

Francesco Maria Paradiso

# **DALLE ONDE AI BYTE**

Elementi di informatica, tecnologie musicali, composizione elettroacustica

**RUGGINENTI**

DALLE ONDE AI BYTE

Elementi di informatica, tecnologie musicali, composizione elettroacustica

di Francesco Maria Paradiso

© 2014 by RUGGINENTI EDITORE, Milano  
I-20139 MILANO, via Giuseppe Scalarini, 8  
[www.rugginenti.it](http://www.rugginenti.it)  
[info@rugginenti.it](mailto:info@rugginenti.it)

Redazione e impaginazione AC, Cesano Maderno  
Immagine di copertina @Getty Images

È vietata la riproduzione, anche parziale o ad uso interno o didattico,  
con qualsiasi mezzo effettuata, non autorizzata.

Finito di stampare  
nel mese di settembre 2014 presso  
Press Grafica s.r.l.  
Gravellona Toce (VB)

Printed in Italy

ISBN 978-88-7665-654-5  
RE 10241

# INDICE

---

. Prefazione	V
. Introduzione	VII
. Dalle Onde ai Byte. Contenuti ed obiettivi	XI
<b>Capitolo 1 - Elementi di informatica di base</b>	
. L'informazione automatica	1
. L'informazione automatica. Una rivoluzione di trasformazione	2
. Informatica musicale e discipline elettroacustiche: organizzazione della materia	3
. Informatica. Definizioni	4
. Concetto di algoritmo	5
. Linguaggi di programmazione	8
. Linguaggi di programmazione per la musica	11
. Il computer come sistema. Dati e informazioni	13
. Il calcolatore (computer system)	14
. Hardware	15
. Software	17
. Unità di misura dell'informazione	18
. Unità di misura periferiche di output	21
. Sistemi numerici posizionali: decimale, binario, esadecimale	22
. Numeri binari e bit	24
. Il trattamento delle informazioni nei computer	26
. Concetto di segnale. Segnale digitali, segnali analogici	27
. Le informazioni musicali: segnali audio, modalità di controllo, segni grafici	29
. La musica nell'informatica	30
<b>Capitolo 2 – Elementi di acustica fisica</b>	
. La sinusoide semplice	34
. Moto armonico semplice, moto circolare uniforme	35
. La forma d'onda (sinusoide) e il timbro	37
. La lunghezza d'onda e il periodo	38
. L'ampiezza	39
. La frequenza	40
. La fase	41

. Propagazione di un'onda sonora	42
. Misure e parametri fisici. Ricapitolazione	45

### Capitolo 3 - Elementi di audio digitale

. Il concetto di segnale	48
. Segnale analogico e segnale digitale	49
. Il segnale audio: la frequenza	50
. La rappresentazione nel dominio del tempo: l'ampiezza	52
. La rappresentazione nel dominio della frequenza: lo spettro	53
. La fase	55
. La catena elettroacustica	56
. La rappresentazione analogica del segnale	58
. La rappresentazione digitale del segnale	62
. La rappresentazione digitale e il bit	64
. La conversione analogico-digitale digitale-analogia	68
. Il campionamento	69
. Teorema del campionamento	71
. Aliasing (Fold-over)	73
. La quantizzazione	75
. Elementi di Psicoacustica: forma d'onda e timbro	81
. Onde complesse, rappresentazione nel dominio del tempo e della frequenza	82
. Cenni sul Teorema di Fourier	83
. Lo spettro di un segnale	85
. Procedimenti per l'analisi dello spettro: sonogrammi e spettrogrammi	86
. L'inviluppo di un segnale	88

### Capitolo 4 - Elementi di protocollo MIDI

. La rappresentazione del suono. La musica e il MIDI.	90
. Informazione, comunicazione, linguaggio: la rappresentazione dell'audio e della musica	91
. I livelli di rappresentazione della musica	92
. I livelli di rappresentazione: differenze fra l'audio e la musica	96
. Operare con l'audio, operare con la musica	98
. Il protocollo MIDI	99
. MIDI il protocollo ed il collegamento	101
. Collegamenti MIDI e ricapitolazioni di audio digitale	102

. Collegamenti MIDI e sistemi numerici posizionali (decimale, binario, esadecimale)	103
. La rappresentazione delle informazioni con i numeri: word digitale	106
. Il protocollo e il sistema di comunicazione MIDI: master e slave, ricapitoliamo	109
. Le tipologie di informazioni MIDI (canali, song, tracce, patch, nota, tempo, altezza, sincronizzazione, modi)	110
. La codifica e la struttura generale dei messaggi MIDI	114
. La classificazione dei messaggi	116
. Channel Message, il messaggio di canale	117
. Channel Message, esempio di messaggi: Note on e Note Off	118
. Channel Message, analisi di un messaggio: Note On	119
. I canali MIDI	121
. Channel Voice Message e Channel Mode Message	122
. Channel Voice Message analisi di un messaggio: Channel pressure (After Touch di canale)	125
. Channel Voice Message: Note On, Note Off, After Touch Polifonico, ecc.)	124
. Cenni sul General MIDI	126
. Alcune specifiche di compatibilità per dispositivi MIDI	127
. Channel Voice Message: Control Change	128
. Modi e Channel Mode Message	129
. System Message: i messaggi di sistema	131
. System Real Time Message	132
. Conclusioni	133

## **Appendice I – Laboratorio di tecnologie informatiche per la elaborazione della musica e del suono con software libero Audacity®**

. L'elaborazione digitale del segnale audio	136
. Audacity® 2.0.5	137
. La creazione di un file di progetto	139
. L'interfaccia utente di Audacity	140
. La creazione di una traccia e la generazione di un segnale	141
. Le informazioni sulla traccia	142
. Le visualizzazioni della forma d'onda	143
. La esportazione di un segnale	144
. La saturazione di un segnale	145
. La modificazione della forma d'onda	146
. La lettura e la rappresentazione dello spettro	148
. Creare i battimenti	150
. Utilizzare gli effetti, cambiare la velocità	151

. Utilizzare gli effetti, cambiare il tempo	153
. Utilizzare gli effetti, cambiare l'intonazione	154
. L'equalizzazione	155
. I filtri passa-alto e passa-basso	156
. La rimozione dei disturbi	157
. Aliasing ed effetto di foldover	158
. Utilizzare gli effetti, le operazioni sulla dinamica, amplificazione statica e dinamica	161
. La normalizzazione	163
. Hard Limiter	164
. Compressione della gamma dinamica	165
. Utilizzare gli effetti, Wah-wah	166
. Utilizzare gli effetti, i ritardi, Phaser	168
. Utilizzare gli effetti, Eco	170
. Utilizzare gli effetti, Delay	171
. Utilizzare gli effetti, Riverbero	172
. Utilizzare gli effetti, Inverti (Invert) e Rovescia (Reverse)	175
. Utilizzare gli effetti, Ripeti e Tremolo	176
. La qualità dell'audio digitale	177
. Il formato dei progetti Audacity	180
. I formati di esportazione	181

#### **Appendice II – Esempi di composizione elettroacustica.**

. Il comporre musicale nell'età dell'informatica	184
. Francesco Maria Paradiso, <i>Mediterraneo 36.2</i> , per clarinetto e 'live electronics, analisi dell'opera	185
. Francesco Maria Paradiso, <i>Profili d'onda</i> , per vibrafono preparato e computer tape (sound file digitale), analisi dell'opera	189

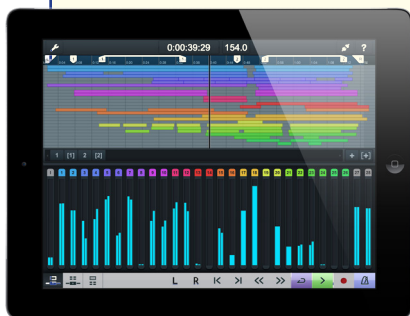
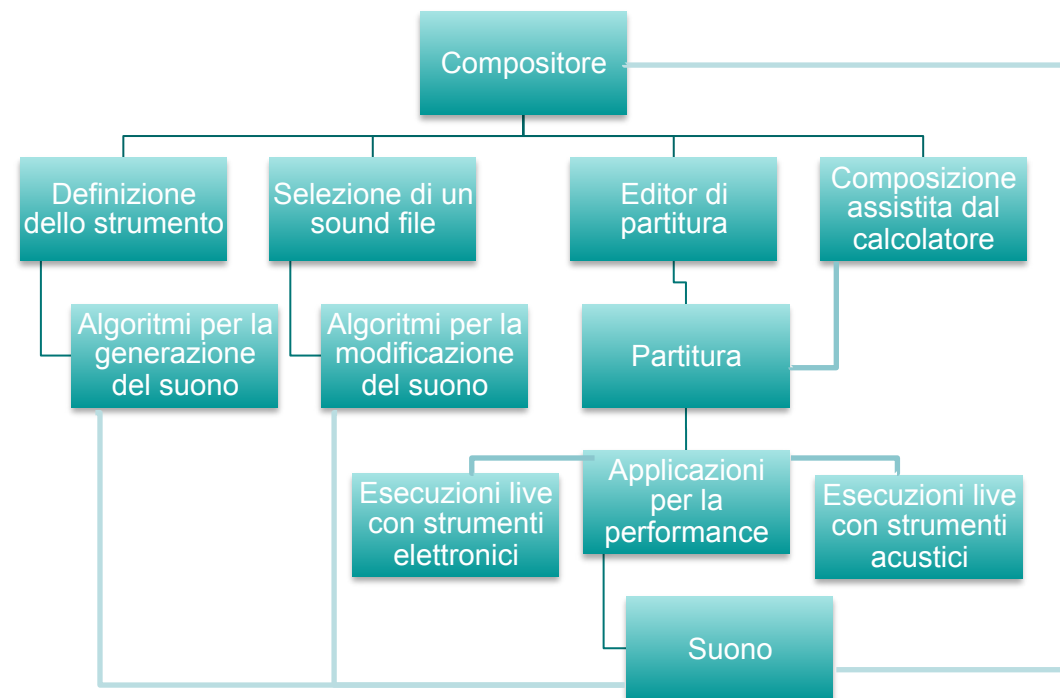
# LA MUSICA NELL'INFORMATICA: DIVERSI MODI D'IMPIEGO

## LO STRUMENTO E IL METODO

Le applicazioni e i dispositivi elettronici per la computer music e la musica elettroacustica hanno mutato i metodi e gli obiettivi del comporre.

Il compositore crea il suo proprio suono attraverso svariate modalità di lavoro. Sceglie o definisce lo strumento virtuale per la scrittura degli algoritmi di sintesi del suono; sceglie o definisce gli **algoritmi** (filtri, ecc.) per la trasformazione di **campioni sonori** (sound file); scrive ed elabora la partitura tramite **editor** di notazione e/o scrive ed elabora la partitura tramite programmi di composizione assistita dal calcolatore (**CAC**).

Le partiture, mediante altre eventuali applicazioni per l'esecuzione e la performance, verranno eseguite da strumenti elettronici e/o strumenti acustici.



# L'ELABORAZIONE DIGITALE DEL SEGNALE AUDIO

L'appendice dedicata alle *Pratiche di tecnologie informatiche applicate al suono ed alla musica* è da considerarsi allo stesso tempo un'introduzione alle operazioni fondamentali di elaborazione del segnale audio ed uno sguardo generale sulle potenzialità offerte dai software dedicati all'editing audio.

Di seguito, i termini con cui John Strawn, in *Foundations of Computer Music*, 1985, definisce l'elaborazione (o il processamento, con un inglesismo) digitale dei segnali audio: *"L'elaborazione digitale del segnale (Digital Signal Processing – DSP) si occupa di segnali, come suono registrato digitalmente, rappresentati come serie di numeri; esplora i cambiamenti che possono essere effettuati in questa serie di numeri. In questo senso, l'elaborazione digitale del segnale (e la teoria che ne sta alla base) può essere ritrovata in ogni aspetto dell'audio digitale"*.

- il **Digital Signal Processing - DSP o Trattamento del segnale numerico**, è l'insieme delle operazioni di trasformazione dei segnali nel dominio digitale.
- In altre parole, con **DSP** si indica il trattamento numerico del segnale attraverso qualsiasi tipo di procedimento digitale che può essere applicato ad un file sonoro, ad un campionamento, ad una registrazione. Lo scopo è di trasformare, con tecnica e stile, il suono.

## APPUNTI

---

---

---

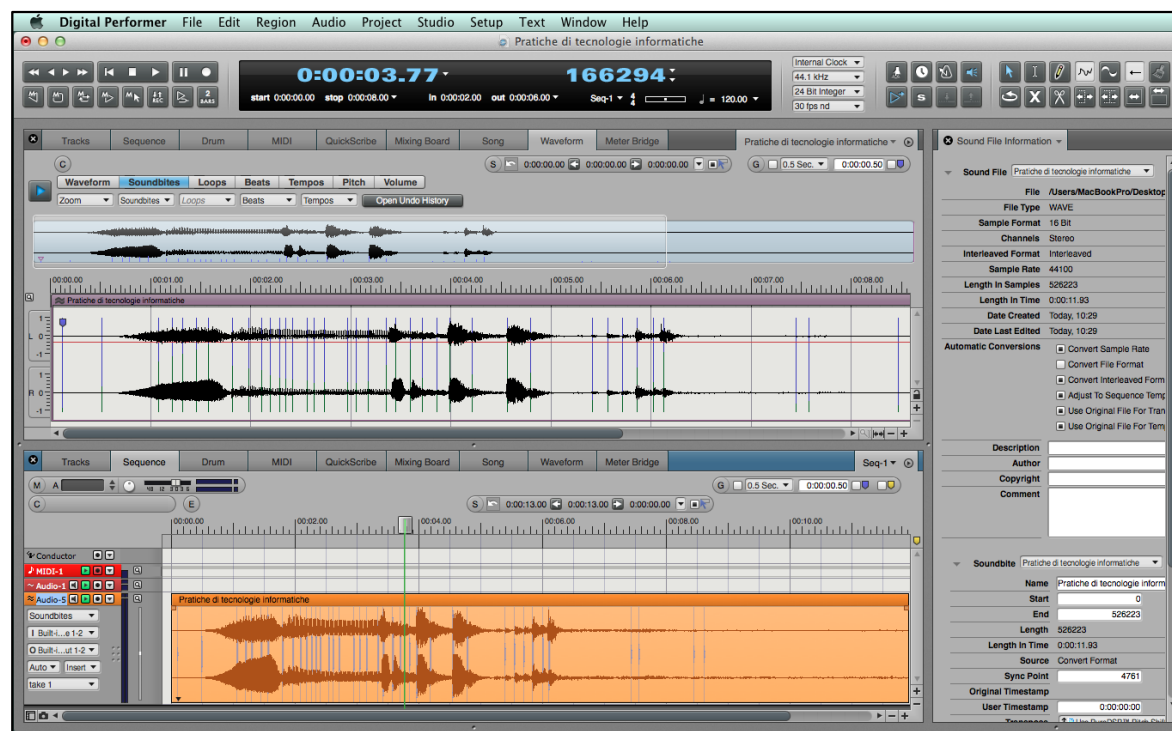
---

---

---

---

---



La finestra di Digital Performer 8.0, 2013 Motu. Le aree di lavoro.

# AUDACITY® 2.0.5

“Un editor per l'audio digitale (Digital Audio Editor, anche Sound Editor o Sound Sample Editor) è una applicazione che consente di modificare un segnale audio sia esso campionato o sintetizzato”.

(Cfr. V. Lombardo, A. Valle, *Audio e multimedia*, Apogeo, Milano 2008, p. 229).

Per le pratiche di laboratorio è utile confrontare il **manuale di Audacity 2.0.5** all'indirizzo:

→ <http://manual.audacityteam.org/o/>

Per tutte le operazioni di elaborazione del segnale, l'indice degli effetti, e le funzioni di analisi del suono è utile confrontare Wiki Audacity all'indirizzo:

→ [http://manual.audacityteam.org/o/man/index\\_of\\_effects\\_generators\\_and\\_analyzers.html](http://manual.audacityteam.org/o/man/index_of_effects_generators_and_analyzers.html)

Argomento dell'Appendice prima:

## Pratiche di tecnologie informatiche destinate alla elaborazione della musica e del suono.

- Le pratiche di laboratorio audio sono proposte e sviluppate con **Audacity®**, software gratuito e libero.
- Un software gratuito e libero offre l'autonomia di uso del programma per qualsiasi scopo personale, commerciale e didattico. Permette di essere installato su un qualsiasi numero di computer, permette la libertà di studio del suo funzionamento e la possibilità di migliorarlo e condividerlo con altri.
- **Audacity** è una applicazione multiplatforma scritta in linguaggio **C++ (linguaggio di programmazione orientata agli oggetti)**. L'interfaccia grafica è creata con **libreria wxWidgets**. Il software è sviluppato da un team di programmatori secondo il modello open-source.
- I programmi sono denominati software **open source** quando il codice sorgente del programma è disponibile a chiunque lo voglia studiare ed usare.
- Tutto il codice sorgente di Audacity è rilasciato secondo la **GNU General Public License (GPL)**. Sotto i termini della GNU General Public License è permesso a chiunque di modificare il codice sorgente avendo l'obbligo di rendere disponibili gli avanzamenti compiuti. Il codice sorgente è ospitato dalla piattaforma e sito SourceForge.

→ **Scarica Audacity®** all'indirizzo: <http://audacity.sourceforge.net/>



# LA CREAZIONE DI UN FILE DI PROGETTO

Per un glossario di tecnologie musicali e le operazioni di editing audio, generazione ed analisi del suono, è utile consultare il sito EARS - ElectroAcoustic Resource Site all'indirizzo:

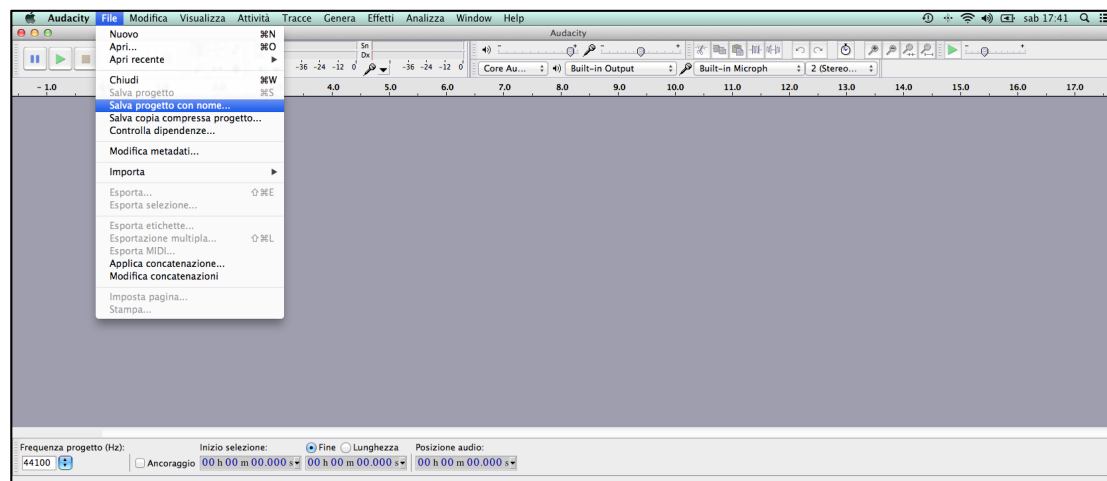
→ <http://www.ears.dmu.ac.uk/spip.php>

Per un glossario di acustica è utile consultare il sito Fisica, Onde, Musica all'indirizzo:

→ <http://fisicaondemusica.unimore.it/Glossario.html>

- L'apertura di Audacity, come quella di un qualsiasi software dedicato all'audio, genera la creazione di un nuovo progetto di default. Si procede con il salvataggio del progetto.
- Dalla barra dei menù si accede al menù **File** e dall'elenco contenuto nella finestra si seleziona **Salva progetto con nome...**
- Il salvataggio del progetto crea un file .aup, che solo Audacity è in grado di aprire e che contiene le informazioni relative al progetto.
- In generale, una componente essenziale di ogni editor è l'interfaccia utente. Benché ogni programma presenti una propria interfaccia specifica tutti sfruttano la metafora del registratore analogico. Oltre alla barra dei controlli è usuale l'impiego di termini come traccia e canale, così come la visualizzazione di cursori (fader), manopole e indicatori di volume che riprendono il funzionamento di un mixer/registratore analogico.

## APPUNTI

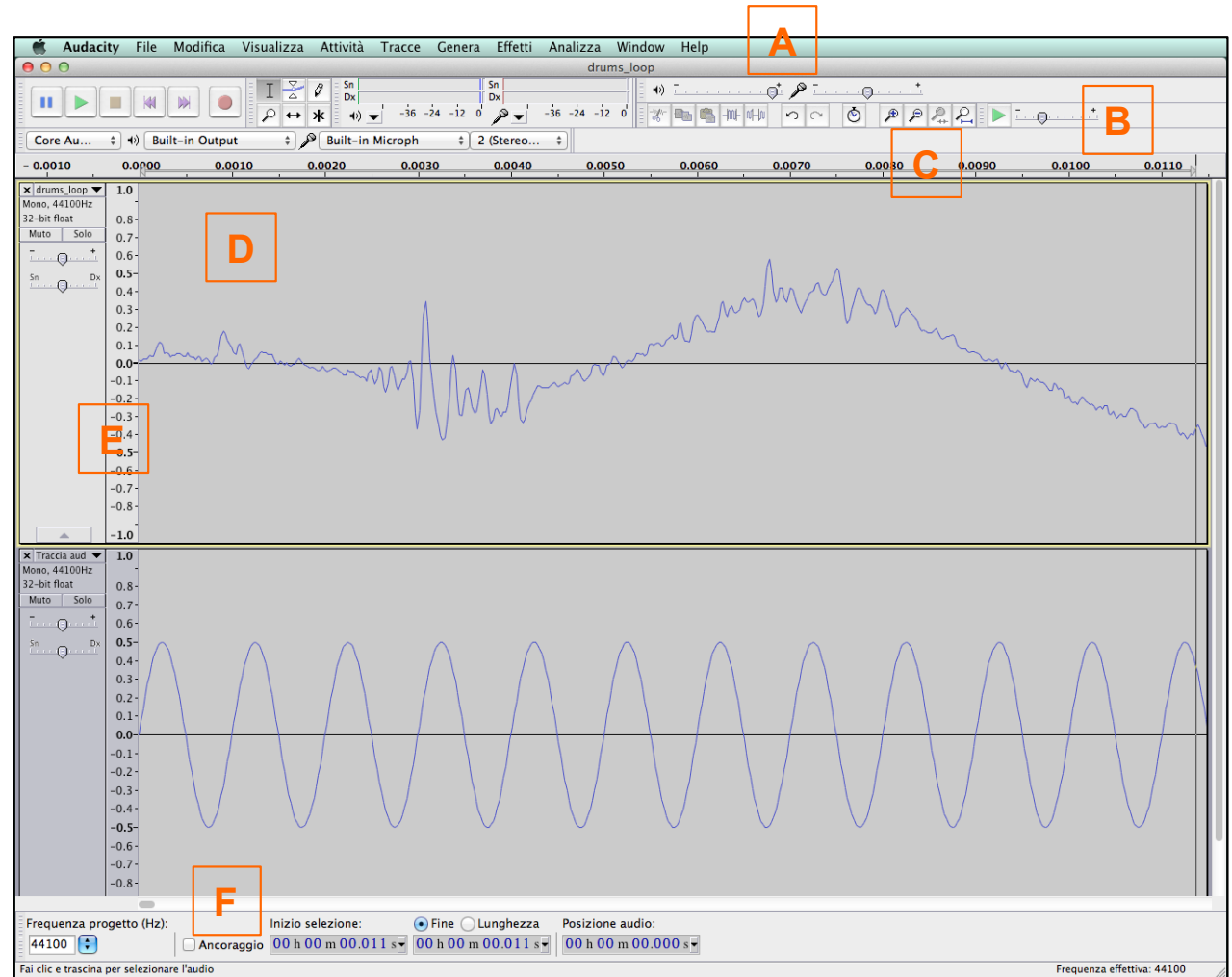


La finestra di lavoro di Audacity® e la creazione di un file di progetto.

# L'INTERFACCIA UTENTE DI AUDACITY

La figura mostra l'*interfaccia utente* del programma. Nel dettaglio alla lettera:

- **A)** *La barra dei menù.*
- **B)** *Le barre degli strumenti (Toolbar). A sinistra in alto le icone per il controllo della riproduzione e registrazione audio, di seguito le icone di editing.*
- **C)** *La linea del tempo (Timeline).*
- **D)** *La traccia audio.*
- **E)** *La scala di valori di ampiezza del segnale (fra -1.0 e 1.0)*
- **F)** *Gli indicatori di selezione audio.*



Interfaccia utente di Audacity. Le due tracce audio e i segnali mono: aperiodico e sinusoidale.

# LA CREAZIONE DI UNA TRACCIA E LA GENERAZIONE DI UN SEGNALE

## GENERARE UN TONO

Dal menù **Genera** -> scegliere -> **Tono**

Generiamo un segnale sinusoidale, ossia una singola frequenza di 440 Hz. (nota La in linguaggio internazionale A) con valore di ampiezza 0.5 e durata di due (2) secondi.

## APPUNTI

L'obiettivo è di creare una traccia mono (un canale) nel progetto.

- Dal menù **File** -> scegliere -> **Salva progetto con nome...**
- Dal menù **Tracce** -> scegliere -> **Aggiungi nuova** -> **Traccia audio**
- **Selezionare la traccia** con un click sull'area che contiene le informazioni relative alla traccia stessa.

