

## Sintetizador Digital

Neste primeiro exercício-programa (EP), exercitaremos a sintetização de sinais acústicos e a sua manipulação para a criação de melodias, além de avaliar o papel da frequência de amostragem no sinal digital resultante. Existem 7 notas musicais fundamentais que são comumente representadas usando a notação silábica (Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si) ou a notação alfabética (C, D, E, F, G, A, B). Um instrumento musical possibilita a criação de melodias utilizando as notas fundamentais e vários de seus oitavos (múltiplos das frequências fundamentais). Por exemplo, no piano, existem 88 teclas, que correspondem a 7 conjuntos de oitavos das notas fundamentais. Cada nota musical equivale a uma frequência distinta.

Sintetizadores de música utilizam formas analógicas ou digitais para sintetizar notas musicais e suas combinações de forma artificial. Já instrumentos musicais reais produzem sons caracterizados pela vibração de cordas ou por ondas de pressão através de suas estruturas físicas. Neste EP, nós exploraremos a criação de um sintetizador digital simples, onde utilizaremos a notação alfabética para a representação das notas musicais e a utilização de envelopes acústicos para simular o timbre de diferentes instrumentos.

### Envelope acústico

O envelope acústico é uma das formas utilizadas para modular a amplitude de um som para produzir um timbre característico de um instrumento musical. O envelope acústico com perfil ADSR linear é um dos envelopes mais comumente utilizados (Fig. 1). O ataque (Attack) é a fase inicial do som. Quando o executante bate em um tambor, inicia uma arcada em um violino, sopra um clarinete, ele inicia o ataque. O tempo para ir do silêncio até a intensidade total da nota. Em alguns casos, após o ataque o som sofre um

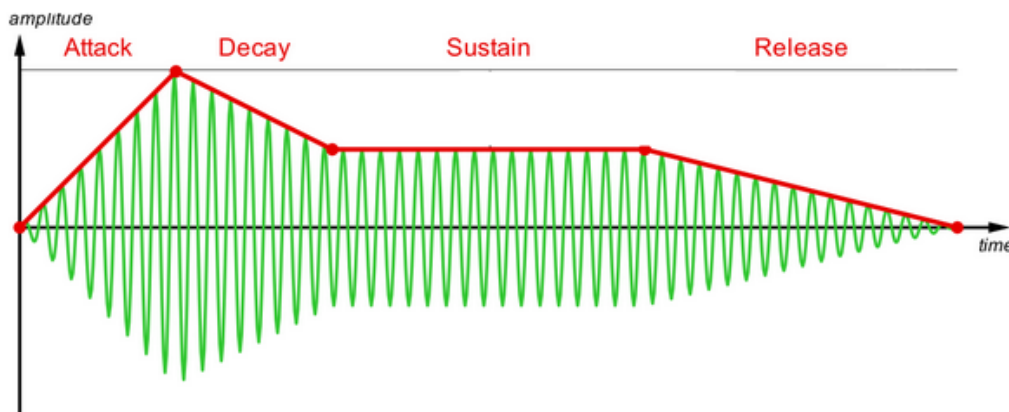


Figura 1: Envelope acústico ADSR de uma onda senoidal de frequência única. O eixo horizontal representa tempo e o eixo vertical, a amplitude do sinal (level).

decaimento (Decay) de intensidade antes de se estabilizar. Em um instrumento de sopro, por exemplo, isso pode se dever à força inicial necessária para colocar a palheta em vibração, após o que, a força para manter a nota soando é menor e ocorre um decaimento até a intensidade desejada. Normalmente o decaimento é um fenômeno muito rápido (de alguns centésimos a menos de um décimo de segundo). Decaimentos costumam

acontecer principalmente em instrumentos de cordas tais como o piano e de percussão. A sustentação (Sustain) corresponde ao tempo de duração da nota musical. Na maior parte dos instrumentos este tempo pode ser controlado pelo executante. Alguns instrumentos (principalmente os de percussão) não permitem controlar a duração. Em alguns casos o som nem chega a se sustentar e o decaimento inicial já leva o som diretamente ao seu relaxamento. O relaxamento ou repouso (Release) equivale à fase final da nota, quando a intensidade sonora diminui até desaparecer completamente. Pode ser muito rápido, como em um instrumento de sopro, quando o instrumentista corta bruscamente o fluxo de ar ou quando a pele de um tambor é silenciada com a mão. Também pode ser muito lento, como em um gongo ou um piano com o pedal de sustentação acionado. Em um sintetizador, se desejarmos reproduzir o som de um instrumento real, ele

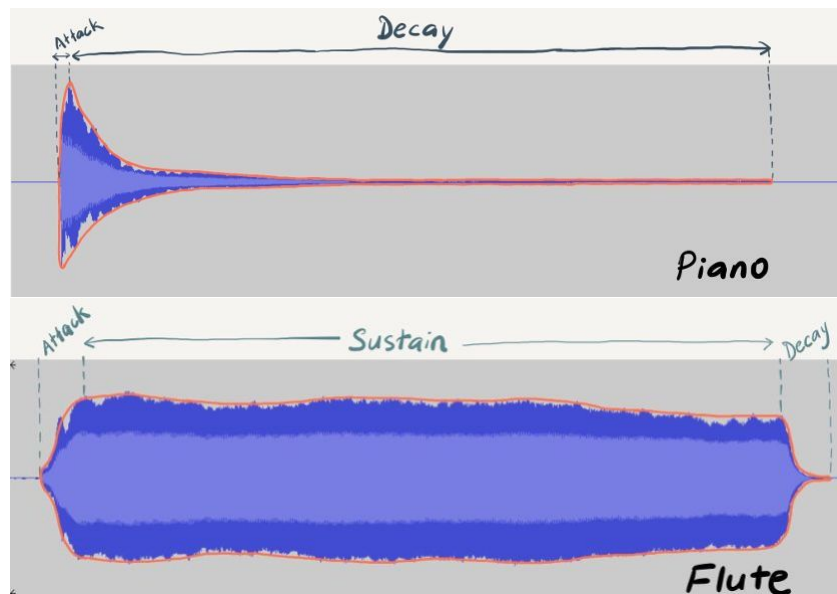


Figura 2: Envelope ADSR de um piano e uma flauta. Observe a diferença entre as diferentes fases.

deve reproduzir o mais fielmente possível o envelope deste instrumento (Fig. 2). Para que o som produzido se pareça com o som de um instrumento de cordas, percussão, sopro, etc, o músico deve ajustar os tempos do perfil ADSR, controlando a duração de cada um destes períodos.

Para sintetizar uma nota musical, basta criar uma onda senoidal de frequência correspondente à nota desejada, com amplitude unitária, e especificar a sua duração, normalmente em milissegundos. Na prática, precisamos também dizer quantas amostras serão geradas por segundo. A amplitude dessas amostras deverão então ser moduladas pelo envelope ADSR. Neste EP, exploraremos a criação de diferentes envelopes que correspondem à diferentes instrumentos e criaremos algumas melodias.

## Enunciado

Você deverá criar um programa em Python, que receberá como entrada um arquivo do tipo (.adsr) que conterá parâmetros do envelope ADSR desejado, um outro arquivo (.part) que indicará as notas a serem geradas, e finalmente um valor escalar correspondente a frequência de amostragem em  $Hz$ . O seu programa deverá criar um arquivo do tipo .wav, com dois canais de 16 bits (unsigned short) cada um, contendo as amostras sonoras. Você poderá escutar a melodia criada com qualquer aplicação que reproduza arquivos .wav. Para tanto, você poderá utilizar somente as bibliotecas Numpy, Scipy e Wave. Abaixo segue um exemplo de execução:

```
$ ./main.py piano.adsr 44100 < frere_jacques.part > frere_jacques.wav
```

onde piano.adsr contém as durações e amplitudes para cada fase do envelope:

```
0.1 1.0
0.2 0.5
0.6 0.1
0.1 0.0
```

e o arquivo `frere_jacques.part` contém as notas musicais e respectivas durações da melodia:

```
32
F4 G4 A4 F4 F4 G4 A4 F4 1000
A4 Bb4 C4 A4 Bb4 C4 1000
C4 D4 C4 Bb4 500
A4 F4 1000
C4 D4 C4 Bb4 500
A4 F4 1000
F4 C4 F4 F4 C4 F4 1000
```

O primeiro valor corresponde a número de notas musicais no arquivo, e cada nota é representada pelas letras de A a G seguidas de um número de -1 a 9, correspondente à oitava. Você poderá também incluir o símbolo `#` para indicar uma nota sustenida ou `b` para um bemol. Exemplos: `A#4`, `Gb5`. Cada linha do arquivo deverá ter pelo menos uma nota, e sempre termina com a duração em milisegundos. Consulte a tabela em [https://en.wikipedia.org/wiki/Scientific\\_pitch\\_notation](https://en.wikipedia.org/wiki/Scientific_pitch_notation) para transcrever as notas e oitavas em frequências.

## Resultados a serem entregues

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Código-fonte interpretável (Python)</li><li>• Três arquivos ADSR representando 3 diferentes instrumentos</li><li>• Duas melodias que possam ser reproduzidas com seus instrumentos virtuais</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Exemplo demonstrando o efeito de <i>aliasing</i>, com a combinação de <code>adsr</code>/melodia e frequência de amostragem;</li><li>• Dependências: outros recursos usados para o funcionamento da sintetizador.</li></ul> |
|---|--|

## Avaliação

A avaliação será modular (pontuação ganha por cada item). Cada item pode contribuir com zero (não atingiu satisfatoriamente), 50% (atingiu parcialmente) ou 100% (atingiu satisfatoriamente) de sua pontuação para o total. Você poderá fazer o EP individualmente ou em grupo de até 2 pessoas. Você deverá entregar um arquivo `.zip` contendo toda a sua solução, incluindo um arquivo `README` que mencione os membros da equipe e descreva a sua solução. Favor entregar somente um arquivo por grupo. Qualquer sinal de plágio resultará em nota 0 para todos os envolvidos, então não mostre seu código a ninguém.

### Tabela de avaliação:

1. **(2,0 pts)** Programa corretamente lê arquivos `.adsr` e `.part`
2. **(2,0 pts)** Programa corretamente gera arquivo `.wav`
3. **(2,0 pts)** Programa corretamente faz a amostragem
4. **(2,0 pts)** Incluso três arquivos `.adsr` e duas melodias em formato `.part`
5. **(2,0 pts)** Incluso exemplo e descrição de *aliasing*