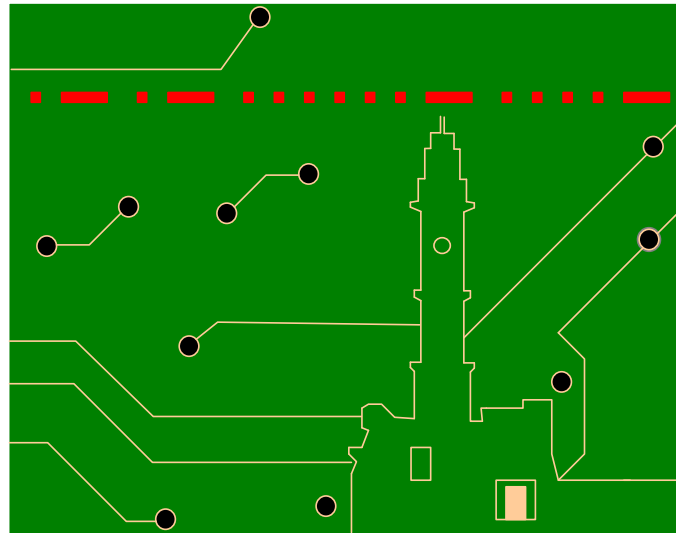


# ΤΗΛ412 Ανάλυση & Σχεδίαση (Σύνθεση) Τηλεπικοινωνιακών Διατάξεων

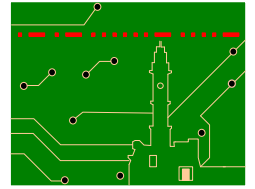
## Διάλεξη 7



Άγγελος Μπλέτσας

ΗΜΜΥ Πολυτεχνείου Κρήτης, Φθινόπωρο 2016

...και όμως η Γη γυρίζει...



- ❑ iCubes v0.2, τα οποία σχεδιάστηκαν στα πλαίσια του μαθήματος...
- ❑ bottom line: μπορείς και εσύ να το κάνεις...

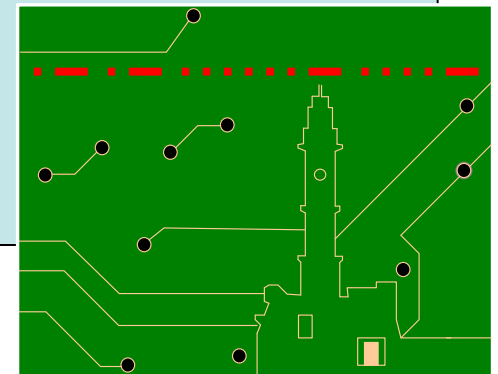
# Διάλεξη 7 – Τηλεπ. Διατάξεις σε Σειρά (ξανά): Παράδειγμα εκτίμησης NF και IP3 σε RF αλυσίδα δέκτη

Προηγούμενη διάλεξη:

- Ομόδουνοι δέκτες (και μειονεκτήματα), SuperHet δέκτης, Δέκτης Υποδειγματοληψίας και ψηφιακής IF, Δυναμική περιοχή ADC.

Σήμερα,

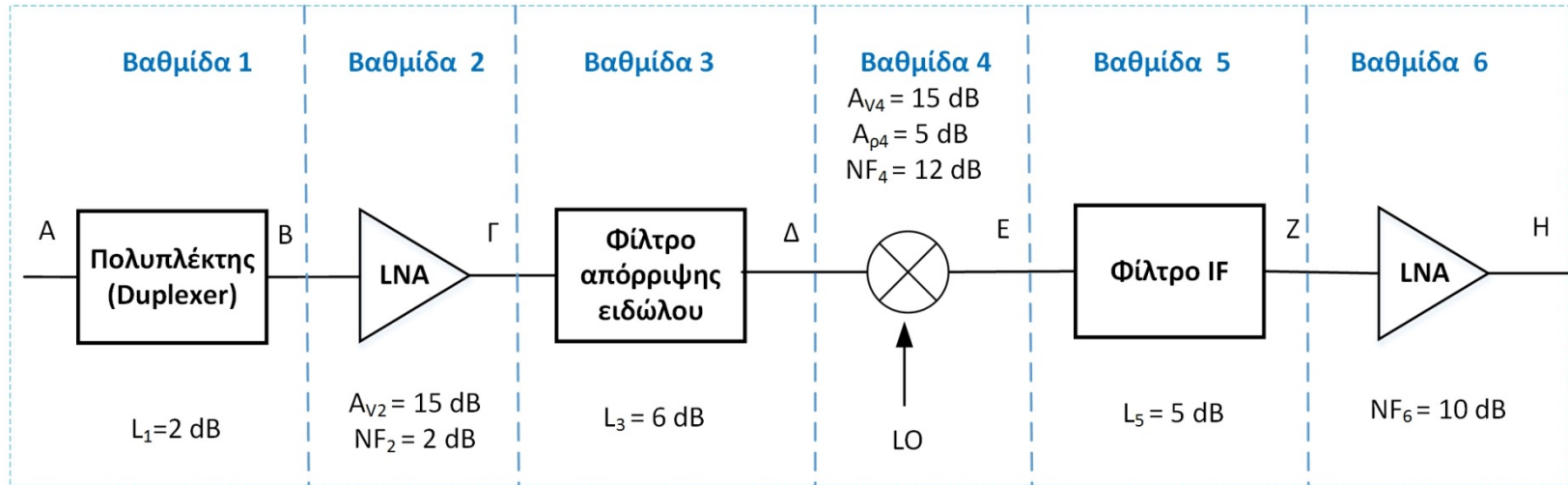
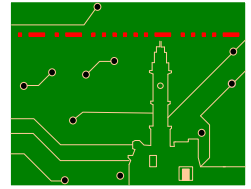
- Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: Παράδειγμα υπολογισμού NF και IP3 σε RF αλυσίδα δέκτη



# **Βιβλιογραφία**

**B. Razavi, RF Microelectronics, Prentice Hall, Έκδοση 1998.**

# Παράδειγμα Front End ενός δέκτη

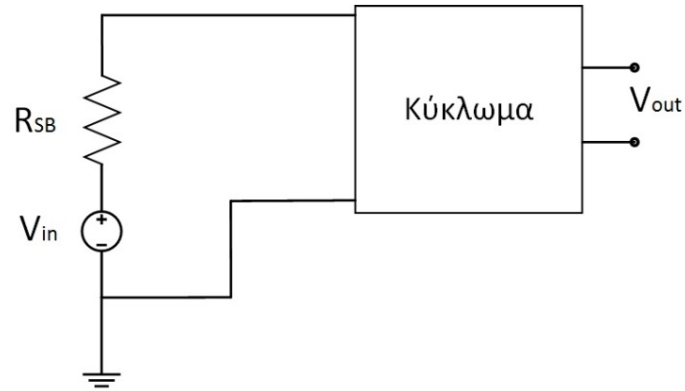
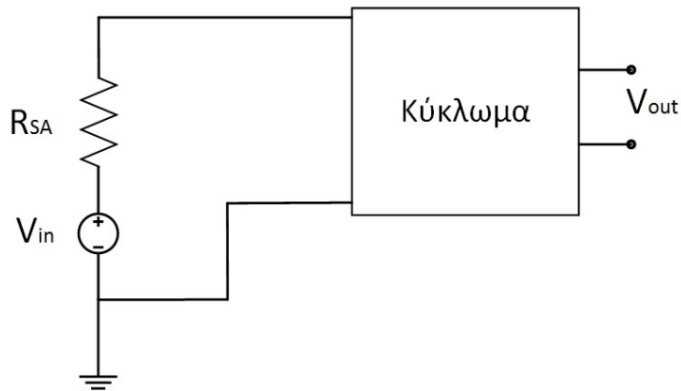
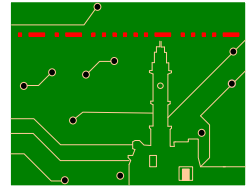


- Συνολικό NF? Συνολικό IP3?
- Θυμηθείτε ότι το συνολικό NF αναφέρεται σε συγκεκριμένη αντίσταση εισόδου...
- Κέρδος ισχύος εξαρτάται από την αντίσταση εισόδου...

$$NF_{tot} = 1 + (NF_1 - 1) + \frac{NF_1 - 1}{A_{p1}} + \dots + \frac{NF_m - 1}{A_{p1} \dots A_{p(m-1)}}$$

- Trick: για να μην μπερδεύεστε, μετατρέψτε όλα τα κέρδη ισχύος σε κέρδη volt στο τετράγωνο – τα τελευταία είναι ανεξάρτητα του R!

# Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: RF front-end



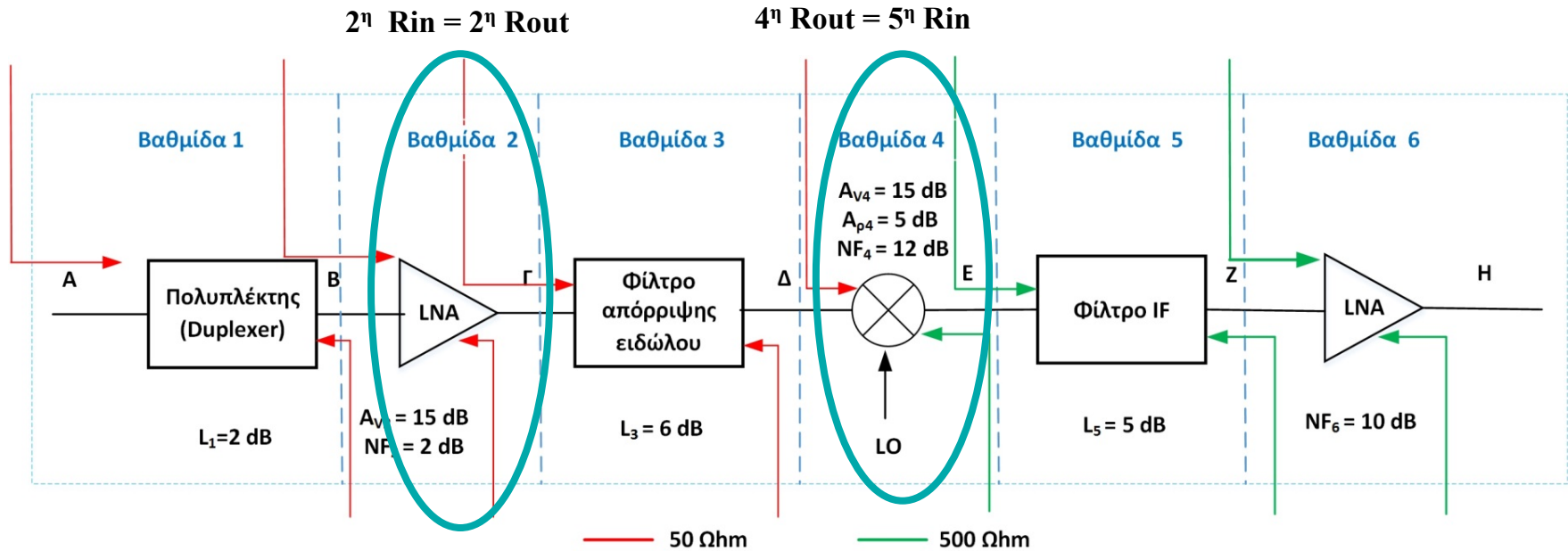
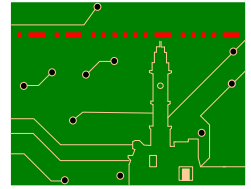
Γινόμενο είναι  
ανεξάρτητο  
της  $R_S$ !

- Υποθέτοντας μηδενικό ρεύμα εισόδου θορύβου, έχουμε δείξει ότι

$$\begin{aligned} NF_A &= 1 + v_n^2 / (4KTR_{SA}) \\ NF_B &= 1 + v_n^2 / (4KTR_{SB}) \end{aligned} \Rightarrow (NF_A - 1)R_{SA} = (NF_B - 1)R_{SB}$$

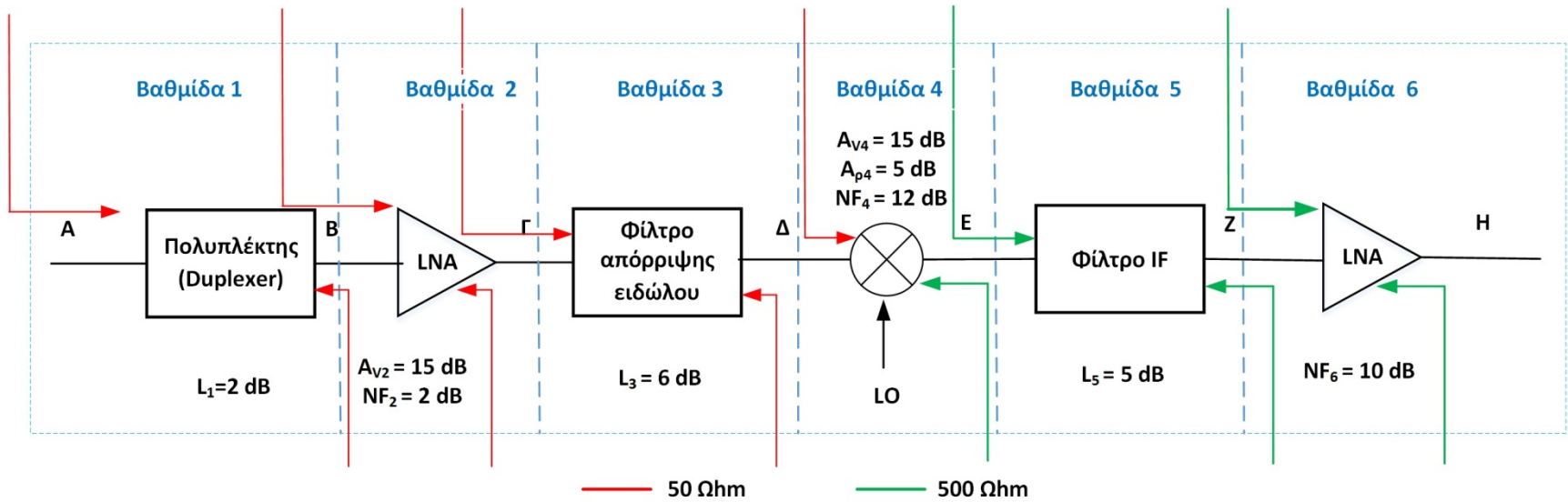
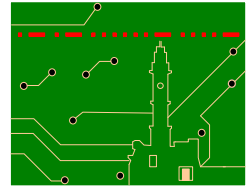
- Αν το NF δίνεται για συγκεκριμένη αντίσταση εισόδου, διαφορετική από την αντίσταση εξόδου της προηγούμενης βαθμίδας (τηλεπ. διάταξης), τότε η τιμή NF στην εξίσωση Friis διαιρείται με το τετράγωνο του κέρδους τάσης!

# Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: RF front-end



- $NF_E = L_5 NF_{LNA} \Rightarrow 5 + 10 = 15 \text{ dB} = 31.6$   
 (υποθέτοντας ότι  $NF_6=10 \text{ dB}$  αναφέρεται στα  $500 \Omega$ hm).
  - $NF_\Delta = NF_{LO} + (NF_E - 1)/A_{p4} = 10^{1.2} + 30.6/10^{0.5} = 15.85 + 30.6/3.16 = 25.53 = 14.1 \text{ dB}$ .
  - $NF_\Gamma = L_3 NF_\Delta \Rightarrow 6 + 14.1 = 20.1 \text{ dB} \Rightarrow 102.3$ .
  - $NF_B = NF_2 + (NF_\Gamma - 1)/A_{v2}^2 = 10^{0.2} + 101.3/10^{1.5} = 1.58 + 3.2 = 4.78 = 6.79 \text{ dB}$
- Προσοχή**

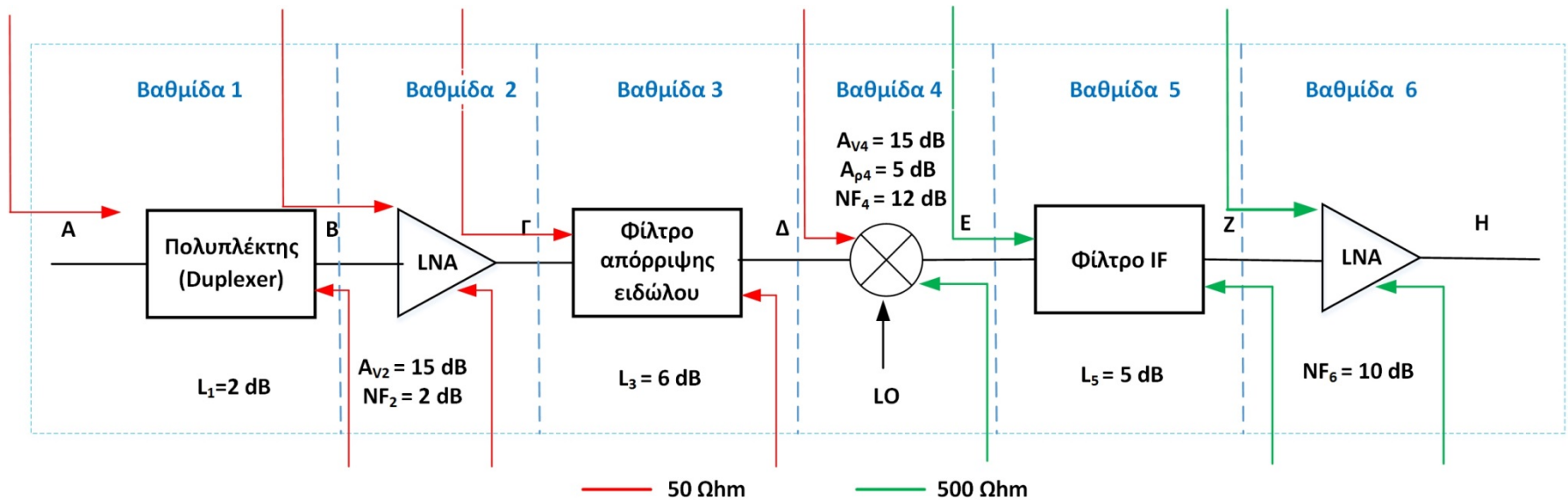
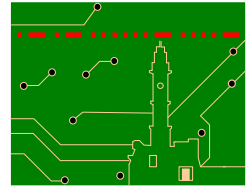
# Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: RF front-end



- $NF_A = L_1 + NF_B = 6.79 + 2 = 8.79 \text{ dB}$ .
- Θυμηθείτε ότι  $NF_\Gamma = 20.1 \text{ dB}$ ...
- ...επιβεβαιώνει ότι οι αρχικές βαθμίδες της RF αλυσίδας είναι οι πιο NF-κρίσιμες...



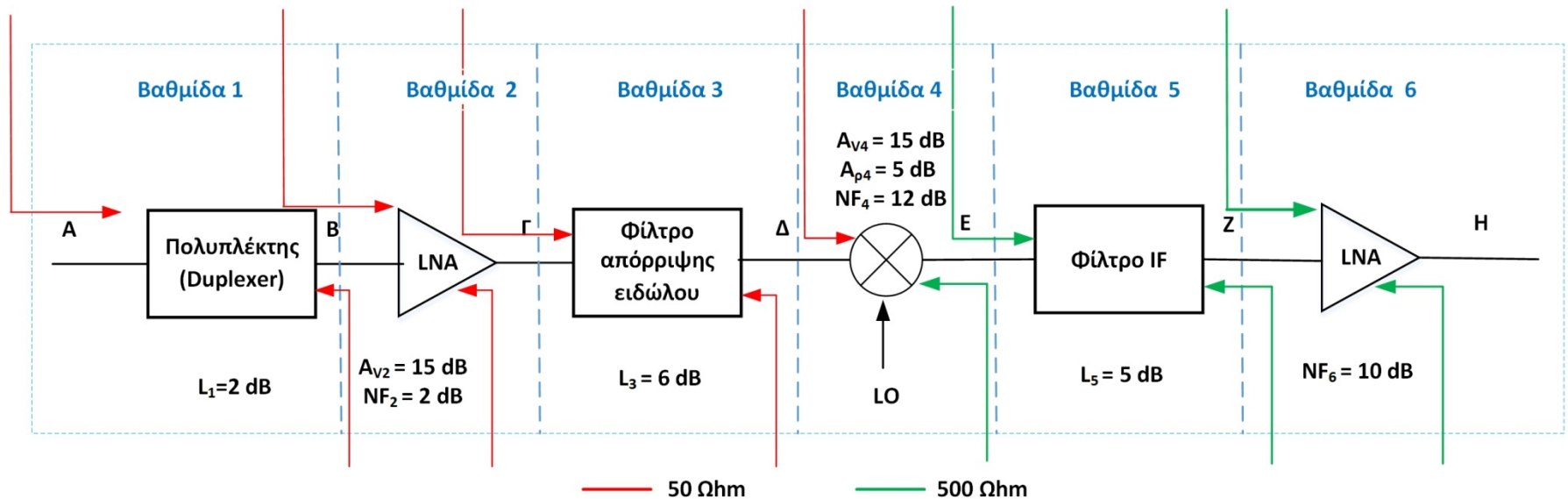
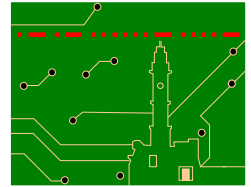
# Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: RF front-end



IP3: +100dBm -12dBm +100dBm +5dBm 1000Vrms 700mVrms

- Ποιό είναι το συνολικό IP3?
- Είσοδος/έξοδος κάθε τηλεπ. διάταξης (βαθμίδας) δεν αναφέρεται απαραίτητα στα 50  $\Omega$ hm => **χρησιμοποιείτε (RMS) κέρδος τάσης.**
- **Παθητικά φίλτρα έχουν σχετικά πολύ μεγάλο IP3.**

# Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: RF front-end

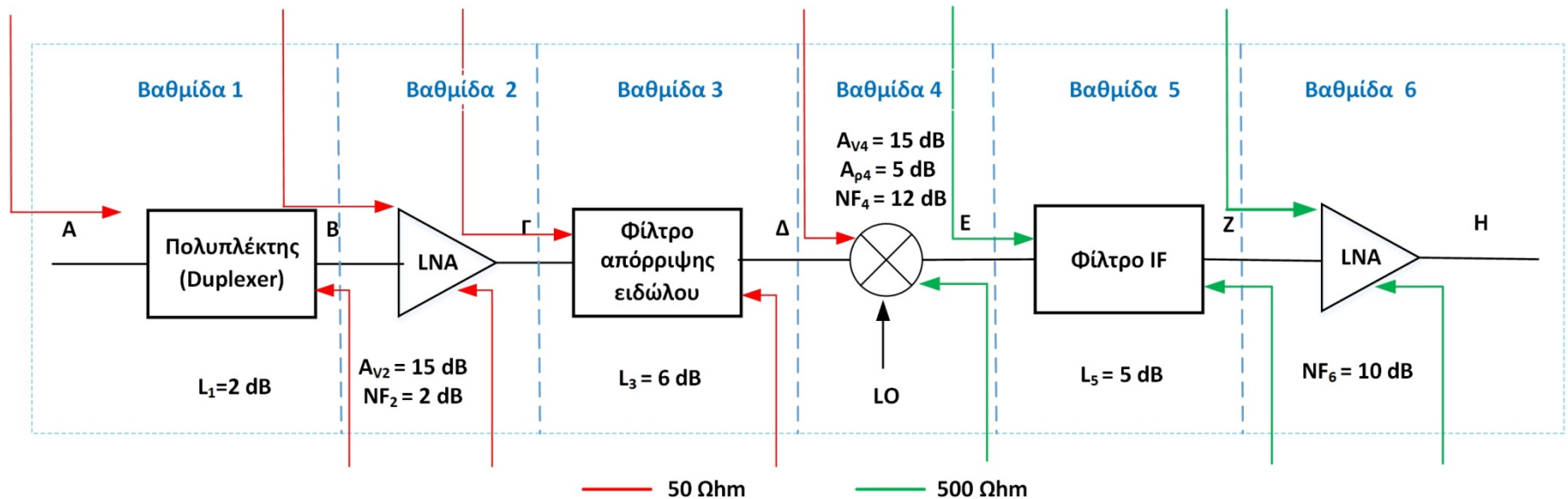
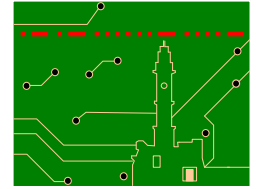


**IP3: +100dBm   -12dBm   +100dBm   +5dBm   1000Vrms   700mVrms**

$$\frac{1}{IP_{3,E}^2} = \frac{1}{IP_{3,filt}^2} + \frac{M^2}{IP_{3,amp}^2} \approx \frac{M^2}{IP_{3,amp}^2} \Rightarrow IP_{3,E} = \frac{IP_{3,amp}}{M} = 22.1Vrms$$

Το κέρδος τάσης της τηλεπ. διάταξης 5 δίνεται ίσο με  $M=1/36$ .

# Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: RF front-end



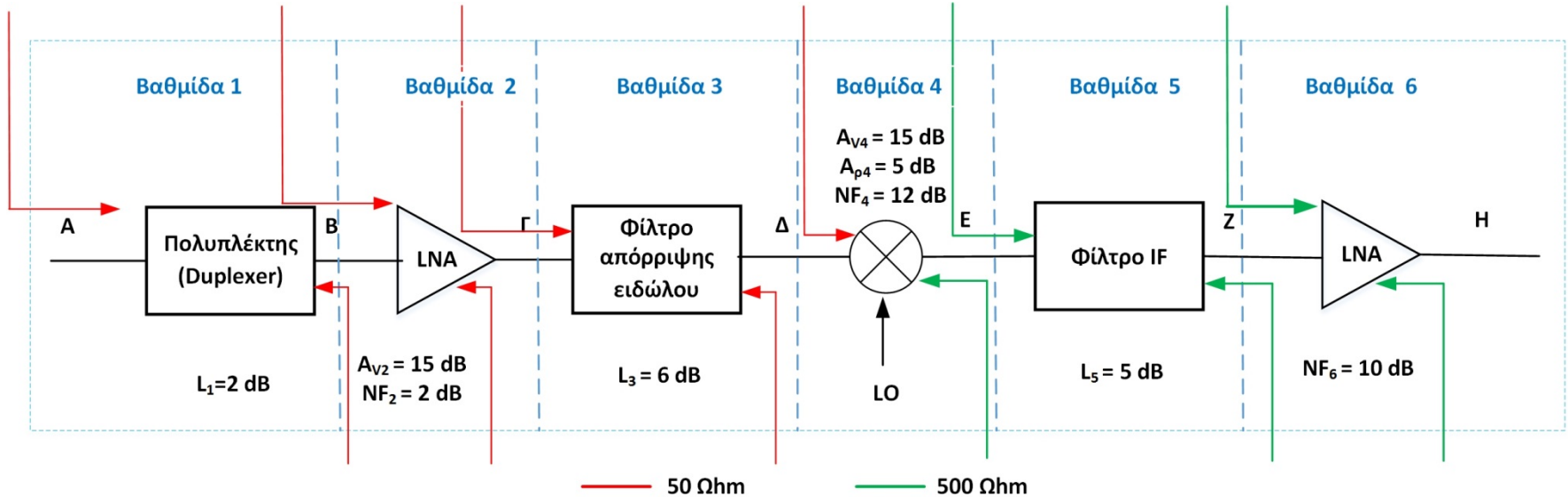
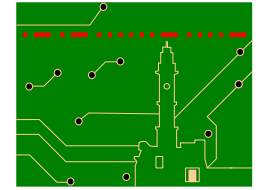
**IP3: +100dBm   -12dBm   +100dBm   +5dBm   1000Vrms   700mVrms**

$$\frac{1}{IP_{3,\Delta}^2} = \frac{1}{IP_{3,mix}^2} + \frac{A_{v4}^2}{IP_{3,E}^2} = \frac{1}{0.397^2} + \frac{5.62^2}{22.1^2} \approx \frac{1}{0.397^2} \Rightarrow IP_{3,\Delta} = 0.397 \text{ Vrms} \approx +5 \text{ dBm}$$

$$IP3 = 5 \text{ dBm} \Rightarrow V_{rms}^2 / 50 = 10^{0.5} \text{ mWatt} \Rightarrow V_{rms} = 0.397 \text{ Vrms} = 397 \text{ mVrms}$$

$$A_{v4} = 15 \text{ dB} \Rightarrow A_{v4} = 10^{15/20} = 5.62$$

# Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: RF front-end



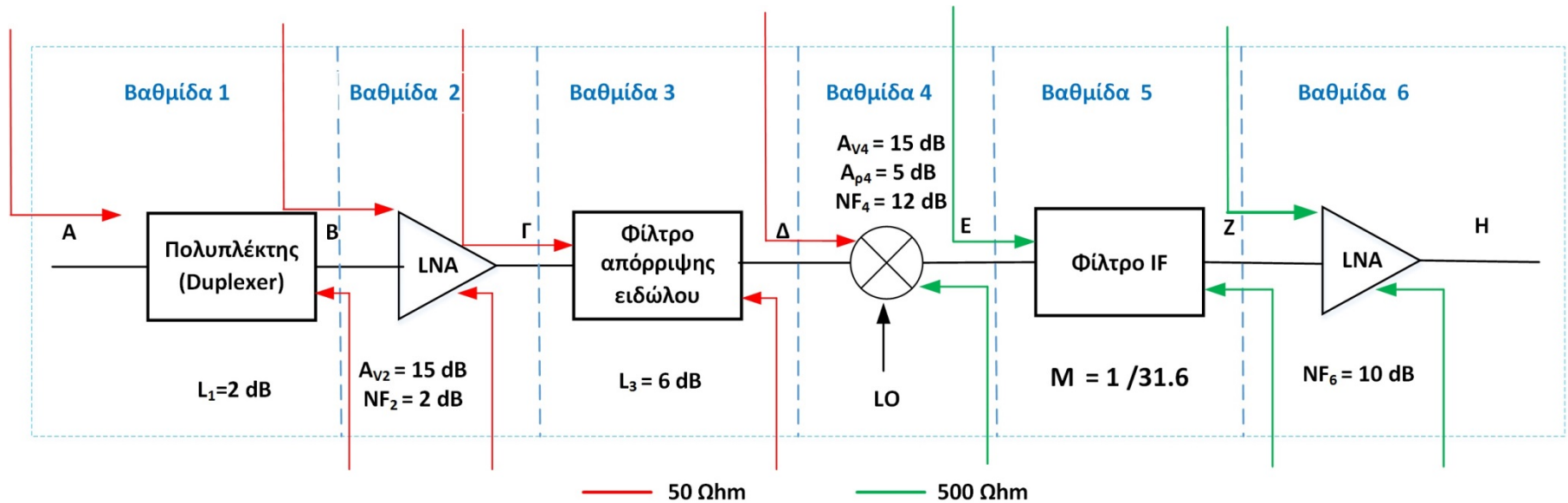
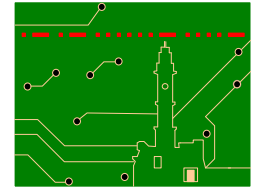
**IP3: +100dBm   -12dBm   +100dBm   +5dBm   1000Vrms   700mVrms**  
**Av: -2dB   +15dB   -6dB   +15dB   (voltage gain)**

$$\frac{1}{IP_{3,\Gamma}^2} = \frac{1}{IP_{3,flt3}^2} + \frac{A_{v3}^2}{IP_{3,\Delta}^2} \approx \frac{A_{v3}^2}{IP_{3,\Delta}^2} = \frac{0.5^2}{397^2} \Rightarrow IP_{3,\Gamma} = 796mVrms \approx +11.03dBm$$

$$A_{v3} = -6 \text{ dB} \Rightarrow A_{v3} = 10^{-6/20} = 0.5$$

Παρατηρήστε ότι  $IP_{3,\Gamma} \approx IP_{3,Z}$

# Τηλεπ. Διατάξεις σε σειρά: RF front-end



|                                |               |                |              |                       |                 |
|--------------------------------|---------------|----------------|--------------|-----------------------|-----------------|
| <b>IP<sub>3</sub>: +100dBm</b> | <b>-12dBm</b> | <b>+100dBm</b> | <b>+5dBm</b> | <b>1000Vrms</b>       | <b>700mVrms</b> |
| <b>A<sub>v</sub>: -2dB</b>     | <b>+15dB</b>  | <b>-6dB</b>    | <b>+15dB</b> | <b>(voltage gain)</b> |                 |

➤ Ομοίως για τις άλλες δύο βαθμίδες εισόδου... τελικώς,  $IP_{3,A} = -10.6 \text{ dBm}$

# **Βιβλιογραφία**

**B. Razavi, RF Microelectronics, Prentice Hall, Έκδοση 1998.**

# Ερωτήσεις?

