Gs Electronics News

Le notizie della Gs Electronics direttamente sul tuo PC!

Anno 34 N. 09 Settembre – Ottobre 2014

Sommario

Visita il nostro sito

www.gselectronics.it

1. Premessa

La musica generata da uno strumento musicale, mediante una combinazione organizzata di toni nel tempo, produce un "pensiero sonoro". Può essere considerata nello stesso tempo scienza e arte: arte, perché il musicista con le sue combinazioni di toni crea effetti sonori che producono all'ascoltatore emozioni; scienza, perché lo studio e l'analisi del suono prodotto dal canto e dagli strumenti musicali coinvolgono la fisica, la fisiologia e la psicologia.

2. Consonanza e dissonanza

Ai fini musicali hanno particolare importanza la consonanza e la dissonanza dei suoni, che si ottengono attribuendo alle varie note intervalli di frequenze appropriate, partendo da una nota base, detta *corista*. Nel linguaggio musicale il termine consonanza (dal latino consonare, "suonare insieme") indica un insieme di suoni, eseguiti simultaneamente, che creano effetti gradevoli, mentre il termine dissonanza indica una somma di suoni dall'effetto aspro e stridente, talvolta ricercata per la generazione di effetti corali, come si vedrà nella prossima news.
La maggior parte degli ascoltatori non associa a una nota la sua frequenza, ma riconosce e apprezza la distanza in frequenza delle varie note che si susseguono e il modo in cui questi intervalli si ripetono nel tempo. Se mettiamo in relazione la vista e l'udito, ci accorgiamo che la percezione della realtà per i due sensi è molto diversa. Se, infatti, osserviamo un quadro, possiamo valutarlo nel suo complesso: il soggetto rappresentato e la varietà dei colori. Nella musica, invece, non si

apprezzano le singole note suonate, ma solo la loro combinazione. Questo è vero per l'ascoltatore e in parte anche per il musicista. Infatti, ascoltando una singola nota solo poche persone sanno individuare quale nota sia. Fortunatamente non è così per la vista, perché, se cosi fosse, non potremmo distinguere i singoli colori dell'immagine. Se volete testare la vostra capacità di riconoscere le note, nei nostri laboratori abbiamo sviluppato un'applicazione per Android (Hit The Note) che trovate nel Google Play Store all'indirizzo seguente:
(https://play.google.com/store/apps/details?id=com.littlelegs.hitthenote&hl=it).

In pratica nella musica è importante imparare ad apprezzare la consonanza e la dissonanza generata dal suonare in simultanea e in sequenza note le cui frequenze distano fra loro determinati intervalli. Questa attività, svolta completamente dalla psiche di ogni individuo, pone problemi di soggettività nell'apprezzare questi intervalli. In effetti, questi aspetti sono presenti nelle diverse culture e civiltà, però si osserva che le tonalità della loro musica comprovano che il sistema acustico dell'uomo ha una predisposizione per alcuni intervalli di frequenza, come l'ottava e la quinta. L'intervallo percepito è definito "ottava", se il rapporto tra le due frequenze è esattamente doppio e comprende 8 note, e "quinta" se il rapporto vale 3/2. Il primo a notare che la percezione del tono di una nota è legata esclusivamente alla frequenza di vibrazione di un oggetto, per esempio di una corda, è stato Galileo. Nel suo testo <u>Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze</u> propone una spiegazione dei fenomeni acustici, come la frequenza, la consonanza e la dissonanza con gli interlocutori Salviati e Sagredo.

A questo punto occorre definire il significato d'intervallo fra due note. Due intervalli sono considerati uguali se hanno identico il rapporto fra le frequenze che delimitano tale intervallo. In pratica l'intervallo di una quinta vale 3/2 per cui il rapporto fra la frequenza del Sol e quella del Do di una stessa ottava ha identico valore. Questo vale per tutte le altre quinte, per esempio fra il La e il Re. A questo punto si può incominciare a pensare di costruire una scala musicale.

3. La costruzione di una scala musicale

Nella costruzione di una scala musicale occorre tenere presente gli effetti della dissonanza e consonanza delle note che il musicista, sempre ossessionato dalla ricerca della tonalità perfetta, desidera ottenere per produrre effetti psicoacustici nell'ascoltatore. Nello stesso tempo occorre tenere presente gli aspetti fisici della produzione del suono. Intorno al 500 a.C. a Crotone Pitagora, partendo da un'intuizione musicale formulò il legame che esiste fra matematica e musica e poi fra matematica e natura. Si racconta che un giorno Pitagora, durante una passeggiata nel centro di Crotone, si trovò nei pressi di un'officina di un fabbro, dalla quale provenivano i suoni dei martelli, che battevano sulle incudini con un determinato ritmo. Questi rumori attirarono la sua attenzione e, mettendosi in ascolto, si accorse che i suoni prodotti contemporaneamente da più martelli talvolta erano consonanti altre dissonanti. Incuriosito da questa sensazione acustica, entrò nell'officina per comprenderne il motivo. Notò che solo alcuni martelli producevano un suono consonante, li selezionò e si soffermò su questi. Scoprì che i martelli selezionati avevano rapporti di peso rappresentabile come rapporti fra due numeri interi. Tornato nel suo laboratorio pensò di fare esperimenti con nervi di bue per verificare se la regola suggeritagli dai suoni dei martelli valesse, in qualche modo, anche per i suoni che erano generati da corde tese. Per questa prova intuì che la relazione fra le corde poteva dipendere dalla loro lunghezza. Con sorpresa, anche se le grandezze fisiche erano differenti, peso per i martelli e lunghezza per le corde, scoprì che se due corde avevano un rapporto fra loro di numeri interi risuonavano in consonanza. La regola era la stessa di quella indicata dal peso dei martelli. Da qui la scoperta che i toni di una scala musicale

sono legati ai rapporti fra numeri interi. Fissati i due intervalli, di ottava e di quinta, è possibile determinare le caratteristiche delle corde per la generazione di tutti gli altri toni all'interno dell'ottava. Partendo da due definizioni, quinta e ottava, è possibile generare la scala pitagorica procedendo per quinte ascendenti (si moltiplica la frequenza per 3/2) o quinte discendenti (si moltiplica la frequenza per 2/3). E' chiaro che qualche frequenza può uscire dal campo di un'ottava per cui occorrerà dividerla per due se tale frequenza ha un valore che appartiene all'ottava superiore o moltiplicarla per 2 se in quello inferiore.
Applichiamo questa regola all'attuale scala musicale diatonica e partiamo come nota di partenza dal Do con la frequenza normalizzata a 1 e calcoliamo tutti i valori che devono assumere le singole note in una ottava, cioè dal valore 1 al 2.

Fa <- Do ->Sol -> Re -> Re -> La -> Mi -> Mi -> Si.
2/3 1 3/2 9/4 9/8 27/16 81/32 81/64 243/128.

Rappresentiamo i valori ottenuti con una tabella, ove la terza colonna rappresenta il rapporto fra una frequenza e la precedente.

Do	1	1	1,053
Re	9/8	1,125	1,125
Mi	81/64	1,265	1,125
Fa	4/3	1,334	1,053
Sol	3/2	1,5	1,125
La	27/16	1,687	1,125
Si	243/128	1,90	1,125
Do	2	2	1,053

Da una prima analisi della tabella si nota che il rapporto delle frequenze fra due note adiacenti non si mantiene sempre lo stesso. Gli intervalli che hanno il rapporto maggiore sono detti intervalli di tono altrimenti di semitono. Il matematico può notare che la radice quadrata di 1,125 assume il valore 1,06 molto vicino a 1,053. Sembra che deve esserci qualche altra nota quando questo rapporto è 1,125. Ricreiamo la tabella inserendo spazi fra le note che hanno tale rapporto.

Do	1	1	1,053
Re	9/8	1,125	
Mi	81/64	1,265	
Fa	4/3	1,334	1,053
Sol	3/2	1,5	1,053
La	27/16	1,687	
Si	243/128	1,90	
Do	2	2	1,053

Per definire la scala diatonica c'eravamo fermati sul Si quindi ripartiamo dalla sua quinta crescente che vale:
(243/128)*3/2 = 729/256 = 2,847.
Il valore è superiore a due quindi, per riportarlo nell'ottava considerata, occorre dividerlo per due.
Il valore che assume è 1,424 e poniamolo nella casella fra il Fa e il Sol chiamandolo Fa#. Continuiamo con il metodo e calcoliamo i rapporti fra toni adiacenti.

Do	1	1	1,053
Re	9/8	1,125	
Mi	81/64	1,265	
Fa	4/3	1,334	1,053
Fa#	729/512	1,424	1,067
Sol	3/2	1,5	1,053
La	27/16	1,687	
Si	243/128	1,90	
Do	2	2	1,053

Anche questo Fa# ha una quinta ascendente vale 1,424*3/2 = 2.136 che riportata all'ottava considerata è divisa per due. La nuova nota ha una frequenza di 1,068 e si pone tra il Do ed il Re ed è nominata Do# e inseriamola nella tabella.

Do	1	1	1,053
Do#	2187/2048	1,068	1,068
Re	9/8	1,125	1,053
Mi	81/64	1,265	
Fa	4/3	1,334	1,053
Fa#	729/512	1,424	1,067
Sol	3/2	1,5	1,053
La	27/16	1,687	
Si	243/128	1,90	
Do	2	2	1,053

Calcoliamo la quinta ascendente del Do#: 1,068*3/2 = 1,602.
Tale tono si colloca tra il Sol e La e la nominiamo Sol#.

Do	1	1	1,053
Do#	2187/2048	1,068	1,068
Re	9/8	1,125	1,053
Mi	81/64	1,265	
Fa	4/3	1,334	1,053
Fa#	729/512	1,424	1,067
Sol	3/2	1,5	1,053
Sol#	6561/4096	1,602	1,068
La	27/16	1,687	1,053
Si	243/128	1,90	
Do	2	2	1,053

Calcoliamo la quinta ascendente del Sol#.
1,602*3/2 = 2,403 -> 2,403/2 = 1,201
Il nuovo tono si colloca fra il Re e il Mi e indichiamolo con Re#.

Do	1	1	1,053
Do#	2187/2048	1,068	1,068
Re	9/8	1,125	1,053
Re#	19683/16384	1,201	1,067
Mi	81/64	1,265	1,053
Fa	4/3	1,334	1,053
Fa#	729/512	1,424	1,067
Sol	3/2	1,5	1,053
Sol#	6561/4096	1,602	1,068
La	27/16	1,687	1,053
Si	243/128	1,90	
Do	2	2	1,053

Ora calcoliamo la quinta ascendente di Re#.
1,201*3/2 = 1,801.
Tale valore si pone fra il La ed il Si e lo nominiamo La#.

Do	1	1	1,053
Do#	2187/2048	1,068	1,068
Re	9/8	1,125	1,053
Re#	19683/16384	1,201	1,067
Mi	81/64	1,265	1,053
Fa	4/3	1,334	1,053
Fa#	729/512	1,424	1,067
Sol	3/2	1,5	1,053
Sol#	6561/4096	1,602	1,068
La	27/16	1,687	1,053
La#	59049/32768	1,801	1,067
Si	243/128	1,90	1,054
Do	2	2	1,053

A questo punto sembrerebbe tutto finito poiché i rapporti fra due note successive assumono valori pressoché identici. Ora calcoliamo la quinta ascendente del La# e troviamo il valore, riportato all'ottava presa in considerazione, 1,350 che si pone fra il Fa il Fa#. Allora esiste un'altra nota. Procedendo con questo sistema di calcolo per generare la scala ci si accorge che non è possibile ottenere un intervallo di ottava con un numero limitato di note e si ottiene una scala d'infiniti toni che non ha senso. La dimostrazione per chiarire il seguente problema è la seguente.
Le note si susseguono con progressione per quinte e, supposto dodici il suo, si dovrebbe avere, dopo 12 quinte, una nota multipla della nota di partenza.
Si ha che:
$\left(\frac{3}{2}\right)^{12} = 2^{m}$ ove m è il numero di ottave.
Per risolvere questa equazione moltiplichiamo entrambi i membri per 2^{12}. Si ha:

$3^{12} = 2^{(m+12)}$.

Per determinare il valore di m si passa ai logaritmi in base 10:

$12 * \frac{log3}{log2}$ = m + 12*$\frac{log2}{log2}$ = m + 12.

Si ha: m = 19,01955 - 12 = 7,01955.

Poiché il valore di m non è un numero intero, non è mai possibile, procedendo per quinte ottenere una nota multipla di quella di partenza. Serve un'altra regola per mantenere il numero di note a dodici, poiché il metodo precedente forniva una soddisfacente soluzione.
Si parte dal proposito che il rapporto fra due note adiacenti qualsiasi si mantenga costante. Si ha:

Do#/Do = K -> Do# = K*Do.
Re/Do# = K -> Re = K*Do# = K^2*Do.
Re#/Re = K -> Re# = K*Re = K^3*Do.
Mi/Re# = K -> Mi = K*Re# = K^4*Do.
Fa/Mi = K -> Fa = K*Mi = K^5*Do.
Fa#/Fa = K -> Fa# = K*Fa = K^6*Do.
Sol/Fa# = K -> Sol = K*Fa# = K^7*Do.
Sol#/Sol = K -> Sol# = K*Sol = K^8*Do.
La/Sol# = K -> La = K*Sol# = K^9*Do.
La#/La = K -> La# = K*La = K^{10}*Do.
Si/La# = K -> Si = K*La# = K^{11}*Do.
2*Do/Si = K -> Do = 2*Do = K^{12}*Do

Per cui risulta:

2 = K^{12}.

K = $\sqrt[12]{2}$ = 1,059463094.

Nota	Freq. Pit.	Rap	Freq. Temp.	Rap	Var. %
Do	1	1	1	1,059463094	0
Do#	1,068	1,068	1,05946	1,059463094	0,799625
Re	1,125	1,053	1,12246	1,059463094	0,225778
Re#	1,201	1,067	1,18920	1,059463094	0,982515
Mi	1,265	1,053	1,25992	1,059463094	0,401581
Fa	1,334	1,053	1,33483	1,059463094	-0,06222
Fa#	1,424	1,067	1,41421	1,059463094	0,6875
Sol	1,5	1,053	1,49830	1,059463094	0,113333
Sol#	1,602	1,068	1,58740	1,059463094	0,911361
La	1,687	1,053	1,68179	1,059463094	0,308832
La#	1,801	1,067	1,78179	1,059463094	1,06663
Si	1,90	1,054	1,88774	1,059463094	0,645263
Do	2	1,053	2	1,059463094	0

La scala così ottenuta è definita temperata ed i suoi valori si differenziano di poco rispetto a quelli calcolati con il metodo pitagorico. Il temperamento, alterando alcuni intervalli di quinta e di quarta, permette di chiudere il ciclo delle quinte e di ottenere tutti gli intervalli con una consonanza più che accettabile. La sesta colonna evidenzia che la differenza nella tonalità fra i due metodi è inferiore dell'1%. Solo il La# lo supera. Il vantaggio del temperamento è che variando la tonalità di un pezzo musicale non varia la sua melodia. Per alcuni musicisti è un compromesso definito come il male minore, poiché sono introdotte stonature, anche se piccole, sempre udibili da un orecchio esperto. Il maggior vantaggio di questa scala musicale si ottiene con gli strumenti ad accordatura fissa come gli strumenti a tastiera (pianoforte, organo e fisarmonica) i quali non devono essere riaccordati a ogni cambio di tonalità.

4. Il temperamento, la musica elettronica e il glissato

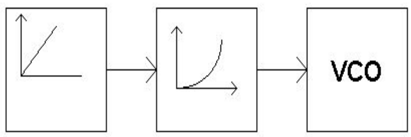
Con l'avvento della musica elettronica il musicista e il compositore possono dare maggior spazio alla loro fantasia poiché non hanno più un set limitato di strumenti che dispongono toni noti e prevedibili. Il cambiamento più importante non è solo la possibilità di sviluppare suoni nuovi, ma anche di creare differenti tonalità. I concetti della consonanza e dissonanza sono sempre validi per cui il metodo del temperamento permette di definire una qualsiasi scala musicale con un numero di toni diverso da dodici nell'intervallo di un'ottava. Lo sperimentatore con suoi strumenti programmabili può realizzare una sua scala personale impiegando i concetti sopra esposti. Per esempio se desidera realizzare una scala di ventiquattro note in un'ottava è sufficiente che calcoli il valore del coefficiente moltiplicatore che risulta:

K = $\sqrt[24]{2}$ = 1,029302237.

Se poi si volesse sperimentare con intervalli che si ripetono in modo diverso, non da 1 a 2 ma da 1 a 3 il valore del moltiplicatore è:

K = $\sqrt[24]{3}$.

Questa regola è stata utile nel realizzare effetti di glissato negli strumenti elettronici.
Con il glissato si passa da un tono all'altro in modo progressivo e costante per tutta la sua durata. Un buon glissato non deve far percepire tale passaggio ma dare la sensazione di una transizione continua della frequenza. Inoltre fissata la velocità del glissato, questa deve mantenersi costante per tutta l'estensione dello strumento. In breve, il tempo impiegato per passare dal Do al Si della ottava più bassa dello strumento deve essere lo stesso di quello impiegato per passare dal Do al Si dell'ottava più alta. Definito Kf il rapporto Fa/Fb, ove Fa è la frequenza più alta dell'intervallo e Fb la più bassa e Tg la durata dell'effetto, per velocità del glissato si intende il rapporto fra Kf/Tg.
Il significato di tale velocità, quindi, non è legato alla variazione di frequenza ma al rapporto fra la più alta e quella più bassa dell'intervallo del glissato. Per rapporti eguali il tempo impiegato per il passaggio deve essere uguale. Facciamo un esempio. Desideriamo generare un glissando fra il Do e il Si della stessa ottava.
Nell'ottava più bassa si deve slittare da 32,703 Hz a 61,735 con una variazione di 29,032 Hz. Nell'ottava più alta si passa da 2093,005 Hz a 3951,066 Hz con una variazione di 1858,061 Hz. Entrambi gli intervalli hanno lo stesso rapporto 1,8877, però l'intervallo nel primo caso è di sessantaquattro volte più piccolo. Per impiegare lo stesso tempo per spazzolare le frequenze dell'intervallo occorre che la variazione delle frequenze debba essere più veloce per le note più alte. Negli strumenti analogici, il generatore di tono è un VCO (Voltage Controlled Oscillator) la cui tensione di controllo varia in modo lineare. Tra il generatore della tensione di controllo, che ha un andamento lineare, e il VCO è inserito un amplificatore esponenziale (antilogaritmico) che segue l'andamento esponenziale delle note.



Nello strumento digitale si hanno indicazioni sulla frequenza iniziale e finale. Per realizzare un buon glissato si può ricorrere a un appropriato temperamento. In un'ottava non sono presenti solo i dodici toni fondamentali, ma ne sono inseriti altri fra una nota e l'altra. Per esempio, nel progetto dell'integrato M110 che realizzava nel 1978 un sintetizzatore digitale, erano presenti otto toni fra due note adiacenti, per cui il coefficiente K, rapporto fra due toni successivi, era eguale a: $\sqrt[(12*8)]{2}$. Con tale soluzione in entrambi i casi presi in considerazione, durante la spazzolata, si suonavano ottantotto note in successione sempre con lo stesso ritmo per cui il periodo del glissato rimaneva lo stesso.

5. Argomenti della prossima news

Nel prossimo articolo tratteremo l'impiego della matematica nella musica , il concetto dei cents ed l'analisi del battimento.

4. Bibliografia

Sound Generation in Wind, String, Computers:
Author: Arthur H. Benade.
Publisher: Kungl. Musikaliska Akademien (1980).
ISBN-10: 9185428183..

The Physic of sound:
Author: Berg, David G Stork.
Publisher: Addison-Wesley; 3 edition (August 27, 2004).
ISBN-10: 0131457896.

The Physics of Musical Instruments:
Author: Neville H. Fletcher, Thomas D. Rossing .
Publisher: Springer; 2nd edition (June 19, 1998) .
ISBN-10: 0387983740.

La Scienza del Suono:
Author: John R. Pierce.
Publisher: Zanichelli.
ISBN-10: 8808021661.

Musical Physics and Engineering:
Author: Harry F. Olson.
Publisher: Dover Publications; Revised edition (June 1, 1967).
ISBN-10: 0486217698.

The Physics and Psychophysics of Music - An Introduction:
Author: Juan G. Roederer .
Publisher: Springer; 3rd edition (October 31, 2001).
ISBN-10: 9780387943664.

The Science of Sound:
Author: Thomas D. Rossing.
Publisher: Addison-Wesley; 2 edition (March 1, 1990).
ISBN-10: 0201157276.

Physics for Scientists and Engineers, Chapters 1-46:
Author: Raymond A. Serway.

Publisher: Brooks/Cole Pub Co; 5th edition (October 30, 1999).
ISBN-10: 0030317169.

Musical Acoustics:
Author: Thomas D. Rossing.
Publisher: Amer Assn of Physics Teachers (July 1988).
ISBN-10: 091785330X.

Fundamentals of Musical Acoustics - Second, Revised Edition:
Author: Arthur H. Benade.
Publisher: Dover Publications; Reprint edition (November 1, 1990).
ISBN-10: 048626484X.

Science and Music:
Author: Sir James H. Jeans.
Publisher: Dover Publications; New edition edition (June 1, 1968).
ISBN-10: 0486619648.

Musical Instrument Design - Practical Information for Instrument Design:
Author: Bart Hopkin, John Scoville.
Publisher: See Sharp Press (January 1, 1996).
ISBN-10: 1884365086.

On the Sensations of Tone:
Author: Hermann Helmholtz
Publisher: Dover Publications; 2nd edition (June 1, 1954)
ISBN-10: 0486607534

Analysis, Synthesis, and Perception of Musical Sounds:
Author: James Beauchamp.
Publisher: Springer; 2007 edition (January 24, 2007).
ISBN-10: 0387324968.

Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla meccanica e ai movimenti locali:
Author: Galileo Galilei.
Publisher: Amazon (Kindle edition).