

Silvano Sgrignoli
Sezione AIF Bergamo
sisgri@iol.it

Note di laboratorio

Un nuovo sensore di posizione e moto

Abstract

A cheap, advanced, optical position sensor, based on time of flight measurements, could be a viable alternative to sonar devices for secondary school laboratories.

I sensori a ultrasuoni

Più o meno dalla fine degli anni Novanta del secolo scorso ha iniziato ad affermarsi nei laboratori delle scuole l'uso di sensori di posizione e moto basati sugli ultrasuoni (*sonar*). I primi dispositivi erano previsti per l'uso con i sistemi CBL¹ (fig. 1) ma, successivamente, sono stati sviluppati apparati analoghi collegabili al computer, via *USB* o *Bluetooth*. Sono questi i modelli che oggi sono presenti in molti laboratori di Licei ed Istituti tecnici, prevalentemente nella realizzazione proposta dai due principali produttori (Pasco e Vernier²).



Figura 1. Sensore di posizione CBR, 1997. Lo strumento è alto 15 cm e largo 5,8 cm; le dimensioni della capsula ultrasonora sono del tutto simili a quelle dei dispositivi attuali.

Fin dalla prima apparizione sul mercato di questi rilevatori *sonar*, la nostra rivista ha presentato alcune interessanti applicazioni [2, 3]. In letteratura si trovano, comunque, descritti molti esperimenti e, già da quei primi tempi, figurano anche applicazioni piuttosto raffinate [4-6].

Il costo di questi dispositivi, dell'ordine dei 100 ÷ 150 €, ne limita – però – la diffusione ed è molto raro che siano disponibili in una scuola in numero tale da consentire la sperimentazione diretta, a piccoli gruppi, da parte degli studenti.

Più recentemente, sono divenuti facilmente reperibili alcuni sistemi *sonar* molto più economici, indirizzati – in realtà – al mercato della microrobotica amatoriale

- Note**
- ¹ Il sistema CBL, *Calculator Based Laboratory*, è un sistema portatile di acquisizione dati sviluppato da *Texas Instruments* in collaborazione con *Vernier Software & Technology*, a partire dal 1994. I molti sensori disponibili devono essere connessi a un'interfaccia di acquisizione – denominata, appunto, CBL – che, a sua volta, si collega a una calcolatrice grafica programmabile. Il sensore di posizione di questo sistema, chiamato CBR (*Calculator Based Ranger*), sviluppato nel 1997, si può però anche connettere direttamente alla calcolatrice, senza richiedere l'interfaccia CBL. Molti dettagli sull'uso didattico del sistema CBL possono essere trovati nel sito del progetto IRDIS (Industria e Ricerca Didattica per l'Insegnamento delle Scienze), sviluppato negli anni 2000-2003 [1].
 - ² *Pasco Scientific*, www.pasco.com/ – *Vernier Software & Technology*, www.vernier.com/.

(fig. 2). Uno dei più diffusi, acquistabile con pochi euro, è noto con la sigla SR04³, disponibile in varie realizzazioni [7, 8]. A differenza dei *sonar* realizzati esplicitamente per l'uso nel laboratorio, che presentano una singola capsula trasmittente-ricevente di diametro piuttosto ampio, il sensore SR04 ha due piccole capsule separate (una trasmittente e l'altra ricevente). Questo sistema ha, anche, una risoluzione più limitata – circa 3 mm, contro 1 mm dei dispositivi prodotti dalle società didattiche.



Figura 2. Sensore HC04. La larghezza di questa scheda è di 4,5 cm.

Nondimeno, il basso costo ha suggerito la possibilità di estenderne l'uso negli esperimenti di laboratorio [9-14], tipicamente associandolo a una scheda *Arduino* o ad altre schede di basso costo, quali *Node MCU* o simili⁴.

Un nuovo tipo di sensore

Alcune delle limitazioni della scheda SR04 (come i problemi di parallasse per la rilevazione a piccola distanza e la risoluzione un po' limitata) possono, forse, essere superati con l'entrata in gioco di un dispositivo senza contatto di una nuova categoria, entrato in produzione nel 2018: si tratta del sensore VL53L0X della *STMicroelectronics* [18, 19]. Questo dispositivo (fig. 3) è un prodigio di tecnologia e miniaturizzazione, perché in un piccolo parallelepipedo di 4,4 mm × 2,4 mm × 1,0 mm incorpora un emettitore laser infrarosso *VCSL* (*Vertical Cavity Surface-Emitting Laser*), un reticolo di *SPAD* (*Single Photon Avalanche Diode*), l'elettronica di elaborazione e di controllo e un'interfaccia *I2C*⁵.

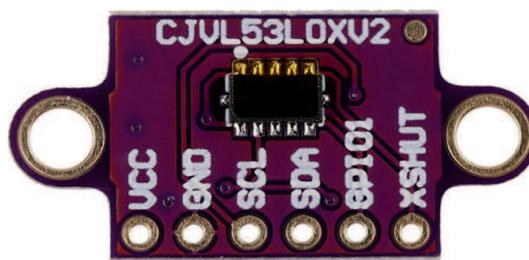


Figura 3. Scheda con montato il sensore VLL0X. La distanza tra i centri dei due fori di montaggio è di 2,0 cm.

- Note**
- ³ Questo sensore è disponibile in più varianti, sostanzialmente equivalenti, con nomi leggermente diversi, come HC-SR04, Parallax PING, Devantech SRF04, HY-SRF04.
 - ⁴ *Arduino* è una famiglia di piccole schede elettroniche, a basso costo, basate su un microcontrollore *RISC* (a numero ridotto di istruzioni). La programmazione di una scheda è possibile collegandola a un computer tramite una porta *USB* e si realizza con un semplice ambiente di sviluppo multi-piattaforma – *Linux*, *Apple*, *Windows* – disponibile gratuitamente; i programmi sono scritti in una versione semplificata del linguaggio *C* [15, 16]. *Node MCU* è una famiglia di dispositivi programmabili, basata sul microcontrollore ESP8266 di Expressif Systems, che integra anche la funzionalità *WiFi*. La programmazione avviene in linguaggio *Lua* (“Luna” in portoghese) [17] oppure, con l'ausilio di una libreria apposita, con lo stesso linguaggio e nell'ambiente di sviluppo di *Arduino*.
 - ⁵ L'*I2C* (*Inter Integrated Circuit*) è un sistema di comunicazione seriale tra circuiti integrati, che richiede due soli fili di collegamento, l'uno (*SDA* - *Serial Data*) per la trasmissione dei dati e l'altro per il riferimento temporale (*SCL* - *Serial Clock*) [20].

Il principio di funzionamento è la misura del tempo di volo di un raggio luminoso, perciò questo sensore è definito come *ToF* (*Time of Flight*). Dato il basso costo e la grande miniaturizzazione, in realtà il sensore probabilmente effettua una misura indiretta del tempo di volo e il costruttore non indica in dettaglio quale tecnica sia effettivamente usata: probabilmente il fascio emesso è modulato e si rileva lo sfasamento tra questa modulazione e quella della radiazione di ritorno [21, 22].

Il modulo VL53L0X è stato realizzato per applicazioni in settori diversi, tra le quali la rilevazione di prossimità nei telefoni cellulari; il suo impiego anche nella robotica e nell'automazione fa sì che oggi si possano trovare questi sensori già montati su una piccola scheda, corredata da un regolatore di tensione nonché di opportuni adattatori di livello per consentire l'alimentazione a 5,0 V e il collegamento diretto con una scheda *Arduino* – il tutto a pochi euro. È, quindi, certamente utile verificare quanto questo dispositivo sia adatto per misure di posizione e moto in sostituzione dei dispositivi *sonar*. Non sembra che nessuno abbia ancora messo alla prova questa possibilità e la presente nota vuole essere, nello stesso tempo, una segnalazione e un invito a operare in questo senso.

L'uso del sensore *ToF* è facilitato, in ambiente *Arduino*, dalla disponibilità di una libreria *software* [23], predisposta dal costruttore e distributore di una di queste piccole schede, che rende molto semplice impostare e verificare il funzionamento del sistema. In rete si trovano facilmente schemi di collegamento e programmi d'esempio [24]; il sensore comunica direttamente il risultato della misura in forma numerica (distanza in millimetri).

Per dare un'idea sommaria delle potenzialità di questo sistema, si riporta una presa di dati realizzata per il moto di un pendolo: a confronto i rilevamenti fatti successivamente con sensore *sonar* HC-SR04 e con un *ToF* CJVL53L0XV2 (fig. 4).

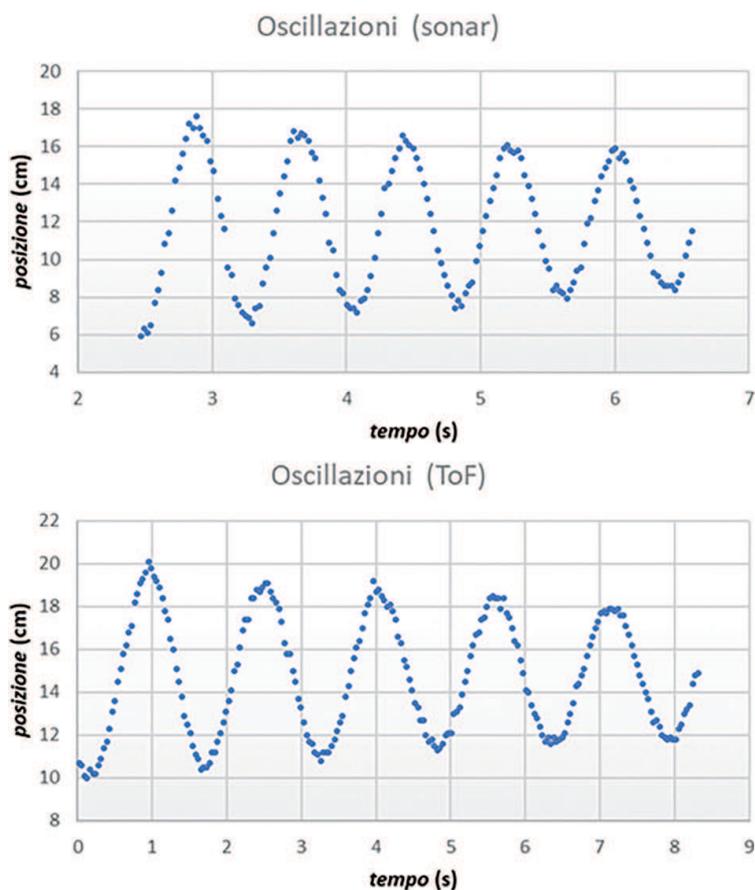


Figura 4. Oscillazioni di una piccola lastra metallica sospesa pendolarmente (doppia sospensione).
Sopra, rilevazioni con *sonar* SR04; sotto, rilevazioni con sensore *ToF* VL53L0X.

Come si può notare, i due grafici sono molto simili. Per il pendolo, si è usata una lastra metallica di circa 10 cm × 18 cm, perché il *sonar* faticava a tracciare il moto di una pallina di gomma del diametro di 4,5 cm che si sarebbe voluto impiegare⁶. Il *sonar* è stato programmato per una rilevazione continua (alla massima velocità di campionamento⁷), mentre il sensore *ToF* è stato lasciato nella configurazione di default, che prevede un tempo di 33 ms per ciascuna misura⁸.

Conclusioni Le prove di funzionamento fatte, seppur sommarie, confermano come il sensore *ToF* VL53L0X possa essere un dispositivo assai interessante per i laboratori delle scuole. La facile reperibilità, il basso costo, le piccole dimensioni e la versatilità suggeriscono di poterlo impiegare per condurre vari esperimenti, anche replicando l'attrezzatura per consentire l'uso da parte di piccoli gruppi di studenti. Chi scrive (soprattutto ora, con le limitazioni determinate dalla pandemia COVID) non ha la possibilità di svolgere le prove in un laboratorio attrezzato e si augura che altri colleghi possano raccogliere questo suggerimento e condividere i loro risultati.

**Bibliografia e
sitografia**

- [1] www.fisica.uniud.it/irdis/.
- [2] G. TORZO, B. PECORI, Il moto dell'altalena: un gioco antico studiato con tecnica moderna, *LFnS*, XXXIV, 1 (gen.-mar. 2001), 15.
- [3] A. SCONZA, Oscillazioni armoniche libere e smorzate di un sistema massa-molla, *LFnS*, XXXV, 1 (gen.-mar. 2002), 28.
- [4] A. CARNEVALI, C.L. NEWTON, Coupled Harmonic Oscillators Made Easy, *TPT* 38 (nov. 2000), 503.
- [5] G. TORZO, G. DELFITTO, A new microcomputer-based laboratory version of the Rüchardt experiment for measuring the ratio in air, *AJP* 69, 11 (nov. 2001), 1205.
- [6] G. TORZO, M. D'ANNA, The Wilberforce pendulum: a complete analysis through RTL and modelling, in «Quality Development in Teacher Education and Training» – *Girep book of Selected contributions of the Second International Girep Seminar, 1-6 September 2003*, M. Micheli (a cura di), Ed. Universitaria Udinese, Udine, 2004, 579. (Anche: citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.137.9228&rep=rep1&type=pdf).
- [7] pdl.designspark.com/api/v1/manufacturers/aa2c3e5eed854cb4847dfdc9/part/707c7bd940a94b499a96_fda1/34baf4292ed342b9a9c7debd/1.pdf.
- [8] www.robotshop.com/media/files/pdf/devantech-ultrasonic-range-finder-specifications.pdf.
- [9] C. GALERIU, S. EDWARDS, G. ESPER, An Arduino Investigation of Simple Harmonic Motion, *TPT* 52 (mar. 2014), 157.
- [10] A.M.B. GONCALVES, C.R. CENA, D.F. BOZANO, Driven damped harmonic oscillator resonance with an Arduino, *Phys. Ed.* 52, 4 (2017).
- [11] U. SARI, Using the Arduino for the experimental determination of a friction coefficient by movement on an inclined plane, *Phys. Ed.* 54, 3 (2019).
- [12] A. BUACHOOM, A. THEDSAKHULWONG, S. WUTTIPROM, An Arduino board with ultrasonic sensor investigation of simple harmonic motion, *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1380 (Siam Physics Congress 2019 (SPC2019): Physics beyond disruption society, 6-7 June 2019, Songkhla, Thailand).
- [13] A. ÇOBAN, N. ÇOBAN, Determining of the spring constant using Arduino, *Phys. Ed.* 55, 6 (2020).
- [14] G. ORGANTINI, *Fisica con Arduino*, Zanichelli, Bologna, 2020, 23, 41.
- [15] www.arduino.cc/en/Main/Software.

Note ⁶ Invece il sensore *ToF* non mostrava alcun problema nel tracciare il moto della pallina.

⁷ Per il controllo del sensore è stata usata la libreria *NewPing* [25].

⁸ È possibile impostare un tempo più lungo (campionamenti meno frequenti e più precisi) o più breve (campionamenti più frequenti ma meno precisi).

- [16] www.arduino.cc/reference/en/.
 - [17] www.lua.org/docs.html.
 - [18] www.st.com/resource/en/datasheet/vl53l0x.pdf.
 - [19] www.st.com/resource/en/user_manual/dm00279088-world-smallest-timeofflight-ranging-and-gesture-detection-sensor-application-programming-interface-stmicroelectronics.pdf.
 - [20] i2c.info/.
 - [21] www.allaboutcircuits.com/technical-articles/how-do-time-of-flight-sensors-work-pmdtechnologies-tof-3D-camera/.
 - [22] www.terabee.com/a-brief-introduction-to-time-of-flight-sensing-part-2-indirect-tof-sensors/.
 - [23] github.com/pololu/vl53l0x-arduino.
 - [24] www.makerslab.it/sensore-di-distanza-gy-vl53l0xv2-vl53l0x-time-of-flight-distance-sensor/.
 - [25] bitbucket.org/teckel12/arduino-new-ping/wiki/Home.
- (Tutti i link qui riportati sono stati verificati il 15.11.2021).

Uno sguardo EPICo sul lato soleggiato della Terra

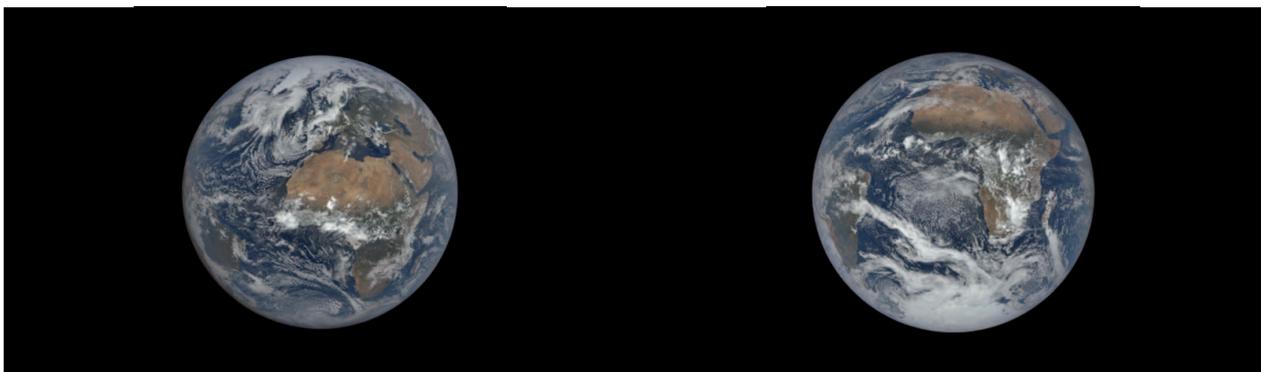
Tra i dati messi a disposizione dalla NASA, le immagini prese dalla sonda DSCOVR (*Deep Space Climate Observatory*) con la videocamera EPIC (*Earth Polychromatic Imaging Camera*)¹.

Il satellite DSCOVR² misura in tempo reale il flusso di vento solare proveniente dalla nostra stella mentre EPIC³ fotografa la Terra ogni 2 ore con una camera CCD a 10 canali fornendo 10 immagini a diverse lunghezze d'onda nell'intervallo 317-780 nm.

Il satellite si trova nel punto lagrangiano L₁ del sistema Sole-Terra, a circa a 1,5 milioni di chilometri dalla Terra⁴. Questa è una posizione privilegiata per osservare il Sole ma anche per osservare il lato illuminato della Terra, cosa che viene fatta dal 2015 da EPIC per misurare l'ozono, l'aerosol, la quota e la riflettività delle nuvole, alcune proprietà della vegetazione e la radiazione UV al suolo.

L'interesse didattico delle fotografie di EPIC, raccolte anche in un video⁵, consiste nella possibilità di valutare la diversa esposizione degli emisferi boreale e australe al variare delle stagioni.

Vera Montalbano



EPIC giugno 2021.

EPIC novembre 2021.

¹ epic.gsfc.nasa.gov/.

² www.nesdis.noaa.gov/current-satellite-missions/currently-flying/dscovr-deep-space-climate-observatory.

³ epic.gsfc.nasa.gov/about/epic.

⁴ vedi riquadro a p. 96.

⁵ www.youtube.com/watch?v=-7j-0orCtY.