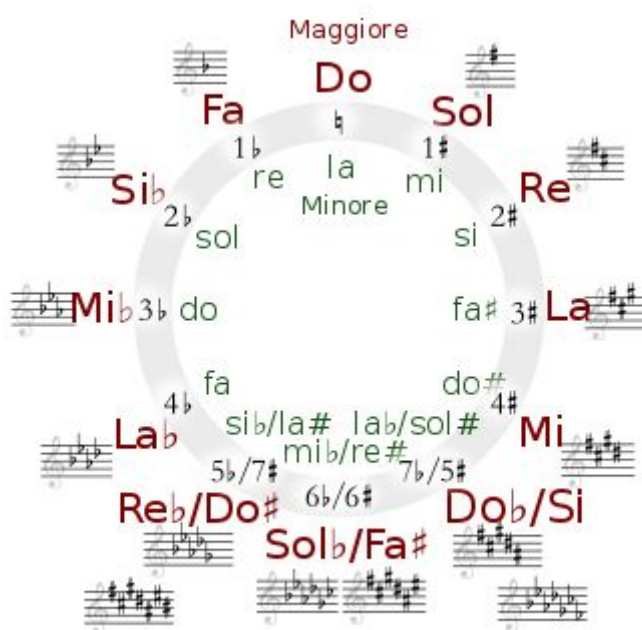


## 1. Il concept

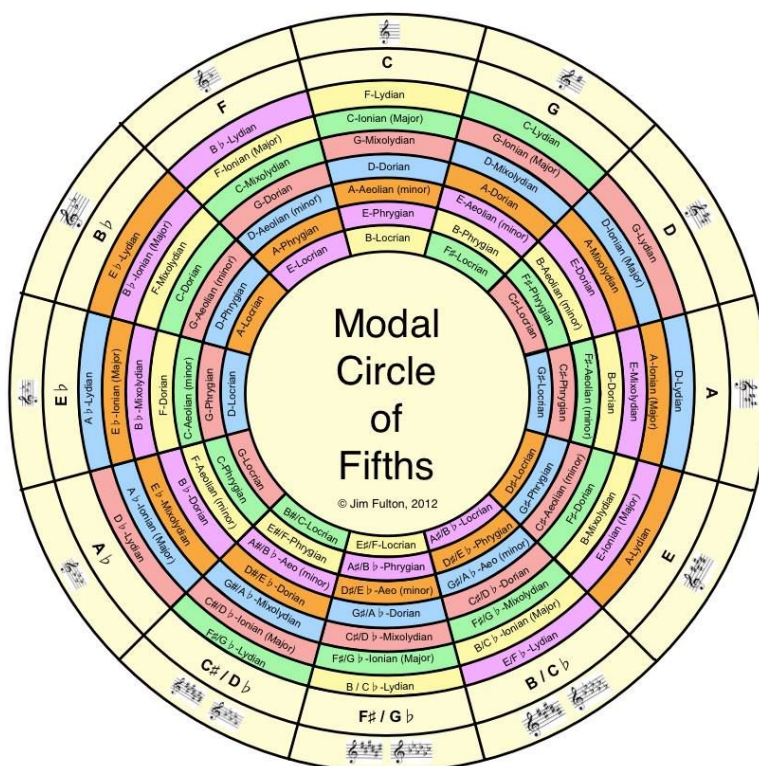
L'obiettivo del progetto "Circle Visualizer" è quello di fornire un metodo innovativo di visualizzare la musica, evidenziando le relazioni armoniche di una sequenza di accordi. Lo studio alla base dell'armonia prende in esame il "*circolo delle quinte*", che rappresenta tutte le note della scala cromatica disposte per intervalli di quinta, evidenziando quali e quante sono le alterazioni e gli accordi per ogni tonalità.



*Fig.1 Circolo delle quinte*

Il circolo delle quinte è quindi uno strumento utile per riconoscere la tonalità di una sequenza di accordi. Il concept consiste nel rappresentare il circolo delle quinte come un cilindro aperto (Fig.2), in cui nella base sono rappresentate le 12 note della scala cromatica separate per quinte e nella superficie laterale gli accordi, derivanti dai rispettivi modi della scala maggiore, corrispondenti alla tonalità di appartenenza. La scelta dell'ordine con cui vengono visualizzati gli accordi risiede anche in questo caso nello studio del circolo delle quinte e dalla "luminosità" del modo che rappresentano, con colori più caldi per una luminosità maggiore, più freddi per luminosità minore.

Per questa versione è stato scelto di limitare la scelta della tonalità in base solo ad accordi di settima (maggiori, minori, dominanti, semi-diminuiti), in quanto forniscono più informazioni rispetto alle semplici triadi: ad esempio un accordo di quinta, derivato quindi dalla scala *Misolidia*, può essere riconosciuto facilmente con la sua quadriade perché di "settima dominante" mentre con la triade si perde l'informazione dell'intervallo di settima e rimane un semplice accordo maggiore, facilmente male interpretabile.



**Fig.2** Circolo delle quinte modale

## 2. Input: Tastiera e gestione MIDI

Per poter studiare l'armonia di una sequenza di accordi è necessaria un'interfaccia che permetta di avere in input degli accordi e quindi delle note. Abbiamo scelto una tastiera di due ottave, estendibile grazie a degli appositi tasti, che copre le ottave da C1 a C7.

È possibile inserire l'input in più modi: tramite click con mouse sul tasto a schermo, tramite la pressione di tasti sulla tastiera del pc oppure tramite tastiera MIDI esterna o dispositivo in grado di generare messaggi MIDI (testato con micro:bit).

La generazione dei suoni è affidata alle Web Audio API: esse consentono non soltanto la creazione di suoni mediante oscillatori ma anche funzioni in grado di poter processare, manipolare i segnali con un grande grado di libertà.

Per quanto concerne la gestione dei messaggi MIDI è affidata alle Web MIDI API. Esse danno a disposizione due funzioni fondamentali:

1. *onMIDISuccess*: compie un loop attorno a tutti gli input per trovare qualsiasi MIDI input, una volta trovato un messaggio MIDI in input, richiama la funzione
2. *getMIDIMessage*: assegna a due variabili altrettanti valori del MIDI message: *midi\_number* per il valore MIDI della nota e *on\_off* per il valore di attack (144) e release (128).

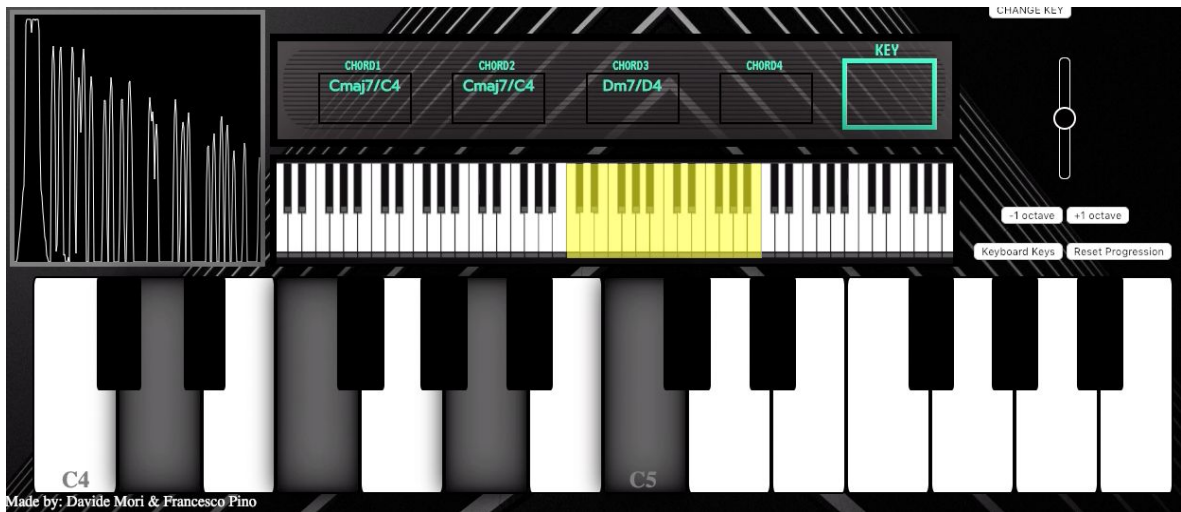
Viene quindi calcolata la frequenza della nota dal *midi\_number* tramite la funzione:

$$f = 2^{(d-69)/12} \cdot 440 \text{ Hz}$$

A quel punto viene richiamata la funzione *playNote* che genera gli oscillatori alla determinata frequenza collegati ad un volume master controllato dal valore attack/release.

### 3. Output: Visualizzazioni

Si è provveduto a più tipi di visualizzazione della musica, in real time e non, per mostrare gli aspetti armonici ma anche tipici del segnale audio in quanto onda.

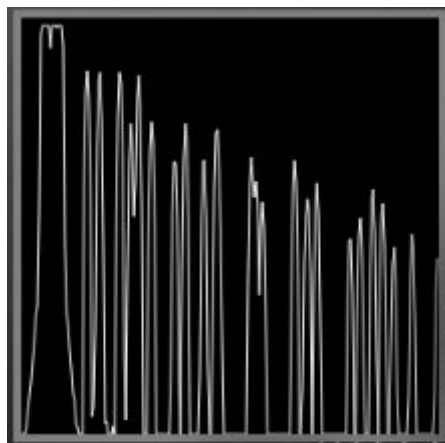


*Fig.3 Tastiera, display e spettro delle frequenze*

#### 3.1 Visualizzazioni in real time

Una volta inviati gli input, è possibile visualizzare:

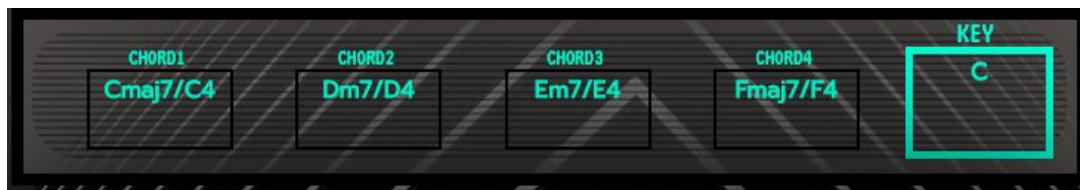
- lo spettro del segnale in ingresso (Fig.4) : consente di visualizzare le frequenze fondamentali di ogni nota con le proprie armoniche, quindi anche lo spettro dell'accordo suonato e fornisce anche un feedback visivo dell'acquisizione dell'input;



*Fig.4 Particolare dello spettro delle frequenze (accordo Dm7)*

- Display della progressione di accordi (Fig.5): Gli accordi su cui ci si basa sono solo accordi di settima; per questa prima versione viene utilizzato un algoritmo di riconoscimento dell'accordo in base a un dizionario creato ad hoc ("dizionario.js") contenente il nome dell'accordo come chiave e come valore un array delle quattro note di cui l'accordo è costituito (nelle prossime versioni ci si baserà sulla distanza degli intervalli).

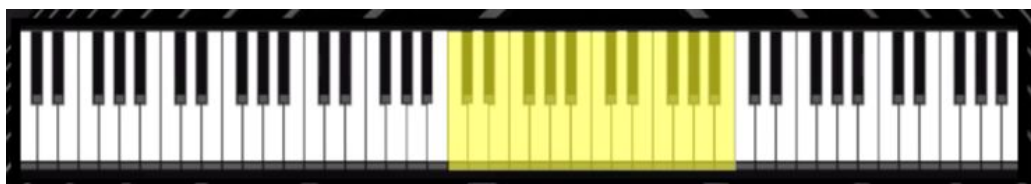
Una volta riconosciuti gli accordi, la progressione viene salvata temporaneamente e viene lanciato un altro algoritmo col compito di trovare la tonalità corrispondente al giro: la tonalità verrà visualizzata nel riquadro "KEY".



*Fig.5 Particolare Display con tonalità*

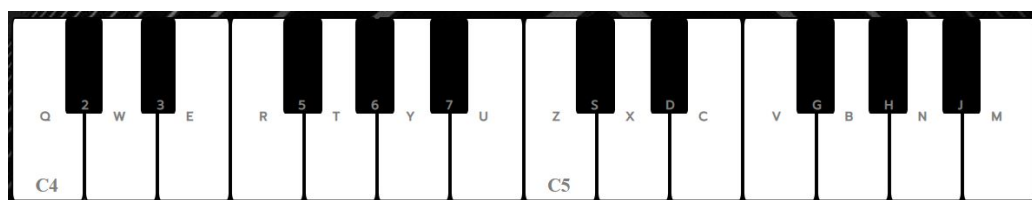
- **Comandi per la tastiera e per i display:**

- Panoramica delle ottave (Fig.6) che la tastiera sta coprendo nello stato attuale (C4-C5 di default): si può alzare o abbassare l'ottava di uno utilizzando



*Fig.6 Tastierino delle ottave*

- slider del volume: di default il volume è settato a 1 ma può essere regolato da 0 (slider tutto in basso) fino a 2 (slider tutto in alto);
- **Keyboard Keys**: tramite la pressione di questo tasto, gli utenti che decidono di provare la tastiera tramite il computer possono visualizzare i tasti corrispondenti a ciascuna nota (Fig.6);



**Fig.7** Tastiera con lettere corrispondenti

- **Reset Progression**: consente di cancellare tutta la visualizzazione (leggere il prossimo paragrafo) e poter immettere di nuovo una nuova progressione.

### 3.2 Implementazione grafica del circolo delle quinte

Come si può vedere dalla Fig.9 sono presenti due riquadri principali:

- A sinistra sono ordinati, per quinte, i modi delle scale maggiori corrispondenti a ciascuna nota: l'ordine dei modi è scelto in maniera tale da avere una scala di "brightness": da un suono allegro e brillante (IV - Lydian) cui è associato un colore più caldo, a uno più triste e cupo (VII - Locrian) cui è associato un colore più freddo.
- Il riquadro a destra è la rappresentazione grafica del circolo delle quinte: un cilindro aperto dove nella sua superficie laterale vengono visualizzati rettangoli di colore diverso in base al modo corrispondente dell'accordo suonato. È una matrice dove le colonne indicano le tonalità e le righe indicano il modo. È possibile che un accordo appartenga a più tonalità ma assumendo funzioni diverse (quindi modi diversi): la tabella è in grado di visualizzare tutte le appartenenze dell'accordo, mostrando anche più rettangoli simultaneamente.

Dalla tabella è possibile quindi capire:

1. A quali tonalità appartiene l'accordo suonato;
2. Per ogni tonalità di appartenenza, qual è la funzione (modo) dell'accordo;
3. Possibili path di accordi tra diverse tonalità "vicine".



**Fig.9** Visualizzazione grafica del circolo delle quinte.

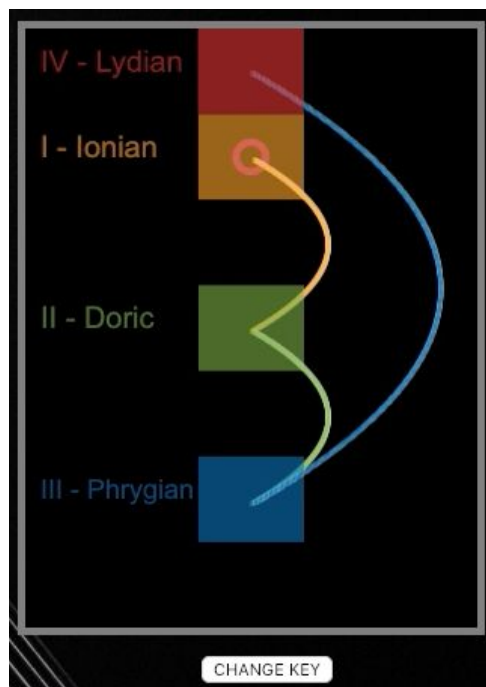
L'idea di questa implementazione grafica deriva da una schematizzazione delle proprietà del circolo delle quinte, che abbiamo raccolto nella matrice Tab. 1.

GRADO	KEY	C	G	D	A	E	B/Cb	Gb/F #	Db/C #	Ab	Eb	Bb	F
IV	LIDIO	Fmaj7	Cmaj7	Gmaj7	Dmaj7	A:maj7	E:maj7	B:maj7	F#maj7	C#maj7	G#maj7	D#maj7	A#maj7
I	IONIO	Cmaj7	Gmaj7	Dmaj7	A:maj7	E:maj7	B:maj7	F#maj7	C#maj7	G#maj7	D#maj7	A#maj7	Fmaj7
V	MISOLIDIO	G7	D7	A7	E7	B7	F#7	C#7	Ab7	Eb7	A#7	F7	C7
II	DORICO	Dmin7	Amin7	Emin7	Bmin7	F#min7	C#min7	G#min7	D#min7	A#min7	Fmin7	Cmin7	Gmin7
VI	EOLIO	Amin7	Emin7	Bmin7	F#min7	C#min7	G#min7	D#min7	A#min7	Fmin7	Cmin7	Gmin7	Dmin7
III	FRIGIO	Emin7	Bmin7	F#min7	C#min7	G#min7	D#min7	A#min7	Fmin7	Cmin7	Gmin7	Dmin7	Amin7
VII	LOCRIO	Bsemi	F#semi	C#semi	G#semi	D#semi	A#semi	Fsemi	Csemi	Gsemi	Dsemi	Asemi	Esemi
	Array	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N. di #	/	1	2	3	4	5	6	7	/	/	/	/
	N. di b	/	/	/	/	/	7	6	5	4	3	2	1

**Tab.1** Matrice circolo delle quinte

Una volta generata la matrice ogni cella della stessa è stata mappata con una coppia di valori x,y nel canvas della Fig.9 dando equal spazio ad ogni cella. Avendo la stringa del nome dell'accordo è stato possibile implementare un algoritmo di ricerca all'interno della matrice per trovare tutte le corrispondenze e creare, tramite un fillRect, i riquadri corrispondenti all'interno del canvas. Per ottenere la colorazione il canvas è stato riempito con una sfumatura di sette colori, resi visibili solo tramite i rettangoli.

### 3.3 Implementazione grafica della progressione di accordi



*Fig.10 Visualizzazione grafica della Progressione Armonica*

La Fig.10 rappresenta una visualizzazione grafica dinamica della progressione di accordi eseguita.

È una visualizzazione utile per comprendere meglio l'andamento temporale della sequenza di accordi in riferimento ai modi di ogni accordo suonato. Per rendere possibile questa visualizzazione, è quindi necessario avere l'informazione della tonalità della sequenza, da questa è possibile assegnare i modi e visualizzare la progressione degli accordi in base ai modi da cui essi derivano, conservando la scala precedente di colori, per indicare dal più caldo al più freddo il livello di "brightness" del modo. Tramite questa visualizzazione è quindi possibile analizzare visivamente l'eventuale cadenza della progressione stessa, riconoscendo le più comuni.

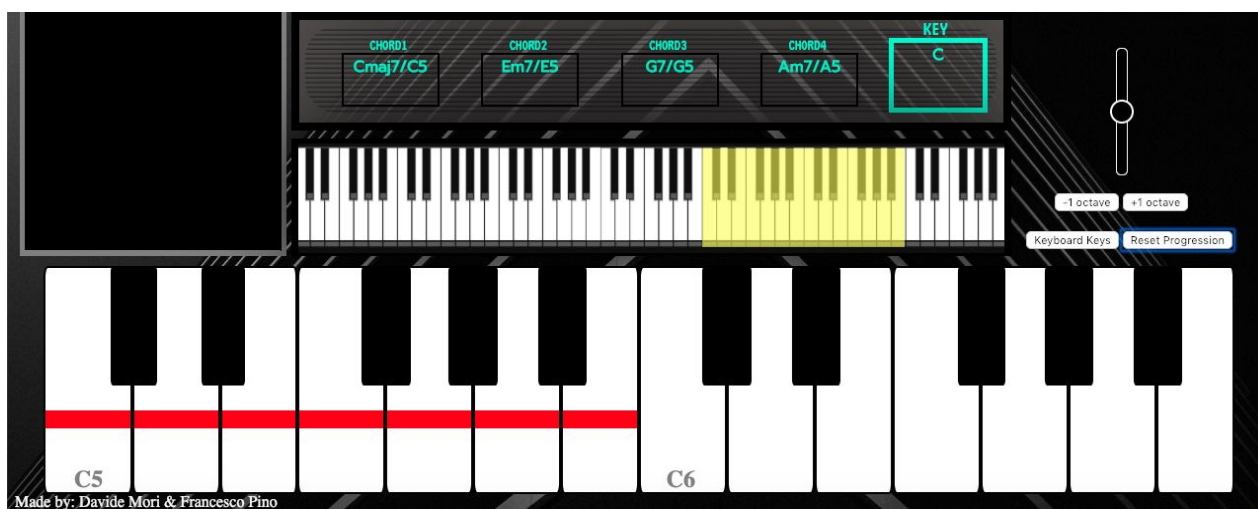
La realizzazione degli archi è stata pensata considerando le leggi fisiche del moto parabolico, andando a mappare le diverse posizioni e quindi le "velocità" necessarie per raggiungere un determinato rettangolo, tramite la funzione "render\_prog".

Il pulsante "CHANGE KEY" serve per fare uno switch della tonalità, nel caso ci siano più possibili tonalità relative alla sequenza eseguita, in questo modo sarà possibile vedere la stessa successione di accordi con i nuovi modi relativi alla diversa tonalità.

### 3.4 Implementazione grafica della "scala relativa"



Visualizzate le informazioni sul segnale musicale, sull'armonia in quanto tonalità e progressione, visualizziamo anche l'informazione sulla melodia. Una volta ottenuta la tonalità infatti, vengono mostrate delle barre rosse, come visibile dalla Fig.11 in corrispondenza dei tasti relativi alla scala ionica da cui deriva la tonalità della progressione, e da cui derivano anche tutte le scale degli altri modi, relativi alla stessa tonalità.



*Fig. 11 Scala relativa maggiore evidenziata sulla tastiera*

## Conclusioni

Il circle visualizer è uno strumento che può essere utilizzato con funzioni didattiche per tutti gli utenti che si avvicinano al mondo della musica, apprendendo, con un nuovo approccio visivo, alcuni fondamenti dell'armonia. È uno strumento utile anche in fase di composizione, perché fornisce gli strumenti per capire la tonalità di una progressione e suggerisce quale scala poter utilizzare per comporre una melodia, oltre alla visualizzazione della cadenza.

## Note

- I linguaggi utilizzati per la realizzazione di questa versione del progetto sono stati prevalentemente Javascript (con annesse librerie come jQuery), HTML5 e CSS3 per gestire l'interfaccia grafica;
- Per la gestione dei segnali audio e MIDI ci si è basati sulle [Web Audio API](#) e sulle [Web MIDI API](#);

- Per la gestione della parte musicale è stata usata come supporto la libreria *tonal* reperibile a questo [link](#);
- Per lo sviluppo in locale e la comunicazione tra le diverse librerie/moduli .js presenti all'interno del progetto è stato utilizzato [parcel](#) come Web application bundler, in maniera tale da gestire le dipendenze in modo pratico e veloce. Si consiglia di avere installati [Node.js](#) e [Yarn](#).

