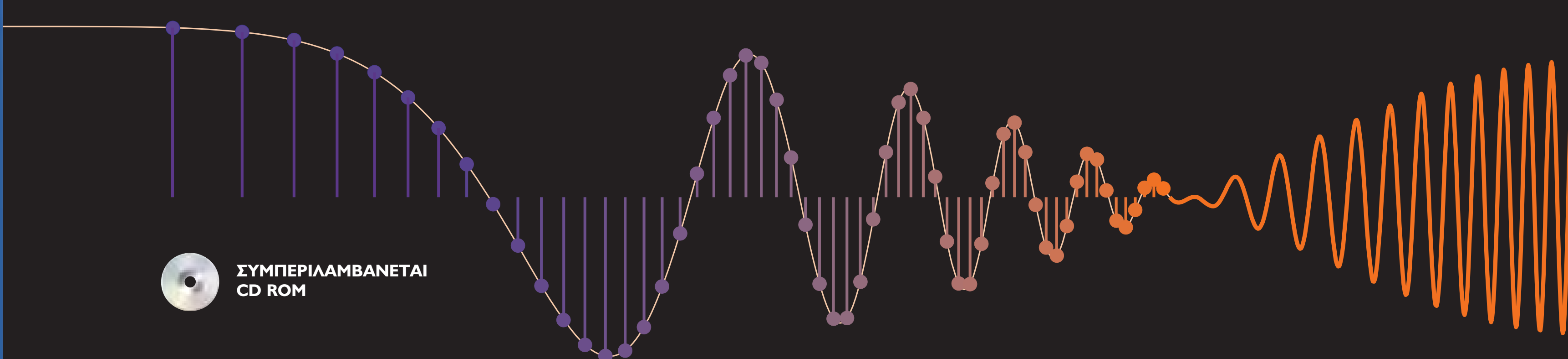
Θεμελιώδεις Έννοιες της Επεξεργασίας Σημάτων

James H. McClellan
Ronald W.Schafer
Mark A. Yoder

Μετάφραση – Επιστημονική επιμέλεια
Εμμανουήλ Ζ. Ψαράκης

GOTSIS
ΕΚΔΟΣΕΙΣ



ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ
CD ROM

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

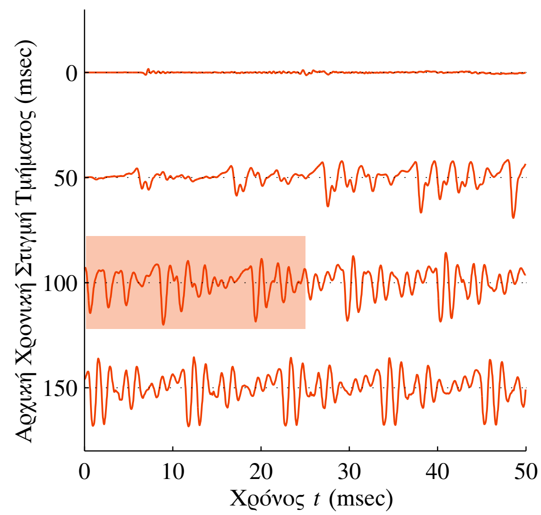
Εισαγωγή

Στην εποχή των πολυμεσικών υπολογιστών, των ηχητικών και τηλεοπτικών συστημάτων ψυχαγωγίας και των ψηφιακών συστημάτων επικοινωνιών, είναι σχεδόν σίγουρο ότι έχετε διαμορφώσει κάποια άποψη για την έννοια των όρων *σήμα* και *σύστημα* και είναι πολύ πιθανό να χρησιμοποιείτε αυτούς τους όρους συχνά στην καθημερινή σας ζωή.

Είναι πολύ πιθανό η χρήση και η κατανόηση των παραπάνω όρων να είναι σωστή με την ευρεία έννοια. Για παράδειγμα, ίσως να σκέφτεστε ένα σήμα σαν "κάτι" που μεταφέρει πληροφορίες. Συνήθως, αυτό το κάτι είναι ένα πρότυπο μεταβολών μιας φυσικής ποσότητας που μπορεί να επεξεργαστεί, να αποθηκευτεί, ή να μεταδοθεί με φυσικές διαδικασίες. Μερικά παραδείγματα αποτελούν τα σήματα ομιλίας, τα ακουστικά σήματα, τα σήματα εικόνας και βίντεο, τα βιοϊατρικά σήματα, τα σήματα ραντάρ και τα σεισμικά σήματα. Είναι πολύ σημαντικό στο σημείο αυτό να αναφέρουμε ότι τα σήματα μπορούν να λάβουν πολλές ισοδύναμες μορφές ή αναπαραστάσεις. Για παραδείγμα, ένα σήμα ομιλίας παράγεται σαν ακουστικό σήμα, αλλά μπορεί να μετατραπεί σε ένα ηλεκτρικό σήμα από ένα μικρόφωνο, ή σε ένα πρότυπο μαγνήτισης κατά την καταγραφή του σε μια μαγνητική ταινία, ή ακόμα και σε μια σειρά αριθμών όπως συμβαίνει στην ψηφιακή καταγραφή των ακουστικών σημάτων.

Ο όρος *σύστημα* είναι διφορούμενος και επομένως επιδέχεται πολλών ερμηνειών. Για παράδειγμα, συχνά χρησιμοποιούμε τη λέξη "σύστημα" για να αναφερθούμε σε μια μεγάλη οργάνωση που διαχειρίζεται ή υλοποιεί διαδικασίες όπως είναι το "σύστημα κοινωνικής ασφάλισης" ή το "σύστημα των αεροπορικών μεταφορών." Ωστόσο, στα πλαίσια αυτού του βιβλίου, ενδιαφερόμαστε να ορίσουμε με ένα αυστηρότερο τρόπο το σύστημα που συνδέεται πολύ στενά με τα σήματα. Πιο συγκεκριμένα, ένα σύστημα για τους σκοπούς μας, είναι κάτι που μπορεί να χειριστεί, να τροποποιήσει, να καταγράψει, ή να μεταδόσει σήματα. Για παράδειγμα, κατά την καταγραφή ακουστικών σημάτων σε CD (compact disc) αποθηκεύεται ένα μουσικό σήμα σαν μια ακολουθία αριθμών. Ένα ηχητικό σύστημα αναπαραγωγής CD είναι ένα σύστημα που μετατρέπει αριθμούς, οι οποίοι είναι αποθηκευμένοι σε ένα CD (δηλαδή, η αριθμητική αναπαράσταση του σήματος), σε ένα ακουστικό σήμα το οποίο μπορούμε να το αντιληφθούμε με την ακοή μας. Γενικά, τα συστήματα είναι *τελεστές* που δρούν σε σήματα και παράγουν νέα σήματα ή νέες αναπαραστάσεις σημάτων.

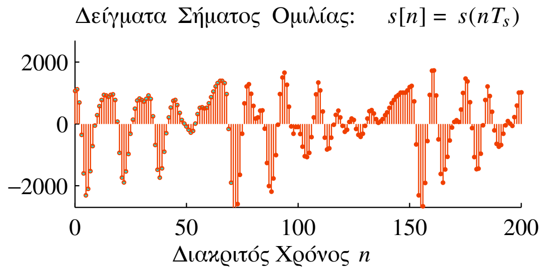
Στόχος μας σε αυτό το κεφάλαιο είναι να αναπτύξουμε ένα πλαίσιο που θα μας επιτρέψει να ορίσουμε αυστηρά τα σήματα και τα συστήματα. Συγκεκριμένα, θέλουμε να δείξουμε ότι τα μαθηματικά είναι μια κατάλληλη γλώσσα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή και την κατανόηση των σημάτων και των συστημάτων. Θέλουμε επίσης να δείξουμε ότι η αναπαράσταση των σημάτων και των συστημάτων με μαθηματικές εξισώσεις μας επιτρέπει να καταλάβουμε τον τρόπο με τον οποίο τα σήματα και τα συστήματα αλληλεπιδρούν καθώς και τον τρόπο με τον οποίο μπορούμε να σχεδιάσουμε και να υλοποιήσουμε συστήματα που επιτελούν ένα συγκεκριμένο σκοπό.



Σχήμα 1-1: Γραφική παράσταση τμήματος σήματος ομιλίας. Το σήμα αυτό μπορεί να παρασταθεί σαν μια συνάρτηση $s(t)$ μίας μεταβλητής (χρόνος). Η σκιασμένη περιοχή παρουσιάζεται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στο Σχήμα 1-2.

1-1 Μαθηματική Περιγραφή των Σημάτων

Τα σήματα είναι πρότυπα μεταβολών που αναπαριστούν ή κωδικοποιούν πληροφορία. Τα σήματα κατέχουν έναν κεντρικό ρόλο στη μέτρηση, στη συστηματική έρευνα και εξέταση φυσικών συστημάτων, στην ιατρική τεχνολογία και στις τηλεπικοινωνίες, για να ονομάσουμε μερικές περιοχές. Πολλά σήματα είναι φυσικό να θεωρηθούν σαν πρότυπα μεταβολών στο χρόνο. Ένα καλό παράδειγμα είναι ένα σήμα ομιλίας, το οποίο αρχικά προκύπτει σαν πρότυπο της μεταβαλλόμενης πίεσης του αέρα στο φάρυγγα. Αυτό το πρότυπο, φυσικά, εξελίσσεται στο χρόνο και δημιουργεί αυτό που συχνά ονομάζουμε *χρονική κυματομορφή*. Στο Σχήμα 1-1 φαίνεται η κυματορφή ενός σήματος ομιλίας. Στη γραφική παράσταση, ο κατακόρυφος άξονας παριστάνει την πίεση του αέρα ή την τάση του μικροφώνου και ο οριζόντιος άξονας παριστάνει το χρόνο. Παρατηρήστε, ότι υπάρχουν τέσσερα χρονικά τμήματα του σήματος ομιλίας. Το δεύτερο τμήμα αποτελεί τη συνέχεια του πρώτου κ.ο.κ., και το μήκος κάθε τμήματος έχει χρονική διάρκεια 50 milliseconds (msec). Το σήμα ομιλίας στο Σχήμα 1-1 είναι ένα παράδειγμα ενός μονοδιάστατου *σήματος συνεχούς χρόνου*. Τέτοια σήματα μπορούν να παρασταθούν ως συναρτήσεις μιας ανεξάρτητης μεταβλητής, την οποία συμβολίζουμε με t. Αν και στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν μπορούμε να γράψουμε μια απλή εξίσωση η οποία θα περιγράφει τη γραφική παράσταση του Σχήματος 1-1, μπορούμε να αντιστοιχίσουμε στη γραφική παράσταση τη συνάρτηση $s(t)$. Πράγματι, η γραφική παράσταση από μόνη της μπορεί να θεωρηθεί σαν ορισμός μιας συνάρτησης η οποία εκχωρεί κάθε χρονική στιγμή (κάθε τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής t) έναν αριθμό $s(t)$. Πολλά



Σχήμα 1-2: Παράδειγμα ενός σήματος διακριτού χρόνου το οποίο μπορεί να παρασταθεί από μια μονοδιάστατη ακολουθία ή συνάρτηση μίας διακριτής μεταβλητής. Τα δείγματα του σήματος προέρχονται από τη σκιασμένη περιοχή του Σχήματος 1-1.

σήματα, αν όχι τα περισσότερα, είναι σήματα συνεχούς χρόνου. Εντούτοις, για διάφορους λόγους οι οποίοι καθώς θα προχωρούμε θα γίνονται όλο και περισσότερο προφανείς, είναι συχνά επιθυμητό να δημιουργήσουμε μια διακριτού χρόνου παράσταση του σήματος. Αυτό μπορεί να γίνει με τη *δειγματοληψία* του σήματος συνεχούς χρόνου σε συγκεκριμένες ισαπέχουσες χρονικές στιγμές. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι μια ακολουθία αριθμών η οποία μπορεί να παρασταθεί σαν μια συνάρτηση μίας μεταβλητής δείκτη η οποία παίρνει μόνο διακριτές τιμές. Η ακολουθία αυτή μπορεί να παρασταθεί μαθηματικά σαν $s[n] = s(nT_s)$, όπου n είναι ακέραιος, δηλαδή, $\{\dots,-2,-1,0,1,2,\dots\}$ και T_s είναι η *περίοδος δειγματοληψίας*[1]. Αυτό, φυσικά, είναι αυτό που κάνουμε όταν σχεδιάζουμε τις τιμές μιας συνάρτησης σε μια γραφική παράσταση στο τετράδιό μας ή στην οθόνη του υπολογιστή μας. Στην πραγματικότητα, δεν μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνάρτηση σε κάθε δυνατή τιμή μιας συνεχούς μεταβλητής, αλλά μόνο σ' ένα σύνολο τιμών της. Διαισθητικά, ξέρουμε ότι όσο πιο κοντινά είναι τα σημεία αυτά, τόσο η προκύπτουσα ακολουθία διατηρεί τη μορφή του αρχικού σήματος συνεχούς χρόνου. Στο Σχήμα 1-2 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενός τμήματος σήματος διακριτού χρόνου που προήλθε από τη δειγματοληψία του σήματος ομιλίας του Σχήματος 1-1, με περίοδο δειγματοληψίας $T_s = 1/8$ msec. Στην περίπτωση αυτή η κατακόρυφη γραμμή με την τελεία στο τέλος της, δείχνει τη θέση και την τιμή της ακολουθίας.

[1] Για την παράσταση των σημάτων συνεχούς χρόνου θα χρησιμοποιούνται οι παρενθέσεις ( ) και οι αγκύλες για την παράσταση των σημάτων διακριτού χρόνου (ακολουθίες).

Σχήμα 1-3: Παράδειγμα σήματος το οποίο μπορεί να παρασταθεί σαν μια συνάρτηση δύο χωρικών μεταβλητών.

Ενώ πολλά σήματα μπορούν να θεωρηθούν σαν πρότυπα εξελισσόμενα στο χρόνο, υπάρχει και μια πληθώρα σημάτων τα οποία δεν μπορούν να θεωρηθούν ως τέτοια. Για παράδειγμα, μια εικόνα αποτελεί ένα χωρικό πρότυπο και επομένως μια κατάλληλη μαθηματική περιγραφή της, προϋποθέτει τη χρήση δύο χωρικών μεταβλητών. Στη γενική περίπτωση, ένα τέτοιο σήμα μπορεί να θεωρηθεί ως μια συνάρτηση δύο ανεξάρτητων μεταβλητών. Δηλαδή, μια εικόνα μπορούμε να τη συμβολίσουμε ως $p(x, y)$. Μια φωτογραφία αποτελεί ένα άλλο παράδειγμα, όπως η "εικόνα με διαβαθμίσεις του γκρι" που φαίνεται στο Σχήμα 1-3. Στην περίπτωση αυτή, η τιμή $p(x_0, y_0)$

παριστάνει την τιμή του γκρί στη θέση (x_0, y_0) της εικόνας. Εικόνες όπως αυτές του Σχήματος 1-3 μπορούν γενικά να θεωρηθούν ως σήματα δύο συνεχών μεταβλητών, αφού στη γενική περίπτωση θεωρούμε ότι ο χώρος είναι συνεχής. Οπωσδήποτε, η δειγματοληψία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην περίπτωση αυτή για να πάρουμε ένα διακριτό σήμα δύο διαστάσεων. Το σήμα αυτό θα μπορούσε να παρασταθεί από μια ακολουθία δύο διαστάσεων, ή από ένα πίνακα αριθμών, και θα μπορούσε να παρασταθεί σαν $p[m,n] = p(m\Delta_x, n\Delta_y)$, όπου και οι δύο μεταβλητές m και n παίρνουν μόνο ακέραιες τιμές και Δ_x, Δ_y αποτελούν την οριζόντια και την κατακόρυφη περίοδο δειγματοληψίας αντίστοιχα. Οι συναρτήσεις δύο μεταβλητών είναι κατάλληλες μαθηματικές παραστάσεις εικόνων οι οποίες δεν αλλάζουν με το χρόνο. Από την άλλη μεριά το σήμα του βίντεο είναι ένα σήμα δύο διαστάσεων εξελλισόμενο στο χρόνο το οποίο απαιτεί μια επιπλέον ανεξάρτητη μεταβλητή για την περιγραφή του, δηλαδή $v(x, y, t)$. Τα σήματα βίντεο είναι πραγματικά σήματα τριών μεταβλητών που εξαρτώνται από τον τύπο του συστήματος βίντεο και είναι δυνατόν οι δύο ή ακόμα και οι τρεις μεταβλητές να είναι διακριτές.

Ο σκοπός μας σε αυτήν την ενότητα ήταν απλά να εισάγουμε την ιδέα ότι τα σήματα μπορούν να παρασταθούν από μαθηματικές συναρτήσεις. Αν και σύντομα θα δούμε ότι πολλές γνωστές συναρτήσεις είναι πολύτιμες στη μελέτη των σημάτων και των συστημάτων, δεν έχουμε ακόμη ούτε καν προσπαθήσει να καταδείξουμε αυτό το γεγονός. Η προσπάθεια μας εστιάσθηκε στο να αναδείξουμε τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στις συναρτήσεις και τα σήματα και, σε αυτό το σημείο, οι συναρτήσεις χρησιμεύουν απλά ως τα αφηρημένα σύμβολα για τα σήματα. Έτσι, για παράδειγμα, μπορούμε τώρα να αναφερόμαστε στο “σήμα ομιλίας $s(t)$” ή “στη δειγματοληπτημένη εικόνα $p[m,n]$.” Αν και αυτό μπορεί να μην φαίνεται ιδιαίτερα σημαντικό, στην επόμενη ενότητα θα δούμε ότι είναι πράγματι ένα πολύ σημαντικό βήμα προς το στόχο μας που είναι η συστηματική χρήση των μαθηματικών στην περιγραφή και παράσταση των σημάτων και των συστημάτων.

1-2 Μαθηματική Περιγραφή των Συστημάτων

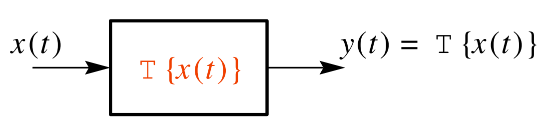
Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ένα σύστημα είναι κάτι που μετασχηματίζει σήματα σε νέα σήματα ή σε διαφορετικές αναπαραστάσεις σημάτων. Αν και αυτός είναι ένας μάλλον αφηρημένος ορισμός, είναι πολύ χρήσιμος σαν αφετηρία. Για να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι, θα λέμε ότι ένα μονοδιάστατο σύστημα συνεχούς-χρόνου δέχεται στην είσοδό του ένα σήμα εισόδου $x(t)$ και παράγει ένα αντίστοιχο σήμα εξόδου $y(t)$. Αυτό μπορεί να παρασταθεί με τη βοήθεια των μαθηματικών ως εξής

$$y(t) = \mathcal{T}\{x(t)\} \tag{1.1}$$

και σημαίνει ότι το σύστημα (που συμβολίζεται με τον τελεστή $\mathcal{T}$) δρα στο σήμα εισόδου (κυματομορφή, εικόνα, κ.λ.π.) για να παραχθεί το σήμα εξόδου $y(t)$. Ενώ αυτό μπορεί να ακούγεται πολύ αφηρημένο, ένα απλό παράδειγμα θα μας δείξει ότι δεν είναι. Ας θεωρήσουμε ένα σύστημα το οποίο παράγει στην έξοδό του το τετράγωνο του σήματος που εφαρμόζεται στην είσοδό του. Η μαθηματική περιγραφή αυτού του συστήματος δίνεται από την παρακάτω απλή σχέση

$$y(t) = [x(t)]^2 \tag{1.2}$$

η οποία πολύ απλά λέει ότι κάθε χρονική στιγμή η τιμή της εξόδου του συστήματος είναι ίση με το τετράγωνο της τιμής του σήματος εισόδου την ίδια χρονική στιγμή. Ένα τέτοιο σύστημα λογικά θα μπορούσε να ονομασθεί “σύστημα τετραγώνου”. Στο Σχήμα 1-5 έχει σχεδιαστεί η



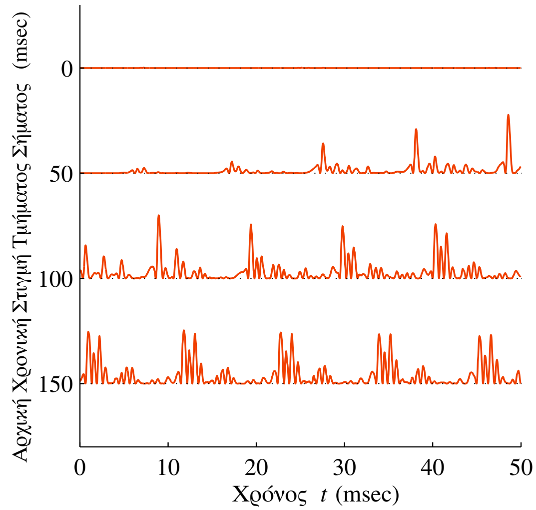
Σχήμα 1-4: Σχηματικό διάγραμμα ενός συστήματος συνεχούς χρόνου.

έξοδος του συστήματος για το σήμα εισόδου του Σχήματος 1-1. Όπως είναι αναμενόμενο από τις ιδιότητες του τελεστή του τετραγώνου, παρατηρούμε ότι το σήμα εξόδου είναι πάντα μη αρνητικό και ότι οι μεγάλες τιμές του σήματος εισόδου είναι περισσότερο ενισχυμένες από τις μικρές. Το σύστημα που ορίσαμε με τη Σχέση (1.2) αποτελεί ένα παράδειγμα ενός *συστήματος συνεχούς χρόνου*, δηλαδή, ενός συστήματος του οποίου η είσοδος και η έξοδος είναι σήματα συνεχούς χρόνου. Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα φυσικό σύστημα το οποίο θα λειτουργεί όπως το σύστημα τετραγώνου; Η απάντηση είναι ότι το σύστημα της Σχέσης (1.2) μπορεί να προσεγγισθεί διασυνδέοντας κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Από την άλλη μεριά, εάν η είσοδος και η έξοδος ενός συστήματος είναι σήματα διακριτού χρόνου (ακολουθίες αριθμών) που συνδέονται όπως δείχνει η σχέση που ακολουθεί

$$y[n] = (x[n])^2 \tag{1.3}$$

θα λέμε ότι είναι ένα *σύστημα διακριτού-χρόνου*. Η υλοποίηση του συστήματος διακριτού χρόνου είναι, μπορούμε να πούμε, τετριμμένη αφού απλά αρκεί να πολλαπλασιάσουμε κάθε τιμή του σήματος διακριτού χρόνου με τον εαυτό της.

Όταν μιλάμε για συστήματα, είναι πολύ χρήσιμο να έχουμε στο μυαλό μας μια οπτική παράσταση του συστήματος. Για το σκοπό αυτό, οι μηχανικοί χρησιμοποιούν *Σχηματικά διαγράμματα* για να παραστήσουν λειτουργίες οι οποίες εκτελούνται σε μια υλοποίηση ενός συστήματος και να παρουσιάσουν τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των πολλών σημάτων που μπορούν να συνυπάρξουν στην υλοποίηση ενός σύνθετου συστήματος. Ένα παράδειγμα σχηματικού διαγράμματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 1-4. Αυτό που παρουσιάζεται στο διάγραμμα είναι απλά ότι το σήμα $y(t)$ προκύπτει από το σήμα $x(t)$ και τον τελεστή $\mathcal{T}\{\ \}$. Ένα άλλο παράδειγμα συστήματος προτάθηκε νωρίτερα όταν συζητήσαμε τη σχέση που υπάρχει μεταξύ ενός σήματος συνεχούς χρόνου και ενός σήματος διακριτού χρόνου. Επομένως, ορίζουμε το *δειγματολήπτη* ως ένα σύστημα του οποίου η είσοδος είναι ένα σήμα συνεχούς χρόνου $x(t)$ και του οποίου η έξοδος είναι η ακολουθία

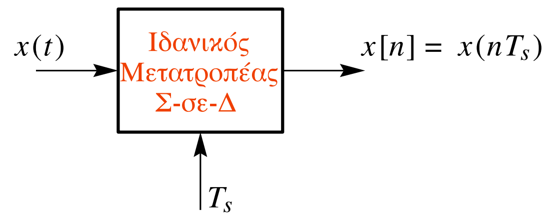


Σχήμα 1-5: Η έξοδος του συστήματος τετραγώνου για το σήμα ομιλίας του Σχήματος 1-1. Το σύστημα τετραγώνου ορίζεται από την εξίσωση $y(t) = [x(t)]^2$

δειγμάτων που ορίζεται από τη σχέση

$$x[n] = x(nT_s) \tag{1.4}$$

η οποία απλά δηλώνει ότι ο δειγματολήπτης "συλλαμβάνει



Σχήμα 1-6: Σχηματικό διάγραμμα του δειγματολήπτη.

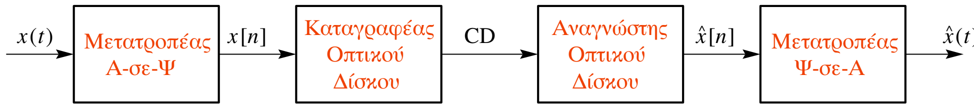
στιγμιαία την τιμή" του σήματος συνεχούς χρόνου που εφαρμόζεται στην είσοδό του, κάθε T_s δευτερόλεπτα. Κατά συνέπεια, η διαδικασία της δειγματοληψίας ανταποκρίνεται στον ορισμό που δώσαμε για το σύστημα και μπορεί να παρασταθεί με το σχηματικό διάγραμμα του Σχήματος 1-6. Συχνά θα αναφέρουμε το σύστημα του δειγματολήπτη ως "ιδανικό μετατροπέα συνεχούς σε διακριτό" ή *ιδανικό μετατροπέα Σ-σε-Δ*. Σε αυτήν την περίπτωση, όπως στην περίπτωση του συστήματος του τετραγώνου, το όνομα που δίνουμε στο σύστημα είναι μια ακριβής περιγραφή της διαδικασίας που πραγματικά εκτελεί το σύστημα.

1-3 Σκέψεις για τα Συστήματα

Τα Σχηματικά διαγράμματα είναι πολύ χρήσιμα για την παράσταση σύνθετων συστημάτων με τη βοήθεια απλούστερων συστημάτων, τα οποία γίνονται ευκολότερα κατανοητά. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 1-7 φαίνεται ένα Σχηματικό διάγραμμα μίας διαδικασίας καταγραφής και αναπαραγωγής ενός CD. Σ' αυτό το σχηματικό διάγραμμα το συνολικό σύστημα διαιρείται σε τέσσερα υποσυστήματα. Το πρώτο υποσύστημα περιγράφει ένα μετατροπέα από Αναλογικό-σε-Ψηφιακό. Ένας μετατροπέας Α-σε-Ψ παράγει στην έξοδό του αριθμούς πεπερασμένης ακρίβειας σαν δείγματα του σήματος εισόδου (κβαντισμένα σε ένα περιορισμένο αριθμό από bits), ενώ ο ιδανικός μετατροπέας Σ-σε-Δ παράγει δείγματα της εισόδου με άπειρη ακρίβεια. Για του μετατροπείς Α-σε-Ψ υψηλής πιστότητας που χρησιμοποιούνται σε ακουστικά συστήματα υψηλής πιστότητας, η διαφορά που υπάρχει με τους ιδανικούς μετατροπείς Σ-σε-Δ είναι πολύ μικρή, αλλά η διάκρισή τους είναι πολύ σημαντική. Μόνο κβαντισμένες, πεπερασμένης-ακρίβειας, τιμές δειγμάτων μπορούν να αποθηκευτούν σε μια ψηφιακή μνήμη πεπερασμένου μεγέθους! Στο Σχήμα 1-7 φαίνεται ότι η έξοδος του μετατροπέα Α-σε-Ψ οδηγείται στην είσοδο ενός συστήματος που καταγράφει τους αριθμούς $x[n]$ πάνω σ' ένα οπτικό δίσκο. Στην πραγματικότητα αυτή είναι μια πολύ σύνθετη διαδικασία, αλλά για το σκοπό μας είναι αρκετό να παρουσιαστεί απλά σαν μια ενιαία λειτουργία. Για τον ίδιο λόγο, το σύνθετο μηχανικό/οπτικό σύστημα για την ανάγνωση των αριθμών από τον οπτικό δίσκο εμφανίζεται, κι αυτό, σαν μια ενιαία λειτουργία. Τέλος, η μετατροπή του διακριτού χρόνου σήματος σε συνεχούς χρόνου (ακουστική) μορφή εμφανίζεται σαν ένα σύστημα μετατροπέα από Ψ-σε-Α (Ψηφιακού-σε-Αναλογικό). Αυτό το σύστημα δέχεται σειριακά αριθμούς πεπερασμένης ακρίβειας και παρεμβάλλει τιμές μεταξύ των δειγμάτων. Το συνεχούς χρόνου σήμα που προκύπτει θα μπορούσε στη συνέχεια να οδηγηθεί στην είσοδο άλλων συστημάτων, όπως είναι οι ενισχυτές, τα μεγάφωνα και τα ακουστικά, για τη μετατροπή του σε ηχητικό σήμα. Συστήματα όπως το σύστημα καταγραφής και αναπαραγωγής CD υπάρχουν πολλά γύρω μας. Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν υπάρχει λόγος να σκεφτούμε για το πώς λειτουργούν τέτοια συστήματα, αλλά αυτό το παράδειγμα εξηγεί το πόσο σημαντικό είναι να σκεφτόμαστε ένα σύνθετο σύστημα με ένα ιεραρχικό τρόπο. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε πρώτα να καταλάβουμε τα υποσυστήματα, στη συνέχεια τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των υποσυστημάτων, και τελικά ολόκληρο το σύστημα. Ακολουθώντας αυτήν τη διαδικασία στο σύστημα καταγραφής και αναπαραγωγής CD, βλέπουμε ότι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα είναι η μετατροπή του σήματος συνεχούς χρόνου σε διακριτού χρόνου και ξανά σε συνεχούς χρόνου και βλέπουμε επίσης ότι είναι δυνατό να εξετάσουμε αυτές τις διαδικασίες χωριστά από τα υπόλοιπα υποσυστήματα από τα οποία απαρτίζεται το συνολικό σύστημα. Η επίδραση της διασύνδεσης των υποσυστημάτων είναι έπειτα σχετικά εύκολο να την κατανοήσουμε. Οι λεπτομέρειες μερικών υποσυστημάτων μπορούν να αφεθούν σε εμπειρογνώμονες άλλων τομέων οι οποίοι, για παράδειγμα, μπορούν να αναπτύξουν περισσότερο τα υποσυστήματα των οπτικών δίσκων.

1-4 Το Επόμενο Βήμα

Το σύστημα αναπαραγωγής CD αποτελεί ένα πολύ καλό παράδειγμα ενός συστήματος διακριτού χρόνου (discrete time system). Μέσα σε ένα τέτοιο σύστημα, όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 1-7, περιλαμβάνονται πολλά



Σχήμα 1-7: Απλοποιημένο σχηματικό διάγραμμα συστήματος καταγραφής και αναπαραγωγής CD.

υποσυστήματα και σήματα διακριτού χρόνου. Στο βιβλίο αυτό σίγουρα δεν υποσχόμαστε ότι θα εξηγήσουμε όλες τις λεπτομέρειες ενός Συστήματος αναπαραγωγής CD ή οποιουδήποτε άλλου σύνθετου συστήματος, ελπίζουμε όμως να βάλουμε τα θεμέλια για την κατανόηση των σημάτων και συστήματων συνεχούς και διακριτού χρόνου έτσι ώστε αυτή η γνώση να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατανόηση περισσότερο πολύπλοκων συστημάτων. Στο Κεφάλαιο 2, θα αρχίσουμε με πολύ απλές μαθηματικές έννοιες και θα αποδείξουμε ότι οι πολύ γνωστές τριγωνομετρικές συναρτήσεις του ημιτόνου και του συνημιτόνου παίζουν έναν θεμελιώδη ρόλο στη θεωρία των σημάτων και των συστημάτων. Στη συνέχεια, θα δείξουμε πώς με τη χρησιμοποίηση των μιγαδικών αριθμών μπορούμε να απλοποιήσουμε την άλγεβρα που υπεισέρχεται στη χρήση των τριγωνομετρικών συναρτήσεων. Σε επόμενα κεφάλαια θα εισαγάγουμε την έννοια του φάσματος ενός σήματος και την έννοια του φιλτραρίσματος με ένα γραμμικό χρονικά αμετάβλητο συστήμα. Μέχρι το τέλος του βιβλίου, ο επιμελής αναγνώστης που θα απασχοληθεί με τα προτεινόμενα προβλήματα, θα δεί τις πολυάριθμες παρουσιάσεις και θα κάνει όλες τις προτεινόμενες εργαστηριακές ασκήσεις, θα ανταμειφθεί με μια σε βάθος κατανόηση πολλών θεμελιωδών εννοιών που κρύβονται μέσα στα ψηφιακά πολυμεσικά πληροφοριακά συστήματα, που όπως διαφαίνεται αναπτύσσονται στις μέρες μας με γρήγορους ρυθμούς.