L’abaco inca

La *“Nueva corónica y buen gobierno”*, del cronista Felipe Guaman Poma de Ayala, offre a pagina 360 un disegno con la spettacolare scacchiera, di cinque righe e quattro colonne (fig. 1), che ha consentito la ricostruzione del metodo di calcolo degli inca[1].

Figura 1

Attribuendo pesi diversi ai semi, suddivisi in quattro caselle per ogni riga, e precisamente i pesi 1, 2, 3 e 5 (suggeriti dal numero dei semi contenuti in ciascun riquadro), la prima riga completa rappresenta il numero 39 (5x5 + 3x3 + 2x2 + 1x1 = 39) che implica un evolutissimo sistema di numerazione in base 40.

1599	1560	◡ **200** ◡ ◡ ◡ ◡ 1000	**120** ◡ ◡ ◡ 360	**80** ◡ ◡ 160	**40** ◡ 40	40^1
	39	◡ **5** ◡ ◡ ◡ ◡ 25	**3** ◡ ◡ ◡ 9	**2** ◡ ◡ 4	**1** ◡ 1	40^0

Figura 2

---

[1] De Pasquale 2001, *“Il volo del condor"*, Rivista dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pescara, [n° 0].

Infatti alla seconda riga (fig. 2) il seme singolo assume il valore 40 (39+1). In questo sistema, nelle operazioni aritmetiche, il riporto scatta quando si accumulano, alla prima riga, otto semi di peso 5 che vengono sostituiti con un solo seme di peso 40 alla seconda riga[2] (fig. 3).

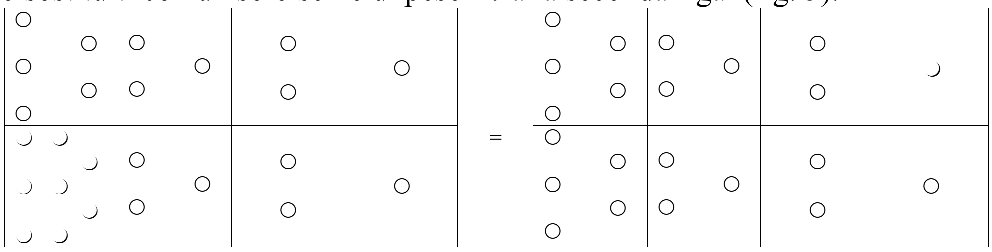


Figura 3

Ora i numeri 1, 2, 3, 5 e 8 (che si trovano o nel numero e nel peso dei semi o nella gestione del riporto) appartengono alla cosiddetta successione di Fibonacci, nella quale ciascun elemento è ottenuto come somma dei due numeri immediatamente precedenti. La originale strutturazione del metodo di calcolo su tale successione, chiaramente non ereditata dalla cultura occidentale, è comune anche alle grandi civiltà egizia e maya ed a numerose civiltà andine preinca. Ma mentre gli Egizi ed i Maya elaborarono sistemi di numerazione, rispettivamente, in base dodici e venti[3], le civiltà preinca Tiahuanaco e Huari, con geniali accorgimenti, usavano la stessa successione di Fibonacci in base dieci.

L'abaco Tiahuanaco

È bene tenere presente che la civiltà Tiahuanaco si è sviluppata nei primi secoli d.C. intorno al lago Titicaca, a cavallo tra gli attuali stati di Bolivia e Perù, ad oltre tremila metri di altitudine, in condizioni climatiche a dir poco avverse. Per proteggere le colture dalle brusche gelate notturne venne messa a punto l'ingegnosissima tecnica del *sukakollo*, consistente nell'alternare strisce di terreno coltivato ad ampi canali di termoregolazione alimentati con l'acqua del lago. Le imponenti opere di ingegneria idraulica richiedevano procedure di calcolo affidabili, risolte nel sistema decimale.

Figura 4

[2] In modo analogo si procede nelle altre righe.
[3] De Pasquale 2003, *"I giochi di Imenmes"*, Rivista dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pescara, [n° 5]; 2004, *Calcolo Matematico Precolombiano,* Bardi, Roma.

La cultura Tiwanaku ci offre, in un vaso aspersorio in ceramica, un abaco di calcolo di estremo interesse, basato sul caro sistema decimale (fig. 4). Nove quadrati (rilevabili alla sinistra del vaso, in basso), ciascuno contenente due semi, suggeriscono le nove cifre significative che vanno da 1 a 9. La svasatura verso l'alto indica con estrema chiarezza che il sistema posizionale è crescente con l'altezza, mentre la maggiore evidenziazione dei semi sulla sinistra impone un peso degli stessi semi crescente da destra a sinistra. Vediamo come rianimare l'abaco al fine di ammirarlo come incantevole strumento di calcolo.

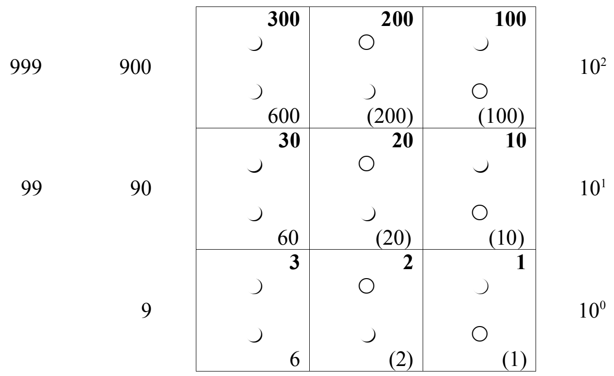
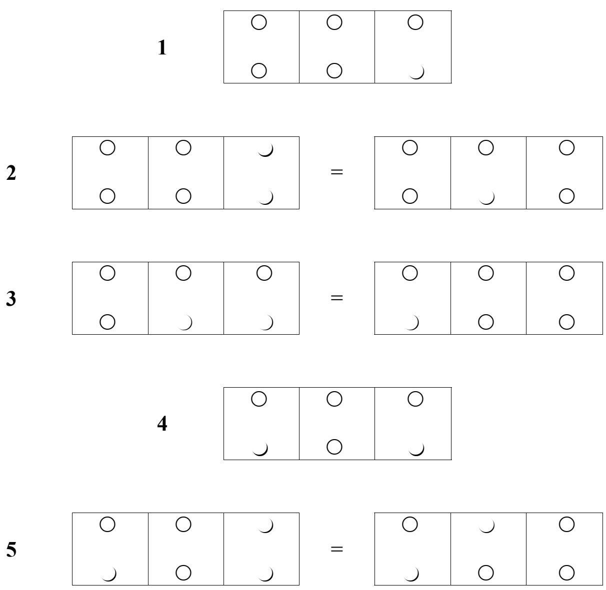


Figura 5

La figura 5 evidenzia, a partire dal basso, le righe delle unità, decine e centinaia con i valori parziali e totali caratteristici di ogni quadrato. La seconda e la terza colonna, a partire da destra, esprimono, nei semi, rispettivamente valori doppi e tripli dei corrispondenti semi della prima colonna. Per ottenere, nei totali delle singole righe, i familiari 9, 90 e 900, tipici del sistema decimale, bisogna evitare la saturazione di ciascun riquadro della prima e della seconda colonna, circostanza utilissima in fase di calcolo[4]. Ma veniamo alla rappresentazione delle nove cifre.



[4] Nel caso di saturazione completa di tutti i riquadri (3 + 3 + 2 + 2 + 1 + 1 =12) si perverrebbe ad un sistema di numerazione in base 13, completamente inaccettabile in questo ambito culturale.

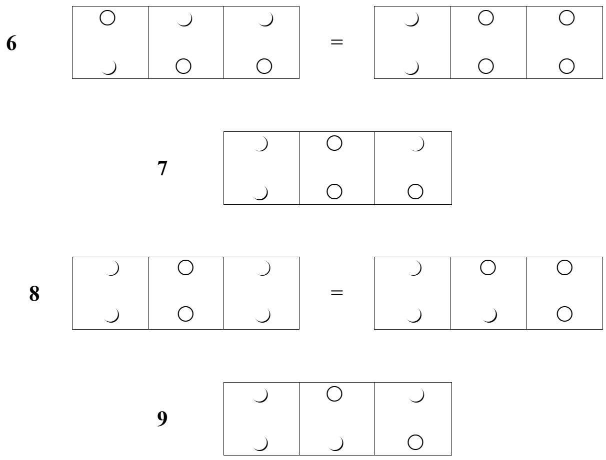


Figura 6

La figura 6 mostra sulla sinistra, quando necessario, anche la fase di costruzione delle singole cifre che porta a definire i ruoli di datore ed accettore; in particolare i semi della prima colonna, a partire da destra, sono datori di unità, quelli della seconda colonna possono essere sia accettori che datori di coppia, mentre i semi della terza colonna si comportano da accettori di terna; quando scatta il riporto (fig. 7) i due semi della terza colonna, solo in combinazione con i due della seconda, diventano datori di terna, vale a dire due datori di terna (2*3=6) e due datori di coppia (2*2=4) attivano un accettore di decina, di ordine superiore.

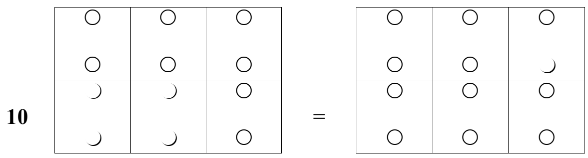


Figura 7

La naturale estensione dell'abaco verso il basso, che conserva gli stessi meccanismi dativi-accettivi e di riporto, conduce alla introduzione dei decimali secondo i criteri illustrati in figura 8.

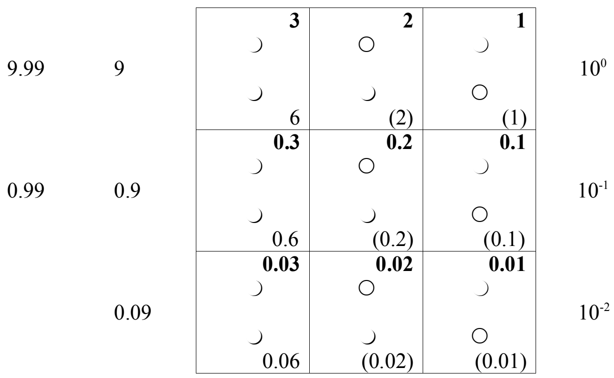


Figura 8

Riduzione delle ridondanze

Il metodo Tiahuanaco appena esposto consente di rappresentare uno stesso numero in diverse maniere, circostanza legata al calcolo per ordinalità, vale a dire un tipo di calcolo, assolutamente estraneo alla cultura occidentale, in grado di memorizzare il processo delle operazioni eseguite per raggiungere un risultato.
Per la concretezza della pura cardinalità conviene ridurre al minimo le ridondanze, con la struttura pesata riportata in figura 9, e procedere alla compilazione di un programma di simulazione, in modo da risolvere le operazioni aritmetiche con l'ausilio di un elaboratore.

999	900	**300** 600	**200**	**100**	10^2
99	90	**30** 60	**20**	**10**	10^1
	9	**3** 6	**2**	**1**	10^0

Figura 9

Volendo eseguire, ad esempio, l'addizione 1728 + 573 si procede come in figura 10. Si compone il primo numero (in colore rosso) con un seme da 1000 al quarto livello, due semi da 300 ed uno da 100 al terzo livello (2*300+100=700), un seme da 20 al secondo livello, due semi da 3 ed uno da 2 al primo livello (2*3+2=8); si compone quindi il secondo numero (in colore verde) con un seme da 300 ed uno da 200 al terzo livello (300+200=500), due semi da 30 ed uno da 10 al secondo livello (2*30+10=70) e un seme da 3 al primo livello.

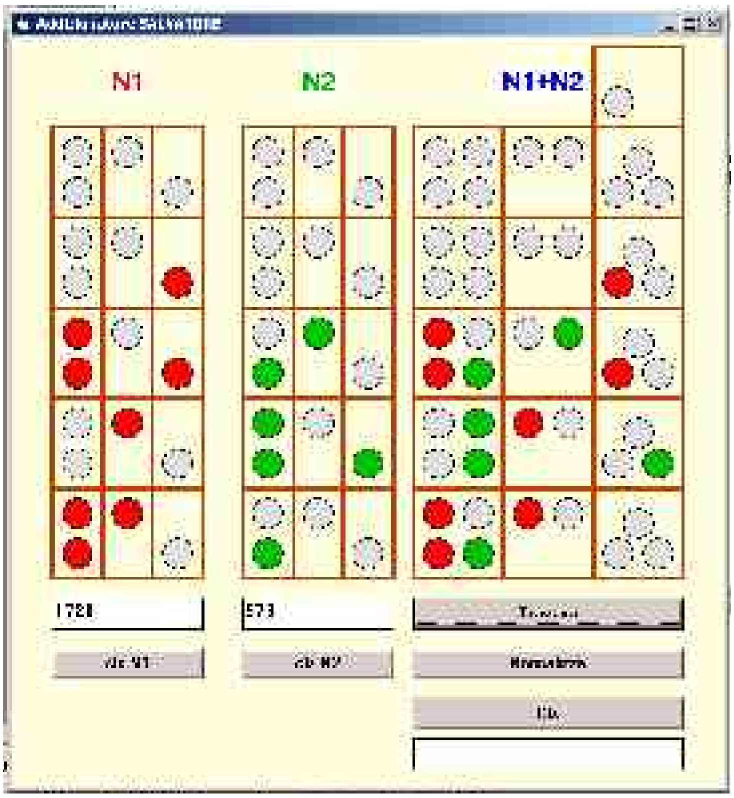


Figura 10

Con un sottoprogramma di simulazione molto semplice si procede alla operazione di travaso, vale a dire alla costruzione della somma bruta, con i semi rossi e verdi che impegnano le stesse posizioni di partenza in un unico abaco contenitore (fig. 10). Con un altrettanto semplice sottoprogramma si procede alla normalizzazione, ossia la gestione dei riporti e la scrittura finale del risultato (fig. 11).

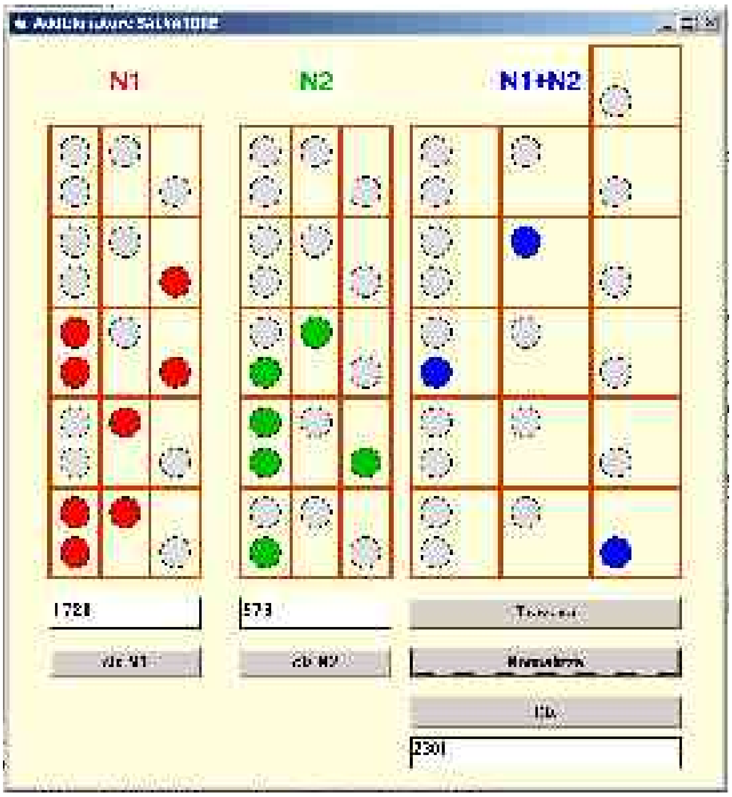


Figura 11

Il seme da 2000 al quarto livello, quello da 300 al terzo livello e quello da uno al primo livello, consentono la lettura agevole del risultato, pari a 2301.

Il Braille andino

La perdita della vista in soggetti appartenenti ad una delle grandi civiltà del passato non conduceva ad una fatale emarginazione sociale. Presso gli Inca, ad esempio, i calcoli venivano prevalentemente svolti disponendo sassolini in reticoli tracciati sul terreno; i risultati, successivamente, venivano registrati con nodi su degli insiemi di cordicelle chiamate *quipus*. Anche un non vedente, quindi, era in grado di effettuare calcoli correttamente, per la notevole consistenza tattile del metodo, semplicemente facendo uso di sassolini più grandi; in questo modo il patrimonio sapienziale degli anziani che perdevano la vista non veniva mai dissipato! Per dare tale vantaggio ai non vedenti di oggi, unitamente alla velocità di esecuzione tipica degli elaboratori, bisogna pensare ad un dispositivo basato su pistoncini pneumatici, in sostituzione dei sassolini inca, gestito da un controllore logico programmabile. Tale idea, sostenuta fortemente dal Lions club Pescara Host e successivamente dal Rotary club Teramo Est, è strategicamente importantissima, perché la sua attuazione garantisce un livello di interazione tra non vedente e macchina, sensorialmente tattile, molto più partecipativo e gratificante degli attuali tiflosistemi posti a corredo degli elaboratori che puntano, quasi esclusivamente, sul gelido vocalizzatore.
I pistoncini di peso 1, 2, 3 e 3 al primo livello, 10, 20, 30 e 30 al secondo livello, 100, 200, 300 e 300 al terzo e così via, costituiscono un sistema molto armonioso e saldamente ancorato alla natura per la presenza dei termini della successione di Fibonacci 1, 2, 3 e 5 (il 5 è nella gestione del riporto

2x5=10). Tale successione, infatti, caratterizza tutte le manifestazioni della natura, dalla formazione dei cristalli alla espansione delle galassie, dalla crescita dei vegetali alla disposizione del DNA umano.
Proprio la grande armonia insita nel metodo andino in esame pone, agli animi più sensibili, problemi di ordine morale di non facile soluzione, a causa dei perfezionamenti che indurrebbe nella scrittura numerica Braille. Come è noto Louis Braille, che perse la vista in tenera età per un banale incidente, dedicò tutte le sue forze e la sua vivacissima intelligenza alla scrittura per non vedenti che porta il suo nome; qualsiasi "ritocco" alla sua impostazione, quindi, potrebbe essere interpretata come una mancanza di rispetto verso un sommo benefattore.
Tuttavia, tenendo presente che il caro Louis non avrebbe mai potuto disporre dei raffinatissimi metodi di calcolo andini e che con i mezzi a sua disposizione raggiunse il miglior risultato possibile, si potrebbe sottoporre alla valutazione dei tiflologi lo schema di figura 12, con la potente logica di valori pesati che lo sostiene.

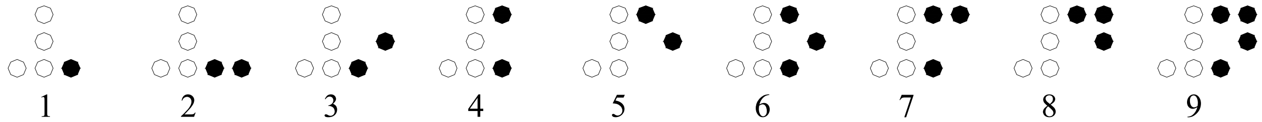


Figura 12

Le cifre sono ottenute in modo molto semplice, inserendo dopo i quattro segnetti caratteristici dei numeri, disposti come una L rovesciata, due colonne con due semi di peso 1 al primo livello, un seme di peso due al secondo livello e due semi di peso 3 al terzo livello; in questo modo l'importanza dell'apprendimento mnemonico viene notevolmente ridotto, essendo ciascuna cifra ricostruibile con una semplice addizione ragionata.
Naturalmente tale sistema potrebbe essere chiamato **Braille andino** per sottolineare, in una sorta di abbraccio transoceanico, e la nostra immutabile riconoscenza nei confronti dell'altruista francese e la stima finora ingiustamente negata alle popolazioni amerindie.

Cuore di Salvatore

Figura 13

L'addizionatore per non vedenti, dal nome scontato Salvatore, è di una semplicità sconcertante, presentando in una metà ventuno pistoncini e nell'altra venti pulsanti rossi per la composizione degli addendi e tre pulsanti neri per le funzioni di addizione (+), uguaglianza (=) e cancella tutto

(CT); le cinque righe complete vanno riferite ai numeri che vanno dalle unità alle decine di migliaia, mentre il pistoncino singolo della sesta riga è relativo a 100.000.

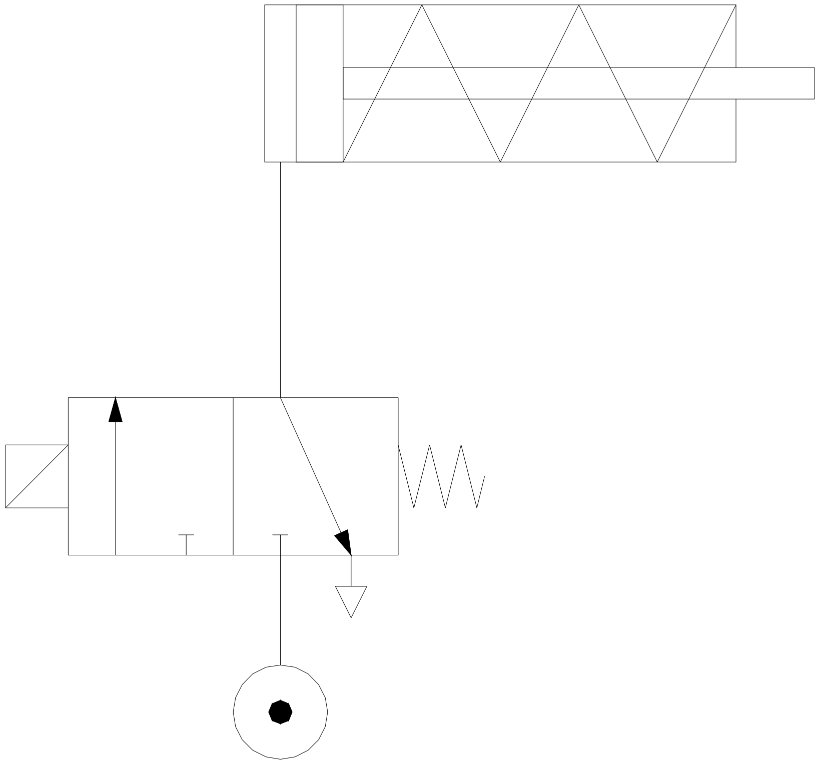


Figura 14

Il semplicissimo schema pneumatico di figura 14 è relativo ai ventuno microcilindri usati, di diametro e corsa pari a sei millimetri, azionati da altrettante elettrovalvole a tre vie e due posizioni monostabili, alimentate a 24 V DC.
Il controllore logico programmabile per la gestione dell'addizionatore deve essere semplice ed affidabile; dopo una approfondita indagine è stato scelto un sistema di automazione S7-200, consistente in una CPU 226, 24 ingressi e 16 uscite, DC/DC/DC con una unità di ampliamento, combinazione di 8 ingressi e 8 uscite digitali a 24 V DC. Si è voluto adottare, dunque, un cuore Siemens per il nostro promettente Salvatore!
La impostazione del programma di gestione richiede ad un esperto solo pochi minuti; essendo i pulsanti rossi dedicati alla composizione degli addendi ed alla eventuale correzione (lo stesso pulsante premuto una sola volta aziona il pistoncino corrispondente, premuto due volte causa il suo ritorno) il tutto si risolve con l'utilizzo di contatori da azzerare, con un piccolo ritardo, quando il conteggio raggiunge il valore due. Lo stato binario di quaranta contatori, venti per il primo addendo e venti per il secondo (che intervengono dopo aver premuto il pulsante di addizione +), consente lo svolgimento del calcolo e la successiva emissione del risultato quando si aziona il pulsante di uguaglianza (=). Ovviamente attivando il tasto CT si ottiene l'azzeramento di tutti i contatori ed il rientro di tutti i pistoncini.
L'intero programma di gestione può essere consultato semplicemente facendone richiesta all'Unione Italiana Ciechi, depositaria del brevetto, sapendo che qualsiasi proposta di miglioramento sarà ben gradita ed adottata; infatti l'addizionatore non è stato portato volutamente allo stadio di calcolatrice completa sia per attendere la soluzione dei problemi relativi alla scrittura numerica che abbiamo chiamata Braille andino, sia, soprattutto, per dare a chiunque la possibilità di collaborare nello Spirito del più puro disinteresse e della gratificante solidarietà verso i meno fortunati.

Ringraziamenti

Avere una buona idea non sempre porta ad una applicazione di interesse generale; occorre che gente operativa intervenga, ciascuno con le sue competenze, per evitare che si verifichi che *"tra il dire e il fare....."*; nel caso dell'addizionatore Salvatore centinaia di persone hanno dato il loro contributo appassionato e ringraziarle tutte costituisce un serio problema, potendo correre il rischio di tralasciare qualcuno.

Figura 15

Ci sembra però doveroso citare esplicitamente il prof. Domenico Di Carlo, Dirigente Scolastico dell'ITIS "A. Volta" di Pescara, la scuola dove è stato realizzato l'apparecchio; il prof. Vincenzo Centorame, presidente del Lions Club Pescara Host, primo convinto sostenitore dell'iniziativa; la dr.a Luisa Barnabei, presidente del Rotary club Teramo Est; il prof. Francesco Petracca, Vincenzo Di Renzo e Mario Cavalcanti che hanno seguito tutte le fasi della realizzazione; Anselmo Della Torre, grande esperto di controllori logici programmabili; Giovanni Ciccone che ha fornito tutte le informazioni sulla scrittura Braille e sui metodi di calcolo attualmente usati dai non vedenti; le intere classi IV B e V B Meccanica (fig. 15).
Un ringraziamento parimenti sentito va a tutti coloro che vorranno apportare perfezionamenti a questa prima, ingenua realizzazione.

Nicolino De Pasquale