

L'ecosistema Arduino

La data di nascita di **Arduino** si può far risalire al 2005, quando Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis realizzarono il prototipo di una scheda destinata a essere usata dagli studenti dell'*Interaction Design Institute* di Ivrea per la realizzazione dei loro progetti. Il nome del programma deriva da quello del bar Arduino¹ della cittadina piemontese che Banzi e Cuartielles usavano frequentare e dove abbozzarono i primi disegni.

● Che cos'è Arduino

Con il termine Arduino si intende, per lo più, una scheda elettronica con a bordo un **microcontrollore** programmabile e una serie di interfacce di *input* e *output* (I/O) di varia natura (digitali, analogiche e seriali) che permettono di comunicare con dispositivi esterni. Non è, però, solo questo. Si tratta, in effetti, di quello che gli informatici chiamano un **ecosistema** del quale la scheda è solo un componente. Dell'ecosistema fanno parte una lunga serie di dispositivi esterni come **sensori** (dispositivi sensibili a qualche fenomeno fisico o chimico) e **attuatori** (dispositivi che permettono di eseguire azioni come attivare un motore, accendere un LED, far comparire una scritta su uno schermo LCD o emettere suoni). La piattaforma *software* (IDE: *Integrated Development Environment*) necessaria alla sua programmazione è parte integrante di questo ecosistema. Si può scaricare gratuitamente dal sito web di Arduino ed esiste per i più diffusi sistemi operativi. La sua installazione è semplicissima e guidata. Dell'ecosistema, poi, fa parte tutta la comunità degli utenti che condividono le proprie esperienze con gli altri; è anche questo ad aver fatto di Arduino un successo su scala planetaria.

Arduino è un ecosistema formato da una scheda con microprocessore programmabile, numerosi dispositivi esterni e uno strumento per la sua programmazione con un linguaggio dedicato, molto simile al Linguaggio C. La piattaforma è distribuita con licenza *open source*.

La scheda Arduino UNO (**figura 1**) è la più diffusa e si presenta come un modulo di forma approssimativamente rettangolare di circa 69 mm × 53 mm. Sui lati lunghi della scheda sono disposti i cosiddetti **pin**: si tratta di connettori che permettono di interfacciare il microprocessore con il mondo esterno. Sulla scheda è inoltre presente un connettore USB che consente il collegamento con un computer. Se non alimentato attraverso il collegamento USB, Arduino si può collegare a un qualsiasi generatore di tensione con voltaggio compreso tra 9 V e 12 V (come per esempio una comune pila). La scheda Arduino UNO è abbastanza piccola da essere facilmente adoperata in numerose situazioni, ma al

¹Arduino (955–1015) fu marchese d'Ivrea tra il 990 e il 999, per poi diventare Re d'Italia dal 1002 al 1014.

contempo grande abbastanza da non renderne difficoltosa la manipolazione e i collegamenti, grazie alla disposizione delle componenti accuratamente studiata.

Esistono numerose varianti di questa scheda, che differiscono per forma, dimensioni e caratteristiche (memoria, velocità ecc.). In questo libro facciamo sempre riferimento ad Arduino UNO, ma tutte le tecniche illustrate sono utilizzabili su qualsiasi altra scheda.

Quando l'hanno concepita, i due inventori hanno deciso di rilasciare il progetto in formato *open source*: non solo il *software*, ma anche i progetti dell'*hardware* della macchina sono liberamente disponibili. Chiunque può costruirsi la propria scheda Arduino seguendo le indicazioni dei progettisti. Questa scelta ha consentito al progetto di espandersi a una velocità incredibile, diventando uno standard mondiale in poco tempo. Grazie alla licenza *open source* chiunque può produrre e vendere una scheda Arduino senza alcun vincolo e senza dover chiedere un permesso. È vietato soltanto spacciare una scheda non originale per una scheda Arduino.

Questo tipo di licenza permette a un'azienda concorrente di vendere prodotti compatibili con Arduino a un prezzo diverso da quello a cui li vende Arduino. Questo riduce i margini di guadagno dell'azienda che l'ha inventato, ma favorisce il diffondersi del dispositivo, ne abbatte i costi e invoglia le persone a cimentarsi con l'ecosistema e a migliorarlo. Anche se sembra poco comune, in un'epoca dominata dai brevetti, la **cultura open** è più diffusa di quanto sembri. Chiunque può, per esempio, vendervi un piatto di bucatini all'amatriciana senza autorizzazione da parte di nessuno e senza dover sborsare un centesimo. Il risultato è che in tantissimi possono apprezzare questo prelibato piatto e che molti ristoratori possono offrirlo nel menu. Naturalmente questo non significa che ovunque andiate potrete gustare un piatto di amatriciana come si deve. In certi posti la qualità di questo piatto sarà modesta, mentre in altri sarà sublime. La cultura open permette al cliente di scegliere il fornitore che preferisce sulla base dei propri gusti e della propria predisposizione. Per esempio, si può scegliere se dare priorità alla qualità del piatto o al proprio portafogli e, sapendo scegliere il ristorante giusto, si può assaporare un buon piatto a prezzi contenuti.

In altre parole, la cultura open della condivisione della conoscenza favorisce l'economia e punta sulle capacità e le competenze di chi offre un servizio più che sulle restrizioni all'utilizzo di qualcosa: in una certa misura promuove un'economia più *etica*. L'utilizzo di Arduino incoraggia il diffondersi di questa cultura perché chi impara da risorse condivise è portato a condividere la propria conoscenza a sua volta. Da questo punto di vista l'introduzione di Arduino è anche una maniera di supportare il movimento *open source* e di riflettere sui temi dell'economia e della società.

Tutto il progetto Arduino è distribuito sotto licenza *open source*: non solo il *software*, ma anche gli schemi di realizzazione dell'*hardware* sono pubblici.

Le licenze *open source* concedono a terzi il diritto di copiare l'opera, sia essa un libro, un pezzo musicale, un *software* o un dispositivo fisico. Le più diffuse licenze *open* sono la GPL (GNU Public License: <https://www.gnu.org/licenses/>) e la Creative Commons (<https://creativecommons.org/>).



◀ **Figura 1**

Una scheda Arduino UNO. Si distinguono il microprocessore in basso a destra, il connettore per il cavo USB in alto a sinistra e quello per l'alimentazione esterna in basso a sinistra. I piccoli connettori (pin) di colore nero disposti in fila in alto e in basso sono linee di I/O e di servizio. Nell'angolo in alto a sinistra c'è un pulsantino per il RESET della scheda.

Imparare a usare Arduino, inoltre, permette di acquisire competenze trasversali come la capacità di programmare una macchina (*coding*). L'ambiente *aperto* di Arduino invoglia inoltre a diffondere le proprie esperienze e per questo è necessario sviluppare le proprie abilità comunicative. In molti casi, gli esperimenti descritti in questo volume, possono essere fatti più facilmente con altre risorse come gli *smartphone*. Qui li proponiamo con Arduino allo scopo di sviluppare queste competenze trasversali.

L'uso di Arduino favorisce l'acquisizione di competenze trasversali come la capacità di programmare e di comunicare. Prepara, inoltre, alla rivoluzione industriale digitale.

L'avvento di Arduino ha permesso a chiunque di realizzare dispositivi che un tempo avrebbero richiesto l'intervento di un ingegnere elettronico. Questo è possibile grazie alla combinazione di hardware e software: la complessità non è più nell'elettronica, ma nel linguaggio di programmazione, che possiamo semplificare a piacere. Come dice Italo Calvino nella prima delle sue *Lezioni Americane*:

«È vero che il *software* non potrebbe esercitare i poteri della sua leggerezza se non mediante la pesantezza dell'*hardware*; ma è il *software* che comanda, che agisce sul mondo esterno e sulle macchine...».

In altre parole, il cervello vince sempre sui muscoli. È curioso che Calvino parlasse in questo modo nell'ormai lontano 1985, quando ancora la programmazione dei computer era riservata a pochi specialisti e si era ancora lontani dalla consapevolezza della potenza che il *software* avrebbe potuto esprimere.

● La struttura del testo

I capitoli si aprono con la descrizione di un esperimento di fisica. Descriviamo brevemente come si realizza, si conduce e si analizza l'esperimento, senza entrare nei dettagli dell'uso di Arduino. In ogni capitolo è sempre presente l'illustrazione delle fasi di montaggio, per le quali forniamo l'elenco dei materiali da utilizzare

I capitoli si aprono con la descrizione di un esperimento.

(non specificheremo ogni volta i materiali comuni come il nastro adesivo, la riga, la squadra, lo smartphone, ...).

L'illustrazione delle fasi di montaggio dell'esperimento è seguita da una descrizione della sua esecuzione e da una interpretazione dei risultati.

La descrizione dettagliata delle componenti legate ad Arduino ha lo scopo di consentire al lettore di acquisire una conoscenza generale del sistema, non strettamente legata agli esperimenti descritti. L'acquisizione di queste competenze permetterà a ciascuno di usare Arduino e le sue componenti per scopi del tutto diversi: non solo per eseguire esperimenti di natura diversa, ma anche per realizzare giochi e apparati per la domotica e l'automazione. In altre parole, dall'esperienza specifica su un particolare sensore si può acquisire la capacità di selezionare i sensori adatti agli scopi che ci si prefigge.

L'analisi del codice usato per la programmazione della scheda ha invece lo scopo di introdurre il linguaggio e, più in generale, la capacità di programmare una macchina. Questa è una competenza molto importante da acquisire. La spiegazione di ogni elemento di codice parte dal caso particolare per approdare a una descrizione generale delle caratteristiche del linguaggio di programmazione. In questo modo è più facile apprendere la programmazione perché si capisce subito in quali casi le strutture sintattiche adoperate sono utili. Non è necessario imparare tutti i dettagli relativi alle singole istruzioni; ciò che più conta, all'inizio, è comprendere il significato di ogni elemento del linguaggio nel contesto dell'esperimento. Una volta compreso ciò, ci sarà tutto il tempo di approfondire per chi lo vorrà.

L'illustrazione delle tecniche di programmazione di Arduino e la descrizione delle caratteristiche e dei collegamenti di sensori e attuatori è relativamente indipendente dalla loro applicazione.

● L'organizzazione del volume

Il volume è organizzato in modo tale che la conoscenza dello strumento si costruisca gradualmente, facendo esperienze diverse. Queste sono state scelte in maniera da richiedere ciascuna l'acquisizione di nozioni specifiche sull'impiego di Arduino: ogni esperienza è pensata per essere autoconsistente.

Il codice di colori delle sezioni in cui è diviso un capitolo è ispirato alla *palette* di Arduino. Le sezioni generali si presentano del tipico colore blu scuro delle schede Arduino. In queste parti si descrivono gli esperimenti da condurre; si spiega come montare le componenti necessarie, come programmare Arduino per acquisire i dati e come analizzarli, senza preoccuparsi dei dettagli del linguaggio di programmazione. In questa fase ci si può limitare a copiare il codice.

Le parti in cui si illustrano in dettaglio gli aspetti relativi alla programmazione hanno il titolo in arancione. Un'illustrazione sommaria del significato delle istruzioni è sempre data nella sezione generale, in cui si illustra l'esperimento, di cui le parti arancioni rappresentano un approfondimento. È utile leggerle per

In ogni capitolo illustriamo un particolare esperimento, dal quale ricaviamo informazioni di carattere generale su alcuni aspetti della programmazione di Arduino.

comprendere appieno il significato dei programmi e se si nutre un particolare interesse per il *software*, ma non sono essenziali ai fini del laboratorio di fisica. Sono invece fondamentali per sviluppare le proprie competenze nel settore del *coding*, che a nostro avviso è della massima importanza.

Nelle parti con il titolo in verde acqua sono riportate le descrizioni delle componenti *hardware*, utili per realizzare ulteriori nuove esperienze. Ancora una volta, in queste sezioni cerchiamo di affrontare la questione da un punto di vista più generale, al fine di costruire una conoscenza più vasta e non legata unicamente ai problemi specifici affrontati in un corso di fisica.

● Cosa non è questo libro

In questo libro non si descrive come realizzare un gioco o strumenti di domotica, e non troverete il classico programma “*Hello World!*”. Tuttavia, attraverso le esperienze descritte in questo volume chiunque può acquisire le competenze necessarie a farlo. In questo contesto Arduino è un sistema di **acquisizione dati** (*data acquisition*, in inglese, o *DAQ*).

Gli esperimenti sono stati scelti allo scopo di introdurre la programmazione del sistema di acquisizione di dati, mantenendo la sequenza tipica con cui gli argomenti sono illustrati in un corso di fisica. Tuttavia, per eseguire gli esperimenti, non occorre conoscere a priori le leggi fisiche che li regolano; spesso, al contrario, è utile fare l'esperimento prima di aver studiato il relativo argomento. Il laboratorio permette infatti di studiare i fenomeni dal punto di vista sperimentale; l'interpretazione e la sintesi delle osservazioni è invece lasciata al corso di fisica.