

SCIENZA E FANTASCIENZA

Il dato come indizio

Firenze, 7-8 maggio 2025

SEZIONE TESINE TRIENNIO

Menzione d'onore

La scienza di "Ritorno al futuro"

Studenti

Foschi Pietro - Michelini Marco - Rossi Giada - Shijaku Alba

Zavoli Matteo

Classe 4 ALSA

Istituto di Istruzione Superiore

Leonardo Da Vinci - Cesenatico (FC)

Docente Coordinatore

D'Onofrio Gian Luigi

L'attività riguarda la costruzione di un modellino funzionante della "DeLorean", la macchina volante del tempo nel film di fantascienza "Ritorno al Futuro". La realizzazione del progetto ha richiesto l'approfondimento di diverse discipline: dalla fluidodinamica alla meccanica del volo, dall'aerodinamica alla programmazione elettronica. In particolare, è stata utilizzata una stampante 3D per la realizzazione dei componenti più complessi ed è stato sviluppato un sofisticato sistema di controllo per il bilanciamento del modello durante il volo.



La scienza di Ritorno al Futuro



INDICE

1 Relazione docente	3
2 Introduzione	4
3 Nota teorica	4
3.1 Come funzionano le eliche:	5
3.1 Effetto suolo	6
4 Materiali e Strumenti	8
5 Realizzazione pratica	9
5.1 I test	9
5.2 Fluidodinamica	11
5.3 Gestione elettronica	11
5.5 Problema dell'alimentazione:	14
5.6 Sistema propulsione su strada	14
5.7 Sviluppo prototipi	15
5.8 Considerazioni e sviluppi futuri del progetto Delorean	19
5.9 Come rendere la nostra tecnologia utilizzabile nel mondo reale	19
6 Il ritorno di R2D2	20
6.1 Nuovo sistema di locomozione	20
6.2 Realizzazione della “Forza”	22
6.3 Sistema di trasformazione	23
6.4 Sviluppi futuri del progetto R2D2	23
7 Sitografia	25
8 Bibliografia	25

1 Relazione docente

Nel corso di questi mesi, ho avuto l'opportunità di esplorare con i miei studenti il significato e l'impatto della fantascienza, un genere che nasce dalla fusione tra "fantasia" e "scienza". Questo connubio ha permesso di immaginare mondi alternativi, spesso utopici o distopici, che riflettono le ambizioni, le paure e le speranze della nostra società. La fantascienza, dunque, non è solo evasione, ma anche un potente strumento di analisi critica e di anticipazione tecnologica.

Fin dalle origini, la letteratura fantascientifica ha influenzato il pensiero scientifico e tecnologico, stimolando l'invenzione di strumenti che un tempo sembravano impossibili. Jules Verne, nel XIX secolo, con romanzi come *Dalla Terra alla Luna* (1865) e *Ventimila leghe sotto i mari* (1870), ha anticipato l'esplorazione spaziale e la tecnologia dei sottomarini. Allo stesso modo, Frankenstein di Mary Shelley (1818) può essere considerato uno dei primi esempi di fantascienza, affrontando tematiche scientifiche e morali legate alla creazione della vita artificiale.

Credo che, per apprezzare appieno questo genere, sia fondamentale adottare un approccio critico che non si limiti alla trama, ma consideri anche i dettagli tecnologici e i dispositivi, talvolta avveniristici, che arricchiscono la narrazione. Un esempio emblematico è la serie televisiva *Star Trek* (1966), che immagina un futuro in cui l'umanità ha superato guerre e divisioni, unendosi in una flotta stellare con l'obiettivo di *"esplorare strani e nuovi mondi, alla ricerca di forme di vita e civiltà, per arrivare là dove nessun uomo è mai giunto prima"*. Oltre alla visione ottimistica del futuro, *Star Trek* ha ispirato reali progressi tecnologici, come i primi prototipi di tablet e comunicatori mobili.

L'influenza della fantascienza non si limita alla letteratura e alla televisione, ma si estende anche al cinema e all'arte. Pittori come Giorgio De Chirico e Salvador Dalí, con le loro visioni oniriche e surreali, hanno anticipato molte delle atmosfere presenti nei film di fantascienza. Nel cinema, capolavori come *Metropolis* (1927) di Fritz Lang e *Blade Runner* (1982) di Ridley Scott hanno rappresentato il rapporto tra uomo e tecnologia, tra intelligenza artificiale e identità umana, ponendo interrogativi ancora oggi attuali.

In occasione della XX edizione di ScienzaFirenze, abbiamo realizzato un progetto ispirato a una delle tecnologie più iconiche di *Star Trek*: il **Tricorder**, uno strumento scientifico per diagnosi mediche e analisi ambientali. Il nostro prototipo è stato progettato per rilevare effettivamente parametri atmosferici, dimostrando come la fantascienza possa ispirare innovazioni concrete. L'anno successivo, ci siamo dedicati a *Star Wars*, realizzando una versione funzionante del robot **R2-D2**, dotato di sensori per muoversi autonomamente anche al buio.



Fig. 0 Il nostro "Tricorder"

Quest'anno abbiamo intrapreso un progetto ancora più ambizioso: la costruzione di un modellino funzionante della **DeLorean** (Fig.2), la macchina del tempo volante del film *Ritorno al Futuro* (1985). Sebbene il viaggio nel tempo rimanga un concetto teorico, l'idea di un veicolo capace di trasformarsi in un aeromobile compatto e agile potrebbe avere applicazioni rivoluzionarie in ambiti di emergenza o in luoghi difficilmente accessibili. I ragazzi coinvolti nel progetto hanno approfondito diverse discipline, dalla fluidodinamica alla meccanica del volo, dall'aerodinamica alla programmazione

elettronica, fino alla modellazione 3D di componenti complessi. Hanno studiato droni, elicotteri e meccanismi automobilistici per creare un sistema innovativo basato su principi reali.

Parallelamente, il gruppo ha continuato a migliorare R2-D2, risolvendo problemi meccanici e implementando nuove tecnologie ispirate alla fantascienza. Questo team, composto da tre ragazzi e due ragazze di una quarta del Liceo Scientifico, non è solo una squadra di giovani scienziati in erba, ma anche un gruppo di amici uniti dalla passione per l'innovazione.

Nei prossimi mesi, continueremo a sviluppare questi affascinanti progetti, con l'obiettivo di presentare a Firenze nuove tecnologie ispirate alla fantascienza e dimostrare che i sogni possono trasformarsi in realtà. Come disse Arthur C. Clarke, "Ogni tecnologia sufficientemente avanzata è indistinguibile dalla magia". Ed è proprio questa magia che intendiamo coltivare e rendere tangibile nel nostro percorso educativo.



Fig. 2 Delorean volante (Ritorno al Futuro parte 2)

2 Introduzione

Riguardando durante l'estate il film “*Ritorno al futuro parte 2*”, siamo rimasti affascinati dalla scena iniziale, quando la macchina del tempo del professor Brown, una DeLorean del 1985, per prepararsi a viaggiare nel tempo, si alza in volo grazie alle modifiche effettuate in un'officina del futuro.

Ma perché nella vita reale non si è mai sentito parlare di automobili volanti? Non sarebbe rivoluzionario se i veicoli di soccorso quando si trovano la strada sbarrata potessero alzarsi in volo e sfrecciare nel luogo del bisogno?

Gli elicotteri senza dubbio sono il mezzo perfetto per gli interventi in luoghi poco raggiungibili, ma sono ingombranti con la grande elica centrale e possono atterrare solo in zone aperte. Pensate se un dispositivo volante potesse infilarsi tra i vicoli di una città e parcheggiare in un comune posto auto. Sarebbe rivoluzionario!

Ma è possibile realizzare tale idea?



Fig. 2

3 Nota teorica

Per trasformare un'automobile in una macchina volante servirebbe un dispositivo in grado di annullare la gravità, la forza che ci attira verso il basso. Secondo la **terza legge di Newton** (ad ogni azione corrisponde una reazione di uguale intensità ma di verso opposto), se riusciamo a generare una spinta opposta e più grande della forza di gravità, possiamo alzarci in volo.

Questa forza si può generare tramite un **propulsore chimico** come accade nei missili, dove vengono bruciati gas come l'ossigeno e un combustibile derivato dal petrolio o l'idrogeno, oppure tramite delle **eliche** come fanno droni, aerei ed elicotteri.

Nel nostro piccolo, visto che la tecnologia principale che utilizziamo per realizzare i progetti è la **stampa 3d** (fig.3), che permette di realizzare

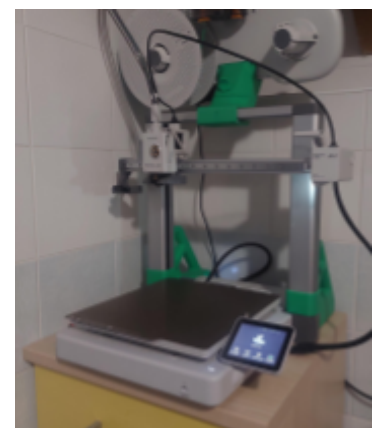


Fig. 3 La nostra stampante 3d

componenti in plastica, non possiamo usare come spinta un propellente chimico, visto che nella combustione si sviluppano temperature altissime e pericolose. Quindi utilizzeremo come propulsore un motore elettrico collegato al mozzo di un'elica.

3.1 Come funzionano le eliche:

Un'elica è formata da un mozzo a cui sono connesse delle pale. Ogni pala dell'elica ha un profilo aerodinamico, ovvero una forma che permette all'aria di scorrere su di essa in modo efficiente. L'inclinazione di queste pale è cruciale: quando l'elica ruota, le pale "affettano" il fluido circostante, spingendolo indietro.

L'inclinazione delle pale, combinata con il loro movimento rotatorio, crea una differenza di pressione tra la parte superiore e inferiore della pala (Fig.4). Questa differenza di pressione genera una forza verso l'alto, chiamata portanza. Nel caso dell'elica, la portanza agisce in direzione opposta al movimento dell'aria, generando così la spinta verso l'alto.



Fig.4 Funzionamento elica

Il numero di pale di un'elica è molto importante, infatti l'**efficienza** (il risparmio di energia) di un'elica è maggiore se il numero di pale è minore (2 pale è la più efficiente), ma la **spinta** verso il basso generata dall'elica (in inglese "thrust"), aumenta all'aumentare del numero di pale. Si deve pertanto trovare un compromesso in base alle necessità.

Ecco alcuni esempi:

I droni professionali per riprese cinematografiche prediligono una buona durata della batteria e sono ultraleggeri, per questo hanno solo 2 pale per elica.



Fig. 5 Drone cinematografico "Dji mini 2"

I droni "FPV" (First Person View) vengono utilizzati per fare voli ad alta velocità e acrobazie aeree e hanno bisogno di più spinta, quindi hanno 3 pale che è il compromesso perfetto tra buona durata della batteria e spinta. Inoltre 3 pale permettono di avere più "grip" sull'aria, garantendo al pilota un controllo maggiore sul veicolo.

[Ecco un volo fpv realizzato con il nostro drone](#)



Fig. 6 Drone FPV "Dji Neo"

Se le pale eoliche avessero due pale, il vento eserciterebbe, ad ogni ciclo, la spinta maggiore sull'elica più in alto. Tale differenza di spinta causerebbe una flessione-torsione all'albero e al mozzo della turbina, con i conseguenti rischi di usura e guasto. Inoltre le turbine a due eliche ruotano a maggior velocità rispetto a quelle a tre eliche a causa dell'attrito ridotto, ma una maggior rotazione comporta diversi svantaggi come



l'aumento eccessivo di rumorosità e problemi di sicurezza. Una terza pala posta a 120 gradi rispetto alle altre risolve lo squilibrio strutturale, assicurando anche un'efficienza energetica leggermente superiore.

Per questo progetto ci siamo ispirati ad un video di ["Jlaservideo"](#), un ingegnere americano che utilizzando piccoli motori detti "ducted fan" (ventola intubata) è riuscito a creare una tuta ispirata ad "iron man" in grado di volare.

Non è una tecnologia nuova, le "tute jetpack" esistono da molto tempo, ma il fatto che la sua fosse alimentata elettricamente rende la sua idea più adatta a questo progetto.

[Una classica tua jetpack a combustibile](#)

I suoi motori a 12 pale intubati (Fig.9) generano una spinta enorme a parità di ingombro (un motore con 7 cm di diametro genera una spinta di 2.7kg), ma assorbono tantissima energia elettrica; alla massima potenza utilizzano l'energia di 3.5 cellulari in circa 4 minuti!



Fig. 8 Il Jetpack sviluppato da "Jlaservideo"

Abbiamo acquistato un motore intubato da 70mm e abbiamo fatto quindi qualche test.

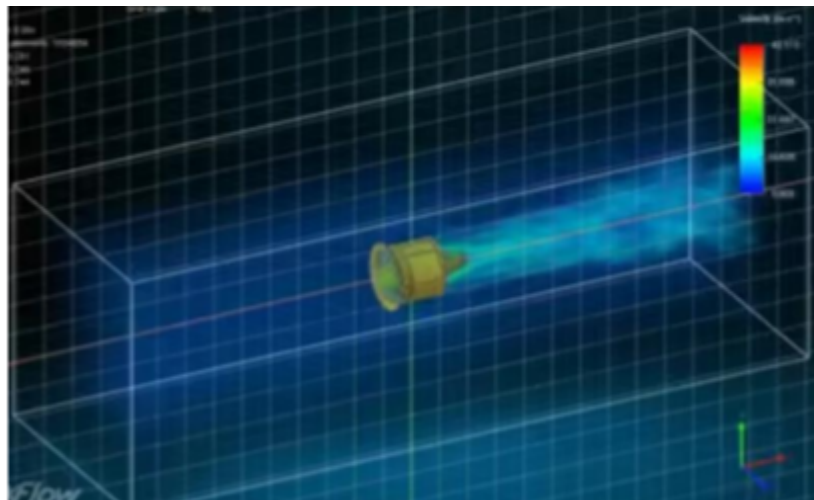


Fig. 9 Simulazione ducted fan 70mm (fonte Beihang University)

3.1 Effetto suolo

Esistono due tipi di "effetto suolo" completamente differenti tra loro: quello aeronautico e quello automobilistico.

L'effetto suolo **aeronautico** (Fig.10) si verifica quando un velivolo vola vicino alla superficie terrestre, solitamente a quote inferiori a circa un quarto della lunghezza dell'ala. In questa situazione, l'aria che fluisce sotto l'ala viene compressa e confinata, creando una maggiore pressione rispetto a

quella presente ad altitudini maggiori. Questo fenomeno riduce la resistenza aerodinamica e aumenta la portanza generata dalle ali.

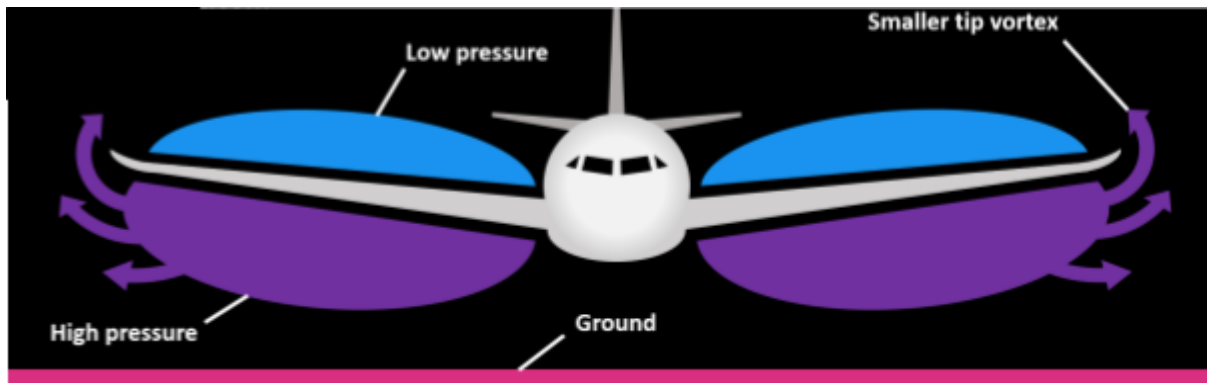


Fig. 10 Rappresentazione effetto suolo

La compressione dell'aria genera un "effetto di scarico" che permette al velivolo di volare più stabilmente e con minore sforzo rispetto a quanto avverrebbe in volo ad alta quota. Sebbene ciò migliori l'efficienza, l'effetto suolo può comportare anche un aumento della turbolenza e dei vortici d'aria, che devono essere gestiti con attenzione per evitare instabilità.

Droni ed elicotteri, anche se non hanno le ali, riescono a sfruttare l'effetto suolo grazie alle loro eliche rotanti. Infatti l'aria sotto le eliche viene compressa dalla vicinanza al suolo, creando una zona di alta pressione che funge da “cuscinetto d’aria”. Questo fenomeno aumenta la portanza prodotta dalle eliche, migliorando l'efficienza del volo.

L'effetto suolo **automobilistico**, invece, è sfruttato per generare maggiore aderenza al suolo, migliorando la manovrabilità e la velocità delle auto da corsa (Fig.11). La progettazione aerodinamica delle auto da corsa è volta a massimizzare il downforce, ovvero la forza che tiene l'auto aderente alla pista, a scapito talvolta di una maggiore resistenza all'avanzamento.

L'effetto suolo in ambito aeronautico giocherà un ruolo fondamentale sul funzionamento dei nostri prototipi, in quanto modelli meno efficienti dal punto di vista aerodinamico ma in grado di sfruttarlo si alzeranno in volo meglio di quelli più efficienti. Approfondiremo questo aspetto nel paragrafo [“5.8 Considerazioni”](#)

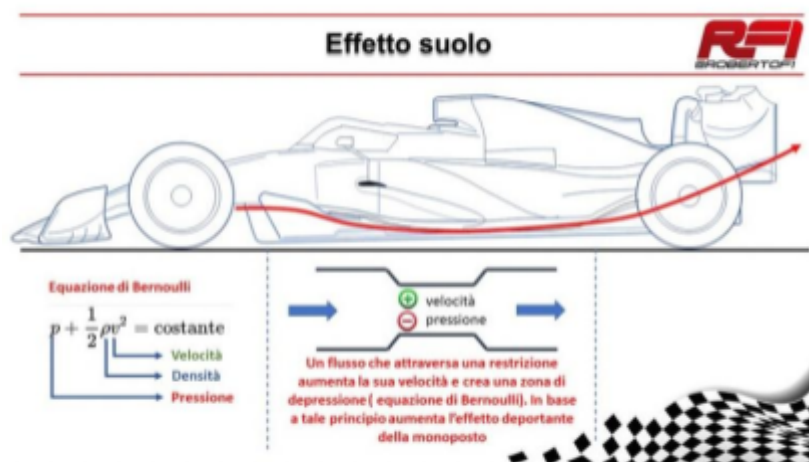


Fig. 11 Effetto suolo usato nelle F1

4 Materiali e Strumenti

Materiali
Motore “ducted fan” 70 mm
driver ducted fan 70A
N.2 Batterie lipo 22 V 1.8A
N.2 microcontrollori Nodemcu 32s
Giroscopio mpu6050
Tof (sensore di distanza a infrarossi)
Servomotori
Driver servomotori
Pla (plastica per la stampante 3d)
N.2 Joystick
Batterie litio da 3.7 V per alimentare l’elettronica



Fig. 12 Ducted fan da 70 mm

Strumenti
Stampante 3d
Bilancia
Barometro
Anemometro

5 Realizzazione pratica

5.1 I test

Durante uno dei primi test effettuati sul balcone di casa, mentre con una mano avviavamo la sequenza di attivazione e con l'altra impugnavamo il motore, il propulsore ha generato una spinta tale da sfuggirci di mano: i cavi di alimentazione si sono sganciati e il motore è decollato e poi è precipitato nel giardino dei vicini. La batteria è stata trascinata per un po' ed è caduta a terra. Sebbene fosse lievemente ammaccata, non ci siamo preoccupati troppo, pensando che non fosse un problema grave. Tuttavia, durante la successiva ricarica, ha iniziato ad emettere fumo e a gonfiarsi. L'abbiamo staccata immediatamente dal caricatore e l'abbiamo immersa rapidamente in un secchio d'acqua (Fig. 13).

Il litio, un elemento altamente reattivo all'acqua, ha scatenato una fiamma rossa e arancione che si è alzata per oltre un metro. Dopo alcuni minuti, la reazione è cessata, la batteria si presentava gonfia ed in fondo al secchio si notavano le ceneri della combustione. Questo episodio ci ha spinto a riflettere sulla sicurezza del nostro progetto. Abbiamo quindi deciso di progettare sistemi protettivi per le batterie e di realizzare maniglie più grandi, per migliorare l'impugnatura del motore e prevenire futuri incidenti.



Fig. 13 La batteria subito dopo l'incidente

[Il video dei test](#)

Abbiamo successivamente progettato e realizzato una struttura in plastica dotata di tre bracci e di un cuscinetto a sfera centrale (Fig.15), ideata per testare la durata della batteria e la spinta e per misurare l'effetto del movimento rotatorio dell'elica sul comportamento complessivo del sistema. Infatti, se un'elica gira in senso orario, l'intero veicolo tende a ruotare in senso opposto; per questo gli elicotteri sono equipaggiati con una piccola elica sulla coda, che genera una spinta opposta a quella dell'elica principale, stabilizzando il volo.



Fig. 14



Fig. 15 Lo strumento realizzato per testare il motore

Nel caso di un drone, i quattro motori ruotano due in senso orario e due in senso antiorario (Fig.16), bilanciando ogni rotazione quindi il drone non ruota su se stesso, mantenendosi stabile. Inoltre, la manovrabilità è garantita dalla possibilità di regolare separatamente la velocità dei quattro motori; variando la velocità di due motori, infatti, il drone si inclina e si sposta nella direzione desiderata.

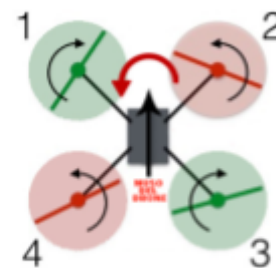


Fig. 16 senso di rotazione eliche

Volendo alloggiare il meccanismo all'interno di un modellino di DeLorean, è necessario ridurre gli ingombri. Utilizzare un solo motore al posto di quattro ci è sembrata una soluzione, ma non volevamo rinunciare alla manovrabilità di un drone. Per questo motivo, abbiamo progettato un sistema di tubazioni da posizionare sotto il motore, in modo da suddividere il flusso d'aria in quattro flussi separati (Fig.17).



Fig. 17 Prototipo Delorean

In questo modo, tutta l'aria aspirata dal motore viene canalizzata ed espulsa attraverso quattro tubi distanziati tra loro. Ogni piccola variazione nella spinta in uno dei tubi determina una grande modifica nell'assetto del veicolo.

Per regolare la spinta dei quattro flussi, ci siamo ispirati al meccanismo composto da una paratia a farfalla, spesso utilizzato nei carburatori delle automobili (Fig.18).

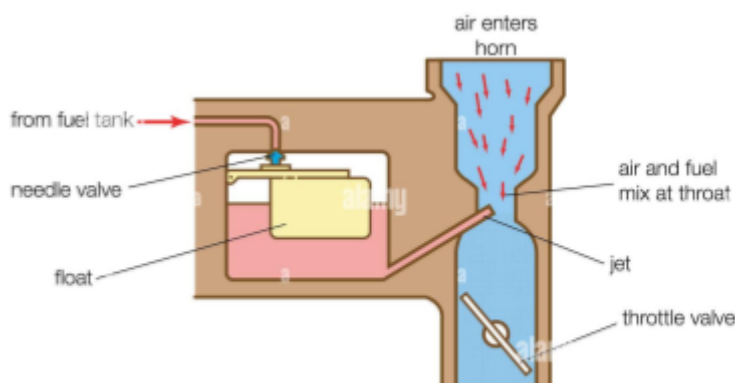


Fig. 18 Schema di funzionamento di un carburatore



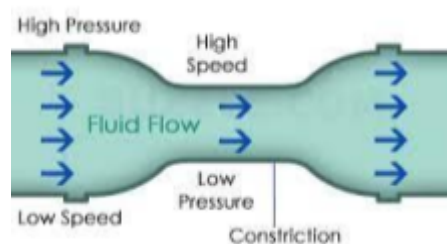
Fig. 19 Paratia a farfalla

Tutti i motori alimentati a benzina sfruttano una paratia a forma di ellisse detta “farfalla” (Fig.19) per parzializzare il flusso e modificare la velocità e la portata del flusso d'aria, che verrà successivamente miscelata con il combustibile.

5.2 Fluidodinamica

La paratia permette di variare la sezione e di bilanciare la Delorean in volo modificando la spinta dell'aria nei tubi in accordo con il principio di Bernoulli, secondo il quale all'aumento della sezione di un tubo corrisponde una diminuzione della velocità del fluido ed ad un aumento della pressione diminuisce la sua velocità (Fig.20).

La pressione è definita come forza per unità di superficie ($P=F/A$). Quando la sezione dei tubi è piccola, l'aria compressa si muove rapidamente ma genera una spinta verso il basso più debole. Al contrario, una sezione maggiore comporta un flusso d'aria più lento ma una spinta più forte.



*Fig. 20 Principio di Bernoulli
(esempio condotto Venturi)*

5.3 Gestione elettronica

La regolazione delle 4 paratie a farfalla, una per ciascun tubo, avviene grazie a servomotori, motori in grado di ruotare il loro asse con precisione, fino a 180 gradi. I servomotori sono controllati da una scheda programmabile che emette impulsi PWM, ovvero segnali elettrici la cui durata definisce l'angolo di rotazione del motore.

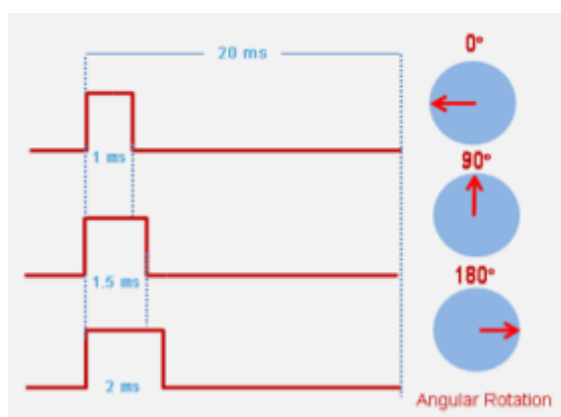


Fig. 21 Impulsi PWM e rispettivi angoli

La scheda di controllo utilizzata è l'“ESP32”, che si programma in C++, proprio come l'“Arduino” utilizzato per R2D2. Tuttavia, a differenza di quest'ultimo, l'“ESP32” è molto più veloce e offre funzionalità avanzate, come un circuito WIFI integrato per connettersi a internet (adatto per progetti IoT) o per creare un piccolo server privato a cui computer e cellulari possono collegarsi. La scheda include anche una antenna bluetooth per la connessione ai dispositivi mobili. Una caratteristica distintiva dell'“ESP32” è il protocollo "ESP32 NOW", che consente la comunicazione tra più schede "ESP32" con un basso consumo energetico ed una portata di circa 250 m.

A differenza di R2D2, che si pilota tramite un'app sul cellulare, per la DeLorean vogliamo creare un telecomando fisico che ricordi quello utilizzato dal professor Brown durante il primo test del viaggio nel tempo nel film *"Ritorno al Futuro – Parte 1"*.

Sia il radiocomando che la DeLorean saranno stampati in 3D e comunicheranno tra loro utilizzando il protocollo "ESP32 NOW".

Per quanto riguarda la DeLorean, visto che la sua massa non è distribuita uniformemente, sarà necessario un **circuito giroscopico** "MPU6050" per bilanciarla in volo. Questo sensore rileva le variazioni di inclinazione sui tre assi, permettendo, una volta misurati i valori quando la macchina è ferma a terra, di scrivere un algoritmo che mantenga questi valori di riferimento anche durante il volo. In caso di sbilanciamento su uno dei lati, l'ESP 32 attiverà le paratie corrispondenti per creare la spinta necessaria a stabilizzare il veicolo.

Tuttavia il giroscopio non è sufficiente per stabilizzare la DeLorean sull'asse Z. È quindi necessario un ulteriore sensore chiamato **"ToF"** (Time of Flight), che misura con precisione la distanza da un ostacolo. A differenza del sensore a ultrasuoni usato nel progetto R2D2, il sensore ToF (Fig.22) utilizza un emettitore ottico che genera un fascio di luce (che viaggia alla velocità di 300.000 km/s) invece che un emettitore acustico (la velocità del suono è di circa 330 m/s), risultando quindi molto più preciso e reattivo.

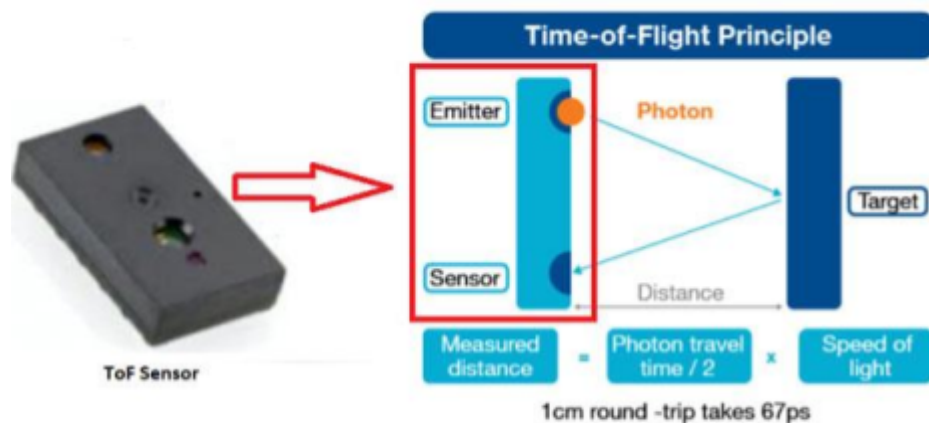


Fig. 22 Principio di funzionamento del ToF

Posizionando il sensore ToF verso il basso, quando la DeLorean decollerà, sarà possibile misurare la distanza dal suolo e programmare l'ESP 32 per mantenere costante quell'altitudine durante il volo.

5.4 Algoritmo di controllo “PID”

La centralina ESP-32 sarà programmata in modo da bilanciare in tempo reale la Delorean in volo. Per farlo non sono sufficienti cicli base come “if-else”/”for”/”while”, ma bisogna utilizzare un algoritmo abbastanza complesso detto “PID”:

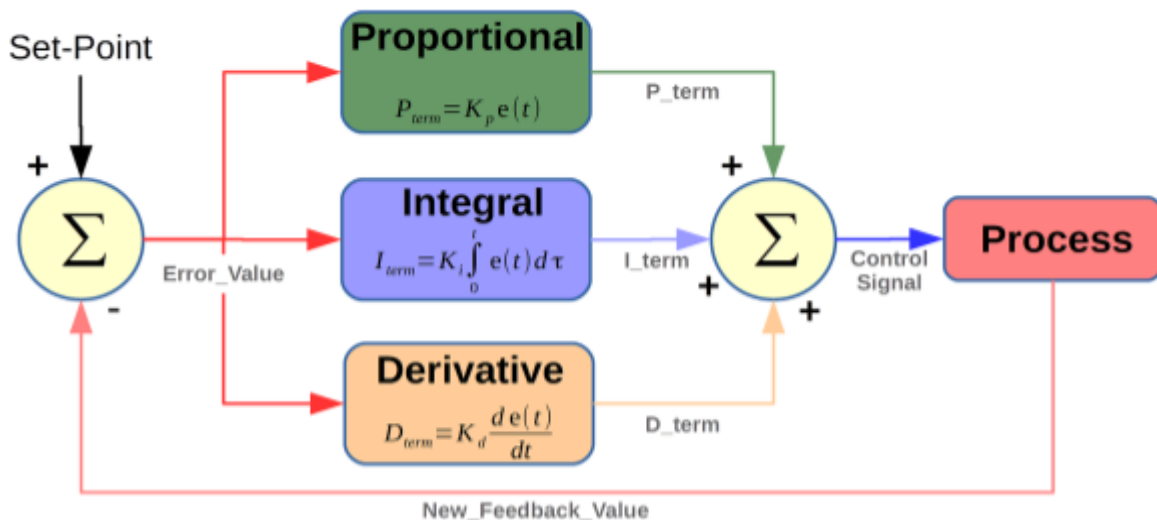


Fig. 23 Algoritmo di controllo PID

L'algoritmo PID (Proporzionale, Integrale, Derivativo) è un tipo di controllo studiato in ingegneria meccanica e aerospaziale per regolare sistemi dinamici, come nel nostro caso la velocità del motore e l'angolazione delle valvole a farfalla.

L'algoritmo si basa su tre componenti fondamentali che vengono sommate per generare il segnale di controllo:

1. **Componente Proporzionale (P):** Questa componente dipende dalla **differenza** tra il valore desiderato (setpoint) e il valore attuale (errore). L'errore è quindi il segnale di base su cui il controllore agisce. Il termine "proporzionale" indica che l'azione di controllo è direttamente proporzionale a questa differenza. Maggiore è l'errore, maggiore sarà l'azione di correzione.
2. **Componente Integrale (I):** La componente integrale tiene conto dell'**errore accumulato** nel tempo. Se l'errore persiste nel tempo, la componente integrale aumenta il segnale di controllo per correggere questo errore a lungo termine. Questo è utile per eliminare l'errore residuo che non viene corretto dalla parte proporzionale.
3. **Componente Derivativa (D):** La componente derivativa si occupa della **velocità** con cui l'errore cambia nel tempo, ovvero la sua derivata. La funzione di questa componente è quella di ridurre l'oscillazione e migliorare la stabilità del sistema, anticipando l'evoluzione dell'errore per evitare un cambiamento troppo rapido.

Il PID viene utilizzato per ottenere un comportamento ottimale in presenza di disturbi o variazioni del sistema. È necessario **tuning** per determinare i valori migliori di K_p , K_i e K_d , che influenzano la reazione del sistema. Un valore troppo alto di uno dei guadagni può causare oscillazioni o instabilità, mentre valori troppo bassi possono portare a risposte lente o incomplete.

5.5 Problema dell'alimentazione:

Il motore principale della DeLorean funziona a 22V e assorbe un picco di circa 68A. Le batterie che lo alimentano sono in grado di mantenerlo in funzione per **circa 8 minuti**, operando al 44% della potenza, un valore che dovrebbe essere sufficiente per consentire alla DeLorean di fluttuare. Tuttavia, durante il funzionamento, la tensione della batteria scende rapidamente a causa dell'elevato assorbimento energetico. Se tutta l'elettronica fosse alimentata dalla stessa batteria, utilizzando un circuito step-down per ridurre la tensione da 22V a 3.7V, c'è il rischio che il calo di potenza causi un "riavvio" dell'ESP 32, il che significa che i comandi precedentemente eseguiti verrebbero interrotti e la macchina perderebbe temporaneamente il controllo.

Questo fenomeno è simile a quello che accadeva con R2D2 quando passava da 2 piedi a 3 piedi, un momento in cui la richiesta energetica era al massimo e causava un riavvio del sistema. La soluzione più semplice ed efficace a questo problema è alimentare l'elettronica con una **piccola batteria al litio separata**, in modo che l'ESP 32 e gli altri componenti elettronici possano funzionare in modo indipendente dal motore e dalla batteria principale, garantendo una maggiore stabilità e evitando interruzioni dovute ai cali di potenza.

5.6 Sistema propulsione su strada

Il nostro prototipo è progettato per occupare lo spazio dietro l'abitacolo della DeLorean, l'area destinata ai "circuiti temporali" nel film. Oltre alla capacità di volare, vorremmo che il nostro veicolo fosse in grado di muoversi su strada senza la necessità di un motore aggiuntivo. Per ottenere questo, abbiamo progettato una paratia sotto al propulsore che, durante il volo, rimane chiusa. Quando si passa alla "modalità automobile", basta chiudere tutte le valvole a farfalla nei tubi e aprire la paratia sotto al motore. In questo modo, tutta l'aria spinta dal motore viene espulsa dalla parte posteriore della DeLorean, generando una spinta in avanti. Per la retromarcia, abbiamo in programma di progettare un inversore di spinta simile a quello utilizzato dagli aerei durante l'atterraggio.



Fig. 24 DeLorean



Fig. 25 Meccanismo per modalità auto e inversore di spinta aeronautico

5.7 Sviluppo prototipi

In tutte le immagini e video in cui la DeLorean appare in volo, la mano che la sostiene ha solo lo scopo di tenerla in verticale; l'altezza da terra raggiunta è determinata esclusivamente dalla spinta del motore.

Versione 0:

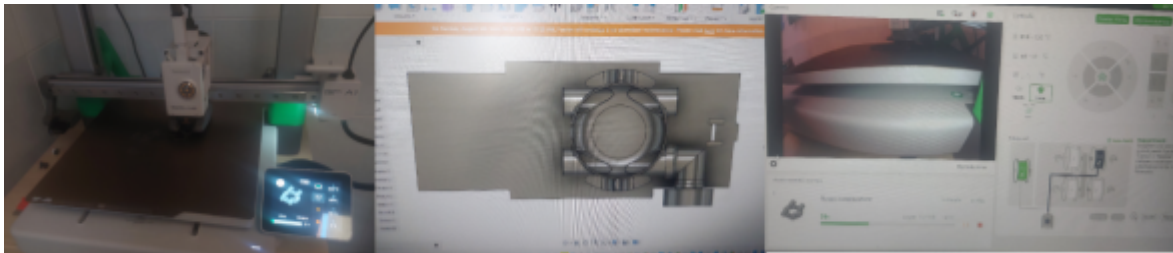


Fig. 26 Primi test di modellazione e stampa 3d

Prima di procedere con la progettazione della DeLorean vera e propria, abbiamo realizzato alcuni prototipi semplificati del sistema di condotti, principalmente per testare le performance della nuova stampante. Rispetto al modello che avevamo utilizzato per la realizzazione di R2D2, questa nuova stampante (Fig.26) è in grado di stampare dieci volte più velocemente e con una risoluzione dei layer fino a 0,08 mm. Inoltre, offre la possibilità di autocalibrarsi e può essere controllata a distanza, sia tramite PC che smartphone. Oltre al tradizionale PLA, supporta anche il TPU (materiale gommoso) e, soprattutto, il **PLA-CF**, una plastica arricchita con fibra di carbonio, che intendiamo utilizzare per il modello finale della DeLorean.

Versione 1:



Fig. 27 Versione 1 (Prototipo realizzato in PLA)

Questa prima versione è stata un test per verificare che il motore riuscisse ad agganciarsi ermeticamente al meccanismo e che la paratia (per la modalità automobile) riuscisse ad aprirsi correttamente. La parte finale del tubo di questo prototipo aveva uno snodo quasi a novanta gradi che, secondo quanto verificato, causa una perdita di carico notevole. Non erano ancora previsti gli agganci per i servomotori, le valvole a farfalla, le batterie e l'elettronica.

Versione 2:

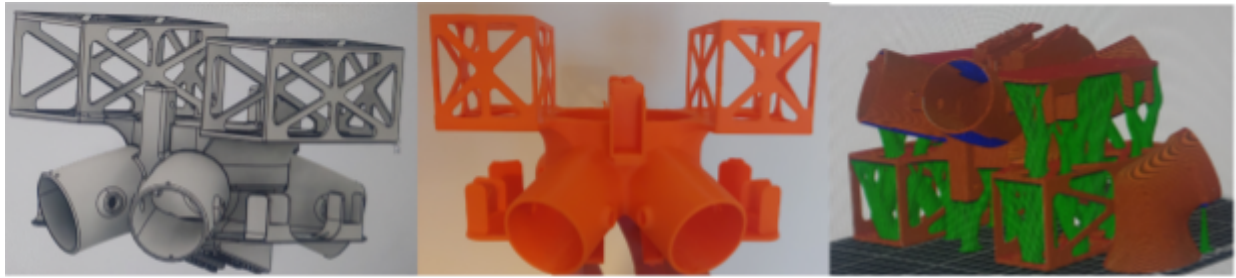


Fig. 28 Versione 2 visualizzata su "Fusion 360", nella vita reale e sullo slicer "Bambu Studio"

Questo nuovo modello, molto più sofisticato, prevede due sedi per le batterie posizionate ai lati del motore e gli agganci per i servomotori che controllano le valvole a farfalla. Sui tubi sono presenti i fori per gli assi delle valvole e la parte finale dei tubi è stampata separatamente per semplificare il montaggio delle valvole. Il processo di stampa 3D è stato più lungo e ha richiesto numerosi supporti a causa del design complesso. Il prototipo è riuscito a sollevarsi da terra di circa un centimetro. Per valutare l'efficienza, abbiamo posizionato il prototipo su una bilancia e misurato la spinta in grammi indicata dalla bilancia. Purtroppo, la spinta massima registrata è stata di circa 1200 g, mentre lo stesso motore, senza il sistema di tubazioni, era in grado di generare una spinta di circa 2700 g; **l'efficienza di questo prototipo è stata di circa il 44%.**

La scarsa efficienza misurata può essere stata motivata dal fatto che l'aria accelerata che usciva dal motore scontrava la parete della paratia, si inseriva nei tubi e poi deviava di novanta gradi. Tutti questi cambi di direzione, insieme alla sezione ridotta dei tubi, causano una notevole perdita di carico.



Fig. 29 Test di spinta eseguiti sulla bilancia e test di sollevamento

Versione 3:

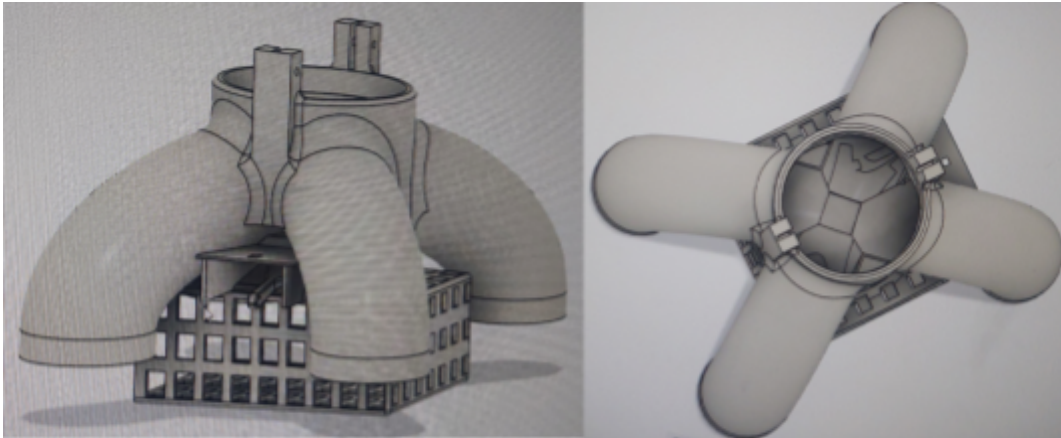


Fig. 30 Versione 3 (disegni realizzati con "Fusion 360")

Per migliorare l'efficienza del modello, abbiamo ridisegnato completamente il sistema di tubazioni, aumentando il diametro, riducendo gli spigoli e aumentando l'inclinazione dei tubi. Inoltre, abbiamo collocato le batterie sotto il motore, per abbassare il baricentro e migliorare la stabilità in volo. Stampare il case delle batterie insieme al corpo principale ha notevolmente aumentato i tempi di stampa a causa dei numerosi supporti necessari.

Anche la paratia per la "modalità automobile" è stata ingrandita per aumentare ulteriormente la spinta. Abbiamo anche eseguito un "test di volo" (Fig.32) per verificare solo la spinta prodotta dal motore. L'altezza raggiunta dal prototipo visibile in foto non è paragonabile a quella raggiunta dalla versione precedente, in quanto durante il test l'elettronica e le batterie erano a terra e non a bordo.

I test su questa versione hanno registrato un aumento significativo della spinta, che ha raggiunto **l'80% di efficienza** (Fig.31), rispetto al 44% del modello precedente.



Fig. 31 Test spinta prodotta

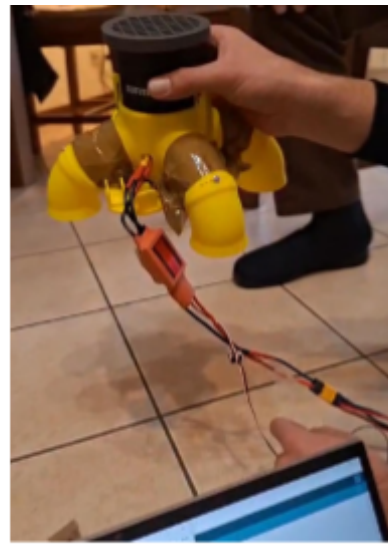


Fig. 32 Test di volo versione 3

Versione 4:

Questa nuova versione della Delorean mantiene il design delle tubazioni della versione 3, ma il case delle batterie è stato stampato separatamente dal corpo e fissato tramite un incastro, riducendo significativamente i tempi di stampa. Si tratta del primo modello che integra tutta l'elettronica (giroscopio, accelerometro, servomotori, driver dei servomotori, Tof, ESP32, batterie al litio da 3,7V per alimentare i circuiti e una porta USB-C per la ricarica), ed è controllabile da remoto. Il peso finale del modello è di 1,4 kg.

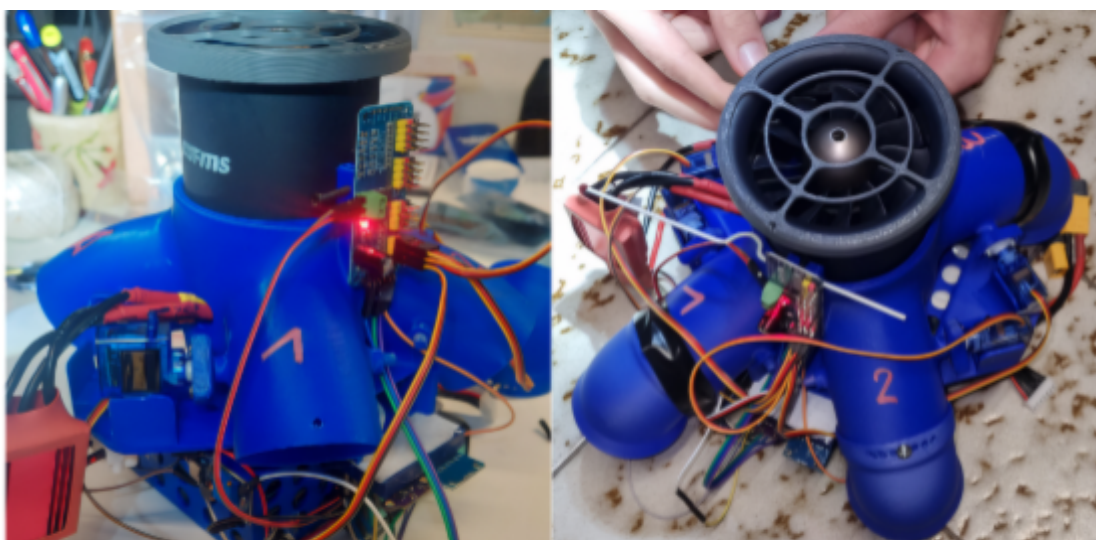


Fig. 33 Versione 4

Nelle versioni precedenti il software utilizzato permetteva solo di regolare la potenza del motore tramite un potenziometro. Il software di questa nuova versione permette di regolare la velocità del motore da remoto tramite un radiocomando. Il controllo PID sarà implementato successivamente. Purtroppo, questo modello non è riuscito a decollare come sperato: infatti, si è sollevato soltanto di qualche millimetro. La causa di questo insuccesso è da ricercarsi nel posizionamento del case delle batterie (Fig.34). La decisione di collocarlo sotto le tubazioni ha aumentato la stabilità, ma ha anche allontanato la fine delle tubature dal pavimento. Di conseguenza, i flussi d'aria che fuoriescono dalle tubazioni si propagano intorno al prototipo invece di generare la spinta verticale. Per risolvere questo problema, nella prossima versione sposteremo le batterie ai lati.

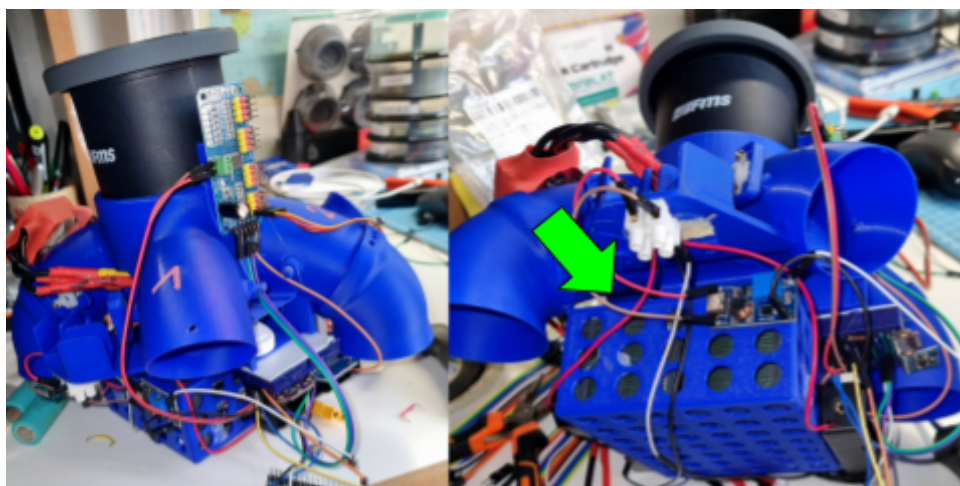


Fig. 34 Versione 4 dettaglio vano batterie

5.8 Considerazioni e sviluppi futuri del progetto DeLorean

Nonostante l'efficienza del secondo prototipo (44%) fosse inferiore rispetto a quella dei prototipi successivi (80%), è stato l'unico, con le batterie e l'elettronica di base a bordo, in grado di alzarsi in volo. Questo risultato inaspettato è stato possibile grazie all'"effetto suolo". Infatti, nel secondo prototipo, i tubi erano a contatto diretto con il terreno, mentre nei modelli successivi i tubi sono stati rialzati a causa del case delle batterie posizionato sotto il prototipo. Questa configurazione ha concentrato il flusso d'aria sotto il modello, creando un cuscinetto d'aria che ha permesso al prototipo di fluttuare. Combinando i condotti più efficienti del quarto prototipo con i tubi di uscita posizionati a contatto con il suolo, come nel secondo modello, pensiamo di poter realizzare il prototipo definitivo della DeLorean.

Nei prossimi mesi continueremo a sviluppare nuovi prototipi e a potenziare il software, con l'obiettivo di **portare a Firenze un prototipo funzionante**. La nuova versione dovrà essere completamente ridisegnata utilizzando il software "Onshape", tenendo conto di tutti i problemi emersi durante i test precedenti. In particolare vorremmo:

- Ridurre il peso complessivo del veicolo.
- Spostare le batterie ai lati, sotto i servomotori.
- Potrebbe essere necessario acquistare un microcontrollore più potente per gestire l'elaborazione del PID.
- Rafforzare le connessioni elettriche tra i vari componenti, progettando una scheda PCB o una millefori per garantire maggiore stabilità e affidabilità.
- Testare l'efficienza aerodinamica delle tubature utilizzando simulatori online, come "OpenFOAM", per ottimizzare ulteriormente le prestazioni del sistema.

5.9 Come rendere la nostra tecnologia utilizzabile nel mondo reale

Una delle principali criticità dei nostri prototipi è il consumo energetico. Come accennato all'inizio, il motore principale consuma l'energia contenuta in 3.5 cellulari in circa 4 minuti. Questo dato, però, non ci ha sorpreso. Opporsi alla forza di gravità richiede una quantità significativa di energia, come dimostrano i razzi spaziali e gli elicotteri.

Per limitare il consumo energetico, sarebbe fondamentale sfruttare la portanza, proprio come fanno gli aerei e gli uccelli. Quindi in futuro, non escludiamo di progettare delle ali espandibili, per sfruttare la portanza ed aumentare la distanza percorribile in volo e rendere il nostro veicolo più efficiente sotto il profilo energetico.

6 Il ritorno di R2D2

Nei mesi scorsi, abbiamo continuato a lavorare per migliorare anche su R2D2, il robot presentato alla precedente edizione di *Scienzafirenze*. Al ritorno da Firenze si era danneggiato il meccanismo che gli permetteva di passare da 2 a 3 piedi, i motori nei piedi non operavano più in modo efficiente poiché i perni in plastica che li supportano, a causa del peso del robot (8 kg), si erano piegati, causando l'inclinazione delle ruote.



Fig. 35 R2D2 danneggiato

6.1 Nuovo sistema di locomozione

Il vecchio sistema di locomozione presentava diversi problemi (Fig.36). Le piccole ruote e i motori poco potenti causavano frequenti arresti, ad esempio al momento di superare le fughe dei pavimenti. Inoltre, la sterzata era difficile: per compierla, un piede doveva spingere in avanti mentre l'altro indietro. Tuttavia, poiché ogni piede era dotato di due motori, il motore posteriore tendeva a strisciare, ostacolando il movimento di sterzata.



Fig. 36 Il vecchio piede

Per risolvere questi problemi, abbiamo progettato un nuovo piede, ottimizzando il sistema di assemblaggio. Abbiamo sostituito i vecchi motori, che avevano un perno in plastica, con motori completamente in metallo, più potenti e veloci. In particolare, i nuovi motori da 12V raggiungono le 375 RPM (rivoluzioni al minuto). Abbinati alle nuove ruote da 60 mm (rispetto alle precedenti da 50 mm), R2D2 è in grado di raggiungere una velocità di circa 5 km/h.

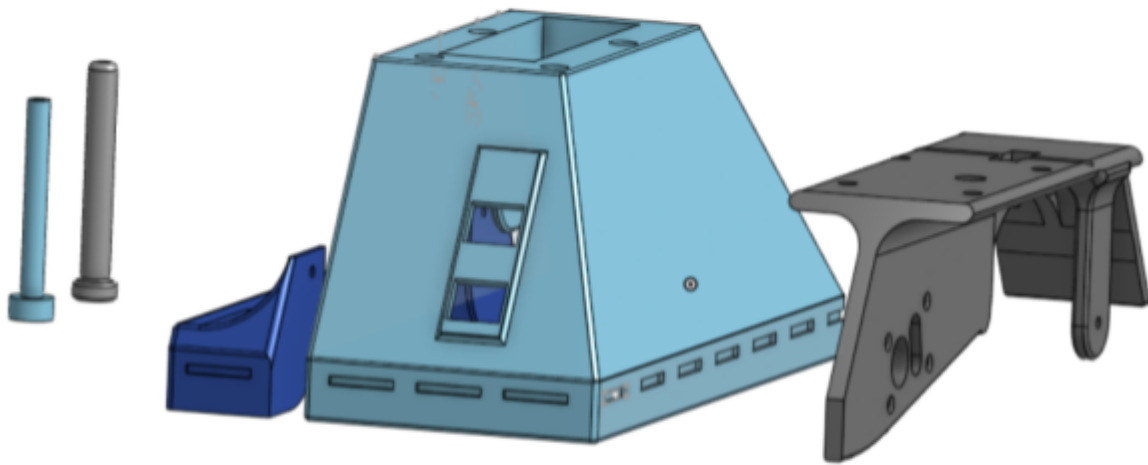


Fig. 37 Modello CAD del nuovo piede realizzato con "Onshape"

Per migliorare la sterzata, abbiamo introdotto una ruota posteriore "Omni-wheel" folle (non motrice), che consente di ruotare a 360 gradi grazie ai cilindri rotanti che la compongono, risolvendo così il problema delle difficoltà di manovra (Fig.39).



Fig. 38 Il nuovo meccanismo montato nel piede



Fig. 39 Il nuovo meccanismo del piede

6.2 Realizzazione della “Forza”

Applicando le nuove competenze acquisite durante il progetto Delorean abbiamo simulato “la forza” di Star Wars, o almeno uno dei suoi aspetti.

Come spiega il maestro Obi-Wan (Fig.40), La Forza è un'energia misteriosa e onnipresente che pervade l'intero universo. La Forza offre capacità straordinarie come la telecinesi, la percezione aumentata, la lettura della mente, la manipolazione mentale, etc...



Fig. 40 Discorso tra Luke e il maestro Obi Wan (Star Wars 4)

Avendo imparato a sfruttare il giroscopio, l'accelerometro e sistemi di comunicazione wireless, abbiamo pensato di pilotare R2D2 con dei gesti simulando la telecinesi. Per farlo abbiamo pensato di sfruttare lo smartphone, dotato di connettività bluetooth, di sensori giroscopici e di accelerazione che utilizziamo tutti i giorni per contare i nostri passi. Implementando l'app che avevamo già sviluppato l'anno scorso con “MIT APP INVENTOR”, siamo riusciti a scrivere un codice a blocchi che, in base all'orientamento del braccio, invia una lettera via Bluetooth (Fig.41). Questa lettera viene ricevuta ed interpretata dall'Arduino che gestisce R2D2 come una serie di istruzioni da eseguire. Ad esempio, quando il braccio è inclinato a destra, R2D2 sterza verso destra, e così via per altri movimenti.

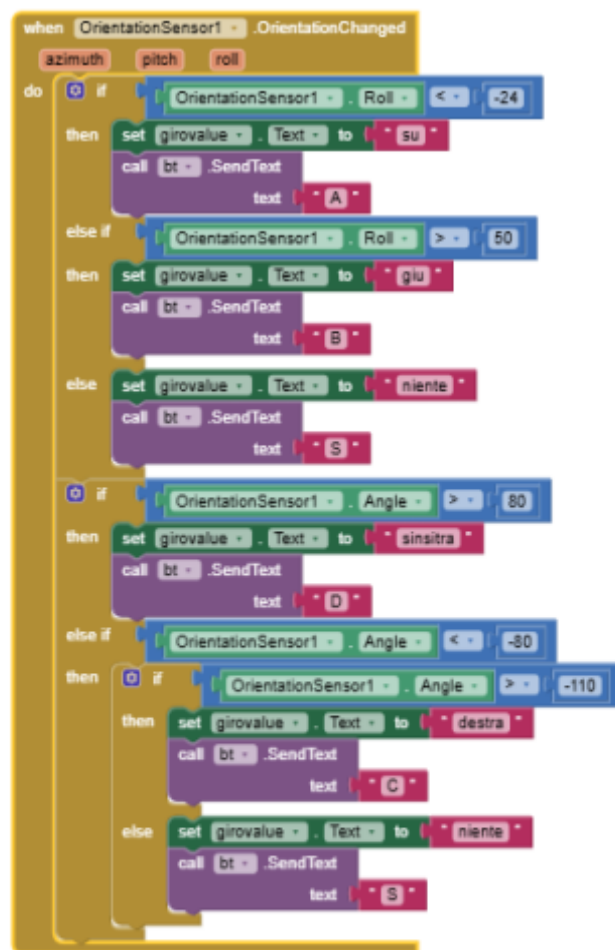


Fig.41 Codice a blocchi per controllo giroscopico

6.3 Sistema di trasformazione

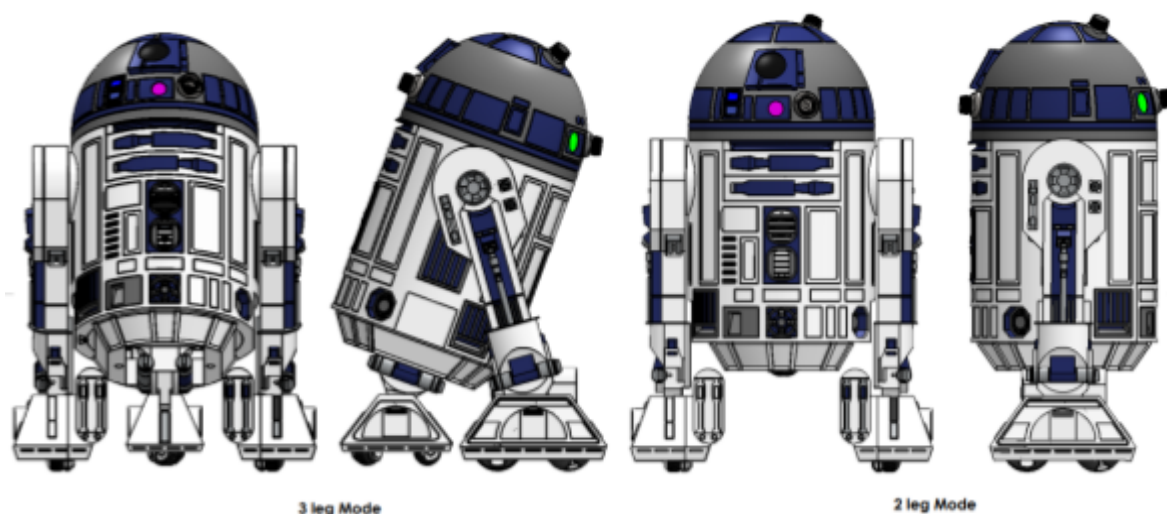


Fig. 42 Schema trasformazioni R2D2

Un altro potenziamento previsto riguarda il sistema di discesa del terzo piede (Fig.42). Attualmente, questo sistema utilizza una biella e una manovella collegate a un servomotore. Variando l'angolo, il servomotore fa muovere il piede su e giù. Tuttavia, il problema è che la biella e la manovella sono realizzate in plastica, e con l'uso stanno flettendo, rendendo i movimenti sempre meno affidabili.

Il terzo piede non è solo un elemento estetico, ma svolge un ruolo cruciale nella stabilità di R2D2, supportando parte del suo peso. Per questo motivo, abbiamo deciso di sostituire il meccanismo attuale con una vite senza fine, collegata a un motore con un meccanismo simile a quello utilizzato nelle stampanti 3D (Fig.43). Ad esempio, ruotando il motore, la barra farà scorrere il piede su e giù, creando un movimento non reversibile: se il piede è esteso e si tenta di spingerlo manualmente verso l'interno, non si muoverà. Questo sarebbe fondamentale per garantire che il peso del robot non faccia rientrare il piede, evitando così problemi di stabilità.

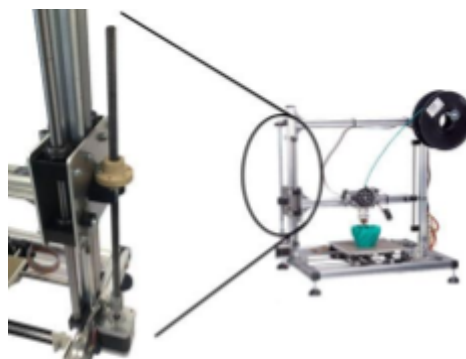


Fig.43 Meccanismo con vite senza fine

6.4 Sviluppi futuri del progetto R2D2

Nei prossimi mesi continueremo a potenziare R2D2 sviluppando tecnologie sempre più avanzate.

Uno dei membri del nostro team si sta dedicando allo sviluppo di un software basato sul Machine Learning che, tramite una telecamera (che vorremmo posizionare al posto dell'”occhio” sulla testa di R2D2), sarà in grado di rilevare persone, volti e gesti, reagendo di conseguenza (Fig.44). Si tratta di un progetto ambizioso e di grande importanza, poiché finora R2D2 è stato gestito da tre schede

Arduino separate (per i movimenti, il controllo della testa e la lettura dei sensori), che comunicano solo con l'app e non tra di loro.

Per integrare un software di Machine Learning, sarà necessaria una scheda con una capacità di calcolo decisamente superiore a quella di Arduino. Un'opzione ideale sarebbe un Raspberry Pi, un piccolo computer programmabile in linguaggio Python. Il Raspberry Pi potrebbe gestire tutti i dispositivi presenti nella testa di R2D2 (come i led, il display posteriore e il proiettore) e coordinare gli altri due Arduino, elaborando i loro dati in tempo reale.

Con questo approccio, dopo due anni di sviluppo, sarebbe possibile rendere R2D2 autonomo dall'app, trasformandolo in un robot "intelligente" e gestito completamente da un'AI.

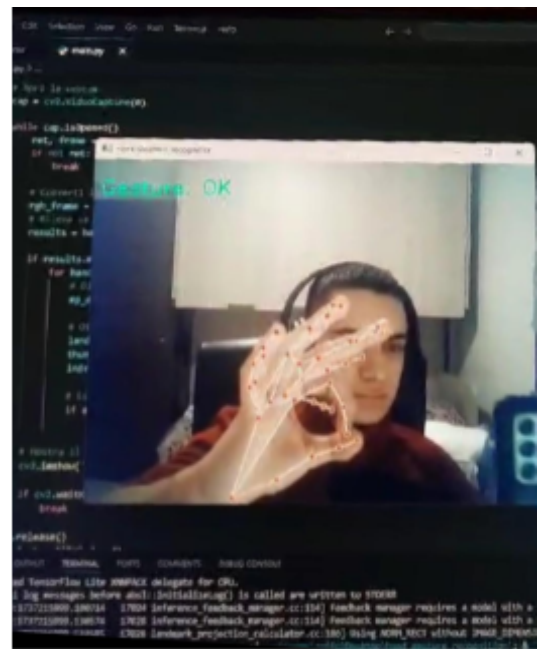


Fig.44 Prime versioni del nuovo software AI

Scansionare il codice qr per accedere a tutta la documentazione del progetto.



@MARCKCREATOR

7 Sitografia

Jake Laser_Real Flying Iron Man Suit: [JLASER VIDEO JETPACK](#)

Jake Laser_Real Hoverboard Using Ground Effect: [JLASERVIDEO HOVERBOARD](#)

Paolo Aliverti_Realizzare un PID con Arduino: [pid](#)

Bernoulli ed effetto Venturi: [Fluidodinamica](#)

Progetto R2D2: [R2D2](#)

8 Bibliografia

Mark Brake e Jon Chase _La scienza di Star Wars_Apogeo

James S.Walker _Corso di Fisica triennio_Pearson

Stefano Fava _Manuale di Meccanica_Hoepli

Massimo Branzi e Michael Shiloh _Arduino la guida_Tecniche nuove

Federico Tibone _Progettare e programmare_Zanichelli