

D-BOX: how to teach binary code using a game in primary school

D-BOX: Il codice binario e il suo insegnamento attraverso il gioco alla scuola primaria

Michele Domenico Todino^a, Lucia Campitiello^b, Stefano Di Tore^{c,1}

^a *Università degli Studi del Sannio*, micheledomenico.todino@unisannio.it

^b *Università degli Studi di Salerno*, lcampitiello@unisa.it

^c *Università degli Studi di Salerno*, sditore@unisa.it

Abstract

This paper intends to present a prototyping of D-BOX, an educational game designed to facilitate the teaching-learning process of binary code based on a system of small balls (marbles) and platforms. The main idea is to teach in a primary school (in fifth grade classes) how to learn a new way to convert decimal numbers into binary numbers, through a playful activity. The reason why such a game has been created is because future European citizens must enhance their logical-mathematical skills to face challenges of their future. One of these, among the others, is the conscious use of new digital media that are based on binary code to store, transmit and receive data between computer systems. Moreover binary code is fundamental to understand every artificial intelligence system and digital knowledge representation.

Keywords: binary code; media education; primary school; educational technologies.

Sintesi

In questo lavoro si vuol presentare la prototipazione di D-BOX, un gioco didattico atto a favorire il processo di insegnamento-apprendimento del codice binario basato su un sistema di biglie e piattaforme. L'idea principale è quella di far apprendere il processo di conversione dei numeri decimali in numeri binari, ad alunni delle scuole primarie delle classi quinte, attraverso un'attività ludica. La scelta di realizzare un gioco di questo tipo, si basa sul fatto che i futuri cittadini europei devono potenziare le proprie competenze logico-matematiche per affrontare le sfide del futuro, tra le quali emerge quella di un utilizzo consapevole dei nuovi media digitali che utilizzano la numerazione binaria per memorizzare, trasmettere e ricevere i dati tra i vari sistemi informativi, e sono alla base di ogni sistema di intelligenza artificiale e della maggior parte della rappresentazione della conoscenza nel suo formato digitale.

Parole chiave: codice binario; media education; scuola primaria; tecnologie per la didattica.

¹ Ascrizione: il presente studio è stato condotto in piena collaborazione dagli autori. Tuttavia, M. D. Todino ha scritto i paragrafi 3 e 4; L. Campitiello ha scritto i paragrafi 1 e 5; S. Di Tore ha scritto i paragrafi 2 e 6.

1. Introduzione

In tempi rapidi abbiamo assistito al passaggio da una società parzialmente stabile a una società contraddistinta da numerosi cambiamenti. Un aspetto che distingue la nostra società è la globalizzazione che rende gli individui e servizi costantemente raggiungibili senza limiti spazio-temporali (Midoro, 2016, p. 12). La globalizzazione pone l'Unione Europea dinanzi a sfide future in cui è richiesto a tutti i cittadini di possedere specifiche competenze per adattarsi ad una società in rapido cambiamento. In una società in cui le tecnologie svolgono un ruolo saliente in diversi ambiti della vita quotidiana, la capacità di risoluzione dei problemi e la creatività, risultano essenziali in quanto consentono di sviluppare prodotti e conoscenze nuove. Per far fronte ai continui mutamenti l'istruzione assume un ruolo saliente nel garantire l'acquisizione delle competenze chiave in tutti i cittadini europei (UE, 2016).

Tuttavia le indagini internazionali PISA (Programme for International Student Assessment) e OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) hanno messo in luce che un'alta percentuale di adulti e adolescenti possiede scarse competenze di base. Nel 2015 viene riportato che uno studente su cinque mostra gravi difficoltà nell'acquisizione di competenze sufficienti in lettura, matematica e scienze (OECD, 2016). Inoltre, per quanto riguarda le competenze digitali, il 44% dei cittadini europei dispone di competenze digitali insufficienti mentre nel 19% della popolazione risultano nulle (COM, 2017).

Pertanto nel 2006 il Parlamento Europeo e il Consiglio dell'Unione Europea hanno accolto una raccomandazione in merito alle competenze chiave nell'ambito dell'apprendimento permanente (UE, 2006) le quali dovrebbero essere apprese nel corso del periodo di istruzione obbligatoria per promuovere lo sviluppo della persona e una positiva interazione con la realtà sociale. Nello specifico le competenze chiave richieste per fronteggiare le sfide in una società digitale riguardano: la *competenza digitale*, intesa come la capacità di comprendere l'utilizzo delle nuove tecnologie; la *competenza matematica*, ovvero la capacità di risolvere problemi che si presentano nella vita quotidiana; e la *competenza in scienze, tecnologie e ingegneria*, intesa come la capacità di comprendere il mondo che ci circonda e saper applicare le conoscenze in ambito tecnologico e ingegneristico (UE, 2006).

Tuttavia in Europa sono state promosse numerose iniziative che mirano a creare una relazione tra l'istruzione scientifica e le altre discipline al fine di stimolare i ragazzi a intraprendere gli studi in scienza, ingegneria, tecnologia e matematica. Oggi la maggior parte degli adolescenti ha costantemente accesso a dispositivi digitali vivendo completamente immersa nelle tecnologie d'avanguardia, ma sembrerebbe che pochi ragazzi hanno la capacità di creare APP o siti web in quanto presuppongono capacità di astrazione, metodi di design e pensiero computazionale (Midoro, 2016, p. 16). Il termine *pensiero computazionale* è stato coniato da Papert (1996), il quale sosteneva che la programmazione potesse favorire lo sviluppo di abilità di pensiero procedurale nei bambini ed essere adoperata come strumento di costruzione del sapere (Midoro, 2016, p. 61). Wing (2006) anche evidenzia l'importanza del pensiero computazionale in ambito educativo per consentire agli studenti di apprendere il modo di affrontare i problemi tipico degli informatici. Pertanto il *coding* è diventato il centro del pensiero computazionale, in quanto accresce la creatività, insegna a collaborare e a comunicare attraverso un linguaggio comune (Midoro, 2016, p. 63). Tuttavia il compito della vecchia scuola consisteva nel formare individui *literate*, invece quello della nuova scuola è di supportare gli studenti nello sviluppo delle abilità che costituiscono la base della creatività e del problem-solving per formare individui *digital literate*. Di conseguenza un ruolo importante è assunto dal digital literate, il quale possiede le capacità per creare, produrre, immagazzinare e

codificare una sequenza di bit, usando come supporto gli strumenti tecnologici e diventando un life long learning (Midoro, 2016, p. 15). Gardner e Davis (2013) indicano come vantaggio relativo all'utilizzo delle tecnologie la possibilità di tenersi in contatto con gli altri quando si è separati geograficamente, ma i rischi sono legati all'idea che le persone, come gli oggetti, sono sempre accessibili per motivi che ci sono utili (Turkle, 2012). Tuttavia alcuni usi informali della rete sembrano favorire il processo di insegnamento-apprendimento, ad esempio come l'utilizzo dei *serious game* che non sono sviluppati con il solo scopo di intrattenere ma sono anche costituiti da regole e obiettivi ben definiti al fine di educare i giocatori (Di Tore, Aiello, Di Tore, & Sibilio, 2012). L'idea che esista uno stretto legame tra gioco e apprendimento è stato sempre considerato un aspetto importante dello sviluppo individuale e sociale del bambino e i risvolti positivi sono stati approfonditi da autorevoli studiosi (Erikson, 1977; Piaget, 1962; Vygotsky, 1980). Rieber (1996) sosteneva che il gioco svolge un importante ruolo nello sviluppo psicologico, sociale e intellettuale soprattutto nella prima infanzia. Il crescente interesse per i giochi è legato alla loro capacità di motivare e coinvolgere gli studenti, ma alcuni studi dimostrano che i loro benefici possono essere ricercati oltre la semplice motivazione (Whitton, 2009). Infatti alcuni tipi di giochi rappresentano un mezzo per promuovere l'apprendimento attivo e migliorare le competenze di problem-solving (McFarlane, 2014) favorendo l'azione costruttiva e rafforzando abilità di *decision making* (Benigno, Chiorri, & Tavella, 2010). Lo studio dell'apprendimento basato sulla creazione di giochi trae origine dalla teoria costruzionista di Papert, in cui l'apprendimento è inteso come una ricostruzione della conoscenza piuttosto che una trasmissione di saperi.

Pertanto la scelta di progettare il gioco D-Box deriva dall'esigenza di potenziare le competenze logico-matematiche dei cittadini europei, tra le quali emerge quella di un uso consapevole dei nuovi media digitali che utilizzano la numerazione binaria per memorizzare, trasmettere e ricevere i dati che sono alla base di ogni sistema di intelligenza artificiale. Quando utilizziamo il termine *intelligenza artificiale*, istintivamente si pensa ai robot e alle tecnologie d'avanguardia, ma in realtà è presente in molti settori della nostra vita quotidiana. L'uso originario della locuzione intelligenza artificiale può essere attribuito al matematico John McCarthy che nel 1956 organizzò una conferenza, in cui parteciparono numerosi ricercatori, scegliendo l'espressione intelligenza artificiale per indicare la "capacità delle macchine di eseguire dei compiti che, se svolti da essere umani, richiederebbero intelligenza" (Russell & Norvig, 2003, p.17). L'intelligenza artificiale (o IA) consente la programmazione e progettazione di sistemi che consentono di fornire le macchine di specifiche peculiarità umane. Generalmente il campo dell'IA è suddiviso in numerosi sottosectori tra cui i principali sono: la robotica, che implica la costruzione di macchine che sono capaci di eseguire compiti fisici; la visione artificiale (o *computer vision*), la quale si occupa principalmente di dare ai computer la facoltà di interpretare immagini visive; il riconoscimento vocale e l'elaborazione del linguaggio naturale. Il campo della visione artificiale si è sviluppato in parallelo alla transizione dai sistemi simbolici al *machine learning* (Kaplan & Di Salvo, 2017). Per fornire una definizione operativa dell'intelligenza richiesta da un computer, Alan Turing (1950/2004), nell'articolo *Computing Machinery and Intelligence*, propone un test comportamentale denominato *The Imitation Game*. Il computer potrà superare il test solo se l'esaminatore umano non sarà capace di comprendere se le risposte provengono da un essere umano o da una macchina. In estrema sintesi il computer dovrebbe possedere la capacità di ragionamento automatico e di apprendimento. In una macchina, il processo di apprendimento artificiale, si basa su calcolatori che utilizzano un sistema binario di codifica delle informazioni, il quale necessita di molte cifre per rappresentare l'equivalente numero decimale (Todino, 2018).

Nel computer le informazioni sono rappresentate attraverso il sistema binario, dove l'unità elementare dell'informazione è denominata bit (*binary digit*) e può assumere come valori solo 0 e 1. Le espressioni del nostro alfabeto sono convertite in simboli dell'alfabeto binario e le diverse configurazioni che una stringa può assumere definisce un codice. Per un uomo risulta innaturale contare in base due, ma è possibile apprendere i meccanismi di conversione già in giovane età.

Pertanto i giochi possono essere utilizzati come strumenti per stimolare abilità logiche e di ragionamento e sviluppare il pensiero computazionale. Infatti nel presente lavoro si intende mostrare la prototipazione del gioco didattico D-BOX atto a favorire il processo di insegnamento-apprendimento del codice binario ad alunni della scuola primaria (classe quinta) che già affrontano l'argomento relativo alle potenze di base 2. Il gioco D-Box mira ad avvicinare i bambini alla comprensione delle basi del codice binario e di come viene gestita l'informazione in un sistema di intelligenza artificiale. In questo modo i bambini impareranno il processo di conversione dei numeri decimali in numeri binari per comprendere il linguaggio tipico del computer che è alla base della programmazione informatica. Il gioco intende porre le basi per imparare ad utilizzare i software e realizzare algoritmi capaci di fornire istruzioni comprensibili alla macchina per eseguire dei compiti specifici. Lo scopo è di stimolare la motivazione dei bambini attraverso l'attività ludica favorendo l'apprendimento attivo, ma anche una formazione personalizzata e inclusiva in grado essere accessibile a tutti.

2. Sfondo dell'invenzione: intelligenza artificiale e ricerca educativa

In questo paragrafo si approfondiranno i motivi che hanno portato alla realizzazione di D-BOX, un gioco didattico atto a favorire il processo d'insegnamento-apprendimento del codice binario che si basa su un sistema di biglie e piattaforme. L'idea principale è quella di insegnare il processo di conversione dei numeri decimali in numeri binari, ad alunni delle scuole primarie (classi quinte), attraverso un'attività ludica. La scelta di realizzare un gioco di questo tipo, si basa sul fatto che i futuri cittadini, in base alle raccomandazioni europee e italiane sulle competenze chiave di cittadinanza (UE, 2006; 2016), devono potenziare le proprie competenze logico-matematiche per affrontare le sfide del futuro, tra le quali affiora in modo predominante quella di un utilizzo consapevole dei nuovi media digitali che hanno utilizzato la numerazione binaria per memorizzare, trasmettere e ricevere i dati. Tale tema è affrontato principalmente da due discipline: la *media education* e la *information technologies* (Todino, 2018). Entrambi queste discipline sono in forte espansione in ogni ordine e grado di scuola in termini di monte ore) grazie a interventi programmatici del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (d'ora in avanti MIUR). Solo per fare un esempio, il MIUR ha istituito la figura dell'animatore digitale in ogni istituto scolastico ovvero un docente che ha il ruolo cruciale di diffondere, in modo calibrato in base all'età, un uso consapevole delle tecnologie tra gli studenti e introdurre ai colleghi nuove metodologie didattiche che tengano conto delle potenzialità dei media presenti sul mercato. A rafforzare il quadro teorico che motiva l'invenzione, si evidenzia che nel 2018 la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea relativa alle competenze chiave per l'apprendimento permanente delinea la necessità di un "processo d'alfabetizzazione informatica che include la programmazione" (2018/C 189/9, comma 4) che, come ben noto dai programmi disciplinari di informatica (classe di concorso A-41) non può prescindere dalla conversione decimale/binario. Come cita la stessa Raccomandazione, le competenze di carattere digitale "dovrebbero comprendere i principi

generali, i meccanismi e la logica che sottendono alle tecnologie digitali in evoluzione” (2018/C 189/9, comma 4) e le sopraindicate competenze si basano sul codice binario che sta alla base di questa invenzione. L’invenzione fa leva sul legame apprenditivo che verte tra esperienza e educazione, descritta dettagliatamente negli studi dall’attivismo pedagogico di John Dewey (1961/1910), che evidenziano che ogni intelligenza, compresa quella logico-matematica, può essere attivata attraverso l’esercizio. Passando dal quadro generale allo specifico, questa invenzione permette d’esercitare il concetto di cardinalità numerica dei numeri binari attraverso un processo ludico. In sintesi, questo gioco si configura come una soluzione tecnica a un problema didattico, applicabile a ogni ordine e grado di scuola, sia in ambito disciplinare (informatica e matematica), sia per i *media educator*, sia a supporto degli animatori digitali. Il gioco può essere pure utilizzato in contesti educativi non formali (ovvero fuori dalla scuola attraverso altre agenzie educative) o informale, ad esempio, in un contesto domestico qualora l’utente sia un giocatore adulto che voglia cimentarsi in un rompicapo logico o un genitore che voglia farlo utilizzare a suo figlio. Si specifica che l’invenzione utilizza delle biglie per indicare le singole unità, siano esse binarie o decimali, e una pluralità di pezzi da gioco per compiere la conversione. Tali pezzi sono ottimizzati pure per essere prodotti tramite stampanti 3D.

3. Apprendere il codice binario attraverso il gioco

Esistono numerosi puzzle o giochi rompicapo composti da una pluralità di pezzi principali tridimensionali tenuti assieme da perni e sono ben noti dallo stato dell’arte anteriore. Esistono pure numerosi giochi che utilizzano le biglie. Tuttavia è necessario ricordare che questa invenzione si colloca come gioco didattico atto a favorire il processo d’insegnamento-apprendimento del codice binario e pertanto si deve relazionare con i sussidi didattici per il calcolo binario. L’invenzione può rientrare a pieno titolo nella tipologia di passatempo definita *mimicry* ovvero quella in cui il giocatore assegna un carattere ludico anche ad attività che non sono tipicamente considerate come ricreative. Il termine *mimicry*, che va inteso come mimica in un senso ampio del termine, deriva da una categorizzazione, ancora in uso in sociologia e pedagogia che si basa sugli studi condotti dal sociologo Roger Caillois e raccolti nel suo saggio *i giochi e gli uomini* del 1958 che si fondano a loro volta sugli studi di Johan Huizinga raccolti nel saggio *Homo Ludens*, del 1938, che delineano il gioco come un’attività congenita e istitutiva nelle manifestazioni basilari di ogni cultura. Difatti, il giocatore si *immedesima* in un calcolatore elettronico per capirne il funzionamento interno. Quanto appena descritto non è presente in altre invenzioni allo stato della tecnica. Ad esempio, le calcolatrici scientifiche in commercio permettono di compiere la conversione di un numero da decimale a binario. Tuttavia, attraverso la calcolatrice, non si evince il processo di conversione e tanto meno emerge una metodologia di insegnamento atta a favorire la comprensione e l’apprendimento dei passi necessari per effettuare tale conversione. Invece, per quanto concerne i numerosi puzzle o giochi rompicapo composti da una pluralità di pezzi principali tridimensionali (quali la torre d’Hanoi e simili) non hanno come funzionamento e obiettivo la conversione decimale-binario. Un successivo confronto tra questa invenzione con lo stato della tecnica si deve compiere con i giochi che includono le biglie che si muovono su un supporto rigido (detto *assieme di gioco*). Nel dettaglio il confronto può essere compiuto con *Labirinto* un gioco (in Italia prodotto da EG) e simili, che ha un piano di gioco formato da un labirinto traforato su cui far percorrere una biglia d’acciaio, il cui scopo intrinseco consiste nell’allenare la motricità fine del giocatore e pertanto è ben lontano dagli scopi di questa invenzione. Nuovamente, l’invenzione è molto lontana per i suoi scopi da *Ottovolante Infinito* (prodotto

da SpaceRail) e simili il cui scopo consiste nell'ammirare le biglie che compiono percorsi rocamboleschi. Tuttavia, resta centrale il fatto che una delle caratteristiche peculiari che contraddistingue questa invenzione è la sua fisicità (che lo avvicina solo in minima parte alle due invenzioni appena citate), che la differenzia a sua volta da possibili software o video lezioni che mostrano il processo di conversione decimale-binario. Per comprendere meglio la differenza tra questa invenzione e le altre presenti sul mercato si anticipa che in questa invenzione ogni biglia utilizzata sull'assieme di gioco permette la conversione decimale-binario mantenendo invariato il numero di unità, rappresentate dalle biglie, che compongono la quantità numerica stessa sia in base dieci (numeri decimali) sia in base due (numeri binari) e il suo scopo è completamente orientato al processo di insegnamento-apprendimento del codice binario. Si può concludere che non ci sono attualmente altre invenzioni che possono essere catalogate come giochi didattici, di tipo fisico tridimensionale, atte a favorire il processo d'insegnamento-apprendimento del codice binario. Come già specificato, lo scopo della presente invenzione è di fornire un gioco didattico atto a favorire il processo d'insegnamento-apprendimento del codice binario. Il dispositivo ha il seguente funzionamento: il singolo numero è espresso da una biglia e l'assieme di gioco di tipo tridimensionale comprende una pluralità di pezzi (dette piattaforme) ancorabili, tramite perni, tra loro di dimensioni decrescenti. Le piattaforme sono ancorate e pertanto affiancate tra loro per comporre una struttura unica che forma una scalinata. Una volta composto l'assieme di gioco, la piattaforma di maggiore dimensione, che rappresenta pure il numero di cardinalità più grande, essendo la più alta sventa sulle altre, quella di minori dimensioni, che rappresenta l'unità, risulta la più bassa. Le piattaforme, fissate dai perni, dispongono di scivoli che permettono alle biglie di scendere da una piattaforma alla successiva. Ogni piattaforma dispone di incavature che permettono alle biglie di fermarsi e restare alloggiate. Tramite questo meccanismo – biglie alloggiate in incavature – si effettua il sistema di conversione da decimale a binario ed è importante che il gioco sia dotato di un numero uguale di biglie rispetto alle incavature delle piattaforme per poter contare in base due tutti i numeri che il gioco permette di calcolare. Se si perdesse accidentalmente una biglia ovviamente non sostituendola con un oggetto simile, si ridurrebbe di un'unità la potenza di calcolo dell'invenzione. Pertanto biglie e incavature devono essere di egual numero. Affinché le biglie non cadano fuori dalle piattaforme o dagli scivoli (quando il gioco è disposto correttamente e pertanto parallelamente a un piano orizzontale) il gioco, nel suo insieme, dispone di barriere di un'altezza proporzionale a quella delle biglie. Tali barriere formano un corpo unico con le piattaforme. La piattaforma più piccola dispone di una sola incavatura, la seconda di due incavature, la terza di quattro incavature, la quarta di otto incavature seguendo la seguente logica: ogni piattaforma rappresenta una potenza del numero due. In tal modo sarà possibile rappresentare in binario ogni numero riempiendo completamente o lasciando completamente vuota una piattaforma (le Figure 1 e 2 – disegnate a mano su carta millimetrata senza scala – mostrano come contare ogni numero da 0 a 15). A titolo esemplificativo, supponiamo di voler convertire il numero decimale tre attraverso le piattaforme: le due più grandi (con quattro e otto incavature) restano vuote, quella con due incavature si riempie e la piccola sarà riempita da una biglia. Il gioco ci restituirà la seguente configurazione 0011 in binario. Sempre a titolo esemplificativo, supponiamo di voler convertire il numero decimale quattro attraverso le piattaforme: la più grande (con otto incavature) resta vuota, la seconda piattaforma (con quattro incavature) sarà completamente piena, la terza piattaforma (con due incavature) sarà vuota come la più piccola con una sola incavatura. Il gioco ci restituirà la seguente configurazione 0100 in binario pertanto quattro in numeri decimali. Si deduce che se le incavature presenti sulla piattaforma più grande lo permettono, il giocatore deve riempirle completamente con le

biglie altrimenti le fa scivolare nella piattaforma sottostante provando a riempirla completamente, se non è possibile, le fa scorrere nella piattaforma sottostante finché tutte le piattaforme sono completamente vuote o piene. Nel caso del numero uno, la biglia scorre fino a riempire solo la piattaforma più piccola esprimendo il numero 0001. Nel caso di nessuna biglia le piattaforme saranno tutte vuote esprimendo il numero 0000 che effettivamente rappresenta lo zero in binario in un sistema a quattro bit. È possibile dedurre da questi esempi che ogni piattaforma rappresenta correttamente il concetto di bit, fondamentale nella didattica dell'informatica. L'invenzione, nella sua versione a quattro piattaforme rappresenta un sistema a quattro bit, generalizzando, se il gioco sarà esteso a un numero n qualsiasi di piattaforme (con la piattaforma più grande dotata di 2^n incavature, e le altre decrescenti sempre potenze di 2) si otterrà un sistema a n bit. Questa invenzione nella versione standard, è bene sottolinearlo, è composta da quattro piattaforme: da otto, quattro, due e un incavature, ma può essere generalizzata a qualsiasi numero di piattaforme n per contare fino a 2^n . Una piattaforma piena (in cui ogni sua incavatura alloggia una biglia) determina che il bit in tale posizione vale 1, una piattaforma vuota rappresenta il bit 0. Non esistono configurazioni di gioco corrette in cui una piattaforma, una volta posizionate tutte le biglie, sia piena solo in parte, in altri termini in cui *coesistano*, sulla stessa piattaforma, incavature piene e incavature prive di biglie. Si ribadisce che una piattaforma deve essere completamente vuota o completamente piena per rispettare la logica binaria e contemporaneamente evidenziare che il numero di biglie non varia passando dalla logica decimale a quella binaria. Per comprendere tale funzionamento è possibile utilizzare una metafora idraulica: l'acqua, rappresentata dall'insieme di biglie, sta a monte, le varie piattaforme sono come bacini idrici; quando il più grande ed elevato di questi bacini è colmo, si riempie il sottostante aggiungendo però una regola: se il bacino non può essere riempito completamente si preferisce far scorrere l'acqua nel sottostante. Il gioco attraverso questo sistema di regole vuole evidenziare che il numero di biglie (ovvero il numero decimale) non varia passando al sistema binario ma cambia unicamente la sua rappresentazione (inscatolamento in piattaforme che si riferiscono alle potenze del due: 2^n) sottolineando quest'aspetto che diviene fondamentale per comprendere il meccanismo di conversione decimale-binario e favorendo il processo di insegnamento-apprendimento di questo delicato processo matematico. Gli scopi appena descritti e ulteriori vantaggi sono conseguibili mediante l'assieme del gioco meccanico descritto in questo documento. Ricapitolando, questa invenzione comprendente:

- quattro o più elementi base di ancoraggio dette piattaforme, in materiale solido, avente una superficie che comprende delle parti concave, dette incavature, atte a far alloggiare le biglie, uniti tra loro tramite sistemi d'aggancio composti da perni e incavi;
- le biglie stesse fungono da pezzi del gioco.

Le piattaforme hanno delle superfici laterali definite barriere. Con l'espressione barriere si intende altresì indicare il fatto che, una volta connesse le piattaforme, tali barriere permettono un contenimento delle biglie senza che quest'ultime possano cadere dal gioco stesso per la forza di gravità nel loro roteare. Gli elementi base e la loro superficie di scorrimento, laterali e le barriere possono avere una qualsiasi dimensione e possono essere fabbricate in qualsiasi materiale solido. Come già descritto, le piattaforme vengono ancorate attraverso perni e compongono una struttura unica che forma una scalinata (nella quale la piattaforma di maggiore dimensione si trova nel punto più alto). Le piattaforme, fissate da perni, dispongono di scivoli che permettono alle biglie di scendere da una piattaforma alla successiva. Infine, un sistema di basamenti e palette permette al giocatore di indicare il numero binario che ha calcolato attraverso le biglie e le piattaforme. Il numero

di palette equivale al numero di basamenti e il numero selezionato si evidenzia per contrasto di colore. Le caratteristiche dell'invenzione emergeranno maggiormente dalla descrizione che segue, con riferimento ai disegni, in cui: la Figura 1 rappresenta una vista prospettica dell'assieme da gioco nel suo insieme, nella sua versione a quattro piattaforme, in cui è possibile notare le singole piattaforme (da otto, quattro, due incavature e quella da una singola incavatura) in cui è evidente riscontrare la presenza delle barriere e degli scivoli. La Figura 2 evidenzia il meccanismo di blocco delle piattaforme composta da un sistema perno-incavo. La Figura 3 mostra il meccanismo di visualizzazione dei valori binari 0 e 1 attraverso il congegno di basamenti e palette; tale disegno (attraverso la prospettiva dall'alto dell'assieme da gioco) mostra l'assieme di gioco nel suo complesso, ogni piattaforma ha un suo basamento al quale si connette attraverso un perno (il dettaglio in Figura 4), tornando al disegno 3 ogni basamento diviene fondazione della relativa piattaforma, si noti che il basamento ha un lato sporgente verso il giocatore (per poter leggere il valore binario). Nella parte sinistra del disegno 4 è possibile osservare che ogni basamento permette l'alloggiamento di una palette (in due possibili posizioni: VANO 1 E VANO 0), il cui colore contrastante rispetto al resto dei pezzi da gioco (ad esempio bianco rispetto al nero, arancio rispetto al blu, etc.), evidenzia un numero binario (corrispondente al bit della relativa piattaforma), in basso a destra del disegno 4 è riportata inoltre la vista laterale che evidenzia l'ingresso della palette nel basamento essendo i due vani proporzionati e mutuamente esclusivi. In altri termini: se tutte le incavature alloggiavano biglie allora il valore del bit è 1 e se tutte le incavature sono vuote allora il valore del bit è 0. In questo modo è possibile pure accentuare il meccanismo di insegnamento-apprendimento del codice binario perché ogni stato intermedio (tra tutte le incavature totalmente piene o totalmente vuote nella medesima piattaforma) non è uno stato valido e pertanto la conversione decimale-binario non è ancora terminata. Sulla faccia superiore di ogni basamento, nella parte sporgente rispetto alla piattaforma (a favore del punto di vista del giocatore), sono presenti la sagoma del numero 1 e la sagoma del numero 0 che creano un vuoto sottostante che si congiunge con dei fori per inserire la palette (il tutto ottimizzato per un eventuale stampa 3D, riportando, attraverso software di disegno 3D, le figure qui allegate nella scala desiderata) che essendo dello stesso colore del resto del basamento daranno l'impressione di non indicare nessuno dei due valori numerici. Sarà l'inserimento della palette a dare risalto al numero 1 o al numero 0 rendendo palese il valore che il giocatore assegna. Il Disegno 4 mostra l'ancoraggio delle piattaforme sui rispettivi basamenti che viene agevolato dalle proporzioni che legano i vari elementi dell'assieme di gioco. Le restanti figure del disegno 3 mostrano, comparativamente, i vari ruoli svolti dalle biglie e dalle incavature in una numerazione binaria progressiva 0001 0010 0011 0100 etc. fino a 1111 per convertire i numeri decimali da 1 a 15 e le relative posizioni delle palette. Si noti che un giocatore potrebbe usare 2 palette sullo stesso basamento, ma questa sarebbe da considerare una posizione errata e priva di senso per il gioco e la conversione (perché un numero binario non può essere contemporaneamente 0 e 1 sullo stesso bit). Si noti che nelle figure si definiscono *incavature* dove alloggiavano le biglie e *incavi* dove si inseriscono i perni per gli ancoraggi. Nei disegni sono omesse le biglie perché si possono utilizzare quelle a disposizione in tutti i negozi di giocattoli (a uso ludico) e ipermercati (a uso decorativo) fatte di vetro, plastica o lega metallica (generalmente da 14 mm di diametro) ovviamente proporzionando, in fase di realizzazione dell'invenzione, adeguatamente le incavature (con un diametro variabile da 10 mm a 16 mm in base a quanto si vuol far *affondare* la biglia nell'incavatura).

4. Descrizione dettagliata di D-BOX

Le caratteristiche dell'invenzione verranno ora descritte con riferimento alle figure precedenti. Come mostrato nella Figura 1, l'assieme da gioco, si comporta come segue: da quanto detto e mostrato con riferimento agli esempi dei disegni allegati, si sarà compreso che l'invenzione è diretta ad un assieme di gioco meccanico avente le caratteristiche generali descritte, adatto per formare un convertitore meccanico tra codice/numerazione decimale e codice/numerazione binaria, in cui gli elementi uniti tra loro hanno caratteristiche meccaniche migliorate dall'ancoraggio tra le varie piattaforme, la cui configurazione geometrica e le cui dimensioni possono essere qualsiasi in base alle esigenze didattiche. È bene notare che il gioco può essere pure convertito, attraverso un motore di grafica 2D e 3D, in varie tipologie di prodotti videoludici, inoltre, essendo un gioco didattico potrà essere modificato per:

1. adattarlo a soggetti ipovedenti (uso del codice Braille e simili);
2. adattarlo per soggetti che hanno difficoltà relative alla motricità fine (che pertanto hanno difficoltà nel posizionare le biglie nelle incavature) etc.;
3. in generale per adattarlo (attraverso suoni, luci, etc.) a qualsiasi necessità per rendere l'invenzione adatta alle esigenze didattico-pedagogiche relative ai bisogni educativi speciali (tutti i dettagli nella direttiva del MIUR del 27 dicembre del 2012).

Come descritto in precedenza, il numero di palette equivale al numero di basamenti e il numero selezionato si evidenzia per contrasto di colore ma può avvenire tramite altre tecniche simili (l'invenzione potrebbe pure adottare led o altre tecnologie quali display a sette, otto segmenti, etc.). La scelta di non realizzare un unico pezzo monolitico, ma realizzare un assieme di gioco, è dovuta principalmente a due fattori:

1. che sia facilmente trasportabile;
2. che la fase di montaggio ha uno scopo didattico ovvero apprendere le potenze del numero due, indispensabile per comprendere il codice binario.

La Figura 3 mostra il meccanismo di visualizzazione dei valori 0 e 1 attraverso un sistema visuale comodo per comunicare il valore binario che è stato convertito dal suo equivalente decimale, agevolando all'apprendimento dei numeri in base due (facendo leva sul concetto insiemistico della cardinalità del numero di biglie che resta invariato). La Figura 4 descrive il meccanismo d'ancoraggio attraverso dei perni tra basamenti e piattaforme. Per evitare dubbi riguardo la conversione dei singoli numeri decimali il disegno 3 mostra una vista dall'alto dell'invenzione relativa al corretto inserimento delle biglie per ogni suo valore lecito. Infine, nel presente documento, s'intende sottolineare che quanto è stato scritto e mostrato, è stato stilato a puro titolo esemplificativo e che altre modifiche o varianti, sia nella forma, sia riguardo alle basi di conversioni (che da decimale-binario può divenire decimale-ternario, quaternario, esadecimale ed oltre scegliendo anche due basi - di partenza e d'arrivo - numeriche qualsiasi ad esempio: binario-esadecimale) che nelle dimensioni, possono essere apportate sia sulle biglie (che possono divenire altri tipi di oggetti che svolgono il medesimo scopo) che servono per l'enumerazione sia nei supporti di base che le vanno ad ospitare e alloggiare, e/o ai vari pezzi principali e/o addizionali del gioco, sia al sistema d'ancoraggio tra le varie piattaforme, senza con ciò allontanarsi dal gioco qui presentato. Ricollegandosi al fatto che questo gioco rientra nella categoria di passatempi definita *mimicry* (in cui il giocatore assegna un carattere ludico a un'attività che non è considerata propriamente ricreativa) resta tuttavia da determinare come scegliere il numero da convertire.

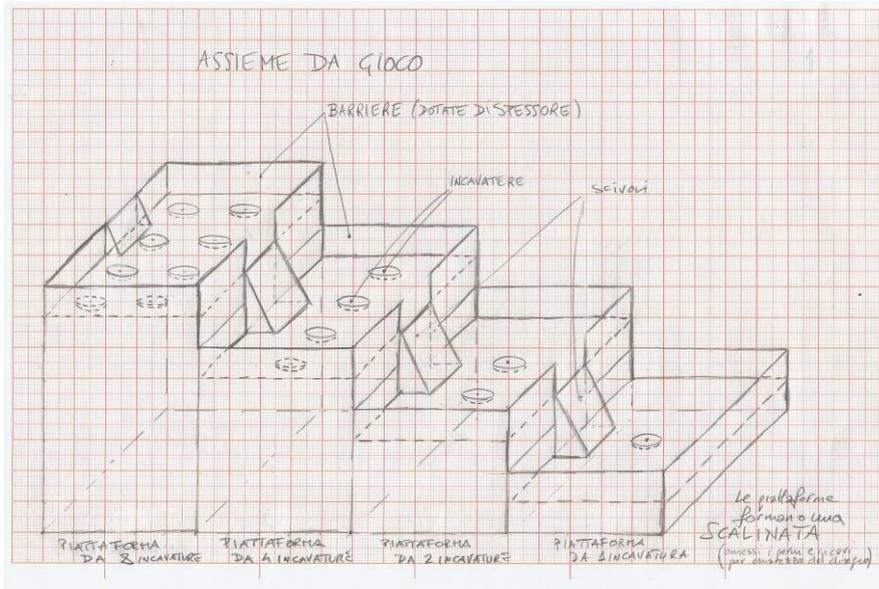


Figura 1. Disegno 1 del progetto di D-BOX.

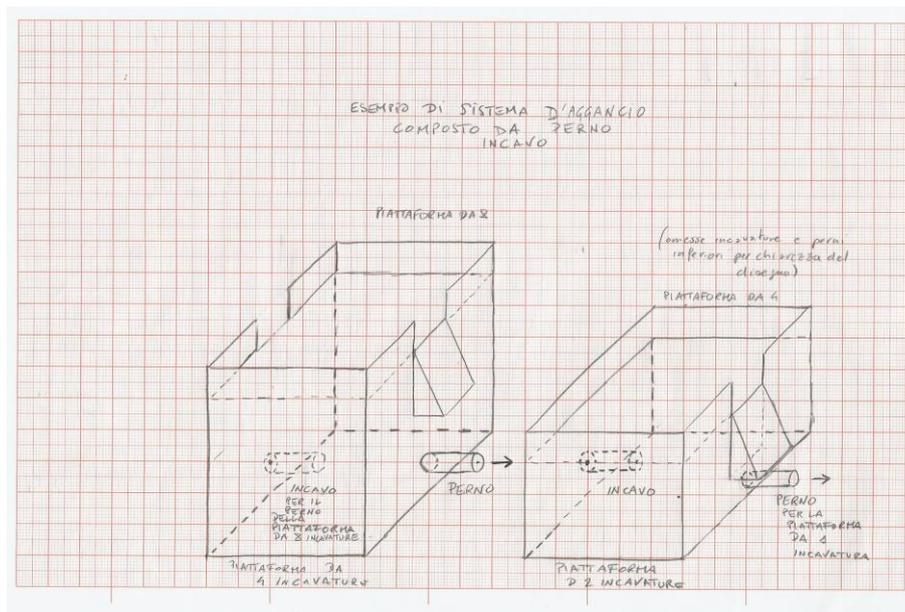


Figura 2. Disegno 2 del progetto di D-BOX.

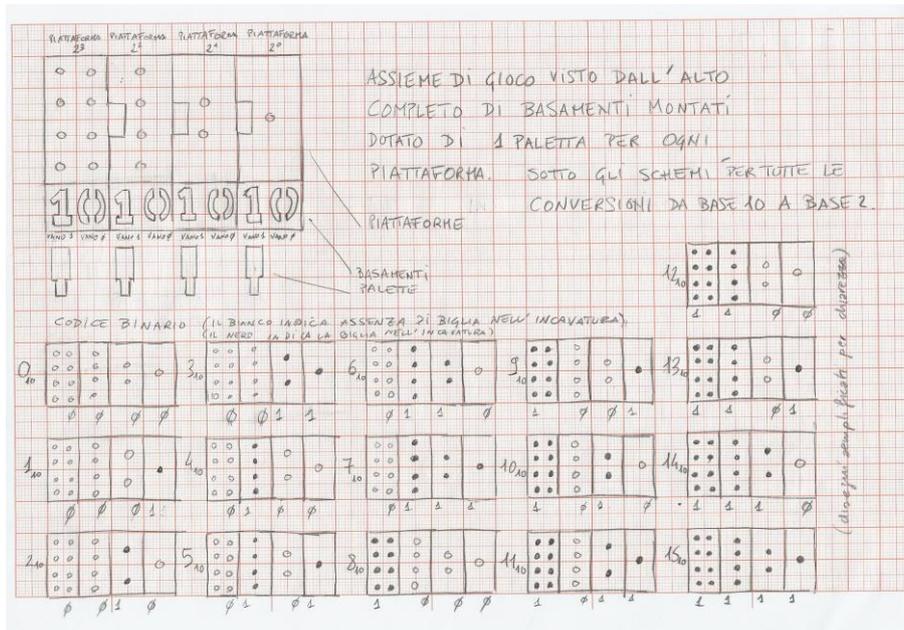


Figura 3. Disegno 3 del progetto di D-BOX.

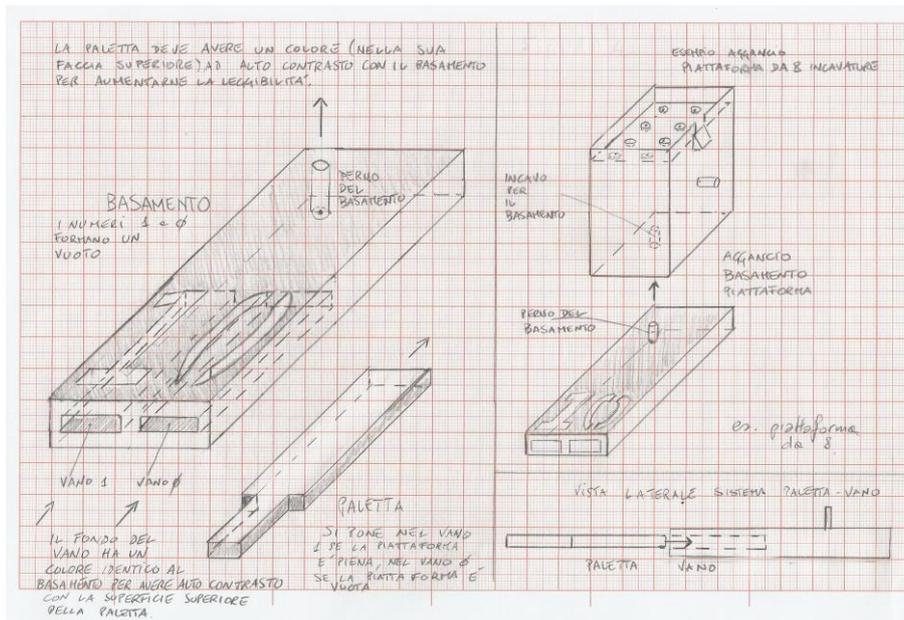


Figura 4. Disegno 4 del progetto di D-BOX.

A tal riguardo si può prediligere di procedere dalla rappresentazione dello zero fino al numero massimo oppure il docente, il genitore o il giocatore stesso decide il numero da convertire. In ogni caso, il giocatore prende tale numero di biglie e le dispone correttamente sull'assieme di gioco sfruttando le barriere e gli scivoli. La scelta del numero potrebbe essere pure determinata dal caso utilizzando un dado poliedrico a $2n$ facce (per esempio a sedici facce e sottraendo uno al tiro di dado), a delle carte (create ad-hoc o estratte da carte

tradizionali quali le carte da gioco napoletane o quelle da poker). Inoltre, si potrebbe introdurre una difficoltà crescente al gioco dando un tempo massimo entro il quale la conversione deve essere compiuta (in questo caso si può utilizzare un cronometro o una clessidra).

5. Progettazione di D-BOX tramite stampante 3D

Il gioco D-Box è stato progettato utilizzando un software di modellazione tridimensionale al fine di realizzarlo fisicamente attraverso la stampante 3D. Il punto di partenza per stampare un oggetto fisico è la progettazione di un modello 3D con appositi sistemi CAD (*Computer Aided Design*) che permettono la creazione di manufatti virtuali e reali. I software di modellazione tridimensionali definiscono esattamente le modalità con cui la stampante 3D deve costruire fisicamente ogni singolo strato dell'oggetto. Generalmente alcuni dei software più utilizzati per la progettazione tridimensionale sono: Rhinoceros, Fusion 360, *Solidworks*, *Blender*, *Trimble SketchUp Make*, *3DTin*, *Freecad*, *ArchiCAD*, *ThinkerCAD* e *OpenSCAD*. Per la realizzazione del modello 3D di D-Box è stato utilizzato il software di modellazione *Rhinoceros*, noto anche come *Rhino*. *Rhino*, è un programma specializzato nella modellazione delle superfici sculturate (*free form*) e solitamente usato per il disegno industriale, l'architettura e la prototipazione rapida.

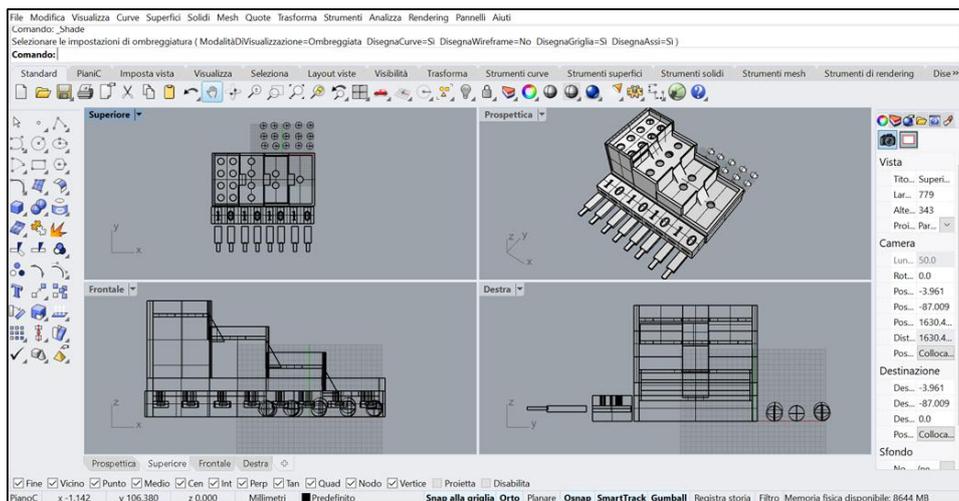


Figura 5. Progetto D-Box nell'interfaccia Rhino.

Nel software Rhino le entità geometriche sono raffigurate attraverso NURBS (*Non Uniform Rational B-Splines*) ossia una rappresentazione matematica che consente di definire geometrie 2D e 3D come archi, linee e superfici a forma libera. Le superfici vengono definite con precisione su ciascun punto da complesse formule matematiche per cui non si tratta di approssimazioni (McNeel, 2020). Un metodo per rappresentare approssimativamente una superficie è la mesh poligonale, la quale riduce una superficie liscia a un insieme di planari facce poligonali e bordi curvi, e può essere utilizzato per la visualizzazione dell'oggetto reale (Cheng, 2013). I dati *mesh* possono essere esportati per la produzione di oggetti tramite prototipazione rapida.

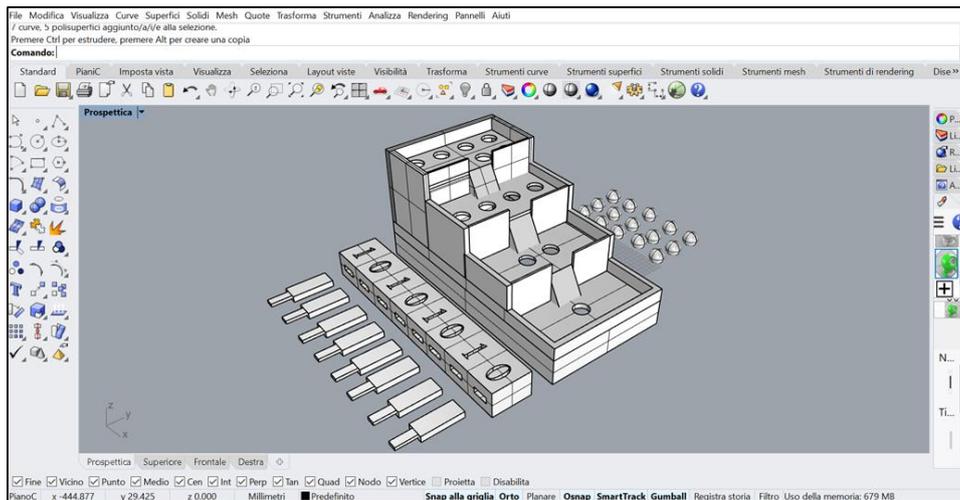


Figura 6. Scomposizione del progetto in vista prospettica.

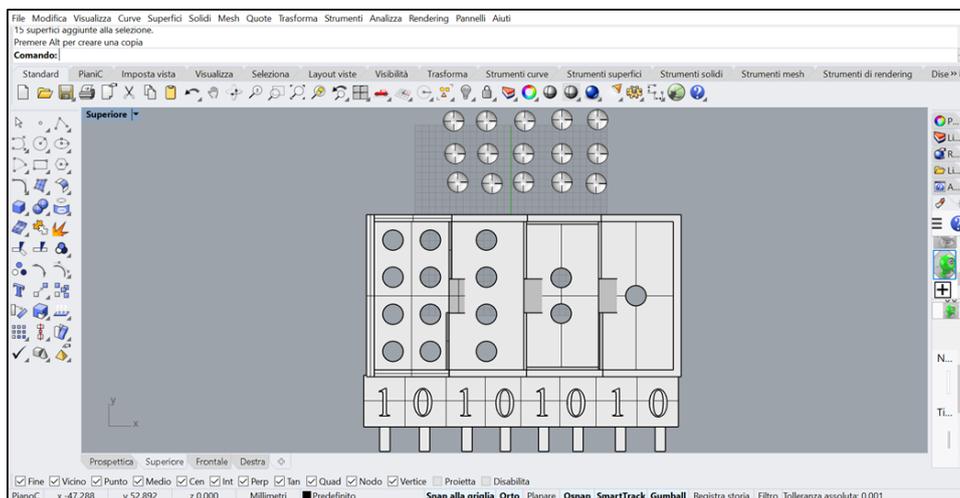


Figura 7. Vista superiore del modello 3D di D-Box.

Il modello tridimensionale rappresenta la base di partenza ma con la tecnologia FFF (*Fused Filament Fabrication*) bisogna ricondurlo ad una serie di figure bidimensionali sovrapposte che insieme costituiscono l'oggetto solido. Per tale motivo risulta idonea la figura del triangolo che rende più semplice la procedura di *Slicing* (Maietta, 2014, p. 94). L'operazione di *Slicing* genera un'immagine bidimensionale di ogni strato dell'oggetto, definendo i percorsi del blocco estrusore, la sua velocità, le temperature di estrusione e del piatto di stampa, per definire le modalità con cui la stampante deve costruire fisicamente ogni singolo strato. La triangolazione è solo un'approssimazione del modello reale ma risulta performante per il processo di suddivisione in strati. Il software Slicer, dopo aver diviso il modello in tanti strati sottili, crea un file G-code che costruisce l'oggetto sovrapponendo i singoli strati e lo trasferisce alla Stampante 3D.

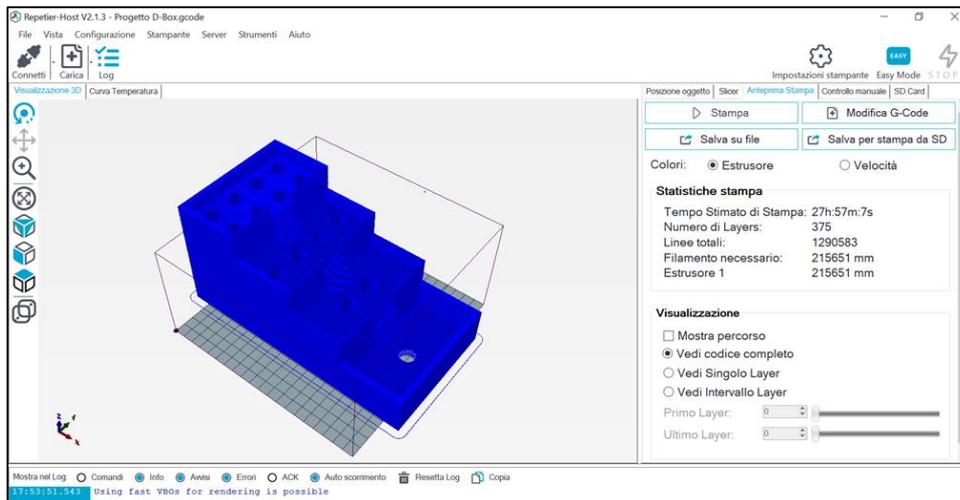


Figura 8. File g-code del progetto D-Box.

Una volta generato il file G-code è possibile procedere alla stampa ed eventualmente alla finitura dell'oggetto. Inoltre è stato renderizzato il modello 3D in cui sono stati assegnati dei colori ai diversi oggetti ed è stata impostata una specifica sorgente di luce.

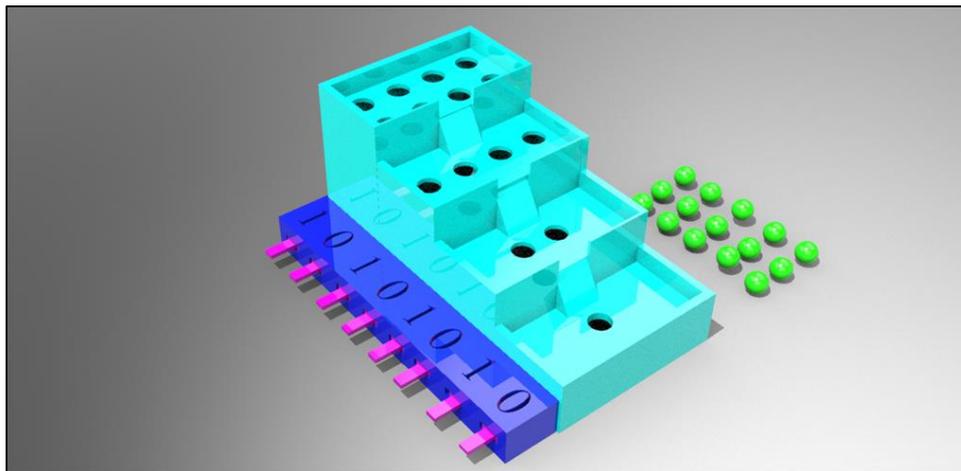


Figura 9. Rendering del modello D-Box.

Il modello tridimensionale del progetto è stato successivamente realizzato fisicamente attraverso la stampante. Nello specifico con il termine *Additive Manufacturing* (AM) si intendono i sistemi di produzione 3D basati sulla creazione di oggetti fisici mediante l'aggiunta di materiale. Generalmente per la realizzazione di un oggetto si possono adottare due possibili approcci: il *processo sottrattivo*, che elimina dal blocco il materiale non necessario fino ad ottenere l'oggetto finale, ad esempio utilizzando torni e fresatrici; e il *processo additivo*, che consente di creare oggetti fisici aggiungendo materiale su altro materiale (Maietta, 2014, p.16). La stampante 3D è una tecnologia additiva che presenta dei vantaggi tra cui la possibilità di realizzare oggetti personalizzati, rendendo economica e veloce la realizzazione di un prototipo. La tecnologia utilizzata è denominata FFF (Fused Filament Fabrication) ed è una modellazione che si sposta su tre assi cartesiani depositando,

strato dopo strato, del materiale fuso. I materiali principalmente utilizzati per la realizzazione di oggetti con la tecnologia FFF sono:

- il PLA (*PolyLactic Acid*) è un polimero termoplastico che si ricava dall'amido di mais o di patate, quindi biodegradabile e non produce fumi tossici. Tale materiale è piuttosto fragile ed adatto alla stampa di oggetti di grandi dimensioni grazie al suo lento raffreddamento. Il PLA si estrude tra i 160°C e i 220°C con un piano riscaldato tra i 50°C e i 60°C (Maietta, 2014, p. 46);
- l'ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) è un polimero termoplastico che deriva dal petrolio. Questo materiale è ottimo per la realizzazione di oggetti di uso meccanico (Maietta, 2014, p. 45);
- il PLA Flex è un materiale flessibile simile alla gomma e si estrude tra i 210°C e i 220°C con un piano riscaldato a 70°C (Maietta, 2014, p.47);
- il PET (Polietilene Tereftalato) materiale utilizzato per coperte e indumenti vari e si estrude tra i 210°C e i 220°C e un piatto riscaldato a 60°C (Maietta, 2014, p.48);
- il TPU (Poliuretano Termoplastico) è un materiale con diverse proprietà che risultano flessibili ed elastiche. Questo materiale si estrude intorno ai 235°C con piatto leggermente riscaldato (Maietta, 2014, p.49);
- il Nylon è un materiale che consente di realizzare oggetti molto resistenti e non sprigiona sgradevoli odori. Tale materiale si estrude intorno ai 245°C e i 300°C (Maietta, 2014, p. 50).

Nello specifico per la realizzazione fisica del progetto D-Box è stato usato il materiale PLA e la stampante 3D utilizzata è la *Prusa mk3s*, inventata da Josef Prusa, uno degli sviluppatori principali del progetto *RepRap*.

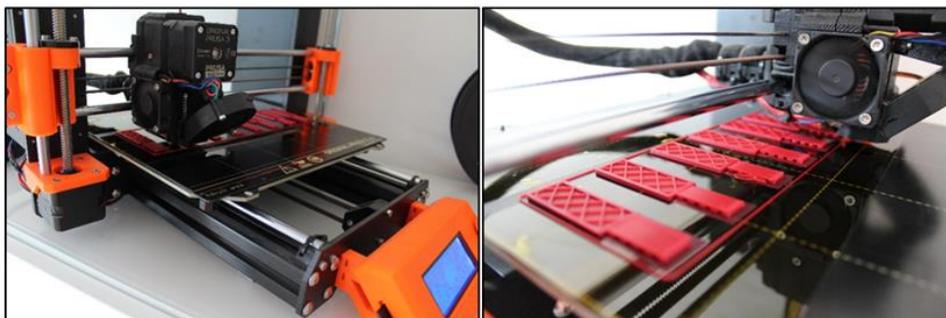


Figura 10. Realizzazione del progetto D-Box con la stampante Prusa mk3s.

6. Conclusioni

Il gioco didattico D-Box consente agli studenti delle scuole primarie delle classi quinte di apprendere il processo di conversione dei numeri decimali in numeri binari. In una società in cui le tecnologie rivestono un ruolo importante in molti ambiti della vita quotidiana, la capacità di risoluzione dei problemi e la creatività risultano essenziali per favorire lo sviluppo di nuove conoscenze. L'istruzione assume il compito di garantire che tutti i cittadini europei sviluppino le competenze chiave per far fronte alle sfide future (UE, 2016). Pertanto la scelta di progettare il gioco didattico D-Box deriva dal bisogno di potenziare le competenze logico-matematiche dei cittadini europei esplorando una nuova modalità di apprendimento. Lo scopo del gioco didattico è di favorire il processo di insegnamento-apprendimento del codice binario e di come viene gestita l'informazione tra

i vari sistemi informativi che sono alla base di un sistema di intelligenza artificiale. Il progetto D-Box sarà sperimentato nella classe quinta del plesso scuola primaria G. Rodari a Perugia a partire da quest'anno scolastico.

Riferimenti bibliografici

- Benigno, V., Chiorri, C., & Tavella, M. (2010). Giochi di Pensiero e Abilità di Ragionamento: il Progetto Logivali. In D. Cesareni & S. Manca (eds.), *Formazione, Innovazione e Tecnologie* (pp. 305-322). Napoli: ScriptaWeb.
- Caillois, R. (2014). *I giochi e gli uomini: La maschera e la vertigine* (L.Guarino, Trans). Milano: Bompiani (Original work published 1967).
- Cheng, R. K. (2013). *Inside Rhinoceros 5*. Hong Kong: Cengage Learning.
- COM. Commissione Europea. (2012). *Ripensare l'istruzione: investire nelle abilità in vista di migliori risultati socioeconomici*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012DC0669&from=RO> (ver.01.10.2020).
- COM. Commissione Europea. (2017), *Digital Scoreboard 2017. Quadro di valutazione digitale*. <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/IT/COM-2017-228-F1-IT-MAIN-PART-1.PDF> (ver.01.10.2020).
- Dewey, J. (1961). *Come pensiamo: Una riformulazione del rapporto fra il pensiero riflessivo e l'educazione* (A. Guccione Monroy, Trans.). Firenze: La Nuova Italia (Original work published 1910).
- Di Tore, S., Aiello, P., Di Tore, P. A., & Sibilio, M. (2012). Exergames as Teaching Tools: New Forms of Human Machine Interaction. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 1(2), 165–165.
- Erikson, E. H. (1977). *Toys and reasons: Stages in the ritualization of experience*. New York, NY: WW Norton & Company.
- Gardner, H., & Davis, K. (2013). *The app generation: How today's youth navigate identity, intimacy, and imagination in a digital world*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Huizinga, J. (2002). *Homo ludens*. Torino: Einaudi.
- McNeel, R. (2020). Rhinoceros 6, guida in linea online. http://docs.mcneel.com/rhino/6/training-level1/it-it/Default.htm#topics/01_introduction_2.htm%3FTocPath%3D5%201 (ver. 20.11.2020).
- Kaplan, J., & Di Salvo, P. (2017). *Intelligenza artificiale: guida al futuro prossimo*. Roma: Luiss University Press.
- McFarlane, A. (2014). *Authentic learning for the digital generation: realising the potential of technology in the classroom*. London-New York, NY: Routledge.
- Midoro, V. (2016). *La scuola ai tempi del digitale. Istruzioni per costruire una scuola nuova*. Milano: FrancoAngeli.
- MIUR. Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2012). *Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*.

- Annali della Pubblica Istruzione*. No. Speciale.
http://www.annaliistruzione.it/var/ezflow_site/storage/original/application/55f6425315450eb079ff3e4da917750c.pdf (ver. 30.12.2014).
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development (2016). PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education. Paris: PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en> (ver. 15.12.2020).
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics education. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95–123.
- Piaget, J. (1962). *Play, dreams, and imitation* (C. Gattegno & FM Hodgson, Trans.). New York: Norton.
- Raccomandazione 2006/962/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, 18 dicembre 2006. *Competenze chiave per l'apprendimento permanente*. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=IT> (ver. 10.01.2015).
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational technology research and development*, 44(2), 43–58.
- Russell, S., & Norvig, P. (2003). *Artificial intelligence: a modern approach*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Todino, M. D. (2018). *La complessità didattica dell'interazione uomo-macchina*. Roma: Aracne.
- Turing, A. M. (2004). Computing machinery and intelligence. In J. Copeland (ed.) *The Essential Turing: The Ideas that Gave Birth to the Computer Age* (pp. 433-464). Oxford: Oxford University Press.
- Turkle, S. (2012). *Alone Together: Why We Expect More from Technology and Less from Each Other*. New York: Basic Books.
- UE. Unione Europea (2006). *Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente* (2006/962/CE).
- UE. Unione Europea (2008). *Raccomandazione del Consiglio relativa alle competenze chiave per l'apprendimento permanente*, 2018/C 189/01.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Whitton, N. (2009). *Learning with digital games: A practical guide to engaging students in higher education*. London-New York NY: Routledge.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.