Green Robotic Challenge: costruire un orto automatico con il Lego Mindstorms EV3

Autore: Lorenzo Cesaretti
Categoria: Robotica

Introduzione

Il progetto “Green Robotic Challenge” è stato un **esempio di successo** che mostra come sia possibile **introdurre elementi di progettazione e programmazione di un robot** all’interno di un contesto applicativo.
Esso mirava ad accrescere la **sensibilità ambientale** dei ragazzi, facendoli riflettere su come utilizzare le potenzialità della tecnologia a servizio dei processi di coltivazione: agli studenti è stato infatti proposto un *project work* avente per scopo la **costruzione di un orto automatico**!
Il progetto è stato inoltre un'occasione significativa e motivante per educare i ragazzi al pensiero scientifico e alle STEM, anche con una finalità di orientamento alle professioni, e al contempo un’esperienza per esercitare numerose *soft skills*, dal **problem solving collaborativo** alle abilità di gestione di un progetto.

Il progetto è stato realizzato all’interno di un camp finanziato grazie ai fondi ottenuti con la vittoria del bando “In Estate si imparano le STEM” al quale hanno collaborato il gruppo di ricerca del Prof. Scaradozzi (Università Politecnica delle Marche, DII, Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione) e la start up TALENT.

Nel progetto sono stati coinvolti gli studenti delle classi V primaria, I e II secondaria dell’I.C. Novelli Natalucci di Ancona. Il 60% del gruppo era costituito da ragazze e il 40% da ragazzi come richiesto da progetto.

Ti interessa approfondire il kit **Lego® Mindstorms® EV3 Education**? A **questo link** trovi un corso online certificato che potrai seguire quando e come vuoi!

Obiettivi

- Promuovere negli studenti la sensibilità verso i temi ambientali
- Facilitare l’apprendimento delle Scienze attraverso l’uso delle tecnologie educative innovative
- Stimolare lo sviluppo delle competenze relative al pensiero computazionale, alle abilità costruttive, alla robotica e all’uso delle tecnologie digitali

- Promuovere lo sviluppo delle competenze trasversali con particolare attenzione al pensiero critico, alle abilità di analisi, al problem solving, alla capacità progettuale, al lavoro di gruppo e alle abilità interpersonali e comunicative

- Accrescere l’efficacia delle pratiche educative e didattiche dell’Istituto attraverso l’introduzione di metodologie e strumenti didattici innovativi, con effetti positivi sui processi di apprendimento degli studenti.

Strumenti

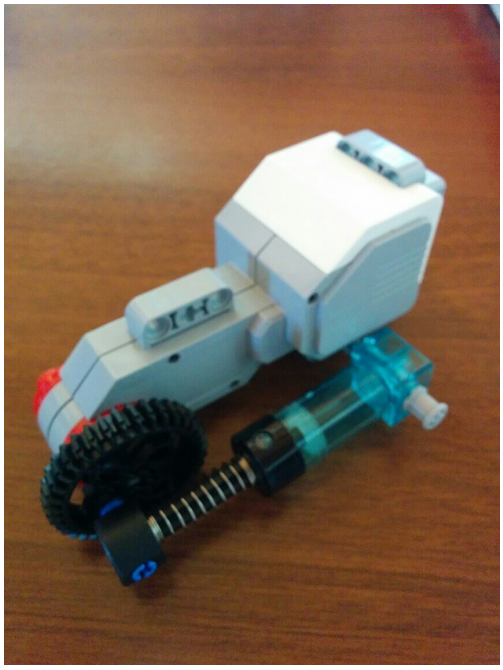
- kit Lego® Mindstorms® EV3 Education (1 ogni 3 studenti)
- software Lego® Mindstorms® EV3 Home Edition (1 ogni 3 studenti)
- 1 kit Lego® Pneumatic Add-on Set
- 1 kit Lego® Energie Rinnovabili
- 2 sensori Mindstorms® Temperature Sensor
- 1 sensore SparkFun Soil Moisture Sensor
- 1 Arduino EV3 Adapter
- 1 scheda Arduino UNO
- materiale vario (bottiglie di plastica, silicone, nastro isolante, scotch carta, etc.)

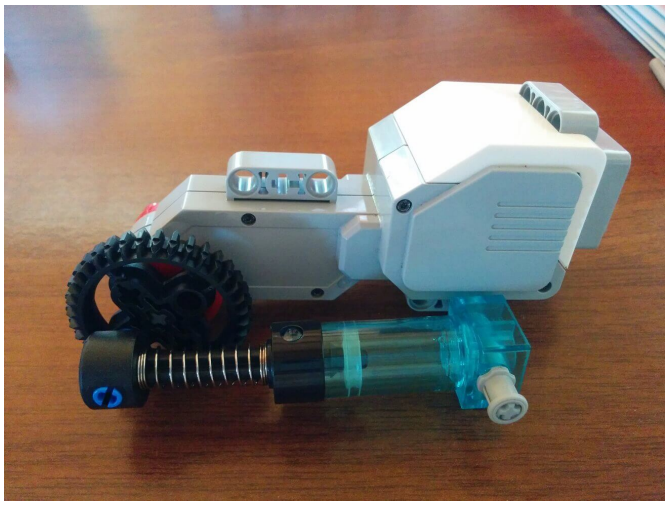
Di seguito descriviamo come gli strumenti sono stati utilizzati dagli studenti per la progettazione e la creazione dell'orto automatizzato. Vengono inoltre indicate le specifiche tecniche di ogni strumento.

Pompa per innaffiare
La realizzazione della pompa per innaffiare i vasi è stata possibile selezionando:

- il Large Motor, presente all'interno del kit Lego® Mindstorms® EV3 Education
- la pompa ad aria e i tubi in plastica, presenti all'interno del kit Lego® Pneumatics Add-on Set
- materiali vari (bottiglia di plastica, silicone, nastro isolante etc.).

Gli studenti, con i materiali messi a disposizione, hanno dovuto progettare un sistema per **spruzzare acqua sulla pianta in autonomia**, mettendo in gioco competenze ingegneristiche, di **problem solving e di creatività.**

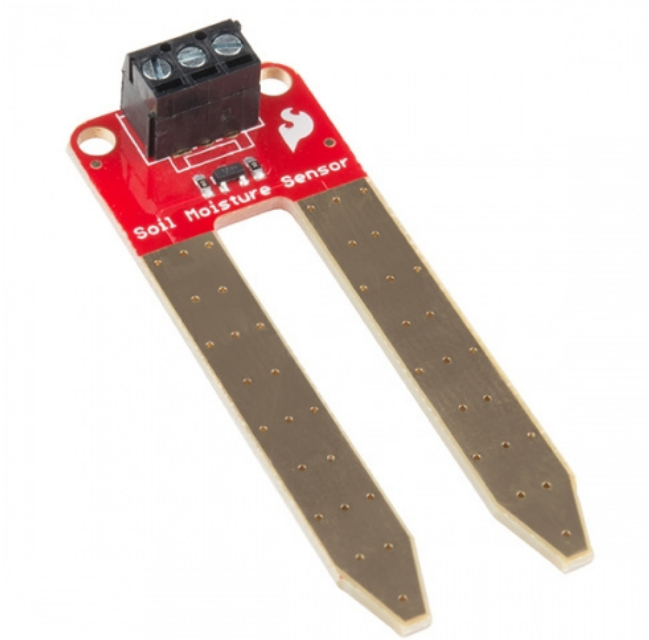


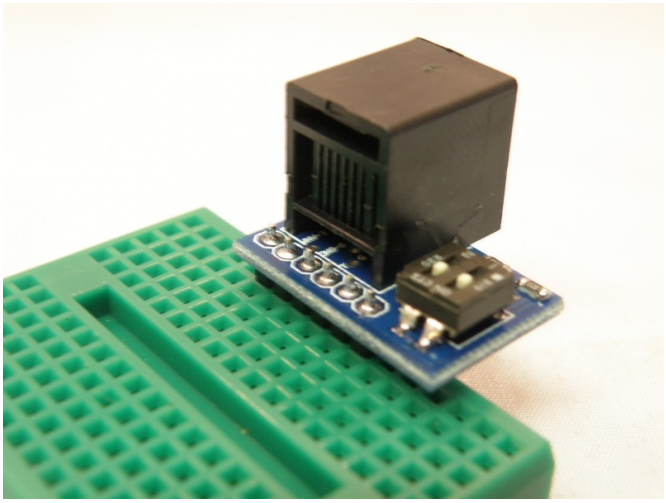


Sensore di umidità
È stato messo a disposizione dei partecipanti un **sensore di umidità** interfacciabile con il brick EV3, per poter decidere quando innaffiare la pianta (cioè quando attivare la pompa dell'acqua).

All'interno del kit Mindstorms® EV3 Education non è presente un sensore di umidità, per questo motivo è stata utilizzata un'interfaccia tra il sensore SparkFun Soil Moisture Sensor visibile nella figura a sinistra e il brick EV3.

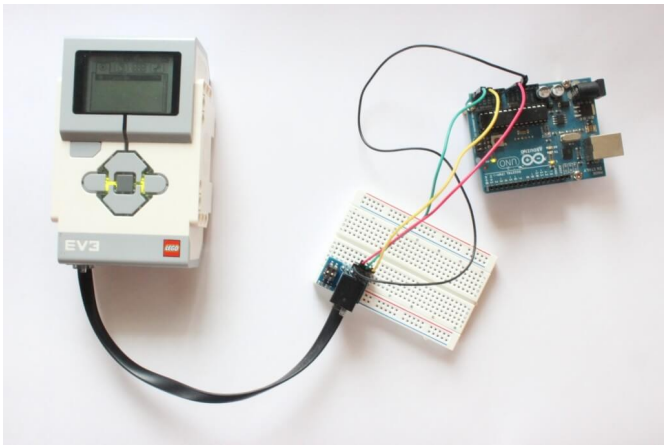
A questo link si trova una guida approfondita al funzionamento del sensore.

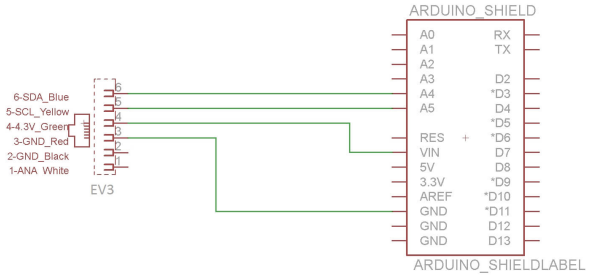




Il sensore è stato interfacciato utilizzando un Arduino EV3 Adapter (nella figura sopra a destra) e una scheda Arduino UNO, programmata in modo da poter comunicare con l'EV3 tramite protocollo I2C. Nell'allegato scaricabile in fondo al progetto è riportato il codice installato sulla scheda Arduino.

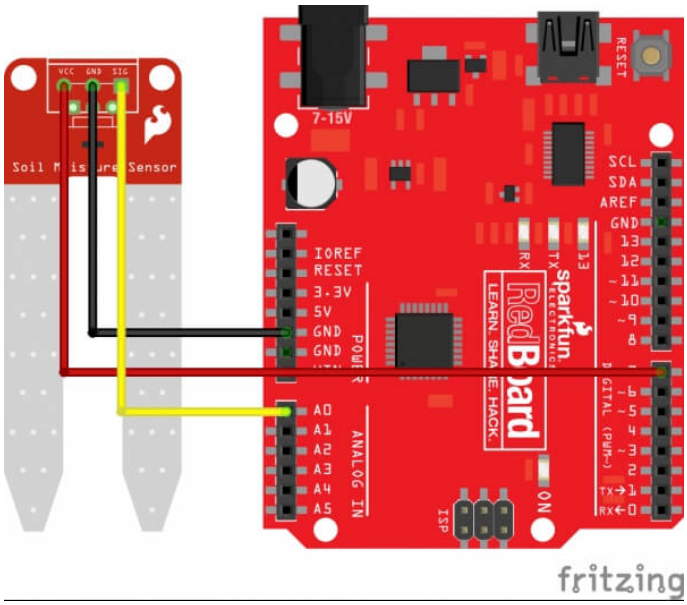
Nella figura a sinistra si possono osservare le connessioni implementate: il brick EV3 è collegato tramite uno dei cavi standard (presenti all'interno del kit Lego®) all'Arduino EV3 Adapter, il quale è collegato alla scheda Arduino Uno rispettando lo schema della figura a destra.





Alla board Arduino è connesso il Soil Moisture Sensor, rispettando lo schema della figura.

Il sensore è stato alimentato a 5V, e con questa scelta i valori restituiti in output (e inviati alla scheda Arduino UNO) sono stati compresi tra:
0 = terreno estremamente secco
880 = terreno estremamente umido.



I ragazzi non hanno dovuto realizzare le connessioni elettriche appena spiegate, in quanto sarebbe stato eccessivamente complesso per la loro età.
Hanno però implementato la **logica di funzionamento del sistema** pompa dell'acqua-sensore di umidità, come verrà spiegato in seguito.

NOTA BENE
Esiste un sensore di umidità interfacciabile a Lego® Mindstorms® EV3 senza bisogno di usare Arduino. In questa attività didattica si è scelto di utilizzare Arduino così da permettere un primo utilizzo basilare di questa scheda ad alcuni dei partecipanti al camp.

Sensore di temperatura
Gli studenti hanno avuto a disposizione il sensore di temperatura Mindstorms® Temperature Sensor, già pronto per essere collegato al brick EV3; non è stato necessario quindi creare un'interfaccia ad hoc come per il caso del sensore di umidità.

Qui trovi un approfondito tutorial sul sensore di temperatura!

Di seguito le specifiche tecniche del sensore:
Risoluzione: 0.0625° C;
Range di funzionamento: da -40 a 125 °C (sebbene LEGO® raccomandi di usarlo da -20 a 110 °C);
Lunghezza del cavo: 50.5 cm.
Rilevato automaticamente dall'EV3 Software.

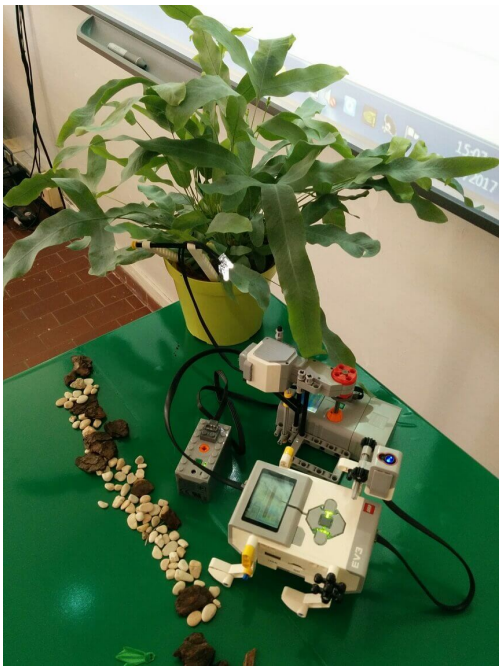
Sensore di luce
Gli studenti hanno avuto a disposizione il sensore di luce Mindstorms® Light Sensor, presente all'interno del kit Lego® Mindstorms® EV3 Education e quindi già pronto per essere collegato al brick EV3; non è stato necessario quindi creare un'interfaccia ad hoc come per il caso del sensore di umidità.

Di seguito le specifiche tecniche del sensore:
Rileva fino a 7 colori;
Rileva l'assenza di colore;
Rileva la luce ambientale, con una scala che va da 0 a 100;
Frequenza di campionamento: 1 kHz;
Rilevato automaticamente dall'EV3 Software.

Sistema di illuminazione
Per realizzare il sistema di illuminazione artificiale della pianta i partecipanti hanno utilizzato:

- il Large Motor, presente all'interno del kit Lego® Mindstorms® EV3 Education
- il Misuratore di energia LEGO®, presente all'interno del kit Energie Rinnovabili
- i Led Lego®, presenti nel kit Energie Rinnovabili.

In figura si può osservare il meccanismo inventato dagli studenti per far funzionare il sistema.



Metodologia didattica

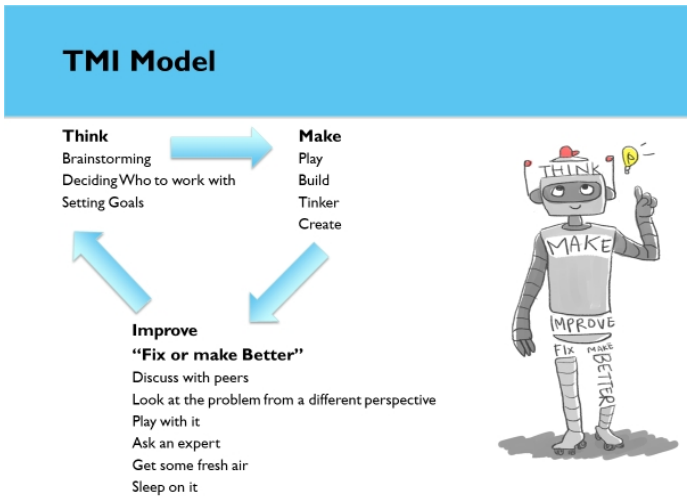
Costruzionismo, la teoria pedagogica-educativa sviluppata dal matematico e pedagogista Seymour Papert;

Project-based Learning (apprendimento basato su progetti);

Peer tutoring: nello svolgimento delle attività didattiche con le tecnologie in classe: alcuni alunni hanno svolto la funzione di tutor dell'apprendimento a favore di altri studenti coetanei e di età inferiore. Questo approccio non solo può facilitare l'apprendimento, ma può stimolare negli studenti la creazione di relazioni sociali positive dentro l'ambiente scuola;

Modello TMI [1]. Durante i dieci giorni di camp gli studenti coinvolti si sono trovati ad affrontare sfide, sperimentazioni e progettazioni in cui ciclicamente si sono alternate queste 3 fasi:

- ***Think*** (fase di brainstorming, in cui avviene l'approccio al problema, si definiscono gli obiettivi e si inizia a progettare con "carta e penna");
- ***Make*** (fase di realizzazione pratica, di sperimentazione pura, in cui i partecipanti "si sporcano le mani" costruendo e programmando i propri artefatti);
- ***Improve*** (fase in cui ci si ferma a riflettere per capire cosa non funziona o cosa si può migliorare, osservando il problema da un diverso punto di vista, confrontandosi nel gruppo dei pari o con il tutor).



Linee guida delle attività

Il percorso proposto è stato caratterizzato da due tematiche principali:

- l'**introduzione alla Robotica** nella prima settimana (**ecco un esempio di percorso introduttivo**), così da permettere ai partecipanti di scoprire gli elementi alla base della robotica: i motori, i sensori, la programmazione del robot, l'individuazione di un bug e come questi concetti si possono combinare per risolvere una prova complessa;
- la **progettazione di un orto tecnologico** nella seconda settimana, cioè l'ideazione su carta, la realizzazione pratica e il testing di artefatti robotici costruiti dai partecipanti con l'obiettivo di rendere più agevole e semplificato il lavoro di cura di un orto.

Non è necessario che gli studenti abbiamo prerequisiti nei confronti del kit o del software, in quanto la prima settimana è stata progettata come introduzione così da far raggiungere a tutti un livello base di conoscenza.

Si è scelto questo percorso combinando una prima settimana più strutturata e una seconda settimana con più libertà di azione per i ragazzi, per renderli il più possibile autonomi nella progettazione dell'orto tecnologico: i concetti di base affrontati grazie a sfide, problemi da risolvere e sperimentazioni hanno reso gli studenti confidenti e capaci di riutilizzare in modo creativo quelle conoscenze per la progettazione di un artefatto personale.
Questa posizione è condivisa con Resnick, che in "*Lifelong Kindergarten*" propone di non vedere struttura e autonomia d'azione come necessariamente opposte, ma di utilizzare un approccio strutturato per amplificare l'autonomia progettuale e creativa dei discenti **[2]**.
Al termine del percorso sono stati invitati i genitori e gli altri insegnanti dell'istituto per una presentazione del lavoro svolto.

Nei primi 5 giorni si sono affrontate 5 tematiche di **introduzione della robotica**, con gli studenti suddivisi in team. Qui presentiamo in modo sintetico i temi.

- i ruoli nella progettazione robotica (costruzione di un robot rispettando i ruoli della progettazione robotica, prime sfide di programmazione);
- le differenze tra uomo, macchina e robot (costruzione e programmazione di macchine, programmazione di un robot);
- l'intelligenza artificiale dei robot (programmazione dei robot con approfondimento su concetti come esecuzione sequenziale, ciclica e condizionata di istruzioni);
- la validazione: come trovare e correggere errori hardware o software (ricerca di errori all'interno di istruzioni per la costruzione del robot e all'interno di programmi proposti dai tutor);
- la sfida finale: risolvere un problema complesso, mettendo in gioco tutti gli elementi sperimentati nei giorni precedenti.

Fin dalla prima settimana ogni prova affrontata dai team di lavoro è stata caratterizzata dalla metodologia TMI: dopo la presentazione della sfida (e a volte il ripasso di alcuni concetti) gli studenti hanno sempre definito una strategia risolutiva (Think), arrivando a implementare programmi informatici o modifiche hardware per il robot (Make), da analizzare attentamente durante i test di funzionamento, per arrivare ad un miglioramento del comportamento del robot (Improve).

La **seconda settimana** è stata caratterizzata dal lavoro sul *project work*, seguendo questa progressione didattica:

- Progettazione "su carta" dell'orto tecnologico
- Costruzione e programmazione degli artefatti robotici da integrare nell'orto (2 giorni)
- Abbellimento dell'orto e preparazione delle presentazioni per il racconto ai genitori
- Presentazione dell'esperienza a genitori e docenti.

Come si capirà leggendo più avanti, anche nella seconda settimana la metodologia TMI è stata applicata a partire dalla progettazione iniziale su carta delle invenzioni (Think), seguita dalla scelta, dalla realizzazione e dalla programmazione degli artefatti (Make), ed infine i test di funzionamento hanno permesso di rendere i dispositivi funzionanti (Improve).

Giorno 6

La sesta giornata di camp è iniziata con la risoluzione di alcuni bug presenti in varie programmazioni implementate per risolvere l'ultima sfida della prima settimana. Tutti i gruppi infatti si sono trovati d'accordo nell'importanza di questa attività: i ragazzi non volevano lasciare errori nelle sequenze costruite per determinare il comportamento del robot!

Un momento molto importante è stato poi il ripasso della strategia di utilizzo dei sensori, vista nella settimana precedente: esso è stato pensato per dare la possibilità agli alunni di utilizzare in autonomia nuovi sensori messi a disposizione per la creazione dell'orto automatico.

È stato fondamentale schematizzare insieme ai partecipanti questa sequenza:

- Acquisire il dato dal sensore
- Confrontare il dato con una soglia predefinita
- Se il valore è maggiore della soglia, si definisce un comportamento per il sistema
- Se il valore è minore della soglia, si definisce un altro comportamento per il sistema.

Terminato questo momento, il focus è passato alla progettazione dell'orto robotico: ogni team, armato di carta, penne, colori e pennarelli ha avuto ha disposizione circa 2 ore per immaginare dei dispositivi tecnologici a servizio dell'uomo e della natura. Sin dall'inizio sono stati presentati i materiali a disposizione (in figura), così da far capire i vincoli progettuali agli alunni.

Giorni 7-8

Nel settimo incontro sono state **messe a punto le progettazioni su carta** di ogni gruppo, e successivamente si è poi passati alla presentazione del lavoro dei team: un momento di confronto necessario per poi arrivare a scegliere quali invenzioni costruire e presentare nella mostra finale. Alla fine gli studenti, di comune accordo, hanno scelto di realizzare:

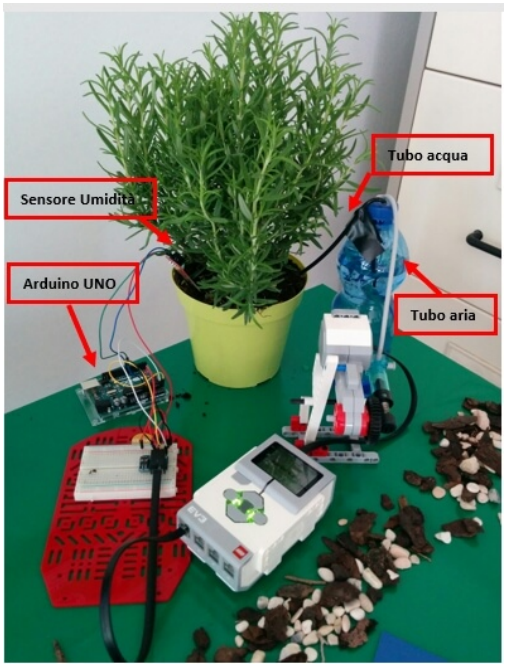
- il sistema di innaffiamento automatico, caratterizzato da una pompa per l'acqua e da un sensore di umidità capace di comunicare con la pompa; questo sistema intelligente serve a risparmiare acqua, determinando l'avvio della pompa solo con il terreno secco (rilevato dal sensore);
- il sistema di illuminazione automatico, caratterizzato dai led (in sostituzione di una lampada) e da un sensore di luce; questo sistema intelligente serve a consentire alla pianta di avere luce a disposizione anche in caso di mancanza di luce naturale;
- il sistema di rilevamento della temperatura, caratterizzato da un sensore di temperatura e da un display; questo sistema intelligente vuole rendere l'informazione "temperatura del terreno" sempre disponibile al contadino.
- il robot "scacciainsetti", un robot capace di girare tra le piante e scacciare mosche e scarafaggi.

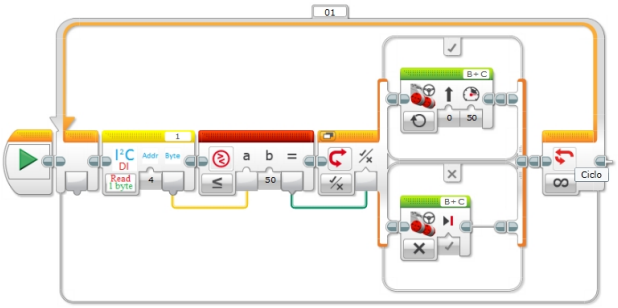
I gruppi, con l'aiuto del tutor e dei docenti, si sono suddivisi i compiti per arrivare a costruire ognuno degli elementi ideati.
È stato quindi dedicato tempo sia alla costruzione che alla programmazione degli artefatti robotici, svolte in modo autonomo dagli studenti con l'intervento dei tutor solo in caso di estrema necessità.
Di seguito descriviamo in modo approfondito gli artefatti realizzati.

Il sistema di innaffiamento automatico
Il sistema di innaffiamento automatico è stato realizzato collegando ad un brick EV3 la scheda Arduino UNO (come spiegato nella sezione Strumenti), responsabile della comunicazione con il sensore di umidità, e il Large Motor, elemento centrale del meccanismo che pompava aria all'interno di una bottiglia di acqua (grazie ad un tubo di plastica), così da causare la fuoriuscita di acqua da un altro tubo sempre all'interno della bottiglia. I due tubi sono stati fatti passare attraverso due fori nel tappo, resi stagni con del silicone (figura sotto a sinistra).

Nella sequenza seguente (immagine a destra) si può osservare la logica di funzionamento del sistema: se il valore di umidità è minore di 50 (terreno secco) vengono accesi i motori, altrimenti i motori rimangono spenti.

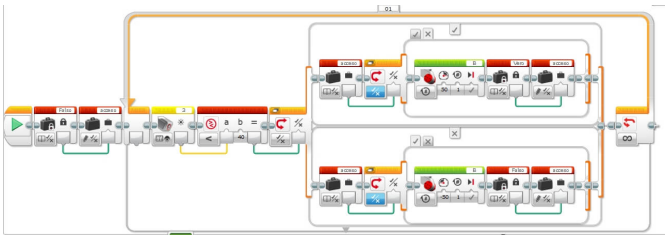
Il blocco utilizzato per acquisire la misura dal sensore (il blocco giallo) fa parte della libreria Dexter (scaricabile a questo link, seguendo il tutorial). Ai partecipanti è stato presentato come blocco per acquisire dati dal sensore di umidità, senza entrare in dettagli tecnici troppo complessi.

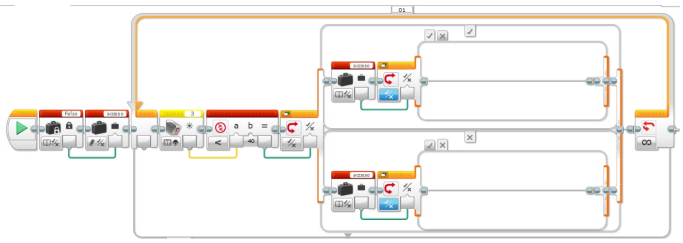




Il sistema di illuminazione automatico
Il sistema di illuminazione automatico è stato realizzato connettendo ad un brick EV3 il sensore di luce, un Large Motor responsabile della rotazione del potenziometro presente nel data logger del kit Energie Rinnovabili, che determina quindi l'accensione o spegnimento dei Led.
In figura in alto a sinistra si può osservare la costruzione realizzata dagli studenti.

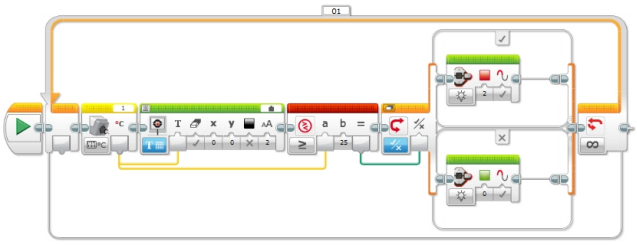
La programmazione implementata si trova nelle figure successive: se il valore di luminosità è inferiore ad una certa soglia, si accende il motore (per accendere i led), altrimenti si spegne il motore. È stato necessario utilizzare una variabile di controllo (denominata "acceso"), così da non accendere i led qualora fossero già accesi (o viceversa).



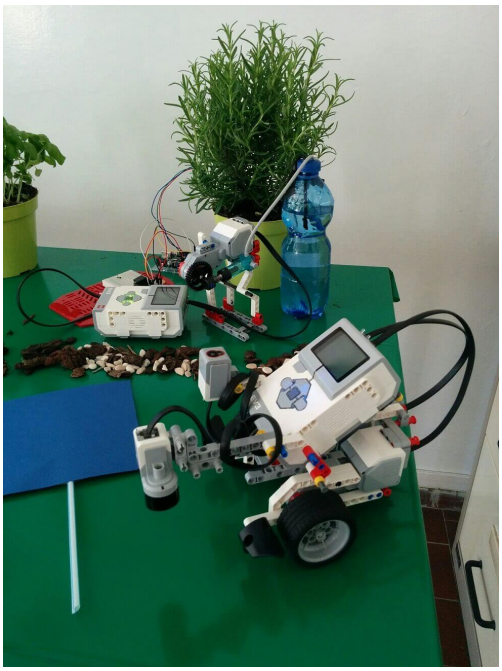


Il sistema di rilevamento della temperatura
Il sistema di rilevamento della temperatura è stato realizzato connettendo il brick EV3 al sensore di temperatura Lego® (in figura a sinistra).

Tramite la sequenza della figura a destra gli studenti sono riusciti a far visualizzare la temperatura sul display dell'EV3, facendo illuminare il brick in rosso se la temperatura supera i 25°, altrimenti facendolo illuminare in verde nella situazione contraria.



Il robot scacciamosche
Il robot scacciamosche è stato costruito e programmato per potersi muovere sul tavolo, scacciando gli insetti dalle piante senza mai cadere. Come si può notare in figura il sensore ad ultrasuoni, rivolto verso il basso permette di rilevare o meno la presenza del tavolo.



Giorno 9

Arrivati al nono incontro i partecipanti si sono dedicati alla preparazione delle presentazioni, scegliendo foto e video del camp e preparando le slide da mostrare ai genitori nell'ultima giornata.
Tutti i team inoltre si sono dedicati all'abbellimento dell'orto.

Giorno 10

L'ultimo giorno gli studenti hanno raccontato e presentato ai genitori e ai docenti dell'istituto il percorso svolto mostrando foto, video e facendo vedere alcune delle sequenze costruite per far funzionare gli artefatti robotici, con particolare attenzione all'orto automatico.
Gli studenti partecipanti al campo estivo sono stati consapevoli sin da subito di questo appuntamento finale e si sono organizzati per raccogliere la documentazione necessaria (foto, video, grafici) sin dal primo giorno di camp.
L'esposizione del project work finale e il racconto di tutte le sfide svolte durante il camp hanno attivato forme di pensiero metacognitivo sviluppando consapevolezza e incentivando processi di automonitoraggio continuo.
In una sua pubblicazione la ricercatrice Edith Ackermann, analizzando l'approccio del Costruzionismo, afferma che secondo Papert "esporre ed esprimere le proprie idee le rende tangibili e condivise, e a sua volta questo modella e affina queste idee, e ci aiuta a comunicare con gli altri" **[3]**.

Scopri le 8 grandi idee del costruzionismo!

Al termine del camp gli studenti hanno infine compilato dei questionari di autovalutazione che permetteranno all'Università Politecnica delle Marche di valutare i risultati ottenuti, oltre ad una analisi dell'orto automatizzato implementato dai partecipanti.
In figura si vede l'orto tecnologico nel suo complesso.

Risultati attesi

- In ogni momento del camp gli studenti si misurano con sfide che stimolano lo sviluppo delle abilità trasversali.
- Gli strumenti della Robotica Educativa permettono lo sviluppo di **conoscenze e abilità nel settore delle scienze e delle tecnologie** in modo motivante e attivo per gli studenti, collegate ad un ambito di attività reale.
- Il lavoro in piccoli team è funzionale al raggiungimento di **obiettivi predefiniti** che costituiscono una sfida inedita per i partecipanti; proprio perché ogni progetto è un'esperienza nuova, il percorso sarà necessariamente costellato di tentativi, errori e incertezze prima che si possa conseguire un obiettivo. In questo percorso, gli studenti hanno appreso che è assolutamente normale, e necessario, commettere errori: l'errore cessa così di essere l'occasione per una svalutazione personale, e ritorna a essere il motore attivo di ogni apprendimento.
- Nel conseguire un progetto collettivo, gli studenti apprendono il **valore insostituibile del gruppo**, una gestalt capace di mettere in sinergia le potenzialità di ogni individuo e di produrre risultati che vanno oltre la somma delle singole parti, oltre che di espandere le potenzialità individuali. Attraverso esperienze motivanti, i giovani si abituano al lavoro di gruppo e si preparano ad interagire in situazioni simili a scuola e, in futuro, nelle organizzazioni lavorative.
- Nel gruppo i partecipanti hanno messo in gioco le loro **abilità comunicative e relazionali**: mentre collaboravano al progetto comune hanno dovuto esprimere con assertività le proprie opinioni, ascoltare e cogliere le potenzialità di quelle altrui, negoziare ed elaborare decisioni collettive; si sono trovati ad affrontare episodi di conflitto o stress sociale dentro il gruppo (che sono così diventate simulazioni delle future situazioni di lavoro) e ad apprendere gli atteggiamenti più funzionali alla loro soluzione.
- Un progetto in cui siano coinvolti più studenti richiede un lavoro di *project management*: essi hanno dovuto valutare le opzioni di lavoro e le loro conseguenze, attuare una **metodologia e delle regole di lavoro condivise**, coordinare le azioni di ciascuno, rispettare i tempi, monitorare l'andamento del progetto.
- Il lavoro ha favorito lo sviluppo di **strategie di pensiero analitico e sistematico**, necessarie per l'analisi delle informazioni e la comunicazione dei risultati.
- La possibilità di confrontarsi con l'insuccesso in un contesto sicuro e incoraggiante ha permesso allo studente di **coltivare la resilienza psicologica** (capacità di affrontare le circostanze difficili o stressanti trasformandole in occasioni di crescita), la perseveranza di fronte alle battute d'arresto, di rafforzare l'autoefficacia percepita (la percezione individuale di sé come persona in grado di modificare la realtà e conseguire i propri obiettivi) e di favorire la fiducia in sé.

Per misurare i risultati delle attività sono state pensate prove di natura pratica che mettessero alla prova la conoscenza acquisita e la capacità di rielaborarla da parte dei gruppi di ragazzi.
Oltre a queste prove si è voluto indagare ulteriormente i risultati delle attività sottoponendo ai ragazzi un questionario che rivelasse quale sia stata la loro percezione del lavoro svolto. Il questionario prevedeva 14 domande a risposta chiusa con scala Likert a 5 punti e 4 domande a risposta aperta ed è stato somministrato alla fine di tutte le attività.

Le domande a risposta chiusa del questionario riguardavano 4 principali aree:

- area “istruttore” in cui vengono valutati aspetti connessi alla relazione del ragazzo con l’istruttore;
- area “costruire” in cui vengono valutati aspetti connessi con il costruire l’orto e i robot;
- area “programmare” in cui vengono valutati aspetti connessi con la programmazione dei robot e dell’orto;
- area “teamwork” in cui vengono valutati aspetti connessi con il lavoro di gruppo.

Un’ultima domanda serviva a raccogliere la percezione globale dell’esperienza del laboratorio per avere un indicatore della propensione degli studenti a ripetere in futuro attività simili. Questa domanda consentiva inoltre di avere un indice della probabilità che le ragazze, destinatarie principali del progetto, si sarebbero coinvolte nuovamente con attività connesse alla tecnologia.

Le domande a risposta aperta servivano a integrare le informazioni lasciando spazio di espressione (es. *Qual è la cosa che ti è piaciuta di più di questo laboratorio?, Secondo te c'è stato qualcosa che non è andato bene?*)

Di seguito riportiamo i risultati più significativi.

- In generale i questionari hanno mostrato un buon gradimento in ogni area di indagine. Le valutazioni erano mediamente positive con tutti i valori maggiori di 3 (abbastanza) in ogni domanda e in prevalenza sopra a 4 (molto).
- Nell’area “istruttore”, in generale il gradimento è stato molto positivo (media= 4,37), ma se si analizzano i risultati divisi per gruppi, rispetto alla prima domanda relativa alla comprensione delle spiegazioni dell’istruttore, i risultati delle ragazze sono stati più bassi rispetto ai ragazzi.
- Nella programmazione non sono emerse differenze tra i generi.
- Nell’area “teamwork” i risultati sono abbastanza positivi, ma sembrano essere meno positivi rispetto alle altre aree. Più in dettaglio, la percezione del miglioramento nelle relazioni tra compagni nei gruppi ha rivelato un’ampia variabilità di risposte. La valutazione del livello di collaborazione nel gruppo ha visto la maggior differenza tra i generi (circa 0.9 punti) a favore delle ragazze. La domanda sulla serenità del clima in classe ha mostrato i valori più bassi, anche se sempre attorno a 3. L’area della collaborazione ha visto dunque il maggior numero di difficoltà, sia dentro i gruppi che nella classe in generale, manifestate in modo più evidente dai maschi.
- Nelle risposte aperte è emerso che programmare e costruire sono state le attività più interessanti e in cui gli studenti hanno appreso di più.

Se sei interessato all’analisi dettagliata dei risultati ottenuti, scrivi a **talent@weturtle.org**.

L’articolo contenente la discussione dei risultati verrà pubblicato sui Proceedings della conferenza ICICTE 2018.

Riferimenti e links

[1] Il modello TMI è stato proposto da Stager e Martinez in "Invent To Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom" (Constructing Modern Knowledge Press):
[2] Mitchel Resnick (2017), "Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play", pp. 81-83:
[3] Edith Ackermann (2001), "Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the Difference?", Massachusetts Institute of Technology, 04 Dec. 2002:

Ti interessa approfondire il kit Lego® Mindstorms® EV3 Education? A **questo link** trovi un corso online gratuito e certificato che potrai seguire quando e come vuoi!

LEGO, il logo LEGO e MINDSTORMS sono marchi e /o copyright di LEGO Group. © 2018 The LEGO Group. Tutti i diritti riservati.

Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia.