JSYN

(slide: A. Baratè)

LA LIBRERIA JSYN

- JSyn è una libreria per la sintesi audio in Java, utilizzabile per generare suoni, effetti, ambienti audio e musica
- Il paradigma è quello delle unità singole che possono essere connesse tra loro per creare suoni e ambienti complessi
- Si può usare per ambienti desktop ma anche per lo sviluppo Android
- È disponibile con licenza Apache V2, il codice è presente su GitHub
- http://www.softsynth.com/jsyn/

IMPORTARE JSYN

- Per utilizzare l'API di JSyn in un progetto NetBeans:
  - Si scarica il file jar dal sito ufficiale in una cartella del progetto (ad esempio creando `libs`)
  - Si aggiunge il file jar tra i riferimenti del progetto:
    - Tasto destro nell'area Projects su Libraries
    - Add JAR/Folder
    - Si seleziona il file jar
    - Si importa nel sorgente con `import com.jsyn...`
      - `import com.jsyn.*`
        - Classe base e interfaccia sintetizzatore
      - `import com.jsyn.swing.*`
        - Classi dedicate a componenti swing (come la manopola)
      - `import com.jsyn.unitgen.*`
        - Generatori (come l'oscillatore sinusoidale)

PRIMI PASSI

- La prima cosa che occorre fare in JSyn è creare un sintetizzatore:
  - `Synthesizer synth = JSyn.createSynthesizer();`
- Per avviare poi il sintetizzatore creato si usa uno dei suoi metodi seguenti, che creano un thread in background per la generazione della sintesi audio:
  - start(): usa un frame rate di 44100 Hz e un output stereo
  - start(int frameRate): usa il frame rate specificato e un output stereo
  - start(int frameRate, int inputDeviceID, int numInputChannels, int outputDeviceID, int numOutputChannels)
    - frameRate, numInputChannels, numOutputChannels: autoesplicativi!
    - inputDeviceID, outputDeviceId: si può usare per entrambi la costante AudioDeviceManager.USE_DEFAULT_DEVICE per il dispositivo di input/output di default oppure selezionare un particolare device (usando l'interfaccia AudioDeviceManager)
- Quando il programma termina, fermare il sintetizzatore con il suo metodo stop()

UNIT GENERATOR

- Dopo aver creato l'oggetto `Synthesizer` per produrre suoni occorre creare degli Unit Generator, che possono essere di diversi tipi:
  - Aritmetici e logici
  - Di controllo
  - Filtri
  - Rumore
  - Oscillatori e generatori
  - Trattamento campioni
  - Vari

- Tutti derivano dalla classe UnitGenerator (com.jsyn.unitgen.UnitGenerator)

- Uno dei più importanti è LineOut, che si occupa di mandare l'audio in output

UNIT GENERATOR

- I generatori devono essere creati e aggiunti al sintetizzatore con il metodo add(). Ad es.:

```
SineOscillator osc = new SineOscillator();
synth.add(osc);
LineOut lineOut = new LineOut();
synth.add(lineOut);
```

- Esiste anche il metodo remove(), che rimuove uno unit generator precedentemente aggiunto. Ad es.:

```
synth.remove(osc);
```

COLLEGARE UNIT GENERATOR

- Gli unit generator possono essere connessi tra loro, in modo che l'output di uno di essi possa fungere da input di un altro

- Gli unit generator possono avere una proprietà `input` e una proprietà `output`

- Ogni output può essere connesso a diversi input e ogni input può avere in ingresso diversi output (che vengono in questo caso sommati tra loro)

COLLEGARE UNIT GENERATOR

- Per connettere tra loro gli unit generator si utilizza il metodo connect. Ad es.:

```
noise.output.connect(filter.input);
```

- Alcuni unit generator hanno porte costituite da più *parti (parts)*, ad es. LineOut, che ha 2 input, uno per il canale sinistro e uno per il destro:

```
osc.output.connect(0, lineOut.input, 0);
```

  (il primo e il terzo parametro corrispondono rispettivamente alla parte di output (in questo caso l'oscillatore ha una sola parte) e alla parte di input del secondo parametro (in questo caso il canale sinistro))

- Per scollegare uno unit generator da un altro si usa il metodo disconnect, specificando l'input da cui scollegarlo, oppure il metodo disconnectAll. Ad es.:

```
osc.output.disconnect(lineOut.input);
osc.output.disconnect(0, lineOut.input, 0);
osc.output.diconnectAll();
```

IMPOSTAZIONE DI PARAMETRI

- La maggior parte degli unit generator posseggono delle *porte* che controllano la loro operatività. Le proprietà `input` e `output` viste prima sono gli esempi più comuni (`input` è di classe `com.jsyn.ports.UnitInputPort`, mentre `output` è di classe `com.jsyn.ports.UnitOutputPort`). Altri esempi: SineOscillator possiede le due porte di input `frequency` e `amplitude`.

- Per impostare una porta si può usare il metodo set(). Ad es.:

```
osc.frequency.set(440.0); // Frequenza in Hz
osc.amplitude.set(0.5);   // Ampiezza tra 0..1
```

- Usando il metodo connect si possono impostare i valori delle porte all'output di altri unit generator, invece che a costanti. Ad es.:

```
osc2.frequency.set(2);
osc2.output.connect(osc.amplitude);
```

AVVIARE GLI UNIT GENERATOR

- Il sintetizzatore produce i suoni che arrivano dagli unit generator che sono stati avviati con il metodo `start()`

- Non è però necessario avviare esplicitamente tutti gli unit generator: quando uno di essi viene fatto partire, preleva i dati dai suoi input, facendo implicitamente partire gli unit generator connessi

- Questo significa che normalmente basta avviare l'ultimo unit generator della catena (e solitamente è LineOut):

```
lineOut.start()
```

TEMPORIZZAZIONE

- Il sintetizzatore di JSyn incorpora un timer interno che parte alla chiamata del suo metodo start()

- Per conoscere il tempo corrente (in secondi) si utilizza il metodo di Synthesizer `double getCurrentTime()`

- Per mettere in sleep il processo del sintetizzatore ci sono 2 metodi:

  `synth.sleepFor(double duration)`

  blocca la generazione per `duration` secondi (si può accumulare ritardo)

  `synth.sleepUntil(double time)`

  blocca la generazione fino al tempo d'esecuzione `time`

  (Nota: per entrambi i metodi va gestita l'eccezione `InterruptedException`)

SCHEDULAZIONE

- Per schedulare delle operazioni si possono usare i metodi che ricevono in input parametri di tipo com.softsynth.shared.time.TimeStamp, che rappresenta un istante di tempo del sintetizzatore

- Un oggetto TimeStamp si può ottenere:
  - dal costruttore `TimeStamp(double time)`, che crea un istante passandogli un parametro in secondi
  - da Synthesizer, usando il metodo `TimeStamp createTimeStamp()`, che crea un istante con l'attuale tempo di esecuzione

- TimeStamp possiede il metodo `TimeStamp makeRelative(double delta)`, che restituisce un nuovo istante situato `delta` secondi nel futuro

SCHEDULAZIONE

- Esempi di metodi che ricevono in ingresso un TimeStamp:
  - `start(TimeStamp timeStamp)`
    Avvia un unit generator al tempo specificato
  - `stop(TimeStamp timeStamp)`
    Ferma un unit generator al tempo specificato
  - `noteOn(double freq, double ampl, TimeStamp timeStamp)`
    Negli oscillatori (com.jsyn.unitgen.UnitOscillator) suona una “nota” al tempo specificato
  - `noteOff(TimeStamp timeStamp)`
    Negli oscillatori (com.jsyn.unitgen.UnitOscillator) ferma la generazione
  - `set(double value, TimeStamp timeStamp)`
    Nelle porte di input (com.jsyn.ports.UnitInputPort) imposta il valore al tempo specificato
- Esempio di schedulazione di un parametro:

```
TimeStamp timeStamp = synth.createTimeStamp();
TimeStamp futureTime = timeStamp.makeRelative(5.0);
osc.frequency.set(220.0, futureTime);
```

ESEMPIO: GENERAZIONE SINUSOIDE

(PlayTone.java)

```
public class PlayTone {
  Synthesizer synth;
  UnitOscillator osc;
  LineOut lineOut;

  private void test() {
    synth = JSyn.createSynthesizer();
    synth.start();
    synth.add(osc = new SineOscillator());
    synth.add(lineOut = new LineOut());
    osc.output.connect(0, lineOut.input, 0);
    osc.output.connect(0, lineOut.input, 1);
    osc.frequency.set(345.0);
    osc.amplitude.set(0.6);
    lineOut.start();
    System.out.println("You should now be hearing a sine wave");
    try {
      double time = synth.getCurrentTime();
      System.out.println("time = " + time);
      synth.sleepUntil(time + 4.0);
    } catch (InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
    }
    System.out.println("Stop playing");
    synth.stop();
  }

  public static void main(String[] args) {
    new PlayTone().test();
  }
}
```

ESEMPIO: GENERAZIONE NOTE

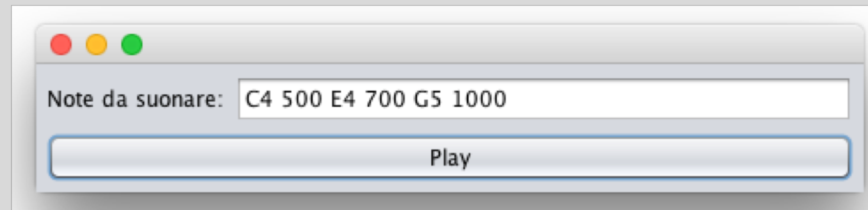
(PlayNotes.java)

```
public class PlayNotes {
  Synthesizer synth;
  SineOscillator osc;
  LineOut lineOut;

  private void test() {
    synth = JSyn.createSynthesizer();
    synth.add(osc = new SineOscillator());
    synth.add(lineOut = new LineOut());
    osc.getOutput().connect(0, lineOut.input, 0);
    osc.getOutput().connect(0, lineOut.input, 1);
    synth.start();

    double timeNow = synth.getCurrentTime();
    TimeStamp timeStamp = new TimeStamp(timeNow + 0.5);
    lineOut.start(timeStamp);
    double freq = 220.0;
    double timeBetweenNotes = 1.0;
    double noteDuration = 0.3;
    osc.noteOn(freq, 0.5, timeStamp);
    osc.noteOff(timeStamp.makeRelative(noteDuration));
    timeStamp = timeStamp.makeRelative(timeBetweenNotes);
    freq *= 3.0 / 2.0; // up a perfect fifth
    osc.noteOn(freq, 0.5, timeStamp);
    osc.noteOff(timeStamp.makeRelative(noteDuration));
    timeStamp = timeStamp.makeRelative(timeBetweenNotes);
    freq *= 4.0 / 3.0; // up a perfect fourth
    osc.noteOn(freq, 0.5, timeStamp);
    osc.noteOff(timeStamp.makeRelative(noteDuration));

    try {
      synth.sleepUntil(timeStamp.getTime() + 2.0);
    } catch (InterruptedException e) {
      e.printStackTrace();
    }
    synth.stop();
  }

  public static void main(String[] args) {
    new PlayNotes().test();
  }
}
```

ESERCIZIO

(PlayNotesSwing.java)

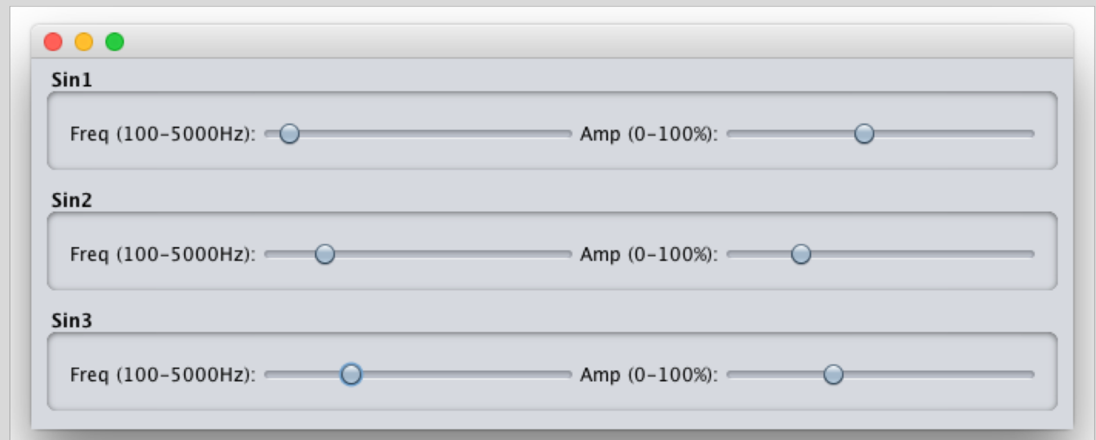
- Creare un'applicazione Swing che suoni una serie di note scritte in una casella di testo
- Si usi un oscillatore sinusoidale per la produzione delle note
- Il formato delle note nella casella di testo è il seguente: "nO time nO time nO time...", dove n è una nota (C,D,E,F,G,A,B), O è l'ottava, time espresso in millisecondi è il tempo di play della nota scritta prima



ESERCIZIO

(Additive.java)

- Creare un'applicazione Swing per la sintesi additiva: 3 segnali sinusoidali con frequenze e ampiezze diverse vengono sommati per formare un suono risultante
- Per la gestione di frequenze (in Hertz) e ampiezze (in percentuale) usare il componente Swing JSlider
  - Dalla palette di NetBeans è possibile aggiungerlo al JFrame
  - I parametri principali (accessibili dalle proprietà del controllo) sono minimo, massimo e valore attuale (minimum, maximum e value, settabili con i metodi `setMinimum()`, `setMaximum()` e `setValue()`)
  - Il valore corrente è restituito dal metodo `int getValue()`
  - L'evento di modifica della posizione è ChangeEvent (evento stageChanged in NetBeans)
- Alla modifica di un'ampiezza, per evitare clipping, occorre diminuire automaticamente gli altri 2 slider per arrivare alla somma del 100% massimo



USO DI CAMPIONI AUDIO

- Per utilizzare campioni audio per la riproduzione è disponibile la classe com.jsyn.data.AudioSample

- I campioni possono essere letti da file, caricati da uno stream o creati algoritmicamente

- Esistono due sottoclassi di AudioSample:
  - com.jsyn.data.FloatSample: i dati sono numeri floating point a 32 bit (più usato)
  - com.jsyn.data.ShortSample: i dati sono interi short a 16 bit

CARICAMENTO DI CAMPIONI

- Per caricare campioni audio nelle strutture dati è presente la classe com.jsyn.util.SampleLoader, che ha i seguenti metodi principali (tutti statici):
  - `FloatSample loadFloatSample(java.io.File fileIn)`
  - `FloatSample loadFloatSample(java.io.InputStream inputStream)`
  - `FloatSample loadFloatSample(java.net.URL url)`

- Esempi:

```
File sampleFile = new File("guitar.wav");
FloatSample sample = SampleLoader.loadFloatSample(sampleFile);
```

CREAZIONE MANUALE DI CAMPIONI

- I campioni si possono anche creare algoritmicamente, usando uno dei costruttori di FloatSample:
  - FloatSample(int numFrames): segnali mono della lunghezza passata in ingresso
  - FloatSample(int numFrames, int channelsPerFrame): segnali multi-canale della lunghezza passata in ingresso
  - FloatSample(float[] data): segnali mono con i dati passati in ingresso
  - FloatSample(float[] data, int channelsPerFrame): segnali multi-canale con i dati passati in ingresso
- Esempio: creazione di un'onda quadra di 100Hz

```
float[] data = new float[44100];
float value = 1.0f;
for (int i = 0; i < data.length; i++) {
  data[i] = value;
  if (i  % 441 == 0)
    value = -value;
}
FloatSample sample = new FloatSample(data);
```

SUONARE CAMPIONI AUDIO

- Per suonare un campione audio caricato o generato si possono usare due classi:
  - com.jsyn.unitgen.VariableRateMonoReader: per segnali mono
  - com.jsyn.unitgen.VariableRateStereoReader: per segnali stereo

- Esempio:
```
VariableRateMonoReader samplePlayer = new VariableRateMonoReader();
```

- Entrambe le classi leggono i campioni ad una frequenza variabile e interpolano campioni vicini

- Per impostare la frequenza di lettura dei frame si usa la porta rate. Ad es.:
```
samplePlayer.rate.set(sample.getFrameRate() * 2);
```
  Legge al doppio del frame rate originale, quindi riproduce un'ottava sopra

- Queste classi hanno una porta speciale chiamata dataQueue, che riceve campioni in ingresso per produrre il suono

ACCODARE CAMPIONI AUDIO

- Per accodare campioni audio sulla porta dataQueue sono disponibili – tra gli altri – i suoi metodi:
  - queue(SequentialData queueableData): accoda i campioni passati
  - queue(SequentialData queueableData, int startFrame, int numFrames): accoda numFrames campioni passati, partendo dalla posizione startFrame
  - queueLoop(SequentialData queueableData): accoda i campioni passati mandando in loop la lettura
  - queueLoop(SequentialData queueableData, int startFrame, int numFrames): accoda numFrames campioni passati, partendo dalla posizione startFrame, mandando in loop la lettura
  - queueLoop(SequentialData queueableData, int startFrame, int numFrames, int numLoops): accoda numFrames campioni passati, partendo dalla posizione startFrame, mandando in loop la lettura per il numero di volte specificato

ACCODARE CAMPIONI AUDIO

- Quando si accodano campioni audio si possono prendere gli stessi da più "sorgenti": essi verranno suonati nell'ordine di inserimento in coda
- Quando viene specificato un loop senza impostare il numero di ripetizioni, esso continua fino a quando viene aggiunto qualche altro campione in coda. In altre parole, quando il sistema incontra un loop lo esegue, e ogni volta alla fine dello stesso controlla se ci sono altri dati successivi in coda: se non ci sono ritorna all'inizio del loop, altrimenti continua con i dati seguenti
- Un esempio di utilizzo quando si opera su un campione che ha una fase d'attacco lunga attackSize frame, una fase di sustain lunga sustainSize frame e una fase di release lunga releaseSize frame potrebbe essere il seguente:

```
samplePlayer.dataQueue.queue(mySample, 0, attackSize);
samplePlayer.dataQueue.queueLoop(mySample, attackSize, sustainSize, 5);
samplePlayer.dataQueue.queue(mySamp, attackSize + sustainSize, releaseSize);
```

ESEMPIO: GENERAZIONE ONDA QUADRA

(PlaySquare.java)

```
public class PlaySquare {
  Synthesizer synth;
  UnitOscillator osc;
  LineOut lineOut;
  VariableRateDataReader samplePlayer;

  private void test() throws InterruptedException {
    synth = JSyn.createSynthesizer();
    synth.start();
    synth.add(lineOut = new LineOut());
    lineOut.start();
    float[] data = new float[44100];
    float value = 0.7f;
    for (int i = 0; i < data.length; i++) {
      data[i] = value;
      // cambia segno ogni 441 valori (100Hz visto che il sample rate è 44100 di default)
      if (i  % 441 == 0)
        value = -value;
    }
    FloatSample sample = new FloatSample(data);
    synth.add(samplePlayer = new VariableRateMonoReader());
    // imposta la velocità di lettura dei frame
    // al doppio del frame rate: 8va
    samplePlayer.rate.set(sample.getFrameRate() * 2);
    samplePlayer.output.connect(0, lineOut.input, 0);
    samplePlayer.output.connect(0, lineOut.input, 1);
    samplePlayer.dataQueue.queueLoop(sample, 0, sample.getNumFrames(), 1);
    do {
      synth.sleepFor(1.0);
    } while (samplePlayer.dataQueue.hasMore());
    synth.stop();
  }

  public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
    new PlaySquare().test();
  }
}
```

ESEMPIO: PLAY DI UN FILE AUDIO

(PlaySample.java)

```
public class PlaySample {
  Synthesizer synth;
  VariableRateDataReader samplePlayer;
  LineOut lineOut;
  private void test() throws IOException, InterruptedException {
    synth = JSyn.createSynthesizer();
    synth.start();
    synth.add(lineOut = new LineOut());
    File sampleFile = new File("beep.wav");
    FloatSample sample = SampleLoader.loadFloatSample(sampleFile);
    if (sample.getChannelsPerFrame() == 1) {
      synth.add(samplePlayer = new VariableRateMonoReader());
      samplePlayer.output.connect(0, lineOut.input, 0);
    } else if (sample.getChannelsPerFrame() == 2) {
      synth.add(samplePlayer = new VariableRateStereoReader());
      samplePlayer.output.connect(0, lineOut.input, 0);
      samplePlayer.output.connect(1, lineOut.input, 1);
    } else {
      throw new RuntimeException("Formato non supportato");
    }
    samplePlayer.rate.set(sample.getFrameRate());
    lineOut.start();
    samplePlayer.dataQueue.queue(sample);
    do {
      synth.sleepFor(1.0);
    } while (samplePlayer.dataQueue.hasMore());
    synth.sleepFor(0.5);
  }
  public static void main(String[] args) throws IOException, InterruptedException {
    new PlaySample().test();
  }
}
```

ESERCIZIO

(PlaySampleSwing.java)

- Creare un'applicazione Swing che suoni una serie di intervalli scritti in una casella di testo
- Si carichi un file audio contenente il campione da riprodurre
- Il formato delle note nella casella di testo è il seguente: "i1 i2 i3", dove "in" è un intervallo in semitoni rispetto alla nota base del campione (può essere negativo)
- Si consideri il file audio come "nota di partenza", su cui poi effettuare le esecuzioni dipendenti dagli intervalli della casella di testo
- Le esecuzioni del campione si susseguono una dopo l'altra; da notare che anche il tempo di esecuzione dipende dalla velocità di lettura del campione: a note più alte corrisponde un minore tempo di esecuzione

INVILUPPI

- Spesso è necessario controllare i parametri alla base degli unit generator con degli *inviluppi* che descrivano l'evoluzione del parametro
- Il caso più comune è l'inviluppo d'ampiezza di un suono, con le varie fasi di attacco, decadimento, sostegno e rilascio (ADSR)
- In JSyn si può usare la classe com.jsyn.data.SegmentedEnvelope, che descrive un inviluppo come serie di segmenti di linee
- La creazione di un inviluppo è simile alla creazione di un campione audio, la differenza è che in questo caso il singolo frame contiene coppie di valori che descrivono durata e valore
- Per creare un nuovo inviluppo, si può definire un array di double, formato da coppie di valori indicanti:
  - Quanto tempo occorre per arrivare al valore specificato
  - Il valore a cui arrivare, a partire dal valore del frame precedente

INVILUPPI

- Una volta creato l'array di valori, si crea un nuovo SegmentedEnvelope con il relativo costruttore
- Esempio:

```
double[] data = {
    0.02, 1.0,  // duration,value pair for frame[0]
    0.30, 0.1,  // duration,value pair for frame[1]
    0.50, 0.7,  // duration,value pair for frame[2]
    0.50, 0.9,  // duration,value pair for frame[3]
    0.80, 0.0   // duration,value pair for frame[4]
};
SegmentedEnvelope envelope = new SegmentedEnvelope(data);
```

In questo esempio l'inviluppo parte da 0 (default) e arriva al valore 1.0 in 0.02 secondi, poi passa al valore 0.1 in 0.30 secondi, poi al valore 0.7 in 0.50 secondi, ecc.

USO DI INVILUPPI

- Per usare un inviluppo per il controllo di un parametro di un unit generator occorre creare un lettore di inviluppo come il già visto VariableRateMonoReader
- Al lettore creato vengono accodati i dati dell'inviluppo con i metodi queue e queueLoop
- Ad esempio, partendo dall'inviluppo creato in precedenza:

```
VariableRateMonoReader envPlayer = new VariableRateMonoReader();
envPlayer.dataQueue.queue(envelope);
envPlayer.output.connect(osc.amplitude);
```

crea un player, accoda i dati dell'inviluppo e li usa per controllare l'ampiezza di un oscillatore. In alternativa alla seconda riga:

```
envPlayer.dataQueue.queue(envelope, 0, 3);
envPlayer.dataQueue.queueLoop(envelope, 1, 2, 5);
envPlayer.dataQueue.queue(envelope, 3, 2);
```

presenta una fase d'attacco di 0.02+0.30+0.50 secondi, poi crea un loop di 5 ripetizioni che fa variare i valori tra 0.1 e 0.7 in 5 * (0.30+0.50) secondi, per poi presentare una fase di release di 0.50+0.80 secondi

ESERCIZIO

(PlayToneADSRSwing.java)

- Creare un’applicazione Swing che presenti un solo pulsante Play, alla cui pressione/rilascio venga suonato un segnale sinusoidale con un certo inviluppo d’ampiezza
- L’inviluppo deve presentare:
  - un attacco della durata di 0.02 secondi, fino al valore d’ampiezza di 0.9
  - un decadimento della durata di 0.1 secondi, fino al valore d’ampiezza 0.7
  - un sostegno che dura fino al rilascio del pulsante
  - un rilascio della durata di 0.5 secondi

- Suggerimenti:
  - alla pressione del pulsante è opportuno svuotare la coda dell’inviluppo con il metodo dataQueue.clear()
  - per intercettare il pulsante premuto/rilasciato si possono usare i gestori degli eventi mousePressed e mouseReleased

INPUT DA MICROFONO

- Per usare l'input del segnale microfonico occorre specificare il numero di canali di ingresso quando si avvia il sintetizzatore:

```
synth.start(44100,
AudioDeviceManager.USE_DEFAULT_DEVICE, 2,
AudioDeviceManager.USE_DEFAULT_DEVICE, 2);
```

- Se si tratta di un segnale stereo, per ottenere l'input audio si usa LineIn:

```
synth.add(lineIn = new LineIn());
```

- LineIn ha una porta `output` che veicola il segnale in ingresso

PITCHDETECTOR E MULTIPLY

- L'unità com.jsyn.unitgen.PitchDetector si può usare per stimare la frequenza di un segnale
- PitchDetector possiede le porte:
  - input: unica porta di input, riceve il segnale da analizzare
  - frequency: porta di output con la frequenza stimata
  - period: porta di output con il periodo stimato
  - confidence: porta di output che indica l'accuratezza presunta dell'operazione di stima della frequenza (tra 0 e 1)

- Ci sono molti altri unit generator, anche semplicemente dedicati a svolgere operazioni aritmetiche o logiche. Ad esempio esiste Multiply, che ha due porte di input (inputA e inputB) e una porta di output in cui viene mandata la somma inputA+inputB

ESERCIZIO

(PitchDetectorTest.java)

Creare un’applicazione che:

- Riceva in input il segnale microfonico
- Effettui il riconoscimento del pitch del segnale microfonico
- Crei due segnali audio sinusoidali in uscita (uno per il canale sinistro e uno per il canale destro), la cui frequenza sia la metà e il doppio del pitch riconosciuto

Suggerimento: si usi la porta confidence di PitchDetector per controllare l'ampiezza delle sinusoidi