

# didattica delle scienze **117**

pubblicazione bimestrale  
dell'Editrice La Scuola  
25186 Brescia

aprile  
1985  
anno XX



# didattica delle scienze 117

**Bimestrale per l'insegnamento delle scienze e della matematica**

Direttore Mauro Laeng, docente di Pedagogia all'Università di Roma  
Redattore Giuseppe Luciano

aprile 1985

## Sommario

- 3 CARLO ANTONINO PRESTIPINO, Termodinamica e filosofia. Parte quinta
- 7 ANNA MARRA BARONE, Le basi organiche del comportamento animale ed umano. Interazione biologia-psicologia
- 13 EMILIO AMBRISI, Isoperimetria ed equiestensione nei triangoli
- 51 BRUNO D'AMORE, Lingua e logica. Parte prima
- 56 PAOLO CAMPOGALLIANI, Teoria ed esperienza nella fisica del secondo Ottocento. Una nuova realtà materiale
- 61 Notiziario
- 63 Recensioni

**Fascicolo di 28 pagine più 36 pagine di inserto redazionale**

Ad ogni comunicazione o richiesta riguardante la rivista i sigg. abbonati sono pregati di allegare una copia del talloncino-indirizzo col quale la rivista stessa viene loro spedita.

## Inserto

Termina in questo numero della rivista la serie di inserti dedicati all'*Informatica nella scuola d'oggi*. Questo ultimo contributo illustra, in una prima parte, le caratteristiche dei più recenti tipi di periferiche che, opportunamente utilizzate, rendono il microcomputer un sistema potente e complesso. Viene quindi presentato il Logo, il linguaggio di programmazione messo a punto da S. Papert, considerato il più adatto all'insegnamento nella scuola elementare e media. Concludono l'inserto i listati di due interessanti programmi che consentono un'applicazione pratica in classe.

## In copertina

Cardellino (*Carduelis carduelis*). Tra le numerose specie della famiglia dei fringillidi il cardellino si distingue per l'aspetto slanciato ed elegante, per i magnifici colori e per il canto melodioso, che ne fanno uno degli uccelli più apprezzati dall'uomo. Il cardellino deve il suo nome alla particolare abitudine di posarsi sui cardi, del cui semi è ghiottissimo.

Il piumaggio è caratterizzato da una « maschera » facciale rosso-cremisi, orlata di nero intorno al becco ed estesa alla fronte ed alla gola e da un ampio spicchio giallo sulle ali, nere. Alla sommità del capo la nuca e le redini sono nere, i lati della testa e il collo sono attraversati da una larga fascia bianca.

Essenzialmente arboricoli, i cardellini si posano raramente sul terreno, dove saltellano sgraziatamente, e costruiscono eleganti nidi sulle vette degli alberi, più in alto possibile, preferendo pioppi e cipressi (Foto Mergiojocco).

Le tavole riprodotte in questo fascicolo sono tratte dall'*Encyclopedie* di Diderot e D'Alembert pubblicata dal 1762 al 1772.

Publicazione bimestrale - Anno XX - n. 6 fascicoli all'anno - Direttore Responsabile: Giusto Marchese - Autorizzazione del Tribunale di Brescia n. 228 del 31 marzo 1965 - Spedizione in abbonamento postale - Gruppo IV/70 - Direzione, Redazione, Amministrazione: Editrice La Scuola - S.p.A. - 25186 Brescia, Via Luigi Cadorna, 11 - Conto corrente postale n. 11353257 Tel. centr. (030) 29 93.1 - Tel. Ufficio Abbonamenti (030) 29 93.286 - 29 93.246 - Telex 300836 SCUOLA.

Filiali: 40131 Bologna (Via L. Cipriani, 5, tel. (051) 521090 - telex 531141 SCUOBO); 20136 Milano (Viale Bligny, 7, tel. (02) 8370271 - telex 331836 SCUOMI); 00193 Roma (Via Crescenzo, 23, tel. (06) 655179 - 6543989 - telex 614259 SCUORO); 80137 Napoli (Via S. Elia al Miracoli, 19/21, tel. (081) 441.200-441.934 - telex 720399 SCUONA); 70124 Bari (Via Giulio Petroni, 21 A/E, tel. (080) 228647 - telex 810391 SCUOBA).

Abbonamento annuo 1984-85: L. 18.000 (estero L. 22.000). Un fascicolo L. 3.200 (arretrato il doppio).

Stampa: OFFICINE GRAFICHE LA SCUOLA - 25186 BRESCIA.



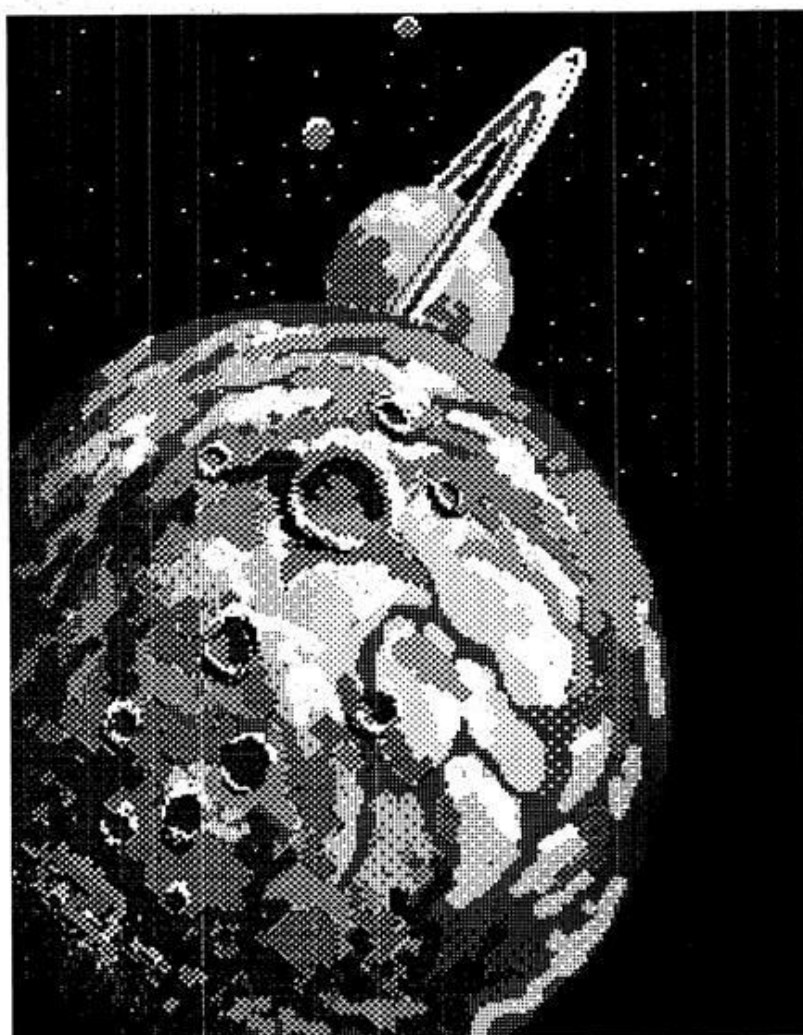
Giovanni Corsi - Giuseppe Bleiner

# L'INFORMATICA NELLA SCUOLA D'OGGI

## 3. LE PERIFERICHE.

### IL LOGO.

## ALCUNI PROGRAMMI EDUCATIVI



Didattica delle Scienze 117 - Insetto redazionale monografico • L'informatica nella scuola d'oggi • n. 3.  
Nell'illustrazione a lato: grafico-studio eseguito con un computer IBM.

## 1. INTRODUZIONE

Nella prima parte di questo contributo sono illustrate le caratteristiche dei vari tipi di periferiche esistenti sul mercato, che, opportunamente utilizzate, trasformano il personal computer in un sistema potente e complesso.

Nella seconda parte si parla del *Logo*, un linguaggio di programmazione che, secondo il parere di molti, è il più adatto all'istruzione nella scuola primaria e secondaria di primo grado. In *Logo* sono state scritte anche semplici procedure che generano elementari figure geometriche che, opportunamente richiamate e concatenate, originano lo schema di una casa e quindi di un villaggio.

Abbiamo altresì inserito nell'insetto i contributi del prof. Antonio Vuolo di Torino, che ha progettato un corso di *Alfabetizzazione informatica e introduzione alla programmazione* per docenti di scuola media che si basa sul *Logo* implementato sul Commodore 64, e il contributo *La filosofia del Logo prosegue alle superiori*, del dott. Furio Petrossi, professore di matematica presso l'I.S.A. di Udine.

Infine, sono stati pubblicati i listati di due interessanti programmi educativi, ideati dal prof. Paolo Coretti di Trieste. La versione per lo ZX Spectrum è dello stesso Coretti, la versione per Commodore 64, invece, è di Giampiero Di Dieco, della MEGA Informatica Didattica.

Il primo programma, *Potenziali di membrana*, consente di capire agevolmente alcuni aspetti della fisiologia del sistema nervoso; il secondo, *Modello ecologico*, studia il rapporto ottimale di una popolazione di conigli e di volpi su un determinato territorio, verificato sperimentalmente secondo un modello matematico.

## 2. LE PERIFERICHE

Col termine di periferiche (stampanti, penne ottiche, *disk driver*, registratori) sono stati definiti particolari accessori da connettere al computer tramite apposite porte.

Esistono anche delle particolari periferiche, dette sonde, che collegano il computer al mondo esterno tramite interfacce. Queste si dividono in due grandi categorie: le A/D, che permettono la conversione analogico digitale, e le I/O, che permettono l'ingresso e l'uscita dei segnali utili, per governare determinati processi. In questo modo il computer diventa una macchina capace di controllare complessi processi; gestione di un qualsiasi laboratorio di ricerca, controllo di uno stabilimento industriale, verifica del grado di inquinamento di un territorio...

Altre interessanti periferiche sono il « mouse » e le cornici « touch to screen ».

Il primo permette di far compiere traslazioni ad un punto dello schermo, spostando con facilità sul piano il « mouse » stesso; le seconde permettono di definire una determinata posizione, interrompendo uno dei tanti fasci di radiazioni infrarosse che attraversano la superficie dello schermo, grazie all'interposizione di un dito che definisce il punto da individuare.

Particolari tipi di periferiche, come le tavolette grafiche ed i cosiddetti tracciatori digitali (*digital tracers*), permettono di realizzare disegni con notevole precisione.

In ultimo, ma non di minore importanza, specie nell'ambito della didattica, la cosiddetta « turtle » (tartaruga), che, in ambiente *Logo*, permette di disegnare direttamente su di un foglio di carta tramite un elemento semovente portante una penna.

## 3. IMPIEGHI INDUSTRIALI DELLE PERIFERICHE

L'uso delle periferiche rende l'impiego del computer veramente utile per le più svariate applicazioni, anche nel settore industriale. Molti giornali, ad esempio, sono composti elettronicamente, con un risultato simile alla qualità della composizione tipografica tradizionale. La composizione elettronica presenta altri vantaggi pratici ed igienici: il giornalista può comporre l'articolo direttamente sulla tastiera del terminale, che, via *modem*, trasmette i dati in tipografia; l'eliminazione delle ingombranti *linotype*



Composizione elettronica di libri e riviste.

evita il contatto col piombo e le conseguenti intossicazioni.

Tra i diversi sistemi per definire ed elaborare caratteri tramite calcolatore, quelli più avanzati sono il sistema *Ikarus*, il *Netafont*, il *Fred* e il *Text*.

Un altro impiego di notevole interesse è quello della robotica industriale: lavorazioni pericolose od altamente nocive possono essere svolte da sistemi controllati da computer. Le stazioni di verniciatura negli stabilimenti per la produzione di autoveicoli sono generalmente di questo tipo. I movimenti di un operatore che compie il primo ciclo di trattamento vengono memorizzati e poi ripetuti automaticamente senza la necessità della presenza umana.

Nell'agricoltura, infine, il computer può essere utilizzato con profitto per l'esatta composizione e miscelazione dei mangimi, e per il controllo della ripartizione della razione giornaliera da somministrare agli animali.

#### 4. CARATTERISTICHE DI ALCUNE PERIFERICHE

La seguente è una breve descrizione delle principali periferiche in uso. Non sono state descritte le periferiche utilizzate dagli specialisti, come ad esempio l'interfaccia telecamere, che trasforma le immagini in disegni con possibilità di successive elaborazioni.

#### Disk driver

Il *disk driver* consente la memorizzazione di grandissime quantità di informazioni su di un supporto magnetico detto *floppy disk*, ed è un accessorio indispensabile per un serio impiego del computer.

Per la gestione delle informazioni su disco occorre un sistema operativo, detto *dos*, che può essere residente nella memoria ROM, come nel Commodore 64, o memorizzato su *floppy disk*, come nell'Apple II. Nel primo caso il *dos* è immutabile, nel secondo è suscettibile di ulteriori migliorie.

Il disco magnetico è costituito da una sottile lamina di Mylar, rivestita da uno strato di ossido di ferro di spessore infinitesimo, ed è contenuto in un apposito astuccio che non deve essere tolto durante l'uso. Appositi fori consentono il contatto con la testina di lettura-scrittura del *drive*. La scrittura e la lettura delle informazioni avvengono su tracce circolari, ripartite in blocchi e settori.

Esistono dischi a intensità singola e doppia, a faccia singola e doppia e di grandezza diversa: 3 pollici e mezzo, 5 pollici e un quarto, 8 pollici.

I dischetti nuovi, prima dell'impiego, a causa dei sistemi operativi diversi implementati sui personal computer, devono essere formattati, adattati cioè a ricevere le informazioni. Ogni computer, a questo scopo, ha delle apposite *routines*.

L'elenco dei *files* e dei programmi presenti sul disco è denominato *directory*, la cui lettura serve all'utilizzatore per la conoscenza e per la manipolazione opportuna delle informazioni memorizzate.

#### Disco rigido

Per l'elaborazione di enormi quantità di dati esiste un particolare tipo di disco, il disco rigido (*hard disk*) o *Winchester*. Tale supporto, costituito da una lastra

#### Un floppy disk.



di alluminio rivestita da un sottile strato di materiale magnetico, necessita di uno speciale lettore, perché è inamovibile, e deve ruotare a notevolissima velocità in un contenitore sottovuoto. La capacità di un *hard disk* per personal computer è di circa 5 megabytes, contro i circa 150 kilobytes di un comune *floppy disk*.

#### Interfacce I/O e A/D

Le interfacce I/O consentono l'acquisizione e l'emissione di impulsi sotto forma digitale da parte di un computer; le interfacce di A/D trasformano, invece, segnali analogici in digitali.

Con queste interfacce il computer si trasforma in un terminale per qualsiasi strumento di misura atto a controllare processi o per seguire fenomeni variabili nel tempo.

Il sistema computer-interfaccia può essere reso indipendente da variazioni eccessive dei segnali in ingresso tramite trasduttori optoelettronici o di altro tipo.

#### Joystick

È la periferica più diffusa, assieme al registratore, tra i possessori di personal computer. È un comodo mezzo per spostare, sullo schermo il punto di riferimento. È molto utilizzato nei giochi, perché la tastiera non consente sufficiente velocità e destrezza. Esistono due tipi di joystick: i digitali e i proporzionali. I primi sono formati da una serie di interruttori posti in croce, che consentono di determinare la direzione in base al contatto elettrico chiuso; i secondi si basano su una coppia di potenziometri collegati a 90 gradi tramite una astina, detta *stick*, che fa variare con notevole precisione la posizione del punto di riferimento. Alcuni *stick* sono dotati di un sistema di centratura, altri sono autocentranti. Anche le *paddle* sono in pratica dei joystick proporzionali.

Computer con *modem*, periferica che consente di trasferire informazioni attraverso la comune linea telefonica.



#### Microdrive

Il *microdrive* è un sistema di memorizzazione veloce usato dalla Sinclair per lo ZX Spectrum e per il QL. È in pratica una specie di registratore molto compatto, che utilizza delle particolari *cartridge* dotate di un anello di nastro magnetico a rotazione senza fine. Questo meccanismo consente un accesso sequenziale molto rapido ai file delle informazioni, non consente, però, l'accesso *random*. Le minuscole *cartridge* hanno una capacità di 80-90 kilobytes. L'interfaccia *i* che collega il *microdrive* allo Spectrum consente anche il collegamento in rete di più computer (fino a 64, opportunità notevole in ambito scolastico) e una uscita RS 232 utile per il collegamento di stampanti o di altre eventuali periferiche che utilizzano il protocollo RS 232.

#### Modem

Il *modem* è un piccolo apparato che consente la trasmissione dei dati da un computer all'altro, distante anche migliaia di chilometri, tramite linee telefoniche. L'accoppiamento può avvenire per via acustica o elettrica.

Nei *modem* sono previsti circuiti per limitare il livello di rumore presente sulla linea telefonica allo scopo di evitare la sovrapposizione di segnali spuri a quelli trasmessi dal computer e la conseguente erronea interpretazione delle informazioni ricevute.

Il *modem* è un mezzo di comunicazione molto diffuso nei paesi più avanzati, in special modo negli Stati Uniti, perché consente di trasmettere una gran quantità di dati alfanumerici in brevissimo tempo e con un buono standard di sicurezza.

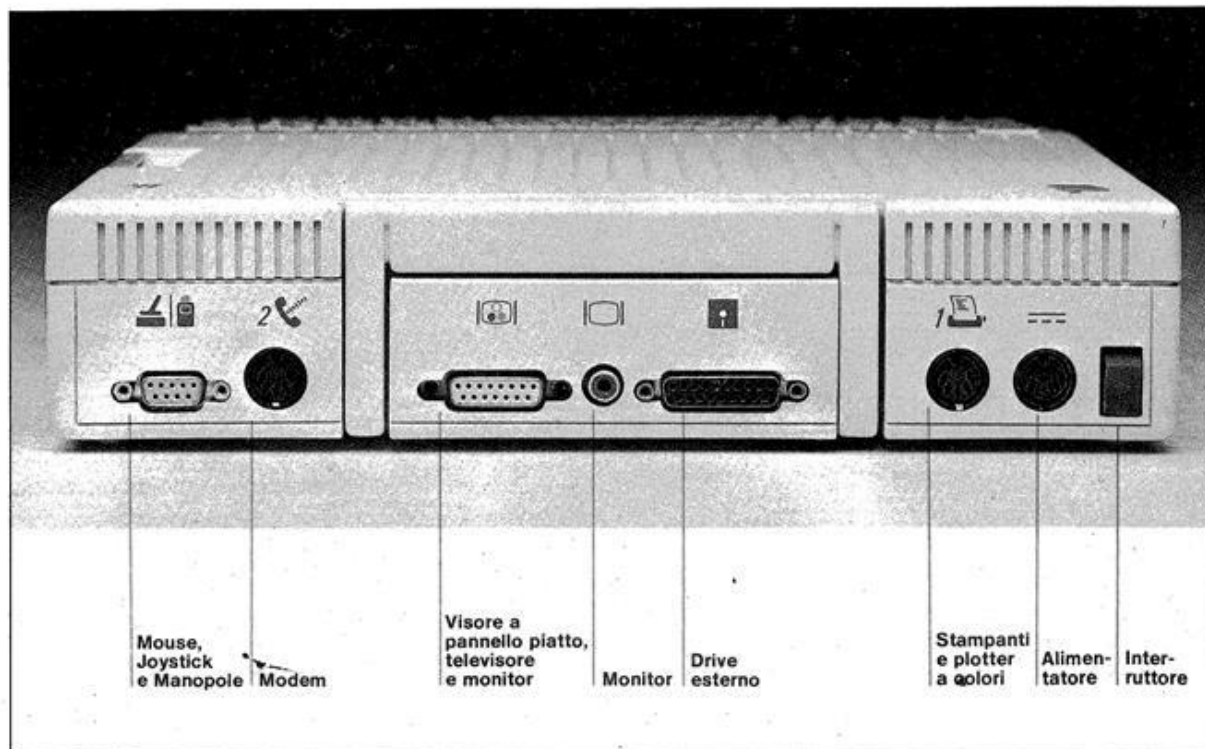
#### Mouse

Il *mouse*, dall'aspetto di una scatoletta contenente una sfera girevole, permette di spostare il cursore trascinandolo con la mano verso la opportuna direzione.

Il *mouse* (topolino), periferica utile nella realizzazione di complicati disegni.







Console con attacchi per varie periferiche.

ne il *mouse* stesso poggiato su di un piano. È stato impiegato per la prima volta in ambiente Apple, e la sua utilità si rivela specialmente nella realizzazione di complicati disegni.

*Penna ottica*

Questa periferica rende possibile agire sulla superficie dello schermo per semplice posizionamento della penna ottica sul punto interessato. Ciò è possibile perché la penna ottica contiene nel suo interno un fototransistor che percepisce la esatta posizione del pennello catodico in quel preciso istante. Tramite *software* questa informazione viene utilizzata per posizionare il cursore e per tracciare il segno grafico. Questo accessorio è di grande utilità in campo didattico: il video si trasforma in una lavagna elettronica che consente di memorizzare il lavoro svolto.

*Plotter*

Il *plotter* è un particolare tipo di stampante a penna indirizzato alla grafica professionale. Generalmente è dotato di elevate qualità grafiche (tra l'altro consente di disegnare a più colori) e di ottima definizione. A differenza delle stampanti comuni la penna può muoversi nelle due dimensioni del foglio. Per impieghi particolari (CAD ad esempio) esistono *plotter* di grandi dimensioni, veri tavoli da disegno, che realizzano rappresentazioni grafiche complesse a più colori con notevole velocità nella esecuzione dei tracciati.

Anche i personal computer come il Commodore 64 possono essere dotati di *plotter* dalle buone prestazioni.

*Stampante*

I modelli di stampante presenti sul mercato sono molteplici e differiscono per varie caratteristiche. E-

Uso della penna ottica.



sistono stampanti ad aghi, a margherita, a getto d'inchiostro, termiche, laser...

Le più comuni sono le stampanti a matrici di aghi, in cui i caratteri vengono impressi da parte di una testina contenente un certo numero di aghi comandati elettromagneticamente per percussione.

A seconda del supporto di scrittura che utilizzano, vi sono stampanti a foglio singolo, a modulo continuo, a carta termica...

Le stampanti possono essere anche distinte a seconda del tipo di interfaccia presente per il collegamento col computer: RS 232, parallela, *centronics*...

Altre caratteristiche importanti sono la velocità di scrittura, la bidirezionalità, la possibilità di lavorare in « *graphic mode* »...

È da tenere infine presente la presenza di diversi set di caratteri che sono contenuti in memoria ROM nel caso di stampanti a matrice di aghi, nella testina (sostituibile) di scrittura nelle stampanti a margherita.

#### Tartaruga

La tartaruga è un automa, utilizzato in ambiente *Logo*, prodotto soprattutto in Gran Bretagna.

È in pratica un *plotter* sui generis, che agisce su di un grande foglio di carta e che nei movimenti lascia una traccia sul foglio stesso tramite un pennarello posizionato al centro dell'automa. Esso può essere alzato (comando « *Pen up* ») o abbassato (comando « *Pen down* »).

La tartaruga si sposta tramite i comandi standard utilizzati per muovere l'omonimo riferimento sulla superficie dello schermo.

È un accessorio decisamente utile nell'ambito didattico perché i bambini materializzano i comandi dati al computer con effettivi spostamenti di un oggetto ottenendo altresì dei tracciati del lavoro svolto.

#### Tavoletta grafica

Detta anche « *digitizer* » è uno strumento che, coordinato da opportuno *software*, consente di disegnare facendo riferimento ad un reticolo tramite un braccio articolato con lo stesso meccanismo utilizzato nel tecnigrafo. Altri modelli utilizzano un elemento mobile con traguardo di riferimento o un pannello portante una speciale membrana sensibile sulla quale si può disegnare tramite uno stilo.

I dati relativi alle varie successive posizioni del punto del disegno sono memorizzati sotto forma di *file* e quindi elaborati da un opportuno programma.

Una delle più notevoli capacità della tavoletta grafica è quella di poter ingrandire un particolare del disegno per poterlo meglio rifinire. Esiste infine la possibilità di duplicare parti del disegno stesso in zone diverse del foglio di lavoro.

### 5. IL COMPUTER NELLA SCUOLA

La « rivoluzione informatica » è in atto e il computer sta entrando nel mondo della scuola, dove dovrà essere utilizzato soprattutto come ausilio didattico interattivo.

È necessario che il maggior numero di persone impari a padroneggiare la macchina e le tecnologie ad essa connesse, obiettivo che solo la scuola, rinnovata nelle sue strutture e nella sua mentalità, potrà farci raggiungere. Ma per generare una cultura informatica di massa non basterà la presenza del computer a scuola: sarà necessario creare il *software* educativo più adatto, che attualmente viene classificato nelle seguenti cinque grandi categorie:

1) *drill & practice*: eserciziaro in cui l'utilizzatore può verificare a suo piacimento il proprio grado di conoscenza di un argomento;

2) *problem solving*: soluzione di problemi partendo da una base nota mediante algoritmi;

3) *educational game*: gioco didattico con fini educativi e ludici;

4) *tutorial*: guida all'apprendimento secondo itinerari didattici ramificati in cui il livello di difficoltà e la velocità di esecuzione sono determinati dall'utilizzatore;

5) *simulation*: simulazione di fenomeni o processi reali soprattutto con la progettazione e costruzione di modelli verificabili sperimentalmente.

### 6. IMPARARE AD IMPARARE È LOGO

Sarebbe bello trasformare le nostre scuole da semplici istituzioni di trasmissione del sapere in « laboratori », attrezzati con apparecchiature e strumentazioni ad alto contenuto tecnologico, in cui la trasmissione del sapere avvenga sperimentalmente e in modo interattivo tra docenti, discenti e macchine. Sarebbe bello se i docenti imparassero ad imparare a « pensare » le conoscenze specialistiche di cui sono i portatori, perché base della vera conoscenza è la nozione « pensata » e « verificata » sperimentalmente.

Tutto ciò è bello, ma forse utopistico da realizzare. Intanto, però, qualcosa possiamo fare subito: cominciare a riflettere e ad operare in tal senso.

L'elettronica e la microinformatica potrebbero essere gli strumenti base di questa « rivoluzione culturale ». Il *Logo*, invece, potrebbe essere il linguaggio di programmazione più adatto per « imparare a pensare » controllando il computer.

Scrivere una procedura in *Logo*, visualizzando in tempo reale sul *display* l'azione programmata, significa dare forma alla fantasia trasformandola in realtà. L'immaginazione diventa pensiero, il pensiero azione rappresentata in modo pratico, tangibile e gratificante.

Lavorare col *Logo* è semplice, perché è naturale il suo metodo operativo e il suo ambiente di lavoro: è come imparare a parlare, a camminare o a mangiare. Qualsiasi bambino, purché sia messo nella condizione di farlo, è in grado di lavorare col *Logo* già nel primo approccio.

*Avanti 100*, e la tartaruga lascia sullo schermo una traccia di 100 passi, *Destra 90*, e la tartaruga esegue una svolta a destra di 90 gradi, ed ancora *Avanti 100 - Destra 90 - Avanti 100 - Destra 90 - Avanti 100 - Destra 90*, ed ecco disegnato un quadrato



perfetto, procedura che potrebbe essere scritta semplificata anche così:

PER QUADRATO  
RIPETI 4 [AVANTI 100 DESTRA 90]  
FINE

La procedura « quadrato » a sua volta non è fine a se stessa: è base e fonte di ulteriori manipolazioni. Possiamo così disegnare 10, 100, 1000 quadrati; un rombo, 10 rombi, 1000 rombi e tante altre rappresentazioni limitate solo dalla nostra fantasia. Questo, a nostro avviso, è un esempio del « fare » per costruire sperimentalmente.

Non vorremmo, tuttavia, esagerare nel tessere gli elogi del Logo: esso è e rimane il miglior approccio ai linguaggi di programmazione nella scuola di base, soprattutto per le potenti capacità grafiche e per il metodo di lavoro, come prima dicevamo, naturale e spontaneo.

A questo proposito merita di essere citata l'opinione, espressa in due lettere personali, da due autorevoli colleghi di Trieste, molto esperti di informatica didattica: Marino Coretti, uno dei primi maestri ad aver introdotto il computer in classe e il prof. Paolo Coretti, con una vasta esperienza maturata nel laboratorio informatico del liceo Oberdan di Trieste.

Marino Coretti scrive: « *Le confido che non credo*

*ancora molto nel Logo che spero, comunque, di sperimentare con dei ragazzini "veri", non quelli dei vari libri che tessono gli elogi del Logo stesso. Il Logo, per essere usato, richiede un'analisi del problema di tipo "top down". Per lo scolaro analizzare un problema mediante una tecnica discendente non è cosa facile, proprio per una serie di motivi psicologici che Piaget ha rilevato e Papert... sottovalutato (forse).*

*Riconosco che il Logo è potenzialmente molto più potente del "povero" Basic, ma le applicazioni didattiche di questo linguaggio, al di fuori dei soliti e, a parer mio, limitati disegni sono ancora tutte da inventare ».*

Paolo Coretti, invece, scrive: « *Per quanto riguarda la mia esperienza, trovo che il Logo sia un ottimo approccio per quanto riguarda la ricorsività e le procedure, tanto da rappresentare un'introduzione piacevole al Pascal, ma per quanto riguarda un uso strettamente didattico di applicazione del computer, il Basic rimane il miglior linguaggio disponibile.*

*Certamente, se vogliamo restare nell'ambito dell'insegnamento dell'informatica, Logo e Pascal con la loro strutturazione superano il Basic, ma un liceo, a mio avviso, non deve sfornare informatici in erba (ci sono altre strutture scolastiche per questo), ma deve consentire agli studenti di usare un computer per un uso non solamente ludico ma di applicazione agli argomenti di studio ».*

Alunni di quinta elementare al lavoro su un personal computer.



## 7. LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE E LOGO

Il linguaggio è una tecnica, costituita da un insieme di segnali, che consente all'uomo di comunicare con gli altri.

La mimica, la parola, la scrittura... sono tipi di linguaggio. Esistono, però, anche i « linguaggi di programmazione » che permettono all'uomo di interagire col computer per risolvere problemi (*problem solving*), per elaborare dati alfanumerici (*word processor, data base, spread-sheet*), per simulare fenomeni e processi reali, per governare processi industriali, per lo studio sperimentale di modelli...

Caratteristica dei linguaggi di programmazione, pur nella diversità dei dialetti all'interno di uno stesso linguaggio, è quella di essere universali per cui un programma in *Basic*, in *Pascal* o in *Logo*, da chiunque scritto e dovunque concepito, è comprensibile dappertutto: in America come in Giappone, in Europa come in Africa... Il *Logo* è uno di questi linguaggi di programmazione.

I primi studi sul *Logo* (dal greco: discorso) furono finanziati dalla *National Science Foundation* e svolti presso la *Bolt, Beranek e Newman*, un centro di ricerca informatica di Cambridge (Massachusetts).

La versione definitiva fu poi elaborata da una équipe di studiosi diretta da Seymour Papert, matematico ed epistemologo sudafricano, già collaboratore dello psicologo svizzero Jean Piaget, passato poi all'*Artificial Intelligence Laboratory* del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) sempre a Cambridge, Massachusetts.

Concettualmente il *Logo* deriva dal *Lisp* (*List Processor*), linguaggio elaboratore di liste, uno dei più antichi linguaggi di programmazione, utilizzato soprattutto nella robotica e nello studio dell'intelligenza artificiale.

Il *Logo* è un linguaggio semplice, ma potente. Ha una struttura originale che lo differenzia dagli altri linguaggi e può essere utilizzato anche da coloro che non hanno conoscenze di informatica.

La sua sintassi è estremamente semplice. Già nel primo impatto è possibile realizzare delle semplici procedure che gratificano il principiante, cosa non consentita agli altri linguaggi. È un linguaggio finalizzato all'apprendimento ed all'istruzione. Implementato sui *main frame* con esso è possibile impostare e risolvere qualsiasi problema.

Come tutti gli altri linguaggi, anche il *Logo* possiede un vocabolario limitato ad un centinaio di parole, che, opportunamente utilizzate, consentono di generare anche procedure complesse.

## 8. CARATTERISTICHE DEL LOGO

Il *Logo*, universalmente conosciuto come « il linguaggio della tartaruga », si ispira agli studi dello psicologo svizzero Piaget. Il suo scopo è quello di creare un ambiente di lavoro accattivante, in cui il bambino si trovi a suo agio per mettere alla prova e sviluppare il suo pensiero logico e matematico in modo naturale.

Il *Logo* è un linguaggio procedurale perché è l'utilizzatore che deve spiegare alla tartaruga l'azione

da compiere. L'azione si ottiene ricorrendo alle « primitive », procedure predefinite contenute nel linguaggio stesso, o mediante procedure definite dall'utente.

Una volta scritta una procedura (ogni procedura a sua volta si compone di istruzioni), essa può essere riutilizzata in momenti successivi all'interno di altre procedure, senza la necessità di riscriverla.

Il *Logo* è un linguaggio strutturato che si autoalimenta. Man mano che la procedura diventa più complessa, esso non dimentica le procedure precedenti, ma le utilizza al momento opportuno, secondo un procedimento simile alla mente umana, cosa non consentita ad altri linguaggi come ad esempio il *Basic*...

Con le procedure *Logo* è possibile realizzare degli « ambienti », quasi dei micromondi (dei folletti, della musica, delle parole, dei numeri, della grafica...) di manipolazione che favoriscono la conoscenza e l'apprendimento interattivo.

Altre caratteristiche essenziali del *Logo* sono la « ricorsività », cioè la possibilità di una procedura di usare se stessa come sottoprocedura e l'« interpretazione » delle istruzioni che consente di visualizzare immediatamente il risultato.

A titolo puramente esplicativo presentiamo alcune semplici procedure *Logo* (realizzate con la versione italiana per Commodore 64) che, partendo da figure geometriche elementari (quadrato, triangolo, rettangolo, cerchio), hanno consentito di realizzare una casa, e, col comando di duplicazione RIPETI, un villaggio (pagine 23 e 24).

## CENTRI DI STUDIO LOGO

MIT Division for Study and Research in Education and Artificial Intelligence Laboratory, Cambridge, MA 02139, USA.

Logo Computer Systems Inc., 222 Brunswick Blvd., Pointe Claire, Quebec, Canada H9R 1A6.

Centre Mondial, Informatique et Resource Humaine, 22 Avenue Matignon, 75008 Paris, France.

Laboratorio Logo, F. Long e Reggini, Av. L. N. Alem 1074, Buenos Aires, Argentina.

Edizioni elettroniche Mondadori, 20090 Segrate, Milano.

Istituto di Cibernetica dell'Università di Milano, Via G. B. Viotti, 5, 20133 Milano.

SISCO (Sistemi cognitivi), Via F. Fiorentini, 106, 00159 Roma.

MEGA Informatica Didattica, Via Edoardo Bassini, 15, 00151 Roma.

## LISTATO LOGO « VILLAGGIO »

|                                    |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| PER VILLAGGIO                      | D 90                    |
| DISEGNA                            | I 100                   |
| GRASCHERMO                         | GIU                     |
| SU                                 | RIPETI 4 [A 120 D 90]   |
| S 90                               | SU                      |
| A 80                               | A 120                   |
| D 90                               | D 90                    |
| I 29                               | A 120                   |
| RIPETI 3 [CASA SU A 125 S 90 A 35] | S 90                    |
| NT                                 | GIU                     |
| FINE                               | FINE                    |
| PER FIN                            | PER CASA                |
| RIPETI 4 [A 20 D 90]               | QUADRATO                |
| FINE                               | TRIANGOLO               |
| PER FINESTRA                       | PORTA.CASA              |
| GRASCHERMO                         | FINESTRA                |
| SU                                 | CAMINO                  |
| S 90                               | ABBRINO                 |
| A 70                               | FINE                    |
| D 90                               | PER CAMINO              |
| A 80                               | GRASCHERMO              |
| D 90                               | SU                      |
| A 29                               | S 90                    |
| GIU                                | A 90                    |
| FIN                                | GIU                     |
| RIPETI 4 [FIN D 90]                | A 40                    |
| FINE                               | D 90                    |
| PER PORTA.CASA                     | A 10                    |
| GRASCHERMO                         | D 90                    |
| SU                                 | A 23                    |
| S 90                               | I 23                    |
| A 120                              | S 90                    |
| D 90                               | I 10                    |
| A 50                               | D 90                    |
| D 90                               | SU                      |
| GIU                                | S 240                   |
| RIPETI 2 [A 70 D 90 A 40 D 90]     | GIU                     |
| FINE                               | RIPETI 5 [FUMO A 3 S 3] |
| PER TRIANGOLO                      | FINE                    |
| GRASCHERMO                         | PER ABBRINO             |
| S 90                               | SU                      |
| RIPETI 3 [A 120 D 120]             | S 110                   |
| FINE                               | A 60                    |
| PER QUADRATO                       | S 90                    |
| GRASCHERMO                         | A 20                    |
| ASCOL 0                            | GIU                     |
| CF 1                               | RIPETI 72 [A 1 D 5]     |
| SU                                 | D 5                     |
| S 90                               | SU                      |
| A 70                               | A 35                    |
|                                    | GIU                     |
|                                    | RIPETI 72 [A 1 D 5]     |

(segue a pag. 24)

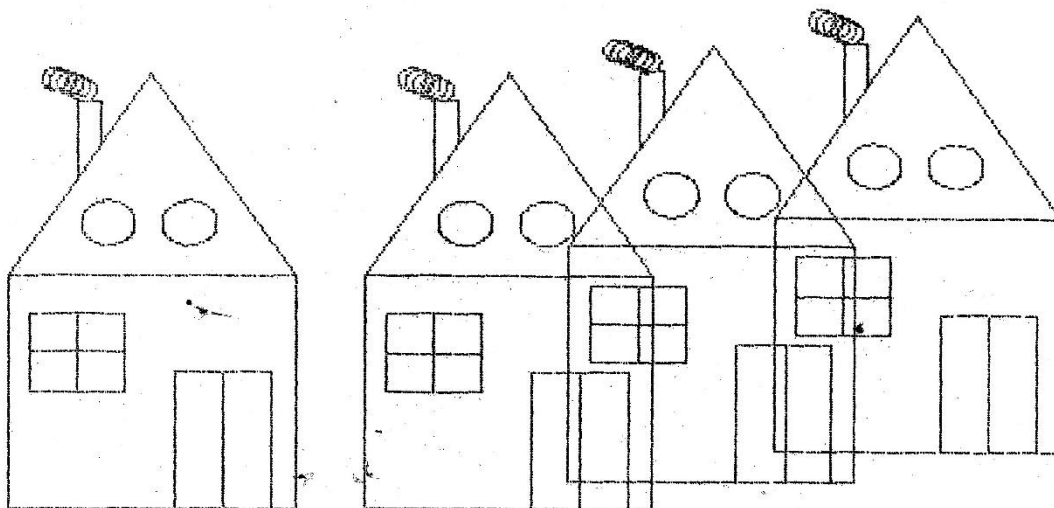


(segue da pag. 23)

SU  
D 90  
A 158  
S 90  
A 15  
GIU  
S 90  
A 70  
SU

A 10  
S 90  
A 60  
S 180  
FINE

PER FUMO  
RIPETI 36 [A 1 D 10]  
FINE



## BIBLIOGRAFIA

È stata consultata la collezione completa delle seguenti riviste di informatica: « Micro & Personal Computer », « Sperimentare », « MC. Microcomputer », « Zerouno », « Media Duemila ».

H. FRANK, *Pedagogia e cibernetica*, edizione italiana a cura di Giovanni Lariccia, Armando, Roma 1974.

H. ABELSON - A. DI SESSA, *Turtle Geometry. The Computer as a Medium for Exploring Mathematics*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1982.

G. LARICCIA, *Nuove opportunità formative offerte dalle scienze e dalle tecnologie dell'informazione*, in *La scuola ridefinita...*, a cura del CENSIS, Roma 1982.

G. LARICCIA - R. BARRESE, *A scuola col computer*, in « Micro & Personal Computer », n. 19, maggio 1982, pp. 18-28.

G. LARICCIA, *Bambini e calcolatori: occasioni per un incontro*, in « Microcomputer », ott. 1982.

M. WATT, *What is Logo*, in « Creative Computing », n. 10, ott. 1982, pp. 112-129.

A. E. HANNAFORD, *Microcomputers in Special Education*, in « The Computing Teacher », febr. 1983.

K. MARTIN, *The Logo Center*, in « The Computing Center », febr. 1983.

P. ROSS, *Logo Programming*, Addison-Wesley, 1983.

L. DOOLE - M. MCNIFF - S. COOK, *Apple II (Guida all'uso)*, Jackson, Milano 1983.

*Guida al personal computer*, a cura della DIGITAL, 1983.

G. GERHOLD, *An Overview of Educational Software*, in « Micro », n. 5, febr. 1983, pp. 86-88.

G. LARICCIA, *L'età del Logo*, in « Microcomputer », n. 17, marzo 1983.

G. LARICCIA, *Se faccio capisco*, in « Microcomputer », n. 18, apr. 1983, pp. 30-33.

G. LARICCIA, *Storie al calcolatore*, in « Microcomputer », n. 20, giugno 1983, pp. 35-43.

J. MORAN, *Langage Logo-Dessiner: Tout un Program*, in « Micro », n. 8, sett. 1983, pp. 30-35.

G. LARICCIA, *La bottega dell'informatico*, in « Media Duemila », n. 2, ott. 1983, pp. 23-31.

M. LAENG - S. LARICCIA, *Tutto il sapere è nella cartella*, in « Media Duemila », n. 2, ott. 1983, pp. 49-59.

S. PAPER, *Mindstorms. Bambini, computers e creatività*, Emme edizioni, Milano 1984.

G. LARICCIA, *Il calcolatore nell'educazione dall'approccio tecnologico a quello epistemologico*, in *I problemi di Ulisse*, Sansoni, Firenze 1984.

H. C. RECCINI, *Logo: ali per la mente*, Mondadori, Vicenza 1984.

M. LAENG - G. LARICCIA ed altri, *I ragazzi e il computer, una sfida per l'editoria*, a cura dell'Ente Autonomo per le Fiere di Bologna, Bologna 1984.

V. CARTER GRAMMER - E. P. GOLDENBERG - L. KLOTZ, *Il Manuale del Logo per il Commodore 64*, Edizione italiana a cura della SISCO, Mondadori Edizioni Elettroniche, Milano 1984.

L. NOVELLI, *Il mio primo dizionario dei computer*, Mondadori, Milano 1984.

M. LAENG, *L'educazione nella civiltà tecnologica*, Armando, Roma 1984.

G. CORSI, *L'informatica nella scuola d'oggi: una esperienza personale*, comunicazione per il settore « Nuove tecnologie per nuovi saperi », Convegno nazionale Scuola/Extrascuola, Lerici 8-9 febbraio 1985.

*Logo Times*, in « 99'er Magazine », 2715 Terrace View Drive, Eugene, OR 97405, USA.

*Logo Memos*, serie di relazioni a cura del Gruppo Logo dell'Artificial Intelligence Laboratory del MIT, Cambridge, MA 0213, USA.

### Corso di alfabetizzazione informatica e introduzione alla programmazione

LOGO, CREATIVITÀ, APPRENDIMENTO, PROBLEM SOLVING E QUALCOSA DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Esistono alcuni presupposti di una formazione informatica di base orientata ai non specialisti che è necessario far emergere dal panorama dei programmi didattici presenti sul mercato<sup>1</sup>; quella del computer è infatti una cultura nuova che si sta facendo strada in ogni settore e costringe ad una graduale, ma radicale, trasformazione delle attività didattiche ed educative e della professionalità del personale che in esse opera. Questa trasformazione non può ridursi unicamente all'acquisizione della nuova « lingua » portata dalle tecnologie informatiche, ma deve basarsi anche su un nuovo modo di pensare, di affrontare i problemi, di risolverli.

La presentazione delle tecniche di programmazione non ha, in questo senso, lo scopo di seguire un programma determinato costruito intorno alle strutture del linguaggio da apprendere, ma si prefigge invece l'obiettivo di costruire un insieme di esperienze capaci di esplorare le strutture logiche del pensiero, sviluppando e perfezionando la capacità di risoluzione dei problemi.

Ciascuna disciplina, nel campo dell'educazione, può, infatti, essere affrontata come un complesso di problemi da risolvere, di strategie di ricerca e soluzione di nuovi problemi attraverso processi cognitivi di analisi e sintesi.

Si tratta quindi di affrontare il processo di apprendimento attraverso strumenti metaforici conosciuti, semplici esempi e problemi legati alla propria esperienza, e da questi trasferire le abilità cognitive acquisite in situazioni e realtà diversificate dell'educazione e del lavoro. Sperimentare ipotesi, strutturare il lavoro da eseguire in obiettivi e procedure, pianificare le attività, modificare il proprio comportamento in relazione a situazioni nuove, imparare ad apprendere, imparare ad imparare: questi gli obiettivi che sottostanno all'esperienza di formazione che si vuole avviare e che trova nel linguaggio Logo uno strumento essenziale per entrare in contatto con il pensiero logico, le strutture formali (matematiche e linguistiche), l'elaborazione dei dati, ed applicarne immediatamente le tecniche ai fatti concreti rilevabili nel proprio specifico quotidiano.

Con il Logo si può cioè iniziare da subito a conoscere il calcolatore ed imparare a programmarlo: non è l'operatore che apprende dal computer, ma è il computer che viene controllato e guidato a svolgere le operazioni desiderate, fornendo all'allievo uno strumento di pensiero e azione, di descrizione e simulazione dei processi con uno stile proprio, progressivamente e successivamente perfezionato.

Ritroviamo « le idee dell'apprendimento secondo Piaget, attivo ed autoregolato e non passivo ed imposto come avviene abitualmente nell'insegnamento tradizionale ». Si tratta di un processo di formazione e supporto all'apprendimento che ha

come meta l'acquisizione delle strutture fondamentali (« idee potenti ») in grado di permettere a ciascuno di continuare ad imparare da solo, in una concezione dell'educazione orientata alla formazione permanente e personalistica.

L'esperienza determinante del processo formativo che si vuole tracciare attraverso le diverse applicazioni è quindi quella diretta, quella che nasce prima di tutto dalla relazione che si crea tra il soggetto ed il problema che ha di fronte, nel processo di ricerca della soluzione per tentativi ed errori, nella riflessione delle tappe percorse, difficoltà superate e risultati ottenuti. L'obiettivo principale di un corso di formazione breve è infatti quello di avviare un processo di ricerca e studio all'interno di alcuni paradigmi fondamentali, lasciando libero l'allievo di percorrere sentieri diversificati e mai ristretti da programmi vincolanti quali quelli tradizionali, in un processo di apprendimento individuale e autodidattico.

#### PROGRAMMA DI UN CORSO PER OPERATORI DELLA FORMAZIONE

*UD1. Informatica e programmazione come strumento e linguaggio di descrizione dei processi*  
Saranno presi in considerazione diversi tipi di processi a partire da situazioni comuni (giochi, problemi matematici, processi di interazione...) da intendersi come « metafore » per l'acquisizione di abilità cognitive di approccio e formalizzazione di problemi.

*UD2. Computer e programmazione: strumenti di simulazione dei processi*  
Verranno trasferiti i concetti fondamentali inerenti i sistemi di elaborazione dati dal punto di vista hardware (la macchina ed i suoi componenti) e software (i programmi e i comandi che presiedono al funzionamento generale del sistema).

*UD3. Programmazione strutturata: la costruzione modulare dei processi e la ricerca degli errori*  
Saranno presentati i paradigmi e le strutture fondamentali della programmazione, la gerarchia delle procedure, i metodi di « debugging », correzione degli errori e perfezionamento del programma.

*UD4. Linguaggi di programmazione: Logo, Basic, Pascal*

Dal progetto alla verifica: verranno qui sistematizzate le conoscenze relative alle regole e codici del linguaggio di programmazione al fine di permettere una completa autonomia di implementazione degli algoritmi progettati fino a questo punto ed un primo livello di produzione di applicazioni didattiche.

*UD5. Problem Solving: strategie di soluzione dei problemi*

Verrà esemplificato il passaggio da un'idea complessa alla sua esplorazione e concretizzazione attraverso una struttura gerarchica di sottobiettivo

ed il processo inverso di invenzione/creazione di nuove idee a partire da un sistema di idee e oggetti semplici, rappresentati da primitive e sottoprocedure.

#### UD6. Applicazioni

- A. Scrivere un testo con il calcolatore.
- B. Archiviare dati e documenti.
- C. Analizzare dati personali con l'uso della tabella elettronica.
- D. Applicazioni didattiche del computer alle diverse discipline.

L'intero programma, il cui sviluppo sequenziale potrà seguire un percorso anche differente da quello presentato in relazione alle esigenze didattiche e di apprendimento che potranno emergere, sarà accompagnato da esercitazioni e dibattiti di valutazione dei progetti svolti e delle possibilità di trasferimento nel proprio campo di lavoro e applicazione.

Gli strumenti a disposizione saranno il computer personale Commodore 64 e linguaggi di programmazione *Logo* (come linguaggio di tipo universale, ma didattico, capace di rappresentare in forma diretta i fenomeni in studio, offrendo una rappresentazione semplice dei problemi e delle strategie di soluzione), *Basic* (finalizzato ad una conoscenza di base del linguaggio più diffuso sui personal) e *Pascal* (allo scopo di presentare il processo di differenziazione e trasferimento di una soluzione da un linguaggio ad un altro).

L'impianto curricolare modulare nasce dall'idea di progettazione didattica come scelta metodologica per la realizzazione di un intervento formativo (e non addestrativo) in grado di rispondere ai bisogni specifici dell'utenza cui è indirizzato. L'organizzazione di unità didattiche con un elevato grado di autonomia si prefigge lo scopo di seguire le più evolute metodologie didattiche e di realizzare un intervento con caratteristiche peculiari e cioè:

- pianificato in tutte le sue parti;
- soggetto a verifica e integrazione nel corso dell'intervento di fronte al mutamento di condizioni didattiche e strumentali;

- sistematico ma flessibile e capace di rispondere alle esigenze diversificate della realtà scolastica;

- basato su obiettivi e quindi in grado di guidare in ogni momento il processo di insegnamento/apprendimento verso scopi prefissati;

- fondato sulla partecipazione attiva del soggetto e quindi su metodologie di apprendimento attive;

- integrato con procedimenti valutativi come ritorno di informazione per migliorare la qualità dell'istruzione.

Si vuole quindi superare una formazione troppo spesso frammentata, specializzata e incentrata eccessivamente sulle tecnologie informatiche piuttosto che sull'acquisizione di una cultura informatica e di un approccio integrato ai suoi differenti aspetti e problemi.

Il corso si compone di 6 unità didattiche così composte: Titolo; Breve sommario; Obiettivi didattici; Panoramica dei contenuti; Applicazioni: giochi, problemi, procedure; Strumenti: sussidi didattici (documenti, testi di supporto...) e programmi su nastro magnetico (giochi educativi elettronici, soluzioni di problemi automatizzate, procedure applicative e didattiche basate sul computer...); Bibliografia ragionata di pubblicazioni e monografie sugli argomenti trattati nel corso.

Antonio Vuolo

<sup>1</sup> Molte delle considerazioni che saranno fatte derivano dagli studi sul *Logo* e sull'Intelligenza Artificiale condotti al MIT da Seymour Papert e dai suoi collaboratori e da alcune delle più interessanti pubblicazioni sull'argomento: mi riferisco in particolare a *Mindstorm* di Papert appunto, *Ali per la mente* di Reggini (collaboratore di Papert) e *Soluzione di problemi in Pascal* di Bowles (che utilizza una versione *Pascal* ucso molto simile al *Logo*). L'obiettivo ed in parte la novità, od almeno il tentativo, è quello di riportare le esperienze fatte all'estero alla realtà italiana, ed in particolare di tradurre molte delle indicazioni didattiche emerse dai lavori sul *Logo* (orientate prevalentemente ai bambini in età prescolare) in esperienze di formazione per adulti ed in primo luogo per quella categoria di operatori privilegiati che sono i formatori.

### La filosofia del « Logo » prosegue alle superiori

Il *Logo* è conosciuto soprattutto come « il linguaggio della tartaruga »; molti tra noi sanno dell'introduzione del *Logo* nelle scuole medie ed elementari.

Questo linguaggio è stato costruito da S. Papert e dai suoi collaboratori per favorire una ricerca autonoma da parte degli allievi, in modo che si venissero a creare le condizioni per un « apprendimento piagetiano » che ampliasse in essi esperienze e schemi interpretativi logici e matematici. I mondi del *Logo*, quindi, costituiscono i luoghi

d'incontro tra il ragazzo ed il pensiero procedurale, algoritmico, geometrico, dinamico: ogni nuova parola (procedura) insegnata alla tartaruga è una nuova riflessione sul proprio modo di pensare e agire.

Solo pochi esempi son noti in Italia dell'uso non grafico del *Logo*, in particolare dell'uso linguistico. È opportuno ricordare che il *Logo* è stato costruito a partire dal *Lisp* (linguaggio ideato verso il '56), il cui nome è l'abbreviazione di « list processor », ovvero manipolatore di liste di simboli;



anzi esiste un sottoinsieme del *Logo* isomorfo ad un sottoinsieme del *Lisp*. Per tale motivo il *Logo* eredita tutta la straordinaria potenza del *Lisp* nel manovrare simboli, frasi, strutture grammaticali, alberi ed altro.

È proprio la natura simbolica del *Logo* che può essere utilizzata nelle scuole superiori con allievi in cui, dal punto di vista psicologico, si stanno sviluppando e consolidando le capacità di astrazione. Se la scuola superiore è il luogo d'incontro tra i ragazzi e l'algebra, la logica formale, le strutture, le relazioni, la deduzione, le trasformazioni di espressioni ben formate in altre pure ben formate, allora può essere anche il luogo di incontro con un nuovo *Logo*, più adatto ai nuovi obiettivi mentali che ci si pone.

LE PAROLE DEL LOGO CHE POSSONO INTERESSARCI

Le parole del *Logo* che più possono interessarci in questo periodo sono PRIM, MENPRIM, ULT, MENULT, FRASE, PAROLA, LISTA, PAROLA?, LISTA?, oltre alle tradizionali SE/ALLORA/ALTRIMENTI, PER/FINE, RIPETI, AS(SEGNA), RIPORTA.

Ci sono, nel *Logo*, parole e liste: una parola può essere il numero 12546 oppure la stringa "ABBC", mentre una lista — che si scrive tra parentesi quadre — è costituita da parole, come [12+C1]. La lista può essere vuota o costituita da un unico elemento: ciò comunque non la qualifica come parola. Una lista di liste è anch'essa una lista.

Una lista può essere anche costruita con parole tramite il comando LISTA (che permette di creare anche liste di liste); la parola FRASE invece fonde due liste in una sola lista più ampia. La parola PAROLA costruisce parole con altre parole.

Per interrogare il *Logo* sulla natura di un simbolo, potremo chiedere PAROLA? o LISTA? e riceveremo l'informazione richiesta. Ad esempio:

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| <i>scrivendo</i> | <i>otterremo</i> |
| LISTA? 234       | FALSO            |
| PAROLA? "ESPRESS | VERO             |
| LISTA? [1 2 55]  | VERO             |
| LISTA 7 "SETTE   | [7 SETTE]        |

Di una parola o di una lista possiamo ottenere il primo o l'ultimo elemento usando i comandi PRI e ULT, oppure « tutto salvo il primo » e « tutto salvo l'ultimo » con MENPRI e MENULT. Così:

|                        |                  |
|------------------------|------------------|
| <i>scrivendo</i>       | <i>otterremo</i> |
| PRI 864                | 8                |
| PRI [UNO DUE 3]        | UNO              |
| ULT [UNO DUE 3]        | 3                |
| PRI MENPRI [UNO DUE 3] | DUE              |
| MENULT [A S D F]       | [A S D]          |
| MENULT [3 + [A — B]]   | [3 +]            |
| PAROLA ULT 45 PRI 45   | 54               |
| LISTA [4 5] 6          | [[4 5] 6]        |
| FRASE [4 5] 6          | [4 5 6]          |
| PRI [[4 5] 6]          | [4 5]            |

UN PRIMO ESEMPIO: DALLA NOTAZIONE ALGEBRICA TRADIZIONALE A QUELLA POLACCA INVERSA

Poniamoci ora un obiettivo: vogliamo trascrivere una espressione, come ad esempio:

$$3 + ((6 - A) \uparrow 5)$$

dove  $\uparrow$  significa « elevato alla potenza », nella notazione polacca inversa (in cui l'operazione viene indicata dopo gli operandi, non fra di essi), ovvero:

$$3 \ 6 \ A - 5 \ \uparrow \ +$$

Si tratta di individuare operando destro e sinistro in ogni livello di parentesi, cambiandone l'ordine rispetto all'operazione, andando in profondità finché non vengano individuati operandi semplici, « atomici »: parole.

L'operazione (il suo simbolo) è abbastanza semplice da estrarre, da una struttura:

operando sinistro operazione operando destro

sarà il secondo termine, ovvero ULT MENULT, mentre gli operandi sinistro e destro saranno semplicemente il PRI e l'ULT della lista.

Ecco quindi la procedura per individuare operandi e operatori in un'espressione:

```

PER SINISTRO: ESPRESSIONE
RIPORTA PRI: ESPRESSIONE
FINE

PER DESTRO: ESPRESSIONE
RIPORTA ULT: ESPRESSIONE
FINE

PER OPERAZIONE: ESPRESSIONE
RIPORTA ULT MENULT: ESPRESSIONE
FINE
    
```

Ecco allora, definita tramite una procedura ricorsiva, così adatta a trattare strutture ramificate come quella di un'espressione algebrica, la nuova parola *Logo* che permette di effettuare la traduzione richiesta, e che — con termine musicale — chiamerò « polacca »:

```

PER POLACCA: ESPRESSIONE
SE PAROLA?: ESPRESSIONE ALLORA RIPORTA: ESPRESSIONE
ALTRIMENTI RIPORTA FRASE POLACCA SINISTRO: ESPRESSIONE
FRASE POLACCA DESTRO: ESPRESSIONE
OPERAZIONE: ESPRESSIONE
FINE
    
```

(nello scrivere questa procedura non si batta RETURN da « SE » fino a « FINE » esclusa).

Lascio senza spiegazione il motivo per cui ho usato la parola FRASE invece che quella LISTA, è un piccolo problema che i lettori potranno gustare da sé. Potremo comunque osservare che:

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| <i>scrivendo</i>      | <i>otterremo</i>   |
| POLACCA [3 + [[6 — A] | [3 6 A — 5 ELEV +] |
| ELEV 5]]              |                    |

come richiesto.

Restano ovviamente dei problemi quando si vogliono scrivere assieme operazioni binarie e funzioni, come nel caso:

$$\sin ((\arcsin \pi - (2 * \pi)) \uparrow 5)$$

ma un intervento sulle definizioni di DESTRO, SINISTRO e POLACCA può risolvere anche questo caso. La strada per la ri-scrittura di frasi secondo nuove convenzioni è aperta, ed il nostro intervento linguistico sulle formule ha una concisione e una potenza che il Basic non può avere.

#### CONSIDERAZIONI FINALI

Usando ricorsivamente la procedura POLACCA abbiamo visitato l'intero albero che costituisce una espressione algebrica: vale la pena di ricordare che un altro importante « albero » può essere visitato e trasformato, in un istituto superiore: quello di un'espressione che si voglia derivare simbolicamente — il calcolo (simbolico, non numerico) di una derivata è un tradizionale esempio del-

la potenza del Lisp (e quindi del Logo). Ma senza indagare oltre questo interessante problema, voglio far notare che numerosi altri ambiti di applicazione del Logo sono possibili: nominandoli alla rinfusa ricorderò il calcolo di determinanti, calcolo di combinazioni, calcoli numerici con un numero indefinito di cifre — date le regole di operazione « in colonna » —, calcoli con basi diverse dal 10, trasformazioni linguistiche ed altro.

L'invito, pur essendo praticabile la strada di insegnare agli studenti nuovi algoritmi, è quello che ci giunge da S. Papert: pur indicando ai ragazzi alcuni obiettivi rilevanti e suggerendo dei metodi per raggiungerli, è importante che il « calcolo » simbolico si presenti come un nuovo « mondo » Logo, occasione per creare nuovi schemi mentali e riflettere sul proprio pensiero.

Il contatto con il computer potrà essere allora per gli studenti come un viaggio all'estero: occasione per comprendere una cultura, una lingua, per arricchirsi intellettualmente ed umanamente, indicando pure — perché no — ai tecnici dei computer più ricche possibilità di utilizzo.

#### PROCEDURA LOGO DEL PROGRAMMA ILLUSTRATO

```
PER OPERAZIONE :ESPRESSIONE
  RIPORTA ULT MENUIT :ESPRESSIONE
FINE
```

```
PER DESTRO :ESPRESSIONE
  RIPORTA ULT :ESPRESSIONE
FINE
```

```
PER SINISTRO :ESPRESSIONE
  RIPORTA PRI :ESPRESSIONE
FINE
```

```
PER POLACCA :ESPRESSIONE
  SE PAROLA? :ESPRESSIONE ALLORA RIPORTA :ESPRESSIONE ALTRIMENTI RIPORTA FRASE POLACCA SINISTRO :ESPRESSIONE FRASE POLACCA DESTRO :ESPRESSIONE OPERAZIONE :ESPRESSIONE
FINE
```

```
"X E' [[(3 * 6) ELEV 45] + [(3 * A) - 5]]
```

Potenziali di membrana

Il programma che viene presentato è un esempio di unità didattica completa. Infatti, servendosi di animazioni, permette di capire più agevolmente alcuni aspetti di fisiologia del sistema nervoso che altrimenti sarebbero alquanto astratti. Alla fine del programma, un menù permette di rivedere gli argomenti proposti, quasi dei capitoli che si possono ripassare per ricordare meglio le singole questioni. Per questo motivo il programma è sufficientemente flessibile per essere interattivo con l'allievo. Un programma come questo, pur suscettibile di ulteriori perfezionamenti, permette di rispettare il modo di ragionare di ogni allievo, insegnando nel contempo qualcosa. È in sostanza più un paziente ripetitore che un freddo assegnatore di punti per soluzioni date a domande-quiz.

La struttura è lineare: le videate si presentano come le pagine di un testo in animazione, le routines di movimento sono semplici: spostano e cancellano mediante cicli *for-next* i caratteri grafici oppure si disegnano linee con i comandi *plot-draw* e si cancellano con l'istruzione *INVERSE 1*. Si tratta quindi solo di avere un po' di attenzione per far sì che con opportune istruzioni un ciclo *for-next* faccia salire un'ione e scendere un'altro incrementando in un caso l'ordinata e nell'altro decrementandola. In definitiva niente di speciale: solo un po' di accortezza e conoscenza della potente grafica dello Spectrum.

Non vengono elencate le routines usate perché molto semplici e facilmente identificabili dal listato stesso.

LISTATO 1

Autore: Paolo Coretti.  
 Nome del programma: Potenziali di membrana.  
 Classificazione: Simulazione.  
 Linguaggio: Basic.  
 Hardware: Sinclair ZX Spectrum.  
 Contenuti: Consente di capire agevolmente alcuni aspetti di fisiologia del sistema nervoso.  
 È possibile l'hard copy delle schermate grafiche.

```

0)REM © by P. CORETTI
100 BORDER 4:CLS:PRINT AT 10
,4;"POTENZIALI DI MEMBRANA"
110 PRINT AT 9,3;"*****"
*****
120 PRINT AT 9,3;"*";AT 10,3;"*
";AT 11,3;"*****"
****"AT 9,27;"*";AT 10,27;"*
130 BEEP .12,5:PAUSE 100
140 CLS:FOR I=0 TO 5 STEP 2
150 FOR J=0 TO 10 STEP 2:PRINT
AT J,I;"":NEXT J
160 NEXT I
170 FOR I=1 TO 6 STEP 2
180 FOR J=1 TO 9 STEP 2:PRINT
AT J,I;"":NEXT J:NEXT I
190 FOR J=0 TO 10:PRINT AT J,6
;"|";AT J,7;"|":NEXT J
200 FOR J=9 TO 14 STEP 2:PRINT
AT J,I;"":NEXT J:NEXT I
220 FOR I=6 TO 13 STEP 2:PRINT
AT J,I;"":NEXT J:NEXT I
240 FOR I=0 TO 4 STEP 2
250 PRINT "C'è un esatto bi
lanciamento del le cariche su ci
ascuna faccia della membrana:il
t potenziale di membrana e' 0 Volt
260 GO SUB 1330:PAUSE 0:IF IN
KEYS="f" THEN STOP
270 CLS
280 FOR I=0 TO 4 STEP 2
290 FOR J=0 TO 10 STEP 2:PRINT
AT J,I;"":NEXT J:NEXT I
300 FOR J=0 TO 10:PRINT AT J,6
;INK 4;"":NEXT J
310 FOR I=1 TO 6 STEP 2
320 FOR J=1 TO 9 STEP 2:PRINT
AT J,I;"":NEXT J:NEXT I
330 FOR J=0 TO 10:PRINT AT J,7
;"|";AT J,8;"|":NEXT J

```

```

340 FOR J=0 TO 10:PRINT AT J,9
;INK 4;"":NEXT J
350 FOR I=11 TO 16 STEP 2
360 FOR J=0 TO 10 STEP 2:PRINT
AT J,I;"":NEXT J:NEXT I
370 FOR I=1 TO 9 STEP 2
380 FOR J=10 TO 15 STEP 2:PRIN
T AT J,I;"":NEXT J:NEXT I
390 PRINT "Alcuni ioni posit
ivi (in colore) hanno attraversat
o la membrana: hanno lasciato di
etro i contro- ioni negativi:il
potenziale ora e' diverso da 0."
400 PRINT "Quando su una faccia
si sono ac cumulate le cariche
+ e sull'al tra le cariche -,si
stabilisce una differenza di po
tenziale."
410 GO SUB 1330:PAUSE 0:IF IN
KEYS="f" THEN STOP
420 CLS
430 FOR J=0 TO 10:PRINT AT J,4
;"|";AT J,5;"|";AT J,6;"|";AT J,
7;"|":NEXT J:PAUSE 20
440 FOR X=2 TO 7:PRINT AT 12,X
;INK 2;"":BEEP .12,5:NEXT X
:PRINT AT 13,0;"Campo elettrico
della membrana."
450 PRINT "A sinistra c'è un
potenziale elevato,a destra un b
asso potenziale."
460 GO SUB 1330:PAUSE 0:IF IN
KEYS="f" THEN STOP
470 CLS
480 PRINT "Concentrazioni milli
molari ioni che all'interno ed a
ll'esterno di cellule di mammif
eri."
FOR J=0 TO 31:PRINT AT 4
,J;"":NEXT J
490 PRINT TAB 0;"IONI";TAB 11;"
INTERNO";TAB 21;"ESTERNO"
500 PRINT AT 8,0;"Na";AT 7,2;"+"
;AT 8,11;"5-15";AT 8,21;"145"
510 PRINT AT 10,0;"K";AT 9,1;"+"
;AT 10,11;"140";AT 10,21;"5"
520 PRINT AT 12,0;"Cl";AT 11,2;"
";AT 12,11;"4";AT 12,21;"110"
530 FOR J=0 TO 31:PRINT AT 13,
J;"":NEXT J
540 PRINT "La cellula e' elett
ricamente neu tra:poiche'ci sono
piu' ioni + che ioni -,ci saran
no all'inter no macromolecole co
n carica -."
550 GO SUB 1330:PAUSE 0:IF IN
KEYS="f" THEN STOP
560 CLS:PRINT AT 4,5;"-----"
;"|";AT 10,6;"-----"

```

(segue a pag. 30)



(segue da pag. 29)

```

570 PRINT AT 3,8;"v": PLOT 67,1
45: DRAW 0,10
580 PRINT AT 9,8;"v": PLOT 67,9
7: DRAW 0,10
590 PLOT 67,155: DRAW 100,0: DR
AU 0,-48: DRAW -100,0
600 PRINT BRIGHT 1;AT 6,17;"DU=
90 mV"
610 PRINT "C'è una differe
nza di potenziale di 90 mV tra
l'interno e la superficie dell
a cellula. Per convenzione si st
abilisce che il potenziale inte
rno sia negativo e il potenziale
sulla superficie 0 V."
620 PRINT "Il potenziale intern
o è negativo per la presenza d
i macromolecole cariche negativ
amente."
630 GO SUB 1330: PAUSE 0: IF IN
KEY$="f" THEN STOP
640 CLS
650 PRINT AT 0,5;"EQUAZIONE DI
NERNST"
660 PRINT AT 5,1;"1)"
670 PRINT AT 5,5;"mV=61.5*log";
AT 5,16;"-----";AT 4,17;"Ce";AT 6
,17;"Ci"
680 PRINT AT 9,1;"2)"
690 PRINT AT 9,5;"mV=61.5*log";
AT 9,16;"-----";AT 8,17;"Ci";AT 1
0,17;"Ce"
700 PRINT "La 1) vale per gli
ioni negativi. La 2) vale per g
li ioni positivi. Ce e Ci ind
icano le concentrazioni degli i
oni all'esterno ed all'interno
della membrana."
710 GO SUB 1330: PAUSE 0: IF IN
KEY$="f" THEN STOP
720 CLS
730 PRINT "In base all'equazion
e di Nernst il potenziale per g
li ioni Na dovrebbe essere"; BRIG
HT 1; FLASH 1;"POSITIVO."; BRIG
HT 0; FLASH 0;"(61mV)"
740 PRINT "Sempre per l'eq
uazione citata, il potenziale p
er gli ioni K dovrebbe essere";
BRIGHT 1; FLASH 1;"NEGATIVO.";
BRIGHT 0; FLASH 0;"(-95mV)"
750 GO SUB 1330: PAUSE 0: IF IN
KEY$="f" THEN STOP
760 CLS
770 PRINT AT 2,3;"
-----";AT 12,3;"
-----"
780 PRINT AT 1,5;"Na";AT 0,6;"+"
;AT 11,20;"Pr";AT 10,21;"-";AT
1,16;"Na";AT 0,17;"+"; PAUSE 50
790 FOR x=0 TO 10 STEP 2: PRINT
AT x,6;"+";AT x+1,5;"Na";AT x,1
7;"+";AT x+1,16;"Na"; BEEP .12,2
; PRINT AT x,6;"+";AT x+1,5;"
;AT x,17;"+";AT x+1,16;"NEX
T x"
800 PRINT AT 10,6;"+";AT 11,5;"
Na";AT 10,17;"+";AT 11,16;"Na";"
610 PRINT AT 10,17; BRIGHT 1;"+"
;AT 10,21;"-"; BRIGHT 0
820 PRINT AT 2,3;"
-----"; PLOT 51,145: DRAW 0,-4
0: PRINT AT 8,6;"v": PLOT 139,14
5: DRAW 0,-40: PRINT AT 8,17;"v"
830 PRINT AT 14,0;"Ioni sodio t
endono ad entrare in membrana pe
r gradiente"; INVERSE 1;"CHIMIC
O"; INVERSE 0;" ed "; INVERSE 1;
"ELETTTRICO."; INVERSE 0
840 PRINT "Infatti ioni sodio s
ono in con centrazione minore
nella membrana e gli ioni negati
vi delle macromolecole attirano
ioni Na positivi."

```

```

850 GO SUB 1330: PAUSE 0: IF IN
KEY$="f" THEN STOP
860 CLS
870 PRINT AT 2,3;"
-----";AT 12,3;"
-----";AT 10,21;"-";AT 11,20;"P
r"
880 FOR x=0 TO 10 STEP 2: PRINT
AT x,16;"+";AT x+1,16;"K";AT 11
-x,5;"K";AT 10-x,5;"+"; BEEP .12
,2: PRINT AT x,16;"+";AT x+1,16;
"K";AT 11-x,5;"K";AT 10-x,5;"
NEXT x
890 PRINT AT 2,3;"
-----";AT 1,5;"K";AT 0,5;"+";A
T 10,16; BRIGHT 1;"+";AT 11,16;
BRIGHT 0; FLASH 0;"K";AT 10,21;
BRIGHT 1;"-"; FLASH 0; BRIGHT 0
900 INK 2: PLOT 147,145: DRAW 0
-40: PRINT AT 8,16;"v"; INK 4:
PLOT 43,145: DRAW 0,-35: PRINT A
T 3,5;"+"; INK 0
910 PRINT AT 14,0;"Ioni K escon
o per gradiente"; INVERSE 1;
"CHIMICO"; INVERSE 0;" ed entra
no per gradiente"; INVERSE 1;"E
LETTTRICO."; INVERSE 0
920 PRINT "Infatti ioni K sono
in concentrazione minore all'est
erno, ma Pr negativo attrae ioni
K all'interno."
930 GO SUB 1330: PAUSE 0: IF IN
KEY$="f" THEN STOP
940 CLS
950 PRINT "In base ai risultati
dell'equazione di Nernst e in
conformità ai gradienti chimici
ed elettrici degli ioni, si not
a che per ottenere un potenziale
negativo all'interno della memb
rana, dovrà esserci un meccanism
o che tras porti Na fuori dalla
membrana e K nell'interno della
membrana."
960 PRINT "A questo meccanism
o, ancora non perfettamente cono
sciuto, si dà il nome di "; INVE
RSE 1;"POMPA SODIO-POTASSIO"; I
NVERSE 0
970 GO SUB 1330: PAUSE 0: IF IN
KEY$="f" THEN STOP
980 CLS: PRINT AT 0,10; BRIGHT
1;"POMPA Na-K"; BRIGHT 0
990 PLOT 70,120: DRAW 80,0: DR
AW 0,-80: DRAW -60,0: DRAW 0,80:
PLOT 100,40: DRAW 0,80: PRINT AT
11,6;"+";AT 10,8;"+";AT 11,16;"
";AT 10,16;"
1000 PLOT 0,75: DRAW 70,0: PLOT
130,75: DRAW 125,0: PLOT 0,15:
DRAW 255,0
1010 PLOT 70,50: DRAW 30,0: PLOT
100,110: DRAW 30,0: PLOT 85,50:
DRAW 0,40: PLOT 115,120: DRAW 0
,40: PLOT 130,40: DRAW INVERSE 1
,-30,0
1020 PRINT AT 10,10;"Na";AT 17,1
1;"+";AT 11,16;"K";AT 10,19;"+";
PAUSE 100
1030 FOR x=0 TO 4: PRINT AT 11,1
6-x;"K";AT 10,19 -x;"+"; BEEP .1
2,2: PRINT AT 11,13-x;"K";AT 10
,19-x;"K";NEXT x: PRINT AT 11,1
4;"K";AT 10,15;"+"
1040 FOR x=0 TO 5
1050 PLOT 100,120: DRAW 30,0
1060 PLOT 70,40+(x+1)*10: DRAW 30,0:
PLOT 100,120-x*10: DRAW 30,0:
PLOT 100,120-((x+1)*10): DRAW 3
0,0: PLOT 85,40+(x+1)*10: DRAW
0,40: PLOT 115,120-x*10: DRAW 0
,40
1070 PRINT AT 18-x,10;"Na";AT 17

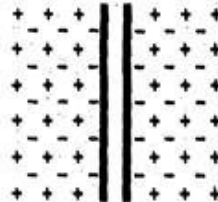
```

(segue a pag. 31)

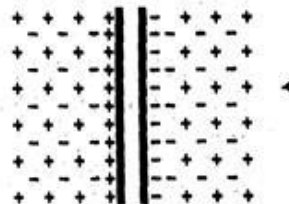
(segue da pag. 30)

```

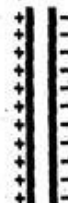
-x,11;" ";AT 11+x,14;"K";AT 10+x
,15;" "+
1080 BEEP .12,1: PLOT 70,40+x*10
: DRAW INVERSE 1;30,0: PLOT 70,4
0+((x+1)*10): DRAW INVERSE 1;30,
0: PLOT 100,120-x*10: DRAW INVER
SE 1;30,0: PLOT 100,120-((x+1)*1
0): DRAW INVERSE 1;30,0: PLOT 85
,40+((x+1)*10): DRAW INVERSE 1;0
,40: PLOT 115,120-x*10: DRAW INU
ERSE 1;0,40
1090 PLOT 100,120: DRAW 0,-80: P
LOT 130,120: DRAW 0,-80: PRINT A
T 11,15;" ";AT 10,16;" ";
1100 PRINT AT 16-x,10;" ";AT 17
-x,11;" ";AT 11+x,14;" ";AT 10+x
,15;" "+
1110 NEXT X
1120 PLOT 70,110: DRAW 30,0: PLO
T 85,120: DRAW 0,40: PLOT 100,50
: DRAW 30,0: PLOT 100,40: DRAW 3
0,0: PLOT 115,50: DRAW 0,40
1130 PRINT AT 18,14;"K";AT 17,15
;" "+
FOR X=0 TO 4: PRINT AT 11,
10-x;"Na";AT 10,11-x;" "+ BEEP .
12,2: PRINT AT 11,10-x;" ";AT 1
0,11-x;" "; NEXT X: PRINT AT 11,
5;"Na";AT 10,7;" "+
1140 GO SUB 1330: PAUSE 0: IF IN
KEY$="f" THEN STOP
1150 CLS: PRINT "Come si vede,e
'la pompa SODIO- POTASSIO che d
etermina il potenziale di membr
ana.": PRINT AT 8,8: BRIGHT 1;"A
RRIVEDERCI.": BRIGHT 0: GO SUB 1
330: PAUSE 0: CLS
1160 PRINT "Se vuoi rivedere un
argomento premi il tasto corri
spondente.":
1170 PRINT AT 5,0;"Inizio:";TAB
27;"=> 1": PRINT "Come si stabil
isce una dU.":TAB 27;"=> 2"
1180 PRINT "Campo elettrico:";TA
B 27;"=> 3": PRINT "Concentrazio
ne degli ioni:";TAB 27;"=> 4": P
RINT "DU della membrana:";TAB 27
;"=> 5"
1190 PRINT "Equazione di Nernst"
;TAB 27;"=> 6": PRINT "Movimento
ioni Na.":TAB 27;"=> 7": PRINT
"Movimento ioni K.":TAB 27;"=> 8"
1200 PRINT "Pompa Na-K.":TAB 27;
"=> 9": PRINT "Fine.":TAB 27;"=>
F": PAUSE 0: CLS
1210 IF INKEY$="1" THEN GO TO 10
0
1220 IF INKEY$="2" THEN GO TO 28
0
1230 IF INKEY$="3" THEN GO TO 43
0
1240 IF INKEY$="4" THEN GO TO 48
0
1250 IF INKEY$="5" THEN GO TO 56
0
1260 IF INKEY$="6" THEN GO TO 65
0
1270 IF INKEY$="7" THEN GO TO 77
0
1280 IF INKEY$="8" THEN GO TO 87
0
1290 IF INKEY$="9" THEN GO TO 95
0
1300 IF INKEY$="f" THEN STOP
1310 IF INKEY$("<"1" OR INKEY$("<"
2" OR INKEY$("<"3" OR INKEY$("<"4"
OR INKEY$("<"5" OR INKEY$("<"6" O
R INKEY$("<"7" OR INKEY$("<"8" OR
INKEY$("<"9" OR INKEY$("<"10" THEN
BEEP .12,5: GO TO 1160
1320 STOP
1330 BEEP .12,5: PRINT #0; BRIGHT
1; FLASH 1;"Premere un tasto":
RETURN
    
```



C'e' un esatto bilanciamento del le cariche su ciascuna faccia della membrana: il potenziale di membrana e' 0 Volt.



Alcuni ioni positivi (in colore) hanno attraversato la membrana: hanno lasciato dietro i contro-ioni negativi: il potenziale ora e' diverso da 0. Quando su una faccia si sono ac cumulate le cariche + e sull'al tra le cariche -, si stabilisce una differenza di potenziale.



=====>  
Campo elettrico della membrana.

A sinistra c'e' un potenziale ele vato, a destra un basso potenzia le.

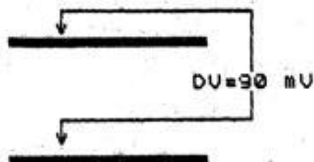
(segue a pag. 32)

(segue da pag. 31)

Concentrazioni millimolari ioni che all'interno ed all'esterno di cellule di mammiferi.

| IONI            | INTERNO | ESTERNO |
|-----------------|---------|---------|
| Na <sup>+</sup> | 5-15    | 145     |
| K <sup>+</sup>  | 140     | 5       |
| Cl <sup>-</sup> | 4       | 110     |

La cellula è elettricamente neutra: poiché ci sono più ioni + che ioni -, ci saranno all'interno macromolecole con carica -.



C'è una differenza di potenziale di 90 mV tra l'interno e la superficie della cellula. Per convenzione si stabilisce che il potenziale interno sia negativo e il potenziale sulla superficie 0 V.

Il potenziale interno è negativo per la presenza di macromolecole cariche negativamente.

#### EQUAZIONE DI NERNST

$$1) \quad mV = 61.5 \cdot \log \frac{C_e}{C_i}$$

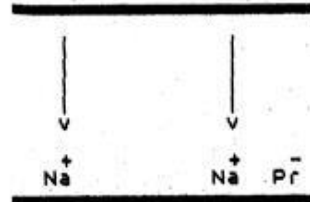
$$2) \quad mV = 61.5 \cdot \log \frac{C_i}{C_e}$$

La 1) vale per gli ioni negativi. La 2) vale per gli ioni positivi.

C<sub>e</sub> e C<sub>i</sub> indicano le concentrazioni degli ioni all'esterno ed all'interno della membrana.

In base all'equazione di Nernst il potenziale per gli ioni Na dovrebbe essere POSITIVO. (+61mV)

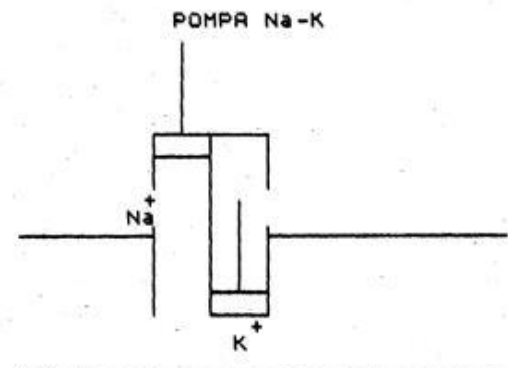
Sempre per l'equazione citata, il potenziale per gli ioni K dovrebbe essere NEGATIVO. (-95mV)



Ioni sodio tendono ad entrare in membrana per gradiente **CHIMICO** ed **ELETTRICO**. Infatti ioni sodio sono in concentrazione minore nella membrana e gli ioni negativi delle macromolecole attirano ioni Na positivi.

In base ai risultati dell'equazione di Nernst e in conformità ai gradienti chimici ed elettrici degli ioni, si nota che per ottenere un potenziale negativo all'interno della membrana, dovrà esserci un meccanismo che trasporti Na fuori dalla membrana e K nell'interno della membrana.

A questo meccanismo, ancora non perfettamente conosciuto, si dà il nome di **POMPA SODIO-POTASSIO**.



Come si vede, è la pompa SODIO-POTASSIO che determina il potenziale di membrana.

ARRIVEDERCI.



## LISTATO I BIS

Autore: Paolo Coretti.

Versione: Giampiero Di Dieco (MEGA Informatica Didattica).

Nome del programma: Potenziali di membrana.

Classificazione: Simulazione.

Linguaggio: Basic.

Hardware: CBM 64

Contenuti: Come nella versione per ZX Spectrum.

```

1 REM *** POTENZIALI DI MEMBRANA ***
2 REM *** PER CBM 64 ***
3 REM *** RICHIEDE IL SIMONS' BASIC ***
4 REM
5 REM
10 HIRES0,1:COLOUR6,1:TEXT10,10,"*****",1,1,8
20 TEXT10,20,"*"
30 TEXT10,30,"*"
31 TEXT10,40,"* POTENZIALI DI MEMBRANA"
32 TEXT10,50,"*"
33 TEXT10,60,"*"
34 TEXT10,70,"*****",1,1,8
35 TEXT100,100,"@ PAOLO CORETTI",1,1,8
36 TEXT30,120,"VERSIONE CBM 64 DI G.P. DI DIECO",1,1,8
40 TEXT105,150,"BY MEGASOFT",1,3,10:POKE54296,0:POKE64276,0
50 TEXT10,180,"@IA DOARDO IASSINI, 15",1,1,8
60 TEXT10,190,"@0151 - TEL. 06/53.11.422",1,1,8
61 GOSUB15000:GOSUB20000:NRM
62 POKE53280,0:POKE53281,0:POKE646,1:PRINT"J":PRINTCHR$(14)
65 PRINT"#####ISTRUZIONI"
70 PRINT"#####LL'INIZIO APPARE UN MENU' E"
71 PRINT"#####PUOI SCEGLIERE UN ARGOMENTO"
72 PRINT"#####A PIACERE."
73 PRINT"#####TER CAMBIARE ARGOMENTO"
74 PRINT"#####DEVI PREMERE UN TASTO QUALSIASI:"
75 PRINT"#####SE PREMI #C# OTTIENI UNA COPIA"
76 PRINT"#####DELLA PAGINA GRAFICA SU STAMPANTE,"
77 PRINT"#####SE PREMI #F# IL PROGRAMMA TERMINA."
78 GETA$:IFA$=""THEN78
80 IFA$="C"THENHRDCPY
90 IFA$="F"THEN10000
100 HIRES0,1:MOB OFF0:MOB OFF1:MOB OFF2:MOB OFF3
110 TEXT130,20,"MENU'",1,4,14
120 TEXT10,60,"01.# INIZIO",1,1,8
130 TEXT10,70,"02.# OME SI STABILISCE UNA 'V",1,1,8
140 TEXT10,80,"03.# AMPO ELETTRICO",1,1,8
150 TEXT10,90,"04.# ONCENTRAZIONE DEGLI \ONI",1,1,8
160 TEXT10,100,"05.# V DELLA MEMBRANA",1,1,8
170 TEXT10,110,"06.# QUAZIONE DI \ERNST",1,1,8
180 TEXT10,120,"07.# OVIMENTO \ONI /A",1,1,8
190 TEXT10,130,"08.# OVIMENTO \ONI /",1,1,8
200 TEXT10,140,"09.# DMPA /A-",1,1,8
210 TEXT10,150,"0F.# \-INE",1,1,8
215 TEXT10,160,"0A.# \UTO",1,1,8
220 GETA$:IFA$=""THEN220
230 ONVAL(A#)GOSUB1000,2000,3000,4000,5000,6000,7000,8000,9000
235 IFA$="F"THEN10000
237 IFA$="A"THEN40000
240 PRINT"J":GOTO100
1000 HIRES0,1
1010 FORN=20TO120STEP20
1020 TEXT70,10+N,"+ + +",1,2,10:TEXT170,10+N,"+ + +",1,2,10
1021 TEXT70,20+N," - - -",1,2,10:TEXT150,20+N," - - -",1,2,10
1030 NEXTN

```

(segue a pag. 34)

(segue da pag. 33)

```

1040 BLOCK130,30,135,150,1
1050 BLOCK150,30,155,150,1
1060 TEXT10,160,"#E' UN ESATTO BILANCIAMENTO DELLE",1,1,8
1070 TEXT10,170,"#CARICHE SU CIASCUNA FACCIA DELLA",1,1,8
1080 TEXT10,180,"#MEMBRANA: \L POTENZIALE DI",1,1,8
1090 TEXT10,190,"#MEMBRANA E' 0 VOLT",1,1,8
1100 GOSUB15000:GOSUB20000:RETURN
2000 HIRES0,1
2010 FORN=20T0120STEP20
2020 TEXT0,0+N,"+ + + +",1,2,10:TEXT100,0+N,"- + + +",1,2,10
2030 TEXT0,10+N,"- - -",1,2,10:TEXT100,10+N,"-- - -",1,2,10
2040 NEXTN
2050 BLOCK70,20,75,140,1
2055 BLOCK90,20,95,140,1
2060 TEXT100,50,"#ALCUNI IONI POSI-",1,1,8
2070 TEXT100,60,"#TIVI (IN COLORE)",1,1,8
2080 TEXT100,70,"#HANNO ATTRAVERSA-",1,1,8
2090 TEXT100,80,"#TO LA MEMBRANA ED",1,1,8
2100 TEXT100,90,"#HANNO LASCIATO",1,1,8
2110 TEXT100,100,"#DIETRO I CONTRO-",1,1,8
2120 TEXT100,110,"#IONI NEGATIVI. \L",1,1,8
2130 TEXT100,120,"#POTENZIALE ORA E'",1,1,8
2140 TEXT100,130,"#DIVERSO DA 0 VOLT.",1,1,8
2150 TEXT10,150,"#QUANDO SU UNA FACCIA SI SONO",1,1,8
2160 TEXT10,160,"#ACCUMULATE LE CARICHE + E",1,1,8
2170 TEXT10,170,"#SULL'ALTRA -, SI STABILISCE",1,1,8
2180 TEXT10,180,"#UNA DIFFERENZA DI POTENZIALE.",1,1,8
2190 GOSUB15000:GOSUB20000:GOSUB20000
2200 RETURN
3000 HIRES0,1
3010 FORN=10T0120STEP10
3020 TEXT70,0+N,"+",1,1,8
3030 TEXT105,0+N,"-",1,1,8
3040 NEXTN
3050 BLOCK80,10,85,130,1
3060 BLOCK95,10,100,130,1
3070 FORN=10T060STEP10
3080 TEXT50+N,140,"-",1,1,8:GOSUB20000
3090 NEXTN
3100 TEXT120,140,">",1,1,8
3110 TEXT20,160,"#AMPO ELETTRICO DELLA MEMBRANA",1,1,8
3120 TEXT0,180,"#A SINISTRA C'E' UN POTENZIALE ELEVATO.",1,1,8
3130 TEXT0,190,"#A DESTRA UN BASSO POTENZIALE.",1,1,8
3150 GOSUB15000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:RETURN
4000 HIRES0,1
4010 TEXT10,10,"#ONCENTRAZIONI MILLIMOLARI IONICHE",1,1,8
4020 TEXT10,20,"#ALL'INTERNO E ALL'ESTERNO DI",1,1,8
4030 TEXT10,30,"#CELLULE DI MAMMIFERI.",1,1,8
4040 REC10,40,300,100,1
4050 TEXT30,50,"IONI          INTERNO          ESTERNO",1,1,8
4060 TEXT30,70," +",1,1,8
4070 TEXT30,80,"#A          5-15          145",1,1,8
4080 TEXT30,90,"# +",1,1,8
4090 TEXT30,100,"#          140          5",1,1,8
4100 TEXT30,110,"# -",1,1,8
4110 TEXT30,120,"#L          4          110",1,1,8
4120 TEXT10,150,"#LA CELLULA E' ELETTRICAMENTE NEUTRA.",1,1,8
4130 TEXT10,160,"#TICHE' CI SONO PIU' \ONI + CHE \ONI -",1,1,8
4140 TEXT10,170,"#CI SARANNO ALL'INTERNO MACROMOLECOLE",1,1,8
4150 TEXT10,180,"#CON CARICA -.",1,1,8
4160 GOSUB15000
4165 GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:RETURN
5000 HIRES0,1
5010 BLOCK70,50,190,55,1
5020 BLOCK70,100,190,105,1

```

(segue a pag. 35)

(segue da pag. 34)

```

5030 LINE90,30,210,30,1
5040 LINE90,80,210,80,1
5050 LINE210,30,210,80,1
5060 LINE90,30,90,45,1
5070 LINE90,80,90,95,1
5080 LINE90,45,80,35,1
5090 LINE90,45,100,35,1
5100 LINE90,95,80,85,1
5110 LINE90,95,100,85,1
5120 TEXT190,65,"E=90 MV",1,1,8
5130 TEXT10,120,"E' UNA DIFFERENZA DI POTENZIALE",1,1,8
5140 TEXT10,130,"DI 90 MV TRA L'INTERNO E LA SUPERFICIE",1,1,8
5150 TEXT10,140,"DELLA CELLULA. PER CONVENZIONE SI STA-",1,1,8
5160 TEXT10,150,"BILISCE CHE IL POTENZIALE INTERNO SIA",1,1,8
5170 TEXT10,160,"NEGATIVO E IL POTENZIALE SULLA SUPERFI-",1,1,8
5180 TEXT10,170,"CIE SIA 0 VOLT.",1,1,8
5190 TEXT10,180,"AL POTENZIALE INTERNO E' NEGATIVO PER",1,1,8
5200 TEXT10,190,"LA PRESENZA DI MACROMOLECOLE CARICHE -.",1,1,8
5210 GOSUB15000
5220 GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:RETURN
6000 HIRES0,1
6010 TEXT70,10,"EQUAZIONE DI NERNST",1,2,8
6015 TEXT50,60," E -E ",1,1,8
6020 TEXT50,70,"1) E=61.5*LOG ---",1,1,8
6030 TEXT50,80," E -I ",1,1,8
6040 TEXT50,110," E -I ",1,1,8
6050 TEXT50,120,"2) E=61.5*LOG ---",1,1,8
6060 TEXT50,130," E -E ",1,1,8:GOSUB15000
6070 HIRES0,1:TEXT10,50,"LA 1) VALE PER GLI IONI NEGATIVI.",1,1,8
6080 TEXT10,60,"LA 2) VALE PER GLI IONI POSITIVI.",1,1,8
6090 TEXT10,70,"E E -I INDICANO LE CONCENTRAZIONI",1,1,8
6100 TEXT10,80,"DEGLI IONI ALL'ESTERNO ED ALL'INTERNO",1,1,8
6110 TEXT10,90,"DELLA MEMBRANA.",1,1,8
6120 TEXT10,110,"N BASE ALL'EQUAZIONE DI NERNST IL",1,1,8
6130 TEXT10,120,"POTENZIALE PER GLI IONI A DOVREBBE",1,1,8
6140 TEXT10,130,"ESSERE T*(1/X). (61M)",1,1,8
6150 TEXT10,150,"N BASE ALL'EQUAZIONE CITATA, IL POT-",1,1,8
6160 TEXT10,160,"ENZIALE PER GLI IONI A DOVREBBE ESSERE",1,1,8
6170 TEXT10,170,"(1/X). (-95M)",1,1,8
6180 TEXT70,10,"EQUAZIONE DI NERNST",1,3,10
6190 GOSUB15000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000
6200 RETURN
7000 HIRES0,1:GOSUB30000
7010 BLOCK20,30,280,35,1
7020 BLOCK20,130,280,135,1
7030 RLOCMOB0,70,80,0,10
7040 RLOCMOB2,230,80,0,10
7050 TEXT250,120,"R -",1,1,8
7060 FORN=5T050STEP5
7070 RLOCMOB0,70,100+(N+4),0,30
7080 RLOCMOB2,230,100+(N+4),0,30:GOSUB20000
7090 TEXT50,50+N,"I",1,1,8
7095 TEXT210,50+N,"I",1,1,8
7096 IFN=50THEN TEXT50,100,"V",1,1,8:TEXT210,100,"V",1,1,8
7100 NEXTN
7110 TEXT10,140,"IONI SODIO TENDONO AD ENTRARE IN",1,1,8
7120 TEXT10,150,"MEMBRANA PER GRADIENTE DI CONCENTRAZIONE",1,1,8
7130 TEXT10,160,"ED GLI IONI SODIO SONO",1,1,8
7140 TEXT10,170,"IN CONCENTRAZIONE MINORE NELLA MEMBRANA",1,1,8
7150 TEXT10,180,"E GLI IONI NEGATIVI DELLE MACROMOLE",1,1,8
7160 TEXT10,190,"COLE ATTIRANO IONI A POSITIVI.",1,1,8
7165 TEXT90,10,"MOVIMENTO IONI A",1,2,8
7170 GOSUB15000:MOB OFF0:MOB OFF2
7175 GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000

```

(segue a pag. 36)



(segue da pag. 35)

```

7176 GOSUB20000
7180 RETURN
8000 HIRES0,1:GOSUB30000:MOB OFF0:MOB OFF2
8010 BLOCK20,30,280,35,1
8020 BLOCK20,130,280,135,1
8030 RLOCMOB1,70,90,0,30
8040 RLOCMOB3,220,150,0,30:TEXT250,120,"MTR -",1,1,8
8050 FORN=5T060STEP5
8060 RLOCMOB1,70,97+N,0,30
8070 RLOCMOB3,220,150-N,0,30:GOSUB20000
8080 TEXT50,40+N,"I",1,1,8
8085 TEXT200,120-N,"I",1,1,8
8086 IFN=60THENTEXT50,100,"V",1,1,8:TEXT200,60,"I",1,1,8
8090 NEXTN
8100 TEXT10,140,"IONI / ESCONO PER GRADIENTE",1,1,8
8110 TEXT10,150,"ED ENTRANO PER GRADIENTE",1,1,8
8120 TEXT10,160,"INFATTI IONI / SONO IN CONCENTRAZIONE",1,1,8
8130 TEXT10,170,"MINORE ALL'ESTERNO, MA TR NEGATIVO",1,1,8
8140 TEXT10,180,"ATTRAE IONI / ALL'INTERNO.",1,1,8
8150 GOSUB15000:MOB OFF1:MOB OFF3
8155 GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000
8156 GOSUB20000:GOSUB20000
8160 RETURN
9000 HIRES0,1
9005 TEXT50,5,"POMPA SODIO - POTASSIO",1,2,8
9010 TEXT10,30,"N BASE AI RISULTATI DELL'EQUAZIONE",1,1,8
9020 TEXT10,40,"DI ERNST E IN CONFORMITA' AI GRADIENTI",1,1,8
9030 TEXT10,50,"TI CHIMICI ED ELETTRICI DEGLI IONI, SI",1,1,8
9040 TEXT10,60,"NOTA CHE PER OTTENERE UN POTENZIALE",1,1,8
9050 TEXT10,70,"NEGATIVO ALL'INTERNO DELLA MEMBRANA,",1,1,8
9060 TEXT10,80,"DOVRA' ESSERCI UN MECCANISMO CHE TRAS-",1,1,8
9070 TEXT10,90,"PORTI /A FUORI DALLA MEMBRANA E /",1,1,8
9080 TEXT10,100,"ALL'INTERNO DELLA MEMBRANA.",1,1,8
9090 TEXT10,150,"A QUESTO MECCANISMO, ANCORA NON PERFET-",1,1,8
9100 TEXT10,160,"TAMENTE CONOSCIUTO, SI DA' IL NOME DI",1,1,8
9110 TEXT10,170,"",1,1,8
9120 LINE0,180,320,180,1:GOSUB15000
9130 HIRES0,1:GOSUB30000:MOB OFF2:MOB OFF3
9135 TEXT50,10,"POMPA SODIO - POTASSIO",1,1,8
9140 LINE0,190,320,190,1
9150 LINE0,100,80,100,1
9160 LINE200,100,320,100,1
9170 REC80,50,120,110,1
9180 LINE140,50,140,160,1
9190 LINE80,100,80,50,0
9200 LINE200,100,200,50,0
9210 LINE80,160,200,160,0
9220 LINE80,160,80,140,0
9230 LINE200,160,200,140,0
9240 RLOCMOB1,310,120,0,10
9250 RLOCMOB0,30,210,0,10
9260 REC80,140,60,20,1
9270 LINE110,140,110,110,1
9280 REC140,50,60,20,1
9290 LINE170,50,170,20,1
9300 FORN=5T090STEP5
9310 RLOCMOB1,280-N,120,0,30
9320 RLOCMOB0,30+N,210,0,30
9330 GOSUB20000
9340 NEXTN
9350 FORN=0T090STEP10
9360 REC80,140-N,60,20,1:LINE110,140-N,110,110-N,1:RLOCMOB0,120,210-N,0,30
9361 REC140,50+N,60,20,1:LINE170,50+N,170,20+N,1
9362 RLOCMOB1,190,125+(N+2),0,30
9370 FORNN=1T050:NEXTNN
9371 REC140,50+N,60,20,0:LINE170,50+N,170,20+N,0

```

(segue a pag. 37)

(segue da pag. 36)

```

9380 REC80,140-N,60,20,0:LINE110,140-N,110,110-N,0:LINE140,50,140,140,1
9381 LINE200,100,200,140,1:LINE80,100,80,140,1:LINE140,50,200,50,1
9390 GOSUB20000:NEXTN
9400 REC80,50,60,20,1:LINE110,50,110,20,1
9410 REC140,140,60,20,1:LINE170,140,170,110,1
9430 FORN=5TO90STEP5
9440 RLOCMOB0,120-N,120,0,30
9450 GOSUB20000
9460 NEXTN:
9462 TEXT210,110,"#OME SI VEDE ",1,1,8
9463 TEXT210,120,"#E' LA POMPA ",1,1,8
9464 TEXT210,130,"#F-TI...F",1,1,8
9465 TEXT210,140,"#CHE DETERMINA",1,1,8
9466 TEXT210,150,"#IL POTENZIALE",1,1,8
9467 TEXT210,160,"#DI MEMBRANA. ",1,1,8
9469 TEXT10,192,"#A R R I V E D E R C I !!!",1,1,8
9600 GOSUB15000
9700 GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000
9710 GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:RETURN
10000 HIRES0,1:MOB OFF0:MOB OFF1:MOB OFF2:MOB OFF3
10010 TEXT60,100,"SEI PROPRIO SICURO ?",1,2,8
10020 GETR#:IFR#=""THEN10020
10030 IFR#="N"THEN10
10040 PAUSE1
10050 HIRES1,0:COLOUR0,1
10060 TEXT10,100,"C I A O !!!",1,6,25
10061 GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000
10062 GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000:GOSUB20000
10070 PRINT"D":POKE646,0
10080 PAUSE9:END
15000 REM *** GET ***
15010 GETU#:IFU#=""THEN15010
15020 IFU#="C"THENCOPY
15025 IFU#="F"THEN10000
15030 RETURN
20000 REM *** BEEP ***
20010 POKE54296,15
20020 VV=54272:POKEVV+6,0:POKEVV+5,31
20030 POKEVV+1,180:POKEVV+4,33
20040 FORU=1TO100:NEXTU
20050 POKEVV+4,0
20060 RETURN
30000 DESIGN0,2048+49152
30010 @.....BB...
30020 @.....BB...
30030 @.....BB...
30040 @.....BBBBBBB
30050 @.....BBBBBBB
30060 @.....BB...
30070 @.....BB...
30080 @.....BB...
30090 @.....BB...
30100 @.....BB...
30110 @BB...BB...BBB...
30120 @BB...BB...BB...BB...
30130 @BBB...BB...BB...BB...
30140 @BB.BB..BB.BB.....BB...
30150 @BB..BB.BB.BB.....BB...
30160 @BB...BBB.BBBBBBBB...
30170 @BB...BBB.BBBBBBBB...
30180 @BB...BB.BB.....BB...
30190 @BB...BB.BB.....BB...
30200 @BB...BB.BB.....BB...
30210 @BB...BB.BB.....BB...
30220 MOB SET0,32,7,0,0
30240 DESIGN1,2112+49152

```

(segue a pag. 38)

(segue da pag. 37)

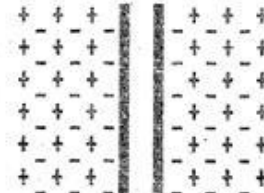
```

30250 @.....CC....
30260 @.....CC....
30270 @.....CC....
30280 @.CCCCCCCCC
30290 @.CCCCCCCCC
30300 @.....CC....
30310 @.....CC....
30320 @.....CC....
30330 @.....CC....
30340 @BB....DD...
30350 @BB....DD...
30360 @BB....DD...
30370 @BB....DD...
30380 @BB....DD...
30390 @BB....DD...
30400 @BB....DD...
30410 @BB....DD...
30420 @BB....DD...
30430 @BB....DD...
30440 @BB....DD...
30450 @BB....DD...
30460 MOB SET1,33,2,0,1:CMOB3,5
31000 DESIGN0,2176+49152
31010 @.....BB...
31020 @.....BB...
31030 @.....BB...
31040 @.....BBBBBBB
31050 @.....BBBBBBB
31060 @.....BB...
31070 @.....BB...
31080 @.....BB...
31090 @.....BB...
31100 @.....BB...
31110 @BB....BB...BBBB
31120 @BB....BB...BB...BB
31130 @BB....BB...BB...BB
31140 @BB....BB...BB...BB
31150 @BB....BB...BB...BB
31160 @BB....BBB.BBBBBBBB
31170 @BB....BBB.BBBBBBBB
31180 @BB....BB...BB...BB
31190 @BB....BB...BB...BB
31200 @BB....BB...BB...BB
31210 @BB....BB...BB...BB
31220 MOB SET2,34,2,0,0
31240 DESIGN1,2240+49152
31250 @.....CC....
31260 @.....CC....
31270 @.....CC....
31280 @.CCCCCCCCC
31290 @.CCCCCCCCC
31300 @.....CC....
31310 @.....CC....
31320 @.....CC....
31330 @.....CC....
31340 @BB....DD...
31350 @BB....DD...
31360 @BB....DD...
31370 @BB....DD...
31380 @BB....DD...
31390 @BB....DD...
31400 @BB....DD...
31410 @BB....DD...
31420 @BB....DD...
31430 @BB....DD...
    
```

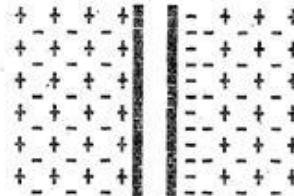
```

31440 @BB....DD...
31450 @BB....DD...
31460 MOB SET3,35,2,0,1:CMOB3,5
31470 RETURN
40000 REM *** AUTOMATICO ***
40010 GOSUB1000:GOSUB2000:GOSUB3000
40020 GOSUB4000:GOSUB5000:GOSUB6000
40030 GOSUB7000:GOSUB8000:GOSUB9000
40040 RETURN

READY.
    
```

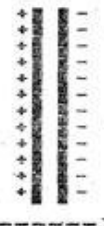


C'e' un esatto bilanciamento delle cariche su ciascuna faccia della membrana: Il potenziale di membrana e' 0 volt



Alcuni ioni positivi (in colore) hanno attraversato la membrana ed hanno lasciato dietro i controioni negativi. Il potenziale ora e' diverso da 0 volt.

Quando su una faccia si sono accumulate le cariche + e sull'altra -, si stabilisce una differenza di potenziale.



Campo elettrico della membrana

A sinistra c'e' un potenziale elevato, a destra un basso potenziale.

(segue a pag. 39)

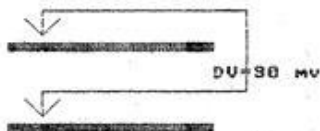


(segue da pag. 38)

Concentrazioni millimolari ioniche all'interno e all'esterno di cellule di mammiferi.

| IONI            | INTERNO | ESTERNO |
|-----------------|---------|---------|
| Na <sup>+</sup> | 5-15    | 145     |
| K <sup>+</sup>  | 140     | 5       |
| Cl <sup>-</sup> | 4       | 110     |

La cellula e' elettricamente neutra. Poiche' ci sono piu' Ioni + che Ioni - ci saranno all'interno macromolecole con carica -.



C'e' una differenza di potenziale di 90 mV tra l'interno e la superficie della cellula. Per convenzione si stabilisce che il potenziale interno sia negativo e il potenziale sulla superficie sia 0 volt. Il potenziale interno e' negativo per la presenza di macromolecole cariche -.

EQUAZIONE DI NERNST

$$1) \quad mU = 61.5 \cdot \log \frac{C_e}{C_i}$$

$$2) \quad mU = 61.5 \cdot \log \frac{C_i}{C_e}$$

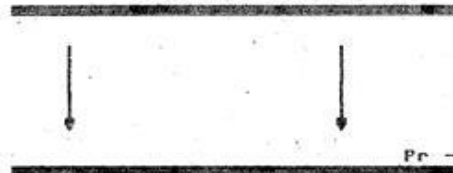
EQUAZIONE DI NERNST

La 1) vale per gli ioni negativi. La 2) vale per gli ioni positivi. Ce e Ci indicano le concentrazioni degli ioni all'esterno ed all'interno della membrana.

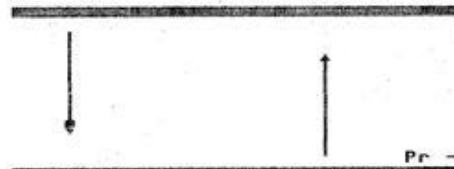
In base all'equazione di Nernst il potenziale per gli ioni Na dovrebbe essere POSITIVO. (61mV)

In base all'equazione citata, il potenziale per gli ioni K dovrebbe essere NEGATIVO. (-95mV)

MOVIMENTO IONI Na



Ioni sodio tendono ad entrare in membrana per gradiente (MIGLIORANO) ed ~~entrano per gradiente~~. Infatti ioni sodio sono in concentrazione minore nella membrana e gli ioni negativi delle macromolecole attirano ioni Na positivi.



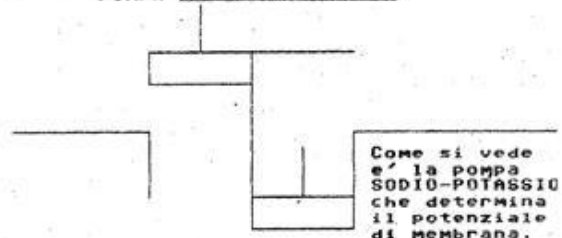
Ioni K escono per gradiente (MIGLIORANO) ed entrano per gradiente ~~(MIGLIORANO)~~. Infatti ioni K sono in concentrazione minore all'esterno, ma Pr negativo attrae ioni K all'interno.

POMPA SODIO-POTASSIO.

In base ai risultati dell'equazione di Nernst e in conformita' ai gradienti chimici ed elettrici degli ioni, si nota che per ottenere un potenziale negativo all'interno della membrana, dovra' esserci un meccanismo che trasporti Na fuori dalla membrana e K all'interno della membrana.

A questo meccanismo, ancora non perfettamente conosciuto, si da' il nome di ~~meccanismo di trasporto sodio-potassio~~

POMPA SODIO-POTASSIO.



ARRIUFEDERCIU

### Modello ecologico

Come convivono una popolazione di volpi e una popolazione di conigli? La risposta la può fornire il nostro computer che analizza i parametri che caratterizzano due popolazioni animali e ci fornisce la risposta sotto forma di grafici. Un programma di questo genere rappresenta un'ottima introduzione all'ecologia « seria » basata cioè sullo studio di modelli matematici, i soli che ci possano dare una risposta valida ai problemi ecologici.

Si scoprirà così, simulando con vari input le condizioni iniziali, che tutto sommato la parte dei « cattivi » spetta proprio ai conigli. Infatti, mentre i conigli muoiono generalmente solo per aver distrutto tutta la vegetazione di un territorio, il destino delle povere volpi è legato a parametri molto più restrittivi che le condizionano fortemente. Un'ultima osservazione: se gli input iniziali (numero delle volpi e dei conigli) non sono decisamente sballati, alla fine si vedrà che all'equilibrio avremo sempre più o meno lo stesso numero di volpi e conigli perché una popolazione è « tamponata » dall'ambiente.

Il modello matematico è stato tratto dal libro di Green *Le scienze con il calcolatore tascabile*, ed. Muzzio, al quale si rimanda per una descrizione più dettagliata del modello stesso. In generale dirò che il modello tiene conto degli indici di natalità, mortalità, competizione per il cibo tra e nelle specie in questione. Da un punto di vista matematico si tratta di risolvere un sistema di equazioni differenziali con il metodo di Eulero. Uno dei grafici del programma, che appare sotto forma di spirale, mostrerà proprio la condizione di stabilità del sistema, perché partendo da certi dati iniziali alla fine il sistema si stabilizzerà per un numero ben determinato di volpi e conigli.

Poiché il numero dei conigli è fuori scala rispetto alle dimensioni dello schermo, il calcolatore ricerca il max ed effettua una riduzione in scala del numero dei conigli. Il numero delle volpi non è stato ridotto in scala perché non necessario. In ogni caso i risultati sono ben evidenti: ad un massimo delle volpi corrisponde un minimo dei conigli e viceversa: è da notare anche lo sfasamento temporale tra massimo e minimo.

#### Routines del programma:

- 1-17 introduzione ed istruzioni.
- 100 dimensionamento degli array.
- 110 rimanda alle *subroutines* di disegno del coniglio.
- 130-160 inputs.
- 170-280 inizializzazione delle costanti e calcolo del numero dei conigli e delle volpi; loro posizionamento negli array.
- 290 chiede se vogliamo i dati o il grafico.
- 340-390 routine per far apparire i dati 20 per pagina.
- 400 disegna gli assi del grafico.
- 410 rimanda alla *subroutine* di ricerca del massimo.
- 420 fattore di scala.
- 460-510 disegno dei grafici delle due popolazioni.
- 530-626 disegno del secondo grafico.
- 640-660 disegno delle volpi e dei conigli.
- 750-829 *subroutines* per il disegno delle volpi e dei conigli.
- 830-870 *subroutine* di calcolo del massimo tra i conigli.
- 1000-1040 routine per il disegno della spirale di equilibrio.

#### LISTATO 2

*Autore:* Paolo Coretti.

*Nome del programma:* Modello ecologico.

*Classificazione:* Simulazione.

*Linguaggio:* Basic.

*Hardware:* Sinclair ZX Spectrum.

*Contenuti:* Studia il rapporto ottimale di una popolazione di conigli e di volpi su un determinato territorio, verificato sperimentalmente secondo un modello matematico.

```

1 BORDER 7: PAPER 7: INK 0
2 REM *** P. CORETTI 1985 ©
10 PRINT AT 10,7;"Modello ecol
ogico."
11 PAUSE 100: CLS
12 PRINT "Questo programma sim
ula come va rias una popolazione
di volpi e conigli di un territ
orio."
13 PRINT "Un aumento di una sp
ecie deter minera' la diminuzio
ne dell'al tra e viceversa."
15 PRINT "Si consiglia di iniz
iare con una popolazione di 500
conigli e 10 volpi."

```

```

16 PRINT "Appariranno 3 grafi
ci: rappresen-tano il primo, le cu
rve della po-polazione per 255 a
nni, il secon-do rappresenta i pr
imi anni del-lo sviluppo delle 2
popolazioni, infine il terzo gra
fico dimostracome le due popolaz
ioni raggiun-gano un punto di eq
uilibrio sta-bile."
17 PRINT #0;"(Per iniziare bat
tere un tasto qualsiasi)": PAUS
E 0
18 CLS : PRINT "Dopo ogni graf
ico battere un tasto qualsiasi o
ppure <F>per fini-re.": PRINT AT
21,0;"Battere un tasto qualsias
i": PAUSE 0
100 CLS : DIM a(250): DIM b(250
): DIM c(250): DIM v(250)
110 GO SUB 750: GO SUB 760: GO
SUB 770: GO SUB 780
130 INPUT "Conigli=":r: CLS
140 GO SUB 800: GO SUB 810: GO
SUB 815
150 INPUT AT 0,17;"Volpi=":f
160 CLS : PRINT AT 20,0;"Sto ca
lcolando"
170 LET b=.25: LET a=.002: LET
c=.0001: LET d=.01: LET e=.02
230 FOR x=1 TO 255
240 LET w=(1+b)*r-d*r*f-c*r*r:

```

(segue a pag. 41)

(segue da pag. 40)

```

IF w<=0 THEN PRINT "Conigli esti
nti": STOP
250 LET y=a*r+f-e*f*f: IF y<=0
THEN PRINT "Volpi estinte": STOP

260 LET a(x)=INT w: LET b(x)=IN
T y
280 LET r=INT w: LET f=INT y::
NEXT x: LET eq=a(254)
290 CLS: PRINT AT 21,0;"Grafic
o o dati(g/d)?: PAUSE 0: IF INK
EY$="g" THEN GO TO 400
340 LET p=1: LET q=20: CLS
350 FOR x=p TO q
360 PRINT "Conigli=";a(x);"
"Volpi=";b(x)
370 IF x=254 THEN PRINT "fine d
ati": GO TO 390
380 NEXT x: PAUSE 0: LET p=q+1:
LET q=q+20: CLS: GO TO 350
390 PRINT "per finire (f)": PAU
SE 0: IF INKEY$="f" THEN STOP
400 CLS: PLOT 0,20: DRAW 255,0
: PLOT 0,20: DRAW 0,155
410 GO SUB 830
420 LET m=m/175: LET m1=(m*175)
/255
460 FOR x=1 TO 255
470 LET a(x)=INT (a(x)/m): LET
c(x)=(a(x)*m)/m1
480 LET b(x)=INT b(x): LET v(x)
=b(x)
485 NEXT x
486 FOR x=1 TO 254
490 PLOT x;a(x): DRAW x+1-x,a(x
+1)-a(x)
500 PLOT x,b(x)+20: DRAW x+1-x,
(b(x+1)+20)-(b(x)+20): NEXT x
505 PRINT AT 5,25;"Conigli": PR
INT AT 15,25;"Volpi"
510 NEXT x: PRINT AT 20,0;"Graf
ico della popolazione di volpi e
conigli": PAUSE 0: IF INKEY$="
f" THEN STOP
530 CLS: PLOT 0,20: DRAW 255,0
: PLOT 0,20: DRAW 0,155
540 GO SUB 830
550 LET m=m/175
555 LET x0=0
560 FOR x=1 TO 51
570 LET a(x)=a(x)/m: NEXT x
575 LET x0=0: FOR x=1 TO 50
580 PLOT x0,a(x): DRAW x0+5-x0,
a(x+1)-a(x)
590 PLOT x0,b(x)+20: DRAW x0+5-
x0,(b(x+1)+20)-(b(x)+20)
610 LET x0=x0+5
615 NEXT x: PRINT AT 10,25;"Con
igli": PRINT AT 15,25;"Volpi"
615 NEXT x: PRINT AT 20,0;"Graf
ico della popolazione delle volp
i e dei conigli."
620 PAUSE 0: IF INKEY$="f" THEN
STOP
625 GO TO 1000
628 PAUSE 0
630 CLS: PLOT 0,20: DRAW 255,0
: PLOT 255,20: DRAW 0,155: PLOT
255,175: DRAW -255,0: PLOT 0,175
: DRAW 0,-155
640 GO SUB 760: GO SUB 770: GO
SUB 780: GO SUB 810: GO SUB 815
650 PRINT AT 20,0;"All'equilibr
io: "eq;" conigli ";b(255);"
volpi.": PAUSE 0: IF INKEY$="f"
THEN STOP
650 GO TO 100
750 PLOT 0,0: DRAW 125,0: PLOT
125,0: DRAW 0,175: PLOT 125,175:
DRAW -125,0: PLOT 0,175: DRAW 0
,-175: RETURN
760 PLOT 30,55: DRAW 60,0: PLOT
90,55: DRAW -30,60: PLOT 60,115
: DRAW -30,-60: CIRCLE 60,65,5:
CIRCLE 55,90,2: CIRCLE 65,90,2:

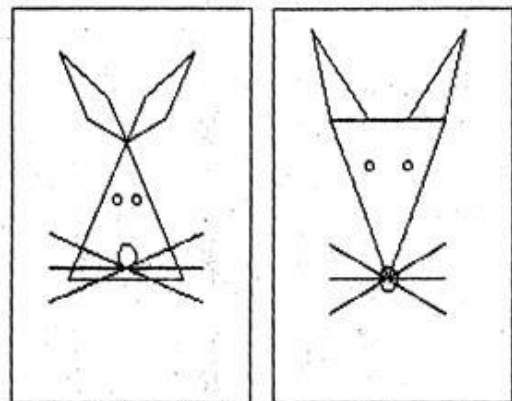
```

```

PLOT 20,75: DRAW 80,-30: PLOT 20
,60: DRAW 80,0: PLOT 20,45: DRAW
80,30: RETURN
770 PLOT 60,115: DRAW 20,10: PL
OT 80,125: DRAW 15,30: PLOT 95,1
55: DRAW -25,-20: PLOT 70,135: D
RAW -10,-20: RETURN
780 PLOT 60,115: DRAW -20,10: P
LOT 40,125: DRAW -15,30: PLOT 25
,155: DRAW 25,-20: PLOT 50,135:
DRAW 10,-20: RETURN
800 CLS: PLOT 130,0: DRAW 125,
0: PLOT 255,0: DRAW 0,175: PLOT
255,175: DRAW -125,0: PLOT 130,1
75: DRAW 0,-175: RETURN
810 PLOT 190,55: DRAW 30,70: PL
OT 220,125: DRAW -60,0: PLOT 160
,125: DRAW 30,-70: CIRCLE 190,55
,5: CIRCLE 180,105,2: CIRCLE 200
,105,2: RETURN
815 PLOT 150,70: DRAW 60,-30: P
LOT 150,55: DRAW 60,0: PLOT 160,
40: DRAW 60,30: PLOT 200,125: DR
AW 30,40: PLOT 180,125: DRAW -30
,40: PLOT 230,165: DRAW -10,-40:
PLOT 150,165: DRAW 10,-40: RETU
RN
829 STOP
830 LET m=a(1)
840 FOR x=2 TO 255
850 IF a(x)<m THEN GO TO 870
860 LET m=a(x)
870 NEXT x: RETURN
1000 CLS: PLOT 0,0: DRAW 0,175:
PLOT 0,0: DRAW 255,0
1001 PRINT AT 20,25;"Conigli"
1002 PRINT AT 0,0;"Volpi"
1010 FOR x=1 TO 60
1020 PLOT c(x),v(x)*3: DRAW c(x+
1)-(x),v(x+1)*3-v(x)*3
1030 NEXT x
1040 GO TO 826
Questo programma simula come va
ria una popolazione di volpi e
conigli di un territorio.
Un aumento di una specie deter
minera' la diminuzione dell'al
tra e viceversa.
Si consiglia di iniziare con una
popolazione di 500 conigli e 10
volpi.

```

Appariranno 3 grafici: rappresen-  
tano il primo, le curve della po-  
polazione per 255 anni, il second-  
o rappresenta i primi anni del-  
lo sviluppo delle 2 popolazioni,  
infine il terzo grafico dimostra  
come le due popolazioni raggiun-  
gano un punto di equilibrio sta-  
bile.



(segue a pag. 42)



(segue da pag. 41)

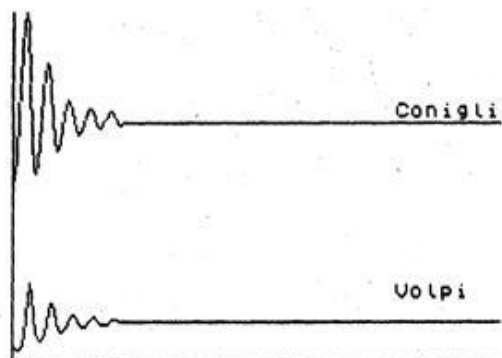


Gráfico della popolazione di volpi e conigli.

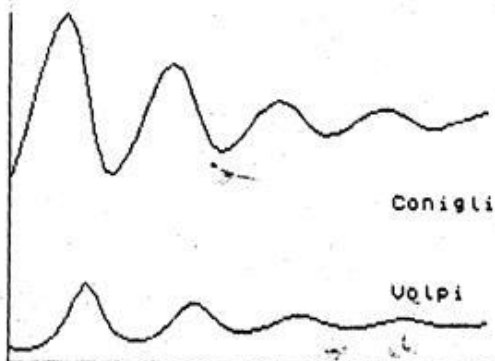
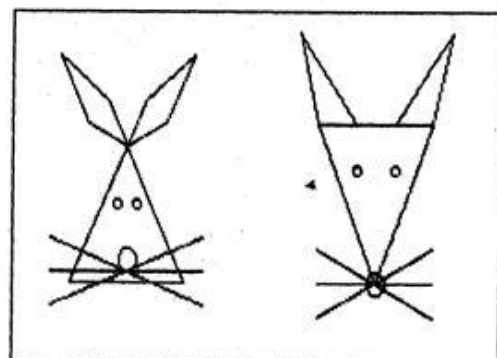
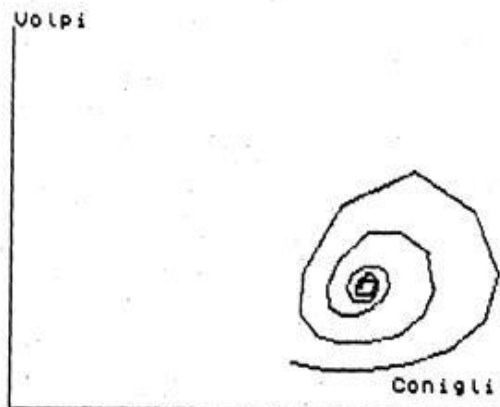


Gráfico della popolazione delle volpi e dei conigli.



All'equilibrio: 686 conigli 18 volpi.

## LISTATO 2 BIS

Autore: Paolo Coretti.

Versione: Giampiero Di Dieco (MEGA Informatica Didattica).

Nome del programma: Modello ecologico.

Classificazione: Simulazione.

Linguaggio: Basic.

Hardware: CBM 64.

Contenuti: Come nella versione per ZX Spectrum.

```

1 REM ** MODELLO ECOLOGICO
2 REM ** @ PAOLO CORETTI
3 REM ** VERSIONE PER CBM 64
4 REM ** A CURA DI G. P. DI DIECO
5 REM ** RICHIEDE IL SIMONS ' BASIC
6 REM ** MEGA INFORMATICA DIDATTICA
7 REM ** VIA EDOARDO BASSINI, 15
8 REM ** 00151 ROMA
10 DIMA(260):DIMB(260):DIMC(260):DIMV(260):HIRES0,1
11 HIRES0,1
20 TEXT70,90,"MODELLO ECOLOGICO.",1,3,10
30 GOSUB5000:GOSUB40000
40 HIRES0,1
45 REC0,0,319,199,1

```

(segue a pag. 43)



(segue da pag. 43)

```

660 GETQ#: IFQ#="" THEN660
670 IFQ#="Q" THEN770
680 P=1:Q=20
690 PRINT"Q";CHR$(14)
700 FORX=PTOQ
710 PRINT"CONIGLI = ";A(X);" ";XOLPI = ";B(X)
720 IFX=254THENPRINT" LINE DATI":GOTO740
730 NEXTX:P=Q+1:Q=Q+20
731 PRINT" "
732 GETA#: IFA#="" THEN732
733 IFA#="C" THENHRDCPY
734 IFA#="F" THENPRINT"Q":END
735 IFA#<" " THEN700
740 PRINT" TER FINIRE "
750 GETA#: IFA#="" THEN750
760 IFA#="F" THENPRINT"Q":END
770 HIRE$0,1
780 GOSUB30000
790 GOSUB80000:M=M/175
800 M1=(M*175)/255
810 FORX=1TO255
820 A(X)=INT(A(X)/M)
830 C(X)=A(X)*M/M1
840 B(X)=INT(B(X))
850 V(X)=B(X)
860 NEXTX
870 FORX=1TO254
880 LINEX,B(X)+90,X+1,B(X+1)+90,1
890 LINEX,A(X)-100,X+1,A(X+1)-100,1
895 GOSUB40000
900 NEXTX
910 TEXT160,10,"CONIGLI",1,1,8
920 TEXT160,90,"OLPI",1,1,8
930 TEXT10,170,"GRAFICO DELLA POPOLAZIONE DI VOLPI",1,1,8
940 TEXT10,180,"E DI CONIGLI.",1,1,8
950 GOSUB50000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000
960 HIRE$0,1:
970 GOSUB30000:GOSUB80000
980 M=M/175
990 X0=0
1000 FORX=1TO51
1010 A(X)=A(X)/M
1020 NEXTX
1030 X0=0
1040 FORX=1TO50
1050 LINEX0,A(X)-100,X0+5,A(X+1)-100,1
1060 LINEX0,B(X)+90,X0+5,B(X+1)+90,1
1065 GOSUB40000
1070 X0=X0+5
1080 NEXTX
1090 TEXT160,10,"CONIGLI",1,1,8
1100 TEXT160,90,"OLPI",1,1,8
1110 TEXT10,170,"GRAFICO DELLA POPOLAZIONE DELLE VOLPI",1,1,8
1120 TEXT10,180,"E DEI CONIGLI NEI PRIMI ANNI DELLO ",1,1,8
1125 TEXT10,190,"SVILUPPO.",1,1,8
1130 GOSUB50000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000
1135 GOSUB40000
1140 HIRE$0,1
1150 GOSUB30000
1155 TEXT5,5,"OLPI",1,1,8
1157 TEXT250,150,"CONIGLI",1,1,8
1160 FORX=1TO60
1170 LINEC(X),V(X)*PI,C(X+1),V(X+1)*PI,1
1175 GOSUB40000
1180 NEXTX
1181 TEXT10,170,"QUESTO GRAFICO DIMOSTRA CHE LE DUE",1,1,8

```

(segue a pag. 45)

(segue da pag. 44)

```

1182 TEXT10,180,"#POPOLAZIONI RAGGIUNGONO UN PUNTO",1,1,8
1183 TEXT10,190,"#D'EQUILIBRIO STABILE.",1,1,8
1190 GOSUB5000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000:GOSUB40000
1195 GOSUB40000:GOSUB40000
1200 HIRES0,1
1210 REC0,0,319,199,1
1215 TEXT90,0,"#LL'EQUILIBRIO",1,2,8
1220 GOSUB10000
1230 GOSUB20000
1240 EQ#=STR$(EQ)
1250 B#=STR$(B(255))
1260 TEXT20,190,EQ#,1,1,8
1270 TEXT69,190,"#-ONIGLI",1,1,8
1280 TEXT170,190,B#,1,1,8
1290 TEXT220,190,"#XOLPI",1,1,8
1300 GOSUB5000
1310 HIRES0,1
1320 TEXT10,90,"#C I A O !!!!",1,5,18
1330 GOSUB5000
1340 NRM:PRINT"J":END
5000 REM
5010 GETA$:IFA$=""THEN5010
5020 IFA$="C"THENCOPY
5030 IFA$="F"THENPRINT"J":END
5040 RETURN
8000 REM
8010 M=A(1)
8020 FORX=2TO255
8030 IFA(X)<MTHENGOTO8050
8040 A(X)=M
8050 NEXTX:RETURN
10000 REM *** CONIGLIO ***
10020 CIRCLE70,120,5.5,5,1
10030 CIRCLE90,120,5.5,5,1
10040 CIRCLE80,150,7.8,7,1:PRINT81,151,1
10050 LINE30,157,130,157,1
10060 LINE30,139,130,174,1
10070 LINE30,174,130,139,1
10080 LINE80,70,120,165,1
10090 LINE80,70,40,165,1
10100 LINE40,165,120,165,1
10110 LINE80,70,90,50,1
10120 LINE90,50,120,20,1
10130 LINE120,20,105,60,1
10140 LINE105,60,80,70,1
10150 LINE80,70,70,50,1
10160 LINE70,50,40,20,1
10170 LINE40,20,55,60,1
10180 LINE55,60,80,70,1
11000 RETURN
20000 REM *** VOLPE ***
20010 LINE180,70,260,70,1
20020 LINE180,70,220,165,1
20030 LINE260,70,220,165,1
20040 CIRCLE220,165,7.9,7,1
20050 PRINT223,166,1
20060 LINE180,165,260,165,1
20070 LINE180,155,260,175,1
20080 LINE180,175,260,155,1
20090 CIRCLE210,100,5.5,5,1
20100 CIRCLE230,100,5.5,5,1
20110 LINE180,70,170,20,1
20120 LINE260,70,270,20,1
20130 LINE170,20,200,70,1
20140 LINE270,20,240,70,1
21000 RETURN

```

(segue a pag. 46)



(segue da pag. 45)

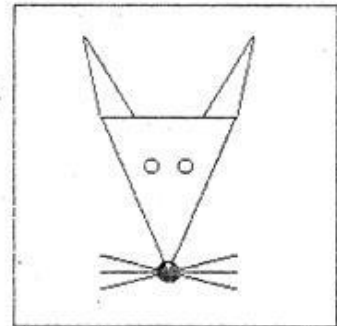
```

30000 REM
30010 LINE0,0,0,160,1
30020 LINE0,160,320,160,1
30030 RETURN
40000 REM
40010 POKE54296,15:POKE54295,0
40020 VV=54272
40030 POKEVV+6,0:POKEVV+5,31
40040 POKEVV+1,160:POKEVV+4,33
40050 FORNN=1TO100:NEXTNN
40060 POKEVV+4,0
40070 RETURN
  
```

READY.

Quante volpi ?

40

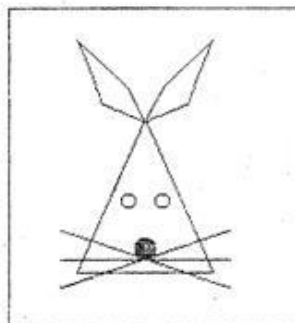


Questo programma simula come varia una popolazione di volpi e di conigli in un territorio. Un aumento di una specie determina la diminuzione dell'altra e viceversa.

Si consiglia di iniziare con una popolazione di 999 conigli e 23 volpi.

Appariranno 3 grafici rappresentanti: il primo, le curve della popolazione per 255 anni; il secondo, i primi anni dello sviluppo delle 2 popolazioni; il terzo grafico dimostra come le due popolazioni raggiungano un punto di equilibrio.

|               |            |
|---------------|------------|
| Conigli = 749 | Volpi = 47 |
| Conigli = 528 | Volpi = 26 |
| Conigli = 494 | Volpi = 13 |
| Conigli = 528 | Volpi = 9  |
| Conigli = 584 | Volpi = 7  |
| Conigli = 655 | Volpi = 7  |
| Conigli = 729 | Volpi = 8  |
| Conigli = 799 | Volpi = 10 |
| Conigli = 855 | Volpi = 13 |
| Conigli = 884 | Volpi = 16 |
| Conigli = 867 | Volpi = 25 |
| Conigli = 791 | Volpi = 30 |
| Conigli = 688 | Volpi = 29 |
| Conigli = 613 | Volpi = 23 |
| Conigli = 587 | Volpi = 17 |
| Conigli = 599 | Volpi = 14 |
| Conigli = 629 | Volpi = 12 |
| Conigli = 671 | Volpi = 12 |
| Conigli = 713 | Volpi = 13 |
| Conigli = 747 | Volpi = 15 |



Quanti conigli ?

999

|               |            |
|---------------|------------|
| Conigli = 765 | Volpi = 17 |
| Conigli = 767 | Volpi = 20 |
| Conigli = 746 | Volpi = 22 |
| Conigli = 712 | Volpi = 23 |
| Conigli = 675 | Volpi = 22 |
| Conigli = 649 | Volpi = 20 |
| Conigli = 639 | Volpi = 17 |
| Conigli = 649 | Volpi = 15 |
| Conigli = 671 | Volpi = 14 |
| Conigli = 699 | Volpi = 14 |
| Conigli = 727 | Volpi = 15 |
| Conigli = 746 | Volpi = 17 |

(segue a pag. 47)

(segue da pag. 46)

Coni9li = 750 VolPi = 19  
 Coni9li = 738 VolPi = 21  
 Coni9li = 713 VolPi = 22  
 Coni9li = 683 VolPi = 21  
 Coni9li = 663 VolPi = 19  
 Coni9li = 658 VolPi = 17  
 Coni9li = 667 VolPi = 16  
 Coni9li = 682 VolPi = 16

Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18

Coni9li = 696 VolPi = 16  
 Coni9li = 710 VolPi = 17  
 Coni9li = 716 VolPi = 18  
 Coni9li = 714 VolPi = 19  
 Coni9li = 705 VolPi = 19  
 Coni9li = 697 VolPi = 19  
 Coni9li = 690 VolPi = 19  
 Coni9li = 683 VolPi = 19  
 Coni9li = 677 VolPi = 18  
 Coni9li = 678 VolPi = 17  
 Coni9li = 686 VolPi = 17  
 Coni9li = 693 VolPi = 17  
 Coni9li = 700 VolPi = 17  
 Coni9li = 707 VolPi = 18  
 Coni9li = 706 VolPi = 18  
 Coni9li = 705 VolPi = 18  
 Coni9li = 704 VolPi = 18  
 Coni9li = 703 VolPi = 18  
 Coni9li = 702 VolPi = 18  
 Coni9li = 701 VolPi = 18

Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18

Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18

Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18  
 Coni9li = 700 VolPi = 18

(segue a pag. 48)



(segue da pag. 48)

|               |            |
|---------------|------------|
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |

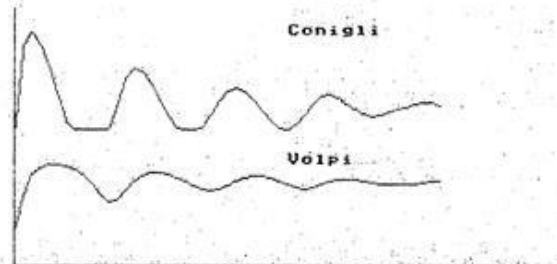
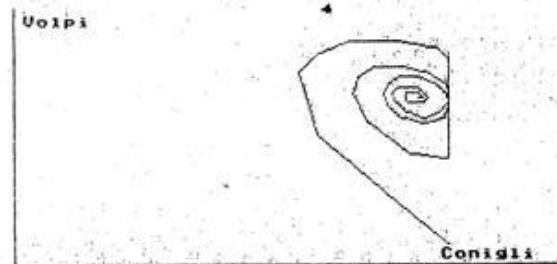


Grafico della popolazione delle volpi e dei conigli nei primi anni dello sviluppo.

|               |            |
|---------------|------------|
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |
| Conigli = 700 | Volpi = 18 |



Questo grafico dimostra che le due popolazioni raggiungono un punto d'equilibrio stabile.

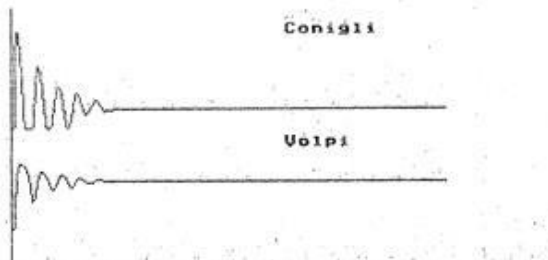


Grafico della popolazione di volpi e di conigli.

