

# **La automazione**

Dalle macchine semplici alle macchine programmabili

## Scheda 1

Che cosa trasformano le macchine?

### 0. Introduzione

- 1. Un gioco d'avventura e alcune elaborazioni statistiche al calcolatore
- 2. Movimenti e informazioni
- 3. Macchine semplici, motori, automatismi
- 4. Dati e programmi
- 5. Scatole nere
- 6. Logica di funzionamento e diagrammi di flusso
- 7. Segnali e codici
- 8. Il calcolatore
- 9. Un gioco
- 10. Esercizi

► Sintesi

## **0. Introduzione**

Sin dalla nascita siamo abituati a *convivere con le macchine*. Usiamo macchine per:

- spostarci (passeggini, autobus, biciclette, ascensori, ...),
- svagarsi (carillon, giocattoli, televisioni, radio, videogiochi, ...),
- conservare e preparare il cibo (frigoriferi, macchine per il caffè, frullatori, ...),
- comunicare (telefono, tastiera di uno sportello automatico, ...),
- organizzare il tempo (orologi) e fare calcoli (calcolatrici),
- ...

Sì potrebbe continuare con un lunghissimo elenco, più lungo di quanto lì per lì si possa pensare. Siamo tanto abituati a questa convivenza che non facciamo neanche caso a tutte le macchine con cui abbiamo a che fare durante la giornata. Eppure fino a poco tempo fa (un paio di secoli, che sono piccola cosa rispetto alla storia dell'umanità) era stata inventata solo una piccola parte delle macchine attuali; queste macchine, poi, erano in genere assai più rudimentali delle attuali e solo poche persone avevano avuto la possibilità di conoscerle.

Come è cambiato il modo di vivere in seguito a questa massiccia diffusione delle macchine? Come è mutato il modo in cui si lavora, si studia, si pensa, ...? Quali sono le attività, le abilità, le conoscenze umane che pian piano sono state *incorporate* nelle macchine?

Riflettere su queste domande può essere utile per capire meglio come è organizzata la società in cui viviamo e per comprendere il ruolo che in essa (nella vita quotidiana, nei mestieri, ...) svolgono le macchine (quanto può essere affidato o dipende dalle macchine? quanto dipende dalle scelte umane? ...).

Può essere utile anche per capire come l'evoluzione tecnologica porta dei cambiamenti nello sviluppo e nello studio delle discipline. Ad es., nel fare matematica, quali attività possono essere delegate al calcolatore invece che essere svolte "a mano"? E quanta e quale matematica è utile per usare consapevolmente un calcolatore?

In **questa unità didattica** cercheremo di affrontare alcuni di questi aspetti a partire dalla domanda: che cosa fanno le varie macchine? come possiamo distinguere in base al tipo di attività che svolgono?

Ci soffermeremo, poi, ad analizzare più a fondo i casi in cui una macchina può funzionare senza il controllo diretto dell'uomo, cioè ad analizzare i *procedimenti automatizzati*. Presteremo particolare attenzione agli aspetti matematici (linguaggi e modi per descrivere questi funzionamenti) e al ruolo del calcolatore.

Il tema dell'automazione e la riflessione sull'uso del calcolatore verranno ulteriormente approfondite in successive unità didattiche.

## **1. Un gioco d'avventura e alcune elaborazioni statistiche al calcolatore**

Avviamo il discorso con due attività che potrete svolgere nell'*aula computer*: un gioco al calcolatore e alcune elaborazioni statistiche automatizzate.

### **Il castello stregato**

Battendo alcuni tasti o azionando il mouse, trasformerete provvisoriamente i personal computer in *macchine-da-gioco* con cui affrontare il gioco d'avventura "Il castello stregato" [se stai leggendo la scheda da computer, puoi cliccare [qui](#) per avviare il programma].

Farete uno o due tentativi per cercare di uscire dal castello stregato. L'impresa non sarà facile, anche perché, oltre a comportare qualche ragionamento e un po' di fortuna, richiede anche un po' di pratica nell'uso della tastiera del calcolatore. Converrete presto che non conviene procedere con tentativi alla cieca, ma che è meglio cercare di far tesoro degli insuccessi per individuare qual è il comportamento che la macchina-da-gioco tiene di fronte alle vostre mosse.

Per aiutarvi qua sotto sono riprodotti, con qualche taglio e modifica, i messaggi scritti che la macchina-da-gioco può inviare durante la vostra avventura.

- 1 Sei in un castello stregato. Le stanze hanno porte da cui puoi passare in una sola direzione. Se sbagli uscita non puoi tornare indietro. Se ti comporterai non in modo improvvisato, riflettendo sulle cose da fare, ma senza perder troppo tempo, forse riuscirai a uscire. Alle domande che ti verranno fatte rispondi battendo la lettera iniziale maiuscola della risposta (e poi il tasto A CAPO per far partire il tuo messaggio).  
La stanza in cui ti trovi ha 3 uscite. Sul pavimento ci sono: una carta BANCOMAT (B), un FARETTO (F), una PISTOLA a raggi laser (P), una CALCOLATRICE (C), una TUTA protettiva (T), un sacchetto di MERENDINE (M). Scegli 3 oggetti e inizia la tua avventura, ma tieni presente che per attraversare • l'uscita A devi superare una barriera di raggi x, • l'uscita B devi pagare con il Bancomat, • l'uscita C devi dirigere un fascio di luce in un apposito foro. Scegli l'uscita

- 2 «Sono TOR-2, robot mangiatutto, abitante della stanza in cui sei entrato e custode della sua unica uscita. Il meccanismo di apertura è faticoso da azionare e per avere l'energia necessaria devo essere alimentato»

3 Appena entri nella nuova stanza la porta ti si chiude dietro. Sei al BUIO.

4 Sei entrato in una stanza con 2 uscite, X e Y. Ti vengono incontro due strani personaggi dall'aspetto identico: grassi, vestiti di rosso, con un buffo cappello. Una voce roca ti dice: «Stai attento. Hai di fronte due gemelli. Uno dice solo verità. L'altro quando dice una falsità poi dice una verità, e viceversa». Il primo gemello ti dice: «Io sono sempre sincero». Il secondo: «Io sono sempre sincero». Il primo ancora: «Ti conviene passare per X». Quale uscita scegli?

5 Dai da mangiare a Tor-2 un oggetto tra quelli che possiedi.

6 La nuova stanza è vuota. Nell'aria si diffonde una musica: MONEY dei Pink Floid. Boh!?! roba un po' vecchia, ti viene da pensare. Attraversi la stanza. La porta d'uscita non ha maniglia, ma al centro ha una fessura con sopra una piccola iscrizione: «Here money»

7 Sei precipitato in un POZZO profondo 5 m. Le pareti sono viscide. Fai 3 m di salita e poi, di notte, scivoli di 2 m. Arrivato in cima al pozzo ti trovi di fronte a due porte. La porta A conduce in un corridoio la cui uscita rimane aperta solo fino al 4° giorno dalla tua caduta; all'inizio del 5° si chiude. La porta B conduce in un corridoio la cui uscita è aperta solo quando è chiusa l'uscita dell'altro corridoio. Quale porta scegli?

8 Hai scelto la porta meno conveniente. Stai nel corridoio per più di un giorno.

9 Arrivi in una stanza con due uscite. Una è sbarrata da una ragazza bionda che indossa una maglietta con la scritta PEACE. L'altra è sbarrata da un guerriero, dall'aspetto feroce e minaccioso.

10 La ragazza con un sorriso ti lascia passare. Ringraziala con un bacio.

11 La ragazza vede la tua pistola e ti fa un NO con la testa. La vede anche il guerriero, che si fa avanti minaccioso. Immobilizzalo con la tua pistola ed esci dalla stanza. Nella fuga perdi un oggetto.

12 Un contatore Geiger segnala che la stanza è contaminata da radiazioni. Un'uscita è bloccata da un uomo dalla pelle verde a macchie viola. E' un precedente visitatore che si è attardato troppo. Se hai la tuta protettiva puoi soccorrerlo e portarlo fuori dalla stanza aprendo la porta che lui ha davanti. Altrimenti non indugiare, c'è un'altra uscita, imboccala subito. Appena sarai fuori da questo labirinto cercherai aiuto.

13 Ti trovi in una stanza le cui uscite A e B sono comandate da un automatismo che apre A se calcoli velocemente il risultato della operazione che appare qua sotto, apre B, ma solo dopo 2 minuti, altrimenti.

14 DIVIDING ROOM. Sei nella stanza dove si fanno le divisioni. Se hai la calcolatrice puoi trattenerti. Con poca fatica troverai un bottone con cui aprirai la porta finale e uscirai da questa (brutta ?) avventura.

15 Un custode ti si fa davanti minaccioso. Se vuoi puoi provare a buttarti dalla finestra. Altrimenti aspetta e vedi che vuole il custode. Che fai, ti butti dalla finestra (F) o aspetti il custode (C) ?

16 AMEN ... e buona digestione al coccodrillo.

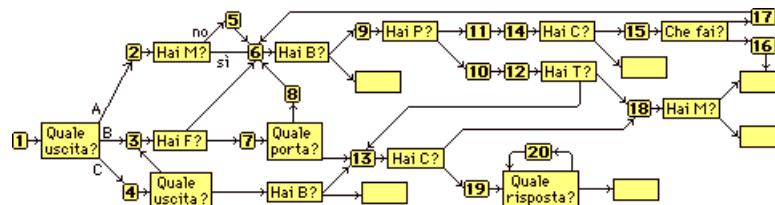
17 Si apre una botola e precipiti in un tunnel. Improvvvisamente ti trovi in una stanza che già conosci.

18 Il leone che hai davanti è affamatissimo. Svelto, gettagli del cibo e scappa

19 «Non è vero che questa stanza non ha uscite» è scritto su un cartello. Una voce ridente afferma «L'affermazione sul cartello è falsa». Val la pena che tu ti metta a cercare un'uscita? (s/n)

20 Hai sbagliato risposta. Riprova.

Osservando il comportamento della macchina-da-gioco durante i tuoi tentativi potrai capire come completare il seguente *diagramma* (**cliccalo** per ingrandirlo), che indica come la macchina prosegue a seconda delle risposte del giocatore.



- 1** Completa il diagramma: scrivi a fianco di ogni freccia che esce da un riquadro con domande la risposta corrispondente e metti in ogni riquadro vuoto "OK" quando esso corrisponde all'uscita dal castello stregato e "KO" quando corrisponde a un insuccesso.

Statistica

Analogamente al caso precedente, se non lo avete già fatto nell'ambito della scheda 1 di *Le statistiche* (→ LS-1 §3), trasformerete provvisoriamente i personal computer in *macchine-statistiche* usando questo [script](#) per confrontare come la spesa per consumi degli italiani si ripartivano nelle varie voci (alimentari, tabacco, vestiario, abitazione, trasporti, altro) nel **1945** (116148, 9306, 35756, 45238, 58919, 168733) e nel **2010** (144291, 18461, 71352, 210285, 119857, 386256).

116148, 9306, 35756, 45238, 58919, 168733

**Distribuzione percentuale e diagramma** CALCOLA

144291, 18461, 71352, 210285, 119857, 386256

alimentari tabacco vestiario abitazione trasporti altro

116148	9306	35756	45238	58919	168733
26.756%	2.144%	8.237%	10.421%	13.573%	38.87%

15.181%	1.942%	7.507%	22.124%	12.61%	40.637%
144291	18461	71352	210285	119857	386256

- [2]** Provate a usare questa macchina-statistica per fare qualche altra elaborazione statistica.

## 2. Movimenti e informazioni

Che cosa fa la macchina-da-gioco considerata nel paragrafo precedente?

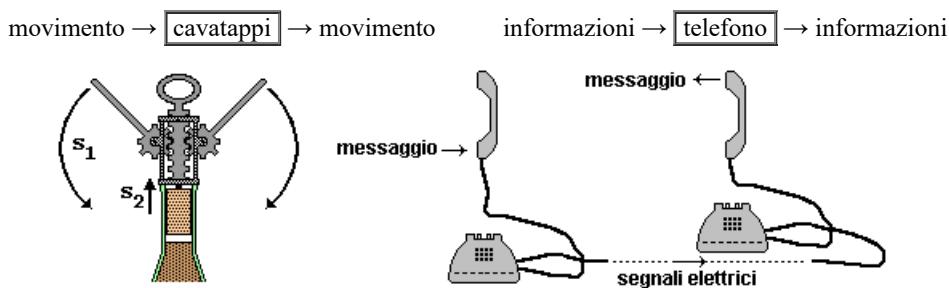
"Legge" i messaggi che il giocatore invia attraverso la tastiera e "risponde" con altri messaggi. Possiamo dire che è una macchina che trasforma informazioni in informazioni.

Analogamente la macchina-statistica legge le informazioni che l'utente batte o comunica cliccando qualche bottone e le elabora producendo altre informazioni.

Nella *figura 1* sono disegnate due macchine d'uso più quotidiano: il cavatappi e il telefono. Quali sono le loro funzioni?

Il *cavatappi* raffigurato trasforma il movimento rotatorio che facciamo compiere ai due bracci nel movimento rettilineo della "vite" che tira il tappo. Il *telefono* trasforma i messaggi sonori (comunicati con la voce) in segnali elettrici che viaggiano attraverso il cavo e, viceversa, trasforma i segnali elettrici in messaggi sonori (che raccogliamo con l'orecchio).

Possiamo dire che il cavatappi è una macchina che trasforma movimenti in movimenti e che il telefono, come la macchina-da-gioco, è una macchina che trasforma informazioni (sotto forma di suoni o di segnali elettrici) in informazioni (sotto forma di segnali elettrici o di suoni). Cioè, schematizzando:



*figura 1*

In realtà il cavatappi non trasforma solo movimento. Per muovere le mani e percorrere uno spazio  $s_1$  dobbiamo applicare sui bracci una forza  $F_1$ ; a sua volta la vite, oltre a muoversi percorrendo uno spazio  $s_2$ , esercita una forza  $F_2$  sul tappo. L'idea che sta dietro alla macchina-cavatappi è proprio quella di distribuire il lavoro che si deve compiere per estrarre il tappo (applicare una forza  $F$  per un tratto  $s$ ) su uno spazio maggiore in modo da rendere minore la forza da applicare.

Possiamo dire che il cavatappi trasforma l'*energia meccanica* prodotta dall'uomo distribuendola su uno spazio diverso.

Anche il telefono trasforma energia: dalla cornetta del telefono entrano informazioni sotto forma di energia meccanica (le oscillazioni della membrana del microfono provocate dalla nostra voce) e nel cavo circolano informazioni sotto forma di energia elettrica.

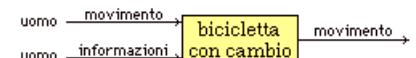
Noi non ci occuperemo di questi aspetti, che potrai approfondire successivamente nello studio della fisica. Continueremo quindi a parlare di macchine che trasformano informazioni e movimenti anche se si tratta di una *modellizzazione* che, dal punto di vista della fisica, non sarebbe del tutto rigorosa.

**[3]** Telecomando, stufa elettrica, cric, calcolatrice tascabile, macchina distributrice di bevande, serratura: tra queste macchine sai trovare quelle che trasformano movimenti in movimenti? e quelle che trasformano informazioni in informazioni?

## 3. Macchine semplici, motori, automatismi

Consideriamo una *bicicletta dotata di cambio*. Possiamo schematizzare ciò che fa questa macchina con il grafo seguente (clicalo per ingrandirlo):

l'uomo produce movimento azionando i pedali, la bicicletta trasforma la rotazione dei pedali in rotazione delle ruote; il movimento che si ottiene non dipende solo dal movimento dei pedali, ma anche dal rapporto di trasmissione che l'uomo ha scelto; questa informazione viene "comunicata"

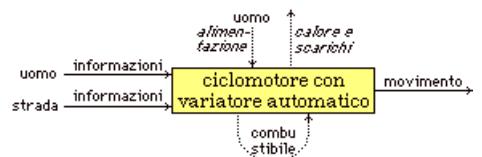


alla bicicletta mediante la leva del cambio. Come sai, cambiare il rapporto di trasmissione serve ad adattare il comportamento della bicicletta al tipo di percorso. Ad esempio se si deve affrontare una salita conviene passare ad un rapporto che a ogni pedalata faccia corrispondere meno giri della ruota, in modo che il dislivello da superare venga distribuito in un maggior numero di pedalate.

Consideriamo un *ciclomotore con variatore di velocità automatico*.

Anche se questa macchina è impiegata per scopi simili alla macchina precedente, ne differisce per vari aspetti:

- mentre la moto è in funzione l'uomo non produce movimento ma (attraverso la manopola dell'acceleratore) fornisce solo informazioni che regolano l'afflusso del combustibile;
- il rapporto di trasmissione viene variato automaticamente dal ciclomotore stesso, sulla base della resistenza che incontra (cioè sulla base delle "informazioni" che gli vengono dalla strada che sta percorrendo).

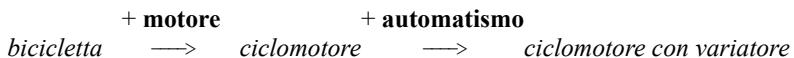


Il ciclomotore non produce solo movimento, ma disperde nell'ambiente anche calore e gas di scarico. Nel seguito del discorso trascureremo aspetti come questo, che, per quanto importanti, sono secondari rispetto alla discussione che stiamo svolgendo. Del resto anche nel caso della bicicletta, del telefono e del cavatappi avremmo dovuto considerare la presenza di dispersioni di calore, anche se modeste (l'attrito degli ingranaggi, l'attrito del tappo contro la bottiglia, il surriscaldamento dei fili del telefono).

Ogni tanto l'uomo deve anche introdurre combustibile nel serbatoio, cioè alimentare il ciclomotore, ma è il ciclomotore che trasforma questo "alimento" in movimento: a differenza della bicicletta questa macchina (come l'automobile, l'aeroplano, gli animali e l'uomo stesso) è **semovente**, cioè in grado di produrre autonomamente l'energia meccanica per spostarsi.

In altre parole una macchina semovente è composta da una **macchina semplice** (macchina, come la bicicletta o il cavatappi, che trasforma solo movimenti) a cui viene applicato un **motore** (macchina in grado di produrre movimento trasformando altre forme di energia).

Nel ciclomotore con variatore automatico non è *automatizzata* solo la produzione del movimento ma anche i cambiamenti di *comportamento* di fronte al variare della pendenza della strada (o della resistenza opposta dal vento o ...). Non c'è solo un motore, ma anche un **automatismo**, cioè un dispositivo che è in grado di modificare il comportamento della macchina senza il diretto intervento dell'uomo, ma sulla base di informazioni prelevate autonomamente.



Nel caso del nostro ciclomotore l'automatismo è il variatore automatico di velocità. Anche la macchina-da-gioco del paragrafo 1 è regolata da un automatismo che, sulla base delle scelte man mano compiute dal giocatore, sulla base del tempo trascorso, sulla base degli oggetti di cui il giocatore dispone, ..., stabilisce i messaggi da far comparire sul video. Lo stesso si può dire per la macchina-statistica.

**4** Come puoi schematizzare con grafi simili ai precedenti "ciò che entra e ciò che esce" da uno sportello di informazioni automatico, da un'automobilina telecomandata, dal contachilometri di un'automobile? Confronta le tue idee con quelle dei tuoi compagni e poi riproduci i grafi che avete concordato.

**5** Nelle macchine del quesito 4 sono presenti automatismi?

#### 4. Dati e programmi

Consideriamo un **carillon**. È una macchina che produce suoni autonomamente. Sulla superficie laterale di un cilindro sono fissati dei pioletti; man mano che il cilindro ruota i pioletti urtano e fanno vibrare delle lamelle metalliche di diversa lunghezza a cui corrispondono diverse note musicali (clicca l'immagine per ingrandirla):

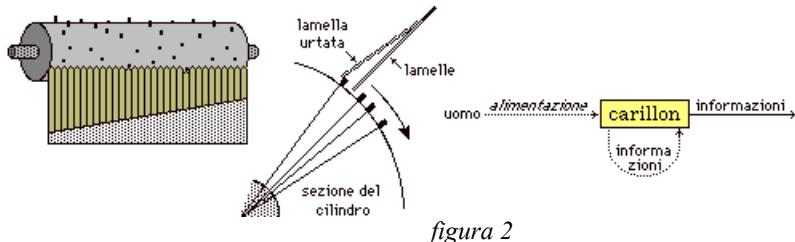


figura 2

La musica prodotta può essere interpretata come una sequenza di informazioni: si susseguono una nota, un intervallo di tempo, una nuova nota, un nuovo intervallo di tempo, ..., informazioni che sul cilindro sono rappresentate dalla disposizione dei pioli.

L'uomo interviene solo inizialmente per dare la "carica". Questo movimento dell'uomo (a differenza del caso della bicicletta o del cavatappi) non viene trasformato direttamente in altro movimento, ma serve solo ad alimentare il carillon, cioè a fornirgli l'energia necessaria per dare una nuova forma (sonora) alle informazioni "registerate" sul cilindro (dando la corda si comprime una molla a spirale che, poi, rilascia lentamente l'energia immagazzinata).

Il carillon può essere considerato un *automa*, cioè un "robot", una macchina in grado di regolare e guidare autonomamente alcuni dei propri movimenti o di simulare altri comportamenti animali o più propriamente umani. Infatti, una volta che è stato caricato, si comporta come un uomo che suona uno xilofono. In maniera simile funzionano ad esempio i robot impiegati per il controllo automatico delle tastiere nelle fabbriche che producono macchine da scrivere o da calcolo: sono dotati di dispositivi che percuotono i tasti delle macchine da provare con movimenti simili a quelli eseguiti dalle mani di un uomo.

Il ruolo del motore è svolto dalla molla che ha immagazzinato la carica, gli ingranaggi che trasmettono al cilindro il movimento generato dalla molla sono macchine semplici, mentre il **sistema cilindro-lamelle** è l'automatismo che in base alle informazioni descritte dai pioletti sceglie quando e quali lamelle azionare.

Consideriamo ora una **caldaia** impiegata per il riscaldamento di un caseggiato o di un appartamento. Supponiamo che, come gran parte delle caldaie, oltre a un interruttore manuale, abbia due *forme automatiche di accensione/spegnimento*.

Con la prima (vedi figura 3) l'utente seleziona una data temperatura. La caldaia automaticamente passa ripetutamente dallo stato di accensione allo stato di spegnimento in modo da mantenere l'acqua circolante alla temperatura indicata. Questo automatismo, chiamato **termostato**, è composto essenzialmente da un termometro, che rileva la temperatura dell'acqua, e da un dispositivo di controllo, che verifica se questa temperatura si è discostata troppo da quella selezionata e, in tal caso, fa cambiare stato all'interruttore. Se, ad esempio, il termostato è predisposto per una tolleranza di 2° e se è stata scelta la temperatura di 46°, non appena la caldaia fa raggiungere all'acqua la temperatura di 48° il termostato comanda lo spegnimento della caldaia; non appena, poi, la temperatura scende al di sotto di 44° il termostato comanda l'accensione della caldaia, e così via.

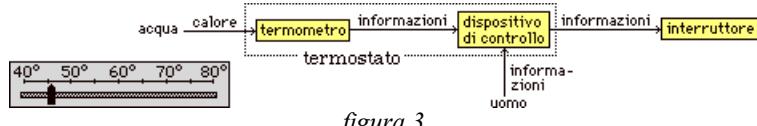


figura 3

La seconda forma di automatismo è un **timer** (vedi figura 4). Il modello raffigurato funziona in questo modo.

Un orologio fa ruotare un anello che, sul bordo esterno, in corrispondenza di ogni ora, presenta dei piccoli fori. L'ora è indicata dalla levetta posta in alto a sinistra. Ad esempio nella figura l'orologio segna esattamente le 21. Nei fori si possono inserire dei pioletti (in genere chiamati bandierine). La levetta non è altro che un interruttore: non appena una bandierina urta la levetta, questa scatta, ruotando

di mezzo giro e la finestrella segnala il cambiamento di stato: da ON (accensione) a OFF (spegnimento) o viceversa.

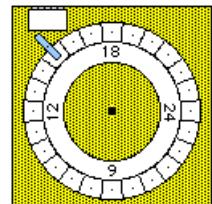
Nel caso raffigurato si è in ON. Appena vengono raggiunte le 22 la bandierina urta la levetta e si passa in OFF. Si torna in on alle 6 del mattino, alle 9 si ripassa in OFF per ritornare in ON alle 18, e così via. In alcuni timer esistono più fori, ad esempio uno per ogni quarto d'ora, consentendo una scelta più precisa dei tempi di accensione e dei tempi di spegnimento.



Il timer, come abbiamo visto, è composto da un orologio, che man mano aggiorna l'ora, e da un dispositivo di controllo, che in base all'ora segnata e alla collocazione delle bandierine decide lo stato che deve assumere l'interruttore.

In genere sulle caldaie vengono azionati entrambi i dispositivi, per cui la caldaia è accesa solo quando sono in ON sia l'interruttore del termostato che quello del timer.

- [6]** Inserisci opportunamente delle bandierine e posiziona su ON o su OFF l'interruttore in modo che il timer raffigurato a fianco, che attualmente segna esattamente le 15, tenga in accensione la caldaia nelle seguenti fasce orarie: dalle 7 alle 10, dalle 17 alle 19, dalle 21 alle 23 (il tempo reale di accensione sarà inferiore a causa delle ulteriori interruzioni determinate dal termostato).
- [7]** Se si ponessero solo una bandierina in corrispondenza delle 7, una in corrispondenza delle 17 e una in corrispondenza delle 23, che cosa accadrebbe?



Le informazioni utilizzate dagli automatismi per regolare il comportamento delle macchine a cui sono applicati possono essere distinte in due tipi.

- Alcuni automatismi durante il funzionamento ricevono *informazioni man mano provenienti dall'ambiente o man mano introdotte dall'uomo*. Sono di questo tipo:
  - la temperatura fornita dal termometro e quella selezionata dall'uomo impiegate dal termostato per decidere quando trasmettere all'interruttore un segnale elettrico che ne cambi lo stato,
  - le informazioni sulla resistenza incontrata durante il percorso man mano ricevute dal variatore automatico del ciclomotore per regolare il rapporto di trasmissione.
- Alcuni automatismi utilizzano anche informazioni che hanno già *incorporate al loro interno* o che, comunque, vengono *introdotte all'entrata in funzione*, non man mano durante il normale funzionamento. Sono di questo tipo:
  - il numero e la disposizione delle bandierine nel timer (si tratta di informazioni introdotte dall'utente),
  - la disposizione dei pioletti nel sistema cilindro-lamelle del carillon e il modo in cui il costruttore ha regolato il variatore di velocità, fissando come deve variare il rapporto di trasmissione al variare delle informazioni provenienti dall'esterno (si tratta di informazioni incorporate negli automatismi, non modificabili dall'utente).

- [8]** Sai individuare nella macchina-statistica del paragrafo 1 l'utilizzo di informazioni del primo tipo e di informazioni del secondo tipo?

Chiameremo **dati** le informazioni del primo tipo (le informazioni che durante il normale funzionamento provengono man mano dall'esterno) e **programma** l'insieme delle informazioni del secondo tipo (le informazioni incorporate o registrate prima dell'entrata in funzione).

Il nome "programma" deriva da "pro", particella che sta per "prima", e da "gramma", che significa "scrittura". Cioè indica le cose "pre-scritte", le cose che si devono fare.

Voi conoscete (o dovreste conoscere) i programmi scolastici. Analogamente esistono i programmi di lavoro, i programmi di un'azienda, .... Si tratta di descrizioni più o meno dettagliate (e, a seconda dei casi, più o meno vincolanti) di eventi, comportamenti, azioni, ... che si devono o si intendono svolgere

I programmi che regolano il funzionamento degli automatismi sono invece ferri: gli automatismi devono comportarsi senza sbagli e senza improvvvisazioni, mentre nel caso dei programmi che regolano le attività umane sono spesso permesse varianti, ripensamenti, spazi di autonomia, ...

Val la pena di osservare che il carillon ha un *comportamento rigido*: produce sempre e solo la stessa musica. Per cambiare musica occorrerebbe cambiare il cilindro del carillon.

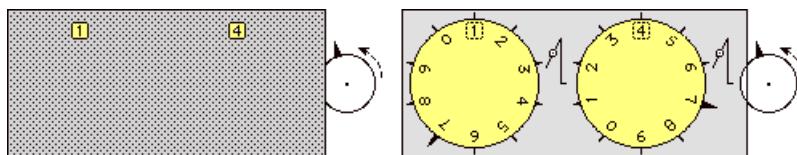
Variatore automatico e termostato hanno un comportamento più flessibile (infatti leggono dati provenienti dall'esterno). Tuttavia il loro comportamento è programmato in maniera fissa (hanno un programma incorporato).

L'automatismo che si ottiene accoppiando un termostato e un timer ha un livello di flessibilità maggiore in quanto è parzialmente programmabile dall'utente (questo automatismo legge dati e è regolato complessivamente da un programma di cui una parte è fissa e una parte è modificabile dall'utente).

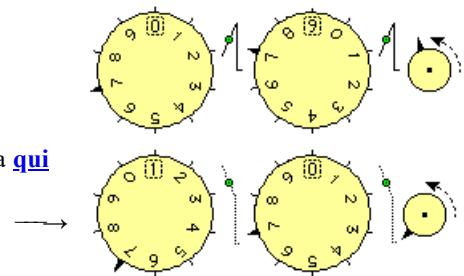
- [9]** Telefono, telecomando, calcolatrice tascabile, sportello di informazioni automatico, lavatrice: tutti operano utilizzando automatismi. Per ciascuno di essi sapete individuare l'eventuale presenza di dati che entrano, di programmi fissi e di programmi modificabili?

## 5. Scatole nere

Sotto sono raffigurati, in maniera schematica, l'aspetto esterno e ciò che è all'interno di un particolare *contagiri* (macchina che trasforma movimenti rotatori in informazioni sulla quantità di giri compiuti) nel momento in cui sta per essere compiuto il 15° giro.



Esso impiega due ruote dentate e numerate. Il numero dei giri compiuti appare nelle due finestrelle. Nel disegno sono raffigurati diversi successivi stati del contagiri.



Ad ogni giro completo di una ruota la ruota a sinistra di questa avanza di uno scatto (clicca [qui](#) per una animazione):

Abbiamo esplorato, anche se non in dettaglio, gli aspetti interni del funzionamento del termostato, del timer e del contagiri. Si tratta di dispositivi che vengono inseriti in macchine complesse per attivare/disattivare o regolare il funzionamento di alcune apparecchiature.

Nel seguito analizzeremo le funzioni di altri automatismi senza preoccuparci delle tecniche (meccaniche, magnetiche, elettriche, elettroniche, ...) che essi impiegano internamente per trasformare gli stimoli esterni (cambiamenti di temperatura, rotazione delle ruote dell'automobile, ...) in nuovi stimoli (accensione della caldaia, rotazione del contachilometri, ...).

Considereremo questi automatismi come delle **scatole nere**, cioè li considereremo come degli oggetti che trasformano cose che entrano in cose che escono senza preoccuparci di conoscere tutti i dettagli del processo attraverso cui avviene questa trasformazione.

Ci siamo già comportati così ad esempio di fronte alla macchina-da-gioco con cui abbiamo giocato a *Il castello stregato*: abbiamo cercato di capire come modifica il suo comportamento di fronte alle nostre scelte senza preoccuparci degli aspetti tecnici di come avviene la trasformazione delle informazioni che noi battiamo nelle informazioni che appaiono sullo schermo. Analogamente, abbiamo descritto il funzionamento del variatore automatico di velocità e quello della macchina cambia-monetec senza entrare nei dettagli tecnologici.

I *contatori automatici* sono automatismi del tutto analoghi ai contagiri ma che permettono di contare cose diverse dai giri: basta che al posto della ruota più a destra (quella di cui il contagiri conta i giri) mettiamo un dispositivo elettrico che faccia avanzare la ruota alla sua sinistra ogni volta che viene attivato da un particolare stimolo esterno. Ad esempio si possono contare le monete da 0.50 € che vengono introdotte in un distributore automatico se un'opportuna apparecchiatura invia a tale dispositivo un segnale elettrico ogni volta che riconosce come una moneta da 0.50 € l'oggetto che è entrato dalla fessura.

## 6. Logica di funzionamento e diagrammi di flusso

Abbiamo impiegato un particolare diagramma per descrivere il funzionamento della ➔ macchina-da-gioco.

Come abbiamo già ricordato, diagrammi di questo tipo non descrivono esattamente il funzionamento della macchina considerata, ma lo schematizzano cercando di mettere in luce quale potrebbe essere l'organizzazione complessiva della macchina, i collegamenti e i passaggi di informazioni (segnali elettrici, azionamenti di leve, ...) tra i vari dispositivi, ....

Diremo che ciò che si cerca di descrivere non è tanto il funzionamento quanto la **logica di funzionamento** della macchina.

Analogamente quando parliamo della *logica* di un certo avvenimento non intendiamo riferirci alla sequenza particolareggiata dei fatti attraverso cui esso si è svolto, ma al "filo logico", cioè ai fattori, alle condizioni, ai collegamenti di vario tipo che hanno determinato il susseguirsi degli eventi.

Questi diagrammi sono costituiti da riquadri che rappresentano le singole attività che deve svolgere la macchina e da frecce che li collegano indicando l'ordine di esecuzione. Paragonando il comportamento della macchina al flusso di un fiume che tocca diverse località o al flusso del traffico che si snoda attraverso un particolare itinerario, possiamo dire che il diagramma rappresenta il flusso dell'attività della macchina.

Per questo motivo questi diagrammi vengono chiamati **diagrammi di flusso**.

## 7. Segnali e codici

Il telefono modifica la **forma** delle informazioni, non il loro **significato**: trasforma i suoni in segnali elettrici che poi possono essere ritrasformati in suoni. Invece la calcolatrice trasforma informazioni in informazioni con un nuovo significato. Ad esempio battendo 16 + 9 sul visore ottengo 25, che è un'informazione del tutto nuova: da 25 non sono in grado di risalire ai numeri che ho battuto come addendi (potrei aver battuto 20 e 5, o 11 e 14, o ...).

Ma, che cos'è il significato di un'informazione?

Un'informazione viene comunicata attraverso un repertorio di **segnali**. Ad esempio parlando con una persona le comunichiamo informazioni su nostre idee, su fatti accaduti, su nostre emozioni, ... attraverso parole, attraverso il tono della voce, attraverso gesti delle mani, attraverso sguardi, attraverso atteggiamenti del volto o di altre parti del corpo, ....

Tutti questi segnali che lanciamo vengono recepiti e interpretati dal nostro interlocutore in base alle **convenzioni** acquisite attraverso l'esperienza, l'educazione scolastica, .... Mentre la comunicazione attraverso segnali verbali è capita solo da un interlocutore che parli la nostra lingua, gli altri segnali sono regolati da convenzioni spesso valide per tutte nazionalità: l'agitazione di una mano aperta viene quasi ovunque interpretata come un saluto, il verso «mmm...» come indice di dubbio o di perplessità, ...

Un insieme di segnali e delle relative convenzioni (che danno significato alle informazioni che con essi si comunicano) viene detto **codice**.

Ad esempio i colori *rosso*, *giallo* e *verde* e la convenzione per cui i tre colori significano, rispettivamente, «non si può passare», «sta per venire rosso», «si può passare» costituiscono il codice dei semafori.



Il codice del *linguaggio naturale* non è sempre facilmente interpretabile. Ad esempio di fronte alle frasi «l'accusa di Luigi è ingiusta» e «la guida di Maria mi sarà di grande aiuto» non si riesce a capire senza ulteriori informazioni se Luigi è l'accusato o l'accusatore e se con "guida" ci si riferisce a un opuscolo turistico prestato da Maria o alla presenza di Maria in persona. La presenza di frasi come queste rende difficile spesso sia la comprensione che la traduzione in un altro codice, e in particolare in una lingua straniera (ad esempio, "guida" in inglese viene tradotta diversamente quando rappresenta un opuscolo-guida e quando rappresenta la guida da parte di una persona).

Nel caso del *codice gestuale* non è possibile neanche precisare quali sono i segnali che si usano: spesso si inventano spontaneamente dei gesti e l'interlocutore, nonostante non li avesse mai visti, in genere riesce a comprenderli.

In ogni caso spesso l'interpretazione è *soggettiva*: alla frase di una persona interlocutori che hanno una diversa conoscenza della persona o del suo ambiente possono dare significati differenti.

Se restringiamo la nostra attenzione a informazioni comunicabili ed elaborabili mediante macchine, non possiamo utilizzare convenzioni soggettive ma dobbiamo trovare un modo meccanico per assegnare "significati" ai segnali. Vediamo come ciò sia realizzabile.

Fissiamo un sistema di segnali come sistema di riferimento, ad esempio, quello dei *segnali alfanumerici*, cioè i segnali costruiti con lettere, cifre, segni di interruzione, ... (in altre parole si tratta dei segnali realizzabili con una macchina da scrivere).

Allora possiamo definire come "significato" di un messaggio in *alfabeto Morse* (vedi [figura 7](#), e [qui](#) per approfondimenti) la sua traduzione con gli usuali caratteri di stampa.

Più in generale, se fissiamo come riferimento i segnali alfanumerici, possiamo dire che un *codice* consiste in un *repertorio di segnali S* e nelle *regole per tradurre in S* le informazioni espresse in forma alfanumerica.

L'operazione con cui viene effettuata questa traduzione viene chiamata **codificazione** (o **codifica**).

L'operazione opposta, cioè l'operazione per passare da un sistema di segnali  $S$  al sistema preso come riferimento (nel nostro caso il sistema alfabetico), viene chiamata **decodifica**.

Il **significato** di un'informazione (in questo ambito più ristretto rispetto al linguaggio naturale) è dunque la forma che essa assume nel sistema di riferimento, cioè la forma che assume con la decodifica.

simboli alfa- numerici	codice Morse
A	- - -
B	- - - -
C	- - - .
...	...
?	... - - - -
(	- - - - - -
...	...
7	- - - - - .
=	- - - - - -

*figura 7*

Ad esempio codificando ACAB in codice Morse otteniamo la sequenza di segnali:

Viceversa la decodifica di: : - - - : - - - - - - dà: ACCA; questo è il significato di:

Spesso si usa la parola "codice" anche per indicare il risultato della codificazione; ad esempio si usa dire "il codice a barre di un prodotto" o "il codice fiscale di una persona", mentre, in senso stretto, il codice a barre è il procedimento che trasforma numeri in barre e il codice fiscale è il procedimento che trasforma una sequenza di nomi, date, ... in una nuova sequenza di simboli alfanumerici.

I segnali alfanumerici e i segnali morse e, più in generale, i segnali che hanno la forma di espressioni (cioè di sequenze di simboli) costruite mediante un fissato insieme finito di simboli, vengono detti **segnali digitali**. Il termine deriva dalla parola inglese *digit*, che significa "cifra" (significa anche "dito", e non è un caso: le dita delle mani molto probabilmente hanno costituito il primo codice impiegato dagli uomini per rappresentare i numeri).

Hanno avuto (e hanno) particolare importanza nello sviluppo delle comunicazioni i **segnali elettrici**.

Fino a metà dell'Ottocento i messaggi su lunga distanza, oltre ad essere recapitati da messengeri, potevano essere comunicati solo con il suono (tamtam, messaggi urlati e passati da persona a persona, ...) o con le immagini (messaggi di fumo, segnalazioni con falò, con bandiere, ...). Ma sia le onde sonore che i raggi di luce necessitavano di molti passaggi intermedi per essere comunicati a grandi distanze.

Inoltre, mentre il suono aveva lo svantaggio di viaggiare abbastanza lento (il tuono viene percepito dopo il lampo: in un secondo il suono percorre 300 m, contro i 300000 km della luce), la luce aveva lo svantaggio di propagarsi solo in linea retta, senza aggirare gli ostacoli come poteva fare il suono.

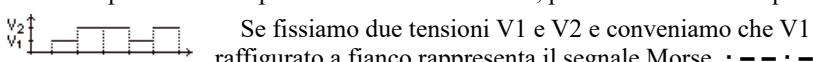
L'elettricità permise di superare queste difficoltà: una variazione di tensione elettrica può essere comunicata attraverso i cavi velocemente come un raggio visivo e lungo un qualunque percorso.

Le prime applicazioni alle telecomunicazioni (*telecomunicazione* significa "comunicazione a distanza": in greco *tele* significa "a distanza") furono la trasmissione di segnali in codice Morse: il *telegrafo*. Successivamente l'elettricità venne impiegata per trasmettere anche i suoni: il *telefono*.

Nel primo caso (codice Morse) si tratta di segnali di tipo digitale, nel secondo (suoni) di segnali che non possono essere espressi direttamente mediante un insieme finito di simboli.

Sofferiamoci sui *segnali digitali* e vediamo come possono assumere la forma di segnali elettrici. Sugli altri tipi di segnali (suoni, immagini, ...) ci soffermeremo in un'altra unità didattica.

Consideriamo i segnali digitali costituiti dalle espressioni in cifre decimali dei numeri interi. Se fissiamo 10 tensioni elettriche diverse e un intervallo di tempo (ad esempio 1 ms, cioè un millisecondo) possiamo trasformare direttamente il numero 146 nel segnale elettrico costituito per 1 ms dalla prima tra le tensioni fissate, per un altro ms dalla quarta tensione e per un ultimo ms dalla sesta tensione.



## 8 Il calcolatore

Una tipica macchina che opera ricevendo e producendo segnali digitali è il *calcolatore*.

Nella figura 8 è disegnato un *personal computer* (calcolatore da tavolo d'uso personale, cioè impiegabile normalmente da un solo utente).

Esso è dotato al suo interno di un automatismo chiamato *unità centrale di elaborazione* (usualmente indicata con la sigla *CPU*: la P della sigla deriva dal fatto che in inglese l'elaborazione di dati viene chiamata *processing*) che elabora le informazioni che gli arrivano sotto forma di segnali elettrici digitali da:

- la *tastiera* (come traduzione dei caratteri battuti),
- *dispositivi per la memorizzazione*, fissi o estraibili (chiavi USB, ...)
- o da altri dispositivi (da un *mouse*, come traduzione di messaggi selezionati sullo schermo, da strumenti per collegarsi "in rete" ad altri computer, ...).

Le nuove informazioni che escono sotto forma di segnali elettrici digitali dalla CPU sono poi trasformate:

- in informazioni alfanumeriche che appaiono sullo *schermo*,
- o in segnali che vengono registrati o trasmessi ad una stampante o in rete o ...
- o ...

Non ci preoccupiamo, per adesso, dei modi in cui le informazioni vengono codificate e rappresentate elettricamente. L'esempio visto alla fine del paragrafo precedente ci dà comunque un'idea di come ciò possa essere realizzato con una corrente elettrica che cambia tensione a scatti.

I calcolatori ai nostri giorni sono in genere dotati anche di dispositivi per generare suoni (a partire da loro registrazioni in forma digitale), per ricevere immagini da una TV, ....

I calcolatori sono macchine dotate di programmi incorporati (nella CPU) e in grado di ricevere ed eseguire programmi forniti dagli utenti. I programmi incorporati sono impiegati dal calcolatore per eseguire le operazioni di base (conteggi e operazioni aritmetiche elementari, codifiche e decodifiche, confronti tra segnali, ...) seguendo un ordine che dipende dai programmi e dai dati forniti dall'esterno.

Considerando i calcolatori, con ***dati e programmi*** si intendono sempre informazioni di tipo digitale.

In gran parte degli impieghi vengono elaborati dati di tipo numerico. Anche quando i dati sono più in generale di tipo alfanumerico il calcolatore li codifica sempre in forma numerica e li elabora utilizzando ***algoritmi*** (cioè procedimenti di calcolo).

Tutto ciò dovrebbe farvi comprendere l'importanza che ha la ***matematica*** nella comprensione del funzionamento e nella padronanza dell'uso di un calcolatore. Nel corso di questo e del prossimo anno vedremo quanta e quale matematica stia dietro alle "capacità" di un calcolatore.

L'importanza assunta dall'***informatica***, cioè dallo studio dei principi che regolano il funzionamento e l'uso dei calcolatori ("informatica" deriva da "trattamento automatico delle *informazioni*"), dipende:

- sia dal ruolo insostituibile che il calcolatore ha assunto in tutte le attività per quanto riguarda *la archiviazione e la ricerca di informazioni* (si pensi all'anagrafe, alla gestione delle scorte e degli acquisti nei magazzini, nelle farmacie, ...)
- sia dal fatto che *gran parte delle macchine che ci circondano funzionano collegate a calcolatori o sono dotate al loro interno di piccoli calcolatori*, cioè di una CPU e di dispositivi per introdurre programmi.

All'origine di questo secondo fenomeno vi è la possibilità di sostituire collegamenti meccanici tra le componenti di una macchina (ingranaggi, leve, ...) con collegamenti di tipo elettrico governati da programmi. Ciò, oltre a consentire di ridurre i costi (i dispositivi elettronici oggi costano molto poco), consente di modificare il comportamento di una macchina cambiando i programmi senza sostituire o limitando la sostituzione delle parti meccaniche.

Si pensi ad es. alla verniciatura delle automobili o al montaggio di pezzi di carrozzeria: un tempo per ogni tipo di automobile occorrevano macchinari ad hoc, oggi sono utilizzati macchinari programmabili, per cui se l'azienda decide di cambiare modello può, con poca spesa e in tempi rapidi, limitarsi a modificare i programmi.

## 9. Un gioco

Istruzioni numerate e diagrammi di flusso possono essere impiegati per rappresentare non solo comportamenti che *si devono* tenere, ma anche ***strategie*** con cui si può affrontare un problema.

Consideriamo un esempio molto semplice: il gioco ***Indovina numero***.

Un giocatore A pensa e scrive su un foglio un numero intero che può andare da 0 a 100. Un altro giocatore B tenta di indovinare il numero.

Ad ogni tentativo A deve dire a B se ha indovinato il numero (e in tal caso la partita è finita), se l'ha superato o se è rimasto al di sotto. Nelle partite successive A e B invertono i ruoli. E così via. Alla fine vince chi ha fatto complessivamente meno tentativi a vuoto.

Le istruzioni numerate seguenti rappresentano la strategia più elementare che si può seguire (abbiamo indicato con X il numero da indovinare):

1. Devo cercare un numero compreso tra N1 e N2. N1 è 0 e N2 è 100.
2. Dico un numero N compreso tra N1 e N2.
3. Se X = N la partita è finita.
4. Se X > N restringo la zona di ricerca a destra di N, cioè prendo N come nuovo N1, altrimenti restringo la ricerca a sinistra di N, cioè prendo N come nuovo N2.
5. Ripeto a partire dall'istruzione 2.

L'idea è quella di far tesoro degli insuccessi: se X è maggiore del numero che ho detto è inutile che nei successivi tentativi dica numeri più piccoli; analogamente se X è minore del numero che ho detto è inutile poi tentare con numeri più grandi.

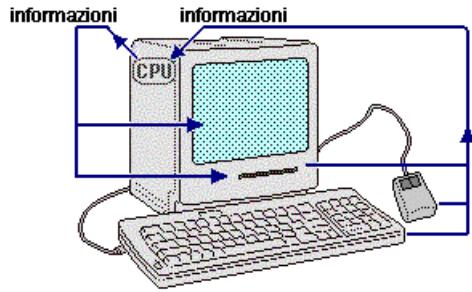


figura 8

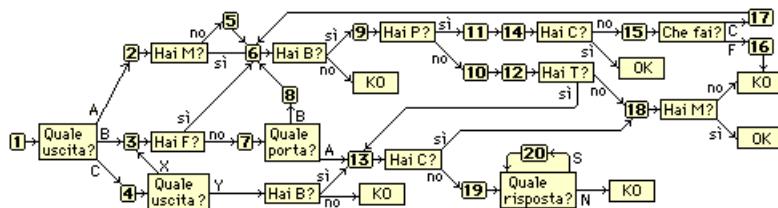
[10] Provate a trovare una strategia più efficiente, che non si limiti a prendere un numero qualunque compreso tra N1 e N2. Discutetene in classe e poi

rappresentatela sotto forma di istruzioni numerate o di diagramma di flusso.

## 10. Esercizi

**e1** Qui sotto è raffigurato il diagramma del quesito 1, ma parzialmente *modificato* (sono state invertite le risposte a una domanda).

Trova quali sono i casi in cui si conclude positivamente l'avventura se la macchina-da-gioco viene programmata in modo da seguire questo nuovo diagramma (ricorda che all'inizio per scegliere la porta A occorre avere la tuta, per scegliere B occorre il bancomat, per scegliere C occorre il faretto).



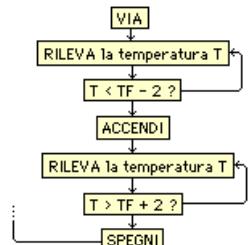
**e2** Il diagramma di flusso a lato illustra il funzionamento di un termostato applicato a una caldaia.

TF è la temperatura (in gradi centigradi) fissata dall'utente.

T è la temperatura man mano rilevata dal termostato.

Il termostato è predisposto per una tolleranza di 2° (cioè accende la caldaia quando T dista al più di 2 gradi da TF).

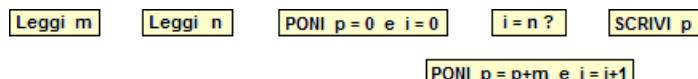
Completa il diagramma mettendo "sì" o "no" a fianco delle frecce uscenti dai riquadri di test e indicando la destinazione della freccia che esce da "SPEGNI". Il riquadro "VIA" rappresenta l'accensione del termostato. I riquadri "ACCENDI" e "SPEGNI" rappresentano accensione e spegnimento della caldaia.



**e3** Le istruzioni numerate seguenti rappresentano un procedimento di calcolo che ai numeri in ingresso  $m$  e  $n$  (dove  $n$  è un numero intero non negativo) fa corrispondere in uscita un numero  $p$ .

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1 LEGGI m                 | Questo procedimento corrisponde a un'operazione aritmetica a te nota? Per rispondere prova a |
| 2 LEGGI n                 | seguire queste istruzioni per i seguenti valori di $m$ e di $n$ :                            |
| 3 PONI $p=0$ e $i=0$      |  |
| 4 SE $i=n$ VAI al passo 7 | $m \quad n \quad p$  |
| 5 PONI $p=p+m$ e $i=i+1$  | 5    0    ...  |
| 6 VAI al passo 4          | 5    1    ...  |
| 7 SCRIVI p                | 5    2    ...  |

Completa, poi, il seguente diagramma in modo che rappresenti la stessa operazione.



- 1) Segna con l'evidenziatore, nelle parti della scheda indicate, frasi e/o formule che descrivono il significato dei seguenti termini:  
*macchina semplice* (§3), *motore* (§3), *automatismo* (§3), *dati e programma* (dopo ques.8), *diagramma di flusso* (§6), *codice* (§7), *codifica e decodifica* (§7), *segnali digitali* (§7).

2) Su un foglio da "quadernone", nella prima facciata, esemplifica l'uso di ciascuno dei concetti sopra elencati mediante una frase in cui esso venga impiegato.

3) Nella seconda facciata riassumi in modo discorsivo (senza formule, come in una descrizione "al telefono") il contenuto della scheda (non fare un elenco di argomenti, ma cerca di far capire il "filo del discorso").