



ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ 3



MAY 27, 2018

ΠΑΛΑΣΚΟΣ ΜΑΡΙΟΣ 8492

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ – ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΟΠΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ Ι: LASER ΚΑΙ LASER ΔΙΟΔΟΙ

Η εκπομπή φωτός από μία laser δίοδο μπορεί να περιγραφεί από τις ακόλουθες εξισώσεις ρυθμού μεταβολής του αριθμού των φορέων $N(t)$ και των φωτονίων $P(t)$:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{I}{e} - \frac{N}{\tau_c} - \frac{g_0}{V}(N - N_0) \frac{P}{1 + \varepsilon_{NL}P} \quad (1)$$

$$\frac{dP}{dt} = \Gamma \frac{g_0}{V}(N - N_0) \frac{P}{1 + \varepsilon_{NL}P} - \frac{P}{\tau_p} + \Gamma \frac{\beta}{\tau_c} N \quad (2)$$

Οι κώδικες παρατίθενται στον παρακάτω σύνδεσμο

<https://www.dropbox.com/sh/mvowuivhi4g0kt9/AAAJm5w8bnKo6LtXdZAZ0HD0a?dl=0>

(α) DC χαρακτηριστική της laser δίοδου -> Code_a

Για μία προσέγγιση της λύσης των (1), (2) θεωρούμε ότι $\varepsilon_{NL} = \beta \cong 0$ (3). Στην κατάσταση ισορροπίας οι παράγωγοι μηδενίζονται. Επίσης, για μικρές τιμές του P , θα πρέπει ο ρυθμός αύξησης των φωτονίων να είναι θετικός:

$$\frac{dP}{dt} \geq 0 \Rightarrow \frac{P}{\tau_p} \geq \Gamma \frac{g_0}{V}(N - N_0)P \Rightarrow N_0 + \frac{V}{\Gamma g_0 \tau_p} \geq N$$

Συνεπώς, το κατώφλι του αριθμού των φορέων είναι:

$$N_{th} = N_0 + \frac{V}{\Gamma g_0 \tau_p} \quad (4)$$

Το αντίστοιχο κατώφλι για το ρεύμα υπολογίζεται για $P=0$ και

$$\frac{dN}{dt} = 0 \Rightarrow I_{th} = \frac{eN_{th}}{\tau_c} = \frac{e}{\tau_c} \left(N_0 + \frac{V}{\Gamma g_0 \tau_p} \right) \quad (5)$$

Συνεπώς, χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1) και (5), προκύπτει ότι η προσεγγιστική σχέση του αριθμού των φωτονίων είναι η παρακάτω:

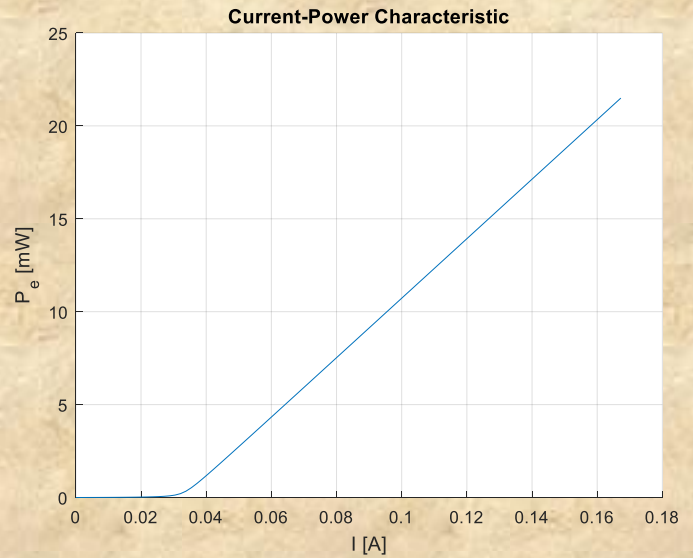
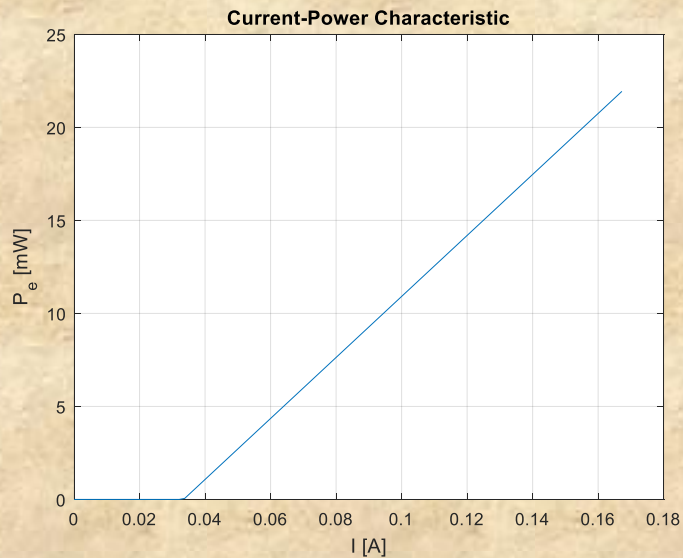
$$0 = \frac{I - I_{th}}{e} - \frac{g_0}{V}(N_{th} - N_0)P \Rightarrow \frac{g_0}{V} \frac{V}{\Gamma g_0 \tau_p} P = \frac{I - I_{th}}{e} \Rightarrow P(t) = \frac{\Gamma \tau_p}{e} (I - I_{th}) \quad (6)$$

Η εξωτερικά εκπεμπόμενη ισχύς δίνεται από τη σχέση:

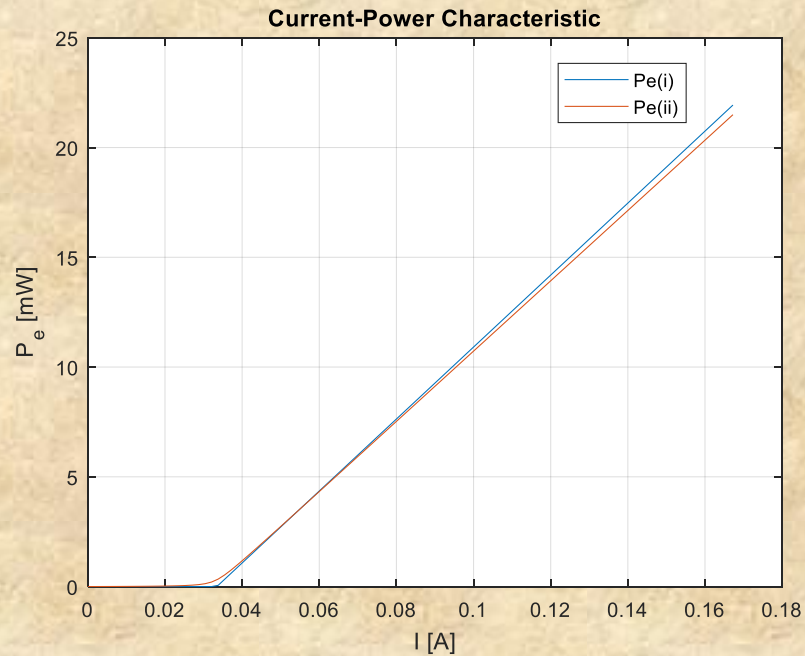
$$P_e(t) = \frac{u_g}{2L} \ln\left(\frac{1}{R}\right) \frac{hc}{e\lambda} P(t) \quad (7)$$

Η προσεγγιστική λύση δίνεται από την (7) (σχήμα αριστερά), ενώ η ακριβής από την αριθμητική επίλυση του συστήματος (σχήμα δεξιά):

$$\begin{cases} \frac{I}{e} - \frac{N}{\tau_c} - \frac{g_0}{V}(N - N_0) \frac{P}{1 + \varepsilon_{NL}P} = 0 \\ \Gamma \frac{g_0}{V}(N - N_0) \frac{P}{1 + \varepsilon_{NL}P} - \frac{P}{\tau_p} + \Gamma \frac{\beta}{\tau_c} N = 0 \end{cases}$$



Σε κοινό διάγραμμα μπορούμε να διακρίνουμε το σφάλμα της αρχικής προσέγγισης:



Παίρνοντας σαν ενδεικτικό σφάλμα την ποσότητα

$$error = \frac{1}{N} \sum_i (P_{e,theoretical,i} - P_{e,fsolve,i})^2 \approx 4.78 \cdot 10^{-8}$$

Το σφάλμα είναι πολύ μικρό. Από το διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι:

- Η «πραγματική» καμπύλη $P_e(ii)$ έχει λίγο μικρότερη κλίση
- Στο διάστημα 40–80 [mA] (ή στο $[1.2I_{th} \ 2.4I_{th}]$) οι δύο καμπύλες ταυτίζονται

Στα παρακάτω ερωτήματα το ρεύμα της διόδου δίνεται από τη σχέση

$$I(t) = I_b + I_m p(t)$$

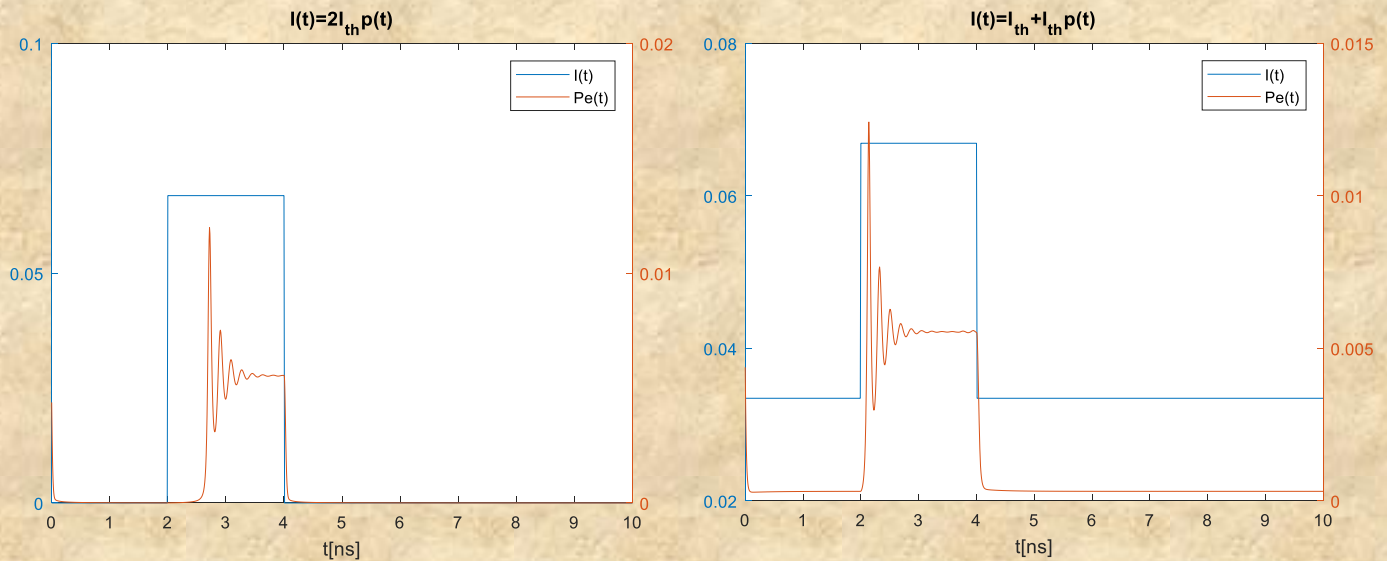
όπου I_b η dc συνιστώσα πόλωσης και $p(t)$ το σήμα διαμόρφωσης

(β) Απόκριση σε τετραγωνικό παλμό διάρκειας 2ns -> Code_bc + odefcn.m

$$p(t) = u(t - t_1) - u(t - t_2)$$

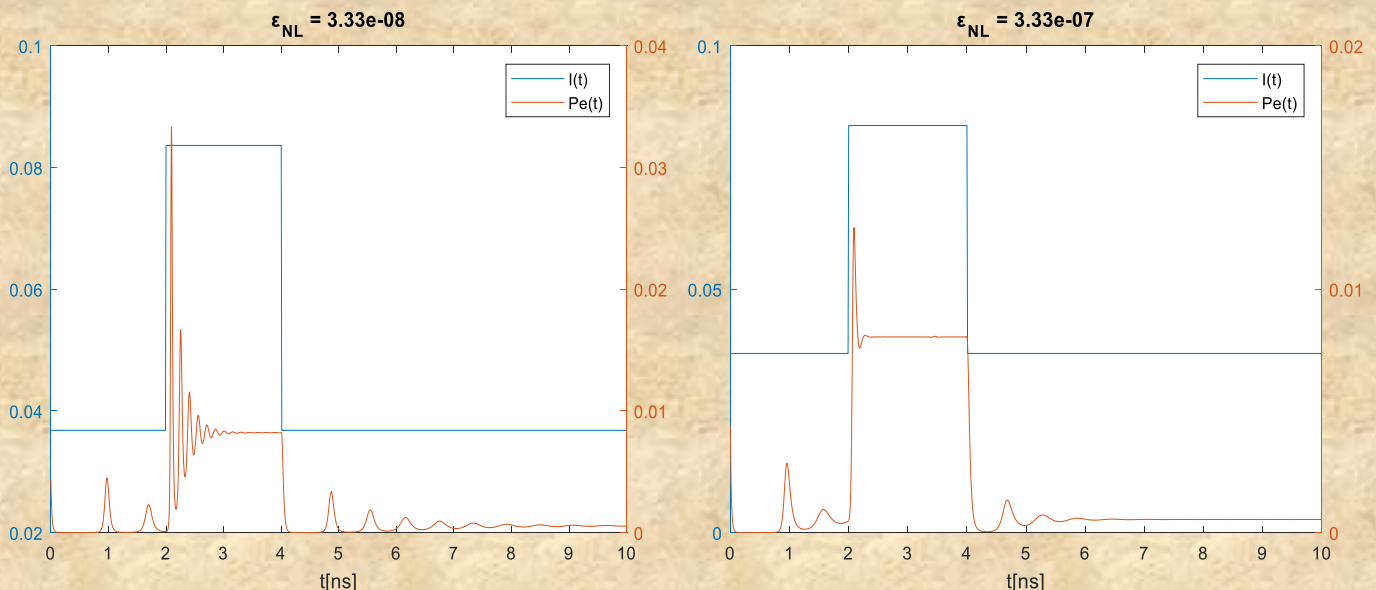
Όπου $t_1 = 2ns$, $t_2 = 4ns$ και $u(t)$ η βηματική συνάρτηση

(i) $\beta = 0.01$ και $\varepsilon_{NL} = 3.33 \cdot 10^{-8}$ (αμεληταίο)



Παρατηρούμε μία καθυστέρηση στην απόκριση εξόδου, η οποία είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση που η διόδος δεν είναι πολωμένη. Στην πολωμένη διόδο, προφανώς έχουμε σταθερή απόκριση μετά το μηδενισμό του σήματος διαμόρφωσης.

(ii) $\beta = 0$ και $I(t) = 1.1I_{th} + 1.4I_{th}p(t)$

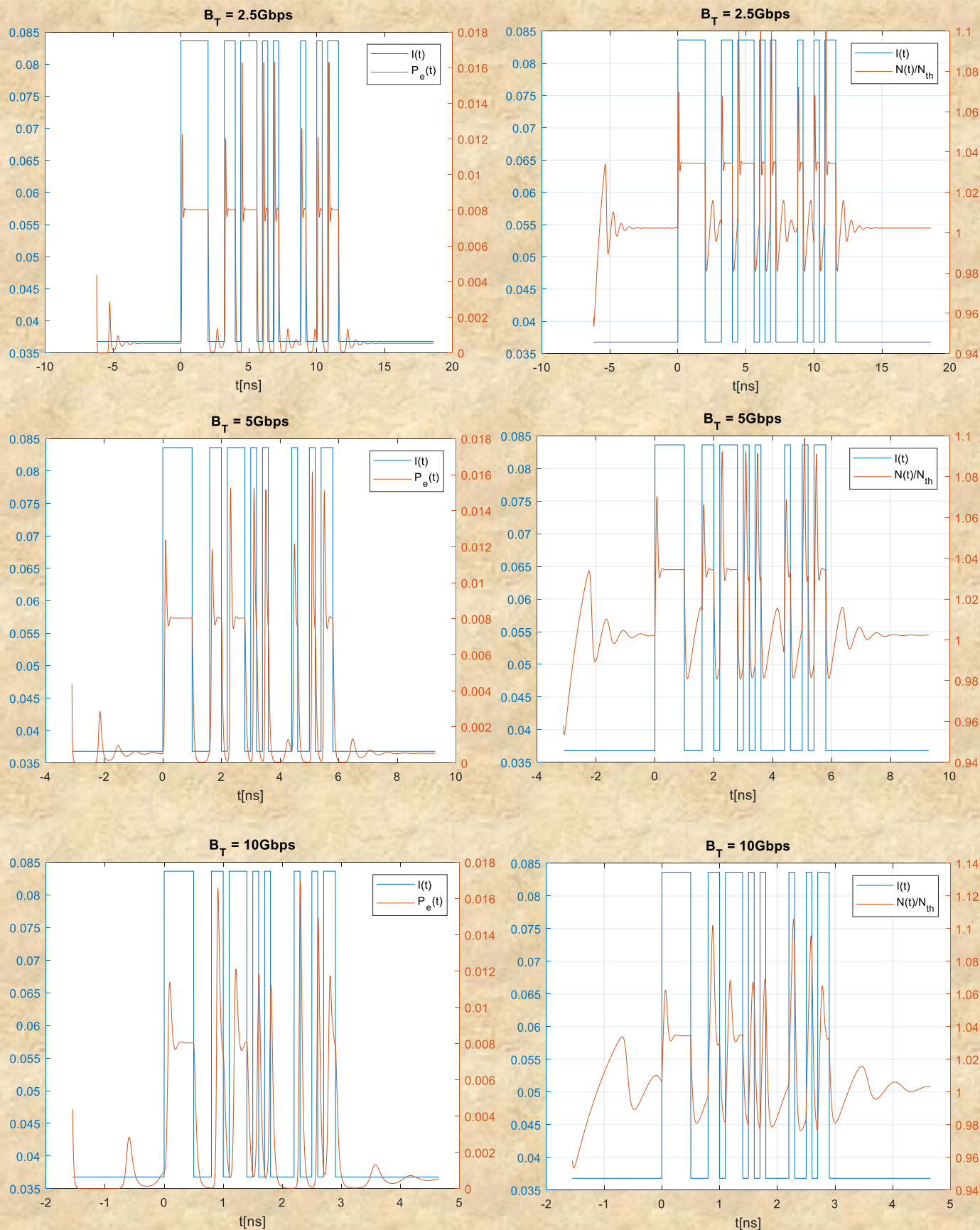


Διαπιστώνουμε ότι η αύξηση του συντελεστή συμπίεσης κέρδους οδηγεί σε πιο ήπια μεταβατικά φαινόμενα

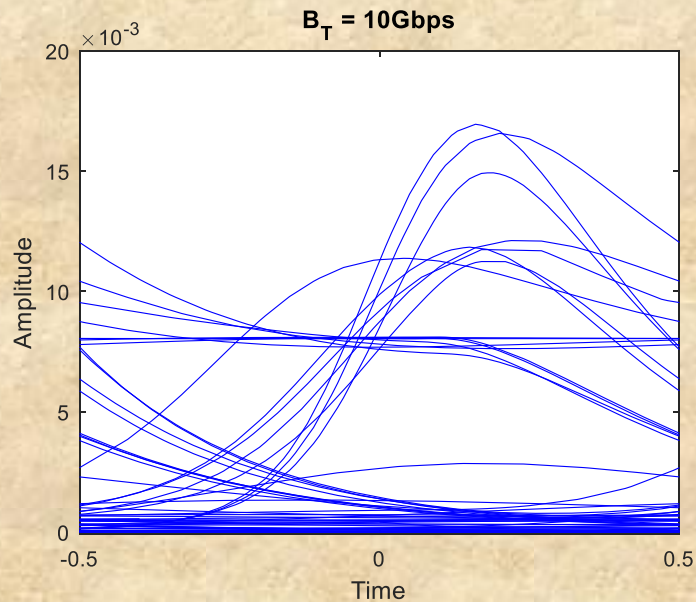
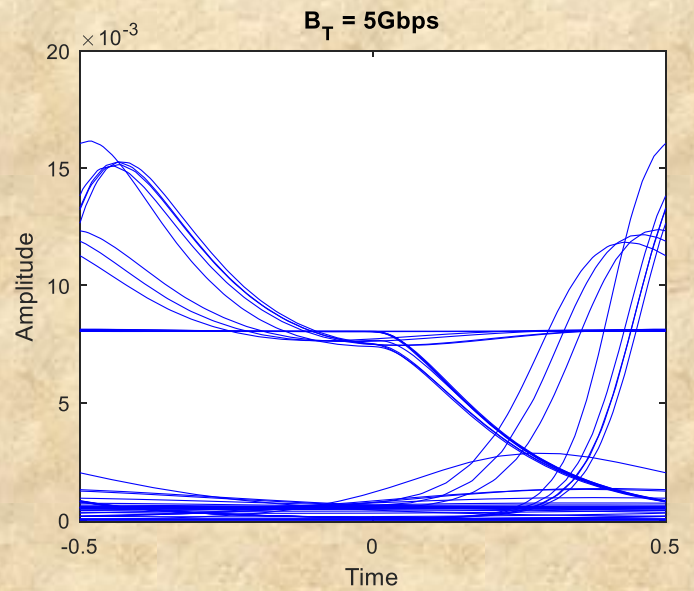
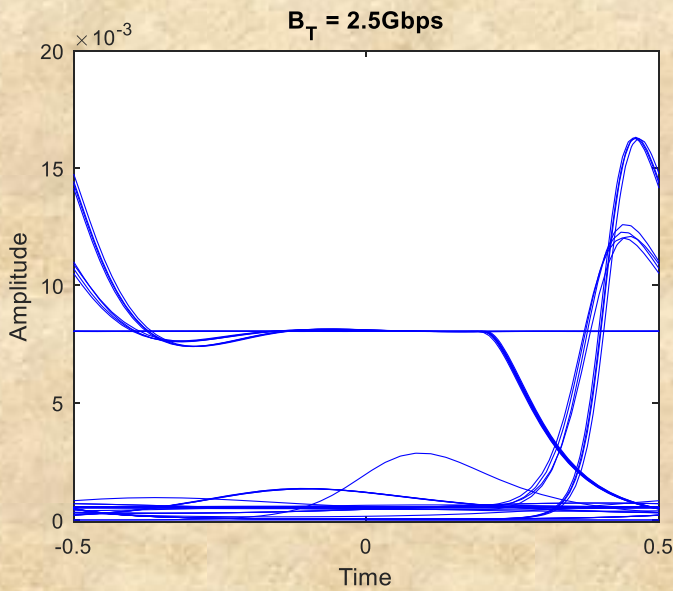
(γ) Απόκριση σε ψευδοτυχαία ακολουθία δεδομένων

$$\beta = 0, \quad \varepsilon_{NL} = 3.33 \cdot 10^{-7} \quad \text{και} \quad I(t) = 1.1I_{th} + 1.4I_{th}p(t)$$

Όπου $p(t)$ είναι η PRBS ακολουθία ορθογωνικών παλμών NRZ τάξης 5



Παρακάτω απεικονίζονται τα διαγράμματα οφθαλμού



*ΝΑ ΣΗΜΕΙΩΘΕΙ ΟΤΙ ΟΙ ΤΙΜΕΣ $2E8$ ΚΑΙ $2E5$ ΣΤΗΝ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΙΚΩΝ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΕΓΙΝΕ ΩΣ ΕΞΗΣ: $2E8 \approx N_{th}$ ΚΑΙ $2E5 \approx P(2I_{th})$ (ΑΠΟ ΤΗΝ (6))

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αύξηση του ρυθμού μετάδοσης έχει σαν αποτέλεσμα τα μεταβατικά φαινόμενα να «σβήνουν» πιο αργά. Δηλαδή, η απόκριση εξόδου διαρκεί περισσότερο και δεν ολοκληρώνεται στο χρονικό πλαίσιο του παλμού εισόδου (δλδ της διαμόρφωσης).
- Από τα διαγράμματα οφθαλμού γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι, όσο πιο συχνά στέλνουμε δεδομένα, τόσο δυσκολότερο είναι να τα ξεχωρίσουμε στην έξοδο, λόγω των εντονότερων μεταβατικών φαινομένων που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Αυτό φαίνεται από το γεγονός ότι το «μάτι» στο διάγραμμα οφθαλμού κλείνει με την αύξηση του ρυθμού μετάδοσης, λόγω της μεγαλύτερης διασυμβολικής παρεμβολής, με αποτέλεσμα να δυσκολεύει τη δειγματοληψία.
- Συνεπώς, στους μεγάλους ρυθμούς πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάποιο εξωτερικό στοιχείο για τη διαμόρφωση του σήματος και όχι απευθείας διαμόρφωση.