

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 5

ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ - PCM (ΜΕΡΟΣ Β)

41. ΣΚΟΠΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της εργαστηριακής αυτής άσκησης είναι η μελέτη της παλμοκωδικής διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα.

42. ΘΕΩΡΙΑ

Στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα χρησιμοποιείται ένα άλλο είδος διαμόρφωσης, η παλμοκωδική διαμόρφωση, η οποία ολοκληρώνεται σε τρία στάδια:

1. δειγματοληψία (sampling),
2. κβάντιση (quantizing) και
3. κωδικοποίηση (coding).

α) Δειγματοληψία

Με την δειγματοληψία ενός αναλογικού σήματος λαμβάνονται δείγματά του με συγκεκριμένο υψηλό και σταθερό ρυθμό. Τα δείγματα αυτά είναι τέτοια έτσι ώστε να αναπαραγάγουν το αρχικό αναλογικό σήμα υπό κάποιες προϋποθέσεις. Στην πραγματικότητα ο δειγματολήπτης μετατρέπει το αναλογικό σήμα συνεχούς χρόνου σε σήμα διακριτού χρόνου.

β) Κβάντιση

Είναι η διαδικασία μετατροπής των δειγμάτων (τιμών) της εξόδου του δειγματολήπτη σε ακολουθία διακριτών τιμών, οι οποίες ανήκουν σε ένα πεπερασμένο σύνολο επιπέδων πλάτους.

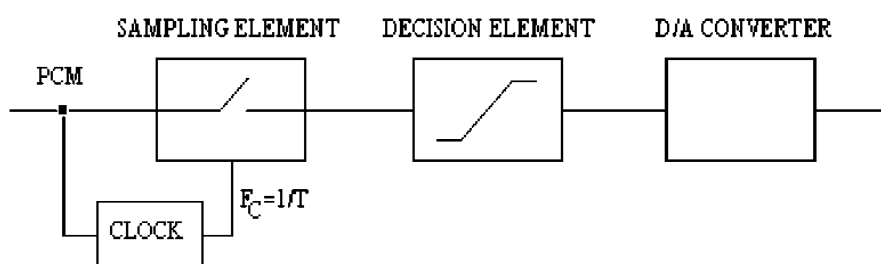
Στο στάδιο αυτό αντιστοιχίζεται στους PAM παλμούς, των οποίων το πλάτος έχει τιμή εντός διαστήματος Δv , μια ορισμένη τιμή της τάσης. Έτσι, ένας πεπερασμένος αριθμός από στάθμες αντικαθιστά τον άπειρο αριθμό πλατών των

παλμών δειγματοληψίας. Οι διακριτές αυτές τιμές της τάσης ονομάζονται στάθμες κβαντοποίησης - κβάντισης. Στην ουσία, ο κβαντιστής έχοντας σαν είσοδο το διακριτό σήμα της εξόδου του δειγματολήπτη προσεγγίζει τις διακριτές τιμές με συγκεκριμένα επίπεδα πλάτους.

Η κβάντιση του σήματος οδηγεί σε απώλεια της πληροφορίας. Το κρίσιμο σημείο στην επιλογή και στην σχεδίαση του κβαντιστή είναι η πληροφορία που θα χαθεί να είναι όσο το δυνατό λιγότερο χρήσιμη στο δέκτη.

γ) Κωδικοποίηση

Η μετατροπή της τιμής του παλμού, που προήλθε από την κβαντοποίηση, σε μια σειρά από δυαδικά ψηφία ονομάζεται κωδικοποίηση. Δηλαδή ο κωδικοποιητής



Σχήμα 4.1: PCM αποκωδικοποιητής.

μετατρέπει την ακολουθία των πλατών της εξόδου του κβαντιστή σε δυαδικές κωδικολέξεις.

Στη συνέχεια στον δέκτη πραγματοποιούνται οι αντίστροφες λειτουργίες έτσι ώστε το αρχικό αναλογικό σήμα να ανακτάται αξιόπιστα. Ο αποκωδικοποιητής μετατρέπει τις λαμβανόμενες κωδικολέξεις σε επίπεδα πλάτους, τα οποία μετά από επεξεργασία ενός χαμηλοπερατού φίλτρου δίνουν στην έξοδο το ανακτημένο πιστό αντίγραφο του αρχικού αναλογικού σήματος πληροφορίας. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ο κβαντιστής δεν λειτουργεί αντίστροφα, λόγω του ότι ο σκοπός του είναι η μετατροπή των τιμών που ανήκουν σε ένα χρονικό διάστημα του αναλογικού σήματος σε ένα συγκεκριμένο διακριτό επίπεδο πλάτους. Το διάγραμμα λειτουργίας ενός PCM αποκωδικοποιητή (decoder) είναι το εξής :

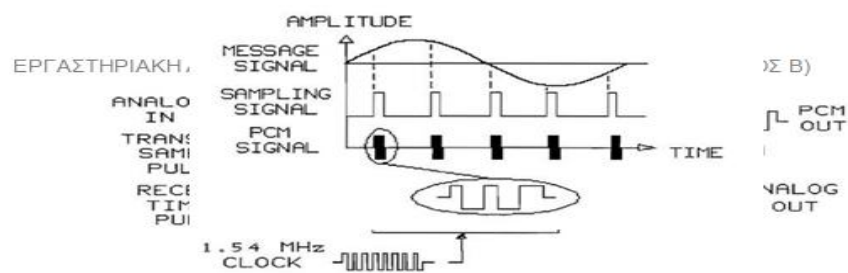
Η δειγματοληψία του PCM σήματος στη συχνότητα F_c (digit frequency), πραγματοποιείται με τη βοήθεια της βαθμίδας «sampling element». Η λογική στάθμη

«1» ή (0) καθορίζεται στη βαθμίδα «decisionelement». Τέλος ο «D/Aconverter» μετατρέπει το ψηφιακό σήμα σε αναλογικό.

Η PCM διαμόρφωση εξαρτάται από την παρουσία ή την απουσία του παλμού στην δεδομένη στιγμή και όχι από τα χαρακτηριστικά παλμού που υπόκεινται σε παραμόρφωση. Επομένως, ο θόρυβος στην PCM διαμόρφωση έχει μικρότερη επίδραση στο σήμα, διότι εκείνο που εξετάζεται είναι η ύπαρξη παλμού ή η απουσία του και όχι το πλάτος ή η διάρκειά του.

Η βαθμίδα του κυκλώματος χρονισμού διασφαλίζει το συγχρονισμό των επιμέρους κυκλωμάτων του συστήματος και συνεισφέρει στην δειγματοληψία των αναλογικών σημάτων.

Η Παλμοκωδική Διαμόρφωση (PCM) περιλαμβάνει τη δειγματοληψία της τάσης ενός αναλογικού σήματος και τη μετατροπή του καθενός δείγματος σε ψηφιακό κώδικα 8bit. Τα PCM σήματα είναι μια σειρά από 8bit κώδικες που αναπαριστούν το αρχικό αναλογικό σήμα.



Σχήμα 4.2.: Παλμοκωδική διαμόρφωση.

OCODEC (encoder/decoder) είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) που περιλαμβάνει τα εξής:

- τον κωδικοποιητή και
- τον αποκωδικοποιητή.

Ο κωδικοποιητής μετατρέπει το σήμα από αναλογικό (AX) σε ψηφιακό διαμορφώνοντας το PCM σήμα για αποστολή (DX), ενώ ο αποκωδικοποιητής αποκωδικοποιεί το PCM ψηφιακό σήμα (DR) και το μετατρέπει σε αναλογικό (AR).

Ο συγχρονισμός των διαδικασιών αυτών επιτυγχάνεται με τους δύο ακόλουθους παλμούς:

- Transmit Sample Pulse και
- Receive Timing Pulse.

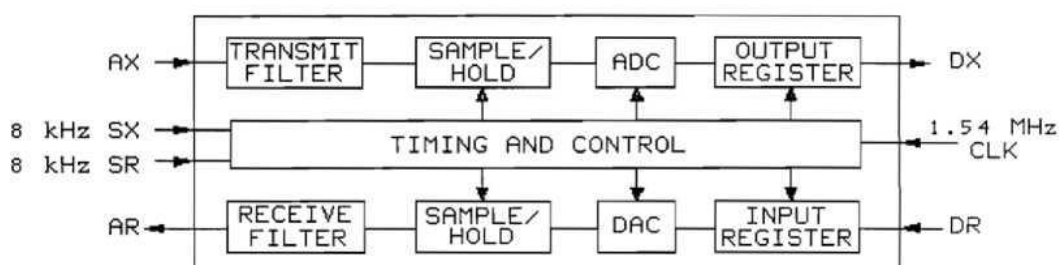
Ο παλμός (SX) που χρησιμοποιείται για την διαμόρφωση και την αποστολή

του PCM σήματος έχει συχνότητα 8kHz και δημιουργείται ένα κύκλο ρολογιού (CLK) πριν την αποστολή του PCM σήματος. Επιπλέον ενεργοποιεί την δειγματοληψία του σήματος (AX) και την κωδικοποίησή του σε PCM.

Ο παλμός (SR) έχει συχνότητα 8kHz και δημιουργείται ένα κύκλο ρολογιού πριν τη λήψη του PCM σήματος (DR). Επιπλέον ενεργοποιεί την διαδικασία αποκωδικοποίησης των 8bit PCM κωδικών.

Το ρολόι (CLK) έχει συχνότητα 1,54MHz και ορίζει τα ψηφία (bit rate) σε κάθε ένα PCM σήμα.

Τα κυκλώματα που περιλαμβάνονται σε έναν CODEC παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα σε μορφή μπλοκ διαγραμμάτων :



Σχήμα 4.3.: Μπλοκ διάγραμμα του CODEC.

Ο κωδικοποιητής αποτελείται από τις ακόλουθες βαθμίδες:

- ζωνοδιαβατό φίλτρο (Transmit Filter) που επιτρέπει τη διέλευση συχνοτήτων μεταξύ 0,2 kHz και 3,5kHz,
- κύκλωμα δειγματοληψίας και προσωρινής αποθήκευσης ψηφίων (Sample/Hold),
- μετατροπέα σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό (ADC),
- καταχωρητή (Output Register) και
- μετατροπέα από παράλληλο σε σειριακό, ο οποίος αποστέλλει ένα - ένα τα ψηφία σειριακά και συγχρονισμένα με το ρολόι (CLK).

Ομοίως με τον κωδικοποιητή, ο αποκωδικοποιητής αποτελείται από αντίστοιχες βαθμίδες.

Ο αριθμός των bits, που χρησιμοποιούνται για την PCM κωδικοποίηση, καθορίζει τα επίπεδα τάσης στα οποία αντιστοιχίζονται οι PCM κωδικοί. Για παράδειγμα, για 4 bit ορίζονται $2^4 = 16$ επίπεδα τάσης. Στο κύκλωμα της εργαστηριακής αυτής άσκησης χρησιμοποιούνται 8 bits, οπότε ορίζονται $2^8 = 256$

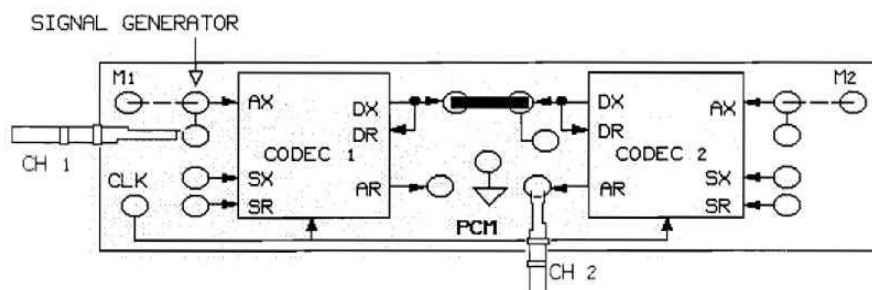
επίπεδα τάσης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η διαδικασία απόδοσης τιμής σε κάθε ένα δείγμα τάσης από το αναλογικό σήμα εισόδου, ονομάζεται κβαντοποίηση. Από τα 16 bits, το πιο σημαντικό ψηφίο (Most Significant Bit–MSB) καθορίζει το πρόσημο της τάσης. Αν το MSB είναι 1 τότε η τάση έχει θετικό πρόσημο, διαφορετικά έχει αρνητικό πρόσημο.

43. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στην εργαστηριακή αυτή άσκηση, ο CODEC 1 δημιουργεί τα PCM σήματα και ο CODEC 2 επαναφέρει το αρχικό σήμα. Στη συνέχεια αναφέρεται αναλυτικά η πειραματική διαδικασία της εργαστηριακής αυτής άσκησης.

1. Συνδέστε τους CODEC1 και CODEC2 με έναν Connector



Σχήμα 4: Πειραματική διαδικασία

2. Τοποθετήστε ένα Connector ανάμεσα στο M1 και AX του CODEC1. Το M1 παρέχει ένα ημιτονοειδές σήμα $5 V_{p-p} / 1 \text{ kHz}$.
3. Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στο AX του CODEC 1.
4. Συνδέστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στο SX του CODEC 1.
5. Επιλέξτε V/DIV στα 2 Volts, T/DIV στα 0,2 ms και Trigger στο κανάλι 1.
6. Ποια είναι η λειτουργικότητα του σήματος SX ;
7. Συνδέστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στο DR του CODEC 2. Τι σήμα παρατηρείτε στον παλμογράφο ;
8. Μεταβάλλοντας το T/DIV, παρατηρήστε 3-4 PCM κώδικες. Γιατί οι κώδικες είναι διαφορετικοί;

9. Συνδέστε στο κανάλι 1 του παλμογράφου το SX του CODEC 1 και επιλέξτε Trigger στο κανάλι 2. Με αναφορά στους παλμούς SX (κανάλι 1 του παλμογράφου), πότε δημιουργούνται οι 8bit PCM κωδικοί (κανάλι 2 του παλμογράφου);
10. Συνδέστε στο κανάλι 2 του παλμογράφου το SR του CODEC 2. Συγκρίνετε τα σήματα στα δύο κανάλια του παλμογράφου. Πότε δημιουργούνται τα σήματα SX και SR ;
11. Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στο DR του CODEC 2. Οι PCM κωδικοί παράγονται ένα κύκλο ρολογιού μετά από το SR σήμα ή όχι ;
12. Συνδέστε τα κανάλια 1 και 2 του παλμογράφου στα σημεία AR και DR αντίστοιχα του CODEC 2.
13. Ποια παράμετρο του μεταδιδόμενου σήματος, αναπαριστάει κάθε ένας PCM κωδικός;
14. Συνδέστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στο AX του CODEC 1. Ποια η σχέση ανάμεσα στη συχνότητα του αποκωδικοποιημένου σήματος και του μεταδιδόμενου σήματος;
15. Να απαντήσετε στις ακόλουθες ερωτήσεις:
 - Να διατυπωθεί το θεώρημα δειγματοληψίας.
 - Τι ονομάζεται δειγματοληψία ενός αναλογικού σήματος;
 - Να δοθεί ο ορισμός της παλμοκωδικής διαμόρφωσης.

Για ποιους λόγους η παλμοκωδική διαμόρφωση χρησιμοποιείται στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά συστήματα;

- Σε ποια στάδια πραγματοποιείται η παλμοκωδική διαμόρφωση;
- Να αναλυθούν τα στάδια στα οποία υλοποιείται η παλμοκωδική διαμόρφωση.