

MEDAARCH



MEDITERRANEAN
FABLAB

MA

KI

NG

SC

HO

OL

@

Piccola Guida alla
Didattica scolastica
sui temi della
Quarta Rivoluzione
Industriale



Caro docente,

Making @School rappresenta la naturale evoluzione di un lavoro nelle scuole che noi di **Medaarch¹- Mediterranean FabLab** portiamo avanti dal 2008 con l'obiettivo di introdurre tra i banchi di scuola e i laboratori scolastici una didattica digitale che possa apportare valore aggiunto per gli studenti, i docenti e il personale scolastico in generale.

Perciò ci siamo chiesti, *"Cosa manca alla formazione che ogni anno, costantemente, offriamo agli Istituti Scolastici del territorio? Quale altro strumento potrebbe essere loro d'aiuto per lo sviluppo di programmi innovativi e sperimentali?"*.

La formazione, intesa come passaggio di conoscenze e competenze, è uno strumento prezioso che permette, più di ogni altro, di imparare il nuovo, capirlo nel profondo e sperimentare con esso per comprenderne limiti e opportunità e, infine, per acquisire quella consapevolezza sulle cose necessaria per sentirsi liberi, per saper scegliere e discernere.

Così abbiamo sentito l'esigenza di preparare e donare agli Istituti del territorio, una **guida alle opportunità di formazione offerte dalla Quarta Rivoluzione Industriale**, che possa far comprendere meglio dove oggi ci stiamo dirigendo, quali strumenti guidano le nostre rotte, come sceglierli e come usarli al meglio per sapersi orientare in questo mare di possibilità offerte dall'innovazione.

Le nuove tecnologie stanno determinando una nuova esperienza di educazione, e la scuola deve riuscire a stare dietro a questi grandi mutamenti. In che modo? Aprendosi al nuovo, rinnovando la metodologia d'insegnamento verso una condivisione del sapere, e sposando l'approccio del "fare per conoscere".

Ecco perché quando, a proposito di **buona scuola**, si parla di nuove pratiche dell'apprendimento per una scuola digitale, non possiamo non pensare al ruolo fondamentale che rivestono i **FabLab**. Perché nei FabLab c'è un mondo fatto di idee che vengono realizzate attraverso la condivisione e l'apertura all'innovazione. Tante sono le misure messe in atto dal MIUR e dalle Amministrazioni Regionali, volte ad incentivare le scuole verso una **didattica dell'innovazione**. E quale ambiente migliore per la formazione digitale nelle scuole se non quello dei FabLab? I FabLab non sono semplici laboratori di fabbricazione e produzione, ma svolgono essenzialmente una funzione di ricerca, didattica e condivisione. Non a caso hanno origine all'interno di un importante centro di ricerca universitario mondiale, quello del MIT di Boston. La scuola quindi è un luogo naturale dove attivare una collaborazione con i FabLab. Da qualche anno a questa parte si parla tanto di quanto sia importante che i FabLab entrino nelle scuole, non tanto perché le scuole debbano dotarsi di nuove tecnologie, quanto soprattutto perché dovrebbero accedere alla possibilità di condividere esperienze, macchinari e risultati in luoghi dove **la tecnologia è collaborativa e, soprattutto, diffusa**. È da queste considerazioni che noi di Medaarch - Mediterranean FabLab siamo partiti per lanciare il programma **Mediterranean FabLab @School²**, una sfida che abbiamo creato al fine di dar vita ad una nuova esperienza didattica e laboratoriale, per le scuole e con le scuole.

¹<http://www.medaarch.com>

²<http://www.medaarch.com/wp-content/uploads/2015/10/MediterraneanFabLab@School.pdf>

Attraverso questo programma **introduciamo la manifattura digitale a scuola** e apriamo nuove opportunità per gli istituti e per i loro discenti, da un lato **valorizzando le conoscenze professionali dei docenti** e, dall'altro, **sviluppando le competenze digitali degli studenti**.

Mediterranean FabLab @School affianca i sistemi di didattica classici a nuove pratiche di apprendimento fatte di esperienze di produzione, di prove ed errori, di attività di ricerca - collettiva ed aperta - all'interno del mondo del lavoro, che rendono lo studente cosciente e partecipe del valore dell'innovazione che sta costruendo per sé e per il proprio territorio, contribuendo alla crescita di entrambi.

Perché se è vero che le innovazioni spesso vengono esperite da chi di esperienza ne ha ancora poca - ma che proprio per questo riesce a vivere e conoscere il nuovo a cuor "leggero" e a mente tesa alla scoperta, partendo da conoscenze, convinzioni e competenze proprie, per scardinarle e donarsi di nuovi punti di vista -, è vero anche che bisogna comprendere il modo in cui i giovani sperimentano queste stesse innovazioni, per capire come insegnare loro il valore, vero e prezioso, di tali rivoluzioni e le loro applicazioni nella società.

E se è vero che le nuove tecnologie, come la stampante 3D, hanno un enorme immaginario connettivo, è vero anche che bisogna insegnarne l'applicazione, condividerne la conoscenza, affinché quell'immaginario si traduca in un progetto pratico e prezioso.

Mediterranean FabLab @School è una modalità di formazione inedita, dove la conoscenza deriva dal fare e dal condividere attraverso competenze diverse. Perché uno degli aspetti più importanti è il valore dell'**esperienza come strumento per conoscere il mondo** o come luogo ideale per insegnare in modo incisivo, e per apprendere nella maniera migliore.

In un FabLab si insegna il concetto di quanto sia bello condividere con gli altri compagni le proprie idee e di quanto sia più efficace lavorare in team, affinché ognuno aiuti l'altro nelle cose che sa fare meglio superando il concetto di voto a vantaggio del valore del risultato raggiunto in collaborazione con gli altri. Perché la qualità di un FabLab non è mai data dalle macchine che dispone, ma dalla community che sta intorno.

Dal 2008 lavoriamo con le scuole, perché crediamo fortemente in una **scuola quale laboratorio aperto** alla ricerca, alla sperimentazione e alla formazione condivisa, che permetta agli studenti di conoscere il mondo e se stessi attraverso la messa in pratica di conoscenze teoriche, la sperimentazione, il fare per prove ed errori.

Crediamo in una scuola che incorpora il metodo del **learning by doing** nei sistemi educativi e nei curriculum scolastici, unendo i concetti teorici con la sperimentazione pratica attraverso l'uso delle nuove tecnologie di fabbricazione digitale. Crediamo in una scuola che abbraccia l'approccio alla ricerca, alla conoscenza attraverso l'esperienza, al lavoro di gruppo, per dar vita a progetti di valore per la propria comunità e condividerli con le reti globali come modello di riferimento per la soluzione di bisogni simili. Crediamo in una scuola che di fronte alle sfide del nuovo, scelga imbracciare le armi piuttosto che ritirarsi, che scelga il meglio per i suoi studenti. Per prepararli al futuro, per renderli più coscienti, suscitando in essi il desiderio di imparare.

FRANCESCA LUCIANO

CEO e Responsabile Formazione Medaarch – Mediterranean FabLab

www.medaarch.com / francesca@medaarch.com

Che cos'è il Making @School?

Making @School è una guida alle opportunità offerte dalla Quarta Rivoluzione Industriale per la didattica digitale, è un documento che ti aiuta a progettare soluzioni significative per la tua classe, per la scuola e per la tua comunità.

La guida contiene le istruzioni per esplorare i diversi metodi di progettazione e di fabbricazione digitale, al fine di poterli adattare nel contesto scolastico ed educativo.

Il documento fornisce agli insegnanti gli strumenti e i metodi necessari per utilizzare un design collaborativo e digitale – basato sulla scoperta, l'interpretazione, l'ideazione, la sperimentazione e la realizzazione - in scenari reali dell'istruzione.

I professionisti di **Medaarch – Mediterranean FabLab** utilizzano da anni processi, metodi e strumenti analoghi per affrontare sfide complesse, lavorando con diversi attori (dalle pubbliche amministrazioni, ai centri di ricerca, dalle aziende agli artigiani, dalle università alle scuole). Ogni volta, abbiamo sperimentato come il pensiero computazionale e la fabbricazione digitale aiutano a raggiungere gli obiettivi.

Con questa guida vogliamo aiutare gli insegnanti e i docenti a rafforzare le proprie competenze, per consentire loro di creare soluzioni didattiche d'impatto all'interno del contesto scolastico. Inoltre, **Making @School** vuole aprire una strada ai docenti che consenta loro di diventare agenti di cambiamento all'interno delle proprie scuole, portando reali innovazioni ed applicandole su piccola e grande scala.

Visita il sito <http://www.medaarch.com/school/> per scoprire i percorsi di innovazione, i nostri casi di studio, le opportunità di formazione ed altro ancora!

Perchè i corsi sulla fabbricazione digitale sono rilevanti in un contesto educativo?

I corsi sulle tecnologie di fabbricazione digitale che la Medaarch eroga alle scuole, mirano ad agevolare l'accesso degli studenti alla ricerca, alla sperimentazione e all'innovazione didattica. Il programma Mediterranean FabLab @School è incentrato, infatti, sull'adozione di una didattica attiva e laboratoriale volta alla promozione di esperienze innovative, con particolare riguardo al pensiero computazionale e all'utilizzo delle nuove tecnologie digitali (**Stampa 3D, Arduino, Coding e Robotica, etc.**).

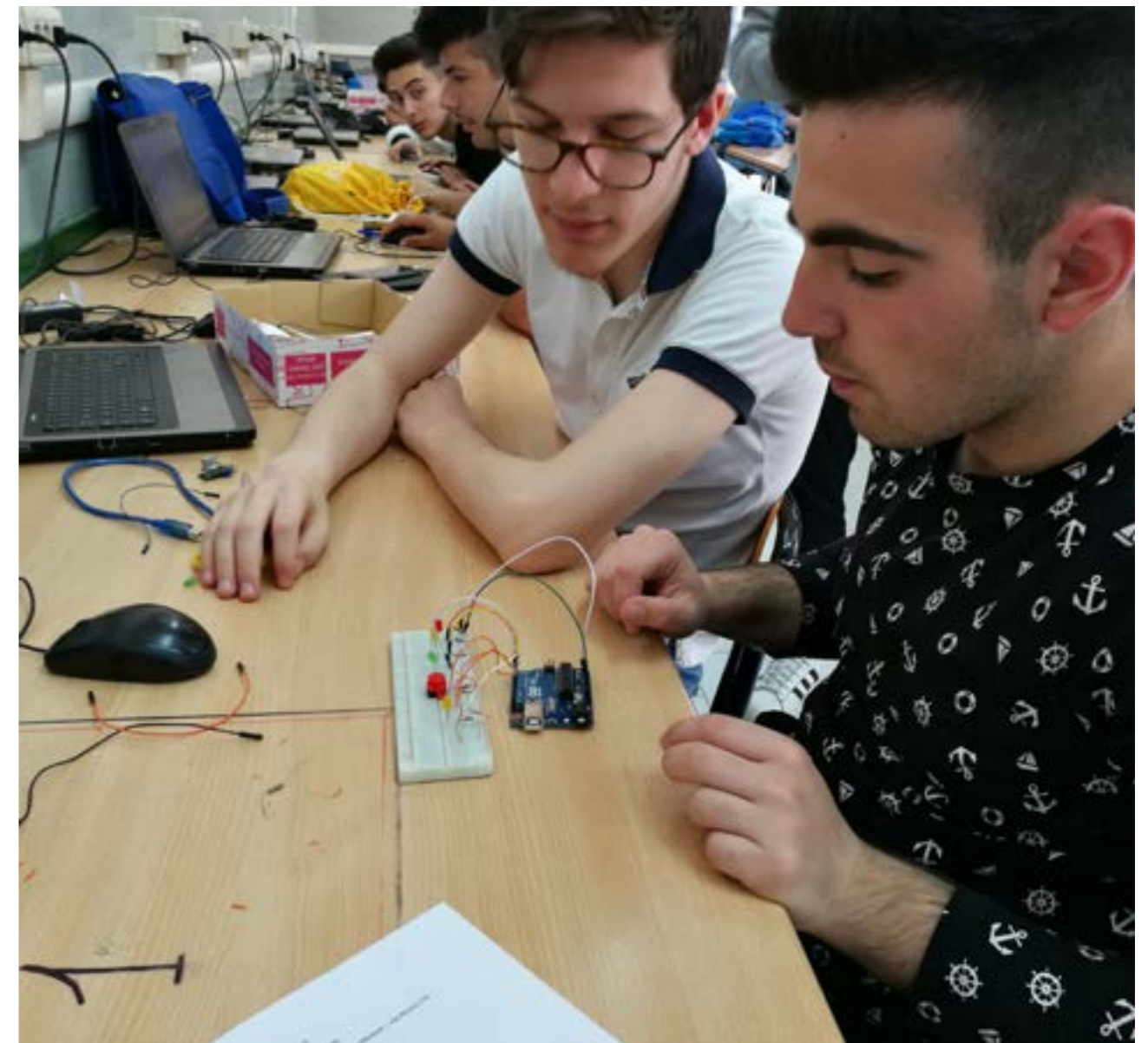
Lavoriamo con le scuole, rispondendo alla loro necessità di innovarsi e implementare le proprie competenze digitali, per **ottimizzare l'ingresso degli studenti nell'attuale mondo del lavoro** che richiede sempre più conoscenza e versatilità.

Il nostro programma innovativo di formazione non si rivolge solo agli studenti, ma coinvolge anche gli insegnanti, i dirigenti scolastici, i tecnici di laboratorio. Le attività didattiche e laboratoriali sulle nuove tecnologie digitali che la Medaarch organizza per le scuole, infatti, vogliono essere strumenti utili a ideare e realizzare progetti di valore, per **valorizzare le competenze professionali dei docenti** e sviluppare le competenze digitali degli studenti, con particolare riguardo al *problem solving*, all'utilizzo critico e consapevole delle nuove tecnologie di fabbricazione digitale, nonché alla produzione e ai legami con il mondo del lavoro.

Le numerose esperienze di formazione concrete che abbiamo accumulato dal 2008 - da quando, cioè, lavoriamo assiduamente con le scuole di tutta Italia -, ci hanno portato a sentire l'esigenza di essere ancora più vicini agli attori del sistema scuola, realizzando per loro una guida concreta che potesse raccogliere spunti, consigli e casi studio per ispirarli ed informarli.

Buona Lettura!

Un solo consiglio prima di immergerti nella lettura di questa guida: lasciati ispirare da essa. Lasciati coinvolgere attivamente per affrontare le sfide della didattica digitale in modo diverso e sperimentate come il pensiero computazionale e la fabbricazione digitale siano in grado di aggiungere una nuova prospettiva al tuo lavoro di insegnante e di educatore alla vita.



Mediterranean FabLab @School: corso di IoT e di prototipazione elettronica per studenti ^{2b}

^{2b} Foto scattata durante il progetto "Arduino e tracce di smart city" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab nell'ambito del percorso di Alternanza scuola-lavoro svolto nell'a.s. 2016/2017 presso l'IS "G. Marconi" di Nocera Inferiore. naom_59812551aa550.jpg

INDICE

La Quarta Rivoluzione Industriale	12	Quali software per la didattica digitale?	88
Che cos'è la fabbricazione digitale?	17	Strumenti didattici per la scuola primaria: qualche esempio	90
Introduzione alla fabbricazione digitale	17	Programmi di modellazione 3D	90
Dalla fabbricazione digitale ai FabLab	29	Software di programmazione visuale: le possibili applicazioni	96
Si fa presto a dire FabLab: le 4 regole da rispettare	39	Strumenti didattici per la scuola secondaria di secondo grado: esempi	102
Quando le dimensioni contano: le taglie dei FabLab	39	Programmi di modellazione 3D	102
Il pensiero computazionale	43	Programmi di modellazione 2D e 3D	107
Coding e pensiero computazionale	46	Software di programmazione visuale	108
Il pensiero computazionale nella scuola primaria	48	Esempi di corsi da tenere in un FabLab	112
Il Coding nella scuola primaria: gli strumenti	50	Alcuni percorsi del Mediterranean FabLab@School per la scuola primaria	114
La programmazione a blocchi	51	1. Modulo "Restauro innovativo!"	114
Coding, pensiero computazionale e robotica educativa nella scuola primaria	55	2. Modulo "Coding e robotica"	115
Coding, pensiero computazionale e robotica nella scuola secondaria	57	Alcuni percorsi del Mediterranean FabLab @School per la scuola secondaria	117
Le opportunità della fabbricazione digitale per scuole e studenti	63	1. Modulo "Laboratorio di modellazione 3D"	117
Come allestire un FabLab a scuola	63	2. Modulo "Laboratorio di fabbricazione digitale"	117
Il FabLab a scuola: un lavoro in team	74	3. Modulo "Laboratorio di prototipazione elettronica con Arduino"	118
L'apertura della scuola al territorio attraverso il FabLab	75	4. Modulo "Sistema idroponico fai-da-te"	119
Gli obiettivi di un FabLab a scuola	77	Attività rivolte agli studenti	120
Le Metodologie	78	Impariamo a modellare in 3D con Tinkercad	120
FabLab a scuola: come organizzarlo?	79	Introduzione	120
Come organizzare un corso per studenti	82	Come funziona Tinkercad?	121
Modalità di svolgimento delle attività di formazione	83	Muovere i primi passi con Tinkercad	125
La didattica digitale: materiali e attrezzature	84	Impariamo a stampare in 3D!	128
La didattica digitale: monitoraggio e valutazione dei risultati	86	Introduzione	128
		La stampante 3D: tecnologie e materiali	131
		La stampante 3D: applicazioni	132
		Come costruire una stampante 3D?	134
		Impariamo l'elettronica con Arduino	140
		Che cos'è Arduino?	140
		Da cosa è composta una scheda Arduino?	143
		Come si scrive un programma per Arduino?	145
		Esempi di Prototipazione elettronica con Arduino	149
		Bibliografia	158

La Quarta Rivoluzione Industriale

Un grande cambiamento è in atto ormai da diversi anni e non riguarda solo il settore tecnologico, ma anche quello sociale. *Cloud computing*, raccolta dati e nuovi processi di automazione non solo stanno ridisegnando il tessuto industriale, ma stanno anche modificando rapidamente le nostre vite.

Pur essendo inglese, il termine "Industry 4.0" è stato coniato dal governo tedesco nel decennio scorso, per indicare la **digitalizzazione dei processi produttivi**. Questa voce, tuttavia, ha assunto grande rilevanza a partire dal 2011, durante la **Hannover Fair**, la più importante manifestazione mondiale sull'industria. In quell'occasione, fu messa in luce la portata dei cambiamenti in atto che caratterizzava la nuova rivoluzione industriale in corso.

L'utilizzo e l'integrazione totale di tecnologie digitali nei processi di fabbricazione dei beni fisici, ha completamente modificato processi, modi e tempi di lavoro apportando notevoli ripercussioni sul resto dell'organizzazione sociale. Per questo motivo parliamo di "rivoluzioni", perché segnano passaggi importanti per la storia dell'umanità³.

³<https://www.wired.it/attualita/tech/2016/11/25/cronaca-della-quarta-rivoluzione-industriale/>

⁴Fonte immagine: <https://www.alfagroup.it/wp-content/uploads/2017/03/Industry-4.0.jpg>



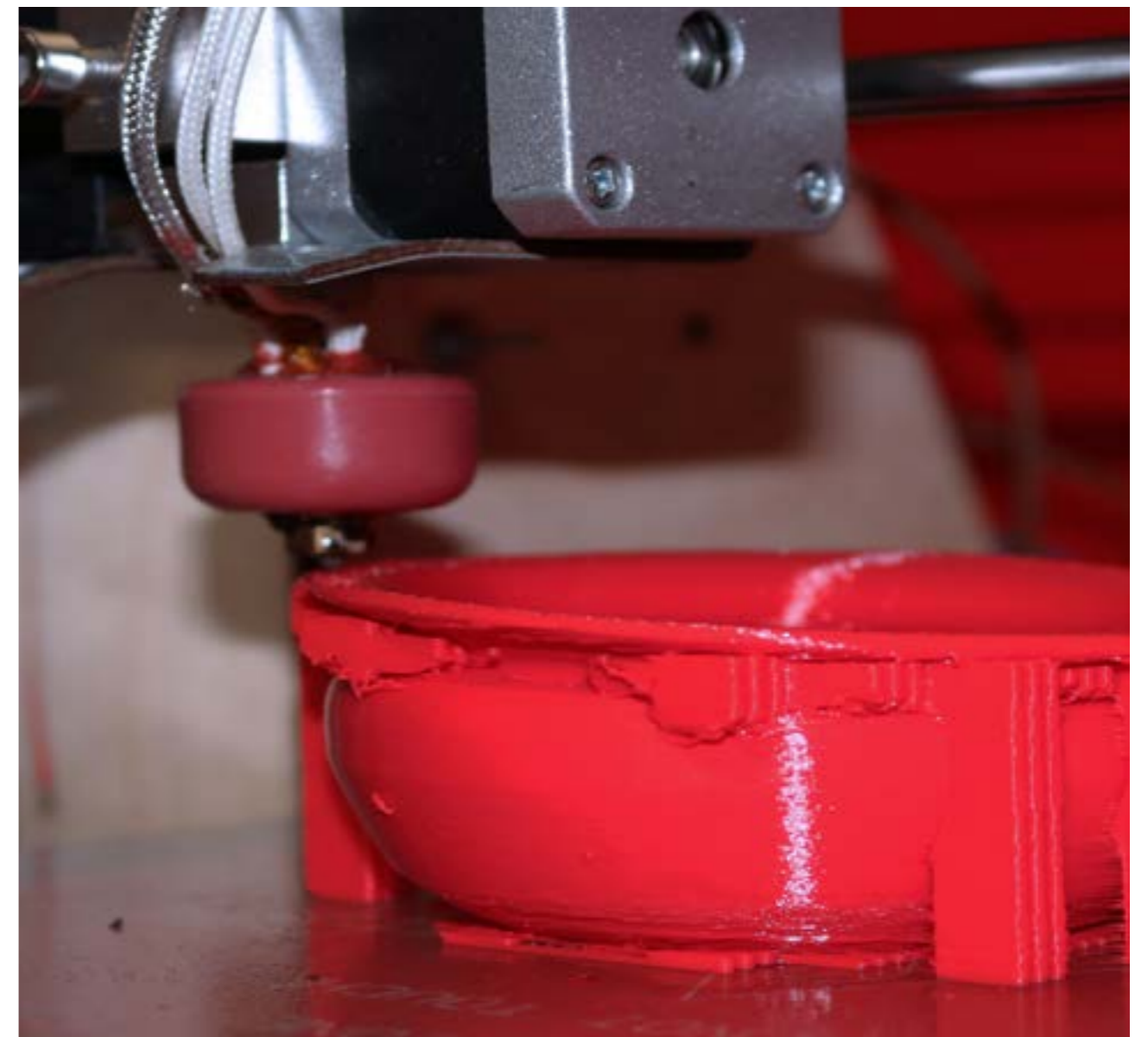
Esempio di digitalizzazione dei processi produttivi⁴

Come riportato dall'*Economist* nel suo articolo "Print me a Stradivarius"⁵, la rivoluzione industriale del tardo XIII secolo ha reso possibile la produzione di massa di beni, creando economie di scala che hanno cambiato la società, in un modo che nessuno avrebbe potuto immaginare. Ora, è emersa una nuova tecnologia di produzione che fa esattamente il contrario: L'*Economist* identifica questa tecnologia nella stampante 3D.

⁵ <http://www.economist.com/node/18114327>

⁶ Foto scattata al Mediterranean FabLab, durante il lavoro "Pompei New Merchandising": riproduzione in chiave innovativa, attraverso l'uso dello scanner 3D e della stampa 3D, di oggetti archeologici provenienti dalle domus pompeiane.

La stampa 3D è solo una delle molteplici tecnologie digitali che sta rivoluzionando l'ambito della produzione e della progettazione di manufatti.



Stampante 3D in funzione⁶



Enneper Pavilion – Padiglione progettato e realizzato attraverso l'utilizzo di macchinari CNC⁷

Con il vapore e l'automazione (Industry 1.0) abbiamo abbandonato i campi e popolato le città; con l'elettricità (Industry 2.0) siamo diventati capaci di delegare alle macchine molti compiti che prima gravavano sulle nostre spalle; la prima digitalizzazione e l'informatica (Industry 3.0) hanno rivoluzionato i concetti di informazione, editoria, leadership, geografia e molto altro ancora.

Cosa sta accadendo ora, con l'avvento della Quarta Rivoluzione Industriale? Le tecnologie interessate a questo cambiamento sono molte e sono strettamente connesse tra loro, formando un vero e proprio **ecosistema dell'innovazione**, il che rappresenta la novità e il punto di forza di questa nuova rivoluzione.

⁷ Padiglione progettato e realizzato per Artigiancassa Gruppo BNP Paribas in occasione della Maker Faire Rome 2016, da Medaarch - Mediterranean FabLab e, per la parte domotica, dal DREAM FabLab di Città della Scienza.

L'industry 4.0 è caratterizzata da:

- **tecnologie di produzione digitale o a controllo numerico** (torni, stampanti 3D, frese, laser cutter, etc.): macchine che, collegate ad un computer, eseguono delle operazioni senza l'ausilio dell'uomo.
- **tecnologie di raccolta dati ambientali** (sensori): dispositivi in grado di raccogliere dati e informazioni dalle macchine dall'ambiente e dai comportamenti umani.
- **tecnologie di cloud computing e storage**: tecnologie che permettano archiviazione ed elaborazione dei dati in cloud, accessibili dall'ecosistema.
- **tecnologie di Internet of Things**: tecnologie (microcontrollori, microprocessori, gateway), in grado di rendere "intelligenti" oggetti reali creando, in tal modo, una nuova frontiera di Internet. La comunicazione passa attraverso cose, oggetti, in grado di restituirci dei dati tramite il *cloud*⁸.



⁸ Il cloud computing (letteralmente "nuvola informatica") indica un insieme di risorse informatiche (archiviazione, trasmissione, elaborazioni dati, etc.) direttamente gestibili attraverso internet (https://it.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing).

⁹ Fonte immagine: https://static.noticiasaoiminuto.com.br/stockimages/1920/naom_59812551aa550.jpg

Esempio di chatbot, letteralmente un "robot di chat", un'interfaccia di intelligenza artificiale in grado di riprodurre le risposte che darebbe la persona sul cui esempio il robot è stato creato⁹

Che cos'è la fabbricazione digitale?

• **tecnologie robotiche e di automazione:** tutte quelle tecnologie hardware programmabili e universali che, progressivamente, stanno modificando la produzione industriale;

• **tecnologie di intelligenza artificiale:** software in grado non solo di sostituirsi all'uomo nell'analisi di dati, nella produzione di testo a partire da dati informatici e di calcoli e previsioni statistiche, ma anche di interagire con l'uomo in maniera sempre più articolata.

Anche in Italia è scattata l'ora della Quarta Rivoluzione Industriale: in uno scenario internazionale in cui diversi governi hanno già varato piani per la digitalizzazione delle industrie, le imprese italiane hanno iniziato a investire in tecnologie come *Internet of Things*, *Big Data* e *Cloud computing*, sistemi di produzione automatizzati (*Advanced automation*), dispositivi *wearable* e nuove interfacce uomo/macchina (*Advanced Human Machine Interface*) o stampa 3D (*Additive manufacturing*).

L'Osservatorio *Smart Manufacturing* della *School of Management* del Politecnico di Milano¹⁰, seppur con livelli di diffusione e maturità diversi, ha censito 135 applicazioni distribuite su numerosi ambiti applicativi di 43 casi analizzati.

"La situazione dello *Smart Manufacturing* in Italia mostra luci e ombre – ha detto Giovanni Miragliotta, Responsabile della ricerca dell'Osservatorio *Smart Manufacturing* – I dati su oltre 75 applicazioni operative e altre 50 in fase sperimentale permettono di dire che le medie e grandi imprese italiane sono già attive su questo tema. Tuttavia emerge l'assenza di una visione strategica, sia a livello di singola impresa sia di Paese. Fare *Smart Manufacturing* non è adottare questa o quella tecnologia, ma saper 'orchestrare' il digitale per trasformare i processi industriali come è accaduto nel terziario avanzato"¹¹.

Il percorso di adozione dello *Smart Manufacturing* in Italia, purtroppo, appare rallentato da diversi fattori contestuali, culturali, organizzativi e di capacità dell'offerta. Le principali barriere riguardano le ridotte dimensioni delle nostre imprese, i limiti di cultura digitale nelle decisioni per l'adozione delle tecnologie, l'assenza di equilibrio tra *operational technology*¹² ed *information technology*¹³ nelle organizzazioni.

Per andare avanti, c'è bisogno di fare un passo indietro. Occorre ripartire dai banchi di scuola, per creare nuovi scenari di formazione sulla fabbricazione digitale e i processi di digitalizzazione.

¹⁰ www.osservatori.net

¹¹ <http://www.economia.rai.it/articoli/arriva-la-quarta-rivoluzione-industriale-lo-smart-manufacturing/30732/default.aspx>

¹² Per *operational technology* (letteralmente "tecnologia operativa") si intende l'utilizzo di una tecnologia informatica (hardware o software) per controllare lo stato fisico di un sistema, come ad esempio il sistema di controllo per una centrale elettrica o la rete di controllo per un sistema ferroviario (https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_Technology).

¹³ Per *information technology* (letteralmente "tecnologia dell'informazione") si intende l'utilizzo di strumenti di telecomunicazione per la gestione di dati (memorizzazione, trasmissione, modifica), in ambito commerciale (https://it.wikipedia.org/wiki/Tecnologia_dell'informazione).

Introduzione alla fabbricazione digitale

Definita "il motore della nuova rivoluzione digitale in atto", la fabbricazione digitale è un sistema di produzione che permette di costruire oggetti solidi e tridimensionali partendo da disegni digitali, che sfrutta diverse tecniche di fabbricazione innovative, sia additive¹⁴ come la stampa 3D, sia sottrattive¹⁵ come il taglio laser e la fresatura¹⁶.

Tale processo è utilizzato ampiamente in manifattura per la creazione rapida di modelli e prototipi di ogni genere, attraverso l'utilizzo di strumenti all'avanguardia, e rappresenta un modo innovativo di intendere il rapporto tra digitale e meccanico.

La diffusione di massa che questi ultimi anni ha interessato la digital fabrication, è stata possibile soprattutto grazie all'evoluzione tecnologica di alcune modalità di fabbricazione.

¹⁴ Il processo additivo crea i prodotti aggiungendo materiale, strato per strato, seguendo gli input codificati in un file.

¹⁵ Si chiama "sottrattivo" quel sistema col quale i prodotti si ottengono eliminando materiale da un pezzo più grande. Funzionano in questo modo ad esempio le frese, i torni, le taglierine laser.



¹⁶ <https://www.wired.it/economia/2016/03/16/digital-fabrication/>; https://it.wikipedia.org/wiki/Fabbricazione_digitale

¹⁷ Fonte immagine: <http://741567217.r.worlcdn.net/wp-content/uploads/2016/04/FabLab-copertina-def.jpg>

¹⁸ Hanna, P. (2011, Aprile 5), 3-D printing: the Napster of manufacturing? CNN Global Public Square

¹⁹ <https://www.aicanet.it/documenti/10776/755996/Stampinews.it-1lug2016.pdf/db3acb0b-ae25-4066-892f-a587c4e7c013>

²⁰ <http://www.varesefocus.it/varesefocus/vfb.nsf/dx/il-laboratorio-che-studia-la-fabbricazione-digitale.htm>

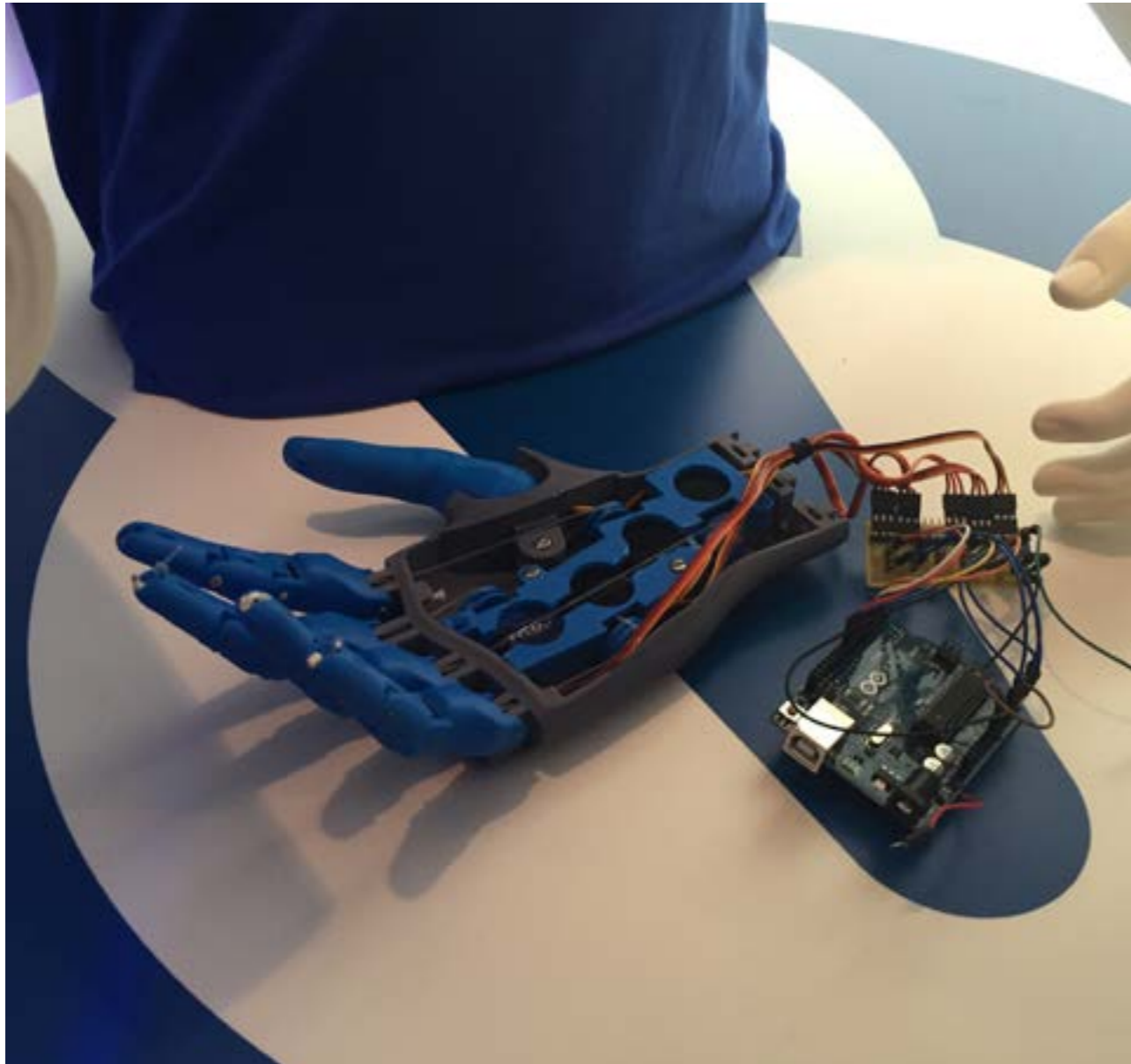
Copertina di "The Economist" del 21 Aprile 2012¹⁷

La *digital fabrication* è la protagonista di una "nuova rivoluzione industriale" in grado di democratizzare la produzione di oggetti in un modo simile a quello con cui la stampa di Gutenberg democratizzò la conoscenza (Hanna, 2011¹⁸).

Negli ultimi anni, infatti, le tecnologie digitali sono diventate il fulcro del cambiamento tecnologico che sta trasformando la tradizionale produzione¹⁹.

Nell'aprile del 2012, l'*Economist* rappresentava, con un'emblematica copertina un uomo seduto ad una scrivania intento a gestire, attraverso mouse e tastiera, un'intera fabbrica in miniatura nella quale si produce di tutto. Attraverso tale caricatura l'*Economist* voleva sottolineare le conseguenze della nuova rivoluzione industriale e il suo coinvolgimento in tutti gli ambiti di produzione²⁰.

Oggi sono tanti i settori coinvolti in questo innovativo e rivoluzionario processo: dall'architettura all'edilizia, dalla grande industria all'artigianato, dall'istruzione alla medicina, passando per food e agricoltura.



La stampa 3D per la biomedica: il progetto OBM²¹

Ecco alcuni dei più importanti vantaggi²² della fabbricazione digitale:

• **Riduzione di costi e rischi:**

Le tecniche di prototipazione rapida minimizzano non solo costo del progetto ma il rischio in esso. Lo sviluppo di ogni prototipo è basato su disegni e progetti la cui validità può essere immediatamente verificata attraverso la fabbricazione digitale. La realizzazione di un prototipo, infatti, dà la possibilità al progettista di raffinare il disegno iniziale. Tale aspetto riduce notevolmente i rischi per i produttori e permette loro di sperimentare nuovi prodotti.

• **Visualizzazione in anteprima degli oggetti progettati:**

Prima della prototipazione rapida, i produttori non potevano determinare l'esatto aspetto fisico del prodotto prima della sua fabbricazione. Adesso, grazie alla fabbricazione digitale, è possibile già in fase di progettazione iniziale avere un'idea reale del profilo di quel prodotto. Non solo: apportando delle modifiche ai prototipi, è possibile vedere materialmente l'intera evoluzione del prodotto fino all'acquisizione del suo aspetto finale.

• **Tutela del fattore tempo:**

Prima che il processo di produzione vero e proprio abbia inizio, la progettazione di un prodotto passa attraverso la prototipazione rapida per valutare il disegno. Grazie a questa fase, anche i più piccoli difetti dell'oggetto possono essere determinati, in modo da migliorare il prodotto. Ciò comporta una riduzione dei tempi di produzione, in quanto gli eventuali errori vengono intercettati in una fase preliminare.

Progettare per costruire con gli strumenti digitali richiede competenze specifiche nei processi e nei sistemi di produzione. La fabbricazione digitale porta, quindi, anche ad adottare un **approccio progettuale nuovo** che nasce dalle nuove tecnologie e che dischiude grandi opportunità per la società.

²¹ <http://replicatore.it/wp-content/uploads/2015/10/OBM-MFR156.jpg>

²² <http://www.aqualunateatro.com/ewpbjxKB/>

Le 4 tecniche della fabbricazione digitale

La fabbricazione digitale riesce a trasformare un file vettoriale in un oggetto reale, tangibile e in tre dimensioni²³, grazie alle 4 tecniche che la caratterizzano e che è possibile utilizzare a seconda del tipo di lavoro da espletare:

• **Sistemi Sottrattivi:** sono dette sottrattive quelle tecniche che funzionano per riduzione di materiale. Attraverso questo sistema, quindi, gli oggetti vengono ricavati a partire da un materiale pieno che viene tagliato o scavato. Tale tecnica è utilizzata, ad esempio, con le frese a controllo numerico, oppure con le *laser cutter*.



Esempio di sistema sottrattivo: Milling machine in funzione²⁴

• **Sistemi Additivi:** Al contrario delle sottrattive, le tecniche additive non partono da un pieno ma creano gli oggetti aggiungendo materiale, strato per strato, seguendo gli input codificati in un file.

Il percorso di fabbricazione, infatti, in questo caso parte da un modello CAD 3D che viene suddiviso in strati da un software integrato nel sistema di controllo della macchina, o da servizi on-line. Lo schema di strati risultanti, guida la stampante nella deposizione, o sinterizzazione, del materiale che avviene per sovrapposizione dello stesso²⁵.

²³ <https://profnatale.wordpress.com/2011/12/05/fabbing/>

²⁴ Foto scattata durante una lavorazione al Mediterranean FabLab con fresa a 3 assi.

²⁵ <http://www.ilprogettistaindustriale.it/additive-manufacturing-tra-prototipi-e-produzione-di-massa/>

²⁶ La stereolitografia è una tecnica che permette di realizzare singoli oggetti tridimensionali, a partire da file CAD/CAM.

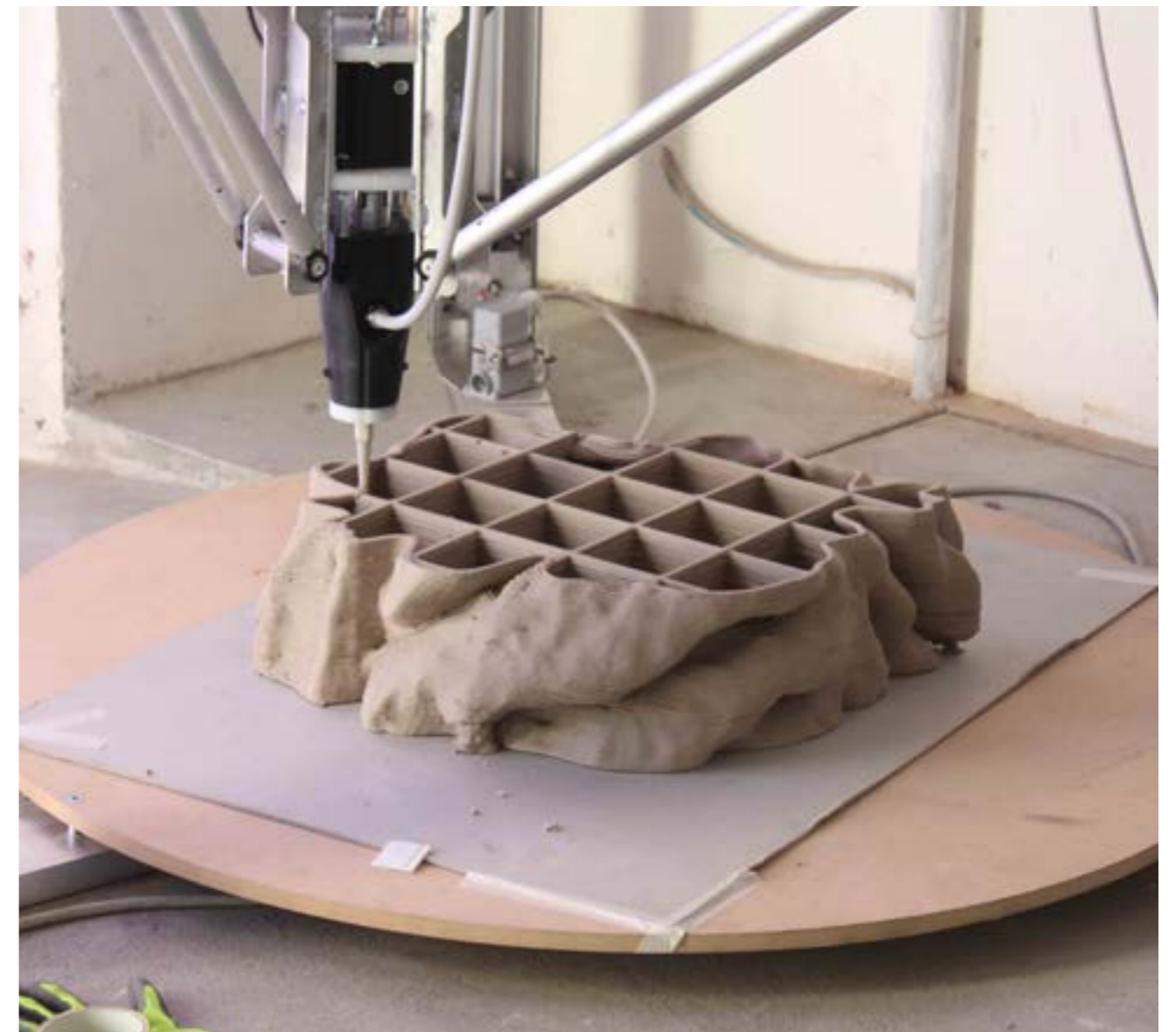
²⁷ Il processo di fotopolimerizzazione UV è definito come l'indurimento della forma liquida di un materiale quando esposto all'energia ultravioletta. I solidi "induriti" risultanti sono caratterizzati da resistenza, colore e adesione di lunga durata.

²⁸ Foto scattata durante il laboratorio dimostrativo sulle opportunità della stampa 3D per il settore della ceramica, organizzato da Medaarch - Mediterranean FabLab a Cava de' Tirreni.

Tra i vari processi di costruzione per addizione di materiale, il più comune è il cosiddetto *layer by layer* utilizzato dalle stampanti 3D.

Esistono diverse tecniche di stampa *layer by layer*: da quella per deposizione di materiale fuso (fdm) a quella per sinterizzazione bicomponente, da quella per stereolitografia²⁶ a quella per fotopolimerizzazione²⁷.

I materiali trattabili con le diverse tecniche additive sono moltissimi, tra cui plastica, metallo, ceramica o sabbia.



Fabbricazione del manufatto tramite stampante 3D ad estrusione di argilla²⁸

La stampa 3D permette di produrre direttamente e in pochi minuti oggetti. Ciò comporta tanti vantaggi, primo tra tutti, la quasi totale libertà di forma producibile. Inoltre, depositando sezioni, strato dopo strato, non c'è bisogno dell'ausilio di stampi o attrezzature ed eventuali sbalzi vengono gestiti con la creazione di supporti ad hoc da rimuovere successivamente, una volta terminata la stampa. Il sistema presenta anche il vantaggio di ridurre tempi, costi e scarti di produzione. In più, si possono stampare componenti e meccanismi già assemblati e c'è la possibilità di eliminare i costi di trasporto: il prodotto può essere inviato telematicamente al cliente, il quale lo stamperà in 3D direttamente nel proprio ufficio o nel fablab a lui più vicino²⁹.

• **Sistemi Deformanti:** sono tecniche in cui la forma finale dell'oggetto deriva dalle proprietà di alcuni materiali di deformarsi in presenza di determinate condizioni chimiche o fisiche.

²⁹ <http://www.ilprogettistaindustriale.it/ladditive-manufacturing-tra-prototipi-e-produzione-di-massa/>

³⁰ Fonte immagine: <http://www.captainwalt.com/size/1280x960/cdn-contents/2015/11/17/modern-lounge-chairs-beautiful-furniture-design-chair.jpg>



Sedia realizzata con sistema deformante denominato "Flexo-ply"³⁰

• **Sistemi Ibridi:** sono dette "ibride" quelle tecniche che incrociano diversi metodi di lavorazione della materia, in modo da realizzare un prodotto finale unico e complesso.



Installazione³¹ realizzata con sistema ibrido³²

Oggi la *digital fabrication* è vista da piccole e medie aziende come un paradigma di innovazione da inserire all'interno della loro produzione manifatturiera.

Tuttavia, quando si parla di fabbricazione digitale non si parla solo di innovazione di prodotto, ma anche di processo: le aziende hanno, cioè, la possibilità di ottimizzare le tecnologie e le macchine di cui già sono dotate ma che sfruttano al minimo delle loro possibilità.

La fabbricazione digitale permette alle aziende più ambiziose, anche di entrare appieno nell'internet delle cose - "IoT" o "Internet of Everything" dotando i prodotti finali di una caratteristica *responsive*, capace cioè di acquisire informazioni e di adattare le caratteristiche del prodotto rispetto alle esigenze del contesto di riferimento.

³¹ Weaving Enclosure è un'installazione realizzata nel 2014 da ACTLAB Politecnico di Milano: <http://www.act-lab.net/we-2014.html>

³² Fonte immagine: http://www.act-lab.net/uploads/2/6/2/9/26291501/7984977_orig.jpg

L'Internet delle cose (IoT), in ambito aziendale, può essere utilizzato ad esempio all'interno di realtà produttive per la gestione controllata dei processi - riducendo costi e tempi di lavorazione e aumentando il controllo della qualità del lavoro e dei prodotti -, oppure in fase di fornitura per l'interazione, la sicurezza, la tracciabilità e il controllo in remoto della qualità dei prodotti stessi.



Immagine rappresentativa dei diversi ambiti di applicazione dell'IoT³³

La fabbricazione digitale per le scuole

Qual è il vero potenziale che la Quarta Rivoluzione Industriale riserva all'Istruzione? Quali le opportunità che offre? Com'è vista, o come dovrebbe essere percepita, la fabbricazione digitale all'interno del sistema Scuola?

La fabbricazione digitale dovrebbe essere colta dagli Istituti scolastici, come uno **strumento per la creazione di attività didattiche innovative** che guardino alla sperimentazione condivisa.

Acquisire nuove conoscenze e nuovi approcci alla progettazione è fondamentale per le scuole per poter imparare non solo ad utilizzare software e macchine, ma soprattutto per essere in grado di ricavare da questa grande rivoluzione tecnologica il vero valore per l'intera comunità scolastica. La fabbricazione digitale permette a docenti e studenti di dotarsi di nuovi pensieri e di innovativi approcci, per comprendere meglio alcuni principi della didattica tradizionale e per mettere in pratica le conoscenze acquisite.

³³Fonte immagine: <https://static.electronicsweekly.com/wp-content/uploads/2015/11/24101608/image26.jpg>

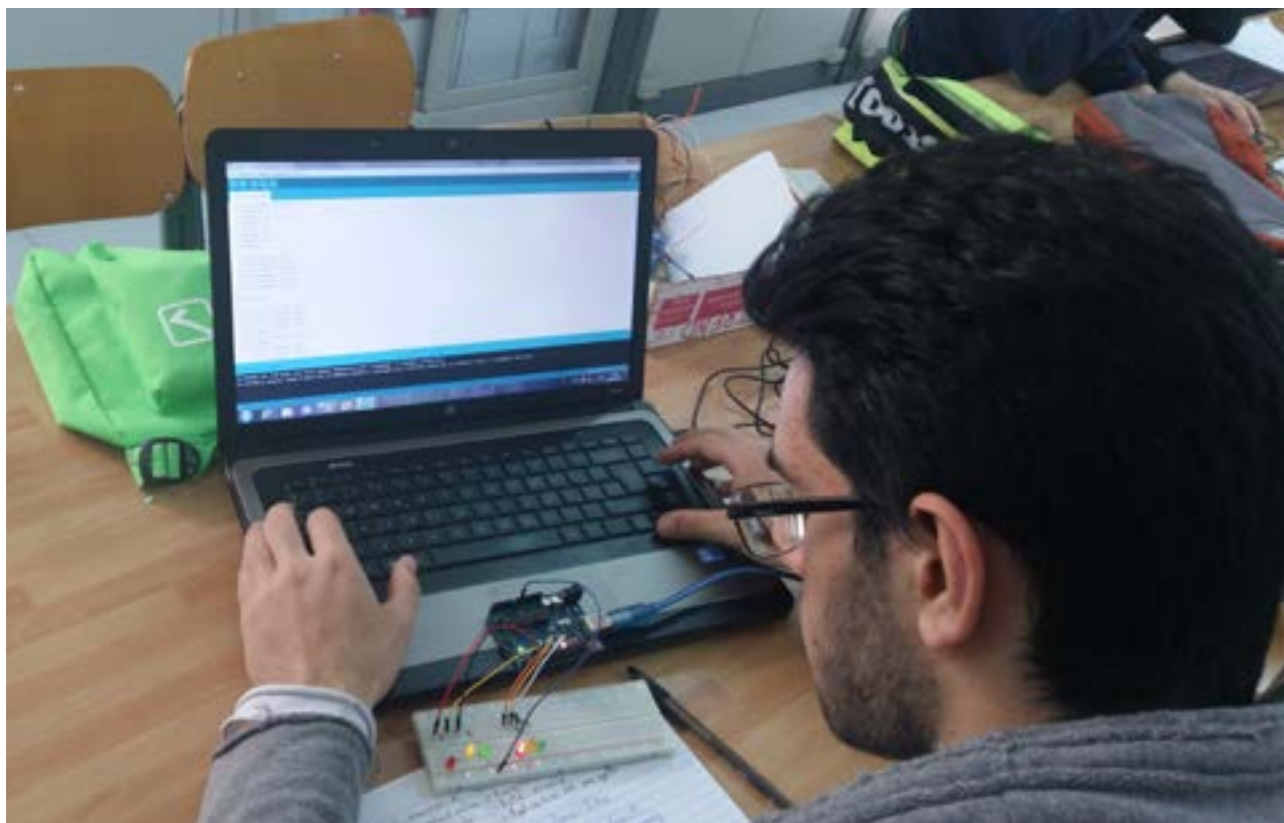


Mediterranean FabLab @School: corso di fabbricazione digitale per docenti³⁴

Oggi più che mai, si sottolinea la necessità dell'intervento attivo delle tecnologie all'interno della scuola, sia orizzontalmente - a supporto di tutte le dimensioni delle competenze trasversali - sia verticalmente, in quanto parte dell'alfabetizzazione del nostro tempo dei grandi cambiamenti sociali, economici e comportamentali, di economia, diritto e architettura dell'informazione³⁵. L'utilizzo degli strumenti e dei metodi della fabbricazione digitale, lo sviluppo del pensiero computazionale, dell'approccio progettuale e delle competenze di prototipazione, permettono di rafforzare la capacità di analisi e di risoluzione dei problemi, così come di stimolare un'interazione creativa tra digitale e manuale, attraverso esperienze di making, robotica educativa e internet delle cose.

³⁴Foto scattata durante il percorso di Aggiornamento Docenti 2016 su "Modellazione 3D, scansione 3D e stampa 3D di oggetti", realizzato da Medaarch - Mediterranean FabLab presso l'I.I. S. Della Corte-Vanvitelli (Cava De' Tirreni).

³⁵Da Avviso Pubblico di cui all'Obiettivo Specifico 10.2 del Programma Operativo Nazionale "Per la Scuola - Competenze e ambienti per l'apprendimento".

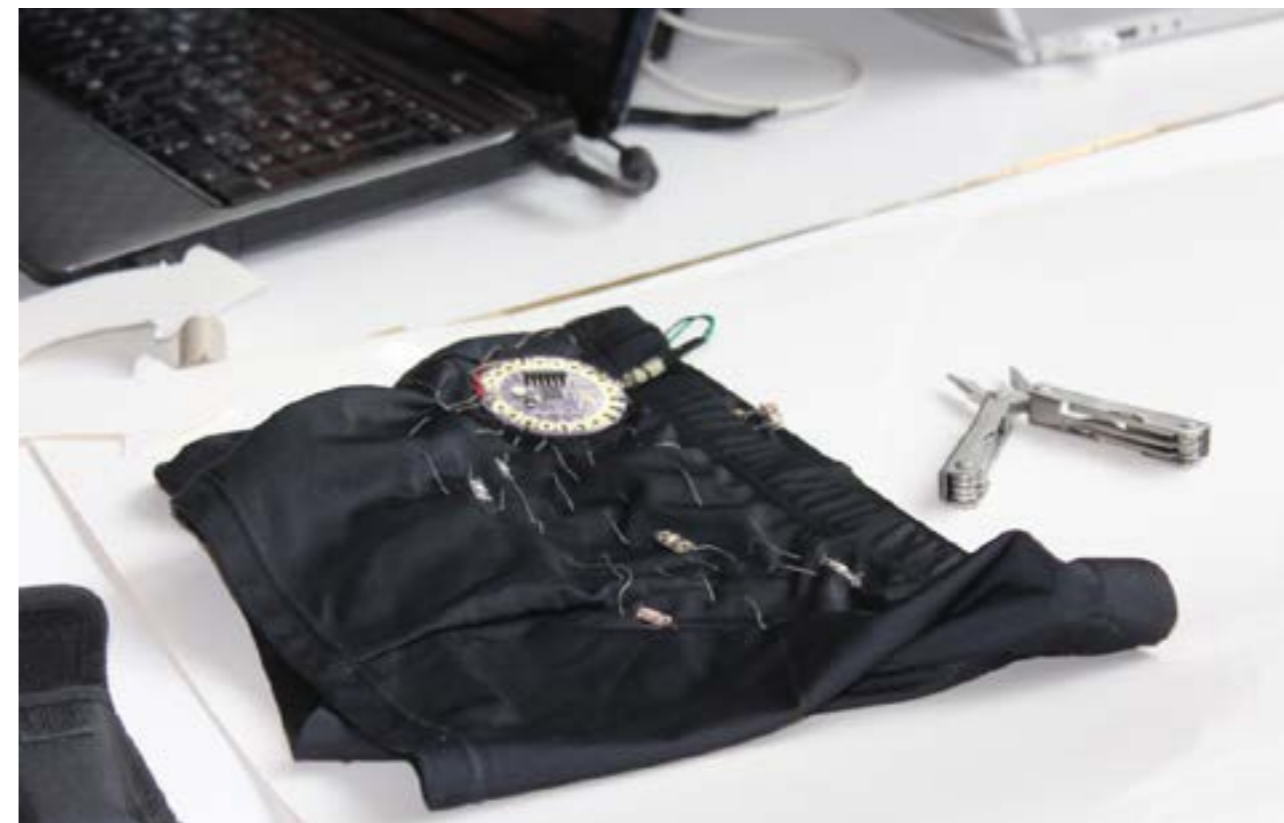


Mediterranean FabLab @School: corso di IoT e di prototipazione elettronica per studenti.³⁶

Le innovative attività didattiche derivanti dalle nuove tecnologie digitali, devono quindi mirare a stimolare la creatività e la produzione digitale, educare all'uso dei nuovi linguaggi del digitale e ai nuovi modelli di progettazione e prototipazione.

Gli approcci innovativi che la fabbricazione digitale porta con sé, inoltre, offrono l'opportunità alla Scuola di superare la mera dimensione frontale e trasmissiva dei saperi, a vantaggio di una didattica aperta e sperimentale, dove l'apprendimento avviene attraverso la pratica e in situazioni concrete, e dove viene valorizzato lo spirito di iniziativa degli studenti per affrontare in maniera efficace e coinvolgente lo sviluppo del pensiero logico e computazionale.

³⁶Foto scattata durante il percorso di Alternanza Scuola Lavoro 2017 realizzato da Medaarch - Mediterranean FabLab presso l'I.T.I. "G. Marconi" di Nocera Superiore. Il percorso laboratoriale, dal titolo "Arduino e tracce di smart city" ha fornito agli studenti conoscenze e competenze sul design, sulla prototipazione elettronica, sulla progettazione di soluzioni Internet of Things e "intelligenti" per la progettazione di una smart city.



Mediterranean FabLab @School: corso di IoT e wearable technologies per studenti ³⁷.

La natura trasversale delle competenze digitali favorisce inoltre la collaborazione tra gli studenti, cosicché tutti i discenti, indipendentemente dalle loro attitudini, possano trovare un proprio spazio nel quale dare il loro apporto concreto alla sperimentazione e alla messa in pratica di conoscenze. Oltre a favorire una collaborazione interdisciplinare e multidisciplinare, la sperimentazione aperta e condivisa permette anche l'instaurarsi di connessioni tra i diversi saperi: ecco che quindi vengono a cadere le barriere tra un ambito disciplinare e l'altro, a favore di una loro commistione che permetta di ricavarne un nuovo e più completo approccio sulle cose.

³⁷ Foto scattata durante il progetto "wearable technologies" sviluppato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab nell'ambito del percorso di Alternanza scuola-lavoro svolto nell'a.s. 2015/2016 presso l'IIS "F. Degni" di Torre del Greco. Il percorso si è concentrato sulla progettazione tramite software di modellazione 3D (Rhinceros) e sulla stampa 3D di accessori moda. Una volta realizzato l'accessorio, questo è stato reso "smart" grazie all'inserimento di un sistema intelligente governato dalla scheda Arduino.

Dalla fabbricazione digitale ai FabLab

La fabbricazione digitale trova la sua massima espressione all'interno del FabLab (dall'inglese *fabrication laboratory*), un laboratorio di sperimentazioni tecnologiche condiviso che offre servizi personalizzati di fabbricazione digitale. Ma che cos'è nel concreto un FabLab? Per rispondere appieno a questa domanda, dobbiamo partire dall'inizio.

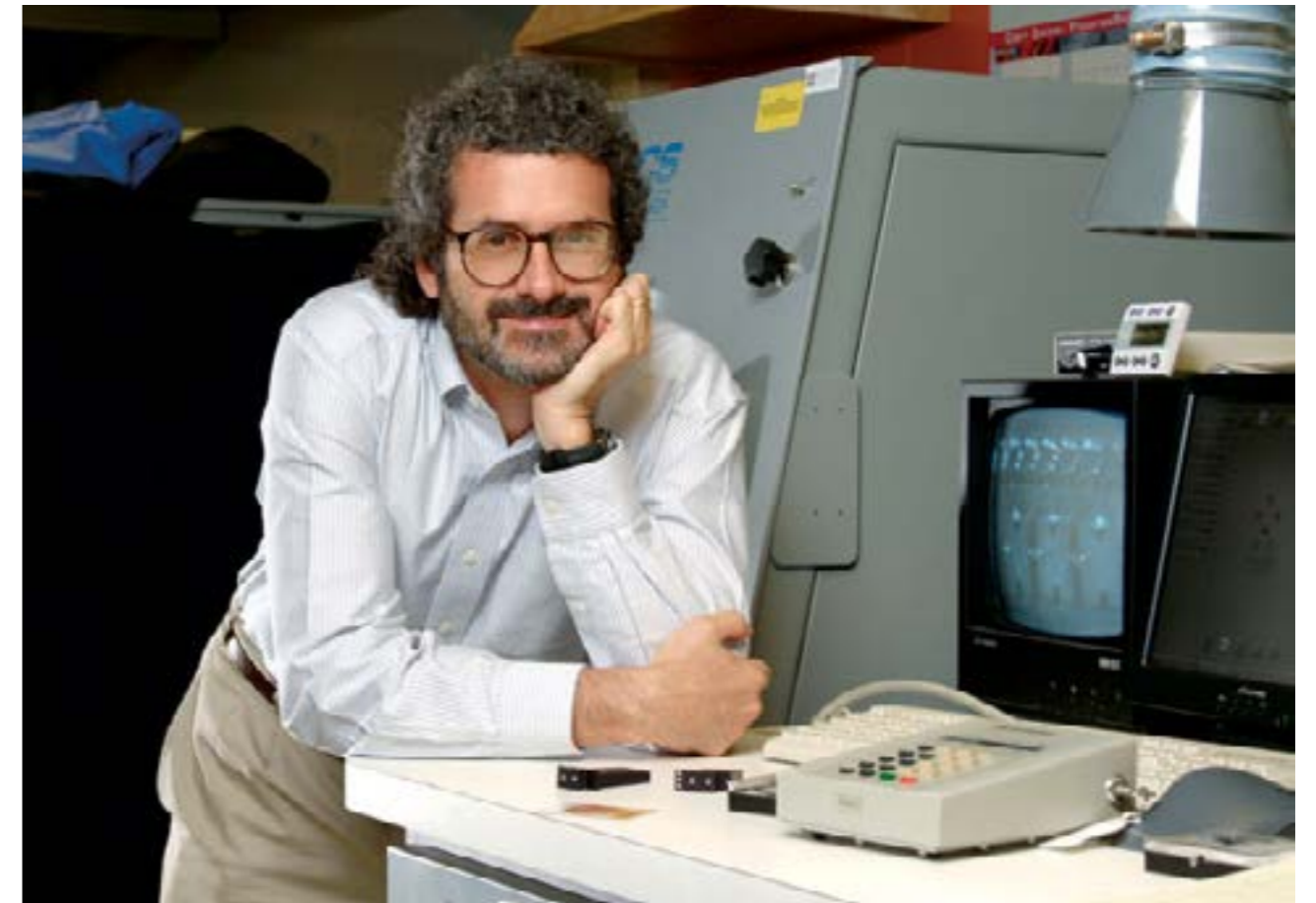
Il punto di partenza

Il movimento maker e i FabLab hanno origini statunitensi. In particolare, sono nati nel 1998 all'interno del dipartimento di ricerca sulla fabbricazione digitale del MIT di Boston, il *Center for Bits and Atoms*.



Mediterranean FabLab @School: esempio di co-working³⁸

³⁸ Foto scattata durante il progetto "Lo studente e le nuove tecnologie" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab nell'ambito del P.O. Puglia svolto nell'a.s. 2014/2015 presso l'ITC "A. Fraccacreta" di San Severo (FG). Il corso ha fornito agli studenti conoscenze e competenze sulla modellazione e stampa 3D, sulle nuove tecniche di fabbricazione digitale e sulla simulazione e comunicazione d'impresa.



Neil Gershenfeld, professore del MIT di Boston, ideatore dei FabLab³⁹

Il merito va al professor **Neil Gershenfeld** che quell'anno inaugurò un corso intitolato *Come costruire (quasi) qualsiasi cosa*. Si era accorto che i ragazzi che studiavano al MIT erano sempre più teorici e sempre meno pratici.

³⁹ Fonte immagine: <http://spectrum.mit.edu/wp-content/images/2006-spring/fab-lab.jpg>

Il corso, perciò, nacque con l'obiettivo di fornire ai ragazzi le conoscenze e i mezzi per creare qualsiasi tipo di oggetto. Nelle scuole da cui provenivano, erano spariti i laboratori con le macchine, sostituiti sempre più spesso dai computer in cui tutto si simula o si programma. Il corso del 1998 prevedeva solo dieci posti, perché si trattava di una scommessa che Gershenfeld decise di lanciare senza immaginare il potenziale e, soprattutto, il successo che avrebbe avuto da lì a poco tempo.

Il professore preparò una ventina di lezioni e fece allestire un laboratorio. I suoi corsi parlavano di tecniche additive e sottrattive, di stampa in 3D, di come tagliare e plasmare i materiali, di elettronica e microcontrollori, di programmazione, ma soprattutto di come trasformare "bit" in "atomi", cioè di come trasferire disegni e progetti realizzati con dei computer a delle macchine in grado di fabbricarli in poco tempo⁴⁰.

⁴⁰ <https://www.3dprintingcreative.it/si-fa-presto-a-dire-fablab/>

⁴¹ Fonte immagine: http://www.domusweb.it/content/dam/domusweb/en/news/2017/03/13/domus_1011_on_newsstands/gallery/rmedium/domus-04-innovation-toscana.jpg



Neil Gershenfeld insieme ad un gruppo di suoi studenti al MIT di Boston ⁴¹

Così nacque il primo FabLab del mondo. Nacque dalla voglia di fare per scoprire e dall'esigenza di mettere le mani sulla materia e sulle macchine. Il laboratorio di Gershenfeld era fornito di macchine per il taglio laser, water jet ⁴², macchine da taglio al plasma, stampanti 3D, scanner 3D, strumenti elettronici e altre attrezzature utili alla realizzazione di prototipi.

La notizia dell'esistenza di un luogo in cui creare (quasi) qualsiasi cosa, fece il giro del campus: erano molti gli studenti con un'idea e la curiosità di vederla realizzata in poco tempo. Le edizioni successive del corso furono un successo. Presto il laboratorio fu aperto anche a tutti gli studenti. La fama aumentava anche al di fuori dell'università qualche anno dopo l'inaugurazione fu aperto a tutti: ricercatori, universitari, curiosi, professionisti e makers. Ben presto anche altre università crearono un FabLab al loro interno e nel giro di pochi anni si arrivò a una cinquantina di laboratori in tutto il mondo.

Dopo alcuni anni il fenomeno si è spostato anche in Europa, dove si è innescata una rapida diffusione, soprattutto in quei paesi dove la cultura tecnologica era più radicata, Germania e Paesi Bassi su tutti. Quindi, a cascata, in tutte le altre nazioni.

In Italia il fenomeno è arrivato in ritardo rispetto agli altri paesi europei; grande fermento si è registrato nel 2011, con il FabLab Torino. Subito dopo, con un distacco di pochi giorni, è nato il **Mediterranean FabLab**⁴³ di Cava de' Tirreni.

Da allora il Bel Paese ha recuperato il tempo perso e negli ultimi mesi si è posizionato come seconda nazione al mondo per numero⁴⁴ di FabLab, stando ai dati del portale ufficiale *fablabs.io*⁴⁵, gestito dalla *Fab Foundation*⁴⁶.

Cresciuto rapidamente tra il 2011 e il 2014, il mondo dei maker italiano è articolato ed eterogeneo, e annovera al suo interno appassionati, divulgatori, docenti, ricercatori, imprenditori e amministratori pubblici⁴⁷. I FabLab italiani - presenti per la maggior parte al Nord - sono indirizzati, per lo più, ai settori di artigianato, impresa e produzione invece che alla ricerca e formazione.

La gran parte dei FabLab italiani è nata su iniziativa e risorse private, con scarso apporto da parte di organizzazioni e istituzioni.

Un FabLab, in realtà, è molto più che uno spazio condiviso dove si sperimenta e si prototipano idee attraverso l'utilizzo di software e macchine.

Massimo Menichinelli⁴⁸ ne ha saputo dare⁴⁹ diverse definizioni che riportiamo di seguito:

⁴² Le water jet sono macchine che tagliano materiali utilizzando un getto d'acqua ad altissima pressione (fino a 7.000 bar).

⁴³ <http://www.medaarch.com/fablab/>

⁴⁴ Il censimento 2014 realizzato dalla Fondazione Make in Italy ha individuato 70 laboratori di Fabbricazione Digitale in Italia.

⁴⁵ <https://www.fablabs.io/>

⁴⁶ <http://www.fabfoundation.org/>

⁴⁷ <http://www.lastampa.it/2015/03/13/tecnologia/fablab-e-makerspace-un-fenomeno-in-espansione-XAfcg9yfAc4Z-4vLXpiWNFO/pagina.html>

⁴⁸ Designer italiano, ricercatore e sviluppatore di progetti aperti, collaborativi e di co-design. Insegna Open Design e Digital Fabrication e sviluppa FabLab in dialogo con il contesto locale.

⁴⁹ Articolo per "Make in Italy", Massimo Menichinelli - Settembre 9, 2014 (<http://www.makeinitaly.foundation/che-cosa-e-un-fablab/>)



Mappa dei FabLab in Italia⁵⁰

• **“Uno spazio per bit e atomi:** un FabLab è, in primo luogo, uno spazio per la sperimentazione sul modo in cui le tecnologie digitali possano influenzare lo sviluppo di oggetti fisici, l'utilizzo di software open source e di elaborazione di open e big data, lo sviluppo di soluzioni per Smart City, etc. Non è un caso che il concetto sia stato sviluppato proprio al MIT, presso il *Center for Bits and Atoms* di Boston. Un FabLab mette a disposizione spazio, strumenti, processi e conoscenze in grado di supportare l'uomo ad interfacciarsi con la realtà fisica, attraverso lo sviluppo di progetti applicativi in contesti reali. All'interno di un FabLab la ricerca è effettuata con una attenzione particolare ai processi digitali e ai loro effetti piuttosto che ad una concentrazione sui processi manifatturieri tradizionali (comunque presenti, anche se in minima parte)”.

⁵⁰ <http://www.makeinitaly.foundation/wp-content/uploads/2015/02/Schermata-2015-02-25-alle-19.42.08-e1424935679812.png>



Esempio di un possibile allestimento di laboratorio digitale: il FabLab di Rieti⁵¹

• **“Parte di una rete:** un FabLab fa parte di una community globale, costituita da reti locali, all'interno della quale è possibile confrontarsi, progettare insieme e iniziare collaborazioni. La community, locale e globale, è fondamentale per i FabLab perché facilita la collaborazione tra i membri del laboratorio e tutti i maker esterni che ruotano attorno ad esso. Inoltre, la rete permette uno scambio di informazioni e collaborazione tra i vari FabLab. Tutta la comunità dei FabLab è mappata nel sito *fablabs.io*⁵²”.

⁵¹ Fonte immagine: <http://www.laziofablab.it/wp-content/uploads/2016/07/fablab-rieti-e1478083568459.jpg>

⁵² <https://www.fablabs.io/>



Il FabLab di Amsterdam ⁵³

• **“Un insieme di strumenti:** un FabLab è un laboratorio dotato di attrezzature e macchine per la prototipazione rapida ed elettronica di progetti ed oggetti, per cui la componente strumentale è fondamentale per definire un laboratorio di fabbricazione digitale come tale. Generalmente, quando si sviluppa un FabLab si dovrebbe seguire la lista ufficiale del *Center for Bits and Atoms*⁵⁴ che contiene un elenco dettagliato ed esaustivo di strumenti, componenti e macchine di un FabLab standard.

Si possono ovviamente provare macchine nuove, di marche diverse o con caratteristiche diverse, che non sono presenti nella lista, ma generalmente bisognerebbe seguire almeno le stesse tipologie. Per scegliere al meglio quali strumenti inserire nel proprio laboratorio, si potrebbe anche visitarne uno ben sviluppato, in modo da farsi un'idea precisa.

Se non ci sono molte risorse per sviluppare un FabLab, si può anche pensare ad un Mini FabLab, laboratorio di taglia più piccola e più accessibile a livello di costo. Esiste apposta un gruppo su Facebook⁵⁵ dove è presente una lista ad hoc⁵⁶ per chi volesse realizzare uno small FabLab. Qualunque taglia o tipologia di FabLab si intende sviluppare, bisogna tenere sempre a mente che un laboratorio di fabbricazione digitale è vincente quando declinato, nel modo più veritiero possibile, al contesto in cui opera.

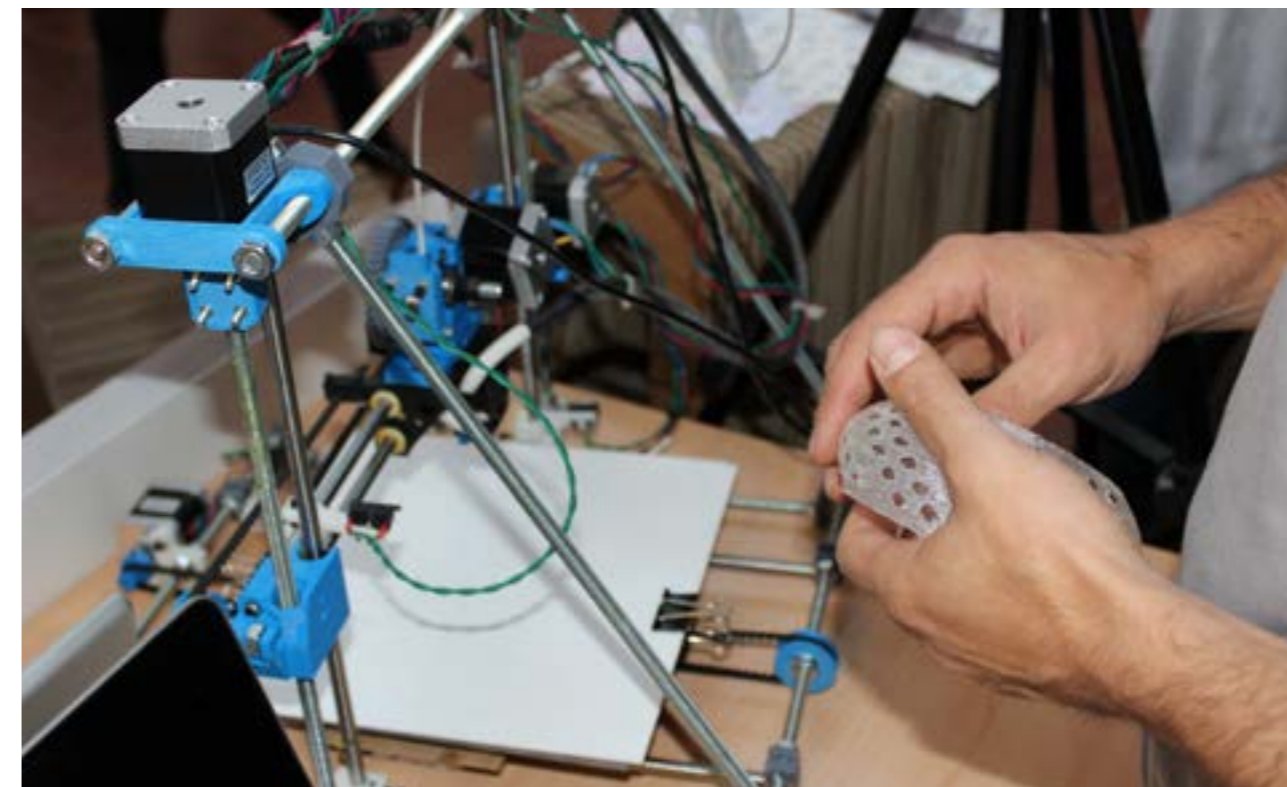
Uno dei fini dei FabLab è, infatti, quello di apportare valore alla comunità in cui agisce, e di farlo attraverso soluzioni innovative di cui potrebbe beneficiare tutti.”

⁵³ Fonte immagine: http://virtueelplatform.nl/uploads/images/scaled/full_banner/3668

⁵⁴ <http://fab.cba.mit.edu/about/fab/inv.html>

⁵⁵ <https://www.facebook.com/groups/smallfablab/>

⁵⁶ <https://www.facebook.com/groups/smallfablab/1423291297890073/>



Esempio di stampante 3D di un FabLab ⁵⁷

• **“Un insieme di conoscenze:** Oltre a strumenti e macchine, un FabLab che si rispetti mette anche a disposizione **conoscenze, esperienze e abilità specifiche**. E' perciò fondamentale in questi luoghi la continua ricerca, in modo da mantenere il laboratorio aggiornato e da attestarsi come esperti di innovazione. I FabLab più vincenti sono quelli che hanno a loro interno competenze eterogenee tra loro: chi gestisce spazio e macchine (tecnico di laboratorio) e chi gestisce i progetti, lo sviluppo del laboratorio e la parte commerciale e comunicativa (project manager).”

• **“Un insieme di processi:** tutti i FabLab dovrebbero anche condividere la maggior parte dei processi, per poter permettere la collaborazione tra tutti i nodi della rete.”

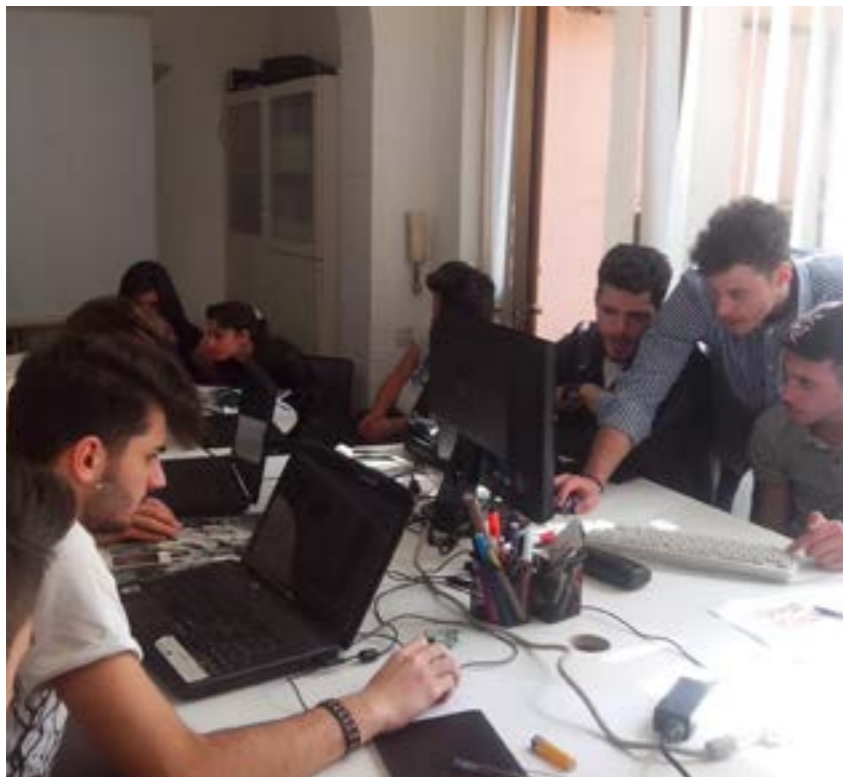
⁵⁷ Foto scattata durante una lavorazione al Mediterranean FabLab.



Esempio di co-learning all'interno di un FabLab⁵⁸



Esempio di workshop all'interno di un FabLab⁶⁰



Mediterranean FabLab FabLab @School: esempio di corso di formazione all'interno di un FabLab⁵⁹

⁵⁸ Foto scattata durante la terza edizione del corso di formazione "Summer School Digitalmed" sviluppato dalla Medaarch nel 2012. Mapping, parametric design e digital fabrication i principali temi trattati nel corso di questa edizione che ha guidato i partecipanti nella realizzazione di progetti riguardanti la rivalutazione urbana di spot del lungomare di Salerno.

⁵⁹ Foto scattata durante il corso di formazione "Modellazione e stampa 3D" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab per gli studenti dell'I.I.S. "Livatino" di Napoli nell'a.s. 2013/2014 tenutasi presso il Mediterranean FabLab.

- **"Un servizio:** è vero che un FabLab ha una community, ma è altrettanto vero nella maggior parte dei casi è gestito da poche persone che offrono servizi alla comunità stessa. Tra le attività che un FabLab propone ci sono l'accesso alle macchine, l'offerta formativa, le consulenze, la riparazione di oggetti, l'accelerazione di progetti esterni, etc."

- **"Un concetto in fase di sviluppo:** Quando il MIT diede vita al primo FabLab, non c'era l'idea di sviluppare una rete di laboratori globale: inizialmente l'intento era semplicemente di permettere agli studenti di accedere ed imparare ad usare le tecnologie di fabbricazione digitali su cui il *Center for Bits and Atoms* stava lavorando.

La rete del FabLab si è evoluta poi attraverso gli anni, come una conseguenza del processo, più che come un suo obiettivo. Ciò significa che molti dettagli sono ancora in fase di sviluppo, modelli di business stabili vanno ancora definiti, processi e strumenti migliorati."

⁶⁰ Foto scattata durante la quarta edizione del corso di formazione "Summer School Digitalmed" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab nel 2013.



I FabLab nel mondo: Mappa aggiornata al mese di ottobre 2016⁶¹

• **“Un business:** Ogni FabLab è differente dagli altri, proprio perché riflette le condizioni locali del contesto in cui è inserito. Ciò significa anche che ci sono differenti formati e modelli di business: essere un FabLab non significa adottare una specifica forma organizzativa o un modello di business.”.

Esistono differenti tipologie di FabLab, identificate secondo il numero e la grandezza delle macchine presenti al loro interno, così come secondo la loro sostenibilità economica.

⁶¹ Fonte immagine: http://officine.romamakers.org/wp-content/uploads/2016/10/FabLab_worldmap.png

Si fa presto a dire FabLab: le 4 regole da rispettare

Con l'esplosione del fenomeno dei laboratori di fabbricazione digitale, è arrivata anche la necessità di definire alcune condizioni precise da rispettare, per poter entrare di diritto all'interno della rete ufficiale dei FabLab⁶².

Il *Center for Bits and Atoms*⁶³, la *Fab Foundation*⁶⁴ e la comunità dei FabLab, hanno individuato, così, quattro condizioni da rispettare affinché il proprio laboratorio possa essere chiamato "FabLab" a tutti gli effetti:

1. L'accesso al laboratorio, che sia esso gratuito o a pagamento, deve essere pubblico almeno in una parte della settimana;
2. Il laboratorio deve sottoscrivere e mostrare la *Fab Charter*⁶⁵, ovvero il manifesto dei FabLab, sia all'interno del proprio spazio, sia sul sito web.
3. Il laboratorio deve avere un insieme di strumenti e processi condivisi con l'intera rete dei FabLab. Esiste una lista⁶⁶ esemplificativa che definisce le tipologie di macchinari, strumenti e componenti minime da dotarsi (tuttavia è possibile adottare macchinari e strumenti anche di altre marche).
4. Il laboratorio deve essere attivo e partecipe della rete globale dei FabLab. Non può isolarsi né entrare in competizione, ma deve collaborare con gli altri laboratori.

Quando le dimensioni contano: le "taglie" dei FabLab

Un FabLab può avere dimensioni differenti che dipendono sostanzialmente dalle risorse economiche, dalla declinazione del laboratorio e dalla dimensione dei manufatti prodotti. In ordine crescente, scopriamo le varie misure dei FabLab:

• **Mini FabLab:** è un laboratorio di piccole dimensioni (da 25 a 35 mq), dotato di quelle attrezzature e macchine indispensabili per la prototipazione: una o più stampanti 3D di piccole dimensioni, cutter per vinile e cartone, piccole frese, schede e materiale elettronico. Si può fare affidamento ad un Mini FabLab, per la prototipazione rapida e attività di supporto tecnico-dentale, elettronico, di oreficeria, di piccolo design, di bricolage.

⁶² <https://www.fablabs.io/>

⁶³ <http://cba.mit.edu/>

⁶⁴ <http://www.fabfoundation.org/>

⁶⁵ <http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>

⁶⁶ <http://fab.cba.mit.edu/about/fab/inv.html>



Esempio di attrezzature di un Mini FabLab⁶⁸

• **Midi FabLab:** ha spazi che variano da 50 ai 120 mq ed è fornito di stampanti 3D, macchine per il taglio del vinile e del cartone, frese di medie dimensioni (120cm x 100cm), materiale elettrico, laser cut⁶⁹ (90cm x 60cm). Viste le dimensioni delle sue macchine, il Midi FabLab oltre alla prototipazione riesce anche ad offrire un servizio di produzione, ma solo per piccoli oggetti di design o prodotti artigianali. Per cui, oltre alle attività di bricolage, di piccolo design, di supporto tecnico-dentale, elettronico e domestico, riesce a supportare anche privati e piccoli artigiani.

⁶⁸ Fonte immagine: <https://i0.wp.com/www.minifablab.nl/wp-content/uploads/2016/03/minifablab.jpg>

⁶⁹ Macchine a taglio laser.



Esempio di Midi FabLab ⁶⁹

• **Standard FabLab:** lo spazio di un FabLab dalla "taglia" standard varia dai 150 ai 250 mq e al suo interno ospita materiale per la prototipazione elettronica e macchine di medie dimensioni (200cm x 200cm): stampanti 3D, vinyl e cardboard cutter⁷⁰, frese, laser cut. Riesce a realizzare prototipi di medie dimensioni come oggetti di arredo urbano, carrozzeria per le auto, etc., e riesce a produrre oggetti, per lo più di artigianato. Ha bisogno degli stessi impianti di aspirazione e di alimentazione in dotazione per macchine industriali.

⁶⁹ Fonte immagine: <https://www.madatech.org.il/sites/madatech/UserContent/images/Fab-Lab/>

⁷⁰ Macchine per il taglio del vinile o del cartone.

Il pensiero computazionale



Il FabLab di Zurigo⁷¹

• **Maxi FabLab:** più che laboratori, sono visti come veri e propri centri di produzione e non solo di prototipazione. Punti di riferimento per aziende edilizie, pmi, amministrazioni, università e centri di ricerca, questi FabLab XXL (dai 150 ai 500mq) oltre a fare ricerca e produzione di alto livello, svolgono spesso anche la funzione di accelerazione tecnologica per progetti universitari o startup. Essendo dotati di macchine industriali e di bracci robotici (i cosiddetti Kuka), hanno bisogno di impianti di aspirazione e di alimentazione pertinenti. Un FabLab di tali dimensioni presenta un investimento in macchinari superiore ai 200mila euro.



Esempio di maxi FabLab⁷²

⁷¹ Fonte immagine: https://zurich.fablab.ch/wp-content/uploads/2015/06/14052580854_b08b-1d1f09_k.jpg

⁷² Fonte immagine: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ff/FaBLab_Squared_%C3%A0_la_Cit%C3%A9_des_Sciences_-_Futur_en_Seine_2011_%2825%29.jpg

Il pensiero computazionale è la capacità di risolvere un problema pianificando una strategia. Questo termine fu introdotto per la prima volta nel 2006 dalla scienziata informatica **Jeannette Wing**⁷³ la quale affermò che “pensiero computazionale” significa “pensare come un informatico, in modo algoritmico e a livelli multipli di astrazione”.



Jeannette Wing spiega, durante una lecture, cos'è il pensiero computazionale⁷⁴.

Ma che significa, in concreto “Pensare in modo computazionale”? Vuol dire suddividere il processo decisionale in singoli step, ragionare passo passo sul modo migliore per ottenere un obiettivo. Un comportamento che, quasi senza accorgercene, adottiamo nella vita di tutti i giorni, per esempio quando stabiliamo il percorso più breve per raggiungere una destinazione, oppure, più semplicemente, quando ci troviamo di fronte ad un problema quotidiano e dobbiamo elaborare un piano per superarlo. Il pensiero computazionale è, quindi, un processo mentale che consente di risolvere problemi di varia natura seguendo metodi e strumenti specifici⁷⁵.

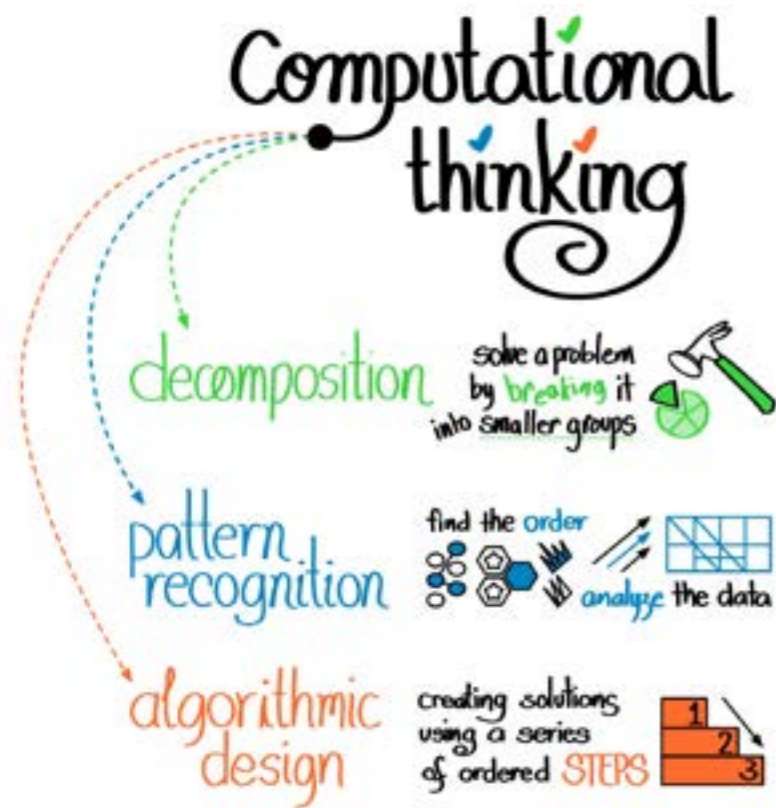
⁷³ <http://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>

⁷⁴ <https://www.qatar.cmu.edu/wp-content/uploads/2016/11/jeannettem.wing3-jpg>

Alcuni **metodi** del pensiero computazionale riguardano:

- analizzare e organizzare i dati del problema in base a criteri logici;
- rappresentare i dati del problema tramite opportune astrazioni;
- formulare il problema in un formato che ci permette di usare un "sistema di calcolo" (nel senso più ampio del termine, ovvero una macchina, un essere umano, o una rete di umani e macchine) per risolverlo;
- automatizzare la risoluzione del problema definendo una soluzione algoritmica, ovvero una sequenza accuratamente descritta di passi, ognuno dei quali appartiene ad un catalogo ben definito di operazioni di base;
- identificare, analizzare, implementare e verificare le possibili soluzioni con un'efficace ed efficiente combinazione di passi e risorse (avendo sempre come obiettivo la ricerca della soluzione migliore);
- generalizzare il processo di risoluzione del problema per poterlo trasferire ad un ampio spettro di altri problemi.

Questi metodi sono fondamentali per tutti i campi di applicazione, non solo nell'informatica, perché consentono di affrontare molti tipi di problemi in diverse discipline⁷⁶.



Schema design computazionale⁷⁷

Gli **strumenti intellettuali** del pensiero computazionale includono:

- confidenza nel trattare la complessità;
- ostinazione nel lavorare con problemi difficili;
- tolleranza all'ambiguità;
- abilità nel trattare con problemi definiti in modo incompleto;
- abilità nel trattare con aspetti sia umani che tecnologici, in quanto la dimensione umana è essenziale per il successo di qualunque sistema informatico;
- capacità di comunicare e lavorare con gli altri per il raggiungimento di una meta comune o di una soluzione condivisa.



Schema dei metodi e degli approcci propri del design computazionale⁷⁸

Anche per gli strumenti i benefici si estendono al di là della disciplina informatica. Il pensiero computazionale è, quindi, un processo logico-creativo che consente di scomporre un problema complesso in diverse parti, più gestibili se affrontate una per volta. Trovando una soluzione a ciascuna di esse, è possibile risolvere il problema generale.

⁷⁸ <https://barefootcas.org.uk/wp-content/uploads/2014/06/Barefoot-CT-Poster-for-website.jpg>

Coding e Pensiero computazionale

Quando si parla di pensiero computazionale, non si può fare a meno di pensare al Coding.

Cosa lega questi due concetti? Per dirla con una metafora, il coding potrebbe essere concepito come "la palestra del pensiero computazionale" che va allenato sin da piccoli.

Molti educatori considerano il pensiero computazionale un'abilità di base della stessa importanza del leggere, scrivere e contare, che dovrebbe essere insegnata fin dai primi anni di scuola⁷⁹.

Il coding è, oggi, lo strumento didattico più utilizzato per educare i bambini al pensiero computazionale, in quanto consente di apprendere le basi della programmazione informatica in modo pratico e divertente.

Tuttavia, imparare a programmare non serve solo a creare futuri programmatori - di cui tra l'altro c'è bisogno -, ma soprattutto permette di pensare in maniera algoritmica, trovando una soluzione e sviluppandola. Il coding dona ai bambini una *forma mentis* che permetterà loro di affrontare problemi complessi quando saranno più grandi.

⁷⁹ <https://www.robotiko.it/coding-e-pensiero-computazionale/>

⁸⁰ Fonte immagine: https://1.bp.blogspot.com/-O89Ec9wUeqE/WPHnt8k_VkI/AAAAAAAAACK/YisuK5kY_nsJke_-ilCi-Cxfbl7vMh1OigCLcB/s1600/giocare_programmare.jpg



Programmazione tramite Cubetto⁸⁰

Quando i bambini si avvicinano al coding diventano **soggetti attivi della tecnologia**. Il che significa che cominciano a guardare le tecnologie con occhi diversi, maturando via via anche una presa di coscienza sul buon uso degli strumenti: essi, in poche parole, non si limitano ad essere fruitori, ma imparano a diventare produttori e controllori della tecnologia.

Per raggiungere questo nobile fine, c'è bisogno di dotarsi di strumenti e metodologie adatti alla loro età.

La scelta di un approccio ludico, ad esempio, consente di attirare l'attenzione dei più piccoli, i quali in modo interattivo e con metodologie legate al gioco, imparano a risolvere un problema più o meno complesso, scrivendo una serie di istruzioni che la macchina le interpreta e le esegue.

Una sequenza tutto sommato semplice: "Con il coding imparo a risolvere un problema attraverso una serie di istruzioni che impartisco ad un pc e, così facendo, sviluppano il pensiero computazionale".

Dunque, Coding significa "programmazione informatica", ma non nel senso più tradizionale dell'espressione. Esso è un approccio inedito alla soluzione di problemi che mette la programmazione al centro di un percorso.

Attraverso il coding, gli studenti non imparano a programmare, ma imparano programmando.

⁸¹ Fonte immagine: https://coderdojo-roma.files.wordpress.com/2015/12/img_20151212_110441.jpg



Programmazione attraverso il coding⁸¹

Il pensiero computazionale nella scuola primaria

Gli strumenti del pensiero computazionale, come il coding e la robotica educativa, facilitano e rafforzano il compito degli insegnanti, in quanto permettono di affiancare a lezioni teoriche varie esperienze pratiche attraverso attività ludiche e creative.



Esempio di laboratorio sul Coding nella scuola primaria⁸²

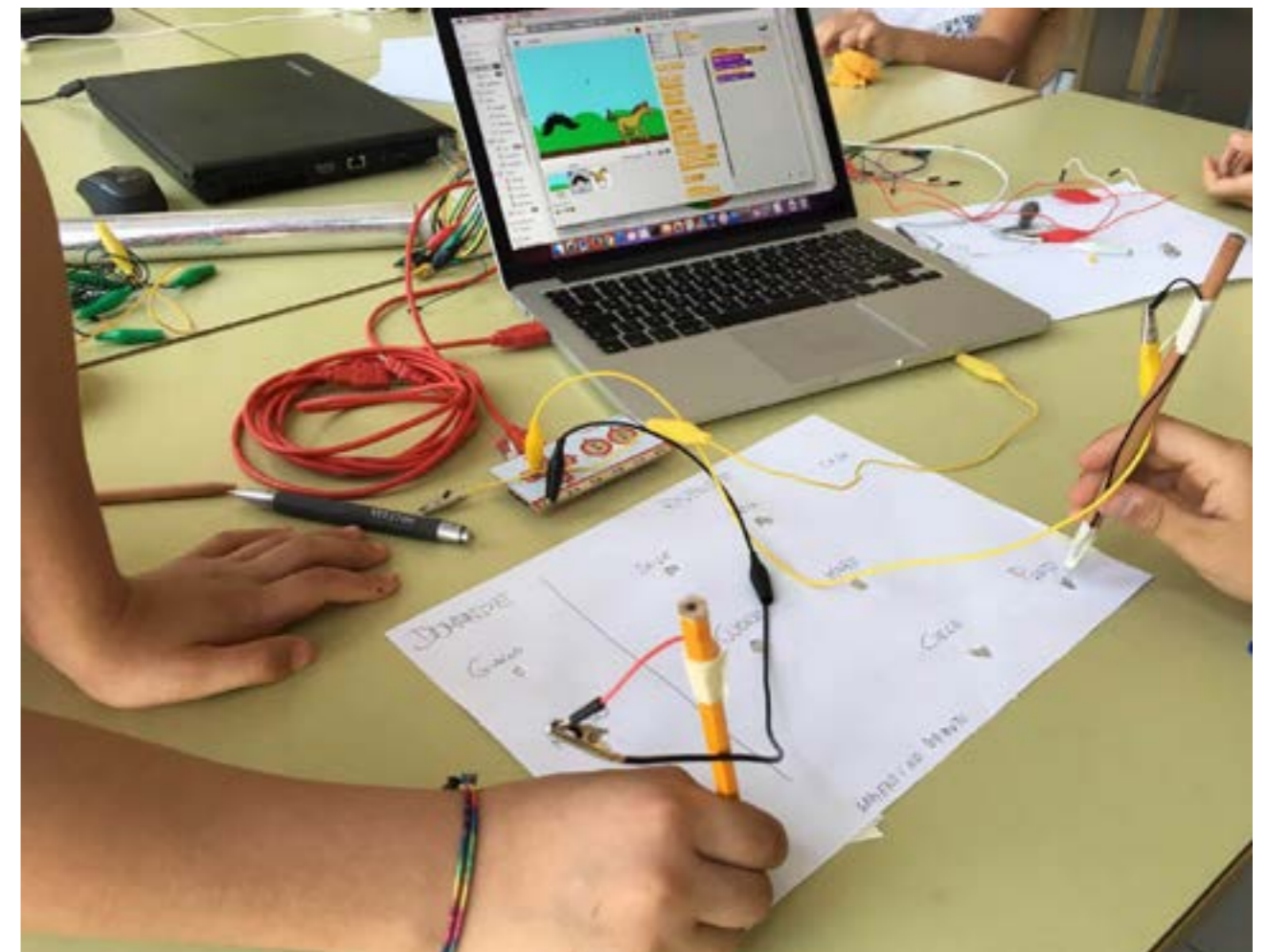
Gli studenti si trovano, così, a fare ricerca nel senso più puro del termine: ad approfondire, cioè, la conoscenza teorica attraverso la sperimentazione pratica.

Questo consente loro di lavorare in gruppo, a scapito di una votazione finale e a beneficio di un risultato che si può raggiungere solo insieme, grazie all'apporto di tutti e alle differenti competen-

⁸² Fonte immagine: <http://www.primocircolomaglie.gov.it/joomla3bis/images/codingcavour/4.-Il-coding-nella-scuola-dellinfanzia.JPG>

ze ed attitudini di ogni discente. Tutti sono necessari allo scopo e tutti danno un contributo fondamentale per il raggiungimento dell'obiettivo.

Questi strumenti facilitano, inoltre, la socializzazione tra studenti e contribuiscono a migliorare il rapporto e lo scambio tra i ragazzi e i docenti. Bambini e ragazzi si trovano davanti a quello che più li diverte: un tablet, il monitor di un pc, un robot. Sta a loro risolvere problemi, animare i personaggi o far interagire robot nei contesti reali.



Esempio di un laboratorio di coding e pensiero computazionale⁸³

In sintesi, gli studenti imparano a raggiungere un obiettivo, risolvendo il problema che si frappone fra loro e la meta.

Ai docenti, così come ai genitori, non è richiesta nessuna preparazione particolare, se non quella di chiedere ai bambini che cosa li incuriosisce di più e di invogliarli nelle loro passioni.

⁸³ http://www.boboto.it/images/slide_coding/progetto-coding-e-pensiero-computazionale-boboto-03.jpg

Il Coding nella scuola primaria: gli strumenti

Quali sono gli strumenti a disposizione per fare Coding a scuola? Spesso si tratta di tools oltre che didattici, anche ludici e divertenti.

Infatti, attraverso *Scratch*⁸⁴ - o *Scratch Jr* per i più piccoli - o siti come *code.org*⁸⁵, i bambini si cimentano in esercizi che sembrano giochi. E in effetti, sotto un certo punto di vista, lo sono: i piccoli giocano e vincere ogni sfida significa risolvere piccoli problemi, come evitare un ostacolo o farsi catturare da uno dei personaggi cattivi della storia.

La cosa interessante di questi programmi è che, per risolvere il problema, gli studenti devono impegnarsi a capire quale possa essere la possibile soluzione. Se raggiungono l'obiettivo hanno imparato come fare. Intanto, inconsapevolmente, hanno scritto righe di codice informatico⁸⁶.

⁸⁴ Strumento di programmazione visuale (il codice del programma non deve essere digitato) ideato al Mit di Boston.

⁸⁵ <https://code.org/>

⁸⁶ <http://ischool.startupitalia.eu/coding/52790-20160317-pensiero-computazionale-scratch>

⁸⁷ Fonte immagine: <https://www.scratchjr.org/images/slide1.png>



Imparando con Scratch Jr⁸⁷

La programmazione a blocchi

Una delle prime cose che si insegna durante le lezioni di coding a scuola è la programmazione a blocchi⁸⁸, il primo, immediato, passo per imparare a programmare partendo da zero.

La programmazione a blocchi è un metodo di programmazione visuale grazie al quale è possibile programmare senza dover conoscere un codice di programmazione, ma manipolando gli oggetti o spostando gli elementi sullo schermo del pc o dei tablet. Spostando dei blocchetti rettangolari, a ciascuno dei quali corrisponde una funzione e un codice, è possibile creare giochi, animazioni, storie interattive, sequenze musicali e, addirittura, programmare un robot⁸⁹.

⁸⁸ <https://coderboyblog.wordpress.com/2014/09/18/cosa-e-la-programmazione-a-blocchi/>

⁸⁹ <https://www.robotiko.it/programmazione-a-blocchi-cos-e/>

⁹⁰ Fonte immagine: <http://ischool.startupitalia.eu/wp-content/uploads/sites/8/2016/05/Osmo-Coding-Overhead-Boy-Floor-ed.jpg>



Esempio di programmazione a blocchi⁹⁰



Mediterranean FabLab @School: corso di coding mediante l'utilizzo di Scratch⁹¹

Ecco alcuni tra i più diffusi strumenti per la programmazione visuale:

- **Scratch:** è un ambiente di programmazione a blocchi per il coding e la robotica educativa che consente di realizzare giochi e storie interattive in modo intuitivo. Assemblando i blocchetti sullo schermo è possibile far compiere un'azione al personaggio virtuale: farlo muovere, cantare, ballare, personalizzarne l'aspetto oppure creare immagini che ruotano e si animano al ritmo di musica.

Di Scratch esiste anche una versione per bambini dai 5 agli 8 anni. Si chiama **Scratch Junior** ed è un'app per il coding che si può scaricare e installare gratuitamente su tablet Android e Ipad.

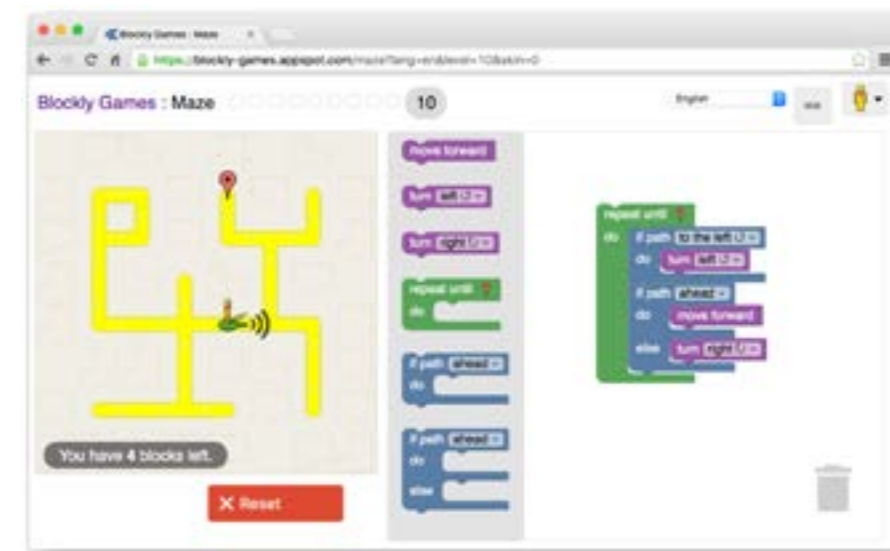
⁹¹ Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Move up in Bacoli: sapere, saper essere, saper fare in Bacoli" realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab presso l'I.C. "Paolo di Tarso" di Bacoli. Il percorso laboratoriale, dal titolo "Comunichiamo con il digitale" ha fornito ai partecipanti le nozioni teoriche e pratiche di programmazione e utilizzo di robot e della programmazione a blocchi (coding) a fini didattici. In particolare sono stati utilizzati il software Scratch per il coding e il robot Lego Mindstorms EV3 Educational per la robotica.

⁹² Fonte immagine: <https://developers.google.cn/blockly/images/browser-mac-web-maze.png>

⁹³ <https://www.makewonder.com/apps/>

⁹⁴ <https://www.robotiko.it/dash-and-dot-robot/>

⁹⁵ Fonte immagine: <http://www.ville-boulogne-sur-mer.fr/salon-numerique/wp-content/uploads/2017/05/robot.jpg>



Schermata esempio del programma Blockly⁹²

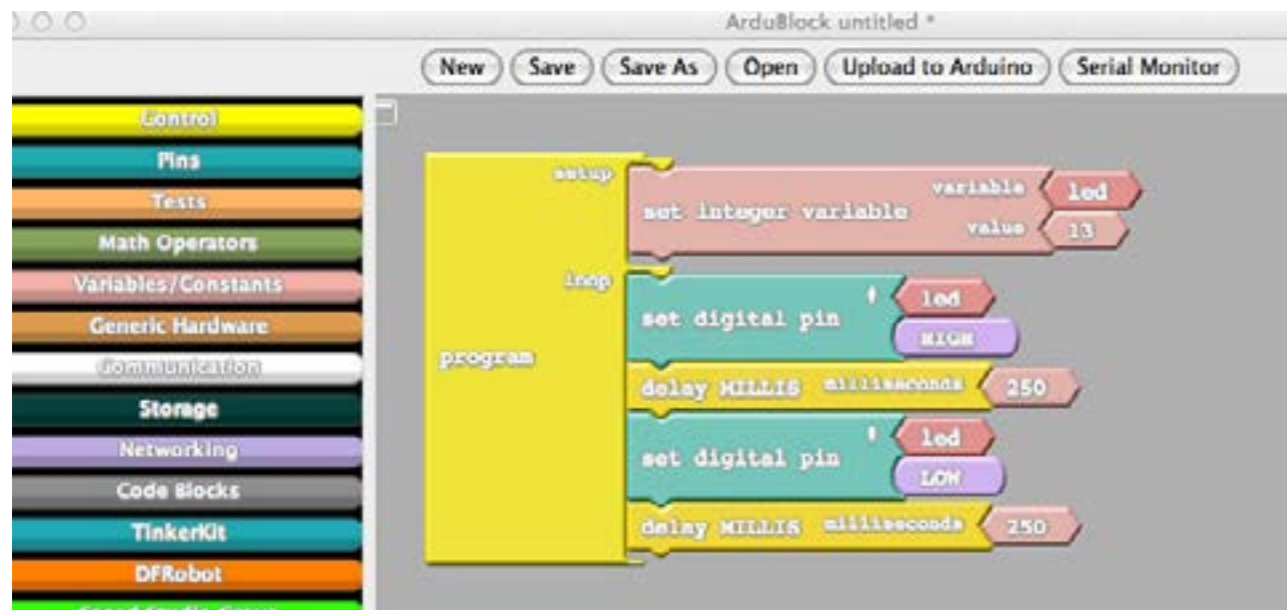
- **Blockly:** è un ambiente di programmazione visuale simile a Scratch. In questo caso, bisogna spostare e unire dei blocchi colorati – di forme e dimensioni diverse – per completare una serie di missioni: uscire da un labirinto, colpire un bersaglio con un cannone, disegnare figure geometriche, aiutare un uccellino a ritornare nel proprio nido. Di Blockly esiste anche una versione in italiano.

Tra i robot per bambini programmabili con Blockly, ci sono per esempio i robottini *Dash and Dot*.

Ideali per la robotica educativa nella scuola primaria, Dash and Dot robot possono essere utilizzati singolarmente o in coppia. Dash and Dot sono compatibili con i mattoncini di Lego Mindstorms. Combinando i pezzi, i due robottini possono assumere forme diverse e trasformarsi in un mezzo su ruote o in un animale robot. Dash and Dot robot sono programmabili da tablet tramite cinque app⁹³ di difficoltà crescente, disponibili su iTunes e Google Play per dispositivi Android⁹⁴.



Dash and Dot⁹⁵



Schermata esempio del programma Ardublock ⁹⁶

• **Ardublock:** è un ambiente per la programmazione a blocchi specifico per *Arduino*.

Per utilizzarlo è necessario installare *Arduino IDE*, un software che consente di scrivere codice informatico in maniera semplice e intuitiva. Il meccanismo di funzionamento è analogo a quello di Blockly e Scratch, ma con Ardublock ogni volta che si sposta un mattoncino si può visualizzare la riga di codice corrispondente in una finestra a parte del programma. In questo modo, si comincia a prendere dimestichezza anche con il linguaggio testuale e le linee di codice, associando quest'ultimo a un determinato risultato.

⁹⁶ Fonte immagine: <http://www.maffucci.it/wp-content/uploads/2014/09/Ardu-Block-11.jpg>

Coding, pensiero computazionale e robotica educativa nella scuola primaria

Coding e pensiero computazionale sono interconnessi con la robotica educativa. Infatti, mentre nel coding si usano strumenti che consentono di visualizzare i risultati su uno schermo, nella robotica educativa i bambini apprendono un approccio nuovo alle materie scientifiche attraverso la robotica, ovvero l'uso dei robot per risolvere problemi.

La robotica educativa è un approccio semplice e pratico alla robotica, al funzionamento dei robot, alla programmazione informatica e all'apprendimento di materie come la scienza e la matematica ⁹⁷. Con la robotica educativa gli studenti imparano ad assemblare un robot e a programmarlo. In commercio ne esistono ormai tantissimi che si adattano a questo scopo. Può trattarsi di un robot umanoide, come **Nao**, o di uno dei 17 robot che si possono assemblare con **Legò Mindstorms**, giusto per fare qualche esempio.

⁹⁷ <https://www.robotiko.it/robotica-educativa-cose/>

⁹⁸ Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Move up in Bacoli: sapere, saper essere, saper fare in Bacoli" realizzato dalla Medaarch-Mediterranean FabLab presso l'I.C. "Paolo di Tarso" di Bacoli.



Mediterranean FabLab @School: corso di robotica con il Legò Mindostorm ⁹⁸

Per i più piccoli ci sono **Bee Bot** e **Blue Bot** o robot economici ma ugualmente utili e interessanti come i **robot Clementoni**: Doc, robottino parlante, Cyber robot, Evolution robot.

Anche la robotica educativa stimola lo sviluppo del pensiero computazionale, l'attitudine al problem solving, all'analisi e alla risoluzione dei problemi.

A volte coding e robotica educativa sono un tutt'uno, come nel caso di **Cubetto**, un robot di legno prodotto dalla startup inglese Primo Toys⁹⁹ e pensato per essere utilizzato non solo nella scuola elementare, ma addirittura anche in quella dell'infanzia.

Cubetto robot è un robot programmabile, un robot per bambini basato su *Arduino*. Si muove su ruote e si controlla via wireless tramite un "telecomando". Il telecomando è, in realtà, una semplice tavoletta forata in cui inserire 16 tasselli, di colori diversi, a ciascuno dei quali corrisponde un comportamento diverso di Cubetto. Per ciascun colore, un comando preciso: avanti, destra e sinistra.

Disponendo i tasselli uno dopo l'altro, si riesce a programmare il comportamento di Cubetto che si muoverà sul suo percorso seguendo le istruzioni. Niente monitor, dunque. E niente tablet o altri dispositivi. Bastano tavoletta e tasselli.

⁹⁹ <https://www.primotoys.com/it/>

¹⁰⁰ Foto scattata durante il laboratorio dimostrativo sul coding organizzato da Medaarch - Mediterranean FabLab insieme al comune di Cava de' Tirreni il 03/06/2016, in occasione dell'evento Open Lab, una giornata dedicata a laboratori aperti sulle nuove tecnologie digitali. In tale occasione sono state presentate al pubblico - professionisti, insegnanti, appassionati, curiosi - le nuove tecnologie digitali e le opportunità che esse offrono al territorio tutto, dagli artigiani alle pmi, dalle scuole agli artisti, dalle università ai privati.



Mediterranean FabLab @School: corso di robotica con Cubetto. ¹⁰⁰

Coding, pensiero computazionale e robotica nella scuola secondaria: il modello del Mediterranean FabLab.



Mediterranean FabLab @School: esempio di Learning by doing, Cooperative e Action learning, Tinkering, Peer education ¹⁰¹

Anche nei percorsi di didattica digitale rivolti alle scuole secondarie di primo e secondo grado, è possibile educare al pensiero computazionale, attraverso un approccio sicuramente più applicativo rispetto a quello che si usa nella scuola primaria.

Infatti, partendo dall'insegnamento degli strumenti descritti nel paragrafo precedente di questa guida e utilizzando le metodologie di *Learning by doing, Cooperative learning, Tinkering, Action learning, Peer education*, è possibile dotare gli studenti degli Istituti secondari di quegli approcci necessari alla ricerca di soluzioni a problemi quotidiani o all'utilizzo consapevole di nuove tecnologie digitali per la creazione di progetti di valore.

¹⁰¹ Foto scattata durante il progetto "Lo studente e le nuove tecnologie" sviluppato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab nell'ambito del P.O. Puglia svolto nell'a.s. 2014/2015 presso l'ITC "A. Fraccacreta" di San Severo (FG).

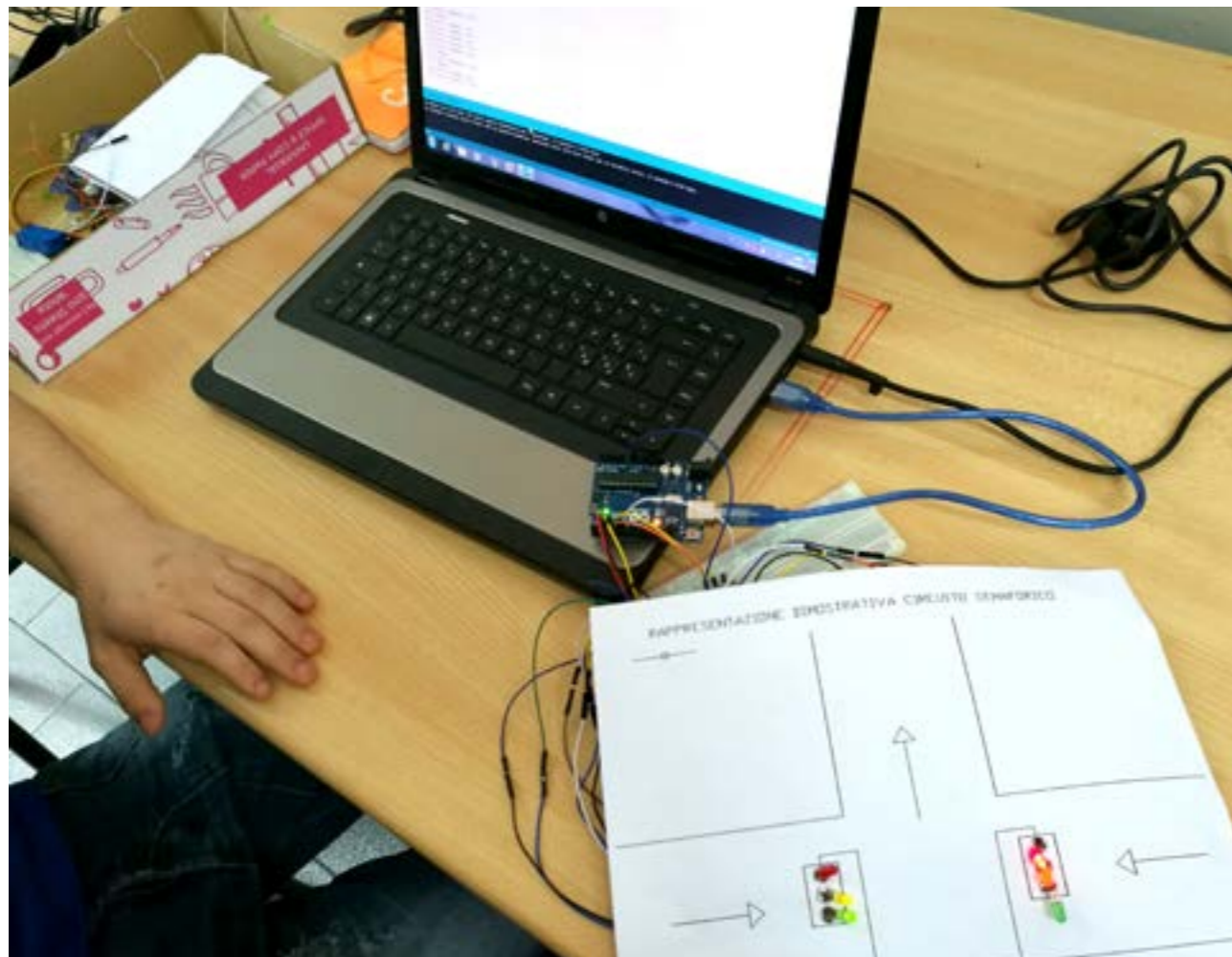
Per una migliore comprensione dei possibili percorsi formativi sul pensiero computazionale da realizzare per gli studenti - e i docenti - delle scuole secondarie di primo e secondo grado, di seguito illustriamo dei **casì studio del Mediterranean FabLab @School** riguardanti modelli didattici sul coding e la robotica che la **Medaarch – Mediterranean FabLab** mette in atto all'interno del suo programma con le scuole.

Si tratta di percorsi realmente realizzati in Istituti secondari di primo e di secondo grado, con indirizzi scolastici umanistici, tecnici e scientifici

• **Arduino per le smart city**

Questo corso può essere sviluppato in 30 o 60 ore di lezione e permette agli studenti di acquisire le capacità necessarie per progettare prototipi e soluzioni per la città, che siano dotati di "intelligenza" e che riescano a comunicare con le esigenze del luogo in cui vivono, per renderlo più sostenibile e "smart".

¹⁰² Foto scattata durante il progetto "Arduino e tracce di smart city" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab nell'ambito del percorso di Alternanza scuola-lavoro svolto nell'a.s. 2016/2017 presso l'IIS "G. Marconi" di Nocera Inferiore.

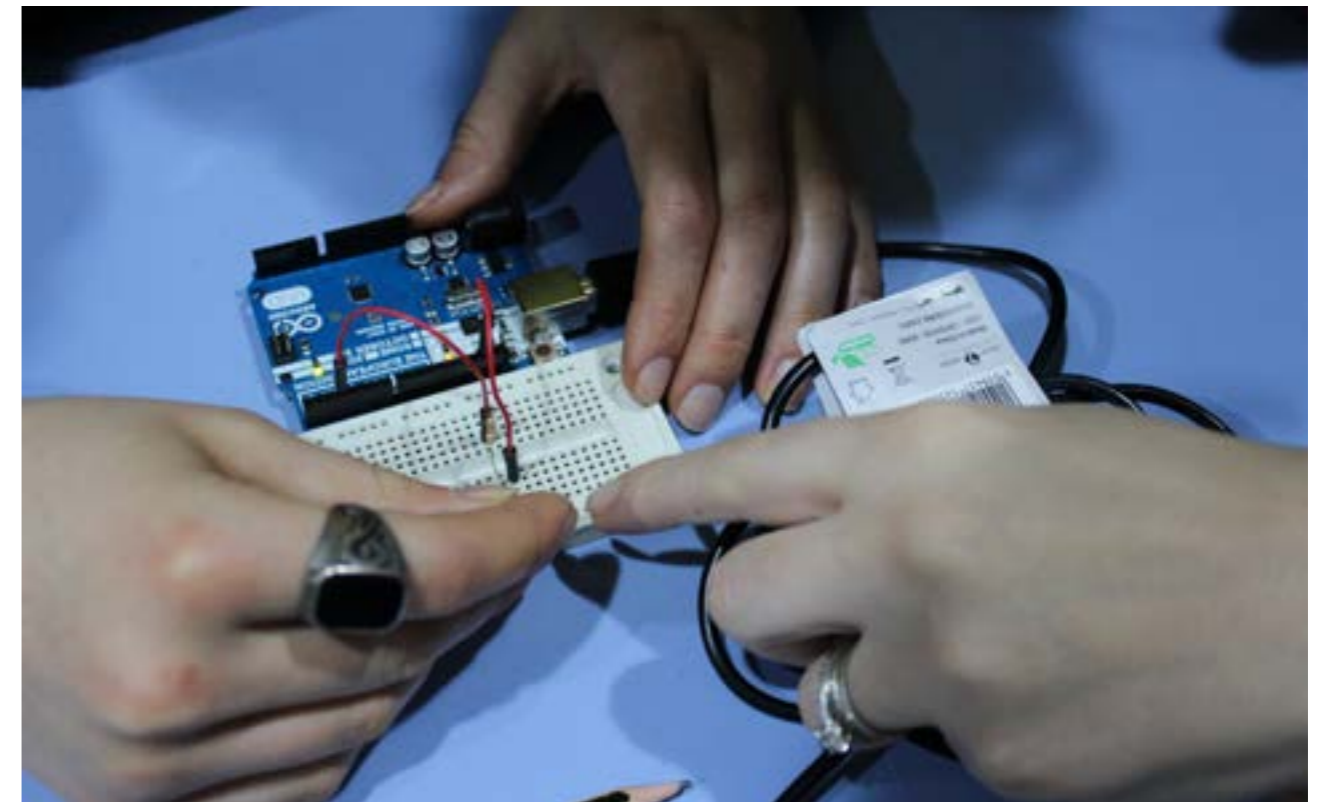


Mediterranean FabLab @School: sperimentazione di un semaforo "intelligente" mediante la prototipazione elettronica con Arduino¹⁰²

Tale percorso è stato pensato e messo a punto dalla Medaarch - Mediterranean FabLab con l'obiettivo di dotare gli studenti di quelle conoscenze e competenze necessarie per progettare, per programmare attraverso strumenti di prototipazione elettronica, e per pensare soluzioni Internet of Things da applicare all'interno della loro città.

Gli strumenti che vengono usati per tale percorso sono quelli relativi la programmazione e prototipazione elettronica tramite l'uso della scheda open-source Arduino.

Il tutto, per sviluppare negli studenti competenze digitali, con particolare riguardo al pensiero computazionale per la risoluzione di problemi.



Arduino: scheda elettronica e breadboard ¹⁰³

• **Arduino per l'arte**

Anche questo percorso, come il precedente, può essere sviluppato in 30 o 60 ore di lezione e mira a far acquisire ai discenti le competenze sull'utilizzo degli strumenti di programmazione assistita, di prototipazione rapida e di prototipazione elettronica. In questo caso, l'obiettivo è quello di dotare gli oggetti di un'identità digitale e "intelligente", in grado, cioè, di monitorare, gestire e inviare informazioni per svolgere determinate azioni.

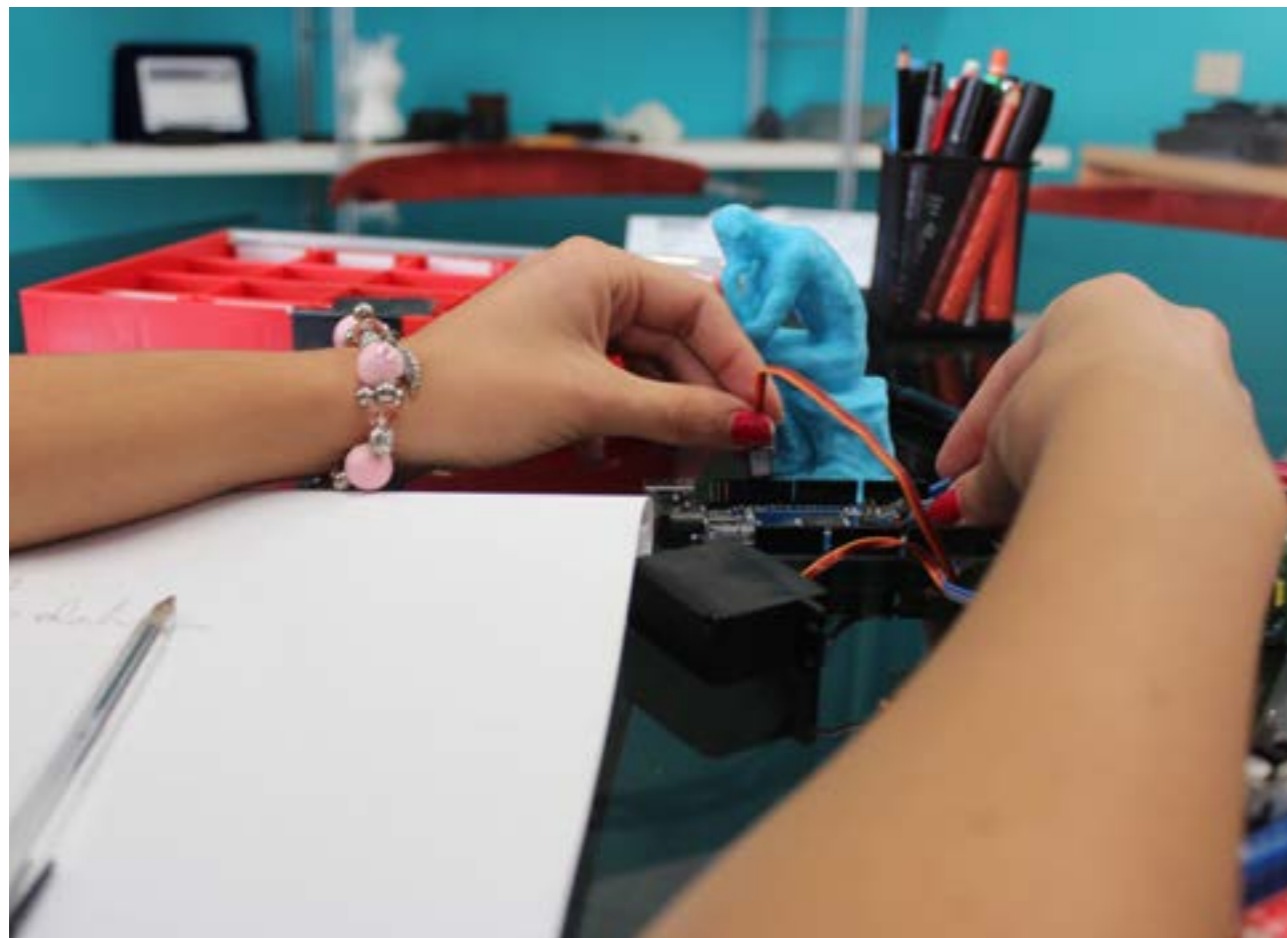
¹⁰³ Foto realizzata al Mediterranean FabLab durante un laboratorio su Arduino.

Nel caso, ad esempio, del corso "Arduino per l'arte", gli oggetti artistici (souvenire o repliche di oggetti d'arte) sono in grado di dare informazioni a chi li fruisce, sulla loro storia.

Tale percorso è stato pensato e messo a punto dalla Medaarch - Mediterranean FabLab con l'obiettivo di insegnare a progettare e realizzare "souvenir o oggetti d'arte intelligenti" che mettano in relazione il turista e l'opera artistica che ha vissuto, restituendo all'utente anche delle informazioni pertinenti dell'opera da lui fruita.

Il corso, inoltre, se di durata 60 ore, presenta un'implementazione ovvero, quella di progettare e stampare in 3D, gli oggetti stessi, prima di integrarli con Arduino. In questo caso ai discenti viene insegnato a progettare gli oggetti d'arte - attraverso programmi di modellazione 3D (es. Rhinoceros 3D) - e a saper usare programmi per la stampa 3D (es. Cura) dei progetti stessi. Una volta che gli oggetti prendono forma attraverso l'uso della stampante 3D, possono essere resi "smart", attraverso la programmazione elettronica con Arduino.

¹⁰⁴ Foto scattata durante il corso "Arduino per l'arte" realizzato dalla Medaarch e tenuto al Mediterranean FabLab. Durante il corso i partecipanti hanno modellato e stampato in 3D delle repliche di opere d'arte famose e, successivamente, hanno utilizzato la prototipazione elettronica per renderle intelligenti. Le opere d'arte, alla fine del corso, sapevano dare informazioni su se stesse al fruitore.



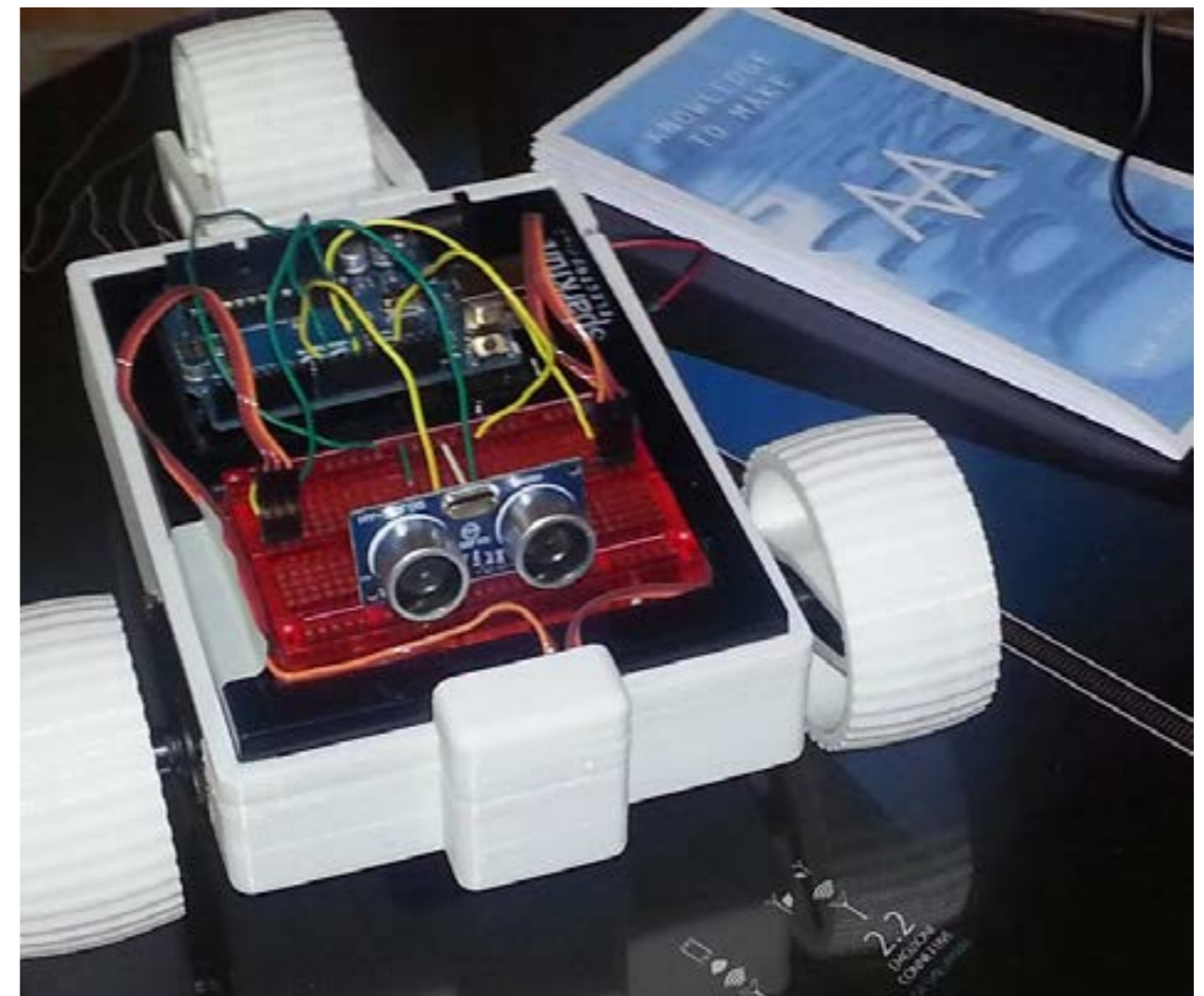
Mediterranean FabLab @School: applicando Arduino ad un'opera d'arte stampata in 3D, per renderla "smart" ¹⁰⁴

• Arduino e robotica: progettazione e stampa 3D di un rover intelligente

Il modulo guida gli studenti alla modellazione 3D e alla realizzazione, mediante la stampa 3D, di un rover "intelligente", un mezzo mobile interattivo in grado di compiere azioni intelligenti, come, ad esempio, muoversi autonomamente, percepire un ostacolo ed evitarlo. Il corso è strutturato in lezioni dialogate ed esercitazioni pratiche, di gruppo e individuali, durante le quali gli studenti si cimentano in molteplici attività, ovvero:

- modellazione del robot scomponibile in singoli componenti;
- gestione di Gcode e stampa 3D delle componenti progettate;
- assemblaggio di circuiti elettronici dotati di sensori interattivi;
- scrittura di codici informatici per dare istruzioni/comandi al robot.

¹⁰⁵ Foto scattata durante il progetto Scuola Viva realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab presso l'I.I.S. "Regina Margherita" di Salerno nell'a.s. 2016/2017. Il percorso laboratoriale, dal titolo "Droni e rover: robotica e stampa 3D" ha fornito ai partecipanti le conoscenze e le competenze per la realizzazione, mediante l'utilizzo della stampante 3D, di un rover intelligente, in grado, grazie alla programmazione dei codici informatici mediante l'utilizzo di Arduino, di muoversi autonomamente in modo da non urtare oggetti presenti nell'ambiente circostante.



Mediterranean FabLab @School: esempio di rover intelligente ¹⁰⁵

Le opportunità della fabbricazione digitale per scuole e studenti

Sfruttando la metodologia del learning by doing, il corso coinvolge gli studenti in situazioni concrete durante le quali i contenuti teorici vengono esperiti, sperimentati, attuati e le conoscenze e le competenze teoriche vengono prontamente rese operative. Tale percorso è stato pensato e messo a punto da Medaarch - Mediterranean FabLab con l'obiettivo di fornire agli studenti quelle conoscenze e competenze tecnologiche legate alla prototipazione elettronica ed alla robotica, spendibili nel mondo del lavoro.

I casi studio che abbiamo voluto raccontare, rappresentano solo alcuni esempi dei tanti percorsi formativi e laboratoriali portati avanti dalla Medaarch attraverso il programma Mediterranean FabLab @School. I riscontri avuti sono stati sempre molto positivi, in quanto si tratta di attività che offrono agli studenti un modo consapevole di esperire le innovazioni, insegnando loro il valore delle tecnologie e le possibili loro applicazioni nella società.



Mediterranean FabLab @School: esempio di attività di co-learning ¹⁰⁶

La scuola è il luogo privilegiato in cui insegnare al discente come approcciare al cambiamento in maniera proattiva ed efficace esercitando la cittadinanza (digitale), imparando a progettare soluzioni innovative e sviluppando attività di ricerca utili alla comunità.

Così il "racconto della conoscenza" - ovvero l'approccio teorico tipico di un modo classico di fare formazione -, si affianca ad un insegnamento basato sul "fare", sull'apprendimento attivo attraverso la scoperta, il lavoro di gruppo, l'elaborazione critica e creativa mediante l'utilizzo degli strumenti e degli ambienti digitali. In questa prospettiva, il digitale vuole scardinare la rigida distinzione tra docenti e studenti, tra spazio di apprendimento in aula e sperimentazione in laboratorio, tra discipline differenti e, infine, tra scuola e mondo del lavoro.

¹⁰⁶Foto scattata durante il progetto "Lo studente e le nuove tecnologie" sviluppato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab nell'ambito del P.O.R. Puglia svolto nell'a.s. 2014/2015 presso l'ITC "A. Fraccacreta" di San Severo (FG).

Il Piano Nazionale Scuola Digitale¹⁰⁷, varato dal Miur nel 2015 al fine di guidare le scuole in un percorso di rinnovamento e digitalizzazione, punta allo sviluppo di un percorso condiviso di innovazione culturale, organizzativa, sociale e istituzionale che dia nuova energia e nuove capacità alla scuola italiana.

Il digitale rappresenta il veicolo privilegiato mediante il quale proiettare la scuola all'interno di didattica attiva e laboratoriale, aperta alle contaminazioni del mondo esterno e alle opportunità offerte dal mondo del lavoro¹⁰⁸.

A fare la differenza rispetto al passato è anche la disponibilità, la specificità e la democratizzazione delle nuove tecnologie utilizzabili. Il nuovo contesto didattico incide sulle forme di apprendimento, che diventano sempre più collaborative e tali da favorire la condivisione rapida di conoscenza e promuovono lo sviluppo di nuovi orizzonti di ricerca, sia in ambito scolastico che extra-scolastico¹⁰⁹.

Le tecnologie introducono, inoltre, il valore prezioso della condivisione dei contenuti e della costruzione di una memoria storica di gruppo utile per le attività future e per una reinterpretazione critica e dinamica dei risultati ottenuti.

Moltissime le opportunità offerte dal digitale ai docenti e agli studenti. Di seguito raccontiamo le tre più importanti¹¹⁰.

1. Costruire una didattica attiva, che superi la dimensione trasmissiva del sapere:

L'utilizzo del digitale in ambito didattico offre molteplici possibilità di condivisione di materiali e di conoscenze, anche in modalità collaborative a distanza, consentendo in tal modo di affrontare e risolvere la storica difficoltà di superare la lezione frontale.

L'utilizzo del web e delle sue molteplici prospettive offrono infatti occasioni di apprendimento non trasmissive, consentendo in tal modo di proporre contenuti essenziali mediante l'utilizzo di metodologie efficaci.

Le classi virtuali, gli strumenti di scrittura e produzione multimediale e collaborativa a distanza, la possibilità di archiviazione in *cloud* e l'utilizzo di app, consentono di organizzare l'apprendimento anche in forma delocalizzata favorendo la cooperazione e creando una migliore soluzione di continuità tra scuola ed extrascuola, tra contesto formale e informale di apprendimento (Traxler, 2009)¹¹¹.

¹⁰⁷ http://www.istruzione.it/scuola_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf

¹⁰⁸ <http://schoolkit.istruzione.it/pnsd/3-vo-gliamo-andare/>

¹⁰⁹ <http://www.forumpa.it/scuola-istruzione-e-ricerca/quali-passi-verso-la-scuola-digitale-del-xxi-secolo>

¹¹⁰ www.fupress.net/index.php/formare/article/download/18196/17323

¹¹¹ http://www.aupress.ca/books/120155/ebook/01_Mohamed_Ally_2009-Article1.pdf



Mediterranean FabLab @School: esempio di attività didattica laboratoriale¹¹²

¹¹² Foto scattata durante il progetto "wearable technologies" sviluppato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab nell'ambito del percorso di Alternanza scuola-lavoro svolto nell'a.s. 2015/2016 presso l'IIS "F. Degni" di Torre del Greco. Il percorso si è concentrato sulla progettazione tramite software di modellazione 3D (Rhinceros) e sulla stampa 3D di accessori moda. Una volta realizzato l'accessorio, questo è stato reso "smart" grazie all'inserimento di un sistema intelligente governato dalla scheda Arduino.

¹¹³ Acronimo che indica le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, ossia "l'insieme dei metodi e delle tecnologie che realizzano i sistemi di trasmissione, ricezione ed elaborazione di informazioni (tecnologie digitali comprese)".

Occorre, tuttavia, precisare che per svincolarsi da una didattica meramente trasmissiva, non basta ricorrere al digitale: occorre lo studio e l'elaborazione di una strategia mirata sul senso e sull'efficacia delle scelte che si operano e, soprattutto, sugli obiettivi che si perseguono. Si può, infatti, continuare a proporre una didattica classica pur avvalendosi delle tecnologie, creando così una trasmissione dei saperi *digitalizzata*, non digitale.

Può essere proficuo a tal proposito, analizzare il **modello SAMR** proposto dal ricercatore americano **Ruben Puentedura**. Si tratta di un modello per la pianificazione dell'apprendimento, che può risultare particolarmente efficace ai docenti come strumento di riflessione e metacognizione, per comprendere il tipo di utilizzo che stanno facendo delle *TIC*¹¹³ in classe.



Ruben Puntedura¹¹⁴

Il modello proposto dallo studioso americano definisce due macro-modalità di utilizzo degli strumenti digitali: una di semplice avanzamento e una di trasformazione.

Nella prima modalità, quella del cosiddetto avanzamento (*enhancement*), le tecnologie possono servire anche solo per sostituirne altre più antiche (*substitution*), ma senza che questo produca un valore aggiunto, come nel caso in cui si cambi una carta a stampa con una mappa digitale. Qualora, invece, si faccia ricorso a una mappa digitale dinamica, che consente di zoomare, allora ci si troverà in una situazione di sviluppo (*augmentation*) rispetto all'approccio precedente.

Nella seconda modalità, invece, quella della trasformazione (*transformation*) e, in particolare, nella fase della modifica delle attività tradizionali (*modification*), si fa ricorso all'utilizzo di strumenti web che consentono di personalizzare la mappa, inserendo contributi multimediali.

¹¹⁴ Fonte immagine: <https://i.ytimg.com/vi/jBK0goz6Jk/maxresdefault.jpg>



Schema esplicativo del modello SAMR ¹¹⁵

Nel caso in cui, infine, sia possibile implementare questa mappa digitale collaborativamente in modalità mobile, anche al di fuori della scuola, allora si può parlare di ridefinizione digitale (*redefinition*) dell'attività.

Un simile modello non rappresenta certamente una guida didattica da seguire automaticamente e progressivamente; serve piuttosto a far comprendere la differenza tra i diversi approcci mediante i quali è possibile utilizzare le tecnologie. Funge, quindi, da esempio delle possibili strategie didattiche da mettere in campo e permette di comprendere la necessaria connessione che deve essere posta tra la scelta degli strumenti e delle strategie e il tipo di obiettivi che si intende raggiungere.

2. Migliorare la formazione creando sinergie tra competenze digitali, competenze disciplinari e cittadinanza digitale:

Come il Parlamento Europeo ha più volte evidenziato¹¹⁶, è necessario che l'Italia, con l'Europa tutta, si impegni nella promozione dello sviluppo di quelle competenze che saranno basilari per consentire alle prossime generazioni di vivere la cittadinanza in modo attivo e responsabile.

¹¹⁵ Fonte immagine: <https://cdn.thinglink.me/api/image/707927755425054721/1240/10/scaletwidth>

¹¹⁶ http://www.amblav.it/Download/I_39420061230it00100018.pdf.



Mediterranean FabLab @School: esempio di corso laboratoriale ¹¹⁹

Tra le otto competenze citate nella Raccomandazione parlamentare del 2006¹¹⁷ spicca, per la sua trasversalità, quella digitale, intesa come il *"saper utilizzare con dimestichezza e spirito critico le tecnologie della società dell'informazione (TSI) per il lavoro, il tempo libero e la comunicazione"*. Tale competenza è supportata da abilità di base nelle TIC: *"l'uso del computer per reperire, valutare, conservare, produrre, presentare e scambiare informazioni nonché per comunicare e partecipare a reti collaborative tramite Internet"*¹¹⁸.

In quest'ambito la situazione della scuola italiana, e la conseguente qualità di questa competenza tra i giovani, è a livelli ancora bassi rispetto agli standard europei, in parte proprio a causa dei ritardi nella formazione degli insegnanti, nonché per le scarse dotazioni informatiche delle scuole e per alcuni investimenti in tecnologie che si sono rivelati poco produttivi nel favorire una effettiva crescita dell'utilizzo consapevole e diffuso del digitale a scuola¹²⁰.

¹¹⁷ Come è noto, le competenze citate nella raccomandazione sono le seguenti: (i) comunicazione nella madrelingua; (ii) comunicazione nelle lingue straniere; (iii) competenza matematica e competenze di base in scienza e tecnologia; (iv) competenza digitale; (v) imparare a imparare; (vi) competenze sociali e civiche; (vii) spirito di iniziativa e imprenditorialità; e (viii) consapevolezza ed espressione culturale.

¹¹⁸ Raccomandazione 2006/962/CE, 2006: http://www.amblav.it/Download/1_39420061230it00100018.pdf.

¹¹⁹ Foto scattata durante il percorso di Alternanza Scuola Lavoro 2017 "Modellazione e stampa 3D" realizzato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab presso l'I.S. "F. S. Nitti" di Portici. Il corso ha fornito agli studenti conoscenze e competenze sulla progettazione tramite software di modellazione 3D (Rhinoceros) e sulla stampa 3D.

¹²⁰ Avvisati, Hennessy, Kozma & Vincent-Lancrin, 2013: <http://ijet.itd.cnrit/article/view/895>.



Mediterranean FabLab @School: percorso didattico basato sulla creazione di una fiaba "digitale" ¹²¹

Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Col cuore e con la mente" realizzato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab presso l'IC "Francesco D'Assisi" di Pomigliano D'Arco nell'a.s. 2016/2017. Il percorso di "Scrittura creativa per il potenziamento linguistico" ha fornito agli studenti della scuola secondaria di primo grado le conoscenze e le competenze riguardanti la scrittura creativa e l'utilizzo persuasivo, strategico e consapevole di questa per i diversi mezzi di comunicazione (stampa, tv, pubblicità, video, radio, etc.).

La **cittadinanza digitale** riveste, invece, un ruolo centrale nei confronti delle competenze enunciate perché, essendo trasversale, può contribuire alla crescita delle altre skills creando sinergie importanti. Lo sviluppo dell'analisi critica, della capacità di relazionarsi, della creatività - competenze, queste, strettamente connesse allo sviluppo di una cittadinanza digitale, come si evince dalla Raccomandazione parlamentare - sono elementi assolutamente trasversali a tutti gli insegnamenti.

Occorre, quindi, costruire scenari formativi sin dalla scuola primaria, che mirino alla definizione di un curriculum verticale indirizzato al raggiungimento della competenza digitale, intesa non come attività aggiuntiva rispetto alla programmazione ordinaria, ma come strumento della programmazione stessa, a cui poter ricorrere tutte le volte che sia possibile e necessario.

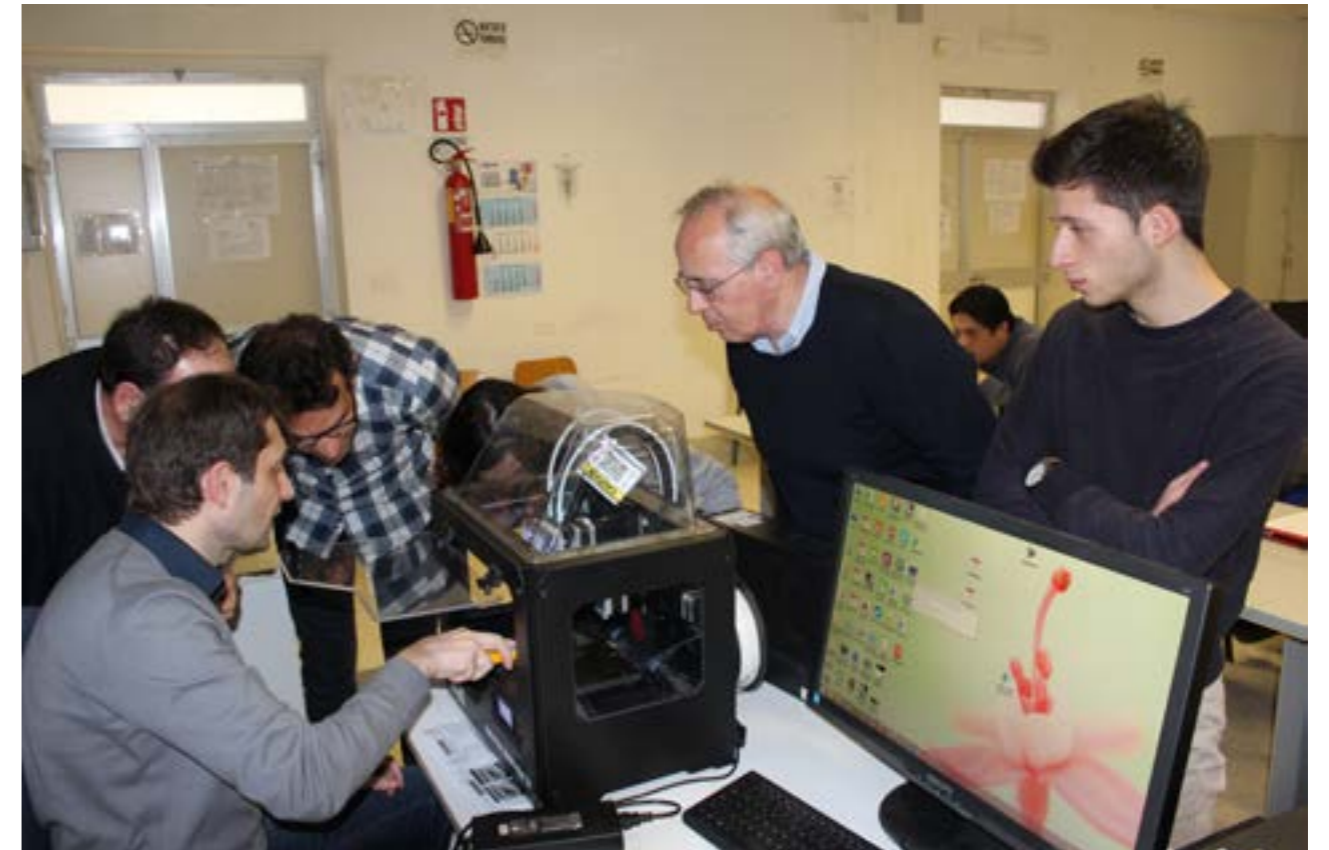
L'apprendimento del digitale si accompagna, pertanto, allo sviluppo di una serie di competenze trasversali che il docente dovrà valutare insieme alle competenze specifiche:

- l'impegno messo nell'attività di gruppo
- la creatività espressa (il processo creativo non è indifferente rispetto agli strumenti che si utilizzano)
- la capacità di ideazione e proposizione
- la collaborazione
- la capacità di progettazione e disegnare
- la capacità ad argomentare, dialogare e comunicare
- la capacità dialettica
- la leadership e/o capacità di esposizione pubblica

¹²² Foto scattata durante il progetto "Lo studente e le nuove tecnologie" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab nell'ambito del P.O.R. Puglia svolto nell'a.s. 2014/2015 presso l'ITC "A. Fraccacreta" di San Severo (FG). Il corso ha fornito agli studenti conoscenze e competenze sulla modellazione e stampa 3D, sulle nuove tecniche di fabbricazione digitale e sulla simulazione e comunicazione d'impresa.



Mediterranean FabLab @School: Momento di esposizione dei progetti alla classe, ai docenti e agli esperti esterni. ¹²²



Mediterranean FabLab @School: percorso di aggiornamento professionale di docenti, tecnici e professionisti ¹²³

3. Potenziare la professionalità del docente:

Per tenere un corso valido sulle nuove tecnologie digitali, un formatore deve conoscere e saper utilizzare gli strumenti e le metodologie di insegnamento offerte dalle tecnologie, operando un'opportuna selezione in base ai diversi scenari formativi.

Al fine di raggiungere gli obiettivi che si pone nella progettazione delle diverse unità di apprendimento, il docente ha la possibilità di scegliere, di volta in volta, gli approcci e gli strumenti più idonei, come ad esempio - per gli approcci - la lezione frontale, l'uscita didattica, la rappresentazione teatrale, la produzione di video o di e-book, il lavoro collaborativo di ricerca e - per gli strumenti - il libro, la LIM, la lavagna, il cartellone, etc. Tuttavia, oggi, l'insegnante oltre a tali opzioni ha l'opportunità di accedere anche ad attrezzature innovative come la stampante 3D, software di progettazione, schede elettroniche o a metodologie innovative come il Cooperative learning.

¹²³ Foto scattata durante il percorso di aggiornamento professionale di docenti, tecnici e professionisti realizzato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab presso l'I.I.S. "Della Corte-Vanvitelli" di Cava de' Tirreni. Il corso ha fornito ai docenti e ai tecnici di laboratorio le conoscenze base sull'utilizzo del programma di modellazione tridimensionale Rhinoceros 3D, sulla scansione 3D di un oggetto, sull'uso delle stampanti 3D, competenze indispensabili per affiancare i loro studenti in percorsi di progettazione tridimensionale e prototipazione rapida dei progetti, attraverso l'uso della stampante 3D.

Come allestire un FabLab a scuola



Mediterranean FabLab @School: esempio di corso di scansione 3D per docenti ¹²⁴

Si amplia, così, il ventaglio di scelta, da parte del docente, delle metodologie e strategie più efficaci rispetto a ciò che, in termini di conoscenze e di competenze, si è prefissato di far raggiungere ai suoi studenti.

Sono gli obiettivi, piuttosto che l'approccio - a guidare il docente nella scelta e nella progettazione del percorso didattico migliore, a seconda anche del contesto formativo in cui agisce.

La scelta del docente deve fondarsi sulla consapevolezza che è impossibile che un solo approccio - sia esso la lezione frontale tradizionale o quella laboratoriale mediante l'uso delle tecnologie innovative - possa consentire il raggiungimento di tutti gli obiettivi e possa essere soddisfacente per la complessità dei bisogni formativi degli studenti.

Un approccio attento e consapevole alle tecnologie rappresenta, pertanto, un'occasione fondamentale di aggiornamento delle competenze del personale docente e, al contempo, offre molteplici spunti per la messa in campo di una didattica dinamica e attiva.

¹²⁴ Foto scattata durante il percorso di Aggiornamento Docenti 2016 su "Modellazione 3D, scansione 3D e stampa 3D di oggetti", realizzato da Medaarch - Mediterranean FabLab presso l'I.I. S. Della Corte-Vanvitelli (Cava De' Tirreni).



Mediterranean FabLab @School: esempio di corso di stampa 3D a scuola ¹²⁵

¹²⁵ Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Giochiamo sul serio" realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab presso l'I.C. "Canonico Samuele Falco" di Scafati nell'a.s. 2016/2017. Il percorso laboratoriale, dal titolo "Stampa 3D per protesi biomedicali" ha introdotto i partecipanti alle nuove tecnologie di manifattura digitale applicate al campo medico e biomedicale

¹²⁶ <http://schoolkit.istruzione.it/schoolkit/progettare-un-atelier-creativo-nella-tua-scuola/#costi>

Allestire un FabLab, declinandone la struttura e i contenuti a seconda del contesto scolastico in cui opera, significa dare vita a uno spazio innovativo e modulare, in cui gli studenti abbiano l'opportunità di confrontarsi concretamente con due saperi diversi, artigianale e tecnologico, che nel FabLab trovano il loro naturale punto d'incontro.

Tutti gli scenari didattici costruiti in un'ottica di sviluppo di competenze trasversali, da quelli incentrati su robotica ed elettronica educativa, su *serious play* e *storytelling*, a quelli focalizzati su logica e pensiero computazionale, sulla creazione di artefatti manuali e digitali, troveranno la loro sede più adatta all'interno di un FabLab ¹²⁶.

Il FabLab a scuola: un lavoro in team

Il primo passo per la creazione e l'allestimento di un FabLab all'interno dell'Istituto è quello di definire un gruppo di lavoro, interno ed esterno alla scuola, che riunisca competenze e ruoli differenti. L'ideazione e la progettazione di un FabLab richiedono, infatti, innanzitutto il coinvolgimento di docenti, studenti e famiglie, oltre che l'impiego di specifiche professionalità (tecnologi, artigiani, architetti, etc.) presenti nel territorio.

La pratica di condivisione dei compiti e dei saperi, oltre ad essere una delle finalità precipue di un FabLab, risulta essere infatti la strategia più efficace per farlo funzionare al meglio all'interno di un sistema complesso e strutturato, qual è la scuola.



Esempio di laboratorio di fabbricazione digitale allestito a scuola¹²⁷

Di seguito un possibile esempio di definizione dei ruoli:

- **Il Dirigente Scolastico:** presiede alla progettazione, indicando risorse e limiti; coordina le azioni da intraprendere con gli organi collegiali; si rapporta con gli altri attori del territorio.

- **Il DSGA:** coordina il piano finanziario; si occupa degli acquisti e delle voci di costo in generale.

¹²⁷ Fonte immagine: https://images.wired.it/wp-content/uploads/2015/08/1438554195_Up-School-evidenza.jpeg

- **Il team interno di docenti:** coinvolge gli altri insegnanti dell'Istituto; monitora il raggiungimento degli obiettivi attesi; progetta insieme ai partner; coinvolge gli studenti; coordina l'elaborazione del progetto.

- **Gli esperti esterni:** indicano attrezzature e materiali da acquistare; curano la formazione al personale docente interno alla scuola al fine di introdurlo all'utilizzo delle tecnologie e degli strumenti presenti all'interno del fablab; svolgono attività di formazione agli studenti; formalizzano necessità distributive ed impiantistiche.

- **Gli studenti:** accedono ad attività laboratoriali, definite a seconda dell'età e delle competenze in ingresso, diventando protagonisti attivi nella formazione; organizzano attività di diffusione delle conoscenze apprese e dei progetti sviluppati; sperimentano direttamente la didattica dei contenuti appresi, attraverso un approccio *peer to peer*, mediante l'insegnamento ad altri studenti e/o ai loro stessi compagni di scuola.

L'apertura della scuola al territorio attraverso il FabLab

Allestire un FabLab a scuola offre all'Istituto opportunità concrete per aprirsi al territorio e creare occasioni di *co-working* e *co-learning*. Il FabLab della scuola, infatti, deve offrire la possibilità di accesso anche da parte di altri istituti, centri di formazione per adulti, associazioni di settore, comitati dei genitori e altre realtà del territorio.

La comunità di progetto può **rendere sostenibile** il FabLab nel tempo grazie all'interazione con altre realtà territoriali - come i co-working, gli incubatori, le università, i centri di ricerca, le associazioni, etc. -, per favorire la condivisione di risorse e competenze.

Al fine di **coinvolgere la comunità educativa** è possibile organizzare riunioni formali o informali, creare gruppi di lavoro online, sessioni di *brainstorming* o condivisione di documenti e progetti per diffondere, in modo celere e mirato, idee e soluzioni¹²⁸. L'Istituto può decidere di stabilire un calendario, in base al quale programmare i giorni e gli orari di apertura del FabLab al pubblico, oppure può scegliere di tenere sempre aperto il FabLab, con la presenza fissa di un tecnico che sia a disposizione dei fruitori, li supporti nelle attività e controlli il corretto funzionamento dei macchinari.

¹²⁸ <http://www.reggiochildren.it/attivita/atelier/>



Esempio di visita di un FabLab allestito in una scuola ¹²⁹

Gli obiettivi di un FabLab a scuola

Tante possono essere le esigenze che inducono una scuola ad aprire un FabLab. Queste, una volta che il laboratorio di fabbricazione digitale viene attivato, si traducono in obiettivi. Eccone alcuni:

- ampliare l'offerta formativa della scuola in termini di **innovazione e qualità pedagogica**;
- **coinvolgere tutti gli studenti**, anche quelli con maggiore disagio, nell'apprendimento;
- promuovere lo sviluppo di **attività formative e laboratoriali**, in piena integrazione con i programmi scolastici, riservando una particolare attenzione alla connessione con le discipline scientifiche (scienze, matematica, design, informatica, storia dell'arte, disegno tecnico);

¹²⁹ Fonte immagine: <http://www.innovation-gym.org/wp-content/uploads/2017/03/fablab-bambini-900x450.jpg>

- incentivare la conoscenza e l'utilizzo di strumenti software per la **programmazione**, la **modellazione 3D** e la simulazione, e di attrezzature hardware per la **prototipazione elettronica**;
- sviluppare **programmi di ricerca innovativi**, progettati per la fabbricazione digitale e per la prototipazione elettronica;
- favorire l'**utilizzo di tecnologie** e materiali per lo sviluppo di prototipi di progetto;
- adottare una **didattica attiva e laboratoriale**, incentrata sulla scoperta, seguendo il modello per "prove ed errori";
- **coinvolgere** il maggior numero di classi/studenti;
- incoraggiare la creatività, la manualità, il gioco, l'**uso critico e consapevole** dei media e il pensiero progettuale, usando anche le tecnologie;
- creare un riferimento per coltivare un **incubatore di idee** dove gli studenti mettono in pratica i contenuti appresi, sperimentando nuovi progetti;
- **accedere a un laboratorio** in cui usare poter materiali e strumenti tradizionali e d'avanguardia.

¹³⁰ Foto scattata durante il progetto "Lo studente e le nuove tecnologie" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab nell'ambito del P.O.R. Puglia svolto nell'a.s. 2014/2015 presso l'ITC "A. Fraccacreta" di San Severo (FG). Il corso ha fornito agli studenti conoscenze e competenze sulla modellazione e stampa 3D, sulle nuove tecniche di fabbricazione digitale e sulla simulazione e comunicazione d'impresa.



Mediterranean FabLab @School: osservando una stampante 3D in funzione¹³⁰

Le metodologie

Il FabLab nasce come luogo in cui si diffonde “democraticamente” il sapere, aprendo l'accesso a tutti e favorendo lo scambio continuo di contenuti e idee: un FabLab deve essere concepito come una sorta di “biblioteca” in cui tutti sono pronti a operare prestiti di libri, nonché a creare gruppi di ricerca¹³¹.

Le metodologie di lavoro adottabili all'interno di un FabLab da allestire a scuola devono pertanto essere improntate sull'adozione di un **approccio didattico informale** e sull'affiancamento di una **didattica attiva e laboratoriale** accanto a quella classica di tipo frontale.

In tale contesto risulta fondamentale il **lavoro di gruppo**, mediante il quale gli studenti hanno l'opportunità di sviluppare progetti di valore lavorando in sinergia con i propri compagni e con gli insegnanti, imparando così a gestire conflittualità o situazioni problematiche e a far emergere le proprie idee all'interno di un gruppo di lavoro.

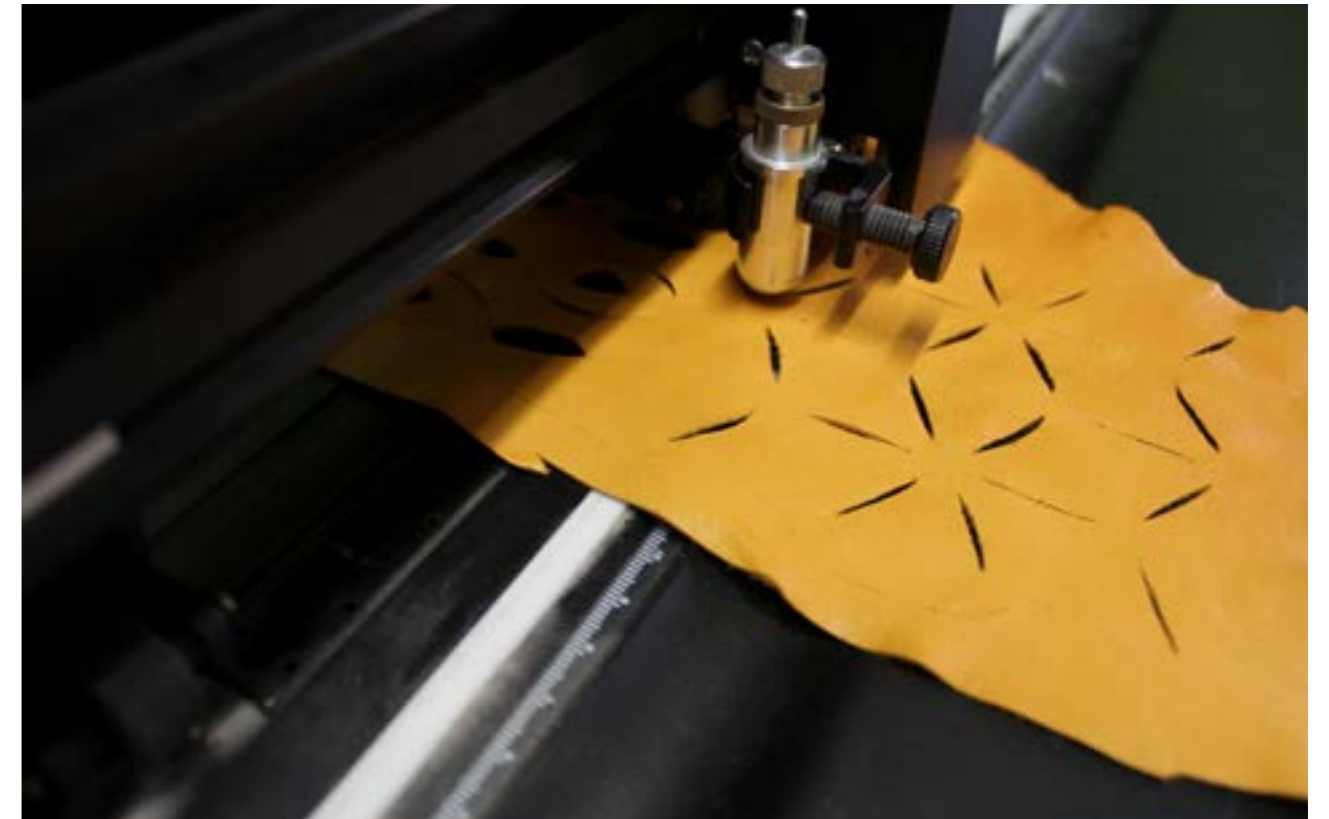
Fondamentale, inoltre, risulta la metodologia del **learning by doing**, che offre l'opportunità agli studenti di sedimentare le conoscenze apprese attraverso la sperimentazione pratica.

¹³¹Per un approfondimento del concetto rimandiamo all'articolo “I fablab come le biblioteche (e altre possibili metriche per valutarli)”: <http://www.makeinitaly.foundation/quali-metriche-per-fablab/>.

¹³² Foto scattata durante il seminario sulla biomedica digitale realizzato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab presso l'I.I. “A. Balzico” di Cava de' Tirreni nell'a.s. 2015/2016. Il percorso laboratoriale, ha introdotto i partecipanti alle nuove tecnologie di manifattura digitale applicate al campo medico e biomedicale.



Mediterranean FabLab @School: presentazione dei risultati¹³²



Esempio di taglio su pelle tramite vinyl cutter¹³³

FabLab a scuola: come organizzarlo?

Un FabLab deve costituire uno spazio di lavoro flessibile, fluido, adattabile ad esigenze ed attività diverse tra loro e durevole nel tempo.

E allora, vediamo in concreto le attrezzature da scegliere per l'allestimento di un FabLab a scuola:

- **postazioni flessibili**, ovvero setting variabili, ottenuti mediante isole di lavoro;
- **schermi e connessioni**, che siano fruibili in modo simultaneo;
- **ambienti di lavoro separabili**, creati attraverso l'utilizzo di arredi mobili e dispositivi individuali o collettivi su carrello.

¹³³ Foto scattata durante una lavorazione al Mediterranean FabLab.

Nello specifico, un fablab standard, studiato e realizzato per degli studenti dovrebbe possedere:

1. Arredi e strumentazione generica:

- Dispositivi di fruizione individuale fissi o portatili;
- Dispositivi di fruizione collettiva;
- Dispositivi accessori (di input/output e programmabili);
- Arredi mobili e modulari;
- Rete locale e connettività ad Internet.

2. Area tecnologica:

- Stampante 3D e filamenti di stampa;
- Lasercut;
- Vinyl plotter;
- Microcontroller;
- Scanner 3D;
- Kit per la robotica e il coding;
- Termoformatrici;
- Scanner 3D;
- Droni;
- Dispositivi ed accessori programmabili (suite di software didattici, kit di risorse online per la didattica, etc.).

Nello specifico, è possibile identificare alcune attrezzature in relazione alle 3 maggiori aree della conoscenza:

Area scientifica:

- kit sensori modulari;
- calcolatrici con sensori;
- kit di analisi per energie alternative.

Area umanistica:

- kit linguistici e di storytelling;
- strumenti musicali digitali;
- sistema di amplificazione A/V;
- dispositivi e periferiche A/V digitali;
- tavoli da lavoro multifunzione;
- hardware e software per la multimedialità.



Dettaglio di fresa a tre assi ¹³⁴

¹³⁴ Foto scattata durante l'evento Open Lab, organizzato da Medaarch - Mediterranean FabLab insieme al comune di Cava de' Tirreni il 03/06/2016. In tale occasione sono state presentate al pubblico – professionisti, insegnanti, appassionati, curiosi – le nuove tecnologie digitali e le opportunità che esse offrono al territorio tutto, dagli artigiani alle pmi, dalle scuole agli artisti, dalle università ai privati.

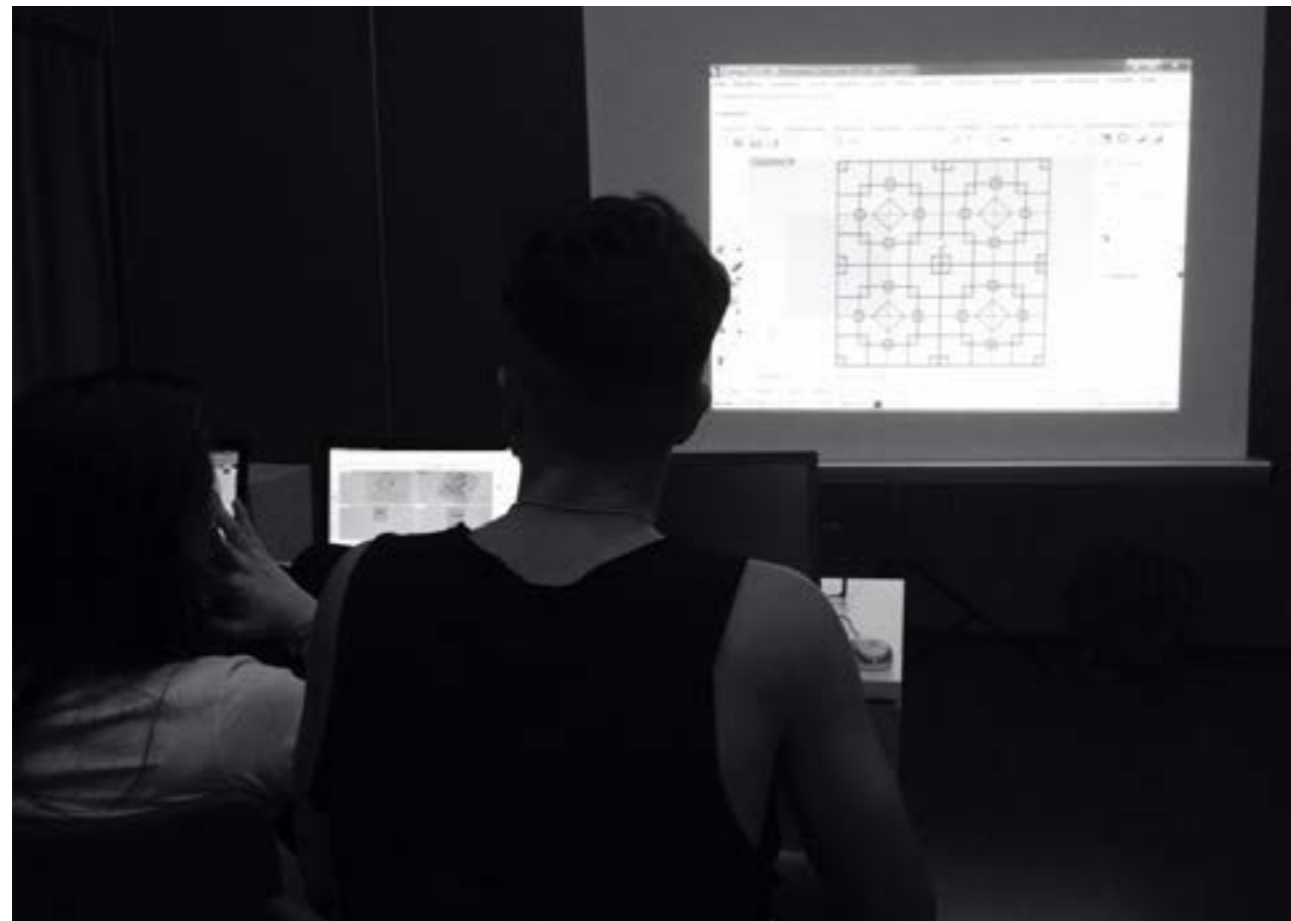
Come organizzare un corso per studenti

L'adozione di percorsi didattici incentrati sull'utilizzo delle nuove tecnologie può essere programmata in stretta connessione con il potenziamento delle competenze di base degli studenti, quali la capacità di lettura, di scrittura, di calcolo, come pure le conoscenze in campo linguistico, scientifico e tecnologico.

Mediante tali percorsi, infatti, è possibile sviluppare progetti in grado di arricchire l'attività didattica ordinaria, tenendosi in stretta sinergia con la stessa.

La scelta dei contenuti, delle metodologie e degli strumenti da adottare dovrebbe pertanto avvenire in base agli obiettivi che si intendono raggiungere. Per fare un esempio pratico, un possibile corso volto a potenziare le competenze pregresse in ambito matematico potrebbe essere incentrato sullo studio di figure geometriche, utilizzando un software di modellazione 3D e la stampante 3D. Mediante l'adozione di un simile percorso didattico, infatti, lo studente avrebbe la possibilità di misurare concretamente le potenzialità pratiche della geometria applicata, grazie all'uso delle nuove tecnologie digitali.

¹³⁵ Foto scattata durante il corso "Il Tangram attraverso la stampa 3D" realizzato dalla Medaarch e tenuto al Mediterranean FabLab. Il percorso, dedicato al potenziamento delle competenze di base della matematica, si è concentrato sull'insegnamento della Matematica e della Geometria legato alla programmazione e al digitale, attraverso attività l'uso del software di modellazione 3D Rhinoceros e della stampa 3D.



Mediterranean FabLab @School: corso di stampa 3D per la matematica¹³⁵

Modalità di svolgimento delle attività di formazione

Mediamente, un corso sulle nuove tecnologie richiede di strutturare una classe/gruppo di lavoro di **non più di 15 persone**. Nel caso in cui il numero di studenti vada **da un minimo di 16 ad un massimo di 25 persone**, si ritiene necessaria la presenza di un co-docente.

I corsi si articolano in esercitazioni comuni e singole per ogni argomento teorico affrontato. Durante le esercitazioni comuni, il docente illustra le metodologie di lavoro che verranno seguite in contemporanea dai partecipanti sul proprio pc.

Le esercitazioni individuali, invece, sono svolte solo dai partecipanti e sotto la supervisione del docente, con lo scopo di verificare quanto si è appreso durante il corso.

¹³⁶ Foto scattata durante il progetto "wearable technologies" sviluppato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab nell'ambito del percorso di Alternanza scuola-lavoro svolto nell'a.s. 2015/2016 presso l'IIS "F. Degni" di Torre del Greco.



Mediterranean FabLab @School: esempio di un possibile corso di didattica digitale¹³⁶

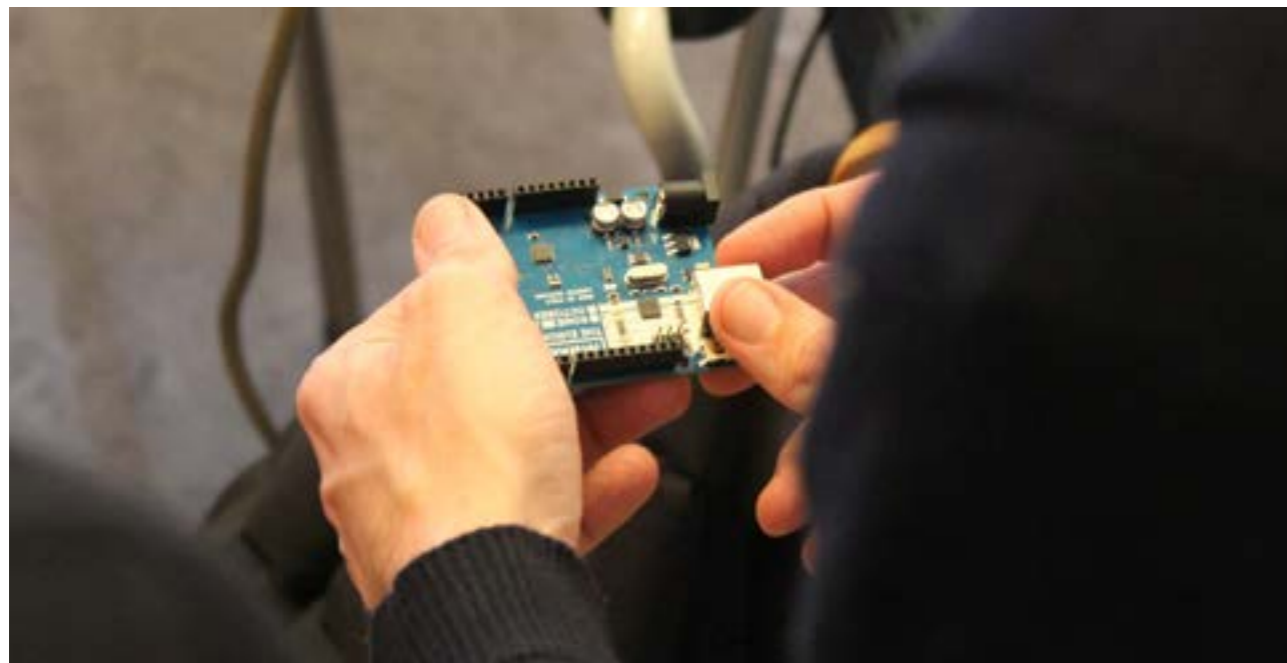
La didattica digitale: materiali e attrezzature

Un corso per studenti sull'utilizzo delle nuove tecnologie richiede l'impiego di un laboratorio multimediale dotato di postazioni pc e, per le restanti ore, di spazi specifici dotati di strumenti e attrezzature adeguate alle attività di formazione trattate. Ecco, di seguito, una possibile lista di materiali e attrezzature di cui dotarsi per l'avvio di un percorso formativo sulle nuove tecnologie di fabbricazione digitale.

Per il laboratorio multimediale:

- postazione per pc docente;
- postazioni per pc studenti (Ogni discente deve avere a disposizione un pc con i programmi di progettazione installati (CAD, Rhinoceros, 123 design, etc.);
- video-proiettore e schermo;
- connessione internet;
- microfono e casse;
- tavolo di lavoro;
- tavoli di co-working;
- prese di corrente multiple;
- punti luce per l'illuminazione dei vari tavoli di lavoro;
- macchinari e attrezzature per la fabbricazione digitale e la prototipazione elettronica.

¹³⁷ Foto scattata durante una lavorazione al Mediterranean FabLab.



Esempio di scheda Arduino¹³⁷



Stampa 3D di oggetti d'arte ¹³⁸

La scelta dell'attrezzatura specifica varia, a seconda del tipo di corso sviluppato: alcuni corsi, infatti, possono prevedere l'uso di macchine per la prototipazione rapida (stampanti 3D) o per la prototipazione elettronica (Arduino), altri invece l'utilizzo di kit per la robotica educativa, e così via.

¹³⁸ Foto scattata durante una lavorazione al Mediterranean FabLab.

La didattica digitale: monitoraggio e valutazione dei risultati

La ricezione dei contenuti del corso verrà monitorata attraverso la somministrazione di:

- Test d'ingresso a risposta multipla e a risposta aperta, in forma cartacea o online, volto a valutare le competenze pregresse degli studenti;
- Test in itinere a risposta multipla e a risposta aperta, in forma cartacea o online, al fine di monitorare la ricezione dei contenuti proposti;
- Test finale a risposta multipla e a risposta aperta, in forma cartacea o online;
- Una scheda di valutazione, che permetta di capire, attraverso i feedback ricevuti dai partecipanti, in che modo indirizzare la didattica digitale e cosa migliorare, cambiare o aggiungere rispetto alla programmazione dei corsi e dei laboratori.

In tale fase, la valutazione dei risultati viene fatta anche durante la presentazione dei progetti sviluppati dagli studenti, ai docenti e ai compagni di scuola. Il momento dell'esposizione finale da parte dei discenti, è quanto mai rilevante in quanto aiuta promuovere l'autovalutazione del singolo studente e l'acquisizione di una maggiore consapevolezza delle competenze acquisite. Tale attività serve, inoltre, a promuovere lo sviluppo dello spirito d'impresa e la giusta dose di competitività tra i singoli studenti e tra i vari gruppi di lavoro.



Mediterranean FabLab @School: presentazione delle attività didattiche¹³⁹

¹³⁹ Foto scattata durante l'evento finale di presentazione del progetto Scuola Viva "Col cuore e con la mente" realizzato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab presso l'IC "Francesco D'Assisi" di Pomigliano D'Arco nell'a.s. 2016/2017.

Quali software per la didattica digitale?

Un FabLab viene solitamente implementato come estensione dell'aula di informatica. Oggi è possibile accedere a strumenti didattici gratuiti o scaricabili in versione di prova per un determinato periodo (le cosiddette versioni *evaluation*), oppure acquistabili nella versione per studenti.

Spesso tali software sono realizzati da realtà importanti come il M.I.T. di Boston o l'organizzazione no-profit *Code.org* e da aziende leader nei sistemi CAD-CAM come *Autodesk*, costituisce un'occasione fondamentale per gli studenti per sviluppare la propria creatività, coniugando lo sviluppo di abilità pratiche con l'incremento delle competenze relative all'utilizzo del computer come strumento di ideazione e progettazione.

¹⁴¹ In ingegneria, l'espressione CAD/CAM si riferisce all'impiego congiunto e integrato di sistemi software per la progettazione assistita da computer (Computer-Aided Design, CAD) e fabbricazione assistita dal computer (Computer-Aided Manufacturing, CAM).

Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Skol'è Attiv@mente" realizzato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab presso l'I.I.S. "Mons. Bartolomeo Mangino" di Pagani nell'a.s. 2016/2017. Il corso, dal titolo "La progettazione CAD 2D" ha fornito agli studenti le nozioni teoriche e pratiche per l'impiego del software Autocad finalizzato alla realizzazione di disegni bidimensionali attinenti a diversi ambiti (grafica e comunicazione, design, architettura, mapping e gestioni cartografiche).



Mediterranean FabLab @School: corso di progettazione ¹⁴¹

stiche e alla fascia di età dei possibili fruitori, che consentono agli studenti di sviluppare progetti. Si tratta di ottimi strumenti didattici per l'apprendimento delle nozioni di programmazione informatica, per il disegno bidimensionale e la modellazione tridimensionale di oggetti.

Disegni, decorazioni e modellini tridimensionali sviluppati mediante l'utilizzo di software di modellazione 2D e 3D, possono essere facilmente e rapidamente tradotti in oggetti reali utilizzando le macchine di fabbricazione digitale. Inoltre, attraverso l'impiego di schede Arduino o kit didattici per la prototipazione elettronica come i *Little Bits*, è possibile introdurre gli studenti alla realizzazione di sistemi automatici che reagiscono alle variazioni dell'ambiente attraverso sensori e attuatori come luci, beeper o piccoli motori, dotando i manufatti di interattività elettronica.

¹⁴² Foto scattata durante il laboratorio dimostrativo sulla stampa 3D organizzato da Medaarch - Mediterranean FabLab insieme al comune di Cava de' Tirreni il 03/06/2016, in occasione dell'evento Open Lab, una giornata dedicata a laboratori aperti sulle nuove tecnologie digitali (a tal proposito si veda anche la nota 59).



Mediterranean FabLab @School: esempio dimostrativo del funzionamento di una stampante 3D¹⁴²

Strumenti didattici per la scuola primaria: qualche esempio

Programmi di modellazione 3D

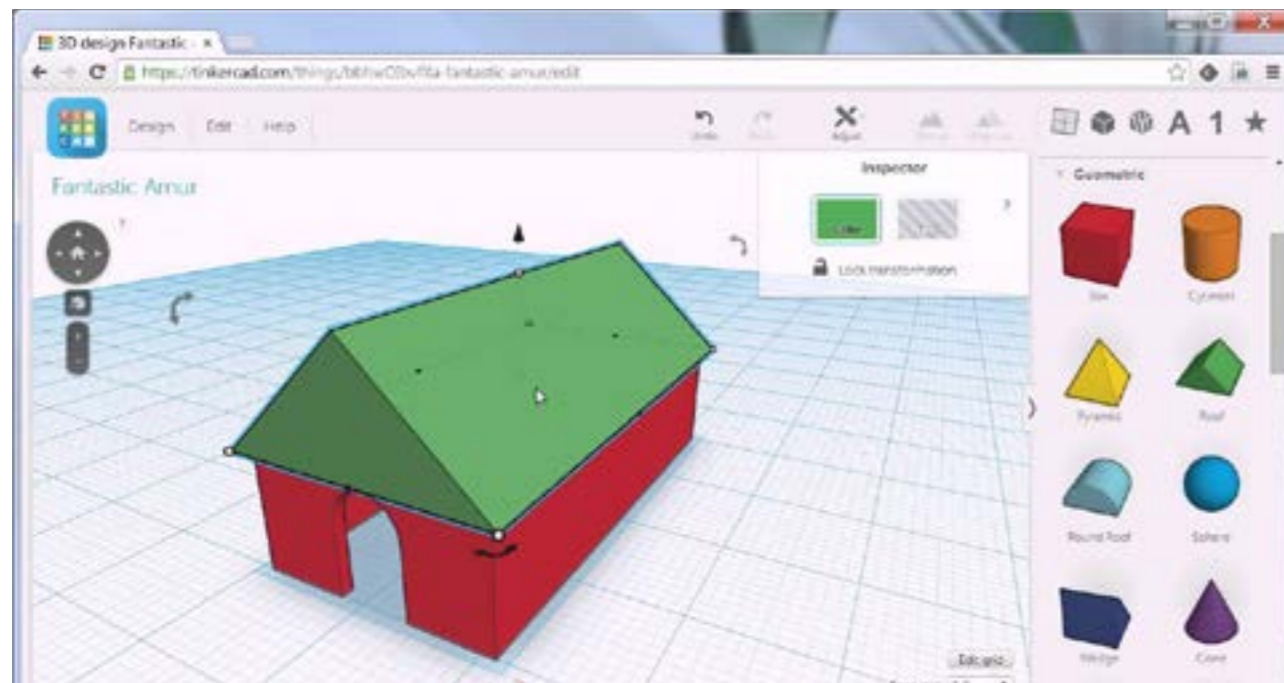
• Tinkercad:

Tinkercad è un programma online di progettazione e stampa 3D che si caratterizza per la grande semplicità d'uso e, allo stesso tempo, per la possibilità di creare modelli anche dotati di una certa complessità, motivo per cui si presta bene ad essere utilizzato sia da alunni della scuola primaria che da studenti più grandi. L'immediato successo che questo programma ha avuto tra gli utenti, ha suscitato l'interesse di Autodesk, che ne ha acquistato tutti i diritti nel 2014, implementandolo con nuove funzionalità. Il fatto che questo programma sia fruibile e fruscusivamente online porta con sé dei vantaggi e svantaggi. L'applicazione, infatti, basandosi sul cloud, consente all'utente di accedere ai propri modelli da ogni parte del mondo, non necessita di alcuna installazione ma solo di un browser che supporti WebGL, come le versioni più recenti di Chrome o Firefox, e possiede un motore di calcolo molto più potente e veloce di una comune macchina di calcolo.

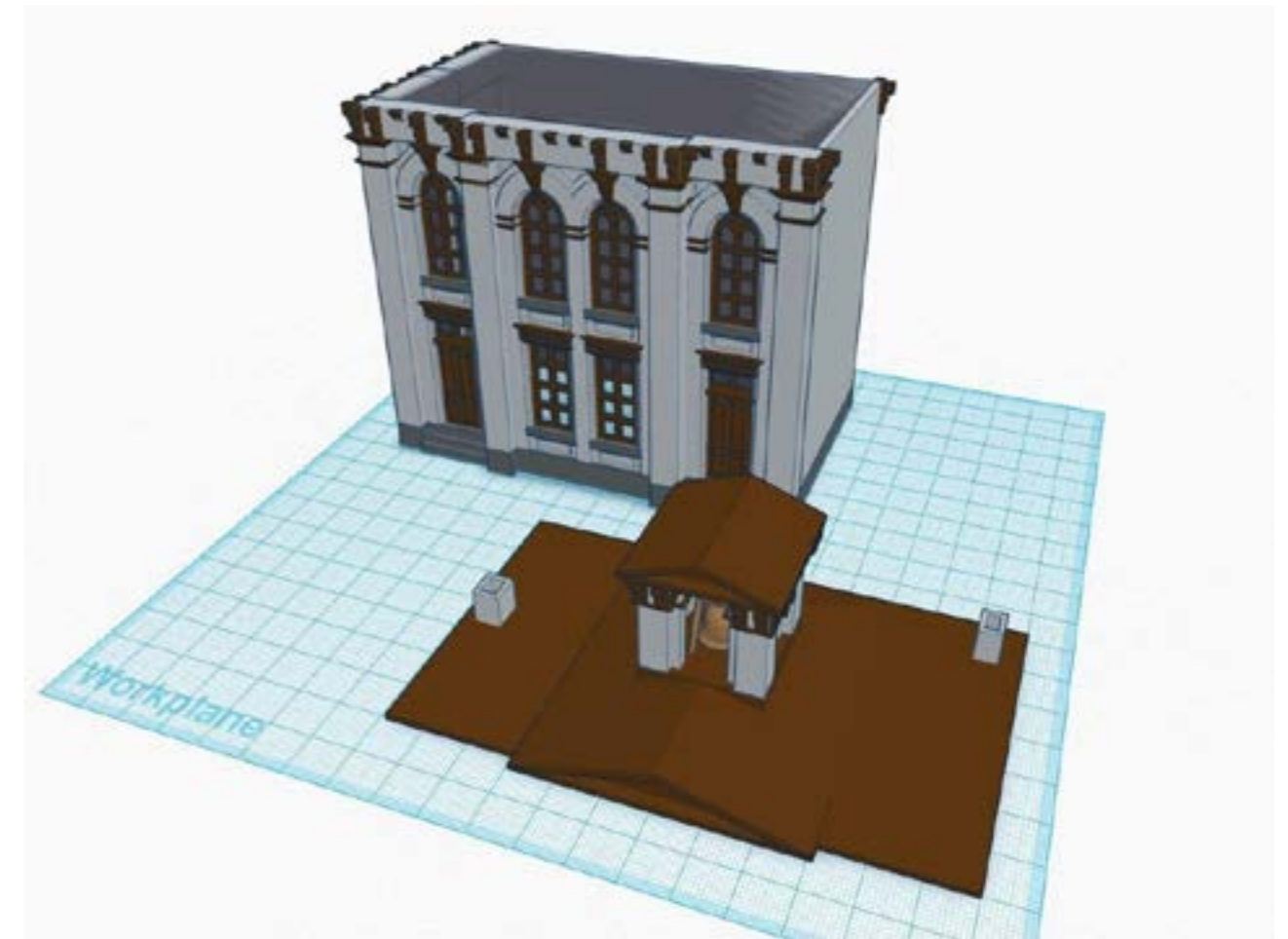
Di contro, lo svantaggio più rilevante è che non può essere utilizzato in assenza di connessione¹⁴³.

¹⁴³ A. Maietta, Stampa 3D. Guida completa, LSWR, Milano 2014.

¹⁴⁴ Fonte immagine: <https://iyimg.com/vi/u-Ky9MxVhCg/maxresdefault.jpg>



Schermata esempio di Tinkercad ¹⁴⁴



Progettazione della Stazione Ferroviaria Lincoln di Gettysburg (Pennsylvania) mediante l'utilizzo di Tinkercad ¹⁴⁶

Tinkercad offre, inoltre, l'opportunità di organizzare i modelli in un progetto condiviso all'interno di un gruppo di lavoro in cui è possibile assegnare un nome e una descrizione al progetto, e decidere il livello di accesso consentito ai vari componenti del team.

Questa funzionalità consente al docente di organizzare la classe in gruppi di lavoro, favorendo in questo modo non solo il *collaborative learning*, ma anche lo scambio di idee e suggerimenti tra i diversi gruppi.

Tinkercad viene utilizzato da attori eterogenei - dai progettisti agli insegnanti, dai bambini ai ragazzi - per creare giocattoli, prototipi, arredamenti d'interni, modelli *Minecraft*, gioielli, etc., con possibilità davvero illimitate¹⁴⁵.

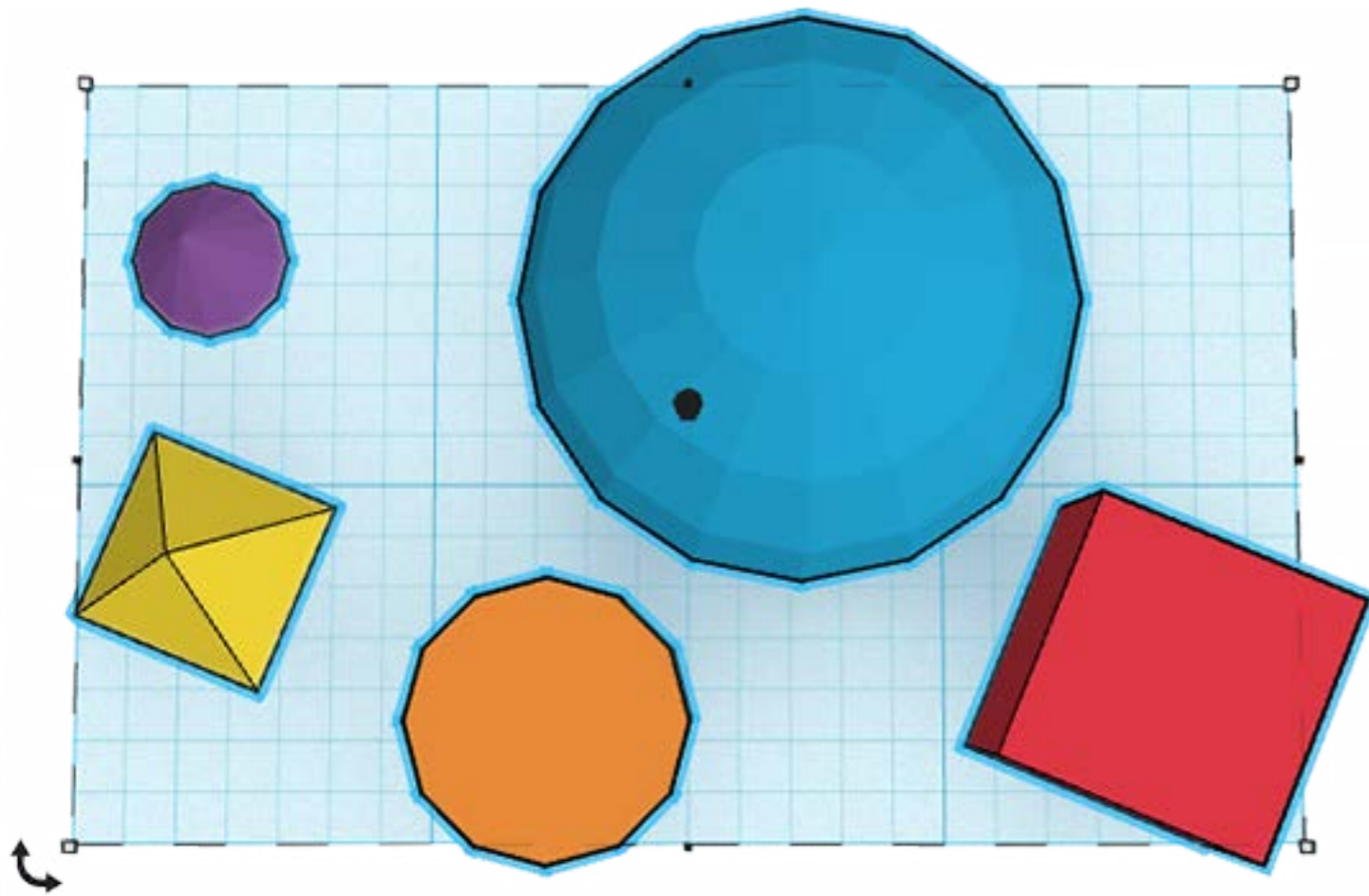
¹⁴⁵ <https://www.tinkercad.com/>

¹⁴⁶ Fonte immagine: <https://all3dp.com/app/uploads/2017/05/26-Train-station.jpg>

Tre sono le azioni principali legate a questo strumento di programmazione:

1. Forme:

Le forme sono blocchi di costruzione che consentono di aggiungere o rimuovere materiale. Tinkercad offre l'opportunità di importare forme proprie o lavorare con quelle esistenti. Nella sezione Geometric, ad esempio, è possibile accedere a una serie di forme base che consentono al bambino di accostarsi in maniera semplice e ludica alla geometria solida.

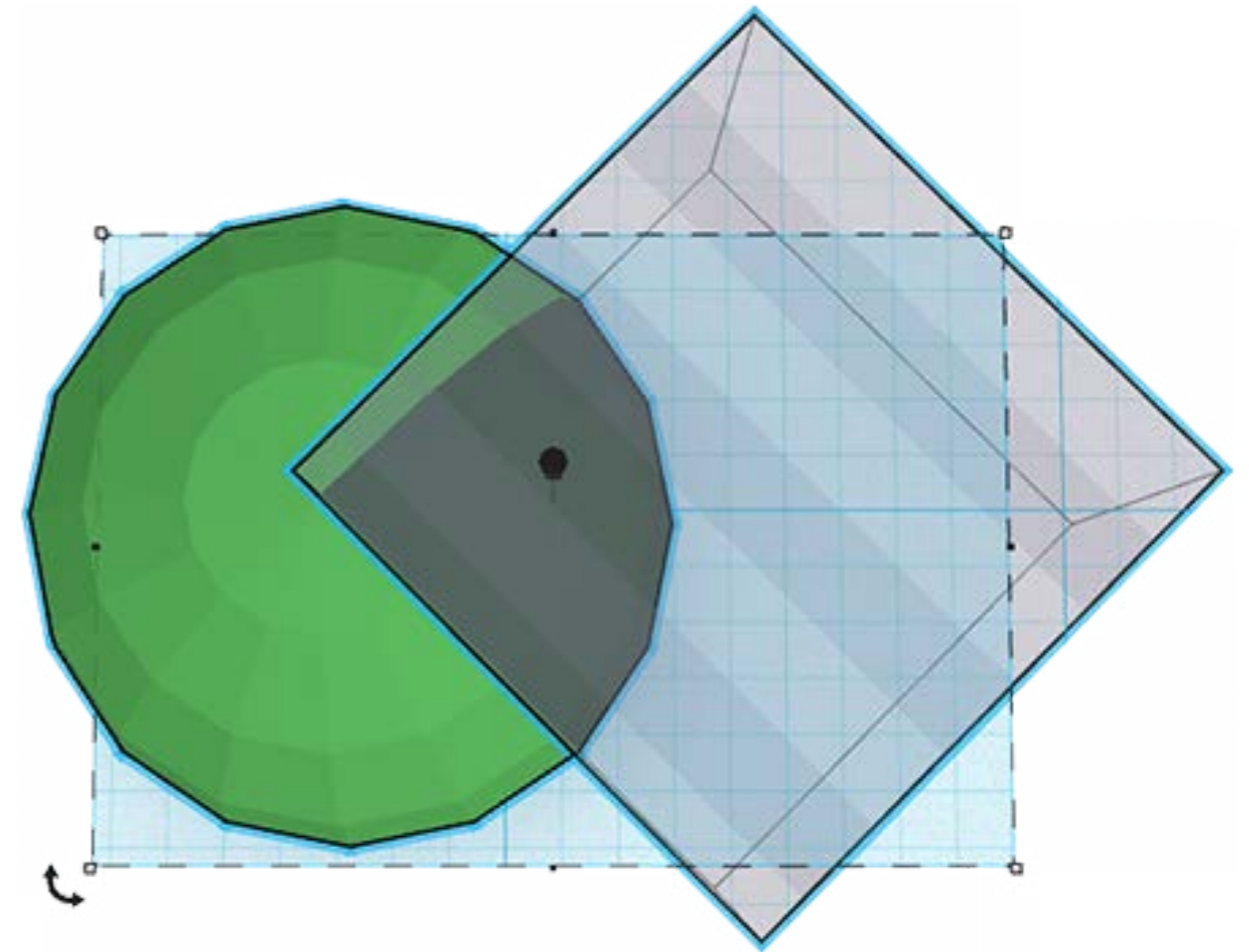


Esempio di Forme in Tinkercad ¹⁴⁷

¹⁴⁷ Fonte immagine: <https://www.tinkercad.com/img/redesign/tinkercad-browser-based-3d-design-app-shapes.png>

2. Raggruppamento:

Le forme possono essere liberamente spostate, ruotate o modificate liberamente nello spazio, utilizzando strumenti come il righello per immettere le dimensioni precise. Le forme possono inoltre essere raggruppate, per creare modelli con il livello di dettaglio desiderato.

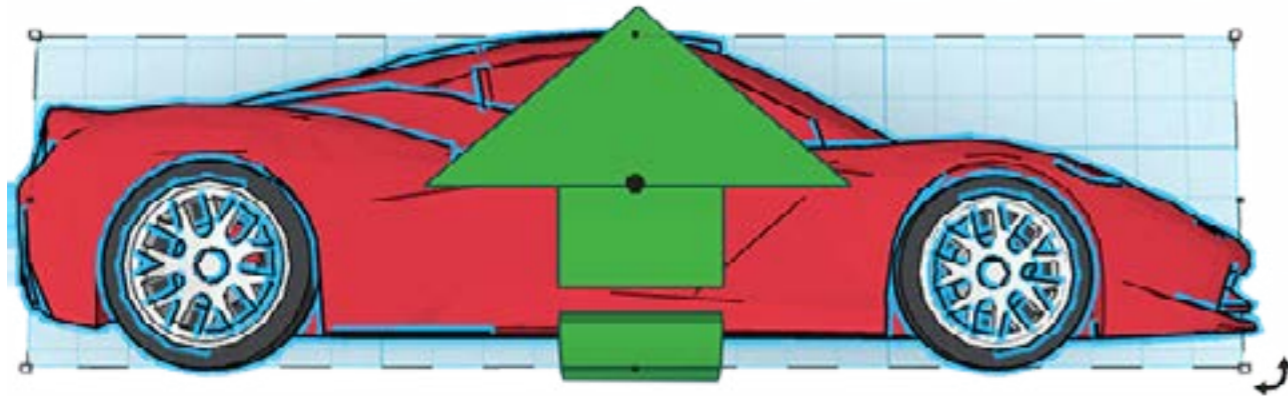


Esempio di Raggruppamento in Tinkercad ¹⁴⁸

¹⁴⁸ Fonte immagine: <https://www.tinkercad.com/img/redesign/tinkercad-browser-based-3d-design-app-grouping.png>

3. Importazione 2D/3D:

È possibile importare le forme realizzate ed effettuare l'estrusione in modelli 3D. Inoltre, è possibile importare file 3D esterni, che diventano forme Tinkercad modificabili. Tinkercad supporta tutte le stampanti 3D che accettano i formati di file STL standard.



Esempio di Importazione 3D in Tinkercad¹⁴⁹

4. 123D Design:

Tra le applicazioni più adatte per la didattica a studenti della scuola primaria vi è senz'altro 123D Design, un software CAD molto semplice e intuitivo da utilizzare, che consente l'applicazione in molteplici attività, ludiche e non.

123D Design può essere utilizzato sia online, che offline, nonché come app per iPad e iPhone. Rappresenta pertanto un'ottima alternativa a Tinkercad, in contesti in cui la connessione internet sia scarsa o addirittura assente.

¹⁴⁹ Fonte immagine: <https://www.tinkercad.com/img/redesign/tinkercad-browser-based-3d-design-app-import.png>



Mediterranean FabLab @School: corso di Stampa 3D di protesi biomedicali con 123D Design¹⁵⁰

Anche in questo caso, come avviene per Tinkercad, il bambino ha la possibilità di accedere all'utilizzo di forme geometriche solide già esistenti (cubi, cilindri, sfere, etc.), che possono essere liberamente spostate nello spazio e combinate tra loro per dar forma a un oggetto concreto. Oltre alle consuete operazioni di modifica (cambio delle dimensioni, rotazioni, etc.), 123D Design possiede anche funzioni più avanzate rispetto a Tinkercad, come la possibilità di tagliare i bordi o arrotondare gli spigoli (funzioni, queste, che possono anche essere eseguite con Tinkercad, ma senza l'utilizzo di pulsanti specifici, richiedendo così un maggiore tempo di realizzazione e una migliore precisione nel risultato finale)¹⁵¹.

¹⁵⁰ Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Giochiamo sul serio" realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab presso l'I.C. "Canonico Samuele Falco" di Scafati nell'a.s. 2016/2017. Il percorso laboratoriale, dal titolo "Stampa 3D per protesi biomedicali" ha introdotto i partecipanti alle nuove tecnologie di manifattura digitale applicate al campo medico e biomedicale.

¹⁵¹ A. Maietta, Stampa 3D. Guida completa, LSWR, Milano 2014.

Software di programmazione visuale: le possibili applicazioni

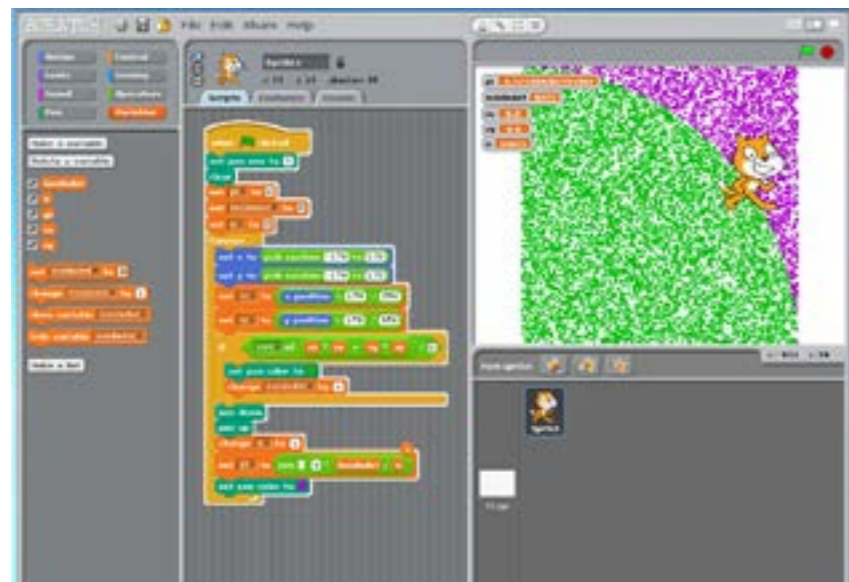
• Scratch:

Scratch è un ambiente di programmazione a blocchi per il coding e la robotica educativa che consente di realizzare giochi e storie interattive, ma anche giochi e animazioni, in modo intuitivo. Il personaggio principale, un simpatico gattino che "graffia" (di qui il nome del software), può essere programmato per cantare, ballare, può essere personalizzato nell'aspetto. Le creazioni possono, qualora lo si desidera, essere condivise con gli altri membri della comunità.

Scratch mostra agli allievi come funziona la scrittura del codice sorgente di un programma, attraverso ambienti di programmazione visuale. Rappresenta lo strumento leader nella programmazione a blocchi, in quanto permette di programmare mediante incastrici sintattici di blocchi colorati che rappresentano visivamente le diverse righe di codice.

Il punto di forza del coding va oltre lo sviluppo del pensiero computazionale. Scratch, ad esempio, grazie al fatto che rappresenta visivamente il coding, permette di vedere i rapporti razionali tra causa ed effetto per categorie. Ciò sviluppa il senso logico e organizzativo, oltre che spaziale.

La rappresentazione visiva dei processi che sono dietro i ragionamenti è una semplificazione utile a determinare consapevolezza e facoltà gestionale degli stessi; due competenze preliminari non solo ad attività informatiche, ma anche alle azioni comunicative.



Esempio di programmazione a blocchi tramite il software Scratch¹⁵²

¹⁵² Fonte immagine: <https://iytimg.com/vi/9ztpNFF4fcl/maxresdefault.jpg>

La programmazione di un'animazione può supportare le capacità narrative dei discenti, e viceversa: Scratch può essere utilizzato per dare vita alle storie inventate dai bambini.

Le attività vanno dall'ideazione del personaggio alla scelta dell'ambiente, per poi passare alla sequenza delle azioni. Il supporto della trama, quindi, fornisce anche obiettivi di programmazione calati in un progetto preciso. Ciò è possibile grazie ai blocchi di comando che vengono organizzati in modo tale da corrispondere all'impianto narrativo.

L'esecuzione delle animazioni ha una complessità proporzionata al livello di abilità e maturità dell'allievo. I laboratori di coding e storytelling dimostrano di essere occasioni ideali per allenare la concentrazione, favorire lo scambio e la cooperazione permettendo, il controllo della frustrazione e la risoluzione di problemi ogni volta che l'allievo si trova di fronte ad ostacoli di programmazione troppo grandi da superare da solo.

Scratch si può utilizzare sia per il coding che per la robotica educativa, la quale usa i robot per facilitare, nei bambini e nei ragazzi, l'apprendimento di una serie di nozioni in maniera intuitiva e piacevole.

Tale programma, inoltre, contiene anche numerose guide e tutorial online che possono supportare il docente, che può richiedere un Account Docente con cui creare, a sua volta, account per gruppi di studenti e gestire i progetti e i commenti dei propri studenti¹⁵³.



¹⁵³ <https://scratch.mit.edu/>

¹⁵⁴ Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Move up in Bacoli: sapere, saper essere, saper fare in Bacoli" realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab presso l'I.C. "Paolo di Tarso" di Bacoli nell'a.s. 2016/2017 (si veda a tal proposito anche la nota 57).

Mediterranean FabLab @School: corso di coding con Scratch¹⁵⁴

• **Scratch junior:**

Scratch Junior è un'app per il coding adatta ai bambini dai 5 agli 8 anni, che si può scaricare e installare gratuitamente su tablet Android e Ipad. Scratch Jr permette ai piccoli di imparare ad interagire con la realtà virtuale, e insegna ad esprimere se stessi usando il computer. Unendo insieme dei blocchi programmabili i bambini possono far muovere, saltare, ballare e cantare dei personaggi; possono modificare i personaggi usando l'editor di immagini; possono aggiungere loro delle voci, dei suoni o persino immagini di loro stessi.



Schermata esemplificativa del programma Scratch junior¹⁵⁵

Mediante tali attività i bambini imparano a risolvere problemi e a progettare, utilizzando la capacità di organizzare in sequenza, tutte competenze fondamentali per l'apprendimento. Inoltre, usare la matematica e il linguaggio in un contesto significativo e motivante, consente ai bambini di potenziare le proprie competenze di base mediante attività ludiche e stimolanti.

¹⁵⁵ <https://www.scratchjr.org/>

¹⁵⁶ Fonte immagine: <https://i.ytimg.com/vi/7gx7rGj-xgk/maxresdefault.jpg>



Esempio di robot programmabile tramite Blockly: Dash robot¹⁵⁸

• **Blockly:**

Blockly è un'estensione di Google che nasce con l'intento di insegnare a programmare senza la necessità di conoscere il codice informatico. Ogni volta che si utilizza un blocchetto, Blockly genera automaticamente il codice corrispondente che farà muovere il personaggio sullo schermo secondo le istruzioni impartite: andare dritto, girare a destra o a sinistra, comportarsi in un certo modo al verificarsi di una determinata condizione¹⁵⁷.

Ideali per la robotica educativa nella scuola primaria sono **Dash and Dot** i robot che possono essere utilizzati singolarmente o in coppia. Ma cosa sono capaci di fare?

Dash robot è un robot programmabile dotato di ruote e sensori di distanza che gli consentono di muoversi in tutte le direzioni – anche all'indietro – evitando gli ostacoli. Alto 16 centimetri, risponde ai comandi vocali, balla, canta, registra suoni e spara palline con una catapulta.

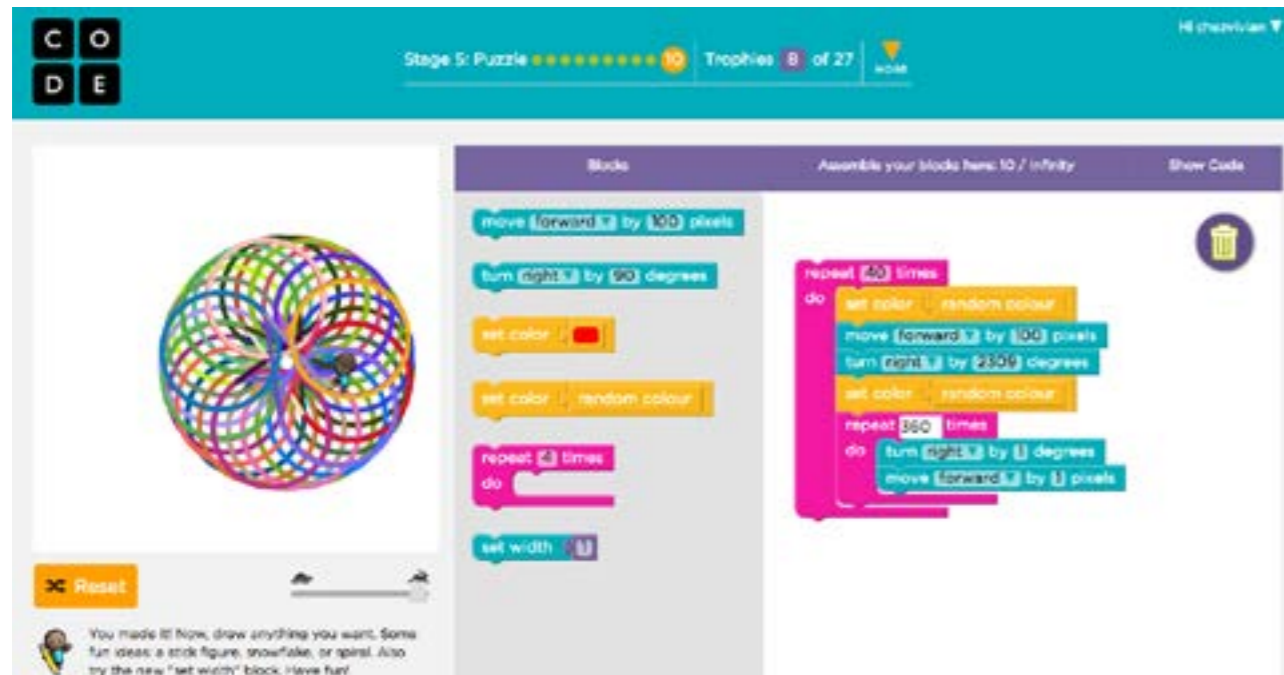
Dot robot è alto invece solo 9,5 centimetri ma, a dispetto delle dimensioni ridotte, può impartire ordini a Dash robot via infrarossi. Dot robot è dotato, tra l'altro, anche di un accelerometro che gli permette di capire quando viene sollevato o inclinato.

¹⁵⁷ <https://blockly-games.appspot.com/>

¹⁵⁸ Fonte immagine: http://www.survingateacherssalary.com/wp-content/uploads/2015/01/DSC_0641.jpg

• **Code.org:**

Code.org è una piattaforma online, gratuita, che offre la possibilità a insegnanti e bambini, da 4 anni in su, di “giocare” con la programmazione. Sul sito sono disponibili una serie di esercizi e tutorial incentrati sull’uso della programmazione visuale; ogni esercizio riporta l’età indicativa consigliata per il fruitore e le competenze pregresse necessarie¹⁵⁹.



Schermata esemplificativa della programmazione tramite Code.org¹⁶⁰

• **Tynker:**

Tynker è una piattaforma online per il coding che consente ai bambini di imparare a programmare in maniera intuitiva, creando app e videogame ma anche programmando robot e droni. L’idea alla base di Tynker è che non ci siano limiti di età per provare il coding, anche se la maggior parte di corsi sono stati pensati per bambini e ragazzi di età compresa fra 7 e 14 anni. Ciò non esclude che con Tynker possano cimentarsi anche bimbi più piccoli, per i quali c’è anche una app pensata per essere scaricata sui tablet.

¹⁵⁹ <https://code.org/>

¹⁶⁰ Fonte immagine: <https://cdn.coetail.com/chezvivan/files/2014/01/Ds-flower.png>

¹⁶¹ <https://www.robotiko.it/tynker-coding/>

Tynker mette a disposizione del docente una serie di strumenti per gestire facilmente la classe e conoscere i progressi degli studenti. A differenza di Code.org, per accedere ai contenuti di Tynker è necessario sottoscrivere un abbonamento¹⁶¹.



Schermata di Tynker¹⁶²

¹⁶² Fonte immagine: <https://lh6.ggpht.com/1KhbTNBclcGBfE2SH4O-4prYXRIsT-P0qyWbb6IA-ZnMJ4eXtIVyW-QjwcfF1COLNz0ok=h900>

Strumenti didattici per la scuola secondaria di secondo grado: qualche esempio

Programmi di modellazione 3D

Oltre Tinkercad, di cui abbiamo parlato nel paragrafo precedente di questa guida, elenchiamo di seguito altri ottimi software di modellazione 3D adatti agli studenti degli istituti superiori.

• Rhinoceros:

Rhinoceros, è un software applicativo per la modellazione 3D di superfici. Realizzato da *Robert McNeel & Associates*, un'azienda di Seattle, questo programma viene comunemente utilizzato in molteplici settori, dal disegno industriale, all'architettura, al design automobilistico, alla la prototipazione rapida.

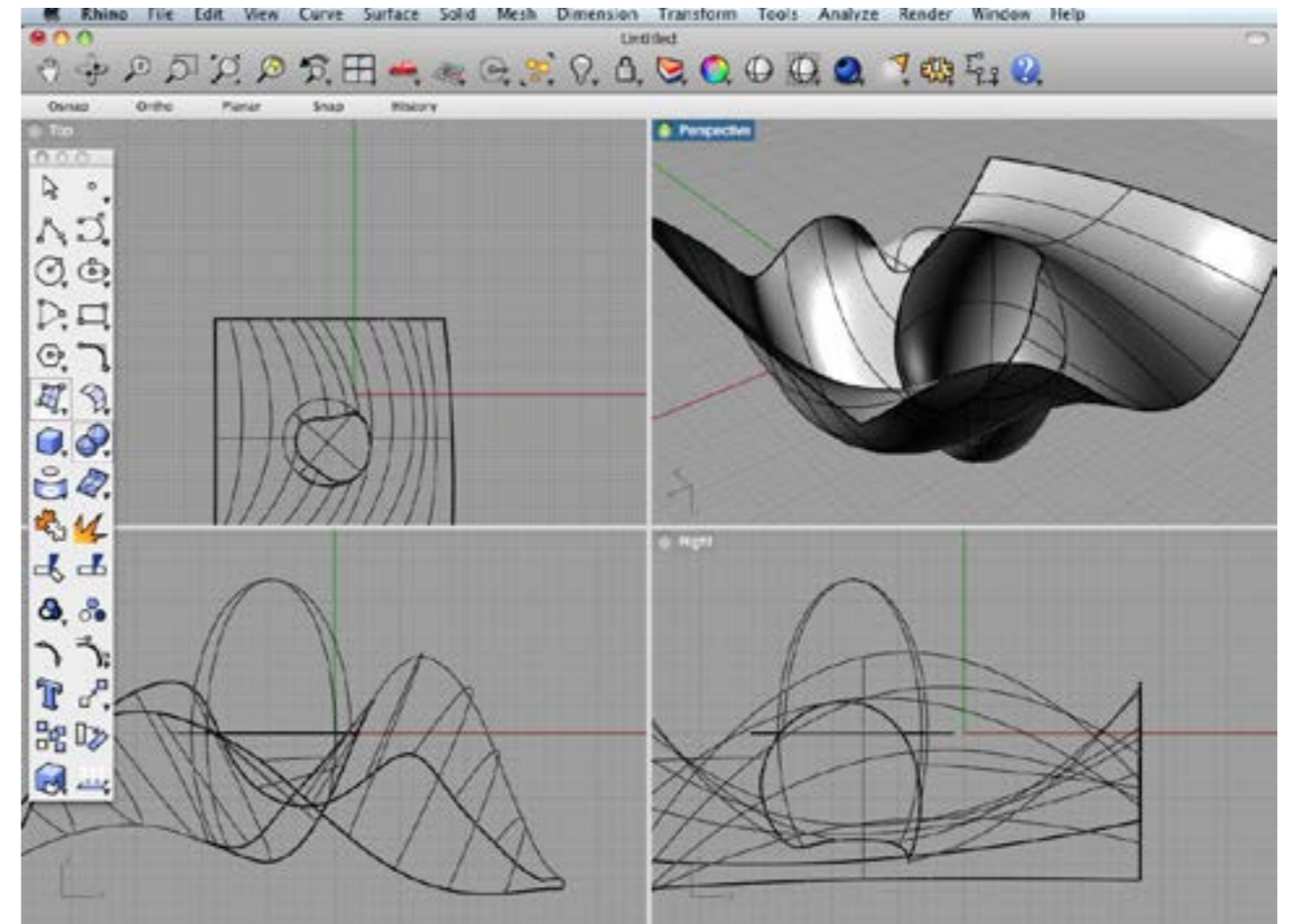
In Rhino, tutte le entità geometriche sono rappresentate mediante *NURBS* (acronimo di *Non Uniform Rational B-Splines*), ossia una rappresentazione matematica mediante la quale è possibile definire accuratamente geometrie 2D e 3D quali linee, archi e superfici a forma libera.

Per quanto concerne la progettazione e modellazione con il software Rhinoceros, gli studenti hanno la possibilità di creare, modificare, analizzare e comporre oggetti a partire dagli elementi curva, superfici e solidi.

Grazie a Rhinoceros 3D è possibile progettare dal nulla una forma, vedere la propria idea farsi disegno, progetto e infine prototipo; oppure, cimentarsi con i classici dell'oreficeria o con reperti archeologici, provando a ricreare il processo creativo, riproducendo l'oggetto mediante il modello 3D.

Il software è scaricabile liberamente nella versione open evaluation per novanta giorni, oppure è possibile acquistare singole licenze per studenti, o ancora la versione educational per un laboratorio dotato di trenta postazioni¹⁶³.

¹⁶³<https://www.rhino3d.com/it/>



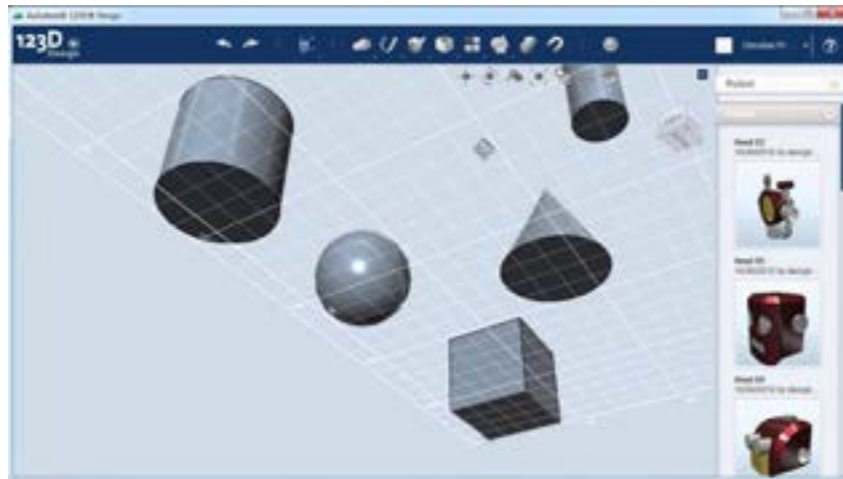
Schermata esemplificativa di modellazione tridimensionale mediante Rhinoceros¹⁶⁴

¹⁶⁴<http://www.rhino.io/wp-content/uploads/2010/03/Screen-shot-2010-05-03-at-4.54.17-PM.png>

¹⁶⁵Foto scattata durante il percorso di Alternanza Scuola Lavoro 2016 "Ideazione, progettazione e modellazione 3D di packaging" realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab presso l'I.I.S. "F. S. Nitti" di Portici. Durante tale percorso gli studenti, partendo dalla progettazione 3D mediante l'utilizzo del software di modellazione Rhinoceros, hanno realizzato un packaging funzionale ed ecosostenibile, per poi passare, mediante l'utilizzo del programma di grafica Adobe Illustrator, all'ideazione e alla creazione di un progetto



Mediterranean FabLab @School: corso di modellazione 3D di packaging ¹⁶⁵



Esempio di selezione di forme sul foglio di lavoro di 123D Design¹⁶⁶

• **Autodesk 123D:**

Autodesk 123D rappresenta una suite di applicazioni legate al mondo della modellazione e stampa 3D.

• **FreeCAD:**

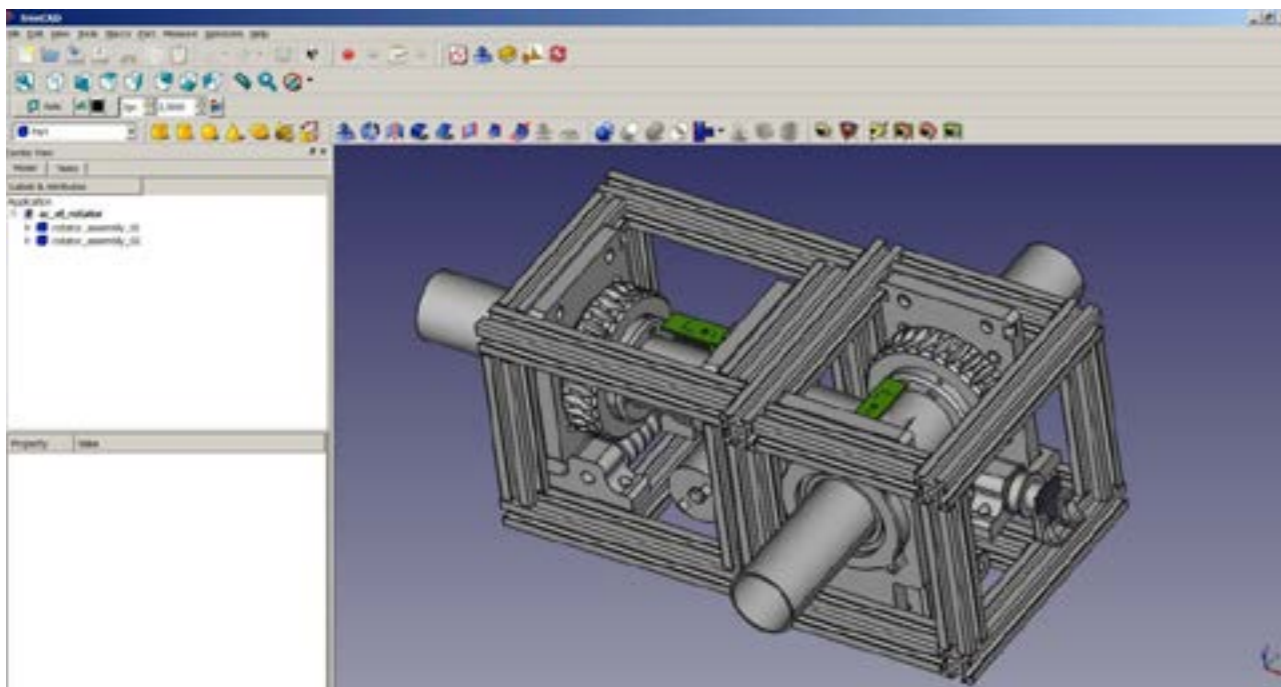
FreeCAD è un software CAD di modellazione parametrica 3D creato principalmente per progettare oggetti reali di qualsiasi dimensione¹⁶⁷. La modellazione parametrica consente di modificare facilmente il disegno andando indietro nella sua storia e cambiandone i parametri. FreeCAD è open source e altamente personalizzabile, gestibile tramite script ed estensibile¹⁶⁸.

¹⁶⁶ <https://i.ytimg.com/vi/ZVGXcqVHCaw/hq720.jpg>

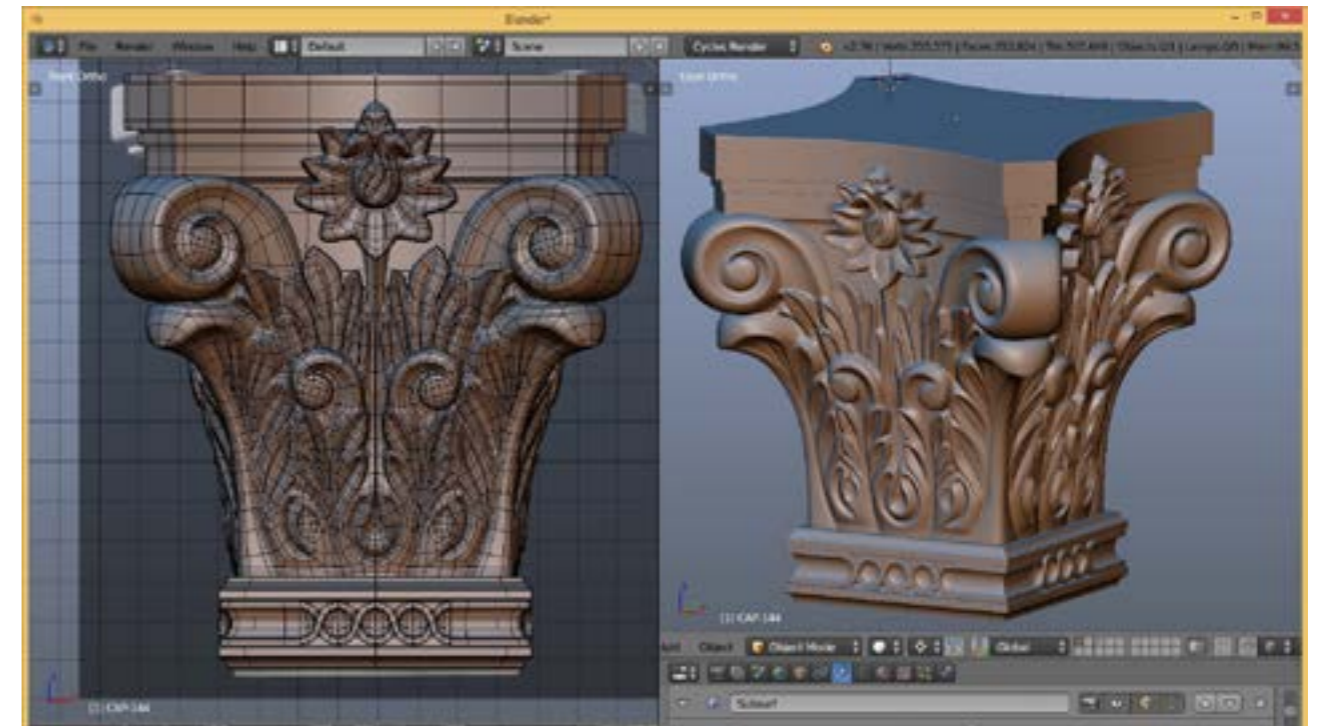
¹⁶⁷ <http://www.navigaweb.net/2014/06/10-programmi-cad-gratuiti-per-disegno.html>

¹⁶⁸ <https://www.freecadweb.org/?lang=it>

¹⁶⁹ Fonte immagine: https://www.freecadweb.org/wiki/images/thumb/c/c7/Satnogs_Rotator_FreeCAD.jpg/1024px-Satnogs_Rotator_FreeCAD.jpg



Schermata di progettazione con FreeCAD¹⁶⁹



Esempio di progettazione mediante l'utilizzo di Blender¹⁷¹

• **Blender:**

Blender è un programma di modellazione 3D gratuito e open source. Grazie alle sue altissime potenzialità può essere usato per creare animazioni in 3D, giochi ed elementi grafici da usare in altri progetti. È dotato di un'interfaccia utente completamente personalizzabile, include diversi modelli 3D di oggetti e permette di applicare una vasta gamma di effetti alle proprie creazioni.

¹⁷¹ Fonte immagine: <https://i.ytimg.com/vi/DQB007YeKQ0/maxresdefault.jpg>



Esempio di render di un'abitazione, realizzato mediante il software di modellazione 3D SketchUp¹⁷²

• **SketchUp:**

SketchUp è un'ottima soluzione per tutti coloro che vogliono cimentarsi nella modellazione 3D. Questo software, infatti, permette di creare case, mobili o addirittura intere città al computer in maniera relativamente semplice.

La versione base di SketchUp è gratuita, ma è limitata rispetto alle funzionalità offerte SketchUp Pro, solitamente utilizzata dai professionisti.

Entrambe le versioni del programma sono disponibili sia per Windows che per MacOS, per scaricarle bisogna compilare un breve modulo in cui specificare il tipo di utilizzo che si intende fare di SketchUp (es. progetti personali) e bisogna inserire il proprio indirizzo email ¹⁷³.

¹⁷² Fonte immagine: <https://lh3.googleusercontent.com/rDSLx9AwyJBBX40qR-Vy-KyxGA9oLawc5oT-PYPsIGfOts5nbuR-0rHUfj4VZ23kdCLSd6oxl=s170>

¹⁷³ <https://www.sketchup.com/it>

Programmi di modellazione 2D e 3D

• **AutoCAD:**

AutoCAD non necessita di presentazioni: si tratta del software CAD più famoso al mondo. Viene usato in ambiti ingegneristici, meccanici e architettonici per realizzare progetti attraverso disegni in due e tre dimensioni. Non è un software alla portata di tutti e non è economico, tuttavia per i professionisti che operano nei settori sopraelencati e per gli studenti che si affacciano al mondo del lavoro, rappresenta la soluzione d'uso più completa e funzionale.

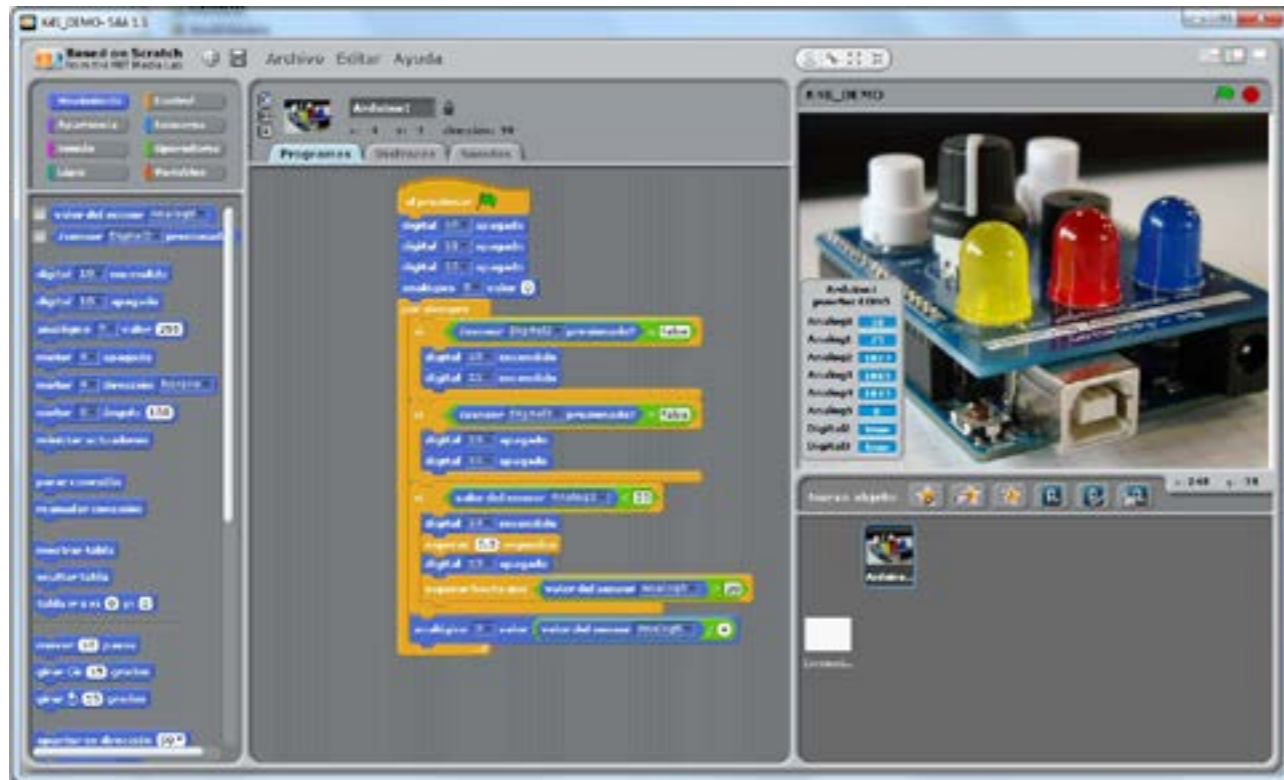
AutoCAD, è disponibile nella versione di prova gratuita della durata di 30 giorni e, nella versione *educational* per le scuole (è possibile registrarsi gratuitamente per scaricare tale versione), esattamente uguale a quella commerciale, della durata di tre anni. AutoCAD può essere impiegato sia nella modellazione 2D che in quella 3D¹⁷⁴.

¹⁷⁴<http://autode.sk/2fp9m73>

¹⁷⁵ Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Skol'è Attiv@mente" realizzato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab presso l'I.I.S. "Mons. Bartolomeo Mangino" di Pagnani nell'a.s. 2016/2017. Il corso, dal titolo "La progettazione CAD 2D" ha fornito agli studenti le nozioni teoriche e pratiche per l'impiego del software Autocad finalizzato alla realizzazione di disegni bidimensionali attinenti a diversi ambiti (grafica e comunicazione, design, architettura, mapping e gestioni cartografiche).



Mediterranean FabLab @School: progettazione architettonica tramite AutoCAD¹⁷⁵



Schermata esemplificativa di S4A ¹⁷⁶

Software di programmazione visuale

• Scratch for Arduino (S4A):

Scratch for Arduino è stato sviluppato dal gruppo Citilab dell'Università di Barcellona ed è un'estensione di Scratch che permette di utilizzare gli sprite per interagire con i sensori e gli attuatori collegati alla scheda Arduino.

Arduino è la scheda elettronica più famosa al mondo, che può essere programmata per interagire con il mondo esterno elaborando gli input ricevuti da parte di dispositivi sensori e inviando comandi a dispositivi attuatori. Ha il vantaggio di essere economica, di poter essere collegata a computer sui quali sono in esecuzione i sistemi operativi più diffusi e inoltre l'hardware e il software hanno la caratteristica di essere open source.

Arduino, inoltre, come abbiamo visto nei paragrafi precedenti di questa guida, può diventare il "cervello" elettronico inserito all'interno di oggetti interattivi che, rilevando lo stato di interruttori e sensori, controllano luci, motori e altri possibili output¹⁷⁷.

¹⁷⁶ Fonte immagine: http://www.jechavaria.com/wp-content/uploads/2014/02/K4S_DEMO_screenshot.jpg

¹⁷⁷ <https://it.pearson.com/docenti/secondaria-2-grado/nuovi-strumenti-coding.html>

Quando si utilizza Scratch for Arduino, la scheda è collegata a una porta USB attraverso la quale si stabilisce la comunicazione con l'ambiente S4A. I sensori e gli attuatori possono essere collegati alla scheda Arduino con una breadboard oppure con il Tinker Kit Shield.

Il Tinker Kit Shield permette di collegare in modo semplificato sensori e attuatori alla scheda Arduino perché sono montati su piccole schede che contengono tutti i componenti elettronici necessari per farli funzionare: in questo modo si possono realizzare progetti svincolandosi totalmente dai problemi di natura elettronica che possono sorgere e concentrandosi sull'aspetto della programmazione.

La principale differenza di **S4A rispetto a Scratch** è l'aggiunta nella categoria Movimento di alcuni blocchi che permettono l'interazione con Arduino e che consentono di rilevare un input digitale analogico e di impostare un valore in output digitale, o analogico su un output che prevede la codifica PWM.

Per poter utilizzare S4A occorre installare sul PC l'ambiente di programmazione e caricare sulla scheda, attraverso l'IDE di Arduino, il firmware di comunicazione con S4A. Il firmware e l'ambiente di programmazione S4A possono essere liberamente scaricati dal sito S4A ¹⁷⁸.



Schermata esemplificativa di come le istruzioni impartite dall'ID Arduino vengano trasformate in semplici comandi operativi tramite Ardublock¹⁷⁹

• Ardublock:

Anche Ardublock è un ambiente per la programmazione a blocchi specifico per Arduino. Valido strumento per chi si sta affacciando al physical computing, questo programma è stato progettato per rendere "semplice e veloce il calcolo fisico con Arduino". Ardublock è un "add-on" per Arduino, quindi richiede di installare l'ID Arduino.

Il vantaggio di questo software è quello di essere scaricabile sia nella Windows, che Mac o Linux¹⁸⁰.

¹⁷⁸ <http://s4a.cat/>

¹⁷⁹ Fonte immagine: https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/2/6/1/ardublock_combo.png

¹⁸⁰ <http://blog.ardublock.com/>



Schermata esemplificativa dell'utilizzo di App Inventor¹⁸¹

• App Inventor:

App Inventor è un linguaggio di programmazione che permette di creare app per dispositivi mobili Android. Sviluppato dal MIT di Boston, la prestigiosa università statunitense che ha creato anche Scratch, App Inventor è un linguaggio a blocchi online, cui è possibile accedere collegandosi al sito mediante un account Google, richiesto per salvare i progetti realizzati sul web server di App Inventor.

L'ambiente di sviluppo è composto da due videate principali, una dedicata alla progettazione grafica e l'altra alla scrittura del codice. Le app sviluppate vengono direttamente memorizzate sul web server di App Inventor senza richiedere ulteriori salvataggi locali. Attraverso una app scaricata sul dispositivo Android, chiamata "MIT AI2 Companion", disponibile gratuitamente sullo store di Google, è possibile eseguire direttamente sullo smartphone o sul tablet il programma che si sta sviluppando nel browser in App Inventor, ma il PC e il dispositivo mobile devono condividere la medesima connessione WiFi. In alternativa, è possibile eseguire il programma all'interno di un emulatore visibile sullo schermo del PC, oppure collegare direttamente lo smartphone o il tablet al PC attraverso il cavo USB.

¹⁸¹ Fonte immagine: <http://www.iisummer.com/wp-content/uploads/2016/12/app-inventor.png>



Mediterranean FabLab @School: corso di prototipazione elettronica tramite l'utilizzo della scheda Arduino¹⁸²

Kit di progettazione elettronica

• Arduino:

Arduino è una scheda elettronica *open source* ideale per la prototipazione rapida di progetti elettronici. Molto versatile e facile da utilizzare, è programmabile con una interfaccia multiplatforma (Windows – Linux – Mac).

Questa scheda elettronica, proprio per la vastità di impiego, viene utilizzata da artisti, hobbisti ed in generale da tutti i makers desiderosi di sperimentare applicazioni e realizzare progetti.

Le potenzialità di Arduino, infatti, sono infinite. Si presta per molteplici applicazioni nel campo della robotica, circuitazione, sicurezza, statistica, rilevazione etc., grazie anche alle molteplici schede shield che si possono acquistare per ampliarne le funzioni.

¹⁸² Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Scuola di vita" realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab presso l'I.S. "Da Vinci-Genovesi" di Salerno nell'a.s. 2016/2017. Il percorso laboratoriale, dal titolo "Robotica e Stampa 3D" ha fornito ai partecipanti le conoscenze e le competenze per la realizzazione, mediante l'utilizzo della stampante 3D, di un rover intelligente, in grado, grazie alla programmazione dei codici informatici mediante l'utilizzo di Arduino, di muoversi autonomamente in modo da non urtare oggetti presenti nell'ambiente circostante.

Esempi di corsi da tenere in un FabLab: la case history del Mediterranean FabLab

Si riportano di seguito, a puro titolo esemplificativo, alcuni programmi di possibili corsi, attivabili per gli studenti all'interno di un FabLab a scuola.

Si tratta di percorsi che sono stati realmente realizzati dalla Medaarch – Mediterranean FabLab in Istituti secondari di secondo grado, versatili, flessibili e personalizzabili, declinati di volta in volta a seconda degli obiettivi e della programmazione dell'offerta formativa dell'istituto, nonché seguendo le esigenze culturali e sociali del territorio.

Il tutto, sempre portato avanti con l'obiettivo di agevolare l'accesso degli studenti alla ricerca, alla sperimentazione e all'innovazione didattica.

¹⁸³ Foto scattata al Mediterranean FabLab durante un corso sulla modellazione 3D e la stampa 3D.



Mediterranean FabLab @School ¹⁸³

Ogni attività formativa e laboratoriale che la Medaarch propone è pensata per un numero complessivo medio di **20 studenti** e si struttura attraverso differenti approcci didattici:

- **Learning by doing:** ogni attività prevista coinvolge gli studenti e/o i genitori in situazioni concrete, in cui i contenuti formativi vengono vissuti, sperimentati, attuati e le conoscenze teoriche vengono rese operative.

- **Cooperative learning:** la Medaarch propone per ogni attività una o più situazioni in cui è richiesto il lavoro di gruppo, essendo ferma la convinzione che tale approccio risulti basilare sia per la costituzione di una coesione maggiore tra gli studenti e tra studenti e insegnanti, sia per favorire dinamiche che portano il singolo ad emergere in maniera critica e consapevole all'interno del gruppo.

- **Tinkering:** utilizzando un approccio metodologico informale e intellettualmente stimolante basato sul "problem solving" gli studenti hanno la possibilità di utilizzare praticamente le conoscenze tecnologiche e scientifiche apprese.

- **Action learning:** gli studenti imparano ad agire efficacemente partendo dall'analisi e dall'interpretazione delle loro esperienze passate con l'obiettivo di identificare il processo che ha generato l'apprendimento; l'azione si svolge in contesti reali piuttosto che in contesti di simulazione, gli studenti sono chiamati a lavorare su progetti definiti e l'attività viene condotta in modo da coinvolgere tutti i partecipanti del gruppo.

- **Peer education:** Attraverso un approccio peer to peer gli studenti hanno la possibilità di sedimentare le conoscenze acquisite, sperimentando direttamente la didattica dei contenuti appresi mediante l'insegnamento ad altri studenti, e/o ai loro stessi compagni.



Mediterranean FabLab @School: un momento del laboratorio sul restauro innovativo¹⁸⁴

Alcuni percorsi del Mediterranean FabLab@School per la scuola primaria

1. Modulo "Restauro innovativo!"

Il corso si propone di mostrare agli alunni, in maniera semplice e ludica, come progettare e realizzare sistemi di salvaguardia di beni turistici ed archeologici, che necessitano di un restauro o di una riqualificazione in toto o in parte. Il modulo è pensato per 30 ore.

Obiettivi:

- Sensibilizzare gli alunni al proprio patrimonio artistico e culturale;
- Sensibilizzare gli alunni in materia di tutela e valorizzazione del patrimonio artistico;
- Introdurre in maniera ludica e creativa gli alunni alle più innovative tecniche di restauro di beni turistici e archeologici;
- Fornire ai discenti strumenti adeguati per interfacciarsi con il digitale in maniera semplice e creativa;
- Disegnare in 3D utilizzando un programma di modellazione adatto alla loro età, TinkerCad, sia mediante lezioni frontali che mediante l'apprendimento attivo basato sul learning by doing;
- Avvicinare i piccoli, in maniera ludica ma consapevole, all'utilizzo delle tecnologie per la creazione di progetti di valore;
- Imparare a lavorare in gruppo;
- Imparare sperimentando, seguendo il modello per "prove ed errori";
- Far emergere vocazioni, sviluppare potenzialità, valorizzare le inclinazioni personali;
- Sviluppare capacità relazionali, comunicative e organizzative.

¹⁸⁴ Foto scattata al Mediterranean FabLab, durante un laboratorio sul restauro innovativo rivolto a bambini.

2. Modulo "Coding e robotica"

Il modulo, strutturato in 30 ore di corso, racconta i principi della programmazione e del pensiero computazionale per consentire ai discenti di sviluppare, attraverso strumenti innovativi, la propria creatività, il collaborative learning e le competenze digitali.

Obiettivi:

- Approcciare al pensiero computazionale in maniera semplice e ludica;
- Familiarizzare con Scratch e il suo ambiente di sviluppo visuale;
- Conoscere alcune delle risorse più interessanti per il lavoro in classe inerenti la programmazione presenti oggi in rete;
- Imparare il ruolo della robotica nella trasformazione digitale;
- Apprendere in modo ludico la relazione tra programmazione e robotica;
- Rafforzare lo spirito di gruppo.

¹⁸⁵ Foto scattata durante il progetto Scuola Viva "Move up in Bacoli: sapere, saper essere, saper fare in Bacoli" realizzato dalla Medaarch - Mediterranean Fablab presso l'I.C. "Paolo di Tarso" di Bacoli.



Mediterranean FabLab @School: corso di coding e robotica¹⁸⁵

Alcuni percorsi del Mediterranean FabLab @School per la scuola secondaria

1. Modulo "Laboratorio di modellazione 3D"

Il corso si propone di fornire agli studenti conoscenze e competenze tecnologiche legate alla prototipazione tridimensionale e alla modellazione 3D, spendibili nel mondo del lavoro, nonché competenze trasversali quali capacità di pianificazione, definizione e comunicazione di un'idea d'impresa. Il modulo può essere strutturato sia in un corso di 30 ore che in uno di 60, a seconda del livello di approfondimento dei contenuti richiesto.

Obiettivi:

- Aggiornare le conoscenze degli studenti in relazione all'utilizzo degli strumenti di progettazione e modellazione 3D;
- Trasferire le conoscenze sulla progettazione e sulla modellazione tridimensionale delle idee;
- Introdurre i discenti alla comunicazione d'impresa, utilizzando in modo funzionale i social network per la comunicazione, in modalità di storytelling, del lavoro svolto;
- Imparare a lavorare in gruppo;
- Sviluppare capacità di problem solving;
- Far emergere vocazioni, sviluppare potenzialità, valorizzare le inclinazioni personali;
- Acquisire competenze relazionali, comunicative e organizzative.

¹⁸⁶ Foto scattata durante il percorso di Alternanza Scuola Lavoro 2016 "Progettazione e realizzazione di packaging", realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab presso l'I.I.S. "G. Filangieri" di Cava de' Tirreni. Il percorso ha fornito agli studenti conoscenze e competenze sulla progettazione 3D e realizzazione digitale di forme complesse, assemblate in un packaging.



Mediterranean FabLab @School: corso di modellazione 3D¹⁸⁶



Mediterranean FabLab @School: esempio di oggetti realizzati durante un corso di fabbricazione digitale¹⁸⁷

2. Modulo "Laboratorio di fabbricazione digitale"

Il corso mira a fornire agli studenti conoscenze degli strumenti di progettazione e di fabbricazione digitale di nuova generazione. A partire dalla progettazione e modellazione tridimensionale di idee, gli studenti arriveranno alla prototipazione rapida dei loro progetti, mediante l'utilizzo delle stampanti 3D o delle macchine CNC. Il modulo può essere strutturato sia in un corso di 30 ore che in uno di 60, a seconda del livello di approfondimento dei contenuti richiesto.

Obiettivi:

- Trasferire le conoscenze sulla progettazione e sulla modellazione tridimensionale delle idee;
- Acquisire competenze sull'utilizzo degli strumenti di scansione tridimensionale, programmazione assistita e di stampa 3D;
- Acquisire una conoscenza generale della stampa 3D, con basi di modellazione 3D attraverso l'utilizzo del software Rhinoceros;
- Introdurre i discenti alla comunicazione d'impresa, utilizzando in modo funzionale i social network per la comunicazione, in modalità di storytelling, del lavoro svolto;
- Imparare a lavorare in gruppo;
- Sviluppare capacità di problem solving;
- Far emergere vocazioni, sviluppare potenzialità, valorizzare le inclinazioni personali;
- Acquisire competenze relazionali, comunicative e organizzative.

¹⁸⁷ Foto scattata durante il progetto "Lo studente e le nuove tecnologie" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab nell'ambito del P.O.R. Puglia svolto nell'a.s. 2014/2015 presso l'ITC "A. Fraccacreta" di San Severo (FG). Gli studenti sono stati introdotti all'utilizzo del programma di modellazione 3D Rhinoceros e all'utilizzo della stampante 3D; gli oggetti in foto sono alcuni dei prototipi realizzati dagli studenti, che hanno disegnato una linea di oggetti di design ispirati all'acqua.



Mediterranean FabLab @School: corso di prototipazione elettronica con Arduino¹⁸⁸

3. Modulo "Laboratorio di prototipazione elettronica con Arduino"

Il corso, strutturato in un modulo base da 30 o avanzato da 60 ore, si propone di dotare gli studenti di conoscenze e competenze sulla programmazione e la prototipazione elettronica tramite l'uso della scheda open-source Arduino, sperimentando concretamente l'Internet of Things.

Obiettivi:

- Integrare il sapere con il saper fare, anche al fine di orientare la scelta professionale futura;
- Migliorare le competenze digitali così come richiesto dal mondo del lavoro;
- Applicare le competenze formative in contesti non standardizzati sperimentando didattiche alternative;
- Fornire ai discenti competenze base sulla programmazione elettronica;
- Fornire ai discenti competenze base volte all'uso della scheda elettronica Arduino;
- Sviluppare le competenze digitali degli studenti, con particolare riguardo al pensiero computazionale, nonché alla produzione e ai legami con il mondo del lavoro;
- Imparare a lavorare in gruppo;
- Sviluppare capacità di problem solving;
- Far emergere vocazioni, sviluppare potenzialità, valorizzare le inclinazioni personali;
- Acquisizione competenze relazionali, comunicative e organizzative.

¹⁸⁸ Foto scattata durante un workshop organizzato da Medaarch e realizzato al Mediterranean Fablab.

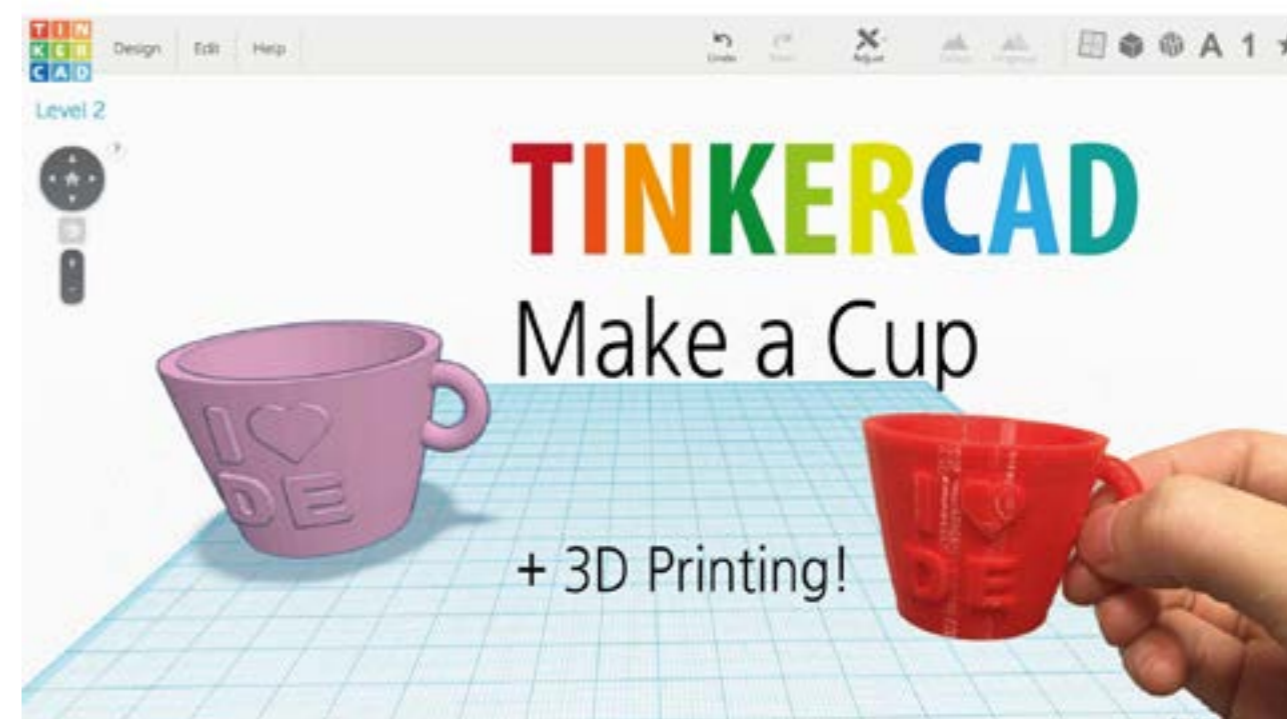
4. Modulo "Sistema idroponico fai-da-te"

Il corso prevede la progettazione - attraverso il software di modellazione 3D Rhinoceros - e la realizzazione di un sistema per la coltivazione in idroponica di vegetali ed ortaggi di piccole dimensioni. In secondo luogo, gli studenti si avvicinano alla prototipazione elettronica, integrando il sistema realizzato mediante l'utilizzo della tecnologia Arduino per il controllo in remoto delle qualità della coltivazione (luce, ph, temperatura e umidità).

Obiettivi:

- Acquisire competenze sull'utilizzo degli strumenti di programmazione assistita, di prototipazione rapida e di programmazione elettronica;
- Acquisire una conoscenza generale della stampa 3D con basi di modellazione 3D attraverso l'utilizzo del software Rhinoceros;
- Comprendere le tecniche di realizzazione di una costruzione fai-da-te di sistemi per la coltivazione in idroponica;
- Imparare a lavorare in gruppo;
- Sviluppare capacità di problem solving;
- Far emergere vocazioni, sviluppare potenzialità, valorizzare le inclinazioni personali;
- Acquisizione competenze relazionali, comunicative e organizzative.

¹⁸⁹ Foto scattata durante il progetto "Lo studente e le nuove tecnologie" sviluppato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab nell'ambito del P.O.R. Puglia svolto nell'a.s. 2014/2015 presso l'ITC "A. Fraccacreta" di San Severo (FG). Nell'ambito dell'evento "Campania Competitiva" svoltosi a Napoli il 25/09/2015 gli studenti hanno presentato al pubblico il sistema idroponico realizzato dalla Medaarch-Mediterranean Fablab.



Mediterranean FabLab @School: presentazione del sistema idroponico stampato in 3D¹⁸⁹

Attività rivolte agli studenti

Impariamo a modellare in 3D con Tinkercad

Introduzione

Non hai mai realizzato un disegno 3D ma vorresti cimentarvi nell'impresa? Tinkercad rappresenta una possibile soluzione da cui iniziare. Questo software, infatti, è un'applicazione di stampa e progettazione 3D online di grande semplicità d'uso, motivo per cui si presta ad essere utilizzato anche da principianti nell'ambito della fabbricazione digitale.

Grazie a questa applicazione, fruibile esclusivamente online, potrai accedere ai tuoi progetti da qualunque pc, senza la necessità di eseguire alcun tipo di installazione, basta solo possedere una buona velocità di connessione! Il salvataggio dei modelli viene eseguito periodicamente direttamente dal programma.

Tinkercad offre, inoltre, l'opportunità di organizzare i modelli in un progetto condiviso all'interno di un gruppo di lavoro, in cui è possibile assegnare un nome e una descrizione al progetto, e decidere il livello di accesso consentito ai vari componenti del team.

¹⁹⁰ Fonte immagine: <https://i.ytimg.com/vi/HeTqjwfGJgU/maxresdefault.jpg>.



Esempio di oggetto modellato con Tinkercad e realizzato mediante stampa 3D¹⁹⁰

Cosa si può creare con Tinkercad? La possibilità di scelta è davvero illimitata: giocattoli, prototipi, arredamenti d'interni, modelli Minecraft, gioielli, etc.

Pur essendo infatti molto semplice da utilizzare, al punto che anche i bambini dai sei anni in su ne usufruiscono, è possibile sviluppare, mediante questo programma, modelli complessi e sofisticati. Tinkercad rappresenta, al giorno d'oggi, una risorsa molto importante per la didattica, sia per la scuola primaria che secondaria.

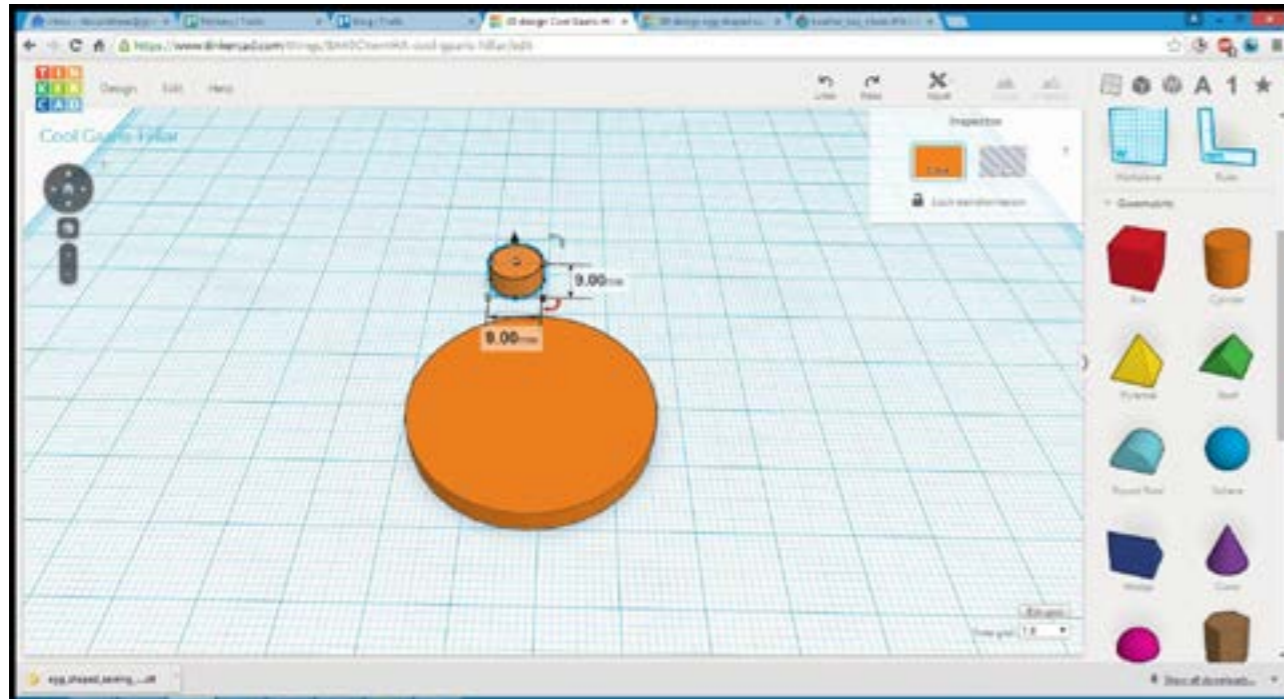
Tinkercad è realizzato da Autodesk ed è disponibile gratuitamente all'indirizzo <https://www.tinkercad.com/>. Per accedere alle funzionalità del programma bisogna creare un account, necessario non solo per l'identificazione, ma soprattutto per salvare tutti i modelli realizzati e, se lo si desidera, condividerli sul web.

Come funziona Tinkercad?

Tinkercad utilizza una logica di somma, sottrazione e raggruppamento. Ciò significa che partendo dalle forme offerte dall'applicazione, è possibile combinarle per realizzare modelli elaborati. Il volume occupato da una forma può essere, ad esempio, sottratto a quello occupato da un'altra forma.

Cosa significa? Immagina di porre sul piano di lavoro due figure solide piene: spostando una figura sull'altra e applicando una sottrazione, potrai creare un foro all'interno della prima forma.

Nei precedenti paragrafi, abbiamo presentato le **azioni principali** legate a questo strumento di programmazione. Vediamo, ora, nel dettaglio, come si usano.



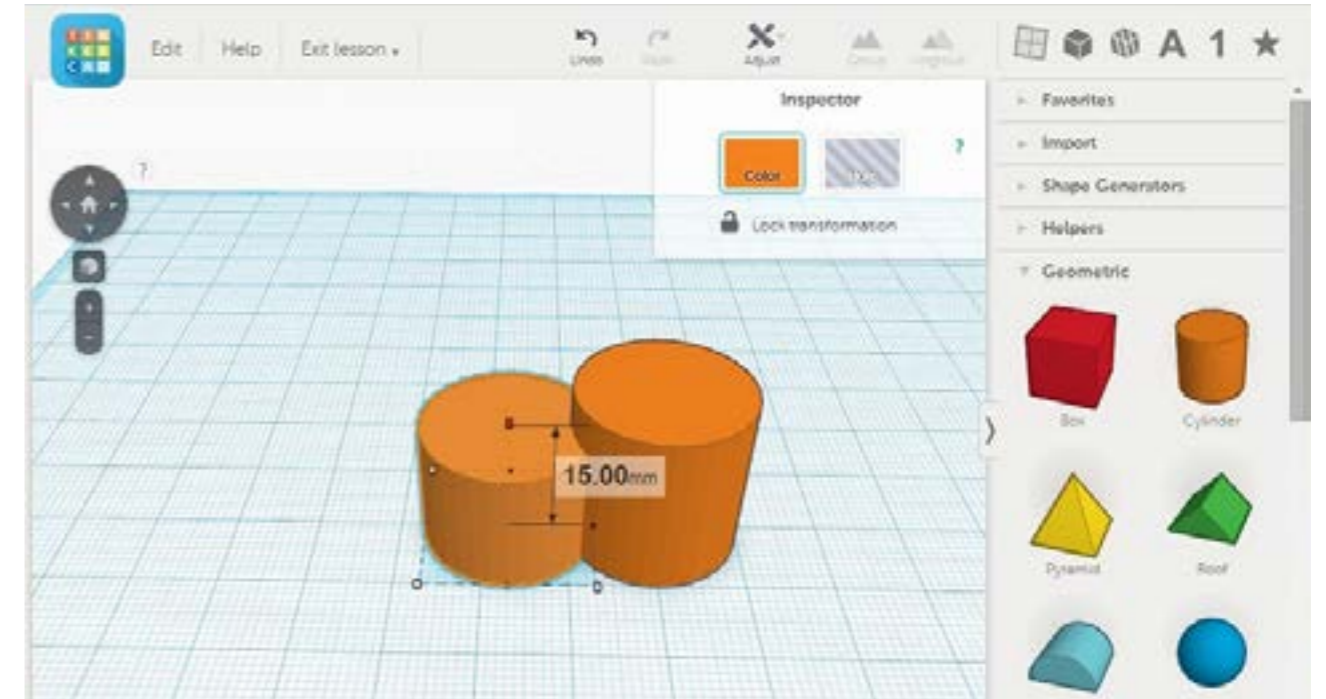
Esempio di possibili forme utilizzabili con Tinkercad¹⁹¹

1. Forme

Le forme sono blocchi di costruzione che consentono di aggiungere o rimuovere materiale. Tinkercad offre l'opportunità di importare forme proprie o lavorare con quelle esistenti.

Nella sezione "Geometric", ad esempio, è possibile accedere a una serie di forme base che consentono al bambino di accostarsi in maniera semplice e ludica alla geometria solida.

¹⁹¹ Fonte immagine: https://www.ilsoftware.it/public/shots/stampa3d___03.jpg.



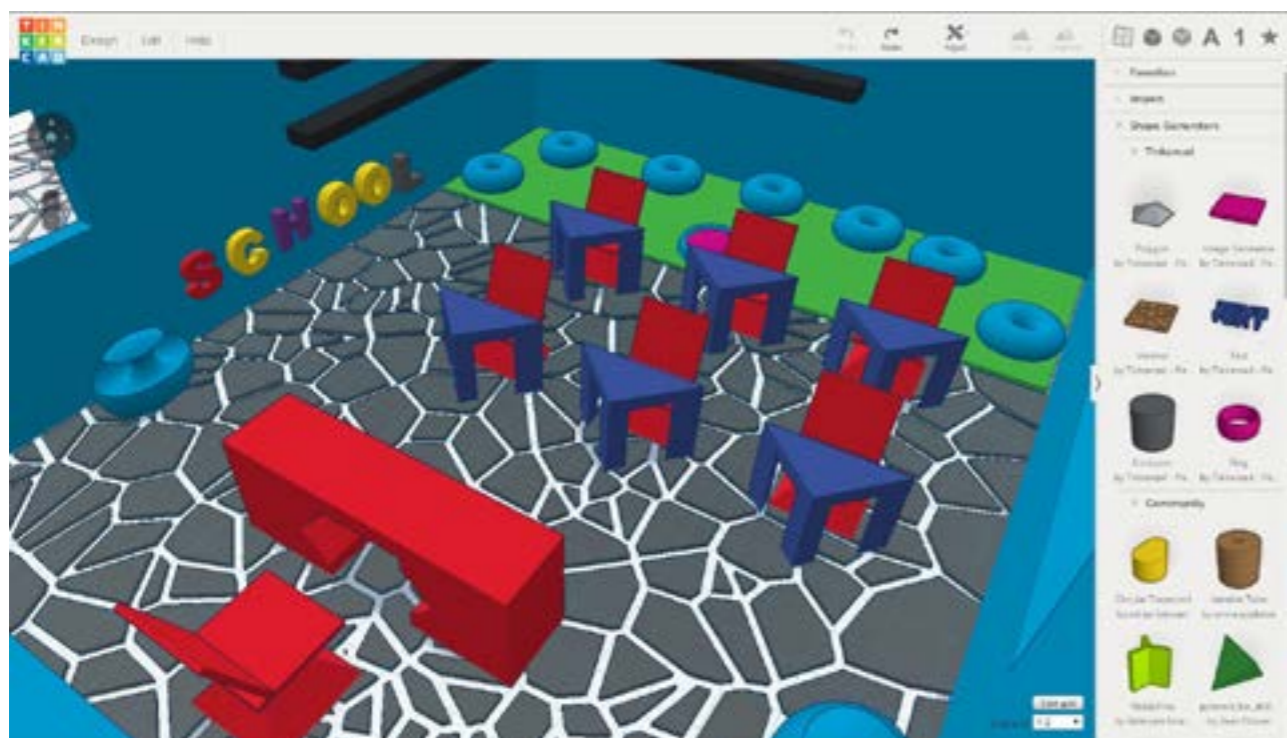
Esempio di possibili forme utilizzabili con Tinkercad¹⁹²

2. Raggruppamento

Le forme possono essere liberamente spostate, ruotate o modificate liberamente nello spazio, utilizzando strumenti come il righello per immettere le dimensioni precise.

Le forme possono inoltre essere raggruppate, per creare modelli con il livello di dettaglio desiderato.

¹⁹² Fonte immagine: https://www.ilsoftware.it/public/shots/stampa3d___04.jpg.



Aula disegnata mediante l'utilizzo di Tinkercad¹⁹³

3. Importazione 2D 3D

È possibile importare le forme realizzate ed effettuare l'estrusione in modelli 3D. Inoltre, è possibile importare file 3D esterni, che diventano forme Tinkercad modificabili. Tinkercad supporta tutte le stampanti 3D che accettano i formati di file STL standard.

¹⁹³ Fonte immagine: <https://1.bp.blogspot.com/-XFUyvNA88L4/V1fOfRHFDh/AAAAAABSw/O34PT-QjR-YDih0mNNGlUo-Hx7DuPSEXQACLcB/s1600/aula%2Badelin%2B3.jpg>.

Muovere i primi passi con Tinkercad

La prima azione da compiere per iniziare a utilizzare Tinkercad è creare un account, inserendo un nome utente, un indirizzo e-mail valido e una password; in alternativa, è possibile registrarsi utilizzando l'account già posseduto di un social network. Effettuando il login su Tinkercad, si accede alla propria *dashboard*, la "porta principale" del sito, da cui è possibile visualizzare tutti i propri disegni 3D o creare un nuovo disegno. Una volta effettuato il primo accesso, viene visualizzato un piccolo tutorial sull'uso della piattaforma.

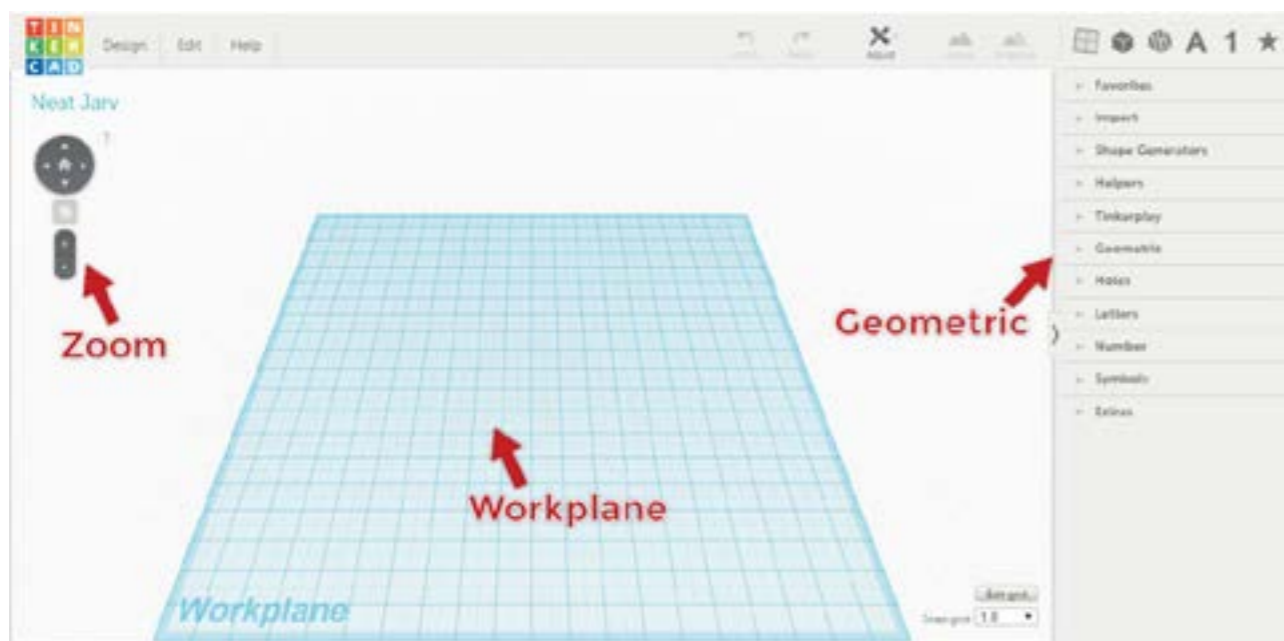
Grazie a questo tutorial è possibile apprendere velocemente in che modo effettuare alcune operazioni di base, come:

1. Spostare le forme, utilizzando il mouse o i tasti freccia della tastiera;
2. Cambiare la vista del modello;
3. Rimuovere materiale da un'altra forma utilizzando una lavorazione a foro;
4. Trascinare, scalare, copiare e incollare le forme sul piano di lavoro;
5. Creare oggetti semplici, come un portachiavi con le lettere.

Per saltare il corso, invece, basta cliccare sul logo di Tinkercad e ritrovarsi sulla propria home-page. Il corso rimarrà sempre accessibile all'indirizzo <https://www.tinkercad.com/quests/>.

Come si presenta l'interfaccia principale di Tinkercad? Scopriamolo insieme!

Possiamo creare un nuovo disegno cliccando su "Create new design". Se invece abbiamo già elaborato dei progetti, possiamo andarli a modificare cliccando sul bottone "tinker this".



Schermata esemplificativa di Tinkercad¹⁹⁴

Nella figura di sopra trovate l'interfaccia così come si presenta quando avviate un nuovo progetto su Thinkercad.

In alto a sinistra il tasto Tinkercad, la scorciatoia per tornare alla vostra pagina personale. Al centro invece troviamo il piano di lavoro, strutturato in carta millimetrata, in modo da rendere semplice la misurazione, sul quale è possibile operare collocando forme predefinite (ad esempio forme geometriche, presenti nel menù a destra) oppure altri elementi di lavoro (menù a tendina, a destra).

I tre menu in alto "Design", "Edit" ed "Help" sono invece delle tendine dalle quali accedere alle funzioni relative alla gestione del progetto o alla modifica dello stesso.

Dal menu "Design", accediamo a tre gruppi di funzioni:

- Nel primo gruppo troviamo "New" che abbandona il progetto corrente e ne crea uno nuovo, "Duplicate" che crea una copia del progetto corrente e ci ripresenta la copia per l'editing, "Save" che forza il salvataggio del progetto e "Properties", che permette di accedere al nome del progetto assieme ai parametri di pubblicazione e diritti d'autore. Se in "Properties" impostate "Private", il lavoro è visibile solo a voi, mentre se scegliete "Public" il progetto diventa visibile a tutti gli altri utenti, che possono liberamente scaricarlo, copiarlo e modificarlo;

- Il secondo gruppo contiene le funzioni per la gestione del modello, ovvero per scaricare il file in una serie di formati adatti alle successive elaborazioni e stampe, oppure per ordinare una stampa fatta con le macchine e i materiali professionali offerti dai partner di stampa online del sito, o per caricare il progetto su Thingiverse¹⁹⁵, spazio di condivisione di informazione e progetti innovativi sul mondo digitale;

- Il terzo gruppo permette di chiudere l'editor dell'oggetto e di tornare alla vostra pagina che offre le miniature di tutti i vostri lavori; delle miniature è possibile sia avere un'anteprima statica sia interattiva, e si può riaprire il progetto per operarne una modifica. Se state consultando gli oggetti pubblicati da altri, avete a disposizione le stesse funzioni, ad eccezione della modifica che è possibile solo su una copia dell'originale.

La fase di editing

Come la maggioranza dei software di modellazione 3D, anche l'applicazione web Tinkercad consente di **esportare i modelli realizzati in formato STL (StereoLithography)**. È una funzione molto utile anche l'importazione di STL, che consente di ritoccare e modificare, con il sistema di 'aggiunta/sottrazione, oggetti realizzati con altre applicazioni o scaricati dal web.

Il modello STL importato viene gestito come un oggetto complesso non suddivisibile nelle sue primitive, ma è possibile comunque aggiungere e sottrarre parti come se fosse un solido nativo Tinkercad.

Di seguito condividiamo alcuni link da cui è possibile visualizzare/scaricare delle guide per comprendere meglio il funzionamento del programma:

<https://www.tinkercad.com/learn/>

<http://www.elettronica.in.it/mymain/scienzatecno/contenuti/contenitore3d.pdf>

Tutorial per bambini:

<https://www.youtube.com/watch?v=HeTqjwfGJgU>

<https://www.youtube.com/watch?v=5WeMZ7DI78E>

Tutorial Per ragazzi/adulti:

<https://www.youtube.com/watch?v=5gWqi02wE2g>

¹⁹⁵ <https://www.thingiverse.com/>

Impariamo a stampare in 3D!

Introduzione

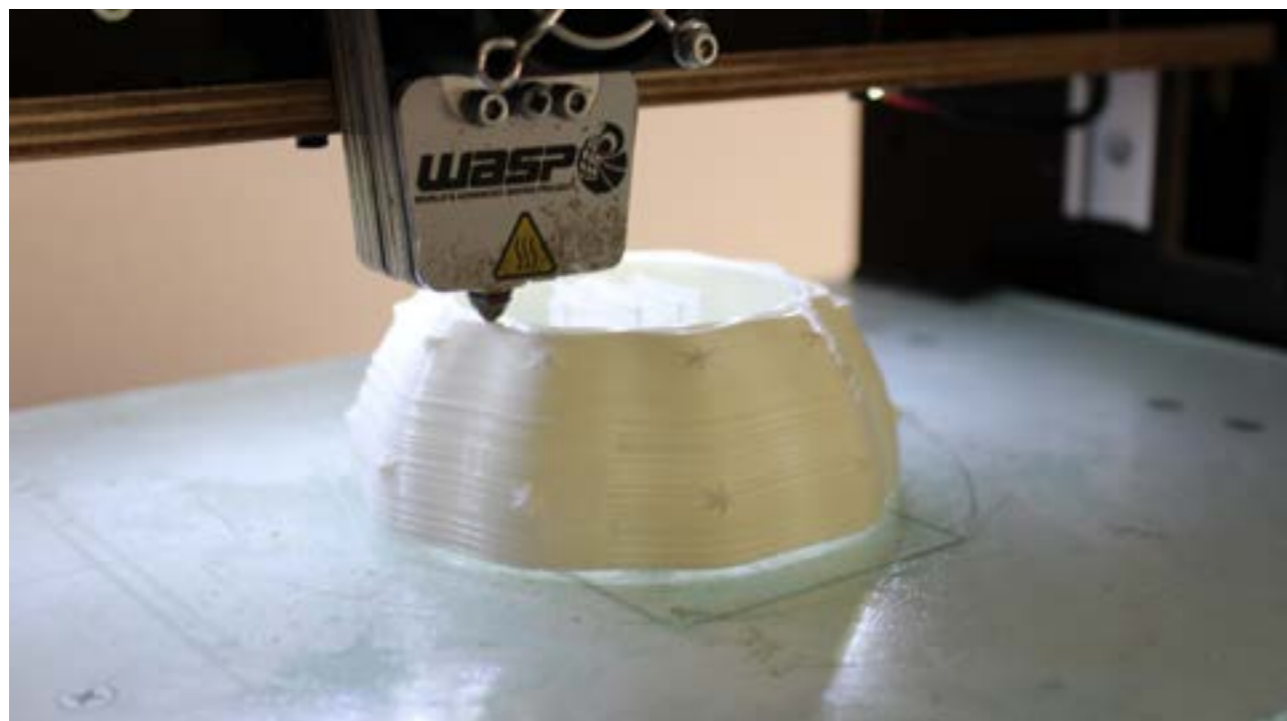
La stampa 3D (in inglese *3D printing*) è una nuova tecnologia di fabbricazione digitale, che costituisce una vera e propria evoluzione della stampa in 2D che noi tutti comunemente utilizziamo, ovvero quella tramite getto d'inchiostro o laser.

L'idea di realizzare una stampante 3D è scaturita, infatti, dall'intuizione di aggiungere la terza dimensione, quella che nella geometria cartesiana contrassegniamo con la lettera z, alla stampante tradizionale, detta anche stampante in piano. Come la geometria solida ci insegna, la terza dimensione consente di creare oggetti nello spazio tridimensionale, aggiungendo profondità a larghezza e altezza.

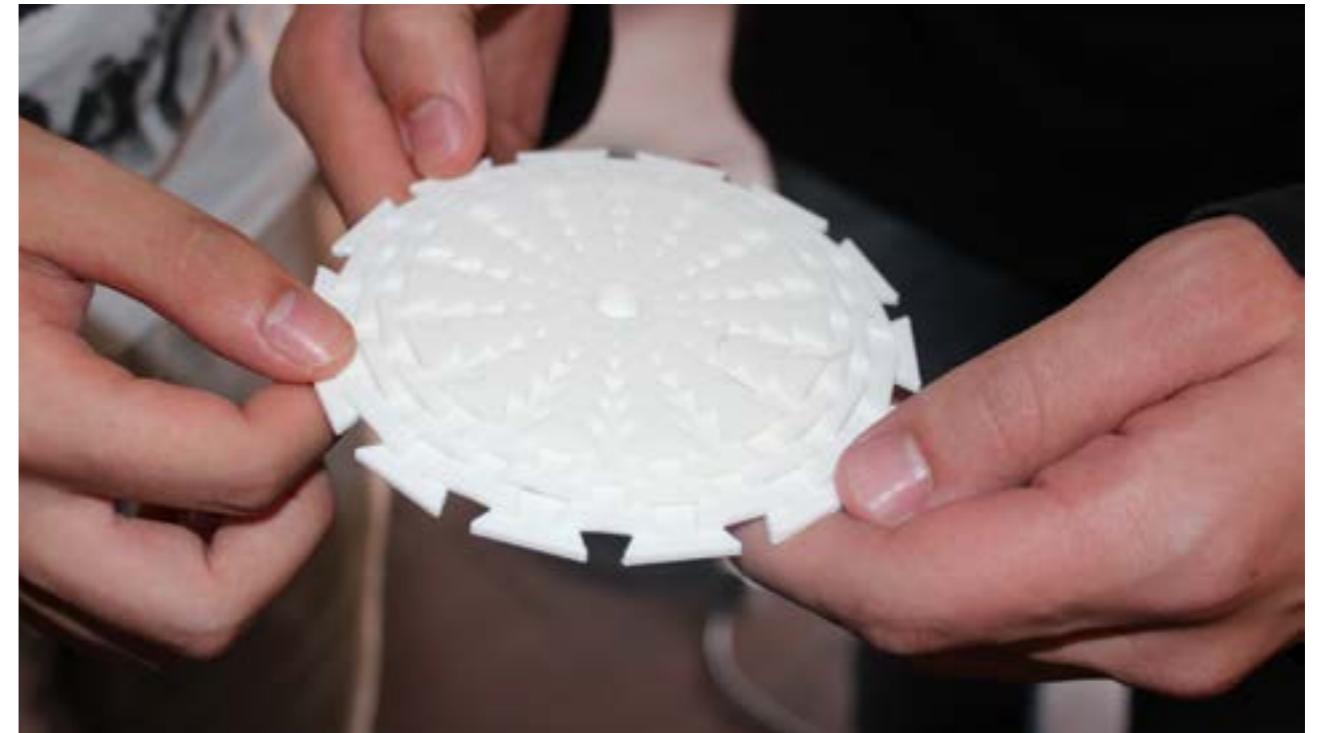
Attraverso la stampa in 3D è possibile realizzare oggetti tridimensionali dalle forme complesse utilizzando moltissimi materiali differenti (come plastica, argento, ceramica smaltata, resina verniciata, ma anche cibo!) che, strato su strato, vengono applicati fino a modellare la forma desiderata¹⁹⁶.

¹⁹⁶ <http://www.ilprogettistaindustriale.it/ladditive-manufacturing-tra-prototipi-e-produzione-di-massa/>.

¹⁹⁷ Foto scattata durante una lavorazione al Mediterranean FabLab.



Esempio di stampa 3D¹⁹⁷



Esempio di pattern realizzato mediante la stampa 3D¹⁹⁸

La tecnologia sulla quale è basato il funzionamento di una stampante 3D si dice infatti "additiva", proprio perché funziona aggiungendo materiale (vedi paragrafo "Le 4 tecniche della fabbricazione digitale" di questa guida).

Questa tecnologia viene adottata ormai da decenni per la produzione di prototipi presso le aziende più grandi e innovative, ma negli ultimi anni, grazie anche alla scadenza di alcuni brevetti chiave, è crollato il costo delle stampanti, con una conseguente diffusione di questo strumento, che cresce esponenzialmente. La stampa 3D, inoltre, sta oltrepassando l'ambito originario per cui era stata originariamente progettata, la produzione di prototipi, per divenire uno strumento di produzione.

Questo cambiamento è dovuto anche al fatto che generalmente le stampanti 3D sono veloci, user friendly ed estremamente affidabili. Esse inoltre permettono la malleabilità di svariati materiali per creare molteplici funzionalità meccaniche e fisiche in modo da adattarle al meglio all'utilizzo che se ne vuol fare.

Dal punto di vista dello sviluppo di nuovi prodotti si assiste ad una drastica riduzione del "time to market": c'è la possibilità di produrre piccoli lotti da inserire subito sul mercato per testarne l'efficacia e l'appetibilità, fare le modifiche necessarie in base ai feedback dell'utenza, e avviare poi la produzione su larga scala. Inoltre, la grande flessibilità di questa tecnologia permette la realizzazione di prodotti personalizzati senza costi aggiuntivi: nello stesso lotto di produzione è possibile apportare modifiche alla forma e/o alla dimensione dell'oggetto, senza dover "attrezzare" di versamente la macchina¹⁹⁹.

¹⁹⁸ Foto scattata durante una lavorazione al Mediterranean FabLab.

¹⁹⁹ <http://stampiamoin3d.com/stampante-3d-reprap/>.



Sistema frontale di un'auto classica (Volkswagen Caddy) stampato in 3D ²⁰⁰

Per quanto riguarda il mercato del privato, sempre più di frequente makers e appassionati del settore si cimentano nella creazione di una stampante fai-da-te, mediante la quale possono realizzare in casa oggetti di vario tipo, dalla tazza al giocattolo per il bimbo, al pezzo di ricambio dell'automobile.

Tale scenario di democratizzazione e larga diffusione di stampanti 3D fa sì che ogni giorno sorgano progetti innovativi che si prestano a sperimentazioni di ogni tipo.

Anche il mondo della progettazione deve confrontarsi con la tecnologia di fabbricazione digitale: gli attuali sistemi di modellazione non sono adeguati alle possibilità che la stampa 3D offre, pertanto anche in questo settore si sperimentano continuamente possibili aggiornamenti.

Per esempio, un software CAD gestisce mediamente mille o duemila elementi, ma con la nuova possibilità di produrre parti con microstrutture reticolari, o pattern di elementi che si intrecciano (come nel caso degli abiti), gli elementi si moltiplicano in decine di migliaia e la gestione diviene quasi impossibile, soprattutto nell'esportazione in linguaggio macchina.

Per rispondere a tali necessità è stata approntata una nuova tecnologia, denominata AMF (additive manufacturing format) che, a differenza del tradizionale formato STL, supporta nativamente il colore, i materiali, i reticoli e le costellazioni.

²⁰⁰ Fonte immagine: http://www.3iprint.de/fileadmin/_processed_/0/d/csm_12367_CSI_3i-print_Slider-1-300_34f3e15f94.jpg.

La stampante 3D: tecnologie e materiali

Esistono diversi metodi di fabbricazione additiva, i principali sono:

> **FDM – Fused Deposition Modeling:** un ugello deposita un filamento di una resina termoplastica fuso su una struttura di supporto, strato dopo strato. È la tecnologia più diffusa tra le stampanti consumer.

> **Stampa a getto d'inchiostro (IJM, MJM):** viene sparso uno strato di polvere (gesso o resine) sul letto della stampante, la testina di stampa getta inchiostro e un legante sulla porzione di materiale da solidificare e ripete il processo finché non è stampato ogni strato.

> **SL – StereoLitografia:** creazione di parti solide tramite solidificazione selettiva di una resina fotopolimerica con un raggio laser UV. Il processo avviene strato su strato dal basso verso l'alto solidificando sezioni della parte: dopo la creazione di un layer la vasca che ospita il materiale viene abbassata e viene poi riempita con un nuovo strato di resina liquida per solidificare il livello successivo. Se necessario vengono create anche le strutture di supporto.

> **DLP – Digital Light Processing:** una vasca di polimero liquido è esposto alla luce di un proiettore in condizioni di luce inattinica. Il polimero liquido esposto si indurisce. La piastra di costruzione poi si muove in basso in piccoli incrementi e il polimero liquido è di nuovo esposto alla luce. Il processo si ripete finché il modello non è costruito, strato dopo strato. Il polimero liquido è poi drenato dalla vasca, lasciando il modello solido finito.

> **LOM – Laminated object manufacturing:** strati di carta, plastica o metallo laminato vengono incollati e tagliati tramite una lama o tramite laser fino alla realizzazione della forma desiderata.

> **EBM – Electron beam melting** (fusione a fascio di elettroni): una sorgente di elevata energia, composta da un fascio opportunamente concentrato e accelerato di elettroni, colpisce un materiale metallico in forma "micro granulometrica" provocandone la fusione.

Il numero di **materiali** stampabili è in continua crescita, i più diffusi sono i polimeri termoplastici, adottati dalle stampanti a deposizione di filamento, quali ABS, PLA, nylon, policarbonato, polistirene; nelle tecnologie di fotopolimerizzazione si utilizzano principalmente resine acriliche e epossidiche. Esistono tuttavia anche stampanti in grado di estrarre la ceramica, i metalli preziosi (oro e argento), il titanio, l'ottone e il bronzo.

La stampante 3D: applicazioni

Attualmente l'utilizzo principale della fabbricazione additiva riguarda il settore industriale per la produzione di prototipi, e gli studi di design che, oltre ai prototipi, spesso realizzano, avvalendosi di questa tecnologia, oggetti di design dalle forme complesse. Tuttavia gli ambiti più disparati stanno sperimentando l'additive manufacturing: dallo sport all'architettura, dall'edilizia alla biomedica.

Il settore medicale è quello che si prospetta più promettente in termini di benefici che può ricevere dall'utilizzo della stampa 3D, grazie all'elevata personalizzazione che si può raggiungere, con costi in continua diminuzione. Attualmente l'utilizzo della stampa 3D in questo settore riguarda soprattutto la creazione di protesi, in particolar modo protesi dentarie. Tuttavia anche la ricerca in ambito medico si avvale sempre più spesso di questa tecnologia.



Cuore artificiale morbido stampato in 3D ²⁰¹

²⁰¹ Fonte immagine: <https://pbs.twimg.com/media/DGGF6foVwAA1KBL.jpg>.



Casa stampata in 3D dallo Zhuoda Group²⁰²

Grazie alla stampa 3D, ad esempio, recentemente il *Politecnico Federale di Zurigo* (ETH Zürich), ha realizzato un cuore artificiale morbido che potrebbe rivoluzionare il sistema di trapianto cardiaco. Nell'ambito della chirurgia ricostruttiva, i ricercatori della *Università di Scienza e della Tecnologia* di Pohang della Corea del Sud hanno sviluppato un metodo efficiente e conveniente per la stampa 3D della pelle umana. Anche in ambito veterinario sempre più spesso si ricorre alla stampa 3D per la creazione di protesi.

In ambito architettonico, recentemente un'intera casa costruita ed assemblata in meno di 3 ore dalla compagnia cinese *Zhuoda Group*, che ha realizzato l'impresa grazie alle nuove tecnologie di fabbricazione digitale.

Nel settore culinario, è possibile realizzare vere e proprie sculture con il cioccolato, dalle forme più curiose e affascinanti. Anche in quest'ambito, inoltre, prosegue la ricerca e la sperimentazione: i ricercatori del *Tangible Media Group*²⁰³ del MIT hanno creato forme di pasta che da due dimensioni diventano tridimensionali quando sono in acqua. La "pasta programmabile" è costituita da gelatina mescolata con l'amido. La gelatina si espande naturalmente all'assorbimento dell'acqua, dando ai ricercatori la possibilità di manipolare il cibo.

La previsione più accreditata sul futuro delle stampanti 3D a medio/breve termine è che nei prossimi anni la loro diffusione continui a crescere e che si acquisti maggiore dimestichezza nel loro utilizzo. I costi di acquisto e i costi di produzione continueranno a diminuire, cosicché piccole serie di prodotti scalzeranno i processi produttivi tradizionali e verranno stampate in 3D, sia dalle aziende che dai privati.

²⁰² Fonte immagine: <http://www.habimat.it/wp-content/uploads/2015/08/Zhuoda-Group-01.jpg>.

²⁰³ <http://tangible.media.mit.edu/>

Come costruire una stampante 3D?

Come si costruisce una stampante 3D? Da dove si inizia? Quale sarà la 3D Printer più adatta all'uso che se ne vuol fare?

Prima di iniziare la costruzione di una stampante 3D, bisogna valutare che tipo di oggetto si vuole stampare.

Oltre al **volume di stampa**, che varia a seconda della stampante 3D, l'altra caratteristica che deve essere presa in considerazione è la **risoluzione**.

Per "risoluzione" di una stampante 3D si intende lo spessore minimo di materiale che una stampante 3D riesce a estrarre. Di solito espressa in micron, può variare dai 100 ai 300 micron per una comune stampante 3D con tecnica a FDM (Fused deposition modeling), fino ad arrivare a livelli minimi di 10 micron per alcuni modelli in DLP (Digital light processing). Quindi si evince che più è basso il valore di risoluzione, più lo strato di materiale è sottile, e quindi più definito è l'oggetto che si va a realizzare.

Tuttavia, quanto più lo strato è fine, tanto più i tempi per realizzare l'oggetto si allungheranno: come sempre bisogna trovare il giusto compromesso, tenendo conto dell'uso che si vuole fare della stampante 3D.

Per costruire una stampante 3D si possono seguire strade differenti, con livelli di difficoltà crescenti. Sicuramente la strada più semplice da percorrere è quella di acquistare una stampante 3D in kit da un'azienda italiana cui è possibile chiedere assistenza nel caso in cui si dovessero incontrare difficoltà tecniche. Un'altra strada da seguire, sicuramente più complessa, ma anche più affascinante è quella di costruirsi da sé la stampante 3D partendo da zero.

Il modello che ha dato il via alla diffusione della **stampa 3D fai-da-te** nasce da un progetto chiamato *RepRap*²⁰⁴ (abbreviazione di Replicating Rapid Prototyper), fondato nel 2005 da Adrian Bowyer. L'intento di questo progetto era costruire una stampante 3D in grado di autoreplicarsi, ossia in grado di stampare tutte le componenti in plastica necessarie per realizzare una nuova copia della stampante stessa.

Il progetto ha riscosso un successo mondiale, in quanto ha abbattuto notevolmente i costi di produzione e costruzione ed è accessibile a tutti, essendo liberamente fruibile dal sito RepRap. Tuttavia, poiché la costruzione di questa macchina richiede un'ottima esperienza in ambito elettronico-meccanico, alcune aziende hanno messo in vendita dei kit con istruzioni che ne rendono il montaggio molto più semplice.

²⁰⁴ http://reprap.org/wiki/Build_A_RepRap

I modelli di stampanti 3D che si sono maggiormente diffusi in ambito domestico sono sostanzialmente quattro:

1. DARWIN:

Il progetto ReRap 1.0. fu chiamato, dal suo creatore, Adrian Bowyer, Darwin, in onore del naturalista britannico Charles Robert Darwin, per sottolineare la consapevolezza che il progetto di stampa 3D è in continua evoluzione.

Il funzionamento di una stampante Darwin è piuttosto semplice: due motori muovono l'estrusore sugli assi x e y, mentre il piatto sottostante scende sul piatto z. Un quarto motore regola l'avanzamento del filamento all'interno dell'estrusore.

2. MENDEL:

In onore del padre della genetica Gregor Johann Mendel è stata battezzata la seconda versione di stampa 3D. Si tratta di una versione migliorata della stampante Darwin, dalle dimensioni più contenute, in modo tale da poter essere collocata su una scrivania. Tuttavia, la riduzione delle dimensioni della stampante ha fatto sì che si riducesse sensibilmente anche l'area di stampa, per cui, nelle versioni successive, le dimensioni sono tornate a crescere.

3. DELTABOT:

La stampante Deltabot è nata dal progetto Delta Robot, un robot costituito da tre bracci oscillanti su un piano fisso. I tre bracci mobili si muovono sui tre assi tenendo l'estrusore perpendicolare al piano sottostante, che invece rimane fisso. Punti di forza di questa stampante sono la velocità e la precisione di stampa, a fronte di un costo di produzione leggermente più elevato.

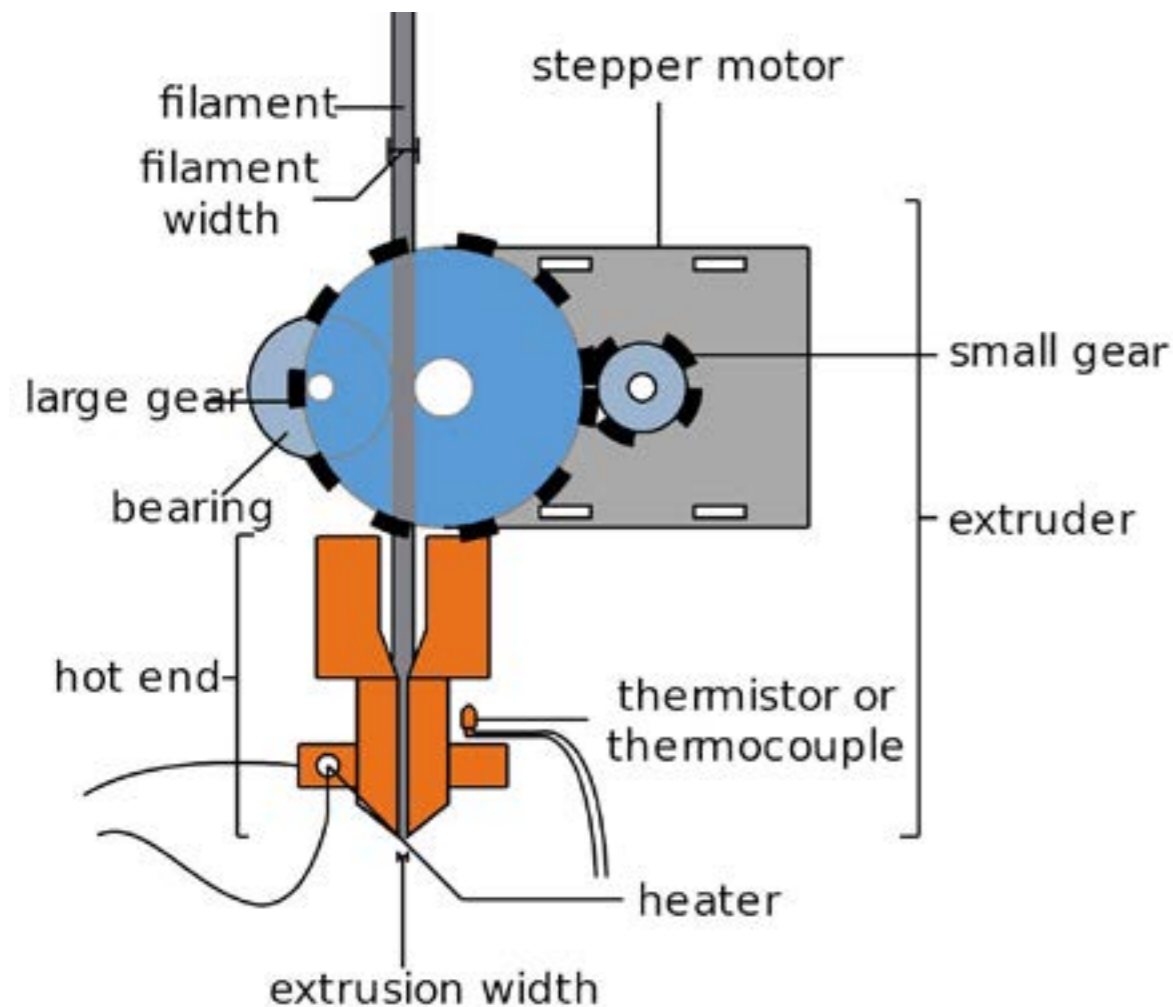
4. PRUSA:

La stampante 3D più popolare della comunità RepRap è senz'altro la RepRap Prusa Mendel, o più semplicemente Prusa. Il nome deriva dal suo inventore Josef Prusa, che ha apportato notevoli migliorie alla stampante Mendel sia alle parti meccaniche che a quelle in plastica, come pure al posizionamento dei motori, semplificandone la costruzione e aumentando la precisione di stampa.

In generale, i componenti di base di una stampante 3D sono:

- Struttura
 - Telaio meccanico
 - Piatto di stampa
 - Parti in plastica (replicabili in 3d)
 - Estrusore
- Motori
- Sensori fine corsa
- Schede elettroniche
- Resistore scaldante
- Termistore
- Alimentatore
- Filamento

²⁰⁵ link: <http://reprap.org/mediawiki/images/thumb/2/22/FFF.png/668px-FFF.png>



²⁰⁵ Schema esemplificativo del funzionamento di un estrusore

• Struttura

Per realizzare un **telaio** di una stampante 3D occorre utilizzare un compensato lamellare da 20-25mm di spessore (va bene anche compensato marino o Medium Density, purché sia a basso coefficiente di dilatazione; il legno massiccio invece non è indicato). Il **piatto** della stampante serve a raccogliere il materiale fuso dall'estrusore. Solitamente si tratta di un quadrato in alluminio, su cui viene collocato uno specchio o un vetro per fare in modo che la superficie sia perfettamente piana.

L'**estrusore** è la sezione più delicata dell'intera stampante. Il suo corretto funzionamento influisce fortemente sulla qualità di stampa. Come si vede dallo schema riportato in figura, il filamento di materiale plastico viene fatto passare attraverso una camera riscaldata ad alta temperatura. Da qui, tramite la spinta di un pignone collegato a un motore stepper, la plastica liquida viene espulsa dall'ugello.

L'estrusore è un pezzo composto da più parti:

- parti plastiche stampate;
- un motore stepper;
- vite zigrinata contrapposta ad un cuscinetto per pinzare e spingere il filo plastico;
- un blocco forato e scaldante, in inglese Hot-End, dove si fonde il filo e viene estruso da un foro posto all'estremità;
- un resistore scaldante;
- un termistore (sensore di temperatura);
- Bulloneria.

Le altre componenti meccaniche (barre filettate, viti e bulloni) sono facilmente reperibili in un qualsiasi negozio di ferramenta.

• Motori

Per comprendere il funzionamento di una stampante, dobbiamo immaginare che il suo piano di lavoro è una sorta di diagramma cartesiano, lungo il quale avviene il movimento di stampa.

I motori di una stampante 3D sono pertanto tre, uno per ogni asse:

- ASSE X – Movimento del carrello di stampa con estrusore,
- ASSE Y – Movimento del Letto di stampa heated bed etc,
- ASSE Z - Movimento verticale del carrello di stampa con estrusore.

• Sensori

Nel momento in cui diciamo al carrello che sta sulla X di andare nella posizione "casa", cioè quella iniziale, questo scorrerà verso

sinistra fino a che non toccherà un sensore che gli dirà di fermarsi. Tali sensori sono pertanto chiamati Endstop, perché servono a delimitare i movimenti degli assi ed individuare la home position.

In base alla posizione degli Endstop cambia la posizione del connettore. Ci sono due tipi di end-stop: meccanici e ottici. Quelli meccanici sono molto più facili da implementare e con una durata e resistenza più elevate.

• Schede elettroniche

Esistono moltissimi tipi di schede per il controllo dei motori, della temperatura e dell'estrusore e del piatto riscaldato. Normalmente sono tutte basate su processori in grado di pilotare transistor di potenza. Le più diffuse per una stampante 3D ReRap sono le seguenti:

• RAMPS:

Viene montata sopra l'Arduino come uno shield. Sopra la RAMPS vengono montati a loro volta i motor controller, che poi saranno connessi ai singoli motori.

• Sanguinololu:

Questa scheda è stata progettata dalla Pololulo per gestire da sola una stampante 3D. Non vi servirà un Arduino Mega in quanto esso è già integrato in questa scheda. Questa scheda può ospitare 4 motor controller, ma sono più che sufficienti per far funzionare la nostra stampante.

• Il resistore

Il resistore, o più comunemente resistenza, si innesta nell'hot-end dell'estrusore ed al passaggio di corrente aumenta di temperatura permettendo la fusione del filamento plastico.

• Il termistore

In parole semplici il termistore è un sensore di temperatura, necessario a monitorare e quindi regolare le temperature dell'hot-end e del letto di stampa: in totale sono quindi necessari due termistori.

• L'alimentatore

L'alimentatore serve a mantenere in vita tutto il sistema. Solitamente viene utilizzato un alimentatore switching, del tipo simile a quelli utilizzati nei pc, con potenza sufficiente a reggere il lavoro dei motori, dell'estrusore e del piatto riscaldato. Solitamente la potenza è di circa 300-400 watt.

• Il filamento

I filamenti di stampa più comuni per una stampante fai-da-te sono:

- **ABS:** l'ABS (acrilonitrile-butadiene-stirene; formula chimica $(C_8H_8 \cdot C_4H_6 \cdot C_3H_3N)_n$) è una resina termoplastica sintetica derivata dallo stirene polimerizzato insieme all'acrilonitrile in presenza di polibutadiene, e perciò può essere definito come termpolimero.

Presenta buona rigidità e tenacità a basse temperature fino a $-40^\circ C$, elevata durezza, resistenza agli urti e alle scalfitture.

• **PLA:** il PLA si ottiene dalla polimerizzazione dell'acido lattico derivato dal destrosio che è uno zucchero derivato dal mais. In realtà qualunque pianta può essere utilizzata per produrlo. Il PLA è un materiale rigido dotato di trasparenza vetrosa; possiede una limitata resistenza alla temperatura (60° circa).

In generale, tutto il materiale necessario per costruire una stampante è facilmente reperibile da internet.

E le istruzioni?

Se si acquista un Kit di montaggio saranno incluse nel kit stesso. Altrimenti, anche in questo caso, internet è piena di fonti interessanti tramite le quali è possibile documentarsi. Non resta che armarsi di pazienza e avviare la ricerca!

Allo stesso modo, se si desidera reperire un modello 3D già pronto per la stampa, è possibile trovarne molteplici in rete, disponibili open-source. Oltre al già citato Thingiverse, ecco altri portali open-source dedicati alla stampa 3D:

<https://www.theshaper.net/catalogo.html>

<https://pinshape.com/>

<https://www.3dhubs.com/>



Mediterranean FabLab @School: Arduino in funzione²⁰⁶

Impariamo l'elettronica con Arduino

Che cos'è Arduino?

Per spiegare cos'è Arduino non c'è fonte migliore da cui partire del sito ufficiale, dove leggiamo che Arduino è "una piattaforma di prototipazione elettronica open-source basata su software e hardware, flessibile e facile da usare. È pensato per artisti, designer, appassionati e chiunque sia interessato a creare ambienti o oggetti interattivi."

Le schede elettroniche Arduino sono molto piccole ed economiche, ma estremamente versatili. Si possono usare per controllare le luci di casa, far funzionare un robot, lanciare un razzo amatoriale, costruire un sistema domotico per controllare in remoto le caratteristiche di un terreno (luce, ph, temperatura, etc.), realizzare complessi strumenti scientifici e mille altri progetti. Arduino è compatibile praticamente con tutti i sensori esistenti (temperatura, umidità, battito cardiaco, luce, etc.), e anche per questo la gamma di possibilità è potenzialmente sconfinata, tutto dipende dall'inventiva²⁰⁷.

²⁰⁶ Foto scattata al Mediterranean FabLab durante un corso su Arduino.

²⁰⁷ <https://www.tomshw.it/cos-arduino-ma-gia-sogni-diventano-realta-80444>.



Scarpa autoallacciante prototipata con Arduino ²¹¹

In pochi anni, sono state realizzate scarpe autoallaccianti²⁰⁸ - molto prima che Nike le mettesse in commercio - o sistemi come *Eyewriter*²⁰⁹ che collegandosi a un PC e permette di scrivere solo muovendo gli occhi e come *Plantduino*²¹⁰ sistema di automazione per piccole serre domestiche.

I ciclisti possono facilmente costruirsi una giacca con frecce lampeggianti²¹², perché tirare fuori il braccio potrebbe non bastare di notte. Si può realizzare un robot che prepara il tè, un sensore che rileva la pioggia, un controller per luci natalizie.

Arduino funziona su qualsiasi pc, da Mac, a Windows e Linux. In parole semplici, una scheda Arduino è un elaboratore che legge un input e restituisce un output; ognuno di noi può programmarlo usando l'*Arduino Programming Language* e l'*Arduino Software (IDE)*, che è basato su un linguaggio molto simile a quello di *Processing*²¹³.

L'interazione di questi due strumenti prospetta molteplici possibilità nell'ambito dell'arte interattiva, come ad esempio la generazione di effetti grafici, video e audio, in base al valore di uno o più sensori collegati ad Arduino.

²⁰⁸ <http://www.instructables.com/id/Power-Laces-the-Auto-lacing-shoe/>

²⁰⁹ <http://www.instructables.com/id/The-EyeWriter-20/>

²¹⁰ <http://www.instructables.com/id/Backyard-Automated-Greenhouse/>

²¹¹ Fonte immagine: <https://cdn.instructables.com/FBI/7C8G/GB3W26UF/FBI7C8GGB3W26UF.MEDIUM.jpg>

²¹² <http://www.instructables.com/id/turn-signal-biking-jacket/>

²¹³ Processing è un linguaggio di programmazione molto potente, disponibile per PC, Mac e Linux. Basato su Java, è un programma semplice ma estremamente evoluto, e consente di creare con relativa facilità programmi complessi, che vanno dalla gestione di video, pdf, immagini, alla grafica 2D e 3D, etc. In genere, pertanto, Processing viene sfruttato per creare interfacce grafiche sofisticate, con le quali interagire con Arduino.



Massimo Banzi, inventore di Arduino²¹⁵

Arduino nasce nel 2005 presso l'*Ivrea Interaction Design*, il suo team è composto da Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, e David Mellise. A ottobre 2008 in tutto il mondo erano già stati venduti più di 50.000 esemplari di Arduino, e al giorno d'oggi migliaia di persone in tutto il mondo hanno iniziato ad utilizzarlo, da hobbisti a professionisti, come anche le scuole, che ricorrono all'utilizzo di Arduino quale preziosa risorsa didattica per sviluppare progetti di scienze e di informatica, piuttosto che per la robotica²¹⁴.

Il software di Arduino, infatti, è semplice da utilizzare e pertanto adatto ai principianti, ma allo stesso tempo abbastanza flessibile da rispondere ai bisogni degli utenti avanzati. Studenti e insegnanti lo usano per costruire strumenti scientifici economici, per verificare principi fisici e chimici, o per cominciare con la programmazione e la robotica. Progettisti e architetti, invece, costruiscono prototipi interattivi. Artisti lo usano per installazioni museali o per sperimentare l'uso di nuovi strumenti musicali. La sfida di oggi è proprio quella di sviluppare un progetto originale, nel quale non sia già stato testato l'utilizzo di questa preziosa scheda elettronica.

²¹⁴ <http://pietrolodi.altervista.org/arduino1/>.

²¹⁵ Fonte immagine: https://i.ytimg.com/vi/2X8d_r0p92U/maxresdefault.jpg

Da cosa è composta una scheda Arduino?

1. I PIN:

Arduino è costituito da diversi pin, che possono essere impostati in modo da eseguire operazioni di INPUT ("far entrare" un dato all'interno della scheda) oppure di OUTPUT ("far uscire" un dato dalla scheda). Essi si differenziano in analogici e digitali²¹⁶.

Attraverso un pin analogico, Arduino sarà in grado di comprendere valori variabili, mentre attraverso uno digitale, Arduino può capire solo due stati: 0 e 1, che corrispondono al passaggio o meno di corrente elettrica attraverso essi. I pin digitali, sono utili, ad esempio, per leggere lo stato di un pulsante: se questo viene premuto passerà corrente, e Arduino leggerà lo stato 1, in caso contrario manterrà lo stato 0.

Esistono inoltre altri pin, che hanno la funzione di alimentazione dei vari circuiti che possono essere costruiti. Ogni pin ha una tensione differente.

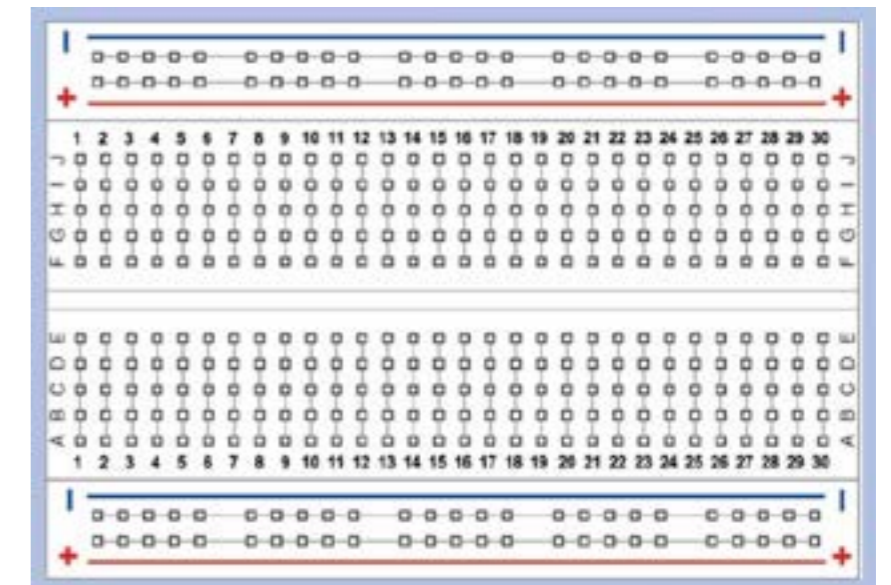
2. LA BREADBOARD:

La breadboard è uno strumento fondamentale che permette di creare prototipi in modo semplice e veloce, senza ricorrere a saldature. Esistono più versioni di breadboard; quella inclusa nel kit starter di Arduino ha 400 punti di contatto. È costituita da 400 fori in cui si inseriranno i terminali dei vari componenti²¹⁷.

²¹⁶ <http://pietrolodi.altervista.org/guida-2-arduino-le-basi-della-programmazione/>.

²¹⁷ <http://pietrolodi.altervista.org/arduino3/>

²¹⁸ Fonte immagine: <https://lh3.googleusercontent.com/o25rR34fsEos7obNR-LJ5fXeik9AVXpw9rWtvevArzXn6H-L4A-3NoWmu9sOZGz3vMyIFjnqg=s122>



Esempio di Breadboard²¹⁸

All'interno del guscio di plastica le Breadboard nascondono piste di collegamento metalliche, disposte secondo una logica ben precisa:

- sui due lati più lunghi sono presenti le piste di alimentazione. I pin sono connessi tra loro, creando due linee utili per portare corrente ai componenti innestati nell'area principale;
- nell'area più interna i pin sono collegati tra loro; il canale centrale vuoto suddivide ogni riga in due metà non connesse tra loro.

3. SENSORI e ATTUATORI:

I sensori sono componenti elettronici in grado di percepire qualcosa dall'ambiente che li circonda e trasformarlo in un segnale elettrico interpretabile dal processore della scheda Arduino.

Gli attuatori sono l'esatto opposto: trasformano i segnali elettrici che ricevono in fenomeni percepibili nell'ambiente dagli utenti. Immagina un LED (che emette luce), un altoparlante (che emette suoni) o un motore (che genera movimento).

4. LE RESISTENZE:

Le resistenze servono a limitare la tensione e la corrente a un determinato componente. L'unità di misura della resistenza è l'ohm; i principali multipli sono il chilo ohm (kohm) e il megaohm (Mohm). Ad esempio sono usate per i LED, che hanno un voltaggio di circa 2V, mentre Arduino ne fornisce 5. In questo caso si usa una resistenza da 220 ohm.

5. I CONDENSATORI:

Sono in grado di accumulare energia elettrica. Possono essere polarizzati (positivo e negativo definiti), o non polarizzati. La capacità si misura in sottomultipli del Farad:

- microFarad: μF (10⁻⁶ F)
- nanoFarad: nF (10⁻⁹)
- picoFarad; pF (10⁻¹² F)

Inoltre, essi differiscono per la tensione massima che può essere applicata ai terminali.

6. I TRANSISTOR:

Con un transistor si può controllare il flusso di corrente tra collettore ed emettitore tramite una piccola corrente applicata alla base. Essi sono:

- Collettore
- Base
- Emettitore

Come si scrive un programma per Arduino?

Per compilare il codice del programma, dobbiamo utilizzare un software apposito: l'**IDE di Arduino**. Un IDE (*Integrated Development Environment*, ossia ambiente di sviluppo integrato), in generale è un software che ci permette di scrivere e creare un programma.

L'IDE Arduino è disponibile per diversi sistemi operativi, quali Windows, Linux, MacOSX e la sua interfaccia (vedi foto seguente) presenta varie sezioni e comandi, tra cui:

1. I pulsanti per accedere alle funzioni più importanti.
2. Il pulsante per visualizzare il monitor seriale.
3. L'area dedicata alle tab con i file dello sketch aperto: funziona in modo analogo a quella di un browser web.
4. L'area principale dell'editor testuale, dove scrivere il codice che verrà poi compilato per programmare la scheda.
5. La barra di notifica, dove il software ti aggiorna sulle operazioni in corso.
6. La console, dove vengono visualizzati messaggi di errore e altre informazioni.
7. Il numero della riga su cui è posizionato il cursore.
8. Nella barra in basso è sempre visualizzata la scheda selezionata e la porta di comunicazione utilizzata.

L'interfaccia "di base" dell'IDE Arduino è la seguente:



```
SimpleSerialRead | Arduino 1.0.3
SimpleSerialRead

char val; // Data received from the serial port
int ledPin = 13; // Set the pin to digital I/O 13

void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // Set pin as OUTPUT
  Serial.begin(9600); // Start serial communication at 9600 bps
}

void loop() {
  if (Serial.available()) { // If data is available to read,
    val = Serial.read(); // read it and store it in val
  }
  if (val == '1') { // If 1 was received
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // turn the LED on
  }
  else {
    digitalWrite(ledPin, LOW); // otherwise turn it off
  }
  delay(10); // Wait 10 milliseconds for next reading
}

Done Saving
Binary sketch size: 2,380 bytes (of a 32,256 byte maximum)
Arduino Uno on /dev/tty.usbmodemfd11E
```

Schermata di Arduino²¹⁹

In alto puoi notare dei pulsanti che servono, in ordine da sinistra: a controllare il codice scritto, caricare il programma su Arduino, creare un nuovo progetto, aprire e salvare un progetto. Subito sotto invece c'è l'area dedicata alla scrittura del programma. In basso puoi vedere uno spazio dedicato alla notifica, da parte del programma, di eventuali errori.

²¹⁹ Fonte immagine: <http://pietrolodi.altervista.org/arduino3/>.

Elementi di programmazione

• Costanti:

Nel linguaggio di programmazione di Arduino è inserita una serie predefinita di parole chiave con valori speciali.

- **INPUT** e **OUTPUT**: sono usate per definire se uno specifico Pin deve essere un dato di entrata o un dato di uscita.
- **High** e **Low**: sono usati per esempio quando si vuole "accendere o spegnere" un Pin di Arduino.
- **True** e **False**: indicano se la condizione è vera o falsa.

• Sintassi:

La sintassi di programmazione è la seguente:

- ; il punto e virgola deve essere inserito alla fine di ogni istruzione e per separare gli elementi del programma;
- { } Un blocco di istruzioni è un gruppo di istruzioni racchiuso entro parentesi graffe.
- /* ...*/ si utilizza per scrivere dei blocchi di commento.
- // si utilizza per scrivere una sola linea di commento.

Il codice di un programma per Arduino è composto principalmente da due "parti".

La prima, definita con "**void setup**", contiene delle operazioni che vengono eseguite solo ed unicamente all'avvio del programma, e quindi di Arduino. L'altra parte è definita da "**void loop**" e contiene delle operazioni che vengono eseguite ripetutamente, fino allo stacco dell'alimentazione. Le operazioni di queste due parti di codice sono comprese tra due parentesi graffe. Per stampare in un campo di testo una parentesi graffa è sufficiente che tu prema il tasto "Alt Gr", "Shift" e la parentesi quadra aperta o chiusa, a seconda della graffa che vuoi ottenere.

• Variabili:

Le variabili sono utilizzate per registrare nella memoria RAM di Arduino dei dati da utilizzare all'interno del programma. Come dice il nome stesso, le variabili possono essere cambiate tutte le volte che vogliamo. Quando si dichiara una variabile bisogna dichiararne anche il tipo. Questo significa dire al processore le dimensioni del valore che si vuole memorizzare.

Ne esistono di molteplici tipologie (vedi schema pagina seguente)

Tipi di dichiarazione	Rappresentazione	N. di byte	Intervallo
Boolean			True - False / On - Off / High - Low
Char	Carattere	1 (8 bit)	- 127 +127
Byte	Carattere	1 (8 bit)	0 +255
Int	Numero intero	2 (16 bit)	-32.768 + 32.767
Unsigned int	Numero intero	2 (16 bit)	0 + 65.535
Short	Numero intero "corto"	2 (16 bit)	
Long	Numero intero "lungo"	4 (32 bit)	-2.147.483.648 +2.147.483.647
Float	Numero reale	4 (32 bit)	-3.4028235E+38 a + 3.4028235E+38
Double	Numero reale "lungo"	8 (64 bit)	1.7976931348623157 x 10 ³⁰⁸

Variabili Arduino²²⁰

• Strutture di controllo:

If...else - Permette di prendere delle decisioni all'interno del programma, ma deve essere seguito da una domanda sotto forma di espressione tra parentesi.

- Se la domanda è vera, tutto ciò che segue verrà eseguito.
- Se è falso, verrà eseguito tutto il codice che segue else.
- If è possibile usarlo senza usare necessariamente else.

Esempio: `if (val=1){digitalWrite(LED, HIGH);}`

For - Ripete il codice per un numero predefinito di volte.

Esempio: `for(int i=0;i<10;i++){Serial.print("Ciao");} //stampa 10 volte "Ciao"`

• Operatori di Comparazione:

Quando si specificano delle condizioni ci sono vari operatori che tu puoi usare:

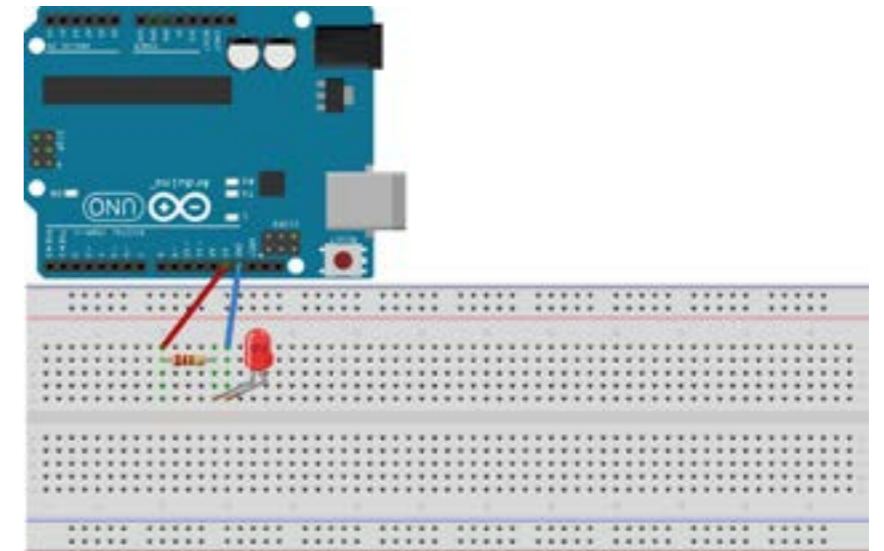
- == uguale a
- > maggiore di
- < minore di
- != diverso da
- <= minore o uguale
- >= maggiore o uguale

• Operatori Booleani:

Esistono tre tipi di operazioni booleane:

1. **&&** (And)
2. **||** (Or)
3. **!** (Not).

²²⁰ Fonte immagine: <http://pietrolodi.altervista.org/arduino3/>.



Esempio di Arduino in funzione ²²¹

Esempi di Prototipazione elettronica con Arduino

1. Arduino, lampeggiamento di un LED

Nell'immagine riportata sotto possiamo visualizzare lo schema elettrico del collegamento del LED.

I LED, sono dei diodi ²²² che emettono luce. Un diodo è un componente che ammette il passaggio di corrente in un solo senso. I diodi hanno due terminali: anodo e catodo.

Il flusso di corrente può passare solamente da anodo a catodo, non viceversa. Collegheremo quindi l'anodo a massa (al negativo), mentre il catodo al positivo, ovvero al pin 13. Poiché la tensione dei pin digitali di Arduino è +5v e quella necessaria ad alimentare il LED è di circa 2.1v, è necessario applicare una resistenza da 220 Ohm tra il pin 13 e il catodo.

Nella prima parte, il **setup**, bisogna semplicemente definire il pin 13 come pin di OUTPUT, in questo modo:

```
void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
}
```

²²¹ Fonte immagine: <http://pietrolodi.altervista.org/wp-content/uploads/2014/12/blink.jpg>

²²² Il diodo è un componente elettronico passivo, non-lineare a due terminali (bipolo), la cui funzione ideale è quella di permettere il flusso di corrente elettrica in un verso e di bloccarla quasi totalmente nell'altro. Da questa struttura iniziale si sono evoluti nel tempo sia componenti con struttura più complessa basati su un principio differente, come i diodi a tempo di transito, sia nuovi dispositivi a tre terminali, come gli SCR e i triac, che hanno abbandonato il nome di diodo. <https://it.wikipedia.org/wiki/Diodo>

Successivamente nel loop, bisogna indicare quali sono le azioni che devono essere ripetute all'infinito.

Dovremmo pertanto scrivere:

```
void loop() {  
  digitalWrite(13,HIGH);  
  per associare lo stato logico "alto" al pin 13.
```

Poi va scritto:

```
  delay (500);
```

per impostare una pausa di mezzo secondo. Il tempo viene riconosciuto come millisecondi, occorre quindi scrivere "500".

Ora, per far spegnere il LED, bisogna scrivere:

```
  digitalWrite(13,LOW);
```

in questo modo lo stato logico "basso" verrà associato al pin 13, e di conseguenza non passerà corrente.

Infine basta inserire un'altra pausa e il gioco è fatto!

```
  delay (500);  
}
```

Ecco quindi il codice completo per far lampeggiare un LED:

```
void setup(){  
  pinMode(13, OUTPUT);  
}  
  
void loop(){  
  digitalWrite(13,HIGH); //led acceso  
  delay (500); //ritardo  
  digitalWrite(13,LOW); //led spento  
  delay (500); //ritardo  
}
```

È importante notare la presenza di parti di testo che non fanno parte del codice; sono i commenti. Essi servono per scrivere delle annotazioni che solo il programmatore può vedere.

Un commento di una riga si può scrivere con i simboli // seguiti dal testo, mentre uno multilinea si scrive con /* all'inizio e */ alla fine:

```
/*commento multi linea  
  ...  
  ...  
  */  
//commento a una riga
```

Infine ricordiamo che ogni istruzione, nel linguaggio di Arduino, termina con il punto e virgola ;.

È bene quindi ricordare di scriverlo sempre, altrimenti il programma non funzionerà correttamente!

2. Arduino, lampeggiamento a frequenza variabile

Il presente esercizio riprende quello precedente, con la differenza che il tempo in cui il LED è acceso e quello in cui è spento variano, grazie a un potenziometro tramite il quale l'utente interagisce con il circuito.

Un potenziometro è una resistenza variabile.

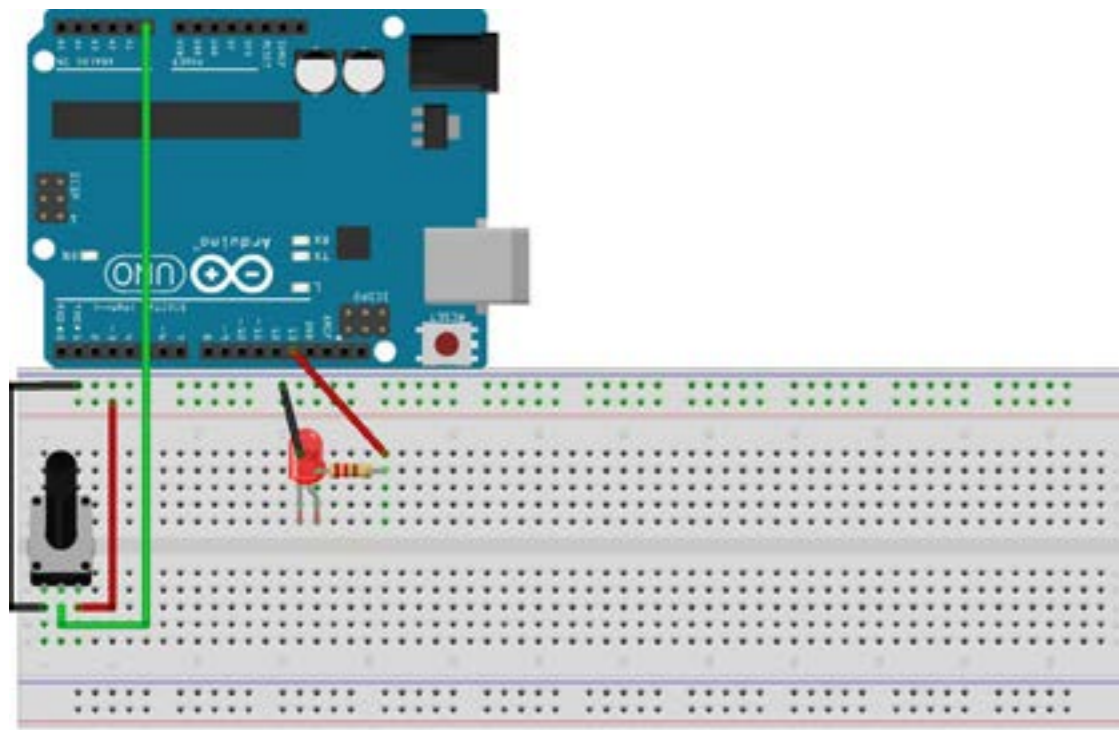


²²³Foto scattata durante una lavorazione presso il Mediterranean FabLab.

Potenziometro ²²³

Esso possiede tre piedini: i due laterali vanno collegati al positivo (5v) e alla massa. Quello centrale, invece, va collegato a un pin analogico di Arduino. Questo perché il valore che imposti sul potenziometro è variabile; non corrisponde a 0 o 1 (come nei pin digitali). In tal modo in tale pin la tensione varierà da 0 a 5v. Arduino converte questa tensione in un numero che varia da 0 a 1023 (il numero massimo rappresentabile con 10 bit).

Vediamo lo schema elettronico del progetto:



Schema elettronico del progetto²²⁴

Il potenziometro va collegato come nell'esempio precedente; lo stesso vale per il resto del circuito. Vediamo ora il codice. Come abbiamo detto precedentemente, una variabile è un valore che cambia nel tempo, che può essere di vari tipi: intero, booleano, una stringa etc., a cui viene associato un nome. In alcuni linguaggi di programmazione non è necessario dichiarare di che tipo è una variabile. Ciò, però, non accade su Arduino, quindi, per definire la variabile bisogna comunicarne ad Arduino il tipo.

²²⁴ Fonte immagine: <http://pietroloidi.altervista.org/wp-content/uploads/2014/12/blink-con-potenzimetro1-e1419423339763.jpg>.

In questo caso, usiamo una variabile intera che chiamiamo "valore_potenziometro" e a cui assegniamo il valore "0" (zero):

```
int valore_potenziometro=0;
```

A questo punto va scritto il setup, all'interno del quale va impostato il pin 13 come output e il pin analogico "A0" come input:

```
void setup(){  
  pinMode(13,OUTPUT);  
  pinMode(A1,INPUT);  
}
```

Passiamo, infine, al loop; qui diciamo ad Arduino di cambiare il valore della variabile "valore_potenziometro" (che inizialmente era zero) con la "lettura" del potenziometro, quindi il valore compreso tra 0 e 1023:

```
void loop(){  
  valore_potenziometro=analogRead(0);  
  Infine scriviamo il codice del programma:  
  digitalWrite(13,HIGH);  
  delay(valore_potenziometro);  
  digitalWrite(13,LOW);  
  delay(valore_potenziometro);  
}
```

In questo modo otteniamo che:

- con il potenziometro impostato al massimo della sua resistenza, la variabile ha il valore 1023 e quindi il tempo di attesa è poco maggiore di un secondo (ricorda che il tempo viene letto da Arduino in millisecondi);
- con il potenziometro impostato al minimo della sua resistenza, la variabile ha il valore 0 e quindi il tempo di attesa è nullo. Siccome Arduino deve comunque accendere e spegnere il LED, esso non avrà piena luminosità.

3. Arduino, servo motore

Per realizzare un circuito elettrico che aziona un servomotore il codice sarà il seguente:

```
    #include <Servo.h> // libreria servo
    Servo servo1; // dichiarazione del servo
    void setup() {
        servo1.attach(9);
    }
    void loop() {
        int posizione;
        servo1.write(90); // Porta il servo a 90 gradi
        delay(1000); // Pausa per il movimento
        servo1.write(180); // Porta il servo a 180 gradi
        delay(1000); // Pausa per il movimento
        servo1.write(0); // Porta il servo a 0 gradi
        delay(1000); // Pausa per il movimento
        for(posizione = 0; posizione < 180; posizione += 2) {
            servo1.write(posizione); // Nuova posizione
            delay(20); // Pausa breve
        }
        for(posizione = 180; posizione >= 0; posizione -= 1)
    {
        servo1.write(posizione); // Nuova posizione
        delay(20); // Pausa breve
    }
    }
```

Caro docente,

ci auguriamo che questa piccola guida ti abbia offerto spunti, consigli e abbia destato la tua curiosità rispetto alle infinite possibilità che la progettazione e la fabbricazione digitale possono offrire alla didattica scolastica.

Noi di Medaarch - Mediterranean FabLab crediamo fortemente nelle opportunità e nelle nuove sfide che il digitale e le nuove tecnologie offrono alle scuole, in quanto consentono di sperimentare non solo contenuti formativi innovativi, attraverso metodologie di lavoro attive e laboratoriali, ma anche di sviluppare competenze trasversali fondamentali, spendibili nel mondo del lavoro, come anche nella vita quotidiana.

Qualora tu voglia affrontare un percorso didattico, o anche solo ricevere informazioni o chiarimenti rispetto ai vari temi trattati nell'ambito di questa guida, siamo sempre a disposizione per una consulenza, un confronto attivo o per sviluppare insieme progetti o attività formative innovative.

Il nostro programma per le scuole – Mediterranean FabLab @ School – prevede lo sviluppo di corsi versatili, flessibili e personalizzabili, declinati a seconda degli obiettivi e della programmazione dell'offerta formativa dell'istituto, nonché seguendo le esigenze culturali e sociali del territorio.

Inoltre, è possibile concordare con gli istituti interessati le attività da organizzare, calibrando le offerte in modo personalizzato, a seconda delle esigenze dell'Istituto scolastico ed in coerenza con gli obiettivi di questa e la programmazione territoriale dell'offerta formativa.

Il tutto, sempre portato avanti con l'obiettivo di agevolare l'accesso degli studenti alla ricerca, alla sperimentazione e all'innovazione didattica.

Bibliografia e Sitografia

<http://www.economist.com/node/18114327>
<https://www.wired.it/attualita/tech/2016/11/25/cronaca-della-quarta-rivoluzione-industriale/>
<http://www.economia.rai.it/articoli/arriva-la-quarta-rivoluzione-industriale-lo-smart-manufacturing/30732/default.aspx>
<http://www.makeinitaly.foundation/che-cosa-e-un-fablab/>
<https://www.fablabs.io/>
<http://fab.cba.mit.edu/about/fab/inv.html>
<https://www.facebook.com/groups/smallfablab/>
<https://www.facebook.com/groups/smallfablab/1423291297890073/>
<http://www.openp2pdesign.org/2011/fabbing/business-models-for-fab-labs/>
http://p2pfoundation.net/Massimo_Menichinelli
http://p2pfoundation.net/Fab_Labs_-_Business_Models
<http://square-1.eu/uncategorized/designing-a-business-model-for-the-next-digital-revolution-personal-fabrication/>
<http://cba.mit.edu/events/12.08.FAB8/workshops/LifeCycleReport.pdf>
<http://cba.mit.edu/>
<http://www.fabfoundation.org/>
<http://www.fabfoundation.org/fab-labs/fab-lab-criteria/>
<http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>
<http://www.ilprogettistaindustriale.it/ladditive-manufacturing-tra-prototipi-e-produzione-di-massa/>
<http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>
<https://code.org/>
<https://www.primotoys.com/it/>
<http://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>
<https://www.programmailfuturo.it/progetto/cose-il-pensiero-computazionale>
<https://www.robotiko.it/pensiero-computazionale-definizione-significato/>
<https://www.robotiko.it/coding-e-pensiero-computazionale/>
<https://www.robotiko.it/programmazione-a-blocchi-cos-e/>
<https://www.robotiko.it/robotica-educativa-cose/>
<http://ischool.startupitalia.eu/coding/52790-20160317-pensiero-computazionale-scratch>
<https://coderboyblog.wordpress.com/2014/09/18/cosa-e-la-programmazione-a-blocchi/>
<http://malditech.corriere.it/2014/11/21/che-cose-il-coding-e-perche-i-vostri-figli-dovrebbero-imparare-a-programmare/>
<http://www.forumpa.it/scuola-istruzione-e-ricerca/quali-passi-verso-la-scuola-digitale-del-xxi-secolo>
<http://schoolkit.istruzione.it/pnsd/3-vogliamo-andare/>
www.fupress.net/index.php/formare/article/download/18196/17323
<http://schoolkit.istruzione.it/schoolkit/progettare-un-atelier-creativo-nella-tua-scuola/#costi>
<http://www.reggiochildren.it/attivita/atelier/>
<https://www.robotiko.it/tynker-coding/>
<https://www.tinkercad.com/>
<https://scratch.mit.edu/>
<https://www.scratchjr.org/>
<https://blockly-games.appspot.com/>
<https://code.org/>
<https://www.rhino3d.com/it/>
https://www.ilsoftware.it/articoli.asp?tag=Come-stampare-in-3D-con-TinkerCAD_11797
<https://www.freecadweb.org/?lang=it>

<https://www.blender.org/>
<https://www.sketchup.com/it>
https://www.autodesk.it/products/autocad/subscribe?AID=11043077&PID=8227014&SID=jkp_CPODh8qOpdYCFclXGwodmR0Mpg&-gcsrc=ds&mktvar002=afc_it_nmpi_ppc&gclid=CPODh8qOpdYCFclXGwodmR0Mpg&plc=ACD&term=1-YEAR&support=ADVANCED&-quantity=1
<http://www.navigaweb.net/2014/06/10-programmi-cad-gratuiti-per-disegno.html>
<http://s4a.cat/>
<http://blog.ardublock.com/>
<https://it.pearson.com/docenti/secondaria-2-grado/nuovi-strumenti-coding.html>
https://it.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing
https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_Technology
https://it.wikipedia.org/wiki/Tecnologia_dell'informazione
<https://www.fablabs.io/>
https://it.wikipedia.org/wiki/Tecnologie_dell'informazione_e_della_comunicazione
http://www.istruzione.it/scuola_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf
http://www.aupress.ca/books/120155/ebook/01_Mohamed_Ally_2009-Article1.pdf
http://www.amblav.it/Download/l_39420061230it00100018.pdf
MATERIALE MULTIMEDIALE
<http://www.medaarch.com>
[Medaarch s.r.l. s.t.p., Via Alcide De Gasperi 23 - Cava de' Tirreni \(SA\), info@medaarch.com](http://www.medaarch.com)
<https://www.alfagroup.it/wp-content/uploads/2017/03/Industry-4.0.jpg>
https://static.noticiasamazon.com.br/stockimages/1920/naom_59812551aa550.jpg
<http://741567217.r.worldcdn.net/wp-content/uploads/2016/04/FabLab-copertina-def.jpg>
http://www.act-lab.net/uploads/2/6/2/9/26291501/7984977_orig.jpg
<https://static.electronicweekly.com/wp-content/uploads/2015/11/24101608/image26.jpg>
<http://spectrum.mit.edu/wp-content/images/2006-spring/fab-lab.jpg>
http://www.domusweb.it/content/dam/domusweb/en/news/2017/03/13/domus_1011_on_newsstands/gallery/rmedium/domus-04-innovation-toscana.jpg
<http://www.laziofablab.it/wp-content/uploads/2016/07/fablab-rieti-e1478083568459.jpg>
http://virtueelplatform.nl/uploads/images/scaled/full_banner/3668
<http://www.captainwalt.com/size/1280x960/cdn-contents/2015/11/17/modern-lounge-chairs-beautiful-furniture-design-chair.jpg>
http://officine.romamakers.org/wp-content/uploads/2016/10/FabLab_worldmap.png
<https://i0.wp.com/www.minifablab.nl/wp-content/uploads/2016/03/minifablab.jpg>
<https://collaborativespacesstudy.files.wordpress.com/2016/12/image-20161129-10957-1istf7p.jpg?w=754>
https://zurich.fablab.ch/wp-content/uploads/2015/06/14052580854_b08b1d1f09_k.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/fff/FaBLab_Squared_%C3%A0_la_Cit%C3%A9_des_Sciences_-_Futur_en_Seine_2011_%2825%29.jpg
<https://developers.google.cn/blockly/images/browser-mac-web-maze.png>
<http://www.ville-boulogne-sur-mer.fr/salon-numerique/wp-content/uploads/2017/05/robot.jpg>
<http://www.maffucci.it/wp-content/uploads/2014/09/ArduBlock-11.jpg>
https://d2e111jq13me73.cloudfront.net/sites/default/files/styles/share_link_image_large/public/video-thumbnails/samr.jpg?itok=H6bt-BOPI
<https://iyitimg.com/vi/u-Ky9MxVhCg/maxresdefault.jpg>
<https://www.tinkercad.com/img/redesign/tinkercad-browser-based-3d-design-app-shapes.png>
<https://www.tinkercad.com/img/redesign/tinkercad-browser-based-3d-design-app-grouping.png>
<https://www.tinkercad.com/img/redesign/tinkercad-browser-based-3d-design-app-import.png>

<https://iytimg.com/vi/9ztpNFF4fcl/maxresdefault.jpg>
<https://iytimg.com/vi/7gx7rGj-xgk/maxresdefault.jpg>
<https://iytimg.com/vi/7gx7rGj-xgk/maxresdefault.jpg>
http://www.survivingateacherssalary.com/wp-content/uploads/2015/01/DSC_0641.jpg
<https://cdn.coetail.com/chezvivian/files/2014/01/Ds-flower.png>
<https://lh6.ggpht.com/1KhbTNBclcGBfE2SH4O4prYXRlSt-P0qyWbb6IA-ZnMJ4eXtIVyWQjwcfF1COLNz0ok=h900>
<http://www.rhino.io/wp-content/uploads/2010/03/Screen-shot-2010-05-03-at-4.54.17-PM.png>
<https://all3dp.com/app/uploads/2017/05/26-Train-station.jpg>
<https://iytimg.com/vi/ZVGXcqVHCaw/hq720.jpg>
https://www.freecadweb.org/wiki/images/thumb/c/c7/Satnogs_Rotator_FreeCAD.jpg/1024px-Satnogs_Rotator_FreeCAD.jpg
<https://cdn.lynda.com/course/117544/117544-16x9.jpg>
http://www.jechavarria.com/wp-content/uploads/2014/02/K4S_DEMO_screenshot.jpg
https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/2/6/1/ardublock_combo.png
<https://www.qatar.cmu.edu/wp-content/uploads/2016/11/jeannettem.wing3-.jpg>
<https://i.pinimg.com/originals/b5/06/3e/b5063e052d2212a664a5956e572c912e.jpg>
<https://barefootcas.org.uk/wp-content/uploads/2014/06/Barefoot-CT-Poster-for-website.jpg>
https://1.bp.blogspot.com/-O89Ec9wUeqE/WPHnt8k_Vkl/AAAAAAAAACK/YesuK5kY_nsJke_-ilCiCxfbl7vMh1OigCLcB/s1600/gioca-re_programmare.jpg
http://www.boboto.it/images/slide_coding/progetto-coding-e-pensiero-computazionale-boboto-03.jpg
<https://www.scratchjr.org/images/slide1.png>
<http://www.innovationgym.org/wp-content/uploads/2017/03/fablab-bambini-900x450.jpg>
https://1.bp.blogspot.com/-O89Ec9wUeqE/WPHnt8k_Vkl/AAAAAAAAACK/YesuK5kY_nsJke_-ilCiCxfbl7vMh1OigCLcB/s1600/gioca-re_programmare.jpg
https://coderdojoroma.files.wordpress.com/2015/12/img_20151212_110441.jpg
<http://www.primocircolomaglie.gov.it/joomla3bis/images/codingcavour/4.-Il-coding-nella-scuola-dellinfanzia.JPG>
http://www.boboto.it/images/slide_coding/progetto-coding-e-pensiero-computazionale-boboto-03.jpg
<https://www.scratchjr.org/images/slide1.png>
<https://developers.google.cn/blockly/images/browser-mac-web-maze.png>
<https://iytimg.com/vi/jlBK0goz6Jk/maxresdefault.jpg>
<https://cdn.thinglink.me/api/image/707927755425054721/1240/10/scaletowidth>
https://images.wired.it/wp-content/uploads/2015/08/1438554195_Up-School-evidenza.jpeg
<http://www.innovationgym.org/wp-content/uploads/2017/03/fablab-bambini-900x450.jpg>
<https://iytimg.com/vi/HeTqjwFGJgU/maxresdefault.jpg>
https://www.ilsoftware.it/public/shots/stampa3d_03.jpg
https://www.ilsoftware.it/public/shots/stampa3d_04.jpg
<https://1.bp.blogspot.com/-XFUyvyNA88L4/V1fOfRHFdhI/AAAAAAAAABSw/Q34PT-QjR-YDih0mNNglUoHx7DuPSEXQACLcB/s1600/aula%2Badelin%2B3.jpg>
<http://www.hi-storia.it/wp-content/uploads/2016/03/tinkercad-workplane-base.jpg>
<https://www.thingiverse.com/>
http://www.3iprint.de/fileadmin/_processed_/0/d/csm_12367_CSI_3i-print_Slider-1-300_34f3e15f94.jpg
<http://www.habimat.it/wp-content/uploads/2015/08/Zhuoda-Group-01.jpg>
<https://pbs.twimg.com/media/DGGF6foVwAA1KBL.jpg>
<https://cdn.instructables.com/FBI/7C8G/GB3W26UF/FBI7C8GGB3W26UF.MEDIUM.jpg>
https://iytimg.com/vi/2X8d_r0p92U/maxresdefault.jpg
<https://lh3.googleusercontent.com/o25rR34fsEos7obNRLJ5fXeik9AVXpw9rWtvevArzXn6H-L4A3NoWmu9sOZGz3vMylFjnqg=s122>
<http://pietrolodi.alternativa.org/wp-content/uploads/2014/12/blink-con-potenzimetro1-e1419423339763.jpg>

<http://replicatore.it/wp-content/uploads/2015/10/OBM- MFR156.jpg>
<https://www.stampa3d-forum.it/wp-content/uploads/2016/09/3MT1.jpg>
https://images.wired.it/wp-content/uploads/2016/03/1457535519_Primo-Toys-Cubetto-.jpg
<https://iytimg.com/vi/DQB007YeKQ0/maxresdefault.jpg>
<https://www.engineersgarage.com/sites/default/files/Material-Extrusion-3D-Printer-Head-02.jpg>
https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1_Mr_LXXXXXaeXFXq6xXFXxt/Rotary-font- b-poten-tiometer- b-font- analog-font- b-knob- b-font- module-For- Raspberry-Pi.jpg
<https://www.madatech.org.il/sites/madatech/UserContent/images/Fab-Lab/%D7%A4%D7%90%D7%91%20%D7%9C%D7%90%D7%91%20%D7%9B%-D7%9C%D7%9C%D7%99%D7%95%D7%AA%20%D7%A8%D7%90%D7%A9%D7%95%D7%A0%D7%95%-D7%AA-5253.jpg>
<http://www.tuvie.com/wp-content/uploads/cubetto- hands-on- coding-for- children8.jpg>
<http://replicatore.it/wp-content/uploads/2015/10/OBM- MFR156.jpg>

Credits:

Direzione scientifica:
Medaarch - Mediterranean FabLab

A cura di:
Francesca Luciano

Testi di:
Francesca Luciano
Eloisa Roma

Revisione scientifica a cura di:
Gianpiero Picerno Ceraso
Giuseppe Luciano

Grafica di:
Gianluca Tesauo

Finito di stampare nel settembre 2017
presso Naturalmente Stampa, Cava de' Tirreni (SA)

Medaarch
Via Alcide De Gasperi, 23
Cava de' Tirreni, Salerno
www.medaarch.com
info@medaarch.com
+39 3925149075

