

MANUALE PER IL DOCENTE

Questa scheda è rivolta al docente e contiene le risposte agli spunti di riflessione e approfondimenti riportati nelle schede delle esperienze per gli studenti. Sono inoltre presenti consigli da dare agli studenti per aiutarli durante le fasi più critiche delle esperienze e per guidarli nell'interpretazione dei dati e nella formulazione di ipotesi, nonché suggerimenti per risolvere eventuali problemi tecnici.

In prima battuta si consiglia, dove non scritto diversamente, di non fornire agli studenti le risposte e i suggerimenti qui riportati, ma di lasciare loro esplorare il **Kit Misura** e le esperienze proposte così come sono state predisposte, in modo che essi abbiano più libertà nell'esecuzione delle stesse e che si sentano più vicini al reale lavoro di un ricercatore o una ricercatrice. Una volta arrivati alla fase di confronto delle risposte tra i vari gruppi di studenti, oppure se gli studenti si trovano in difficoltà e non riescono a procedere, il docente può condividere con loro le risposte riportate qui.

PROBLEMI TECNICI

- Controllare che nel menù Strumenti del software di Arduino o nella barra bianca in alto a destra (a seconda della versione utilizzata) sia selezionata la scheda Arduino Uno e la porta a cui esso è collegato.
- Controllare che il numero scritto tra parentesi nel comando `Serial.begin` all'interno del codice coincida con il numero scritto in basso a destra nel monitor seriale.
- Talvolta anche se il circuito è stato costruito correttamente il codice non dà i risultati attesi o mostra soltanto il valore molto alto senza aggiornarsi. Si può procedere in due modi: provare a staccare e riattaccare il cavo USB dal pc e chiudere e riavviare il codice; oppure sostituire una componente del circuito alla volta finché non si trova il problema. Ad esempio: cambio la posizione del circuito sulla breadboard, scelgo altre colonne; sostituisco i cavi; sostituisco la resistenza e via dicendo.

NOTE SUI SENSORI

Sensore di peso

Si lascia il sensore di peso come esperimento libero, senza guide e/o indicazioni. Noi stessi abbiamo riscontrato delle difficoltà nell'utilizzo di questo sensore, ma crediamo che sia istruttivo per gli studenti avere a che fare con uno strumento che non è stato ancora collaudato del tutto per metterli alla prova e capire cosa riescono a sperimentare utilizzando anche risorse esterne. Per questo motivo in queste schede non si troveranno ulteriori commenti o suggerimenti su questo sensore. Il sensore di peso ha un'area sensibile molto ridotta, individuabile dalla griglia di righe dorate. Se l'oggetto viene posizionato in parte fuori dall'area sensibile non verrà misurato. Per facilitarne l'utilizzo è stata costruita una piccola piattaforma di legno che permette di utilizzare anche oggetti più grandi dell'area sensibile.

Giroscopio

Il funzionamento del giroscopio è diverso da quello degli altri sensori, poiché dipende da librerie di Arduino alquanto complicate (non vengono mai mostrate le misure in bit, ma già tarate e in unità di gradi). Non è possibile replicare le prime quattro esperienze così come sono state pensate per i 4 sensori precedenti, ma ci si limita a utilizzare il sensore e gli script annessi così come sono. Per questo motivo si troveranno pochi commenti o suggerimenti sull'utilizzo di questo sensore. Si possono però sicuramente fare alcune riflessioni sulla sensibilità, la portata e la riproducibilità selezionando tra le domande proposte a conclusione di ogni scheda Esperienza quelle più pertinenti al giroscopio.

Nei codici a disposizione viene sempre mostrata soltanto l'inclinazione dell'asse y del giroscopio

l'asse y è individuabile con un piccolo disegno che si trova sul sensore stesso. Seguendo la configurazione di montaggio mostrata nella scheda "Introduzione e guida rapida Arduino Uno" non ci si può sbagliare nel muovere il sensore nella maniera corretta.

Sensore di distanza

Il sensore di distanza è un sensore di distanza che utilizza un'onda sonora, appunto, per misurare la distanza del primo ostacolo che incontra sul suo percorso. Il sensore è composto da un trasmettitore e un ricevitore, indicati rispettivamente dalle lettere T e R. Il trasmettitore è legato al Trig e il ricevitore è legato all'Echo, che sono le due uscite che il sensore utilizza per comunicare le informazioni ad Arduino tramite i pin digitali. Quando viene dato il segnale di fare una misura Arduino manda un impulso tramite il Trig al trasmettitore, che fa partire un treno di onde sonore per 10 μ s. Nel momento in cui il treno di onde è partito Arduino fa partire un cronometro. Le onde viaggiano in linea retta davanti al sensore con un cono di 15° circa. Una volta che incontrano un oggetto sul loro cammino vengono riflesse, tornano al sensore e vengono captate dal ricevitore, che tramite l'Echo comunica ad Arduino di fermare il cronometro. Il tempo calcolato da Arduino viene utilizzato per misurare la distanza dell'oggetto incontrato tramite questa semplice formula che utilizza la velocità del suono nell'aria con un'approssimazione a 20°C:

$$d = c_s \frac{t}{2}$$

Dove la velocità è pari a 343 m/s e t è il tempo misurato da Arduino in μ s.

Sensore di luminosità

Il sensore di luminosità è una fotoresistenza che diminuisce il suo valore resistivo all'aumentare della luce che colpisce la parte superiore, cioè l'area sensibile. Il sensore è in grado di esprimere l'intensità luminosa rilevata solo grazie alla scala messa a disposizione dai pin analogici della memoria di Arduino, cioè da 0 a 1023. Questo valore è difficile da convertire in un'unità di misura relativa all'intensità luminosa ed è sconsigliabile farlo, a meno che non si abbia a disposizione uno strumento adatto con cui poter creare una scala per confronto. Ad esempio se è disponibile un luxmetro si possono confrontare i valori in bit espressi da Arduino con quelli del Luxmetro e cercare di trovare una formula di conversione adatta. Altrimenti si può cercare di far ragionare gli studenti sulla difficoltà di questa attività senza per forza risolverla e trovare invece una soluzione alternativa per permettere ai diversi gruppi di poter confrontare i loro risultati al meglio, come ad esempio la normalizzazione suggerita nell'Esperienza 2 relativa alla taratura dello strumento.

Sensore di temperatura

Il sensore di temperatura è un sensore molto semplice che lavora tra i -50°C e i +125°C circa. Purtroppo non può essere immerso nei liquidi, a differenza di altri sensori simili, ma abbiamo scelto questo modello perchè permette di mostrare agli studenti i dati raccolti e come possono essere trasformati per poter utilizzare l'unità di misura corretta relativa ad una misura di temperatura.

N.B: Se toccando il sensore di temperatura lo si percepisce molto molto caldo, scollegare immediatamente il circuito dal computer. Probabilmente il sensore è stato montato girato di 180° o qualche connessione nel circuito è errata. Controllare bene il tutto prima di ricollegare.

INDICAZIONI PER SPUNTI DI RIFLESSIONE

In questa appendice andiamo a rispondere alle domande che si possono trovare a conclusione di ogni scheda Esperienza.

1. RIPRODUCIBILITÀ

A-B – Sensore di distanza

Potrebbero esserci degli ostacoli inaspettati tra il sensore e l'oggetto del quale si vuole misurare la distanza di cui gli studenti non si rendono conto; talvolta, anche stare vicini a una parete porta alla misura della distanza di quest'ultima invece che dell'oggetto scelto, poichè il cono con cui si propaga l'onda è di 15°. Bisogna dunque prestare molta attenzione a tutte queste variabili e cercare di stare in uno spazio il più possibile sgombro, o quantomeno di creare delle barriere che facciano rimbalzare il segnale che colpisce oggetti indesiderati in posti che non vengano captati dal sensore. Più si cercano di fare misure a grandi distanze più diventa difficile sgomberare bene il campo. Per quanto riguarda l'oscillazione residua delle misure, è necessario fare attenzione ai tempi di attesa (comando *delay* nel codice) tra una misura e l'altra, soprattutto quando si va a misurare oggetti in movimento. Il sensore, infatti, potrebbe fare fatica a compiere misure troppo ravvicinate nel tempo, e fornire invece risultati sballati se il tempo di attesa è eccessivo.

A-B – Sensore di luminosità

Con questo sensore è consigliabile rimanere il più possibile fermi durante l'esecuzione delle misure, in modo da non variare la quantità di luce e di ombra ricevuta dal sensore, inoltre fissare la fonte di luce in modo da ridurre il più possibile i movimenti. In particolare, la distanza e l'orientazione della fonte di luce relativamente alla fotoresistenza influenzano molto l'esito delle misure. Altrettanto importante è rimanere fermi e non fare ombra al sensore. Se le luci sono accese e le tapparelle sono alzate, ci si aspetta che le misure siano molto influenzate dalla luce ambientale, soprattutto tra gruppi diversi. Può essere una buona idea confinare l'apparato sperimentale all'interno di una scatola in modo da non essere influenzati dalla luce ambientale. Con questo espediente, può darsi che le oscillazioni vengano eliminate del tutto.

A-B – Sensore di temperatura

Elementi che possono creare disturbo sono fonti di calore (o, al contrario, oggetti molto freddi) con temperature molto elevate (basse) localmente, come termosifoni (se accesi), condizionatore, congelatore, finestre da cui entrano spifferi e così via. Bisogna dunque cercare di stare a una distanza adeguata dalle fonti di calore, in modo che il sensore non ne venga influenzato; anche toccarlo direttamente con le mani può alterare le misure. Dopo averlo messo a contatto con oggetti a temperature elevate, prima di effettuare nuove misure occorre lasciare al sensore il tempo necessario perché si raffreddi.

C

L'oscillazione residua della misura effettuata con il sensore si può eliminare quasi del tutto, in maniera molto semplice, calcolando la media aritmetica \bar{x} di un insieme di n misure x_i :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

D

L'errore associato a un insieme di n misure x_i può essere calcolato come deviazione standard σ dell'insieme di misure:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}$$

Si può decidere se introdurre questo concetto o meno in base alla classe in cui si sta svolgendo l'attività e se continuare ad utilizzarlo con gli studenti durante le esperienze successive.

2. TARATURA

In generale, quello che si consiglia di fare per trovare una formula di conversione dai bit a un'unità di misura S.I. è di effettuare almeno due misure distinte, sia in bit che con lo strumento in unità S.I.; dopodiché, calcolare la differenza Δx tra le misure in bit e la differenza Δy , tra le misure in unità S.I. e da qui impostare una proporzione. Questo presuppone che tra le due scale ci sia una corrispondenza lineare, il che è in generale valido per i sensori a disposizione. Il passaggio successivo è quello di stabilire a quale valore y_0 in unità S.I. corrisponde quello di 0 bit. In questo modo, la formula di conversione da un valore x in bit a una misura y in unità S.I. dovrebbe avere un aspetto simile:

$$y = y_0 + \frac{\Delta y}{\Delta x} x$$

A-B – Sensore di distanza

Prima di affrontare l'esperienza, conviene far riflettere gli studenti su come si può utilizzare una misura di tempo come quella fornita dal sensore per calcolare la distanza di un oggetto. Si può consigliare loro di effettuare misure anche con un righello per procedere con la taratura del sensore di distanza e trovare un metodo di conversione tra cm e tempo in microsecondi facendo ricavare l'intera formula, oppure spiegare loro il funzionamento del sensore e far trovare il valore della velocità del suono.

A-B – Sensore di temperatura

Per tarare questo sensore, conviene avere a disposizione un termometro per confrontare le temperature misurate. Quando si misura la temperatura di oggetti molto caldi o molto freddi, il sensore potrebbe faticare a raggiungere il valore corrispondente a quello segnato dal termometro, perché impiega una quantità di tempo sostanziale a riscaldarsi/raffreddarsi e contemporaneamente l'oggetto tende a raffreddarsi/riscaldarsi, avvicinandosi alla temperatura ambiente. La formula di conversione trovata dovrebbe quindi fornire valori non molto corrispondenti alla realtà; inoltre, gli zeri delle due scale non coincidono, ed è difficile stabilire la loro corrispondenza senza conoscere le specifiche tecniche del sensore. L'idea è proprio quella di far ragionare gli studenti sulle problematiche che si incontrano in questo tipo di attività.

C – Sensore di distanza

Se gli studenti sono riusciti a trovare una formula di conversione, dovrebbero aver ricavato un valore per quella che è la velocità c_s di propagazione del suono nell'aria, pari a circa 343 m/s. Si consiglia di guidare gli studenti attraverso questo ragionamento se in classe non è ancora stato

affrontato il moto rettilineo uniforme.

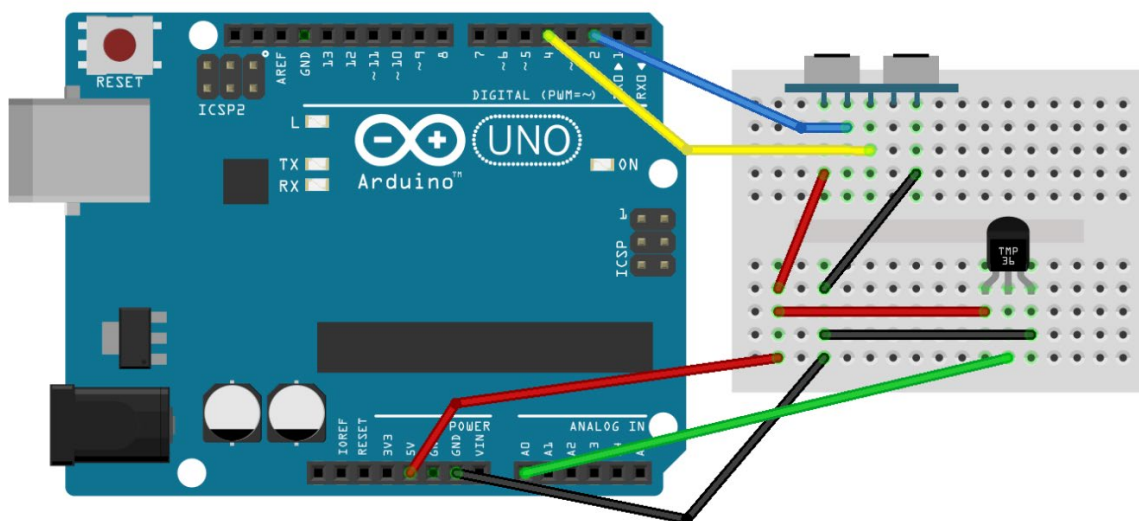
Trattandosi di una proporzionalità diretta, la procedura di taratura descritta precedentemente dovrebbe funzionare al meglio, ed è resa ancora più semplice dal fatto che, come si può far comprendere agli studenti, lo zero dei tempi misurati dal sensore coincide con lo zero delle distanze.

Migliorie

Per migliorare il funzionamento del sensore di distanza, si può determinare con più precisione il valore della velocità del suono nell'aria. Quest'ultima, infatti, non è esattamente costante, ma dipende dalla temperatura dell'aria secondo questa formula:

$$c_s = 331.4 + 0.6T$$

dove T è la temperatura espressa in gradi centigradi. Per fare ciò, è necessario collegare al circuito anche il sensore di temperatura, in modo da misurare la reale temperatura della stanza dove l'esperimento viene eseguito e calcolare più precisamente la velocità di propagazione dell'onda sonora. Per implementare il circuito, leggere il funzionamento del sensore di temperatura TMP36 nella parte denominata "Guida rapida al microprocessore Arduino".



fritzing

Per poter testare il nuovo circuito, è necessario utilizzare gli script con la dicitura `****_distanza_contT.ino`.

C – Sensore di temperatura

Viste le difficoltà trovate ai punti precedenti, conviene fornire agli studenti, a chiusura dell'esperimento, la formula di conversione tra bit e °C fornita nella scheda tecnica del sensore, spiegando il significato in classe.

Per passare dai numeri espressi in scala da 0 a 1023 in °C occorre prima di tutto trasformare il valore analogico in Volt, moltiplicando il valore letto per 3.3 (il nostro voltaggio massimo) e dividendolo per 1023. Ora che è stato fatto ciò, si può procedere con la conversione, poiché si sa a priori che 10 mV corrispondono a 1°C. Prima, però, va sottratto al risultato il valore 0.5, corrispondente alla parte di scala con temperature negative, poiché il sensore lavora tra -50°C e +125°C. La formula finale è la seguente:

$$T = 100 \left(\frac{3.3}{1023} x - 0.5 \right)$$

Dove x è il valore letto dal comando ***analogRead()***.

Una volta che questa formula viene assegnata, è facile constatare come la scala trovata empiricamente con la procedura di taratura non possa funzionare. Si consiglia quindi di far provare comunque la procedura e discutere criticamente i risultati della stessa dopo aver fornito la formula corretta. Viene assegnato uno script in cui la formula di conversione corretta è già scritta, da usare nelle esperienze successive.

D – Sensore di distanza

Siccome il sensore non lavora con i bit ma con i microsecondi, la domanda va riformulata apportando le dovute modifiche.

D – Sensore di temperatura

La relazione viene facilmente calcolata facendo uso della formula fornita al punto C.

Sensore di luminosità (II)

Con il sensore di luminosità non si può effettuare una procedura di taratura che permetta di convertire le misure in unità S.I., poiché è difficile reperire strumenti che misurino l'intensità luminosa in tale unità, il lumen. Spiegato questo agli studenti, ed eventualmente accennando alla teoria che vi sta dietro, si consiglia di lasciarli liberi di escogitare un modo per rendere le misure effettuate tra gruppi diversi – e quindi affette da condizioni ambientali diverse – confrontabili tra loro. La procedura che noi consigliamo è quella della normalizzazione, ma sono accettate idee nuove e più creative. Normalizzare i dati significa usare una scala comune con le misure espresse in valori percentuali, senza distorsioni negli intervalli di valori o perdita di informazioni. Nel caso dell'esperienza 5, per poter normalizzare i valori dell'intensità luminosa, gli stessi vanno divisi per la misura iniziale I_0 , ovvero si prende come intensità massima (100%) quella misurata dalla fotoresistenza illuminata dalla torcia in mancanza di filtri. Una volta fatta questa divisione per ogni misura, si moltiplica per 100, in modo da ottenere misure espresse in percentuale rispetto all'intensità massima iniziale, così anche i gruppi più vicini alla finestra o in favore di luce avranno risultati confrontabili con gli altri gruppi più in ombra:

$$I_{norm} = 100 \frac{I}{I_0}$$

Usare lo script *IntLum_media_norm.ino* oppure *IntLum_mediaconerrore_norm.ino* per avere la normalizzazione già inclusa nel codice.

3. PORTATA e SENSIBILITÀ

A – Sensore di distanza

La portata di questo sensore è difficile da calcolare, perché occorrerebbero spazi molto ampi e sgombri da ostacoli; un'idea potrebbe essere quella di portare il materiale in palestra o all'aperto e misurare lì il valore massimo possibile. Consigliamo di far ragionare gli studenti su come si propaga l'onda sonora nello spazio (cono di 15°) e capire quale sia la migliore forma e dimensione dell'ostacolo di cui si vuole misurare la distanza, specialmente per lunghe distanze.

A – Sensore di luminosità

La portata del sensore è facilmente misurabile con la torcia del cellulare: basta avvicinare la torcia al sensore fino a toccarlo per ottenere il valore di 1023 bit, delimitata dalla memoria di Arduino.

A – Sensore di temperatura

La portata di questo sensore è difficile da misurare, in quanto è difficile disporre di un corpo sufficientemente caldo e che mantenga l'equilibrio termico. Si può fare riflettere gli studenti su questo

aspetto, magari sfidandoli a misurare il valore più alto possibile mettendo il sensore a contatto con bicchieri pieni di acqua calda, per esempio.

B – Sensore di distanza

Secondo le specifiche tecniche del manuale del sensore, la sua portata dovrebbe attestarsi sui 4,5 metri. Si può vedere la corrispondenza con i valori massimi misurati dagli studenti. La misura più piccola in grado di misurare è 2 cm circa (a volte anche 1,5 cm) con una sensibilità di 0,3 cm. Solitamente si fa molta fatica a superare 1,5 m in una classe di media dimensione.

B – Sensore di luminosità

In questo caso non si dispone di una formula di conversione: saltare questa domanda.

B – Sensore di temperatura

Quanto detto nel punto A può essere corroborato facendo notare agli studenti che, dalla formula di conversione presente nella scheda tecnica del sensore (che si può trovare anche nella parte relativa alla taratura del sensore), sappiamo che il valore massimo da esso misurabile all'interno del suo regime di funzionamento corrisponde a 125°C.

C-D – Sensore di distanza

Questo sensore lavora con i microsecondi, non con i bit. Probabilmente sarà quasi impossibile registrare variazioni di 1 microsecondo; consigliamo di determinare la sensibilità del sensore mantenendo un oggetto a 10 cm di distanza misurati con il righello e spostare di 1 mm alla volta fino a che non si registra un cambiamento valido nella misura ottenuta da Arduino o in unità del S.I.

C-D – Sensore di luminosità

Variazioni di 1 bit sono facilmente rilevabili muovendo leggermente la fonte di luce vicina al sensore, o anche solo guardando le oscillazioni residue di misure effettuate una dopo l'altra.

C-D – Sensore di temperatura

Variazioni di 1 bit sono facilmente rilevabili ponendo il sensore a contatto con un corpo con una temperatura molto diversa da quella ambiente ed effettuando misure in rapida successione, o anche solo guardando le oscillazioni di misure in condizioni stabili. Cercare di stabilire a quanto corrisponde in °C la variazione di un bit, confrontando le misure fatte con un termometro.

E – Sensore di distanza

Non si ha a che fare con i bit ma con i microsecondi, ma la risposta è affermativa data la proporzionalità diretta che lega i tempi alle distanze.

E – Sensore di luminosità

Impossibile da stabilire in assenza di una formula di conversione in un'altra scala. Far ragionare gli studenti su questo limite.

E – Sensore di temperatura

Con la formula di conversione riportata nella scheda tecnica del sensore 1 bit dovrebbe sempre corrispondere a 1°C all'interno del regime di funzionamento del sensore, data la linearità della relazione.

F – Sensore di distanza

La domanda è mal posta dal momento che il sensore lavora con i microsecondi e non con i bit, quindi si può saltare o ragionare con i microsecondi.

F – Sensore di luminosità

Impossibile da stabilire in assenza di una formula di conversione.

F – Sensore di temperatura

No, perché lo zero della scala °C non corrisponde al valore di 0 bit.

4. PRONTEZZA

La prontezza dei sensori è influenzata dall'utilizzo del microprocessore: la gestione dell'algoritmo del software e la frequenza di clock del sistema, per esempio, sono parametri che determinano il tempo minimo con il quale si può ottenere una misura.

In generale, sarà difficile ottenere delle misure di tempo significative, per un motivo o per l'altro. Consigliamo di far concentrare gli studenti soprattutto sull'ordine di grandezza del tempo di risposta di ciascun sensore, e di come il tempo di risposta di Arduino potrebbe influenzare quest'ultimo.

A – Sensore di distanza

I due tempi sembrano essere simili, dato che il sensore rileva i cambiamenti in maniera quasi istantanea. Il tempo impiegato dal sensore per rilevare un cambiamento è molto più lungo del tempo di risposta di Arduino e lo si vede facilmente a occhio.

A – Sensore di luminosità

I due tempi sembrano essere simili, dato che il sensore rileva i cambiamenti in maniera quasi istantanea.

B – Sensore di distanza

Tenendo fermo il sensore, si può provare a muovere molto velocemente un oggetto a due distanze conosciute per vedere quanto tempo impiega a stabilizzarsi sulla misura corretta. Controllare dove si modifica il ritardo tra una misura e la successiva per evitare di confondere il tempo di risposta del sensore con i processi dovuti alla scrittura del codice. Sarà difficile misurare manualmente il tempo di risposta del sensore, essendo quest'ultimo dell'ordine delle frazioni di secondo. Si può concludere che il tempo di risposta del sensore è sostanzialmente impercettibile, paragonabile solo a quello deciso dal ritardo del programma.

B – Sensore di luminosità

Si può provare a misurare la velocità con cui variano i valori di intensità luminosa puntando una torcia sul sensore e facendo partire un cronometro nel momento in cui viene tolta dalla superficie della fotoresistenza, arrestandolo una volta che i valori della fotoresistenza sono costanti. Nella pratica, questo sarà difficile da fare, per motivi simili a quelli spiegati per il sensore di distanza. La conclusione sarà la medesima: data l'alta reattività del sensore, il tempo di risposta del sensore è sostanzialmente impercettibile, paragonabile solo a quello deciso dal ritardo del programma.

B – Sensore di temperatura

Si può avvicinare il sensore alla bocchetta del riscaldamento o del condizionatore (se presente) o metterlo a contatto con il termosifone e cronometrare il tempo in cui il sensore raggiunge il valore massimo o minimo a seconda del caso. Poi riposizionare il sensore al centro della stanza sul tavolo a una distanza opportuna dalla fonte di calore e misurare quanto tempo è necessario per ottenere nuovamente la misura della temperatura ambientale.

Il sensore di temperatura ha bisogno del tempo di raffreddarsi e scaldarsi prima di comunicare una misura corretta, perché a sua volta deve scaldarsi o raffreddarsi nella sua interezza. Sarà diffi-

cile che il sensore raggiunga in tempi brevi il valore iniziale, per cui conviene far osservare agli studenti che il tempo di risposta del sensore è dell'ordine di grandezza dei secondi/decine di secondi, e che non è univoco il modo di determinare l'istante in cui fermare il cronometro.

C – Sensore di distanza e sensore di luminosità

Per questo sensore, il tempo di risposta di Arduino è probabilmente ininfluenza, perché il tempo di risposta del sensore è dell'ordine di poche frazioni di secondo.

C – Sensore di temperatura

Per questo sensore, il tempo di risposta di Arduino è ininfluenza, perché il tempo di risposta del sensore è svariati ordini di grandezza superiore.

D

Effettuando un grafico, il tempo di risposta può essere stabilito confrontando l'istante in cui le misure, da stabili, iniziano a variare in maniera sostanziale con l'istante in cui esse si ristabiliscono attorno a un valore quasi costante.

E

Un tempo di risposta lungo richiede che il setup dell'esperimento venga mantenuto il più stabile possibile per tutta la durata dell'esperimento, variando il meno possibile le condizioni ambientali. Qualora queste ultime non siano controllabili, occorre predisporre un setup che schermi l'apparato sperimentale dalla loro influenza. Questo è il principale accorgimento da adottare per essere sicuri di misurare il tempo di risposta corretto. Inoltre è necessario capire se ci apprestiamo a misurare delle variazioni di misura che sono più basse del tempo di risposta del sensore. Va fatta quindi una riflessione a priori del sensore e del fenomeno utilizzato per capire se sono compatibili.

5. CONFRONTO DEI DATI

- Questa esperienza è più facilmente affrontabile se gli studenti sono già stati introdotti alla funzione esponenziale, ma è interessante proporla anche a studenti più giovani, cosicché essi abbiano modo di vedere che esistono relazioni che legano grandezze fisiche differenti dalla legge di proporzionalità diretta, lineare, inversa o quadratica. In questo caso, sulla scheda sono riportati gli elementi essenziali per comprendere la formula esponenziale, ma consigliamo comunque di approfondire l'argomento in classe.
- La legge fisica proposta è relativa alla luce e non viene solitamente affrontata all'interno del curriculum scolastico. Tuttavia, non occorrono conoscenze pregresse particolari per la sua comprensione ed è alla portata degli studenti dei primi anni di scuola superiore.
- Avrete a disposizione uno script per la raccolta dati che effettua automaticamente una procedura di normalizzazione (*IntLum_media_norm.ino* oppure *IntLum_mediaconerrore_norm.ino*).

A-B

Tipicamente, con il numero di filtri a disposizione si dovrebbe ottenere un risultato abbastanza buono, con qualche piccola discrepanza. Essenziale è il rispetto delle linee guida stabilite nella scheda *Esperienza 1: Riproducibilità*, nonché il mantenimento di condizioni ambientali più o meno costanti. Se questa esperienza non è stata affrontata, prima di cominciare far ragionare i ragazzi sulle migliori condizioni di utilizzo del sensore, prestando attenzione a non variare le condizioni esterne nel momento in cui viene eseguita la misura e quali conseguenze si potrebbero registrare nel caso in cui queste condizioni non vengano rispettate. Consigliamo quindi di utilizzare sistemi per isolare gli apparati sperimentali, oppure di tenere le luci spente e abbassare le tapparelle per quanto possibile.

C

La relazione lineare e quella quadratica si escludono a occhio, osservando che, mentre queste hanno un andamento crescente, l'intensità luminosa misurata tende a decrescere all'aumentare dello spessore del mezzo. Più difficile è scartare l'ipotesi che si tratti di una proporzionalità inversa. Per far questo, si può per esempio ricorrere alla legge matematica di quest'ultima, $xy = \text{costante}$, e verificare che non viene rispettata dalle coppie di dati $\Delta x, I$. Per escludere la correlazione quadratica basta creare il grafico che mette in relazione y e Δx^2 e osservare che i dati non seguono una linea retta.

D

Qui si può proporre a ogni gruppo di presentare alla lavagna la propria stima del coefficiente di assorbimento e il colore dei filtri usati; dopodiché, si controlla se gruppi con filtri dello stesso colore hanno ottenuto risultati compatibili entro l'errore calcolato. Sugeriamo anche di provare a fare tutti assieme una scala dei filtri che assorbono di più e di meno.

6. MISURARE L'INVISIBILE

- Questa scheda è pensata per classi nelle quali si è già trattata, almeno in minima parte, l'ottica ondulatoria, in modo che gli studenti conoscano l'interpretazione della luce come onda e il concetto di polarizzazione. Inoltre, è meglio anche aver già affrontato la funzione coseno e il suo grafico.
- Avrete a disposizione uno script per la raccolta dati che effettua automaticamente una procedura di normalizzazione (*IntLum_media_norm.ino* oppure *IntLum_mediaconerrore_norm.ino*).

A-B

Affinché gli studenti possano formulare delle ipotesi ragionevoli sulla legge matematica che lega angolo di inclinazione e intensità luminosa, occorre che essi prendano almeno una decina di misure, esplorando gli angoli compresi tra 0 e 90°. Meglio ancora se vengono superati i 90°, in modo che possano accorgersi del fatto che l'andamento non è sempre decrescente, ma presenta un minimo locale.

Approfondimento

La Legge di Malus è descritta dalla seguente formula:

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

dove θ è l'angolo tra i due piani polarizzatori, I è l'intensità luminosa in uscita dai due filtri e I_0 è l'intensità luminosa misurata quando l'angolo tra i due piani polarizzatori è pari a zero.

I-II

A meno che non si riesca a lavorare al buio completo, o non si schermi completamente l'apparato sperimentale dalla luce ambientale, sarà difficile per gli studenti ottenere uno zero dell'intensità luminosa, anche quando i filtri si trovano a 90°. Per questo motivo, è probabile che essi trovino un minimo sperimentale sensibilmente più alto di quello teorico: li si può far ragionare sul perché di

questa discrepanza. Alternativamente, consigliamo di misurare anche l'intensità luminosa della luce dell'ambiente (ossia senza torcia) e di sottrarla da tutte le misure effettuate, il cosiddetto *Rumore di fondo*.

7.1 MISURARE VARIAZIONI

- Questa esperienza è ideale per studenti che hanno già studiato la statica e in particolare la forza peso, la forza di attrito statico e il piano inclinato. Consigliamo anche di aver affrontato almeno in maniera essenziale le funzioni trigonometriche seno, coseno e tangente.
- La formula teorica per il calcolo del coefficiente d'attrito statico alla quale gli studenti dovranno arrivare è $\mu = \operatorname{tg} \alpha$.
- Bisogna fare attenzione che il sensore abbia la stessa inclinazione del piano e sia ben fermo. Se necessario, lo si può fissare al piano con del nastro adesivo. Questo è particolarmente importante se si usa il sensore di distanza sulla breadboard, assieme all'inclinometro.

A

Dai nostri esperimenti risulta all'incirca la seguente classifica di materiali dal più liscio al più ruvido:

Materiale	μ
Plastica	~0.30
Cartone	0.30–0.35
Legno	0.35–0.40
Gomma	~0.40

7.2 MISURARE OGGETTI IN MOVIMENTO

- I prerequisiti per questa esperienza sono gli stessi della scheda 7.1.
- Bisogna fare attenzione che il sensore abbia la stessa inclinazione del piano e sia ben fermo. Se necessario, lo si può fissare al piano con del nastro adesivo.
- Conviene seguire tutti gli accorgimenti descritti affinché il blocco di legno venga rilevato correttamente dal sensore.

A-B-C

Con una decina di punti si dovrebbe riconoscere un andamento simile a quello del moto uniformemente accelerato: una parabola per il grafico distanza-tempo e una retta per il grafico velocità-tempo. Se sono stati adottati gli accorgimenti descritti, il primo grafico dovrebbe risultare abbastanza buono. Più difficile è che il grafico velocità-tempo rispecchi effettivamente una retta, sia

per l'inaccuratezza dei dati che per l'imprecisione del metodo utilizzato per il calcolo della velocità istantanea. Sugeriamo di tracciare delle linee di tendenza, rispettivamente quadratica e lineare, per visualizzare meglio gli andamenti.

D

Sarà probabilmente difficile ottenere valori per l'accelerazione istantanea compatibili tra loro; facendo la media, si può ottenere un valore indicativo, che però potrebbe essere poco accurato. L'accelerazione teorica da noi misurata è pari a 0.092 m/s^2 (utilizzando la seconda tacca del piano inclinato, cioè quella a 30°) nel caso in cui il blocco di legno scivoli sulla plastica di cui è fatto il piano inclinato stesso. Nel calcolo dell'accelerazione sperimentale, i problemi maggiori insorgono a causa delle imprecisioni nei calcoli, del setup sperimentale non perfettamente funzionante e degli errori legati al sensore (la possibilità che non rilevi sempre il blocco di legno o il tempo troppo lungo che il sensore impiega a misurare distanze ravvicinate).