

Vantaggi dell'impiego di segnali digitali.

Diverse sono le ragioni che hanno portato ad un graduale e lento passaggio dalle tecniche analogiche a quelle digitali, comunque i fondamentali vantaggi delle comunicazioni digitali possono essere così sintetizzati:

- 1) *Miglior comportamento nei confronti del rumore.*
- 2) *Possibilità di integrare in un unico sistema di trasmissione l'invio di informazioni di diversa natura (audio, video, dati numerici).*
- 3) *Maggiore efficienza e flessibilità dei sistemi.*
- 4) *Possibilità di elaborazione del segnale in tempo reale, impossibile con la tecnica analogica.*
- 5) *Facilità di memorizzazione*
- 6) *Minor costo dei sistemi.*

Un segnale è sostanzialmente rappresentato dalla variazione di una grandezza fisica nel tempo (ad esempio una tensione) che veicola un messaggio. Il messaggio deve essere formulato in un "codice" che sia comprensibile al destinatario, inoltre **il segnale è codificato in modo da avere caratteristiche adatte alla trasmissione.**

In generale, un segnale **analogico** è *la rappresentazione di una grandezza fisica tramite una sua analoga*. Tale grandezza deve seguire le variazioni di quella "rappresentata", come la variazione dell'angolo di rotazione delle lancette di un orologio rappresenta lo scorrere del tempo o l'altezza della colonna di mercurio di un termometro riflette le variazioni di temperatura dell'ambiente o del corpo con cui si trova a contatto. Queste sono variazioni "continue" ovvero graduali, poiché le grandezze fisiche non possono passare istantaneamente da un valore all'altro. All'interno dell'intervallo di variazione, un segnale analogico può assumere dunque infiniti valori **reali** infatti **tra due numeri reali ve ne sono infiniti altri**. L'insieme di tali valori è **non numerabile**.

Esempi:

- tempo ↔ angolo della lancetta dell'orologio
- segnale acustico → segnale elettrico (microfono)
- segnale elettrico → segnale acustico (altoparlante)
- temperatura ↔ altezza in mm del termometro a mercurio

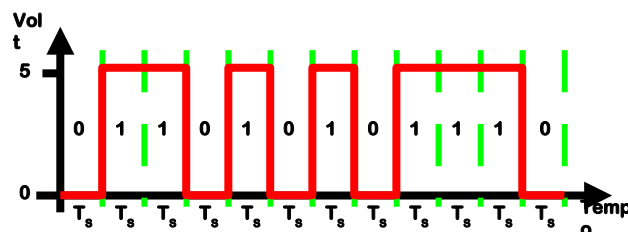
Tutti i segnali sono fisicamente "analogici", tuttavia in quelli "digitali" l'informazione non è rappresentata dal valore esatto assunto dal segnale in un determinato istante quanto dal fatto che tale valore si trovi all'interno di un certo intervallo. Un segnale digitale è "discreto" in quanto assume solo un **numero finito di valori distinti**.

Discreto sta per numerabile. Riprendendo l'esempio di prima, un orologio digitale rappresenta il tempo attraverso una serie di cifre che indicano l'ora: quest'ultima può assumere solo un numero finito di valori e non esistono valori "intermedi", per esempio, tra le 12:50 e le 12:51 (in effetti l'esempio è un po' forzato in quanto anche nel caso dell'orologio "analogico" le lancette si muovono a scatti anche se impercettibili quindi il funzionamento anche in questo caso è in effetti digitale).

Nell'ambito della trasmissione, un segnale digitale assume solo due valori associati rispettivamente alle cifre binarie "0" e "1" (vedi figura).

- al valore 0V si associa per esempio "0"

- al valore 5V si associa per esempio "1"



In pratica se considero l'intensità di un suono, ad esempio, in un dato istante il suo valore può essere codificato in una sequenza binaria di 0 e 1 e trasmesso al destinatario sotto forma di impulsi di tensione anche se questi non saranno perfettamente "rettangolari" come in figura.

Questa operazione comporta dei vantaggi sostanziali per quanto concerne la trasmissione.

1) Miglior comportamento nei confronti del rumore.

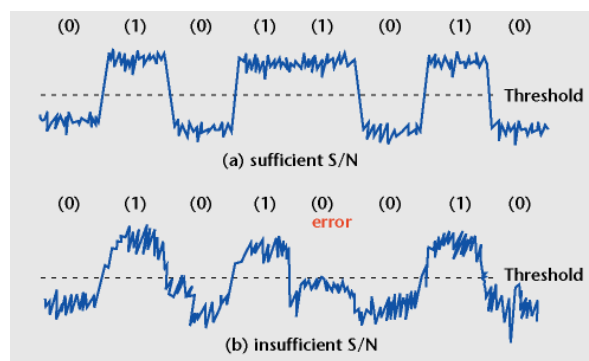
Si supponga di trasmettere un dato da un trasmettitore A ad un ricevitore B.

Rumore e disturbi, per quanto possano essere minimi, sono sempre presenti, sia nel trasmettitore, che nel ricevitore. Ma soprattutto, sono presenti nel mezzo di comunicazione, sia esso un cavo o l'etere (aria). Se, ad esempio, il valore trasmesso è una tensione $V = 4V$, l'informazione ricevuta potrebbe essere $4,3V$. Il destinatario ignora il contenuto del messaggio (ovvero il valore che il mittente desiderava trasmettere, altrimenti non avrebbe senso effettuare la comunicazione) ed interpreta il valore ricevuto come se fosse corretto (in mancanza di altre informazioni non è in grado di determinare che si è verificato un errore).

Per evitare ciò, mittente e destinatario potrebbero accordarsi sull'utilizzare solo un insieme finito di livelli di tensione, ad esempio $1,2,3,4,5$. In questo caso il destinatario ricevendo il valore, non ammissibile, $4,3V$ potrebbe dedurre che il valore effettivamente trasmesso era molto probabilmente $4V$ (anche se non ne ha la certezza... dipende tutto dal livello del rumore).

In tal caso si dice che il segnale ha un'ampiezza "discreta".

Nel caso di trasmissioni digitali, il dato è codificato, nella maniera più semplice possibile utilizzando solo due livelli, da questo deriva che se il segnale non è eccessivamente alterato, è possibile estrarre l'informazione originaria con una semplice operazione di confronto con un valore di soglia (vedi figura).



A parità di rapporto tra l'intensità del segnale e quella del rumore (in realtà della "potenza" che è legata all'intensità) un segnale digitale è molto meno suscettibile a errori di un segnale analogico (e di un segnale discreto con più di 2 livelli).

Se il segnale varia tra $1V$ e $5V$ (come nell'esempio di prima) ma, può assumere solo questi due valori (escludendo $2V, 3V, 4V$) sarà molto più semplice risalire al segnale originale.

Supponiamo che il rumore abbia un'intensità media pari a $1V$, esso è in grado di trasformare un segnale da $2V$ in uno di $1V$ o $3V$. Essendo tali valori ammissibili il destinatario non potrebbe che considerarli validi. Questo "errore di trasmissione" non si verificherebbe nel caso in cui i valori trasmessi fossero solamente $1V$ e $5V$. In tal caso infatti basterebbe appurare che il segnale ricevuto è inferiore o superiore a $3V$. Poiché il rumore non è abbastanza grande da trasformare $1V$ in un valore superiore ai $3V$, il ricevitore sarebbe in grado di risalire al valore corretto del segnale.

Tuttavia ciò non significa che non vi saranno ugualmente errori di trasmissione. Tra l'altro tali errori tendono a divenire sempre più frequenti man mano che il segnale propagandosi si attenua per via dell'inevitabile dissipazione di energia che si ha nel mezzo di trasmissione.

Anche in questi casi la natura "digitale" del segnale consente però di fare cose che non sarebbero possibili con un segnale analogico.

Un segnale analogico può essere solamente amplificato, non si possono correggere le alterazioni che si sono prodotte nel corso della trasmissione, in quanto il ricevente, come abbiamo detto prima, non ha modo di conoscere il segnale originario e quindi di individuare le differenze.

Al contrario il segnale digitale rappresenta una sequenza binaria che può essere ricostruita attraverso un'operazione di soglia e grazie all'utilizzo di opportune codifiche che consentono di rilevare e correggere gli eventuali errori di trasmissione.

In sostanza dunque il miglior comportamento nei confronti del rumore è dovuto almeno a tre fattori:

a) I segnali digitali permettono una buona ricezione anche con valori del rapporto segnale rumore molto bassi, tali da rendere assolutamente inintelligibili i segnali analogici.

b) Nelle trasmissioni digitali su lunga distanza non si accumula l'effetto del rumore raccolto nelle varie tratte, perché il segnale viene completamente rigenerato al termine di ogni tratta.

c) Infine, grazie alla relativa facilità con cui possono essere elaborati i segnali digitali, si possono realizzare circuiti ed algoritmi per la rivelazione degli errori e per la correzione degli stessi, ai fini di migliorare l'affidabilità della comunicazione.

In conclusione possiamo dire che i segnali digitali, rispetto a quelli analogici, forniscono prestazioni migliori per quanto riguarda il comportamento nei confronti del rumore.

2) Integrazione dei sistemi di trasmissione.

Dal momento che tutti i segnali analogici possono essere convertiti in segnali digitali, è possibile trasmettere con un unico apparato di comunicazioni digitali una grande varietà di segnali, provenienti da fonti di informazioni diverse. Una volta rese discrete e quindi numeriche, le informazioni più diverse (audio, video, dati, testo, ecc.) possono essere mescolate in un unico ed (apparentemente) uniforme flusso di bit (ovviamente le singole informazioni possono essere distinte in ricezione poiché vengono aggiunti bit che specificano il tipo di informazioni trasmesse in ogni blocco). Un unico apparato può quindi trasmettere una grande varietà di informazioni, e non è più necessario dover progettare e realizzare sistemi specializzati per la trasmissione di un particolare tipo di segnale. Sarà sufficiente progettare le interfacce di ingresso e di uscita del particolare tipo di informazione richiesto.

3) Maggiore efficienza e flessibilità dei sistemi.

I sistemi digitali operano sotto controllo software, per cui è possibile ottenere una elevata flessibilità ed efficienza, sia in termini di servizi offerti agli utenti, sia in termini di evoluzione delle prestazioni del sistema, ottenute spesso, più che con modifiche hardware, con miglioramenti (*upgrade*) del software.

Con un semplice aggiornamento del software è persino possibile rendere disponibili nuovi servizi, magari neppure previsti al momento del progetto iniziale. Si pensi per contro ai grossi problemi di compatibilità che dovevano essere affrontati ad ogni notevole evoluzione dei sistemi analogici (ad es. nel passaggio dal segnale audio mono a quello stereofonico, e nel passaggio dal segnale video in bianco e nero a quello a colori).

4) Facilità di elaborazione in tempo reale dei segnali digitali.

Mentre l'elaborazione dei segnali analogici è generalmente limitata alle operazioni di amplificazione, di modulazione e di filtro (si elimina tutto ciò che non ricade nella banda (intervallo di frequenze) del segnale), l'elaborazione dei segnali digitali può comportare operazioni complesse ed essere effettuata con una relativa facilità.

Rivelazione e correzione degli errori: Nei sistemi digitali si possono realizzare circuiti ed algoritmi per la *rivelazione degli errori e per la correzione degli stessi*, ai fini di migliorare l'affidabilità dei messaggi ricevuti.

Compressione: Mediante una elaborazione digitale è infine *possibile ridurre la quantità di dati trasmessi comprimendo opportunamente il segnale ed evitando di ripetere l'invio delle medesime informazioni (riduzione ridondanza)*. Il segnale video, ad esempio, richiede la trasmissione di un'elevata quantità di dati, tuttavia tale quantità può essere considerevolmente ridotta considerando che molto spesso solo una parte dell'immagine è in movimento, cioè ha un reale contenuto informativo si può quindi evitare di trasmettere dati relativi alle parti che non variano da un fotogramma all'altro.

Crittografia: Un'ulteriore considerazione può riguardare la *segretezza dell'informazione trasmessa*, problema di non facile soluzione nel caso della trasmissione analogica. Con un sistema digitale l'informazione è codificata ed è quindi possibile adottare forme di crittografia per rendere incomprensibili le informazioni a persone non autorizzate.

5) Facilità di memorizzazione

Si tenga infine conto che un segnale digitale può anche essere facilmente memorizzato a basso costo, in modo molto più semplice di quanto non possa avvenire per un segnale analogico.

La realizzazione di dispositivi di memoria in grado di conservare grosse quantità di dati è molto semplificata dall'utilizzo di tecniche digitali, dove vi sono solo due stati fisici dei supporti di memoria associati rispettivamente a 0 e 1. La possibilità di utilizzare la tecnologia dei semiconduttori (quella dei circuiti integrati per intenderci), permette inoltre di aumentare di diversi ordini di grandezza la velocità di tali memorie.

6) Convenienza economica dei sistemi digitali.

I circuiti digitali sono più facilmente integrabili dei circuiti analogici, ovvero possono essere miniaturizzati e messi insieme su un unico chip (infatti si sono sviluppati molto prima i circuiti integrati digitali di quelli analogici). Ciò comporta una considerevole riduzione dei costi di produzione (e di dimensioni) delle apparecchiature digitali.