

G. Schgör - (Feb. 2004)

Esperienze di programmi didattici in Rete

Sommario

Vengono presentati programmi per l'apprendimento dell'Elettronica, disponibili in Internet, e basati sulla 'simulazione' del funzionamento dei circuiti fondamentali.

Vengono in particolare illustrati i criteri con cui questi sono stati sviluppati e i vantaggi che, secondo l'autore, dovrebbero trarne sia i docenti che gli allievi.

L'autore auspica inoltre che, attraverso la Rete, possa essere instaurato con i docenti uno scambio di esperienze didattiche sull'uso appunto dei programmi di simulazione, per migliorare l'istruzione tecnica nelle scuole italiane.

(NOTA: Spiacente per la scadente qualità delle figure, dovuta alla conversione in PDF).

1. Le premesse

La serie di programmi didattici qui presentata ha una lunga storia.

Alcuni di questi risalgono ad oltre 35 anni fa, all'apparire sul mercato alla fine appunto degli anni '60 dei primi minicalcolatori. Non erano ancora gli attuali personal computer (che cominciarono a diffondersi solo all'inizio degli anni '80), non avevano monitor né memorie di massa e l'unica interfaccia con l'operatore era costituita da una telescrivente, quindi le capacità grafiche erano assai limitate.

Eppure già allora si potevano intravedere le enormi potenzialità di applicazione nella progettazione e nella didattica.

Gli articoli di una serie [1] apparsa fra la fine del 1969 e l'inizio del 1970, illustravano queste possibilità e l'enorme evoluzione dei successivi personal computer non fece che potenziare tali caratteristiche.

L'evoluzione soprattutto dei linguaggi dalle primitive forme di Basic alla programmazione per oggetti (come VisualBasic per Windows), permise infatti di produrre programmi sempre più facili da usare e con grafica sempre più sofisticata.

Ma mentre per scopi di progettazione è ormai indiscusso e preponderante in tutti i campi l'utilizzo del calcolatore elettronico, non appaiono però a tutt'oggi realizzate appieno le prospettive di applicazione alla didattica.

Questo è il principale argomento che verrà qui trattato, assieme all'indicazione di come trarre effettivi vantaggi da un più intelligente uso del calcolatore e della rete Internet, al di là delle troppe ed inutili chiacchiere che circolano nella Rete stessa.

2. La simulazione.

Il concetto di simulazione è molto semplice: per l'analisi di un oggetto (ad es. un componente, un circuito o un intero apparato), invece di impiegare l'oggetto reale, si programma un calcolatore perché si comporti, al fine di quell'analisi, nello stesso modo di come si comporterebbe l'oggetto stesso.

Se ne possono quindi studiare le caratteristiche senza fisicamente maneggiare l'oggetto e senza nemmeno disporre degli apparati di misura che altrimenti sarebbero necessari.

La simulazione non è quindi altro che una 'modellizzazione' matematica che produce determinate risposte a dati stimoli.

Si realizza in effetti un 'laboratorio virtuale' che permette di sperimentare in modo oltremodo semplice e sicuro, sia per la messa a punto progettuale dell'oggetto, sia per un'indagine conoscitiva sul suo comportamento.

Quest'ultimo punto è di fondamentale importanza per la didattica, permettendo a chiunque di 'sperimentare' (e quindi capire meglio) come 'funziona' l'oggetto esaminato.

I vantaggi di questo approccio sono evidenti, potendo ad esempio mettere in risalto le caratteristiche teoriche, cioè studiare un oggetto ideale, senza i limiti e le imperfezioni dell'oggetto reale, al fine di semplificarne la comprensione.

L'obiezione che ciò porta ad una conoscenza astratta, è sicuramente fondata, ma si può facilmente ribattere che gran parte delle tecniche progettuali è di fatto basata su assunzioni di questo tipo. Si pensi all'implicito comportamento lineare dei componenti nel progetto di un circuito elettrico.

A questo proposito si deve anzi sottolineare che la simulazione mediante calcolatore può tener conto di limiti e non-linearità, che possono essere introdotti nel modello, complicandone la struttura, ma riproducendo un comportamento approssimato a piacere alla realtà.

3. Un esempio concreto: il partitore di tensione.

Per dare un'idea più concreta della simulazione mediante calcolatore, possiamo riferirci ad un caso estremamente semplice di circuito elettrico come è quello di un partitore di tensione (vedi fig.1), in cui un alimentatore è collegato ad una serie di 2 resistenze e un potenziometro centrale, dal cui cursore viene alimentato un carico resistivo R_c .

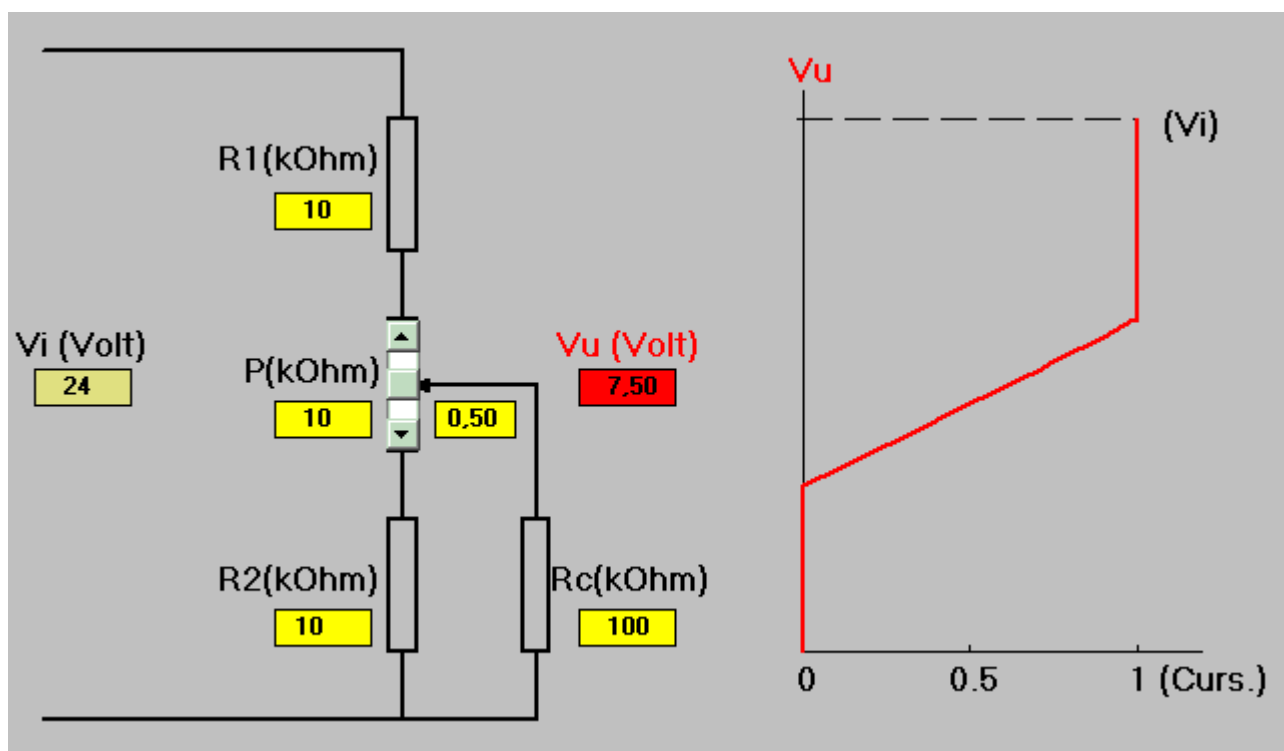


fig.1 - Esempio di simulazione di un partitore di tensione

Dati i parametri, tutti prefissabili scrivendone i valori nelle rispettive caselle gialle, della tensione dell'alimentatore V_i , delle resistenze e del potenziometro, nonché di R_c , si vuole conoscere il valore della tensione sul carico V_u , in funzione della posizione del cursore.

Quest'ultimo è comandabile con il mouse per trascinamento o clickando sulle frecce superiore o inferiore del potenziometro stesso.

La posizione del cursore va da 0 (estremo inferiore) ad 1 (estremo superiore) con indicazione nella casella gialla sotto il cursore.

La casella in rosso indica la tensione d'uscita cercata, V_u , e varia appunto con la posizione del cursore, da un valore minimo ad uno massimo.
 Per rendere visibile l'andamento qualitativo di V_u in funzione della posizione del cursore è stato aggiunto, a destra della figura, un apposito grafico a tratto rosso.
 Ovviamente, la staticità della fig.1 qui riportata non consente di apprezzare appieno la facilità d'utilizzo dell'effettivo programma, che può solo essere immaginata.

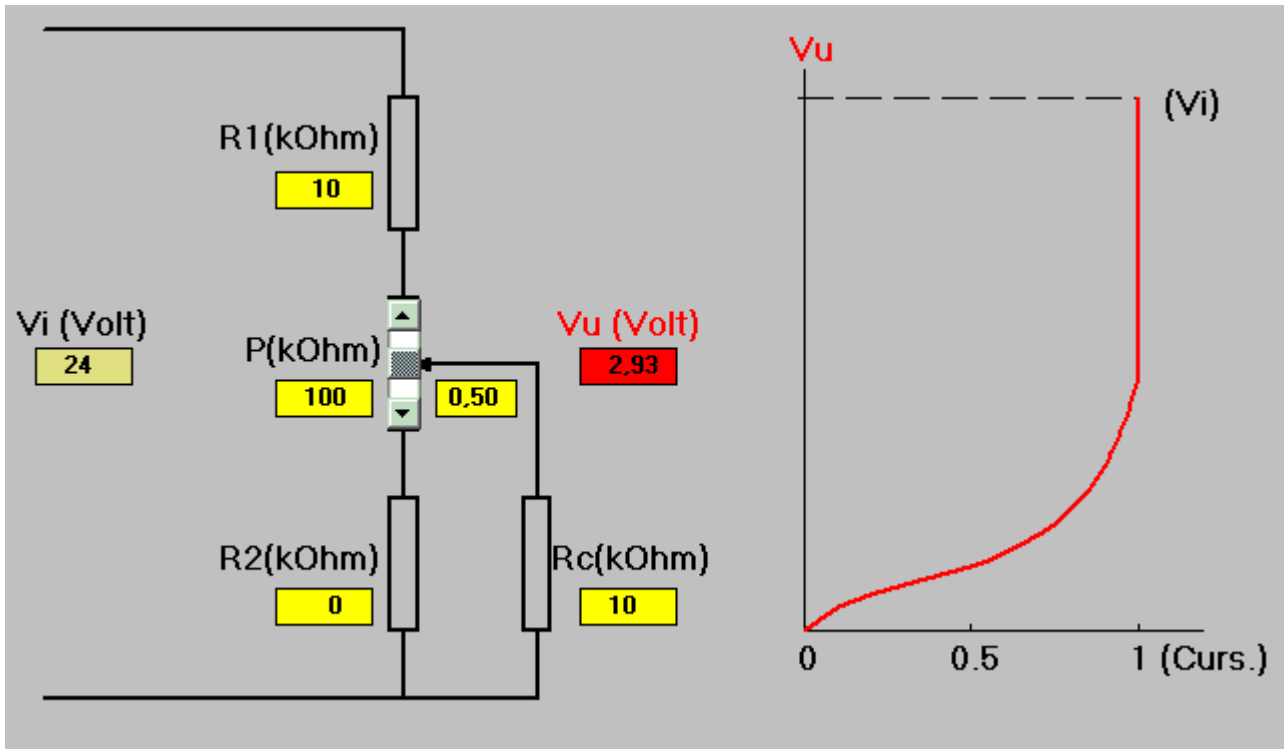


fig.2 - Altro caso della stessa simulazione di fig.1

Ma per meglio apprezzare l'efficacia didattica, si riporta in fig.2 un'altra situazione, in cui si sono invertiti rispetto alla fig.1, i valori nominali di R_c e P , e si è azzerata R_2 : questo comporta una grossa non-linearità di V_u in funzione della posizione del cursore (addirittura una curva ad S), a dimostrazione della complessità di calcolo richiesta già da un'applicazione così semplice.

E' tuttavia evidente che molto più interessanti possano essere simulazioni di funzionamento ad esempio di circuiti elettronici, in cui è di fondamentale importanza mostrare l'evoluzione nel tempo di segnali o di stati che modificano il funzionamento stesso: i circuiti riportati nei testi scolastici sono di per sé incomprensibili senza lunghe descrizioni che li commentano.

In questo senso una simulazione orientata a mettere in risalto le sequenze più importanti, corredate di tutte le informazioni utili, possono illustrarne il funzionamento molto più efficacemente di qualsiasi spiegazione e meglio anche delle stesse esercitazioni di laboratorio, che spesso permettono soltanto di constatare il funzionamento, ma non il come ed il perché.

3. I requisiti per la stesura di un programma di simulazione.

Da quanto già detto, dovrebbe apparire chiaro che la stesura di un programma di simulazione per usi didattici richiede specifiche competenze.

Si citano qui le 3 principali:

- conoscenza profonda dell'argomento trattato
- conoscenza degli algoritmi necessari alla simulazione
- conoscenza dei linguaggi di programmazione adatti alla presentazione ed al colloquio con l'utente.

Esaminiamo questi punti.

Il primo è evidente: non si dovrebbe insegnare ciò che non si conosce (evidente, ma non sempre rispettato, come spesso appare da molti testi scolastici in circolazione).

Il secondo riguarda l'elaborazione del modello matematico utilizzato per simulare il comportamento dell'oggetto considerato: mentre per alcuni casi è sufficiente un'elaborazione algebrica delle relazioni che legano tra loro i vari parametri in gioco, per altri (ad esempio per fenomeni comportanti relazioni integro-differenziali) sono richieste procedure per differenze finite, il che non è purtroppo abbastanza diffuso nel bagaglio culturale dei docenti italiani.

(Per gli algoritmi vedi ad es. [2] e [3], per la simulazione in generale vedi [4] e [5]).

Il terzo punto riguarda la scelta del linguaggio da adottare: anche qui si segue troppo spesso la moda del momento. Se in principio è abbastanza vero che con qualsiasi linguaggio si può risolvere qualsiasi problema, non lo è in pratica.

Un linguaggio attualmente di moda è Java, che ha indubbi vantaggi per le necessità di collegamenti Internet, ma che comporta (almeno allo stato attuale) qualche difficoltà nella stesura in modo semplice di programmi di calcolo e simulazione (è vero che ci sono meravigliosi programmi grafici di simulazione in Java, ma la loro stesura richiede la disponibilità di intere 'librerie' di sottoprogrammi).

Personalmente ritengo difficilmente superabile per questi scopi la semplicità formale dei programmi scritti in VisualBasic per Windows, anche se oggi ritenuti da molti 'invecchiati'.

Ad ogni modo, la cosa più importante sarebbe di sfruttare il più possibile ed in qualsiasi forma le potenzialità del calcolatore per migliorare l'insegnamento scolastico ma la visita dei siti italiani esistenti in Rete è, a questo proposito, desolante (vorrei sinceramente essere smentito da segnalazioni che mi dimostrino il contrario).

Quei pochi esempi di pagine Web dedicate in particolare all'Elettronica che mi è capitato di visitare mi portano a concludere che siamo ben lontani da questo scopo, anche in uno dei settori più trainanti dell'industria.

Per questi motivi, rivolgendomi soprattutto agli Insegnanti di Elettronica, propongo la mia collaborazione (ovviamente gratuita) per la stesura di programmi che abbiano appunto lo scopo di migliorare l'insegnamento scolastico, basandosi sulla simulazione al calcolatore degli esperimenti didattici.

Ai docenti è richiesto di segnalare, in base alla loro esperienza d'insegnamento, argomenti e metodologie di illustrazione, che ritengano maggiormente interessanti ed utili, il tutto mediante e-mail. (il mio indirizzo è: g.schgor@polaris-net.it)

4. Le basi di partenza

Ovviamente non si tratta di partire da zero. Come dovrebbe già essere chiaro, questa proposta è basata su una ormai cinquantennale esperienza nel campo dell'Elettronica

(praticamente nata fin dagli inizi di questa tecnologia), ed in particolare su quarant'anni di attività professionale nell'applicazione di questa all'Automazione Industriale.

Nell'ultimo decennio, ho avuto quindi modo di riordinare, rivedere ed aggiornare molti dei programmi sviluppati in precedenza per scopi specifici (tra cui quello della formazione aziendale di tecnici, in tempi in cui l'elettronica non era ancora materia scolastica).

Questo dunque ha portato a serie di programmi che coprono praticamente tutti i vari settori applicativi di questa tecnologia, cioè l'Elettronica Analogica, la Digitale e quella di Potenza. (Un discorso a parte riguarda il settore Teletrasmissioni, che richiede particolari basi di conoscenza e supporti di calcolo più complessi).

E' impossibile dare in poche pagine una visione completa di tutto questo.

Mi limiterò quindi a pochi esempi, e limitatamente al settore Digitale, facendo però una premessa.

Un singolo programma di simulazione è uno strumento didattico che richiede il supporto di un Insegnante, che ne inquadri le basi teoriche e le finalità applicative. Di per sé non è quindi utilizzabile direttamente da un allievo, cioè non è destinato ad un uso autodidattico.

I numerosi programmi disponibili sono quindi pensati principalmente come supporto all'Insegnante e, almeno inizialmente, l'obiettivo era una distribuzione via Internet riservata ai Docenti interessati.

Ma la Rete offre una possibilità di accesso a chiunque, quindi è parso opportuno fornire anche un supporto più ampio, con Corsi applicativi illustranti le modalità di impiego dei vari programmi di simulazione. I singoli corsi, scritti in linguaggio Java, rappresentano quindi sia un suggerimento per l'utilizzo da parte degli Insegnanti, sia una guida per autodidatti.

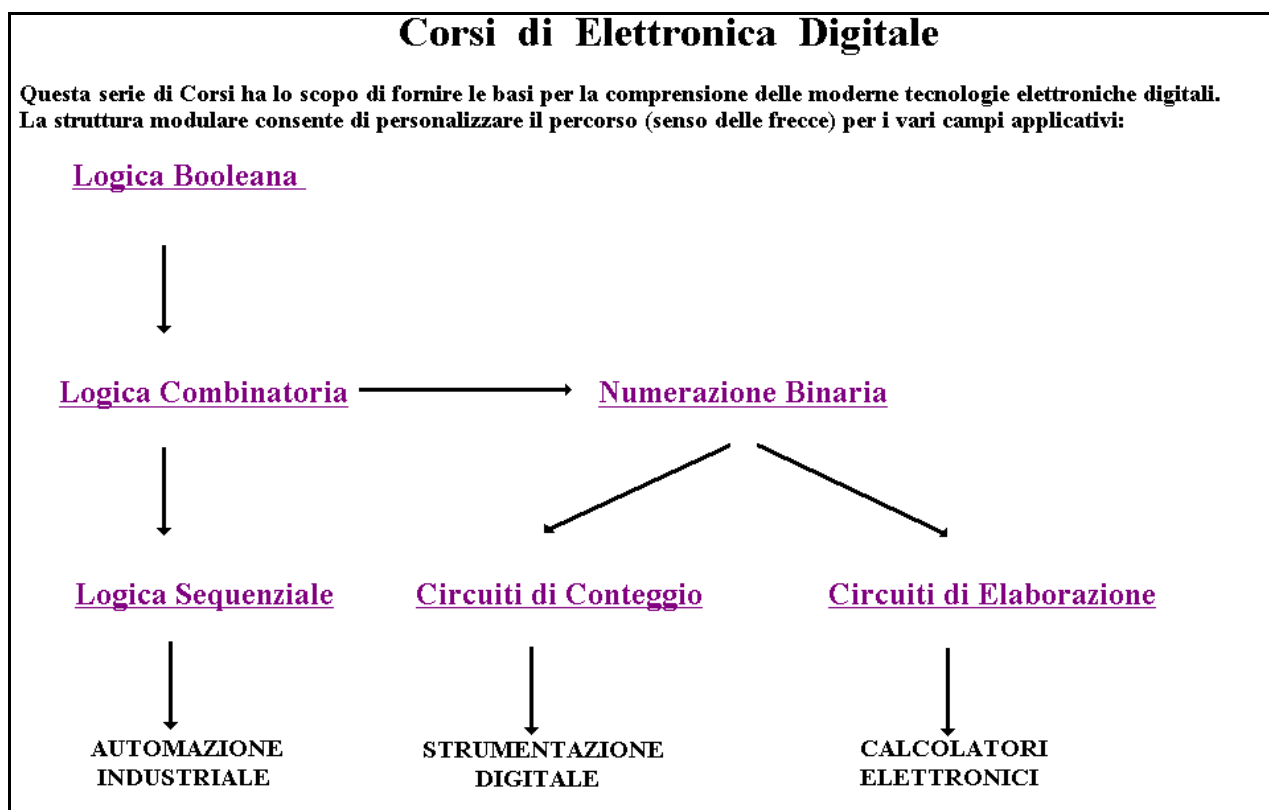


fig.3 - Struttura modulare dei corsi di Elettronica Digitale

La fig.3 rappresenta la pagina Web che raggruppa e permette di accedere ad ogni corso.

Come si vede, ciascun corso è pensato come un 'modulo' per seguire un percorso finalizzato a dare una conoscenza di base per i principali settori applicativi industriali delle tecniche digitali.

A ciascun corso corrisponde in pratica un programma di simulazione (in VisualBasic ed ottenibile per il momento solo su richiesta via e-mail) che permette le esercitazioni suggerite dal corso stesso.

5. Esempi tratti dai Corsi

Anche qui è difficile scendere nei dettagli dei singoli argomenti e sono costretto a dare solo dei flash che suggeriscano opportunità di applicazione.

La fig.4 , tratta dal Corso di Logica Booleana, mostra la possibilità di composizione di un'espressione logica e la sua immediata interpretazione rispettivamente in tabella della verità ed in diagramma di Venn.

La connessione fra questi 3 modi di rappresentazione di condizioni logiche è resa evidente ed aiuta a capire il 'significato' dell'espressione.

E' ovvio che il corso introduce passo per passo le varie operazioni logiche, dandone appunto un'interpretazione grafica, certamente più immediata ed efficace delle definizioni astratte.

Tabella della ' verità '

A	B	C	R
0	0	0	1
1	0	0	0
0	1	0	1
1	1	0	1
0	0	1	1
1	0	1	0
0	1	1	1
1	1	1	0

Diagramma di Venn

A	[R =	[not(A) or B] and [not(A) or not(C)]
B]		
C	not[
not(A)	or		
not(B)	and		
not(C)	DEL		

SOFIND

GUIDA

CANCELLA

INTERPRETA

Indice

fig.4 – Esempio di programma per l'interpretazione delle espressioni booleane.

La fig.5, tratta dal Corso di Logica Combinatoria, mostra un laboratorio virtuale in cui è possibile creare elementi logici, collegarli in un circuito combinatorio e provarne il funzionamento.

Chiunque abbia affrontato le difficoltà pratiche di realizzazione e di prova di circuiti di questo tipo, dovrebbe apprezzarne la semplicità d'uso, ma l'apprezzamento dovrebbe essere soprattutto per le possibilità di verificare sperimentalmente (anche se in modo 'virtuale') il comportamento di qualsiasi configurazione.

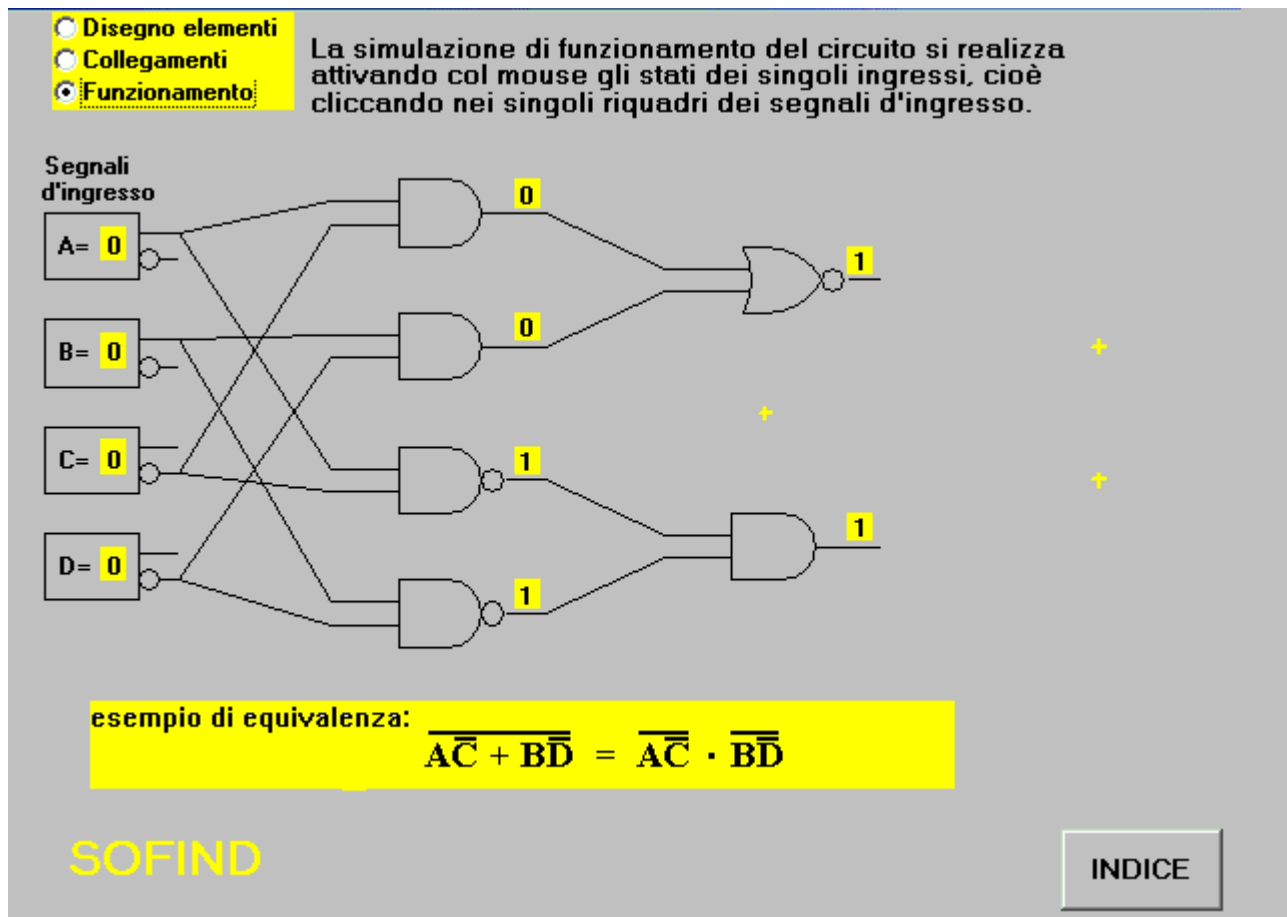


fig.5 – Esempio di schema realizzato con il programma di creazione e prova circuiti logici (fino a 9 elementi).

Con il Corso di Logica Sequenziale, che illustra gli elementi di 'memorizzazione' dei segnali e quelli di temporizzazione, si conclude il primo percorso, quello relativo all'Automazione Industriale.

Fra gli esempi di questo corso, viene qui riportata (fig.6) la configurazione dei comandi di un ascensore (in particolare viene qui mostrato solo il controllo dell'apertura e chiusura della porta). Si sottolinea che il programma permette di seguire in tempo reale l'evolversi dei segnali di comando in concomitanza con i movimenti dell'ascensore, in modo da visualizzare le relative sequenze.

Questo rende semplice l'apprendimento dei concetti di applicazione dei Set-Reset Flip-Flop (i rettangoli riportati in figura), altrimenti percepiti come oggetti astratti, fine a sé stessi..

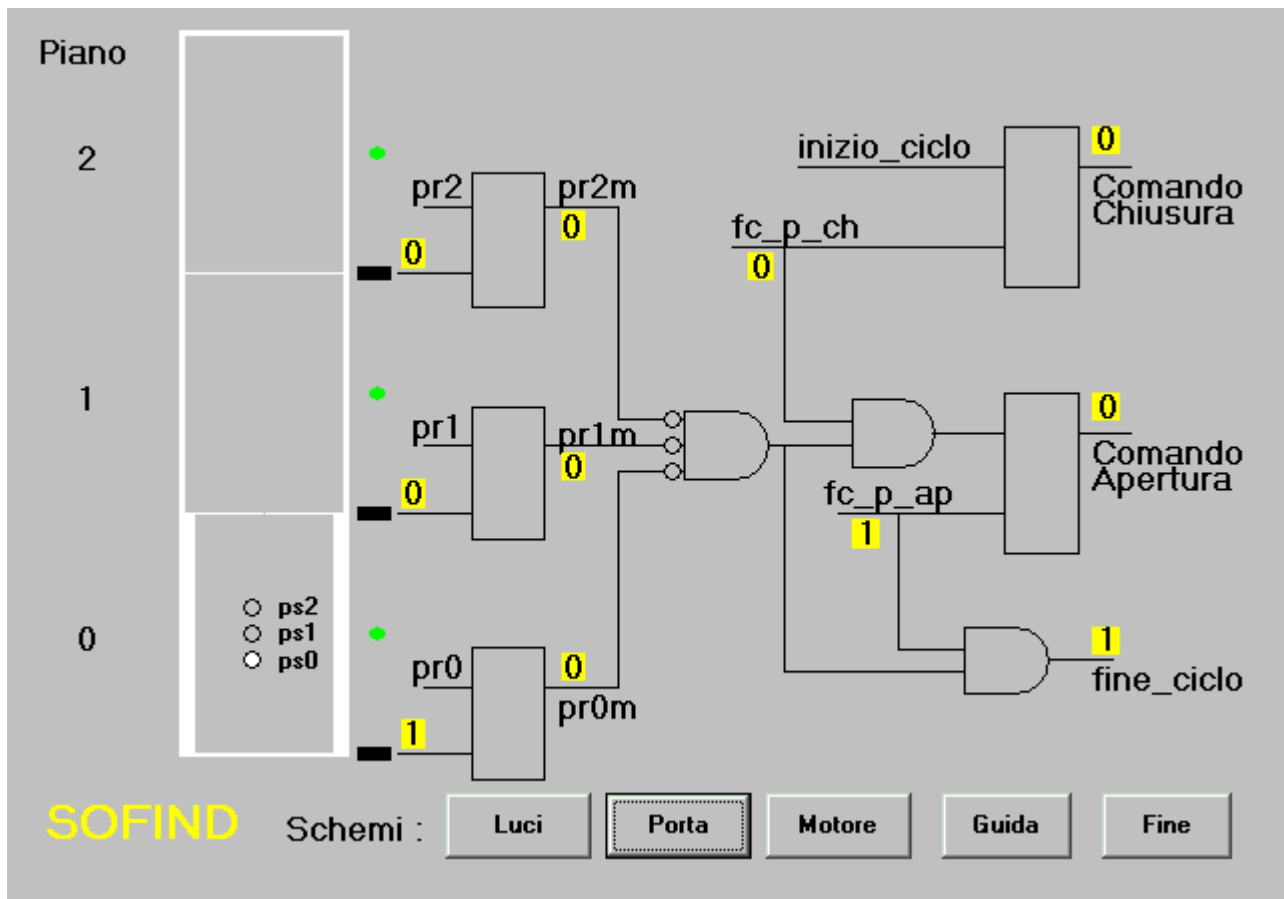


fig.6 - Esempio di automatismo sequenziale (comandi di un ascensore: circuito controllo porta).

A questo proposito, devo esprimere una certa perplessità nel come questi argomenti sono trattati nei libri di testo che vanno per la maggiore nelle scuole tecniche superiori italiane: alcuni trattano solo la logica combinatoria, altri associano i circuiti sequenziali esclusivamente alle applicazioni di conteggio. Quasi nessuno cita i circuiti di temporizzazione (essenziali nella pratica degli automatismi industriali) ed i concetti di 'fase' in una sequenza.

Proseguendo con la panoramica dei Corsi, deve essere evidenziata l'importanza della Numerazione Binaria che è basilare negli altri percorsi didattici verso la Strumentazione Digitale ed i Calcolatori Elettronici.

Questa numerazione viene presentata, nel corso relativo, in modo 'naturale' perché venga compresa intuitivamente, comprese le conversioni con quella decimale, ma è soprattutto la simulazione delle operazioni (somma, sottrazione, moltiplicazione) che rende facile l'apprendimento.

Da questo corso è tratta la fig.7, che simula appunto passo per passo, lo svolgimento dell'operazione (come al solito l'immagine statica non rende l'efficacia della sequenza).

Il prodotto di 2 numeri binari X (moltiplicando) e Y (moltiplicatore) è ottenibile sommando X moltiplicato per ciascun bit di Y e per la rispettiva potenza del 2. Quest'ultima operazione è semplicemente uno spostamento di X a sinistra di un numero di posti uguali alla potenza del 2, mentre la moltiplicazione per ciascun bit di Y non è altro che X stesso (se il bit è 1), oppure 0 (se il bit è 0).

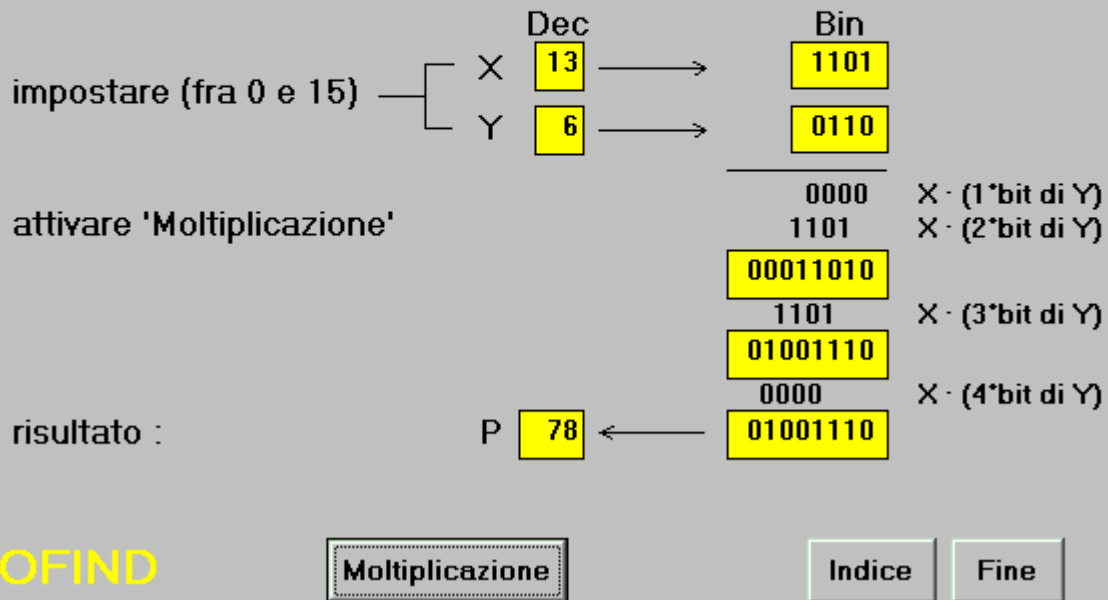


fig.7 - Esempio di svolgimento di una moltiplicazione in sistema binario.

Poche esercitazioni, cambiando i termini dell'operazione, permettono di afferrare l'essenza del procedimento.

Questo è vero in generale per tutti i programmi di simulazione, indipendentemente dall'argomento trattato.

Altri esempi che vale la pena di citare sono i circuiti di conteggio impulsi.

Il relativo corso presenta i blocchi di base, cioè i vari tipi di Flip-Flop, ed il loro utilizzo per realizzare Shift-Register, Contatori Binari e Contatori Decimali (BCD).

In particolare la fig.8 mostra appunto lo schema di una decade, sottolineando la possibilità di effettuare il conteggio e l'azzeramento, rispettivamente con i tasti C ed R della tastiera del calcolatore.

L'esercitazione in questo caso consiste nel seguire le variazioni degli stati d'uscita dei vari J-K Flip-Flop (rappresentati dai rettangoli) ad ogni impulso di clock (tasto C) in ingresso.

Gli stati sono rappresentati come '1' o '0' nei rettangolini gialli sia agli ingressi che alle uscite dei singoli Flip-Flop.

La comprensione di tutti questi elementi, eventualmente completati dai circuiti di conversione D/A e A/D, è indispensabile per affrontare tutta la Strumentazione Digitale.

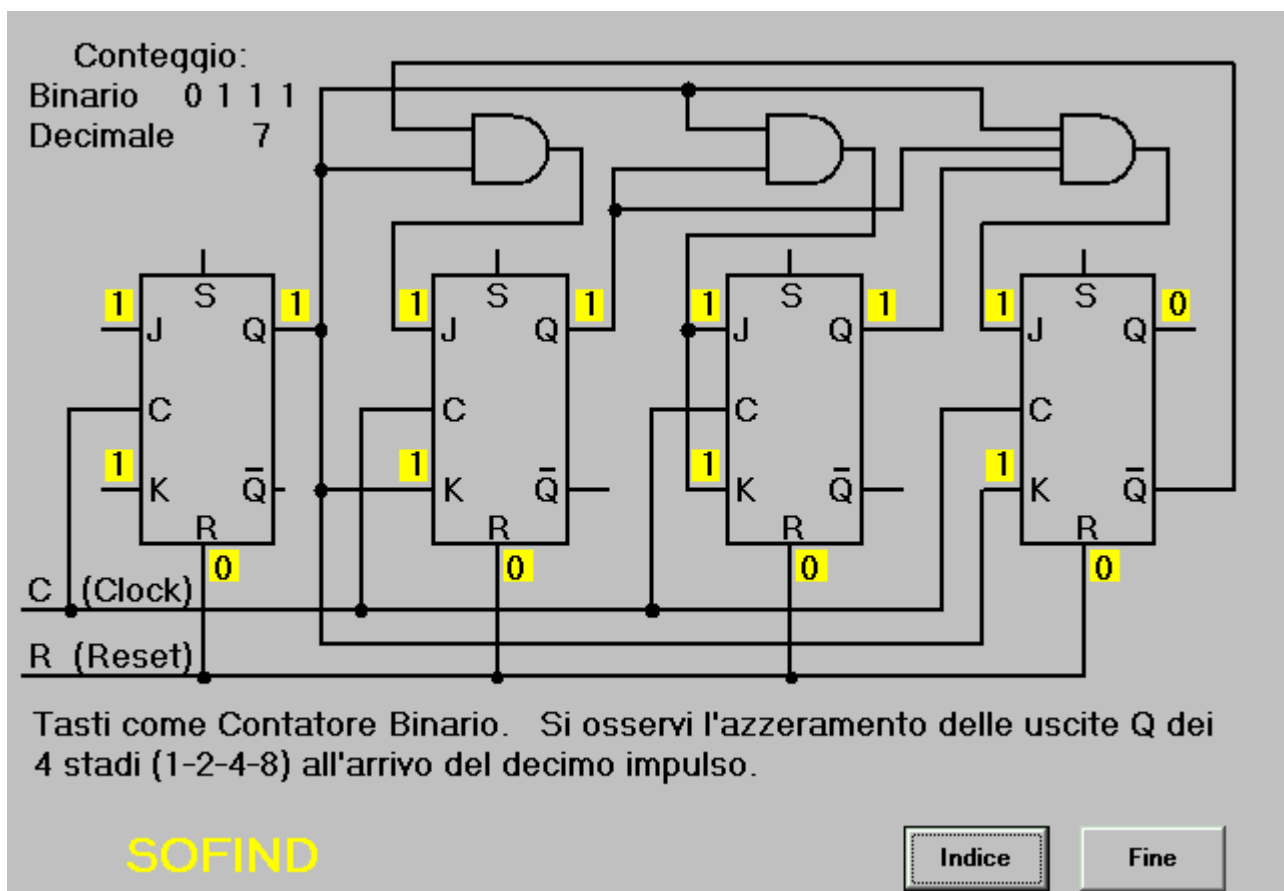


fig.8 - Esempio di contatore decadico (funzionante nel programma di simulazione con i tasti C ed R)

L'ultimo esempio, la fig.9, è tratto dal Corso sui Circuiti di Elaborazione, cioè l'introduzione nella parte dei microprocessori (quindi di tutti i calcolatori elettronici commerciali), che 'elabora' i dati.

In questo corso, oltre alla presentazione dei circuiti semisommatori e sommatore, viene fisicamente simulata l'unità aritmetico-logica (ALU), mostrandone le funzioni appunto di elaborazione

La fig.9 completa la visione della funzionalità, associando all'ALU i vari registri (collegati dal Bus dati), ma soprattutto mostra, passo per passo, lo svolgimento programmato di una moltiplicazione binaria, come esempio di una tipica elaborazione.

Personalmente ritengo che esercitazioni del genere siano estremamente efficaci ma, non essendo un insegnante, pongo la questione ai competenti, chiedendo in che modo si potrebbe ulteriormente migliorare l'insegnamento di queste materie.

Per completezza, devo citare che in quest'ultimo Corso, viene illustrato un analogo programma di simulazione riguardante lo svolgimento di elaborazione di un'espressione logica (quindi un esempio di 'logica programmata'), per fornire una visione più ampia delle intrinseche possibilità di applicazione del microprocessore.

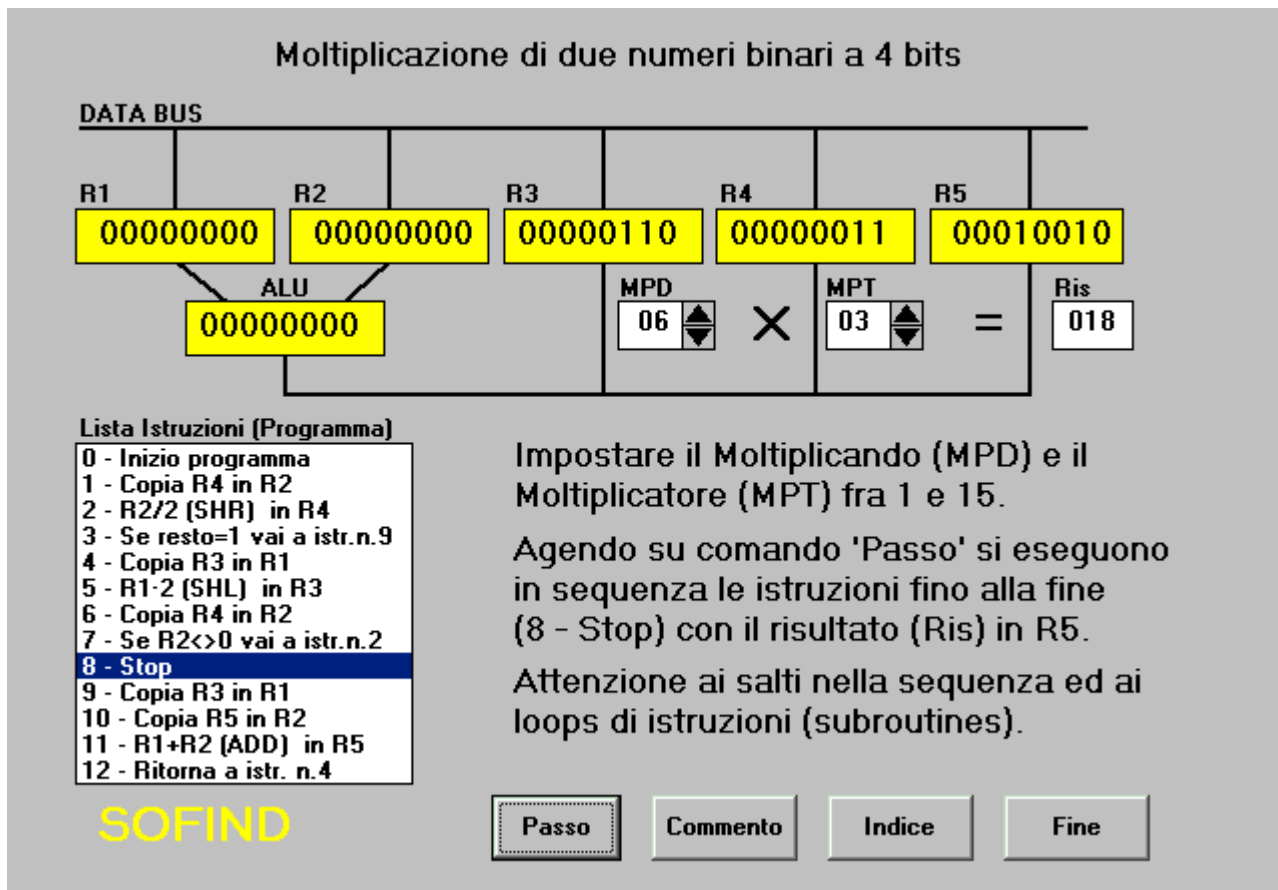


fig.9 – Esempio di simulazione di un programma di moltiplicazione fra numeri binari.

A conclusione di questa presentazione, ribadisco che sono già disponibili molti programmi con gli stessi criteri di simulazione in vari settori quali l'Elettrotecnica (analisi circuitale in continua e in alternata), l'Elettronica Analogica (amplificatori operazionali e loro applicazioni, lineari e non-lineari, regolazione automatica con possibilità di progetto e prova prestazioni) e l'Elettronica Industriale (o di Potenza, con simulazione di componenti e di interi apparati, quali choppers, invertitori e convertitori).

Mi auguro che l'invito allo scambio di esperienze didattiche in questo senso non vada perduto.

BIBLIOGRAFIA (solo per appassionati di archeologia informatica)

[1] Rivista AUTOMAZIONE E STRUMENTAZIONE

- G. Schgör - <I progettisti e i linguaggi di programmazione semplificati>
n.11 - nov.1969 - < Il Focal nel calcolo di una funzione di trasferimento >
n.12 - dic. 1969 - < Registrazione di grafici con calcolatore >
n. 1 - gen.1970 - <Il calcolatore come mezzo didattico >
n. 2 - feb. 1970 - <Il calcolatore nel progetto di schemi logici >

[2] Rivista MARELLI 4° trim. 1972

- G. Schgör - <L'impiego di un minicalcolatore numerico nello studio di sistemi di regolazione analogica>

[3] Rivista TECNICHE DELL'AUTOMAZIONE n. 11 - nov. 1973

- G. Schgör - <Algoritmi per regolazioni automatiche con microelaboratori >

[4] Rivista TECNICHE ELETTRONICHE n. 1 - gen. 1981

- G. Schgör - <Il personal computer nell'insegnamento dell'elettrotecnica >

[5] Rivista TECNICHE ELETTRONICHE n. 3 - mar. 1981

- G. Schgör - <Il personal computer per la simulazione dei fenomeni fisici >