

*Science Workshop*TM

Software di acquisizione ed elaborazione dati
per laboratori didattici multimediali

(per Windows. Utilizzabile anche
per la versione Mac)

Manuale dell'utente

Con esperimenti d'esempio

(per uso con le interfacce PASCO)

a cura di
Elitalia S.r.l. - Milano

Indice

Introduzione	3
Hardware richiesto	5
Installazione	6
Principi generali	8
Lista dei sensori PASCO	12
La prima misura	13
L'analisi dei dati attraverso il grafico	17
Altri metodi di presentazione dei dati	21
Il salvataggio di un file Science Workshop	25
Un esperimento più sofisticato	26
Fare di più	33
Le condizioni di raccolta dati	33
Le statistiche e i fit	35
Il controllo del Power Amplifier	40
Lo strumento oscilloscopio	43
Il setup delle tabelle	46
Note sperimentali	48
Il calcolatore	48
Lo strumento FFT	54
Funzioni particolari	56
Esportare tabelle verso un foglio elettronico	56
Esportare grafici verso un word processor	57
Importare dati da un file ASCII (match data)	57
Precisione e taratura dei sensori	59
Il sensore utente	61
Le peculiarità dell'interfaccia 500	62
L'uso della modalità stand-alone	62
Le peculiarità dell'interfaccia 750	64
Glossario	67
Esperimenti	da pag. 70

NOTA: Questa guida contiene - inevitabilmente - un po' di linguaggio informatico. Si è cercato di limitarne l'uso al minimo: comunque, un piccolo glossario è disponibile nelle ultime pagine. Le parole che vi sono definite sono identificate con un asterisco (*) la *prima volta* che ricorrono nel testo.

Le immagini che vedete in queste pagine sono state "catturate" da un computer durante l'uso di Science Workshop 2.x (versione italiana o inglese) sotto Windows 3.1 o Windows 95. Se utilizzate un Mac, vi sono minime differenze nei controlli (bottoni* di iconizzazione*, ecc.). Tali differenze, dovute al sistema operativo, non influenzano in alcun modo l'uso o le prestazioni di Science Workshop. Questo manuale è quindi valido anche per la versione Mac di Science Workshop.

Introduzione

Science Workshop è un sofisticato software, disponibile sia per Windows che per Mac, destinato alla raccolta e all'analisi dei dati relativi ad esperimenti di fisica, chimica, biologia e scienze in genere. Per la raccolta dei dati, è necessario utilizzare un'interfaccia PASCO serie 750, 700, 500 o 300, ed i relativi sensori. Anche senza l'interfaccia, tuttavia, il software da solo consente l'analisi di dati precedentemente raccolti e salvati su disco. Il presente manuale è orientato essenzialmente all'utilizzo di *Science Workshop* nei laboratori di fisica.

Le interfacce PASCO *Science Workshop* 750, 500 e 300 sono quanto di meglio la tecnologia offra oggi tra i *data logger** [le parole segnate con * sono definite nel glossario in fondo al presente manuale] per il mercato scolastico, per ciascuna fascia di prezzo. Il principio di funzionamento delle interfacce è, almeno in linea di principio, piuttosto semplice. Una serie di sensori (o, più correttamente, di trasduttori) converte le varie grandezze fisiche che si vogliono misurare, come pressione, temperatura o pH, in una tensione, che l'interfaccia misura, digitalizza* a 12 bit e comunica al software *Science Workshop*. E' quest'ultimo che interpreta i dati, e che presenta sullo schermo grafici, tabelle o quant'altro richiesto dall'utente.

La presentazione dei dati può avvenire sia dopo il termine della raccolta, sia - caratteristica preziosa di questo sistema - *in tempo reale ed in diversi modi* (compatibilmente con la potenza di calcolo del computer in uso). Vale a dire, che *mentre l'esperimento è in corso*, lo sperimentatore può monitorare le varie grandezze in gioco, con più di uno "strumento" (valore numerico, grafico, tabella, ecc.). Per esempio, se durante una reazione chimica un termometro ed un pHmetro sono immersi nei reagenti, la temperatura e l'acidità possono essere seguite mentre cambiano con il progredire della reazione, sia numericamente che come grafico. Non solo. *Science Workshop* consente anche di *ricavare* grandezze da quelle misurate. Per esempio, in una collisione tra due carrelli se ne possono *misurare* le posizioni (con sensori di distanza), ma il software può *ricavare* (e mostrare all'utente) le velocità, le accelerazioni, come pure l'energia cinetica o la quantità di moto (complessiva o di ciascun carrello). Ciò schiude prospettive davvero stimolanti e di notevole valore didattico. Per esempio, se un carrello pesante ne urta anelasticamente uno più leggero, *mentre i carrelli viaggiano e poi si urtano* si può *vedere* che la quantità di moto si conserva, mentre l'energia cinetica no!

Per "esplorare il mondo" la PASCO offre un notevole parco di trasduttori, continuamente ampliato ed aggiornato. Tra i sensori disponibili (circa quaranta) vi sono quelli per tensione, corrente, distanza, forza, intensità luminosa, temperatura, posizione angolare, pressione, pH, suono, battito cardiaco, ritmo respiratorio. E molti altri! Per una lista completa ed aggiornata, si veda la tabella a pag. 12, o si faccia riferimento al catalogo PASCO corrente. Inoltre è possibile costruire i propri sensori e "spiegarli" al software, per venire incontro alle proprie specifiche esigenze.

Tutti i trasduttori, di produzione PASCO o meno, si dividono in due "famiglie":

- Trasduttori *analogici*, destinati cioè a rilevare grandezze che variano con continuità nel tempo (come tensione, intensità luminosa, suono o pH).
- Trasduttori *digitali*, cioè che hanno due soli stati possibili. Da essi si ricavano i tempi che intercorrono tra i cambiamenti di stato del sensore; per esempio quanto tempo sta "aperto" o "chiuso" un fototrappo, o quando avviene un conteggio di un contatore Geiger, ecc. Tra i sensori digitali rientrano il sensore di posizione ad ultrasuoni e quello di posizione angolare, che occupano ciascuno due ingressi dell'interfaccia.

L'interfaccia 300 può ospitare sino a tre sensori analogici contemporaneamente, ma non accetta quelli digitali (è possibile collegare un fototraguardo ad un connettore analogico mediante un cavetto adattatore, ma con certe limitazioni). Il modello 500, invece, ha cinque ingressi: sempre tre analogici, più due digitali. Le unità 700 e 750, infine, hanno ben sette ingressi, di cui quattro digitali, tutti utilizzabili contemporaneamente.

Le interfacce comunicano col computer tramite un collegamento seriale (interfacce 300, 500) oppure con una porta SCSI (interfaccia 700). L'interfaccia 750 può utilizzare entrambi i metodi. Ovviamente, l'uso della sofisticata comunicazione SCSI consente misurazioni molto più rapide rispetto al collegamento seriale. La 300 permette sino a 200 misurazioni al secondo, valore che passa a 500 misurazioni /s per il modello 500, che ha però anche una modalità *burst*, con la quale arriva a 20,000 misurazioni al secondo, sfruttando una memoria tampone (per cui i dati arrivano al computer in leggera differita). Le unità 700 e 750, invece, arrivano a ben 10,000 o 20,000 misurazioni al secondo in tempo reale, che salgono sino a 100,000 nella modalità oscilloscopio offerta dal software (250,000 per la 750). Misurazioni tanto frequenti, ovviamente, si utilizzano in genere solo per fenomeni acustici o elettrici. L'esperienza insegna che per la stragrande maggioranza delle esperienze in laboratori scolastici, da 2 a 2,000 campionamenti* al secondo sono più che sufficienti.

All'altro estremo, se necessario (in genere per esperienze di biologia) si può anche "scendere" sino ad un solo campionamento all'ora, il che consente al computer di raccogliere dati per giorni e giorni.

L'interfaccia 500 ha la possibilità di operare separata dal computer (modalità *stand alone*) una volta programmata. Per tale funzione, si rimanda all'apposito capitolo.

Inoltre - fattore molto importante - una volta scelto un sensore, *Science Workshop* propone già i grafici o altri metodi di visualizzazione dei dati con la corretta unità di misura e, quando possibile, scalati secondo la portata di *quel* sensore, senza che l'utente debba impostarli. Può farlo, ovviamente, ma questo parziale "auto setup" rende molto naturale l'approccio con questo sistema.

Le versioni di *Science Workshop* disponibili per le due piattaforme (Windows e Mac) sono studiate per apparire identiche, ed il loro utilizzo è del tutto simile. Inoltre, è possibile scambiare dati tra le due versioni (cioè è possibile, per esempio, effettuare la raccolta dati con un computer Windows ed elaborarli con un Mac). Ovviamente il compito di leggere o scrivere un disco "straniero" viene assolto dal Mac mediante l'utilità PC Exchange.

Questa flessibilità d'uso, unita alla grande potenza di elaborazione, alla possibilità di esportare dati verso altre applicazioni (tipicamente fogli elettronici), e soprattutto ad una estrema semplicità d'uso, rende *Science Workshop* uno strumento realmente utile nei diversi laboratori scolastici, sia per i docenti che per gli studenti.

Questa guida è stata scritta per consentirvi di usare subito la vostra attrezzatura. Descrive in modo esauriente le caratteristiche del software, e comprende diversi esempi. Il sistema viene fornito anche col software e il manuale originali americani. Per qualsiasi ulteriore informazione rivolgetevi alla Elitalia - che è distributore *esclusivo* PASCO per l'Italia.

La Elitalia è in Via Grossich 32 - 20131 Milano. Tel 02-236.3742, fax 02-236.2467

E-mail: elitalia@micronet.it
WEB: www.elitalia.it

Hardware richiesto

Science Workshop richiede Windows 3.1 o successivo. E' stato testato positivamente con Windows 3.11, 3.11 for Workgroup, Windows 95 e Windows NT.

RETE: Non occorre alcun particolare accorgimento per installarlo in rete, se non, ovviamente, quello di renderlo *sharable*. Essendo di dimensioni modeste, comunque, si consiglia l'installazione del software su ogni singola postazione. **L'interfaccia NON è una periferica condivisibile via rete.** Tuttavia è possibile leggere via rete i file di dati raccolti dal computer cui l'interfaccia è collegata, in modo da poter analizzare i dati raccolti da un computer usando tutti gli altri della rete.

Accorgimenti sull'uso del software.

Come è facile immaginare, l'uso del software diviene tanto più gravoso per il computer quanti più dati si raccolgono, o quanto più velocemente si desidera effettuare il campionamento. Questi limiti si incontrano, in pratica, solo utilizzando l'interfaccia 700 o 750.

Se si usa questa interfaccia, specie per raccolte dati "corpose" (oltre qualche migliaio di punti) e/o campionamenti rapidi o rapidissimi (oltre i 1,000/2,000 campionamenti al secondo), è consigliabile almeno un 486DX 33 Mhz con 4 Mb RAM. Un 486 DX 100 Mhz o un Pentium 100 con 8 mega di RAM o più permettono uno sfruttamento completo del software, con un'ottima funzionalità sotto quasi ogni condizione.

All'aumentare della velocità di campionamento, si può incorrere talvolta in un messaggio di errore da parte del software ("L'interfaccia non riesce a trasferire..."). Tale problema si verifica richiedendo 10,000 campionamenti al secondo o più. Se il vostro computer è lento, cercate di liberare risorse di Windows (chiudendo tutti i programmi tranne *Science Workshop*), o usate meno sensori. Comunque, pressoché nessun esperimento sensato richiede più di 5,000 campionamenti al secondo.

La scheda SCSI fornita normalmente con l'interfaccia 700 o 750 (Adaptec AVA 1505 o similare) permette trasferimenti di dati fino alla velocità massima dell'interfaccia, sempre che il computer sia sufficientemente veloce. Se si vogliono usare spesso le massime velocità di campionamento, è necessario, come già detto, almeno un 486/100 MHz.

Nota per gli utenti di computer laptop: le schede SCSI adatte ai computer portatili (schede PCMCIA) hanno di norma prestazioni inferiori a quelle delle schede per macchine desktop, e possono talvolta diventare i "colli di bottiglia" del sistema. Con alcuni modelli non si può campionare più rapidamente di 10 o 20 KHz, indipendentemente dalla velocità della CPU.

Installazione

Quando ricevete l'interfaccia, trovate nella confezione anche tutto il software necessario. Se avete un'interfaccia 700 o 750 avrete probabilmente ricevuto anche la scheda SCSI, se il vostro computer non ne era già dotato. L'installazione di *Science Workshop*, quindi, è solo software se non utilizzate una 700 o una 750 in modalità SCSI; in caso contrario, vi è anche la necessità di installare la scheda.

Installazione del software Science Workshop (qualsiasi interfaccia).

Come già detto, il programma *Science Workshop* pilota indifferentemente tutte le interfacce PASCO, ed è quindi fornito identico in ogni caso. L'installazione è semplicissima, del tutto uguale a quella di un qualsiasi programma Windows.

- **Windows 3.x:** Inserite il disco nel drive A e dalla finestra Program Manager selezionate il menu File e quindi il comando Esegui; digitate A:\SETUP e premete [Invio]. Seguite ulteriori eventuali istruzioni sullo schermo.
- **Windows 95:** Inserite il disco nel drive A e dal tasto Avvio selezionate il comando Esegui; digitate A:\SETUP e premete [Invio]. Seguite ulteriori eventuali istruzioni sullo schermo.

L'installazione della libreria di esperimenti si esegue identicamente. Sul primo disco della libreria vi è SETUP da lanciare.

<p>In Italia viene aggiunto alla confezione originale un disco che contiene il software in italiano (si installa lanciando A:\ITALIAN da quel disco) e alcuni esempi commentati. Si veda il file di spiegazione sul dischetto (README.TXT)</p>

Attenzione che il cavo seriale fornito con *Science Workshop* termina con un connettore a 25 pin femmina. Se la seriale del vostro computer è a 9 pin, dovreste utilizzare l'apposito adattatore, fornito con l'interfaccia, o reperibile presso qualsiasi negozio di informatica.

A questo punto potete lanciare il software come tutte le altre applicazioni Windows. Se una 300, 500 o 750 è collegata ad una porta seriale qualsiasi (ed è accesa!), *Science Workshop* la inizializzerà e sarà pronto alla raccolta dei dati. Se invece usate una 700 o una 750 con collegamento SCSI leggete il paragrafo seguente.

Installazione della scheda SCSI (solo se usate un'interfaccia 700 o una 750 con SCSI)

L'installazione fisica della scheda va eseguita ovviamente a computer spento. Aprite il case e inserite la scheda in uno slot libero. Fissatela bene e richiudete il computer.

- **Windows 3.x:** Lanciate il programma SETUP del disco di installazione del driver* SCSI, software *che è nella confezione della scheda SCSI*. Seguite le istruzioni, ed installate tutto il software relativo alla scheda SCSI. Questa operazione aggiungerà al vostro file CONFIG.SYS una riga DEVICE=... che lancia il driver (ASPI2DOS.SYS). Terminata l'installazione, uscite da Windows e resettate. Alla partenza successiva di Windows, potrete lanciare *Science Workshop*, che riconoscerà la presenza della SCSI, e quindi cercherà la 700 prima di cercare una delle altre due interfacce.

- **Windows 95:** Dal tasto Avvio, selezionate Impostazioni... e poi Pannello di controllo, e lanciate "Nuovo hardware". Scegliete di impostare manualmente il nuovo hardware (rispondete "No" alla richiesta "Cercare un nuovo componente hardware?"). Dalla lista che appare scegliete "Controller SCSI" e poi dalla doppia lista che appare successivamente "Adaptec" come produttore e "Scheda host SCSI Adaptec AVA 1505 (se non c'è la 1505 scegliete AHA 150X/1515/1525...)" come modello. Confermate. Probabilmente vi verrà richiesto il CD di installazione di Windows '95. Alla partenza successiva di Windows, potrete lanciare Science Workshop, che riconoscerà la presenza della SCSI, e quindi cercherà la 700 (o 750) prima di cercare una delle altre due interfacce. Nota: NON E' NECESSARIO ALCUN DRIVER*, a meno che non desideriate utilizzare la scheda SCSI per pilotare Photo CD, scanner, eccetera. Quindi i dischi che vengono con la scheda SCSI non servono. E' inoltre possibile che all'accensione Windows segnali "Ho trovato un nuovo componente hardware, è in corso l'installazione del software...". Non preoccupatevi, e se Windows ve lo chiede, scegliete "Annulla" o "Proseguì senza installare driver". Per usare l'interfaccia, essa va accesa *prima* del computer, come normale con le periferiche SCSI. Windows 95 segnala (nella "Gestione periferiche") che l'interfaccia e/o la scheda SCSI non hanno un driver (punto esclamativo in campo giallo accanto all'icona della periferica SCSI). Ciò è normale. Il driver per pilotare l'interfaccia è integrato nel software Science Workshop.

Nel caso si verificano conflitti hardware tra la scheda SCSI ed altre periferiche (schede audio, di rete, controller SCSI on-board, ecc.) è normalmente possibile risolverli semplicemente spostando l'indirizzo e/o l'interrupt della scheda, mediante i jumper posti sulla scheda stessa. In questo caso Windows '95 va "informato" scegliendo la scheda SCSI tra le periferiche (sempre da "Gestione Periferiche") e usando la cartella Proprietà. Qui si impostino l'indirizzo e/o l'interrupt coerentemente con quanto impostato sull'hardware.

Se ancora non riuscite a comunicare con l'interfaccia (e/o Windows 95 vi segnala che non vi sono conflitti ma la scheda SCSI non lavora correttamente) provate a lanciare ASPI32, una patch di driver SCSI forniti dalla Adaptec (scaricabile da www.adaptec.com, o fornita gratuitamente dalla Elitalia), oppure contattateci per maggiori dettagli.

Principi generali

Ogni misurazione, dalla più elementare alla più complessa, comporta alcune scelte, legate al tipo di esperimento che si vuole eseguire, ai risultati che si vogliono ottenere, e a come si desidera che questi risultati vengano visualizzati. Per molte delle impostazioni necessarie, *Science Workshop* propone valori di default* ragionevoli, che forniscono risultati "ragionevoli" per molti esperimenti.

Dopo, ovviamente, aver predisposto l'apparato sperimentale vero e proprio, i vari passi da compiere per "dire" a *Science Workshop* cosa fare sono:

1. Scelta dei sensori e loro collegamento all'interfaccia.
2. Impostazione dei sensori nel software.
3. Scelta (opzionale) della frequenza di campionamento, della durata della raccolta, e delle condizioni di inizio e fine della raccolta stessa.
4. (Eventuale) impostazione del software per presentare i dati in tempo reale.
5. Svolgimento dell'esperienza e analisi dei dati raccolti.

Non spaventatevi se vi sembra poco chiaro! E' molto più semplice da fare che da descrivere!

Ora commentiamo brevemente ciascuno di questi punti: poi, finalmente, farete la vostra prima vera raccolta dati. Vi accorgete che non è affatto difficile.

1) Scelta dei sensori e loro collegamento all'interfaccia. Questo passo, in realtà, non riguarda il software. Significa semplicemente che, in base a quello che volete misurare, dovete scegliere i sensori opportuni e collegarli all'interfaccia. Per esempio, se volete seguire il moto di un carrello, collegherete un sensore di distanza. Per monitorare una temperatura, collegherete un termometro (o, per essere precisi, un sensore di temperatura). Se, in un esperimento sull' ambiente, volete seguire contemporaneamente pressione, temperatura e intensità luminosa, collegherete i tre sensori opportuni ai tre ingressi analogici dell'interfaccia. I sensori vanno poi posizionati nell'apparato sperimentale in modo da perturbarlo il meno possibile.

2) Impostazione dei sensori nel software. Una volta preparata la vostra esperienza, dovete comunicare a *Science Workshop* quali sensori sono stati collegati (l'unità non lo riconosce da sola). Operazione semplicissima. Supponendo che abbiate collegato un sensore analogico, basta trascinare* l'icona* che rappresenta i sensori analogici sul canale di ingresso scelto, agendo sul disegno del pannello frontale dell'interfaccia che *Science Workshop* mostra, come si vede in figura 1. Verrà poi visualizzata una lista da cui scegliere il tipo di sensore collegato (termometro, pHmetro, ecc.). Operazione del tutto analoga nel caso si sia collegato un sensore digitale. Ovviamente *quali e quanti* sensori si collegano dipenderà dall'esperimento che si sta svolgendo. Una volta effettuata la scelta, appare l'icona del sensore prescelto, accanto all'ingresso cui lo si è collegato. Vedremo più in dettaglio questa operazione nel prossimo capitolo.

3) Scelta (opzionale) della frequenza di campionamento, della durata della raccolta, e delle condizioni di inizio e fine della raccolta stessa. *Science Workshop* imposta come valori di default per questi parametri 10 campionamenti al secondo come frequenza di misura, e di cominciare e terminare la raccolta quando segnalato dall'utente mediante la tastiera o il mouse. Per modificare questi parametri si utilizza l'apposita finestra di dialogo*, cui si accede col bottone* "Opz. campionamento" (sempre evidenziato in figura 1). Ancora nell'esempio del termometro, si potrebbe decidere di effettuare una misura ogni 2 secondi, di cominciare quando la temperatura sale sopra i

22°, e di terminare dopo 90 misure (cioè dopo tre minuti, dato che si effettuano 30 misurazioni al minuto). La frequenza di campionamento è legata sia al tipo di sensore che al tipo di esperimento. Per esempio, l'urto tra un carrello ed un bersaglio, "visto" dal sensore di forza posto sul carrello, andrà seguito con almeno 500 o 1000 misurazioni al secondo. Viceversa, campionare una temperatura 1000 volte al secondo non ha alcun senso, in quanto il termometro non è uno strumento tanto pronto*.

C'è una nota importante da fare sulla frequenza di campionamento. Mentre tutti i sensori analogici possono lavorare a qualsiasi frequenza di campionamento di cui l'interfaccia sia capace, i sensori digitali agiscono in modi diversi a seconda dello specifico sensore, e precisamente:

- *Il sensore di posizione angolare (CI-6538) funziona alla cadenza impostata per i sensori analogici.*
- *Il sensore di distanza (moto) ad ultrasuoni (CI-6529) lavora ad una cadenza di misurazione propria (che può essere diversa da quella impostata per gli altri sensori), e che può essere modificata accedendo al setup del sensore (descritto più avanti nel manuale).*
- *Tutti gli altri sensori digitali (fototraguardi usati in vario modo, contatori Geiger) non vengono "letti" ogni certo intervallo di tempo, ma sono loro ad "avvisare" l'interfaccia quando cambiano stato (un fototraguardo viene chiuso o aperto, un contatore scatta, ecc.). E' l'interfaccia che registra gli istanti in cui avvengono i cambiamenti, con la risoluzione temporale di 1/10,000 di secondo. Tale risoluzione è fissa e indipendente dalla frequenza di campionamento scelta per*

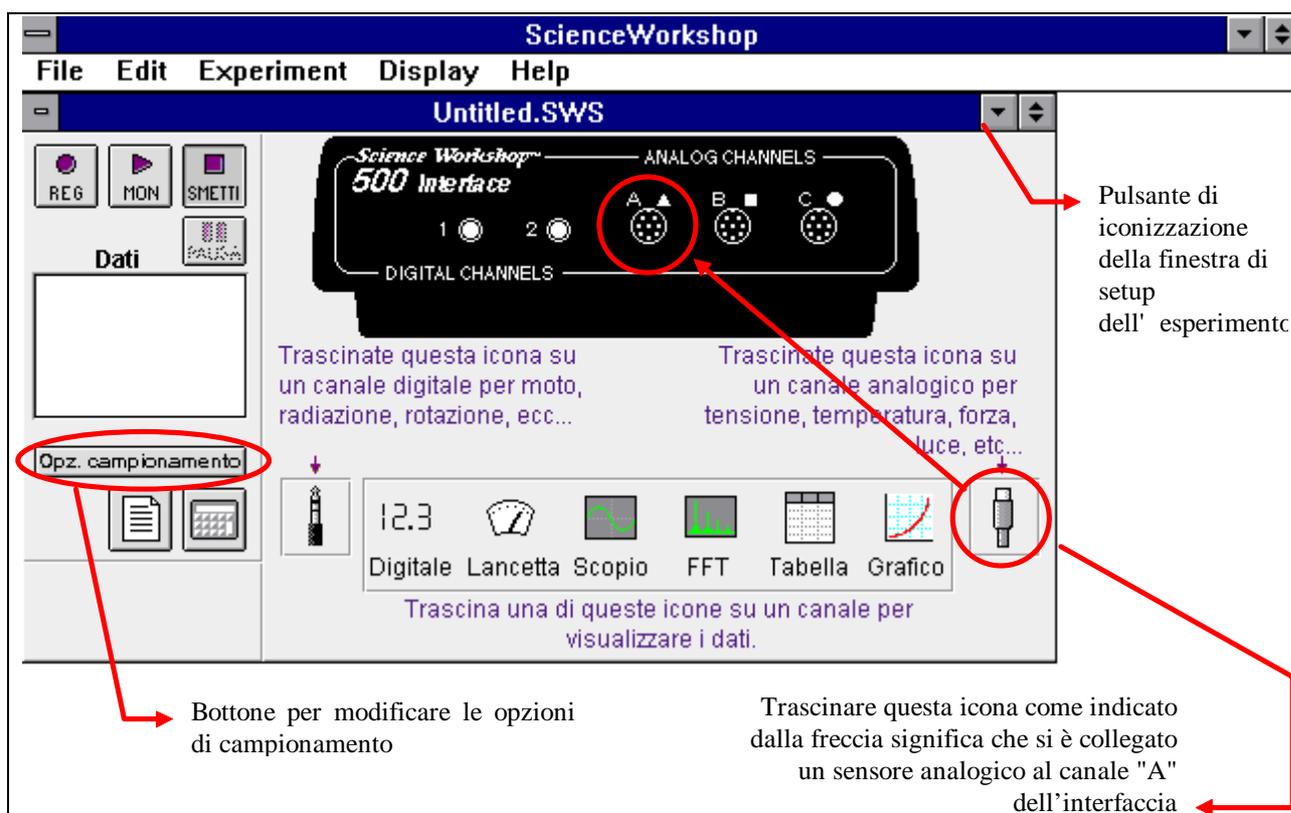
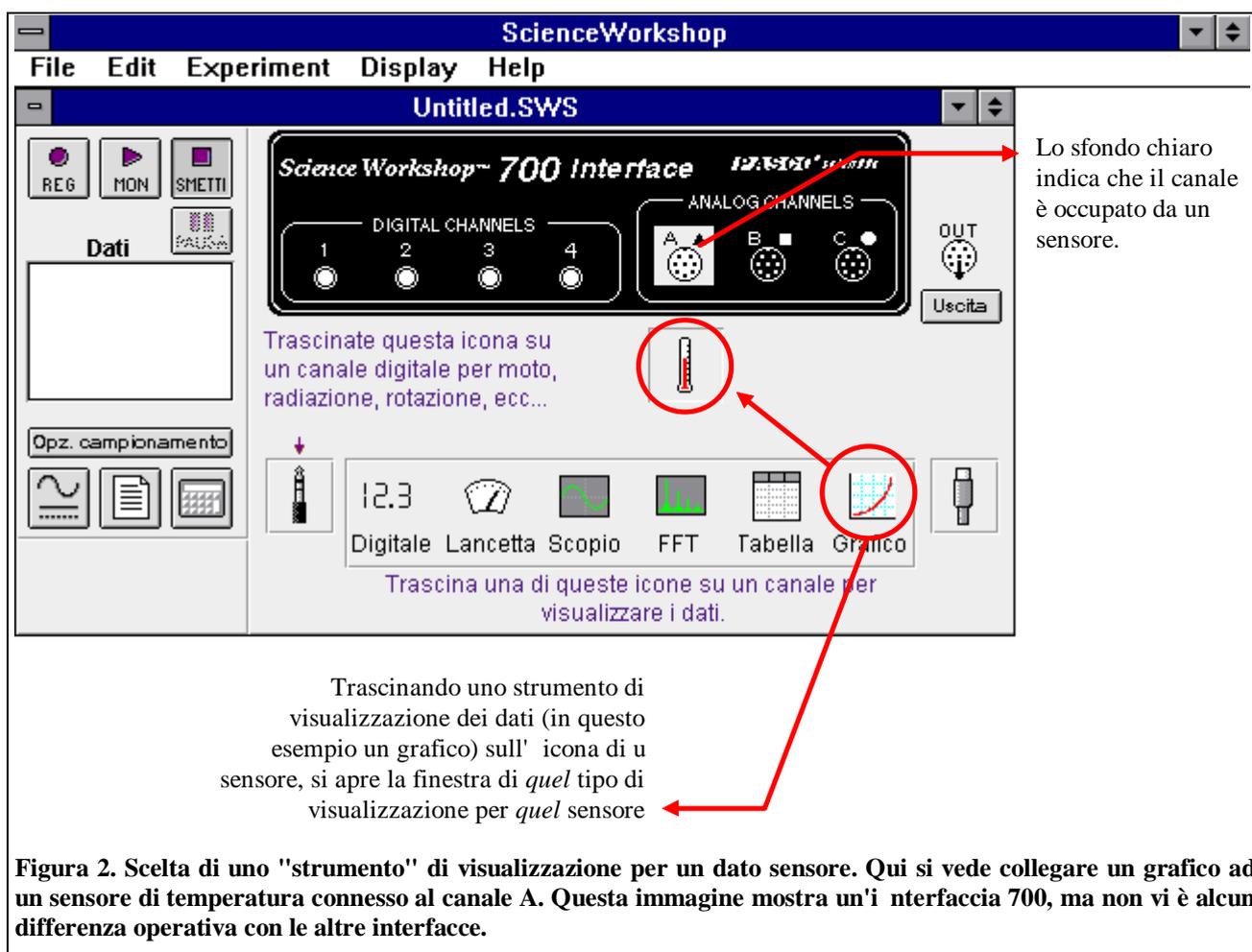


Figura 1. La schermata di partenza di Science Workshop quando si utilizza una interfaccia 500. E' evidenziata l'icona che simboleggia i sensori analogici, e come va trascinata su uno degli ingressi analogici dell'interfaccia, per comunicare al software che a quell'ingresso è stato collegato un sensore. Apparirà poi una lista in cui si specificherà quale sensore si è collegato. E' evidenziato anche il bottone che dà accesso alla finestra in cui si possono variare le opzioni di campionamento (frequenza della misurazione, quanti dati raccogliere, ecc.)

eventuali sensori analogici. Se sono in uso sensori digitali, la frequenza di campionamento di quelli analogici non può essere superiore a 10,000 Hz.

4) (Eventuale) impostazione del software per presentare i dati in tempo reale. A questo punto avete "spiegato" a *Science Workshop* quali sensori state utilizzando (passo 2), e come volete raccogliere i dati (passo 3). Anzi, a dire il vero già dopo il punto 2 sareste pronti per effettuare la vostra esperienza, se accettate le condizioni di raccolta di default e se vi "accontentate" di visualizzare i dati raccolti una volta terminato l'esperimento. Se invece volete visualizzare una (o più) grandezze *durante* l'esperimento, nulla di più facile. Basta trascinare *sull'icona* di uno dei sensori collegati una delle icone che rappresentano i possibili metodi di presentazione dei dati; esse sono, da sinistra a destra; visore a grandi numeri, indicatore a lancetta, oscilloscopio, FFT*, tabella, grafico. In figura 2 vediamo come va trascinata l'icona rappresentante il grafico su quella del termometro, che è apparsa accanto all'ingresso analogico "A" dopo la nostra scelta al passo 2. Questa azione farà apparire un grafico di temperatura in funzione del tempo, che si disegnerà mano a mano che l'esperimento procede.

5) Svolgimento dell'esperienza e analisi dei dati raccolti. Non vi resta che "fare" l' esperimento. Segnalerete a *Science Workshop* quando iniziare e quando terminare la raccolta dei dati con certe



combinazioni di tasti, o col mouse, oppure lo farà il software da solo se è stato istruito al riguardo al punto 3. Comunque sia, al termine della raccolta, avrete i vostri dati pronti per essere interpretati da parte dello sperimentatore.

Vedremo in dettaglio più avanti le varie possibilità offerte dal software per l'analisi dei dati.

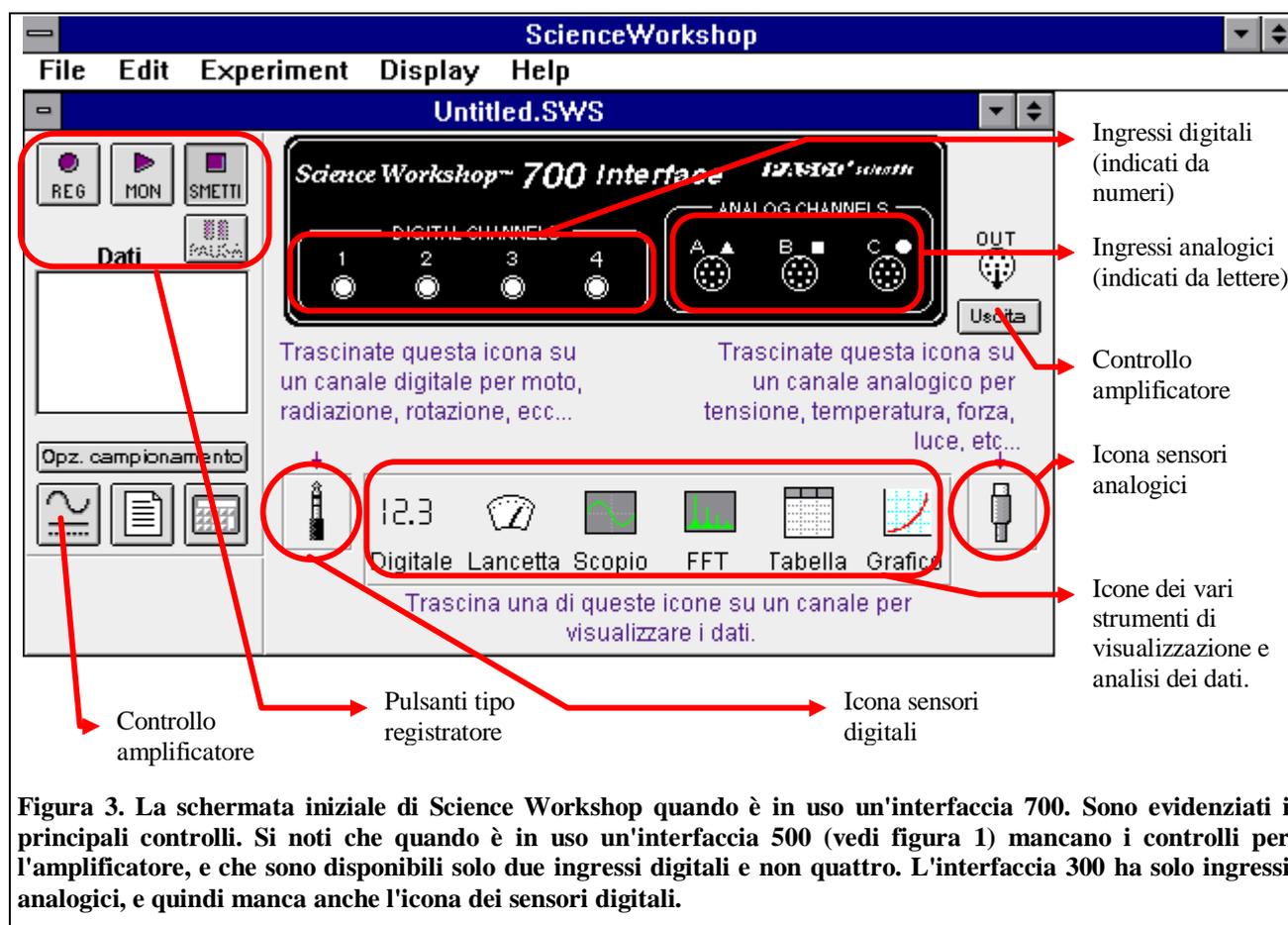
Come ultima cosa, prima di incominciare a fare esperienza "con mano", ci sembra interessante sottolineare che uno dei notevoli vantaggi di condurre esperimenti con attrezzatura on-line viene proprio dal fatto che la presentazione dei dati raccolti è pressoché istantanea. Non solo si possono condurre più esperimenti a parità di tempo speso in laboratorio, ma si può facilmente ripetere l'esperienza nel caso qualcosa non sia andato bene. E ciò senza perdere tempo prezioso prima di accorgersi dell'errore!

Lista dei sensori PASCO attualmente disponibili (settembre 1998)

Sensori analogici	Sensori digitali
Connettore DIN 5 o 8 pin	Connettore jack stereo 4 mm
Tensione (CI-6503)	Sensore di moto (distanza) (CI-6529/CI-6752)
Power Amplifier (CI-6552A - solo per 700/750)	Puleggia Smart (lineare) (ME-9387)
Forza (CI-6537)	Fototrapiuardo (con barriera ottica) (ME-9204B)
Accelerazione (CI-6558)	Fototrapiuardo (con oggetto solido) (ME-9204B)
Intensità luminosa (CI-6504A e CI-6604)	2-3-4 fototrapiuardi (ME-9204B)
Intensità sonora (CI-6506B)	Fototrapiuardo (collisione) (ME-9204B)
Intensità campo magnetico (CI-6520)	2 fototrapiuardi (collisione) (ME-9204B)
Corrente (CI-6556)	Posizione angolare (vel./acc.) (CI-6538)
Temperatura (CI-6505A)	Puleggia Smart (rotazionale) (ME-9387)
Alta temperatura (CI-6526)	Apparato moti circolari (ME-9279A)
Temperatura (alta precisione) (CI-6525)	Contatore GM (SN-7927 o SN-7928)
pH (CI-6507)	Laser Switch (ME-9259A)
Ossigeno disciolto (CI-6542)	Apparato caduta libera (ME-9207B)
Colorimetro (CI-6509)	Fototrapiuardo (con pendolo) (ME-9204B)
Pressione (assoluta) (CI-6532)	Tempo di volo (ME-9204B)
Pressione (differenziale) (CI-6533)	Adattatore 4 in1 (+fototrapiuardi) (CI-6820)
Bassa pressione (CI-6534)	Contatore GM (vecchio modello) (SE-7997)
Barometro (CI-6531)	Apparato moti circolari (vecchio) (ME-9279)
Sensore EKG (CI-6539)	Flusso (di liquidi) CI-6730
Ritmo cardiaco (CI-6543A)	Sonda logica
Ritmo respiratorio (CI-6535)	
Forza (studente) (CI-6519)	
Intensità sonora (studente) (CI-6506)	
Umidità relativa (CI-6559)	
Sensore di ioni disciolti (varie sonde, CI-6738)	
Sonda per ione Ca ⁺⁺ (CI-6727)	
Sonda per ione Cl ⁻ (CI-6732)	
Sonda per ione Pb ⁺⁺ (CI-6736)	
Sonda per ione F ⁻ (CI-6728)	
Sonda per ione NO ₃ ⁻ (CI-6735)	
Sonda per ione K ⁺ (CI-6733)	
Sonda per ione Na ⁺ (CI-6734)	
Sensore "utente"	

La prima misura

E' il momento di effettuare la vostra prima raccolta dati. Lanciate *Science Workshop* con doppio clic sulla sua icona, e accertatevi che comunichi correttamente con l' interfaccia (che ovviamente deve essere accesa). Il software riconosce automaticamente quale interfaccia è collegata, e ne riproduce il pannello frontale sul monitor. A questo punto, sul vostro monitor, apparirà qualcosa di simile a figura 3. Analizziamo questa immagine con un po' di attenzione.



Come vedete, viene proposto un disegno del pannello frontale dell'interfaccia, e, subito sotto, una serie di icone che rappresentano le varie possibilità di presentazione dei dati che il software offre (tabella, grafico, oscilloscopio, ecc.); ai lati di queste vi sono due icone speciali, che simboleggiano le famiglie di sensori (digitali e analogici). Sulla sinistra, infine, vi sono comandi (simili a quelli dei normali registratori audio o video), per cominciare, terminare o sospendere la raccolta dati, più il bottone "Opz. campionamento", per variare le opzioni di registrazione, di cui abbiamo già parlato.

Nel nostro caso supporremo di utilizzare una unità 700. Specificheremo, dove necessario, le differenze tra i vari modelli.

Comunque, sul pannello frontale dell'interfaccia sono riportati i vari ingressi. I canali analogici (tre su tutte le interfacce) sono contraddistinti dalle lettere A, B e C, mentre quelli digitali (assenti sul modello 300) sono numerati. Noterete che tra i sensori analogici e digitali i connettori non sono compatibili, per evitare errori nei collegamenti, ma sono entrambi comunissimi, per facilitare chi

volesse costruire i propri sensori. I sensori digitali, infatti, utilizzano i comuni jack stereo da 5 mm, mentre gli analogici i connettori DIN a 8 pin.

Come prima esperienza, effettuerete una semplicissima misura di temperatura, accettando molti dei valori di default che il programma offre.

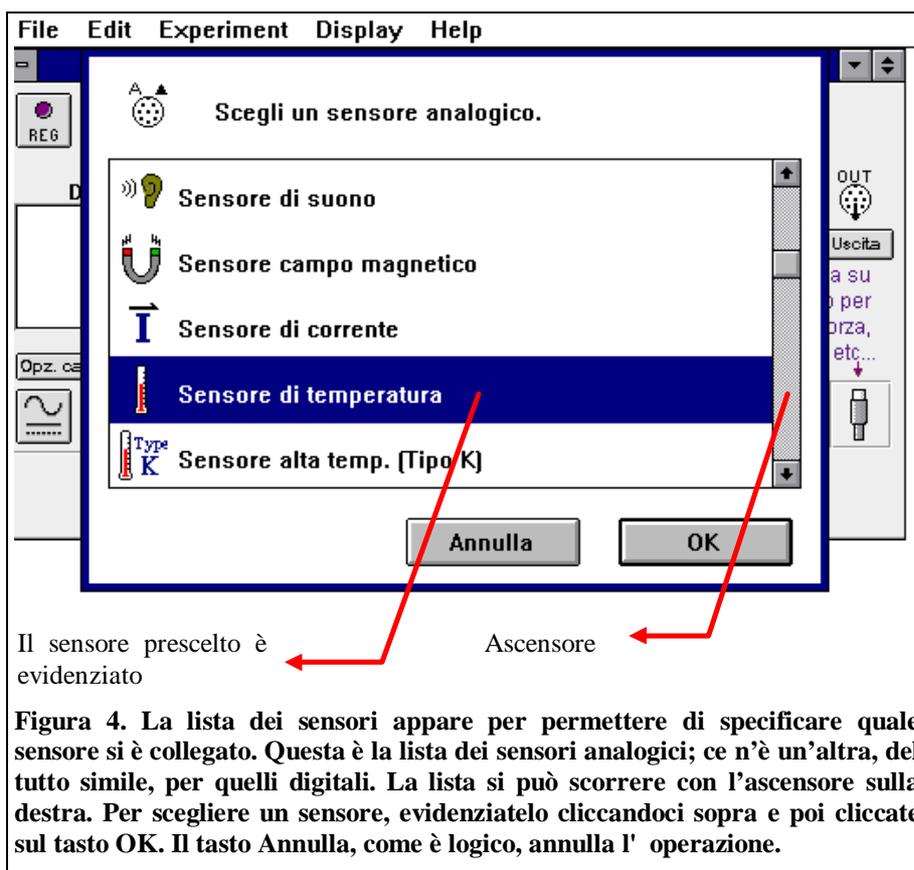
Seguirete i passi già visti nel capitolo precedente. Li ripetiamo qui per comodità:

1. Scelta dei sensori e loro collegamento all'interfaccia.
2. Impostazione dei sensori nel software.
3. Scelta (opzionale) della frequenza di campionamento, della durata della raccolta, e delle condizioni di inizio e fine della raccolta stessa.
4. (Eventuale) impostazione del software per presentare i dati in tempo reale.
5. Svolgimento dell'esperienza e analisi dei dati raccolti.

E allora... coraggio!

1. Collegate il termometro (CI-6505A) al canale A sull'interfaccia. Il connettore ha una tacca che lo rende inseribile solo nel modo corretto.
2. Dovete ora "dire" a *Science Workshop* che avete collegato un sensore di temperatura. Questo,

come già detto più volte, è un sensore analogico. Quindi trascinate l'icona dei sensori analogici sul canale A. (esattamente quello che avete già visto in figura 1). Appena "lasciate cadere" l'icona sul canale A (rilasciando il tasto del mouse) apparirà una finestra di dialogo con la lista dei sensori analogici disponibili (figura 4). Potete scorrerla con l'ascensore* sulla destra. Selezionate poi "Sensore di temperatura", come si vede in figura 4. Come in tutte le



liste, per selezionare un oggetto, basta cliccarci sopra e poi chiudere la finestra di dialogo col tasto "OK". Quando la finestra di dialogo scomparirà, vedrete che sotto il canale A dell'interfaccia sarà apparsa l'icona del sensore di temperatura (il disegno di un "termometrino"); ciò vi conferma che *Science Workshop* ha "capito" le vostre istruzioni. Si vede questa icona in figura 2, proprio sotto il canale A dell'interfaccia. Da ora in poi, fino a diversa scelta da parte vostra, il software interpreterà ogni input registrato dal canale A come una temperatura. (Per curiosità, il sensore

CI-6505A è una termocoppia, che riporta le temperature tra -10°C e 110°C come una tensione tra -0.1 e 1.1 V).

3. Per questa prima misura ci accontenteremo dei valori di default per la frequenza di campionamento, e segnaleremo con la tastiera o col mouse quando cominciare e quando terminare la raccolta dei dati. Quindi non modificate nulla a questo punto, e passate direttamente al punto 4.

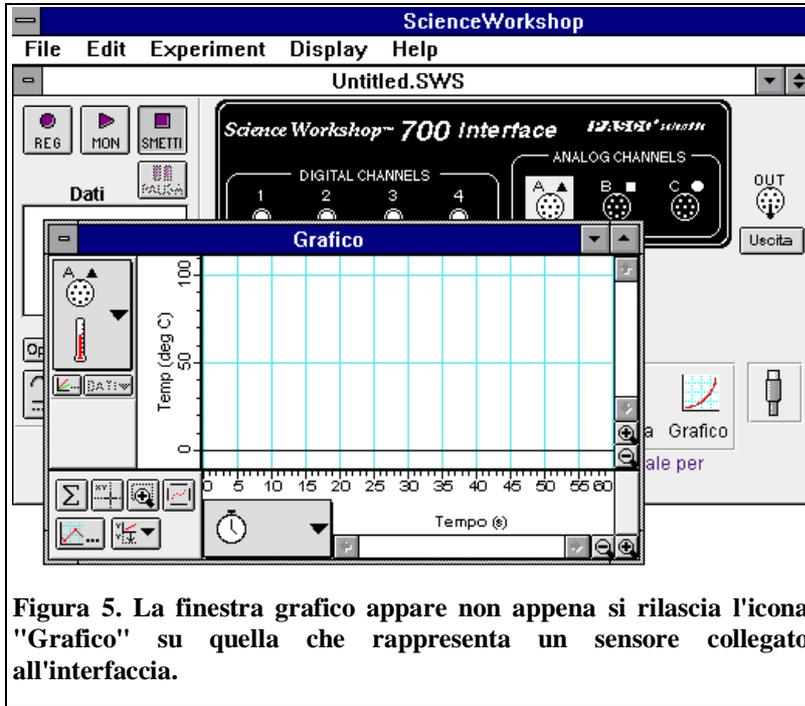


Figura 5. La finestra grafico appare non appena si rilascia l'icona "Grafico" su quella che rappresenta un sensore collegato all'interfaccia.

4. Per visualizzare in tempo reale il grafico della temperatura in funzione del tempo, mano a mano che le misurazioni procedono, trascinate l'icona "grafico" su quella "termometro", esattamente come si vede in figura 2. Si aprirà, sovrapponendosi alla schermata principale del programma, un grafico, come quello che si vede in figura 5. Se desiderate, potete ridimensionare* questo grafico come una qualsiasi finestra, agendo sui normali controlli di dimensionamento (ossia trascinando qualsiasi angolo della finestra in Windows, o l'angolo inferiore destro in Mac). Notate alcune caratteristiche di questo grafico. In ordinata si legge che viene riportata la temperatura in gradi Celsius, e gli estremi della scala sono da -10° a $+110^{\circ}$. Non sono valori a caso, ma *Science Workshop* li ha scelti in quanto "sa" che sono gli estremi della portata del sensore prescelto. In ascissa, invece, vi è il tempo in secondi, ed il grafico è predisposto per circa un minuto di misurazioni. Nel caso la misura si protragga oltre, il grafico si aggiorna,

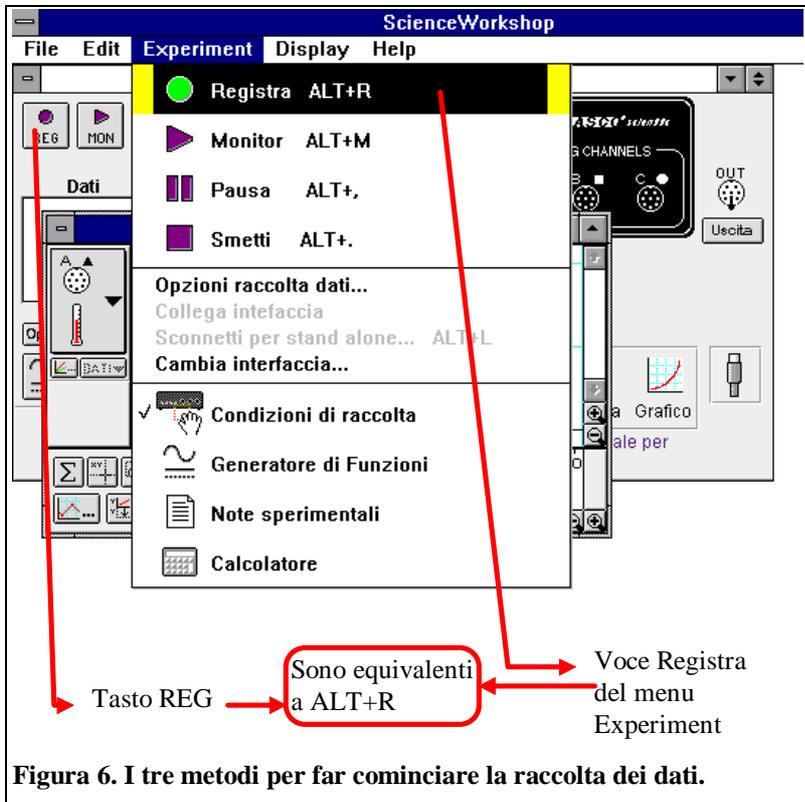


Figura 6. I tre metodi per far cominciare la raccolta dei dati.

ma comunque tutti i dati sono mantenuti in memoria anche se scompaiono dal video.

5. Finalmente è il momento di far partire la raccolta dati! Avete tre metodi per cominciare a registrare. Potete premere Alt+R* sulla tastiera (⌘+R sul Mac), fare clic sul bottone REG, oppure scegliere la voce Registra dal menu Experiment. Scegliete il metodo che è per voi più comodo, ed usate sempre quello. Il nostro consiglio va per la tastiera. Alt+R vi può ricordare "Registra", e lo si può attivare anche se la finestra principale, cioè quella con i pulsanti tipo registratore, è stata iconizzata.

Una volta partita la raccolta, vedrete che una linea rossa comincia a "disegnarsi" sul grafico che avete aperto al punto 4. Il sensore di temperatura sarà più o meno alla temperatura ambiente, e quindi la linea apparirà, presumibilmente, tra i 20 e i 25 gradi (lo leggete sulla scala di ordinata del grafico). A questo punto prendete in mano la sonda termometrica, scaldandola (la parte sensibile è la punta), e vedrete la curva alzarsi sul grafico. Attenzione, la variazione si noterà appena, perché per default il grafico riporta tutta la portata del sensore, cioè da -10° a 110°, e quindi la variazione di temperatura che potete indurre con la mano produce una modesta variazione del grafico. Se volete scaldarla più decisamente, sfregatela con la mano, o sui pantaloni, o meglio ancora immergetela in acqua calda.

Lasciate la sonda, e aspettate che si raffreddi per circa trenta secondi. Notate, nel frattempo, che subito sotto i tasti "Reg" e "Mon" nella zona dei pulsanti tipo registratore è comparsa una spia lampeggiante blu (che segnala che è in corso una raccolta dati) ed un indicatore E...F (Empty/Full) che riporta la quantità di dati ancora memorizzabile. Raccogliendo a frequenza modesta come state facendo ora occorrerà un certo tempo per notare che lo spazio disponibile scende (tale spazio dipende ovviamente dalla memoria del calcolatore, ma già un computer con 4 mega può registrare alcune decine di migliaia di punti).

Passato qualche secondo ancora, terminate la raccolta, col tasto SMETTI, oppure con la voce Smetti del menu Experiment, oppure con la combinazione di tasti Alt+[punto]. Sì, proprio il punto (va bene sia quello della tastiera principale che quello del tastierino numerico), solo che scrivere Alt+ sembra un errore di stampa!

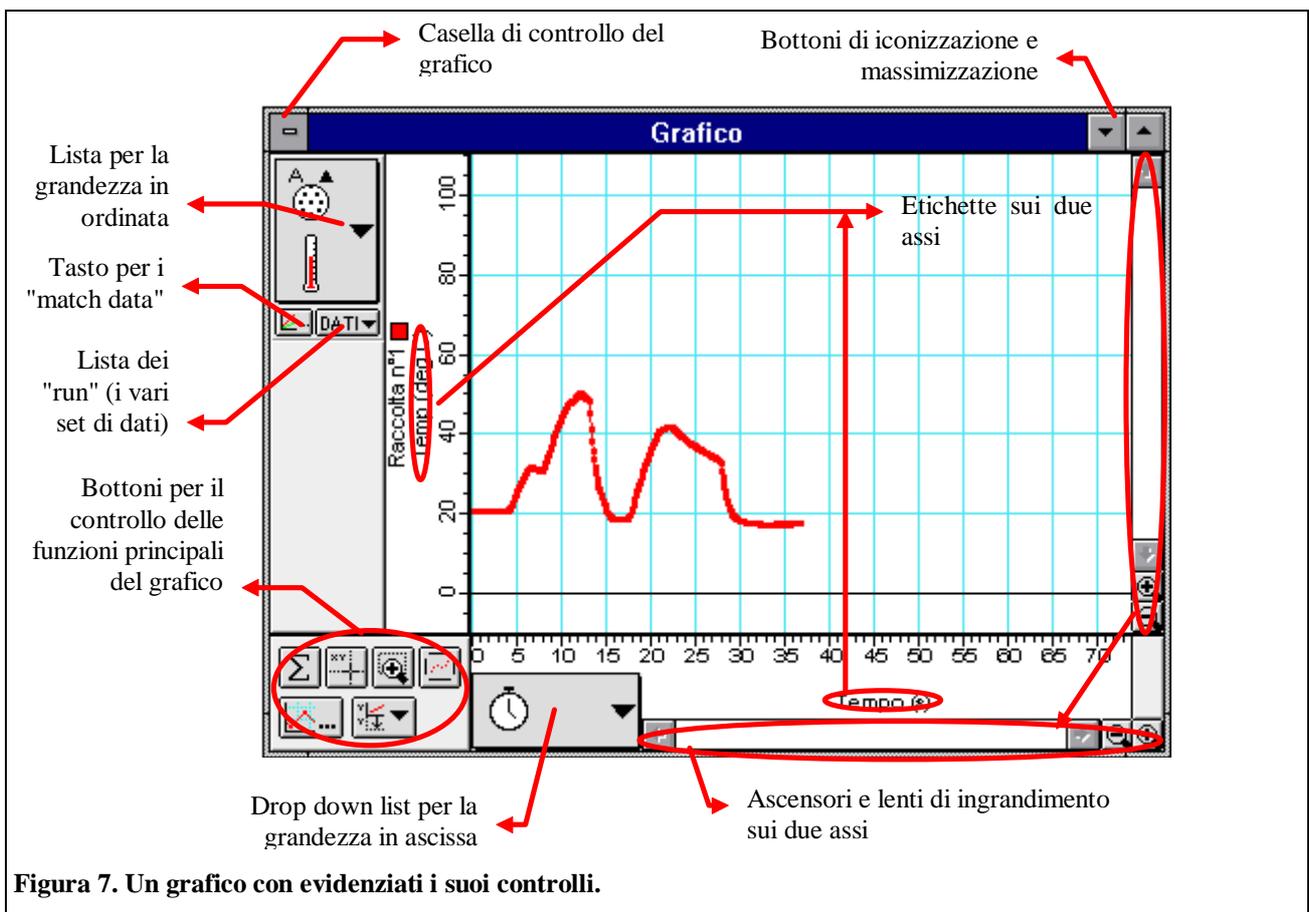
La metodologia qui descritta si ripete, del tutto simile, anche per misure più complesse, che utilizzino più sensori e/o condizioni di raccolta particolari. Vedremo in un apposito capitolo come sfruttare meglio le sconfinite possibilità che il software ci offre. Per ora, cominciamo a curiosare tra i dati che abbiamo raccolto...

L'analisi dei dati attraverso il grafico

Terminata la misura, i vostri dati sono in memoria, e ci rimarranno finché non ordinerete esplicitamente di cancellarli. Ciò è confermato dalla scritta "Raccolta #1" nella zona "Dati" a sinistra del disegno dell'interfaccia. Ad ogni raccolta viene associato un colore. *Science Workshop* vi mostra i dati, tutti o in parte, sul grafico che avete visto "disegnarsi" durante la misura. Dato che il grafico è, per eccellenza, il più potente e flessibile strumento di analisi dei dati, è logico che *Science Workshop* offra molte possibilità per modificarne l'aspetto e per analizzare i dati in esso contenuti.

In questo capitolo vedremo questi comandi, facendo riferimento alla figura 7 ed ai dati di temperatura che avete appena raccolto.

Come prima cosa, ingrandite la finestra del grafico, trascinandone un angolo o massimizzandola con l'apposito pulsante. Non che questa sia un'operazione necessaria, per l'analisi; semplicemente, rendere il grafico più grande vi farà notare meglio i dettagli.



Come evidenziato in figura 7 vi sono diverse "aree sensibili" su una finestra di grafico. I sei bottoni in basso a sinistra, le "etichette" dei due assi, le "lenti di ingrandimento" e gli ascensori sempre accanto a ciascun asse, i due grandi bottoni relativi a "cosa" è rappresentato sul grafico (liste, o "drop down list *"), più i due bottoni disponibili sotto l'icona della grandezza in ordinata (tasto "match data" e lista dei run). Incominciamo a conoscerli.

Tra i **bottoni** in basso a sinistra (vedi figura 8) il più usato è senza dubbio il *bottone di autoscala*. Basta cliccarci sopra col mouse, ed il grafico viene ridisegnato, scalando gli assi in modo che i dati

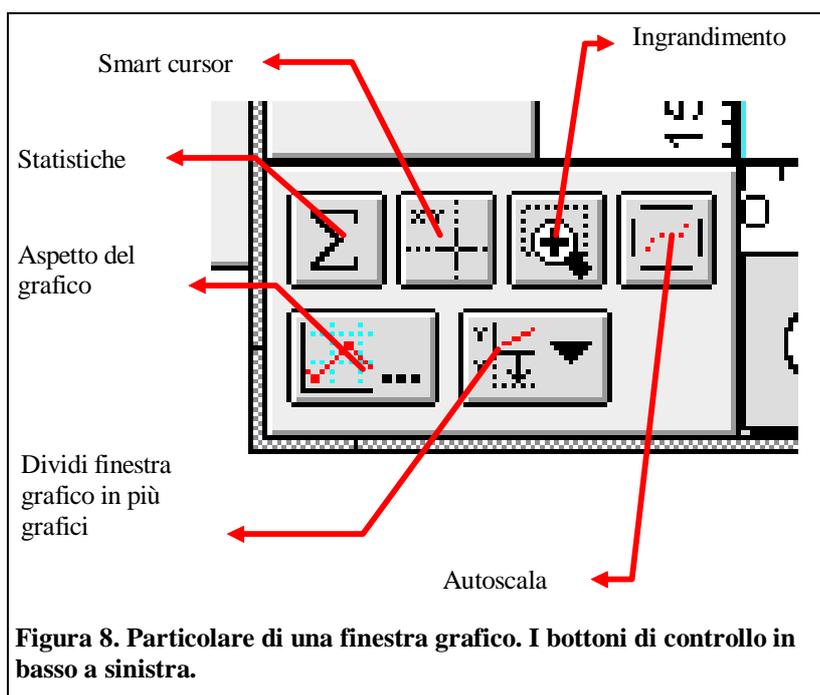


Figura 8. Particolare di una finestra grafico. I bottoni di controllo in basso a sinistra.

rappresentati "riempiono" il grafico. Provate, e vedrete che in pochi istanti il grafico diverrà molto più gradevole esteticamente (e, soprattutto, più leggibile!). Userete spessissimo questo bottone; praticamente l'autoscala è sempre la prima operazione che si fa su un grafico, appena terminata la raccolta dei dati. E' comoda anche quando, magari avendo impostato male un parametro, il grafico appare all'improvviso incomprensibile, vuoto, o fitto di dati illeggibili.

Attenzione che, se il grafico contiene un elevato numero di punti, e/o il vostro computer è lento, l'operazione di autoscala può richiedere qualche istante.

Pure molto utile è il *bottone di ingrandimento*. Cliccandoci sopra, il cursore del mouse si trasforma in una piccola lente di ingrandimento. A questo punto, se *trascinate* sul grafico, vedrete che si disegna una cornice rettangolare. Quando rilasciate il tasto del mouse, il grafico viene ridisegnato, "zoomato" sulla zona da voi evidenziata. Ovviamente, se zoomate su una zona vuota... otterrete un grafico del tutto deserto! Ma nessun timore: col bottone di autoscala, tutto tornerà a posto. Provate.

Il terzo bottone da destra è quello che attiva lo *smart cursor*, letteralmente "cursore intelligente". Quando vi cliccate sopra, il cursore del mouse diviene una crocetta e, muovendolo sul grafico, potrete "leggere" con precisione i valori dei dati raccolti. I numeri presso le etichette sugli assi variano mentre muovete il cursore, e due linee parallele agli assi vi aiuteranno nella lettura. Per disattivare lo smart cursor, basta cliccare ovunque nel grafico. Attenzione, quando usate questa opzione, a non farvi ingannare dal numero di decimali riportati da *Science Workshop*. Proprio con la temperatura, vedrete che vengono mostrati tre decimali, ma solo il primo è affidabile. Ciò è stato fatto perché alcuni sensori sono affidabili al secondo, al terzo o anche al quarto decimale. Lo *smart cursor* ha anche una modalità "differenziale". Se volete sapere che differenza (in ordinata e/o in ascissa) c'è tra diversi punti del grafico, basta *trascinare* mentre l'opzione smart cursor è attiva. Il punto in cui cominciate a trascinare diviene il vostro "zero", sia in ordinata che in ascissa, e i valori mostrati come etichette degli assi sono le differenze rispetto a quel punto. Quando cessate di trascinare, l'opzione *smart cursor* si disattiva.

La prima riga è completata dal *bottone statistiche*. Quando si clicca su di esso, nella parte destra del grafico appare una zona destinata alle statistiche e/o ai calcoli che vorrete effettuare su quel grafico. Al momento compare solo il bottone di una *drop down list**. Premetelo e trascinate il mouse sulla voce "Tutte le precedenti". Rilasciate il tasto del mouse. Appariranno così le statistiche fondamentali dei dati relativi a quel grafico. Vi verranno mostrati il numero di dati raccolti, più i valori minimi, medi, massimi e la deviazione standard per le grandezze in ordinata ed in ascissa. Vi sono molte altre opzioni accessibili da questa zona, ma per ora limitatevi a quello che vi viene offerto con l'opzione "Tutte le precedenti". Per far "sparire" la zona statistiche, basta cliccare

nuovamente sul bottone statistiche (nel gruppo in basso a sinistra nel grafico). Quando appare la zona statistiche, il grafico non viene ridisegnato, e quindi ne viene coperta la parte destra. Potete cliccare sul bottone di autoscala per "metterlo a posto".

Sulla seconda riga, ci sono due bottoni. Quello di sinistra, fa apparire una finestra di dialogo (figura 9) mediante la quale si può variare *l'aspetto del grafico*. Potete cambiare titolo al grafico (digitando

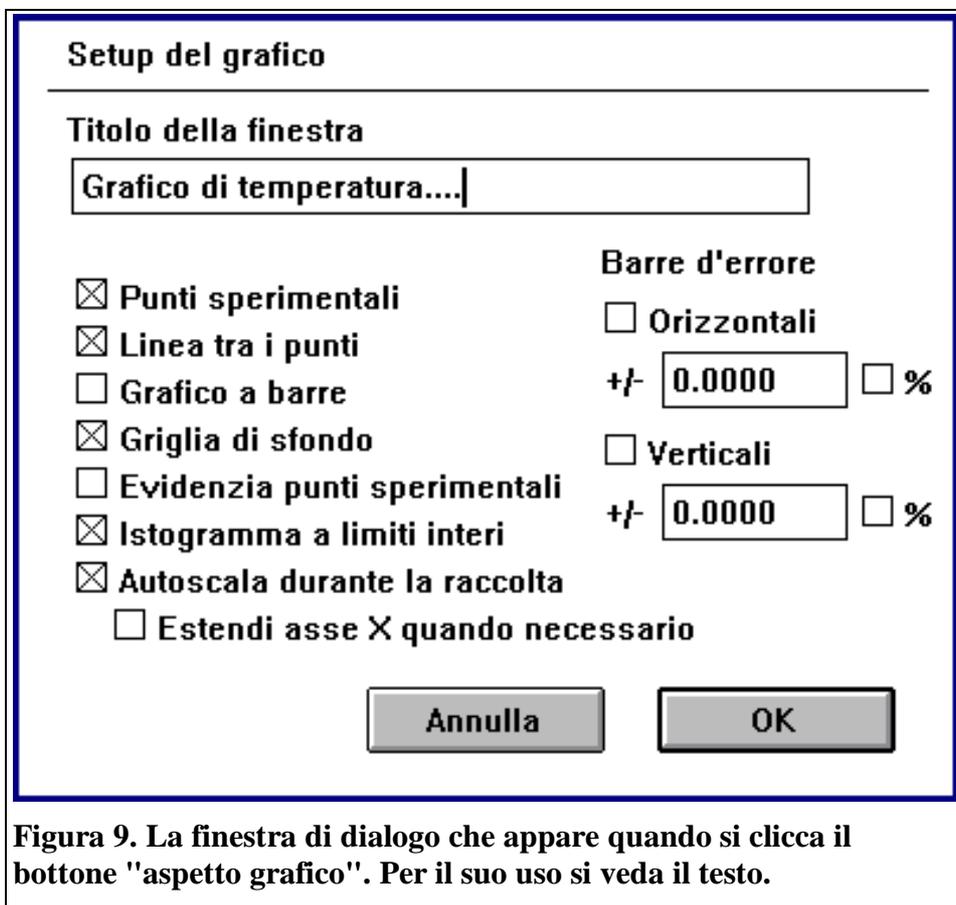


Figura 9. La finestra di dialogo che appare quando si clicca il bottone "aspetto grafico". Per il suo uso si veda il testo.

quello che desiderate nella casella *Titolo della finestra*); visualizzare o meno i punti sperimentali (*Punti sperimentali*); unire i punti con delle linee (*Linea tra i punti*); mostrare un grafico a barre (*Grafico a barre*; ma ha senso usarlo solo se vi sono pochi punti sul grafico); decidere se avere o no la griglia di sfondo al grafico (*Griglia di sfondo*); porre o meno dei quadratini attorno ai punti misurati (*Evidenzia punti sperimentali*); *Istogramma a limiti interi* verrà discusso nel capitolo "Fare di più". Infine, *Autoscala durante la raccolta* e *Estendi asse X quando necessario*

fanno sì che, se un grafico è visualizzato durante la raccolta, si "adatti" in tempo reale, riscalandosi, se i dati escono dai limiti correnti.

Potete, sfruttando le caselle sulla destra, aggiungere delle barre di errore, sia verticali che orizzontali. Attenzione che l'estensione delle barre è diversa se selezionate o meno la casella "%". Se, poniamo, mettete "2" come estensione della barra di errore verticale (cioè relativa alla grandezza misurata) e non selezionate la casella "%", avrete, sul vostro grafico di temperatura, una barra che si estende due gradi sopra e due sotto ogni punto misurato, sia che quel punto riporti una temperatura di 10 o di 40 gradi. Se invece selezionate "%", la barra si estenderà sopra e sotto di ogni punto del 2% del valore di *quel* punto. Perciò, attorno al punto che "segna" 10°, la barra si estenderà da 9.8 a 10.2 (appunto $10 \pm \text{il } 2\% \text{ di } 10$). In un punto, invece, in cui la temperatura è di 40°, la barra si estenderà sopra e sotto di 0.8°, che è proprio il 2% di 40. Quale tipo di barra di errore utilizzare, ovviamente, dipende dal sensore che utilizzate e dal tipo di risultato che volete far risaltare.

Provate tutte queste opzioni sul vostro grafico di temperatura, "giocateci" un po' sopra. Attivandole e disattivandole una alla volta imparerete presto come utilizzarle.

L'ultimo bottone, *Dividi finestra grafico in più grafici*, serve (come è facile immaginare!) per far apparire due o più grafici contemporaneamente. Ma del suo uso tratteremo più avanti, in quanto in questa prima misura abbiamo raccolto un solo dato (una temperatura) e quindi non è molto logico farne due grafici.

Vediamo ora gli **altri controlli sulla scala del grafico**. Potete variare gli estremi di uno degli assi semplicemente cliccando sull'etichetta (vedi figura 7) di quell'asse. Vi appare una comune finestra di dialogo (figura 10), nella quale, banalmente, potete inserire direttamente gli estremi che desiderate vengano utilizzati per quell'asse. Questa opzione è particolarmente utile quando si vogliono confrontare misure simili effettuate in tempi diversi. Infatti, usando l'autoscala, gli estremi del grafico non sono predicibili a priori, in quanto dipendono dai valori massimi e minimi che la grandezza ha assunto durante la misura. Notate che se un estremo è zero, o un valore molto piccolo o molto grande, è possibile che il computer lo mostri in forma esponenziale e/o leggermente approssimato (4.0001e-4 invece di 0.0004, per esempio).

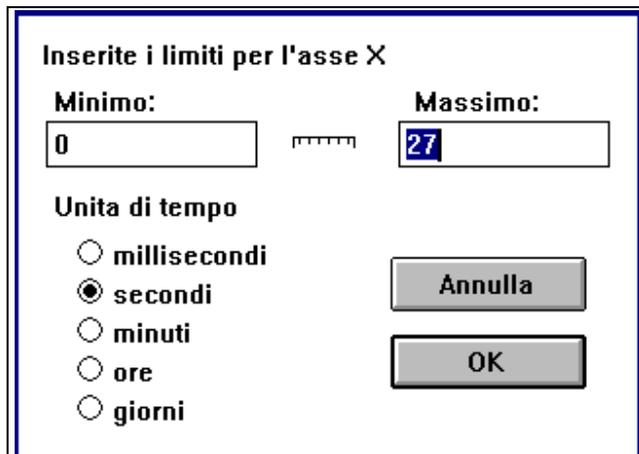


Figura A0: La finestra per variare gli estremi di un asse (in questo caso quello usato per il tempo).

Oppure, come comune in molti programmi Windows, potete usare le lenti di ingrandimento (riferitevi sempre a figura 7) e gli ascensori su ciascun asse. Ovviamente, la lente "meno" e l'ascensore divengono attivi solo dopo aver usato almeno una volta la lente "più". Provate e controllate l'effetto, notando gli estremi di ciascun asse quando usate le lenti e/o l'ascensore.

Vi renderete conto che alcune funzioni sono ridondanti, ovvero si può sortire lo stesso effetto agendo su comandi diversi; vi consigliamo di impraticarvi su un sistema e di imparare quello. Probabilmente il pulsante di autoscala e il cambiamento degli estremi degli assi (cliccando sull'etichetta di ciascun asse) sono sufficienti per quasi tutte le necessità di visualizzazione di grafici.

Quando avete ottenuto il grafico esattamente come lo desiderate, potete iconizzarlo* per riutilizzarlo successivamente. A questo scopo è particolarmente utile poter dare un nome a ciascun grafico, sfruttando l'opzione "Titolo della finestra" (figura 9). Per esempio, potete chiamare due grafici "Pressione campione" e "Temperatura campione" ed averli disponibili entrambi, iconizzati, mentre effettuate altre misure di confronto. Se salvate il vostro esperimento (opzione Salva del menu File), verrà creato un file con estensione .SWS, in cui sono memorizzati tutti i dati relativi alla raccolta dati, ed anche tutti grafici, tabelle, display, esattamente nell'ordine in cui li avete utilizzati. Ciò è molto comodo quando si salva un esperimento con l'intenzione di riprenderlo dopo qualche tempo.

Come normale in Windows, basta fare doppio click sull'icona del grafico per richiamarlo alle dimensioni originali.

Altri metodi di presentazione dei dati

Abbiamo visto, pur senza scendere troppo in dettaglio, come utilizzare lo strumento "grafico" per visualizzare ed esplorare i dati, sia in tempo reale, cioè durante la raccolta dei dati, che una volta terminata la raccolta stessa.

Ma il grafico è solo uno dei metodi che Science Workshop mette a disposizione per mostrare le grandezze che si misurano. In figura 3 avete già visto le icone che rappresentano le altre modalità di visualizzazione. Ora faremo un po' meglio la loro conoscenza.

Prima, però, chiudete il grafico su cui avete lavorato sinora. Lo chiudete come una qualsiasi finestra (per esempio doppio click sulla casella di controllo). Science Workshop vi chiederà se siete sicuri di voler cancellare quel grafico dal vostro esperimento. Confermatelo con il tasto OK.

Tornerà allora la videata iniziale di *Science Workshop*, ma sotto i comandi tipo bottoni registratore vedrete che è apparsa la scritta "Raccolta #1" (con a fianco un quadratino rosso). Essa è andata ad occupare la prima riga di una lista che si allungherà mano a mano che si faranno altre raccolte dati. Ad ogni raccolta è associato un colore, e sui grafici *quella* raccolta dati appare di *quel* colore. Il programma mantiene in memoria tutte le raccolte fatte (per lo meno, sino ad esaurimento della memoria disponibile), e l'utente, quando sceglie di vedere dei dati, può sempre selezionare quale raccolta desidera. Questa lista si allunga con Raccolta #2, Raccolta #3, ecc. Da questa lista è anche possibile cancellare una raccolta. Basta cliccarci sopra e premere il tasto Canc (o Backspace) sulla tastiera. Il programma chiede conferma e poi rimuove la raccolta. Se si comincia una raccolta quando una "vecchia" è selezionata, il programma chiederà se si desidera sostituirla o effettuarne una nuova.

Ma anche se avete chiuso il grafico, *Science Workshop* è rimasto predisposto per effettuare un'altra misura come la precedente; nel nostro caso con un termometro collegato al canale A e alla frequenza di 10 campionamenti al secondo. Basta premere Alt+R, o dare un equivalente comando col mouse o coi menu per far partire una nuova registrazione di dati.

E' quello che farete tra poco, ma dopo aver predisposto l'apparato per una presentazione dei dati molto più ricca. Non userete *Science Workshop* in modo logico - del resto misurate sempre solo una temperatura - ma questo esercizio vi farà impraticare con altri "strumenti" di *Science Workshop*.

Come prima cosa prestate la vostra attenzione alle icone degli strumenti di analisi del grafico, evidenziate in figura 3. Da sinistra, la prima icona (*Digitale*) rappresenta un display a grandi cifre. Come avete già visto per il grafico, per attivarlo basta trascinare l'icona sul sensore prescelto (il vostro solito termometro, che risulterà ancora collegato al canale A dell'interfaccia). Fatelo, ed apparirà qualcosa di simile a quanto si vede in figura 11. Questo display a grandi cifre (che è una finestra non ridimensionabile) è inteso soprattutto quando si usa Science Workshop dalla cattedra, per far vedere il valore di una qualche grandezza da lontano, magari a tutta una classe. Facendo doppio click sul display, appare una finestra (figura 12) che ne consente il setup*. Potete cambiare il nome del display (digitando ciò che desiderate nella casella *Titolo della finestra*), decidere se quel display deve mostrare il

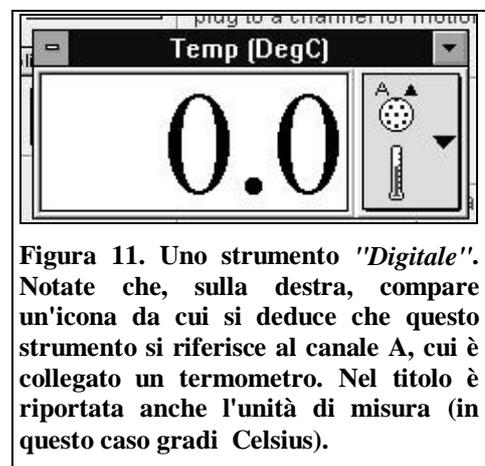


Figura 11. Uno strumento "Digitale". Notate che, sulla destra, compare un'icona da cui si deduce che questo strumento si riferisce al canale A, cui è collegato un termometro. Nel titolo è riportata anche l'unità di misura (in questo caso gradi Celsius).

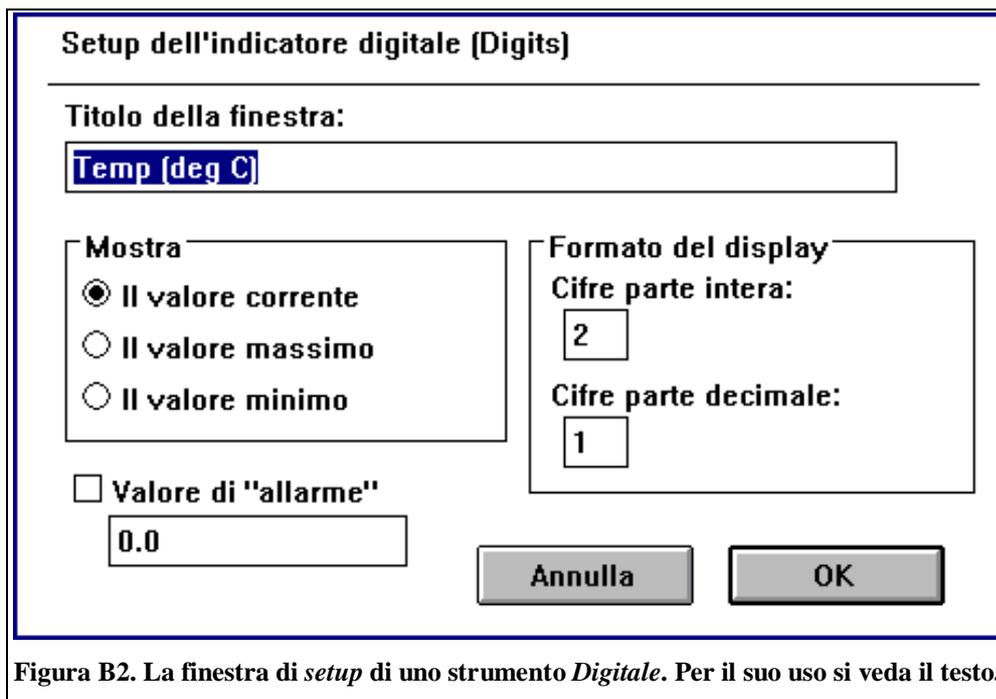


Figura B2. La finestra di *setup* di uno strumento *Digitale*. Per il suo uso si veda il testo.

valore corrente, massimo o minimo della grandezza (selezionando le caselle del gruppo *Mostra*), quante cifre mostrare a destra e a sinistra della virgola (*Formato del display*), a destra e a sinistra del punto decimale; per default è due cifre prima della virgola e una dopo, da -99.9 a 99.9 con un decimale solo. Infine

è possibile inserire un valore di "allarme", selezionando l'apposita casella e digitando il valore desiderato (*valore di allarme*). Quando la grandezza misurata oltrepassa questo valore, sia che stia aumentando oppure diminuendo, il computer emetterà un breve segnale sonoro, una sorta di "tic". Volendo che questo display mostri la temperatura corrente non occorre quindi cambiare alcun valore di default; però potete mettere "Temperatura attuale" come *Titolo*.

La finestra *Digitale*, anche se non è ridimensionabile, può essere spostata dove si preferisce sullo schermo, trascinandone il titolo, come normale in Windows.

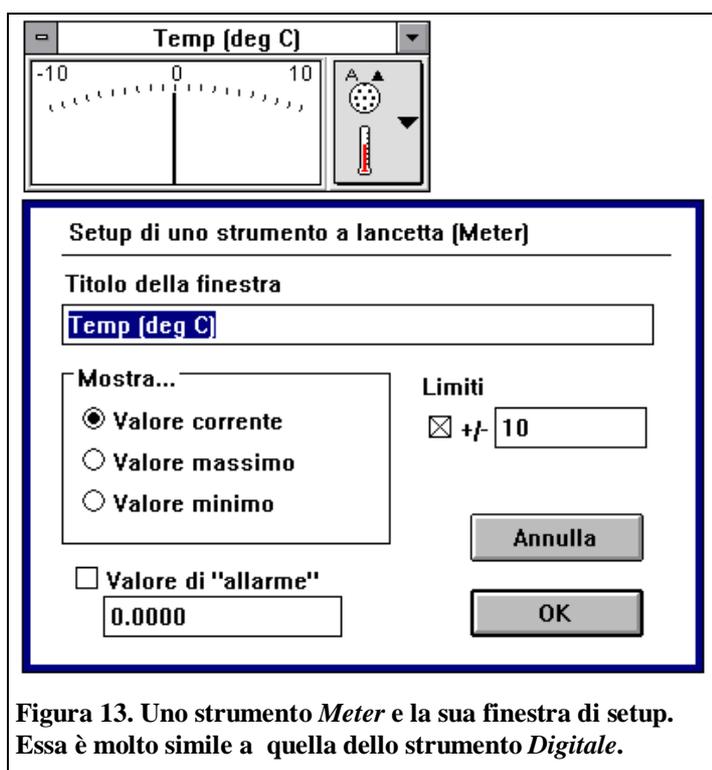


Figura 13. Uno strumento *Meter* e la sua finestra di *setup*. Essa è molto simile a quella dello strumento *Digitale*.

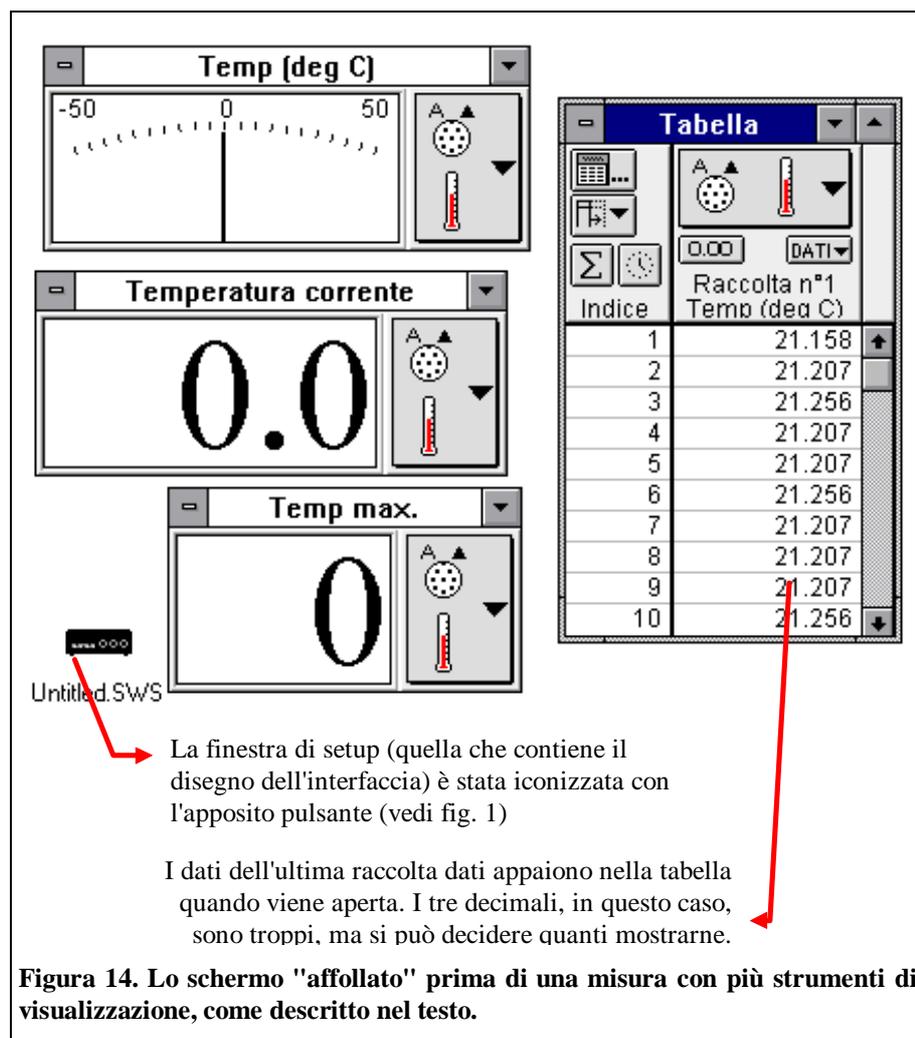
Adesso aprite un altro display a cifre, trascinando di nuovo l'icona *Digitale* su quella del termometro. Apparirà un altro visore a grandi cifre. Per accedere al suo *setup*, ancora una volta, basta farci sopra doppio clic (sul "quadrante"). Predisponete questo display per mostrare la temperatura massima (cliccate sulla casella "Mostra il valore massimo") e per un "allarme" di 30°, scrivendo la cifra nell'apposita zona e cliccando l'opportuna casella. Provate anche a non fare apparire decimali, mettendo "0" come cifre a destra della virgola (*parte decimale*). Ovviamente un *Titolo* logico per questa finestra potrebbe essere "Temp. massima".

Per inciso, il programma può tenere aperte più finestre contemporaneamente (tabelle, grafici, *digitali*, ecc.), in ogni combinazione che si desideri. Il numero esatto di finestre visualizzabili dipende dal

computer e dai tipi di finestre richieste. Fino a una mezza dozzina si gestiscono di solito senza problemi. Di norma è più limitante... lo spazio sul monitor ed il buon senso dell'utente!

Ma ora trascinate sul solito termometrino l'icona *Lancetta*. Apparirà un quadrante di strumento a lancetta; esso, come lo strumento *digitale*, è una finestra di dimensioni fisse, e per accedere al suo setup basta farci sopra doppio clic. In figura 13 vedete appunto uno strumento *Lancetta* e la sua finestra di regolazione. Il setup di uno strumento *Lancetta* è molto simile a quello di un *digitale*, a parte il fatto che al posto della zona per decidere quante cifre visualizzare, vi è la casella "limiti". Essa stabilisce la scala del nostro strumento a lancetta virtuale. La scala viene scelta diversamente secondo che la casellina "±" sia selezionata. Se lo è, i limiti della scala saranno simmetrici, ossia -30 e +30, oppure -50 e +50, secondo il valore impostato nella casella "limiti". In caso contrario, la scala andrà da 0 al valore inserito come limite (e lo zero sarà comunque all'estremo sinistro della scala, anche se l'altro limite è negativo). Predisponete il vostro per mostrare quello che preferite (temperatura massima, minima o istantanea), coi limiti che vi sembrano più giusti per un termometro che scaldate con la mano.

Ovviamente, se vi accorgete di aver sbagliato un setup (magari avete messo 400 anziché 40 come fondoscala), basta rifare doppio click su quello strumento per poterne modificare nuovamente l'impostazione.



Come ultimo personaggio di questo affollato schermo, chiamate una tabella, ovviamente trascinando l'icona *Tabella* sul termometrino. Vedrete che la tabella non appare vuota, ma contiene i primi punti della precedente raccolta dati. Infatti, mentre la prima colonna è semplicemente un indice, la seconda è intestata "Raccolta #1 - Temp (DegC)", ovvero "Temperatura in gradi Celsius rilevata durante la prima raccolta". Quando inizierete la vostra raccolta, questi dati scompariranno, per far posto a quelli che mano a mano arriveranno dal sensore.

Anche la tabella dispone di un setup, ma per il momento soprassedete. Disponete i vari strumenti sullo schermo in modo di vederli tutti (potete iconizzare* la finestra contenente l'immagine dell'interfaccia con l'apposito pulsante).

A questo punto il vostro schermo dovrebbe somigliare a quello che si vede in figura 14.

Cominciate, finalmente, la raccolta, con Alt+R o uno dei metodi equivalenti (cliccando col mouse sul bottone REG o dal menu Experiment).

Vedrete subito riempirsi le prime righe della tabella. Poi essa viene cancellata e riaggiornata. Come avete fatto prima, scaldate il termometro sfregandone la punta con la mano. A 30° un "tic" dal secondo strumento digitale vi avviserà del raggiungimento della temperatura "di allarme". Scaldate ancora per qualche secondo, e poi lasciate il termometro libero di raffreddarsi. Sul primo *digitale* vedrete la temperatura scendere, mentre il secondo rimarrà bloccato sulla massima raggiunta (del resto, gli avete chiesto proprio di fare così). Notate che quando la temperatura ridiscende sotto i 30°, *non* sentirete il segnale sonoro. Infatti avete impostato il valore di allarme sul *digitale* che riporta la temperatura massima, e dato che non può che salire, farà "tic" solo la prima volta che si toccheranno i 30°.

Dopo un minuto circa, fermate la raccolta (Alt+[punto]), controllando nel frattempo che lo strumento *lancetta* stia mostrando quello che gli avete chiesto voi.

Avete quindi effettuato una raccolta utilizzando contemporaneamente più metodi di presentazione dei dati. Ora potete anche chiudere o iconizzare - con i normali controlli Windows - gli strumenti *lancetta* e *digitale*, che hanno senso solo durante la raccolta vera e propria. Per l'analisi successiva, si utilizzano normalmente solo tabelle e grafici.

Ora avete più raccolte dati in memoria. Infatti, sulla finestra principale del programma - appena sotto i bottoni tipo registratore - vedrete "Raccolta #1" e "Rraccolta #2", con quadratini rosso e verde accanto.

Se ora volete visualizzare un grafico dei dati appena raccolti, basta trascinare l'icona "Grafico" su quella del termometro. Il programma vi mostrerà subito il grafico, con la vostra curva in verde, essendo la seconda raccolta in memoria. Ora, dalla lista dei run (il cui bottone è evidenziato in figura 7), potete selezionare quali dati rappresentare sul grafico (ricordate che una lista si utilizza *tenendo premuto* il bottone del mouse e rilasciandolo quando è evidenziato ciò che volete attivare o disattivare. Quando una voce è attivata, accanto ad essa appare il simbolino di spunta "✓"). Provate a visualizzare entrambe le raccolte. Vedrete che quando sono visualizzate più raccolte dati, il bottone di autoscala del grafico aggiusterà gli estremi in modo da visualizzare tutte le curve. Se le due raccolte hanno avuto durata diversa, ovviamente, una delle due si estenderà più dell'altra, in ascissa. Quando molte raccolte sono in memoria, fino a tre possono essere visualizzate contemporaneamente. I loro colori compaiono accanto all'etichetta di ordinata del grafico.

Attenzione, quando utilizzate il bottone "lista dei run (raccolte)", che è possibile anche deselezionare tutti i Run, per cui il grafico appare vuoto! Quando fosse necessario visualizzare più di tre curve, basta aggiungere un altro grafico - trascinando di nuovo l'icona Grafico su quella del trasduttore, o dividere quello in uso in due o tre parti (vedremo poi come fare).

Provate ora a cominciare una nuova raccolta, premendo di nuovo Alt+R. Vedrete nuovamente la tabella riempirsi, e la "solita" linea (blu, questa volta) si disegnerà sul grafico. Scaldate un po' il termometro, quindi immergetelo in acqua fredda, poi interrompete la raccolta. Divertitevi ad aprire più grafici, dimensionarli, variare gli estremi degli assi, far apparire diversi set di dati. Ricordiamo che se volete cancellare un set di dati, basta selezionarlo nella casella "Dati" nella finestra dove appare il disegno dell'interfaccia e premere il tasto "Canc" sulla tastiera ("Del" sulle tastiere americane). Vi appare una normale finestra di conferma, su cui potete confermare o annullare l'ordine.

Vi renderete presto conto che l'utilizzo di Science Workshop rende molto produttivo il vostro tempo in laboratorio. Gli esperimenti, una volta preparata l'attrezzatura necessaria, possono essere ripetuti più volte, accumulando in poco tempo quanti dati si vuole, da esaminare poi con calma. Oppure, sfruttando gli strumenti offerti dal software, si può effettuare in pochi istanti l'analisi necessaria per trarre conclusioni significative... o per aiutarvi ad individuare possibili cause di errore!

Il salvataggio di un file Science Workshop

Potete salvare il vostro lavoro, come è logico, con l'opzione "Salva" del menu File. Vi verrà chiesto un nome file, cui il programma aggiungerà l'estensione ".SWS". La finestra di dialogo per la scelta del file e del path in cui salvare è quella standard di Windows.

Quando si salva un file, la situazione corrente viene letteralmente "congelata" sul disco. Se un domani si ricarica quel file si trova:

- L'interfaccia predisposta con lo stesso setup (stessi sensori, frequenza di campionamento, condizioni di inizio/fine raccolta, ecc.).
- Tutti i grafici, tabelle, strumenti digitali, ecc. nella stessa posizione e con gli stessi dati visualizzati di quando si è salvato.
- Tutti i "Run" raccolti sino a quel momento (se ci sono) disponibili nella loro lista.

Quindi salvare assolve due scopi. Salvare i dati (se ne sono stati raccolti) e salvare il setup del sistema. Se si salva *senza* dati raccolti, in pratica, si salva solo il setup dell'esperimento. I file forniti come esempio sul disco italiano sono con dei dati, quelli originali americani "solo setup". Ovviamente, prima di eseguire una raccolta con un setup salvato su disco, è necessario collegare fisicamente i sensori all'interfaccia.

Un esperimento più sofisticato

In questo capitolo eseguirete un esperimento molto più complesso che una banale misura di temperatura. Seguirete il moto di una massa oscillante, collegata ad una molla, vincolata a sua volta ad un sensore di forza. Il moto della massa verrà seguito da un sensore di posizione, posto sul pavimento, mentre il sensore di forza riporterà quanto "tira" la massa in ogni momento.

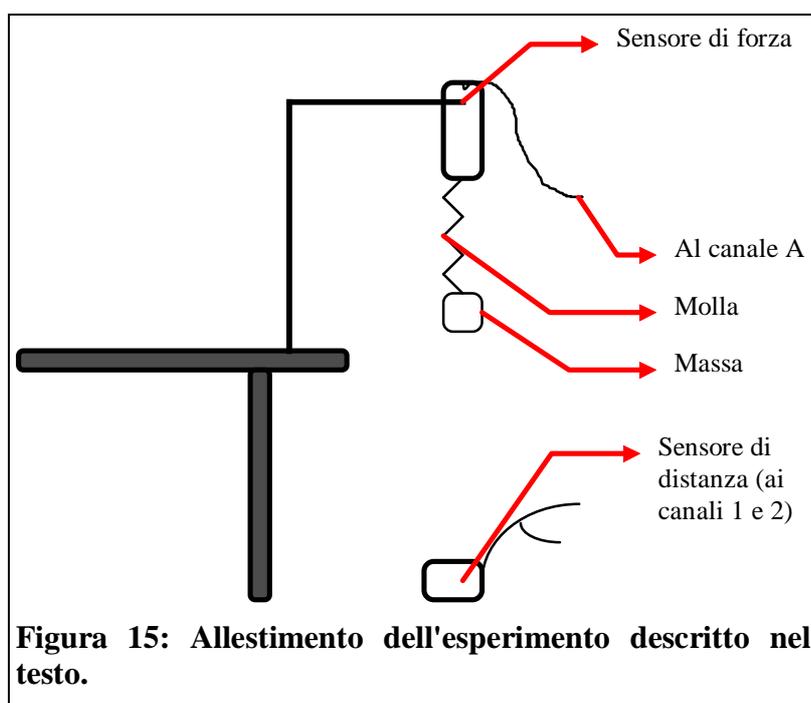


Figura 15: Allestimento dell'esperimento descritto nel testo.

Dato che un moto di questo tipo è armonico, verificheremo che valga la relazione $F=kx$, tipica delle oscillazioni armoniche. Questo esperimento, dal momento che utilizza un sensore digitale, richiede un'interfaccia "500" o superiore.

L'esperimento viene predisposto come in figura 15. Ovviamente un supporto stabile contribuisce molto ad avere dei dati "puliti". Per questo esperimento utilizzerete il sensore di forza CI-6537 (che è un sensore analogico, come il termometro che avete utilizzato sinora), ed il sensore di posizione ad ultrasuoni CI-6529, che è invece un sensore digitale. Esso utilizza due ingressi digitali. Il connettore con la banda

colorata va connesso all'ingresso 1, l'altro al 2. Collegate invece il sensore di forza al canale analogico A.

Per avere risultati ottimali sarebbe bene usare una massa di 200-300 grammi, con una molla abbastanza "morbida", in modo che il periodo di oscillazione sia dell'ordine del secondo o poco più.

Per "resettare" Science Workshop, ossia per comunicargli che volete cominciare un nuovo esperimento, basta scegliere "Nuovo" dal menu File. Il programma vi chiederà se volete salvare o meno la situazione attuale. Salvatela, se volete, oppure scegliete il bottone "NON salvare". Vi troverete nella situazione di partenza, come se il programma fosse appena partito (fig. 3, o fig. 1 se usate una "500").

Collegate fisicamente i sensori all'interfaccia, e poi selezionateli nel software. Ricordiamo che per fare questo bisogna prima trascinare l'icona "sensori analogici" (vedi fig. 3) sul canale A, e selezionare "Sensore di forza" dalla lista che compare: poi trascinare l'icona "sensori digitali" sull'ingresso digitale 1. Vi apparirà la lista dei sensori digitali, da cui selezionerete "Sensore di moto", che è la prima voce della lista. Vedrete (come in fig. 16) che il software vi segnala che



Figura 16: Science Workshop segnala che il sensore di distanza (moto) occupa due canali digitali, e che quello con la banda gialla va connesso all'ingresso 1.

questo tipo di sensore occupa due ingressi digitali, e che il jack con la banda gialla va connesso al canale 1.

A questo punto avete fatto già i primi due passi dei cinque citati nel capitolo "Principi generali". Nella vostra prima misura avete saltato il terzo passo - ossia l'impostazione delle condizioni di raccolta - mentre ora ne usufruirete. Premendo il bottone "Opz. campionamento" vi comparirà la finestra che vedete riprodotta in figura 17.

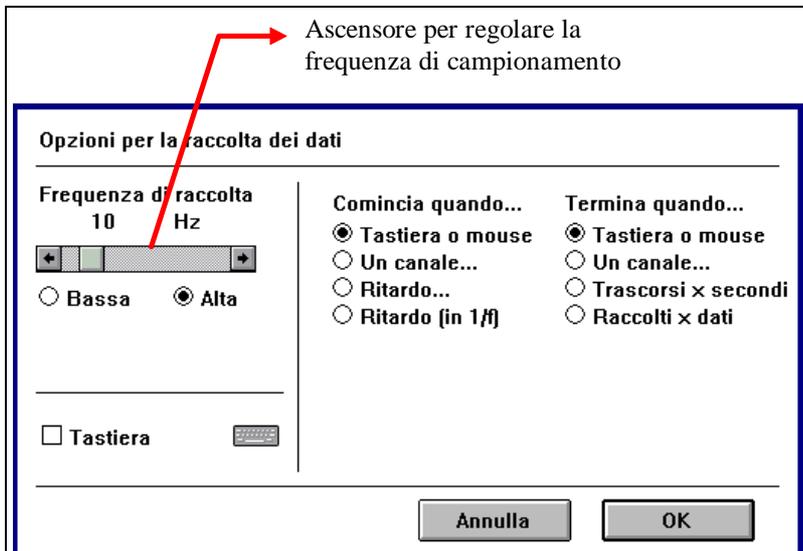


Figura 17: La finestra per variare le condizioni di raccolta dati in Science Workshop. Le caselle "Alta" e "Bassa" regolano la frequenza di raccolta sopra o sotto 1 Hz rispettivamente.

Da questa finestra si ha accesso alle diverse possibilità di regolare il "come, quando e per quanto tempo" *Science Workshop* raccoglie i dati. Per adesso limitatevi ad impostare 50 campionamenti al secondo (50 Hz) con l'ascensore orizzontale che occupa la parte sinistra della finestra, e date poi OK. Come già detto al punto 3 del capitolo "principi generali", questa frequenza di campionamento verrà associata ai soli sensori analogici (nel vostro caso, solo a quello di forza). Quello di posizione raccoglierà per default 20 punti al secondo (nel paragrafo "Precisione e taratura dei sensori" è spiegato come è possibile variare questa frequenza, ma per il momento proseguite accettando frequenze di

campionamento differenti tra il sensore analogico e quello digitale).

Comunque, prima di cominciare la raccolta dati vera e propria, sfrutterete *Science Workshop* per "regolare" il vostro apparato sperimentale, seguendo il procedimento qui di seguito indicato.

1. Con la massa ferma in posizione di equilibrio, attivate due strumenti *Digitale*, uno sul sensore di forza e l'altro su quello di distanza. Noterete che quest'ultimo, prima di "apparire", vi chiede con una finestra di dialogo se volete che sia visualizzata la posizione, la velocità, l'accelerazione o il tempo di volo degli impulsi ultrasonici. Il sensore di distanza, infatti, può "riferire" all'interfaccia una qualsiasi di queste grandezze. Per il vostro scopo scegliete "Posizione", cliccandoci sopra e dando poi "OK" e predisponete questo *Digitale* per mostrare due decimali, in quanto il sensore di posizione è ampiamente affidabile al centimetro. Se non ricordate come si attiva lo strumento *Digitale* o come si accede al suo setup, rivedete il capitolo precedente.
2. Premete adesso ALT+M, o il bottone "Mon" tra i comandi tipo registratore, o scegliete Monitor dal menu Experiment. Ciò farà sì che *Science Workshop* raccolga i dati e li mostri in tempo reale sugli strumenti attivi (nel vostro caso i due *Digitale*), *senza però memorizzarli*. Questa modalità di visualizzazione è utile in alcuni esperimenti, e comunque comodissima per la regolazione degli apparati sperimentali, cioè come la utilizzerete ora. Appena attivato il monitoraggio dei dati, udrete il frenetico ticchettio del sensore ad ultrasuoni. E' normale.
3. Concentratevi prima sullo strumento *Digitale* del sensore di forza, che nella sua barra del titolo riporterà correttamente Newton come unità di misura. Se la vostra massa non oscilla, vedrete un valore quasi costante, pari alla forza peso della massa e della molla. Il valore è negativo in

quanto il sensore CI-6537 considera positive le forze che lo "schiacciano", mentre ora il peso lo sta "tirando".

4. Scostate la massa dalla sua posizione di equilibrio, e lasciatela libera di oscillare. Vedrete la forza variare ciclicamente, con l'oscillare della massa. Ciò vi confermerà che il sensore di forza sta raccogliendo dati correttamente. Sebbene il sensore rilevi la forza 50 volte al secondo, è difficile che il computer sia abbastanza veloce per aggiornare altrettanto in fretta lo schermo, e quindi lo strumento *Digitale* si aggiornerà tre o quattro volte al secondo.
5. Spostate ora il sensore di posizione, che appoggerete sul pavimento, proprio sulla verticale della massa oscillante, con la piastrina dorata rivolta verso l'alto. Questo sensore è abbastanza direzionale, ma può rimanere ingannato da false eco. Se vi dà un valore costante attorno al metro, è possibile che "veda" la parte inferiore del piano del tavolo. Cercate la posizione in cui veda bene la massa. Quando l'avrete centrata bene anche sul suo *Digitale*, ovviamente, vedrete un valore che varia tra due estremi, ciclicamente.
6. A questo punto fermate la massa nella sua posizione di equilibrio. Entrambi i *Digitale* dovrebbero darvi valori pressoché costanti.
7. Siete quasi pronti per la raccolta vera e propria. Prima, però, premete il bottone di tara sul fianco del sensore di forza. Questa operazione fa sì che il sensore consideri come suo nuovo "zero" la forza corrente applicata (nel vostro caso la forza peso della massa ferma e della molla). Il *Digitale* della forza segnerà di colpo circa zero, e poi valori negativi se la massa viene tirata sotto il punto di equilibrio, positivi se la massa è sopra il punto di equilibrio. Questa operazione di tara (che il sensore memorizza fino a che viene alimentato, o fino a che non si preme "tara" di nuovo), non è strettamente necessaria, ma vedere la forza variare simmetricamente rispetto allo zero è molto più comodo per il calcolo. Controllate anche come varia la distanza muovendo la massa a mano, ovviamente sfruttando il suo *Digitale*. Muovete la massa in modo da non interporre la vostra mano tra il sensore e la massa. Il sensore di posizione, ovviamente, vede il "bersaglio" più vicino.
8. Interrompete il "monitor" dei dati come se si trattasse di una registrazione (cioè con ALT+[punto], bottone "Stop" o col comando Stop del menu Experiment).

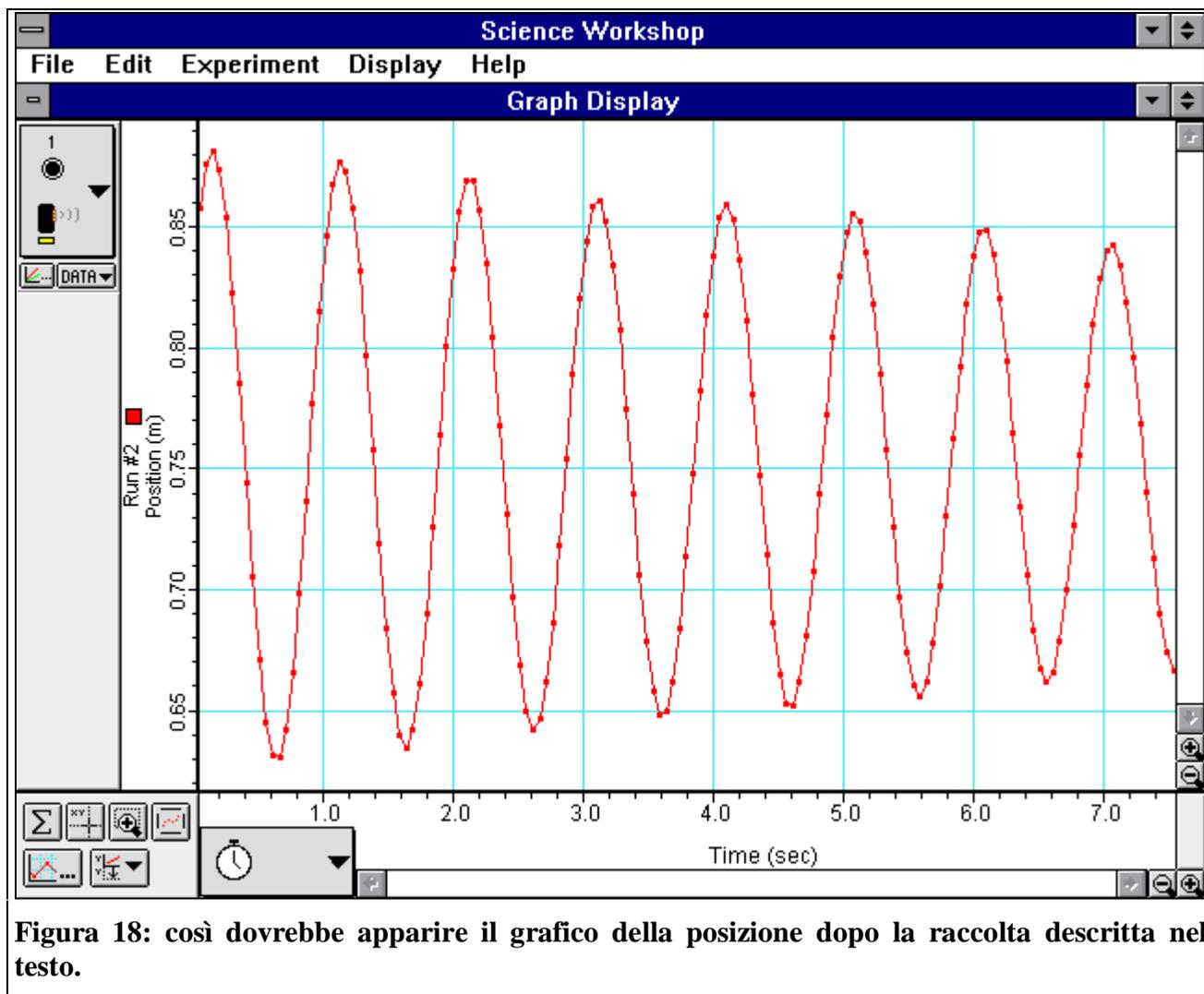
Questa procedura vi ha fatto vedere come, utilizzando *Science Workshop*, divenga molto rapido "calibrare" un esperimento, o mettere bene in posizione le varie parti. Ora siete pronti per cominciare la raccolta vera e propria. Se volete, "collegate" un grafico al sensore di forza, o anche due grafici ai due sensori, e scalatene gli assi in modo che coprano qualche secondo in ascissa e qualcosa più dei valori estremi che vi aspettate in ordinata. Valori ragionevoli potrebbero essere tra gli 80 e i 130 cm per la distanza e ± 5 N per la forza. Ciò farà sì che sin dalla prima raccolta dati i grafici risulteranno subito abbastanza ben scalati.

Scostate la massa dalla sua posizione di equilibrio, e lasciatela libera di oscillare (sarebbe bene che le oscillazioni fossero di almeno una decina di centimetri di ampiezza). Poi premete ALT+R, o cominciate la registrazione con un comando equivalente. Dopo sei/otto oscillazioni, fermate la raccolta con ALT+[punto], o col tasto Stop.

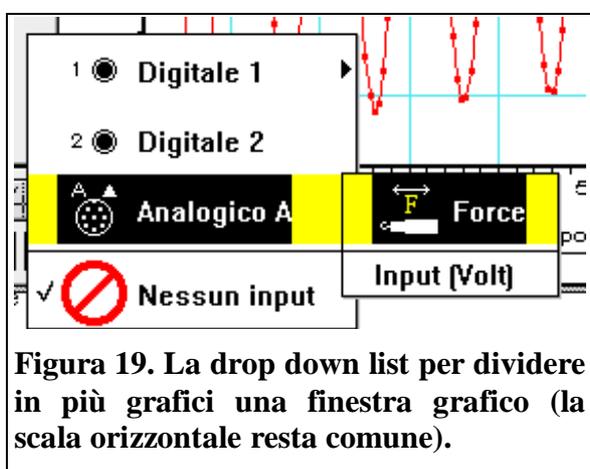
A questo punto massimizzate la finestra del grafico di posizione, e poi date il comando di autoscala (se non avete aperto il grafico prima, apritelo ora trascinando l'icona Grafico su quella del sensore di posizione e scegliendo "Posizione" dalla lista che appare). Dovreste ottenere qualcosa di simile a fig. 18. Se il vostro grafico è "sporco", controllate di nuovo il funzionamento dei sensori, utilizzando la modalità "monitor" come descritto prima, e poi effettuate una nuova raccolta, ripremendo ALT+R. Dovete arrivare a qualcosa tipo fig. 18.

Anche questo semplice grafico di posizione vi permette di ricavare informazioni interessanti sul moto. Già semplicemente usando lo Smart Cursor in modalità differenziale (vedi pag. 19) potete

stabilire il periodo di oscillazione del vostro apparato, semplicemente trascinando il cursore da un picco ad un altro. Oppure, trascinando da un picco a una valle, potete misurare l'entità dell'oscillazione, ossia di quanti centimetri si muove la massa da un estremo all'altro



dell'oscillazione.



Nota: vengono ora descritte operazioni in cui è facile, rilasciando il tasto del mouse nel momento sbagliato, giungere a risultati indesiderati, diversi dall'esempio proposto. In caso di "panico", chiudete il grafico (doppio clic sulla sua casella di controllo) e poi riapritelo (trascinate l'icona "Grafico" su quella del sensore di posizione, scegliete "Posizione" e poi massimizzate e autoscalate, come descritto prima) e riprendete il procedimento.

A questo grafico di posizione aggiungerete ora quello dell'andamento della forza. Non aprendo un nuovo grafico, ma dividendo in due parti quello che già avete sullo schermo. Questa operazione è

possibile grazie alla drop-down list che si attiva col bottone "dividi finestra grafico in più grafici" (vedi fig. 8).

Ricordate che una lista si apre tenendo premuto il tasto del mouse, e che il tasto va rilasciato solo quando è evidenziata la scelta desiderata.

Questa lista (fig. 19 e 20) varia da un esperimento all'altro, secondo i sensori collegati, e vi permette di scegliere quale grandezza "mettere in grafico" tra tutte quelle che sono state raccolte. Nel vostro caso vedrete dei triangolini accanto ai simboli dei canali "digitale 1" e "analogico A", cioè proprio i canali utilizzati durante la raccolta. Questi triangolini indicano che, cliccandoci sopra, è possibile accedere ad una lista.

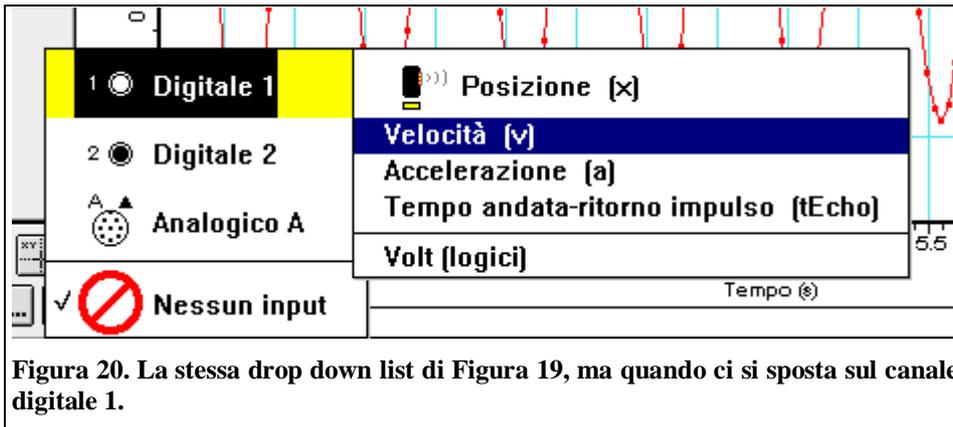


Figura 20. La stessa drop down list di Figura 19, ma quando ci si sposta sul canale digitale 1.

Se, trascinando il mouse, evidenziate il canale analogico, vedrete che esso vi permette di visualizzare la forza (in Newton) oppure "input volt", ossia la tensione equivalente che il trasduttore ha presentato all'interfaccia. Nel nostro caso, il sensore di forza è

costruito in modo che ai valori estremi di portata ($\pm 50\text{N}$) corrispondano tensioni di $\pm 8\text{V}$. Dato che tutti i sensori PASCO hanno una risposta lineare, scegliere "Input volt" o la grandezza propria del sensore produce grafici della stessa identica forma, ma con grandezze diverse in ordinata. Per ora scegliete "Forza". Non appena rilasciate il tasto del mouse, un secondo grafico appare sotto quello di posizione, ed entrambi si scalano automaticamente. Dovreste ottenere qualcosa tipo fig. 21. Notate che la scala temporale (l'asse di ascissa) è comune. Se utilizzate lo smart cursor (provate) vedrete che i valori in ordinata appaiono solo nel grafico in cui si trova il cursore.

Un grafico può essere diviso in tre o più parti a seconda della risoluzione dello schermo che state usando. Provate, per esempio, ad aggiungere a quelli di posizione e forza anche il grafico di velocità, andando ancora sul bottone "Aggiungi grafico" e trascinando su Digitale 1... Velocità.

Se attivate le statistiche, variate gli estremi dell'asse dei tempi, o autoscalate, l'effetto si applica a tutti i grafici contemporaneamente, mentre le statistiche sono gestibili separatamente. Potete, per esempio, chiedere un fit lineare su un grafico e polinomiale su di un altro. Provate.

Una lista del tutto analoga a quella che avete appena visto vi appare anche premendo i grossi bottoni che appaiono accanto agli assi di ordinate (fig. 7 e 22, "lista per le grandezze in ordinata"). Questo vi permette di variare la grandezza in ordinata. Scegliendo, da

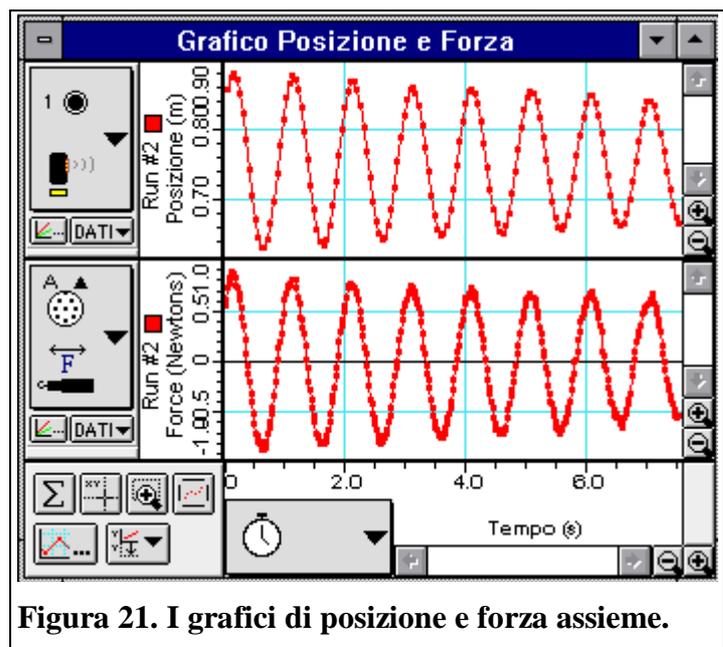
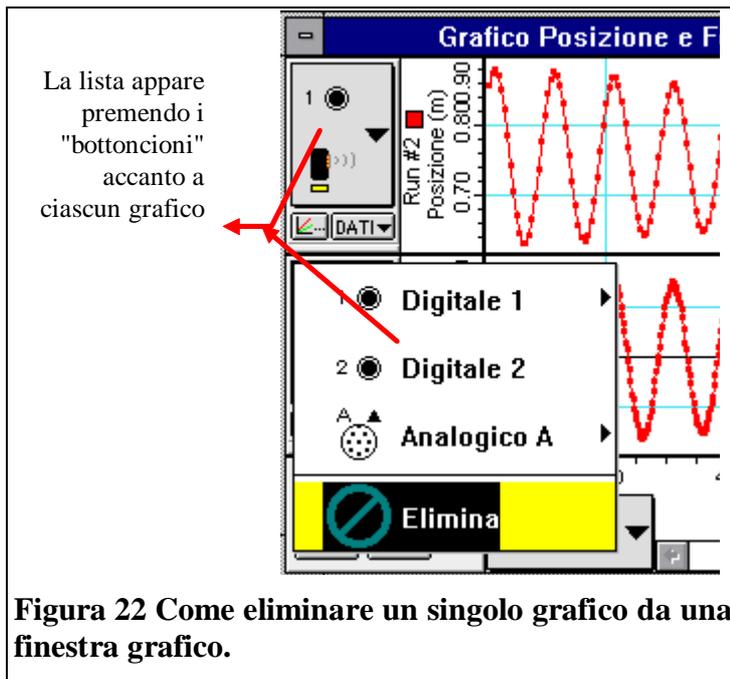


Figura 21. I grafici di posizione e forza assieme.



questa lista, "Elimina" (fig. 22), il grafico viene rimosso dalla finestra grafico. Provate a rimuovere quello di velocità, per riportarvi alla situazione di fig. 21

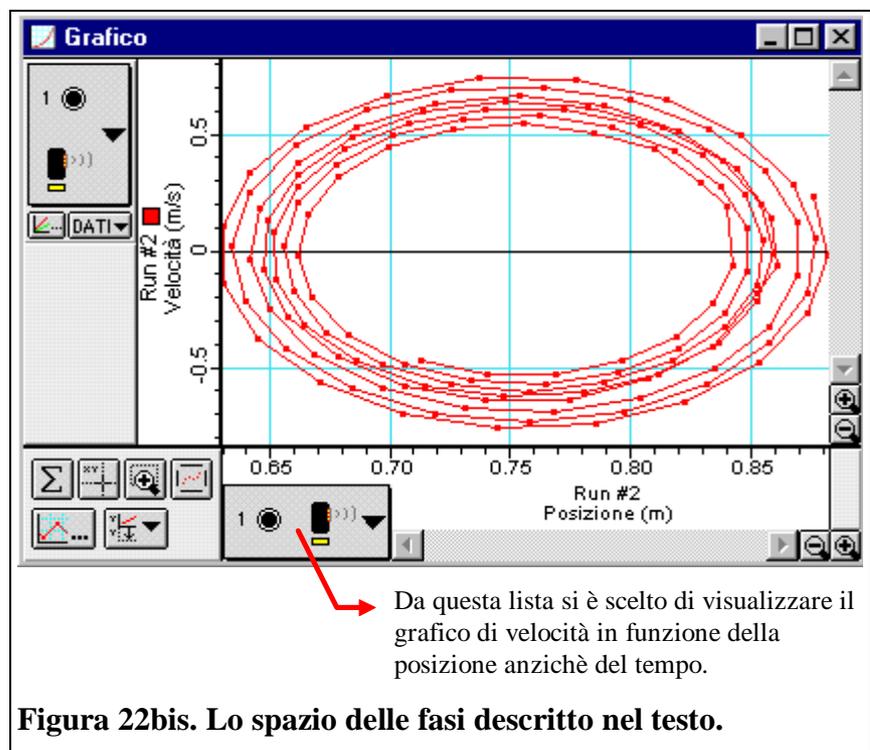
Adesso che avete visualizzato i grafici di posizione e di forza assieme, potete notare come essi siano in fase, denunciando la natura armonica del moto (per inciso, visualizzando posizione, velocità ed accelerazione si vede il reciproco sfasamento di 90°). Provate a visualizzare diverse combinazioni di grafici, e poi tornate al solo grafico di posizione in funzione del tempo.

La possibilità di variare facilmente quale grandezza avere in grafico è completata dalla possibilità di scegliere *in funzione di*

cosa vada disegnato il grafico.

Ovviamente, per default, *Science Workshop* elabora dati in funzione del tempo, ma con la lista cui si accede col tasto "Drop down list per la grandezza in ascissa" (fig. 7) potete sostituire a "Tempo" (il tempo; infatti sul bottone c'è il disegno di un orologio) una qualsiasi delle grandezze che sono state raccolte. La lista funziona esattamente come quella che avete visto prima. Provate, per esempio, a realizzare il grafico della velocità in funzione della posizione (fig. 22bis), cioè uno spazio delle fasi del vostro sistema, e vedrete la tipica "ellisse collassante" di un moto armonico smorzato. Oppure, visualizzate la forza in funzione della posizione. Si ottiene quasi perfettamente una retta, il cui coefficiente angolare è proprio la costante elastica della molla (ricordiamo che $F=kx$). Potete ottenere il valore di k visualizzando le statistiche del grafico, e facendone la regressione lineare (Statistiche... fit matematici... lineare. Ma vedremo oltre meglio queste funzioni!).

E' interessante notare che qualsiasi tipo di grafico può essere elaborato anche in tempo reale. Potete, per esempio, visualizzare il "tipico" spazio delle fasi velocità in funzione della posizione e far partire una raccolta dati con Alt+R. Vedrete l'ellisse disegnarsi e lentamente "collassare" verso il centro, a causa degli attriti che lentamente sottraggono energia al sistema.



Nota: quando si pongono in grafico due grandezze campionate a frequenze diverse (è il caso della forza in funzione della posizione, dato che la prima viene campionata a 50 Hz, mentre la seconda a 20) il software interpola linearmente le misure meno frequenti per poter elaborare i grafici.

Fare di più

In questo capitolo esamineremo a fondo alcuni dettagli di *Science Workshop*. Alcune cose sono state già accennate, altre non le avete ancora viste, in quanto riguardano un uso sofisticato o particolarmente avanzato del software.

Le condizioni di raccolta dati.

La finestra cui si accede col comando "Opz. campionamento" ha diverse funzioni, che vanno ben oltre il semplice uso che ne avete fatto nel capitolo "Un esperimento più sofisticato". Si veda la figura 17.

- In alto a sinistra vedete l'ascensore orizzontale che si usa per variare la frequenza di campionamento dei sensori analogici. Le due caselle "Alta" e "Bassa" (sottinteso "frequenza") permettono di scegliere frequenze sopra o sotto un campionamento al secondo, rispettivamente. Questa frequenza di campionamento si applica ai soli sensori analogici, che verranno "interrogati" x volte al secondo. I sensori digitali, invece, si regolano diversamente caso per caso (vedremo come), oppure mandano un segnale all'interfaccia, che "ricorderà" la successione di cambiamenti del sensore, con la risoluzione temporale di 1/10.000 di secondo.
- Nella parte di destra di questa finestra, viene offerta la possibilità di scegliere le condizioni di inizio e termine della raccolta dati. Per l'inizio ("Comincia quando") vi sono quattro possibilità:

- "Tastiera o mouse" è la condizione di default. *Science Workshop* attende un comando dato dall'utente con la tastiera o col mouse (o da menu) per cominciare la raccolta.

- "Un canale..." invece, fa apparire la finestra che vedete in fig. 23. Qui si può ordinare al software di cominciare la raccolta quando uno dei canali assume un certo *stato* (per i canali digitali) o un certo *valore* (per i canali analogici). In figura, per esempio, si sta ordinando di cominciare una raccolta quando il canale digitale 2 è "basso"; se a quel canale si collega un fototraguardo, ciò sarà vero quando il fototraguardo verrà "chiuso" da un oggetto che vi passa attraverso. Nel 90% dei casi, il "trigger" ("grilletto") di una raccolta dati è un fototraguardo (gate); perciò, come vedete in fig. 23, il software propone direttamente "gate aperto (o chiuso)". Altrimenti si può decidere di cominciare il campionamento quando un canale analogico registra un certo ingresso (che va espresso in Volt).



Figura 23. La finestra delle "condizioni su un canale" per l'inizio della raccolta. Questa immagine è stata presa mentre era in uso un'interfaccia "500", e infatti sono grigi (non disponibili) i canali 3 e 4 e l'output analogico.

L'equivalenza tra una grandezza che interessa lo sperimentatore e il corrispondente valore in Volt può essere facilmente desunta collegando un qualsiasi sensore ed attivando due strumenti a cifre, uno con la grandezza "fisica" (Newton, kilopascal, ecc.) e l'altro con ciò che l'interfaccia legge in ingresso (in volt), scegliendo "input Volt" dalla lista di questo secondo strumento a cifre. I due strumenti vengono "letti" mettendo l'interfaccia in modalità Monitor (Alt+M... l'avete già usata durante l'esperimento della massa oscillante).

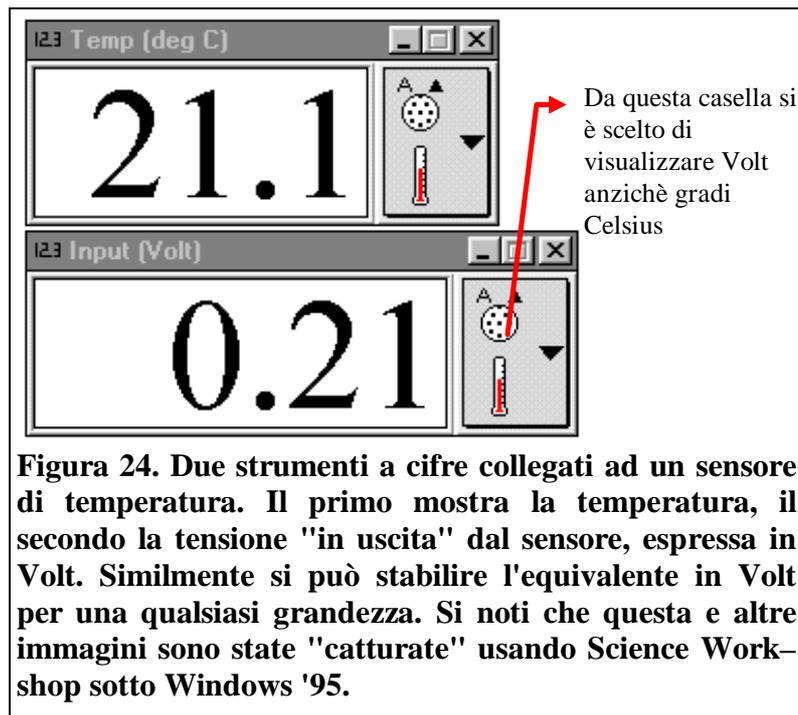


Figura 24. Due strumenti a cifre collegati ad un sensore di temperatura. Il primo mostra la temperatura, il secondo la tensione "in uscita" dal sensore, espressa in Volt. Similmente si può stabilire l'equivalente in Volt per una qualsiasi grandezza. Si noti che questa e altre immagini sono state "catturate" usando Science Workshop sotto Windows '95.

Stabilita così l'equivalenza si può imporre di cominciare la raccolta, per esempio, quando il canale registra un ingresso di 0.21V, che, come si vede in fig. 24, corrispondono ad una temperatura di 21° circa. Utilizzando come trigger un canale analogico è pure possibile scegliere se la raccolta deve cominciare quando il valore desiderato è raggiunto "in salita" oppure "in discesa". Ciò è utile per fenomeni ondulatori o comunque ciclici, in modo che le varie raccolte partano non solo dallo stesso valore ma anche dalla stessa fase del ciclo.

- "Ritardo" richiede di specificare un certo tempo, in secondi, che viene interpretato come "attesa" prima di cominciare la raccolta. Se si mette, per esempio, 3600, la raccolta dati vera e propria comincerà un'ora dopo che si è premuto Alt+R (un'ora sono 3600 secondi). Questa opzione è utile per far partire una raccolta in piena notte, oppure (impostando un ritardo di qualche secondo) per dare tempo allo sperimentatore di raggiungere l'apparato e farlo partire, ecc.
- "Ritardo (in 1/f)" è ancora una forma di ritardo, ma espressa in campionamenti anziché in tempo.

Ovviamente queste ultime due opzioni sono legate tra loro dalla frequenza di campionamento. Se si raccolgono 20 dati al secondo, porre come ritardo 5 secondi o 100 campionamenti porta allo stesso risultato.

C'è da notare che, anche se si sceglie una condizione di inizio raccolta su un canale, il programma va comunque messo "in allerta" che si verifichi la condizione richiesta, dando il comando Alt+R o uno equivalente. La raccolta dati vera e propria comincerà poi quando la condizione prescelta verrà soddisfatta.

Per le condizioni di termine della raccolta vi sono le stesse quattro possibilità:

- "Tastiera o mouse" e "Un canale..." funzionano esattamente come descritto a proposito delle condizioni di inizio raccolta.

- "Trascorsi x secondi" pone un limite di tempo. Appare una finestra dove si può digitare per quanti secondi si desidera che Science Workshop raccolga dati.
- "Raccolti x dati" pone un limite come numero di punti di misura che si desidera raccogliere. Semplicemente, si digita nell'apposita finestra quanti campionamenti si desidera vengano effettuati.

Ovviamente, queste due ultime condizioni sono legate tra loro dalla frequenza di campionamento. Se si raccolgono 50 dati al secondo, porre come limite 5 secondi o 250 punti porta agli stessi risultati.

Logicamente, se si esaurisce la memoria disponibile prima che la condizione di termine raccolta si verifichi, il set di dati risulta troncato.

- L'ultima casella della finestra "Opzioni di campionamento" (figura 17), ossia la casella "Tastiera", se attivata, fa sì che Science Workshop esegua le misure solo quando richiesto dall'utente, e non con una cadenza fissa. Lo sperimentatore provvederà ad inserire un parametro, che non sia né il tempo né una grandezza che l'interfaccia stia misurando, ma in genere sarà un qualcosa che varia l'utente stesso. Questo parametro può essere, al limite, un semplice numero progressivo (1, 2, 3...) che poi non si usa nell'interpretazione dei dati. Un tipico uso di questa opzione è la verifica della legge di Boyle con una semplice siringa. Lo sperimentatore comprime via via la siringa (cui è collegato il sensore di pressione) e fa eseguire le misure non a cadenza regolare, ma quando il volume ha certi valori. Il programma chiede di digitare, appena si attiva questa casella, un

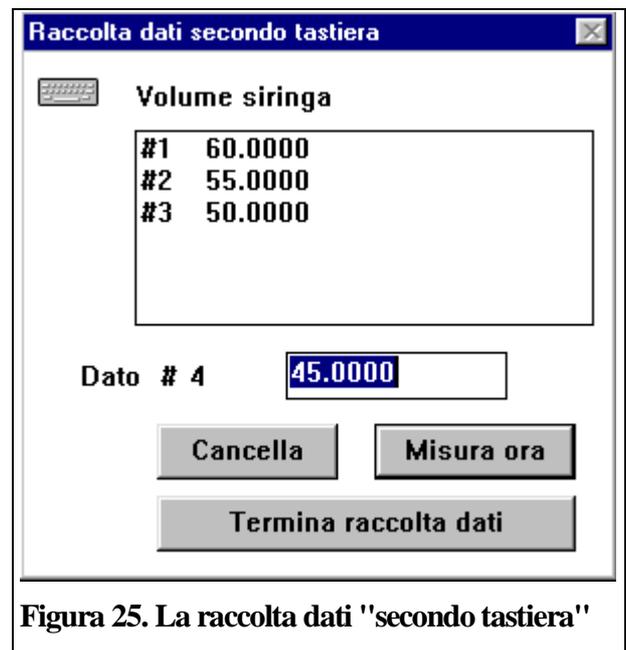


Figura 25. La raccolta dati "secondo tastiera"

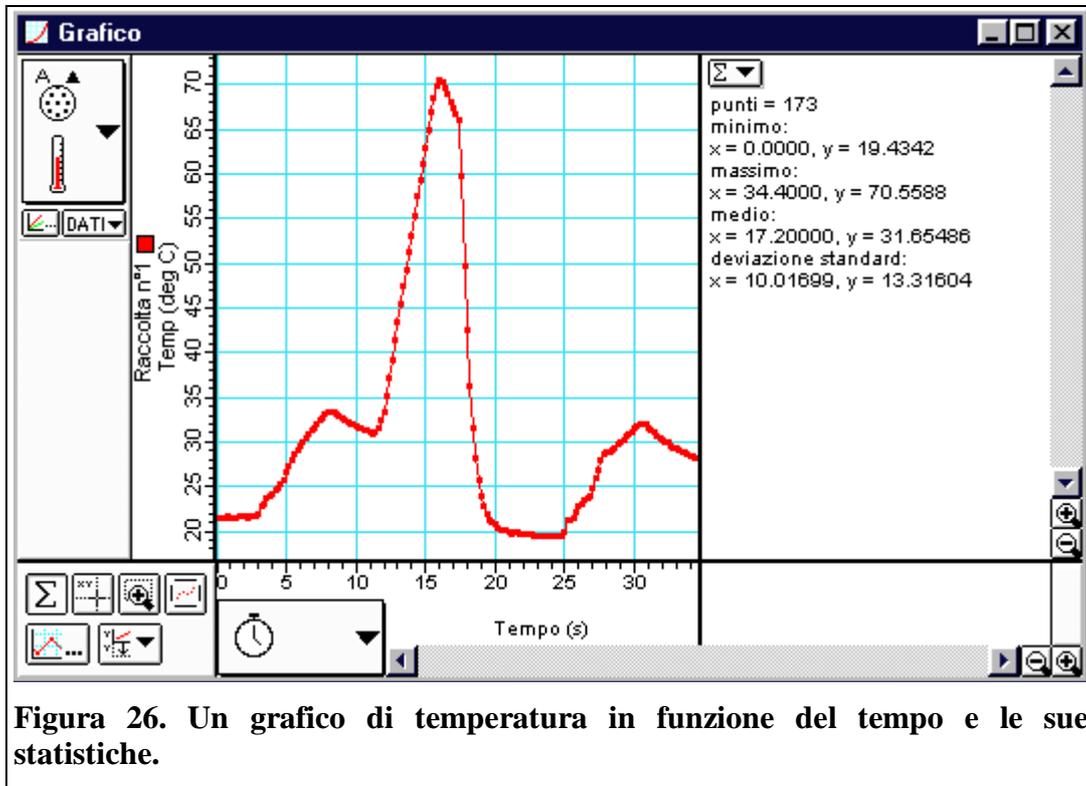
"nome" per questa grandezza ("parametro") e l'unità di misura per questa grandezza che verrà inserita dalla tastiera (questo "nome" e la sua unità verranno usati solo per essere scritti sui grafici). Quando poi si fa partire la raccolta dati, col solito Alt+R, il software mostra la finestra che vedete in fig. 25. In questo esempio il nostro "parametro" è "Volume siringa" (e la sua unità di misura cm^3). Quando si preme [Invio] o si clicca il tasto "Misura ora", cioè si dà l'ordine "prendi la misura", Science Workshop chiede il valore per il parametro che si deve inserire da tastiera (il volume della siringa), e quando lo si conferma, istantaneamente esegue la misura. Inseriti i primi due valori, il programma calcola la loro differenza e prosegue poi con quel "passo". Nell'esempio, 60 e 55 sono stati digitati, 50 e 45 sono stati poi proposti dal software. Col tasto Cancella, visibile in fig. 25, si può cancellare l'ultimo dato della lista, mentre "Termina raccolta dati", ovviamente, comunica al software che la raccolta è terminata.

Raccogliendo dati in questo modo, quando si elaborano i grafici, tra le grandezze disponibili per i grafici (in ascissa e in ordinata) vi sarà anche l'iconcina della tastiera e l'etichetta "Volume siringa", il che vi permette, nel nostro esempio, di creare un grafico pressione/volume.

Le statistiche e i fit.

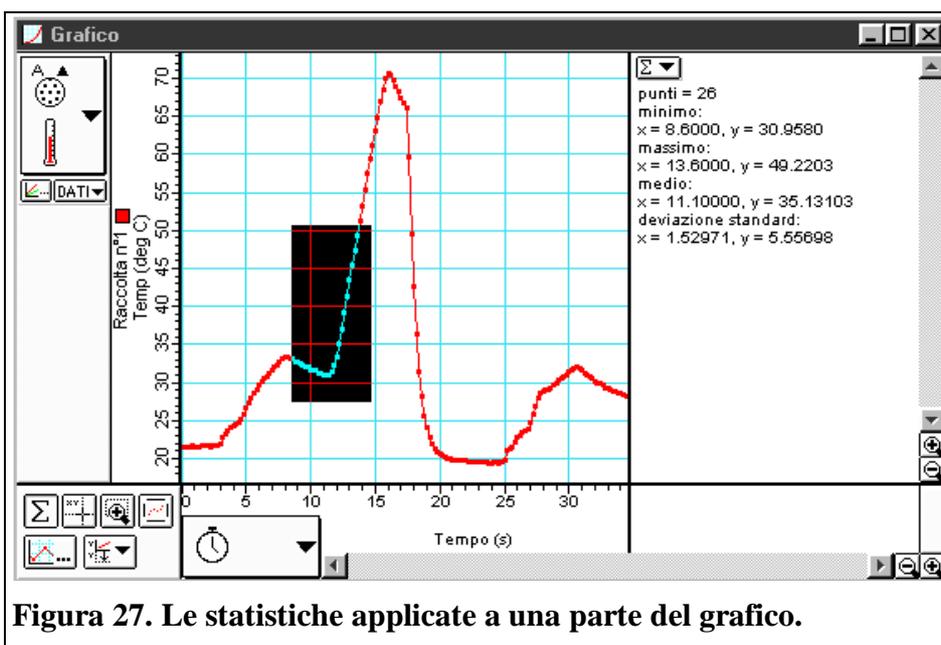
Per impraticarvi sull'uso delle statistiche, avete ovviamente bisogno di dati da analizzare. Prima di proseguire, quindi, ripetete una misura tipo quella descritta nel capitolo "La prima misura", o

caricatene il file se lo avete salvato. In questo caso, Science Workshop vi chiederà conferma prima di caricare il nuovo file dal disco (ricordiamo che assieme ai dati è conservato anche il setup dell'interfaccia).



Avete già visto nel capitolo "Analisi dei dati attraverso il grafico" come attivare l'opzione statistiche, e come la drop down list che appare dia accesso alle varie possibilità. Se, come avete già fatto, attivate l'opzione "Tutte le precedenti", otterrete qualcosa di simile a quanto si vede in fig. 26. Si legge, sotto il pulsante della lista per le opzioni statistiche, che il grafico comprende 173 punti e quali sono i valori minimi, medi, massimi e la deviazione standard per le grandezze sui due assi

(indicati genericamente con x e y). Ovviamente, avendo raccolto una temperatura fatta variare "artificialmente", ed essendoci sull'asse x il tempo, questi valori non hanno alcun interesse, ma ovviamente questi dati possono diventare significativi in esperimenti "reali".



Qualsiasi funzione statistica sia attivata, può essere spenta selezionando la voce "Nessuna statistica" dalla lista delle statistiche (quella che si richiama con la drop down list che avete già visto). Provate. Per attivarle, invece, oltre a

"Tutte le precedenti" che avete già utilizzato, potete anche selezionare singolarmente quali parametri visualizzare oppure no. Ancora una volta, impratichitevi provando diverse combinazioni. Ovviamente, sono attive le opzioni che hanno a fianco il simbolo di spunta ✓.

Una interessante possibilità offerta da Science Workshop è che *trascinando* sul grafico, ed evidenziandone una parte (come in fig. 27), non appena si rilascia il tasto del mouse, le statistiche vengono subito riscritte, riferite però ai soli dati evidenziati. In fig. 27, per esempio, si vede che nel rettangolo evidenziato cadono 20 punti, che il massimo Y (la massima temperatura) è 49.2°C, ecc. Questa opzione è dinamica, cioè non appena si seleziona (trascinando il mouse) una nuova zona del grafico, subito le statistiche vengono riaggornate per la zona selezionata. Se il calcolo richiesto è complesso e/o coinvolge molti punti, comparirà per qualche secondo un simbolino di attesa (clessidra con una piccola Σ). Per riapplicare le statistiche a tutto il grafico, basta cliccare sul grafico stesso.

C'è da notare che Science Workshop, qui ed in altre parti del software (per esempio quando è in uso lo smart cursor) riporta quattro decimali della grandezza in esame (o anche più, a seconda dello zoom). Il programma è predisposto così perché alcune misure sono effettivamente affidabili al quarto decimale; per esempio la risoluzione temporale sui canali digitali è 1/10.000 di secondo. Non è, ovviamente, lo stesso per tutti i sensori; quindi, all'occorrenza, bisogna avere un minimo di buon senso per leggere 39.9 e non 39.9335...

La parte inferiore del menu cui si accede con la drop down list delle Statistiche, visibile in figura 28, dà accesso ai comandi per approssimare il set di dati raccolto con una funzione matematica. Provate a selezionare Fit matematici... Lineare, e subito Science Workshop disegnerà la miglior retta passante per i vostri dati, mostrandone anche (sempre nella zona statistiche) i coefficienti ed il valore di χ^2 . Ovviamente, se la funzione ha un andamento del tutto non lineare (come è senz'altro il caso della vostra raccolta di temperatura), "fittare" i dati con una retta ha poco senso. Tuttavia, dato

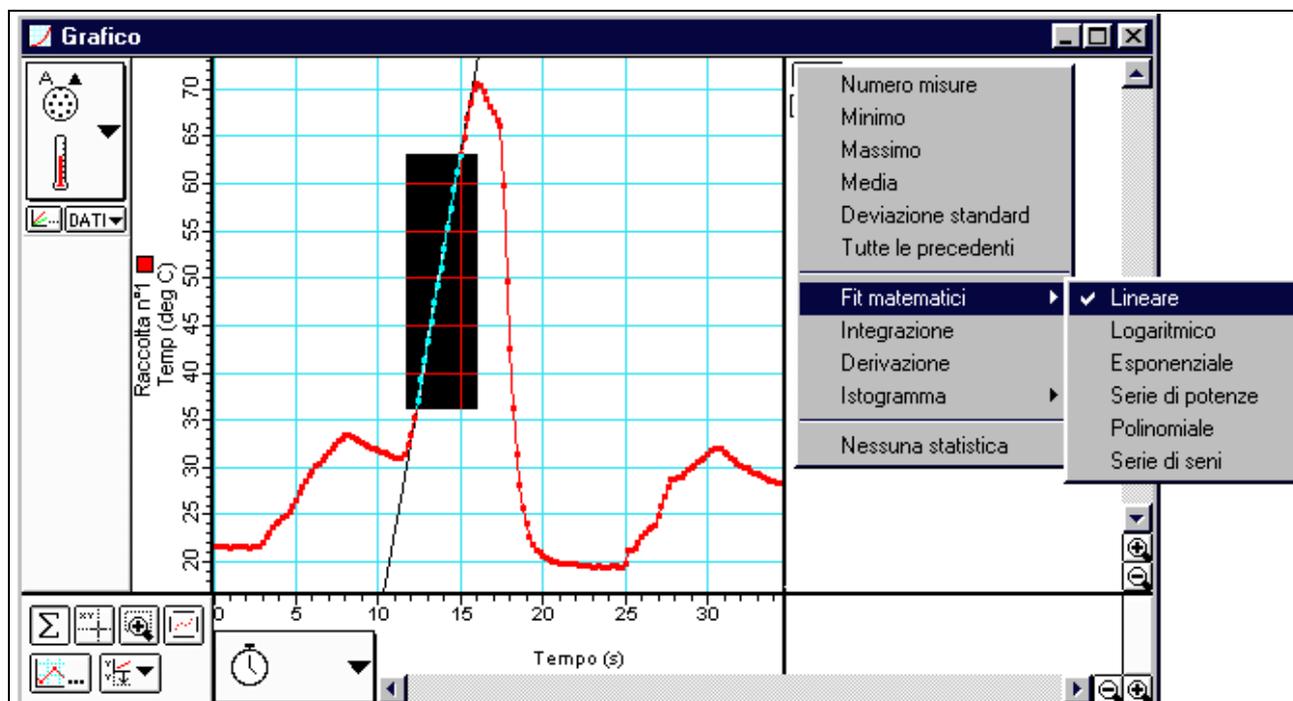


Figura 28: La zona dei fit. Come già visto per le statistiche, evidenziare una parte del grafico genera il miglior fit per quella parte.

che anche qui, trascinando sul grafico, si "riduce" il *fit* alla zona selezionata, si possono fare

interessanti considerazioni. Per esempio, sempre in figura 28, si nota che un brusco riscaldamento è, con buona approssimazione, assimilabile ad una retta. Provate a "fittare" varie parti del vostro grafico. Per tornare ad applicare il fit a tutto il grafico, basta cliccare in un punto qualsiasi del grafico stesso.

Noterete che quando ha trovato la funzione approssimante, Science Workshop ne mostra la forma analitica (per esempio, la retta è espressa nella forma $y = a_1 + a_2x$). I coefficienti a_1 e a_2 sono modificabili. Cliccandoci sopra potete editarli. Science Workshop, in questo caso, appena si preme [Enter] per terminare l'editazione, elabora la migliore funzione fittante con uno (o più) parametri "bloccati". Accanto ai parametri così imposti dall'utente, compare il disegno di un lucchetto. Cliccando poi su un parametro bloccato, il parametro torna "libero" e viene ricalcolato dal software per ottenere la migliore approssimante.

Questa possibilità è particolarmente utile con funzioni a molti parametri. Per esempio, scegliendo il fit polinomiale, per default Science Workshop elabora la migliore parabola (polinomio di grado 2).

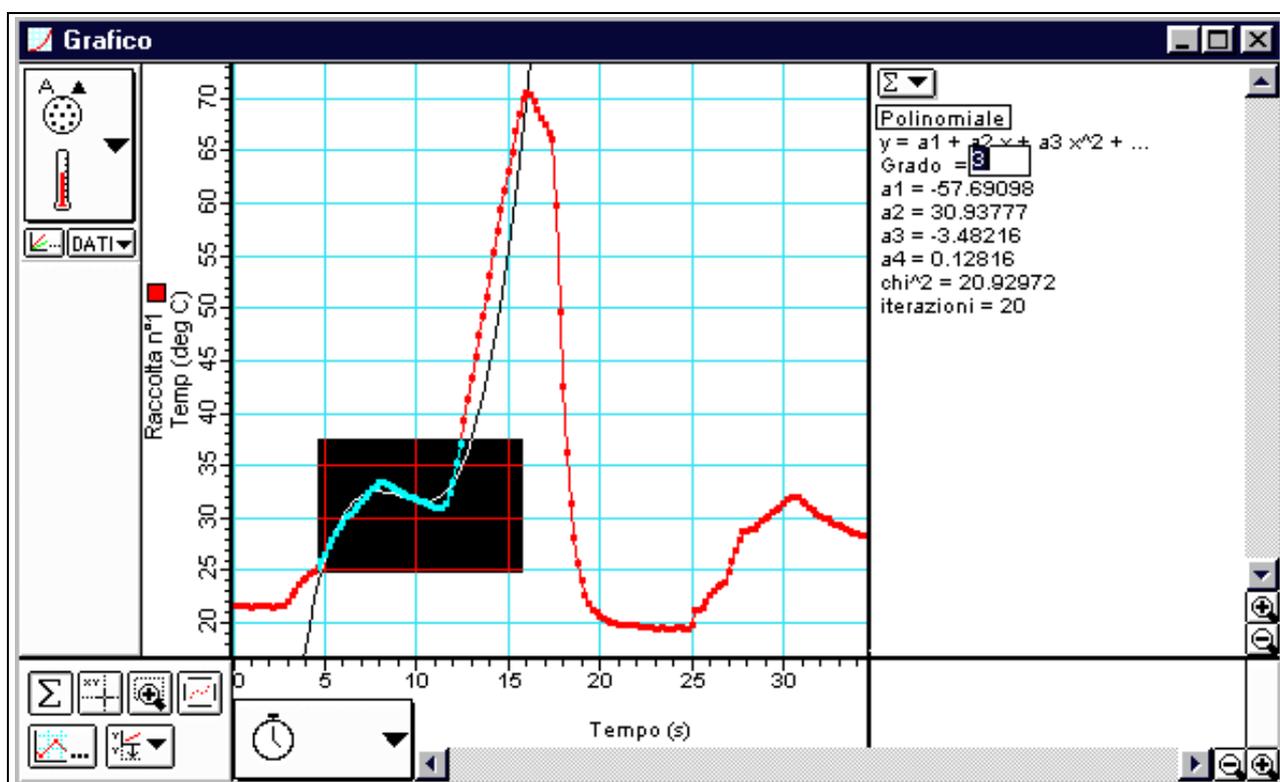


Figura 29. Un fit con un polinomio di terzo grado. Lo si ottiene cliccando sul grado e digitando "3". I parametri della funzione approssimante (in questo caso il grado ed i quattro coefficienti a_1 ... a_4) sono editabili come descritto nel testo.

Ma se volete il miglior polinomio, poniamo, di terzo grado, basta imporre 3 come "grado" (fig. 29). Anche qui potete bloccare uno o più parametri, evidenziare una parte del grafico per limitare il fit a quella parte, eccetera. Provate. Un uso "saggio" di queste funzioni è ovviamente legato a ciò che state misurando, alle relazioni matematiche che volete mettere in evidenza, e così via.

Nota: il programma "protesta" segnalando che non esiste soluzione se evidenziate una zona di grafico che non contiene punti

I vari *fit* proposti sono tutte funzioni matematiche ben note, e quindi non ci dilungheremo su di esse; tuttavia c'è da notare che per esponenziale, logaritmica e serie di seni, non sempre il computer dà una soluzione valida (non sempre esistono metodi analitici esatti per trovare queste funzioni,

mentre, per esempio, il metodo dei minimi quadrati conduce sempre alla migliore retta). Nel caso il computer "fallisca" nel trovare la funzione approssimante, è necessario che l'utente imposti, almeno approssimativamente, un parametro significativo. Per esempio la frequenza, nella serie di seni. Ci penserà poi il software a trovare gli altri. In alternativa si può "linearizzare" il grafico mediante la funzione calcolatore (descritta oltre). Per esempio, creando un grafico $\ln(\text{Pressione})$ in funzione di $\ln(\text{Volume})$ per il calcolo del γ in un esperimento di compressione adiabatica.

Dopo "Fit matematici", il menu statistiche continua con la voce *Integrazione*. Come è facile immaginare, quando la si attiva, Science Workshop calcola l'integrale sotteso dalla "funzione" dei dati visualizzati in quel momento, e ne mostra il valore. Al solito, si può ridurre l'ambito del calcolo trascinando sul grafico.

L'integrale è sempre riferito all'asse di ordinata nulla. Per variare questo riferimento, si deve traslare la curva dei dati, creando con il calcolatore di Science Workshop una nuova funzione (vedi oltre).

La voce *Derivazione* segnala semplicemente l'unità di misura della derivata del grafico corrente (per esempio, nel caso di un grafico di temperatura in funzione del tempo, darà dC°/dt). Per avere "punto per punto" l'andamento della derivata di una grandezza misurata, si utilizza il calcolatore di Science Workshop, descritto più avanti.

La penultima voce del menu statistiche è *Istogramma*. Essa crea, nella parte destra del grafico, un

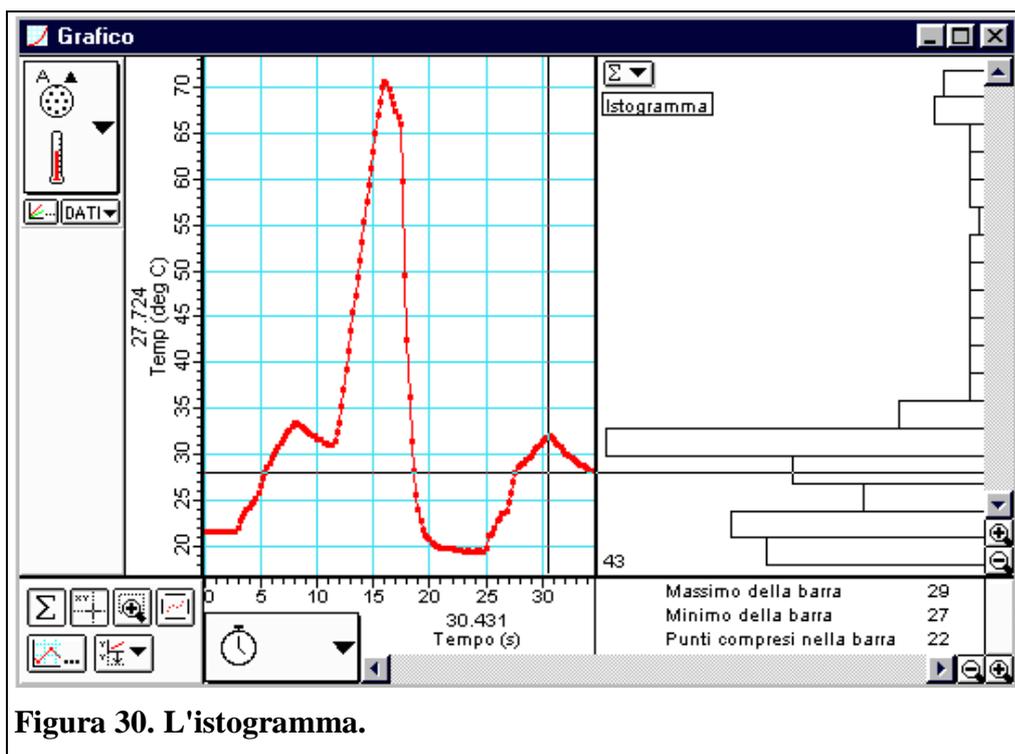


Figura 30. L'istogramma.

istogramma (orizzontale) che mostra come si distribuiscono i punti di quella raccolta (vedi fig. 30). Dal setup del grafico, descritto a pag. 20 si può selezionare o meno la voce "Istogramma a limiti interi". Se tale voce è selezionata, i limiti di ciascuna barra dell'istogramma saranno valori interi della grandezza in ordinata. In caso contrario, i limiti di ciascuna barra sa-

ranno determinati dall'escursione che la grandezza ha coperto durante la raccolta dati e da quante divisioni si sono scelte per l'istogramma. Si possono scegliere istogrammi a 5, 10, 20, 50 o 100 divisioni. Attivando sul grafico lo *smart cursor* (come appunto si vede in fig. 30), si legge sotto l'istogramma che la barra tagliata in quel momento dalla linea orizzontale dello smart cursor simboleggia che 22 punti di quella raccolta cadevano tra valori di 27 e 29 °C. In questo caso, ovviamente "Istogramma a limiti interi" era attivato.

L'istogramma ha il suo più ovvio utilizzo in operazioni di conteggio (specie con sensore nucleare), o per mettere in risalto la distribuzione di misure di cui interessa l'andamento *complessivo*. Per esempio, se in un esperimento di biologia si lascia in un terrario un sensore di intensità luminosa,

l'istogramma potrà fornire "a colpo d'occhio" quanto a lungo l'illuminazione è stata nulla, modesta, intensa, ecc.

Il numero che compare in basso a sinistra nella zona dell'istogramma (43, nell'esempio di figura 30) sta a significare che la barra più lunga dell'istogramma "comprende" quel numero di punti. (in figura 30 si nota che la barra più lunga - "lunga" appunto 43 punti - è in effetti circa il doppio di quella su cui si trova lo smart cursor - che comprende 22 punti).

L'ultima voce del menu statistiche - *Nessuna statistica* - spegne ovviamente le statistiche. La zona statistiche può essere eliminata col pulsante statistiche del grafico (quello con la Σ).

Il controllo del Power Amplifier (controlli disponibili solo con le interfacce "700" e "750").
Se si utilizza un'interfaccia "750", si veda anche il capitolo "Le peculiarità dell'interfaccia 750".

Che cosa è il Power Amplifier?

Le interfacce "700" e "750" includono un generatore di funzioni, interamente gestibile da *Science Workshop*. Il Power Amplifier permette di generare "in potenza" (sino a 1A circa) la funzione che si imposta, e la corrente da esso fornita può essere utilizzata per interessanti esperimenti di elettromagnetismo, elettrochimica, acustica, ecc. E' possibile, ad esempio:

- Misurare l'equivalente elettrico della caloria, fornendo ad un resistore impermeabilizzato immerso in acqua una quantità di corrente nota per un dato tempo, e misurando nel contempo l'aumento di temperatura dell'acqua in cui il resistore è immerso.
- Fornire tensioni/correnti variabili a circuiti RLC. L'interfaccia, contemporaneamente, può essere utilizzata per misurare tensioni e correnti in vari punti del circuito.
- Pilotare un oscillatore elettromeccanico per esperimenti su corde e molle vibranti, ecc.
- Alimentare sonometri, tubi di Kundt (e rilevare contemporaneamente i dati)
- Eseguire semplici esperimenti di deposizione galvanica.
- E molto altro...

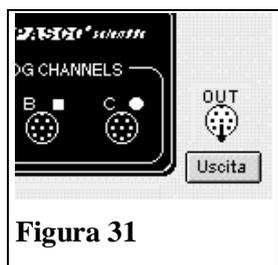


Figura 31

A destra del disegno dell'interfaccia 700 o 750, nella schermata iniziale del programma, compare un pulsante "Uscita", con il simbolo di un connettore analogico e una freccina che punta verso l'esterno, indicando che un segnale esce dall'interfaccia (fig. 31). Cliccando sul pulsante "Uscita" appare la finestra "Generatore di funzione", che si vede in fig. 32. Da questa finestra si controlla il generatore di funzioni che si trova nell'interfaccia. Se all'interfaccia è collegato un CI-6552A (Power Amplifier), quest'ultimo amplificherà la funzione che si imposta, come specificato nel riquadro. In caso contrario, cioè se non si dispone del Power Amplifier, i controlli della finestra "Generatore di funzione" consentono comunque di ottenere la forma d'onda voluta, cioè un segnale elettrico che l'interfaccia contemporaneamente genera e registra, come se il segnale venisse da un generatore esterno.

Così facendo, tra le grandezze misurate ne compare una nuova, che si chiama "Output analogico (OUT)", e riporta esattamente quanto l'interfaccia avrebbe "visto", con le attuali condizioni di campionamento, di un segnale che avesse le caratteristiche di quello impostato nel Generatore di funzioni. Un esempio vi aiuterà ad afferrare questi concetti, ma prima bisogna un po' familiarizzare con i controlli di questa finestra (fig. 32).

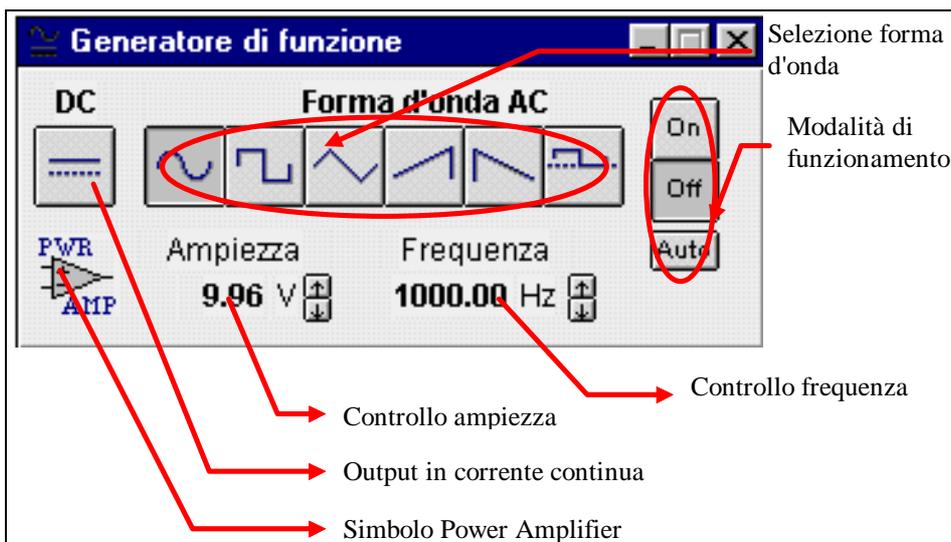


Figura 32: La finestra di controllo "Generatore di funzione" pilota il Power Amplifier, oppure genera una funzione "virtuale" che l'interfaccia raccoglie. Il simbolo "PWR AMP" (in basso a sinistra) indica che tra i sensori collegati all'interfaccia c'è effettivamente il Power Amplifier. Se manca, la funzione è generata solo "virtualmente", all'interno della "700", ma è comunque utilizzabile come se fosse stata misurata.

Nota: registrare il segnale prodotto dal generatore di funzioni non richiede alcun sensore. Quindi, in questo caso, l'interfaccia può arrivare a registrare quattro grandezze analogiche (i tre canali soliti e questo "virtuale", generato secondo le vostre impostazioni).

Il funzionamento di questa finestra è del tutto simile a quello di un semplice generatore di funzione "tradizionale". I tasti per la selezione della forma d'onda (o il tasto "DC") determinano quale forma d'onda verrà genera-

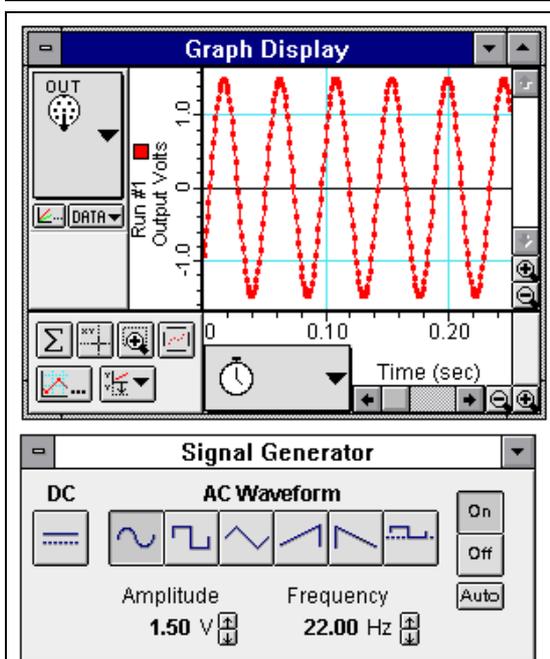


Figura 33. Impostando la forma d'onda come si vede nella finestra "Signal Generator" e come descritto nel testo, si ottiene un grafico tipo quello visibile in alto. Questa figura ed alcune altre mostrano videate tratte dalla versione inglese di Science Workshop, ma l'interfaccia completamente a icone rende "non traumatico" usare una versione o l'altra

rata. Sono disponibili onde sinusoidali, quadre, triangolari, a dente di sega "ascendente", a dente di sega "discendente" e quadra tutta positiva (indicate dalle evidenti iconcine sui bottoni). Per variare l'ampiezza o la frequenza basta cliccare sul valore corrente (9.96 V e 1000 Hz, in figura 32) e digitare il valore desiderato. Ovviamente il controllo per la frequenza scompare se si seleziona un output in corrente continua.

Volendo, si può variare la frequenza e/o l'ampiezza cliccando sulle apposite frecce. Così facendo la grandezza interessata varia di 10 Hertz oppure di un Volt. Se, mentre si clicca, si tiene premuto Control, oppure Alt, oppure Shift, oppure Control assieme ad Alt, si inducono variazioni diverse (per esempio, in frequenza 100Hz, 1Hz, 0.1 Hz, 0.01 Hz). Provatelo.

I tre tasti per la modalità di funzionamento permettono di accendere o spegnere istantaneamente il generatore di funzione (tasti On e Off), indipendentemente da quello che sta facendo l'interfaccia in quel momento (basta che sia collegata e accesa). Ciò è molto utile durante il setup dell'esperimento, per esempio per decidere con che tensione alimentare una macchina elettrica. Se viene selezionato "auto", invece, vengono disattivati i tasti On/Off, ed il generatore (e di

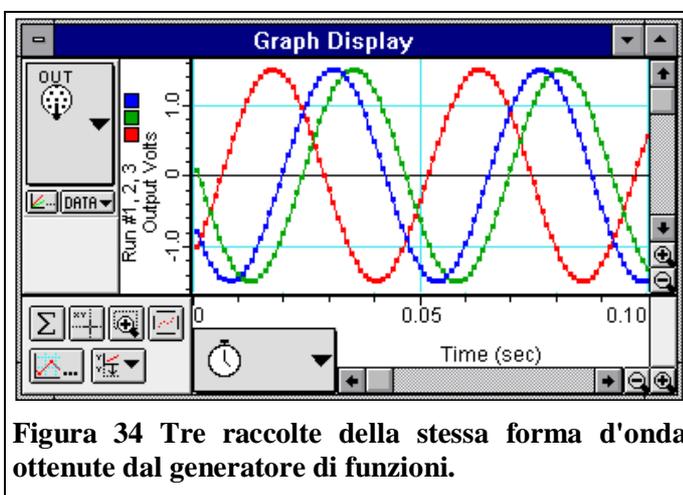
conseguenza l'eventuale Power Amplifier collegato all'interfaccia) si accende quando l'interfaccia comincia a campionare, e si spegne quando il campionamento termina.

IMPORTANTE!!! L'unità "700" contiene *un unico* generatore di funzioni. Se è collegato un Power Amplifier, il generatore lo pilota, e non fa altro. In caso contrario, *una unica* forma d'onda può essere generata e gestita dal software. In altre parole, non potete attaccare più di un Power Amplifier all'interfaccia.

Vediamo ora un esempio:

- Partite da zero (comando New del menu File).
- Predisponete l'interfaccia per campionare a 1,000 Hz con un limite in tempo di circa mezzo secondo (pulsante "Opz. Campionamento" e poi l'ascensore orizzontale per selezionare la frequenza di campionamento; come "Termina quando..." selezionate "Trascorsi x secondi" e poi un tempo breve, tipo 0.5 secondi). Date poi OK per chiudere la finestra.
- Attivate (col tasto "Uscita", fig. 31) la finestra del generatore di funzione, che vi apparirà come in fig. 33, in basso. Non compare il simbolo Power Amplifier che avete visto in fig. 32 in quanto non avete selezionato come sensore il Power Amplifier.
- Impostate una funzione sinusoidale, con ampiezza 1.5 V e frequenza bassa (10 ~ 25 Hz), semplicemente cliccando sui valori ed editando quelli desiderati. La sinusoidale è la forma d'onda di default, ma comunque per selezionarla basta premere l'apposito bottone.
- Accendete il generatore (tasto "On").
- Registrate i dati (Alt+R). La registrazione termina da sola dopo qualche istante, come da voi impostato (mezzo secondo, nell'esempio).
- Spegnete il generatore (tasto "Off")

Quello che avete fatto può forse sembrarvi un po' strano - in effetti avete raccolto dati senza collegare alcun sensore - ma è in linea con quanto detto prima. L'interfaccia, in pratica, ha lavorato prendendo i dati da un "quarto canale", che è simboleggiato dal connettore "OUT" che si vede in fig. 31. Provate infatti a trascinare l'icona grafico su quel connettore e, quando la rilascerete, vedrete apparire un grafico simile a quello che si vede in fig. 33 in alto. Osservatelo bene. Vedrete che la grandezza in ordinata è proprio "OUT" (output Volt). Lo vedete dal simbolo e dall'etichetta dell'asse. Il grafico rappresenta un'onda sinusoidale che ha le caratteristiche da voi impostate (frequenza ed ampiezza). Provate, per esempio, ad utilizzare lo smart cursor per vedere quanto distano, temporalmente, due massimi. Facendo l'inverso di questo tempo, dovrete ottenere la frequenza che avete impostato. Torna?



Non dovete stupirvi se notate piccoli errori o "sbavature" nella forma d'onda. Ciò accade perché la funzione non è generata *matematicamente* come in software di simulazione. In questo caso, infatti, sarebbe assolutamente perfetta. All'interno della "700" o "750" si trova un vero generatore di funzioni, il cui output viene misurato *realmente* dall'interfaccia, come se venisse dall'esterno. Perciò, anche senza sensori, *effettuate una vera misura, e non una simulazione*. Del resto il generatore di funzione deve esserci, per pilotare realmente il Power Amplifier!

Se effettuate diverse raccolte e poi le visualizzate su uno stesso grafico, come in fig. 34, vedrete che non vanno a coincidere, ma che hanno una fase casuale tra loro. Ciò accade perché avete attivato il generatore di funzione semplicemente col tasto "On" e, da quel momento, esso ha funzionato alla frequenza impostata, incurante del momento in cui voi avete cominciato la raccolta dati. Se provate a rifare l'esperimento utilizzando però il pulsante "Auto" del generatore vedrete che le varie raccolte dati saranno in fase tra loro, in quanto il generatore "si accende" quando la raccolta comincia (noterete che parte da un minimo). In alternativa, per ottenere un effetto simile, potete attivare il generatore di funzioni col tasto On, ma utilizzare come condizione di inizio raccolta (dalla finestra Opzioni di campionamento) una condizione di inizio raccolta sul canale di output e porre, per esempio, 1 Volt in salita come soglia. Allora tutte le raccolte dati cominceranno in un punto in cui l'output del generatore di funzioni vale 1 V e sta salendo.

La generazione di funzioni anche senza Power Amplifier è comoda per creare funzioni di controllo, da confrontare o combinare poi con dati raccolti, che possono essere dei tipi più disparati. Un interessante esperimento in cui può tornare utile questa metodologia è raccogliere con un sensore di suono l'onda generata da un diapason abbastanza "grave", per esempio a 150 Hz, e plottarla in funzione di una onda generata dall'interfaccia con frequenze di 75, 225, 200, 300 Hz. Dati i rapporti semplici tra le frequenze (2:1, 2:3, 3:4 e 1:2 rispettivamente, in questo esempio) si creano delle interessanti figure di Lissajous.

Lo strumento Oscilloscopio

Science Workshop, sfruttando la possibilità di campionamento veloce o velocissimo, può agire come un oscilloscopio digitale a tre tracce, con memoria. Le tre tracce appaiono una verde, una rossa e una blu. Non è un oscilloscopio "eccezionale" in senso assoluto, arrivando al massimo a 0.2 ms/divisione come risoluzione temporale, ma viene incontro alle necessità dell'oscilloscopio per il laboratorio di fisica, dove in genere non si lavora con frequenze elevate. Vedete una finestra oscilloscopio con evidenziati i suoi controlli in fig. 35.

Lo "strumento oscilloscopio" funziona in modo leggermente diverso dalle altre forme di visualizzazione dei dati che abbiamo incontrato sinora. Le differenze sono:

- Mentre in un grafico, o in un *Digitale* possono essere visualizzate anche grandezze derivate (velocità, quantità di moto, ecc.), l'oscilloscopio può mostrare solo *tensioni* in funzione del tempo (oppure tensioni in funzione di tensioni).
- L'oscilloscopio, grazie alle tre tracce, può mostrare l'input di uno, due o tre canali *contemporaneamente* (uno dei quali può essere il segnale prodotto dal generatore interno dell'interfaccia).
- La frequenza di campionamento che si regola dalla finestra "Opzioni di campionamento" viene ignorata. L'oscilloscopio ha una sua regolazione della cadenza di campionamento (i tasti "comandi scala orizzontale" visibili in fig. 35). Questa regolazione ha la precedenza su quella impostata dalla finestra "Opzioni di campionamento". Se è attivo uno strumento oscilloscopio, l'ascensore orizzontale per la regolazione scompare e tutti i canali attivi si adattano alla frequenza dell'oscilloscopio.

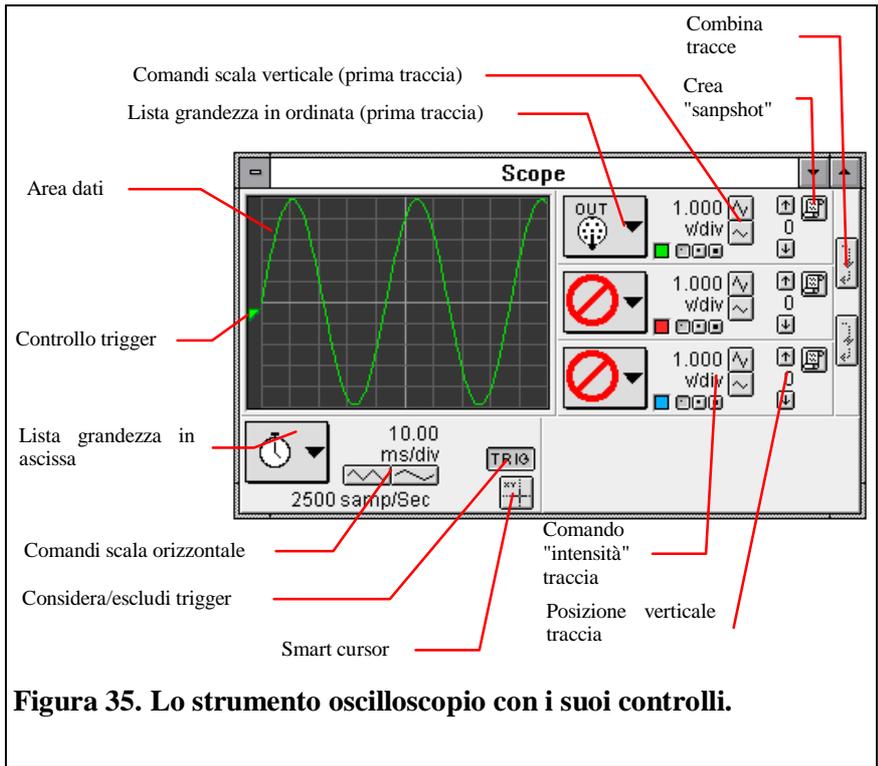


Figura 35. Lo strumento oscilloscopio con i suoi controlli.

Inoltre tenete presente anche che:

- Si possono aprire più finestre oscilloscopio contemporaneamente.
- La finestra oscilloscopio è ridimensionabile trascinandone il bordo.
- Soprattutto, l'oscilloscopio va usato per osservare "le cose giuste"! Esso è uno strumento potente e flessibile, che si presta però solo all'analisi di certi tipi di segnali. Può coprire "ragionevolmente" eventi che durino da 1 ms fino a circa 10 s.
- Se si attiva l'oscilloscopio usando una "500", essa

"legge" rapidamente e poi invia i dati via porta seriale. In pratica l'oscilloscopio diviene una serie di immagini (3/4 al secondo, con un computer veloce) ma possono andare perduti eventi che abbiano una durata molto breve.

Per avere un'onda da visualizzare, come primo tentativo, utilizzerete il generatore di segnali che avete appena visto, impostando una sinusoide di 5 V di ampiezza, con una frequenza bassa (20~30 Hz). Ricordate che per impostare i valori desiderati basta cliccare su quelli correnti e poi editarli. Accendete poi il generatore col suo tasto "On".

Per attivare l'oscilloscopio, come già visto per un *Digitale* o per un grafico, basta trascinarne l'icona sul canale desiderato. Nel vostro caso "lasciate cadere" l'icona "Scopio" sul simbolo del connettore "OUT", azione evidenziata in fig. 36. Una volta apparsa la finestra oscilloscopio, la attiverete utilizzando la modalità "Monitor" del software, cioè mostrando i dati senza che vengano registrati.(tasto "Mon" tra i tasti tipo registratore, o con la combinazione di tasti Alt+M).

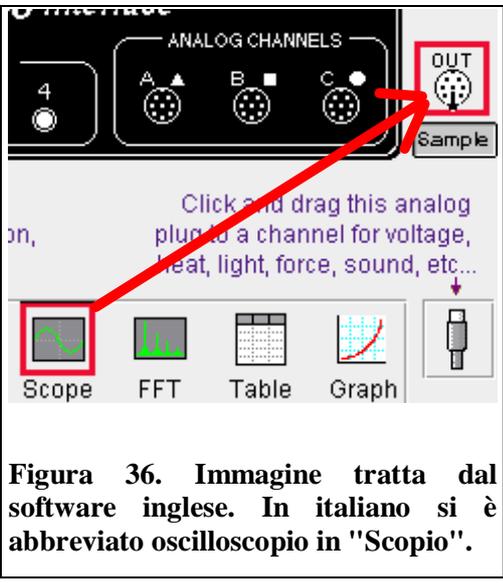


Figura 36. Immagine tratta dal software inglese. In italiano si è abbreviato oscilloscopio in "Scopio".

Sull'oscilloscopio disattivate il trigger se è attivo (tasto "TRIG (considera/escludi trigger)", vedi fig. 35). Subito apparirà sull'oscilloscopio un'onda tipo quella di fig. 35. Tenendo visualizzate assieme le finestre oscilloscopio e generatore di segnale potete studiarle entrambe. Impraticatevi un po' con i vari controlli ed osservatene l'effetto. Provate le varie opzioni sia del generatore che dell'oscilloscopio. Facendo doppio clic ovunque nell'area "schermo" dell'oscilloscopio, vi apparirà la sua finestra di setup, dove potete decidere, oltre al "titolo" della finestra, anche il valore di trigger, e se deve essere considerato quando la funzione è "in salita" o "in discesa". Il segnalino "controllo trigger" (fig. 35) varierà di conseguenza di

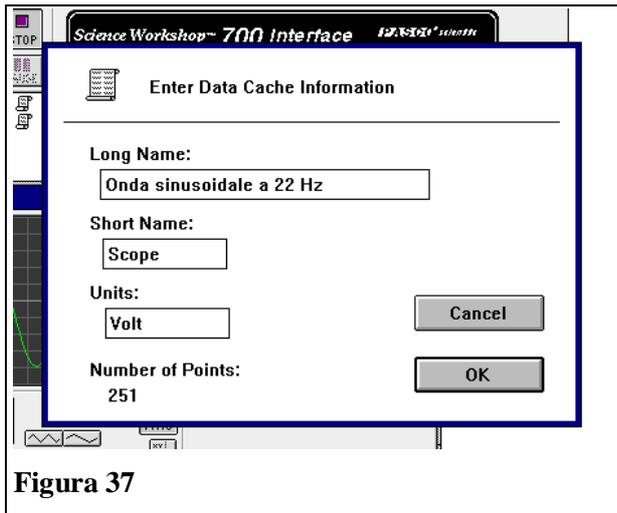


Figura 37

posizione e di forma (punta in alto o in basso secondo che il trigger sia su segnale in salita o in discesa).

In linea di massima i comandi dell'oscilloscopio di Science Workshop ricalcano quelli di un oscilloscopio tradizionale (variazione di scale e di tempi, posizione traccia, ecc.). Tenete presente però che:

- I comandi intensità traccia, posizione traccia, crea "snapshot" e la lista per la grandezza in ordinata sono replicati per le tre tracce, e agiscono indipendentemente per le varie tracce.
- Alcuni comandi non sono attivabili mentre

l'oscilloscopio è "in funzione" (per esempio si può variare la posizione di una traccia ma non disattivarne una). Se si tenta un'azione "proibita", il computer segnala con un suono che è necessario prima "fermare" l'oscilloscopio con Alt+[punto], impostare il parametro come desiderato, e riattivare il monitoraggio dei dati (con Alt+M).

- Lo smart cursor dell'oscilloscopio agisce esattamente come quello del grafico (dà la lettura dei valori sui due assi e ha la modalità "differenziale"). Quando lo si attiva, l'immagine sull'oscilloscopio viene "congelata".
- Il pulsante "combina tracce" fa sì che i valori delle due tracce interessate vengano sommati, e proposti col colore della traccia "sopra" tra le due combinate. Combinando le prime due tracce (verde e rossa) la "traccia somma" è verde, mentre combinando la II° e la III° traccia (rossa e blu) la somma è rappresentata con la traccia rossa.

Molto interessante è la funzione di "snapshot" (letteralmente, foto istantanea). Cliccando sull'apposito pulsantino, attivabile quando l'oscilloscopio è stato fermato con Alt+[punto], appare la finestra che si vede in fig. 37. Vengono richiesti un "nome lungo" per identificare il set di dati e l'unità di misura (entrambi questi parametri sono comunque opzionali). Quando si clicca OK, i dati che sono in quel momento "congelati" sulla finestra oscilloscopio vengono trasferiti in un buffer interno del programma, e divengono da quel momento disponibili per farne grafici o tabelle, come se si trattasse di dati raccolti normalmente da un canale analogico. In fig. 38 si vede appunto un grafico, nella cui lista per la grandezza in ordinata appare "Data cache... Onda sinusoidale a 22 Hz", che è il "nome lungo" scelto per identificare lo snapshot al momento in cui lo si è creato. Se si effettuano più snapshot, nella lista del grafico (o della tabella) apparirà sempre una riga "data cache" ("dati conservati"), il cui submenu si allungherà mano a mano. Notate che in fig. 38 è già visualizzato il grafico che viene dal data cache.

L'opzione Snapshot permette quindi di studiare una schermata dell'oscilloscopio che risulta di particolare interesse per l'esperimento in corso, sfruttando le possibilità di analisi offerte dal grafico; oppure è possibile presentare gli stessi dati in forma tabellare (lo strumento tabella viene descritto poco più avanti).

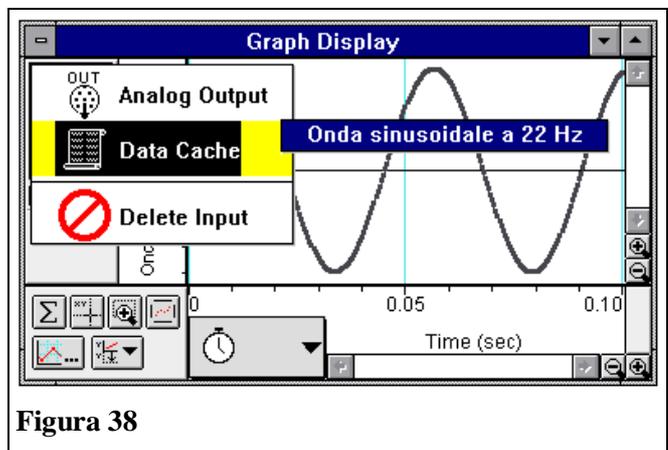


Figura 38

Quando in una finestra oscilloscopio, anziché il tempo, ponete in ascissa una tensione che entra da uno dei canali d'ingresso analogici dell'interfaccia, (tramite la "solita" lista, evidenziata in fig. 35) i comandi dell'asse X cambiano aspetto, ed appaiono come in fig. 39. L'uso di questi nuovi controlli è banale; la posizione orizzontale agisce in modo del tutto analogo all'offset verticale delle tre tracce, mentre appaiono due tastini "+" e "-" per variare la frequenza di campionamento (mentre i due tasti adibiti prima a questo scopo controllano ora quanti Volt/divisione ci sono in ascissa, come specificato in fig. 39). Diviene possibile anche creare uno snapshot dei dati in ascissa; questa funzione agisce come quella appena vista per una delle tracce.

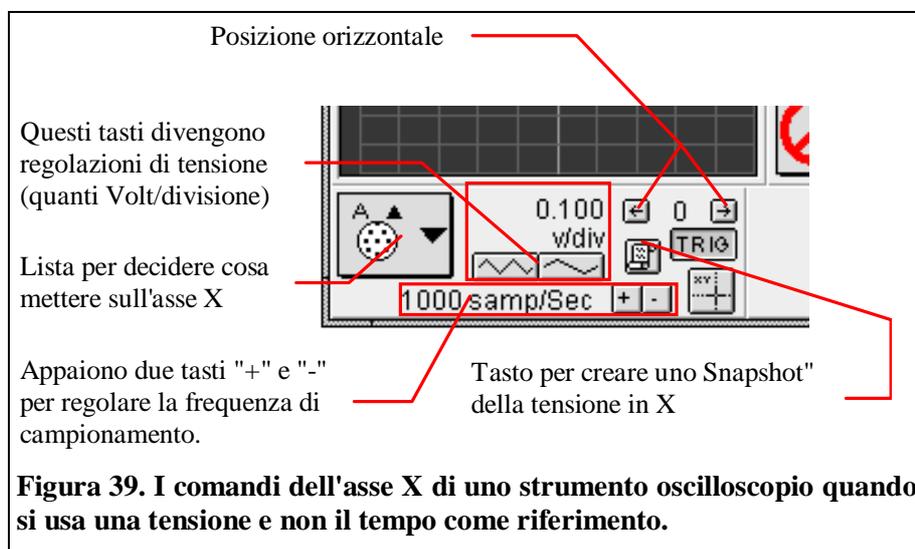


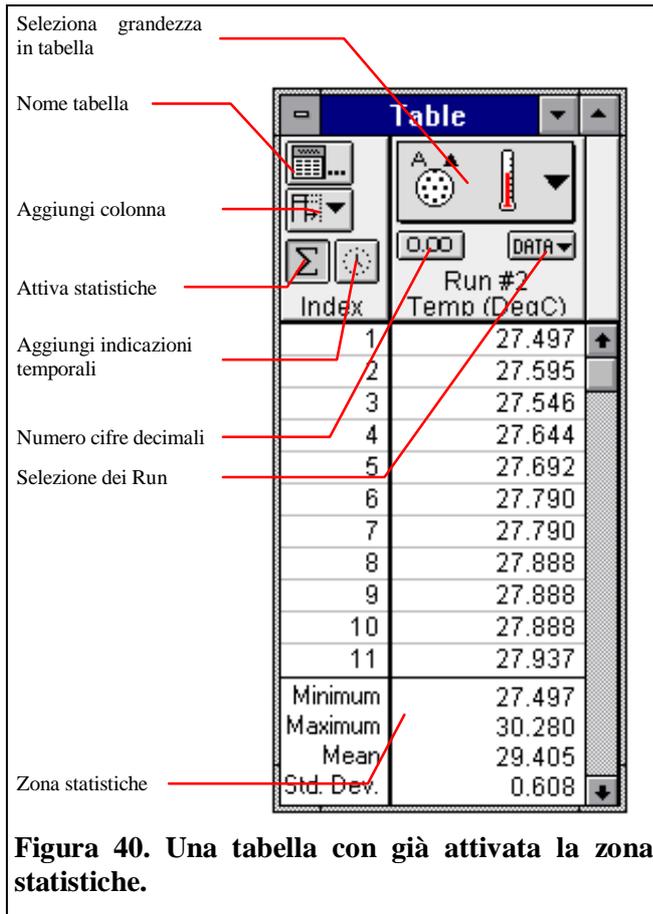
Figura 39. I comandi dell'asse X di uno strumento oscilloscopio quando si usa una tensione e non il tempo come riferimento.

Il setup delle tabelle

Avete già lavorato con le tabelle nel capitolo "altri metodi di presentazione dei dati". Ora le rivedremo con maggior dettaglio, riferendoci in particolar modo al loro setup.

Per creare una tabella su cui impraticarvi, effettuate una rapida misura di temperatura, tipo quella descritta nel capitolo "la prima misura"; una volta terminata la raccolta (bastano qualche decina di punti) trascinate l'icona Tabella su quella del termometro, e vi apparirà una tabella simile a quella che vedete in fig. 40 (a parte il fatto che la vostra non avrà, in fondo, la zona statistiche). I controlli che si trovano in alto nella tabella hanno le identiche funzioni dei "cugini" già visti per altri metodi di presentazione dei dati (*Digitali*, grafici, ecc.). In particolare:

- Il pulsante "nome tabella" permette di variare il nome di default della tabella (che altrimenti è Tabella, Tabella2, Tabella3...); ciò è comodo quando si iconizzano diverse tabelle; dare dei nomi significativi rende più facile raggiungere i dati che interessano.
- La lista "aggiungi colonna" riporta tutte le grandezze che sono state raccolte durante quell'esperimento (se avete collegato solo un termometro, avrete temperatura e input volt). Scelta la nuova grandezza, la tabella viene ridisegnata con due o più colonne. Provate, magari raccogliendo più grandezze durante lo stesso esperimento, come avete già fatto nel capitolo "Un esperimento più sofisticato".
- Il pulsante "attiva statistiche" fa apparire o toglie la zona statistiche che si vede in basso in fig. 40. In questa zona viene riportato, colonna per colonna, valore minimo, medio, massimo e deviazione standard della grandezza che appare in quella colonna.
- Il pulsante "aggiungi indicazioni temporali", sul quale è disegnato un orologio, modifica il corpo della tabella come si vede in fig. 41. Oltre a "index" - che è un semplice numero sequenziale, cioè l'ordine in cui i dati sono stati raccolti - appare anche un riferimento temporale (t1, t2, t3...) e, accanto a ciascun dato, compare dopo quanti secondi dall'inizio della raccolta quel dato è stato memorizzato. Per esempio, sempre in fig. 41 si vede che la frequenza di campionamento era di dieci punti per secondo; infatti il primo punto della raccolta è stato preso

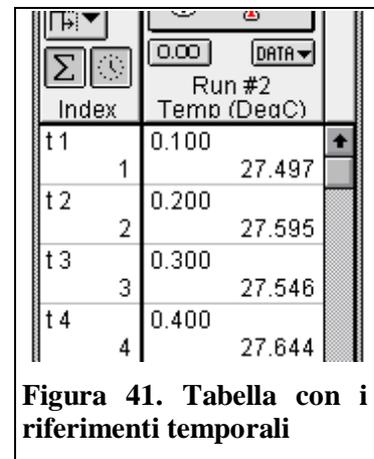


dopo 0.1 secondi, il secondo dopo 0.2, e così via. Questa opzione, ovviamente, ha senso soprattutto quando l'intervallo di campionamento è tale da non rendere immediata la proporzione tra tempi di raccolta e numero di punti.

- Il pulsante "numero cifre decimali" permette di decidere quanti decimali visualizzare sulla tabella (colonna per colonna). Vale il solito discorso, e cioè che bisognerebbe agire in funzione della sensibilità del sensore che si sta usando (un decimale il termometro, due o tre per il sensore di distanza, quattro per le tempificazioni).
- La lista "Data" agisce identicamente a quella vista sui grafici, e permette di decidere quale "Run" (raccolta dati) visualizzare, se ne sono state fatte diverse.
- La lista "Seleziona grandezza in tabella", infine, permette di decidere quale grandezza visualizzare, in quella colonna, tra quelle raccolte. Scegliere "Elimina Input" da questa lista fa scomparire la colonna di dati. Questo controllo agisce identicamente a quello che appare sui grafici.

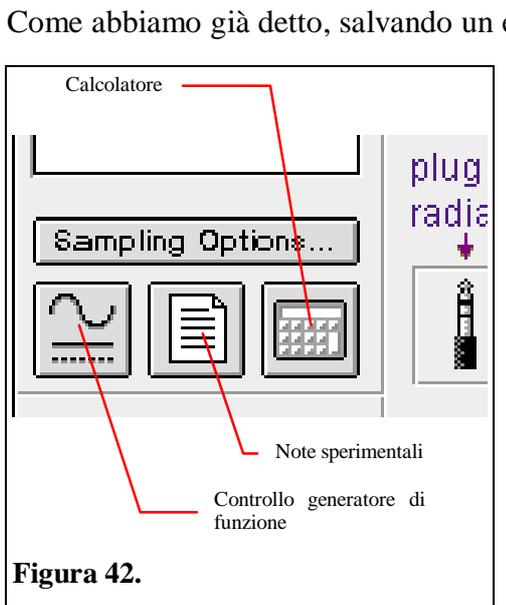
Una parte di una tabella può essere selezionata semplicemente trascinandoci sopra col mouse (la tabella scorre, se necessario). Se è contemporaneamente visualizzato il grafico di quella grandezza, anche sul grafico la parte di dati selezionata viene evidenziata in colore. Potete "deselezionare" cliccando nella zona in alto a sinistra dove ci sono i vari pulsanti, ma fuori da un pulsante.

Se, mentre una tabella è selezionata (in tutta o in parte) si sceglie Copia dal menu Edit, la tabella (o la sua parte) passa negli appunti di Windows, da cui può essere incollata in un foglio elettronico tipo Excel.



ATTENZIONE!!! Nel caso si effettui questa operazione di copia verso un foglio elettronico, bisogna tenere presente che Science Workshop lavora con i numeri utilizzando come separatore decimale il punto. Affinché i dati vengano accettati dal foglio elettronico è quindi *necessario* che quest'ultimo lavori secondo la stessa convenzione. Alcuni fogli elettronici hanno tra le loro opzioni quella per variare il carattere che fa da separatore decimale, altri (tra cui Excel) si rifanno alla configurazione del sistema operativo. Si veda "Esportare dati verso un foglio elettronico nel capitolo "Funzioni avanzate".

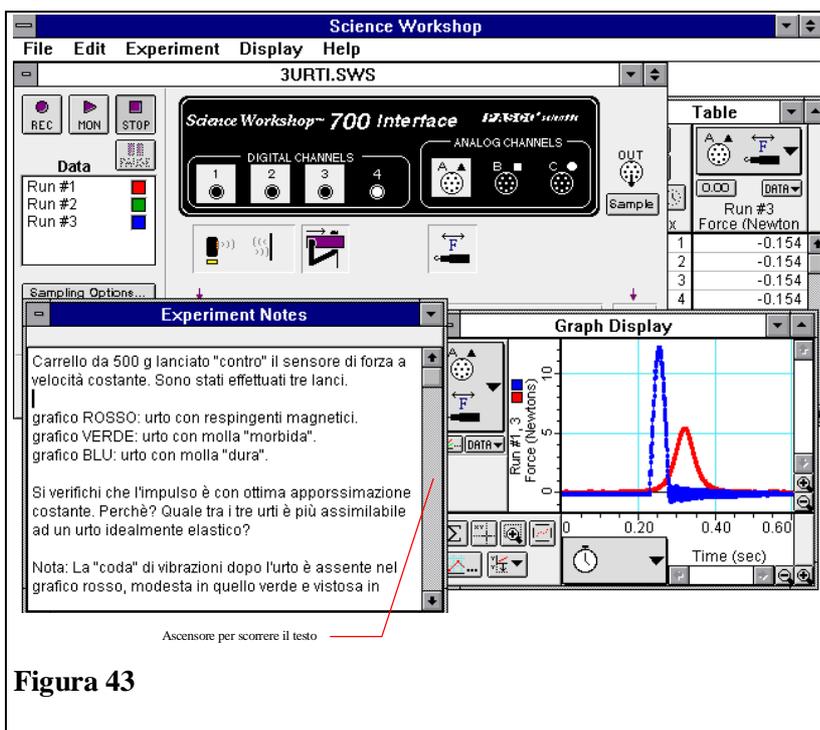
Le note sperimentali



Come abbiamo già detto, salvando un esperimento effettuato con Science Workshop, si salvano non solo tutti i dati raccolti sino a quel momento, ma anche il setup dell'interfaccia, che diviene così recuperabile istantaneamente quando un domani si volesse effettuare lo stesso esperimento. Risulta in questo caso molto utile "lasciarsi un appunto" all'interno del file .SWS stesso, cosa resa possibile dalla finestra "Note sperimentali". Questa finestra non è altro che un piccolo word processor, dove si possono scrivere sino a 32K di testo (anche incollandolo dagli appunti). Si accede alla finestra delle note con l'apposito tasto, evidenziato in fig. 42. Durante la scrittura, sono attivi tutti i comandi di editing di Windows. Si seleziona con Shift e frecce, Ctrl+X taglia, Shift+Ins incolla, Ctrl+C copia, ecc. Gli altri due tasti di questo gruppo portano in primo piano la finestra del generatore di funzione, di cui abbiamo già parlato, e quella del calcolatore, che vedremo nel prossimo paragrafo.

Le occasioni di uso delle note sperimentali sono molteplici. Sia per lasciare un'annotazione "personale" (per esempio sotto-lineando che in un dato esperimento risulta critico un certo parametro), sia per lasciare un messaggio ad altri, che magari devono eseguire l'esperimento in vostra assenza. In fig. 43, per esempio, vedete come può apparire lo schermo di Science Workshop appena si carica un file .SWS che comprende anche le note sperimentali. Se presenti, esse attirano subito l'attenzione di chi sta usando il programma, e aiutano ad avere una visione immediata di quali dati sono stati raccolti e come, quale è lo scopo dell'esperimento, ecc.

La finestra di note sperimentali può essere ridimensionata a piacere. Il testo si scorre, ovviamente, con l'ascensore verticale sulla destra della finestra stessa.

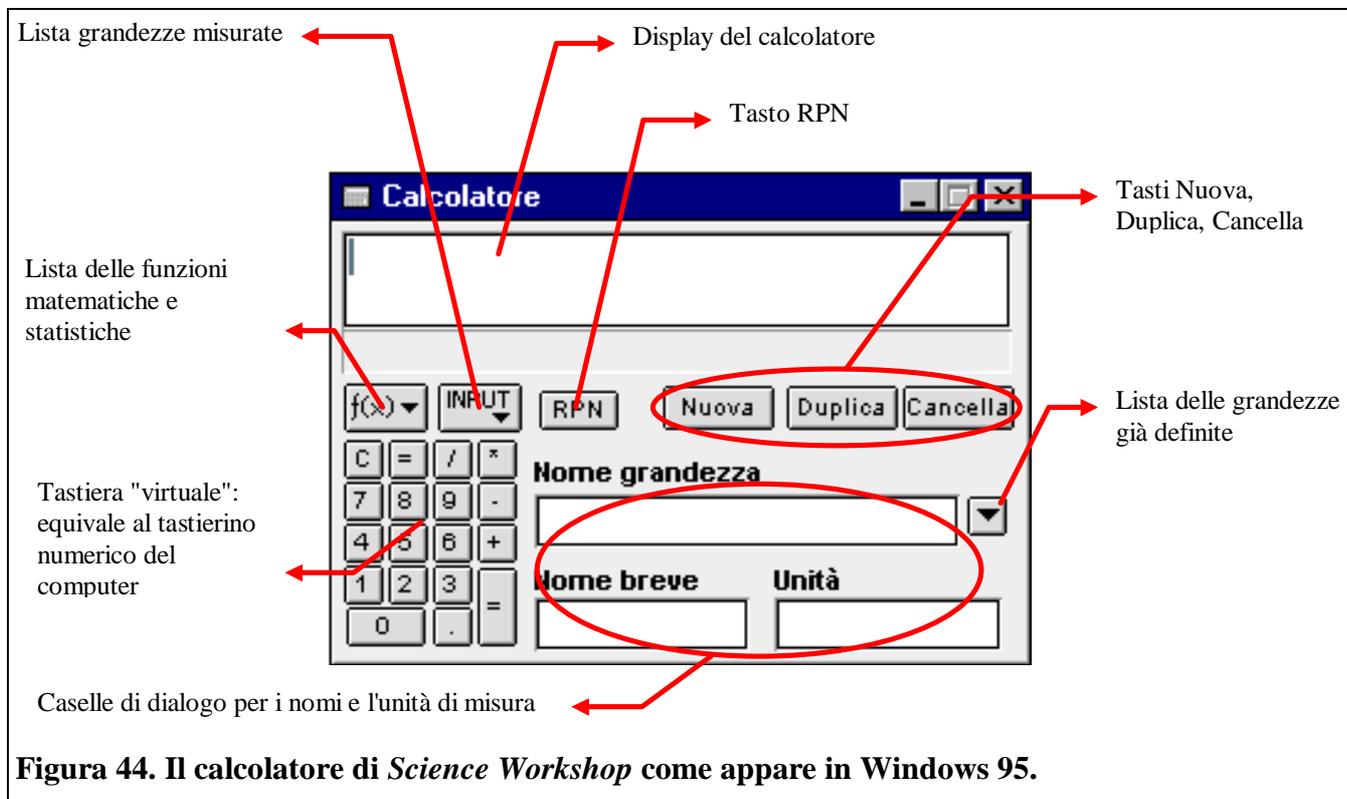


Il calcolatore

Il calcolatore è forse il tool (letteralmente, "utensile") più potente di Science Workshop. Esso permette di ricavare nuove grandezze da quelle misurate, dando la possibilità di applicare funzioni matematiche alle grandezze rilevate, o anche tra le varie grandezze. Il suo uso spazia da applicazioni molto "elementari" (per esempio far rappresentare in gradi Kelvin o Fahrenheit una temperatura, che l'interfaccia normalmente riporta in Celsius), o portare a risultati "complessi" ma di sicuro interesse; ad esempio può essere utilizzato per elaborare un grafico

dell'energia cinetica totale di due carrelli che si urtano; l'interfaccia ne misura le posizioni, da queste

ricava le velocità, ed il calcolatore ottiene le energie cinetiche. Ovviamente l'utente, definendo le grandezze "energia cinetica I° carrello" e "energia cinetica II° carrello" avrà inserito le masse dei carrelli, esprimendole con un numero appropriato, in funzione del sistema di unità di misura che sta usando in quel momento. Science Workshop lavora in MKS, perciò la massa di un carrello, andando espressa in chilogrammi, sarà di solito un numero piccolo, spesso inferiore a uno.



Ricordiamo che, anche senza aver mai usato il calcolatore, avete già visto l'uso di grandezze *derivate* da quelle effettivamente misurate dai trasduttori. Quello di distanza, per esempio, ha già definite (in inglese "built-in", che letteralmente significa "costruite dentro") le grandezze velocità ed accelerazione, mentre ciò che viene effettivamente misurato è solo la distanza (ed ovviamente il tempo che intercorre tra le varie misure). Semplicemente, qui la funzione è già stata definita per voi e "collegata" permanentemente al sensore. Il calcolatore vi consente di farlo per conto vostro, e con qualsiasi sensore.

Per attivare il calcolatore, basta cliccare sull'apposito pulsante, visibile in fig. 42, oppure richiamarlo dal menu Experiment. Vi appare, ovviamente, la sua finestra, pronta per impostare una nuova grandezza, e col cursore lampeggiante nella prima riga del suo "schermo". Esaminiamo la finestra in dettaglio, poi faremo qualche esempio.

- La tastierina numerica può essere utilizzata per inserire le formule e i numeri; le sue stesse funzioni sono assolve anche dal tastierino numerico del computer, che è anche più comodo! E' stata messa giusto per chi preferisce usare il mouse.
- La lista f(x) dà accesso alle varie funzioni matematiche, statistiche e "speciali" che il tool calcolatore offre. Per esempio, se volete ottenere il coseno di un angolo misurato con il sensore di posizione angolare, la funzione coseno la trovate da qui. Vedremo poi la lista dettagliata.
- La lista Input dà accesso alle grandezze che sono state misurate. Appare come le liste "seleziona grandezza" del grafico, delle tabelle, ecc.

- Il tasto RPN permette di inserire formule complesse in notazione polacca inversa (nell'ordine operando(i)/operatore), anziché con la notazione normale operando/operatore/operando, sistema ben noto a chi utilizza alcuni tipi di calcolatrici programmabili. Esso converte anche le formule già inserite. Se non siete pratici con l'RPN, ignorate questo bottone.
- La lista "Grandezze già definite" permette ovviamente di far apparire sul calcolatore una delle grandezze già definite, per modificarla o duplicarla (col tasto Duplica) per crearne una nuova.
- Il tasto "Duplica" consente di creare una nuova definizione di grandezza, copiandola da quella attualmente visualizzata. Se la grandezza, per esempio, si chiama "Energia Cinetica", premere Duplica crea la grandezza "Energia Cinetica Copia", definita allo stesso modo e con la stessa unità di misura. Provvederà poi l'utente a modificarla secondo le proprie necessità.
- Il tasto "Nuova" cancella il contenuto attuale del calcolatore e lo predispose per la definizione di una nuova grandezza, ma senza toccare i calcoli già definiti.
- Il tasto "Cancella" rimuove dalla lista delle grandezze definite quella attualmente visualizzata. Quella da cancellare va scelta tramite la lista "Grandezze già definite".
- Le caselle di dialogo per l'inserimento del nome, del nome breve e dell'unità di misura (Nome grandezza, Nome breve e Unità) servono a identificare la grandezza. Le prime due vanno riempite obbligatoriamente, la terza è opzionale (quanto viene inserito come "Unità (sottinteso di misura)" viene utilizzato da Science Workshop solo come "etichetta" degli assi del grafico, ecc.). Il programma non effettua alcun controllo su questo input, e lo usa come digitato dall'utente. Non deve stupire che siano richiesti due nomi per ogni definizione. Quello "lungo" deve essere chiaro per l'utente; quello "corto" servirà per riutilizzare la grandezza calcolata nella definizione di un'altra grandezza ancora. Per esempio, se nell'esperimento del "solito" urto definiamo "Energia cinetica I° carrello" e "Energia cinetica II° carrello" e come nomi brevi utilizziamo "T1" e "T2", basterà poi, per definire l'energia cinetica totale del sistema, scrivere nel display del calcolatore "T1+T2".

Sono necessari tre passi per creare una nuova grandezza:

1. Se ne digita l'espressione matematica, utilizzando le funzioni offerte dalla lista $f(x)$ e l'elenco delle grandezze effettivamente misurate dall'interfaccia, lista cui si accede col bottone "Input".
2. Si digitano il nome "lungo" (che, ricordiamo, deve essere chiaro per voi) nella casella "Nome grandezza", il nome "corto" nella casella "Nome breve", e le unità di misura nella casella Unità (per esempio $\text{Kg}\cdot\text{m/s}$, o J, o W, o $1/\text{rad}^2\dots$).
3. Premete [Enter]. A questo punto potete iconizzare il calcolatore, ed utilizzare la nuova grandezza che avete appena definito, sia per analizzare dati già raccolti che per visualizzare tabelle, grafici o altri strumenti di visualizzazione sia in tempo reale che differito.

Come al solito, abbiamo bisogno di qualche dato su cui lavorare; tanto per cambiare, effettuate la "solita" raccolta di temperatura, dieci punti al secondo per una trentina di secondi, scaldando il sensore con le mani e raffreddandolo magari in un bicchiere di acqua. Vi risulterà un grafico tipo quello riportato in fig. 7.

Richiamate ora il calcolatore. Supponiamo vogliate definire la grandezza "Temperatura in gradi Fahrenheit". La formula per convertire da Celsius è $F=C*9/5+32$. Quindi:

1. Dalla lista "Input" scegliete "Analogico A - Temp".
2. Sul display del calcolatore appare "@A.Temp". Non preoccupatevi di questa notazione, non è necessario che sappiate leggerla (anche se apparirà non nuova per chi conosce un po' di programmazione ad oggetti); essa, comunque, significa "il valore della temperatura misurata dal canale analogico A".

3. Scrivete di seguito a "@A.Temp", nel display del calcolatore, "*9/5+32", cioè il resto della formula di conversione, col tastierino "virtuale" o con quello vero. Così facendo avete "detto" al calcolatore che la vostra nuova grandezza (la temperatura in Fahrenheit) è calcolata come la temperatura in Celsius moltiplicata per 9/5 più 32. NON premete [Enter], per ora.
4. Battuto l'ultimo carattere (il "2" di "32"), premendo Tab il cursore passa nella casella "Nome grandezza" (in alternativa, o per correggere successivamente, potete semplicemente cliccare sulla casella per "dire" al programma che volete editarne il contenuto). Digitate qualcosa che sia chiaro per voi, per esempio "Temperatura in °F".
5. Ancora Tab e il cursore va sulla casella "Nome breve"; potreste inserire, per esempio, "Tf".
6. Ancora Tab e il cursore va sulla casella "Unità"; inserite "°F" o "gradi F".
7. Premete [Enter] e poi minimizzate il calcolatore.

Notate che se premete [Enter] dopo aver inserito la formula o uno dei nomi, il calcolatore dà un messaggio di errore, segnalandovi che nome lungo e nome breve della grandezza non possono essere vuoti. Il tasto [Enter], infatti, serve per segnalare al calcolatore che si è terminato di digitare *tutto* quello che riguarda la grandezza. Per passare da una casella all'altra, si usa Tab oppure si clicca nella casella di ciò che si desidera editare.

Giunti al termine di tutte queste operazioni, cosa avete ottenuto? Semplicemente, d'ora in poi, avrete a disposizione (in *quell'esperimento* e, se lo salvate, nel relativo file .SWS) una nuova grandezza. In tutte le liste del tipo "grandezza visualizzata" (nei grafici, nelle tabelle, nei *Digitali*, ecc.) apparirà ora una sottolista col simbolo del calcolatore, da cui potrete accedere alle varie grandezze che avete definito. Provate, per esempio, ad aggiungere al vostro grafico di temperatura un nuovo grafico della grandezza "Temperatura in Fahrenheit"; avrà la stessa forma, ovviamente, ma sarà correttamente scalato in gradi Fahrenheit.

Gli usi cui si presta il calcolatore sono innumerevoli. Per esempio, nell'esperimento citato all'inizio del capitolo "Un esperimento più sofisticato" si potrebbe misurare quale è la posizione a riposo della massa (poniamo sia 83 cm). Definendo allora una grandezza "Posizione - 83 cm" si ha una misura del moto centrata sullo "zero" del punto di equilibrio, il che può essere utile in molte occasioni.

Per usare bene il calcolatore è bene conoscere le varie funzioni accessibili dalla lista f(x). Si dividono in tre gruppi; standard, statistiche e "speciali". Vediamole:

ATTENZIONE. Le funzioni dei tre gruppi richiedono spesso uno o più parametri. Per esempio, l'esponenziale $\exp(x)$, quando viene invocata, appare come " $\exp(x)$ " con la x selezionata. A questa selezione va sostituito un qualcosa (un numero o una grandezza misurata) che diverrà l'argomento della funzione. Per esempio $\exp(3)$ oppure $\exp(@A.Temp)$. Ovviamente, in questo secondo caso, si sceglie dall'apposita lista. Per avere un logaritmo di una pressione misurata dal canale B, si sceglie dalla lista f(x) " $\ln(x)$ " che quando compare ha la " x " selezionata. Se dalla lista Input si sceglie "pressione dall'analogico B" ci pensa Science Workshop a scrivere correttamente la formula.

Le funzioni "standard" sono per lo più funzioni matematiche ben note. Esse sono:

- $\sin(x)$ riporta il seno dell'argomento x , che va espresso in radianti.
- $\cos(x)$ riporta il coseno dell'argomento x , che va espresso in radianti.
- $\tan(x)$ riporta la tangente dell'argomento x , che va espresso in radianti.
- $\exp(x)$ riporta il valore di e^x .
- $\ln(x)$ riporta il logaritmo naturale di x .
- $\log(x)$ riporta il logaritmo in base 10 di x .

- $\text{sqrt}(x)$ riporta la radice quadrata di x .
- $\text{pow}(n,x)$ riporta x^n . n ed x vanno inseriti, eventualmente editando la formula "a mano".
- $\text{abs}(x)$ riporta il valore assoluto di x .
- pi vale π (3.14159...). Si usa più che altro per convertire tra gradi e radianti.

(Ricordiamo che per convertire da gradi a radianti bisogna moltiplicare per π e dividere per 180. Per convertire da radianti a gradi, dividere per π e moltiplicare per 180).

Le funzioni statistiche si usano soprattutto per i grafici. Sono:

- $\text{min}(x)$ riporta (per ogni punto della grandezza x) il valore minimo trovato dall'inizio della raccolta sino al punto in esame.
- $\text{max}(x)$ riporta (per ogni punto della grandezza x) il valore massimo trovato dalla raccolta sino al punto in esame.
- $\text{avg}(x)$ (average). Riporta (per ogni punto della grandezza x) il valore medio calcolato considerando tutti i punti precedenti e quello in esame.
- $\text{stddev}(x)$ Riporta (per ogni punto della grandezza x) il valore della deviazione standard calcolata su tutti i punti precedenti e quello in esame.
- $\text{count}(x)$ Riporta (per ogni punto della grandezza x) il numero di punti sino a quello in esame nell'ambito della raccolta. E' in pratica un contatore, utile in particolare casi.
- $\text{sum}(x)$ Riporta (per ogni punto della grandezza x) il valore della sommatoria di tutti i valori precedenti, calcolata con tutti i punti precedenti più quello in esame.

Se l'uso di queste funzioni vi pare poco chiaro, provate a creare grandezze fittizie per applicarle alla vostra raccolta di temperatura su cui state conducendo esperimenti.

Le funzioni speciali si utilizzano soprattutto nei grafici. Esse sono:

integral(x) (Dove x è una funzione continua). Riporta il valore dell'area (integrale calcolato numericamente) che sta "sot-to" la

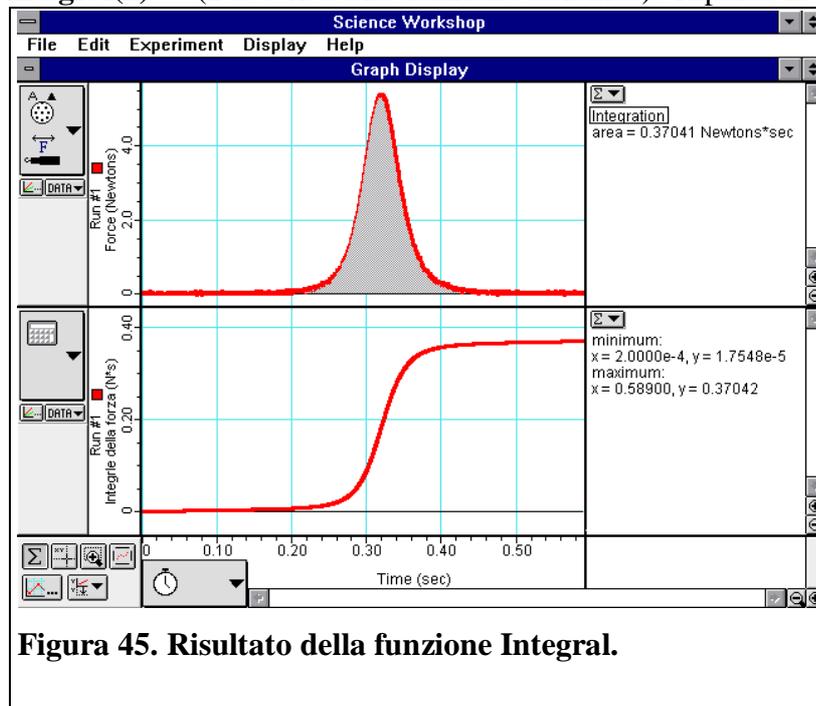


Figura 45. Risultato della funzione Integral.

funzione x , considerandola *sino al punto in esame*. Esso differisce dalla funzione "Integra-le" che si attiva dalle statistiche di un grafico, e che riporta l'area *complessiva*. La differenza dovrebbe essere chiara guardando fig. 45, nella quale sopra è riportato il grafico dell'andamento della forza durante un urto elastico, con la sua "Integrazione". Sotto c'è la funzione "integral" della stessa forza.

Non confondere *l'integrale* con la funzione *integral*. Essa è definibile in quanto la misura è discreta.

Derivative (n,x). Riporta, per ogni punto, il valore del coefficiente angolare della retta definita dal punto in esame e da quello che si trova n punti avanti. Il minimo n è 2, il che dà esattamente la

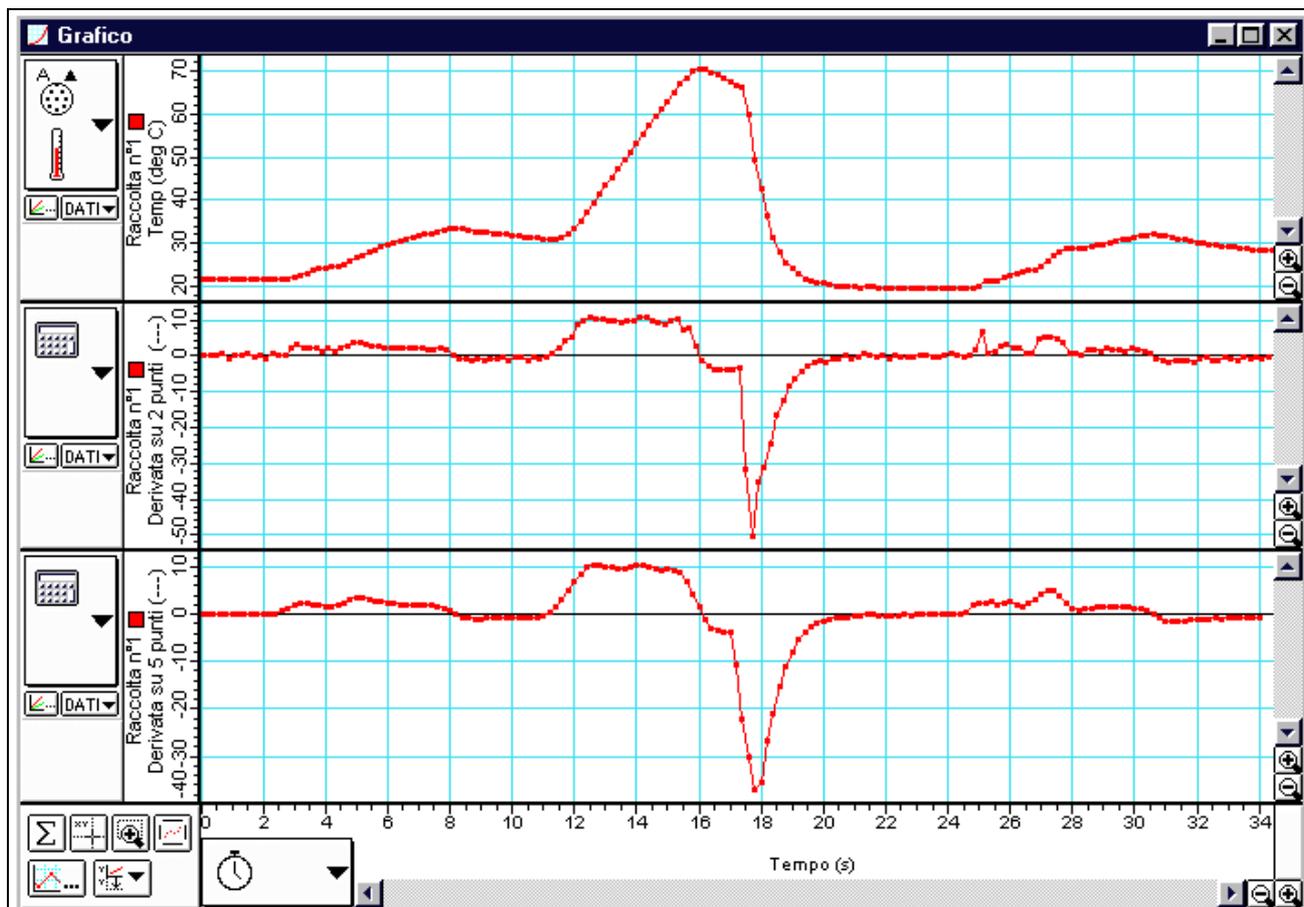


Figura 46. Una raccolta dati di temperatura (in alto), la sua "derivata su due punti" (al centro) e la "derivata su cinque punti" (in basso). Sebbene le derivate abbiano lo stesso andamento, la seconda è certo più gradevole, e riporta "punto per punto" le variazioni della grandezza rappresentata dal grafico superiore.

definizione "analitica" di derivata (con un Δt pari alla cadenza di campionamento). Utilizzare come valore di n 4 o 5 rende le derivate più "morbide", e abbastanza vicine a quello che ci si aspetta (bisogna ricordare che le derivate "crude" di grandezze misurate sono spesso spigolose anche se la misura è eccellente. Basta fare quattro conti per convincersene). In fig. 46 si vede una misura di temperatura, la sua derivata con $n=2$ e la sua derivata con $n=5$. Si noti che usando un sistema di raccolta dati computerizzato, che in genere consente raccolte molto più veloci di quanto sia effettivamente necessario, conviene sfruttare questa velocità per avere molti punti-dato, e quindi anche "derivate" più morbide.

Smooth (n,x) è una funzione importantissima, certo tra le più utili del tool calcolatore. Consente di "ammorbidire" i dati che si presentano male ("spigolosi", o "sporchi") mediando ogni punto-dato con gli n successivi. Si usa soprattutto con il sensore di posizione, che per sua natura può dare dei risultati non gradevoli esteticamente. Similmente a Derivative, Smooth agisce su n punti per la grandezza x , dove n e x vanno scelti dall'utente. In genere a n si sostituisce un numero (di solito tra 3 e 10) mentre x viene sostituita con una grandezza "ricavata" dalla lista Input. In figura 47 si vede una misura "sporcata" da alcuni punti spuri e (sotto) lo stesso grafico "smoothato" (ammorbidito, mediato) su 10 punti. Come si vede la forma generale è conservata ma i punti "sporchi" disturbano

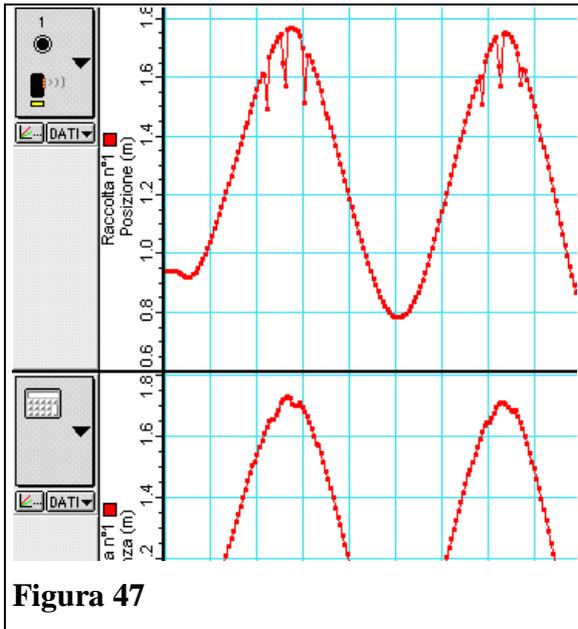


Figura 47

periodiche in generale, ecc.

Last (n,x) dà il valore della grandezza x misurata n punti "indietro" rispetto al punto in esame.

Period (L1,R1,L2,R2,x) determina il periodo di una grandezza che varia ciclicamente, ma è stata conservata solo per compatibilità con vecchie versioni di Science Workshop, in quanto resa obsoleta dalla funzione di FFT e dallo Smart Cursor differenziale.

Lo strumento FFT (Fast Fourier Transform)

Trattiamo per ultimo questo strumento per la visualizzazione dei dati in quanto è senza dubbio quello che richiede maggiori cognizioni matematiche per essere compreso a fondo. Esso è un analizzatore di spettro in tempo reale (oppure in differita, ossia anche dopo la raccolta) e funziona come un qualsiasi altro strumento, per esempio la tabella o il grafico. Basta "attaccarlo" al sensore desiderato. Esso permette di trovare la frequenza fondamentale di fenomeni ciclici (tipicamente si usa per acustica o per circuiti oscillanti).

Se si desidera utilizzarlo in tempo reale è necessario impostare una frequenza di campionamento abbastanza elevata (circa 1 KHz). Se è in uso un'interfaccia "500", essa raccoglierà i dati a "finestre" con periodi ciechi, come descritto per l'oscilloscopio.

Esso funziona in modo molto simile all'oscilloscopio, ed anche molti dei controlli (snap-shot, smart cursor) agiscono allo stesso modo.

Quando attivato, mostra uno spettro (tipo quello visibile in figura 49, che si riferisce ad uno strumento musicale che emette una nota a circa 293Hz). La FFT mostra la frequenza fondamentale e scala il grafico normalizzando rispetto all'intensità della fondamentale stessa, a meno che non si specifichi diversamente nel setup. Il setup della FFT, cui si accede con l'apposito pulsante, consente

molto meno. Un uso saggio della funzione di smooth è importante per un buon uso di Science Workshop, specie col sensore di posizione.

When(x) riporta *quando* (in secondi dall'inizio della raccolta) la grandezza x (che si sceglie come al solito) ha assunto un certo valore. Tale funzione non va ovviamente usata per creare grafici in funzione del tempo, altrimenti degenera in una semplice retta (il tempo scorre linearmente nel tempo...). Come esempio, in fig. 48, vedete lo spazio delle fasi che avete già visto in fig. 22bis, con aggiunto sotto il grafico di **When(velocità)**. Si ha in pratica un asse temporale verticale. Nell'esperimento la velocità variava ciclicamente, e tale andamento risulta evidente dal grafico. La funzione **WHEN** è utile per lo studio di attrattori in moti caotici, funzioni

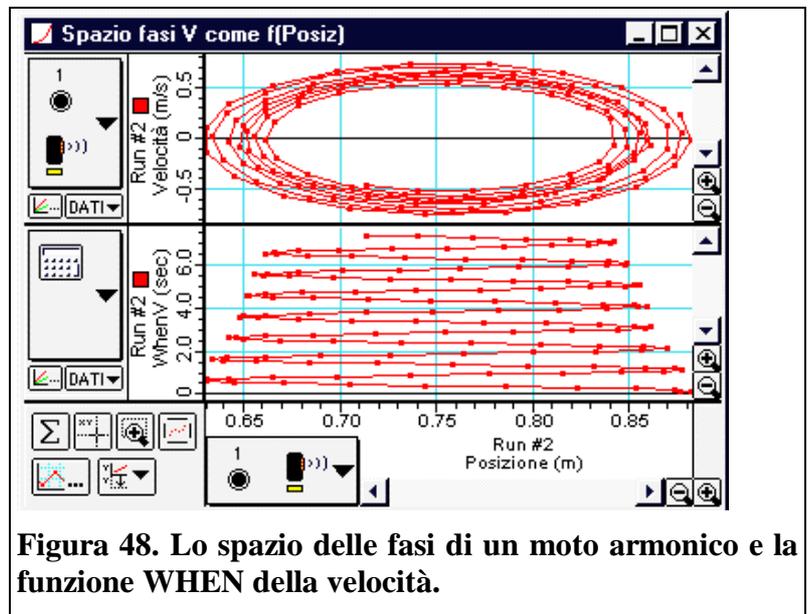
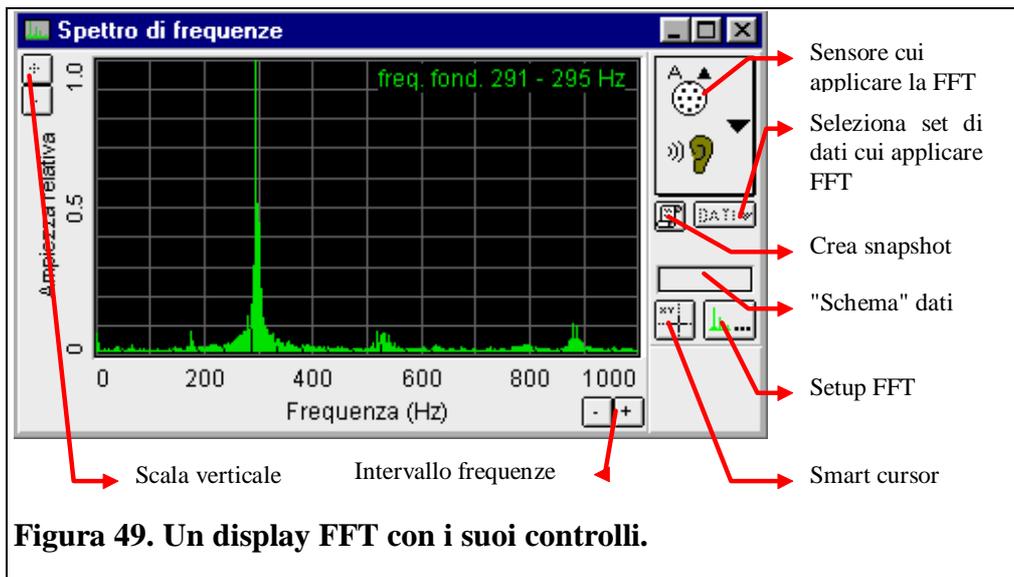


Figura 48. Lo spazio delle fasi di un moto armonico e la funzione WHEN della velocità.

anche di decidere a quanti punti applicarla. Su più punti essa viene applicata, più diviene precisa (ma più lento il calcolo). Se la si utilizza su dati in memoria, nella casellina "schema dati" appare



una mini rappresentazione dei dati, con evidenziata la zona che in quel momento l'algoritmo della FFT sta utilizzando. Questa selezione si può trascinare per applicarla a diversi punti del grafico. Lo snapshot e le regolazioni sui due assi sono funzionalmente identici a quelli visti per l'oscillografico.

Funzioni particolari

In questo capitolo ci occuperemo con brevi paragrafi di alcune funzioni particolari di Science Workshop, quali lo scambio di dati con altre applicazioni, la creazione di set di dati "artificiali", la taratura dei sensori, ecc. Alcune di queste funzioni richiedono l'uso contemporaneo di altri software oltre Science Workshop. In questo caso si dà per scontato che l'utente sia in grado di far girare i due software contemporaneamente, abbia una buona padronanza dell'altro software impiegato, e che sia in grado di passare dall'uno all'altro con i "normali" comandi Windows (Alt+Tab, o la taskbar in Windows 95, per esempio).

Esportare tabelle verso un foglio elettronico.

Esportare una tabella di dati verso un foglio elettronico (per esempio Excel, che è di gran lunga il più diffuso per Windows) può risultare utile per effettuare sui dati stessi operazioni particolari - quale un grafico con assi logaritmici - che Science Workshop non consente. Farlo è molto semplice.

1. Una volta visualizzata la tabella che si desidera (a una o più colonne), cliccate sul primo valore della serie di dati che volete passare al foglio elettronico.
2. Trascinate fino all'ultimo valore (anche su più colonne). Notate che se nel contempo Science Workshop ha visualizzato un grafico della stessa serie di dati, nel grafico appare evidenziata la zona di dati selezionata sulla tabella.
3. Scegliete il comando Copia dal menu Edit. La colonna o le colonne di dati passano negli appunti* (clipboard) di Windows.
4. Passate al foglio elettronico (per esempio con Alt+Tab).
5. Posizionatevi nella prima cella della zona che volete riempire.
6. Date il comando Incolla dal menu Modifica (Paste del menu Edit, se avete una versione inglese).

Vedrete così i dati trasferiti, pronti a successive elaborazioni. Ora potete gestirli come di consueto nel foglio elettronico.

ATTENZIONE! Science Workshop esporta i valori utilizzando come separatore decimale il punto, e non la virgola. Quindi 3.141 e non 3,141. Se il vostro foglio elettronico è settato "all'italiana" vi troverete nella sgradevole situazione che ogni numero con parte decimale viene interpretato come una coppia di valori, che finiscono in due colonne adiacenti. Per esempio, se il vostro set di dati è

7.54
8
9.2

Potreste trovarlo "spezzato" in questo modo.

7	54
8	
9	2

Per evitare questo problema, basta "dire" al foglio elettronico di accettare come separatore decimale il punto (come del resto è la convenzione internazionale, recentemente sancita anche dall'ufficio pesi e misure di Parigi).

Alcuni programmi hanno un comando apposta, ma quasi tutti quelli per Windows (compreso Excel) si rifanno alle impostazioni internazionali di Windows. Le si può cambiare in qualsiasi momento scegliendo appunto "Impostazioni Internazionali" dal pannello di controllo, e impostando "punto" la voce "separatore decimale". Ricordiamo che il pannello di controllo si trova nel gruppo "Principale"

in Windows 3.1, mentre è accessibile dal tasto Avvio... scegliendo Impostazioni... in Windows '95. In Windows '95 l'opzione per cambiare il separatore è nella cartella Numeri.

Esportare grafici verso un word processor.

Se si desidera utilizzare, in tutto o in parte, una videata di Science Workshop in un documento creato con un programma di videoscrittura (per esempio Word o Write) o per disegnare (per esempio Paintbrush) è possibile "cattare" lo schermo in qualsiasi momento premendo il tasto "Print Screen" (spesso indicato "Stamp" sulle tastiere italiane). Così facendo, tutto quanto si trova in quel momento sullo schermo va negli appunti (clipboard) di Windows *sotto forma di immagine*. Passando al programma di videoscrittura o di disegno si può "incollare" tale immagine, che potrà successivamente essere modificata, scontornata, ecc. con i normali comandi del programma in uso. Questa opzione è utilissima per realizzare schede o relazioni di laboratorio, o comunque quando sia utile ottenere una figura tratta da Science Workshop. Tutte le immagini di questo manuale sono state "catturate" con questo sistema.

Importare dati da un file ASCII in Science Workshop. Creazione di un "match data".

E' possibile creare dei set di dati "artificiali", e farli leggere da Science Workshop, che li può poi trattare come se fossero stati raccolti con un sensore. Tale opzione è utile soprattutto per creare un set "matematico" relativo ad un certo esperimento per confrontarlo poi con quello "fisico". Si può predire, per esempio, come dovrebbe muoversi un carrello soggetto ad una certa forza, e poi confrontare i dati teorici con quelli di un esperimento. Tali confronti portano a molte conclusioni interessanti.

Tale opzione risulta utile anche per esperimento del tipo "muoviti come"; gli studenti vengono invitare a riprodurre, camminando davanti al sensore di posizione, un grafico posizione-tempo o velocità-tempo progettato a tavolino.

I file che si desidera importare devono essere scritti in ASCII, e essere costituiti da coppie di numeri, separate tra loro con un carattere di tabulazione. La prima colonna può contenere tanto dei dati che un semplice indice 1, 2, 3...(NON necessariamente progressivo! Si veda oltre). Questi file possono venire creati in un foglio elettronico (tutti i più diffusi consentono il salvataggio "separato a TAB", oppure usando un qualsiasi editor (EDIT del DOS, o NOTEPAD di Windows).

1	3.45
2	5.25
3	6.8
5	11.4
6	10
7	8.4

Provate a creare un file che contenga dati tipo quelli qui a sinistra con un editor.

Ovviamente, per batterlo, digiterete 1, TAB, 3.45, Invio, 2, TAB, 5.25...ecc.

Ricordate che il separatore decimale da utilizzare è sempre il punto, e non la virgola. Una volta terminato, salvate il file con estensione .TXT.

Science Workshop può "leggere" questi file con due comandi diversi.

- Col comando "Importa dati" del menu File viene prima chiesto il nome del file da caricare, con una normale finestra di selezione file, dopodiché viene visualizzata una finestra in cui si viene invitati ad inserire un nome corto ("Dati importati", per default) e l'unità di misura che si desidera sugli assi dei futuri grafici. Fatto ciò, i dati importati appaiono nella lista dei run, e possono venire utilizzati come una raccolta "reale". In particolar modo, dopo aver creato un grafico vuoto con il comando "nuovo grafico" (menu Display) si può generare un grafico di questi dati selezionandoli dal bottone "lista per la grandezza in ordinata" (si veda Fig. 7).

Quando i dati sono importati in questo modo, Science Workshop mostra i vari punti sperimentali e tutte le funzioni "estetiche" del grafico, l'autoscala, le statistiche eccetera, funzionano regolarmente. L'unica differenza con dei dati reali è che i set importati vengono invariabilmente rappresentati in grigio, e che se ne può visualizzare solo uno per grafico (anche se è possibile "spezzare" una finestra grafico in due o più grafici e mostrare su ciascuno un diverso set di dati importati).

Attivando l'opzione "Mostra i dati precedenti durante la raccolta" (accessibile col bottone per i match data, Fig. 7) è possibile sovrapporre ai dati importati quelli che vengono raccolti effettivamente dai sensori collegati all'interfaccia.

- Il secondo modo di importare dati è di farlo direttamente da un grafico, con il comando "Carica...", accessibile sempre con il bottone per i match data (fate sempre riferimento alla Fig.7). Una volta scelto il nome del file, Science Workshop mostra il set di dati come una linea sottile spezzata di colore nero, ma non evidenzia i singoli punti. Inoltre sul set di dati importato i comandi di autoscala e di statistiche non agiscono. Dato che l'autoscala non funziona, importando in questo modo, è possibile che dobbiate variare manualmente le scale degli assi del grafico per visualizzare bene il grafico stesso.

L'uso dell'uno o dell'altro metodo è da scegliersi a seconda delle altre condizioni dell'esperimento e del risultato che si desidera ottenere. Il primo metodo, comunque è in generale più comodo.

Se volete creare un grafico posizione-tempo da far riprodurre, usate la prima colonna come tempo (in genere secondi), la seconda per le distanze (metri). L'esempio qui sotto dovrebbe essere chiaro.

Se i dati digitati sono quelli delle prime due colonne, il grafico risulterà come in fig. 50.

2	3	Ad un tempo arbitrario (t=2 secondi) la distanza è pari a 3 metri
4	4	In due secondi (t da 2 a 4) arrivo a distanza 4 metri
8	4	Per quattro secondi (t da 4 a 8) resto fermo a 4 metri
9	2	In un solo secondo torno a due metri
14	3	In cinque secondi (t da 9 a 14) mi allontano lentamente sino a 3 metri
16	3	Sto fermo due secondi a 3 metri
18	3.5	In due secondi mi allontano lentamente sino a 3.5 metri
22	6	In quattro secondi mi porto a 6 metri
22.5	4	In mezzo secondo mi riporto a 4 metri
24	3	Mi avvicino ancora ma più lentamente. In 2.5 secondi mi porto a 3 metri.

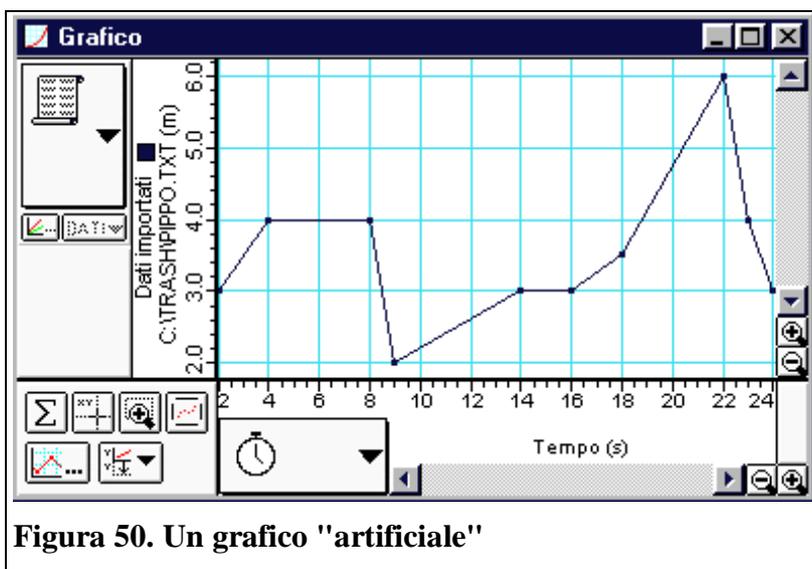


Figura 50. Un grafico "artificiale"

Una volta creato un grafico di questo genere, è ovviamente compito del docente commentarlo, far notare come a diverse inclinazioni corrispondano diverse velocità, che la velocità è "vista" dal sensore positiva o negativa a seconda del verso del moto, eccetera. Un grafico di questo tipo può essere utilizzato anche come "modello" di velocità, ma è davvero molto difficile riprodurlo! Se si eseguono esperimenti di questo tipo camminando avanti e indietro rispetto al sensore di moto,

ricordate che è molto meglio tenere in mano una superficie piana (libro, cartone...) per fornire un buon "bersaglio" al sensore. Inoltre una normale camminata mostra evidentissimi (specie nel

grafico di velocità) i passi. Quindi NON E' un buon esempio di moto uniforme! Si ottiene un moto a velocità ragionevolmente uniforme facendo piccolissimi passi.

Precisione e taratura dei sensori.

Si è già accennato al fatto che bisogna considerare "cum grano salis" il numero di cifre decimali che *Science Workshop* mostra nei grafici o nelle tabelle. Questo perché i vari sensori, in base al principio di funzionamento, sono più o meno "precisi".

Mettiamo "precisi" tra virgolette in quanto, parlando di sensori elettronici, questo termine assume un significato particolare, che definiamo qui di seguito, assieme al concetto - altrettanto importante - di *ripetibilità* (detta anche *affidabilità*).

- La *precisione* di un sensore è l'errore massimo che quel sensore può dare eseguendo una misura senza alcuna taratura iniziale, diciamo "appena tirato fuori dalla sua scatola". Per esempio, il sensore di temperatura CI-6505A ha una precisione di $\pm 1^\circ$. Significa che, se immerso in un bagno di prova che è esattamente a 44.7° , darà un valore sicuramente compreso tra 43.7° e 45.7° (cioè 44.7 ± 1).
- La *ripetibilità* (o *affidabilità*) è invece lo scarto massimo che si può avere tra diverse misure effettuate nelle stesse *identiche* condizioni. Nell'esempio precedente, si supponga che il sensore, immerso nel bagno a 44.7° , abbia riportato una temperatura di 44.2° . Poiché la ripetibilità del CI-6505A è 0.1° esso, in diverse misure, cioè immerso varie volte nel bagno a 44.7° , riporterà sempre un valore compreso tra 44.1° e 44.3° (cioè 44.2 ± 0.1).

Tuttavia, dato che in moltissimi esperimenti ciò che interessa è la *differenza* tra i valori che assume una grandezza, il sensore risulta sfruttabile al decimo di grado.

E' possibile portare a coincidere precisione e ripetibilità mediante la *taratura* di un sensore. La taratura, una volta effettuata, viene salvata sul disco nell'ambito di un normale file SWS, ma si riferisce ad un particolare esemplare di sensore collegato ad un determinato ingresso di un determinato esemplare di interfaccia.

Tuttavia vogliamo insistere sul fatto che i sensori PASCO sono tutti *molto precisi* e che...

La taratura non è necessaria per nessun esperimento tra quelli che tipicamente si eseguono in un laboratorio scolastico, tranne per il sensore di pH.
--

Comunque, se proprio volete effettuare una taratura, dovete disporre di due valori estremamente precisi e ripetibili della grandezza che vi interessa. Per esempio due masse diverse (per tarare il sensore di forza) o due bagni accuratamente stabilizzati termicamente per tarare il sensore di temperatura.

Per accedere al setup / taratura di un sensore, basta collegarlo "normalmente" e poi fare doppio click sull'icona che lo rappresenta (figura 51). Compare la relativa finestra di taratura (figura 52).

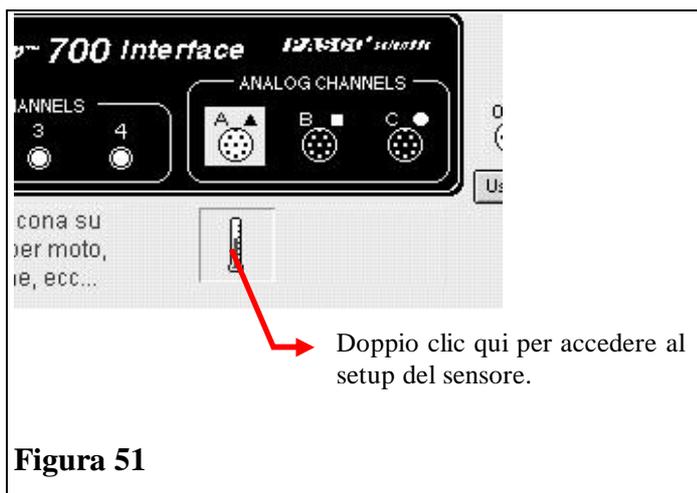


Figura 51

Questa finestra consente di variare il "nome" della grandezza e dell'unità di misura riportata da quel sensore ("temp" e "degC" nell'esempio di figura 52) e mostra anche il valore istantaneo che quel sensore sta rilevando, sia espresso in volt che nella grandezza (temperatura, nel nostro caso) secondo la taratura corrente.

A questo punto la procedura è semplice. Ponete il sensore nella prima condizione controllata (per esempio nel bagno "caldo" per il sensore di temperatura) e appena il valore che si legge come valore attuale si

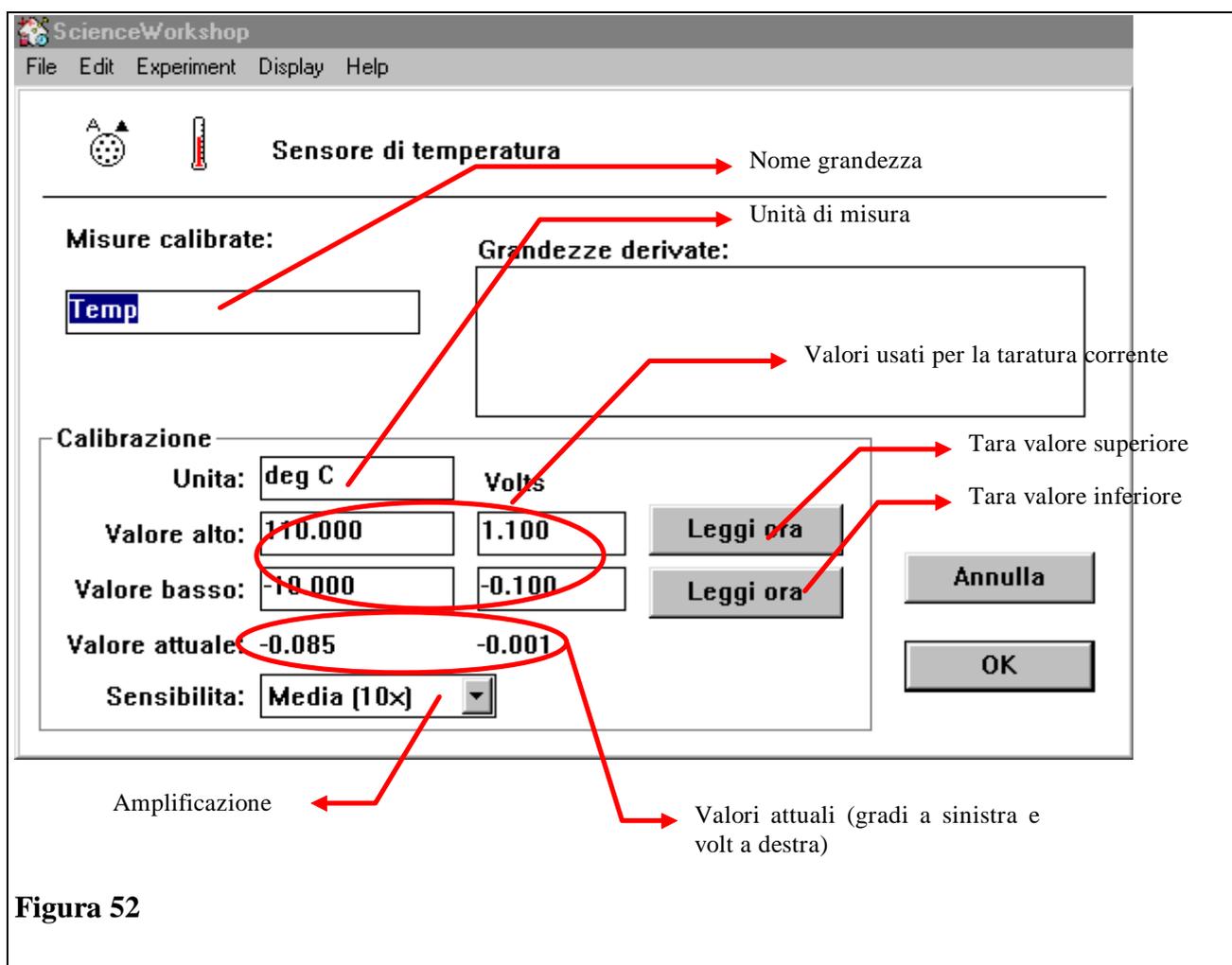


Figura 52

stabilizza, cliccate il tasto "Leggi ora" per il limite superiore. Spostate poi la sonda nel bagno "freddo" e quando il valore di ingresso è stabile cliccate il secondo bottone "Leggi ora", ossia quello per il valore basso. Una volta dato Ok, il sensore è tarato.

In questa finestra viene anche riportato, nella casella "Sensibilità" il fattore di amplificazione che l'interfaccia applica alla tensione che il sensore le invia *prima* di digitalizzarla. Per esempio, il sensore di temperatura CI-6505A riporta 0.3V a 30°C. Un fattore di amplificazione di 10x significa che la circuiteria interna all'interfaccia provvede ad amplificare 10 volte questo segnale *prima* di convertirlo in numero e passarlo al software. E' possibile migliorare la sensibilità di alcuni sensori

(per esempio quello di forza) aumentando l'amplificazione, anche se la portata del sensore viene ridotta in proporzione. In altre parole, se il sensore lavora di solito a 1x (nessuna amplificazione del segnale, come è il caso del sensore di forza) è possibile impostare 10x. La portata scende da ± 50 newton a ± 5 , ma la risoluzione decuplica.

Le finestre di taratura possono assumere aspetti leggermente diversi a seconda della natura del sensore, ma il principio di funzionamento è sempre lo stesso. Vale però la pena di soffermarsi su quella del sensore di posizione (moto) ad ultrasuoni, che è alquanto particolare (la si vede in figura 53). Dato che questo sensore funziona su un principio particolare (esso è un accurato cronometro,

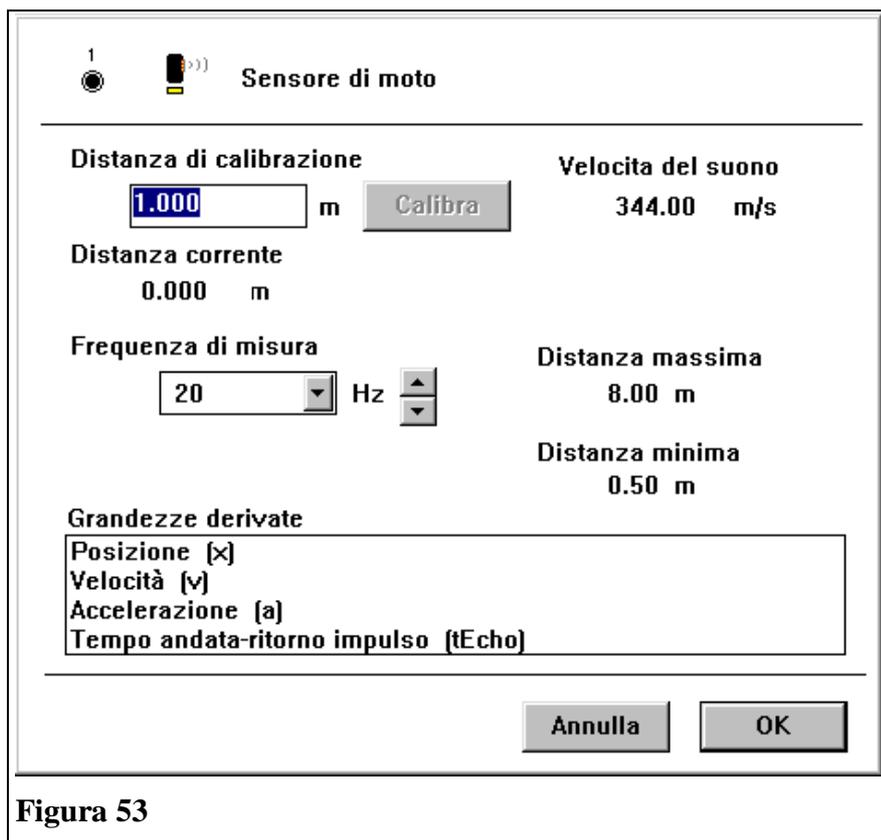


Figura 53

che registra il tempo di volo degli impulsi con la risoluzione del milionesimo di secondo), l'unica taratura possibile è il "ricalcolo" della velocità del suono nelle condizioni locali. Per farlo, basta mettere un bersaglio ad una distanza nota dal sensore (la sua parte sensibile è 5 mm "dentro" lo scafo del sensore) e digitarla nella casella "Distanza di calibrazione". Premendo poi il tasto "Calibra", la velocità del suono viene ricalcolata.

Da questa finestra si può anche variare la cadenza delle misurazioni da parte di questo sensore, che come abbiamo già detto, è indipendente da quella che utilizzano gli altri sensori. Basta scegliere dalla lista

"Frequenza di misura". Si noti che al variare di questa frequenza variano anche le distanze massime e minime a cui il sensore può lavorare.

Il sensore utente

Science Workshop permette di utilizzare anche sensori di produzione non PASCO (sensore utente, nella lista dei sensori analogici), e di "definirli" mediante una operazione di taratura. Se la risposta del sensore non è lineare, la si può linearizzare mediante una funzione definita col tool calcolatore. L'interfaccia fornisce anche l'alimentazione necessaria (+5V a 100 mA, ± 12 V a 50 mA). Per la piedinatura, si consulti l'etichetta apposta sull'interfaccia ed il manuale originale, oppure rivolgetevi alla Elitalia.

Le peculiarità dell'interfaccia "500"

L'interfaccia "500" ha una memoria interna bastevole ad immagazzinare circa 18,000 misurazioni, ed è governata da un microcontrollore che ne consente il funzionamento anche parzialmente "autonoma" dal computer. Inoltre può essere alimentata a batterie (lo scomparto per quattro pile stilo è nel "ventre" dell'unità). Queste caratteristiche le consentono due funzioni molto interessanti:

- La raccolta dati in **burst mode** (modo "veloce"). Dato che la "500" è collegata al computer mediante la porta seriale, non può trasmettere dati più velocemente di quanto consenta la porta stessa. Il limite esatto dipende dal computer e dal sistema operativo, ma è di circa 500 misurazioni al secondo. Se si imposta da *Science Workshop* una frequenza di campionamento superiore, la "500" entra automaticamente in burst mode, anche se non vi è alcun avviso particolare da parte del software. I dati vengono raccolti velocemente (sino al limite massimo di 20,000 misurazioni/s) e immagazzinati temporaneamente nella memoria dell'interfaccia. Finita la raccolta, i dati vengono passati "lentamente" al computer, per la normale elaborazione. Sul computer appare un indicatore mano a mano che i dati vengono trasferiti, dopodiché la raccolta viene gestita come al solito. Ovviamente l'utente deve gestire saggiamente la memoria di cui dispone, ed "armonizzare" la frequenza cui raccogliere dati. I 18,000 dati che la "500" può memorizzare basteranno ovviamente per circa 2 secondi di raccolta a 10,000 misure/s su un canale, oppure un po' più di 3 secondi a 2,500 misure/s su due canali, e così via. Ricordiamo che un set di dati, per essere gestibile anche su computer non strapotenti, non dovrebbe eccedere i 5,000 punti circa.
- Il funzionamento in modalità **stand alone** ("stai da sola"). Questa è una funzione sofisticata della "500", che le permette, una volta programmata da "Science Workshop", di raccogliere dati anche mentre è scollegata dal computer. Ciò, unito alla possibilità di alimentazione a batteria, rende la "500" un sistema di raccolta dati del tutto autonomo (**data logger**). Vediamo questa funzione in dettaglio.

L'uso della modalità stand alone

Per usare l'interfaccia "500" autonomamente dal computer si segue questa procedura:

1. Se si vuole utilizzare l'interfaccia fisicamente lontana da una presa di rete, porre quattro pile stilo nell'apposito comparto posto nel "ventre" dell'unità, rispettando le polarità. Una volta che le batterie sono in sede, l'interfaccia passa da un'alimentazione all'altra semplicemente togliendo o reinserendo lo spinotto del trasformatore, senza perdere i dati eventualmente memorizzati.
2. Collegare l'interfaccia al computer e lanciare *Science Workshop* come di consueto.
3. Impostare il numero e il tipo di sensori e la frequenza di raccolta come al solito.
4. NON si possono impostare invece condizioni di inizio o fine della raccolta (se lo fate, *Science Workshop* vi avvisa al passo 5). Durante il funzionamento in stand alone, infatti, l'inizio e il termine della raccolta vengono segnalati all'interfaccia premendo il pulsantino posto a sinistra sul pannello frontale.
5. Dal menu *Experiment* selezionate "Sconnetti per stand alone". Il software vi consiglia di salvare l'esperimento corrente per recuperarne in futuro il setup (potreste scaricare i dati al computer anche il giorno dopo). Vi viene anche suggerito di stampare un foglio di "promemoria" in cui *Science Workshop* vi ricorda quali sensori sono connessi, la frequenza di raccolta, ecc.
6. Al termine del passo 5 l'interfaccia "cade in letargo" (stand-by). Il LED verde posto sul pannello frontale lampeggia una volta ogni cinque secondi, per segnalare che l'unità non è spenta, ma è in attesa di essere "risvegliata".

7. A questo punto potete scollegare il cavo che collega la 500 al computer (il cavo grigio che esce dal retro dell'interfaccia). Se avete installato anche le pile (meglio se alcaline, tipo Duracell), potete scollegare anche l'alimentazione. L'interfaccia continuerà a segnalare con un lampeggio ogni 5 secondi di essere in stand-by. Potete anche scollegare i sensori per portare l'interfaccia dove va effettuata la misura, purché ovviamente vi ricordiate di ricollegarli prima di raccogliere dati. Ovvio che l'interfaccia non va spenta sino a che i dati non siano stati trasferiti su un computer, altrimenti perde il setup e/o i dati memorizzati.
8. L'interfaccia può funzionare a batteria per circa 30 ore. Il limite esatto dipende dal tipo di sensori collegati, dalle frequenze di campionamento, eccetera. Ovviamente, se è alimentata da rete, può rimanere scollegata dal computer indefinitamente.
9. Quando volete effettuare una misura, ricollegate i sensori se li avete staccati e poi premete *per circa un secondo* il pulsantino frontale. Il LED lampeggia una volta al secondo per 10 secondi, per segnalarvi che sta per cominciare la raccolta dati, dopodiché lampeggia freneticamente mentre la raccolta è in corso (notare che la frequenza di questo lampeggio è del tutto indipendente dalla frequenza di raccolta dati, impostata al passo 3).
10. Per terminare la raccolta dati, semplicemente ripremete il pulsantino (sempre per circa un secondo). L'interfaccia torna in stand-by, e il LED riprende a lampeggiare ogni 5 secondi.
11. Potete effettuare altre raccolte semplicemente riprendendo dal passo 9. Avete a disposizione complessivamente circa 18,000 misurazioni.
12. Se riempite la memoria interna, l'interfaccia torna automaticamente in stand-by. Se si tenta di eseguire un'altra raccolta, il LED frontale comincia a variare intensità con continuità, da debole a intenso e viceversa. In questo caso l'ultima raccolta risulterà tronca, ma tutte le precedenti saranno conservate regolarmente.
13. Non spegnete l'interfaccia fino a che non avete passato i dati al computer!

Il recupero dei dati immagazzinati nell'interfaccia avviene con questa procedura:

1. Accendete il computer (con l'interfaccia scollegata), e lanciate Science Workshop. Non trovando alcuna interfaccia il programma vi chiede se ritentare o continuare senza interfaccia. Scegliete "continua senza interfaccia" e chiedete di simulare l'uso di una "500". Caricate il file di setup che avete salvato al punto 5 qui sopra.
2. Collegate il cavo dati e/o l'alimentazione all'interfaccia, la quale, nel frattempo, continua imperterrita a far lampeggiare ogni cinque secondi il suo LED.
3. Dal menu Experiment scegliete Collega Interfaccia. Il LED sulla 500 torna fisso e le varie raccolte vengono trasferite al computer, con un indicatore che mostra il progredire dell'operazione.
4. Vi trovate ora nelle condizioni che si verificano dopo le "normali" raccolte dati, e potete prenderne di nuovi semplicemente con Alt+R.

Riassumiamo nella seguente tabella i significati dei vari lampeggi del LED.

Fisso	La 500 è controllata dal PC, o è stata accesa da sola senza collegamento con Science Workshop.
Lampeggio lento (ogni 5 secondi)	L'interfaccia è in stand-by. Attende di essere ricollegata al computer, o che si cominci una raccolta dati, oppure ha riempito la memoria interna.
Lampeggio veloce (1 al secondo)	"Conto alla rovescia" prima di cominciare a raccogliere dati (10 lampeggi).
Lampeggio frenetico	Raccolta in corso. Per fermarla, premere il pulsantino.
Acceso, ma l'intensità cicla tra alta e bassa	Si è tentato di cominciare una raccolta, ma la memoria interna è piena.

Avvertenze relative all'interfaccia "750"

L'interfaccia "750" sostituisce nella famiglia PASCO la "700" ed offre, oltre a tutte le funzionalità della versione precedente, anche le seguenti caratteristiche:

- Firmware in flash ROM, aggiornabile direttamente da Science Workshop.
- Generatore di funzioni **interno**. Da DC a 50 KHz, $\pm 5V$, 300 mA max., con otto forme d'onda. Rimane la possibilità di pilotare l'amplificatore esterno CI-6552A, per ottenere maggiore potenza (sino a circa 10W).
- Migliore gestione del sensore di posizione ad ultrasuoni
- Possibilità di comunicazione col computer sia mediante porta SCSI (come la "700") **oppure seriale**, quindi senza necessità di inserire schede nel computer (con cavo seriale opzionale).
- Campionamento sino a 250 kHz (su un canale; 20 kHz quando collegata in seriale).
- "Oversampling" per una maggior precisione, a basse frequenze di campionamento.

Per utilizzare la "750" è necessario Science Workshop 2.3 o successivo. Tale software è disponibile sia per Windows che per Mac (Windows anche in italiano) ed è utilizzabile con tutte le altre interfacce PASCO.

Vediamo ora le varie caratteristiche prima elencate:

Il firmware in flash ROM permette, quando necessario, di cambiare o aggiornare il programma che esegue il microprocessore che si trova dentro la "750" (il firmware). Ciò consente di "tenere

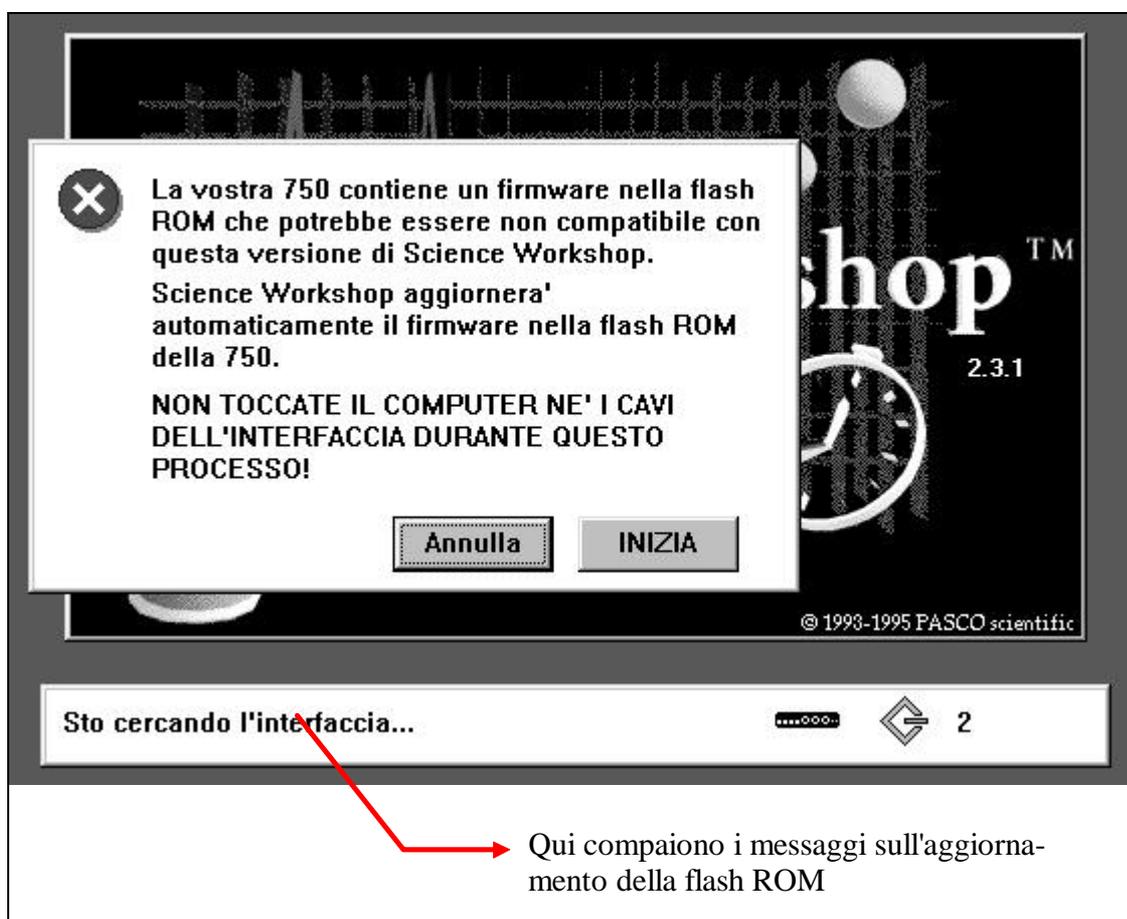


Figura 54. Il messaggio che appare quando si deve riprogrammare la "750".

aggiornata" l'interfaccia senza doverla aprire per cambiare dei chip. Alla **prima accensione** di ogni esemplare, cioè quando l'interfaccia viene inizializzata la prima volta dal software (o quando si passa dal software italiano a quello inglese o viceversa, o a una nuova versione del software) compare la finestra che si vede in figura 54 . L'interfaccia vi avvisa che il software interno dell'interfaccia stessa (firmware) deve essere aggiornato. Premete "INIZIA" per aggiornare il firmware. La trasmissione dei dati dura circa 30 secondi via SCSI (circa 3 minuti se il collegamento è seriale), e durante questo tempo vari messaggi compaiono nella zona in basso informandovi del procedere dell'operazione. Una volta che l'interfaccia è riprogrammata, Science Workshop prosegue regolarmente ed appare la consueta prima schermata. Questa operazione di "riprogrammazione" non verrà più richiesta a meno che non si cambi la versione di Science Workshop in uso, e comunque viene richiamata dal software quando se ne presentasse la necessità. Non è richiesta alcuna operazione da parte dell'utente durante la riprogrammazione.

L'amplificatore interno. Quando è in uso l'interfaccia "750", il "frontalino" dell'interfaccia che compare nella schermata iniziale del programma è molto simile a quello della "700", con l'eccezione della parte destra (vedi figura 55) dove compaiono due nuovi bottoni ("Uscita V" e "Camp. I") e due disegni dei connettori dell'amplificatore interno, uno marcato I (corrente) sul "corpo" dell'interfaccia e uno marcato V (tensione) a fianco dell'interfaccia stessa. Il generatore di funzione interno viene controllato con la "solita" finestra, già descritta nel manuale, ed è identica a quella che si ha usando la "700", con la differenza che:

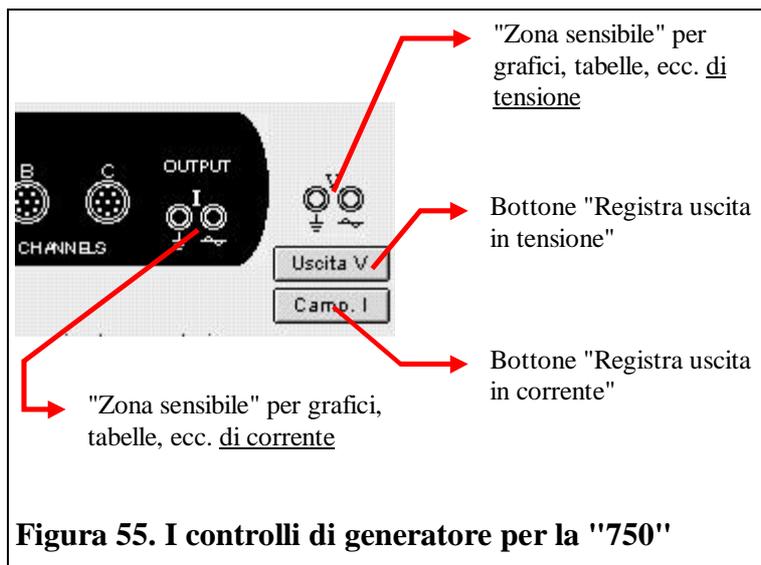


Figura 55. I controlli di generatore per la "750"

- Tensione e frequenza sono regolabili a 5 millesimi di Volt o Hertz (per valori bassi) anziché al centesimo.
- La frequenza massima è 50 KHz contro i 5 KHz della "700".
- Vi sono otto forme d'onda invece delle sei disponibili con le versioni precedenti del software (anche una "700", usata col software 2.3 o successivo, può produrre tutte e otto le forme d'onda).

Vi è però un importante dettaglio da tenere a mente. Sebbene il generatore interno (o il CI-6552A collegato esternamente) possa funzionare in modo *del tutto indipendente* dalle altre operazioni che l'interfaccia sta compiendo, è necessario premere il bottone "Registra uscita in tensione" e / o quello "Registra uscita in corrente" affinché l'interfaccia "ricordi", durante la raccolta dati, i valori di tensione / corrente che il generatore ha "mandato fuori". In altre parole, se non si premono i bottoni "Uscita V" e "Camp. I" prima di raccogliere i dati, l'interfaccia fa funzionare il generatore di funzioni normalmente *ma non conserva traccia* del segnale generato. Quando si premono entrambi i bottoni, nei vari grafici, tabelle, ecc. si potranno scegliere anche corrente e tensione in uscita dal generatore. In questo caso, l'interfaccia arriva a fornire sino a cinque grandezze analogiche. I tre canali "tradizionali", più l'andamento di corrente e tensione in uscita dal generatore di funzioni.

Ovviamente la massima frequenza di campionamento si abbassa in proporzione al numero di grandezze registrate, e in questo caso la tensione e la corrente generate "contano" come un normale sensore.

Quando tensione e / o corrente sono state "ricordate", le due "zone sensibili" evidenziate in figura 55 possono essere utilizzate per "lasciarci cadere" l'icona grafico (o tabella, ecc.) per visualizzare i dati relativi.

Gestione del sensore di posizione ad ultrasuoni. La "750" contiene un migliorato circuito per la riduzione dei segnali spuri, e gestisce meglio della "500" o della "700" i sensori di posizione ad ultrasuoni. Il segnale è più "pulito" ed è più difficile che ostacoli, riflessi ecc. disturbino gli esperimenti.

Comunicazione SCSI o seriale. La "750" viene fornita con la scheda SCSI, ed è con questo tipo di comunicazione che fornisce le migliori prestazioni. Tuttavia, quando la comunicazione SCSI non è possibile, si può utilizzare un cavo seriale (disponibile presso la Elitalia) che consente un completo uso dell'interfaccia, col solo limite di una più bassa frequenza massima di campionamento e degli strumenti Oscilloscopio e FFT "a scatti" anziché "fluidi". Il software riconosce automaticamente alla partenza se l'interfaccia è collegata via SCSI o via seriale. **Se il collegamento è SCSI, ricordate che l'interfaccia deve essere accesa *prima* del computer affinché venga riconosciuta.**

Campionamento a 250 Khz. La velocità massima di campionamento della "750" è di 250,000 campionamenti al secondo (su un canale). Le massime velocità vengono ottenute in "burst mode", metodo descritto nel manuale riguardo l'interfaccia "500". Usare più canali, ovviamente, abbassa la velocità massima di raccolta dei dati. Anche la comunicazione seriale limita la velocità. La trasmissione dati SCSI tra l'interfaccia ed il computer è più efficiente che con la "700", il che si traduce in un funzionamento assai più "fluido" di oscilloscopio e FFT.

Oversampling. Quando campiona a 100 Hz o meno, la "750" esegue otto misure e poi le media, per ottenere un singolo punto sperimentale. Ciò incrementa sensibilmente la precisione dei sensori analogici.

Glossario

Alt+R. Grafia normalmente usata per indicare una combinazione di tasti. Significa premere il tasto ALT (a *sinistra* della barra spaziatrice) e, *tenendolo premuto*, battere R, e rilasciare infine ALT. Attenzione che sulle tastiere italiane i tasti ALT e ALT Gr (quest'ultimo a *destra* della barra spaziatrice) *non sono equivalenti*. Per le combinazioni si usa solo quello sinistro!

Appunti (Clipboard). Area di memoria (RAM e/o su disco) che Windows mette a disposizione dei vari programmi per scambiarsi informazioni. Gli appunti possono contenere del testo, un disegno o una tabella.

Ascensore. Un controllo per scorrere una lista. Ci si muove lungo la lista cliccando sulle frecce "su/giù" che sono alle estremità dell'ascensore, oppure trascinando col mouse il quadratino che appare in mezzo.

Bottone. In Windows e Mac si chiama "bottone" una piccola area dello schermo che provoca un certo effetto quando vi si clicca* sopra col mouse. Normalmente un bottone è colorato, o evidenziato con una scritta e/o un simbolo che ne suggeriscono l'azione.

Campionamento, campionare. E' sinonimo di "misurare" quando una grandezza viene digitalizzata* con una certa frequenza ed il suo valore viene memorizzato in funzione del tempo per una successiva analisi. Le interfacce PASCO possono essere considerate dei *campionatori*, in quanto digitalizzano delle grandezze (pressione, intensità luminosa, ecc.) in funzione del tempo, e fanno memorizzare dal computer i valori registrati, per utilizzarli successivamente.

Clic, cliccare. Premere e rilasciare subito il bottone del mouse. In Windows, per "clic" del mouse, si intende sempre quello del tasto sinistro, a meno che non sia esplicitamente detto di usare quello destro. Molti programmi Windows (tra cui *Science Workshop*) non usano del tutto il click destro. Il mouse del Mac, invece, ha un solo tasto, e quindi non vi sono possibilità di errore. Vedi anche doppio clic.

Data logger. Apparecchiatura che registra una grandezza (temperatura, velocità, ecc.). In genere si intendono con questo termine apparecchi destinati a passare i dati raccolti ad un computer, che provvede ad elaborarli.

Default. Valore predefinito di un parametro, che l'utente può modificare. Per esempio, in Windows si possono cambiare i colori delle finestre, ma *per default*, dopo l'installazione, sono bianche con controlli grigi e titoli blu.

In *Science Workshop* vi sono valori di default per tutti i parametri fondamentali. Ad esempio, i grafici, *per default*, hanno come estremi di ordinata la portata del sensore (per esempio da -10° a 110° per il sensore di temperatura CI-6505A). Sta poi all'utente, agendo sui vari comandi di "dimensionamento", rendere il grafico più consono alle proprie necessità.

Una curiosità: l'espressione "per default" ha applicazione anche al di fuori dell'ambito informatico. Per esempio, se una persona dice "ho ascoltato musica di Mozart", tutti *per default* pensano a Wolfgang Amadeus, ma potrebbe benissimo essere musica di Leopold Mozart (il padre di Wolfgang).

Dialogo, finestra di. E' una schermata particolare, in cui un software chiede all'utente se è sicuro di voler effettuare una certa azione, o di impostare certi parametri. Per esempio, se scrivete un testo

con un word processor e subito dopo chiedete di uscire dal programma, appare una finestra di dialogo che chiede se siete sicuri di voler terminare il programma senza salvare il lavoro effettuato.

Digitalizzare. Convertire una grandezza che varia con continuità (cioè una grandezza *analogica*, come una temperatura) in un numero, scelto però tra una serie *limitata* di valori possibili. Per esempio, i tipici termometri che si vedono per strada digitalizzano la temperatura e mostrano un numero di gradi *interi*. Quindi 11.3 viene mostrato come 11 e 11.8 come 12. Non vi è via di mezzo. Le interfacce PASCIO digitalizzano a 12 bit, vale a dire che la tensione generata dal sensore e che entra nell'interfaccia (che è linearmente dipendente dalla grandezza misurata, sia essa una pressione o un pH) viene convertita in un numero *intero*, compreso tra 0 e 4095 (che sono appunto 2^{12} valori possibili, cioè i numeri esprimibili con 12 bit). La risoluzione della misura è quindi, in prima approssimazione, $1/4096$ della portata del sensore. Moltissimi dispositivi elettronici, anche comuni, digitalizzano grandezze continue. Le macchine per incidere i CD audio digitalizzano una forma d'onda (la musica o la voce che arriva dal microfono). I videoregistratori o le videocamere digitali convertono grandezze analogiche (il segnale TV o l'immagine ambientale) in una serie di valori numerici. Questo rende possibile l'elaborazione di questi segnali da parte dell'elettronica inclusa in queste apparecchiature.

La differenza tra un sistema di misurazione analogico ed uno digitale spesso sfugge ad un'occhiata distratta. Si considerino, ad esempio, due automobili. Una con il classico tachimetro a lancetta, l'altra con un tachimetro digitale, cioè che mostra i "numerini". Se l'auto procede a 34.2 Km/h, il tachimetro digitale mostrerà 34, mentre su quello analogico la lancetta sarà tra la tacca "34" e quella "35", più vicina alla prima (nell'ipotesi che gli strumenti siano perfetti). Ma attenzione! Ciò non vuol dire che lo strumento analogico sia "migliore". Tutto sta nel decidere con che risoluzione effettuare la digitalizzazione (o, se preferite, "a quanti bit" digitalizzare). Per le velocità delle automobili si è ritenuto sufficiente una risoluzione di 1 Km/h, ma nulla vieterebbe di digitalizzare la velocità con maggior precisione e mostrare anche i decimi o i centesimi di Km/h.

Ovvio, invece, che una digitalizzazione "povera", in grado solo di mostrare le decine di Km/h (cioè solo i valori 0, 10, 20, 30... km/h, senza valori intermedi) sarebbe giudicata poco valida.

In teoria uno strumento analogico è più fedele alla realtà (che è di analogica), ma in pratica, se uno strumento digitale ha una risoluzione sufficiente, risulta di gran lunga preferibile. Soddisfa i nostri sensi (basti pensare al CD che ha soppiantato il vinile) e ha l'immenso vantaggio di poter "comunicare in numeri" con una macchina (generalmente un computer) che può elaborare e sfruttare questi numeri, per "leggere" un documento, o per cercare un brano musicale, ecc. Tutta l'informatica (computer, stampanti, fax, reti) "lavora" in digitale, e presto anche apparecchiature "tradizionalmente" analogiche, come il telefono o la TV, passeranno al digitale, fornendo servizi che oggi non possono dare.

Doppio clic. Premere due volte in rapida successione il tasto del mouse.

Driver. Programma (software) che consente al computer di utilizzare una periferica hardware non standard. Per esempio, ogni lettore di CD-ROM viene fornito col suo driver. I driver vanno installati nella memoria del computer *prima* di poter usare l' hardware che pilotano. Usualmente i driver vengono caricati in memoria subito dopo la partenza del sistema operativo, all' accensione del computer.

Drop down list (lista). E' un metodo per scegliere dai menu ereditato daMac. La presenza di una lista è sempre indicata da un triangolino che punta in basso o di lato, e può apparire sia su un bottone che in un menu. Per scegliere da una lista si clicca col mouse sull' indicatore della lista (il triangolino) e si *trascina* il mouse (cioè lo si sposta col pulsante premuto). Si vede allora la barra colorata che evidenzia le varie voci spostarsi. Quando si rilascia il tasto del mouse, la voce evidenziata in quel momento viene selezionata. Le liste possono essere in cascata, cioè una voce di

una lista può portare ad un'altra lista. Il funzionamento non cambia. Si trascina la barra colorata sino all'opzione che si desidera raggiungere.

FFT. Trasformata di Fourier rapida. E' un analizzatore di spettro in tempo reale. Si utilizza principalmente per gli esperimenti di acustica o elettricità.

Icona. In linguaggio informatico è un "disegnino" che ricorda un componente hardware, oppure simboleggia un'azione. *Science Workshop* dispone di tante icone che rappresentano i vari sensori. Ad esempio, il disegno di un piccolo magnete a ferro di cavallo simboleggia il sensore di campo magnetico.

Iconizzare. Ridurre a icona. *Science Workshop* consente di creare contemporaneamente quanti grafici, tabelle, display ecc. si desidera, siano essi relativi alla stessa raccolta dati oppure no. Iconizzandoli, li si può tenere tutti nello stesso file .SWS senza "ingombrare" lo schermo.

Lista. Vedi *drop down list*.

Pronto, prontezza. E' la rapidità con cui un sensore (o uno strumento di misura in genere) può "accorgersi" del cambiamento della grandezza fisica che sta misurando. Un oscilloscopio, ad esempio, è uno strumento molto pronto, per seguire le variazioni di tensione, tant'è che mostra le forme d'onda. Un pHmetro, al contrario, reagisce dopo qualche istante ad una variazione di acidità dell'ambiente. La prontezza non è necessariamente indice che uno strumento di misura sia migliore di un altro. Alle volte, addirittura, una prontezza bassa viene indotta negli strumenti (basti pensare al galvanometro balistico) per effettuare misure particolari.

Ridimensionare. Nei sistemi operativi a finestre, come Windows o MacOS, significa variare la superficie di schermo occupata da una certa finestra. Normalmente lo si fa trascinando il bordo della finestra stessa. Fate comunque riferimento al manuale del sistema operativo per maggiori dettagli.

Setup. Preparazione, regolazione di un oggetto, di un programma (o di un intero apparato) per ottenerne un certo risultato. Non confondere il Setup di un programma (cioè la sua installazione su disco fisso, necessaria affinché il programma possa funzionare) col setup, per esempio, di un grafico o di una tabella, nel quale si decide il "nome" da dargli, o che tipo di dati mostrare, ecc.

Trascinare. Spostare il mouse tenendone premuto il tasto. Normalmente si "trascina" un'icona, "lasciandola andare" (cioè rilasciando il tasto del mouse) quando l'icona è stata portata in una determinata zona dello schermo. A questa operazione si fa spesso riferimento col termine inglese "drag and drop" ("afferrare e rilasciare"). Si trascina anche per selezionare da una *drop down list* (vedi).