

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ II

1^Η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ:

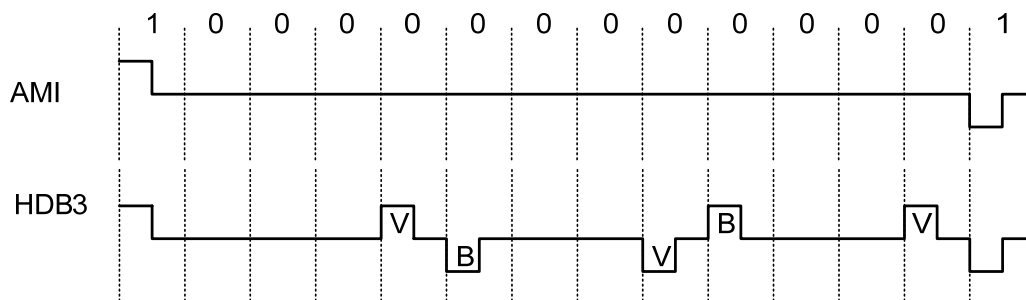
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ (LINE CODING: AMI – HDB3 – B8ZS)

Εισαγωγή

Τα συστήματα ενσύρματης μετάδοσης ψηφιακής πληροφορίας στη βασική ζώνη συχνοτήτων, δηλαδή χωρίς την εμπλοκή ψηφιακής διαμόρφωσης, υιοθετούν τρεις βασικούς τύπους κωδικοποίησης ώστε να βελτιώσουν την απόδοσή τους: *κωδικοποίηση πηγής πληροφορίας, κωδικοποίηση καναλιού, και κωδικοποίηση γραμμής*. Από αυτές τις τρεις, η *κωδικοποίηση γραμμής* έχει το γενικότερο στόχο της βελτίωσης της αξιοπιστίας της μετάδοσης στο φυσικό μέσο. Παραδοσιακά οι κωδικοποιήσεις σχεδιάζονται ώστε να παράγουν μία παλμοσειρά με ιδιαίτερες φασματικές ιδιότητες. Αυτές οι ιδιότητες συνήθως περιλαμβάνουν την απουσία DC συνιστώσας ώστε το σήμα να μεταφέρεται μέσω γαλβανικά απομονωμένων βαθμίδων (μετασχηματιστών κλπ) και την παρουσία ενός ισχυρού φασματικού στοιχείου στο οποία θα βασιστεί η εξαγωγή του σήματος χρονισμού (σήμα ωρολογίου). Παρόλο που οι νεότερες τεχνολογίες όπως οι ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line), DSL και IP έχουν υπερβεί σε εφαρμογές τις τεχνικές που περιγράφονται στην παρούσα Άσκηση, αυτές εξακολουθούν να εφαρμόζονται ευρέως, για παράδειγμα, στο ευρωπαϊκό τηλεφωνικό σύστημα ψηφιακής ιεραρχίας πολύπλεξης (E1, E2 κλπ), σε ATM switches, σε τερματικά ISDN και αλλού.

Κωδικοποιήσεις AMI και HDB3.

Στο Σχ. 1 εμφανίζονται δύο κωδικοποιήσεις, η AMI (Alternate Mark Inversion) και η HDB3 (High Density Bipolar of order 3). Ο κανόνας κωδικοποίησης της AMI είναι απλός: Το λογικό «1» εμφανίζεται ως παλμός, εναλλάξ θετικός και αρνητικός. Το λογικό «0» χαρακτηρίζεται ως απουσία παλμού, δηλαδή ως μηδενική στάθμη τάσης.



Σχήμα 1. Κωδικοποιήσεις AMI και HDB3.

Η εναλλάξ εμφάνιση θετικών – αρνητικών παλμών εξασφαλίζει την απουσία DC συνιστώσας. Όμως ο κανόνας κωδικοποίησης της AMI δεν εξασφαλίζει ικανοποιητικό αριθμό μεταβάσεων (ισοδυνάμως δεν εξασφαλίζει ισχυρή φασματική συνιστώσα) όπου να μπορεί να βασιστεί η ανάκτηση του σήματος χρονισμού (ωρολογίου), ιδιαίτερα για τις περιπτώσεις όπου εμφανίζονται μακρές σειρές μηδενικών.

Το πρόβλημα αυτό επιχειρεί να λύσει η κωδικοποίηση HDB3, η οποία βασίζεται στην AMI. Βασικά, στην HDB3, όταν διαπιστωθούν 4 συνεχόμενα μηδενικά, το 4^ο αντικαθίσταται από παλμό όμοιας πολικότητας με τον προηγούμενο παλμό - οπότε παραβιάζεται ο κανόνας της AMI περί εναλλαγής πολικότητας - ώστε να αντιληφθεί

ο δέκτης, βασιζόμενος στον εντοπισμό της παραβίασης, ότι ο συγκεκριμένος παλμός δεν αποτελεί λογικό «1» αλλά έχει εισαχθεί προκειμένου να διευκολύνει στην εξαγωγή του σήματος χρονισμού, οπότε πέραν αυτού πρέπει να ερμηνευθεί ως λογικό «0». Ας θεωρήσουμε τώρα την περίπτωση όπου πολύ μακρές σειρές μηδενικών υπάρχουν στο μεταδιδόμενο σήμα. Αν ο κανόνας κωδικοποίησης της HDB3 είχε περιοριστεί μόνο σε όσα αναφερθήκαμε παραπάνω, τότε θα έπρεπε να εισάγονται διαδοχικοί παλμοί παραβιάσεων οι οποίοι θα είχαν όλοι την ίδια πολικότητα (είτε θετική ή αρνητική) οπότε θα είχαμε συσσώρευση DC συνιστώσας (είτε θετικής ή αρνητικής), οπότε θα είχε αρθεί το πρώτο επιθυμητό χαρακτηριστικό της κωδικοποίησης που ήταν η απουσία DC. Οπότε, σε περίπτωση μακρών σειρών μηδενικών, μετά την πρώτη τετράδα, όπου σύμφωνα με τα προηγούμενα ο τέταρτος παλμός αντικαθίσταται με παλμό παραβίασης “V pulse” οι επόμενες τετράδες «0000» αντικαθίστανται είτε από «+00+» ή από «-00-», όπου ο πρώτος εισαγόμενος παλμός της τετράδας έχει αντίστροφη πολικότητα από τον προηγούμενο παλμό και λέγεται «παλμός B» ενώ το τέταρτο στοιχείο της τετράδας έχει όμοια πολικότητα με τον εκάστοτε παλμό B. Οι κανόνες κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης συνοψίζονται στους Πίνακες I και II.

Πίνακας I. Κανόνες κωδικοποίησης της HDB3

Πολικότητα του τελευταίου παλμού παραβίασης	Πολικότητα του τελευταίου παλμού	Αντικατάσταση με:	Τελική κωδικοποίηση
-	+	000V	000+
+	-	000V	000-
+	+	B00V	-00-
-	-	B00V	+00+

Πίνακας II. Κανόνες αποκωδικοποίησης HDB3

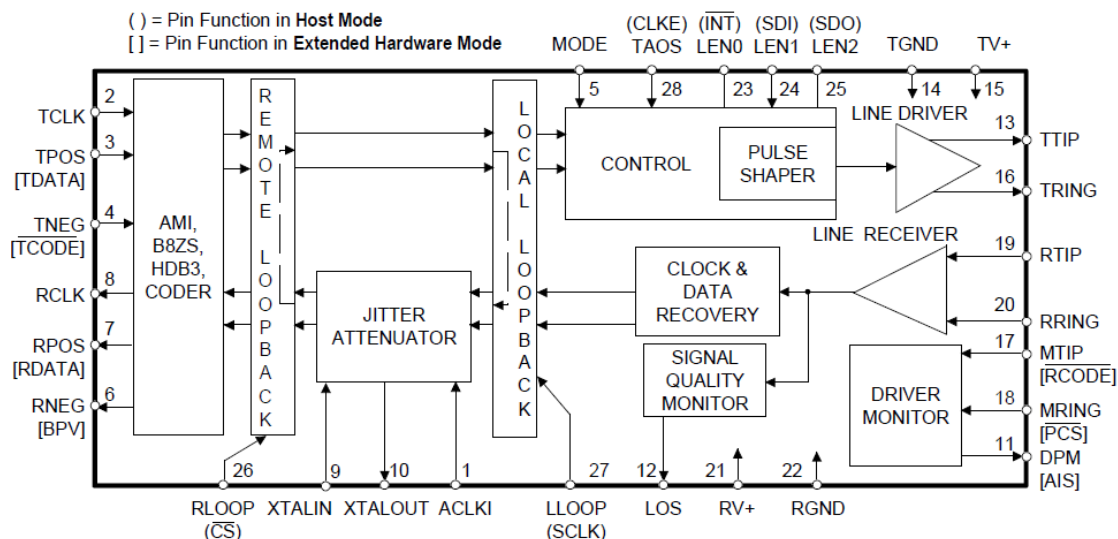
Πολικότητα τελευταίου παλμού	Πολικότητα επόμενου παλμού	Χρονική απόσταση από προηγούμενο παλμό	Χρονική απόσταση από επόμενο παλμό	Πρόκειται για :	Αποκωδικοποιείται ως:
Ίδια	Αδιάφορη	Αδιάφορη	Αδιάφορη	“V” Pulse	Λογικό 0
Αντίθετη	Ίδια	1 bit	3 bit	“B” Pulse	Λογικό 0
Αντίθετη	Ίδια	1 bit	4 bit	Λογικό 1	Λογικό 1
Αντίθετη	Ίδια	≥2 bit	Αδιάφορη	Λογικό 1	Λογικό 1
Αντίθετη	Αντίθετη	Αδιάφορη	Αδιάφορη	Λογικό 1	Λογικό 1

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΛΑΚΕΤΩΝ - ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

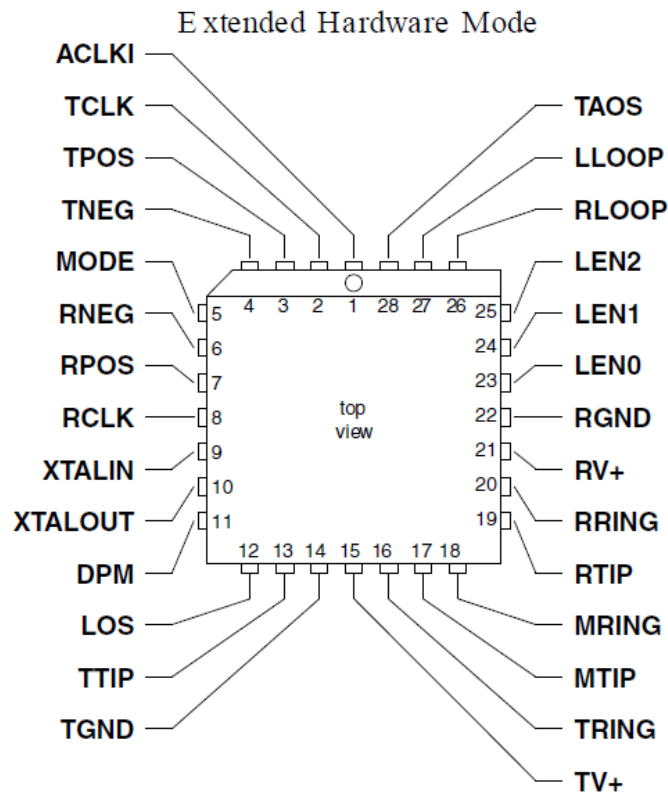
Το ολοκληρωμένο κύκλωμα CS61577

Οι κωδικοποιήσεις και αποκωδικοποιήσεις της άσκησης υλοποιούνται με τη βοήθεια ενός εξειδικευμένου τηλεπικοινωνιακού ολοκληρωμένου κυκλώματος CS61577 της εταιρίας Cirrus Logic. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα είναι σε συσκευασία PLCC των 28 ακίδων, υποστηρίζει κωδικοποιήσεις AMI, HDB3 και B8ZS, ενώ για τη λειτουργία του απαιτεί τροφοδοσία 5V. Έχει ενσωματωμένο έναν κωδικοποιητή (coder) με δυνατότητα επιλογής της κωδικοποίησης (AMI, HDB3, B8ZS), έναν αποκωδικοποιητή με δυνατότητα επιλογής της κωδικοποίησης (AMI, HDB3, B8ZS) και κυκλώματα οδήγησης μετασχηματιστή γραμμής μετάδοσης, καθώς και ενίσχυσης ληφθέντος σήματος και ανάκτησης χρονισμού.

Το χονδρικό διάγραμμα του ο.κ. CS61577 φαίνεται στο Σχ. 2, ενώ στο Σχ. 3 φαίνεται η συσκευασία και η διάταξη ακροδεκτών του.



Σχήμα 2. – Χονδρικό διάγραμμα CS61577



Σχήμα 3. – Διάταξη ακροδεκτών CS61577 σε συσκευασία PLCC-28

Το CS61577 μπορεί να λειτουργήσει με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

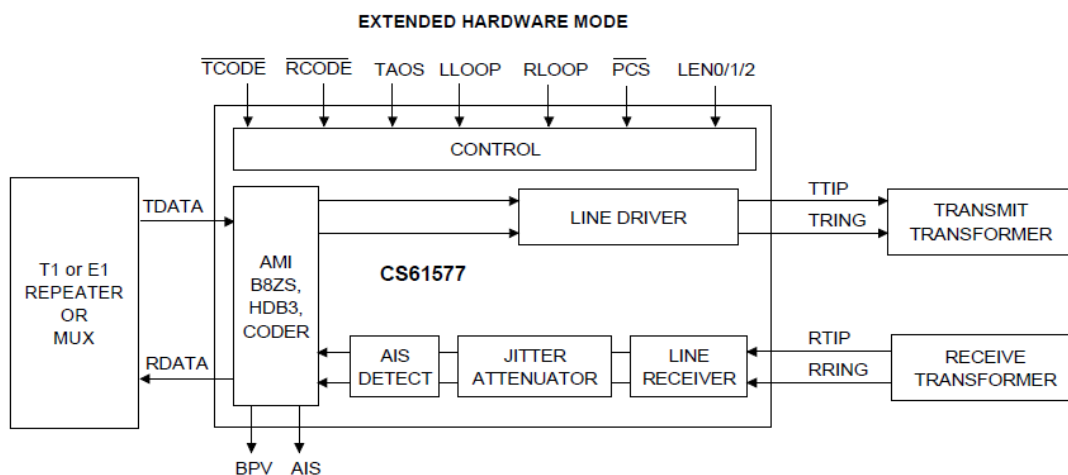
1. Λειτουργία Hardware Mode, όπου η κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση γίνεται από εξωτερικό κύκλωμα, ενώ οι ρυθμίσεις γίνονται με κατάλληλη συνδεσμολογία κάποιων ακροδεκτών.
2. Λειτουργία Extended Hardware Mode, όπου η κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση γίνεται από το ίδιο το CS61577, ενώ οι ρυθμίσεις γίνονται με κατάλληλη συνδεσμολογία κάποιων ακροδεκτών.
3. Λειτουργία Host Mode, όπου η κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση γίνεται από εξωτερικό κύκλωμα, ενώ οι ρυθμίσεις γίνονται μέσω σειριακού πρωτοκόλλου από εξωτερικό μικροελεγκτή.

Η ρύθμιση του τρόπου λειτουργίας γίνεται μέσω του ακροδέκτη MODE, βάσει του Σχήματος 4.

Για τις ανάγκες της εργαστηριακής άσκησης χρησιμοποιήθηκε ο “Extended Hardware Mode”. Το διάγραμμα λειτουργίας σε αυτή την περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 4.

	Hardware Mode	Extended Hardware Mode	Host Mode
Control Method	Control Pins	Control Pins with Parallel Chip Select	Serial Interface
MODE Pin Level	<0.2 V	Floating or 2.5 V	>(RV+)-0.2 V
Line Coding	External	Internal-AMI, B8ZS, or HDB3	External
AIS Detection	No	Yes	No
Driver Performance Monitor	Yes	No	Yes

Σχήμα 4. – Τρόποι λειτουργίας του CS61577 και διαφορές αυτών



Σχήμα 5. – Διάγραμμα λειτουργίας σε “Extended Hardware Mode”

Κατά την κωδικοποίηση τα NRZ δεδομένα εισέρχονται χρονισμένα στον κωδικοποιητή (Coder) και μέσω του οδηγού γραμμής (Line Driver) και του μετασχηματιστή εκπομπής, εκπέμπονται. Το ληφθέν σήμα μέσω του μετασχηματιστή λήψης, εισέρχεται στο ο.κ, ενισχύεται, καθαρίζεται από jitter, γίνεται ανάκτηση χρονισμού και τέλος αποκωδικοποιείται, έτσι ώστε να δημιουργηθούν τα αρχικά NRZ δεδομένα.

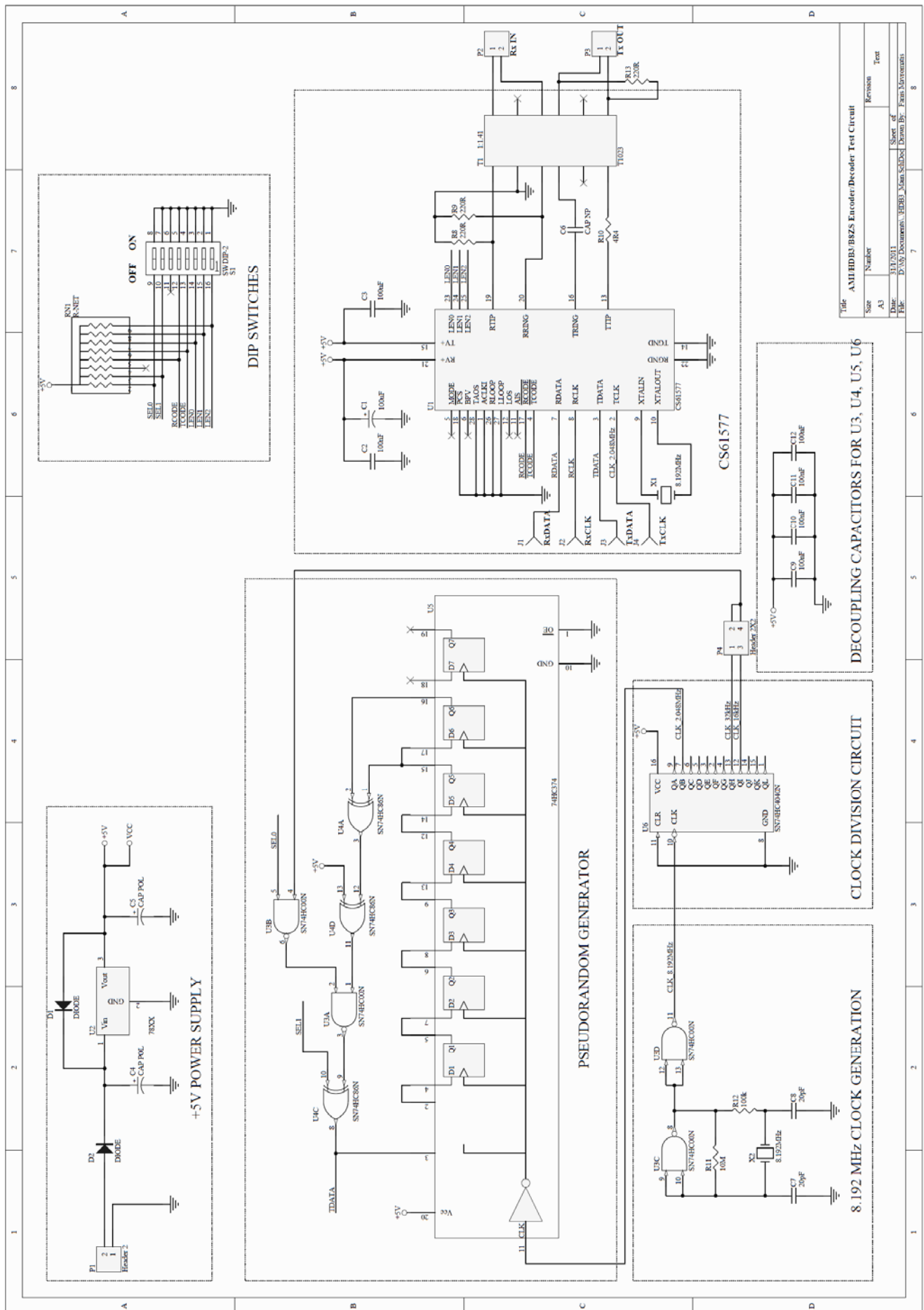
Ο καθορισμός του τρόπου κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης γίνεται μέσω κάποιων ακροδεκτών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.

		LEN 2/1/0	
		000	010-111
TCODE (Transmit Encoder Selection)	LOW	HDB3 Encoder	B8ZS Encoder
	HIGH	AMI Encoder	
RCODE (Receiver Decoder Selection)	LOW	HDB3 Decoder	B8ZS Decoder
	HIGH	AMI Decoder	

Σχήμα 6. – Καθορισμός τρόπου κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης.

Περιγραφή του κυκλώματος της εργαστηριακής άσκησης.

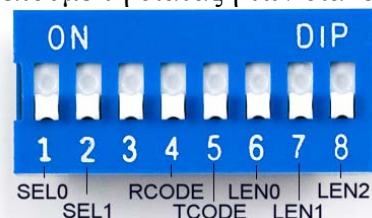
Το κυκλωματικό διάγραμμα της πλακέτας της εργαστηριακής άσκησης φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. - Το κυκλωματικό διάγραμμα της πλακέτας της εργαστηριακής άσκησης

Το τμήμα με τον τίτλο “+5V POWER SUPPLY” είναι το τροφοδοτικό της πλακέτας. Εδώ παράγονται τα απαιτούμενα για τη σωστή λειτουργία των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων +5V, από μια τάση εισόδου +10V...+20V (dc τάσεις). Η τάση εισόδου προέρχεται από το τροφοδοτικό πάγκου. Το τμήμα “+5V POWER SUPPLY” αποτελείται από το ο.κ 7805, δύο διόδους προστασίας, και δύο πυκνωτές εξομάλυνσης. Υπενθυμίζεται ότι το ο.κ. 7805 σταθεροποιεί μια dc τάση εισόδου ($>5V+3V$) στα +5V. Η διάδος D2 προστατεύει το κύκλωμα στην περίπτωση ανάποδης πολικότητας της σύνδεσης της τροφοδοσίας.

Στο τμήμα με τίτλο “DIP SWITCHES” έχουμε τους διακόπτες τύπου DIP, με τους οποίους ρυθμίζουμε τη λειτουργία της πλακέτας. Οι διακόπτες είναι αρνητικής λογικής, δηλαδή όταν ένας διακόπτης είναι ON, το σήμα που δίνει είναι LOW, ενώ όταν είναι OFF, τότε το αντίστοιχο σήμα είναι HIGH. Τα σήματα που ελέγχονται είναι τα SEL0 (1^{ος} διακόπτης), SEL1 (2^{ος} διακόπτης), RCODE (4^{ος} διακόπτης), TCODE (5^{ος} διακόπτης), LEN0 (6^{ος} διακόπτης), LEN1 (7^{ος} διακόπτης) και LEN2 (8^{ος} διακόπτης). Στο Σχήμα 8 βλέπουμε τη διάταξη των διακοπτών.

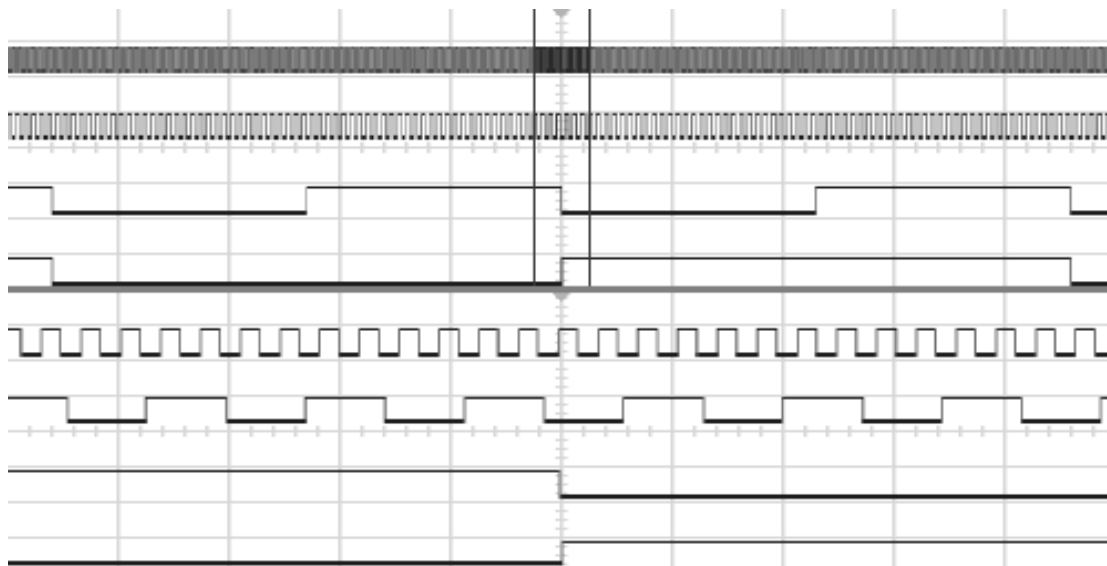


Σχήμα 8. Οι διακόπτες DIP SWITCH

Στο τμήμα με τον τίτλο “8.192MHz CLOCK GENERATION” παράγεται το ρολόι χρονισμού 8.192MHz (σήμα CLK_8.192MHz), το οποίο θα υποβιβαστεί στα 2.048MHz από άλλο τμήμα του κυκλώματος και θα χρησιμοποιηθεί από τα κυκλώματα παραγωγής NRZ δεδομένων. Αποτελείται από τον κρύσταλλο (στα 8.192MHz) και δύο CMOS πύλες NAND σε συνδεσμολογία ασταθούς ταλαντωτή.

Στο τμήμα “CLOCK DIVISION CIRCUIT” γίνεται η παραγωγή του ρολογιού των 2.048MHz (σήμα CLK_2.048MHz) που απαιτείται από το κύκλωμα μετάδοσης. Επίσης γίνεται και η παραγωγή ενός σήματος τετραγωνικών παλμών με συχνότητα 16kHz, σήμα CLK_16kHz (ή 32kHz, σήμα CLK_32kHz, ανάλογα με το γεφύρωμα P4) που θα χρησιμοποιηθεί σε επόμενη βαθμίδα. Η παραγωγή των παραπάνω σημάτων γίνεται από το ο.κ 74HC4040 το οποίο είναι ένας διαιρέτης με 12 βαθμίδες flip-flop. Η είσοδος του στον ακροδέκτη CLK, διαιρείται σε κάθε βαθμίδα δια του δύο. Έτσι η έξοδος QB είναι η δεύτερη βαθμίδα και έχει διαιρέσει το αρχικό σήμα δια του τέσσερα, παράγοντας τα 2.048MHz. Η έξοδος QI είναι η ένατη βαθμίδα και διαιρεί δια του 9, παράγοντας τα 16kHz. Τα βοηθητικά 32kHz παράγονται από την προηγούμενη βαθμίδα QH.

Στο Σχήμα 9 φαίνονται τα σήματα CLK_8.192MHz, CLK_2.048MHz, CLK_32kHz, και CLK_16kHz. Στο πάνω μέρος της οθόνης φαίνονται τα τέσσερα σήματα, σε διάρκεια μιας περιόδου του σήματος των 16kHz, ενώ στο κάτω μέρος φαίνονται σε μεγέθυνση το τμήμα του πάνω μέρους που καθορίζεται από τις δύο κατακόρυφες γραμμές.



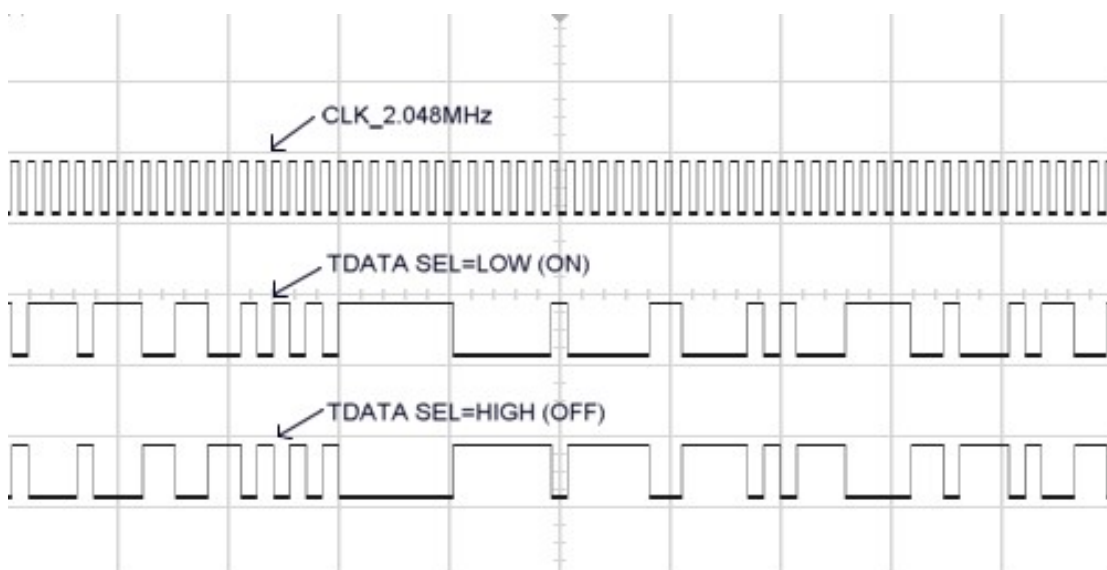
Σχήμα 9. Τα σήματα χρονισμού CLK_8.192MHz, CLK_2.048MHz, CLK_32kHz, και CLK_16kHz από πάνω προς τα κάτω.

Στο τμήμα “PSEUDORANDOM GENERATOR” γίνεται η παραγωγή των ψευδοτυχαίων NRZ δεδομένων (σήμα TDATA). Τα NRZ δεδομένα έχουν χρονισμό 2.048MHz. Η παραγωγή της ψευδοτυχαίας ακολουθίας NRZ δεδομένων γίνεται από το ο.κ 74HC374 (U5), σε συνδυασμό με τα U4A και U4C (πύλες EXOR). Οι υπόλοιπες πύλες χρησιμοποιούνται έτσι, ώστε ανάλογα με τη θέση των διακοπών SEL0 και SEL1 (μπλέ εξάρτημα, DIP SWITCH) να ρυθμίζουν τη μορφή της τελικής κυματομορφής NRZ.

Ο διακόπτης SEL1 καθορίζει αν η κυματομορφή TDATA έχει αναστροφή ή όχι, καθώς η πύλη EXOR U4C λειτουργεί ως ελεγχόμενη πύλη NOT.

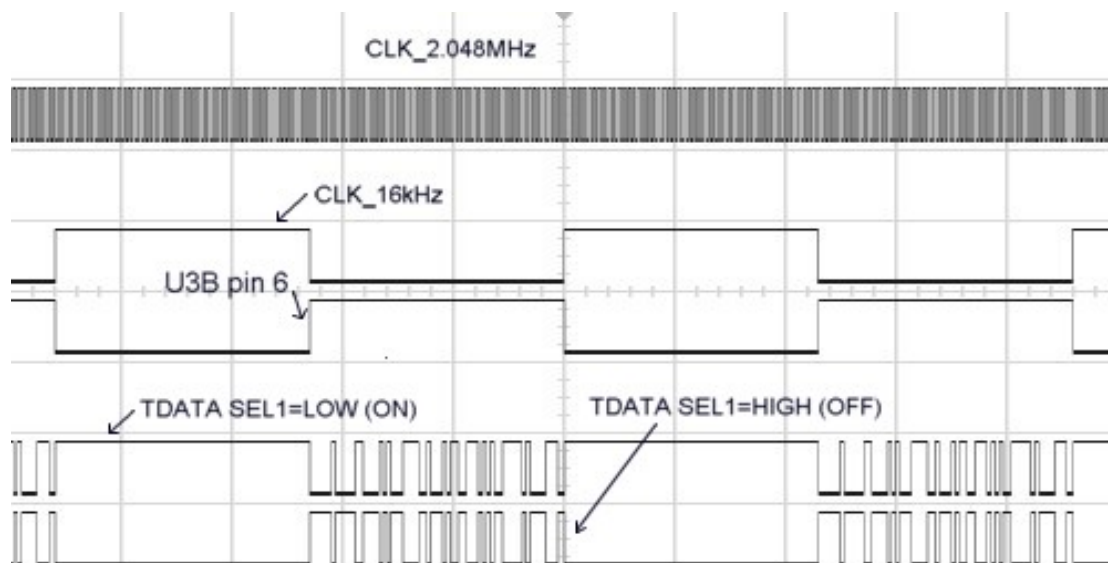
Ο διακόπτης SEL0 καθορίζει αν τα ψευδοτυχαία δεδομένα θα έχουν συνέχεια, ή θα έχουν περιοδικότητα που καθορίζεται από τη θέση του επιλογέα P4 (δεξιά από το τμήμα “CLOCK DIVISION” στο σχηματικό), δηλαδή 16kHz ή 32kHz.

Στο Σχήμα 10 φαίνονται οι κυματομορφές των ψευδοτυχαίων NRZ, TDATA, σε σχέση με τη θέση του διακόπτη SEL1, για SEL0=LOW (ON).



Σχήμα 10. Το σήμα TDATA σε σχέση με τη θέση του SEL1, για SEL0=LOW (ON)

Στο Σχήμα 11 φαίνονται οι κυματομορφές των ψευδοτυχαίων NRZ, TDATA, σε σχέση με τη θέση του διακόπτη SEL1 και σε σχέση με τη κυματομορφή CLK_16kHz, για SEL0=HIGH (OFF).



Σχήμα 11. Το σήμα TDATA σε σχέση με τη θέση του SEL1, για SEL0= HIGH (OFF)

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα CS61577 είναι υπεύθυνο για την κωδικοποίηση του σήματος TDATA και την αποστολή του μέσω ενός μετασχηματιστή (T1, T1023 στο κύκλωμα) και ενός δισύρματου καλωδίου (συνδεδεμένο στον συνδετήρα P3 “Tx OUT”, προς τον δέκτη. Ο δέκτης λαμβάνει τα κωδικοποιημένα δεδομένα στον συνδετήρα P2 “Rx IN” και μέσω ενός μετασχηματιστή, το ο.κ CS61577 αφού ενισχύσει το ληφθέν σήμα, αποκωδικοποιεί το σήμα και παράγει μια ακολουθία NRZ στον ακροδέκτη RxDATA, καθώς και το αντίστοιχο ρολόι του στον ακροδέκτη RxCLK. Κάθε πλακέτα έχει τη δυνατότητα να εκπέμπει (κωδικοποιεί) και να λαμβάνει (αποκωδικοποιεί) ταυτόχρονα. Ο τρόπος κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης ρυθμίζεται μέσω των διακοπών (DIP-SWITCHES) S1, σύμφωνα με τον πίνακα του Σχήματος 12.

ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ					
ΤΥΠΟΣ		TCODE	LEN0	LEN1	LEN2
AMI		OFF (HIGH)	-	-	-
HDB3		ON (LOW)	ON (LOW)	ON (LOW)	ON (LOW)
B8ZS		ON (LOW)	ON (LOW)	OFF (HIGH)	ON (LOW)
ΑΠΟΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ					
ΤΥΠΟΣ	RCODE		LEN0	LEN1	LEN2
AMI	OFF (HIGH)		-	-	-
HDB3	ON (LOW)		ON (LOW)	ON (LOW)	ON (LOW)
B8ZS	ON (LOW)		ON (LOW)	OFF (HIGH)	ON (LOW)

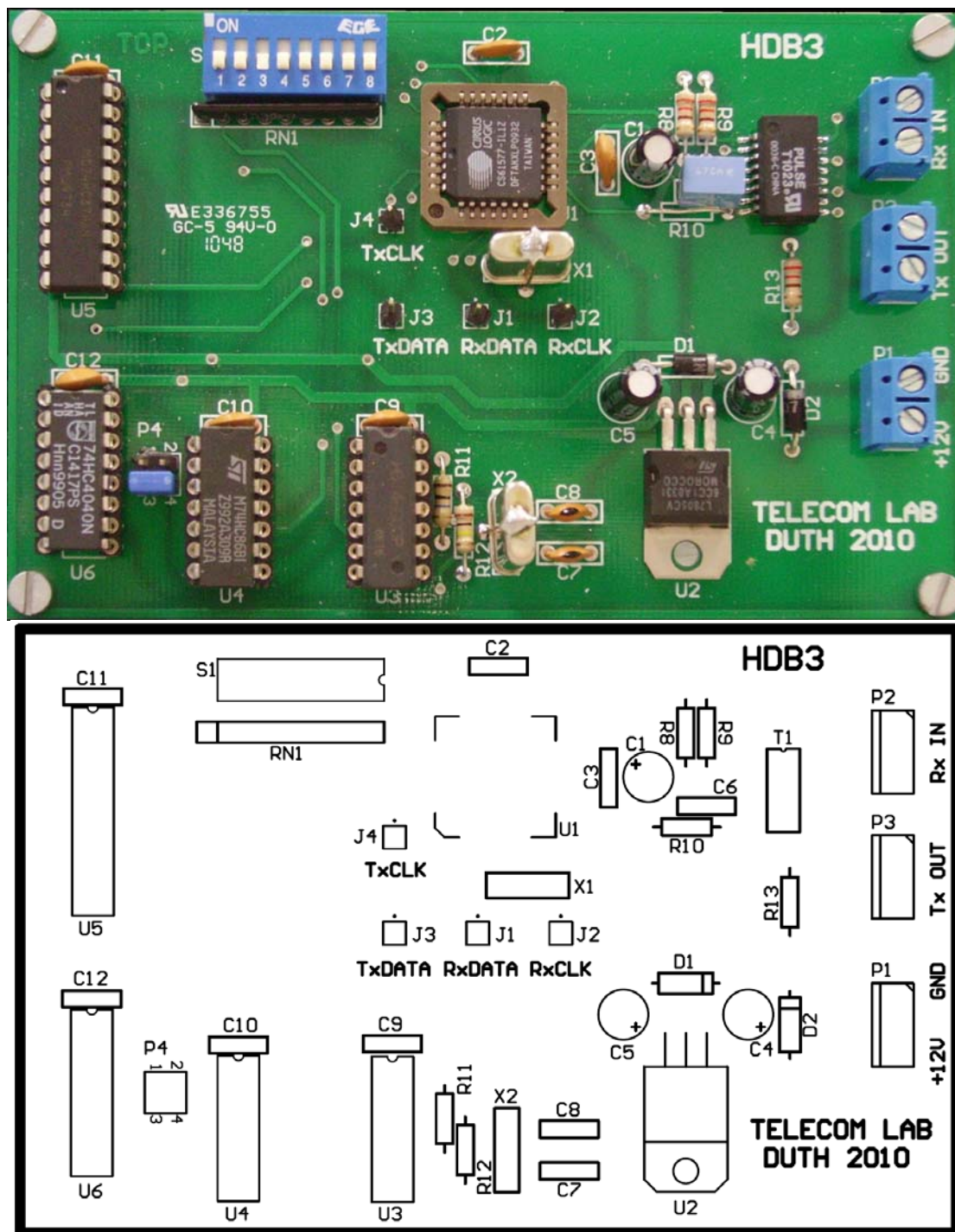
Σχήμα 12. Πίνακας θέσεων διακοπών για ρύθμιση κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης

Διαδικασία του πειράματος

!

Για να προχωρήσετε στη διαδικασία του πειράματος και να αποκομίσετε τις απαιτούμενες γνώσεις από την Άσκηση προϋποτίθεται ότι έχετε μελετήσει τα προηγούμενα.

Η διάταξη των εξαρτημάτων στην πλακέτα (τοπογραφικό) της εργαστηριακής άσκησης φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 13. Σε κάθε ομάδα δίδονται δύο όμοιες πλακέτες.



Σχήμα 13. Φωτογραφία και Τοπογραφικό της πλακέτας της εργαστηριακής άσκησης.

Στον συνδετήρα P1 συνδέουμε την τροφοδοσία του κυκλώματος, και συγκεκριμένα +12V και γείωση (GND).

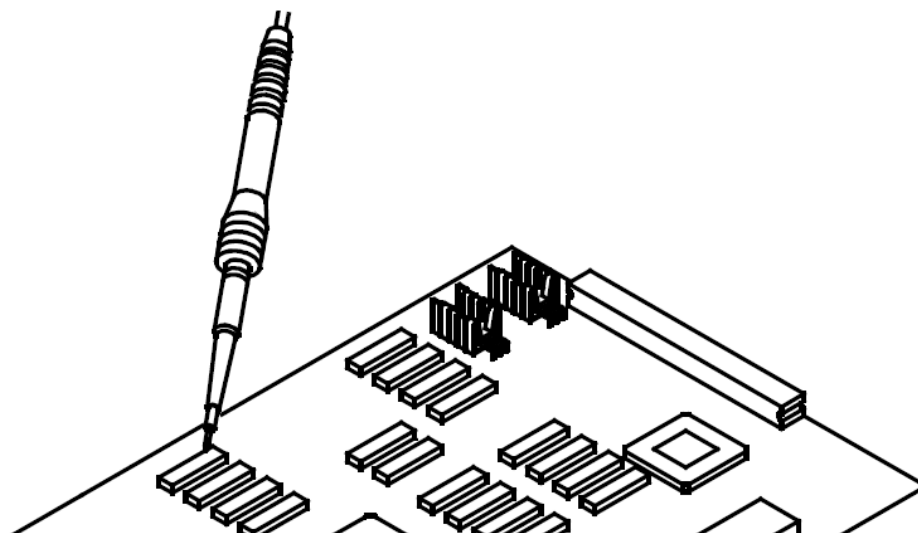
Στον συνδετήρα P3 συνδέουμε το καλώδιο (ζεύγος αγωγών) που θα στείλει τα κωδικοποιημένα δεδομένα στην άλλη πλακέτα.

Στον συνδετήρα P2 συνδέουμε το καλώδιο (ζεύγος αγωγών) που λαμβάνει τα κωδικοποιημένα δεδομένα από την άλλη πλακέτα.

Η διαδικασία του πειράματος όπως αυτή περιγράφεται στη συνέχεια βασίζεται στη χρήση ψηφιακού παλμογράφου 54621A της εταιρίας Agilent. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί άλλος παλμογράφος η περιγραφή του πειράματος ίσως διαφέρει.

Όλες οι μετρήσεις θα γίνονται με την εξής διαδικασία: πρώτα θα γίνονται οι συνδέσεις των *σηματοληπτών* (probes) στο κύκλωμα, μετά με το *κουμπί* του παλμογράφου RUN/STOP θα γίνεται η εκκίνηση της μέτρησης και όταν γίνει η μέτρηση, η απεικόνιση θα *παγώνει* με το ίδιο *κουμπί* RUN/ STOP.

Οι μετρήσεις πάνω στα ολοκληρωμένα όταν απαιτείται, θα γίνονται αφού πρώτα βγάλουμε την τσιμπίδα από το σηματολήπτη (probe) του παλμογράφου και με τη μύτη θα μετράμε στην ακίδα που θέλουμε (σχήμα 14).

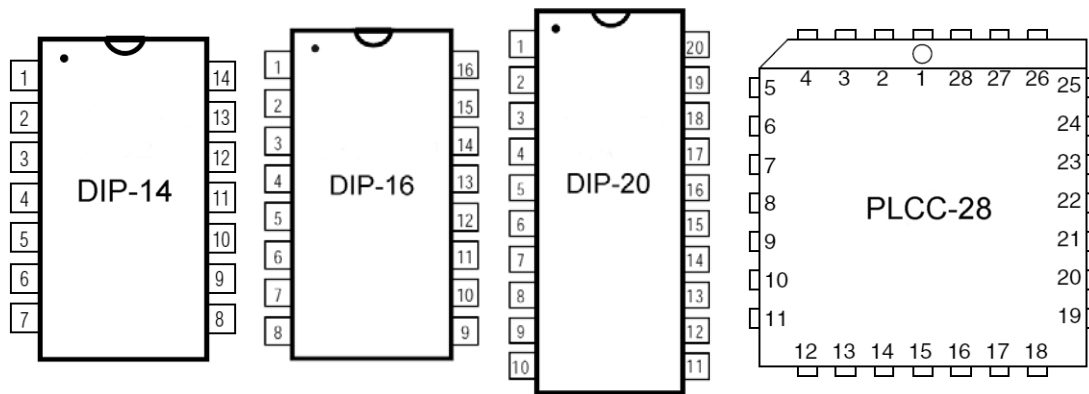


Σχήμα 14. Μέτρηση πάνω σε ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Στο εργαστηριακό μας κύκλωμα υπάρχουν τεσσάρων ειδών συσκευασίες ολοκληρωμένων κυκλωμάτων:

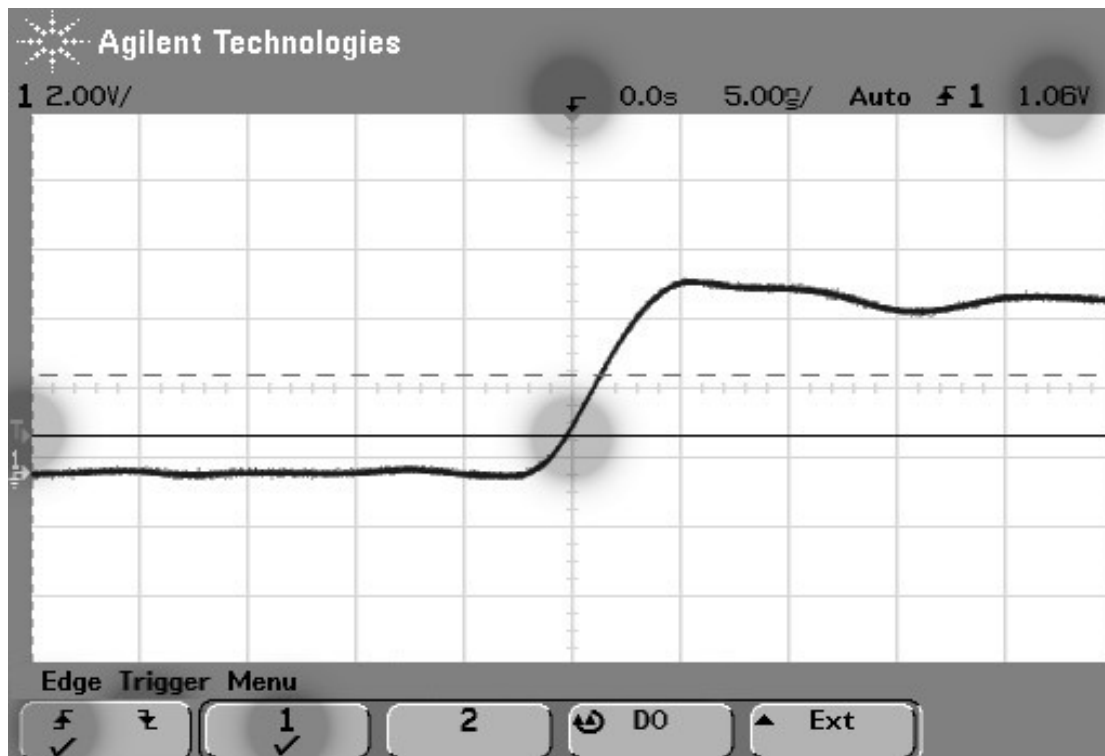
- DIP-14
- DIP-16
- DIP-20
- PLCC-28

Η διάταξη των ακροδεκτών για κάθε περίπτωση φαίνεται στο σχήμα 15.

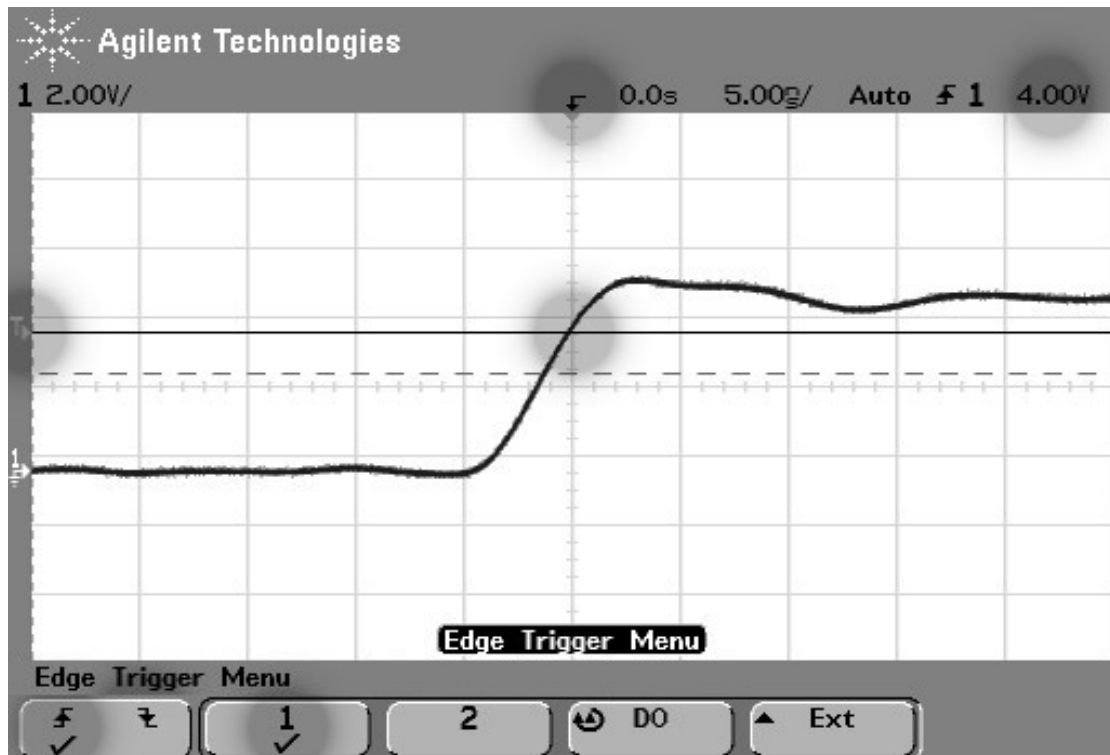


Σχήμα 15. Διάταξη ακροδεκτών των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

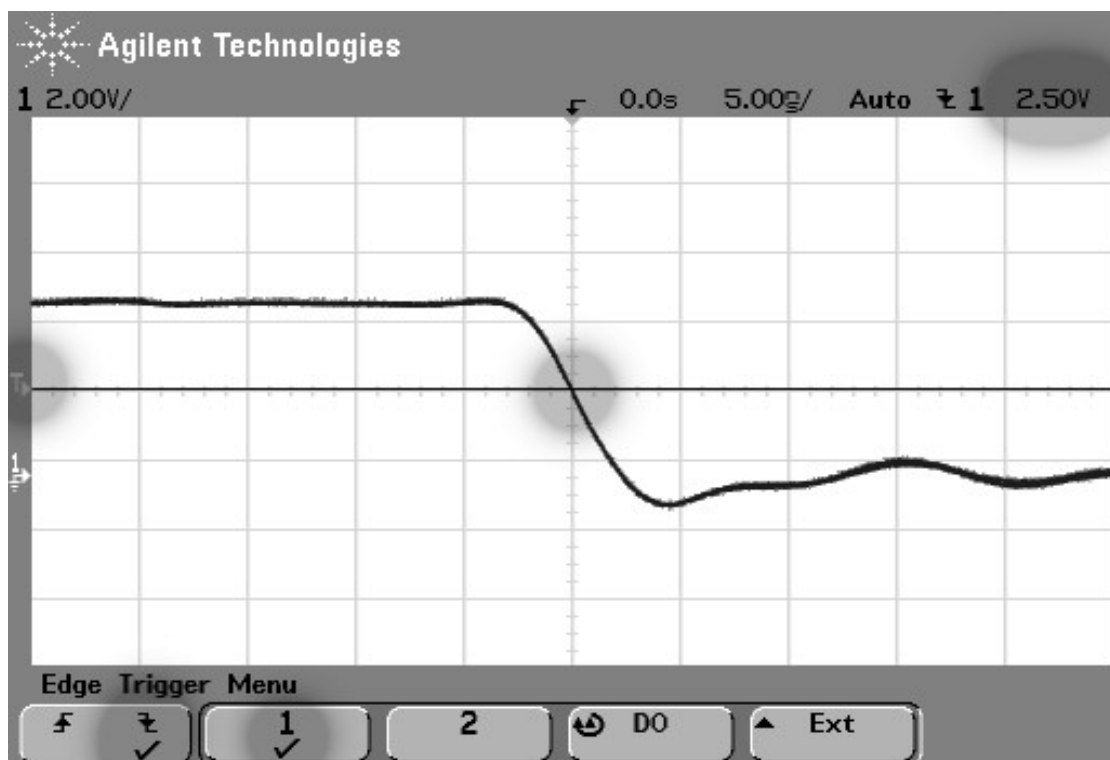
Για να μπορέσει να γίνει σωστά η μέτρηση με παλμογράφο και να έχουμε σταθερή εικόνα σε αυτόν, θα πρέπει να ρυθμίζουμε σωστά τον σκανδαλισμό (triggering). Ο σκανδαλισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία καθορίζουμε το χρονικό σημείο 0 σε μια κυματομορφή. Όταν κοιτάμε μια περιοδική κυματομορφή με τον παλμογράφο, είναι σημαντικό το χρονικό σημείο 0 να είναι πάντα στο ίδιο σημείο της περιόδου, γιατί αλλιώς η εικόνα που θα έχουμε στην οθόνη του παλμογράφου δε θα είναι σταθερή. Ως σημεία της κυματομορφής που μας βολεύει συνήθως να χρησιμοποιούμε για τον καθορισμό του σκανδαλισμού, είναι σημεία στα οποία έχουμε κάποια περιοδική μεταβολή πλάτους. Καθορίζουμε πρώτα το κανάλι που θέλουμε να έχουμε ως αναφορά, μετά αν θέλουμε η μεταβολή πλάτους να είναι ανοδική ή καθοδική και τέλος καθορίζουμε την τάση σκανδαλισμού (με το κουμπί Trigger → Level). Στα σχήματα 16, 17 και 18 βλέπουμε τρεις περιπτώσεις σκανδαλισμού. Σε κάθε περίπτωση σημειώνονται με διαφορετικό χρωματισμό πάνω στο σχήμα το χρονικό σημείο 0, το κανάλι σκανδαλισμού, αν έχουμε σκανδαλισμό σε ανοδική ή καθοδική μεταβολή στην κυματομορφή, η τάση σκανδαλισμού και το σημείο σκανδαλισμού.



Σχήμα 16. Σκανδαλισμός στο κανάλι 1, σε ανοδικό σημείο κυματομορφής, με τάση σκανδαλισμού τα 1.06V



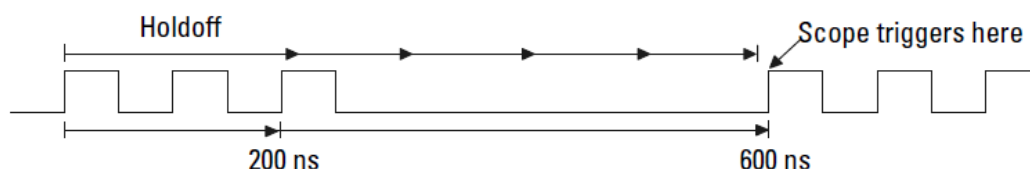
Σχήμα 17. Σκανδαλισμός στο κανάλι 1, σε ανοδικό σημείο κυματομορφής, με τάση σκανδαλισμού τα 4.00V



Σχήμα 18. Σκανδαλισμός στο κανάλι 1, σε καθοδικό σημείο κυματομορφής, με τάση σκανδαλισμού τα 2.50V

Πολλές φορές, κυρίως όταν έχουμε κυματομορφές περιοδικές μεν, όμως με εναλλαγές μέσα σε μια περίοδο, για να σταθεροποιήσουμε την εικόνα θα πρέπει να ρυθμίσουμε και την παράμετρο “Holdoff” στον παλμογράφο. Στο Σχήμα 19 βλέπουμε μια κυματομορφή, η οποία αποτελείται από τρεις παλμούς και ένα χρονικό κενό τα οποία επαναλαμβάνονται περιοδικά. Με απλό σκανδαλισμό μεταβολής πλάτους, το

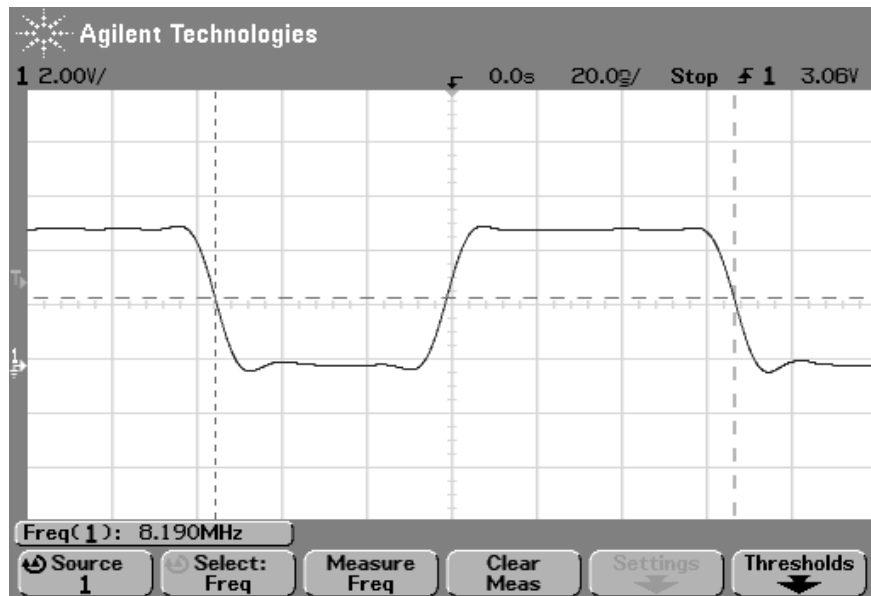
σημείο 0 θα μπορούσε να είναι οποιοδήποτε σημείο μεταβολής κάθε παλμού από τους τρεις (στην πρώτη σάρωση δηλαδή να σταθεροποιείται η εικόνα στον πρώτο παλμό, στην δεύτερη στον δεύτερο, κ.ο.κ) και να μην έχουμε σταθερή απεικόνιση. Με την παράμετρο “Holdoff” καθορίζουμε το «νεκρό» διάστημα στο οποίο ΔΕΝ μπορεί να γίνει σκανδαλισμός μετά από κάποιο σκανδαλισμό. Άρα στο σχήμα αν θεωρήσουμε ότι γίνεται σκανδαλισμός στον πρώτο παλμό από αριστερά, για να ξαναγίνει σκανδαλισμός στον πρώτο παλμό πάλι θα πρέπει να καθορίσουμε το “Holdoff” σε διάστημα μεγαλύτερο από τα 200ns και μικρότερο από τα 600ns.



Σχήμα 19. Λειτουργία “Holdoff” σε κυματομορφή αποτελούμενη από 3 παλμούς επαναλαμβανόμενους περιοδικά.

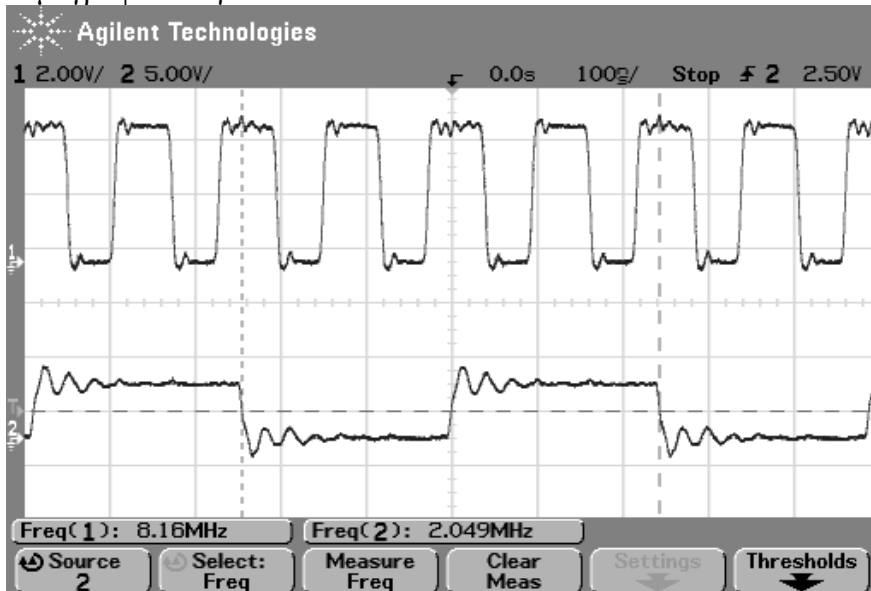
Οδηγίες για την εκτέλεση της Εργαστηριακής Άσκησης.

1. Συνδέστε την τροφοδοσία στην πλακέτα στους ακροδέκτες του συνδετήρα P1. Ως τροφοδοσία απαιτείται τάση +12V. ΠΡΟΣΟΧΗ στην ορθή σύνδεση της τάσης τροφοδοσίας.
2. Ρυθμίστε τον παλμογράφο έτσι ώστε να *σκανδαλίζεται* (trigger) στην άνοδο του καναλιού 1 (EDGE ↑ , Trigger Source A1) και τοποθετείστε το Trigger Mode στο Auto.
3. Τοποθετήστε το γεφύρωμα (jumper) στον συνδετήρα P4, στη μία πλακέτα στις θέσεις 3-4 και στην άλλη στις θέσεις 1-2. Έτσι ρυθμίζουμε η μία πλακέτα να έχει συχνότητα επανάληψης ψευδοτυχαίων δεδομένων 16kHz και η άλλη 32kHz. Στα επόμενα βήματα θα εργαστούμε πάνω στην 1^η πλακέτα (γεφύρωμα μεταξύ 3-4, 16kHz).
4. Στο επόμενο βήμα θα ελέγξουμε το ρολόι των 8.192MHz. Θα τοποθετήσετε το κανάλι 1 του παλμογράφου στο pin 11 του U3 (74HC00). Η έξοδος όπως αυτή εμφανίζεται στον παλμογράφο θα πρέπει να είναι τετραγωνική. Η συχνότητα θα πρέπει να είναι 8.192MHz και να έχει πλάτος 5V (Βλέπε παρακάτω Σχήμα 20). Το ρολόι των 8.192MHz διαιρείται από το ο.κ 74HC4040 και παράγει τρεις κυματομορφές: μία των 2.048MHz, μία των 32kHz και μία των 16kHz.



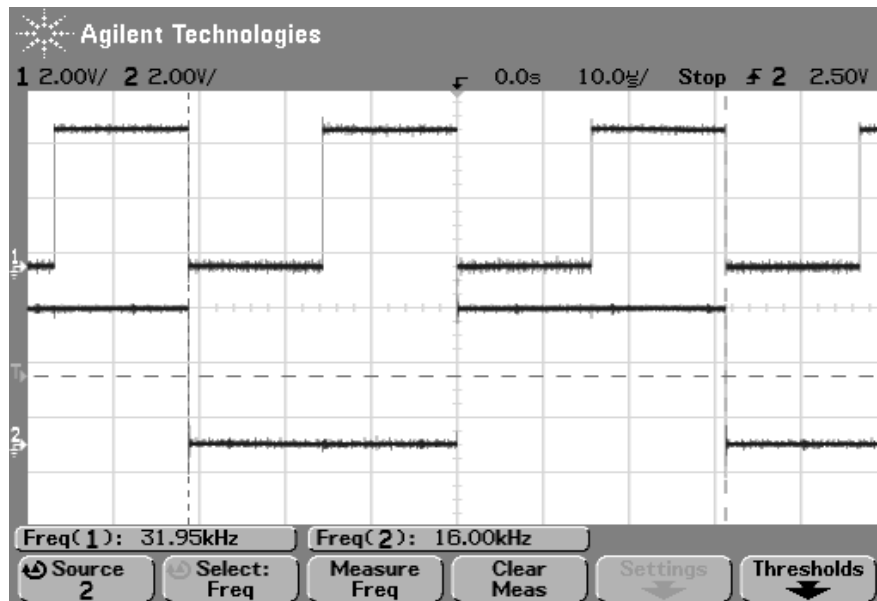
Σχήμα 20. Ρολόι συστήματος των 8.192MHz

5. Σε αυτό το βήμα θα ελέγξουμε την κυματομορφή των 2.048MHz (ρολόι NRZ δεδομένων) σε σχέση με την αρχική των 8.192MHz. Θα κρατήσουμε το κανάλι 1 του παλμογράφου στο pin 11 του U3 και θα συνδέσουμε το κανάλι 2 στο pin 7 του U6. Στον παλμογράφο θα πρέπει να βλέπουμε δύο τετραγωνικές κυματομορφές, μία με 8.192MHz και μία με 2.048MHz (σχήμα 20). Για να έχουμε σταθερή εικόνα θα πρέπει ο σκανδαλισμός (triggering) του παλμογράφου να γίνει από το κανάλι 2.



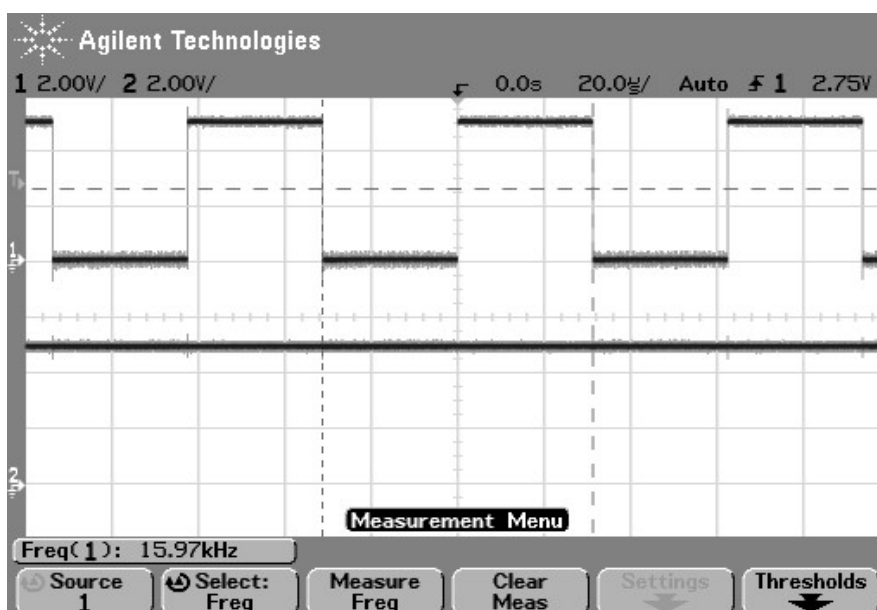
Σχήμα 21. Ρολόι 2.048MHz των δεδομένων NRZ

6. Σε αυτό το βήμα θα ελέγξουμε τα προϊόντα της διαίρεσης του clock των 8.192MHz, τα 32kHz και τα 16kHz. Θέτουμε το κανάλι 1 στο pin 13 του U6 (74HC4040) και το κανάλι 2 στο pin 12 του ίδιου ο.κ. Ο σκανδαλισμός θα γίνει από το κανάλι 2.

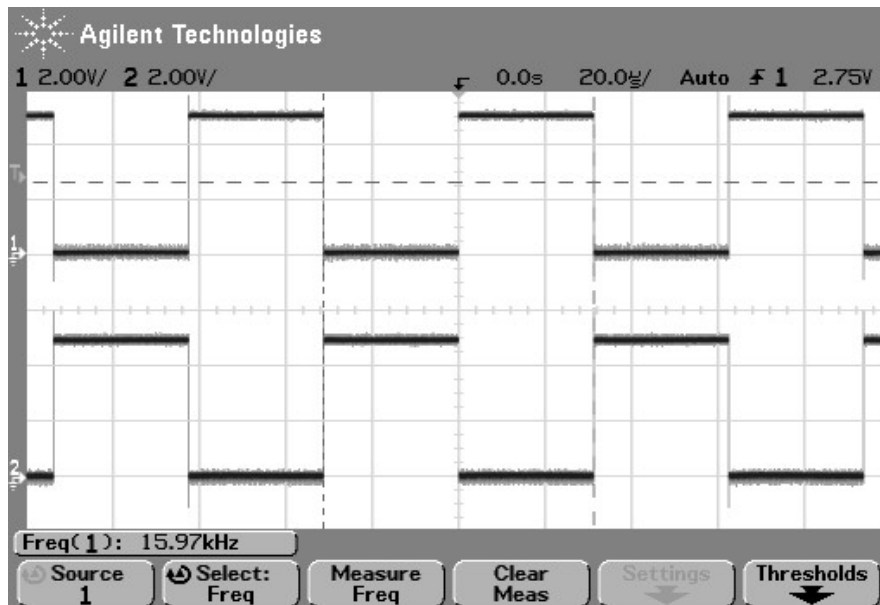


Σχήμα 22. Οι κυματομορφές των 16kHz και 32kHz

7. Μετράμε πάνω στο pin 4 του U3 (74HC00), θα πρέπει να δούμε τετραγωνικούς παλμούς, συχνότητας 16kHz. Αν δεν δούμε 16kHz, αλλά 32kHz, τότε ή δουλεύουμε στην λάθος πλακέτα, ή δεν έχουμε θέσει το γεφύρωμα P4 στη θέση 3-4. Σε αυτή την περίπτωση κάνουμε την απαραίτητη διόρθωση και αφού επιβεβαιώσουμε, προχωράμε στο επόμενο βήμα.
8. Κατόπιν τοποθετούμε το κανάλι 1 στο pin 4 του U3 (74HC00) και το κανάλι 2 στο pin 6 του ίδιου ολοκληρωμένου. Ανάλογα με τη θέση του διακόπτη SEL0 (DIP_SWITCH, διακόπτης 1), θα δίνουμε στο pin 5 του U3 είτε λογικό High και είτε λογικό Low. Τα pins 4 και 5 είναι οι είσοδοι μιας πύλης NAND, ενώ το pin 6 είναι η έξοδος της πύλης. Το αποτέλεσμα της λογικής πράξης για κάθε θέση του διακόπτη SEL0 φαίνεται στα σχήματα 23 και 24. Αφού επιβεβαιώσετε τα σχήματα, αφήστε το διακόπτη στη θέση OFF (λογικό High) και προχωρήστε στο επόμενο βήμα.

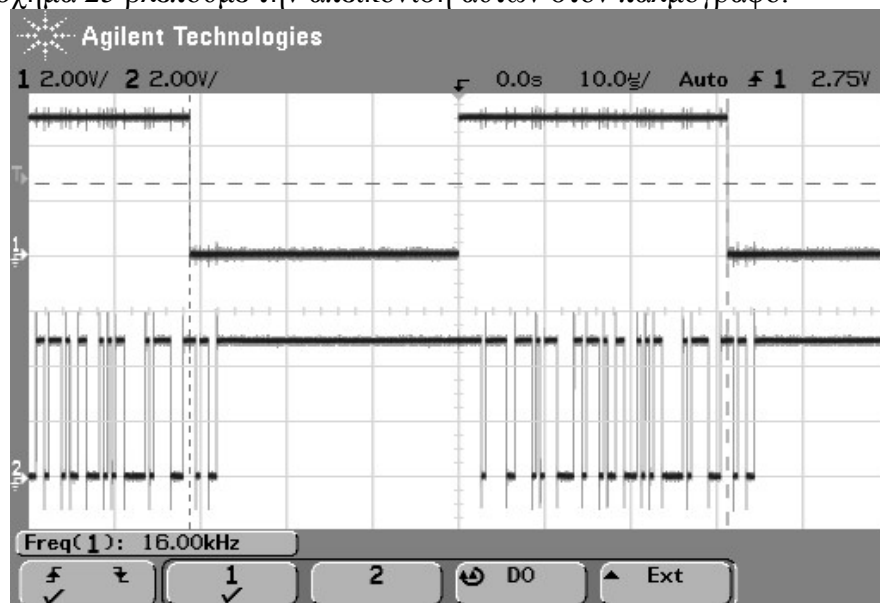


Σχήμα 23. Είσοδος (pin 4) και έξοδος (pin 6) της πύλης U3B για SEL0=Low (ON).



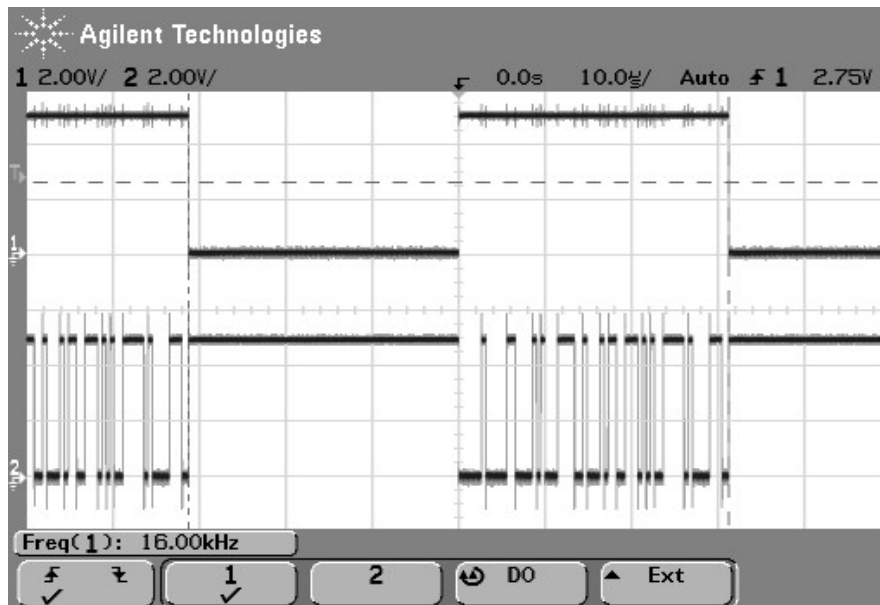
Σχήμα 24. Είσοδος (pin 4) και έξοδος (pin 6) της πύλης U3B για SEL0=High (OFF).

9. Τοποθετούμε το κανάλι 1 στο pin 2 του U3 (74HC00) και το κανάλι 2 στο pin 1 του ίδιου ολοκληρωμένου. Είναι οι είσοδοι της πύλης NAND U3A και στο σχήμα 25 βλέπουμε την απεικόνιση αυτών στον παλμογράφο.



Σχήμα 25. Είσοδοι στην πύλη NAND (U3A)

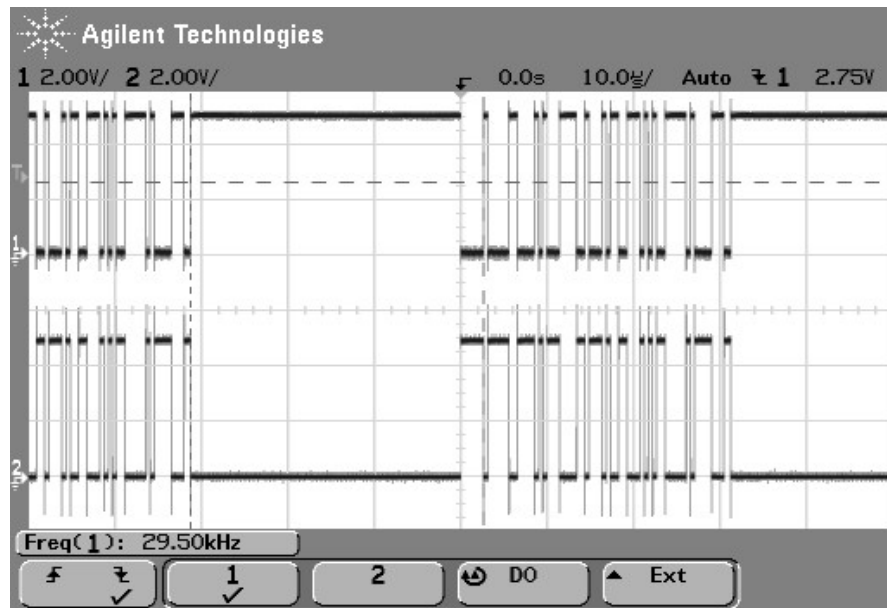
10. Αφήνουμε το κανάλι 1 στο pin 2 του U3 (74HC00) και τοποθετούμε το κανάλι 2 στο pin 3 του ίδιου ολοκληρωμένου. Αυτό είναι η έξοδος της πύλης NAND (U3A) και στο σχήμα 26 βλέπουμε τη μορφή της.



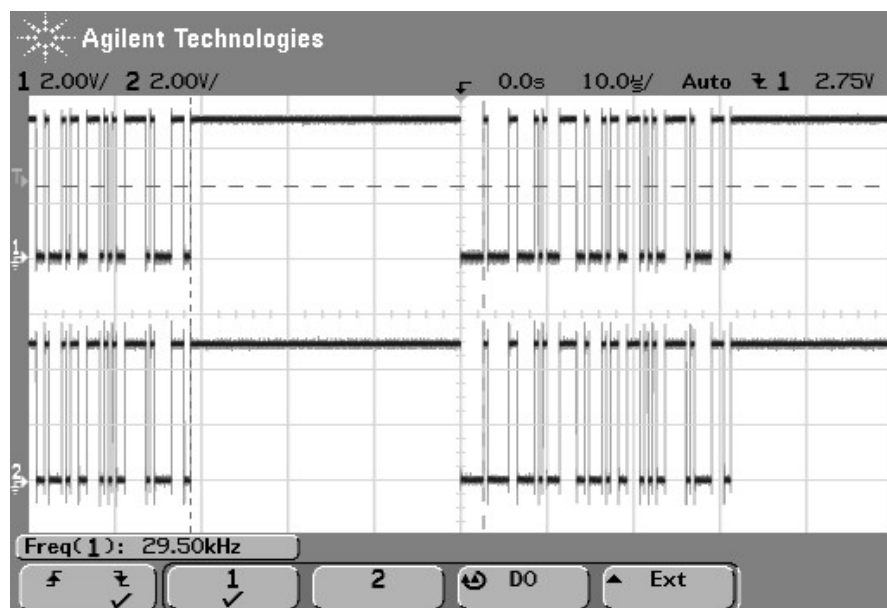
Σχήμα 26. Έξοδος της πύλης NAND (U3A) στο κανάλι 2.

11. Στο επόμενο βήμα θα δούμε την έξοδο της πύλης EXOR (U4C), η οποία λειτουργεί ως επιλεκτικός αναστροφέας. Ανάλογα με τη θέση του διακόπτη SEL1 (DIP_SWITCH, διακόπτης 2), αναστρέφεται το σήμα στην είσοδο στο pin 9 του U4 ή όχι. Τοποθετούμε το κανάλι 1 στην είσοδο της πύλης στο pin 9 του U4 (74HC86) και το κανάλι 2 στο pin 8 του ίδιου ολοκληρωμένου. Για να σκανδαλιστεί ο παλμογράφος θα χρειαστεί λίγη προσοχή παραπάνω, καθώς εδώ δεν έχουμε τυπικές περιοδικές κυματομορφές, αλλά κυματομορφές οι οποίες αν και έχουν μία περιοδικότητα, έχουν εναλλαγές οι οποίες θα μπορούσαν να σκανδαλίσουν τον παλμογράφο ανά πάσα στιγμή δημιουργώντας απεικόνιση όχι σταθερή.

Σε αυτή την περίπτωση θα κάνουμε χρήση της λειτουργίας “Holdoff” του παλμογράφου. Η παλμοσειρά επαναλαμβάνεται κάθε 62,5μsec (ρυθμός επανάληψης 16kHz) και διαρκεί 31,25μsec. Όταν ανιχνευθεί μία ακμή ο παλμογράφος θα σκανδαλιστεί. Για να σκανδαλιστεί ξανά στην πρώτη ακμή θα πρέπει να υπάρχει ένα διάστημα χωρίς σκανδαλισμό τουλάχιστον ίσο με τη διάρκεια της παλμοσειράς. Άρα θέτουμε το “Holdoff” με μια τιμή μεταξύ 31,25μsec και 62,5μsec. Επίσης βλέπουμε ότι το κανάλι 1 έχει αρνητική λογική, δηλαδή είναι σε κατάσταση “high” και η πρώτη ακμή είναι από 1 σε 0. Άρα για να σκανδαλιστεί σωστά ο παλμογράφος θα πρέπει να τον ρυθμίσουμε σε σκανδαλισμό καθοδικής ακμής. Στα σχήματα 27 και 28 βλέπουμε την είσοδο και την έξοδο της πύλης EXOR για SEL1=high (OFF) και SEL1=low (ON) αντίστοιχα. Αφού επιβεβαιώσουμε τη λειτουργία αφήνουμε το SEL1 στη θέση OFF (για αναστροφή).

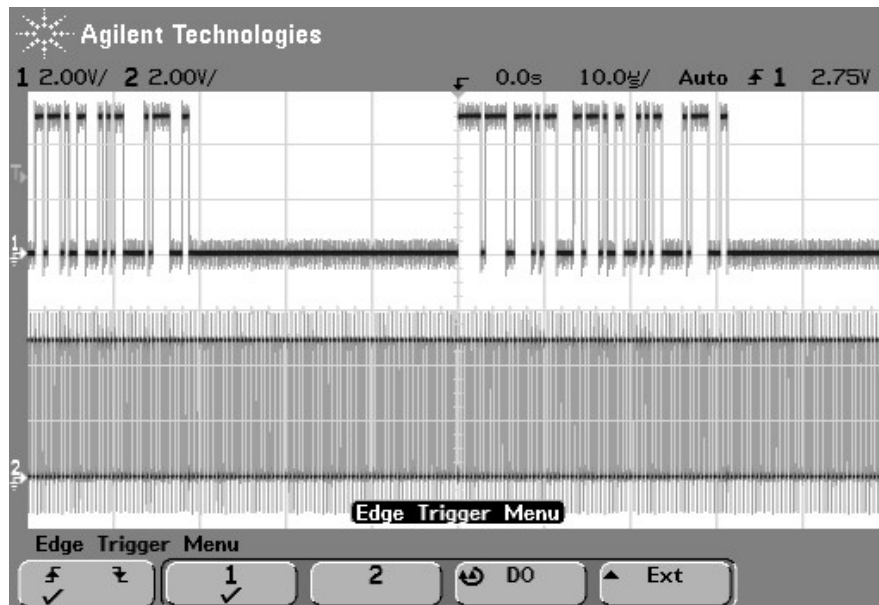


Σχήμα 27. Είσοδος και έξοδος της EXOR (U4C) για SEL1=High (OFF)



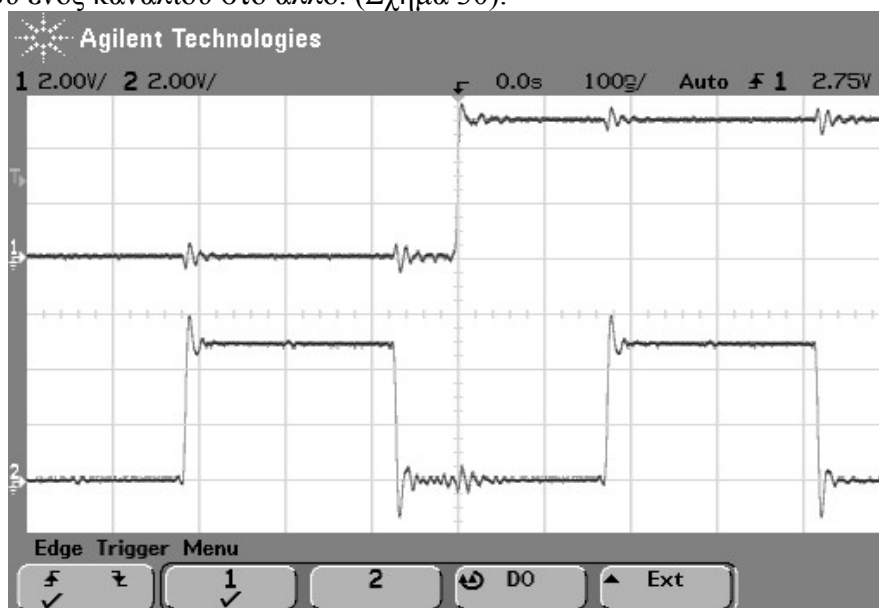
Σχήμα 28. Είσοδος και έξοδος της EXOR (U4C) για SEL1=Low (ON)

12. Η έξοδος της EXOR (U4C) είναι και τα NRZ δεδομένα που θα κωδικοποιηθούν από το CS61577. Τα ονομάζουμε TxDATA και μαζί με το ρολόι των 2.048MHz (TxCLK), οδηγούν με σύγχρονο τρόπο το CS61577. Για να τα μετρήσουμε έχουν προβλεφθεί δύο ακίδες στην πλακέτα, η TxDATA και η TxCLK. Τοποθετούμε το κανάλι 1 στην ακίδα TxDATA και το κανάλι 2 στο TxCLK. Σκανδαλίζουμε στο κανάλι 1 στην άνοδο, θέτοντας το “Holdoff” στη σωστή τιμή και παίρνουμε την απεικόνιση του σχήματος 29.



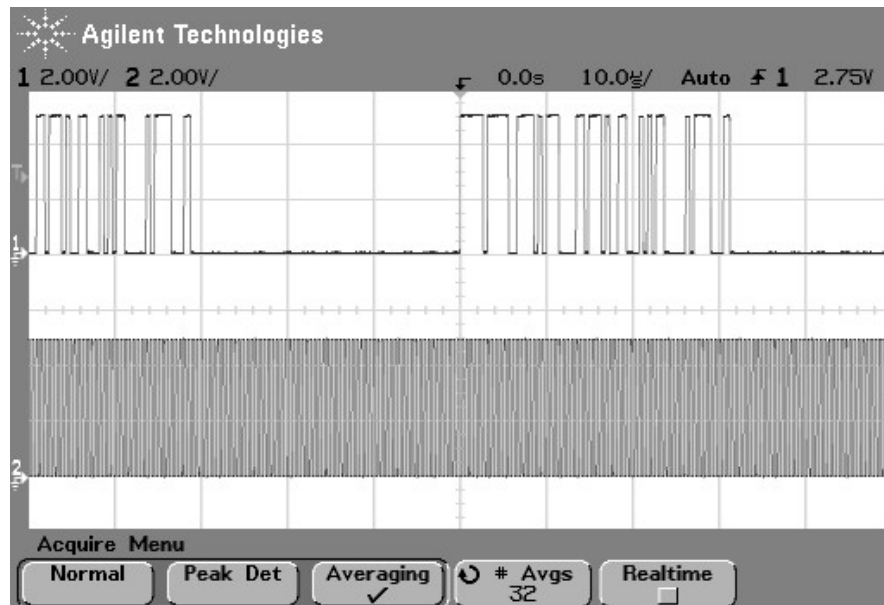
Σχήμα 29. Τα σήματα TxDATA και TxCLK

13. Παρατηρούμε ότι η μέτρηση του παραπάνω βήματος έχει πολύ θόρυβο. Αν μειώσουμε την βάση χρόνου (για παράδειγμα στα 100ns/div) θα δούμε ότι αυτός ο θόρυβος είναι τύπου “Ringing” και προκαλείται από τις μεταβολές του ενός καναλιού στο άλλο. (Σχήμα 30).



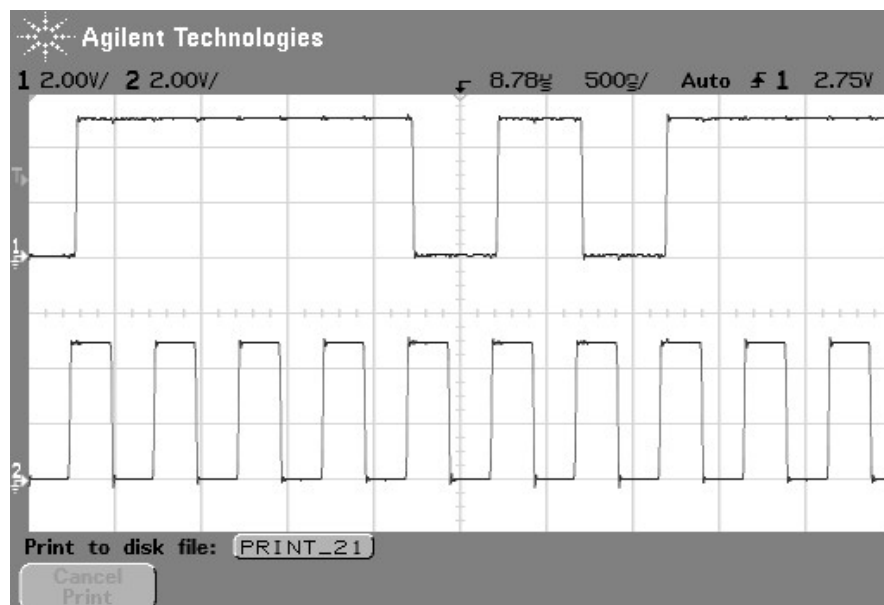
Σχήμα 30. Θόρυβος τύπου “Ringing”

14. Για να διώξουμε το θόρυβο από τη μέτρηση, μπορούμε να ενεργοποιήσουμε στον παλμογράφο τη λειτουργία “Average” (Acquire-> Average, 32# of Avgs), με την οποία παίρνει για κάθε δείγμα (sample) τη μέση τιμή και την απεικονίζει. Με αυτό τον τρόπο ο θόρυβος μειώνεται (σχήμα 31)



Σχήμα 31. Τα σήματα TxDATA και TxCLK μετά από αφαίρεση του θορύβου.

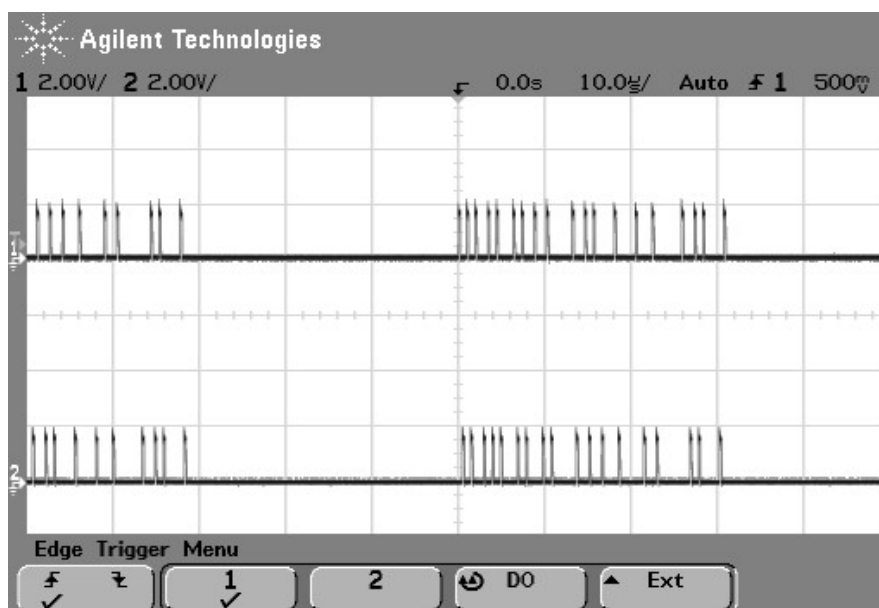
15. Την παραπάνω μέτρηση μπορούμε να την μεγεθύνουμε μειώνοντας τη βάση χρόνου (για παράδειγμα στα 500nsec/div). Μετακινώντας με το κατάλληλο κουμπί του παλμογράφου την εικόνα οριζόντια (τμήμα “Horizontal”: < >), μπορούμε να δούμε με ακρίβεια το κάθε bit της ψευδοτυχαίας ακολουθίας NRZ σε σχέση με το ρολόι. (σχήμα 32). Να μετακινηθείτε από την αρχή μέχρι το τέλος της ακολουθίας, προσπαθώντας να την καταγράψετε. Θα πρέπει να είναι σύνολο 64bit. Υπενθυμίζεται ότι τα δεδομένα είναι έγκυρα κατά την πτώση του ρολογιού από 1 σε 0.



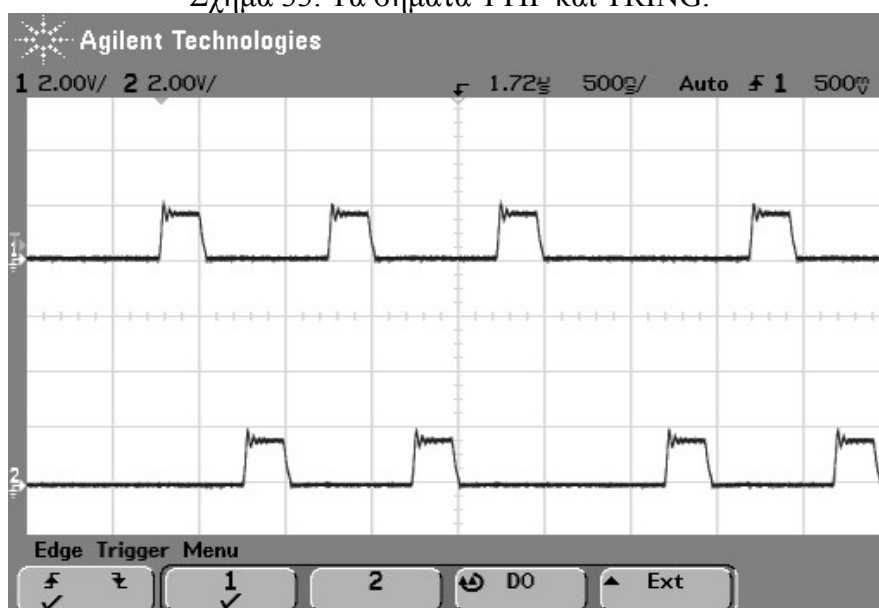
Σχήμα 32. Τα σήματα TxDATA και TxCLK σε μεγέθυνση.

16. Τα δεδομένα NRZ εισέρχονται στο CS61577 και ανάλογα με τη θέση των διακοπών (DIP-SWITCH) TCODE, LEN0, LEN1 και LEN2 καθορίζεται και ο τρόπος κωδικοποίησης. Να ρυθμίσετε τους διακόπτες έτσι ώστε ως τρόπος κωδικοποίησης να επιλεγεί η AMI. Κατόπιν θα τοποθετήσετε το κανάλι 1 του παλμογράφου στο pin 13 (TTIP) του U1 (CS61577) και το κανάλι 2 στο pin

16 (TRING) του ίδιου ο.κ. Στο σχήμα 33 βλέπουμε τη μορφή των δύο αυτών σημάτων. Στο σχήμα 34 βλέπουμε τα ίδια σήματα σε μεγέθυνση.

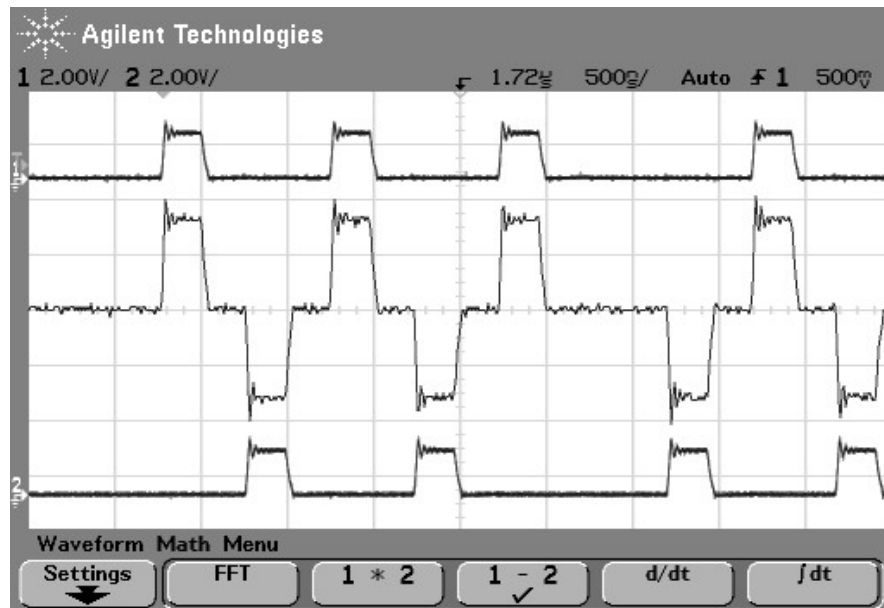


Σχήμα 33. Τα σήματα TTIP και TRING.



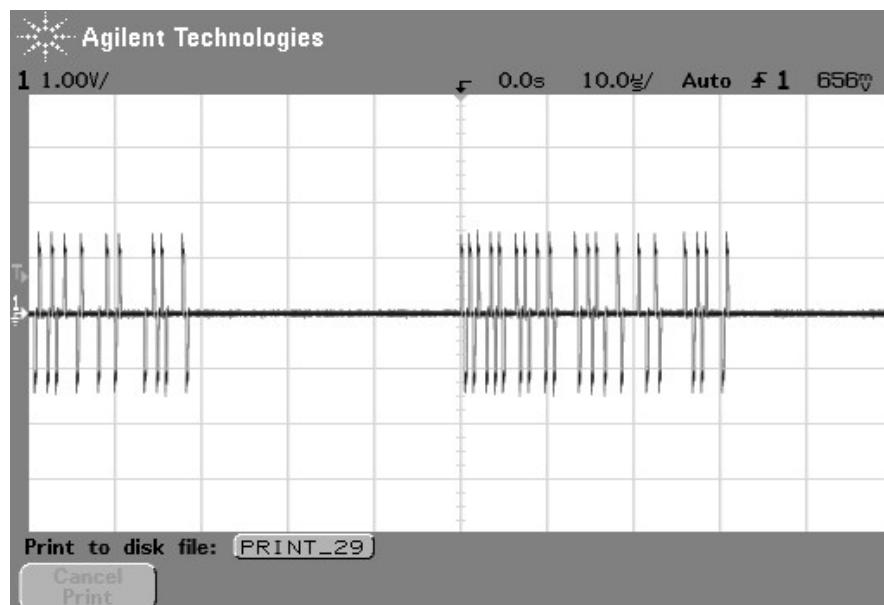
Σχήμα 34. Τα σήματα TTIP και TRING σε μεγέθυνση.

17. Αυτά τα σήματα θα οδηγήσουν το πρωτεύον του μετασχηματιστή εκπομπής. Επειδή τα δύο άκρα του πρωτεύοντος του μετασχηματιστή βρίσκονται σε δυναμικό διάφορο της γης (0V), δε μπορούμε να μετρήσουμε με ένα σηματολήπτη (probe) του παλμογράφου, καθώς το αρνητικό (μαύρο κροκοδειλάκι) του σηματολήπτη είναι πάντα σε δυναμικό 0V. Για να μπορέσουμε να μετρήσουμε θα χρησιμοποιήσουμε τη δυνατότητα του παλμογράφου A-B, με την οποία απεικονίζεται η διαφορά των δύο καναλιών. Στο σχήμα 35 φαίνεται η απεικόνιση του παλμογράφου.

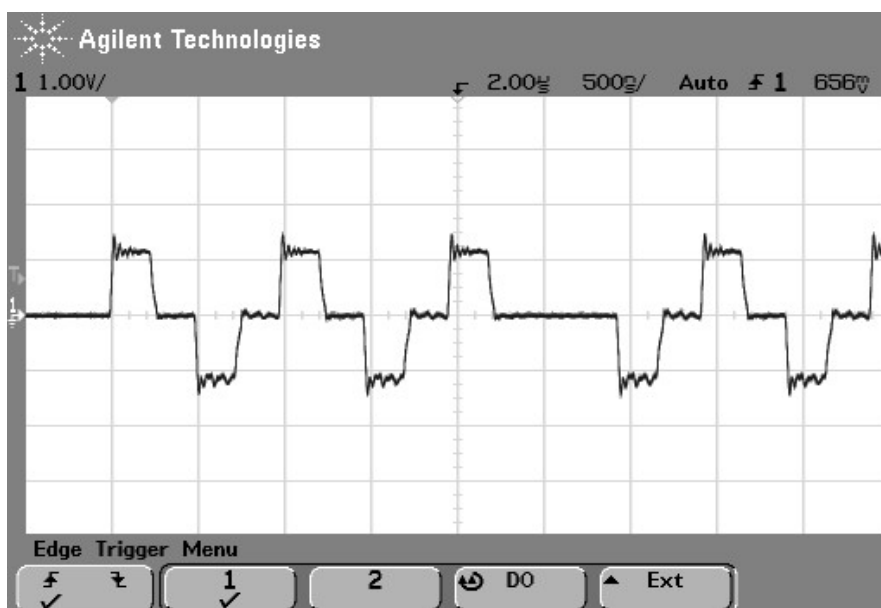


Σχήμα 35. Τα σήματα TTIP και TRING σε μεγέθυνση και η διαφορά τους.

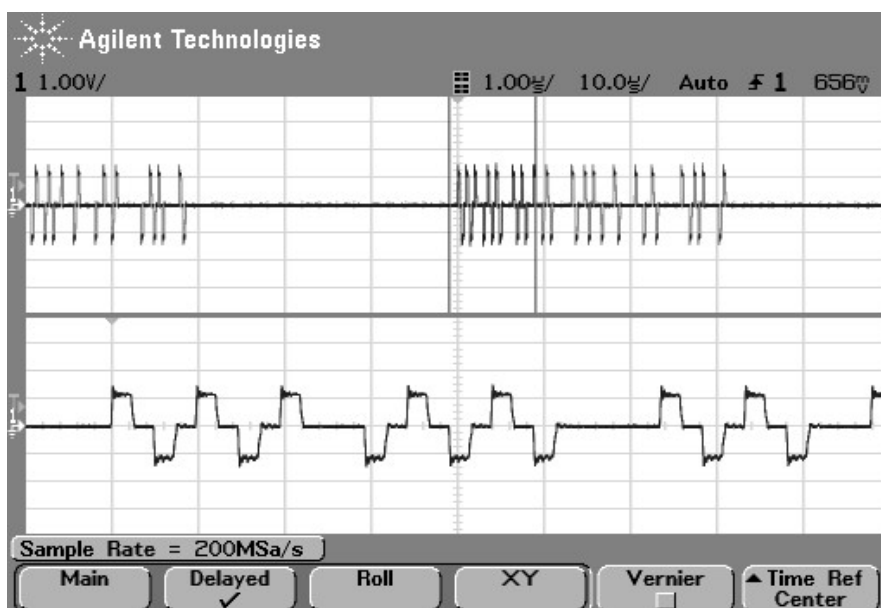
18. Αντίθετα με το πρωτεύον στο οποίο δε μπορούμε να μετρήσουμε απευθείας, στο δευτερεύον του μετασχηματιστή μπορούμε να μετρήσουμε χωρίς πρόβλημα, καθώς και τα δύο άκρα είναι σε απροσδιόριστο (floating) δυναμικό. Τοποθετούμε το κανάλι 1 μεταξύ των σημείων Tx OUT. Στο σχήμα 36 βλέπουμε την απεικόνιση του κωδικοποιημένου κατά AMI σήματος. Στο σχήμα 37 βλέπουμε το ίδιο σήμα σε μεγέθυνση. Ο παλμογράφος μας δίνει επίσης τη δυνατότητα να βλέπουμε ταυτόχρονα το σήμα κανονικά και σε μεγέθυνση. Με το κουμπί “Main/Delayed” και με την επιλογή “Delayed” μπορούμε να δούμε και τα δύο σήματα ταυτόχρονα. Η οθόνη χωρίζεται στα δύο, στο πάνω μέρος βλέπουμε την κανονική κυματομορφή, ενώ στο κάτω στη μεγεθυμένη. Αλλάζοντας τη βάση χρόνου αυξομειώνουμε τη μεγέθυνση. (Σχήμα 38). Για να επαναφέρουμε τον παλμογράφο επιλέγουμε “Main” αντί για “Delayed”.



Σχήμα 36. Κυματομορφή AMI στο δευτερεύον του ΜΣ

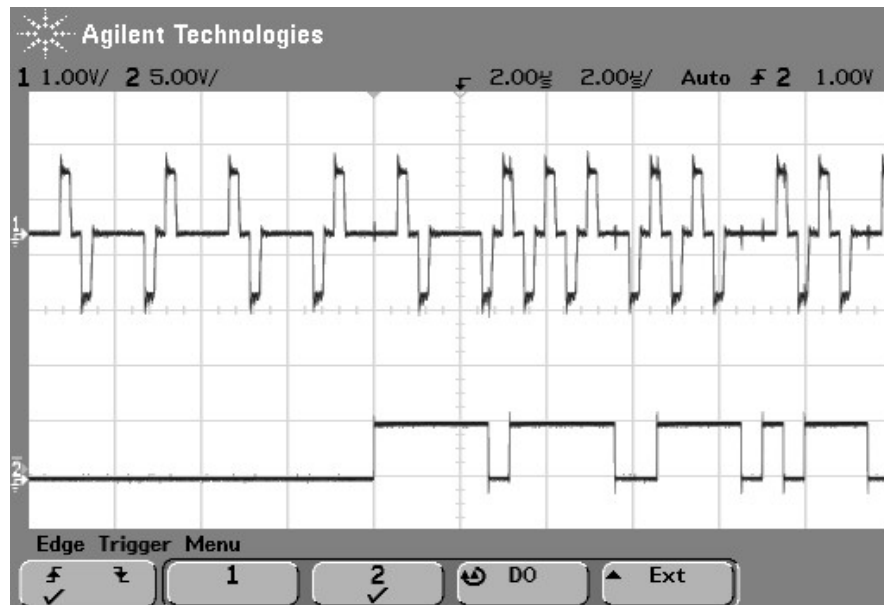


Σχήμα 37. Κυματομορφή AMI στο δευτερεύον του ΜΣ σε μεγέθυνση.



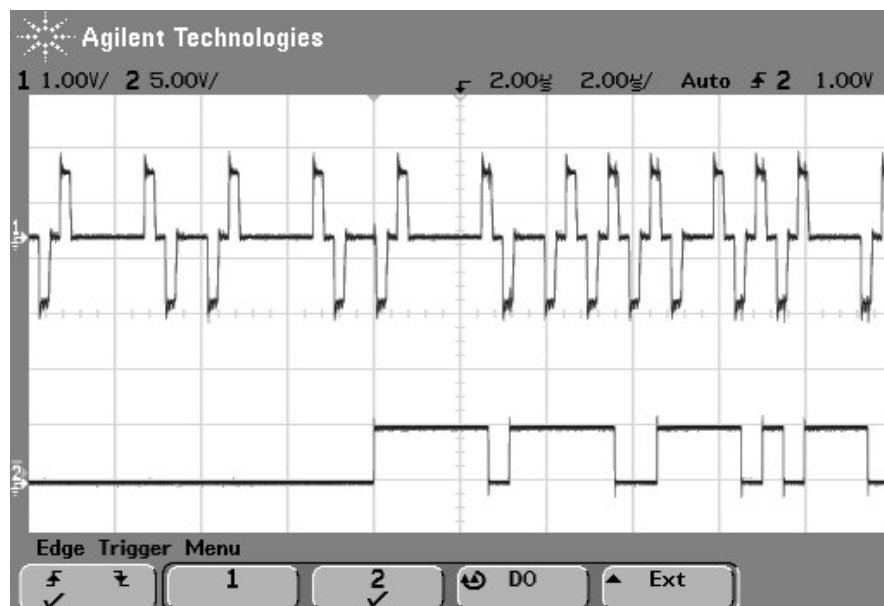
Σχήμα 38. Κυματομορφή AMI στο δευτερεύον του ΜΣ με τη λειτουργία “Delayed”.

19. Αφήνουμε το κανάλι 1 στο “Tx Out” και τοποθετούμε το κανάλι 2 μεταξύ “TxDATA” και γης. Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο έτσι ώστε να σκανδαλίζεται στο κανάλι 2 στην άνοδο. Με αυτό τον τρόπο θα παρατηρήσουμε τα NRZ δεδομένα (κανάλι 2) σε σχέση με την ακολουθία AMI (κανάλι 1) (σχήμα 39). Μετακινούμαστε προς τα δεξιά και προσπαθούμε να κατανοήσουμε την κωδικοποίηση. Παρατηρούμε και την μικρή καθυστέρηση της AMI σε σχέση με τα NRZ (3μsec). Για βοήθεια μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους κέρσορες (cursors) και συγκεκριμένα τη λειτουργία “X1 X2”, αφού θέσουμε την απόσταση μεταξύ των ίση με τη διάρκεια του ενός bit (488nsec) (σχήμα 40).



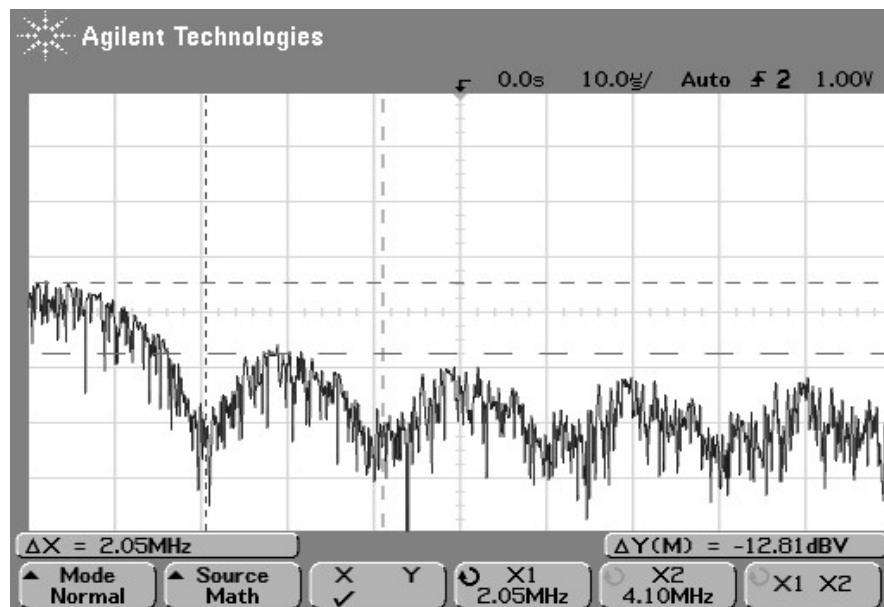
Σχήμα 41. Κυματομορφή HDB3 σε σχέση με δεδομένα NRZ

21. Ρυθμίζουμε το CS61577 έτσι ώστε να κωδικοποιεί με B8ZS (αλλάζοντας τη θέση των διακοπών DIP-SWITCH). Παρατηρούμε την ακολουθία B8ZS σε σχέση με τα NRZ δεδομένα (σχήμα 42). Προσπαθούμε να κατανοήσουμε την κωδικοποίηση, λαμβάνοντας υπόψη και την καθυστέρηση των 3μsec που έχει η κωδικοποιημένη κυματομορφή σε σχέση με τα NRZ.



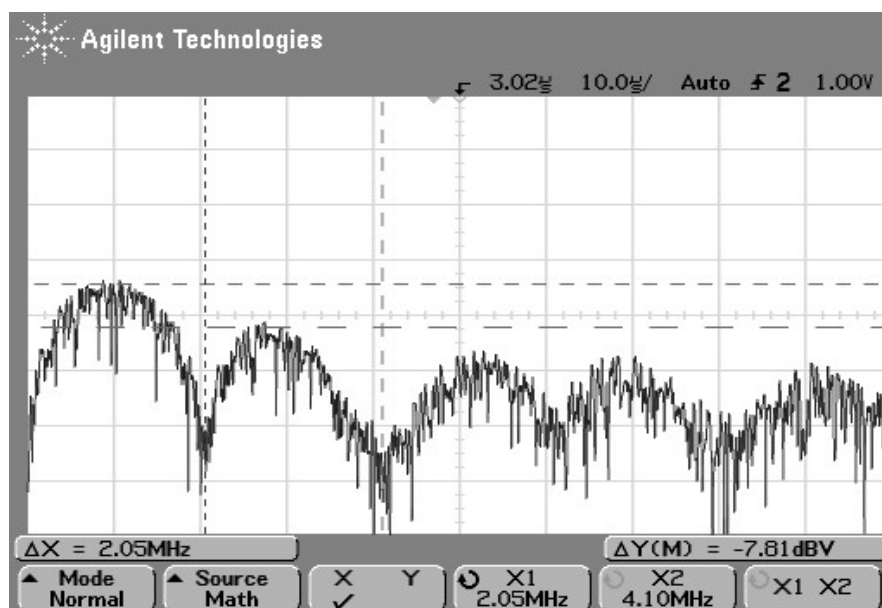
Σχήμα 42. Κυματομορφή B8ZS σε σχέση με δεδομένα NRZ

22. Σε αυτό το βήμα θα δούμε το φάσμα των κυματομορφών NRZ, AMI, HDB3 και B8ZS. Ρυθμίζουμε ξανά την κωδικοποίηση σε AMI. Μετά θέτουμε τον διακόπτη SEL0 στη θέση “ON”, έτσι ώστε να έχουμε συνεχή ροή δεδομένων NRZ και όχι με ρυθμό 16kHz. Θέτουμε τον παλμογράφο σε λειτουργία FFT και μετράμε το κανάλι 2 που είναι συνδεδεμένο με τα NRZ δεδομένα “TxDATA”. Η απεικόνιση του παλμογράφου φαίνεται στο σχήμα 43. Με τους κέρσορες X μετράμε συχνοτικές διαφορές, ενώ με τους κέρσορες Y μετράμε διαφορές πλάτους σε dB.



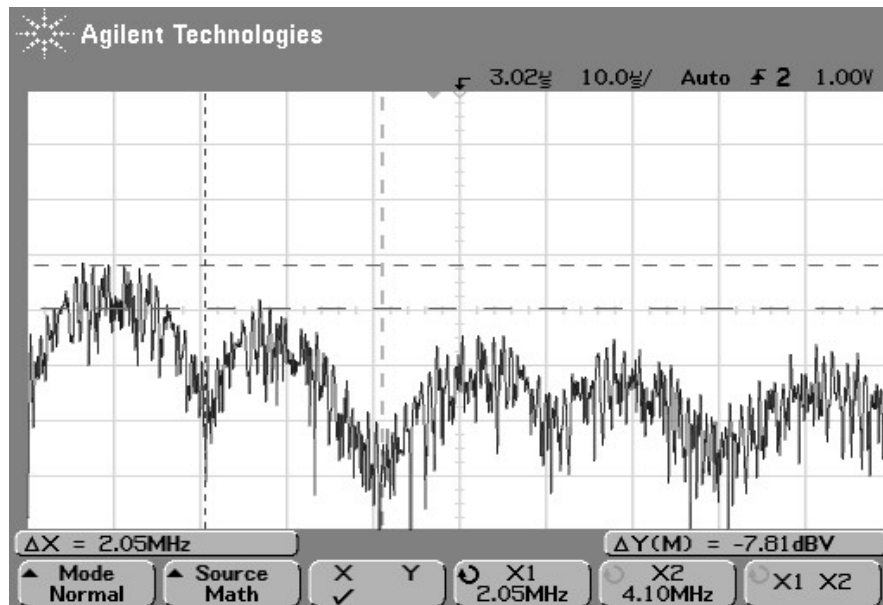
Σχήμα 43. Φάσμα της ακολουθίας NRZ.

Μετά βλέπουμε σε FFT το κανάλι 1 που έχει την κυματομορφή AMI και παίρνουμε το σχήμα 44.



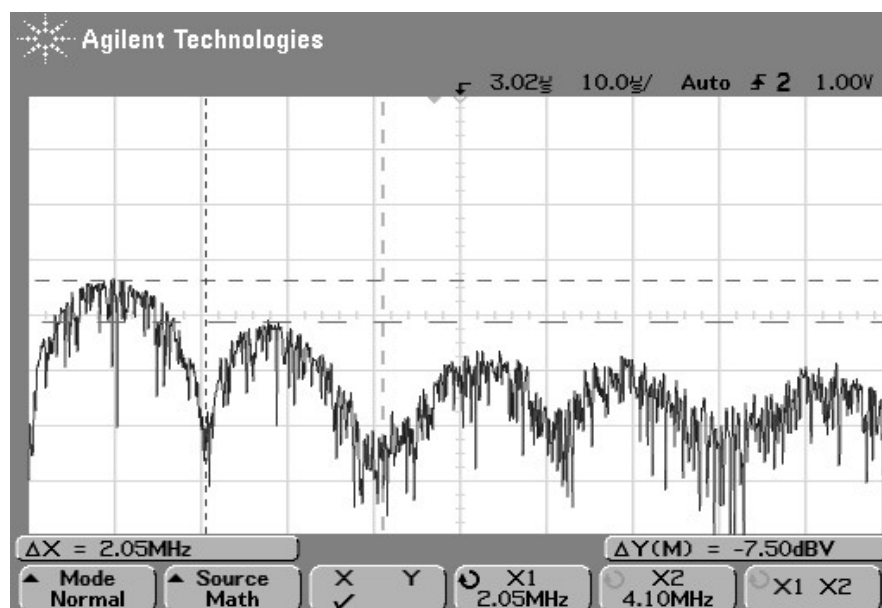
Σχήμα 44. Φάσμα της κυματομορφής AMI.

Ρυθμίζουμε την κωδικοποίηση σε HDB3 και παρατηρούμε στο κανάλι 1 με FFT (σχήμα 45)



Σχήμα 45. Φάσμα της κυματομορφής HDB3.

Ρυθμίζουμε την κωδικοποίηση σε B8ZS και παρατηρούμε στο κανάλι 1 με FFT (σχήμα 46)

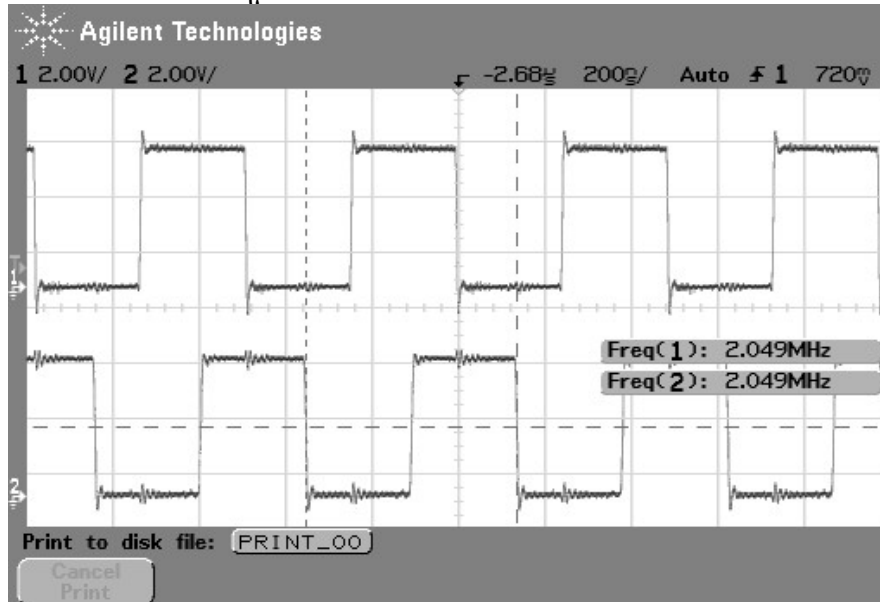


Σχήμα 46. Φάσμα της κυματομορφής B8ZS.

23. Στα επόμενα βήματα θα εξετάσουμε την αποκωδικοποίηση των εκπεμπόμενων κυματομορφών. Συνδέουμε την έξοδο “Tx OUT” της 1^{ης} πλακέτας (πάνω στην οποία εργαζόμασταν έως τώρα) με την είσοδο “Rx IN” της δεύτερης. Στο εξής, η 1^η πλακέτα θα ονομάζεται «πομπός» και η δεύτερη πλακέτα «δέκτης».

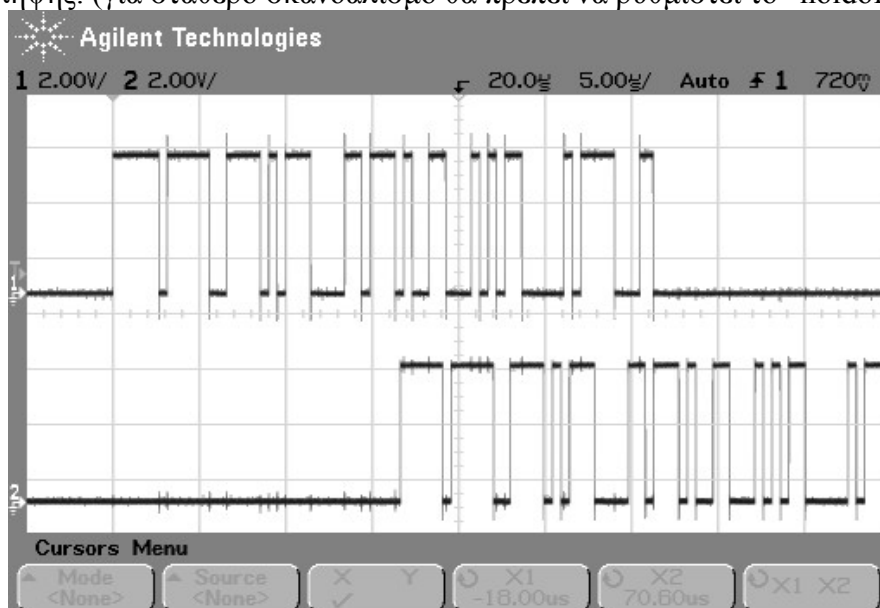
Να ρυθμίσετε τους διακόπτες έτσι ώστε ως τρόπος κωδικοποίησης να επιλεγεί η πάλι η AMI. Επίσης να θέσετε τους διακόπτες SEL0 σε “OFF” και SEL1 σε “OFF”. Εννοείται ότι, ό,τι ρύθμιση γίνεται στον πομπό, η ίδια θα πρέπει να γίνεται και στη δεύτερη. Υπενθυμίζεται ότι η 2^η πλακέτα (δέκτης) έχει το γεφύρωμα στις θέσεις 1-2 (για 32kHz ρυθμό επανάληψης ακολουθίας) και η πρώτη (πομπός) στις θέσεις 3-4 (για 16kHz).

24. Καταρχάς θα ελέγξουμε την ανάκτηση του ρολογιού στον δέκτη. Συνδέουμε το πρώτο κανάλι του παλμογράφου στο σημείο “TxCLK”, που είναι το ρολόι που παράγεται στον πομπό και χρονίζει τα NRZ δεδομένα. Μετά συνδέουμε το δεύτερο κανάλι στο σημείο “RxCLK” του δέκτη, το οποίο μας δίνει το ανακτημένο ρολόι (από το CS61577). Στο σχήμα 47 παρατηρούμε το αρχικό ρολόι και το ανακτημένο.



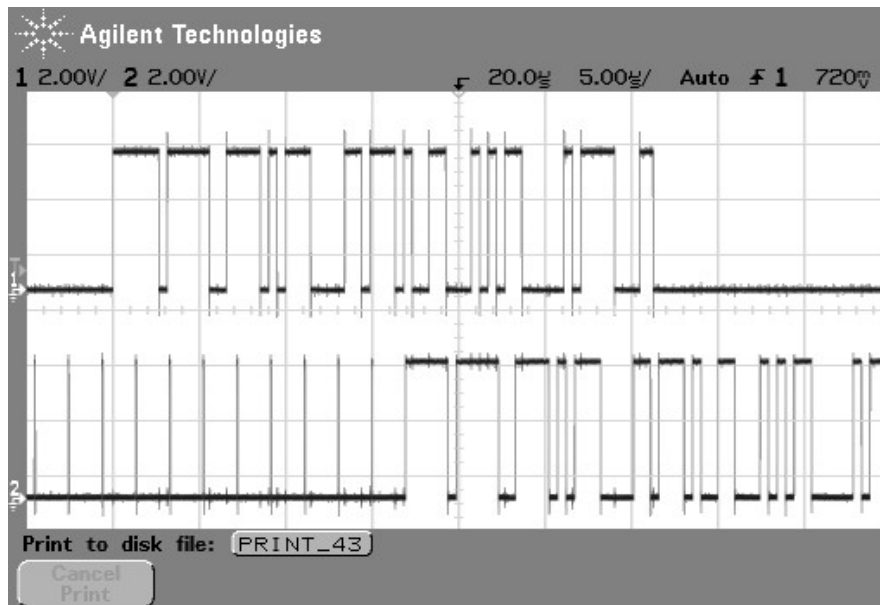
Σχήμα 47. Ρολόι σήματος εκπομπής και ανακτημένο ρολόι.

25. Σε αυτό το βήμα θα παρατηρήσουμε τα αρχικά δεδομένα NRZ του πομπού και τα ανακτημένα από τον δέκτη, έχοντας χρησιμοποιήσει την κωδικοποίηση AMI. Συνδέουμε το κανάλι 1 στο σημείο “TxDATA” του πομπού και το κανάλι 2 στο σημείο “RxDATA” του δέκτη. Το σχήμα 48 μας δίνει την απεικόνιση. Παρατηρήστε την καθυστέρηση μεταξύ σήματος εκπομπής και λήψης. (για σταθερό σκανδαλισμό θα πρέπει να ρυθμιστεί το “holdoff”).



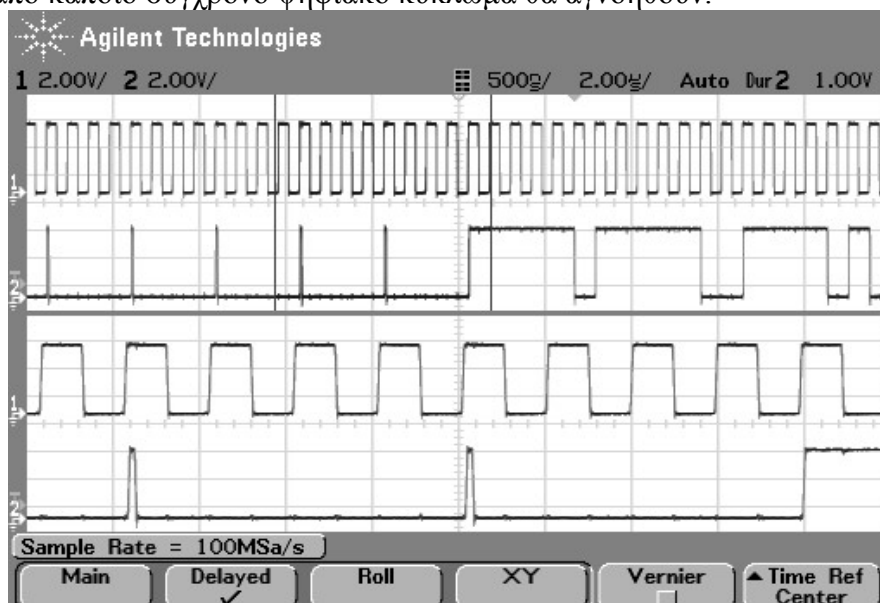
Σχήμα 48. Δεδομένα NRZ εκπομπής και λήψης για κωδικοποίηση AMI.

26. Κατόπιν θέτουμε ως κωδικοποίηση και κωδικοποίηση την HDB3, ρυθμίζοντας κατάλληλα του διακόπτες DIP-SWITCH. Στο σχήμα 49 φαίνεται η απεικόνιση του παλμογράφου.



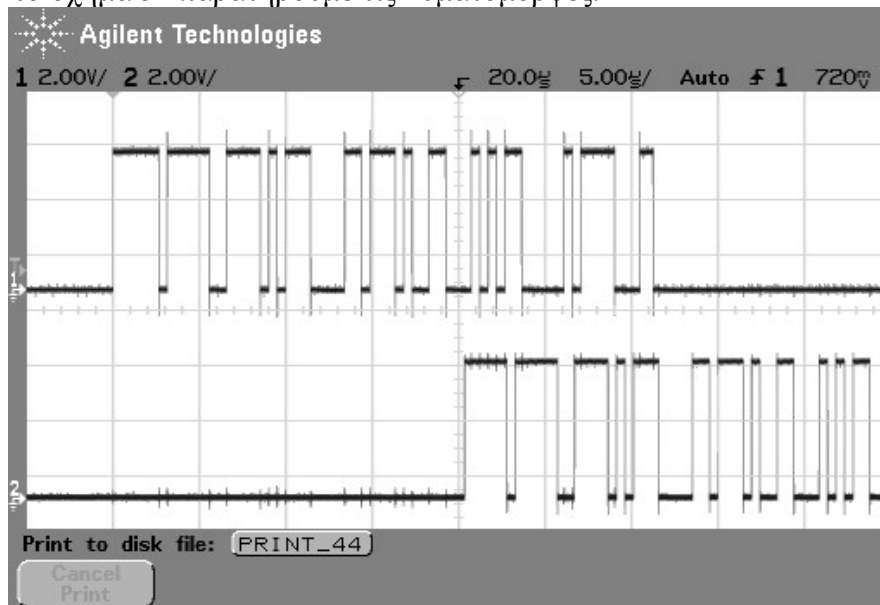
Σχήμα 49. Δεδομένα NRZ εκπομπής και λήψης για κωδικοποίηση HDB3.

Παρατηρούμε στα δεδομένα λήψης κάποιους παλμούς, οι οποίοι δεν υπάρχουν στα δεδομένα εκπομπής. Για να ελέγξουμε αν επηρεάζουν τα ληφθέντα δεδομένα θα πρέπει να τα εξετάσουμε σε σχέση με το ανακτημένο ρολόι. Τοποθετούμε το κανάλι 1 στο σημείο “RxCLK” του δέκτη και το κανάλι 2 στο σημείο “RxDATA”, όπως ήταν. Χρησιμοποιούμε ένα τρίτο σηματολήπτη στο “EXT TRIG” του παλμογράφου, τον οποίο και τοποθετούμε στο σημείο “TxDATA” του πομπού. Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο έτσι ώστε να σκανδαλίζεται από εξωτερική πηγή “EXT TRIG” και παρατηρούμε την ένδειξη του παλμογράφου. Την παραπάνω διαδικασία την κάνουμε έτσι ώστε να έχουμε ένα σταθερό σημείο αναφοράς (για το σκανδαλισμό) που είναι η αρχή των παλμών στην ακολουθία NRZ. Χρησιμοποιώντας και τη λειτουργία “DELAYED” του παλμογράφου παίρνουμε το σχήμα 50. Βλέπουμε ότι το καθοδικό μέτωπο των παλμών ρολογιού (που χρονίζει και τα έγκυρα δεδομένα), δεν ταυτίζεται με τους παλμούς που εμφανίστηκαν στον δέκτη. Άρα αυτοί δεν ενοχλούν και κατά την αποθήκευσή τους σε επόμενο στάδιο από κάποιο σύγχρονο ψηφιακό κύκλωμα θα αγνοηθούν.



Σχήμα 50. Δεδομένα λήψης NRZ μαζί με το ανακτημένο ρολόι για HDB3.

27. Επαναφέρουμε το κανάλι 1 στο σημείο “TxDATA” του πομπού και το κανάλι 2 στο σημείο “RxDATA” του δέκτη και θέτουμε ως κωδικοποίηση την B8ZS. Στο σχήμα 51 παρατηρούμε τις κυματομορφές.



Σχήμα 51. Δεδομένα NRZ εκπομπής και λήψης για κωδικοποίηση B8ZS.

28. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 23-27 θεωρώντας ως πομπό τη 2^η πλακέτα και ως δέκτη την 1^η.