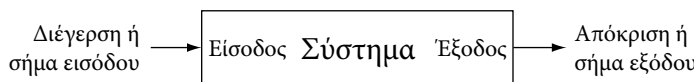


Εισαγωγή

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Κάθε χρονικά μεταβαλλόμενο φυσικό φαινόμενο που προορίζεται για τη μεταφορά πληροφοριών αποτελεί ένα **σήμα**. Παραδείγματα σημάτων είναι η ανθρώπινη φωνή, η νοηματική γλώσσα, ο κώδικας Morse, τα φανάρια κυκλοφορίας, οι τάσεις στα τηλεφωνικά καλώδια, τα ηλεκτρικά πεδία που εκπέμπονται από ραδιοφωνικούς ή τηλεοπτικούς πομπούς και οι μεταβολές της έντασης του φωτός σε μια οπτική ίνα σε ένα δίκτυο τηλεφώνου ή υπολογιστή. Ο **θόρυβος** μοιάζει με ένα σήμα στο ότι αποτελεί ένα χρονικά μεταβαλλόμενο φυσικό φαινόμενο, ωστόσο συνήθως δεν μεταφέρει χρήσιμες πληροφορίες και θεωρείται ανεπιθύμητος.

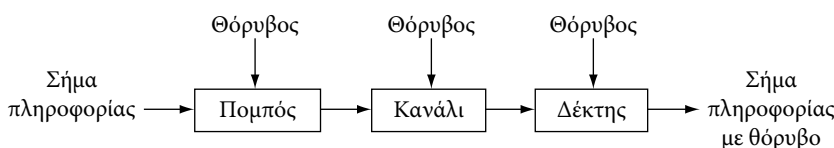
Η διαχείριση των σημάτων γίνεται από τα **συστήματα**. Όταν μία ή περισσότερες **διεγέρσεις** ή **σήματα εισόδου** εφαρμόζονται σε μία ή περισσότερες **εισόδους** του συστήματος, το σύστημα παράγει μία ή περισσότερες **αποκρίσεις** ή **σήματα εξόδου** στις **εξόδους** του. Η Εικόνα 1.1 απεικονίζει ένα διάγραμμα δομής (διάγραμμα μπλοκ, block diagram) ενός συστήματος μίας εισόδου, μίας εξόδου.



ΕΙΚΟΝΑ 1.1

Διάγραμμα δομής ενός συστήματος μίας εισόδου, μίας εξόδου

Σε ένα σύστημα επικοινωνίας, ένας πομπός παράγει ένα σήμα και ένας δέκτης το λαμβάνει. Το **κανάλι** είναι η διαδρομή που ακολουθεί ένα σήμα από έναν πομπό σε έναν δέκτη. Η εισαγωγή θορύβου είναι αναπόφευκτη στον πομπό, στο κανάλι και στον δέκτη, συχνά σε πολλά σημεία (Εικόνα 1.2). Ο πομπός, το κανάλι και ο δέκτης αποτελούν όλα στοιχεία ή υποσυστήματα του συνολικού συστήματος. Τα επιστημονικά όργανα είναι συστήματα που μετρούν ένα φυσικό φαινόμενο (θερμοκρασία, πίεση, ταχύτητα κ.λπ.) και το μετατρέπουν σε τάση ή ρεύμα, σε ένα σήμα. Τα συστήματα ελέγχου στα εμπορικά κτίρια (Εικόνα 1.3), τα συστήματα ελέγχου σε βιομηχανικές μονάδες (Εικόνα 1.4), τα σύγχρονα αγροτικά μηχανήματα (Εικόνα 1.5), τα ηλεκτρονικά συστήματα στα αεροπλάνα, ο έλεγχος της ανάφλεξης και της άντλησης του καυσίμου σε αυτοκίνητα κ.λπ., όλα αποτελούν συστήματα που επιδρούν σε σήματα.



ΕΙΚΟΝΑ 1.2

Ένα σύστημα επικοινωνίας



ΕΙΚΟΝΑ 1.3

Σύγχρονα κτίρια γραφείων

© Vol. 43 PhotoDisc/Getty



ΕΙΚΟΝΑ 1.4

Τυπική αίθουσα ελέγχου βιομηχανικής μονάδας

© Royalty-Free/Punchstock

**ΕΙΚΟΝΑ 1.5**

Σύγχρονο αγροτικό τρακτέρ με κλειστή καμπίνα

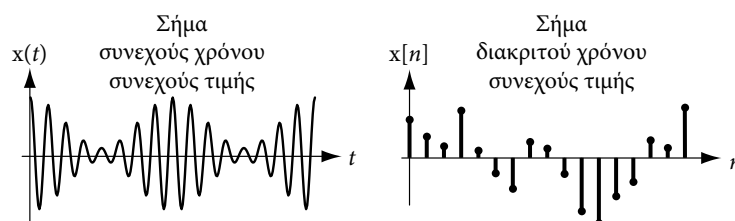
© Royalty-Free/Corbis

Ο όρος *σύστημα* περιλαμβάνει ακόμη και έννοιες όπως το χρηματιστήριο, η κυβέρνηση, ο καιρός, το ανθρώπινο σώμα και τα παρόμοιά τους. Όλα αποκρίνονται όταν διεγερθούν. Ορισμένα συστήματα αναλύονται άμεσα λεπτομερώς, ορισμένα μπορούν να αναλυθούν κατά προσέγγιση, ορισμένα όμως είναι τόσο περίπλοκα ή δύσκολο να μετρηθούν, που μετά βίας γνωρίζουμε αρκετά ώστε να τα κατανοήσουμε.

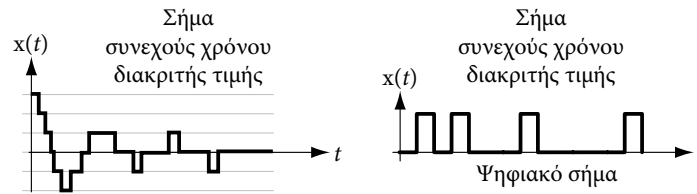
1.2 ΕΙΔΗ ΣΗΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν πολλές ευρείες ταξινομήσεις των σημάτων: **συνεχούς χρόνου, διακριτού χρόνου, συνεχούς τιμής, διακριτής τιμής, τυχαία και μη τυχαία**. Ένα σήμα συνεχούς χρόνου ορίζεται σε κάθε χρονική στιγμή για ορισμένο χρονικό διάστημα. Ένα άλλο σύννηθες όνομα για ορισμένα σήματα συνεχούς χρόνου είναι το **αναλογικό** σήμα, όπου η μεταβολή του σήματος με τον χρόνο είναι *ανάλογη* ως προς κάποιο φυσικό φαινόμενο. Όλα τα αναλογικά σήματα είναι σήματα συνεχούς χρόνου, όμως όλα τα σήματα συνεχούς χρόνου δεν είναι αναλογικά (Εικόνα 1.6 έως Εικόνα 1.8).

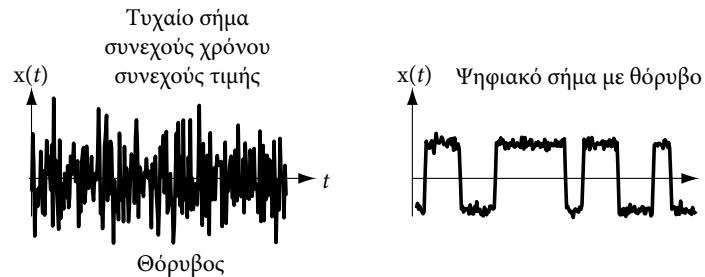
Η **δειγματοληψία** ενός σήματος είναι η λήψη τιμών από ένα σήμα συνεχούς χρόνου σε διακριτά χρονικά σημεία. Το σύνολο των δειγμάτων συνιστά ένα σήμα διακριτού χρόνου. Ένα σήμα διακριτού χρόνου μπορεί επίσης να δημιουργηθεί από ένα σύστημα εγγενώς διακριτού χρόνου που παράγει τιμές σήματος μόνο σε διακριτές χρονικές στιγμές (Εικόνα 1.6).

**ΕΙΚΟΝΑ 1.6**

Παραδείγματα σημάτων συνεχούς χρόνου και διακριτού χρόνου

**ΕΙΚΟΝΑ 1.7**

Παραδείγματα σημάτων συνεχούς χρόνου, διακριτής τιμής

**ΕΙΚΟΝΑ 1.8**

Παραδείγματα θορύβου και ψηφιακού σήματος με θόρυβο

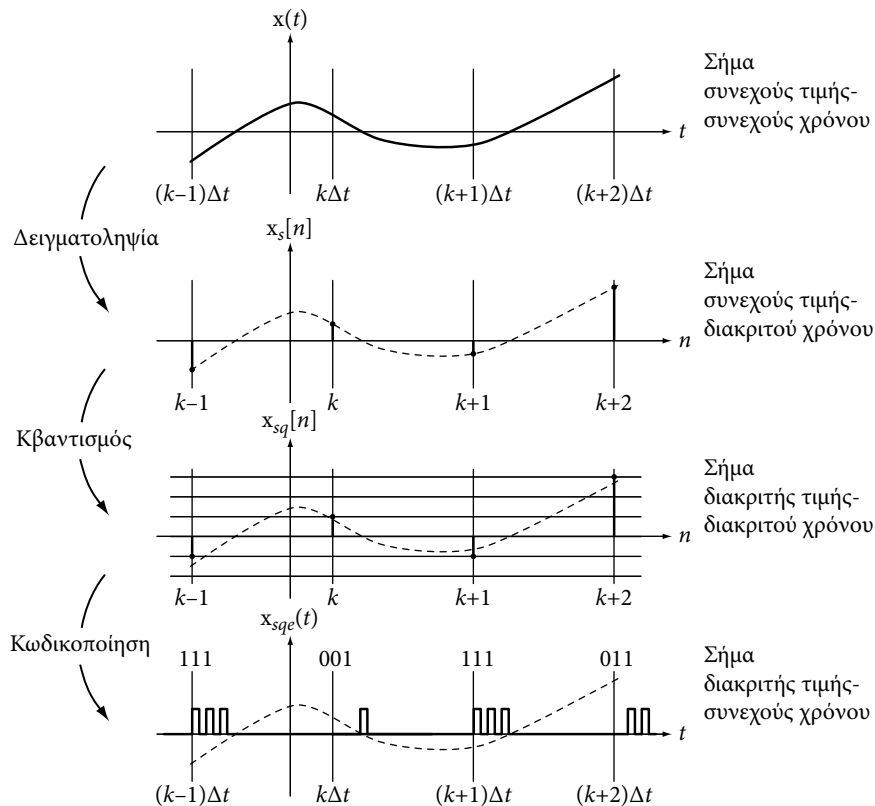
Ένα σήμα συνεχούς τιμής είναι ένα σήμα που μπορεί να έχει οποιαδήποτε τιμή μέσα σε ένα συνεχές από επιτρεπτές τιμές. Σε ένα συνεχές, οποιεσδήποτε δύο τιμές μπορούν να βρίσκονται αυθαίρετα κοντά μεταξύ τους. Οι πραγματικοί αριθμοί σχηματίζουν ένα συνεχές με άπειρο εύρος. Οι πραγματικοί αριθμοί ανάμεσα στο μηδέν και στο ένα σχηματίζουν ένα συνεχές με πεπερασμένο εύρος. Το καθένα αποτελεί ένα σύνολο με απείρως πολλά μέλη (Εικόνα 1.6 έως Εικόνα 1.8).

Ένα σήμα διακριτής τιμής μπορεί να λάβει τιμές που προέρχονται μόνο από ένα διακριτό σύνολο. Σε ένα διακριτό σύνολο τιμών το μέτρο της διαφοράς μεταξύ οποιωνδήποτε δύο τιμών είναι μεγαλύτερο από κάποιον θετικό αριθμό. Το σύνολο των ακεραίων αποτελεί ένα παράδειγμα. Τα σήματα διακριτού χρόνου μεταδίδονται συνήθως ως **ψηφιακά** σήματα, μια ακολουθία τιμών ενός σήματος διακριτού χρόνου με τη μορφή ψηφίων σε κάποια κωδικοποιημένη μορφή. Ο όρος **ψηφιακός** χρησιμοποιείται επίσης ελεύθερα ορισμένες φορές, όταν γίνεται αναφορά σε ένα σήμα διακριτής τιμής που έχει μόνο δύο πιθανές τιμές. Τα ψηφία σε αυτό το είδος ψηφιακού σήματος μεταδίδονται με σήματα συνεχούς χρόνου. Σε αυτή την περίπτωση, οι όροι *συνεχούς χρόνου* και *αναλογικό* δεν είναι συνώνυμοι. Ένα ψηφιακό σήμα αυτού του είδους είναι ένα σήμα συνεχούς χρόνου όχι όμως αναλογικό επειδή η μεταβολή της τιμής του με τον χρόνο δεν είναι ευθέως ανάλογη ενός φυσικού φαινομένου (Εικόνα 1.6 έως Εικόνα 1.8).

Ένα τυχαίο σήμα δεν μπορεί να προβλεφθεί επακριβώς και δεν μπορεί να περιγραφεί με καμία μαθηματική συνάρτηση. Ένα **ντετερμινιστικό** σήμα είναι δυνατό να περιγραφεί μαθηματικά. Μια κοινή ονομασία για ένα τυχαίο σήμα είναι ο **θόρυβος** (Εικόνα 1.6 έως Εικόνα 1.8).

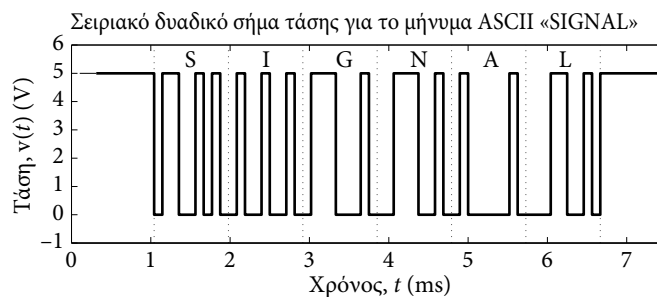
Στην πρακτική επεξεργασία σημάτων είναι αρκετά κοινό η λήψη ενός σήματος προς επεξεργασία να γίνεται από έναν υπολογιστή με δειγματοληψία, **κβαντισμό** και **κωδικοποίησή** του (Εικόνα 1.9). Το αρχικό σήμα είναι ένα σήμα συνεχούς τιμής, συνεχούς χρόνου. Η δειγματοληψία παρέχει τιμές του σε διακριτές χρονικές στιγμές και αυτές οι τιμές αποτελούν ένα σήμα συνεχούς τιμής, διακριτού χρόνου. Ο κβαντισμός προσεγγίζει κάθε δείγμα ως το πλησιέστερο μέλος ενός πεπερασμένου συνόλου από διακριτές τιμές, παράγοντας ένα σήμα διακριτής τιμής, διακριτού χρόνου. Κάθε τιμή σήματος στο σύνολο των διακριτών τιμών σε διακριτές χρονικές στιγμές μετατρέπεται σε μια ακολουθία ορθογώνιων παλμών που την κωδικοποιούν σε έναν δυαδικό αριθμό, παράγοντας ένα σήμα διακριτής τιμής, συνεχούς χρόνου, που ονομάζεται κοινώς **ψηφιακό σήμα**. Τα βήματα που απεικονίζονται στην Εικόνα 1.9 συνήθως εκτελούνται από μία μόνο διάταξη που ονομάζεται **μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Α/Ψ)**.

Μια κοινή χρήση των δυαδικών ψηφιακών σημάτων είναι η αποστολή μηνυμάτων κειμένου χρησιμοποιώ-

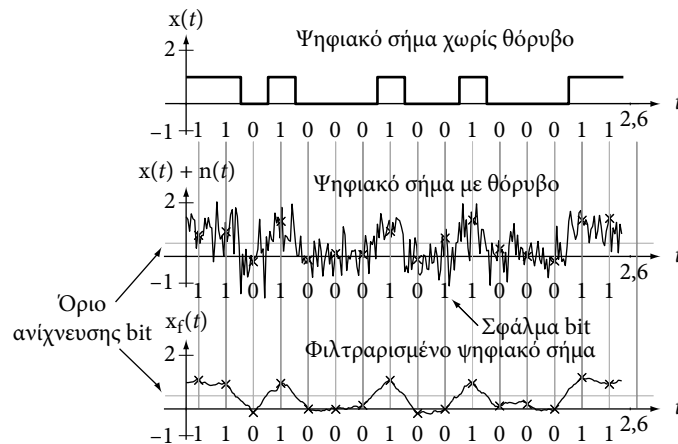
**ΕΙΚΟΝΑ 1.9**

Δειγματοληψία, κβαντισμός και κωδικοποίηση ενός σήματος για την απεικόνιση των διαφορών ειδών σήματος

ντας τον Κώδικα ASCII (American Standard Code for Information Interchange). Τα γράμματα της αλφαβήτου, τα ψηφία 0-9, ορισμένοι χαρακτήρες στίξης και αρκετοί μη εκτυπώσιμοι χαρακτήρες ελέγχου, συνολικά 128 χαρακτήρες, κωδικοποιούνται όλοι σε μια ακολουθία 7 δυαδικών bits. Τα 7 bits αποστέλλονται διαδοχικά, με ένα bit **αρχής** να προηγείται και 1 ή 2 bits **τέλους** να ακολουθούν για λόγους συγχρονισμού. Συνήθως σε απευθείας ενσύρματες συνδέσεις μεταξύ ψηφιακού εξοπλισμού, τα bits αναπαρίστανται από τιμές υψηλότερης τάσης (2 έως 5 V) για το 1 και μια χαμηλότερη τιμή τάσης (περίπου 0 V) για το 0. Σε μια ασύγχρονη μετάδοση που χρησιμοποιεί ένα bit αρχής και ένα bit τέλους, για την αποστολή του μηνύματος SIGNAL, η τάση ως προς τον χρόνο θα ήταν όπως δείχνει η Εικόνα 1.10.

**ΕΙΚΟΝΑ 1.10**

Ασύγχρονο σειριακό δυαδικό σήμα τάσης με κωδικοποίηση ASCII για τη λέξη SIGNAL

**ΕΙΚΟΝΑ 1.11**

Χρήση φίλτρου για τη μείωση του ρυθμού σφάλματος των bits (ber) σε ένα ψηφιακό σήμα

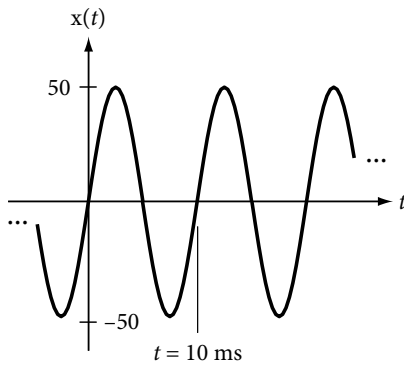
Το 1987 η κωδικοποίηση ASCII επεκτάθηκε στην κωδικοποίηση Unicode. Στο Unicode, ο αριθμός των bits που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση ενός χαρακτήρα μπορεί να είναι 8, 16, 24 ή 32 και πάνω από 120.000 χαρακτήρες κωδικοποιούνται πλέον σε σύγχρονους και ιστορικούς γλωσσικούς χαρακτήρες και σε πολυάριθμα σύνολα συμβόλων.

Τα ψηφιακά σήματα είναι σημαντικά στην ανάλυση σημάτων λόγω της διάδοσης των ψηφιακών συστημάτων. Τα ψηφιακά σήματα παρουσιάζουν συχνά βελτιωμένη ανοχή στον θόρυβο σε σχέση με τα αναλογικά σήματα. Στην επικοινωνία δυαδικών σημάτων τα bits μπορούν να ανιχνευθούν πολύ καθαρά έως ότου ο θόρυβος γίνει πολύ μεγάλος. Η ανίχνευση τιμών bit σε μια ροή από bits συχνά πραγματοποιείται συγκρίνοντας την τιμή του σήματος σε έναν προκαθορισμένο χρόνο με ένα κατώφλι. Εάν βρίσκεται πάνω από το κατώφλι δηλώνεται ως 1 και αν βρίσκεται κάτω από το κατώφλι δηλώνεται ως 0. Στην Εικόνα 1.11, τα x συμβολίζουν την τιμή του σήματος κατά τον χρόνο ανίχνευσης και όταν αυτή η τεχνική εφαρμόζεται σε ένα ψηφιακό σήμα με θόρυβο, ένα από τα bits ανιχνεύεται με σφάλμα. Όταν όμως το σήμα υφίσταται επεξεργασία από ένα **φίλτρο**, όλα τα bits ανιχνεύονται σωστά. Το φιλτραρισμένο ψηφιακό σήμα δεν φαίνεται πολύ καθαρό σε σύγκριση με το ψηφιακό σήμα χωρίς θόρυβο, αλλά τα bits μπορούν ακόμα να ανιχνευθούν με μια πολύ μικρή πιθανότητα σφάλματος. Αυτός είναι ο βασικός λόγος για τον οποίο τα ψηφιακά σήματα μπορούν να εμφανίζουν καλύτερη ανοχή στον θόρυβο από τα αναλογικά σήματα. Μια εισαγωγή στην ανάλυση και στον σχεδιασμό των φίλτρων παρουσιάζεται στα Κεφάλαια 11 και 15.

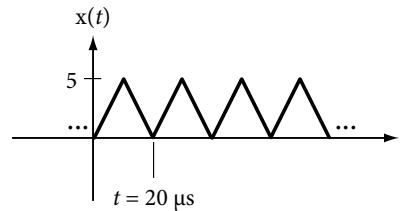
Σε αυτό το βιβλίο θα εξετάσουμε τόσο τα σήματα συνεχούς χρόνου όσο και τα σήματα διακριτού χρόνου, αλλά (κυρίως) θα αγνοήσουμε την επίδραση του κβαντισμού του σήματος και θα θεωρήσουμε ότι όλα τα σήματα είναι σήματα συνεχούς τιμής. Επίσης, δεν θα εξετάσουμε άμεσα την ανάλυση των τυχαίων σημάτων, παρόλο που κάποιες φορές στις εικόνες θα χρησιμοποιούνται τυχαία σήματα.

Τα πρώτα σήματα που θα μελετήσουμε είναι σήματα συνεχούς χρόνου. Ορισμένα σήματα συνεχούς χρόνου μπορούν να περιγραφούν με συνεχείς συναρτήσεις του χρόνου. Ένα σήμα $x(t)$ μπορεί να περιγραφεί από μια συνάρτηση $x(t) = 50 \sin(200\pi t)$ συνεχούς χρόνου t . Αυτή είναι μια ακριβής περιγραφή του σήματος κάθε χρονική στιγμή. Το σήμα μπορεί επίσης να περιγραφεί γραφικά (Εικόνα 1.12).

Πολλά σήματα συνεχούς χρόνου δεν είναι τόσο απλό να περιγραφούν μαθηματικά. Εξετάστε το σήμα στην Εικόνα 1.13. Κυματομορφές όπως αυτή της Εικόνας 1.13 εμφανίζονται σε διάφορα είδη συστημάτων οργάνων και επικοινωνιών. Με τον ορισμό ορισμένων συναρτήσεων σημάτων και μια πράξη που ονομάζεται **συνέλιξη**, αυτό το σήμα μπορεί να περιγραφεί σε συνεπτυγμένη μορφή, να αναλυθεί και να αντιμετωπιστεί μαθηματικά. Τα σήματα συνεχούς χρόνου που μπορούν να περιγραφούν με μαθηματικές συναρτήσεις μπορούν να μετατραπούν σε ένα άλλο πεδίο που ονομάζεται **πεδίο συχνότητας** μέσω του **μετασχηματισμού Fourier συνεχούς χρόνου**. Σε αυτό το πλαίσιο, ο **μετασχηματισμός** σημαίνει μετατροπή ενός σήματος στο πεδίο συχνότητας. Αυτό

**ΕΙΚΟΝΑ 1.12**

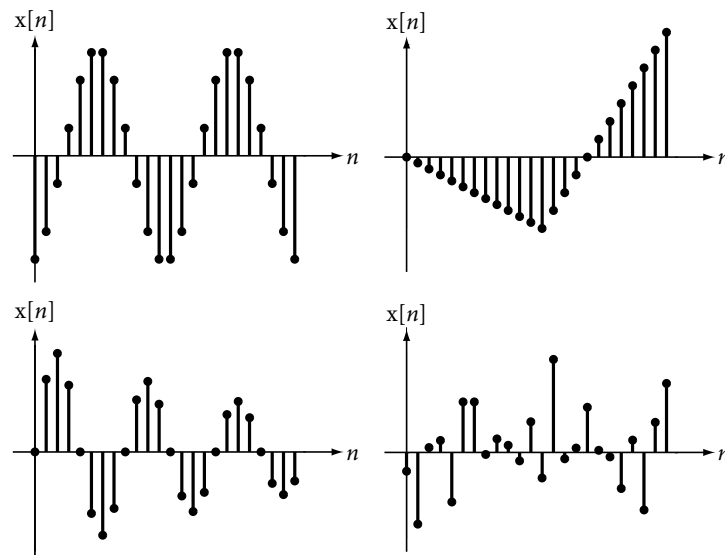
Ένα σήμα συνεχούς χρόνου που περιγράφεται από μια μαθηματική συνάρτηση

**ΕΙΚΟΝΑ 1.13**

Ένα δεύτερο σήμα συνεχούς χρόνου

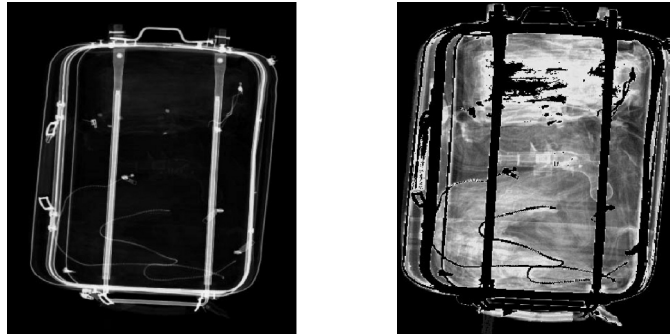
αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στην ανάλυση σημάτων, το οποίο επιτρέπει την πιο σαφή παρατήρηση ορισμένων χαρακτηριστικών του σήματος και την ευκολότερη διαχείρισή τους σε σχέση με το πεδίο του χρόνου. (Στο πεδίο συχνότητας, τα σήματα περιγράφονται ως προς τις συχνότητες που περιέχουν.) Χωρίς την ανάλυση στο πεδίο της συχνότητας, ο σχεδιασμός και η ανάλυση πολλών συστημάτων θα ήταν αρκετά πιο δύσκολα.

Τα σήματα διακριτού χρόνου ορίζονται μόνο σε διακριτά σημεία στον χρόνο. Η Εικόνα 1.14 απεικονίζει ορισμένα σήματα διακριτού χρόνου.

**ΕΙΚΟΝΑ 1.14**

Ορισμένα σήματα διακριτού χρόνου

Μέχρι στιγμής όλα τα σήματα που εξετάσαμε έχουν περιγραφεί με συναρτήσεις του χρόνου. Μια σημαντική κατηγορία «σημάτων» είναι οι συναρτήσεις του **χώρου** αντί του χρόνου: οι εικόνες. Οι περισσότερες από τις θεωρίες σημάτων, οι πληροφορίες που μεταφέρουν και ο τρόπος επεξεργασίας τους από συστήματα σε αυτό το βιβλίο θα βασίζονται σε σήματα που αποτελούν μια μεταβολή ενός φυσικού φαινομένου με τον χρόνο. Οι θεωρίες όμως και οι μέθοδοι που θα αναπτυχθούν έτσι ισχύουν επίσης, με μικρές μόνο τροποποιήσεις, στην επεξεργασία εικόνων. Τα χρονικά σήματα περιγράφονται από τη μεταβολή ενός φυσικού φαινομένου ως συνάρτηση μιας μόνο ανεξάρτητης μεταβλητής, του χρόνου. Τα χωρικά σήματα, ή οι εικόνες, περιγράφονται από τη μεταβολή ενός φυσικού φαινομένου ως συνάρτηση δύο ορθογώνιων, ανεξάρτητων **χωρικών** μεταβλητών, που αναφέρονται κατά σύμβαση ως x και y . Το φυσικό φαινόμενο είναι συνηθέστερα το φως ή κάτι που επηρεάζει τη μετάδοση ή την

**ΕΙΚΟΝΑ 1.15**

Ένα παράδειγμα επεξεργασίας εικόνας για την αποκάλυψη πληροφοριών

[Η αρχική εικόνα ακτίνων-Χ και η επεξεργασμένη εκδοχή της χορηγήθηκαν από το Εργαστήριο Απεικόνισης, Ρομποτικής και Ευφώνων Συστημάτων (Imaging, Robotics and Intelligent Systems, IRIS) του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του University of Tennessee, Knoxville.]

ανάκλαση του φωτός, όμως οι τεχνικές επεξεργασίας εικόνας μπορούν επίσης να εφαρμοστούν σε οτιδήποτε μπορεί να περιγραφεί μαθηματικά από μια συνάρτηση δύο ανεξάρτητων μεταβλητών.

Ιστορικά, η πρακτική εφαρμογή των τεχνικών επεξεργασίας εικόνας καθυστέρησε σε σχέση με την εφαρμογή των τεχνικών επεξεργασίας σήματος, επειδή η ποσότητα πληροφορίας που πρέπει να υποστεί επεξεργασία για τη συλλογή των πληροφοριών από μια εικόνα είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη από την ποσότητα πληροφορίας που απαιτείται για τη λήψη πληροφοριών από ένα χρονικό σήμα. Όμως, πλέον, η επεξεργασία εικόνας σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί μια ολοένα και πιο πρακτική τεχνική. Το μεγαλύτερο κομμάτι της επεξεργασίας εικόνας γίνεται από υπολογιστές. Ορισμένες απλές πράξεις επεξεργασίας εικόνας μπορούν να γίνουν απευθείας με οπτικά στοιχεία και αυτές μπορούν φυσικά να γίνουν με πολύ υψηλές ταχύτητες (με την ταχύτητα του φωτός!). Η άμεση όμως οπτική επεξεργασία εικόνας είναι πολύ περιορισμένη ως προς την ευελιξία της συγκριτικά με την ψηφιακή επεξεργασία εικόνας σε υπολογιστές.

Η Εικόνα 1.15 δείχνει δύο εικόνες. Στα αριστερά είναι μια εικόνα ακτίνων-Χ χωρίς επεξεργασία μιας χειραποσκευής σε σημείο ελέγχου ενός αεροδρομίου. Στα δεξιά είναι η ίδια εικόνα έπειτα από επεξεργασία με ορισμένες πράξεις φιλτραρίσματος της εικόνας προκειμένου να αποκαλυφθεί η παρουσία ενός όπλου. Αυτό το βιβλίο δεν θα εμβαθύνει στην επεξεργασία εικόνας, θα χρησιμοποιήσει όμως ορισμένα παραδείγματα επεξεργασίας εικόνας για την επεξήγηση εννοιών στην επεξεργασία σήματος.

Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα σήματα μεταφέρουν πληροφορίες και του τρόπου με τον οποίο τα συστήματα επεξεργάζονται τα σήματα είναι θεμελιώδης σε πολλούς τομείς της μηχανικής. Αντικείμενο αυτού του βιβλίου είναι τεχνικές για την ανάλυση σημάτων που επεξεργάζονται τα συστήματα. Αυτό το υλικό μπορεί να θεωρηθεί ένα βιβλίο εφαρμοσμένων μαθηματικών περισσότερο απ' ό,τι ένα βιβλίο που καλύπτει την κατασκευή χρήσιμων διατάξεων, η κατανόηση όμως αυτού του υλικού είναι πολύ σημαντική για τον επιτυχημένο σχεδιασμό χρήσιμων διατάξεων. Το υλικό που ακολουθεί ξεκινά από ορισμένους θεμελιώδεις ορισμούς και έννοιες και εκτείνεται έως ένα πλήρες φάσμα τεχνικών ανάλυσης σημάτων συνεχούς και διακριτού χρόνου σε συστήματα.

1.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη σημάτων και συστημάτων. Στη συνέχεια συζητούνται ορισμένα παραδείγματα συστημάτων. Η συζήτηση περιορίζεται στις ποιοτικές πτυχές του συστήματος με ορισμένα επεξηγηματικά σχήματα της συμπεριφοράς του συστήματος υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Αυτά τα συστήματα θα επανεξεταστούν στο Κεφάλαιο 4 και θα συζητηθούν λεπτομερέστερα και πιο ποσοτικά στο υλικό που αφορά τη μοντελοποίηση συστημάτων.