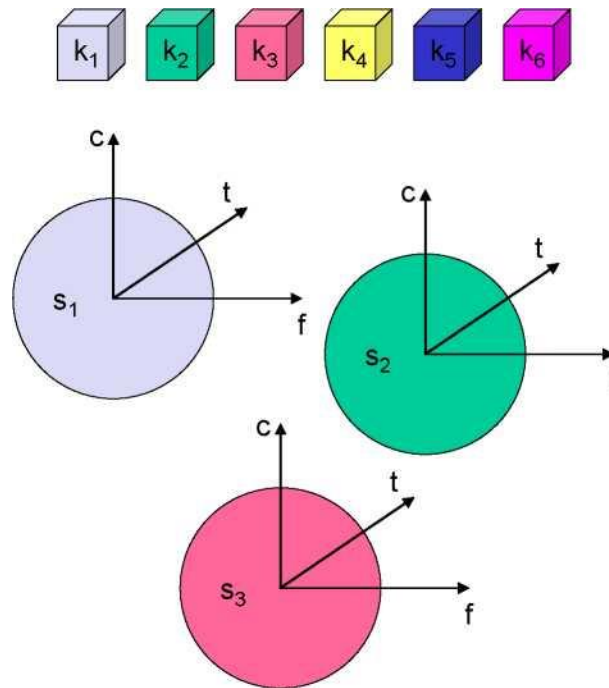
- ❖ **Σταθερή εκχώρηση** (Fixed assignment, FA) ή προεκχωρημένη τεχνική πολλαπλής πρόσβασης PAMA (PreAssigned Multiple Access).
- ❖ **Δυναμική εκχώρηση** (dynamic assignment, DA) ή κατ' αίτηση εκχώρηση τεχνική πολλαπλής πρόσβασης DAMA (Demand Assigned Multiple Access).

Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Χώρου

Space Division Multiple Access, SDMA

Space Division Multiple Access, SDMA

- ❖ Η πολλαπλή πρόσβαση χώρου απονέμει ένα **χωροταξικά διακριτό χώρο** για κάθε κανάλι.
- ❖ Χρησιμοποιείται κυρίως στις εφαρμογές ραδιοφωνίας και τηλεόρασης.



- ❖ Στην πράξη χρησιμοποιείται σε **συνδυασμό** με τις τεχνικές FDMA, TDMA, CDMA, π.χ. σε δίκτυα κινητών επικοινωνιών.

Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Συχνότητας

Frequency Division Multiple Access, FDMA

Frequency Division Multiple Access, FDMA

- ❖ Η **FDMA** διακρίνει τα διαφορετικά φυσικά κανάλια στο πεδίο των **συχνοτήτων**.
- ❖ Σε κάθε χρήστη ανατίθεται μία **διαφορετική περιοχή συχνοτήτων**. Οι χρήστες δηλαδή, χρησιμοποιούν ταυτόχρονα το κοινό μέσο, αλλά διαχωρίζονται μεταξύ τους στο πεδίο της συχνότητας.



- ❖ Η ανάθεση των φυσικών καναλιών στους χρήστες μπορεί να είναι **στατική** (ραδιοφωνία/τηλεόραση) ή **δυναμική** (κινητή τηλεφωνία).
- ❖ Η **FDMA** μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη διάκριση μεταξύ των δύο διαφορετικών κατευθύνσεων μεταφοράς δεδομένων σε μία **αμφίδρομη** σύνδεση (FDD, Frequency Division Duplex).

Frequency Division Multiple Access, FDMA

Χρήση

- ❖ Συστήματα σταθερών επικοινωνιών.
- ❖ Συστήματα επίγειων κινητών επικοινωνιών.
- ❖ Συστήματα δορυφορικών επικοινωνιών.

Μειονεκτήματα

- ❖ **Χαμηλή χωρητικότητα** ταυτόχρονων χρηστών.
- ❖ **Υψηλό κόστος** καθώς απαιτούνται τόσοι πομποδέκτες όσες και οι συχνότητες.
- ❖ **Υψηλή κατανάλωση ισχύος.**
- ❖ Χρήση **διαστημάτων προστασίας** μεταξύ γειτονικών φασματικών περιοχών.
- ❖ Χρήση RF διαπλεκτών για τον διαχωρισμό των διαδρομών του σήματος.

Πλεονεκτήματα

- ❖ Επεξεργασία του σήματος στη **βασική ζώνη**, άρα **χαμηλό κόστος υλοποίησης** για τις κινητές συσκευές, καθώς απαιτείται ένας απλός FM πομποδέκτης.
- ❖ Το εύρος ζώνης είναι περιορισμένο, οπότε **δεν χρειάζονται ισοσταθμιστές.**
- ❖ Δεν απαιτεί ιδιαίτερα **κυκλώματα συγχρονισμού**, όπως η TDMA.

Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Χρόνου

Time Division Multiple Access, TDMA

Time Division Multiple Access, TDMA

- ❖ Η **TDMA** διακρίνει τα διαφορετικά φυσικά κανάλια στο πεδίο του χρόνου (TDM, Time Division Multiplexing), μέσω της απόδοσης μιας συγκεκριμένης **χρονοθυρίδας** (time slot) σε κάθε χρήστη.
- ❖ Οι χρονοθυρίδες έχουν πολύ μικρή διάρκεια και επαναλαμβάνονται συνεχώς με **κυκλικό** τρόπο.



- ❖ Η **ανάθεση** των χρονοθυρίδων ανά χρήστη γίνεται:
 - ✓ Με **σταθερό τρόπο**: κάθε χρήστης εκπέμπει με σταθερή περιοδικότητα. Εξασφαλίζει σταθερό ρυθμό μετάδοσης. Χρήση στα **δίκτυα τηλεφωνίας**.
 - ✓ Με **δυναμικό τρόπο**: σύνθετοι αλγόριθμοι ελέγχουν την πρόσβαση κάθε χρήστη. Εξασφαλίζει καλή προσαρμογή σε μεταβαλλόμενη κίνηση. Χρήση στα **δίκτυα δεδομένων**.
- ❖ Η **TDMA** μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη διάκριση μεταξύ των δύο διαφορετικών κατευθύνσεων σε μία **αμφίδρομη** σύνδεση (Time Division Duplex).

Time Division Multiple Access, TDMA

Χρήση

- ❖ Σταθερή τηλεφωνία.
- ❖ Συστήματα GSM 2^{ης} γενιάς.
- ❖ Συστήματα δορυφορικών επικοινωνιών.

Πλεονεκτήματα

- ❖ **Υψηλή χωρητικότητα** ταυτόχρονων χρηστών.
- ❖ Δεν απαιτεί RF διαπλέκτες, επειδή η μετάδοση και η λήψη είναι διαχωρισμένες.
- ❖ Ο χρόνος μεταξύ των χρονοθυρίδων μπορεί να αξιοποιηθεί για την παρακολούθηση της μεταπομπής (handover) και της αλλαγής διαύλου.

Μειονεκτήματα

- ❖ Απαιτεί **ισοσταθμιστές**.
- ❖ Απαιτεί **κυκλώματα συγχρονισμού**.
- ❖ Χρήση **διαστημάτων προστασίας** μεταξύ γειτονικών χρονοθυρίδων.

Συνδυασμός FDMA και TDMA (F/TDMA)

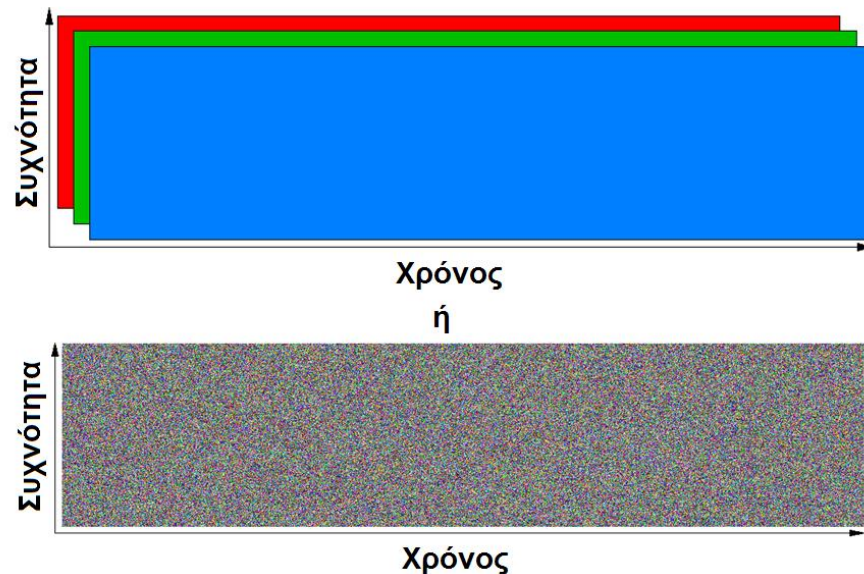


Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Κώδικα

Code Division Multiple Access, CDMA

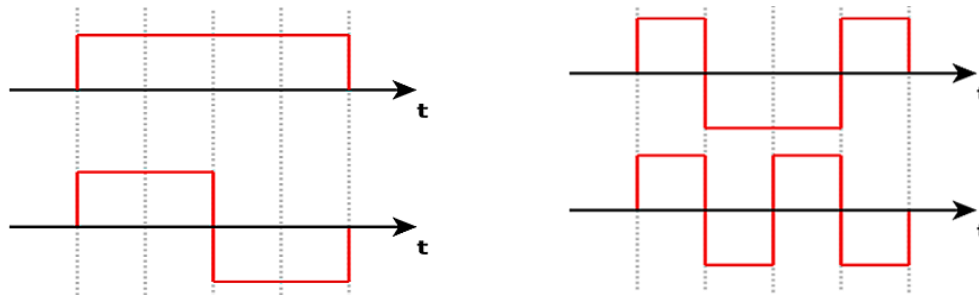
Code Division Multiple Access, CDMA

- ❖ Στην **CDMA** όλοι οι χρήστες χρησιμοποιούν **ταυτόχρονα** το **κοινό μέσο** τόσο στο πεδίο της **συχνότητας**, όσο και στο πεδίο του **χρόνου**.
- ❖ Η CDMA αναφέρεται και ως **καθολική επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων**.
- ❖ **Φασματική διασπορά** (spread spectrum): Στη CDMA κάθε χρήστης χρησιμοποιεί **όλο το διαθέσιμο φάσμα**, δηλαδή πολύ περισσότερο από όσο πραγματικά χρειάζεται για να εξυπηρετήσει το ρυθμό δεδομένων του.



Code Division Multiple Access, CDMA

- ❖ Η **CDMA** διακρίνει τα διαφορετικά φυσικά κανάλια ή/και τους διαφορετικούς χρήστες κωδικοποιώντας τα σήματα πληροφορίας των διαφορετικών χρηστών με **διαφορετικούς κώδικες**, οι οποίοι είναι (σχεδόν) **ορθογώνιοι** μεταξύ τους.
- ❖ **Ορθογωνιότητα** κωδίκων = **υψηλή** αυτοσυσχέτιση και **χαμηλή** (ιδανικά μηδενική) ετεροσυσχέτιση μεταξύ των κωδίκων ή αλλιώς **χαμηλή παρεμβολή πολλαπλής πρόσβασης** (multiple access interference).
- ❖ Η ορθογωνιότητα εξασφαλίζει ότι τα σήματα διαφορετικών χρηστών είναι **ανεξάρτητα** μεταξύ τους.
- ❖ Παράδειγμα ορθογώνιων κωδίκων για 4 χρήστες:



- ❖ Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί έναν **μοναδικό κώδικα** (CDMA code). Ο δέκτης αποκωδικοποιεί την πληροφορία ενός χρήστη εφαρμόζοντας τον **μοναδικό κώδικά του**. Τα σήματα των υπολοίπων χρηστών αγνοούνται, αν και εκπέμπουν ταυτόχρονα στην ίδια φασματική περιοχή.

Code Division Multiple Access, CDMA

Βασικά Χαρακτηριστικά

- ❖ Η αύξηση του πλήθους των χρηστών αυξάνει σταδιακά την παρεμβολή.
- ❖ Δεν υπάρχει συγκεκριμένος περιορισμός στο πλήθος των χρηστών, με την προϋπόθεση ότι επιλέγονται κώδικες με **χαμηλή αμοιβαία παρεμβολή**.
- ❖ Στην αντίθετη περίπτωση, η απόδοση του συστήματος **υποβαθμίζεται** προοδευτικά για **όλους** τους χρήστες.
- ❖ Το υψηλό εύρος ζώνης οδηγεί στην ανάγκη χρήσης **ισοσταθμιστή** (δέκτης Rake), για την αντιμετώπιση των πολλαπλών αντιγράφων του σήματος εξαιτίας της πολυόδευσης.
- ❖ Για να γίνει σωστά η αποδιασπορά απαιτείται **σύνθετος έλεγχος** της ισχύος όλων των χρηστών, ώστε η ισχύς τους στον σταθμό βάσης να είναι ίση.

Χρήση

- ❖ Σε στρατιωτικές επικοινωνίες, λόγω της αυξημένης ασφάλειας
- ❖ Δίκτυα κυψελωτής τηλεφωνίας 2^{ης} και 3^{ης} γενιάς
- ❖ Ασύρματα τοπικά δίκτυα 802.11.

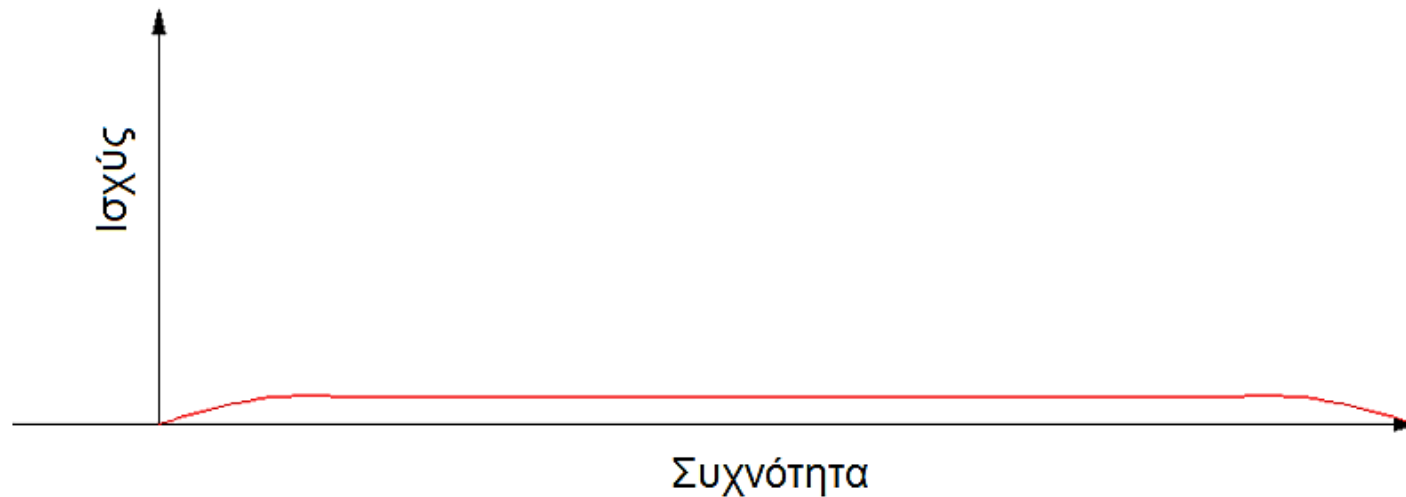
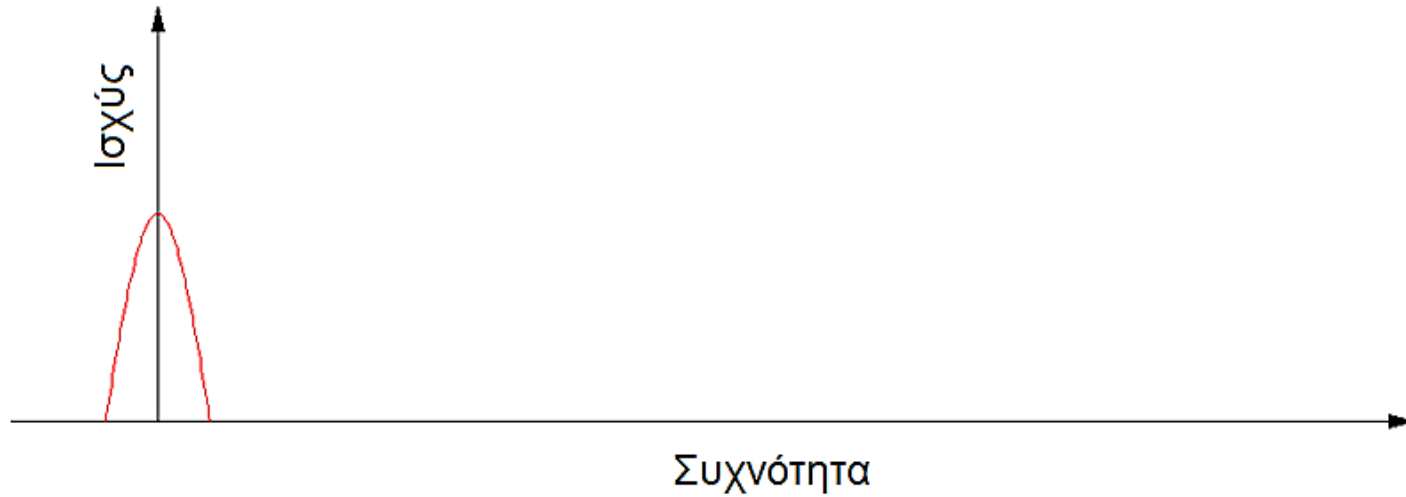
Φασματική Διασπορά με Απευθείας Ακολουθία (Direct-Sequence Spread Spectrum DS-SS)

- ❖ Η διασπορά του φάσματος του σήματος πληροφορίας επιτυγχάνεται με την υποδιαίρεση του χρόνου εκπομπής των ψηφιακών δεδομένων (bits) σε τμήματα που ονομάζονται **chips**.
- ❖ Με βάση το μήκος του **κώδικα διασποράς** προκύπτει και ο αριθμός των **chips** μέσα σε ένα **bit**. Αν π.χ ο κωδικός έχει μήκος **8**, τότε ένα **bit** χωρίζεται σε **8 chips**.
- ❖ Η υποδιαίρεση των bits σε chips αυξάνει τον πραγματικό ρυθμό εκπομπής στο κανάλι, επομένως το **εκπεμπόμενο φάσμα διευρύνεται** κατά τον ίδιο παράγοντα. Π.χ. για μήκος κώδικα 8, το φάσμα διευρύνεται κατά 8 φορές.
- ❖ Το μήκος του κώδικα ονομάζεται **παράγοντας διασποράς** (SF – spreading factor) και αντιπροσωπεύει:
 - ✓ Το μήκος του κώδικα διασποράς
 - ✓ Το πλήθος των chips στο χρόνο ενός bit
 - ✓ Τον παράγοντα διασποράς του φάσματος συχνοτήτων

Φασματική Διασπορά (Spread Spectrum)

- ❖ Ένας **ψευδοθορυβικός** (PN, Pseudo-Noise) και **ανεξάρτητος** από το σήμα πληροφορίας **κώδικας διασποράς**, εφαρμόζεται σαν κυματομορφή διαμόρφωσης και διαχέει την ενέργεια του σήματος σε ένα εύρος ζώνης **πολύ μεγαλύτερο** από το εύρος ζώνης του σήματος πληροφορίας.
- ❖ Στον δέκτη γίνεται η «**αποδιασπορά**» (despreading) του φάσματος με τη χρήση του ίδιου ψευδοθορυβικού κώδικα.
- ❖ Τεχνικές φασματικής διασποράς:
 - ✓ **Με Απευθείας Ακολουθία** (Direct-Sequence Spread Spectrum DS-SS)
 - ✓ **Με Αναπήδηση Συχνότητας** (Frequency-Hopping Spread Spectrum FH-SS)
- ❖ Πλεονεκτήματα φασματικής διασποράς:
 - ✓ Ευκολότερος σχεδιασμός
 - ✓ Αντοχή σε διαλείψεις
 - ✓ Αντοχή σε παρεμβολές
- ❖ **Χρήση:** Κινητή τηλεφωνία 3^{ης} γενιάς

Διασπορά Φάσματος με CDMA



Σύγκριση τεχνικών πολλαπλής πρόσβασης

- ❖ Έστω ότι σε ένα μεγάλο δωμάτιο, πολλά ζευγάρια ανθρώπων συνομιλούν:
 - **TDMA** : όλα τα άτομα βρίσκονται οπουδήποτε στο δωμάτιο, αλλά ο καθένας **περιμένει τη σειρά του** για να μιλήσει (πρώτα μιλάει ο 1^{ος}, μετά ο 2^{ος} κ.ο.κ.).
 - **FDMA** : τα άτομα στο δωμάτιο χωρίζονται σε ομάδες, όπου κάθε ομάδα βρίσκεται σε **αρκετή απόσταση** από την άλλη ώστε οι ομάδες να συνομιλούν ταυτόχρονα αλλά ανεπηρέαστα η μία από την άλλη.
 - **CDMA** : όλα τα άτομα βρίσκονται οπουδήποτε στο δωμάτιο και μιλάνε ταυτόχρονα, αλλά σε **διαφορετική γλώσσα** ώστε αυτοί που μιλάνε την ίδια γλώσσα επικοινωνούν, ενώ απορρίπτουν τις άλλες συνομιλίες σαν θόρυβο.

Τεχνική	Πλεονεκτήματα
FDMA	Απλότητα στην υλοποίηση
TDMA	Καλύτερη εκμετάλλευση φάσματος
CDMA	Βέλτιστη χρήση φάσματος

Παράδειγμα κώδικα Direct Sequence Spread Spectrum CDMA

Παράδειγμα DS-SS CDMA

- ❖ Έστω το ψηφιακό σήμα πληροφορίας: **1 1 0 1 0 0**
- ❖ Για λόγους ευκολίας πράξεων αντικαθιστούμε τα 0 με -1 και προκύπτει το σήμα: **1 1 -1 1 -1 -1**



- ❖ Έστω ο **κώδικας διασποράς** (μήκους 8): **1 -1 -1 -1 1 -1 1 1**



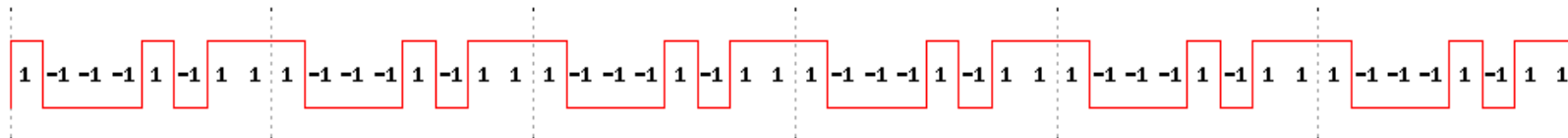
- ❖ Σε κάθε bit του σήματος πληροφορίας αντιστοιχεί ένα ολόκληρο σύμβολο (chip) του κώδικα.

Κωδικοποίηση DS-SS CDMA

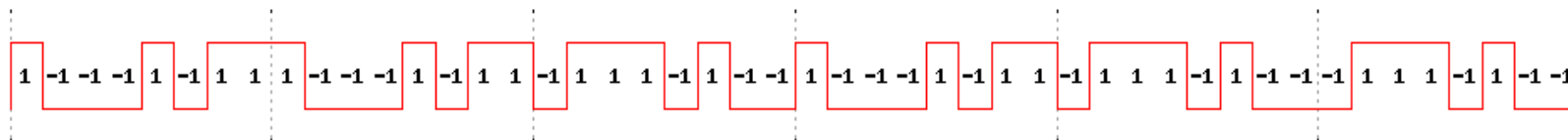
1. Σήμα πληροφορίας



2. Κώδικας CDMA



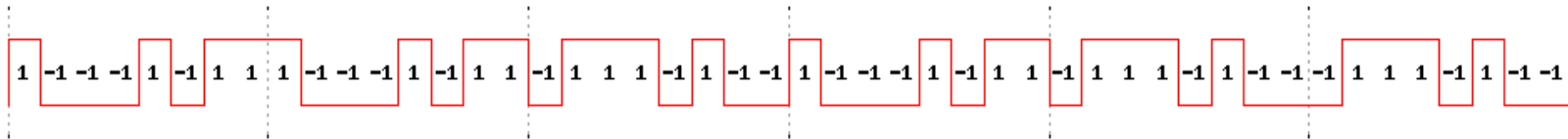
Πολλαπλασιασμός των σημάτων 1 και 2



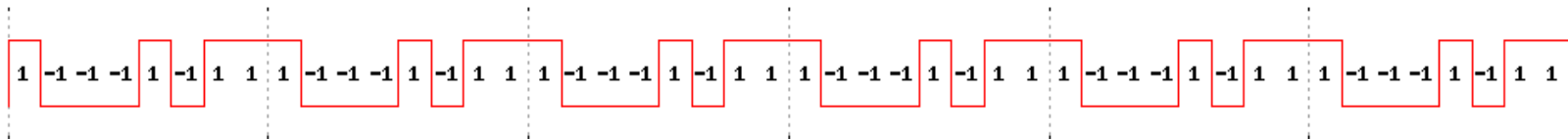
... μετάδοση στο κανάλι

Αποκωδικοποίηση DS-SS CDMA: Σωστός κώδικας

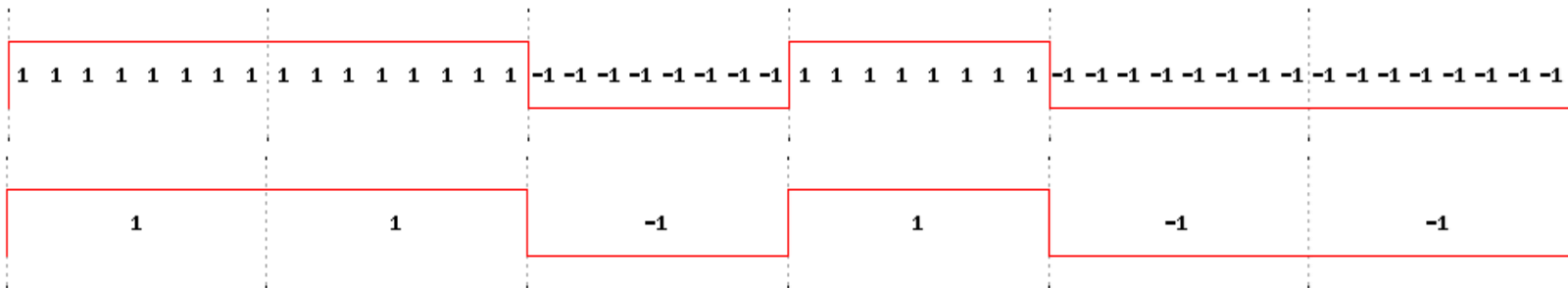
Λήψη σήματος:



Πολλαπλασιασμός με τον **ίδιο** κώδικα CDMA



Αποτέλεσμα:

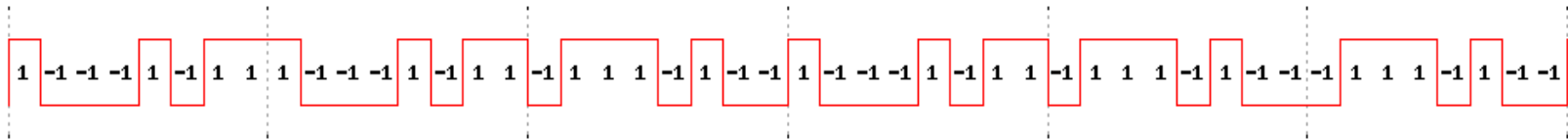


... το αρχικό μας σήμα

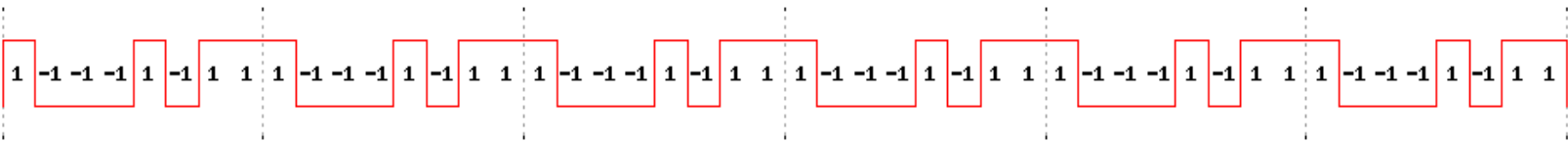
Αποκωδικοποίηση DS-SS CDMA:

Λάθος κώδικας

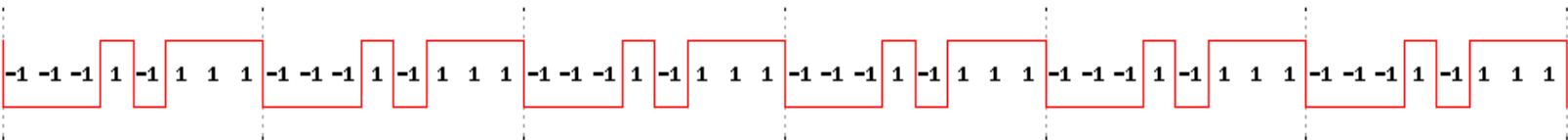
Λαμβανόμενο σήμα:



Κώδικας CDMA:



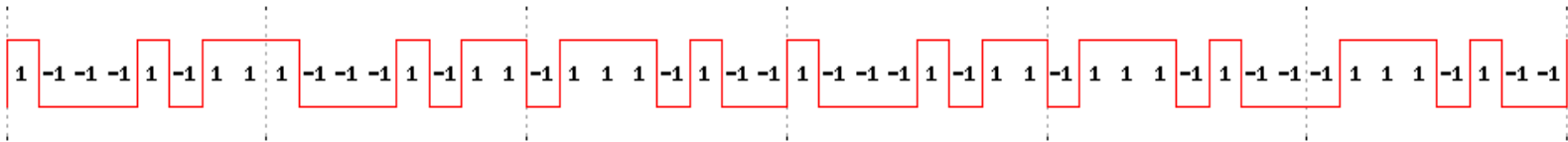
Λανθασμένος κώδικας CDMA (π.χ. ολίσθηση κατά ένα bit αριστερά)



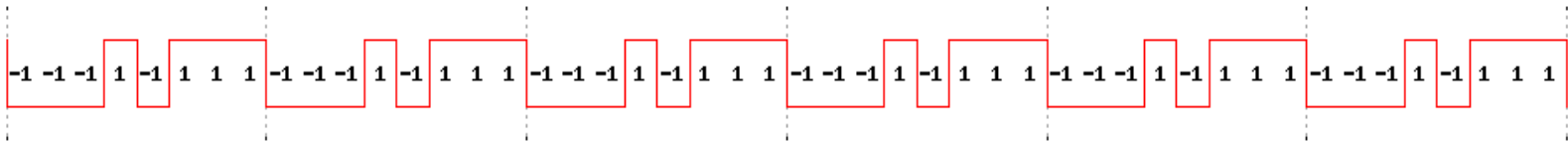
Αποκωδικοποίηση DS-SS CDMA:

Λάθος κώδικας

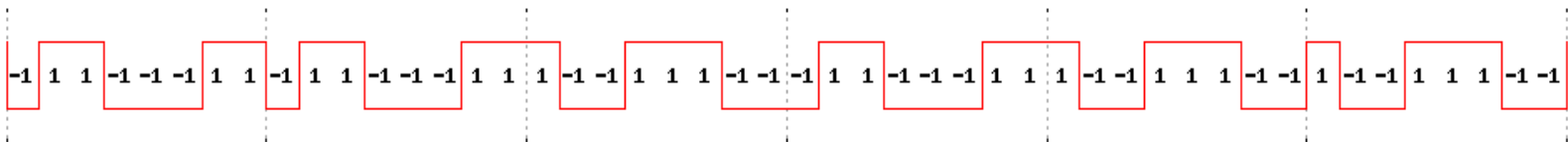
Λαμβανόμενο σήμα



Λανθασμένος κώδικας CDMA



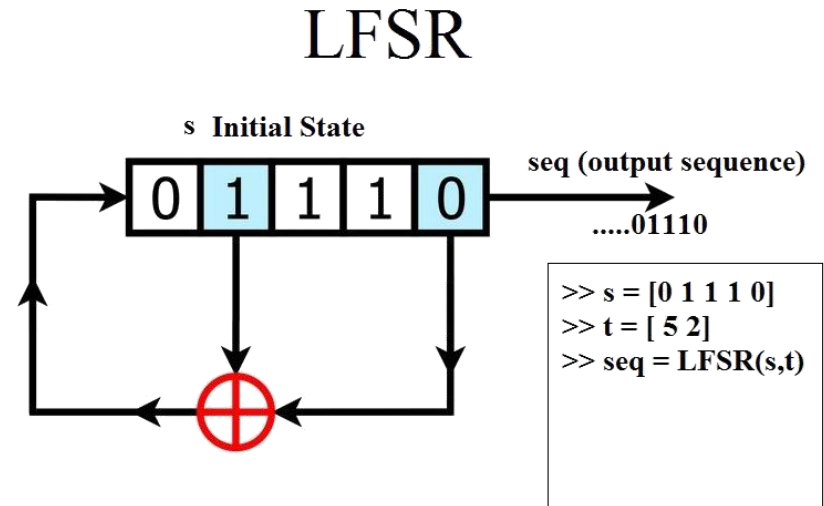
Αποτέλεσμα



Σήμα εκτός συχνότητας

Αλγόριθμοι Παραγωγής CDMA κωδίκων - LFSR (1/2)

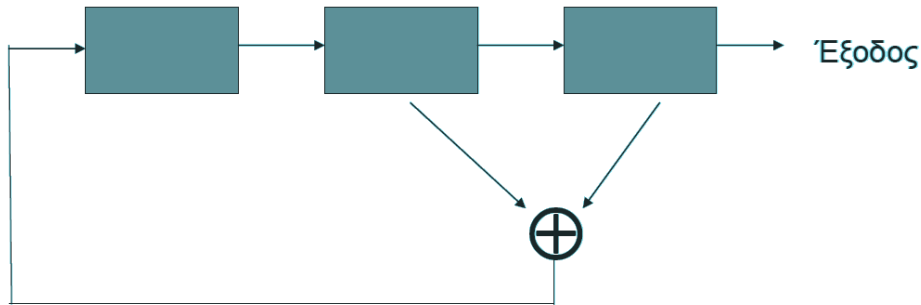
- ❖ Γραμμικοί καταχωρητές ολίσθησης με ανάδραση (Linear-Feedback Shift Register).
- ❖ Ένας **LFSR** αποτελείται από N βαθμίδες (θέσεις μνήμης): το περιεχόμενο κάθε βαθμίδας είναι είτε **0** είτε **1**.
- ❖ Κάποιες από τις βαθμίδες αυτές γίνονται **XOR** και το αποτέλεσμα τροφοδοτείται στην πρώτη βαθμίδα.
- ❖ Αν ο **LFSR** βρίσκεται σε μία κατάσταση (δηλαδή οι βαθμίδες του έχουν μία συγκεκριμένη τιμή), τότε η επόμενη κατάστασή του προσδιορίζεται εύκολα από τον ακόλουθο κανόνα:
 - ✓ Οι τιμές όλων των βαθμίδων ολισθαίνουν κατά μία θέση δεξιά.
 - ✓ Η νέα τιμή της πρώτης βαθμίδας είναι το αποτέλεσμα της παραπάνω XOR πράξης.



Nik'B

Αλγόριθμοι Παραγωγής CDMA κωδίκων - LFSR (2/2)

- ❖ Στον παρακάτω **LFSR** και για αρχική κατάσταση **001**, οι διαδοχικές καταστάσεις από τις οποίες περνάει (και η αντίστοιχη έξοδος που παράγεται) εμφανίζονται στον διπλανό πίνακα.

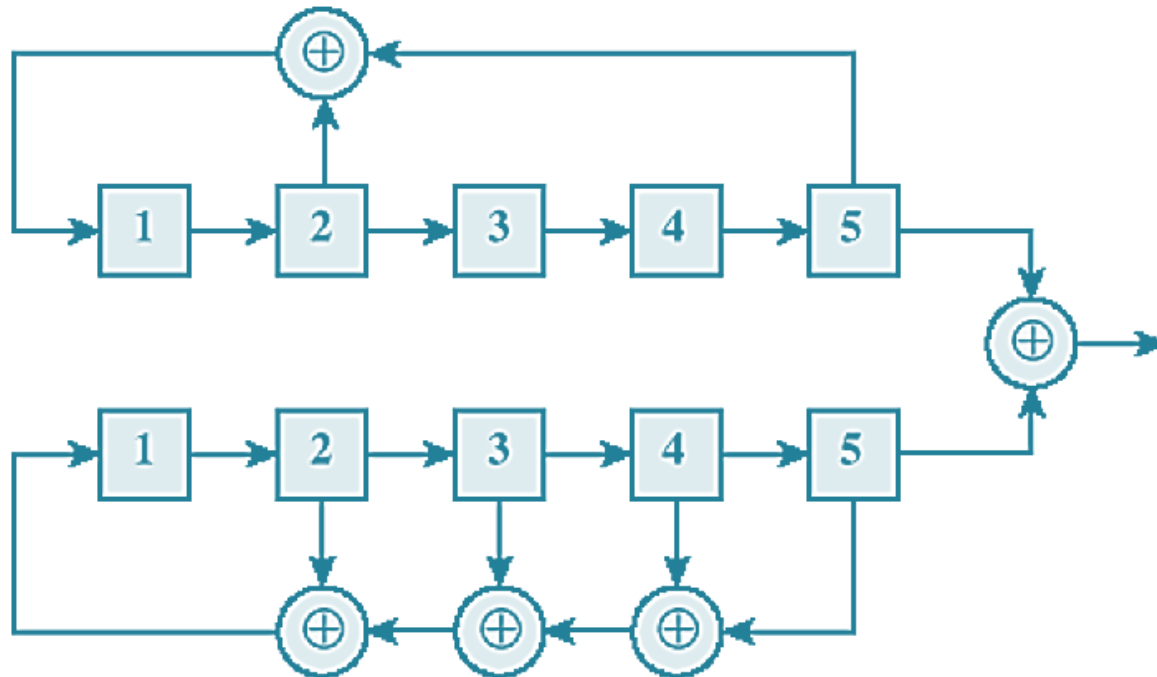


- ❖ Η **001** έχει ξαναεμφανιστεί, οπότε οι καταστάσεις επαναλαμβάνονται. Άρα, ο συγκεκριμένος **LFSR** παράγει την ακολουθία **1001011**, η οποία επαναλαμβάνεται περιοδικά.
- ❖ Ακολουθίες που παράγονται από **LFSR** που περνάνε από όλες τις πιθανές καταστάσεις ονομάζονται ακολουθίες μέγιστου μήκους (**maximal-length sequences ή m-sequences**)

Κατάσταση	Έξοδος
001	1
100	0
010	0
101	1
110	0
111	1
011	1
001	1

Αλγόριθμοι Παραγωγής CDMA κωδίκων - Ακολουθίες Gold

- ❖ Κατασκευάζονται με πράξη **XOR** μεταξύ δύο **m-sequences** που προκύπτουν από δύο διαφορετικούς **LFSR**.
- ❖ Παρουσιάζουν καλές ιδιότητες **ορθογωνιότητας**, δηλαδή εμφανίζουν χαμηλή ετεροσυσχέτιση.



Άσκηση 1

Θεωρούμε το ψηφιακό σήμα πληροφορίας **1 0 0 1**, με διάρκεια bit **$T_s = 5\text{ns}$** καθώς και τον **κώδικα διασποράς cdma** **1 -1 -1 1 1**, με διάρκεια bit **1 ns** (chip).

(α) Να υπολογιστεί η κωδικοποιημένη κατά CDMA μορφή του σήματος πληροφορίας.

(β) Να γίνει η αποκωδικοποίηση του σήματος και να ελεγχθεί η ορθότητά της.

Λύση:

- ❖ Γράφουμε το σήμα πληροφορίας ως: **1 -1 -1 1**
- ❖ Στην κλίμακα του 1ns, τα ψηφία **1** και **-1** του σήματος πληροφορίας γράφονται: **11111** και **-1-1-1-1-1** αντίστοιχα.
- ❖ Άρα το σήμα πληροφορίας γράφεται (κλίμακα **1ns** - chip):

✓ **1 1 1 1 1 -1-1-1-1-1 -1-1-1-1-1 1 1 1 1 1**
- ❖ Στην αντίστοιχη κλίμακα, ο κώδικας διασποράς είναι:

✓ **1-1-1 1 1 1-1-1 1 1 1-1-1 1 1 1-1-1 1 1**

Άσκηση 1 (συνέχεια)

❖ Ο πολλαπλασιασμός των δύο σημάτων είναι:

Σήμα Πληροφορίας (5 ns)	1					0					0					1				
Σήμα Πληροφορίας (1 ns)	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1
Κώδικας διασποράς	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
Κωδικοποιημένο Σήμα	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1

❖ Επαλήθευση:

Κωδικοποιημένο Σήμα	1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1
Κώδικας διασποράς	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1
Σήμα Πληροφορίας (1 ns)	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1
Σήμα Πληροφορίας (5 ns)	1					0					0					1				

Άσκηση 2

Να παραχθεί ο κώδικας CDMA που αντιστοιχεί σε έναν LFSR τεσσάρων βαθμίδων, με αρχική κατάσταση **0100**.

Λύση:

Χρονική Στιγμή	Κατάσταση	Έξοδος
0	0100	0
1	0010	0
2	1001	1
3	1100	0
4	0110	0
5	1011	1
6	0101	1
7	1010	0
8	1101	1
9	1110	0
10	1111	1
11	0111	1
12	0011	1
13	0001	1
14	1000	0
15	0100	

Άρα ο κώδικας είναι ο
001001101011110

Άσκηση 3

Μήνυμα αποστολέα 1: **1,-1, 1, 1**

Κώδικας αποστολέα 1: **1,-1**

Αποστέλλει Α: **1,-1, -1, 1, 1,-1, 1,-1**

Μήνυμα αποστολέα 2: **-1,-1, 1, 1**

Κώδικας αποστολέα 2: **1, 1**

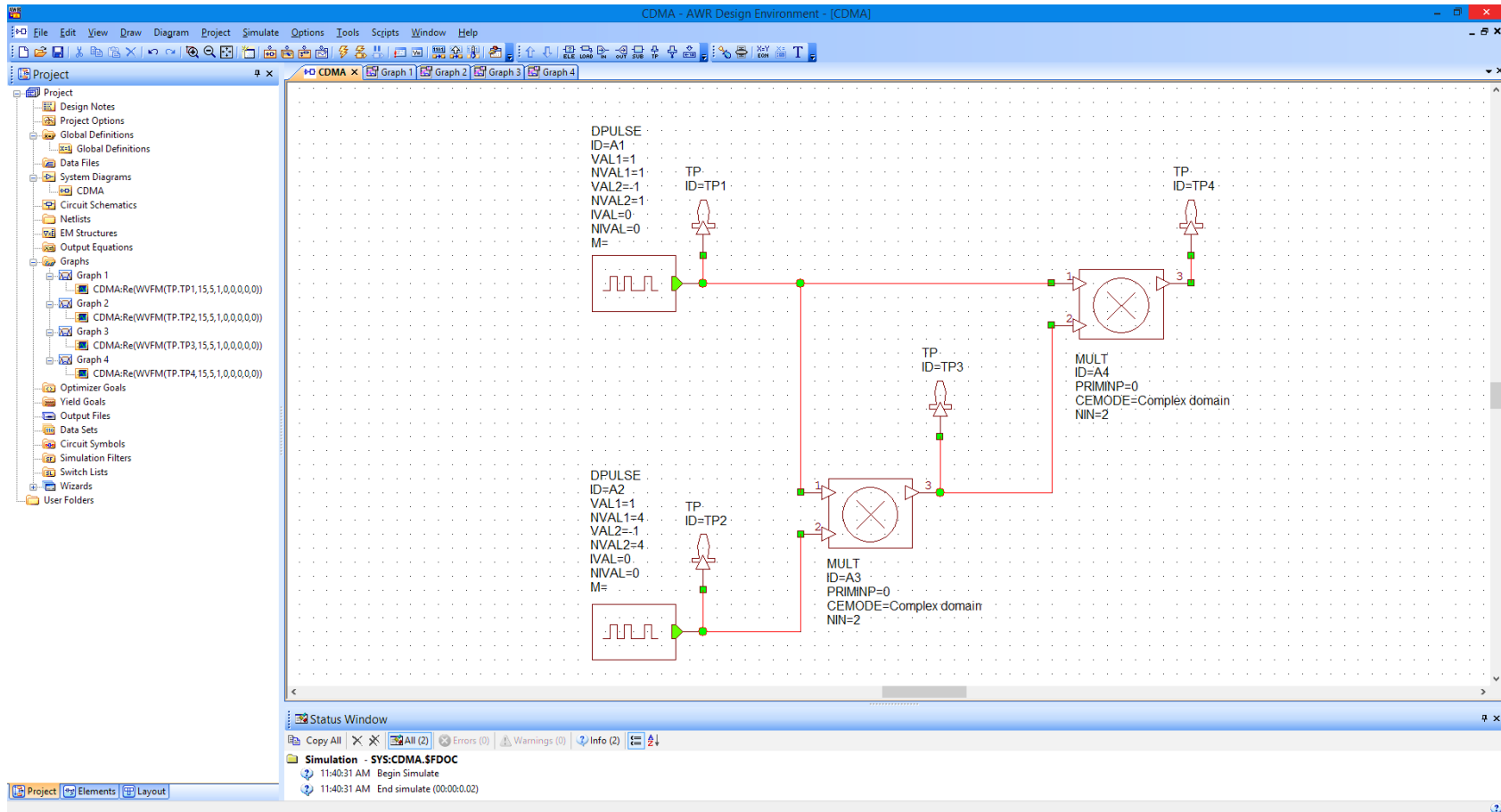
Αποστέλλει Β: **-1,-1, -1,-1, 1, 1, 1, 1**

Σήμα στο κανάλι (A+B): **0, -2, -2, 0, 2, 0, 2, 0**

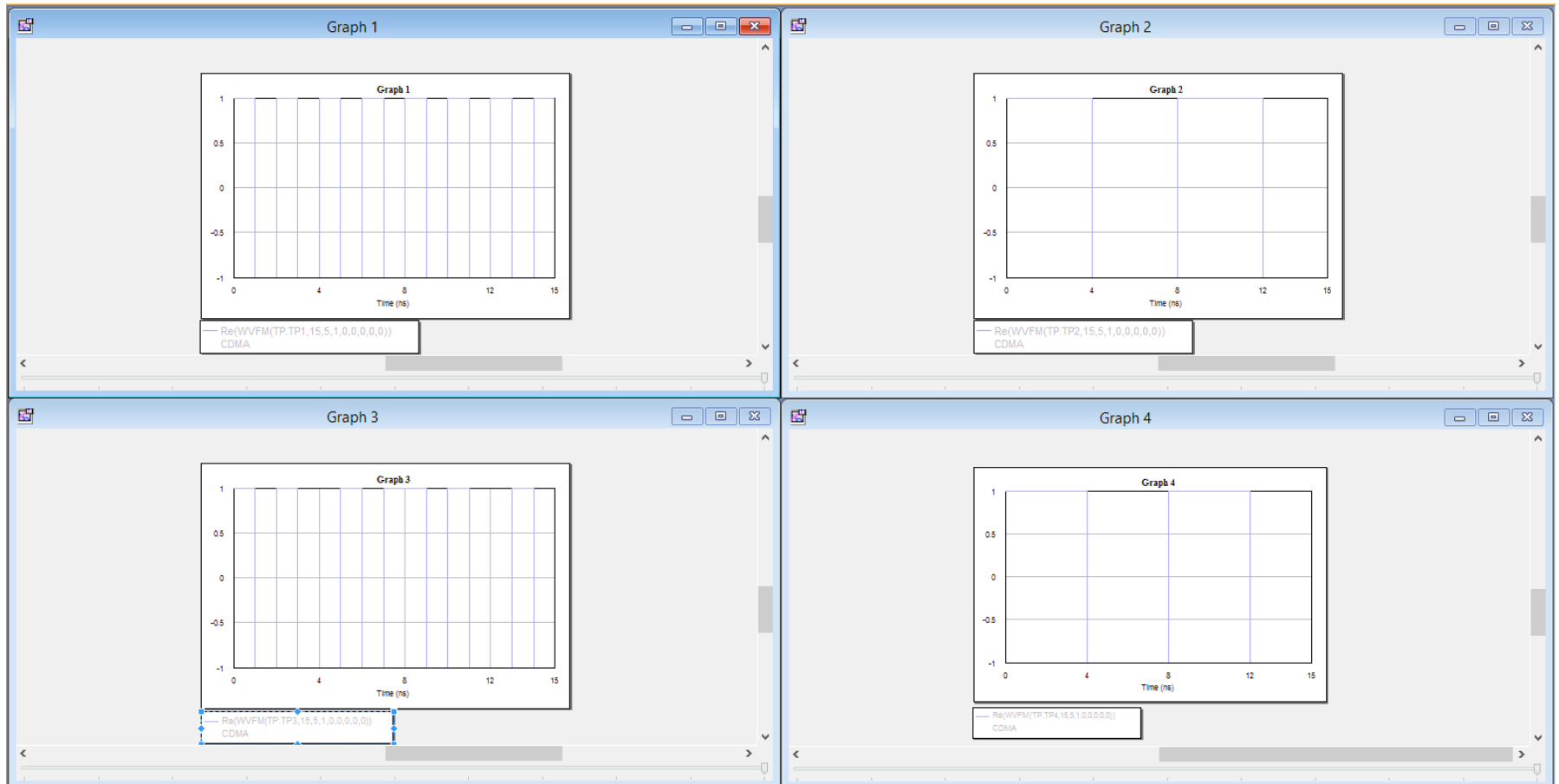
Δέκτης 1: $(0+2), (-2+0), (2+0), (2+0) = 2, -2, 2, 2 = 2$ **(1, -1, 1, 1)**

Δέκτης 2: $(0-2), (-2+0), (2+0), (2+0) = -2, -2, 2, 2 = 2$ **(-1, -1, 1, 1)**

Εργαστηριακή Άσκηση



Εργαστηριακή Άσκηση



Είσοδοι: 1010101010101010 και 1111000011110000

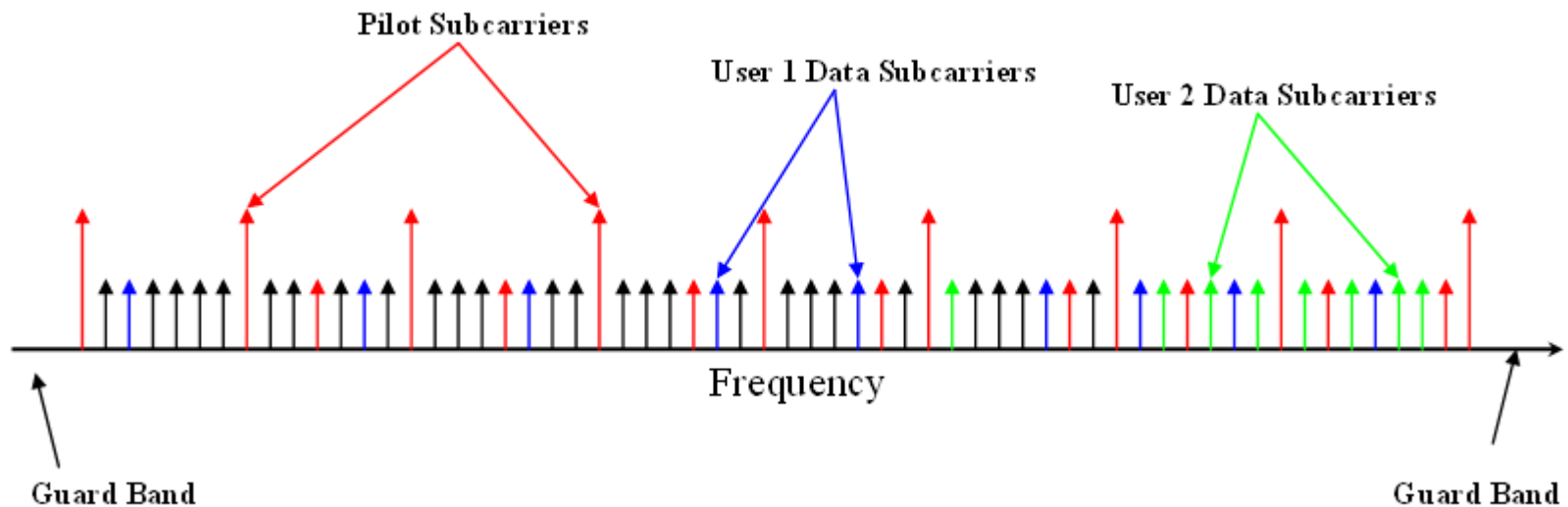
Έξοδοι : 1010101010101010 και 1111000011110000

Ορθογώνια Διαίρεση Συχνότητας Πολλαπλής Πρόσβασης

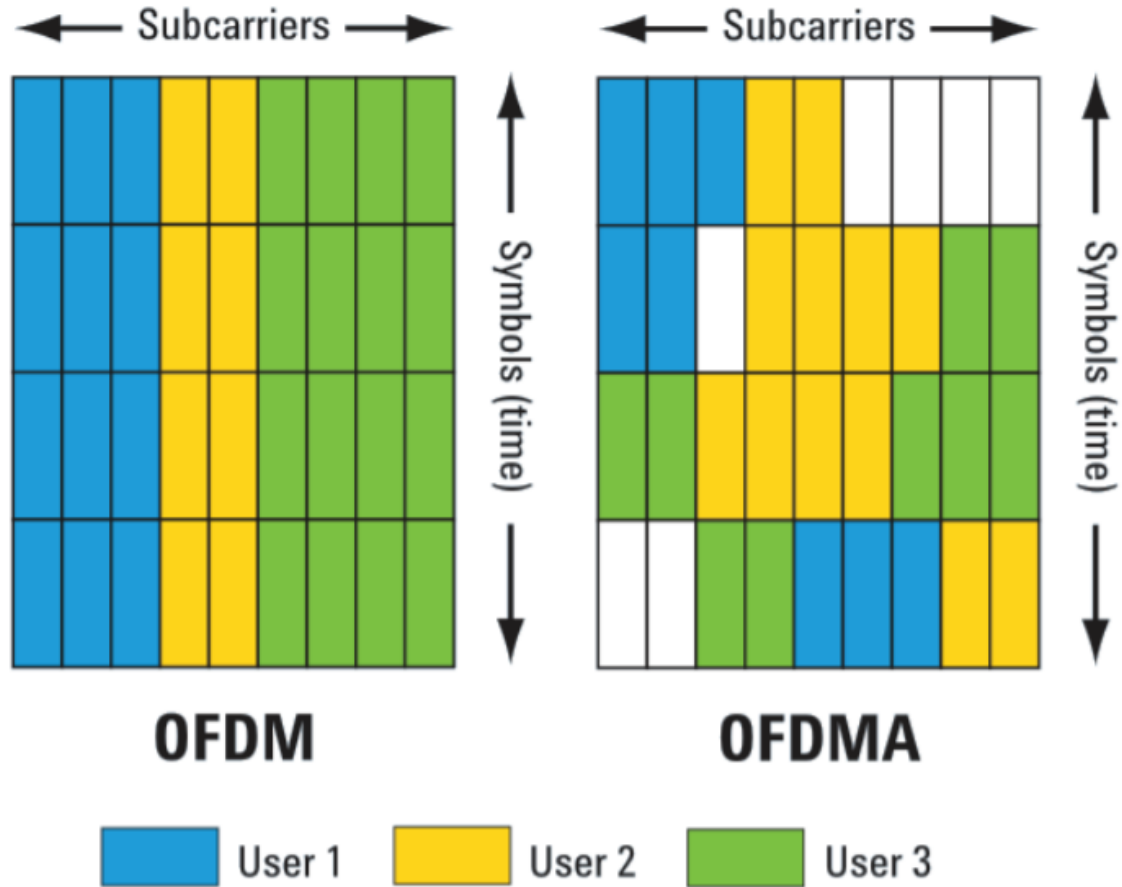
Orthogonal Frequency Division
Multiple Access, OFDMA

OFDMA: Γενικά

- ❖ Η **OFDMA** είναι μια τεχνική **πολλαπλής πρόσβασης** στο μέσο που βασίζεται στο OFDM.
- ❖ Στην OFDMA η πολλαπλή πρόσβαση επιτυγχάνεται εκχωρώντας υποσύνολα υποφορέων σε μεμονωμένους χρήστες. Αυτό επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση χαμηλού ρυθμού δεδομένων από διάφορους χρήστες.



OFDM vs OFDMA



OFDMA: Χαρακτηριστικά

- ❖ Επιτρέπει ταυτόχρονη μετάδοση χαμηλού ρυθμού δεδομένων από διάφορους χρήστες.
- ❖ Χαμηλότερη μέγιστη ισχύς μετάδοσης για χρήστες με χαμηλή ταχύτητα δεδομένων.
- ❖ Μειωμένη καθυστέρηση και σταθερή καθυστέρηση.
- ❖ Η πολλαπλή πρόσβαση βασιζόμενη αποφυγή σύγκρουσης απλοποιείται.
- ❖ Βελτιώνει την ευρωστία της OFDM σε παρεμβολές.
- ❖ Καταπολέμηση παρεμβολών στενής ζώνης.
- ❖ Είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για ευρυζωνικά ασύρματα δίκτυα, εξαιτίας της επεκτασιμότητας και της χρήσης πολλών κεραιών (MIMO).