

Contare i passi con RTL



<http://www.iapht.unito.to/rtl>

Antonella Cuppari^(1,3), Sara Lombardi⁽²⁾,
Tommaso Marino^(1,4), Valentina Montel⁽¹⁾,
Giuseppina Rinaudo⁽¹⁾, Elena Sassi⁽²⁾ e
Italo Testa⁽²⁾

TED 2002 - Genova, 1/3/2002

⁽¹⁾AIF, Università di Torino, SIS Piemonte

⁽²⁾Università "Federico II" di Napoli

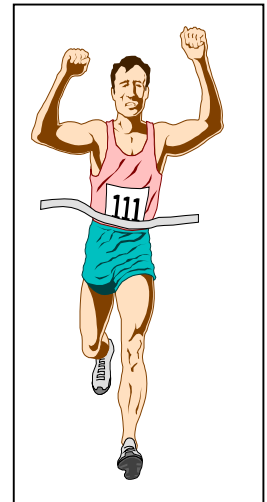
⁽³⁾Liceo Scientifico G. Ferraris di Torino

⁽⁴⁾Liceo Scientifico di Orbassano (TO)

1. Premessa

Partire dall'analisi di una camminata o di una corsa per introdurre, a livello di *scuola media* o di *biennio di scuola secondaria*, concetti base di cinematica è una prassi abbastanza comune. Anzi la camminata viene spesso usata già a livello di *scuola primaria* nell'ambito dell'introduzione alla misura, perché si presta bene a evidenziare i passaggi cruciali del *confronto, ordinamento, scelta delle unità di misura*, prima arbitrarie (passo), poi convenzionali (Sistema Internazionale).

Se però ci si vuole spingere un po' oltre e costruire un modello che descriva in modo adeguato come avviene una camminata o una corsa *reale*, ci si accorge che è essenziale avere a disposizione più dati, che permettano di capire in che modo effettivamente ci muoviamo. Infatti il dato che si acquisisce direttamente misurando la *lunghezza* del tratto percorso e il *tempo* impiegato è la *velocità*, ma è del tutto intuitivo che, durante una corsa, o anche durante una semplice camminata, non ci si muove sempre alla stessa velocità, perché si parte da fermi, quindi all'inizio la velocità è nulla, e alla fine ci si ferma, quindi la velocità



torna a zero. Ma anche durante il moto la velocità presumibilmente cambia: quando si mette giù il piede, c'è sicuramente un momento di frenata, compensato da una accelerazione che segue quando subito dopo si riparte con lo slancio acquistato dalla spinta contro il terreno. Le domande che il ragazzo può farsi sono quindi:

- quanto tempo impiego, alla partenza, per raggiungere la velocità di regime?
- basta un solo passo per giungere alla velocità di regime o ne occorrono di più?
- che cosa succede alla frenata finale?
- le cose vanno nello stesso modo per la camminata come per la corsa?
- di quanto varia la velocità a ogni passo?

Sono domande che possono suscitare molto interesse nei ragazzi, soprattutto se associate a un contesto di gara sportiva: ad esempio tutti sanno che, in una gara dei "cento metri" quasi tutto il risultato si gioca nei primi attimi della corsa, perché dipende da quanto rapidamente si raggiunge la velocità di regime. Le stesse domande forniscono anche un ottimo spunto per introdurre concetti considerati difficili, quali il concetto di *accelerazione* e della sua misura, necessari per passare dalla cinematica alla *dinamica*, per cominciare cioè a chiedersi che cosa occorre fare per poter variare la velocità. La discussione sulla *forza*, iniziata in questo modo, può poi evolvere fino a individuare ed analizzare l'*attrito statico*, che normalmente viene trascurato in favore del più popolare e facile *attrito dinamico*, mentre sappiamo che è almeno altrettanto importante nei fenomeni dinamici!

Per arrivare a questo risultato, occorre però costruire un modello realistico di come avviene il moto: è proprio su questo punto che il disporre di un buon "Laboratorio in Tempo Reale", RTL, può fare tutta la differenza. Con le misure che si possono prendere manualmente, usando un contasecondi e un metro a nastro, non si può infatti andare molto oltre un modello rozzo, basato su argomenti plausibili: con un RTL invece, il modello può prendere veramente corpo, si possono vedere aspetti che si erano probabilmente intuiti, ma in modo vago, e

soprattutto certi concetti diventano molto più evidenti, perché si appoggiano sull'evidenza delle cose viste ed esplorate direttamente. Nella presentazione, discuteremo brevemente le misure che si possono fare "con metro a nastro e contasecondi" e che conviene comunque fare prima di iniziare le misure con l'RTL, perché i ragazzi capiscano il problema, costruiscano il primo modello e individuino le variabili rilevanti. Mostreremo poi come fare le misure usando il sonar e la calcolatrice grafica per l'acquisizione dei dati delle misure di spazio e tempo e come trasferire i dati al PC attraverso la porta seriale usando il software standard di trasferimento e analizzarli con l'aiuto di EXCEL. Per confronto, mostreremo infine dei dati relativi a una corsa acquisiti e analizzati con un sistema RTL¹ più sofisticato.

2. Partendo dal quotidiano: la camminata e la corsa

Riportiamo alcune "attività" sul tema della camminata e della corsa effettivamente svolte in una unità di lavoro proposta, con alcune differenze, in una terza media e in un primo anno di scuola secondaria durante un tirocinio SIS². L'unità didattica era, in realtà, molto più ampia, qui verranno riportate solo le parti effettivamente rilevanti per il nostro tema.

ATTIVITA' 1: camminare e correre

Far percorrere a uno studente, a passo di marcia regolare, un certo percorso, anche non rettilineo, misurando

- *il tempo impiegato (con un contasecondi)*
- *la distanza percorsa (con un metro a nastro)*
- *i passi che impiega*

Ripetere la misura ma a passo di corsa

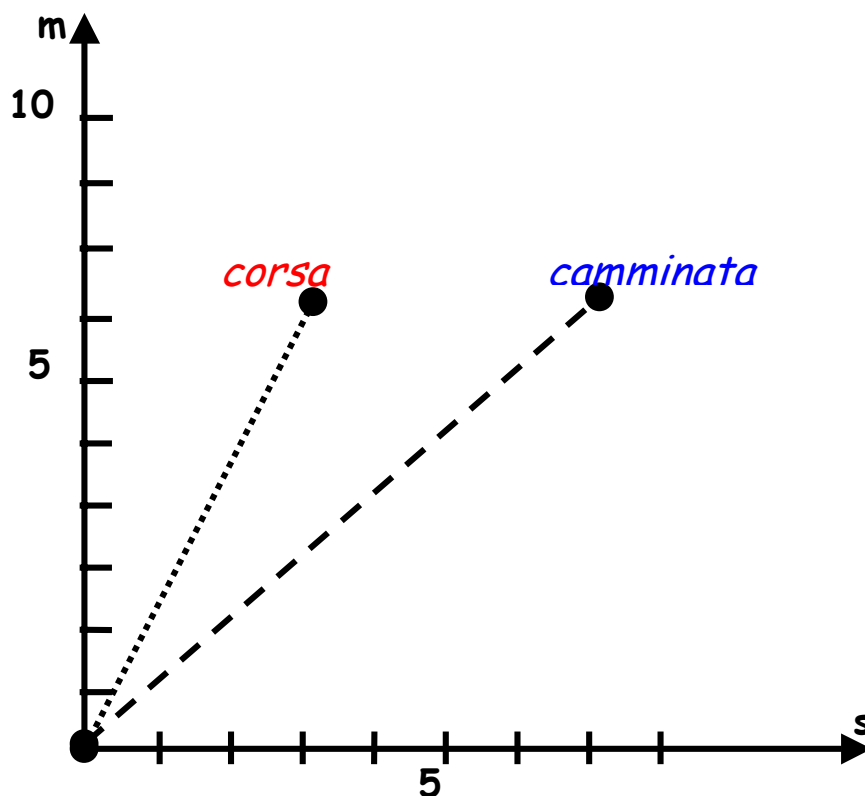
Raccogliere i dati in una tabella e rappresentarli graficamente

¹ Il sistema usato è il "Microcomputer Based Laboratory" (MBL), sviluppato da CSMT-Tufts University, MA, USA (www.vernier.com)

² Andretta Bertone, SIS Piemonte, a.a.2001/02

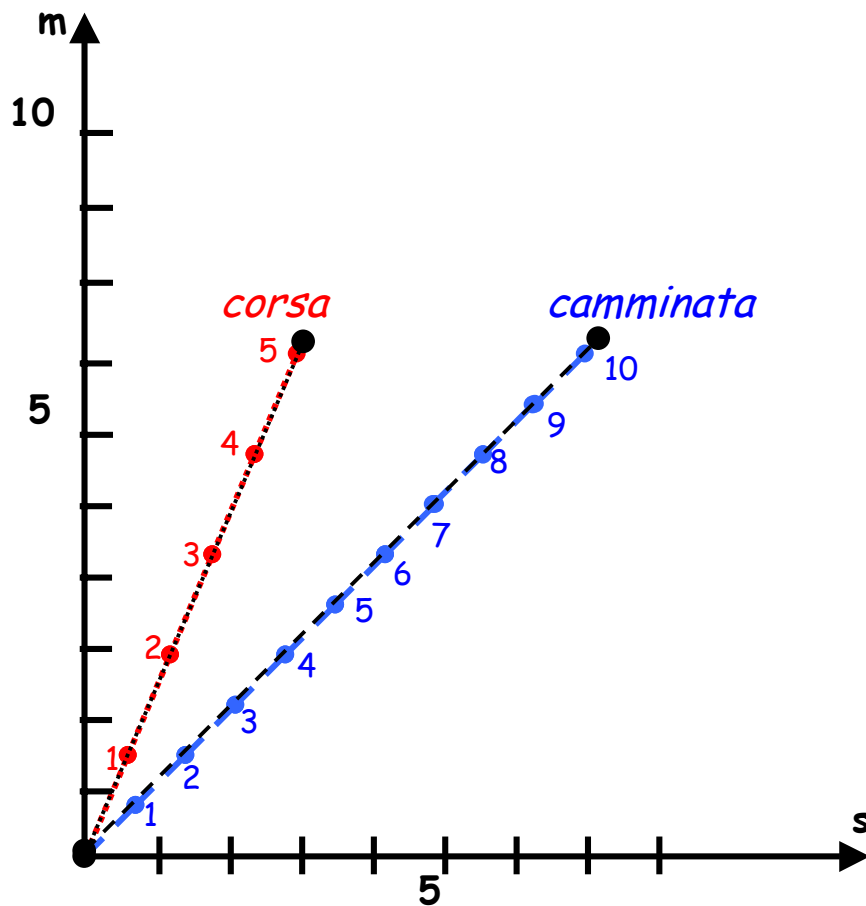
Ecco un esempio di dati ottenuti nelle due misure e un primo grafico fatto per visualizzare la differenza fra i due moti: il grafico è importante perché aiuta a visualizzare e quindi *formalizzare* il fatto che si sta analizzando *lo spazio percorso in funzione del tempo* impiegato. E' importante far disegnare solo i punti corrispondenti alla partenza e all'arrivo, congiungendoli con un segmento tratteggiato, a sottolineare il fatto che le uniche misure *effettivamente eseguite* sono state quella iniziale e finale e il resto è una *ragionevole inferenza*.

	Numero di passi	Metri percorsi	Tempo impiegato
Studente che cammina	...[10]....passi	...[6,25]....m	...[7]....s
Studente che corre	..[5]..passi-corsa	...[6,25]....m	...[3]....s



Il grafico serve a visualizzare ciò che si sapeva già, e cioè che, correndo, si impiega meno tempo! Possiamo andare un po' oltre con il modello, inserendo nel grafico l'informazione acquisita relativa al

numero dei passi: anche in questo caso facciamo una ragionevole ipotesi, supponiamo cioè che i passi siano stati abbastanza regolari. Otteniamo così il grafico seguente: nella corsa i passi sono più lunghi e sono anche fatti più rapidamente.

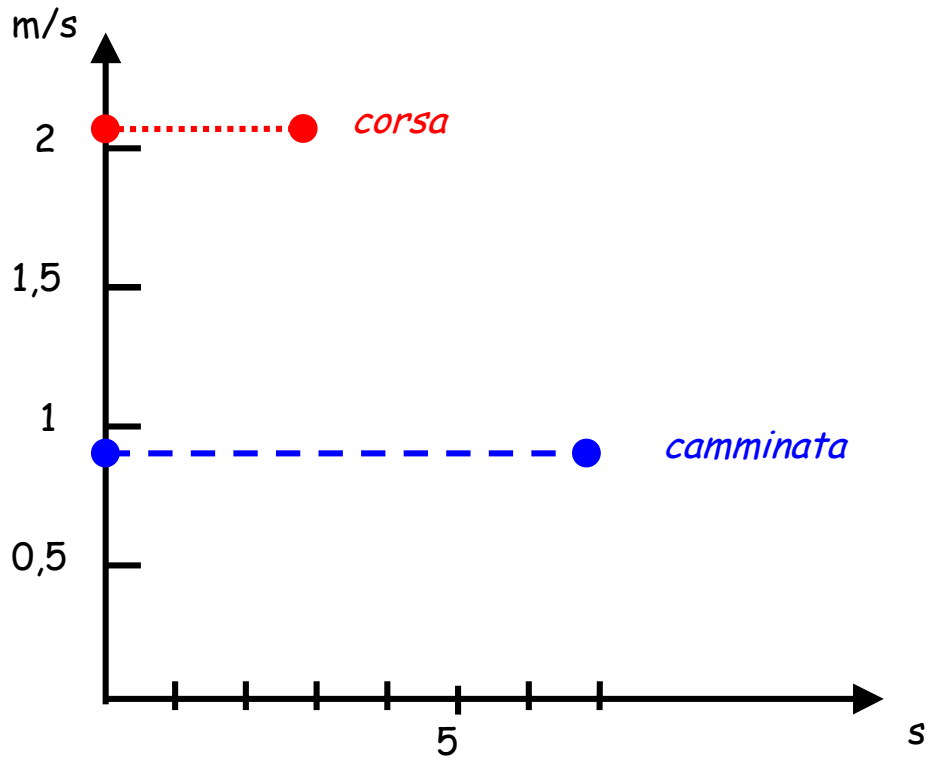


ATTIVITA' 2: la velocità

Analizzare i dati presi per la camminata e la corsa, calcolare le velocità e rappresentarle graficamente

	Numero di passi	Metri percorsi	Tempo impiegato	Velocità
Studente che cammina	...[10]....passi	...[6,25]....m	...[7]....s	...[0,87]...m/s
Studente che	[5]..passi-corsa	...[6,25]....m	...[3]....s	...[2,08]...m/s

corre				
-------	--	--	--	--



ATTIVITA' 3: la variazione di velocità

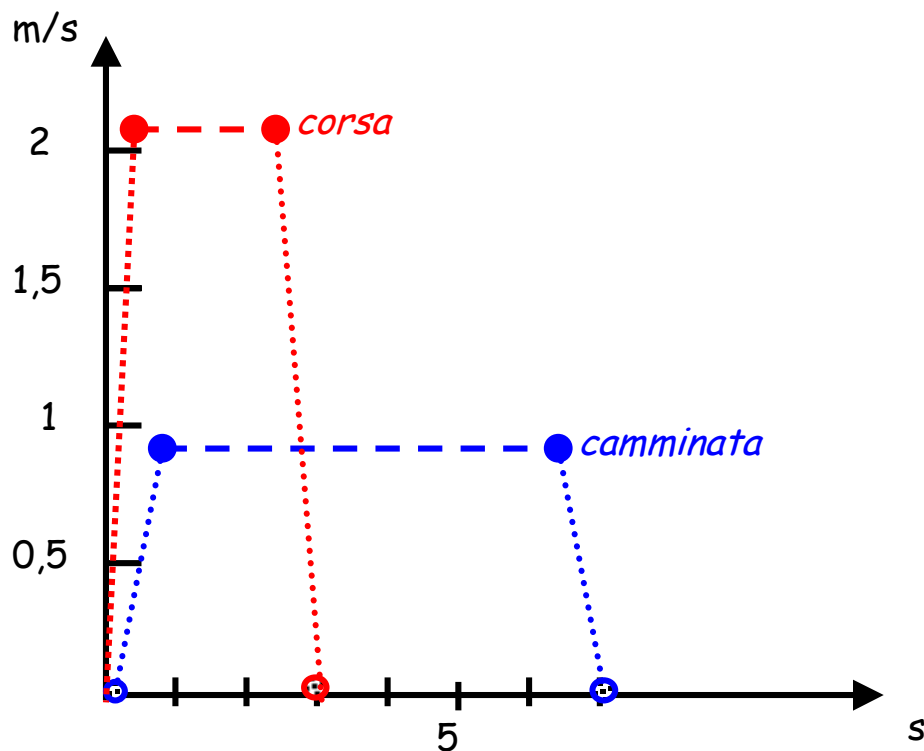
E' realistico quanto è stato rappresentato nel grafico precedente? Lo studente si è sempre mosso con la stessa velocità per tutto il tempo? Costruire un "modello" che sia più realistico e modificare il grafico utilizzato per descriverlo

Esaminiamo il grafico della camminata. Lo studente è partito da fermo, quindi con velocità nulla, dopo un breve periodo di tempo ha raggiunto la velocità media: quanto tempo ha impiegato? Possiamo pensare che abbia impiegato circa un passo, quindi ..[circa 0,7].. secondi.

Al termine del percorso lo studente ha rallentato, per poi fermarsi, quindi ha decelerato fino a raggiungere una velocità nulla. Quanto

tempo ha impiegato? Anche in questo caso possiamo prendere come riferimento il tempo di un passo, quindi ...[circa 0,7]... secondi

Lo stesso ragionamento vale per la corsa, quindi correggiamo i due grafici in modo più "realistico": tracciamo delle linee tratteggiate per indicare che non si sono compiute delle vere misure ma solo delle inferenze ragionevoli.

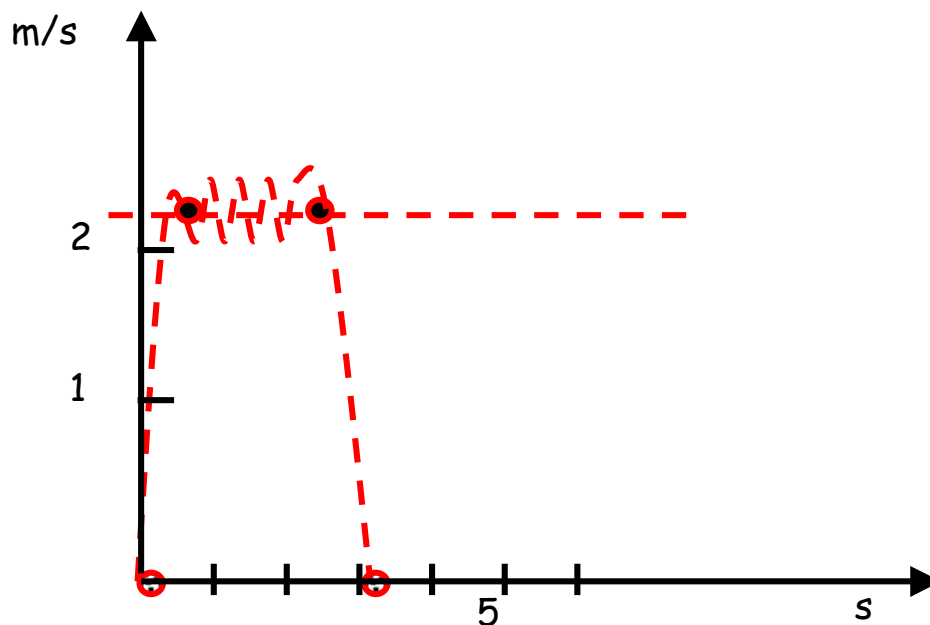


Che cosa mostra questo confronto? Che nella corsa si guadagna molto nello sprint iniziale, perché si raggiunge subito la velocità, poi sarà solo questione di mantenerla. Però anche la frenata nella corsa deve essere molto più rapida!

Per guadagnare rapidamente velocità all'inizio occorre una buona *accelerazione*. Così pure, per perderla rapidamente alla fine, occorre una buona *decelerazione*.

Inoltre, ad ogni passo, non si mantiene mai una velocità costante, ma ci sono piccole accelerazioni e decelerazioni. Un grafico più realistico per la corsa potrebbe essere come quello della figura: le linee sono tratteggiate perché non si sono compiute misure a ogni istante, ma

abbiamo solo delle valutazioni medie e i due pallini scuri indicano a quale istante è stato probabilmente raggiunto questo valore medio. Si potrebbe immaginare un grafico simile anche per la camminata.



3. Camminare e correre con RTL

Per verificare se effettivamente le variazioni di velocità avvengono proprio nei tempi e modi ipotizzati nel modello precedente, è necessario poter disporre di uno strumento, come RTL, in grado di fornire misure di posizione a intervalli di tempo molto più brevi del tempo impiegato per fare un passo. Descriveremo anzitutto come eseguire le misure per l'acquisizione dei dati, usando il *sonar* e la calcolatrice grafica, come trasferirle al PC e come analizzarle con un foglio elettronico. Sarebbe possibile analizzare direttamente i dati sulla calcolatrice stessa, come verrà proposto ed esemplificato nell'intervento sugli "Esperimenti con RTL" di questo stesso tutoriale, ma riteniamo che, per un primo approccio alle misure on-line, è preferibile mantenere il sistema di acquisizione e analisi al livello minimo in modo che lo studente abbia un contatto con i dati simile a quello che ha nelle misure svolte precedentemente con gli strumenti manuali.

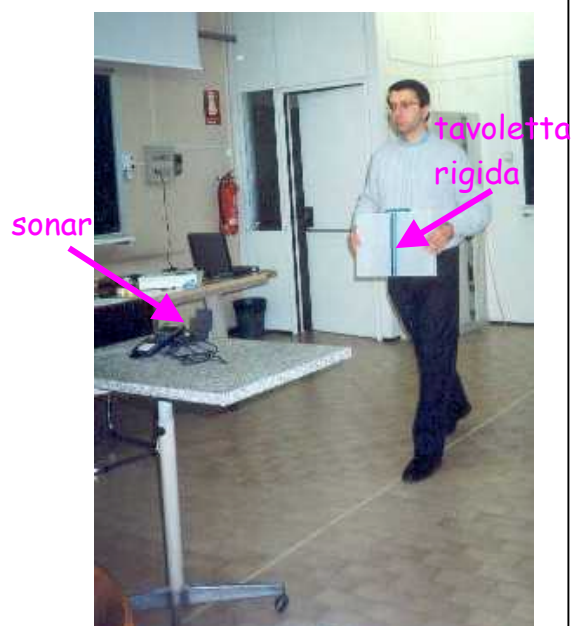
Come eseguire le misure

Il sonar funziona sull'effetto di eco da parte di oggetti che intercettano l'onda sonora emessa dallo strumento, come verrà descritto in dettaglio da Giacomo Torzo nell'intervento "Tutto quello che vorreste sapere..." di questo stesso tutoriale.

Conviene anzitutto scegliere una zona in cui ci si possa muovere liberamente e che sia abbastanza aperta, in modo che non si creino echi spuri da parte di porte o pareti. Il tratto in cui si può avere una buona riflessione varia fra circa mezzo metro e 5-6m. Conviene stendere sul pavimento una traccia del percorso da seguire, usando un nastro di carta adesiva, su cui si indicano anche le distanze ed esercitarsi a percorrerla a passo regolare, come in figura, contando i passi mentre si cammina.



Si posiziona poi il sonar collegato alla calcolatrice grafica su un supporto fisso che possa vedere il tracciato predisposto in precedenza, e si ripete la camminata tenendo in mano, all'altezza del sonar, una tavoletta rigida, come in figura, in modo da avere una riflessione dell'onda sonora corrispondente a una precisa posizione. Anche in questo caso si contano i passi mentre si cammina (o si corre).



E' importante lanciare l'acquisizione prima di iniziare a muoversi, in modo da poter acquisire per intero l'inizio del moto, cioè il passaggio da velocità nulla alla velocità di regime.

Come collegare sonar e calcolatrice e quali comandi dare per la presa dati

- Connettere il sonar alla calcolatrice (cavo nero apposito)
- Accendere la calcolatrice
- Premere il tasto APPS
- Scegliere il comando CBL/CBR (enter)
- Selezionare DATA LOGGER
- Selezionare il sonar SONIC
- Scegliere il numero di campioni 100 samples
- Interval 0.05s
- Units m
- Plot End
- Directions On
- Scegliere CBR
- Avviare l'acquisizione seguendo le istruzioni a schermo della calcolatrice
- Si avvia premendo ENTER al comando "press enter to begin"

Dati e grafici sulla calcolatrice

- A fine acquisizione il grafico posizione tempo compare sullo schermo
- E' possibile leggere i dati con il cursore posizionandolo sui punti del grafico
- Si possono richiamare i dati presenti sui files LDIST.8XL (posizione) e LTDIS.8XL (tempo) e visualizzare i vettori di dati sulla calcolatrice

Come collegare la calcolatrice al PC e come riversare i dati su un foglio EXCEL

Software da installare sul PC:

- TI-GRAPHLINK (TIxx), dal sito
<http://www.ti.com/calc/italia/gratuiti.htm>
→ xx sta per il numero di identificazione del tipo di calcolatrice

Cavo di collegamento:

- solo windows (nero) oppure windows/MAC (grigio)
→ il cavo è predisposto con un opportuno traslatore di livello e va collegato alla porta seriale

Come acquisire i dati:

- aprire l'applicativo TI-GRAPHLINK
- cliccare su "collega" e poi "ricevi"
- scegliere dall'elenco i files desiderati
→ "LDIST.8XL" (dati di posizione) e "LTDIST.8XL" (tempi corrispondenti)

Come trasferire i dati su EXCEL:

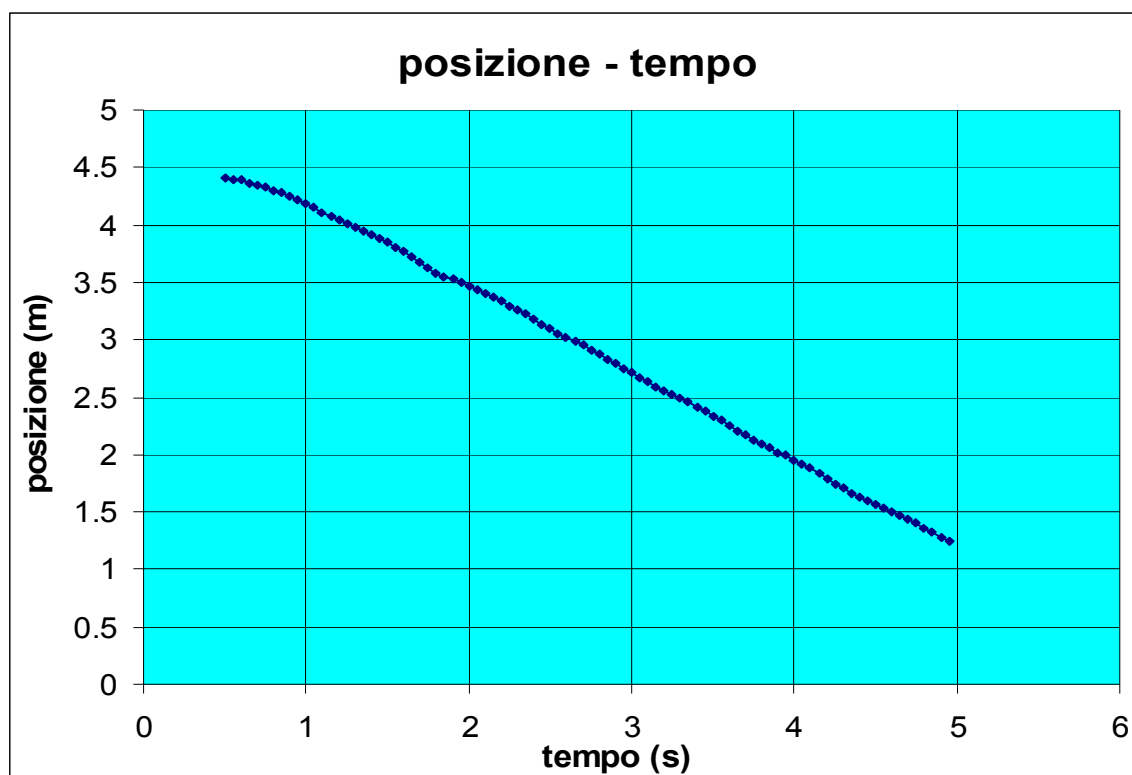
- predisporre EXCEL, se necessario, ad accettare come separatore decimale il punto anziché la virgola
- selezionare la colonna di dati desiderata nella finestra di TI-GRAPHLINK
- copiarla con l'istruzione "copia - incolla" nella colonna di destinazione del foglio EXCEL

Come predisporre EXCEL ad accettare come separatore decimale il punto anziché la virgola:

- da desktop aprire "impostazioni" e
 - scegliere "pannello di controllo"
 - cliccare su "impostazioni internazionali" e scegliere "Numeri"
 - impostare "." come "separatore decimale" e "," come "simbolo raggruppamento cifre"
 - cliccare su "applica"
- questa istruzione modifica automaticamente tutti i file EXCEL esistenti, conviene pertanto, finita la sessione di trasferimento dati

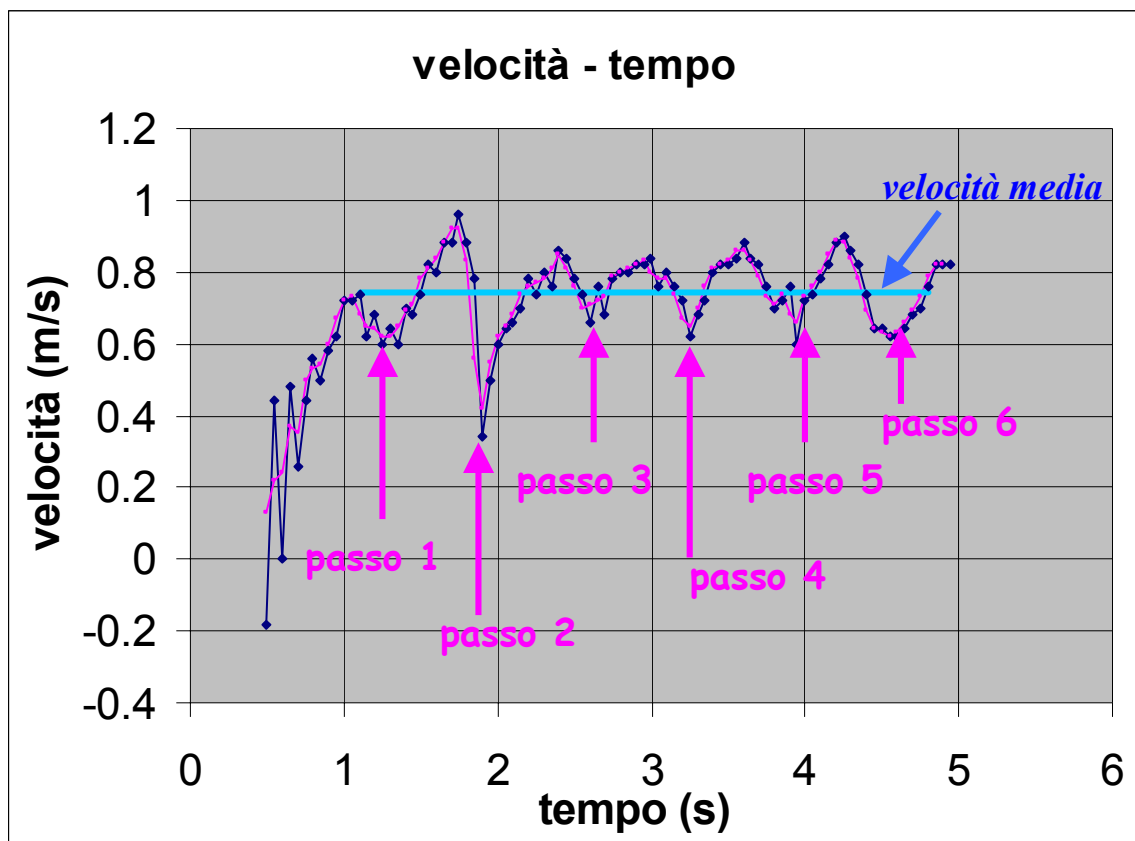
Esempi di camminata

Ecco un esempio di dati ottenuti con una camminata: il grafico è ottenuto con il foglio EXCEL. Il tempo di campionamento era di 0,05 s. Il tratto percorso è stato di poco più di 3m, il tempo impiegato poco più di 4 s e, cosa importante, si sono contati 6 passi.



I passi si notano poco in questo grafico, molto meglio in quello che segue, della velocità in funzione del tempo. La velocità è stata calcolata nel modo più semplice, dividendo la distanza fra due posizioni vicine per l'intervallo di tempo di campionamento (0,05 s) (triangoli neri nel grafico). Sono stati calcolati anche dei valori "smussati" per la velocità (linea fucsia), prendendo la differenza non già fra due posizioni successive, ma fra due medie successive fra punti vicini (la formula usata per il punto i è: $((x_{i-1}+x_{i+1})/2)/dt$). Per entrambi i calcoli si è cambiato segno alla velocità per facilitare la comprensione del grafico. Si vede chiaramente che c'è una variazione iniziale della velocità che passa da zero al valore medio (stimato a occhio e rappresentato nel grafico dalla linea blu) entro il primo passo.

Per raggiungere la velocità media il tempo impiegato, che si legge dal grafico è di circa $0,6\text{ s}$, la velocità media è di circa $0,7\text{ m/s}$, quindi l'accelerazione alla partenza è di circa $0,7(\text{m/s})/0,6\text{s} \approx 1,1\text{ m/s}^2$, quindi poco più di 1/10 dell'accelerazione di gravità!

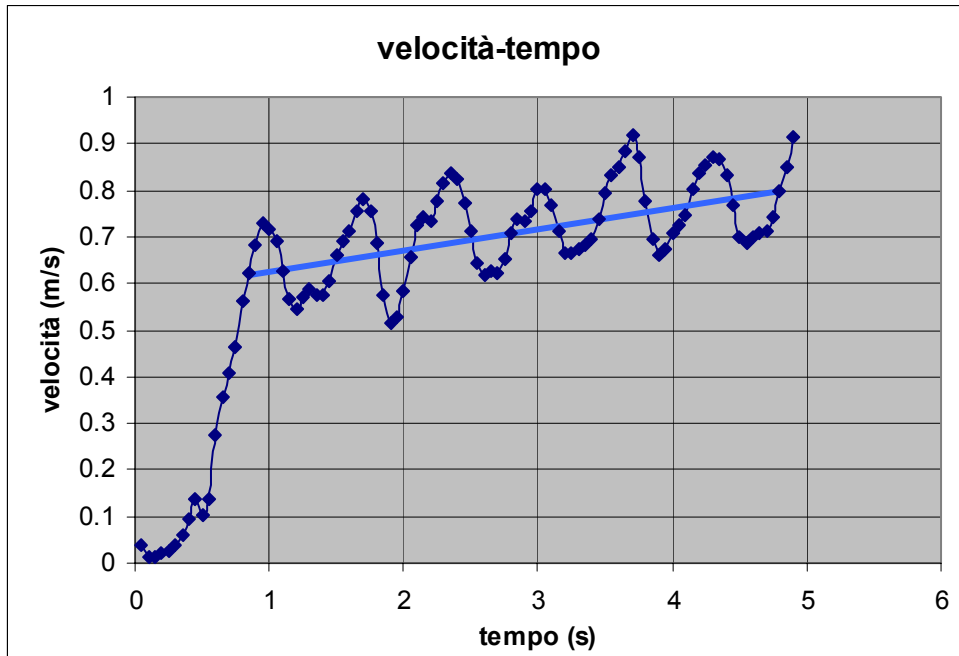


Altre cose che si osservano facilmente dal grafico sono le **variazioni di velocità** che avvengono a ogni passo: si vede chiaramente la diminuzione di velocità, in corrispondenza al momento in cui si mette giù il piede, seguita da un aumento quando si riparte con la spinta data al passo successivo. La velocità oscilla fra un minimo di circa $0,6\text{ m/s}$ e un massimo di circa $0,9\text{ m/s}$ e praticamente tutta la camminata è sempre un accelerare e decelerare!

Le accelerazioni o decelerazioni intermedie si possono calcolare, volendo, leggendo i dati sul grafico nel foglio excel: ad esempio, la decelerazione prima dell'ultimo passo è di circa $0,25/0,4 \approx 0,6\text{ m/s}^2$, quindi molto meno dell'accelerazione iniziale.

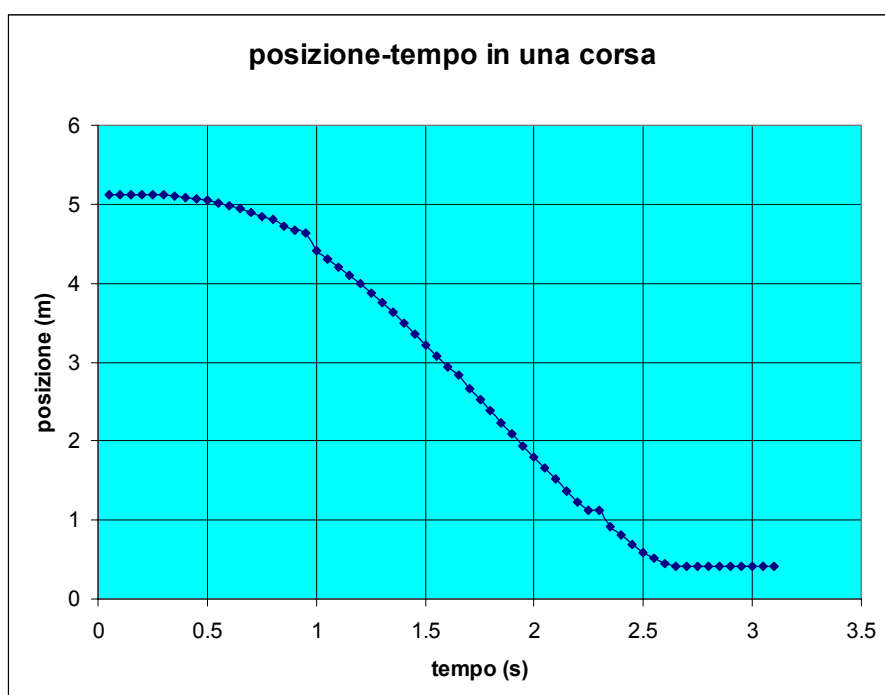
Nel grafico successivo, portiamo invece un altro esempio di camminata, in cui la velocità "media" è andata aumentando stranamente durante la

camminata: sono comunque nettamente visibili l'accelerazione iniziale e le oscillazioni di velocità intorno al valore "medio". Anche i valori delle accelerazioni o decelerazioni non sono molto diversi dal caso precedente.

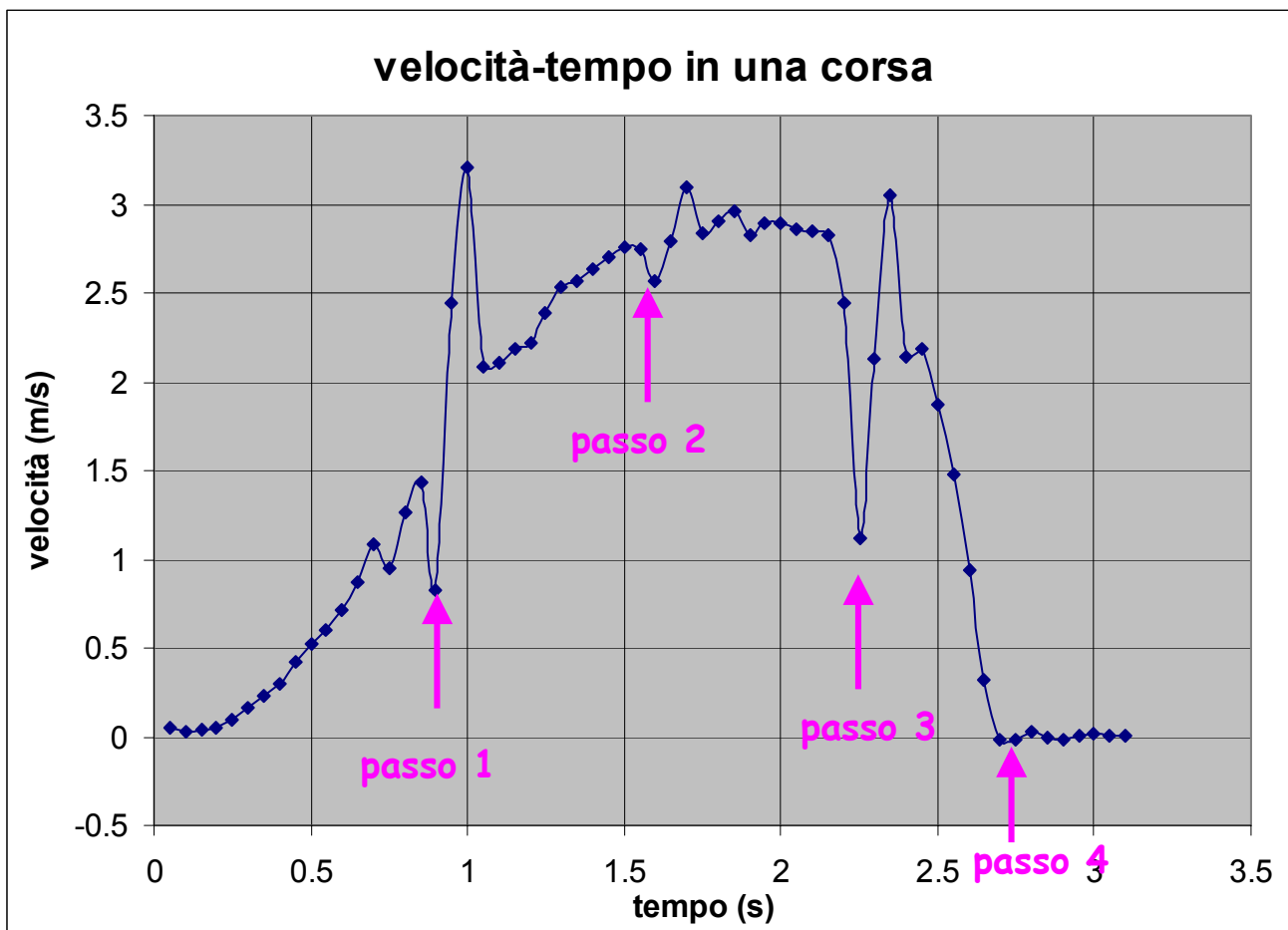


Esempi di corsa

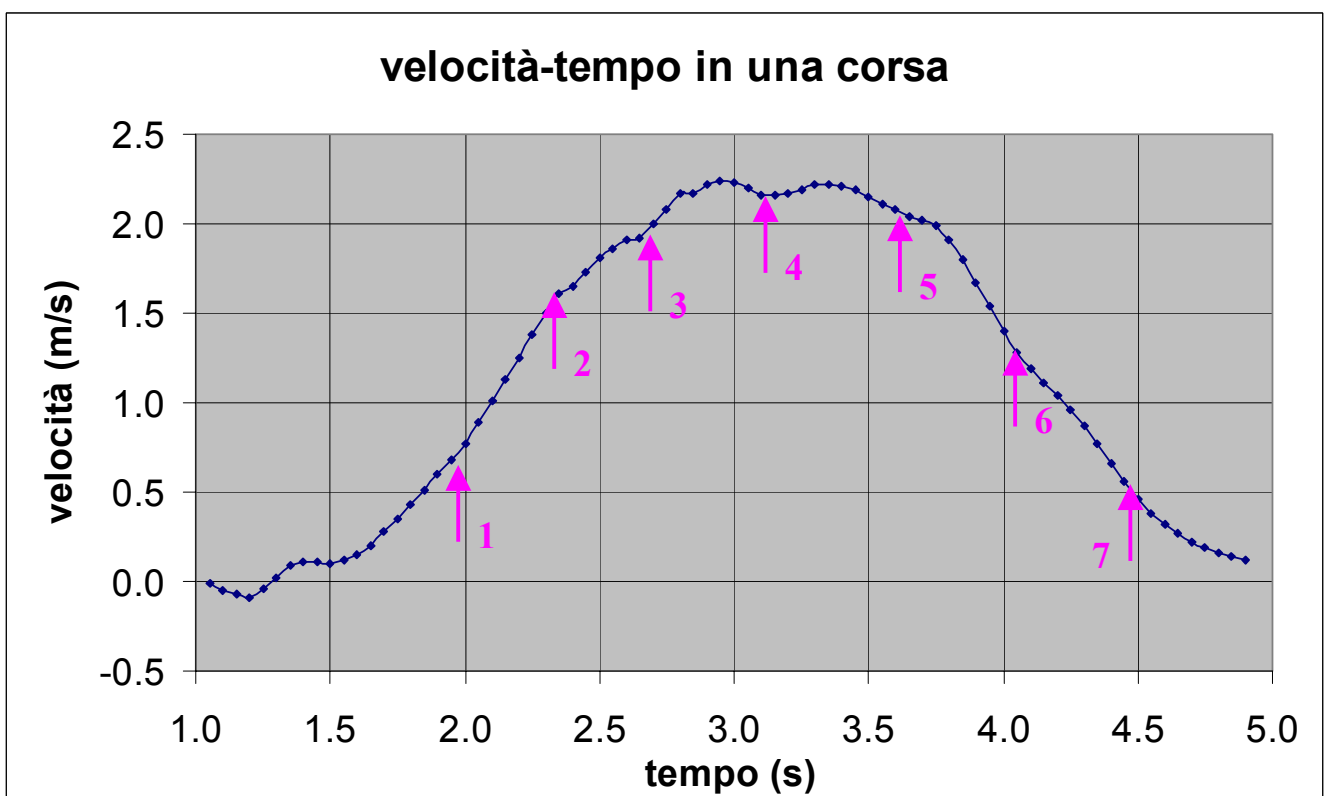
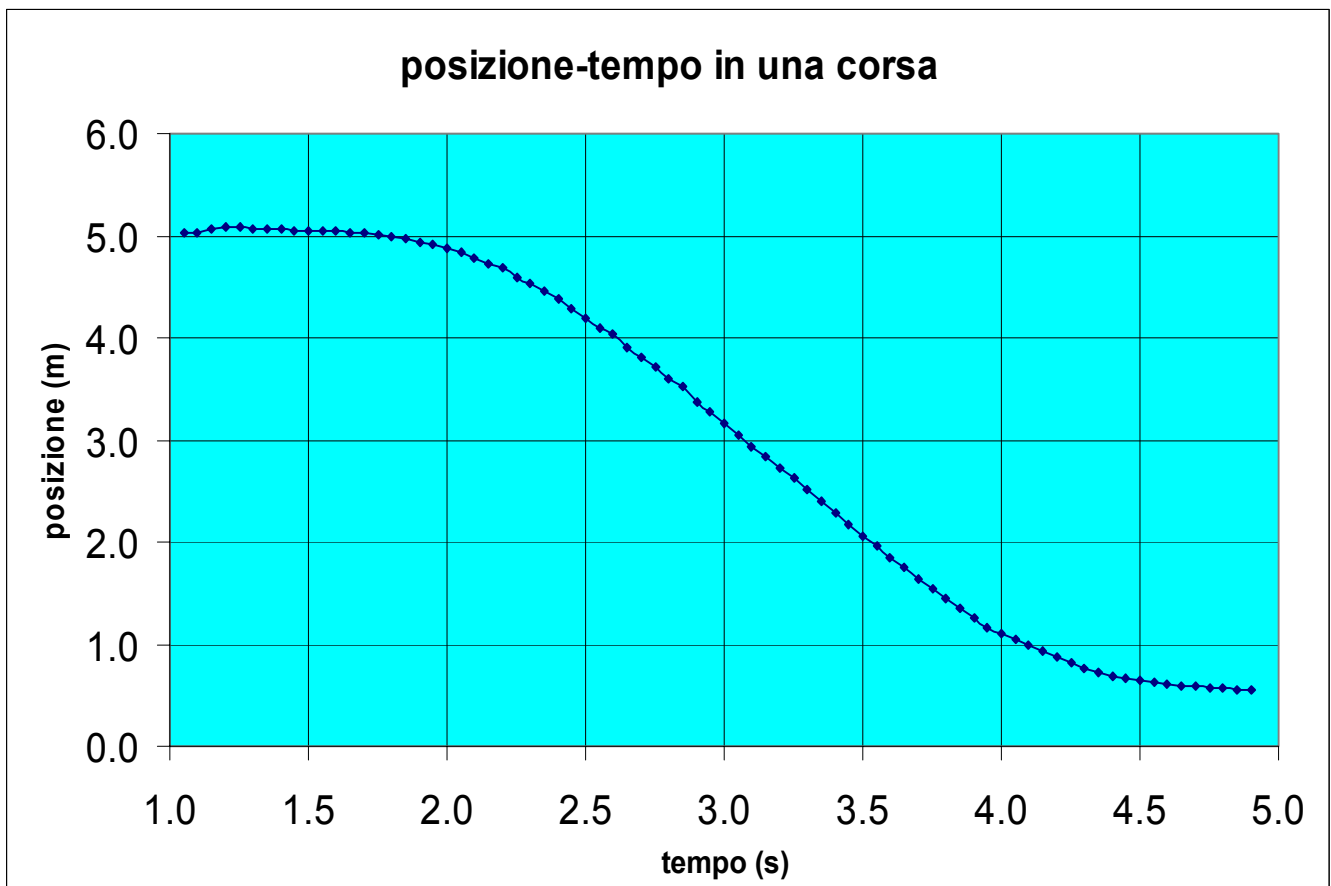
Ecco un esempio di corsa.



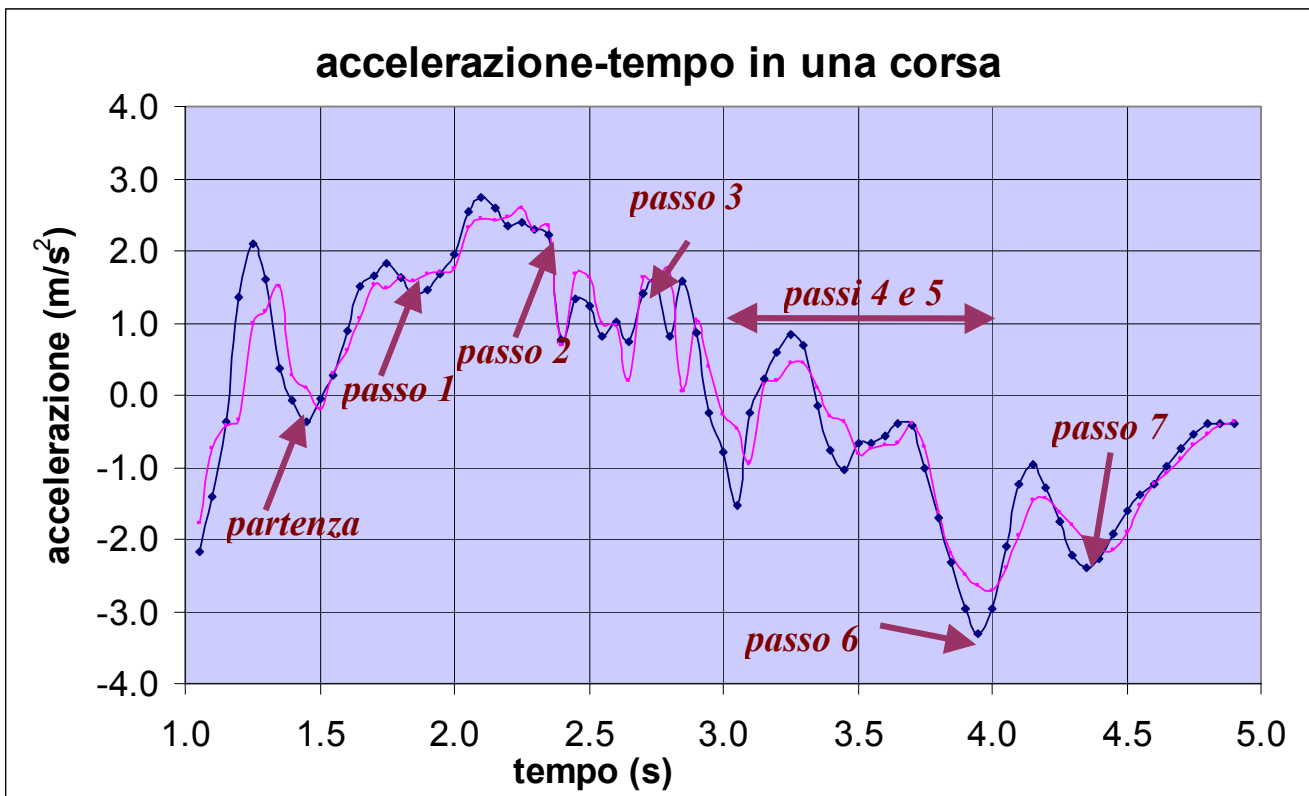
Nel breve tratto in cui il sonar è sensibile si sono fatti solo 4 passi, la velocità "media" si vede che è costante solo nel tratto intermedio (quasi 3 m/s), mentre si vede bene l'arrotondamento in corrispondenza della partenza e della frenata finale. Il grafico velocità-tempo mostra bene queste caratteristiche: si vede però che occorrono ben due passi per raggiungere la velocità "di regime", che qui dura praticamente solo un passo prima che si debba iniziare a frenare. L'accelerazione iniziale è molto maggiore: il valore, mediato sui primi due passi, è di circa $2 \text{ m/(s}\cdot\text{s)}$, circa il 20% dell'accelerazione di gravità (che è una accelerazione da auto media, in grado di passare da 0 a circa 30 m/s (100 km/h) in circa 15 s). Ancora più interessante è la brusca decelerazione finale: in circa 0,4 s si passa da una velocità di circa 3 m/s a velocità nulla, quindi la decelerazione è di circa $7,5 \text{ m/s}^2$, circa al 75% di g . Anche le fluttuazioni intorno alla velocità media sono più forti e più brusche.



Questo è invece un diverso esempio di corsa, con un numero maggiore di passi (7) e dati acquisiti con il sistema MBL, che è più potente.



La modulazione della velocità in corrispondenza dei passi successivi è ancora visibile, l'andamento è più liscio, si può valutare il cambiamento di pendenza fra il secondo e il terzo passo che corrisponde a una minore accelerazione. Con questo sistema è possibile anche valutare quantitativamente l'accelerazione e vedere come varia. Il grafico è riportato qui di seguito: i punti neri sono ottenuti con calcolo diretto, la curva fucsia con una procedura di "smoothing".



Dopo la partenza, l'accelerazione aumenta durante il primo passo fino a un valore di quasi 2 m/s^2 (si vede bene l'attimo in cui viene messo giù il piede, perché l'accelerazione è un po' minore), cresce ancora fino a raggiungere il massimo (quasi $2,5 \text{ m/s}^2$) durante il secondo passo e c'è ancora un po' di accelerazione durante il terzo passo. I passi 4 e 5 sono invece fatti a velocità circa costante (accelerazione nulla in media). Al sesto passo inizia la decelerazione, che si completa al settimo per permettere al corridore di fermarsi. Anche in questa corsa la decelerazione massima (oltre -3 m/s^2) è molto elevata, segno della preoccupazione del corridore di fermarsi in tempo prima di urtare contro l'ostacolo (il carrello su cui è appoggiato il sonar)!