

la musica elettronica

manuale introduttivo

Versione PDF

LA MUSICA ELETTRONICA

Storia e presupposti formativi

Corso di formazione autorizzato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
Dipartimento per l'istruzione - Direzione generale per il personale scolastico - Ufficio VI

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
Dipartimento per l'istruzione
Direzione generale per il personale scolastico - Ufficio VI

Istituto Comprensivo Statale «Matilde Serao»
Via Dante Alighieri n. 38 - 80040- Volla (Napoli)

La musica elettronica. Storia e presupposti formativi

Considerando i dati ufficiali del Miur pubblicati nel Rapporto scuola 2008 dagli Annali della Pubblica Istruzione (numero 123/08) è apparsa nella sua evidenza l'esigenza di formazione del personale che, lavorando con la musica, si trova nella necessità di conoscere ed utilizzare tecniche e strumenti elettronici.

Dal Rapporto, infatti, si evince che solo il 2% della musica 'praticata' nelle scuole riguarda la musica elettronica, e che le attività collettive permanenti utilizzano la tecnologia elettronica solo per lo 0,8%. La Direzione generale per il personale scolastico del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca - Dipartimento per l'istruzione, ha dunque accolto la proposta dell'I.C. «Matilde Serao» di Volla - Napoli per l'attivazione di un corso di formazione fortemente

caratterizzato, specificamente rivolto alle nuove tecnologie.

Il Corso, intitolato «La musica elettronica. Storia e presupposti formativi», ha una articolazione in seminari svolti in differenti città italiane. Le finalità sono quelle di offrire sostegno all'interazione tra assetti pedagogici, didattici ed organizzativi attraverso la comprensione e l'uso dell'elettronica musicale, e di facilitare l'uso delle tecnologie già presenti nelle scuole. La formazione del personale avrà anche ricadute sulla scelta delle dotazioni da acquisire. I temi trattati andranno dalla Storia dell'elettronica alla generazione, trattamento e natura del suono, non trascurando aspetti utili nelle pratiche musicali, come la sintesi del suono, i formati audio, gli algoritmi di compressione.

pubblicazione a cura dell'Associazione non profit "Ferenc Liszt".
Via Duomo 348, 80133 - Napoli

Gennaio 2012

L'Associazione Ferenc Liszt è un soggetto non profit, pertanto ogni forma di partecipazione alle sue iniziative ha carattere di gratuità e liberalità. La presente pubblicazione persegue finalità esclusivamente culturali, didattiche e formative. Viene pertanto distribuita gratuitamente in scuole, università e conservatori, nell'ottica di una utilizzazione «unicamente a fini di insegnamento e di ricerca scientifica».

La musica elettronica
Storia e presupposti
formativi

*Si ringraziano: Luciano Chiappetta, Mario Chiari, Marcella Chelotti Grossi,
Maurizio Piscitelli, Enore Zaffìri*

*Si ringraziano altresì: Giovanni Ciro Mastrogiacomo,
Claudio Bonechi, Rosa D'Avino, Emanuela Florio,
Patrizia Grossetti, Flavio Lapiccerella, Egidio Mastrominico, Eugenia
Pennacchio, Filomena Piccolo,
e lo staff tecnico-amministrativo che ha contribuito
alla realizzazione del progetto*

sommario

- La musica elettronica** pag. 11
Claudio Bonechi
- Quali innovazioni nella scuola
della società della conoscenza** pag. 109
Annalisa Spadolini
- È tempo di musica...
elettronica** pag. 115
Giovanni Ciro Mastrogiacomo
- La mia amicizia con Pietro
Grossi** pag. 118
Enore Zaffiri
- HOMEART** pag. 120
Pietro Grossi
- Diario della dissonanza** pag. 122
Girolamo De Simone

La musica elettronica

di Claudio Bonechi

Il termine “musica elettronica” significa letteralmente “musica realizzata con apparecchi elettronici”: il riferimento sarebbe quindi puramente tecnico e riguarderebbe solo il modo in cui i suoni vengono generati e raggruppati a fini musicali. Il termine più corretto sarebbe comunque quello di “musica elettroacustica”, poiché il campo di intervento riguarda anche l'acustica, ma questa dizione è rimasta limitata all'ambito specialistico. In realtà all'accezione tecnica si sovrappone quella formale. Ossia la musica elettronica rappresenta anche un genere, o, ai giorni nostri, *vari* generi. All'inizio della sua storia, i cui primordi si possono collocare negli anni '20 del secolo scorso ma che ha preso corpo solo negli anni '50, di questa tecnica sonora si impadronirono vari musicisti “colti”, che videro in essa una promettente possibilità di esplorare nuovi terreni sonori. *«La musique, qui doit vivre et vibrer, a besoin de nouveaux moyens d'expression, et la science à elle seule peut lui infuser la sève de l'adolescence»* (La musica, che deve vivere e vibrare, ha bisogno di nuovi mezzi espressivi, e solo ad essa la scienza può infondere l'energia dell'adolescenza. Edgar Varèse, 1917). Musicisti come John Cage, Henri Pousseur, Pierre Schaeffer, Karlheinz Stockhausen, György Ligeti, Edgar Varèse, Iannis Xenakis e in Italia Luciano Berio, Bruno Maderna, Luigi Nono, Pietro Grossi, Enore

Zaffiri, Teresa Rampazzi contribuirono con le loro opere a dare piena legittimità al nuovo strumento. A quei tempi l'elettronica, che era nata con le telecomunicazioni, aveva fatto anche un po' di esperienza con il sonoro del cinema e con l'amplificazione della voce: l'Alta Fedeltà (Hi-Fi) cominciava a fare capolino ed erano usciti i primi registratori a nastro magnetico, elementi fondamentali per l'attività del compositore elettronico. L'altro campo interessante per la musica, in cui l'elettronica si andava sviluppando, era quello dei computer, macchine enormi e costosissime, presenti solo in grandi organizzazioni; a queste ultime dovevano appoggiarsi i compositori per le loro attività di ricerca perché tutte le apparecchiature avevano un prezzo assolutamente inaccessibile ai singoli.

Negli anni '60 si cominciarono a costruire i primi “sintetizzatori”, apparecchi elettronici in grado di generare elettronicamente diversi tipi di suono e di combinarli per ottenere vari timbri ed effetti. Gli antenati dei sintetizzatori esistevano già nelle prime decadi del '900 e si chiamavano Thereminvox, Onde Martenot, Trautonium, organo Givélet-Coupleux, tutti basati su particolari trattamenti del campo elettromagnetico. Poggiava sullo stesso principio l'organo Hammond, un geniale strumento a tastiera inventato nel 1935 da Laurens Hammond, che ebbe un notevole e duraturo successo nel mondo della musica di consumo e Jazz (Deep purple, Keith Emerson, Procol Harum). Una versione in chiave tradizionale del sintetizzatore fu la produzione da parte della azienda italiana *Farfisa* degli “organi elettronici”, come si

chiamavano allora, strumenti portatili dotati di tastiera tradizionale, alcuni dei quali vennero impiegati, oltre che nelle chiese, da un numero sempre maggiore di gruppi pop e rock (come i Pink Floyd). Dagli anni '70 in avanti i sintetizzatori divennero il cuore pulsante di strumenti dall'uso variegato, che furono chiamati (e si chiamano ancora oggi) “tastiere”: si cominciò a sfruttarne massicciamente i suoni “elettronici” e ciò contribuì in modo decisivo all'emergenza di numerosi sottogeneri (punk, synth, techno, house, progressive, metal, etc.).

La musica elettronica non era più solo quella “colta” ma era diventata 'popular'. Rimaneva e rimane una sostanziale differenza, però: il pop e il rock continuavano ad utilizzare prevalentemente anche se non esclusivamente il sistema tonale, che nella musica colta ha raggiunto il suo massimo splendore nel periodo classico '700-'800 ma che nel '900 è stato affiancato da altri sistemi di suoni: quelli per i quali, tanto per intenderci, una melodia non è più facilmente cantabile o a limite non esiste più, sostituita da successioni di suoni diversi da quelli tradizionali. La musica elettronica fu salutata con un certo entusiasmo dai musicisti 'istituzionali' più portati all'innovazione, anche perché permetteva di estendere facilmente il campo sonoro svincolandosi dalla tradizione e dagli strumenti meccanici a note fisse.

Negli anni '70 a quei musicisti l'uso dell'elettronica nel pop appariva come qualcosa di un po' volgare, paccottiglia sonora buona per impressionare le anime semplici; questo severo giudizio, tipico dell'epoca, si è poi andato lentamente mitigando e la “contaminazione”

tra generi e modi compositivi ha preso sempre più piede. Gli anni '80 videro nascere la formidabile espansione dell'informatica e delle telecomunicazioni, grazie alla cui spinta interattiva la tecnologia elettronica cominciò rapidamente a svilupparsi su scala mondiale, permettendo di abbassare i costi in modo impressionante. Da allora, attraverso gli anni '90, divenne sempre più facile costruire hardware e software dedicati alla musica, fino ad arrivare ai giorni nostri in cui, nei paesi più sviluppati, la produzione musicale e la pratica musicale elettronica e/o su strumenti elettronici potrebbero davvero essere alla portata di tutti.

Elettronica e suono / 1

Per capire come l'elettronica possa costituire uno strumento per la generazione e il trattamento dei suoni, occorre dare uno sguardo a qualche aspetto tecnico, senza addentrarci troppo nei dettagli, ma cercando di coglierne la sostanza. Innanzitutto nel presente contesto occorre distinguere tra generazione dei suoni e “trattamenti” cui possono essere sottoposti. Con questo termine “trattamento” intendiamo tutto ciò che viene fatto con i suoni, prima e dopo averli generati.

Prima dell'elettronica

Generazione dei suoni

Se torniamo per un momento alla musica tradizionale, non elettronica, possiamo dire che la generazione dei suoni avviene sia tramite gli strumenti tradizionali, che sono meccanici e utilizzano materiali come legno, metallo, pelle, budello, etc., sia tramite il canto. Naturalmente la generazione, in sé fatto puramente fisico, è sostenuta dalla pratica dell'esecuzione, che consiste in una loro aggregazione secondo percorsi predefiniti (composizione) o improvvisati.

Trattamento dei suoni

I trattamenti tradizionali consistono nella composizione, che è un atto mentale, e nella “scrittura”, una rappresentazione per simboli grafici che nel tempo si è andata affinando notevolmente; essa costituisce il modo per memorizzare non proprio il brano musicale, ma le indicazioni “codificate” che serviranno all'esecutore per dargli vita. Una partitura o uno spartito, non sono infatti altro che una serie di istruzioni scritte attraverso una serie di simboli grafici che rappresentano le note musicali, in altezza e durata, più alcuni suggerimenti accessori, sull'intensità, sul timbro e sull'agogica. In questo senso, assomigliano a un programma di computer.

Prima la meccanica e successivamente l'affiancamento dell'elettronica,

hanno consentito di aggiungere due trattamenti ulteriori: la memorizzazione di un'esecuzione (detta poi “registrazione”) e l'amplificazione dei suoni, generati dagli strumenti musicali dal vivo o registrati (detta in questo secondo caso “riproduzione”, come complementare a “registrazione”).

Registrazione e riproduzione

Le prime forme di registrazione sonora sono quelle degli automi che già nel '500, collegati all'orologio della torre, suonavano campane e, successivamente, nel '600, carillon; questi ultimi erano costituiti da gruppi di campane o campanelli, inizialmente quattro, (da cui il nome “quatreillons” divenuto “carillons”) poi in numero maggiore; fin dall'800 nelle versioni da tavolo del carillon, le campane furono sostituite da lamelle metalliche. Non si tratta di registrazioni di esecuzioni, quanto piuttosto di un modo di scrivere la partitura che provoca l'esecuzione meccanica diretta, senza l'intermediazione di un essere umano. Il carillon può essere pensato come un antesignano del computer, ossia una rudimentale, ma per i suoi scopi efficace, macchina programmabile. La successione di suoni veniva infatti memorizzata su un cilindro rotante (cosa che avviene tuttora) con punte sporgenti collegate a un sistema di leve che a sua volta aziona i martelli delle singole campane.

Le prime vere registrazioni di esecuzioni sono quelle su rulli di carta, posti in una macchina e collegati a un pianoforte con ingegnosi

meccanismi: mentre il pianista suonava, nel rullo che girava venivano incisi fori corrispondenti alle note eseguite, compresa l'informazione sulla durata e sull'intensità. Il rullo veniva poi caricato e fatto scorrere in un'altra macchina adibita alla riproduzione, che faceva suonare il pianoforte abbassando e rilasciando i tasti in corrispondenza dei fori. Anche il pianoforte era diventato una macchina programmabile.

Queste registrazioni però potevano essere fatte solo su uno strumento a tastiera. Un progresso notevole si ebbe con il fonografo di Edison, brevettato nel 1878, che utilizzava una membrana tesa di carta, le cui vibrazioni facevano muovere una puntina che a sua volta incidere una traccia in un rullo di ottone ricoperto di stagnola, traccia corrispondente all'onda sonora che investiva la membrana. Per ottenere la riproduzione del suono il processo era inverso: il rullo, girando, faceva muovere la puntina secondo gli spostamenti indotti dalla traccia incisa in precedenza. La puntina faceva muovere un'ulteriore membrana di carta, che così riproduceva quanto era stato registrato. La fedeltà era scarsa ma l'idea fu ripresa da altri (Bell, Berliner che sostituì il cilindro con un disco) e nei primi anni del 1900 erano già disponibili apparecchi con i quali era possibile una riproduzione soddisfacente. Il disco girava a 78 giri al minuto, velocità che è rimasta in vita fino agli anni '50, quando fu sostituita dalle velocità di 45 e 33 giri al minuto. Tutto era ancora solo meccanico, compreso il motore del giradischi, basato su una molla caricata a mano: il disco venne riprodotto in un numero sempre maggiore di esemplari ed ebbe inizio il mercato discografico.



Disco in vinile a 78 giri/minuto e puntina con membrana

Elettromagnetismo al servizio dell'audio

Per compiere progressi sostanziali nell'ambito dei trattamenti del suono il ruolo principe venne svolto dall'impiego dell'elettricità, o meglio dell'elettromagnetismo. Questa forma di energia, nota fin dall'antichità ma resa utilizzabile solo dall'800 in poi, ha mostrato doti impensate di flessibilità e di maneggevolezza che hanno prodotto una vera rivoluzione tecnologica.

L'energia elettrica viene descritta attraverso le grandezze fisiche “tensione” e “corrente”, che, moltiplicate tra loro, danno la “potenza”, ossia una quantità di energia sviluppata (o consumata) in un secondo,

tempo scelto come unitario. La tensione si misura in *Volt*, la corrente in *Ampere* e la potenza in *Watt*.

Prima della diffusione dell'energia elettrica le comunicazioni a distanza, o “telecomunicazioni”, potevano svolgersi solo tramite trasporto fisico di messaggi scritti o, nei casi più sofisticati, tramite condotti uditivi per brevi distanze (condotti attraverso i quali far viaggiare il suono, già utilizzati dai Greci), segnali acustici forti (tam-tam) e segnali visivi (fumo, luce solare riflessa da specchi in un sistema di torri opportunamente distanziate); in ogni caso si trattava di progetti piuttosto difficili da attuare.

In che modo l'energia elettrica ha potuto dare il suo potente contributo al mondo delle telecomunicazioni e dell'audio? L'ha fatto attraverso quattro caratteristiche principali:

- 1 la capacità di viaggiare alla massima velocità possibile (quella della luce) sia nello spazio libero sia in uno spazio confinato (fili di metallo conduttore, come il rame);
- 2 la capacità di conservare nel tempo uno “stato”, ossia un certo valore di una qualche grandezza elettrica o magnetica;
- 3 la possibilità di operare facilmente trasformazioni da energia meccanica a energia elettrica e viceversa attraverso i cosiddetti “trasduttori elettromeccanici”;
- 4 la docilità nel lasciarsi facilmente modellare in onde, ossia in variazioni cicliche nel tempo, che possono assumere forme diverse.

Per spiegare come queste quattro caratteristiche abbiano trovato il loro impiego, oltre che nelle comunicazioni, nei trattamenti del suono, è necessario esaminarne brevemente la natura fisica.

Natura del suono

Il suono è costituito da veloci variazioni in più e in meno della pressione atmosferica, vibrazioni la cui frequenza è compresa tra circa 20 e 20.000 oscillazioni al secondo, o “Hertz”. Le oscillazioni di pressione hanno origine da un corpo elastico vibrante, come una corda tesa pizzicata o un qualsiasi oggetto percosso; il pizzico o la percussione trasferiscono energia meccanica al corpo elastico, che, vibrando, induce la propagazione per onde di parte di quell'energia nell'aria circostante. Così come avviene nell'acqua, una perturbazione dell'aria provocata da un corpo rigido che si muove, non può che propagarsi tutto intorno attraverso onde di pressione. Quando queste raggiungono il nostro orecchio, organo sensibile alle oscillazioni di pressione, se hanno sufficiente intensità e frequenza compresa nella gamma di udibilità, danno luogo alla sensazione uditiva che, grazie all'intervento massiccio e automatico di alcune aree cerebrali, è immediatamente elaborata nella percezione di ciò che chiamiamo “suono”.

In realtà, nell'ambito della percezione uditiva l'essere umano fa un'ulteriore distinzione tra “suono” e “rumore”. Il suono si ha quando le oscillazioni della pressione presentano caratteristiche di una certa regolarità, o “periodicità”, tanto che è possibile individuarvi una

“frequenza fondamentale” (o “fondamentale” *tout court*) rappresentata poi percettivamente come “altezza” del suono (maggiore frequenza fondamentale = maggiore altezza); in musica ciò corrisponde all'individuazione delle note.

Le oscillazioni che caratterizzano il rumore sono invece irregolari; poiché manca una frequenza “fondamentale”, nel rumore non è possibile individuare chiaramente un'altezza. Ciò non toglie che spesso si abbia la percezione di una vaga altezza, minore per il rombo del tuono e per la grancassa, maggiore per lo schiocco di una frusta e per il battito delle nacchere. In effetti, la distinzione tra suono e rumore non è così netta come potrebbe sembrare perché tanti fenomeni acustici, come il parlato o i segnali emessi da certi animali, non sono classificabili né tra i suoni né tra i rumori.

Il Decibel

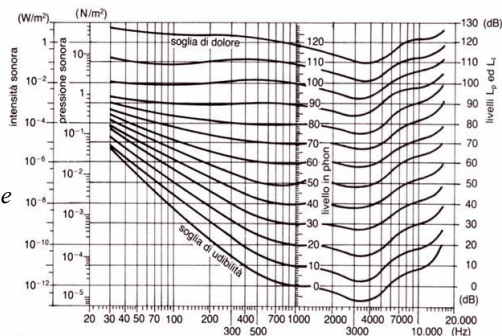
Un ruolo importante lo gioca l'intensità: il nostro orecchio ha un'estensione spaventosa come sensibilità all'intensità, che nelle frequenze centrali raggiunge un rapporto maggiore di 1:1.000.000.000.000 ossia ben più di mille miliardi! Una tale estensione costringe a usare una unità di misura adatta, che eviti di usare troppe cifre e che si chiama decibel (dB). Il dB è un'unità di misura “relativa” che consente di sommare e sottrarre le intensità. Senza l'uso del dB sarebbero necessarie moltiplicazioni e divisioni: senza entrare in dettagli troppo

tecniche, possiamo richiamare il fatto che “amplificare un segnale” significa *moltiplicarlo* per un fattore costante. In pratica, sommando 3 dB l'intensità raddoppia, sottraendo 3 dB l'intensità si dimezza; sommando 6 dB l'intensità quadruplica, sottraendo 6 dB l'intensità diventa un quarto; sommando 10 dB l'intensità si decuplica. Facciamo qualche esempio. L'intensità sonora si misura in Watt al metro quadrato (W/m^2). Se ho un'intensità di $3 \text{ W}/\text{m}^2$ e aggiungo 20 dB ottengo $300 \text{ W}/\text{m}^2$; se adesso tolgo 9 dB ottengo $300/8 = 37,5 \text{ W}/\text{m}^2$ (infatti $9 \text{ dB} = 3$ volte 3 dB quindi divido per 3 volte per 2, ossia per 8).

Intensità percepita

Per convenzione è stato fissato lo 0 dB acustico a $10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$. Ne risulta che, moltiplicando per 10 ogni 10 dB, si arriva a $1 \text{ W}/\text{m}^2$, che vale 120 dB: infatti $10^{-12} \times 10 = 10^{-11}$ che in W/m^2 corrisponde a 10 dB, moltiplicando ancora per 10 si ha 10^{-10} che corrisponde a 20 dB; e così via fino a $10^0 = 1$ (perché qualsiasi numero elevato a 0 vale 1). Bisogna tenere presente però che il nostro orecchio non “risponde” allo stesso modo per tutte le frequenze. Facendo ascoltare a molte persone (in cuffia) suoni sinusoidali, sono state ricavate per via statistica le curve di risposta da Fletcher e Munson. Si tratta di curve “isofoniche”: fissata l'intensità a 1.000 Hz (per convenzione), ogni curva indica l'intensità reale (in W/m^2) che corrisponde alla stessa sensazione di intensità, o

“intensità soggettiva”, per tutte le altre frequenze. L'intensità soggettiva si misura in “phon”. A 1.000 Hz phon e dB coincidono. Dalle curve si vede come la sensibilità massima dell'orecchio si trovi tra 3.000 e 4.000 Hz, mentre per intensità al di sotto di 80 dB la sensibilità si abbassa molto alle basse frequenze (per questo motivo molti amplificatori hanno la funzione *Loudness* che tenta di compensare questo effetto, esaltando le basse frequenze). Occorre tenere presente che un aumento di 10 phon corrisponde a un raddoppio dell'intensità soggettiva, ossia a un raddoppio di volume; nella zona centrale delle frequenze, un aumento di 10 phon corrisponde a un aumento di 10 dB, quindi a un incremento di 10 volte della potenza sonora. Ne segue che un raddoppio di volume sonoro richiede una decuplicazione della potenza.



Curve isofoniche di Fletcher e Munson

Altri aspetti acustici

Il suono viene studiato in tutti i suoi aspetti da quella parte della Fisica detta “acustica”; ne vedremo alcuni in altre parti della presente trattazione. Per ulteriori approfondimenti sarà necessario rivolgersi ai testi di acustica.

Trasduzione meccanica

Torniamo alla natura fisica del suono/rumore, che per semplicità chiameremo d'ora in poi semplicemente “suono”. Poiché le onde di pressione dell'aria sono “inafferrabili”, occorre trovare un metodo per trasformarle in qualcosa di maneggevole, se vogliamo memorizzare in qualche modo i suoni ad esse associati. Edison inventò il suo “fonografo” trasformandole in incisioni su un materiale adatto, l'ottone, disposto su un rullo: lo svolgimento temporale delle onde sonore diventava svolgimento spaziale lungo un solco, il cui andamento riproduceva quello delle onde sonore stesse, che è normalmente frastagliato. Anche il solco risulta quindi frastagliato allo stesso modo. Per ottenere di nuovo i suoni bisognava che una puntina ripercorresse (a velocità costante) lo stesso solco inciso e trasmettesse i suoi movimenti a una membrana in grado di muovere l'aria. L'aria seguiva così il movimento della puntina, che a sua volta seguiva il movimento dell'onda sonora registrata, e diventava suono. Avveniva cioè una *trasduzione* meccanica, da onde acustiche (che variano nel tempo) a

onde “grafiche” (che variano nello spazio).

Questo principio di corrispondenza tempo-spazio-tempo viene applicato tuttora nel processo di registrazione/riproduzione non solo del suono ma anche delle immagini.



Fonografo di Edison

Trasduzione elettromeccanica

Successivamente, utilizzando l'elettromagnetismo, cambieranno gli ingredienti energetici e tecnologici ma la tecnica rimarrà sostanzialmente la stessa fino ai giorni nostri.

Cruciale fu l'invenzione dei *trasduttori elettromeccanici* adatti alle applicazioni audio, che si chiameranno “microfono” (in inglese *microphone*) e “altoparlante” (in inglese *loudspeaker*), quest'ultimo inizialmente in versione “auricolare” (in inglese *earphone*) ossia miniaturizzata per poter essere appoggiato all'orecchio. Il primo utilizzo

di questi trasduttori portò infatti alla costruzione del telefono, brevettato nel 1878 da Bell, ma inventato prima di lui da Antonio Meucci. I primi trasduttori non funzionavano molto bene e ci volle una ventina d'anni prima che le loro prestazioni divenissero accettabili. La loro funzione era (ed è tuttora) quella di trasformare l'energia acustica in energia elettromagnetica e viceversa, mantenendone intatta la forma: se l'energia acustica varia ad esempio con legge sinusoidale nel tempo, anche la tensione elettrica all'uscita del microfono sarà sinusoidale, con la stessa frequenza di quella acustica. Non solo, ma al variare della frequenza in ingresso e a parità di ampiezza, nemmeno l'ampiezza in uscita varia. Ciò consentiva di effettuare alcuni “trattamenti” del suono, passando dall'ambito acustico (quindi meccanico) a quello elettrico, in cui la flessibilità e la possibilità d'intervento sono molto maggiori. Per concludere il trattamento è sufficiente trasformare di nuovo l'energia elettrica in energia acustica.

Distorsione

Bisogna tuttavia tenere sempre presente che il mantenimento della forma di cui abbiamo parlato non è fedele al 100% perché qualsiasi trasduttore introduce sempre una “distorsione”, ossia un cambiamento nella forma originale; questa alterazione viene detta “distorsione di non linearità”, contrapposta a quella “di linearità” che consiste nella sola variazione di ampiezza al variare della frequenza. La distorsione non riguarda solo i trasduttori ma anche tutte le apparecchiature che effettuano trattamenti

del suono e deve essere contenuta entro certi limiti, pena la compromissione del risultato finale.

Catena acustico-elettrico-acustico

La catena acustico-elettrico-acustico rimane il presupposto basilare di tutta la tecnologia audio; nella sua forma più semplice è schematizzata nella *Figura* che segue:



Con il passare del tempo i trattamenti elettrici diventeranno prevalentemente elettronici ma lo schema non cambierà.

Trasmissione a distanza

Se invece di memorizzare i suoni, vogliamo trasmetterli a distanza maggiore, o molto maggiore, di quella che le onde sonore possono normalmente raggiungere (da pochi centimetri a qualche decina di metri nei casi più favorevoli) è necessario utilizzare le caratteristiche spaziali dell'energia elettromagnetica, di cui sopra abbiamo fatto cenno. Ne è testimone la luce del sole, essa stessa energia elettromagnetica, che percorre una distanza di circa 150 milioni di Km in circa 8 minuti per giungere fino alla Terra.

L'elettricità era già stata impiegata con successo fin dagli anni '40 del 1800 per trasmettere informazioni con il telegrafo, inventato (insieme all'omonimo codice) dall'americano Samuel Morse: ogni carattere tipografico era associato a una breve sequenza di linee e punti, che con il telegrafo diventavano impulsi di corrente rispettivamente lunghi e brevi, che potevano viaggiare su fili di rame a distanze di molte decine di Km. Fu questo forse il primo abbozzo di tecnica digitale!

Nel 1896 Guglielmo Marconi brevettò il primo telegrafo “senza fili”, che utilizzava cioè onde radio e permetteva di trasmettere e ricevere anche dalle navi.

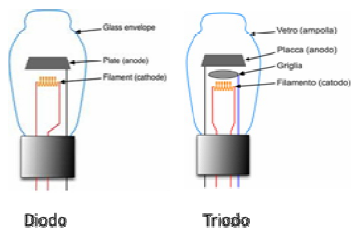
Telefonia

Come abbiamo visto, negli anni '70 del 1800 comparvero i primi trasduttori elettroacustici che costituirono il cuore del telefono. Il microfono produceva una tensione elettrica “analogica” - ossia della stessa forma del suono - che colpiva la sua membrana sensibile. Collegandolo a un capo di una coppia di fili di rame, che all'altro capo avesse collegato un trasduttore “inverso”, ossia un auricolare, si creava una corrente elettrica che viaggiava a distanza anche di vari Km. Il trasduttore inverso trasformava in onde acustiche le onde di corrente elettrica in arrivo e così la voce poteva essere ascoltata. Le distanze raggiungibili, pur notevoli per l'epoca, rimanevano però limitate: l'energia, percorrendo una linea elettrica, viene in parte dissipata e più la linea è lunga più quella in arrivo è debole.

Elettronica e suono / 2

Nascita dell'Elettronica

Microfoni e auricolari, da soli, non erano in grado di realizzare una trasmissione del suono oltre una certa distanza. Ma ecco che provvidenzialmente una nuova tecnologia prende vita ai primi del '900, quando l'inglese John Fleming, ispirato dagli esperimenti di Edison sulle lampade a filo incandescente, inventa il “diodo”, una valvola di vetro sotto vuoto composta di due elettrodi, “anodo” e “catodo”, detta “termoionica”, che fa passare la corrente in una sola direzione. Pochi anni dopo, il fisico americano Lee De Forest inventa il “triodo”, che è simile al diodo ma è capace di amplificare una tensione elettrica. Nasce così l'*elettronica*, una tecnologia che trova i suoi primi impieghi nelle trasmissioni radiotelegrafiche, telefoniche e poi radiofoniche: il nome deriva dal fatto che nella valvola il catodo riscaldato emette elettroni lanciati nel vuoto verso l'anodo.



Valvole: diodo e triodo. Nel triodo la tensione tra griglia e catodo è amplificata in quella tra anodo e catodo

L'elettronica richiede e manipola basse quantità di energia e questo è certamente uno dei suoi punti forti; l'efficienza di prestazione, ossia il rapporto tra le prestazioni e l'energia spesa per ottenerle è andato crescendo esponenzialmente nel tempo, unitamente alla diminuzione di prezzo. Le valvole sono state soppiantate dai transistor, che sono oggetti non più sotto vuoto e quindi assai meno bisognosi di spazio. La miniaturizzazione ha proceduto con rapidità, dando esistenza ai “circuiti integrati” o “chip”, e spingendosi sempre più in avanti nella densità, che ormai supera vari milioni di transistor per millimetro quadrato e pare sempre in crescita.

Prima di continuare a parlarne è meglio però familiarizzarsi un po' con i segnali elettrici, oggetti tanto misteriosi quanto basilari.

Segnali elettrici

Un segnale elettrico è una porzione di energia elettrica variabile, nel tempo e/o nello spazio, cui viene attribuito un significato in qualche contesto. Un esempio classico di segnale elettrico, che è poi uno dei più diffusi, è una tensione che varia nel tempo con legge sinusoidale; possiede quindi una frequenza e un'ampiezza massima (cioè il picco della sinusoide). I due parametri frequenza e ampiezza (sottinteso “massima”) bastano a caratterizzare completamente una sinusoide. Una tensione variabile emessa da un generatore di tensione elettrica, può viaggiare e quindi raggiungere un destinatario, designato in precedenza, e “segnalare” un qualcosa con la sua presenza o assenza. Il che potrebbe

sembrare un po' poco: ma un segnale sinusoidale ha anche altre possibilità.

Segnali informativi

Importante è richiamare l'attenzione sul concetto di “variazione”: segnali e significati non potrebbero esistere se qualche aspetto dell'energia in gioco non potesse essere variato. Qualsiasi processo di significazione avviene infatti attraverso entità ben distinguibili le une dalle altre (in generale, “simboli”). In un segnale elettrico, l'elemento che può essere variato è la forma, ossia il suo andamento nel tempo e/o nello spazio. Poiché non ci occupiamo di segnali che si propagano a distanze maggiori di quelle percorribili in un caseggiato, o un teatro, o un auditorium (la musica elettronica si svolge per lo più in ambienti che non superano quelle dimensioni), per noi i segnali saranno variabili solo nel tempo. Infatti la velocità di propagazione della corrente elettrica, praticamente uguale a quella della luce, può essere considerata infinita. La più semplice variazione nel tempo di un segnale è forse quella che abbiamo descritto sopra e cioè la presenza-assenza: ampiezza non nulla oppure nulla.

Fin qui l'elettronica non è entrata ancora in campo. Alcuni segnali elettrici possono essere creati senza l'elettronica, bastando l'elettrotecnica. Il problema è che con la sola elettrotecnica il loro uso rimane estremamente limitato. L'elettronica ha consentito invece di generare segnali di qualsiasi tipo e di manipolarli a volontà,

cambiandone la forma per adattarli alle esigenze che sono via via emerse dalla sua invenzione in poi. Si sono aperte possibilità immense per gli usi più disparati.

Daremo adesso uno sguardo a qualche procedimento fondamentale nell'uso dei segnali elettrici che l'elettronica ha reso possibile.

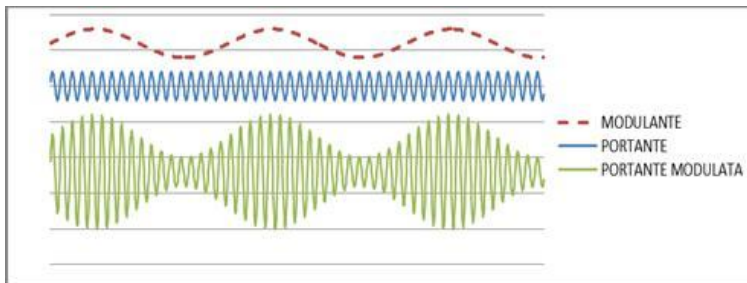
Modulazione

Tramite particolari dispositivi elettronici, è possibile variare con continuità l'ampiezza massima o la frequenza di un segnale sinusoidale di partenza. Questa variazione viene governata da un altro segnale, ad esempio la tensione elettrica prodotta da un microfono, tensione che a sua volta segue l'andamento del segnale acustico raccolto: voce, rumore, suono, musica.

Il segnale sinusoidale di partenza viene detto “la portante” (*carrier* in inglese) mentre la tensione elettrica prodotta dal microfono è detto “segnale modulante” o soltanto “la modulante”, perché la variazione di qualche caratteristica della portante tramite un altro segnale è detta modulazione.

Concentriamoci sulla variazione (modulazione) dell'ampiezza della portante, la quale portante deve avere frequenza sufficientemente alta, in modo che i picchi siano fitti e riescano a seguire fedelmente l'andamento della voce. Nella *Figura* è rappresentato il risultato di una modulazione di ampiezza, nell'ipotesi che anche la modulante sia una sinusoidale: si vede chiaramente come l'ampiezza massima della portante segue

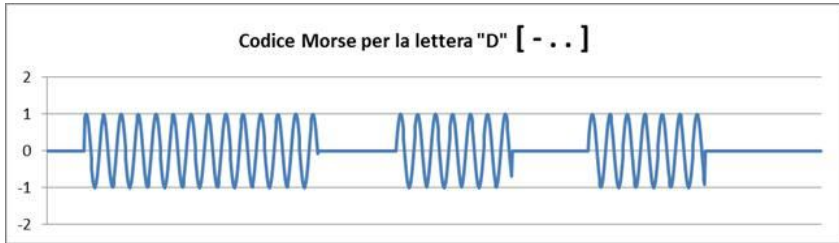
l'andamento della modulante. Alla ricezione, tramite appositi circuiti, la modulante viene ricostruita, amplificata e resa ascoltabile. Il segnale informativo è la modulante: la portante, quando viene modulata, contiene anche le informazioni contenute nella modulante.



Modulazione d'ampiezza di una portante sinusoidale

Un altro esempio di costruzione di un segnale informativo si ha con le due informazioni “punto” e “linea” dell'alfabeto Morse per il telegrafo: esse possono essere trasmesse con una portante sinusoidale modulata, in cui la modulante è semplicemente un interruttore che produce presenza e assenza della portante con le durate corrispondenti. Il ricevitore deve essere quindi in grado di distinguere le due durate per attribuire loro il giusto significato e tradurle eventualmente nei segni grafici dei caratteri tipografici. Un segnale siffatto è un segnale “discreto”, poiché ha solo tre “stati”: assenza, presenza punto e presenza linea; il segnale fonico che esce da un microfono è invece “continuo” perché segue da vicino

l'andamento della voce o di qualsiasi fenomeno acustico in grado di muovere la membrana del microfono.



Modulazione in durata di una portante sinusoidale per trasmettere in Morse. Esempio lettera "D"

Da quanto sommariamente detto, si può ricavare che il processo di modulazione è da associare al processo di codifica dell'informazione. O per meglio dire la modulazione è un modo per “tradurre” in modo elettrico una codifica preesistente, come l'alfabeto Morse, in cui l'associazione tra caratteri tipografici (lettere e numeri) e sequenza di punti e linee è stata intelligentemente fatta seguendo un criterio statistico, per il quale le sequenze punto linea più lunghe sono state associate ai caratteri tipografici meno frequenti (nella lingua inglese), così da ottimizzare il numero di segnali trasmessi. Qui sopra abbiamo visto un esempio di come i punti e le linee vengono “tradotti” in modulazione della durata di una portante sinusoidale. Esistono tuttavia numerosissimi tipi di modulazione, adatti alle varie funzionalità ed esigenze: qui abbiamo fatto solo due semplicissimi esempi di

modulazioni usate nei primordi dell'elettronica. Anche se la complessità è aumentata a dismisura, i principi ispiratori di base sono rimasti gli stessi.

Un processo di codifica (e naturalmente di decodifica) non riguarda necessariamente un'informazione da trasmettere. Poiché nel presente contesto un codice è da intendere come associazione-corrispondenza tra simboli di “alfabeti” diversi, la codifica può essere eseguita ovunque si dimostri conveniente. Possono esserci magari dei motivi puramente tecnici che consigliano di codificare un segnale in un altro segnale, purché il processo garantisca la possibilità di un'adeguata decodifica; questo capita spesso e ormai la maggior parte di noi si è familiarizzata con termini quali “decoder” utilizzati correntemente nel mondo della televisione.

Trasporto dei segnali a distanza

I segnali elettrici possono viaggiare sui cavi metallici o, come G. Marconi dimostrò nella pratica ma come la teoria già prevedeva, anche nello spazio libero: in questo caso si parla di “radio”, come se le onde elettromagnetiche fossero simili (e in effetti sono della stessa natura) alla luce, che a volte si manifesta con “raggi”. D'altra parte, una volta che si è capito che la luce è energia elettromagnetica, è evidente che viaggia nello spazio libero; essa non è però composta di elettroni ma di *fotoni*, che a differenza degli elettroni non hanno massa: sono piccolissime quantità di energia pura.

La modulazione di una portante può essere usata anche per trasmettere un segnale via radio a distanze anche grandi. Per capire come ciò avviene è necessario considerare una proprietà fondamentale dell'elettromagnetismo: una variazione nel tempo della carica elettrica si propaga nello spazio circostante come “campo elettromagnetico”. La carica elettrica può venire creata da una “sorgente” di energia, ad esempio un generatore di tensione elettrica, magari variabile nel tempo. Se la sorgente “si affaccia” nello spazio libero con filo metallico (“antenna”), tutto intorno si propagheranno onde di energia elettromagnetica che seguono le variazioni della sorgente. Allontanandosi le onde si attenuano; ma se rimangono di ampiezza sufficiente a non confondersi con il rumore di fondo, possono essere “cattate” da un'antenna ricevente e, dopo la necessaria amplificazione, produrre nel ricevitore lo stesso segnale di partenza.

Qui entra in ballo però un altro fattore che influisce sulla possibilità di trasmettere, ed è la frequenza dell'onda, o, in modo esattamente corrispondente, la lunghezza d'onda. Quest'ultima è lo spazio che impiega un'onda sinusoidale a compiere un'oscillazione completa, spazio che è uguale alla velocità di propagazione (la stessa della luce = 300.000.000 metri al secondo) diviso per la frequenza. Le frequenze udibili vanno da 20 a 20.000 Hz; la lunghezza d'onda, poniamo, a 1.000 Hz è 300 km: poiché l'antenna trasmittente deve essere dello stesso ordine di grandezza della lunghezza dell'onda da trasmettere, è chiaro che senza qualche artificio la trasmissione non è praticabile. L'artificio

che si usa è proprio la modulazione: modulando una portante che ha frequenza ad esempio di 100.000.000 Hz (o 100 Megahertz) l'antenna dovrà avere dimensioni dell'ordine di 3 metri, quindi perfettamente praticabile. Il ricevitore dovrà poi “demodulare” l'onda ricevuta per estrarne il segnale informativo. Nella trasmissione via cavo il problema delle dimensioni dell'antenna non c'è, semplicemente perché non è richiesta l'antenna!

I segnali elettrici sono quindi gli strumenti fisici adatti a contenere e a trasportare informazioni di qualsiasi tipo. Prima dell'elettronica, alcuni segnali elettrici erano producibili ma potevano avere solo un uso limitato perché non si poteva amplificarli. Se si volevano trasmettere, bisognava produrli già abbastanza forti in partenza, perché nel percorso lungo i fili o nello spazio aperto, inevitabilmente, si attenuano. Certo, se i segnali erano quelli della telegrafia, composti di sequenze di impulsi brevi, la cosa era un po' più facile. Con il telefono la produzione dei segnali elettrici originati dalla voce era affidata al solo microfono e la potenza che esso poteva produrre era comunque piuttosto bassa. Di conseguenza le distanze raggiungibili erano assai limitate e spesso bisognava urlare per farsi sentire.

L'invenzione del triodo, che per fortuna avvenne entro pochi anni dalla nascita dei primi trasduttori, fece cambiare radicalmente la situazione, dando uno stimolo notevole al progresso delle comunicazioni elettriche che rapidamente raggiunse livelli impensabili. Fu possibile amplificare i segnali telefonici che provenivano dal microfono e ciò consentì loro di

raggiungere distanze di centinaia di km. Si riuscì anche a costruire altoparlanti e a superare così la limitazione dell'auricolare; utilizzando la forza elettromagnetica i segnali amplificati potevano muovere una membrana di carta piuttosto grande: voci e suoni diventavano udibili in una stanza e poi in ambienti sempre più ampi, fino allo spazio aperto.

Oltre al telefono, che è un sistema di comunicazione bidirezionale, perché entrambi gli interlocutori devono parlare e ascoltare, si pensò a una comunicazione radio unidirezionale cioè di tipo *broadcasting*, diretta a un grande numero di ascoltatori sparsi in un territorio vasto, con lo scopo di informare su temi di interesse generale e di intrattenere, anche con musica. Nel 1920 ebbero inizio negli USA le prime trasmissioni radiofoniche: bastava che in casa ci fosse un radioricevitore e si potevano ascoltare parole e musica da varie stazioni trasmettenti.

Rappresentazione dei segnali: tempo e frequenza

Per studiare, progettare, realizzare e manipolare i segnali elettrici e gli strumenti che servono a usarli occorre molta matematica con la quale costruirne adeguati modelli e studiarne i comportamenti. Questo non vale per l'utente finale medio, che deve poter beneficiare dell'uso dei segnali nel modo più semplice possibile. Anche oggi, per chiamare dal mio telefonino non sono tenuto a conoscere la frequenza su cui hanno luogo le trasmissioni. La devo conoscere, invece, per sintonizzarmi su una stazione trasmittente, se la mia radio non dispone di un display dove compare il nome della stazione. La devo conoscere unicamente come un

numero simbolico, utile a identificare la stazione trasmittente; non devo necessariamente sapere il significato del termine “frequenza” riferito alle radiotrasmissioni.

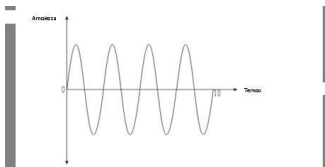
Per un compositore di musica elettronica non è così: egli è tenuto a sapere cosa significa “frequenza”. Ed è tenuto a saperlo anche chi vuole capire come la musica elettronica viene costruita...

Bisogna quindi affrontare il tema della rappresentazione dei segnali, che viene attuata principalmente in due modalità, dette “nel dominio del tempo” e “nel dominio della frequenza”. Queste modalità non sono certo le uniche, ma sono ad oggi sicuramente le principali ed è istruttivo dar loro uno sguardo.

“Nel dominio del tempo”

Con questa dizione si intende la descrizione di un segnale come suo andamento nel tempo. O per meglio dire la descrizione di come varia una grandezza fisica legata al segnale, per esempio il valore della tensione elettrica, istante per istante. Descrizione che potrebbe essere fatta tramite un grafico con due assi cartesiani, quello orizzontale per il tempo e quello verticale per il valore della tensione o sua “ampiezza”. Oppure si potrebbe fare una tabella con gli istanti di tempo e i relativi valori dell'ampiezza: ma quante coppie di valori istante-ampiezza bisognerebbe trascrivere? Forse un numero elevatissimo. Insomma, se non si tratta di casi molto semplici o se non è un computer a produrla (cosa che ai nostri giorni è facilmente ottenibile), questa

rappresentazione si rivela spesso insufficiente. Tuttavia non possiamo rinunciarci del tutto, perché è quella più intuitiva e a volte più espressiva.



*Rappresentazione di una sinusoida
nel dominio del tempo*

Per operare in modo più pratico si è visto che un'altra modalità, illustrata di seguito, era molto più comoda.

“Nel dominio della frequenza”

Nel '700 si era scoperto che una corda di uno strumento musicale, quando veniva pizzicata, vibrava in tanti “modi” diversi ma sovrapposti. Accadeva infatti che nell'onda acustica prodotta dalla vibrazione, tipica dello strumento, si potevano isolare suoni singoli toccando la corda in certi punti e con certi accorgimenti. La loro altezza corrispondeva a quella dei suoni che Pitagora aveva trovato dividendo una corda in proporzioni di numeri interi piccoli. Si erano scoperti cioè gli “armonici naturali”. Il suono è composto dunque da una sovrapposizione di suoni “elementari” di varia altezza; ma per definire questo fenomeno in senso quantitativo è necessario ricorrere a un po' di matematica. Il suono, come fenomeno fisico, può essere descritto come una *funzione* del tempo, come abbiamo implicitamente detto poco sopra a proposito della

rappresentazione nel dominio del tempo. Il tempo viene riportato sull'asse orizzontale e sull'asse verticale si riporta l'ampiezza. Nel 1828 il matematico J.B. Fourier trovò che una funzione periodica, che cioè si ripete uguale a se stessa a intervalli regolari, come l'oscillazione che rappresenta un suono, poteva essere scomposta in una somma di funzioni sinusoidali, ognuna delle quali è detta “modo”. Se la funzione di partenza, che può avere una forma qualsiasi, si ripete periodicamente con frequenza F , allora sarà equivalente alla somma di un numero infinito di modi, cioè di sinusoidi, la prima delle quali abbia frequenza F (la stessa dell'oscillazione di partenza), la seconda abbia frequenza doppia ($2F$), la terza tripla ($3F$), etc. La sinusoida a frequenza F si chiama “primo armonico” o “fondamentale”, quella a frequenza $2F$ “secondo armonico” e così via. Le sinusoidi sono caratterizzate dalla frequenza ma anche dall'ampiezza massima, che svolge un ruolo fondamentale perché ad essa è legata la potenza dell'onda.

La cosa vale per qualsiasi onda complessa, che quindi sarà rappresentabile con una propria somma di infinite sinusoidi, la cui frequenza segue la regola appena detta ma la cui ampiezza assume un valore tale che la suddetta somma dia come risultato un'onda uguale a quella di partenza e solo a quella. In altre parole, occorre una “ricetta” che dica quanto è grande l'ampiezza di ciascun “ingrediente” cioè ciascuna sinusoida “componente”. La ricetta dovrebbe contenere infiniti valori perché infinito è il numero delle sinusoidi. In pratica però da una certa frequenza in poi l'ampiezza delle sinusoidi componenti diminuisce

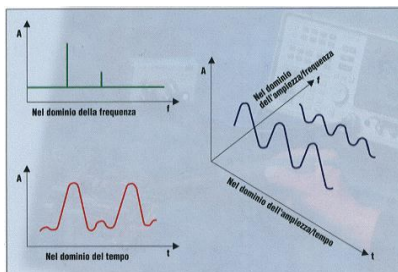
a livelli trascurabili rispetto a quelli iniziali; il che è come dire che la potenza dell'onda è concentrata tutta sulle prime sinusoidi, ossia i primi armonici. Si rappresenta l'onda di partenza mettendo sull'asse orizzontale la frequenza e nell'asse verticale l'ampiezza; poiché le frequenze sono solo quelle corrispondenti alla moltiplicazione della fondamentale per numeri interi crescenti, si ottiene un grafico a righe verticali, in cui ogni riga è alta quanto l'ampiezza massima della sinusoide corrispondente. Questo grafico viene detto “spettro a righe”. Naturalmente ci si ferma alle righe che hanno un'altezza significativa.

Questa è dunque, detta in modo un po' grossolano, la rappresentazione di un'onda nel “dominio della frequenza”

La differenza tra la massima frequenza che ha associata un'ampiezza ancora significativa e la frequenza fondamentale viene detta *banda di frequenza del segnale*. Per esempio se un segnale periodico ha la fondamentale a 100 Hz e l'ultimo armonico significativo è il nono (900 Hz), la banda di questo segnale è 800 Hz. Più il periodo dell'onda è lungo più la sua frequenza fondamentale è bassa (periodo e frequenza sono l'uno l'inverso dell'altra), più le righe diventano ravvicinate, finché, se il periodo si allunga a dismisura fino all'infinito, lo spettro non è più a righe ma è continuo. Un periodo “infinito” equivale a un non periodo. Ne segue che se un segnale non è periodico ma è casuale (come quello della voce che parla), lo spettro è continuo; ma la banda è sempre definita allo stesso modo.

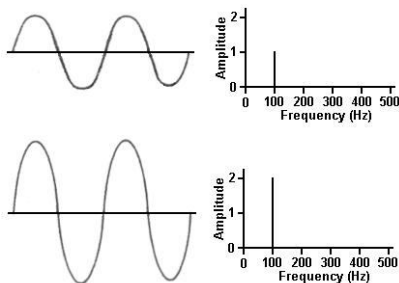
La rappresentazione in frequenza è molto usata perché semplifica molto i

calcoli e le operazioni sui segnali; il concetto di “banda di frequenza” è fondamentale anche per la musica elettronica, perciò è bene tenerne il dovuto conto.

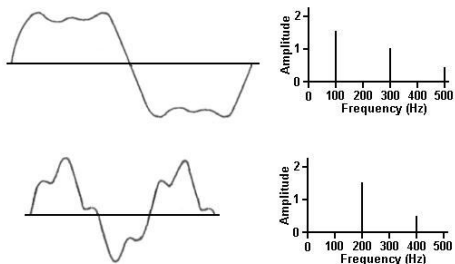


I due grafici “Nel dominio del tempo” e “Nel dominio della frequenza” si possono pensare ricavati dal grafico a sinistra, in tre dimensioni (A, f, t) che mostra il fenomeno nel suo insieme. L'onda del grafico “Nel dominio del tempo” è ottenuta come somma sul piano (A, t) delle due onde (a frequenza una doppia dell'altra) presenti nel grafico. Le righe dello spettro di frequenza si ottengono proiettando le due onde sul piano (A, f).

Se le due onde riportate in Fig. hanno frequenza rispettivamente $F1$ e $F2$, la banda di frequenza dell'onda somma delle due è $F2-F1$.



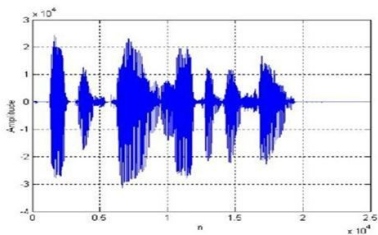
Sinusoida nel dominio del tempo e della frequenza. La sinusoide inferiore ha la stessa frequenza di quella superiore ma ha ampiezza doppia.



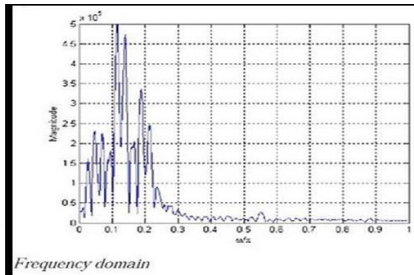
Due onde più complesse viste nel tempo e nel dominio della frequenza. La prima è la somma di 3 sinusoidi a frequenza 100, 300, 500 Hz. La seconda è la somma di 2 sinusoidi a frequenza 200, 400 Hz.

Più il periodo dell'onda è lungo più la sua frequenza fondamentale è bassa (periodo e frequenza sono l'uno l'inverso dell'altra), più le righe diventano ravvicinate, finché, se il periodo si allunga a dismisura fino all'infinito, lo spettro non è più a righe ma è continuo. Ossia se un segnale non è periodico ma è casuale (come quello della voce che parla), lo spettro è continuo; ma la banda è sempre definita allo stesso modo.

La figura alla pagina seguente mostra a sinistra una forma d'onda relativa ad alcune parole pronunciate, a destra la relativa rappresentazione nel dominio della frequenza o “spettro”.



Speech signal



Frequency domain

Forma d'onda della successione di alcune parole e relativo spettro di frequenza

Come si vede le componenti di frequenza sono più intense tra 100 e 150 Hz, ciò che fa pensare a una voce maschile.

La rappresentazione nel dominio del tempo non è molto espressiva: con essa, il rumore bianco non è distinguibile dall'esecuzione di un brano sinfonico o da un dibattito verbale in cui non ci sono pause. Con la rappresentazione nel dominio della frequenza si hanno informazioni in più, ma bisogna tenere presente che, quando il segnale non è periodico, questa rappresentazione è una media e quindi la sua efficacia è più circoscritta.

Canali di trasmissione

Un canale di trasmissione è caratterizzato da un supporto fisico (ad esempio una coppia di fili metallici) e da una certa capacità di veicolare segnali compresi in una cosiddetta *banda* di frequenza, detta *banda del canale*, i cui estremi siano disposti “ai lati” della portante: se questa ha la frequenza di, poniamo, 1.000 KHz (kilohertz), e la banda è di 100 KHz (kilohertz) significa che il canale è in grado di far transitare segnali a frequenza compresa tra 950 e 1.050 KHz. Mentre nella trasmissione su filo i canali si possono separare fisicamente utilizzando coppie di fili diverse, nella trasmissione in spazio libero questo è possibile solo in casi particolari, in cui si riesce a concentrare il fascio di onde in un cono ristretto, puntato verso il ricevitore corrispondente, attuando un “ponte radio”. Se la separazione spaziale non è possibile oppure non è desiderabile, come nel caso di canali radio e televisivi che sono di tipo broadcasting, la separazione può essere solo elettrica; essa verrà attuata basandosi sulle frequenze delle portanti, sulle quali il ricevitore si sintonizzerà scegliendone una tra tante ed estraendo dal canale solo i segnali informativi, audio e video.

I canali telefonici non sono broadcasting e fino a poco tempo fa necessitavano di separazione fisica, almeno nella parte terminale dell'utente. Infatti il nostro territorio è cosparso di cavi telefonici che pongono non pochi problemi di gestione. Negli ultimi anni lo sviluppo della telefonia cellulare ha imposto di superare la necessità della separazione fisica, che resta solo appannaggio delle stazioni trasmettenti,

delegando la privacy dei collegamenti solo alla separazione elettrica.
Affinché un segnale possa transitare in un canale senza essere alterato, è necessario che la banda di quel canale sia uguale o maggiore alla banda di quel segnale.

Il canale di trasmissione è da intendere in senso del tutto generale: esso può consistere in una linea metallica di centinaia di km, un filo di un millimetro, un circuito interno a un amplificatore, un amplificatore, un filtro, etc.

Ancora il decibel

Quando si misurano le ampiezze dei segnali si trova quasi sempre che sono espresse in decibel. Sono espressi così anche il guadagno di un amplificatore e l'attenuazione di un filtro o in generale di un canale. È un'unità di misura “relativa”, basata sul rapporto di due grandezze omogenee, ad esempio due tensioni o due potenze. Poiché in una catena di trasmissione un segnale può attraversare vari canali posti “in serie” ossia uno dopo l'altro, ogni canale porterà un suo contributo di guadagno o di attenuazione. Questa caratteristica si misura in *decibel* (abbreviato in *dB*). Ogni componente della catena di trasmissione darà il suo contributo in dB in più (guadagno) o in meno (attenuazione).

Allo stesso modo di quanto avviene in acustica, se un segnale dopo il passaggio in un canale è variato di +3 dB significa che ha acquistato potenza doppia di quella che aveva prima di entrare: il canale è quindi un “amplificatore”. Se la variazione tra uscita e ingresso è di +6 dB significa

che il segnale viene amplificato di 4 volte: ogni aumento di 3 dB corrisponde a un raddoppio di potenza. Se la variazione di potenza è -6 dB significa che il canale è un “attenuatore”: la potenza in uscita è $\frac{1}{4}$ di quella in ingresso. Il valore 0 dB indica che il segnale transita senza alterazioni di potenza.

Aumenti e diminuzioni nel segnale che transita in un canale saranno in generale diversi al variare della frequenza del segnale; bisogna quindi studiare e considerare, nella pratica, quella che viene comunemente chiamata “risposta in frequenza” di un canale.

Il decibel si è rivelato estremamente comodo come unità di misura, quindi viene usato estensivamente sia nelle comunicazioni elettriche sia in acustica. Bisogna tenere sempre presente che nasce come unità relativa, quindi come misura di una variazione rispetto a un qualsiasi valore. Nella pratica però accade che si prendano a riferimento “fisso” certi valori; in questo modo il dB diventa un'unità di misura assoluta. Ciò può portare inizialmente a una certa confusione e quindi occorre prestare molta attenzione.

La tecnologia elettronica

La tecnologia elettronica si sviluppò all'inizio intorno alle comunicazioni vocali (telefoniche), consentendo di operare su vari aspetti tecnici che ne riguardavano la produzione e fruizione; poiché tutte le comunicazioni sono supportate da segnali elettrici, di cui abbiamo parlato più sopra, su di essi vennero concentrati gli studi che portarono a sviluppare vari aspetti tecnici relativi al loro impiego. Ne percorriamo ora i principali, visto che sono comuni anche alla musica elettronica.

Amplificatori

Il primo aspetto fu quello dell'amplificazione. All'inizio il problema più immediato infatti era costituito dai trasduttori audio, cioè microfoni e auricolari o altoparlanti: i microfoni generavano una potenza troppo bassa mentre gli altoparlanti richiedevano una potenza abbastanza alta. Il triodo e altre valvole da esso derivate consentirono, insieme ad altri “componenti elettrici” (trasformatori, condensatori, induttori, resistori) di costruire percorsi (circuiti) di corrente che potessero far funzionare gli altoparlanti. Nacquero così gli “amplificatori”, apparecchi contenenti circuiti che forniscono in uscita segnali più potenti di quelli connessi al loro ingresso. Riferita al suono, l'amplificazione è uno dei trattamenti più semplici.

Oscillatori

Un altro aspetto fu la produzione di energia elettrica ondulatoria, a varie frequenze, secondo i requisiti del mezzo di trasmissione e dei segnali da trasmettere. Un generatore di energia elettrica oscillante è detto “oscillatore”. L'oscillazione generata può essere sinusoidale, o può avere altre forme, come quadra, triangolare, a impulso, etc. Le onde sinusoidali hanno vasti impieghi in elettronica, tra cui spicca l'uso come “portante”. Ogni portante ha una precisa frequenza e può così individuare un canale di trasmissione indipendente dagli altri, sul quale un ricevitore può sintonizzarsi.

Un impiego che ci riguarda da vicino è la generazione di suoni. Il suono è costituito da onde acustiche di frequenza udibile e di forma abbastanza o molto complessa. Se le onde vengono generate come energia elettrica, amplificate e inviate a un altoparlante, si ottengono dei suoni. *Questo è in fondo il cuore della musica elettronica.* La quale non può essere fruita senza un trasduttore finale, che in genere, ma non necessariamente, è un altoparlante.

Registratori

Un registratore è un apparato delegato a memorizzare i segnali elettrici di tipo audio, cioè provenienti da microfoni o da altri apparati. Non che non si possano registrare altri tipi di segnale, ma all'inizio l'esigenza era solo quella audio. La registrazione costituisce uno dei trattamenti fondamentali del suono.

I primi registratori erano a filo metallico. Il filo, di un metallo magnetizzabile come il ferro, veniva fatto scorrere dinanzi a una “testina” elettromagnetica. Il segnale che si voleva registrare provocava nella testina “di registrazione” un campo elettromagnetico proporzionale, il quale a sua volta provocava una proporzionale magnetizzazione del filo. Questa si conservava sul filo come memoria del segnale, il quale poteva essere riprodotto facendo scorrere di nuovo il filo davanti a una testina analoga ma “di lettura”. A causa di una legge fondamentale dell'elettromagnetismo, accennata nella prima parte, una forza magnetica in movimento produce una forza elettrica in un filo metallico e viceversa. La magnetizzazione del filo quindi induceva un segnale elettrico nel filo della testina, che poteva poi essere amplificato e ascoltato. I registratori successivi ebbero il filo sostituito da un nastro di materiale plastico su cui era depositata una vernice magnetica. Essi sono rimasti in uso fino a pochi anni fa, quando sono stati soppiantati da quelli che utilizzano memorie digitali.

I registratori a nastro, costruiti per la prima volta in Germania nel 1935, avevano raggiunto già negli anni '50 una notevole fedeltà di riproduzione e venivano impiegati soprattutto per registrare materiale musicale da trasferire su dischi di vinile o da trasmettere per radio. Dagli anni '60 cominciarono a diffondersi anche nel mercato consumer, specialmente quando vennero immesse nel mercato le pratiche “musicassette”.

Nei registratori “consumer” sul nastro erano presenti due canali, detti “piste” per realizzare il suono stereofonico; ciò era possibile perché la

pista, ossia la zona magnetizzata era di larghezza molto inferiore a quella del nastro. I registratori professionali avevano un numero molto maggiore di piste (anche fino a 24, con un nastro sufficientemente largo): questo consentiva di registrare separatamente le voci e i vari strumenti per poi operare un “montaggio” finale (mixaggio o *mixing*) da porre su un nastro cosiddetto “master”, generalmente a due piste, da utilizzare come sorgente per dischi o trasmissioni radio.

Filtri

Un filtro è un circuito che agisce sulle componenti frequenziali dei segnali che lo attraversano: a seconda del tipo, alcune bande di frequenza passano inalterate, altre vengono bloccate. Il filtro opera quindi una funzione selettiva sulla frequenza di un segnale. I tipi fondamentali di filtro sono “passa banda”, “elimina banda”, “passa basso” e “passa alto”. In un filtro viene indicata la banda passante (o quella arrestata) tramite frequenze di taglio cioè frequenze al di sopra/sotto delle quali ha inizio l'attenuazione del filtro. Quest'ultima viene definita in termini di “dB per ottava”, ossia di quanti dB viene attenuato il segnale quando la sua frequenza raddoppia.

Il filtro è per il suono uno dei trattamenti di eccellenza. Attraverso la filtratura si possono ottenere molte variazioni di timbro.

Modulatori

Abbiamo accennato alla modulazione di ampiezza più sopra. Esistono

però altri tipi di modulazione di un segnale. Per esempio in un segnale sinusoidale è possibile modulare, cioè variare, la frequenza ottenendo appunto la “modulazione di frequenza”. Se il segnale non è sinusoidale è possibile modulare qualche altra caratteristica. Ad esempio se è costituito da una successione di impulsi rettangolari, larghi ciascuno metà periodo, si può variare la larghezza dell'impulso in funzione della modulante, ottenendo una successione di impulsi la cui larghezza varia seguendo l'andamento temporale della modulante.

La modulazione provoca sempre un effetto sulla banda del segnale che viene modulato, in genere una portante. Se la portante è sinusoidale di frequenza F (in Hz) il suo spettro è costituito da una sola riga. Quando viene modulata, lo spettro della modulante viene “traslato” intorno alla portante, in modi semplici o anche in modi complessi. La modulazione è un trattamento molto utilizzato in musica elettronica per ottenere suoni nuovi ed effetti particolari.

Mixer

Un mixer è un “mescolatore” di segnali. Ma il termine potrebbe essere fuorviante: quando in cucina si mescolano diversi ingredienti talvolta si ottiene qualcosa i cui singoli ingredienti non sono più riconoscibili. Guai se questo accadesse con un mixer di segnali! Essi devono mantenere intatta la loro forma e la loro identità. Un mixer è quindi semplicemente un sommatore di segnali che provengono da canali diversi, ad esempio microfoni o segnali registrati, se si tratta di audio. Si vuole però che la

somma dei segnali sia “pesata”: deve essere possibile dosare a piacere l'intensità individuale di ciascun segnale in modo da ottenere il risultato desiderato in termini di bilanciamento delle varie intensità.

Il mixer è un apparecchio che ha un certo numero di canali di ingresso, cui collegare singole sorgenti (microfoni o altro) e un numero molto minore di canali in uscita, al minimo due, perché si vuole sempre avere lo stereo. Ciascun canale di ingresso è dotato di comando, in genere una manopola a scorrimento, che consente di attenuare o amplificare il segnale collegato (controllo di volume), ossia di attribuirgli un “peso” individuale. Spesso il canale d'ingresso dispone anche di filtri o altri trattamenti. Anche i canali di uscita, che contengono la somma dei canali in ingresso, possono essere amplificati o attenuati.

Il mixer è uno dei trattamenti fondamentali del mondo audio. Senza di esso non è possibile bilanciare né l'amplificazione né la registrazione di più suoni.

Il rumore e il rapporto Segnale/Rumore (S/N)

Se visualizziamo l'andamento nel dominio del tempo del cosiddetto “rumore bianco” ponendolo accanto al relativo spettro di frequenza si vedrà che ogni frequenza ha la stessa ampiezza e quindi lo spettro è continuo. Il rumore è detto “bianco” in analogia con la luce bianca, il cui spettro di frequenza è continuo. Il rumore è qualcosa di inevitabile nella tecnologia elettronica: lo si può solo ridurre o aggirare. Il motivo è nella natura stessa della materia. Un conduttore genera sempre del rumore

bianco di potenza proporzionale alla temperatura, quindi sarebbe nullo solo alla temperatura dello zero assoluto; questo rumore si chiama “rumore termico”. Ricordiamo per inciso che la temperatura è una misura legata alla velocità media delle molecole di un corpo. Nei circuiti elettronici si manifestano anche altri tipi di rumore tipici della tecnologia. Inoltre l'ambiente esterno è sede di campi elettromagnetici prodotti dalle sorgenti più svariate, che a loro volta inducono rumore nei circuiti. Tuttavia il rumore termico è quello che ha la maggiore rilevanza. L'andamento temporale del rumore è per definizione non periodico e anche l'ampiezza è variabile in modo casuale; essa è descrivibile solo con la sua distribuzione di probabilità. Il caso più comune, applicabile al rumore termico, è la distribuzione gaussiana, per la quale esiste un'ampiezza massima più probabile di tutte mentre per le altre la probabilità di occorrenza diminuisce rapidamente man mano che si discostano da quella massima. Si parla in questo caso di “rumore gaussiano bianco”.

L'argomento è uno di quelli cruciali nelle telecomunicazioni e naturalmente è fondamentale anche per la musica elettronica. Un problema che ha sempre dovuto fronteggiare è stato quello delle registrazioni successive su nastro magnetico, il quale possiede un rumore intrinseco “granulare”: ad ogni nuova registrazione del materiale si aggiunge nuovo rumore di fondo.

Poiché il rumore non è eliminabile, ciò che interessa è il rapporto tra la potenza del segnale e la potenza del rumore, in inglese “Signal to Noise

Ratio” o S/N. Maggiore è tale rapporto, maggiore è la qualità dell'informazione, nel nostro caso costituita da suoni. Tale parametro è di estrema importanza nelle telecomunicazioni analogiche e lo è anche per i sistemi audio, in cui è evidente che il rumore deve essere il più basso possibile. Anche qui, è il rapporto S/N che prende rilievo, perché l'orecchio umano, per quanto estremamente sensibile e dotato di una gamma dinamica estremamente ampia (almeno 120 dB) presenta il fenomeno percettivo detto “mascheramento”: stimoli acustici (suoni o rumori) di alta intensità tendono a coprire (“mascherare”) stimoli di bassa intensità.

Ogni canale di trasmissione e quindi apparecchiatura analogica che lascia transitare un segnale è caratterizzata tra l'altro dalla quantità di rumore che genera di per sé ed è indicato in dB; oppure viene indicato lo S/N massimo che l'apparecchiatura è in grado di garantire in uscita. La tecnologia digitale ha portato notevoli miglioramenti anche nella lotta al rumore. Ricordiamo che “canale di trasmissione” ha un'accezione molto ampia, che in elettronica include anche gli amplificatori e le apparecchiature di trattamento del segnale sonoro.

Cenni di storia della musica elettronica

Fin qui siamo rimasti nell'ambito dell'elettronica cosiddetta “analogica”, in cui i segnali variano in ampiezza con continuità. Per quello che riguarda l'ambito musicale, questo tipo di elettronica rimane in primo piano fino agli anni '80, anche se l'elettronica digitale, nata con i primi calcolatori negli anni '50, aveva cominciato a svolgere un certo ruolo come “organizzazione” tramite linguaggi di programmazione che agivano su particolari sintetizzatori (vedi oltre).

Anche a causa della poca disponibilità di mezzi (i computer e gli apparati digitali in genere erano all'inizio estremamente costosi) il lavoro dei primi musicisti “elettronici” si svolgeva sostanzialmente a mano, utilizzando pochi strumenti. La tecnica fondamentale consisteva nel generare suoni tramite oscillatori di onde sinusoidali (o di altre forme d'onda, quali quadra e triangolare), nel trattarli con apparati quali modulatori e filtri e registrarli su nastro. Oltre che oscillatori, le sorgenti sonore potevano anche essere suoni e rumori di ogni tipo, presi dal vivo con microfoni oppure registrati in precedenza. Pierre Schaeffer teorizzò negli anni '50 la cosiddetta *Musique concrète*, ottenuta utilizzando come fonte sonora suoni e rumori prodotti da oggetti vari nell'ambiente; in questo modo si intendeva forse reagire all'invasione acustica del mondo quotidiano, notevolmente più forte che in passato a causa della crescente industrializzazione, offrendo la possibilità a fenomeni altrimenti solo fastidiosi di diventare fatti artistici. L'interesse per i rumori, non solo per i

suoni, era iniziato con il cinema da quando il sonoro era divenuto routine e aveva soppiantato il cinema muto. Del resto i precursori c'erano già stati proprio in Italia con i futuristi: l'"intona-rumori" del Russolo ne è un esempio famoso.

I musicisti elettronici si gettarono con entusiasmo nell'esplorazione dei nuovi mezzi e non sfuggirono a qualche "ubriacatura". Una delle più clamorose fu la convinzione, che a un certo punto si diffuse negli ambienti dei compositori, che fosse possibile produrre e riprodurre per via elettronica qualsiasi suono. Cosa di per sé non sbagliata, come ha poi dimostrato la tecnologia odierna, ma che a quei tempi era ben lontana da essere realizzabile. La relativa povertà di mezzi tecnici rendeva i brani "elettronici" tristemente molto simili tra loro; la tristezza e l'uniformità erano per lo più dovute all'eccessiva semplicità nella generazione dei suoni, che, rispetto a quelli degli strumenti meccanici tradizionali, si presentavano come rudimentali, troppo elementari. Tuttavia questo era uno dei prezzi da pagare per la ricerca. Solo grandi musicisti come Stockhausen e pochi altri riuscirono almeno in parte a superare questo ostacolo dimostrando che il mezzo elettronico aveva molte possibilità espressive e che valeva la pena di lavorarci per svilupparle.

Prime generazioni e trattamenti

La generazione del suono avveniva all'inizio attraverso l'impiego di oscillatori, tutti a valvole fino ai primi anni '70; proprio allora comparvero realizzazioni a transistor, che li resero molto più

maneggevoli e versatili. I comandi erano solo manuali e gli indicatori consistevano in indici ad ago, quindi assai poco precisi. Esistevano anche costosi misuratori dotati di valvole fluorescenti a forma di numero, che fornivano una misurazione abbastanza buona ma lenta (erano i primi circuiti digitali, impiegati al di fuori dei computer propriamente detti).

I trattamenti principali riguardavano soprattutto i filtraggi e le modulazioni; i limiti tecnologici di quei tempi costringevano a eseguire molti passaggi di registrazioni ripetute, con lo svantaggio che a ogni passaggio veniva aggiunto inevitabilmente il rumore di fondo del nastro magnetico.

Quando diventarono disponibili circuiti controllabili non più dalle sole manopole, ma anche da una tensione esterna, si verificò un salto notevole nella capacità di generare suoni più complessi. Ad esempio era possibile controllare la frequenza di un oscillatore tramite una tensione applicata dall'esterno (VCO = Voltage Controlled Oscillator). Si poteva ottenere facilmente una modulazione di frequenza applicando un qualsiasi segnale modulante, o una modulazione di ampiezza con un VCA (Voltage Controlled Amplifier).

Filtraggio ed equalizzazione

Attenuando o esaltando certe bande di frequenza si ottiene un certo cambiamento timbrico. Un “equalizzatore” è un insieme di filtri passa banda che serve a compensare, entro certi limiti, le attenuazioni o le esaltazioni che l'ambiente provoca a certe frequenze ma può essere usato

anche per variare un timbro.

Furono realizzati anche filtri passa banda controllabili in frequenza centrale e larghezza di banda.

Il sintetizzatore

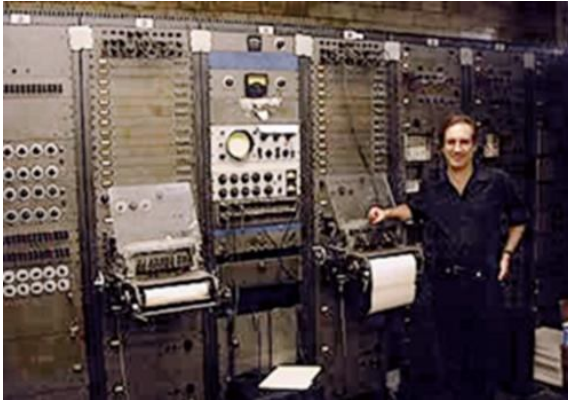
Gli americani hanno cominciato a usare il computer già nel 1958 nei laboratori Bell e la musica elettronica fu chiamata “computer music”: si cominciò allora anche a scrivere programmi per la generazione e l'aggregazione dei suoni, tra i quali *Music V*. Seguirono le università Columbia e Princeton, che dettero vita al primo sintetizzatore programmabile chiamato *RCA Mark II Sound Synthesizer*.

Il sintetizzatore è un insieme di blocchi funzionali che permettono la generazione di suono elettronico e alcuni suoi trattamenti.

In generale è composto di:

- Oscillatori sinusoidali e con altre forme d'onda, a frequenza udibile.
- Generatore di rumore bianco.
- Modulatori di ampiezza e di frequenza (amplificatori e oscillatori entrambi controllati in tensione: VCA e VCO).
- Filtri, talvolta “parametrici”, in cui una o più tensioni esterne potevano variare uno o più parametri, come frequenza di taglio e larghezza di banda.
- Generatori di involuppo (oscillatori a bassissima frequenza).
- Vari generatori di “effetti” (riverbero, eco, chorus, delay, etc).

Oltre ai sintetizzatori “grandi” situati nei centri di ricerca, spesso programmabili da computer, uscirono sul mercato vari sintetizzatori da studio di dimensioni e costi abbordabili da singoli o piccoli gruppi. Ricordiamo tra i principali: Moog, Minimoog, Arp, Prophet, Yamaha DX7, VCS3, PPG, Kurzweil.



*RCA Mark II
Sound Synthesizer*

Sequencer e composizione musicale

Si tratta di un sistema che consente di programmare (e memorizzare) una serie di segnali che controllano l'emissione di suono da uno o più generatori. I primi sequencer furono elettro-meccanici, ma dagli anni '60 in poi sono diventati elettronici, prima analogici e poi digitali.

Invece di registrare il suono, il sequencer registra i comandi che servono a generarlo. È il primo strumento che serve a comporre musica in formato

elettronico, in cui il compositore scrive qualcosa che corrisponde alle note musicali sulla partitura. Al posto delle note, che vengono interpretate e tradotte in suoni dall'esecutore attraverso uno strumento musicale, si scrivono (si memorizzano) dei comandi software che vengono interpretati e tradotti in suoni dai sintetizzatori (vedi interfaccia MIDI). Alcuni sintetizzatori integrano in sé uno o più sequencer. Il sequencer si presta bene a costruire un *loop*, cioè una sequenza di suoni che si ripete uguale a se stessa, quale una base ritmica tipica del pop e rock, con basso, batteria e eventualmente altri suoni. Il sequencer fu una scoperta anche per i gruppi pop e rock, che cominciarono ad usarlo estensivamente. Oggi il sequencer è integrato nella DAW (Digital Audio Workstation), che è solo software.

Altri trattamenti

Oltre a quelli accennati, sono stati pensati e realizzati altri trattamenti del suono, alcuni dei quali chiamati “effetti”, perché considerati in qualche modo secondari. Ne elenchiamo alcuni:

Compressione/espansione acustica, Distorsione, Eco e Riverbero, Vibrato, Pitch shifting, Chorus, Flanging e Phasing, Time stretching.

I primi centri di ricerca

In Europa hanno iniziato gli olandesi di Utrecht ma il centro di ricerca più importante è stato quello di Colonia, in Germania. Un luogo

“mitico” della prima musica elettronica è Darmstadt, città della Germania dalla quale prende nome la celebre “Scuola di Darmstadt”, fiorita negli anni '50 grazie a corsi estivi frequentati da quelli che diventarono i maggiori compositori e teorici della musica d'avanguardia di quei tempi, tra i quali ricordiamo Stockhausen, Adorno, Cage, Henze, Ligeti, Berio, Maderna, Nono, Messiaen, Xenakis, Varèse. Un altro centro di rilievo internazionale sorse negli anni '60 a Stoccolma, lo “Elektronik Musik Studio” di proprietà della Radio Svedese, dove chi scrive ebbe opportunità di lavorare tra il 1971 e il 1972. Lo Studio era dotato di un grosso sintetizzatore programmabile assai ben equipaggiato per i tempi, con annesso un computer di potenza più che adeguata e una console di comando interattiva disposta su un grande tavolo a U, che permetteva all'operatore interventi molto veloci.

In Italia furono attivi alcuni centri di ricerca. Uno era sorto nel 1969 presso il “CNUCE” (Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico) di Pisa guidato da Pietro Grossi: disponeva di un sintetizzatore digitale (Tau2-Taumus) a dodici voci interattivo, collegato ai grossi calcolatori del centro di calcolo. Un altro centro, dotato di mezzi limitati ma di idee avanzate e collegamenti con molti musicisti di avanguardia del tempo, era nel Conservatorio di Torino, per iniziativa di Enore Zaffiri, presso il quale chi scrive ebbe opportunità di effettuare ricerche dal 1967 al 1971, facendo acquistare il primo sintetizzatore VCS3 di Peter Zinoviev in Italia (un piccolo apparecchio a transistor, usato in seguito da molti gruppi pop e rock, a partire dai Pink Floyd). A

Milano sorse un centro di ricerca presso l'università e fu molto attivo lo Studio di Fonologia della Rai, presso il quale lavorarono Marino Zuccheri, Luciano Berio, Bruno Maderna, Luigi Nono. A Padova nacque un altro centro, tuttora molto attivo, così come il **SIM** di Roma e l'Istituto di Fisica di Napoli. Fra i primi sintetizzatori, il primo di dimensioni ridotte, sebbene ancora a valvole, fu il *Sinket* costruito nel 1963 a Roma da Paolo Ketoff, un ingegnere del suono che aveva frequentato a lungo i gloriosi Studi della RCA italiana. Nel 1977, annesso al Centre Pompidou, nacque a Parigi l'IRCAM (*Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*), che fin dall'inizio si costituì come il più importante centro di ricerca elettroacustica europeo.



*Il sintetizzatore Tau2-Taumus
del CNUCE nel 1969*

Procedimenti compositivi “nuovi”

Il procedimento “di composizione elettronica consisteva, nei tempi iniziali, e fino agli anni '70 inoltrati, nel preparare piccole parti di musica che successivamente venivano montate su nastro magnetico, come si

faceva con un film. Finché non furono disponibili apparecchiature che garantissero una certa precisione nell'individuare le durate, il montaggio delle varie parti di un pezzo avveniva tramite il taglia e incolla fisico del nastro; conoscendone infatti la velocità si calcolava a quanti secondi di durata corrispondesse una certa lunghezza di nastro. Era piuttosto facile realizzare una successione di suoni che si ripeteva sempre uguale utilizzando un pezzo di nastro chiuso su se stesso: da qui la dizione *loop* (= ad anello).

Il brano così composto veniva poi registrato su un altro nastro per costituire il “master”. Il nastro magnetico era, fino al digitale, il modo migliore per conservare l'informazione registrata: il suo livello di degrado, quando ben conservato, era piuttosto basso, il che ha consentito di poter godere di registrazioni ancora abbastanza fedeli dopo decine di anni.

Prima di procedere con il montaggio delle varie parti, il compositore stendeva un progetto del pezzo da realizzare e passava poi alle varie incisioni su nastro. Si trattava di un metodo sostanzialmente diverso da quello tradizionale: la memorizzazione non consiste in “comandi di esecuzione” come la notazione tradizionale sul pentagramma, ma coincide con la registrazione magnetica dei suoni. Con ciò sparisce anche l'esecutore, che viene a coincidere con il compositore. Inoltre la riproducibilità del brano viene affidata prevalentemente alla tecnologia elettromagnetica; anche se in teoria il progetto del pezzo dovrebbe o potrebbe fornire tutte le indicazioni per ricostruirlo, non è detto che

questo sia sempre possibile, né è detto che il progetto venga sempre reso disponibile. Da questo punto di vista, un brano di musica elettronica prodotto con apparecchiature “analogiche” è del tipo di un quadro o di una scultura, mentre uno di musica tradizionale è come una *pièce* teatrale, il cui testo contiene “comandi vocali” che gli attori “eseguono”. Soltanto la computer music, nei primi tempi disponibile solo nei grandi centri di ricerca, poteva essere “scritta” in modo simile a quello della musica tradizionale, ossia con “comandi” verso generatori di suono.

Elettronica digitale

Oggi tutto è “digitale” ma, a costo di essere troppo elementari, è bene tentare di spiegare l'origine e la natura di ciò che è legato a questo termine, contrapposti all'altro termine cruciale e cioè “analogico”: si tratta di due poli complementari, utili entrambi per rapportarsi alla realtà. Dopo una piccola premessa di ordine generale, dirigeremo la nostra attenzione verso gli aspetti che riguardano l'elettronica.

La contrapposizione tra “analogico” e “digitale” corrisponde a quella tra “continuo” e “discreto”, che a sua volta risale a tempi molto lontani. Ci limiteremo a semplici notazioni, partendo dall'osservazione che “digitale” viene dall'inglese “digit” che significa “cifra numerica”, a sua volta derivata dal latino “digitus”.

Democrito e il suo maestro Leucippo furono i primi a sostenere che la materia era composta di atomi, oggetti piccolissimi ma indivisibili; le

loro idee sono considerate da molti le basi della scienza moderna. Altri filosofi, quali Zenone, sostenevano la tesi del continuo, della divisione “ad infinitum”, nonostante i vari paradossi che emergevano (famoso quello di Achille e della tartaruga, risolto matematicamente solo nel XVI secolo con la somma delle serie infinite, alcune delle quali danno un risultato finito).

Senza andare nelle profondità della materia, è facile immaginare che la vita pratica ha sempre richiesto sia l'uso del “continuo” che quello del “discreto”, almeno nei processi di simbolizzazione. La scrittura, nata per rappresentare a fini di memoria sia il linguaggio parlato sia la numerazione e relativi calcoli, si è basata sul “discreto”: insieme di simboli convenzionali (alfabeto e poi cifre numeriche) e capacità di formarne delle aggregazioni significative (parole e numeri composti). Il disegno, la pittura e la scultura, sono tipicamente espressioni del “continuo”, dimostratisi importanti memorie per la vita sociale e per la storia. L'architettura è un misto di continuo (creazione di forme decorative) e di discreto (mattoni, pietre, etc.). Così è anche la meccanica, in cui il continuo per eccellenza è la ruota e in cui la ruota dentata costituisce un interessante punto di passaggio tra continuo e discreto.

Bene o male il mondo fisico in cui viviamo appare alla nostra esperienza come continuo o “analogico” e quindi sono molte le situazioni in cui il discreto viene convertito o “tradotto” in continuo e viceversa. Si pensi al cinema, fatto dal susseguirsi di numerosi fotogrammi che, a causa del fenomeno della persistenza

dell'immagine nella retina, diventa per noi un'immagine in movimento.

L'elettronica, sorta per amplificare, è nata come analogica. Per definizione, l'amplificatore è un oggetto perfettamente analogico, che deve cioè mantenere tutte le proporzioni invariate: amplificare un segnale significa *moltiplicarne* il valore punto per punto (o istante per istante) per un valore costante A . Quindi se il segnale di ingresso è S_{in} l'uscita dall'amplificatore è $S_{out} = A \times S_{in}$ dove S_{out} e S_{in} sono da intendersi *funzioni* del tempo.

A un certo punto a qualcuno è venuto in mente di usare l'elettronica per far funzionare un calcolatore nel discreto, cioè con i numeri. Il che è avvenuto verso la fine degli anni '30 del 1900. Fino ad allora i calcolatori numerici erano stati oggetti meccanici o elettromeccanici. L'idea di costruire un calcolatore programmabile in grado di eseguire non solo operazioni aritmetiche ma anche logiche era venuta al matematico inglese Charles Babbage, che nel 1837 ne pubblicò un progetto completo, mai realizzato per mancanza di fondi.

Prima di vedere come un calcolatore possa beneficiare dell'elettronica, occorre esaminare qualche principio di funzionamento. Intanto, si sa che per rappresentare un numero occorrono un supporto e un metodo.

Nel caso meccanico il supporto può essere una ruota dentata e il metodo un meccanismo che esegua le operazioni di base e le possa memorizzare in altre ruote dentate. E in effetti così funzionano le calcolatrici meccaniche (chissà perché nominate al femminile, in italiano!).

Nel caso elettronico, il supporto può essere un segnale elettrico, per cui

un numero può essere rappresentato da un livello di tensione (o di corrente) proporzionale al numero stesso. Ad esempio $1 = 1$ Volt, $2 = 2$ Volt, $3 = 3$ Volt, etc. mentre la memoria può essere realizzata, per ogni cifra del numero, con un livello di magnetizzazione proporzionale (ricordiamo che elettricità e magnetismo sono strettamente connessi). Ma una tale soluzione, per quanto concettualmente corretta, si rivela subito poco praticabile, soprattutto per motivi tecnologici: è molto difficile garantire la stabilità di tanti livelli diversi e quindi la loro individuazione univoca: l'affidabilità dei calcoli risulterebbe compromessa. Mentre il supporto elettrico si mostrava in sé promettente già a inizio '900 per molte applicazioni, fu quindi chiaro che bisognava trovare un metodo di rappresentazione fortemente affidabile. La via giusta fu individuata nell'aritmetica binaria, in cui i livelli elettrici richiesti erano solo due; essa fu inventata nel XVII secolo e poi dimenticata, fino a quando George Boole la riscoprì a metà '800 e riuscì ad estenderne l'uso anche alla logica. Le sue formulazioni, per merito del matematico americano Claude Shannon che negli anni '40 le ha riconosciute applicabili alle macchine, costituiscono a tutt'oggi la base dell'informatica.

Nonostante la mancanza di formalismi matematici, l'aritmetica binaria era già stata intuitivamente usata nei secoli passati in diverse macchine, soprattutto nei telai, la cui tessitura veniva programmata tramite schede perforate, le stesse che verranno poi impiegate nei computer fino agli anni '70 del '900.

Vediamo rapidamente in cosa consiste. La numerazione che comunemente usiamo è a base *decimale* e usa il metodo *posizionale*. Vale a dire che per esprimere i primi dieci numeri noi usiamo dieci simboli diversi, da 0 a 9, utilizzando una sola cifra; per continuare la numerazione utilizziamo una seconda cifra e attribuiamo un preciso significato alla *posizione* reciproca delle due cifre.

In realtà un numero può essere espresso in una base qualsiasi. La base 10, da ricondurre al numero delle dita delle mani, è quella che finora si è imposta nelle società cosiddette civilizzate ma nell'antichità erano in uso altre basi. Per esempio la base 5 (dita di una sola mano), oppure 20 (dita anche dei piedi, usata dai Maya) o 12 (mesi o lune). I Sumeri, grandi cultori dell'Astronomia, usavano la base 60, della quale ci rimane traccia nella misura degli angoli in gradi e del tempo in minuti e secondi.

Il sistema numerico binario, cioè in base 2, fondato sui soli simboli “0” e “1”, è quello usato nei computer, ormai capillarmente diffusi in vari campi dell'attività umana, tra i quali la musica elettronica. Il motivo di tale uso è squisitamente tecnico: in elettronica, se si esce dal “continuo” e si entra nel “discreto”, è molto più facile utilizzare due soli livelli (elettrici o magnetici) per rappresentare i numeri. Infatti due livelli di tensione elettrica si distinguono e si gestiscono molto meglio l'uno dall'altro rispetto a un numero maggiore di livelli: l'affidabilità dei calcoli è così elevatissima. Ma c'è anche un'altra importante ragione per usare l'aritmetica binaria ed è la sua “vicinanza” alla logica binaria, quella ratificata da Boole e rivelatasi di facile “traduzione” in circuiti elettrici ed

elettronici. Questa logica riprende quella aristotelica basata sui tre principi di identità, non contraddizione, terzo escluso. Inoltre la logica è binaria perché ogni proposizione può avere solo due valori di “verità”, vero e falso, ai quali è facile associare rispettivamente “1” e “0”. A partire da questo viene costruito il calcolo logico come risultato dell'aggregazione di proposizioni attraverso i cosiddetti “connettivi”, elementi che permettono vari tipi di aggregazione dette “operazioni”. I connettivi sono “e”, “o”, “non”, detti in pratica con i termini inglesi AND, OR, NOT.

È sempre da ricordare che tutti i calcoli logici e matematici si servono di una “memoria”, realizzata in via elettrica e/o magnetica e, all'esterno del computer, anche ottica, come tutti ben sappiamo perché usiamo CD e DVD di vario contenuto. La memoria permette di realizzare un computer che sia “programmabile”, ossia in grado di eseguire grandi quantità di operazioni successive, i cui comandi sono appunto memorizzati per costituire un “programma”, ossia una sequenza di dati che i circuiti del computer sono in grado di interpretare come “comandi di esecuzione” di una varietà di operazioni, i cui risultati vengono poi a loro volta memorizzati e utilizzati (eventualmente cancellati dopo l'uso).

Un computer (o calcolatore) è una macchina programmabile e (ormai da tempo) elettronica, fondata su logica e aritmetica binarie, composta di tre “blocchi” funzionali principali:

- un'unità di processo che svolge calcoli logici e aritmetici (CPU = Central Processing Unit);

- un'unità di memoria elettronica veloce (RAM = Random Access Memory);
- un insieme di interfacce di comunicazione da/verso l'esterno (I/O = Input/Output), composto di una serie variabile di “periferiche”: memoria elettromagnetica (Hard Disk) e ottica di grande capacità (memoria di massa), display, tastiera, stampanti, unità di rete, etc.

Il software, ossia l'insieme dei programmi, è conservato nella memoria di massa insieme ai dati (informazioni immesse dall'esterno e/o risultato di elaborazioni) ed è copiato nella RAM quando viene usato. Chiaramente l'argomento è molto vasto e qui abbiamo cercato di darne solo un'idea, tenendo conto anche del fatto che il computer è ormai entrato nell'uso quotidiano ed è diventato un oggetto familiare per un numero sempre maggiore di persone.

Campionamento e conversione A/D – D/A

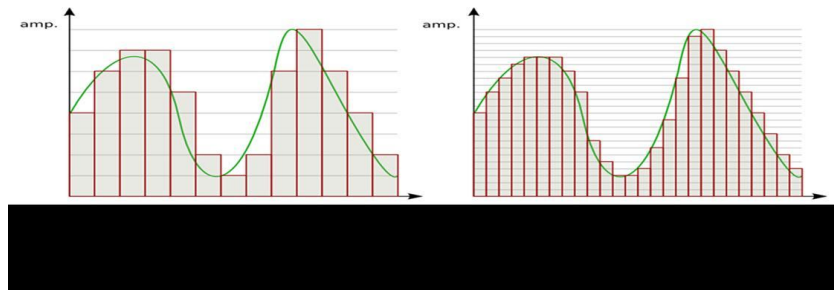
Ora dobbiamo tornare al concetto di rappresentazione e vedere come è possibile applicarlo ai segnali elettrici continui, in modo da poterli trattare attraverso un computer. Il punto cruciale è il passaggio da continuo a discreto, che non deve comportare perdite di nessun tipo. Si tratta in rappresentare un segnale acustico nel tempo **non più come segnale “analogico”, cioè una tensione elettrica proporzionale, istante per istante, all'intensità sonora, ma come una sequenza di numeri che descrivano con precisione il segnale stesso.**

A tal fine occorrono due operazioni, in pratica quasi contemporanee, chiamate “campionamento” e “misura” ed effettuate da un circuito “convertitore”. Bisogna cioè scegliere una successione regolare di istanti temporali e in ogni istante memorizzare temporaneamente il valore dell'ampiezza del segnale, ossia di un suo “campione” (in inglese “sample”). Perché memorizzarlo? Solo per poterlo misurare, cioè associargli un numero proporzionale alla sua ampiezza. Per esempio, se scegliessi una cadenza (detta “sample rate”) di 1.000 campioni al secondo, significa che in 10 secondi avrei una sequenza di 10.000 numeri che rappresenta il mio segnale in quei 10 secondi. La sequenza dei campioni del segnale (“segnale campionato”) non è ovviamente uguale al segnale continuo originario, ma se i campioni sono abbastanza fitti lo approssima abbastanza. La sequenza di numeri associata ai campioni è quindi un “segnale digitale” o “numerico”, cioè espresso in numeri, che approssima il segnale analogico di origine. Si è operata così una conversione da segnale analogico (quello di origine) a segnale digitale, o conversione A/D (*Figura*).

Per riottenere il segnale di partenza, o meglio una sua approssimazione, occorre dare in pasto ad un apposito circuito “convertitore” inverso la sequenza di numeri che rappresenta il segnale digitale; il convertitore, chiamato “convertitore D/A”, è in grado di ricostruire ciascun campione successivo, generando una tensione proporzionale al numero che lo rappresenta. È così possibile ricostruire un segnale molto simile a quello originario. Naturalmente la ricostruzione sarà tanto più precisa quanto

più la misura dei campioni sarà stata precisa. Nel sistema decimale, la precisione di un numero è legata alla quantità di cifre decimali con cui viene espresso. Nel sistema binario è la stessa cosa: la precisione è legata alla quantità di cifre binarie (bit) a disposizione per ogni campione.

La conversione A/D è chiamata anche PCM (Pulse Code Modulation). La spiegazione è che ogni campione è assimilabile a un “impulso”, cioè un breve segnale rettangolare, di ampiezza fissa, e che questo è espresso da un numero di codice binario: la conversione A/D si può considerare come una modulazione dell'ampiezza di ogni impulso o, altrimenti detto, del suo codice (binario).



La linea curva continua rappresenta un segnale analogico, quella spezzata formata dalla sommità dei gradini di tensione rappresenta il segnale campionato. Nello stesso intervallo di tempo, il segnale è campionato nella figura di sinistra con 13 campioni, in quella destra con 26 campioni, che approssima meglio il segnale analogico. Sotto ai 13 campioni sono riportati i valori numerici dell'ampiezza

Poiché i sistemi elettronici preferiscono l'aritmetica e la logica binarie, tali numeri sono espressi in bit invece che in decimale come in figura. Ad esempio, con 16 bit si ottiene una precisione massima di 0,002%. In un CD, in cui la frequenza massima è 20.000 Hz (massima frequenza udibile), si usa una “sample rate” di 44.100 campioni al secondo, grande più del doppio della massima frequenza del segnale, come richiesto, e corrispondente a una “bit rate” (velocità in bit/secondo) di $44.100 \times 16 = 705.600$ bit/secondo. Bisogna subito dire che tali quantità di bit non sarebbero in nessun modo trattabili con le valvole termoioniche inventate ai primi del '900. Le prime applicazioni dell'aritmetica binaria richiedevano migliaia di valvole, con un consumo di spazio e di energia spaventosi e con prestazioni tutto sommato modeste. Fu l'invenzione del transistor, un processo iniziato negli anni '20 e '30 ma portato a termine verso la fine degli anni '40 nei laboratori della Società americana “Bell”, a costituire la vera svolta verso l'elettronica moderna, poiché consentì l'inizio di quel processo di progressiva e rapida miniaturizzazione cui tutti abbiamo assistito e che tutt'oggi prosegue. Negli anni '60 comparvero i circuiti integrati o “chip” che rendevano assai più compatta la composizione del circuito finale. Negli anni '70 comparvero i *microprocessori*, il primo dei quali realizzato dall'italiano Federico Faggin; si trattava di chip che racchiudevano in modo compatto le funzionalità di una CPU e costituirono un ulteriore salto in avanti verso la diffusione di massa che avrà inizio con il pc negli anni '80. Nel frattempo erano nati molti *chip* dedicati alle telecomunicazioni e ad

altri campi di applicazione. Si andava realizzando quella che ai giorni nostri è una realtà consolidata, al punto che nemmeno più se ne parla: l'integrazione tra l'informatica (il mondo dei computer) e il resto delle applicazioni, a iniziare dalle telecomunicazioni. La conversione analogico-digitale (e il suo inverso digitale-analogica) hanno permesso di espandere l'uso delle tecniche di programmazione logico-numerica, molto più potenti e gestibili delle tecniche analogiche. L'elettronica analogica è ormai confinata solo dove è indispensabile. Un paragone si può fare con la pittura e la scrittura; la prima è continua (analogica), la seconda è discreta (digitale). La pittura ha perso il valore comunicativo che aveva nel medio evo, quando nelle chiese era usata per illustrare al popolo gli avvenimenti raccontati nella Bibbia. Soppiantata dalla scrittura quando è nata la stampa, ha assunto un ruolo 'solo' artistico. Oggi è comune il passaggio dall'immagine continua alla sua rappresentazione numerica (e viceversa) anche qui tramite campionamento: l'immagine da digitalizzare è suddivisa in tanti quadratini ("pixel" = picture element) e ad ogni quadratino viene assegnata una serie di numeri che indicano la posizione, la luminosità e il colore. All'inverso, un monitor è in grado di mostrare ogni pixel con posizione, luminosità e colore che gli appartengono, ricostruendo così una copia dell'originale.

Insomma il succo del discorso è questo: una volta che si è riusciti a tradurre segnali acustici (suoni e rumori) e visivi (o di altra natura) in segnali numerici (o discreti o digitali che dir si voglia), poi si lavora su

quei numeri, avendo a disposizione molti e potenti strumenti informatici (software) e matematici; dopodiché, tramite il processo inverso, si torna all'acustico e al visivo, che per loro e nostra natura sono continui (o analogici).

Come la memoria realizzata tramite la scrittura ha rivelato e affermato la superiorità sulla memoria realizzata con le arti visive, così la tecnica digitale si è imposta sempre di più su quella analogica. La scrittura, infatti, è composizione di un numero finito di elementi, le lettere dell'alfabeto; in questo è simile alla tecnica digitale. La tendenza è di sfruttare la digitalizzazione per il maggior numero possibile di operazioni e riservare la parte analogica solo all'interfaccia finale verso i trasduttori di energia, quando questa riguarda fenomeni fisici continui (come il suono).

La tecnica digitale, nata per maneggiare numeri, per loro natura entità discrete, ha così invaso il campo del continuo, che sembrava esserle estraneo. Il punto di passaggio è, potremmo dire, il concetto del mosaico, fatto di tessere così piccole da non essere rilevabili dalla nostra percezione e capaci quindi di “ingannare” il senso fisico della vista. Il cinema può essere considerato una sorta di mosaico temporale, anche se le tessere non sono elementi semplici e uniformi. Il concetto di mosaico si applica perfettamente all'analisi e alla sintesi (costruzione) di un'immagine tramite pixel. Ricordiamo *en passant* che la “vecchia” televisione analogica era in realtà un misto di analogico e digitale: nei

vecchi televisori in bianco e nero lo schermo veniva suddiviso in righe (625 nello standard usato in Italia) quindi un insieme discreto, ma ogni riga variava la luminosità di ogni suo punto in modo continuo; ciò è rimasto anche nella tv a colori, ma lo schermo era costituito da gruppi di fosfori dei tre colori fondamentali, che “anticipavano” la struttura a pixel.

Ai giorni nostri: generazione del suono, trattamento e analisi

Con la tecnica digitale molte delle distinzioni funzionali non hanno più un corrispettivo fisico. Hanno certamente un corrispettivo software, che però è accessibile all'utente solo tramite comandi, diversamente da quando per ogni funzione esisteva un'apparecchiatura. Oggi possiamo prendere un comune pc e fargli fare “di tutto”, specializzandolo in varie funzioni per mezzo del software.

In generale non esistono più i filtri come apparecchi separati, o gli equalizzatori, o i modulatori. Né esistono più i registratori, sostituiti da unità di memoria magnetica e ottica, che memorizzano dati in forma di bit, non segnali analogici. L'importante è che la velocità di reperimento e di unione delle sequenze digitali nell'analizzare prima e nel ricostruire poi il segnale analogico sia adeguata, cioè sufficiente a ingannare, alla fine, la nostra percezione.

Si è aggiornata anche la vecchia nozione di “computer music”: ormai in ambito elettronico non esiste più “music” senza computer! Oggi si parla

di “musica assistita dal computer”, perché la ricerca ha individuato uno spazio di esplorazione in strumenti software indirizzati all'organizzazione dei suoni, quindi alla composizione. Naturalmente le singole apparecchiature dedicate alla generazione e al trattamento del suono non sono scomparse del tutto, perché per ottenere certe prestazioni è in molti casi necessario un hardware specializzato. Basti pensare all'amplificazione di potenza, che è ancora sostanzialmente analogica, anche se spesso la parte digitale è presente nell'interfaccia utente. In alcuni amplificatori lo stadio di amplificazione che precede quello di potenza è digitale: il segnale d'ingresso incontra subito uno stadio di conversione A/D, dopo di che l'amplificazione consiste solo nella moltiplicazione per un numero. Di recente sono stati realizzati amplificatori completamente digitali, in cui cioè la conversione D/A avviene direttamente sull'altoparlante. Non esistono ancora altoparlanti digitali, ma non possiamo escludere che ne esisteranno in futuro.

Nei mixer digitali un valore aggiunto è la capacità di memorizzare la configurazione di tutti i parametri: ad esempio si potrà memorizzare il volume di ciascun ingresso e anche i parametri dei trattamenti che il mixer contiene. Inoltre l'uscita digitale è conveniente anche nei confronti del rumore di fondo, non più generato dai circuiti analogici.

Sono disponibili anche apparecchiature di trattamento più specializzato quali generatori di eco, di riverbero, di ritardo, etc. collegabili quindi a mixer o a singoli strumenti elettrificati, da usare non tanto, o non soltanto, in Studio, quanto in concerto, dove può essere più difficoltoso.

La maggior parte dei trattamenti è ottenuta con un tipo particolare di circuito detto Digital Signal Processor (DSP), che è in sostanza un microprocessore dedicato all'elaborazione dei segnali, usato in vari ambiti, quali medici, telefonia, militare e, appunto, multimediale. L'associazione della musica alle immagini, che è sempre stata praticata dall'elettronica, acquisisce una valenza di precisione e di interazione che con altre tecniche non era possibile.

Esiste anche un lavoro su software finalizzato alla “comprensione” del contenuto sonoro, rivolto a suoni “organizzati” (non solo brani musicali). Tali programmi permettono di interpretare una partitura, di isolare strumenti musicali, linee melodiche, armoniche e altre strutture, oppure di estrarre particolari voci parlanti in un ambiente rumoroso. Altri programmi riguardano invece lo studio della percezione sonora e l'interazione con altri aspetti della realtà, soprattutto quella visiva. Quest'aspetto dell'attività elettroacustica è però qui solo accennato, mentre l'attenzione è maggiormente indirizzata verso la costruzione del suono e del suo trattamento.

Costruzione dei suoni

Esistono vari modi di “costruire” un suono con l'elettronica e ne illustreremo brevemente i principali. Questa costruzione si chiama tradizionalmente “sintesi”, con un'allusione alla chimica, in cui un composto viene “sintetizzato” a partire da alcuni elementi. Dei metodi di sintesi sonora riportati nel seguito, alcuni derivano dall'elettronica

analogica, altri sono fattibili solo con l'elettronica digitale; quest'ultima è capace di produrre la sintesi con qualsiasi metodo, unitamente al quale dobbiamo pensare sempre presente la conversione D/A e in certi casi anche quella A/D. Inutile dire che ormai tutti i sintetizzatori sono digitali. Poiché il suono è fatto di onde, la sintesi consiste nel costruire queste onde, che naturalmente saranno elettriche e diventeranno acustiche solo con la trasduzione energetica attuata da un altoparlante. Fino a quel momento tutto il lavoro viene svolto con l'elettricità, o meglio con le sue rappresentazioni matematiche e grafiche, adatte alle nostre capacità di dominarla e formarla. Si tratta infatti di “forme d'onda”. Un suono è un'onda che ha una certa forma. Nell'accezione più semplice l'onda è perfettamente periodica, vale a dire che un andamento temporale che dura un tempo T detto “periodo” si ripete uguale a se stesso; la forma d'onda è quindi ripetitiva. Questa periodicità è ciò che, grosso modo, ci fa distinguere il suono dal rumore; essa non è mai assoluta se il suono è prodotto da uno strumento meccanico ma “soffre” di una certa imprecisione, che però costituisce anche la sua ricchezza.

Restiamo per adesso nel caso più semplice: poiché l'onda si ripete, è sufficiente costruire una forma d'onda che dura un solo periodo.

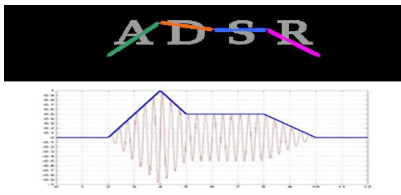
Il concetto di campionamento può facilmente essere applicato in modo “inverso”, ossia “sintetico”, invece che “analitico” come nella conversione A/D. L'onda è una funzione del tempo e possiamo approssimarla con una successione di impulsi, ossia di “campioni”, ognuno di ampiezza adeguata. Ne segue che lo stesso processo della

conversione D/A può essere usato per la costruzione dell'onda sonora. Chiaro che dobbiamo sapere qual è la forma d'onda che vogliamo ottenere prima di poterla costruire.

Se ciò che vogliamo generare è un suono che imita quello di uno strumento musicale, si potrà utilizzare il “suono campionato”: registrare, nota per nota, operando una conversione A/D e memorizzando in una tabella tutte le “misure” dei campioni successivi. Ogni volta che vorremo generare suoni di quello strumento, dalla tabella invieremo i dati di ciascuna nota da eseguire a un convertitore D/A. Questa è una pratica di sintesi abbastanza diffusa quando si vogliono imitare suoni esistenti.

Inviluppo

I metodi di campionamento devono in realtà essere più sofisticati quando l'imitazione del suono vuole essere realistica; occorre campionare il suono nelle varie fasi della propria durata, secondo uno schema a quattro fasi temporali, conosciuto come ADSR (Attack, Decay, Sustain, Release):



Lo schema ADSR

Lo schema suddetto riguarda il cosiddetto *inviluppo* ossia l'andamento delle sommità (o “picchi”, o “creste”) dell'onda complessiva.

In generale un suono è caratterizzato da una fase di attacco (A), seguito da una fase di decadimento (D) che conduce alla fase di regime (S); quando il suono cessa, si ha la fase di rilascio (R). La forma e la durata delle varie fasi contraddistinguono in modo molto forte uno strumento musicale, assai più che non lo spettro complessivo, che essendo ottenuto come media su tutta la durata, si rivela limitatamente informativo. La fase di attacco di un pianoforte, ad esempio, è molto caratterizzante, mentre quella di un flauto lo è assai di meno.

Se vogliamo però generare un suono sconosciuto, per “sentire come suona”, il metodo illustrato non è dei più convenienti: anche se teoricamente con esso si può costruire qualsiasi forma d'onda, i gradi di libertà sono troppi. È conveniente disporre di qualche criterio che limiti l'eccesso di possibilità, prefigurando un qualche percorso o struttura.

I metodi che sottintendono qualche struttura si basano su aspetti fisici o tecniche di variazione spesso riconoscibili in natura. I principali sono: sintesi additiva, sintesi da campioni temporali, sintesi granulare, sintesi sottrattiva, sintesi FM (Frequency Modulation), sintesi “Wavetable”, sintesi per distorsione, sintesi per formanti, sintesi su modellazione fisica.

Trattamenti e interfacce

Tutti i trattamenti tradizionali elencati sopra sono assai facilitati quando si fanno nel digitale, ora che la tecnologia mette a disposizione hardware potente a basso costo e software dalle prestazioni assai efficaci. Una volta ottenuti i segnali digitali che, non dimentichiamolo, sono numeri, le tecniche di trattamento diventano subito matematiche, a volte piuttosto complicate, ma molto stabili e precise.

File e loro formati

In informatica, un insieme di dati, ai quali viene attribuito un senso o una funzione che giustifichi il loro essere aggregati e memorizzati, viene chiamata genericamente *file dati* o anche solo *file*. L'insieme di dati è caratterizzato sia dalle informazioni memorizzate sia da una struttura formale che funge da “contenitore” di tali informazioni. Allo stesso modo un libro è formato da contenitori detti “pagine” riempibili con un certo numero massimo di caratteri. Un modulo burocratico ha un contenitore composto di righe orizzontali verticali che delimitano gli spazi da riempire con informazioni (intestazione, testo, spazio firma, pie' di pagina, etc.) ad esempio in righe e colonne. Un file dati deve possedere quindi una struttura-contenitore che viene detta *formato*. Il formato viene poi interpretato dai programmi del computer che sono quindi in grado di manipolare e gestire le informazioni contenute nel file. Anche un programma è scritto in un file, appunto un file di programma.

In informatica e in tutte le discipline che riguardano la comunicazione la distinzione tra forma (contenitore) e contenuto (informazioni) è sempre fondamentale!

Un file è identificato tramite un nome, detto “nome file” seguito da un suffisso separato da un punto. Ad esempio un file può chiamarsi miofile.txt dove il suffisso normalmente indica il formato, in questo caso un formato di testo semplice.

I formati dei file sono stati definiti da organismi di standardizzazione o da società produttrici di software e sono stati ratificati dalla diffusione tra gli utenti. Ogni formato è finalizzato alla funzione che il file deve svolgere. Spesso il suffisso viene chiamato “estensione” del file.

Compressione informativa

L'indagine sui segnali informativi, in particolare la “Teoria dell'Informazione (Information Theory)” sviluppata dal matematico C. Shannon alla fine degli anni '40, ha portato l'attenzione sul concetto di “ridondanza”. Con questo termine si intende genericamente ciò che è in più dell'essenziale e che quindi può essere eliminato. Se ad esempio scrivo “La msica eletronica è intresante” il significato della frase arriva ancora al lettore, perché esso è in grado di aggiungere automaticamente le lettere mancanti. Questo è possibile perché la frase “La musica elettronica è interessante” è caratterizzata da una certa quantità di ridondanza. Al contrario, se tolgo un simbolo da una formula matematica, essa perde di senso. Nella matematica la ridondanza è per

definizione assente.

È quindi possibile, tramite opportuni algoritmi, identificare la ridondanza insita in un'aggregazione di dati (“file”) e ridurla fortemente, con il vantaggio di risparmiare memoria. Questa operazione si chiama “compressione”, sottinteso “informativa”. Il suo inverso si chiama “espansione” o, in gergo informatico, “estrazione”. Naturalmente la compressione è vantaggiosa se la ridondanza è presente. Esistono due tipi di compressione:

- senza perdita di dati (“lossless”)
 - ◇ generici: *zip* e *rar* in varie versioni
 - ◇ audio e musica: ALAC (Apple Lossless Audio Codec), FLAC (Free Lossless Audio Codec), APE, TTA (True Audio Lossless), RealPlayer, WMA lossless
 - ◇ immagini: GIF, TIFF, PNG
 - ◇ video: H.264/MPEG-4 AVC,
- con perdita di dati
 - ◇ audio: ADPCM (Adaptive Delta PCM)
 - ◇ Musica: AAC (Advanced Audio Coding). MP3, WMA lossy, AC3
 - ◇ Voce: GSM 06.10
 - ◇ Immagini: JPEG, JPEG 2000
 - ◇ Video: MPEG-1-2-4, DivX, XViD, 3GPP, WMV

La compressione senza perdita di dati si applica in tutte le situazioni in cui il processo di espansione deve ricostruire l'aggregazione di dati

originali (file) senza introdurre alcun errore o alterazione. La riduzione delle dimensioni ottenibile non si discosta molto dal rapporto 1:2, ossia il file può venire ridotto a circa la metà

Alcune aggregazioni di dati, come quelle che rappresentano un'immagine o un brano vocale o musicale, ammettono la possibilità di una perdita di dati nel processo di compressione, per cui l'aggregazione ricostruita non sarà mai uguale all'originale. Gli standard conosciuti JPEG e MPEG (che comprende il famoso mp3) sono del tipo “con perdita” e consentono riduzioni 1:10 o anche molto superiori, secondo il degrado che può essere tollerato.

Nel mondo multimediale esistono centinaia di formati audio, video, foto, finalizzati a vari usi, ma noi indicheremo solo alcuni dei più diffusi.

Questo tipo di file è sempre risultato di un processo di campionamento e quindi è un formato caratterizzato da una “bit rate” (= velocità in bit/secondo) associata alla descrizione della sorgente. Naturalmente, maggiore è la precisione (detta “risoluzione” o “definizione”) con cui si vuole descrivere digitalmente la sorgente, maggiore è la bit rate necessaria e maggiore è anche la dimensione del file risultante.

Su un sito troviamo una tabella descrittiva di alcuni formati. Come si vede un formato può contenere anche dati che hanno già subito un processo di compressione, quindi convertiti in un “sub-formato” tramite l'applicazione di un “codec”. Il codec è un programma software che converte un insieme di dati in un altro insieme di dati, secondo un certo

schema di codifica.

File audio AIFF (.aiff) Audio Interchange File Format. Questo formato di file audio è stato utilizzato inizialmente sui computer Apple e Silicon Graphics (SGI). I file Waveform sono memorizzati in un formato monoaurale (canale mono o un canale) a 8 bit, che non è compresso e può creare file di grandi dimensioni.

File audio AU (.au) UNIX Audio. Questo formato di file viene in genere utilizzato per creare file audio per computer UNIX o per il Web.

File MIDI (.mid o .midi) Musical Instrument Digital Interface. Si tratta di un formato standard per l'interscambio di informazioni musicali tra strumenti musicali, sintetizzatori e computer.

File audio MP3 (.mp3) MPEG Audio Layer 3. Si tratta di un file audio che è stato compresso utilizzando il codec (codec: Abbreviazione di compressore/decompressore. Dispositivo hardware o prodotto software utilizzato per comprimere o decomprimere dati multimediali digitali.) MPEG Audio Layer 3, sviluppato dal Fraunhofer Institute.

File audio di Windows (.wav) Wave Form. Questo formato di file audio memorizza i suoni come forme d'onda. A seconda di diversi fattori, per la memorizzazione di un minuto di audio può essere necessario da un minimo di 644 kilobyte a un massimo di 27 megabyte.

File audio Windows Media (.wma) Windows Media Audio. Si tratta di un file audio che è stato compresso utilizzando il codec audio Windows Media, uno schema di codifica per l'audio digitale sviluppato da Microsoft e utilizzato per la distribuzione di musica registrata, in genere tramite Internet.

Spazializzazione

Fin da tempi lontani la musica si è posta il problema del rapporto con lo spazio, visto che il nostro sistema uditivo ha la capacità di individuare con una certa approssimazione la provenienza spaziale del suono. Questa capacità poteva essere sfruttata come parte della fruizione musicale, e lo fu ad esempio con i “cori spezzati” di Willaert e di Giovanni Gabrieli nella Basilica di San Marco a Venezia e in molte realizzazioni teatrali di melodrammi. La “stereofonia” come modo di riproduzione fu brevettata nel 1936 ma prese vita solo dagli anni '60 in poi, fino ad arrivare al Dolby Surround. Oltre a questo, la ricerca si è indirizzata verso studi sulla spazializzazione del suono, ossia le tecniche di localizzazione e di movimento della provenienza.

MIDI

Un ruolo di rilievo nel panorama dei trattamenti in musica elettronica è stato svolto, e in molti casi continua ancora, dall'interfaccia MIDI (Musical Instrument Digital Interface). Essa è nata negli anni '80 per consentire la comunicazione e il controllo tra strumenti elettronici di vario tipo, anche tramite computer. Lungi dal decadere, lo standard MIDI si va continuamente aggiornando per includere nuove funzionalità e per adeguarsi all'evoluzione tecnologica.

L'interfaccia MIDI è definita sia come hardware sia come software. La parte hardware esterna prevede un certo numero di connettori DIN a 5 poli; tale numero è normalmente 3, ma può variare secondo i modelli. È

in corso di sviluppo anche una versione MIDI USB. La parte software dell'interfaccia definisce un protocollo di scambio di messaggi che può avvenire su “canali” indipendenti diversi, fino a un massimo di 16 (ad esempio 16 suoni contemporanei). È possibile attivare e controllare una serie di parametri che un'apparecchiatura dotata di interfaccia MIDI mette a disposizione. Ad esempio una tastiera con MIDI collegata a un banco di sintetizzatori diventa uno strumento musicale multiforme.

Lo standard MIDI, poiché definisce come controllare le varie apparecchiature elettroniche per la generazione e il trattamento del suono, consente di memorizzare una serie di comandi per produrre sequenze di suoni (applicazioni dette “sequencer”): questa caratteristica viene da molto tempo usata per costruire le cosiddette “basi”, ossia brani musicali con strumenti sintetizzati in cui manca la voce principale, molto usati da chi fa musica d'intrattenimento dal vivo.

I dati riguardanti i messaggi MIDI sono memorizzati in *file MIDI*, i cui formati sono definiti dallo standard MIDI.

Sintesi del suono

Sintesi additiva

Un suono può essere scomposto nella somma di più “armonici”, che sono onde sinusoidali ciascuna con una propria ampiezza. La distribuzione dei valori delle ampiezze è lo spettro di frequenza e caratterizza il timbro. Si può allora sintetizzare un suono eseguendo il processo inverso, ossia

sommando una serie di sinusoidi, la frequenza di ciascuna essendo doppia, tripla, etc. di quella fondamentale e l'ampiezza essendo derivata dall'analisi. Questo processo non tiene conto però del suddetto schema ADSR, di cui può riguardare solo la fase di SUSTAIN, salvo interventi aggiuntivi di altro tipo.

Sintesi da campioni temporali

È una sintesi additiva dove al posto delle sinusoidi “pesate” si hanno impulsi rettangolari anch'essi “pesati”. È l'inverso del campionamento (che è una forma di analisi). In tal modo lo schema ADSR è facilmente riproducibile: la difficoltà sta nell'individuare criteri utili per “disegnare” l'andamento temporale.

Sintesi granulare

È un tipo di sintesi additiva in cui gli elementi da sommare sono dei cosiddetti “grani di suono”, ossia suoni piuttosto semplici (ma non le sinusoidi dello spettro) della durata variabile tra 1 e 150 millisecondi. La somma dei grani è piuttosto complessa dovendo comprendere anche la scelta, la densità e l'organizzazione temporale dei singoli grani.

Sintesi sottrattiva

Lo stesso concetto di composizione armonica può essere usato a partire da una forma d'onda molto ricca di armonici, come il “dente di sega” e eliminando o riducendo l'ampiezza di alcuni armonici tramite un processo di filtraggio. Essendo molto semplice è stata molto usata nei

primi sintetizzatori analogici come il Moog ma non consente grandi possibilità di sintesi.

Sintesi FM (Frequency Modulation)

Con questo termine si sottintendono in realtà modulazioni anche multiformi. La modulazione è una variazione di un parametro di un'onda. Variando la frequenza secondo un'altra onda si producono suoni piuttosto complessi. Entrambe le onde, modulante e portante, possono anche non essere sinusoidali, oppure essere a loro volta risultato di altri trattamenti o modulazioni. È possibile ottenere suoni anche molto vicini a quelli conosciuti, ma il procedimento è euristico, non molto ben dominabile.

Sintesi “Wavetable”

È una sintesi predefinita, composta di una serie di forme d'onda memorizzate (in forma digitale), disponibili per essere utilizzate singolarmente o dopo un trattamento, o sommate tra loro.

Sintesi per distorsione

Tecnica basata sulla mappatura di funzioni lineari (come la funzione seno) su funzioni non lineari (come i polinomi di Chebyshev). Produce un notevole arricchimento dello spettro.

Sintesi per formanti

È basata sulla modellazione delle cavità orali ed è nata per la sintesi vocale, essendo la voce umana fondata su particolari frequenze di

risonanza del cavo orale. È stata poi estesa a sintesi di tipo generale.

Sintesi su modellazione fisica

Questo tipo di sintesi usa sofisticati algoritmi matematici che simulano il comportamento di uno strumento reale o anche di uno strumento inesistente. Vengono definiti vari parametri e le leggi con cui devono variare, scritte nella memoria del computer e processate con circuiti DSP (Digital Signal Processing).

Aspetti compositivi

Uno degli aspetti in cui la composizione elettronica differisce da quella tradizionale è che quest'ultima si serve prevalentemente di suoni prodotti durante l'esecuzione, per i quali non sono previsti trattamenti, a meno che non si vogliano considerare “trattamenti” certe alterazioni dello strumento tradizionale, come la preparazione del pianoforte prescritta in alcuni pezzi di John Cage. Il compositore tradizionale scrive la partitura e in un secondo momento l'interprete e l'esecutore producono i suoni in essa prescritti; questo non è più così consueto ai giorni nostri, dove si ha talvolta amplificazione dei suoni, o dove gli esecutori di strumenti tradizionali interagiscono con apparecchiature elettroniche. Quanto diciamo in questa parte non va quindi preso troppo alla lettera, anche perché i modi di fare musica si vanno continuamente evolvendo, o

ibridando, o contaminando, secondo i punti di vista. Tuttavia certe differenze possono essere messe in evidenza anche per chiarire meglio le varie tecniche in uso.

La composizione elettronica prevede in genere modi di realizzazione diversi. Il compositore elettronico può:

- produrre da solo i suoni da utilizzare per la composizione, utilizzando strumenti hardware e software di sintesi sonora;
- utilizzare suoni pre-prodotti o registrati e aggregarli;
- saltare la figura dell'esecutore, registrando elettronicamente la composizione che può essere riprodotta da un sistema di riproduzione.

Naturalmente il compositore elettronico può anche comportarsi in modo tradizionale scrivendo una partitura per una combinazione di:

- strumenti elettronici, reali o virtuali (cioè realizzati da un computer) suonati da un esecutore umano;
- suoni preregistrati;
- suoni che interagiscono in tempo reale con eventi di vario tipo, interni all'esecuzione (gestualità, altri suoni, immagini riprodotte, etc.) o anche esterni (ad esempio interagendo con l'ambiente).

Da diversi anni ha preso piede la composizione audiovisiva, dove l'associazione tra suono e immagine (fissa o in movimento) è centrale. Si tratta di qualcosa che va oltre il film (o il cortometraggio) tradizionale,

poiché la tecnica digitale ha reso molto più facile l'uso combinato di audio e video e messo a disposizione trattamenti interattivi prima estremamente difficili o impossibili da realizzare.

Tecniche di “post produzione”, ossia di montaggio del materiale già prodotto, che il cinema già conosceva e che la composizione elettronica ha utilizzato in modo manuale e adesso assistito dal computer, sono ormai di dominio della pratica esecutiva anche “real time”.

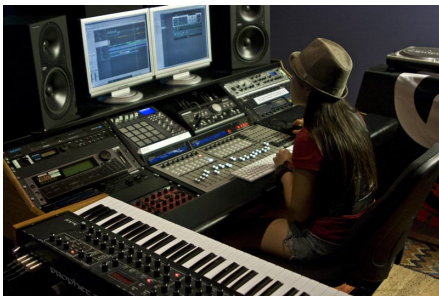
DAW (Digital Audio Workstation)

Nella pratica, oggi un compositore dispone di una DAW (Digital Audio Workstation), ossia un computer attrezzato con software applicativo specializzato nel generare suoni e nel trattarli; la potenza del computer determina come di consueto anche le prestazioni massime. Come si è più volte rilevato, la tecnologia attuale consente di eseguire e concentrare una grande quantità di operazioni in poco tempo e in poco spazio, ma sostanzialmente mantiene la stessa impostazione o, si potrebbe dire, la stessa architettura concettuale, quella dei primordi della composizione elettronica. Si conserva il concetto di “pista” o “traccia” (*track* in inglese) intesa come canale di registrazione. Ogni suono o gruppo di suoni viene registrato su una traccia, per essere prima trattato (magari collegandolo ad altre tracce: ad esempio un suono di un canale può modulare in frequenza il suono di un altro canale) e poi mixato. Il numero delle tracce è virtualmente infinito ma nella pratica si ferma all'ordine delle decine. Su ogni traccia si può lavorare individualmente ossia si può

fare il cosiddetto “editing”, che consiste nella possibilità di intervenire sul singolo suono manipolandolo a piacere; un intervento tipico è quello “nel dominio del tempo” (che nella DAW è fondamentale), in cui si lavora direttamente sulla forma d'onda temporale, operando taglia-incolla e copia-incolla di pezzi di forma d'onda, come anticamente si faceva con molta minore comodità sul nastro magnetico.

È possibile estendere il software applicativo “principale” tramite una serie di “plug-in”, ossia pezzi di software aggiuntivi che forniscono varie funzioni in aggiunta a quelle di base.

Una DAW deve essere dotata di particolari interfacce audio, come quella MIDI descritta sopra, anche se la tendenza è verso l'utilizzo sempre maggiore della USB (Universal Serial Bus), unitamente ai vari driver. Un driver è un pezzo di software che consente di interfacciare, quindi far comunicare, un computer con un'apparecchiatura esterna, come una stampante. Anche FireWire, sviluppata dalla Apple, è un'interfaccia abbastanza usata.



*Una DAW del SAE Institute
Byron Bay, Australia*

Un altro componente di cui dotare una DAW è il DSP (Digital Signal Processor), accennato più sopra, che consente di potenziare grandemente le prestazioni del computer, lavorando in congiunzione di vari plug-in. Come modo di lavorare, si distinguono le fasi di “produzione” e “post-produzione”. La prima riguarda la generazione di materiale sonoro (e anche visivo, considerato che sempre più spesso si fanno realizzazioni multimediali). La seconda riguarda la preparazione del prodotto finale, confezionato per una destinazione prescelta.

I software applicativi più conosciuti per la composizione di brani e la loro messa a punto, tra le varie centinaia presenti attualmente sul mercato, sono Steinberg Cubase, Steinberg Nuendo, Pro Tools, Ableton, Audition, Magix, Logic, Reason, FL Studio, Sonar, Reaper, PropellerHead.

Esistono anche sintetizzatori software per pc, che emulano alcuni sintetizzatori “tradizionali” quali Instruments' Pro 53, Sequential Circuits Prophet V, DX7 Yamaha, Arturia's CS80 (Yamaha CS-80), ARP 2600 che si appoggiano all'interfaccia MIDI. Sono indirizzati alla riproduzione di strumenti musicali tradizionali o a loro versioni modificate. Per molti programmi di composizione esistono varie “librerie”, ossia raccolte di funzioni e di dati relativi alla costruzione dalle forme d'onda; ciò consente di ampliare le possibilità di generazione e trattamento dei suoni.

In ogni traccia audio del software applicativo si possono inserire:

- tracce MIDI, che contengono solo le informazioni del protocollo MIDI con le quali attivare uno o più sintetizzatori hardware o

- software (sintetizzatori virtuali);
- tracce audio, che contengono registrazioni di strumenti acustici o altro materiale (rumori, voci, etc.);
 - tracce aux contenenti i vari “plug-in” che generano i suoni: ogni plug-in, in base alla tipologia, può generare molteplici tracce sonore, da assegnare a uscite della scheda audio o da sub-mixare all'interno della DAW.



Una schermata di Cubase. In alto a destra si vede una forma d'onda temporale, di cui viene ingrandita una parte più in basso

Altri esempi di software specializzato per DAW è riportato una lista tratta dal sito di “Sound and music computing”:

Humdrum (Analisi) Strumento per la ricerca musicale a livello simbolico.

MIRtoolbox (Analisi) Funzioni scritte in Matlab dedicate all'estrazione di caratteristiche musicali da file audio.

Sonic Visualiser (Analisi) Visualizza e analizza il contenuto di file audio.

Marsyas (Analisi + Sintesi) Marsyas (Music Analysis, Retrieval and Synthesis for Audio Signals) è un software framework open source per audio processing, soprattutto per applicazioni di Music Information Retrieval.

SMS Tools (Audio Effetti/ Trattamento) SMS (Spectral Modeling Synthesis) è un insieme di tecniche e di software per analisi, trasformazione e sintesi.

WaveSurfer (Audio Effetti/ Trattamento) WaveSurfer è uno strumento Open Source per visualizzazione e trattamento del suono.

C++ Library for Audio and Music (Libreria di programma) CLAM è un software framework per ricerca e sviluppo di applicazioni nel campo audio e musicale.

Chuck (Libreria di programma) audio programming language.

FAUST (Libreria di programma) Linguaggio free, open source, per audio signal processing in real-time.

Max/MSP (Libreria di programma) Max/MSP è un ambiente grafico per musica, audio e multimedia.

STK (Libreria di programma) Kit di sviluppo per sintesi musicale e audio processing, con particolare riferimento alla funzionalità cross-platform, al

realtime control.

CLM (Sintesi) Common Lisp Music è un software per la sintesi e il signal processing, presente nella famiglia Music V.

Nyquist (Sintesi) Sistema per la sintesi e la composizione basato su Lisp (Linguaggio orientato all'intelligenza artificiale) e sulla programmazione funzionale.

SuperCollider (Sintesi) Linguaggio di programmazione per la sintesi audio in real time.

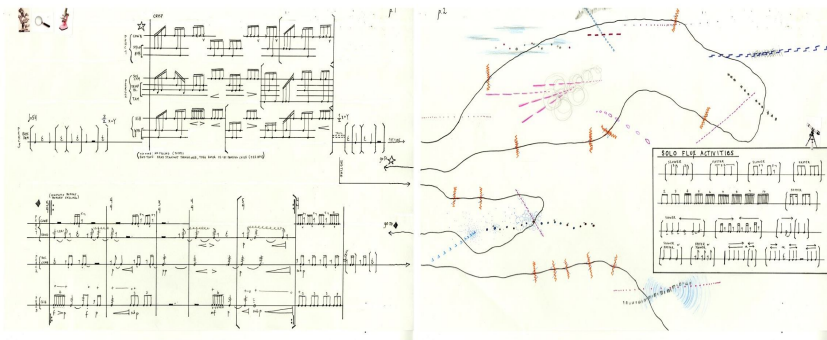
Notazione musicale

Con l'avvento della tecnologia elettronica il problema della scrittura di una partitura ha assunto un significato molto diverso rispetto al passato.

Non ponendosi più, in effetti, la necessità di un codice scritto interpretabile dall'esecutore, visto che l'esecutore è stato eliminato tout court, la memorizzazione del pezzo musicale è diretta. Nella maggior parte dei casi viene memorizzato un codice binario in un formato che può essere standard (ad esempio quello del CD) oppure no, a seconda dell'uso. In altri casi viene memorizzato il codice MIDI.

Il problema si può riproporre nel caso di un'esecuzione “live” che preveda un'esecuzione su uno strumento non tradizionale, magari confezionato ad hoc; ma anche qui, come del resto è avvenuto nella musica colta del '900, i codici di notazione vengono spesso dichiarati caso per caso, non essendosi diffuso che in parte uno standard condiviso dai compositori.

Molti compositori del '900 (e contemporanei) ricorrono alla cosiddetta “notazione grafica”, che consente una grande libertà espressiva, rinunciando alla precisione e scegliendo l'allusione. È chiaro che il compositore deve spiegare ogni volta il significato dei segni grafici che usa.



Esempio di notazione grafica "Trail of Galileo" by Katherine Young

Sostituzione degli strumenti tradizionali

Esiste un grosso filone di ricerca applicativa finalizzato alla sostituzione per via elettronica degli strumenti tradizionali, con lo scopo di ridurre i costi legati agli esecutori. Ciò ha luogo nella musica di consumo, in quella da film, per la pubblicità, etc.

Gli strumenti tradizionali vengono sostituiti in due modi:

- tramite la registrazione di campioni tratti da strumenti musicali tradizionali;
- tramite la sintesi diretta dei suoni, a imitazione.

Entrambi i metodi danno luogo a *file* che, una volta caricati in un apposito programma di composizione, forniscono la disponibilità di strumenti da inserire all'interno del brano che si sta componendo. Il metodo più usato è quello di disporre di un sintetizzatore virtuale con interfaccia MIDI, dotato di un'adeguata varietà di suoni.

Alcuni dei software applicativi delle DAW forniscono la possibilità di utilizzare la notazione classica su pentagramma.

Uso della scala tradizionale, di scale diverse e di altre organizzazioni dei suoni

Gli strumenti tradizionali sono impostati sulla scala temperata a 12 suoni per ottava, a sua volta derivata dalla successione degli armonici naturali. La possibilità di utilizzarli con scale a numero di suoni diversi o a rapporti non armonici tra i suoni componenti la scala è estremamente limitata o eccessivamente difficoltosa.

Queste limitazioni non esistono per i suoni prodotti in modo elettronico, soprattutto se, come oggi avviene, si utilizza la tecnica digitale. È possibile quindi costruire successioni di suoni di qualsiasi frequenza fondamentale, prescindendo anche dall'ottava, che tradizionalmente è il riferimento frequenziale per eccellenza. Esiste tutto un filone di ricerca su questo tipo di struttura “discretizzata” del materiale sonoro, che si

ispira alla struttura classica fatta di note ripetute nelle varie ottave, in cui l'altezza del suono costituisce il parametro principale, ma che ne esplora tutti i possibili ampliamenti.

Questo tipo di ricerca può essere svolto utilizzando la sintesi diretta sia degli strumenti tradizionali, imitati o manipolati, sia di suoni generati autonomamente.

La musica elettronica permette di organizzare il materiale sonoro a disposizione nei modi più disparati, sia utilizzando particolari software applicativi dedicati all'aggregazione di materiale secondo criteri prestabiliti sia in modo libero. La musica tradizionale invece consente l'uso del solo pentagramma con le figure musicali. Di contro, la musica elettronica viene memorizzata in più modi:

- come risultato della composizione, in forma di suoni registrati;
- come file MIDI (contiene i comandi verso i sintetizzatori dotati di interfaccia MIDI);
- come sequenza di comandi verso altri tipi di interfaccia;
- come partitura simile a quelle tradizionali, specialmente dove siano previsti interventi “live”;
- come misto dei metodi precedenti.

Software di scrittura tradizionale

Esistono vari programmi applicativi dedicati alla scrittura musicale tradizionale, che consentono la stesura di partiture e spartiti in vari modi. Il programma presenta uno o più pentagrammi a video nei quali è possibile scrivere note e simboli musicali. Lo si può fare tramite mouse

o tramite tastiera MIDI collegata.

Una volta scritte le note le si possono far suonare dal sequencer-sintetizzatore di cui il programma è dotato (o da un altro sequencer).

Naturalmente è possibile stampare su carta ciò che si è scritto.

I formati usati da questi programmi sono di tre tipi: per notazione a video, per rappresentazione del suono (xml, mus, cap, ..), (midi, wav, mp3, ...), per stampa (pdf, jpeg, png, ...).

Alcuni di questi programmi sono Freeware, altri sono proprietari. Tra questi ultimi il più conosciuto è forse “Finale”, che è stato anche uno dei primi del genere e con il quale è possibile scrivere praticamente qualsiasi composizione tradizionale, anche molto complessa; tra i tanti altri possiamo citare “Sibelius”, “Capella”, “Encore”, “Notion”.

Sound design

Il sound design è un'attività che è sempre esistita, ma questo nome le è stato attribuito negli anni '70 nel mondo del cinema. L'attività consiste nell'uso dei suoni per finalità non musicali ma genericamente ambientali. Utilizzando le tecniche della musica elettronica il sound design è oggi molto più facile da realizzare, disponendo anche di risorse molto maggiori. I suoni vengono progettati, combinati, manipolati, prodotti in funzione della loro destinazione d'uso. Oltre a quelli del cinema, del teatro, della tv, in cui occorrono suoni e rumori come complemento scenico, altri impieghi riguardano le segnalazioni acustiche legate ad eventi (annunci, allarmi, richiami, etc.), i videogame, i risponditori

telefonici automatici, le interfacce uomo macchina e altre applicazioni. Alcuni fanno rientrare anche la progettazione acustica nel concetto di sound design: in effetti il sound design si nutre di elettronica ma non può prescindere dall'acustica, proprio perché in molti casi il suono da utilizzare non può prescindere dal luogo in cui viene ascoltato.

Indirizzi attuali di ricerca sul suono

Esistono molti centri di ricerca musicale nel mondo, quasi sempre collegati ad università, in cui vengono studiati i vari aspetti del suono, dalla sua generazione, al trattamento, alle applicazioni dell'acustica. Essendo impossibile elencarli tutti, ci limiteremo a una breve descrizione di uno dei più importanti e cioè l'IRCAM (Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique) di Parigi, fondato da P. Boulez nel 1970, attingendo dal relativo sito ufficiale.

L'istituto “offre un ambiente sperimentale unico ... grazie alle nuove tecnologie ... risultanti dall'interazione tra idee musicali nuove e domini di ricerca delle équipes scientifiche”. I principali temi di ricerca sono riferiti al contesto dell'interazione “live”, che da sempre occupa all'IRCAM un posto di privilegio, sono: la spazializzazione sonora, la captazione e il riconoscimento del gesto, l'interpretazione di una partitura, la sintesi sonora, l'analisi e la trasformazione sonora, la composizione e l'orchestrazione assistita da computer.

L'IRCAM dispone delle seguenti équipes di ricerca:

- Acustica strumentale: elaborazione di modelli fisici degli

- strumenti musicali da applicare alla ricerca sulla sintesi sonora.
- Spazi acustici e cognitivi: analisi e sintesi di scene sonore, considerate anche nelle loro dimensioni spaziali.
 - Percezione e disegni sonori: analisi percettiva dei fenomeni sonori.
 - Analisi e sintesi dei suoni: procedimenti, metodi e modelli.
 - Rappresentazioni musicali: formalizzazione informatica delle strutture musicali, indirizzata al supporto alla composizione anche attraverso interfacce grafiche.
 - Analisi della pratica musicale: musicologia empirica e situazioni reali del sapere musicale.
 - Interazioni musicali in tempo reale: sviluppo di nuovi paradigmi e tecnologie di interazione tra interpreti e sistemi informatici.
 - Servizi on line: sviluppo di sistemi per l'accesso on line a banche dati di suoni e di musica.

Conclusione

La produzione elettronica del suono comprende una varietà di aspetti che abbiamo illustrato brevemente cercando di rendere comprensibili i principali modi di funzionamento, trascurando volutamente molti dettagli proprio per fornire una panoramica il più possibile estesa. L'uso della tecnologia elettronica, specialmente quella digitale, ha permesso di ampliare il campo di indagine e di produzione, permettendo anche di integrare aree tra loro prima a vario grado separate dalla musica, come l'acustica, la gestualità, la videoproduzione. La ricerca sul suono fatta con mezzi elettronici (e matematici) comprende moltissimi aspetti che esulano dall'accezione tradizionale del termine 'musica', come la sintesi e il riconoscimento vocale, il controllo dell'inquinamento acustico, l'acustica architettonica, la medicina dell'orecchio. La musica cosiddetta elettronica ha raggiunto un alto grado di perfezione nell'imitazione degli strumenti tradizionali ma è ancora terreno di esplorazione per la costruzione di possibili nuove estetiche nel campo dei suoni non tradizionali.

Quali innovazioni nella scuola della società della conoscenza

di Annalisa Spadolini

La ricerca educativa e le pratiche didattiche musicali dai primi anni del novecento ad oggi, hanno solo in parte contribuito ad un allargamento di mentalità culturale, all'elevamento di interventi didattici di qualità nelle scuole. Uno dei motivi di tale inerzia è da attribuire all'orientamento culturale filosofico e alla forte politica scolastica di stampo gentiliano che ha permeato la storia della nostra *education* e che ha generato e perpetuato un insegnamento deduttivistico, autoritario, calato dall'alto; la nostra scuola dà ancora grande importanza alle definizioni, alle leggi generali, alle regole astratte, all'astrazione, senza motivare, dare senso, coinvolgere, stimolare la curiosità diretta e senza considerare l'esperienza.

Un altro motivo che ha rallentato molto l'effettiva realizzazione di una *education* pienamente inserita nel contemporaneo è collegato alla formazione e cioè alla mancanza di figure professionali atte a garantire le competenze, alla assenza di specialisti musicisti curricularmente riconosciuti, di insegnanti adeguatamente preparati all'insegnamento soprattutto pratico e creativo della musica.

Malgrado questo, negli ultimi trent'anni la richiesta di musica nelle scuole si è moltiplicata a livello esponenziale. Pregevole è l'impegno di

tanti Dirigenti che promuovono e sostengono con l'aiuto degli enti locali e delle Amministrazioni periferiche e con la consulenza e l'intervento del mondo dell'Associazionismo, attività musicali nei propri Istituti. È determinato il lavoro di tanti docenti che credono, perché hanno verificato sul campo e con l'esperienza, nel valore della musica e nella pratica d'insegnamento quotidiana, non solo e non soltanto nelle due ore stabilite dai programmi ministeriali.

Esiste un mondo, nella scuola, al di là delle indicazioni teoriche e delle norme scritte, dove la musica vive e genera entusiasmi, interessi e passioni nei ragazzi. Questo movimento dal basso ci fa sperare in un cambiamento, se pur lento, inesorabile verso il riconoscimento di una posizione dignitosa, alla pari delle altre discipline, della musica nella scuola pubblica italiana per tutte le bambine e i bambini.

Ma nelle scuole qual è la musica insegnata, praticata? I docenti che ruolo hanno in questo mare di metodologie, definizioni, ideologie e interessi più o meno autentici verso il cambiamento?

Il docente di oggi è in grado di affrontare e riconoscere quelli che sono i reali cambiamenti della società?

Una priorità certa riguarda la necessità per i docenti di acquisire competenze che tengano conto dei nuovi contesti sociali dove vivono i ragazzi, che non sono più ovviamente il luogo e lo spazio fisico di apprendimento: la scuola, la classe, il laboratorio.

Si rivela fondamentale per il docente anche di musica e direi soprattutto di musica, proprio per orientare e insegnare a selezionare criticamente l'enorme mole di input e di sollecitazioni che vengono dall'ambiente sonoro allargato di apprendimento preferito da giovani, conoscere e diventare più esperto dei ragazzi nelle nuove tecnologie. Le nuove

tecnologie educative, debbono poter essere utilizzate dai docenti di musica come strumenti dei processi di apprendimento degli alunni più che, ancora oggi, come strumenti della didattica della lezione frontale, seppure multimediale.

Occorre quindi pensare a un *sistema formativo integrato* che, assieme alla Scuola, valorizzi gli apporti delle più diverse agenzie formative e delle tecnologie informatiche (Internet, social network, blog e soprattutto le tecnologie virtuali), superando gli attuali discorsi, vaghi e generici, intorno alle tecnologie multimediali e dando maggiore importanza al sapere e al potere disperso dei singoli soggetti individuali e delle comunità entro cui si sviluppa la vita dei ragazzi: la comunità territoriale, le associazioni, i movimenti, e le strutture, spesso informali, che consentono la fruizione comune di risorse culturali condivise e la produzione orizzontale di informazione, conoscenza e cultura.

I tempi del contemporaneo, rendono l'agire macchinino. Solo chi è capace di fermarsi riesce a costruire un minimo di pensiero critico ed autocritico. Ma è un lusso che pochi si concedono. Non sfugge certo che l'insegnante, semmai, ha una aggravante che deriva dalla responsabilità di educare le nuove generazioni.

Come si può essere bravi insegnanti se non si è capaci di mettere distanza fra i processi in corso e ciò che merita essere insegnato, tra le metodiche che ci immettono nei flussi automatici e la metodologia didattica che adotteremo?

Oggi accade un paradosso insostenibile per un sistema educativo. Che non solo non c'è sufficiente meditazione e letteratura sui mezzi e le loro implicanze progressive che introduciamo nei contenuti e nella didattica, ma addirittura che l'educatore sa meno del suo studente su quanto

dovrebbe essere insegnato. Non che lo studente sia portatore di un pensiero critico di cui è privo l'insegnante, ma il rischio che lo studente sia più padrone del rapporto uomo-macchina di quanto lo sia il docente.

Molti docenti che non amano le nuove tecnologie e che non conoscono la letteratura delle musiche fruite e vissute dai ragazzi, hanno il vezzo di affermare che non vi si cimentano perché fortemente critici nei confronti delle innovazioni, qualcuno ha anche la spudoratezza di presentare questo come una sua autonomia dalle mode. Non si può essere critici senza conoscenza, dunque siamo di fronte a docenti che corrono il rischio di perdere un'occasione caratterizzante.

È evidente che le musiche ascoltate dai ragazzi, gli strumenti che la tecnologia ci ha messo a disposizione stanno cambiando in profondità il mondo, non possederli, non voler conoscerli, vuol dire porsi verso l'analfabetismo. I nostri studenti parlano, ascoltano, vivono in un modo che addirittura è incomprensibile alla maggioranza dei docenti. Essi sono altrove da noi. Spesso non c'è comunicazione e quindi non c'è comprensione. Cos'è una relazione virtuale, o si vive o non si sa cosa essa sia. Si leggono tanti libri su questo? Non è la stessa cosa, gli studenti che la vivono sono diversi dai loro insegnanti e dai loro genitori. Ci sono poi i docenti che si immergono nelle nuove tecnologie, ne seguono i flussi. Non basta per passare dall'innovazione tecnologica all'entrare dentro l'innovazione dei processi formativi. Per passare dalla conoscenza personale dell'insegnante all'insegnamento della conoscenza, si devono mettere delle distanze, ovvero dello spazio/ tempo, lo spazio / tempo del pensiero critico. L'accelerazione che è stata impressa all'umanità ci costringe allo spazio tempo-critico dentro questa accelerazione. Se noi docenti non saremo capaci di questo, rimarremo oggetti privi della

soggettività, cioè macchine nostro malgrado, produttori di pensiero e di azioni automatiche. Da una parte quindi docenti che insegnano senza possedere il controllo dello spessore della loro incidenza sulla formazione degli studenti, dall'altra docenti che semplicemente ignorano. E se la scuola non è più in grado di essere luogo di pensiero ed azione sedimentate criticamente, se non si educa in tal senso, in quale altro luogo può avvenire questo? Mancando luoghi di mediazione c'è solo violenza, frutto di relazioni violente.

La nuova società della conoscenza, la complessità dei mezzi di comunicazione ci impone di considerare i nuovi codici comunicativi e la capacità creativa dei nostri ragazzi e per raggiungere questi obiettivi è richiesto un nuovo modello di insegnante, più proiettato verso i bisogni della società e verso nuovi approcci e strategie didattiche.

Ci attende una sfida molto impegnativa. È importante che le parole attraverso le quali sia prospettata una innovazione certamente positiva non restino indefinitamente tali, ma diventino – in tempi ragionevoli – fatti; e fatti capaci di migliorare la crescita culturale dei ragazzi.

Le scelte dei docenti devono continuare ad anticipare le decisioni del legislatore e devono continuare a lottare per il cambiamento proponendo organizzazioni e metodologie innovative tenendo conto ovviamente delle norme entro cui si possa lavorare.

La necessità dei docenti, oggi, è quella di motivare, dare senso, coinvolgere, stimolare la curiosità diretta e l'esperienza, di fornire strumenti per la conoscenza, il sapere, ma anche di contribuire alla partecipazione umana, emotiva, all'unione fra corpo e mente. Il docente di musica è chiamato a favorire le condizioni perché i ragazzi possano “creare”. Si delinea una nuova figura di docente fortemente impegnato

nella ricerca educativa e nella formazione personale, un docente flessibile, attento alle nuove realtà sonore cui appartengono i ragazzi, ai rapporti con il Territorio e con tutte le Agenzie formative, interessato all'identificazione di strategie didattiche di apprendimento informale da esportare nei sistemi di apprendimento formale. Si rende necessario il contatto sempre più diretto con il mondo contemporaneo e con le sue veloci trasformazioni. Continuare a lavorare in modo isolato non aiuta il cambiamento.

Il cammino è irto di difficoltà e ancora lungo.

Roma, 21 dicembre 2011

È tempo di musica... elettronica

di **Giovanni Ciro Mastrogiacomo**

La musica elettronica non ha nulla a che fare con gli strumenti fabbricati dall'industria a scopo commerciale.

Nel 1958 all'Esposizione Universale di Bruxelles, durante le conferenze e i concerti, i problemi musicali, tecnici e acustici della musica elettronica furono trattati perfino sotto il profilo dell'estetica.

Nonostante ciò, alcuni critici vorrebbero far passare la musica elettronica come una «non musica» perché non si basa sul cosiddetto timbro naturale degli strumenti ma usa di proposito timbri prefabbricati «deformati».

Costoro non hanno davvero compreso l'essenza della musica elettronica, e cioè la singolare possibilità di una formazione autonoma del timbro che permette al compositore di comporre per la prima volta il suono stesso. Immaginiamo solo per un momento il potenziale creativo che si sprigiona da una mente giovane in continua evoluzione.

L'osmosi fra la musica e la tecnica ha oggi influito fortemente sulla fantasia umana, ma non è opportuno semplificare la loro sussidiarietà in un loro risolutivo affratellamento nella musica elettronica. È sempre consigliabile discernere tra la tecnica musicale e quella delle apparecchiature, altrimenti ci si troverebbe un giorno a non saper più distinguere il compito dell'ingegnere da quello del compositore.

Con il consumismo imperante anche la musica ha subito la mercificazione del suo «prodotto» (creazione) e parafrasando un noto cantautore, fortunatamente «non sono solo canzonette». Tutt'altro, è un mezzo potente di comunicazione tra le diverse generazioni e tra gli stessi coevi.

La musica è in primo luogo espressione del pensiero di chi o di coloro che la fanno e come tale va vissuta e come tale pervade altri pensieri con i quali si mette in sintonia o distonia. Pertanto, «Sentire» la musica non è sufficiente per cogliere la sua funzione. Suonarla e sentirla sono momenti susseguenti che corrono il rischio di essere svuotati di tutto il loro significato se prima non si riflette e si conosce il loro valore. Il suonare non è la riproduzione lenta o veloce delle note sul pentagramma ma piuttosto ciò che le emozioni riescono ad imprimere alle dita che toccando corde o tasti esprimono quanto pulsa nel cuore dell'essere umano comunicandolo ai suoi simili.

Il sentire non è il semplice stimolo dell'organo dell'udito e dei suoi apparati ma è l'ascoltare, è il vibrare profondo del proprio essere sotto l'effetto delle note musicali.

La storia stessa della musica è una storia sociale cioè di relazione.

Platone la concepiva come strumento di educazione morale e civile vietandone nella «Repubblica» un uso snervante e sensuale. Per Aristotele la musica era descrizione di sentimenti altrui, in ovvia contrapposizione con i propri.

I Romani facevano della musica un uso voluttuario e pratico risolvendo con il «rumore» delle armi la necessità di mantenere un conveniente assetto sociale.

Nel suo recente sviluppo, la musica elettronica si è servita sempre più del mezzo microfonico, della musica vocale e strumentale.

Ciò fa supporre un progressivo allargamento della sfera elettronica sia tramite l'uso del microfono, che di altri mezzi. Nella musica non contano tanto i mezzi ma solo l'uso che ne fa il compositore.

Non c'è quindi il minimo pericolo che la musica elettronica possa, con questo arricchimento dei suoni a sua disposizione, violare i suoi stessi principi.

La mia amicizia con Pietro Grossi

di Enore Zaffiri

Agli inizi degli anni '60, a Torino si era formato un gruppo di artisti aderenti al movimento strutturalista. Fu in quel periodo che fondo con Sandro De Alexandris e Arrigo Lora Totino lo Studio di Informazione Estetica con l'intento di promuovere incontri, mostre e sviluppare ricerche interdisciplinari fra le varie correnti artistiche. Nel campo musicale approdo alla musica elettronica elaborando un principio programmatico basato su figure geometriche, principio che posso estendere alla ricerca visiva. È in questo clima di vivo interesse creativo che conosco Pietro Grossi a Firenze in occasione del Festival di Vita Musicale Contemporanea da lui organizzato. Subito ho la sensazione d'aver incontrato un artista dalla forte personalità, aperto alle correnti musicali d'avanguardia con particolare attenzione alle possibilità creative delle nuove tecnologie. Si stabilisce fra noi un rapporto di stima e amicizia. Da Pietro ho stimoli e suggerimenti che mi danno coraggio a continuare il cammino appena intrapreso. Le sue esperienze sonore, basate su rigore matematico, mi inducono a sviluppare quella tecnica di organizzazione sonora che avevo individuato e che dopo oltre trent'anni riprenderò nel campo della computer art. Il tipo di organizzazione minimalista, che stava alla base della nostra ricerca, anticipava di anni il movimento minimalista americano. Grazie a Pietro ho modo di avere

incontri con persone attive nel settore della ricerca sonora e visuale. Da questi incontri nascono opere fatte in collaborazione con operatori visuali (per esempio il “tetrafono” di Grossi – Munari e il “Progetto Q/81” di Zaffiri – Calderara). La musica programmata per un tempo infinito di Pietro mi suggerisce la “musica per un anno” e sulla scia delle sue trascrizioni dei “capricci” di Paganini realizzo un vasto repertorio di opere pianistiche con il pianoforte campionato.

Nel cammino parallelo che abbiamo intrapreso, pur operando indipendentemente e con intenti diversi, ci sono stati molti punti di incontro, culminati, nella seconda metà degli anni '90, nella Computer Art.

Dopo un lungo periodo nel quale sviluppo il connubio musica-immagine, dapprima nel momento strutturalistico elaborando strutture con ferro, plexiglas, luci con retini, passando poi alla Video Arte e alla Video Pittura (utilizzando la telecamera), e nel campo sonoro il percorso dalla musica da laboratorio al sintetizzatore (musica elettronica dal vivo) e poi ai suoni campionati, approdo, sotto lo stimolo di Pietro, al computer per la realizzazione e l'elaborazione delle immagini.

In circa quarant'anni di entusiasmo creativo si è cementata la nostra amicizia che col passare del tempo è diventata sempre più intensa, ricca di esperienze, con particolare attenzione rivolta ai giovani, grazie anche all'attività didattica che abbiamo svolto. A Piero si deve, nel 1965, la prima cattedra di musica elettronica nei Conservatori italiani.

Nella vita, qualche volta, si ha la fortuna di fare degli incontri eccezionali.

HOMEART

di **Pietro Grossi**

*Caro De Simone,
invio in allegato l'intervento che mi ha chiesto.
Il testo non è nuovissimo, ma è sicuramente inedito
e l'argomento, credo, si mantiene di sicura attualità.
Vivissime cordialità.
Pietro Grossi*

“*HOMEART*”

Arte da e per se stessi

Estemporanea

Effimera

Oltre la sfera del giudizio altrui

Breve descrizione di un'esperienza

-Siedo al computer di casa e lo inizializzo.

-Trasferisco in memoria un programma residente in dischetto e lo lancio.

-Fruisco dell'elaborato (suono, segno, colore) e a mio piacere lo interrompo.

-Pongo fine all'esperienza oppure attuo modifiche venutemi alla mente o suggerite dai risultati ottenuti.

Produco da e per me stesso
Accetto lo strumento di cui posso disporre, ne analizzo le possibilità operative e, nell'ambito consentitomi, progetto.

Affidabilità, destrezza, velocità, fantasia - ineguagliabili anche nel caso del più semplice sistema di elaborazione dati - annullano eredità e problemi secolari e mi spronano a utilizzare nei particolari più riposti il terreno di lavoro disponibile. La verifica immediata stimola la ricerca di nuove soluzioni.

Per inclinazione personale progetto prevalentemente programmi ad elaborazione illimitata e, per quanto ne so e me lo consente lo strumento, con coefficienti di variabilità sufficienti a tener vivo il mio interesse.

La soddisfazione delle attese personali costituisce l'essenza dell'operazione che sto descrivendo.

Una sorta di privacy artistica che non attende, non richiede, ignora la reazione altrui. Essa pone in evidenza le potenzialità creative latenti in ognuno di noi, ne promuove lo sviluppo, suggerisce le vie e gli strumenti di lavoro idonei alla libera estrinsecazione dei più appaganti moti della fantasia: i propri.

Questa è, o potrebbe essere, la *HOMEART*: relax mentale e, insieme, momento di impegno per la creazione del proprio ambiente di lavoro/studio/riposo tramite suono, segno, colore. (Pietro Grossi)

Diario della dissonanza

Note a margine dell'installazione elettronica «Scarlect»

di **Girolamo De Simone**

Giugno 2007. Da un mese è scomparso Giuseppe Chiari. Se ne è andato dopo Pietro Grossi. Soltanto pochi mesi fa era davanti a me, e tracciava su un pezzo di carta una delle sue 'costellazioni': Fluxus, Marcaté, Metzger ed altri nomi inanellati nei suoi ricordi. Ora il padre della musica d'azione italiana non c'è più.

Luglio 2007. Beppe Chiari lo diceva (lo disse fino all'ultimo): la musica è endemicamente in ritardo. Le sue gesta erano “declinate” alla parola Arte, e non alla parola Musica. La nostra storia della musica gli era sempre apparsa brutta, totalmente da riscrivere. E i manuali con storie ispirate a nomi, e non a Movimenti, non gli parevano ben fatti (diceva: perché non scrivere una storia del valzer? perché non raccontare che i tedeschi hanno trasformato la musica da vocale a strumentale per scipparla agli italiani?).

3 agosto. Suonando al pianoforte tutte le dissonanze di Domenico Scarlatti, finalmente liberate, si comprende quella musica osteggiata, considerata difficile dagli altri clavicembalisti del Settecento. Scarlatti non ebbe il successo del padre, che in parte lo oscurò, perché intendeva modellarlo a sua immagine. Ciò spinse Domenico alla dissimiglianza, a ricerche armoniche ardite, tradotte in una eccellenza di scrittura strumentale che fu costretto ad esportare in Spagna. Le Sonate rientrarono in Italia dalla Spagna solo grazie al celebre Farinelli. Una analogia crescente tra la vicenda artistica e personale di “Mimmo” Scarlatti (come amava firmarsi) e quella delle altre memorie inconciliate italiane e segnatamente partenopee si fa sempre più evidente. Un filo rosso lega la storia

di Luciano Cilio, Pietro Grossi, Giuseppe Chiari e, perché no? forse anche la mia...

7 agosto. Sfoglio il libro “Gesti sul Piano” di Chiari. Foto in bianco e nero inquadrata dall'alto, sullo sfondo la tastiera del pianoforte (en blanche et noir). Voglio permutare, triturare, declinare a mia volta il gesto provocatorio, alla luce di questo nuovo grande padre delle memorie inconciliate italiane. Voglio legare questo gesto all'elettronica del pioniere Grossi, alla poeticità del mediterraneo Cilio, alle 'azioni' fluxus di Chiari. Voglio che ci sia il pianoforte, ma non posso usare i materiali già in commercio: grazie al tocco, che è il bel canto dei pianisti, è possibile rendere più gradevoli le dissonanze originarie dei manoscritti del Settecento. La Dissonanza invece deve essere cruda, e davvero 'declinata', mostrando che essa è inclusiva, mentre esclusiva, escludente, resta la consonanza. Consuetudini differenti a cavallo delle epoche hanno prescritto cosa fosse convenevole e cosa no. Ciò dimostra che l'Armonia, propriamente detta, non esiste, e che a pieno titolo dobbiamo usare in ogni momento tecnologie e consapevolezze avanzate, compresa quella della sintesi granulare, della parcellizzazione di suoni e rumori, per poterci davvero affrancare dai manuali.

7 settembre. Ho ormai completato la registrazione al pianoforte dei frammenti più interessanti. Ora si pone il problema della struttura. Sto intanto procedendo a creare una tavolozza di suoni e rumori, diverse centinaia di gradazioni, variazioni, sfumature cromatiche di senso. Cerco, nonostante tutto, una coesistenza e contemporaneità di voci differenziate. Non vorrei cristallizzare gli eventi, né darne versioni definitive. Vorrei si trattasse di una installazione e non di una composizione. Ovvero che il caso, quello però predeterminato di Cage, vi svolgesse un ruolo, ma che tuttavia la somma di tanti tasselli, la loro successione, fosse pensata in modo da 'funzionare': produrre talvolta silenzio nello spazio di destinazione (che immagino come un tempio, ove si rappresenta

la Memoria e la Dissonanza), talvolta rumore, talvolta complesse sovrapposizioni accordali.

10 settembre. La sintesi granulare aiuta: è un procedimento che lascia intravedere, in filigrana, la provenienza dei campioni sonori, che nel mio caso è sempre il pianoforte. E tuttavia trasforma quei suoni, originariamente di Scarlatti, in qualcosa d'altro: come se esplodessero. Se dovessi cercare un paragone in letteratura, penserei a Michaux.

12 settembre. La moltiplicazione di suoni e visioni deve essere post-pop, lanciare oltre il sè, ma paradossalmente partire da una profonda introspezione. Questo procedimento fu descritto magnificamente da Otto Weininger, che comprese cosa volesse dire Kant nelle vertiginose congetture che dalle prassi giungono alle regole più astratte della ragione.

Ottobre. Ho prodotto infine quattro fonti sonore stereo, ed una solo monofonica. Ciascuna è indipendente dalle altre. Ciascuna prevede silenzi, anche di quindici, trenta secondi. Ciascuna ha durata differente dalle altre. Esse poggiano su un 'bordone', ovvero su una sorta di suono ancestrale, che rappresenta il *continuum*. Una sorta di gigantesco OM.

Faccio una simulazione: tutti gli schermi video producono suoni ed immagini. Un proiettore lascia andare il bordone, abbinato al video più astratto. Mi perdo per qualche tempo (forse due ore) nei loop, nelle ripetizioni dei dischi, che tuttavia generano musica sempre differente nel tempo. Capisco ora che forse si è trattato di una ricerca d'acqua. Che ho cercato sottigliezza e soluzione. Una sorta di 'non movimento' sempre cangiante in grado di accogliere, proteggere, riscaldare. Per diluirmi e forse perdermi.