



EMPHASIS
RESEARCH
CENTRE



University
of Cyprus

Χάρης Βότση

Μικροκύματα και Ραντάρ

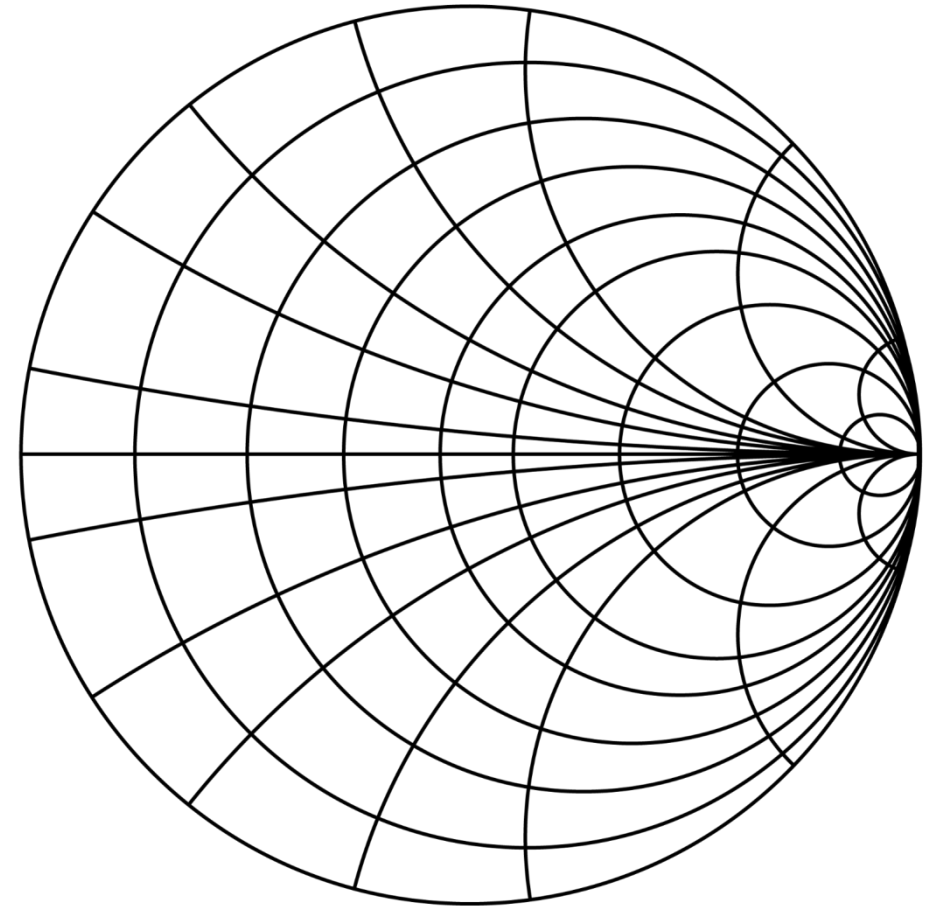
HMY 100

11/11/2021



1. Σύντομη εισαγωγή στη μικροκυματική τεχνολογία

- Μορφή ενέργειας
- Ηλεκτρομαγνητικά κύματα που κινούνται στο χώρο με την ταχύτητα του φωτός.
- Έχουν μικρότερο μήκος από τα ραδιοκύματα, αλλά μεγαλύτερο από την υπέρυθρη ακτινοβολία.
- Ασύρματες τηλεπικοινωνίες.



Constant resistance and reactance circles plotted together

Σύντομο Κουίζ

- Ποια είναι η συχνότητα ενός συστήματος WiFi; Υπολογίστε το αντίστοιχο μήκος κύματος.
- Κατατάξτε τα ακόλουθα μέρη του φάσματος με βάση τη συχνότητα τους: Ορατό φως, μικροκύματα, ακτίνες-Χ, υπέρυθρες.
- Μπορείτε να αναφέρετε τουλάχιστον τέσσερις εφαρμογές των μικροκυμάτων;

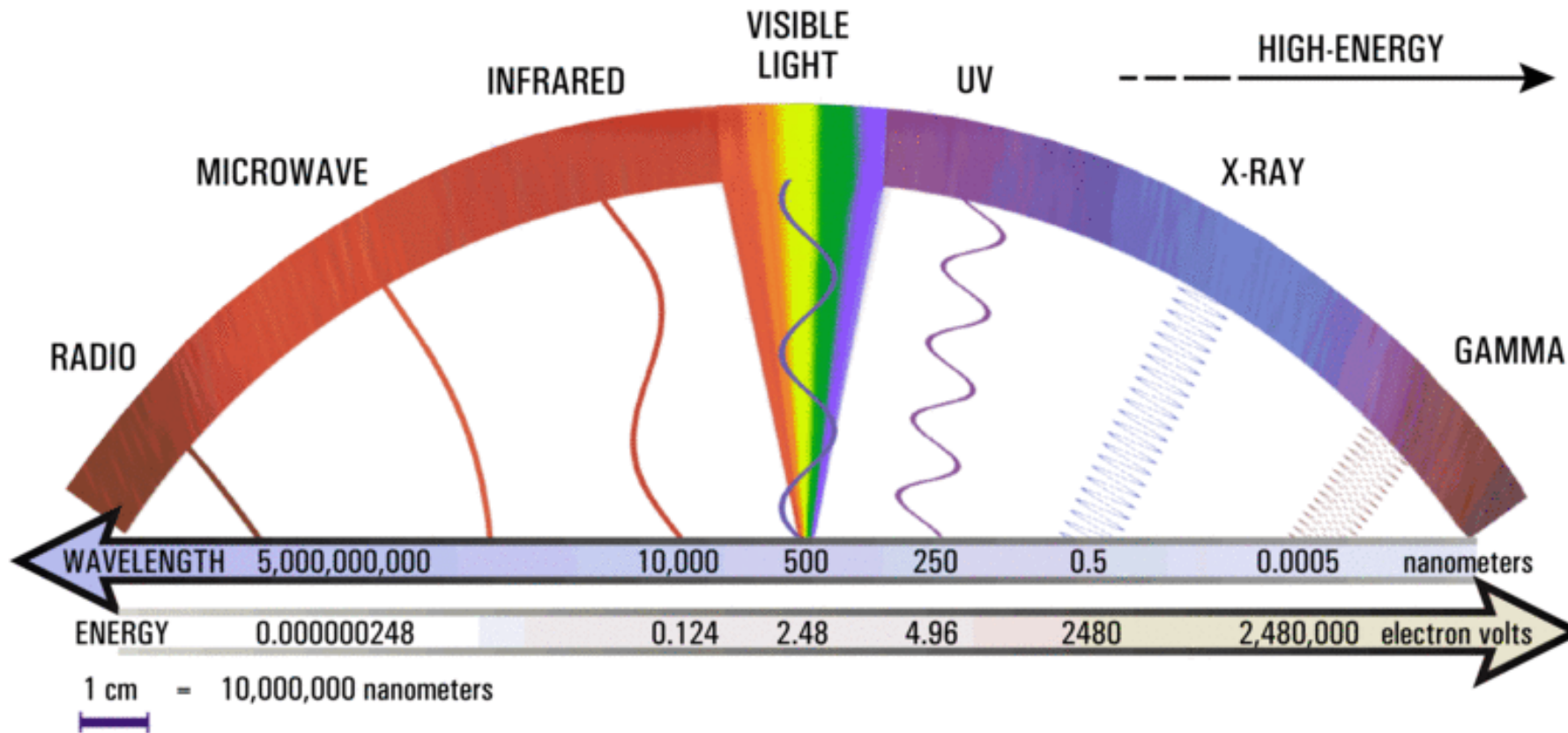
Σύντομο Κουίζ

- Ποια είναι η συχνότητα ενός συστήματος Wi-Fi; Υπολογίστε το αντίστοιχο μήκος κύματος.
- Το πρότυπο IEEE 802.11 παρέχει διάφορα διακριτά εύρη ραδιοσυχνοτήτων για χρήση σε συστήματα Wi-Fi: 900 MHz 2.4 GHz, 3.6 GHz, 4.9 GHz, 5 GHz, 5.9 GHz και 60 GHz bands. Συνήθως χρησιμοποιείται **2.4 GHz**.

$$c = f\lambda \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^9} = 12.5 \text{ cm}$$

Σύντομο Κουίζ

- Κατατάξτε τα ακόλουθα μέρη του φάσματος με βάση τη συχνότητα τους: Ορατό φως, μικροκύματα, X-rays, υπέρυθρες.

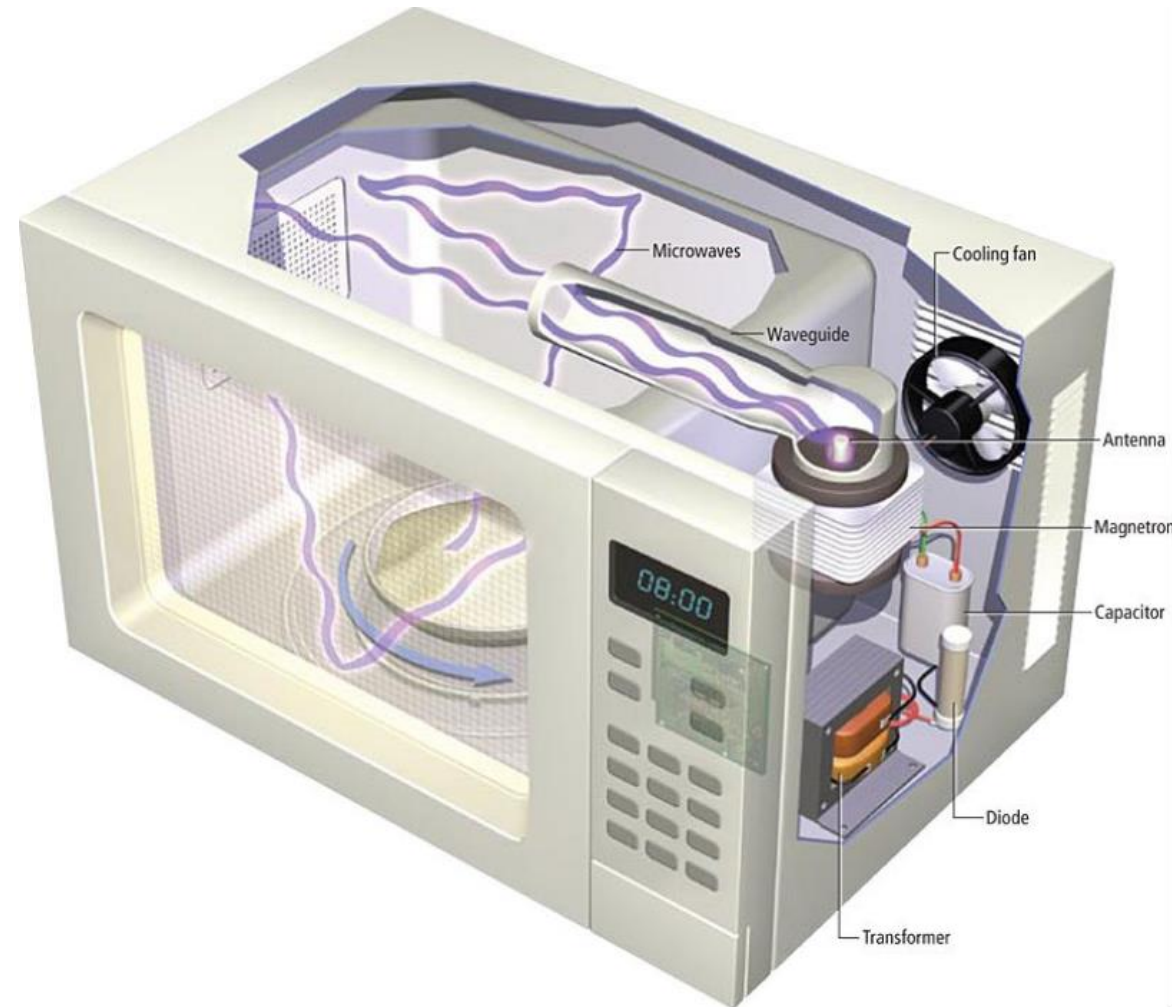


NASA/CXC/SAO/MPE

Σύντομο Κουίζ

- Μπορείτε να αναφέρετε τουλάχιστον τέσσερις εφαρμογές των μικροκυμάτων;

1 Φούρνοι μικροκυμάτων



<https://www.scientificamerican.com/slideshow/how-the-microwave-works/>

Σύντομο Κουίζ

- Μπορείτε να αναφέρετε τουλάχιστον τέσσερις εφαρμογές των μικροκυμάτων;

2 Ραντάρ



<https://www.defencetalk.com/sweden-installs-coastal-surveillance-radar-system-43381/>

Σύντομο Κουίζ

- Μπορείτε να αναφέρετε τουλάχιστον τέσσερις εφαρμογές των μικροκυμάτων;

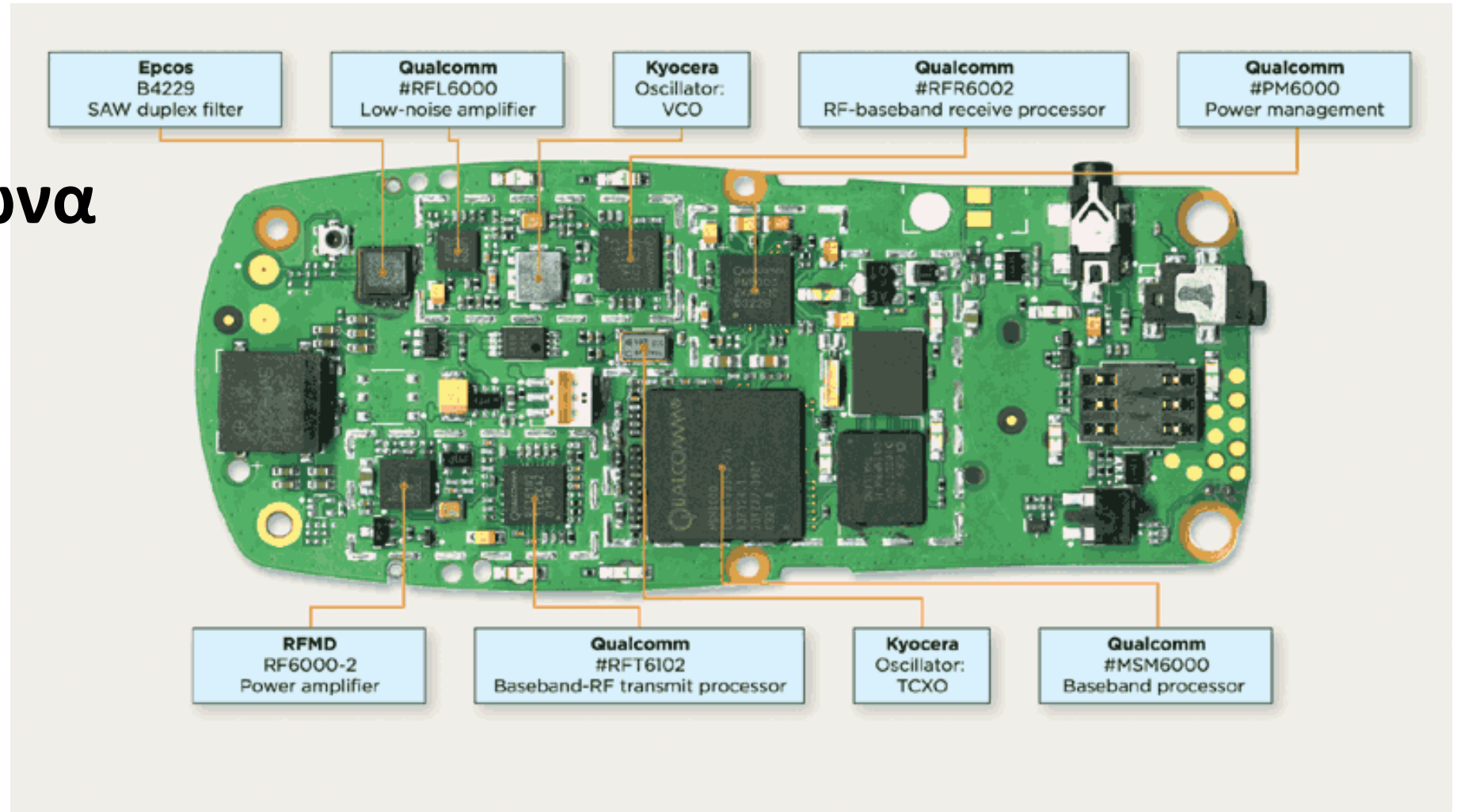
3 Wi-Fi



Σύντομο Κουίζ

- Μπορείτε να αναφέρετε τουλάχιστον τέσσερις εφαρμογές των μικροκυμάτων;

4 Κινητά τηλέφωνα



Σύντομο Κουίζ

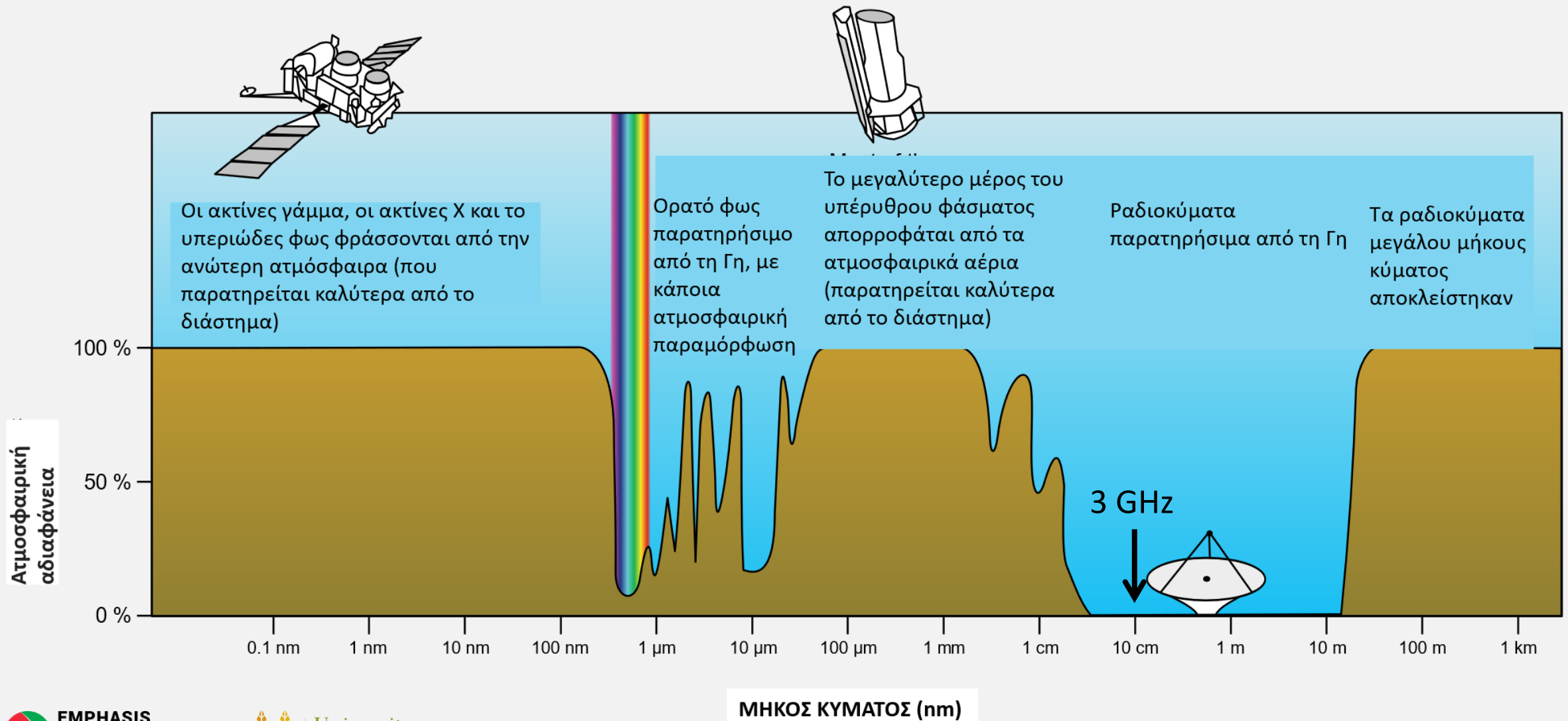
- Μπορείτε να αναφέρετε τουλάχιστον τέσσερις εφαρμογές των μικροκυμάτων;

5 Δορυφόροι



Credit: Jenny Mottar/NASA

Ατμοσφαιρική αδιαφάνεια



Γιατί τόσο ενδιαφέρων για μικροκυματικές συχνότητες;

- Μικρό μήκος κύματος.
- Μεγάλο όριο χωρητικότητας (C) λόγω του μεγάλου καναλιού εύρους ζώνης (B)
 - Θεώρημα Shannon – Hartley
 - Ανώτατο ρυθμό μετάδοσης αξιόπιστων δεδομένων μέσα από ένα κανάλι με θόρυβο
- Τα κυκλώματα δημιουργούν θόρυβο, ο οποίος είναι η κυριότερη αιτία υποβάθμισης της ποιότητας επικοινωνίας. Εισάγει αβεβαιότητα στη διαδικασία ανάκτησης από το δέκτη της εκπεμπόμενης πληροφορίας.

$$C = B \log_2 (1 + S/N)$$

bandwidth of the channel

Channel capacity in bits/s

signal-to-noise ratio

Σύντομο Κουίζ

- Μπορείτε να αναφέρετε τουλάχιστον τέσσερις εφαρμογές των μικροκυμάτων;

6 Ασφάλεια αεροδρομίου

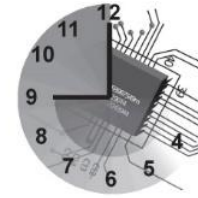
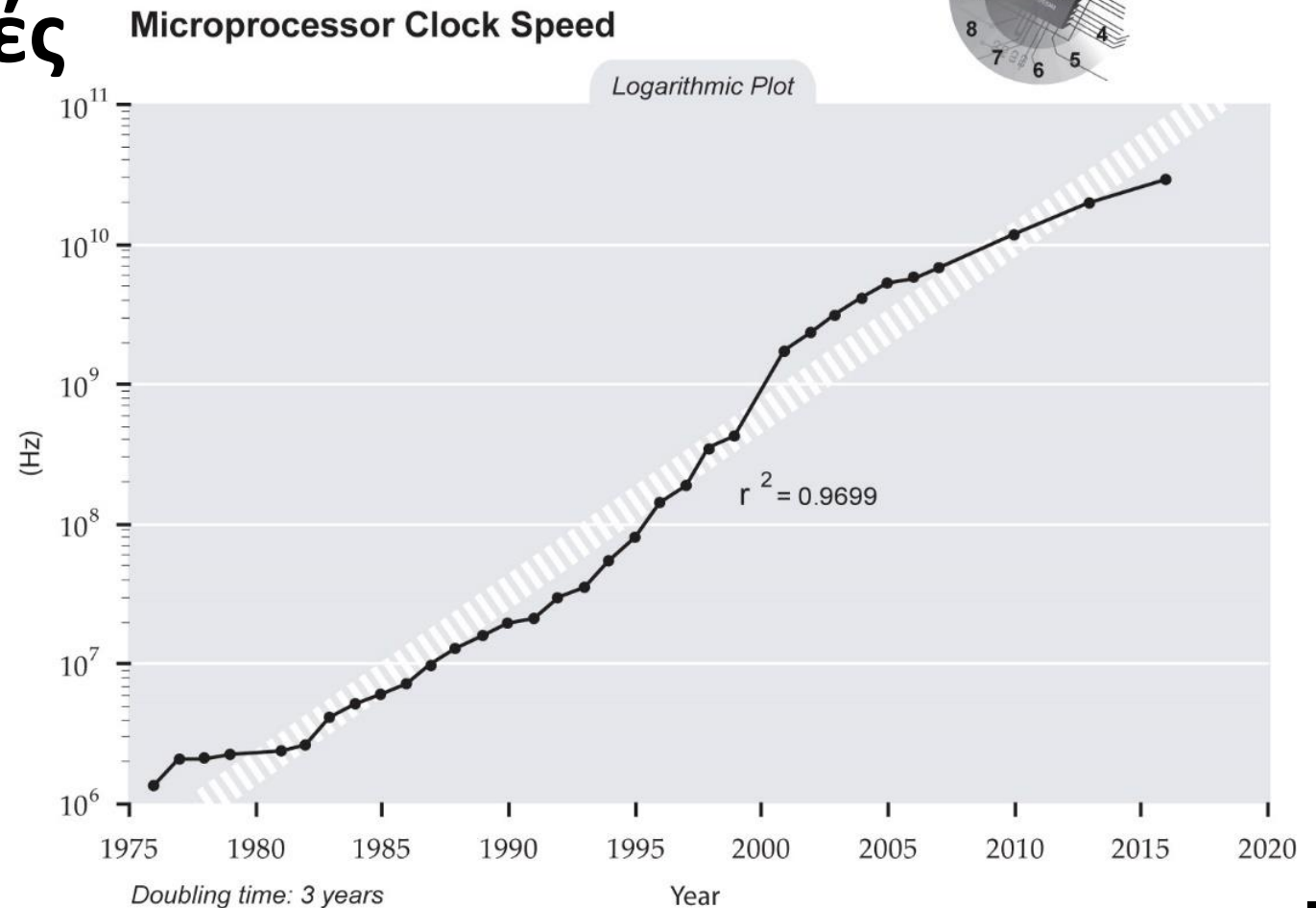


http://triptoairport.blogspot.com/2017/05/millimeter-wave-scanner-airport_10.html

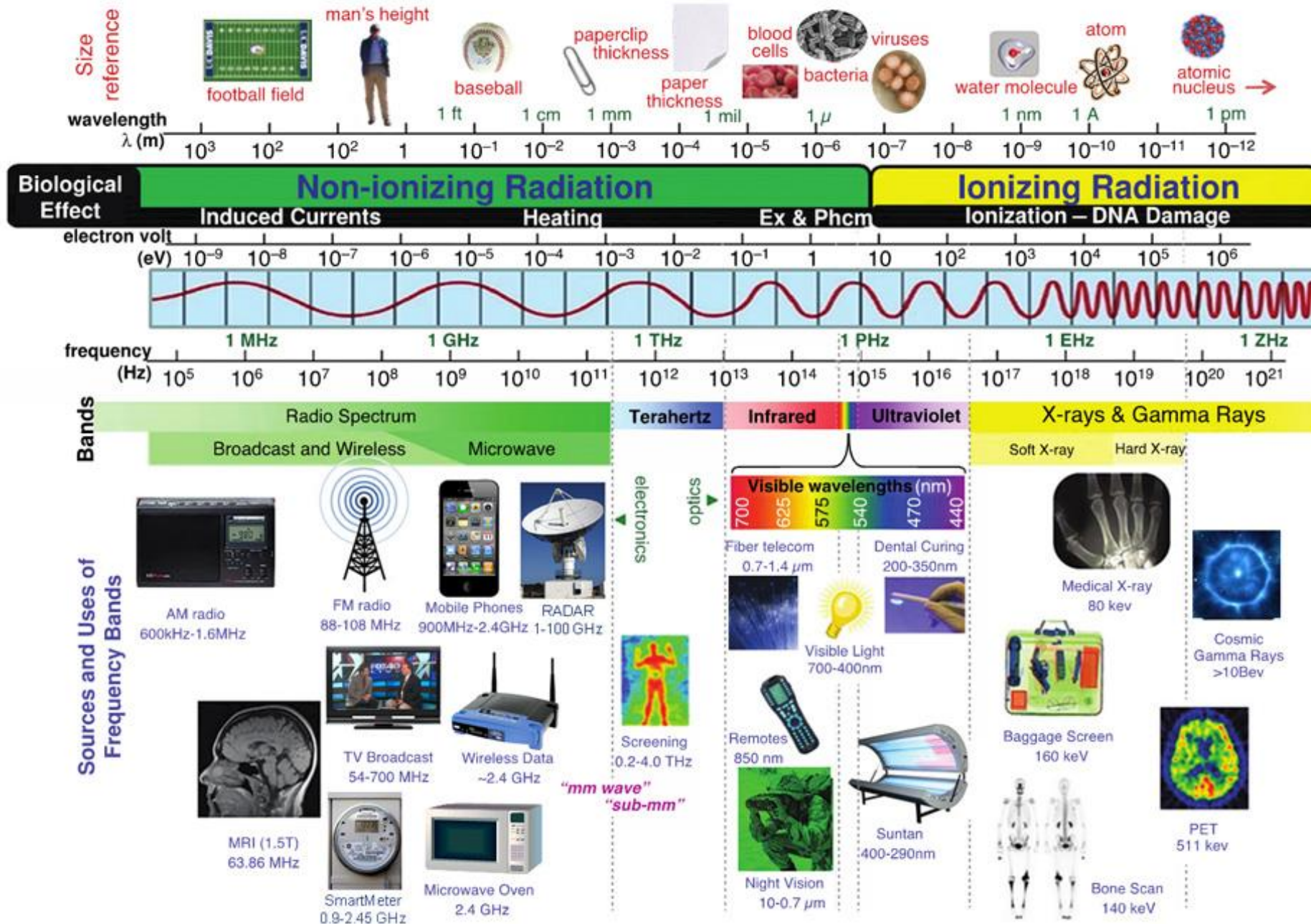
Σύντομο Κουίζ

- Μπορείτε να αναφέρετε τουλάχιστον τέσσερις εφαρμογές των μικροκυμάτων;

7 Μικροεπεξεργαστές



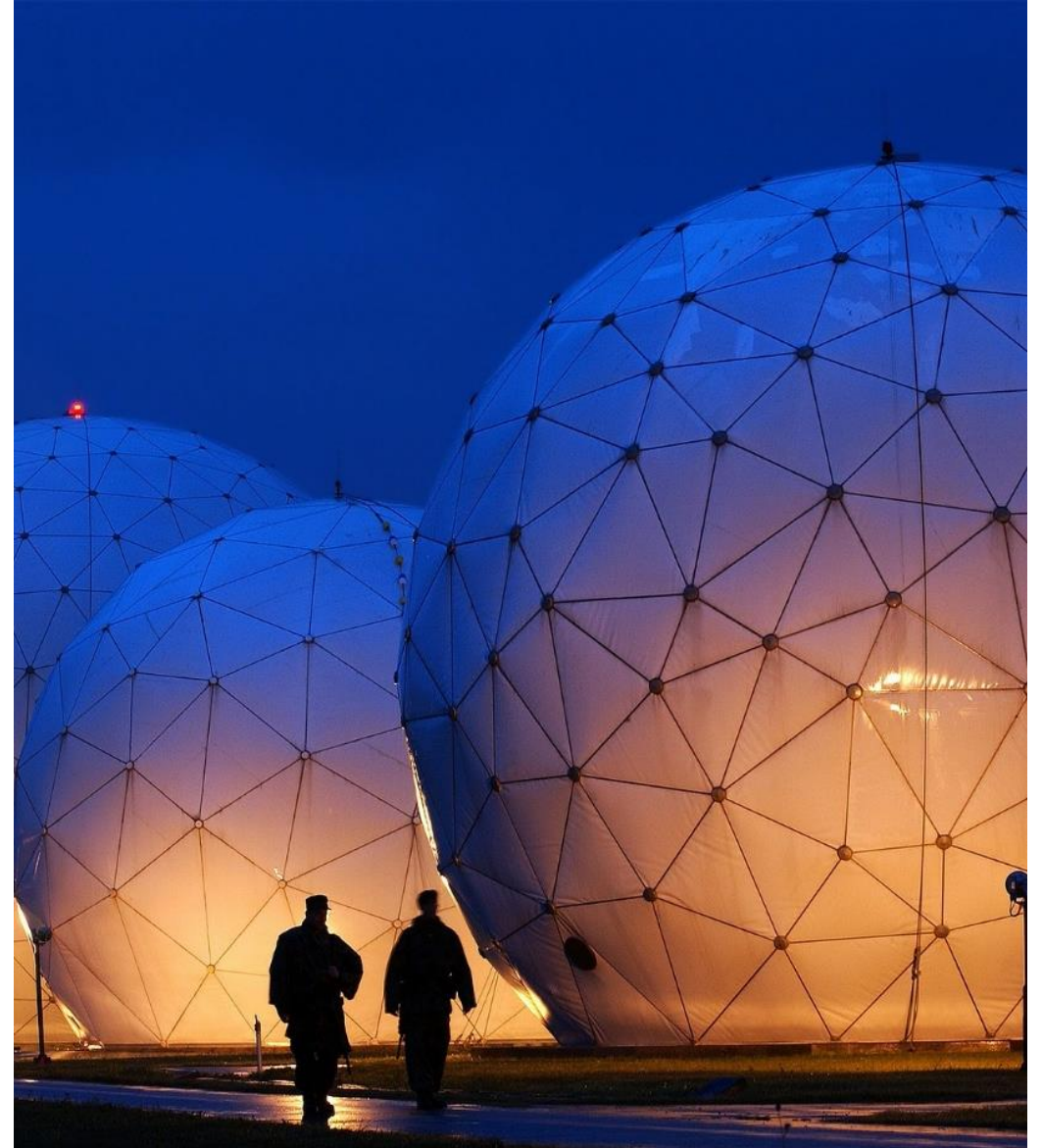
ELECTROMAGNETIC RADIATION SPECTRUM



2. Συστήματα ραντάρ

- Δημιουργήθηκε το 1935
- Πολύ σημαντικό ρόλο στο Β παγκόσμιο πόλεμο ειδικά στην ανίχνευση εχθρικών αεροσκαφών και πλοίων.

RADAR = Radio Detection and Ranging



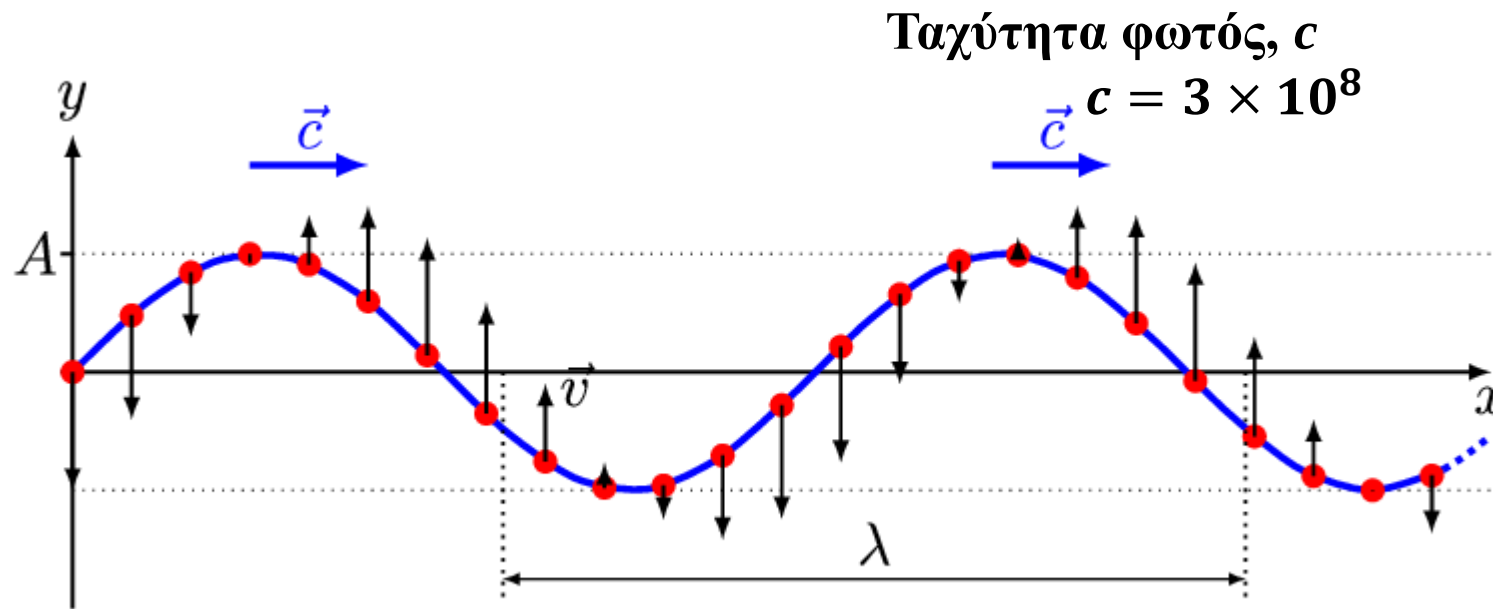
- Το ραντάρ βασίζεται στη μετάδοση και την ανάκλαση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από αντικείμενα (στόχους). Αυτή η μέθοδος εντοπισμού θέσης και ταχύτητας χρησιμοποιείται επίσης στη φύση, π.χ. με ηχητικά κύματα:



Ηλεκτρομαγνητικό Κύμα

- Εγκάρσια κύματα ονομάζονται τα κύματα των οποίων η διεύθυνση διάδοσής τους είναι κάθετη στη διεύθυνση της ταλάντωσης των σωματιδίων που αποτελούν το μέσο διάδοσης.
- Στα εγκάρσια κύματα εμφανίζονται μέγιστα και ελάχιστα που ονομάζονται «όρη» και «κοιλιάδες» αντίστοιχα.
- Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα προέρχεται από συζευγμένα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία κινούνται με την ταχύτητα του φωτός και παρουσιάζουν τυπική κυματική συμπεριφορά.
- Αν τα φορτία ταλαντώνονται περιοδικά οι διαταραχές αυτές είναι κύματα, των οποίων οι ηλεκτρικές και μαγνητικές συνιστώσες είναι κάθετες η μία στην άλλη και κάθετες επίσης προς τη διεύθυνση διάδοσης.

Ηλεκτρομαγνητικό Κύμα



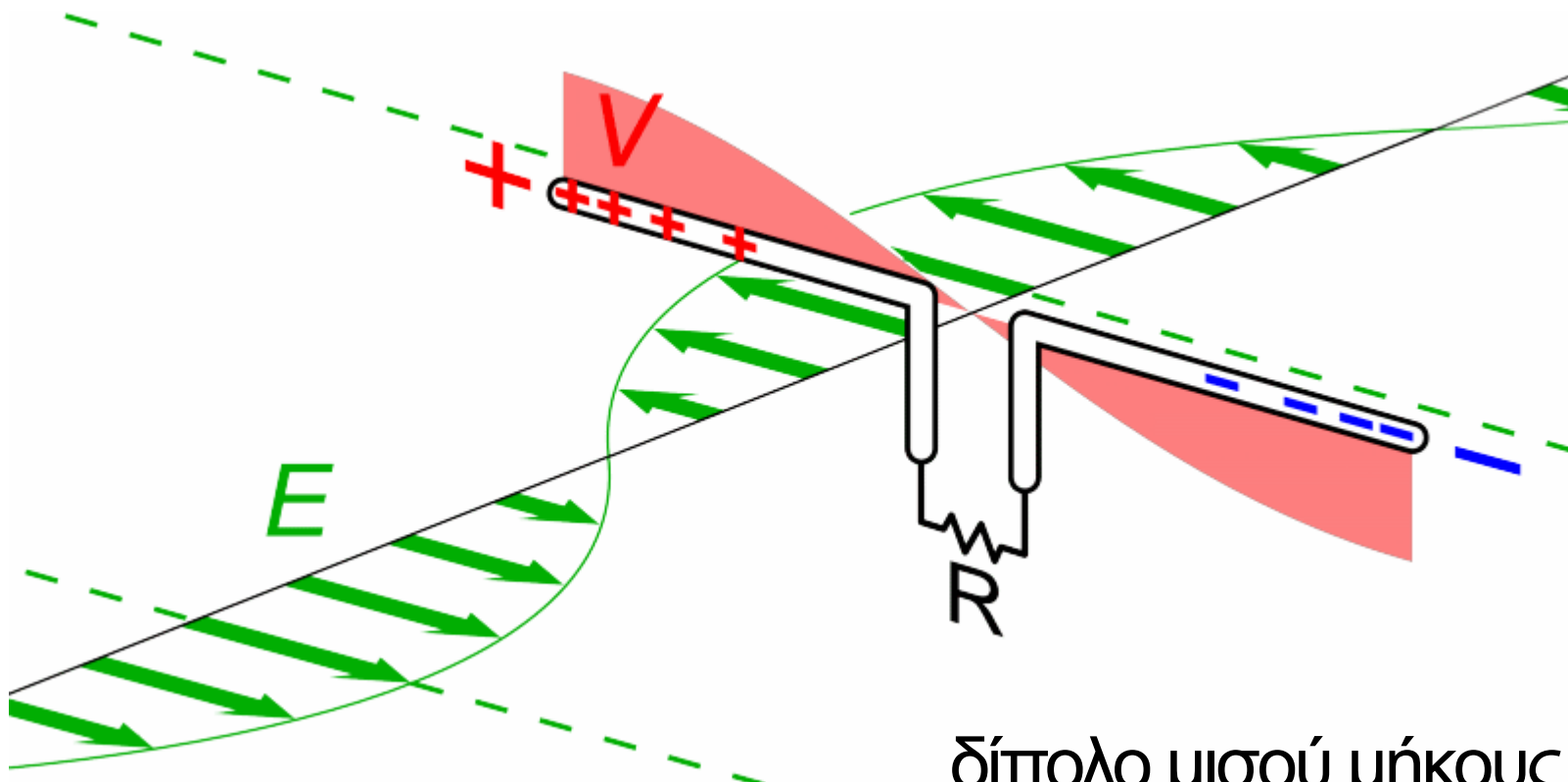
Συχνότητα, f

$$f \left(\frac{1}{s} \right) = \frac{c \left(\frac{m}{s} \right)}{\lambda (m)}$$

Περίοδος, T

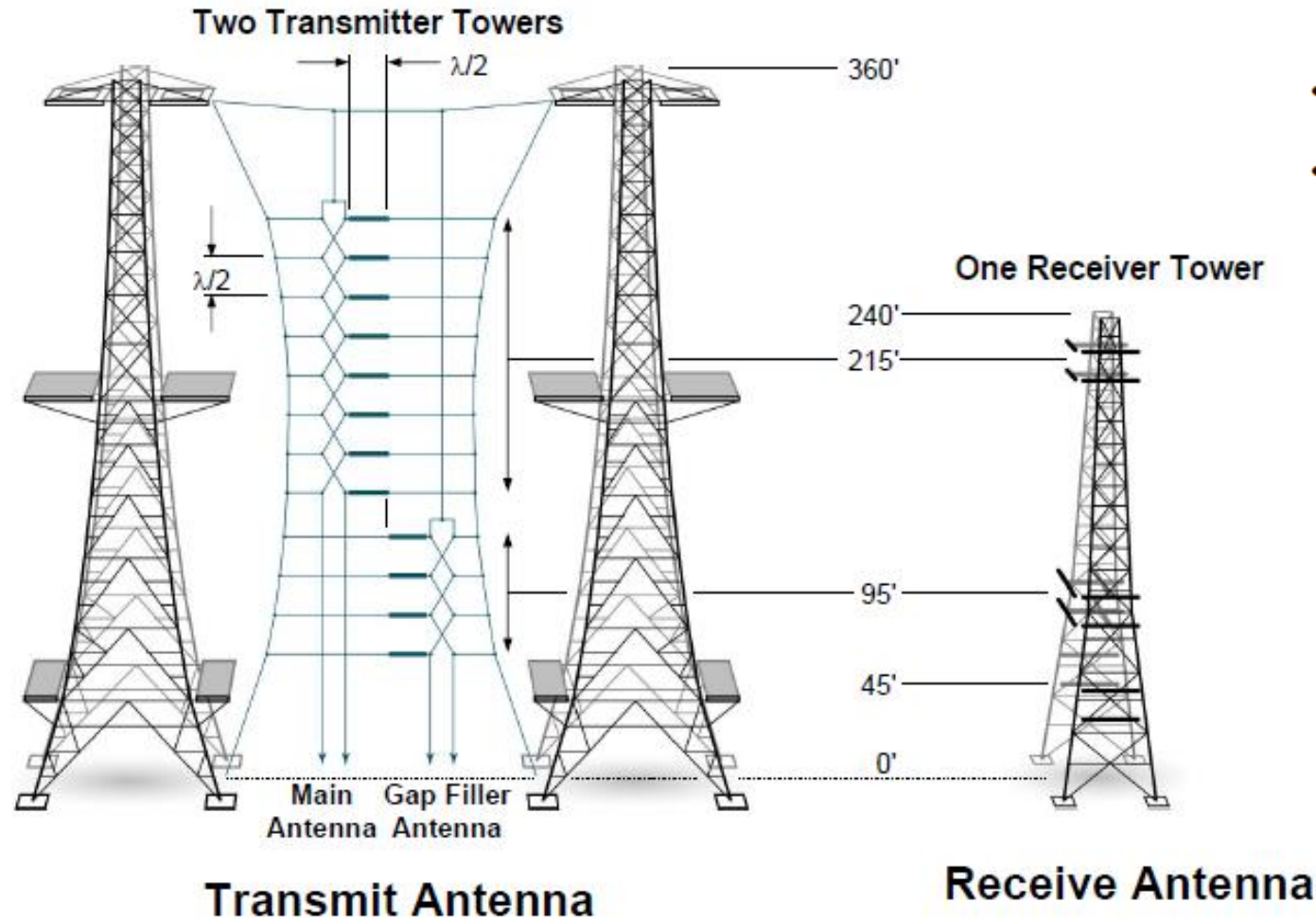
$$T(s) = \frac{1}{f \left(\frac{1}{s} \right)}$$

Διπολική κεραία



δίπολο μισού μήκους κύματος

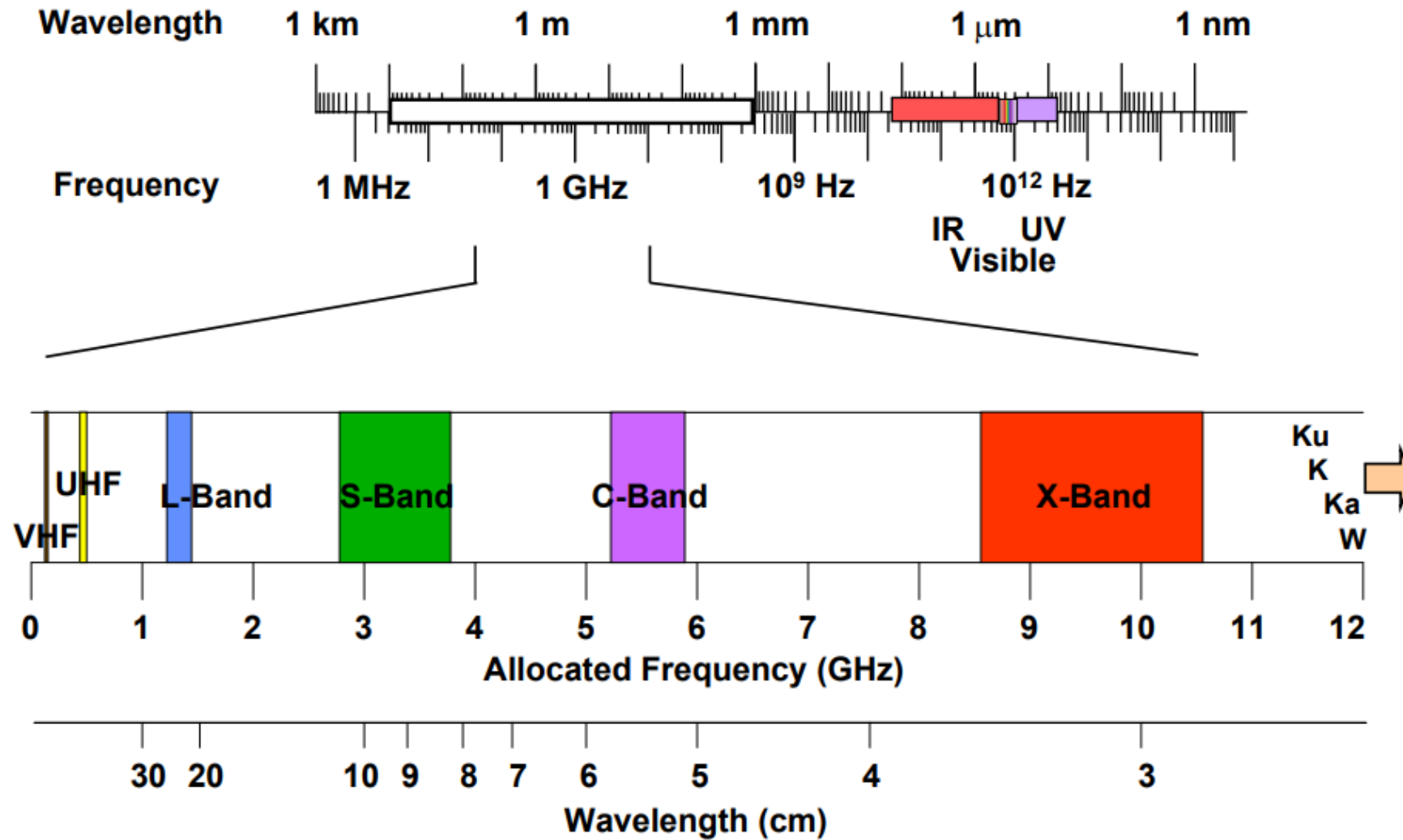
Κεραιοστοιχία διπόλων



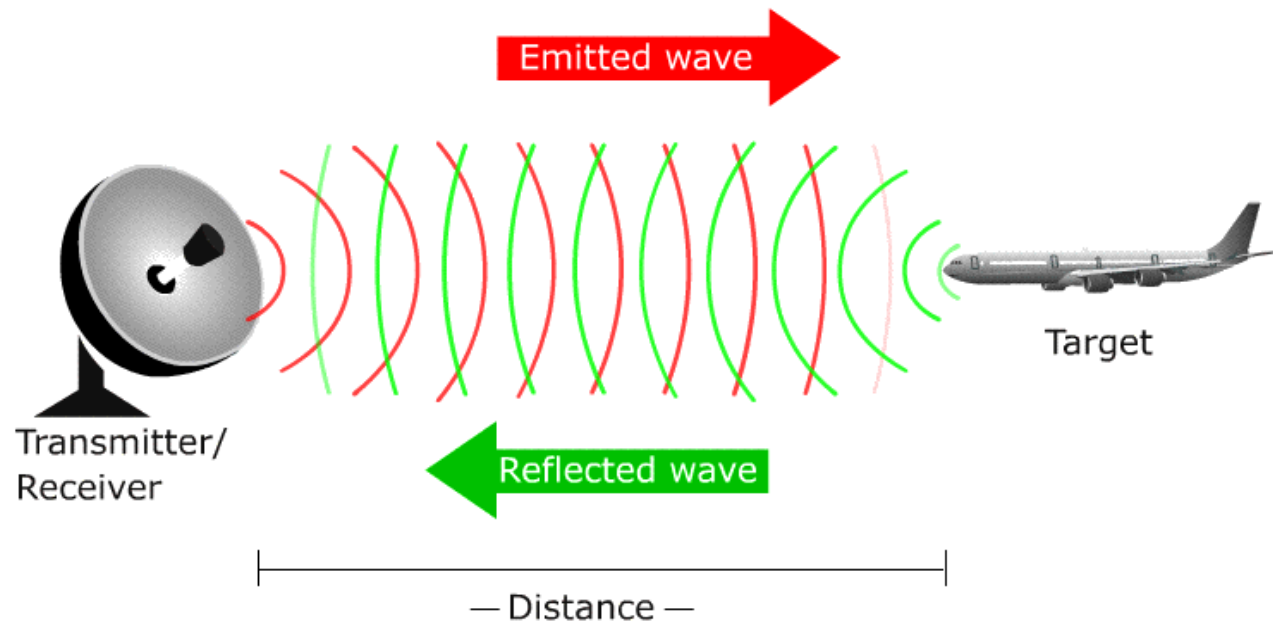
- Frequency
 - 20-30 MHz
- Wavelength
 - 10-15 m

- Chain Home Radar
- Ηνωμένο Βασίλειο
- Δεύτερος Παγκόσμιος πόλεμος

Συχνότητες ραντάρ



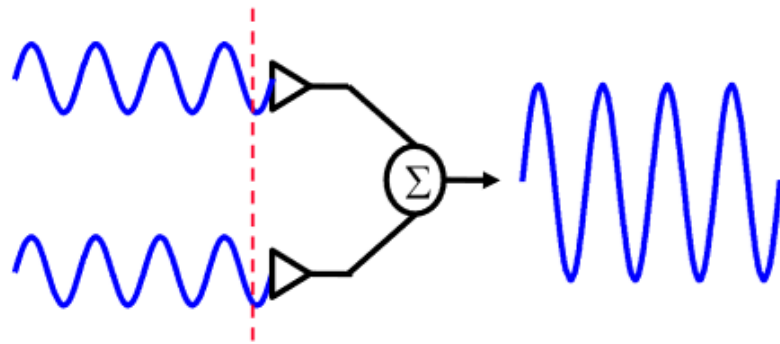
Ραντάρ: Βασικές αρχές



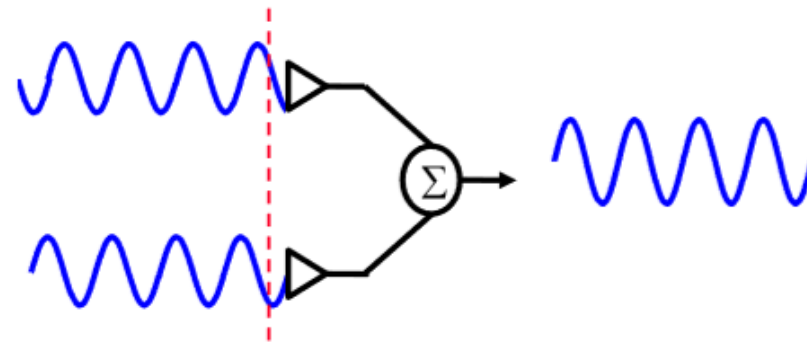
Ανιχνεύσιμες ποσότητες:

- Απόσταση
- Θέση
- Μέγεθος
- Ταχύτητα

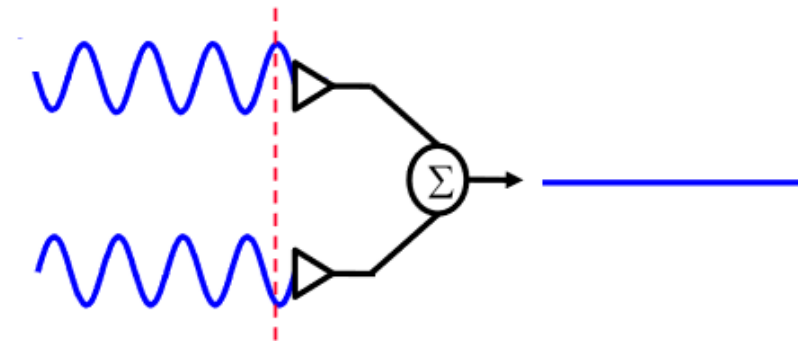
Ενισχυτική και καταστροφική συμβολή



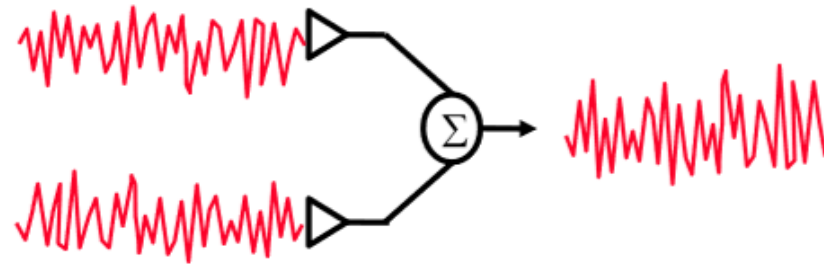
Constructive
(in phase)



Partially Constructive
(somewhat out of phase)



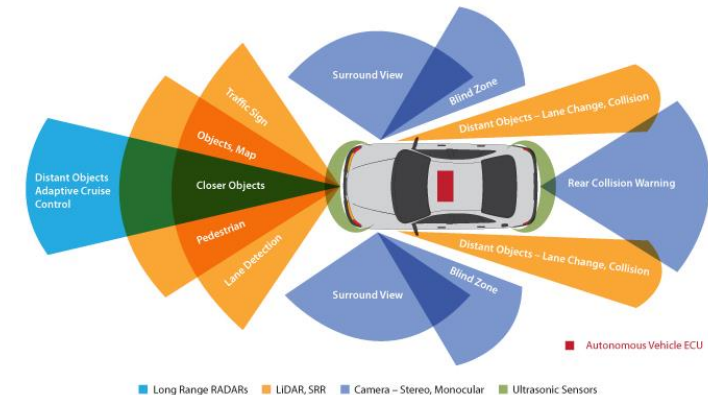
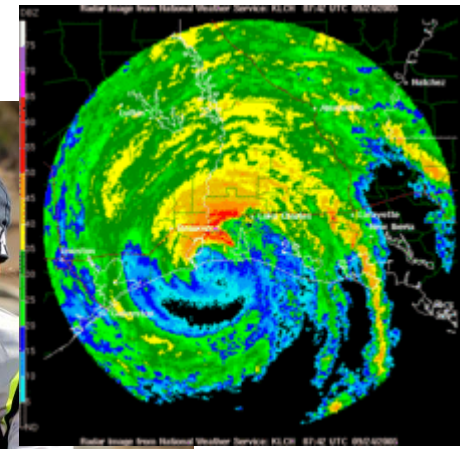
Destructive
(180° out of phase)



Non-coherent signals
(noise)

Εφαρμογές

- Παρακολούθηση εναέριου χώρου
- Χαρτογράφηση
- Παρακολούθηση καιρικών συνθήκων
- Ανίχνευση στόχων
- Αυτόνομα οχήματα



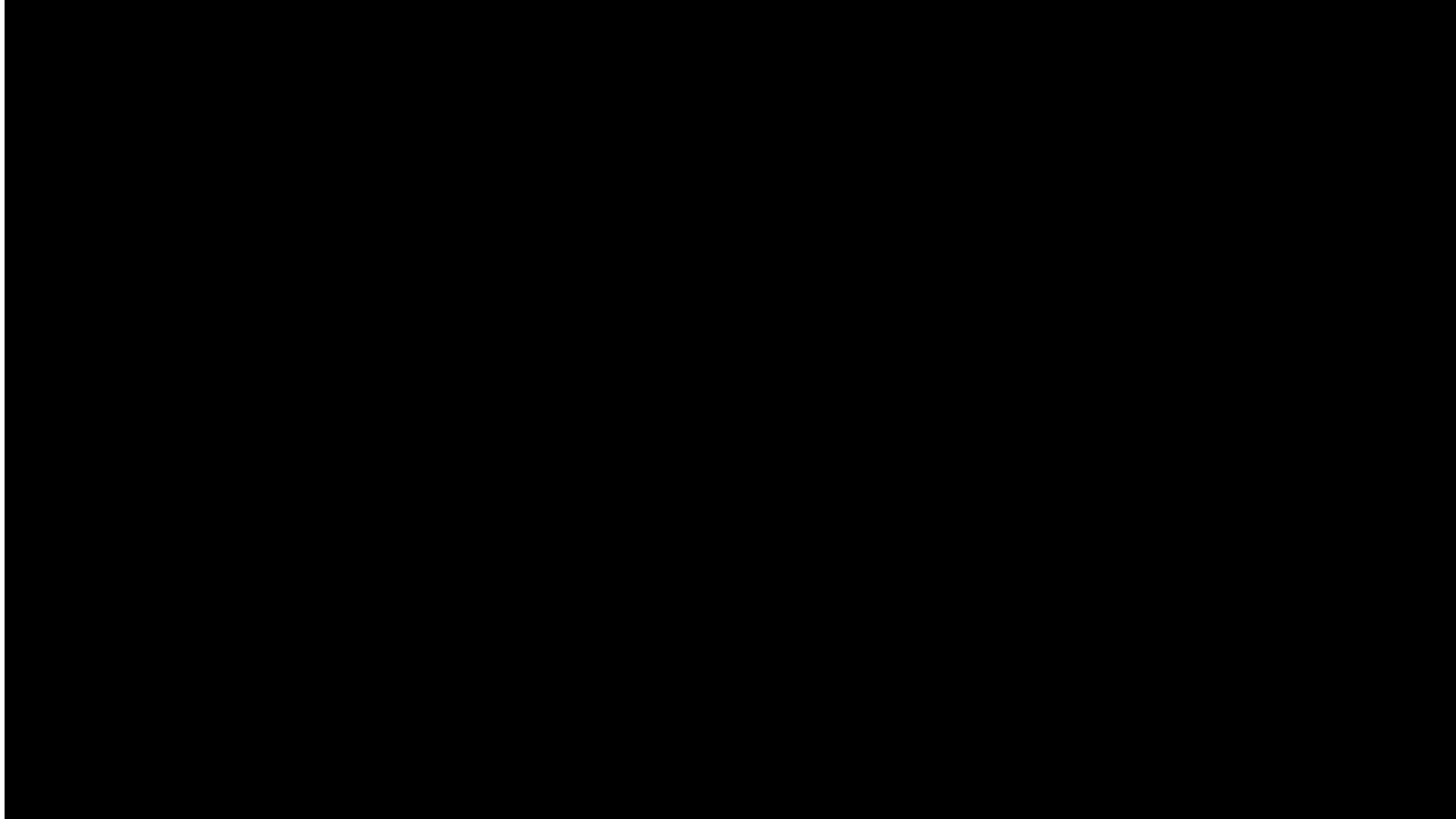
Προστασία από μη επανδρωμένα οχήματα

PANTAP



NATO Summit 2018
Belgium

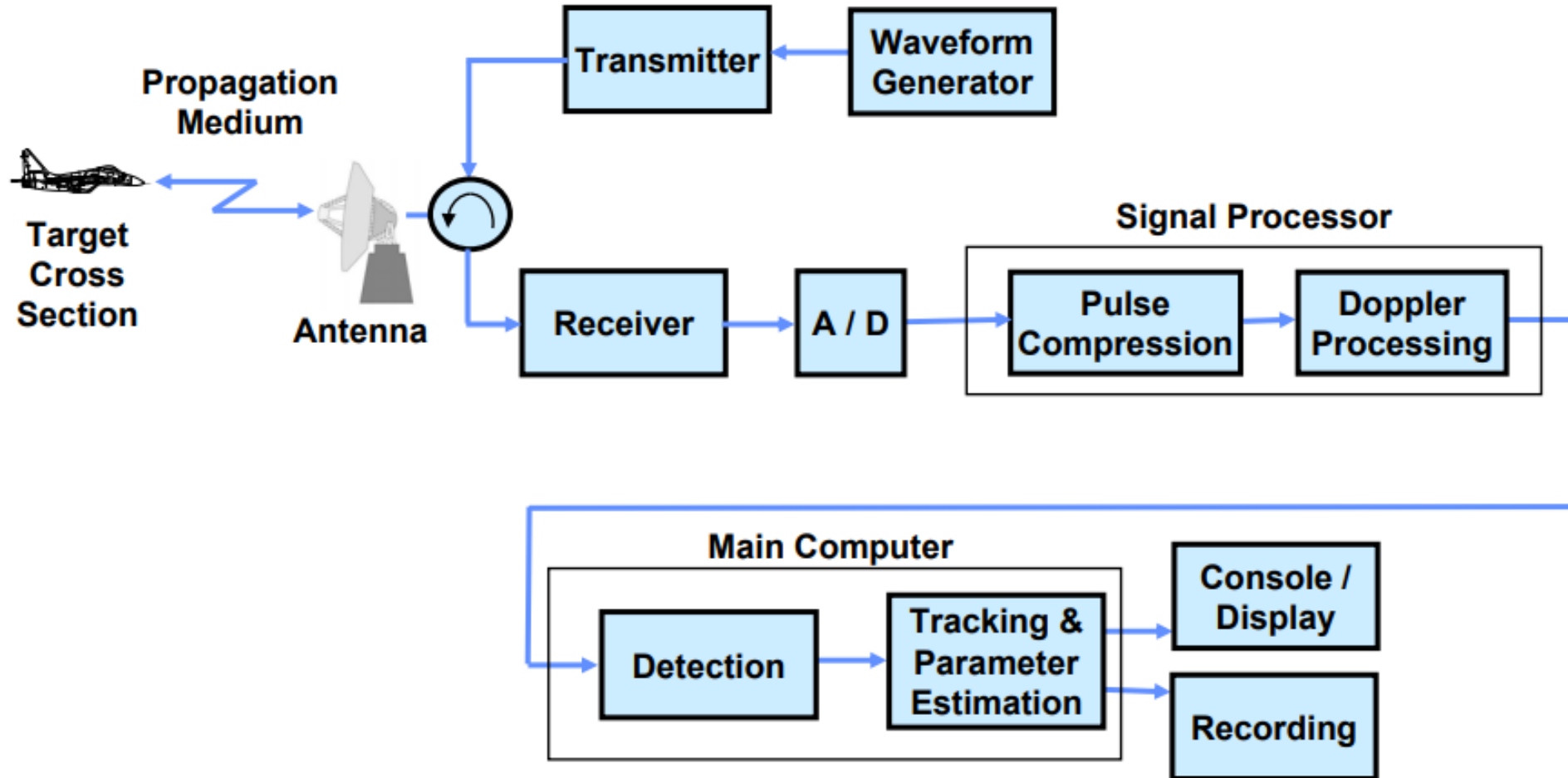
Αυτόνομα οχήματα



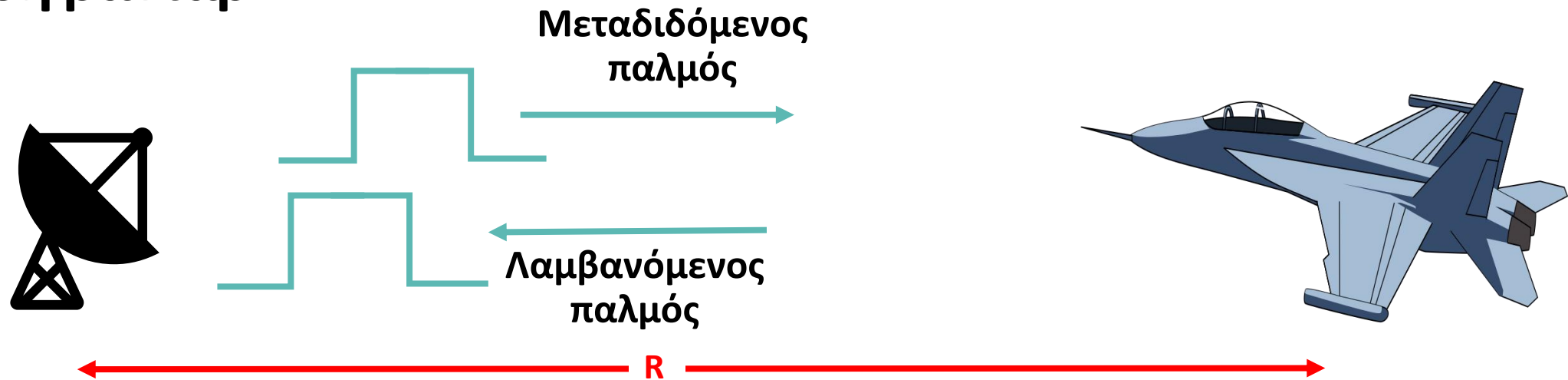
Αυτόνομα οχήματα



Ραντάρ - μπλοκ διάγραμμα



Εξίσωση ραντάρ



$$\text{Λαμβανόμενη ισχύ} = [P_T] \left[\frac{4\pi A}{\lambda^2} \right] \left[\frac{1}{4\pi R^2} \right] \left[\frac{1}{L} \right] [\sigma] \left[\frac{1}{4\pi R^2} \right] [A] [\tau]$$

Labels and arrows pointing to the equation terms:

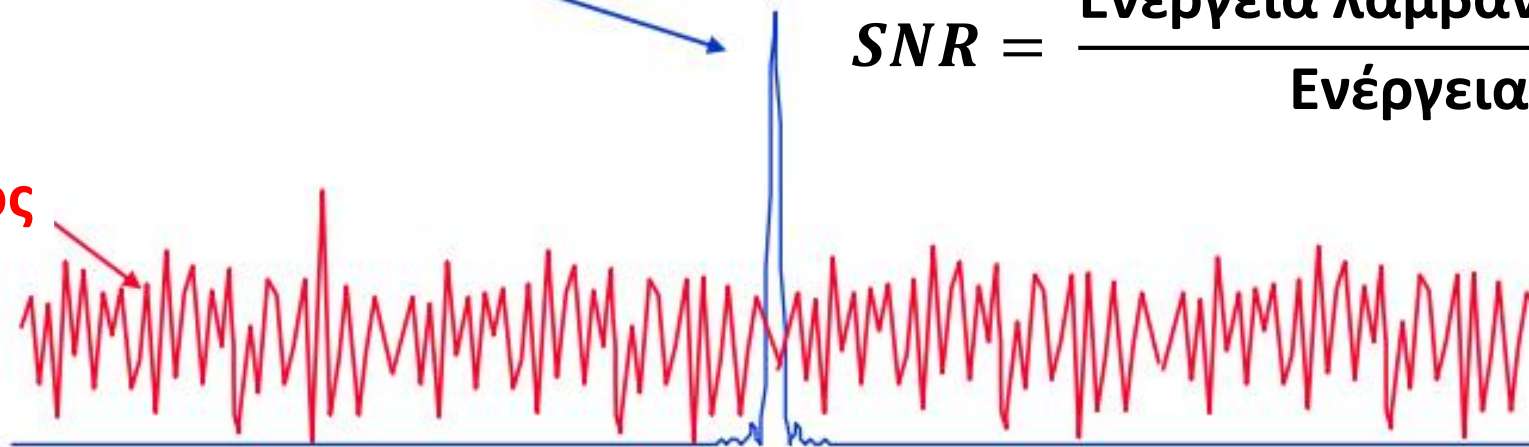
- Μεταδιδόμενη ισχύ** (Transmitted power) points to $[P_T]$.
- Μεταδιδόμενο κέρδος** (Transmitted gain) points to $\left[\frac{4\pi A}{\lambda^2} \right]$.
- Απώλειες** (Losses) points to $\left[\frac{1}{L} \right]$.
- Διατομή στόχου** (Target cross-section) points to $[\sigma]$.
- «Μέγεθος» λαμβανομένης Αντέννας** (Size of receiving antenna) points to $[A]$.
- Χρόνος παραμονής** (Residence time) points to $[\tau]$.
- Παράγοντας μετάδοσης** (Propagation factor) points to $\left[\frac{1}{4\pi R^2} \right]$ (the second one).

Λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR)

- Το SNR καθορίζεται σαν μία αναλογία της ισχύος του σήματος προς την ισχύ του θορύβου
- Μας ενδιαφέρει το σύστημα μας να έχει μεγάλο SNR έτσι ώστε το λαμβανόμενο σήμα να μην είναι “θαμμένο” στο θόρυβο.

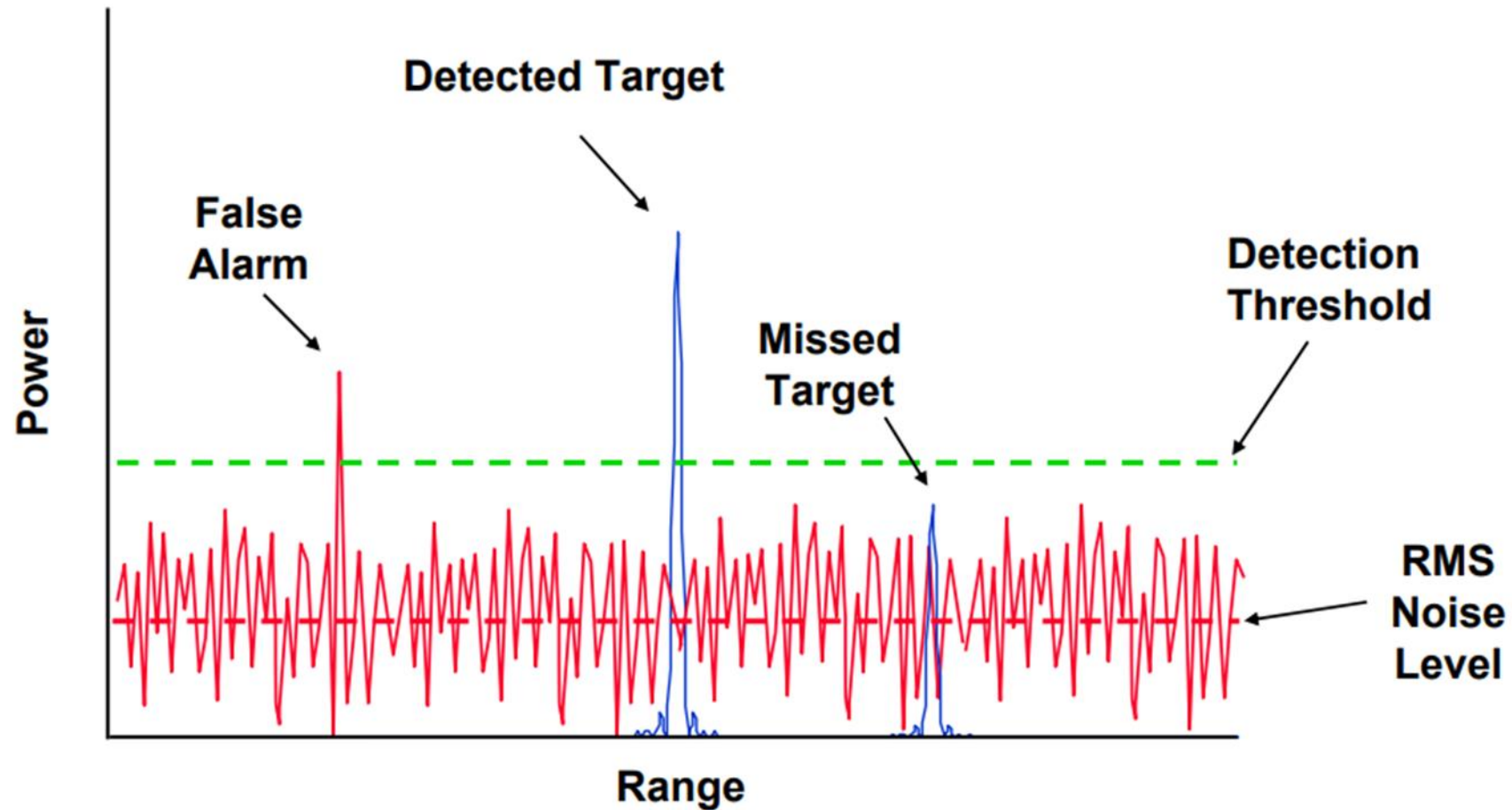
Λαμβανόμενο σήμα

Θόρυβος



$$SNR = \frac{\text{Ενέργεια λαμβανομένου σήματος}}{\text{Ενέργεια θορύβου}}$$

Λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR)

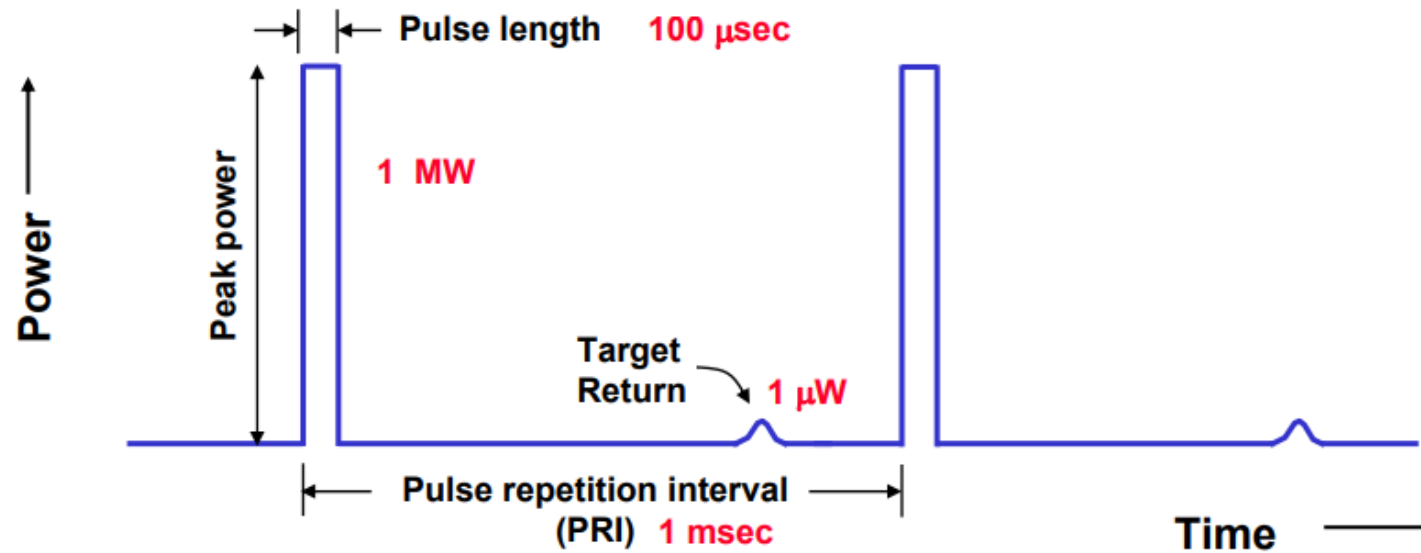


DECIBEL

$$SNR(\text{dB}) = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{Ενέργεια λαμβανομένου σήματος}}{\text{Ενέργεια θορύβου}} \right)$$

Τιμή	Σημειογραφία	dB
0.001	10^{-3}	-30
0.01	10^{-2}	-20
0.1	10^{-1}	-10
1	10^0	0
10	10^1	10
100	10^2	20
1000	10^3	30

Ραντάρ με παλμούς



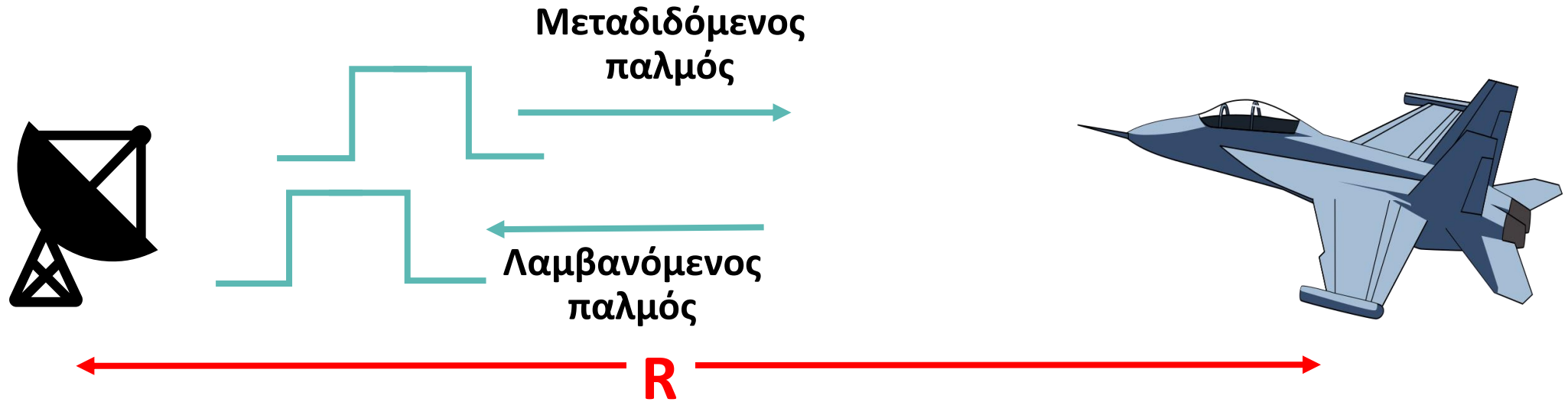
$$\text{Duty cycle} = \frac{\text{Pulse length}}{\text{Pulse repetition interval}} \quad 10\%$$

$$\text{Average power} = \text{Peak power} * \text{Duty cycle} \quad 100 \text{ kW}$$

$$\text{Pulse repetition frequency (PRF)} = 1/(\text{PRI}) \quad 1 \text{ kHz}$$

Continuous wave (CW) radar: Duty cycle = 100% (always on)

Υπολογισμός απόστασης



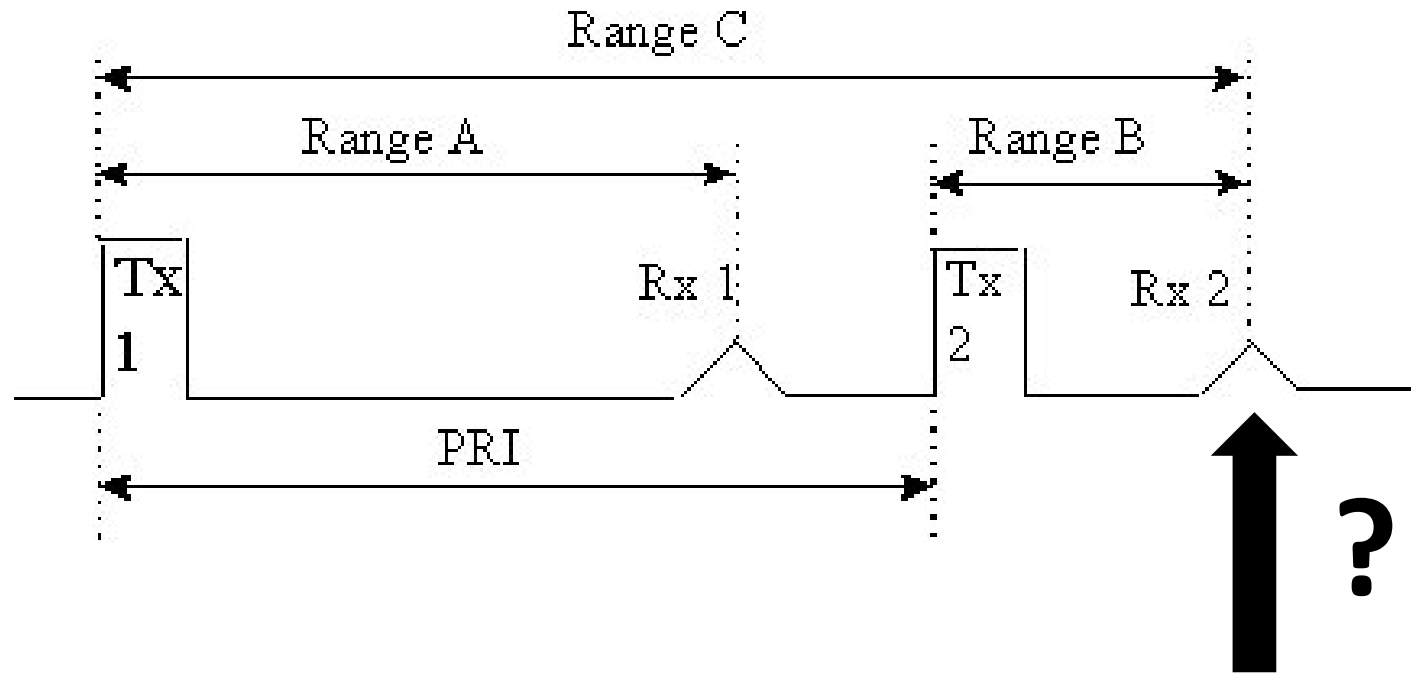
$$\text{Απόσταση (R)} = \frac{c \times \tau}{2}$$

c = Ταχύτητα φωτός = 3×10^8 (m/s)
 τ = χρόνος επιστροφής σήματος

Παράδειγμα, $\tau = 66.66 \mu\text{s}$

$$R = \frac{3 \times 10^8 \times 66.6 \mu}{2} = 10,000 \text{ m}$$

Αβέβαιη απόσταση



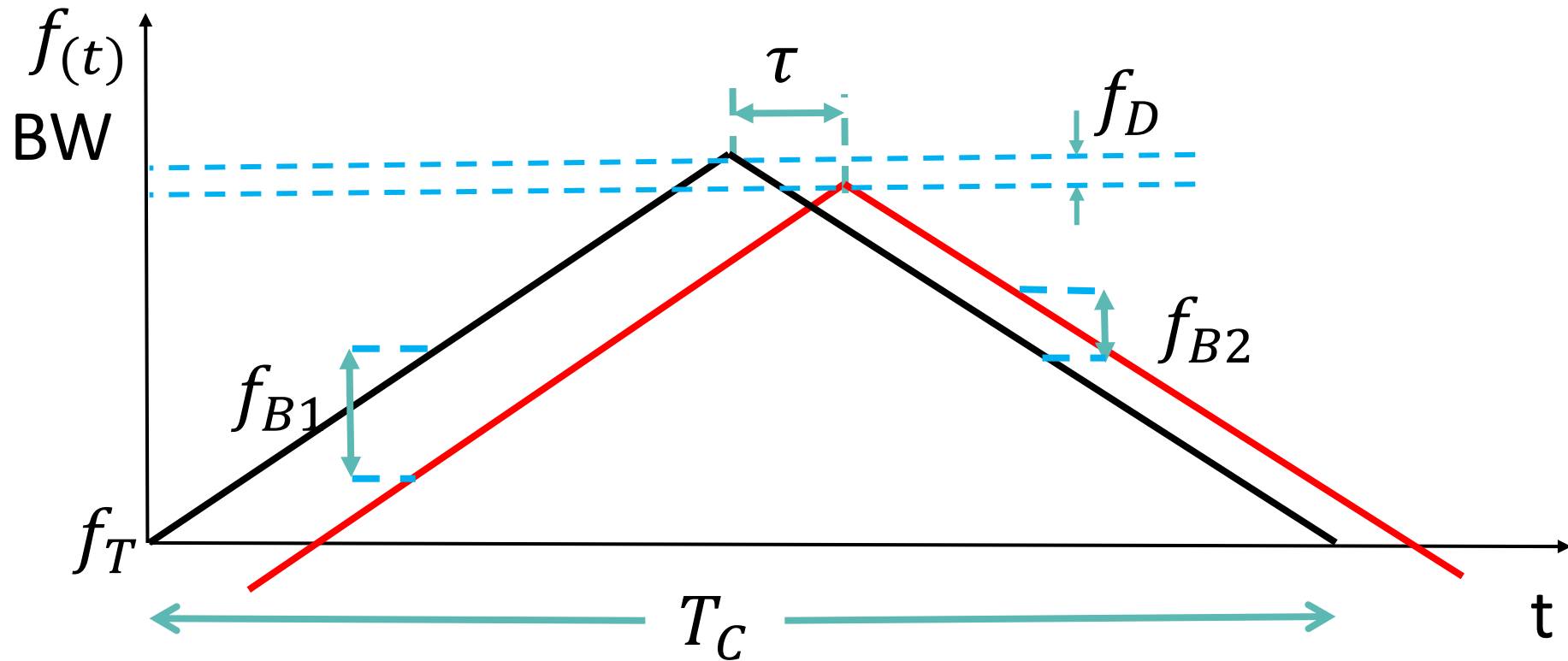
Είναι αυτός ο παλμός μια ανάκλαση του πρώτου μεταδιδόμενου παλμού;

$\Rightarrow \text{Range} = C$

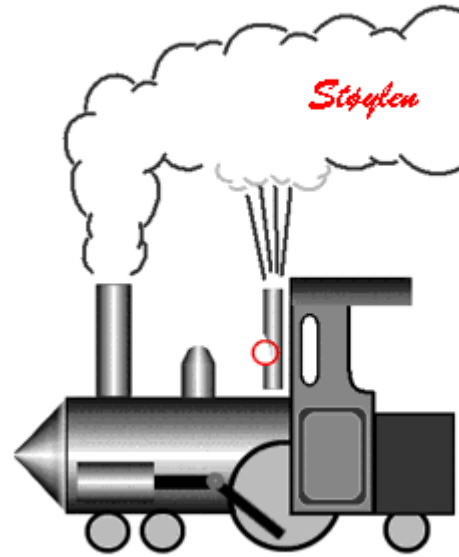
Ή είναι μια ανάκλαση του δεύτερου μεταδιδόμενου παλμού;

$\Rightarrow \text{Range} = B$

Με τη συνεχή μεταβολή της συχνότητας, μπορούμε να ξεπεράσουμε την αβεβαιότητα της απόστασης.

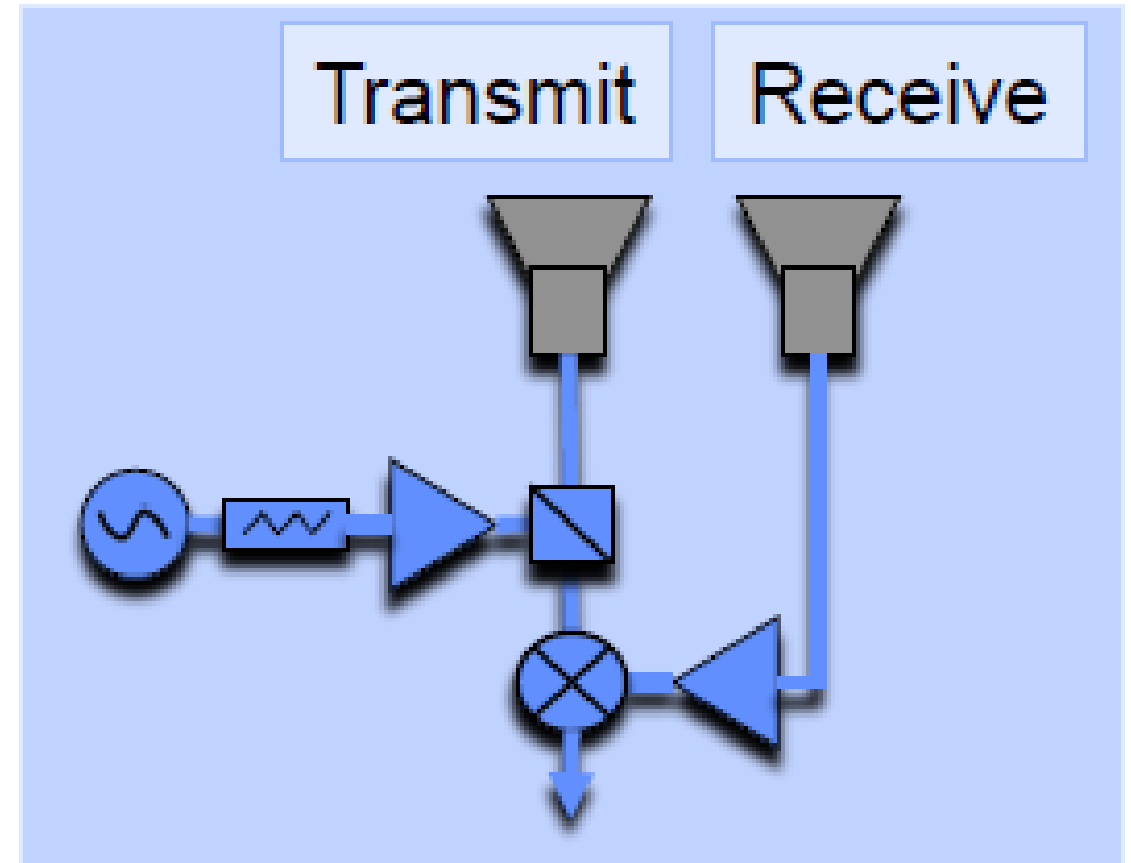
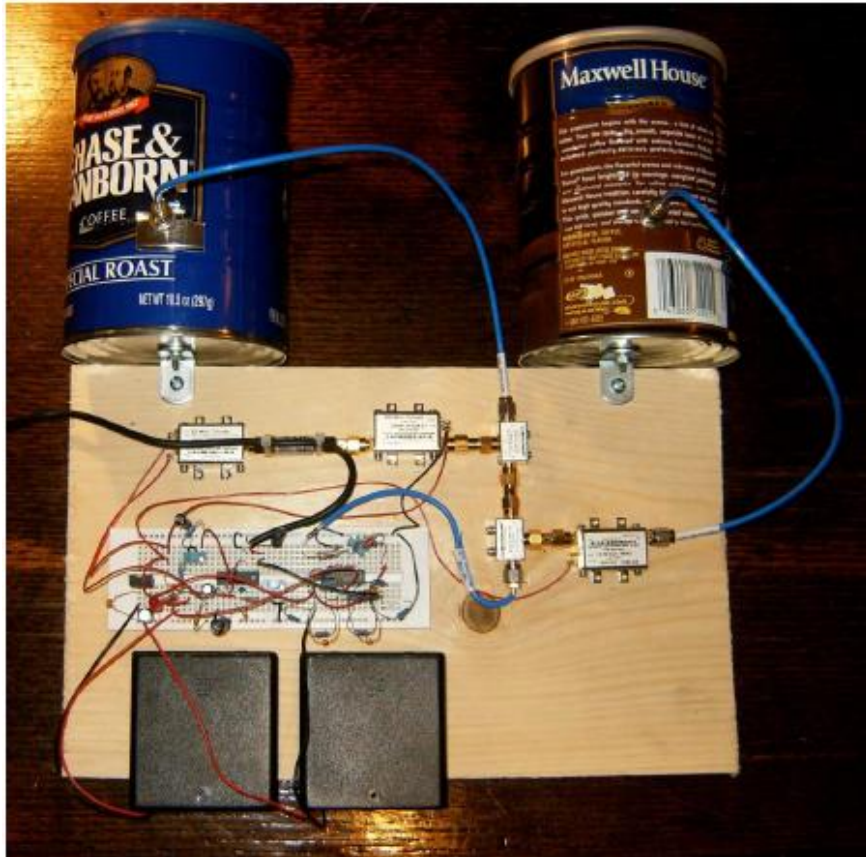


Φαινόμενο DOPPLER

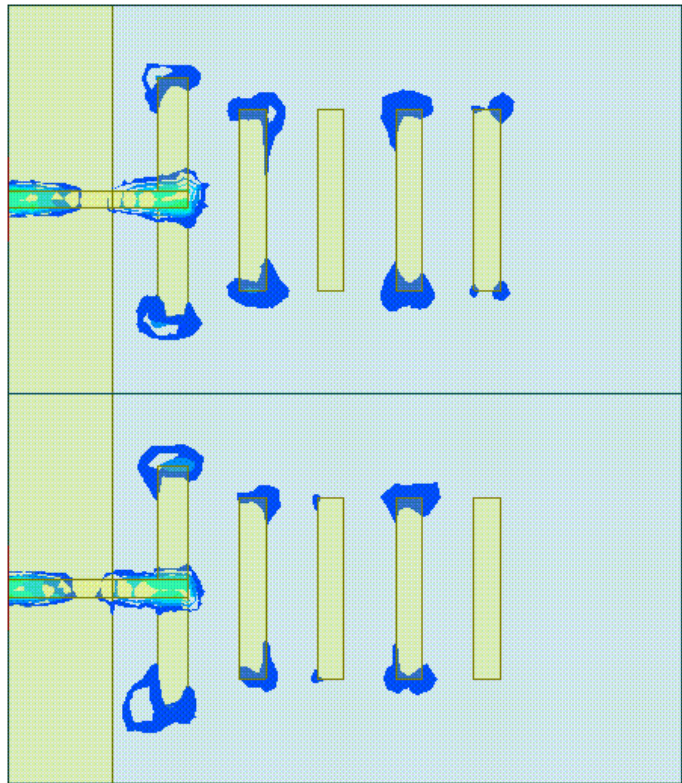
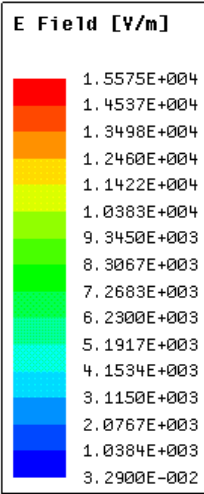
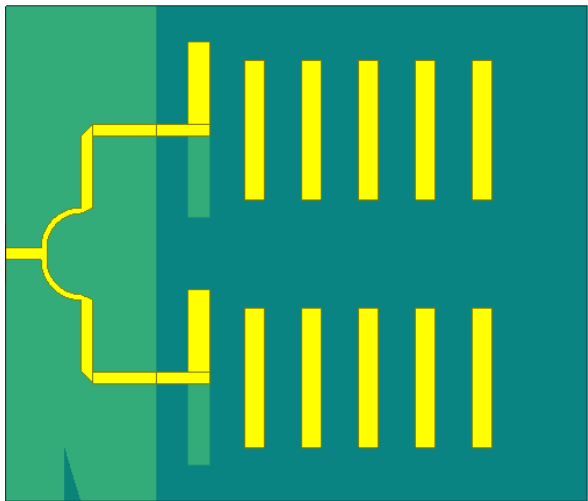


Μετατόπιση συχνότητας (Doppler): $f_d = v_t \frac{2}{\lambda}$

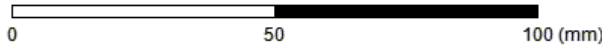
The coffee-can Doppler radar



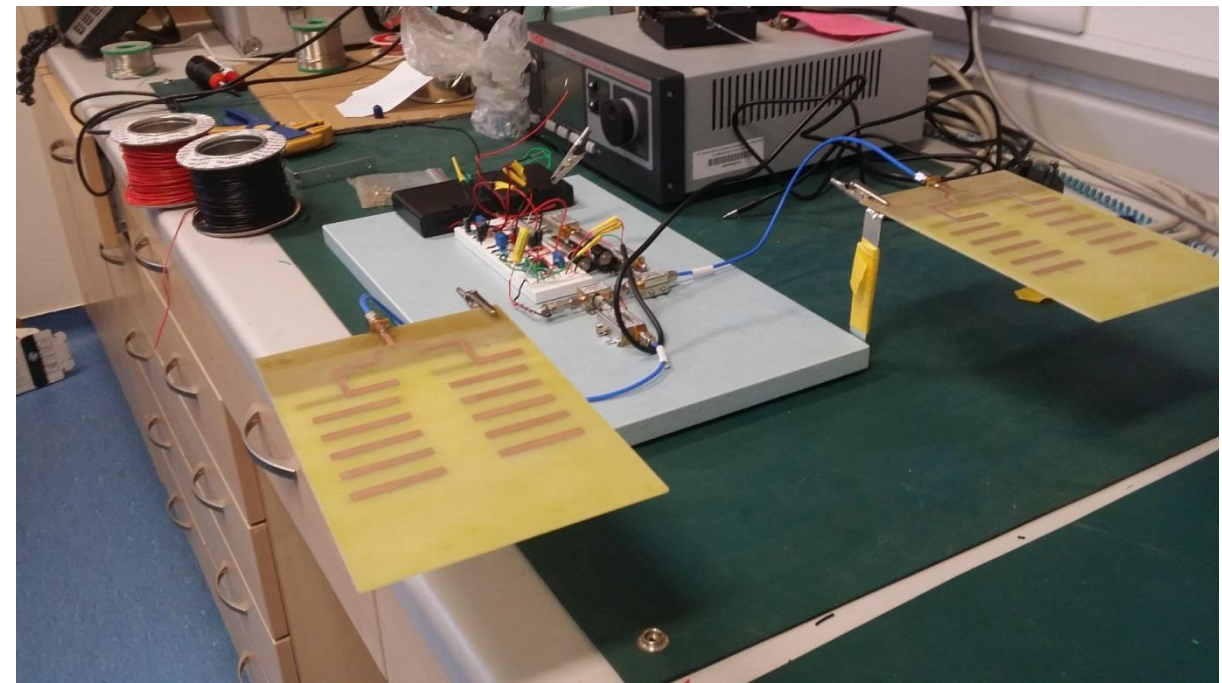
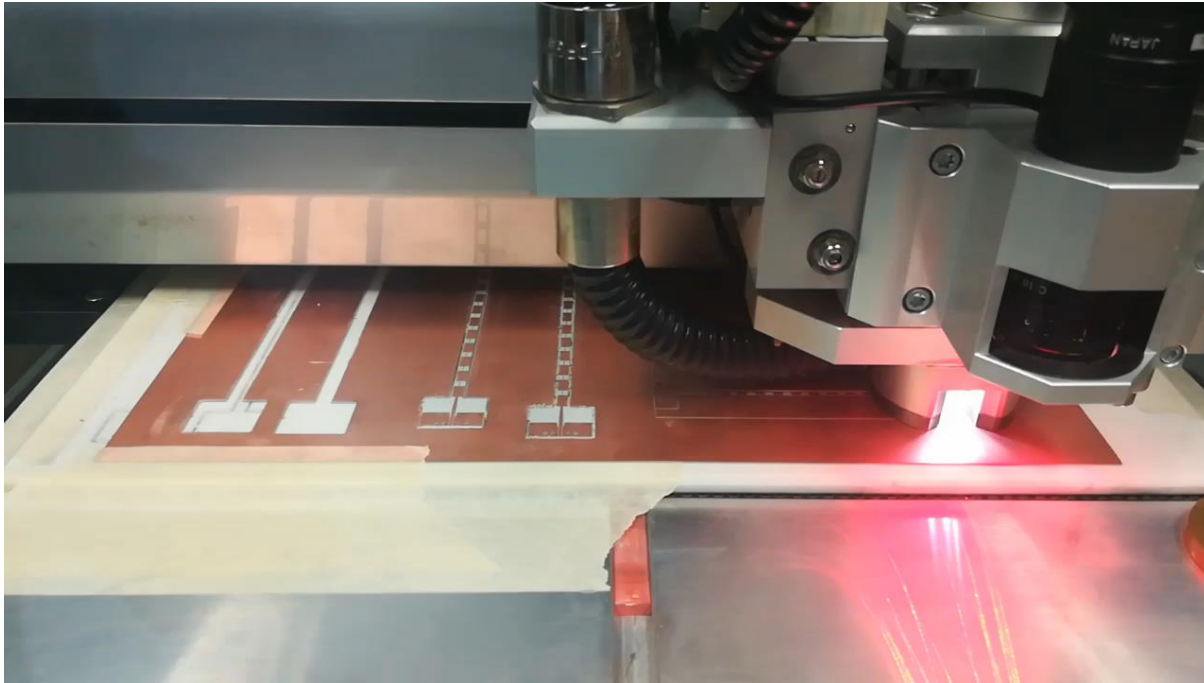
The coffee-can radar – με επίπεδες αντένες



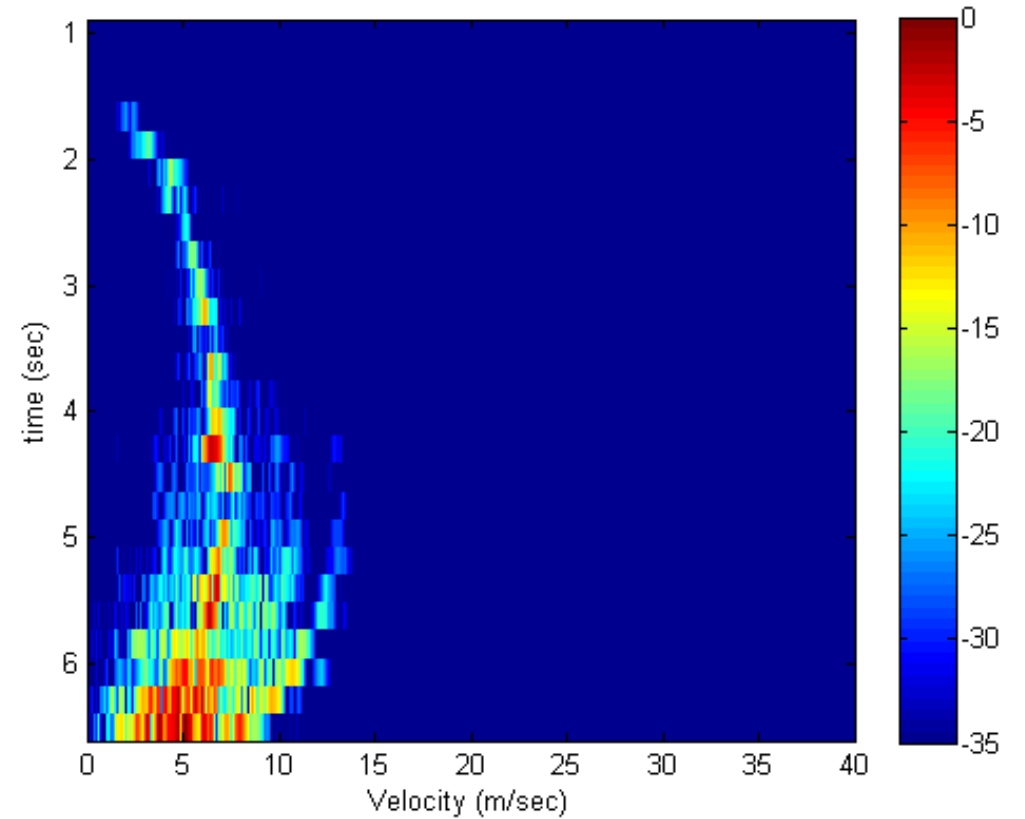
Phase = 0deg



Κατασκευή

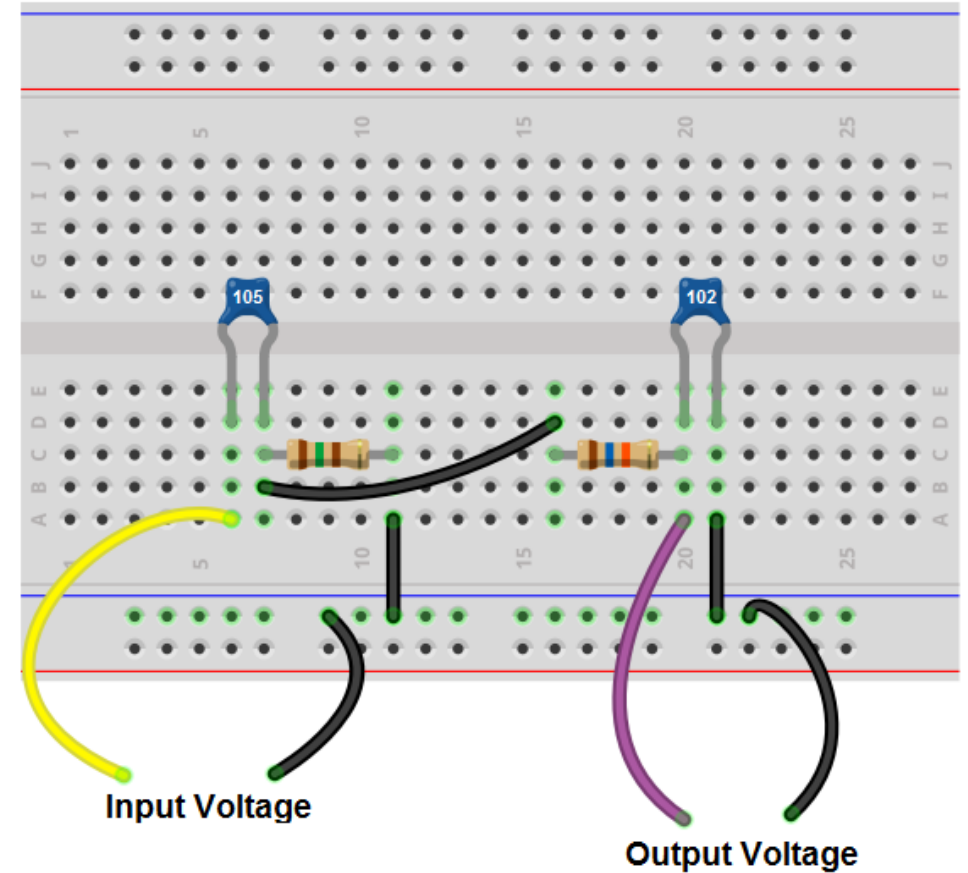


Πειραματικά αποτελέσματα – μέτρηση ταχύτητας



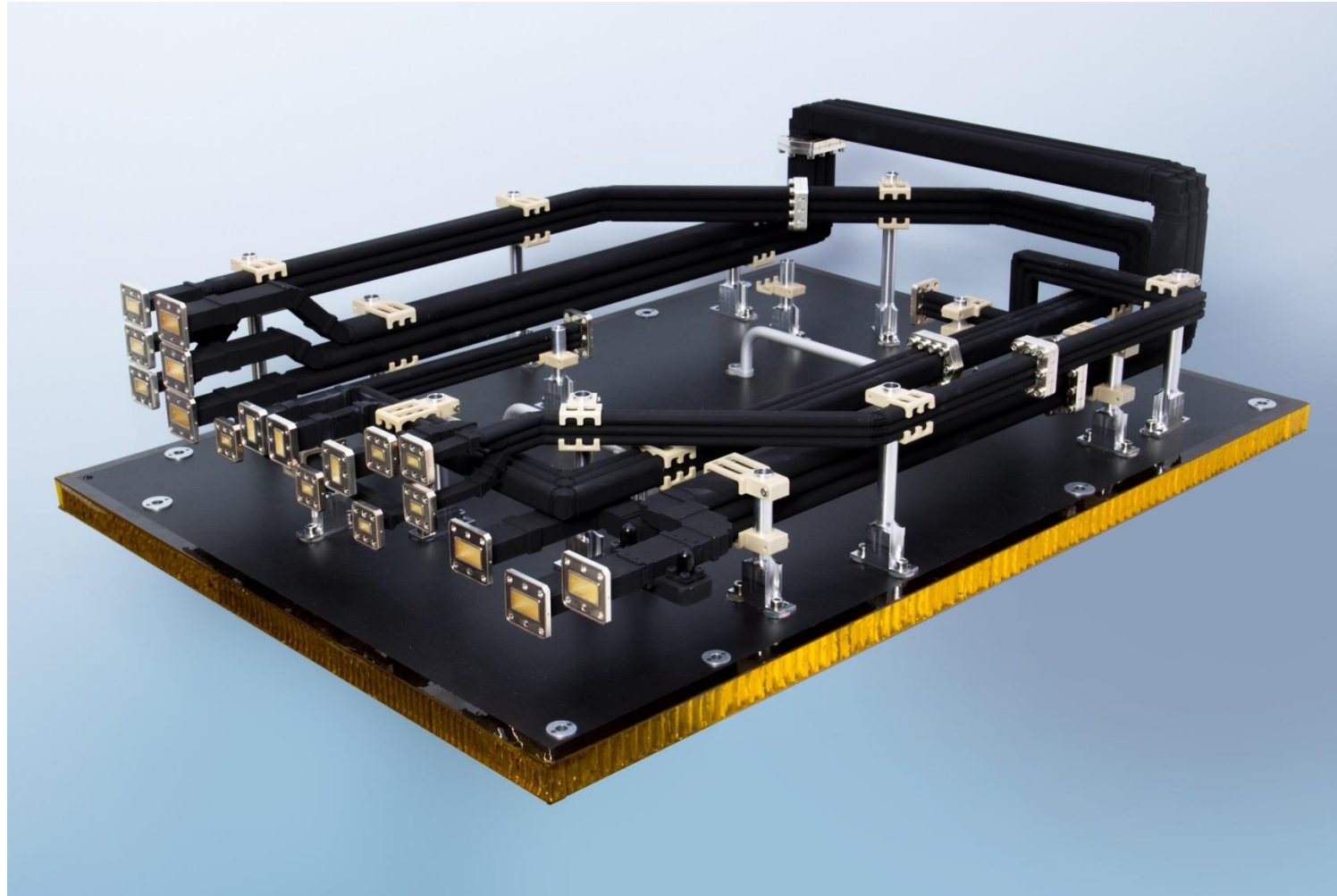
3. Τι ακολουθεί;

- Το επόμενο εξάμηνο θα πάρετε το ECE 102 (Κυκλώματα).
- Σε αυτό το μάθημα θα μάθετε για κυκλώματα που περιέχουν τρία βασικά στοιχεία - αντιστάσεις, πηνία και πυκνωτές.
- Στο ECE 203 θα πραγματοποιήσετε ορισμένα από αυτά τα κυκλώματα στο εργαστήριο.
- Θα υποθέσετε ότι οι διαστάσεις των εξαρτημάτων δεν είναι σημαντικές για το πώς λειτουργούν τα κυκλώματα.



<http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Passive-bandpass-filter-circuit.php>

- Στα ECE 331, ECE 333 και ECE 438 θα διαπιστώσετε ότι στις υψηλές συχνότητες το σχήμα και το μέγεθος των εξαρτημάτων είναι κρίσιμο.



<https://artes.esa.int/projects/bundled-waveguide-harness>

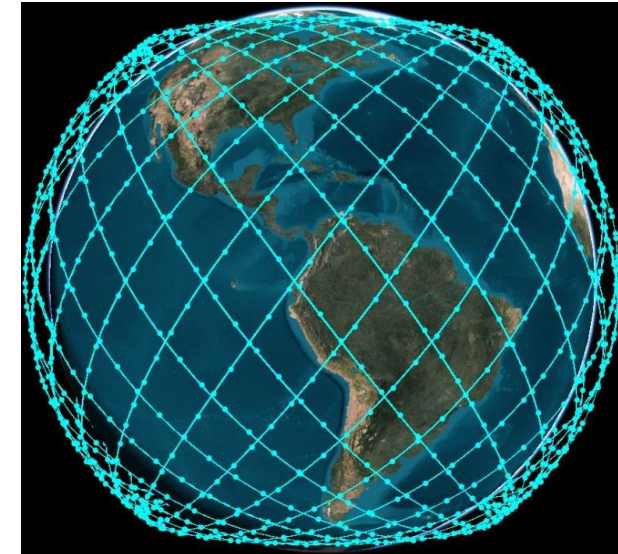
6G Technologies



STARLINK



University of Surrey unveils its 6G Innovation Centre and distinctive 6G vision



Ευχαριστίες

Κυριάκος Νεοφύτου – σχεδίαση, κατασκευή και μέτρηση
κεραιών και συστημάτων ραντάρ