

# Práctica 5 - Síntesis FM

1<sup>st</sup> Jaume Colom Hernandez  
Universitat Politècnica de Catalunya - ETSETB  
Processament audio i veu  
Barcelona, España  
jaumecolomhernandez@gmail.com

2<sup>nd</sup> Miquel Martinez Blanco  
Universitat Politècnica de Catalunya - ETSETB  
Processament audio i veu  
Barcelona, España  
mbmiquel@gmail.com

**Abstract**—En esta práctica se implementará un sintetizador de música mediante Frecuencia Modulada y notación MIDI.

**Index Terms**—Procesado, audio, voz, C++, síntesis, programación.

## I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta práctica es implementar un sintetizador de música, el cual se ayudará de una librería de instrumentos virtuales (basados en síntesis FM) y un fichero de entrada que contendrá la partitura en formato Csound, una notación simplificada basada en MIDI.

## II. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

El sistema de generación de audio consiste de varios bloques, se ilustran a continuación y se explican brevemente.

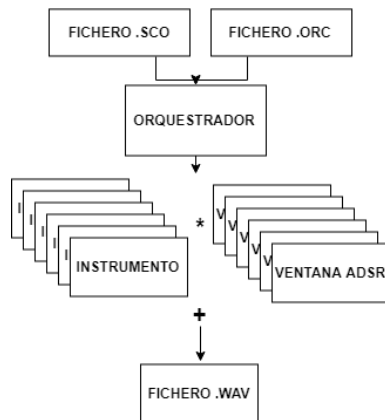


Fig. 1. Esquema de bloques funcionamiento

### A. Orquestador

El orquestador del sistema lee la partitura, el fichero .sco, el fichero con los distintos instrumentos, el fichero .orc, y se encarga de generar los diversos instrumentos de la obra y los sonidos.

Para cada instrumento tiene el tiempo inicial, tiempo final, parámetros de la ventana ADSR, velocidad(potencia) y el canal MIDI que tiene que gestionarlo. Para cada muestra suma los valores de los diferentes instrumentos en esa muestra y lo escribe en el fichero .wav.

Para sintetizar los instrumentos utiliza los instrumentos ya compilados previamente. Estos instrumentos están definidos en

el fichero .orc que indica que ejecutable es y los parámetros del mismo.

### B. Instrumentos

Los instrumentos son utilizados por el orquestador a la hora de generar el fichero, donde pide un buffer y mezcla las generadas por los distintos instrumentos.

En el instrumento se define dos funciones, `command()` donde se inicializan los valores del instrumento en cuestión, el volumen, el step de la fase en cada muestra y algunas variables más. En la función `synthesize()` se define como generar las muestras.

### C. Ventana ADSR

Cuando generamos la señal tiene una forma lineal, para darle forma se utiliza una ventana envolvente para modificarla. Se emplean varios parámetros para definir el comportamiento, a continuación se explican brevemente.

Los parámetros de la ADSR (Attack, Decay, Sustain, Release) nos ayudan a definir la forma de la señal envolvente.

- **Attack.** Es el tiempo que transcurre desde que se emite el sonido hasta que se alcanza su punto de máxima amplitud.
- **Decay.** Tiempo que transcurre desde que la señal desciende del punto de máxima amplitud hasta una zona de amplitud constante.
- **Sustain.** Tiempo durante el que se mantiene en la zona estacionaria.
- **Release.** Tiempo desde el que la señal empieza a descender hasta que desaparece.

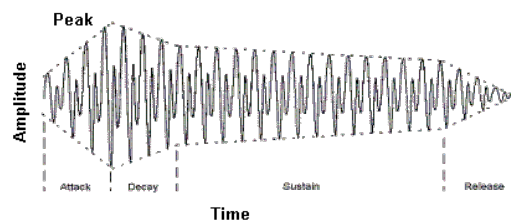


Fig. 2. Zonas de los parámetros ADSR

### III. ASPECTOS IMPLEMENTACIÓN

#### A. El formato Csound

El formato Csound es un formato muy parecido al MIDI. MIDI, Musical Instrument Digital Interface, es un estándar para la descripción de ficheros musicales en formato digital. Permite que varios instrumentos musicales electrónicos, ordenadores y otros elementos se comuniquen entre ellos.

Tiempo	CMD	Canal	Parám. 1	Parám. 2
0	9	2	39	80
80	9	1	67	80
46	8	2	39	64
17	8	1	67	64
16	9	1	70	80
0	9	2	63	80
0	9	2	58	80
42	8	1	70	64
11	9	1	75	80

Fig. 3. Extracto de fichero Csound

Las notas musicales se representan mediante un numero positivo entero comprendido entre 0 y 127- requiere 7 bits. Con este rango se pueden cubrir 11 octavas. El 0 representa la C y el 127 el 9G.

Octava número	Nota número											
	C	Db	D	Eb	E	F	Gb	G	Ab	A	Bb	B
-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
4	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
5	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
6	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
7	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
8	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
9	120	121	122	123	124	125	126	127				

Fig. 4. Tabla de notas MIDI

Otro parámetro es la velocidad, cada vez que se toca una nota el sintetizador reproduce la señal con un valor entre 0 y 127. Cuanto más cerca de 127 más fuerte es el sonido. Con este parámetro se pueden definir notas con diversos niveles de volumen.

Para conseguir la frecuencia a la que modular el instrumento se parte de la función de representación de la nota en MIDI, la primera expresión. Y se aísla el parámetro  $f_0$ , segunda expresión.

$$m = 69 + 12 \log_2(f_0/440)$$

$$f_o = 440 * 2^{(m-69)/12}$$

#### B. Instrumento tono fijo

Primero implementamos un instrumento de síntesis simple, hace uso de la fase de una señal sinusoidal.

Se parte de una señal constante, a continuación, y posteriormente se aplica la ventana ADSR.

$$x[n] = A \sin(2\pi F_0 n)$$

#### C. Instrumento con tono modulado

La modulación de frecuencia es una de las formas de hacer síntesis de sonido. Ésta consiste en variar la frecuencia de una señal (la portadora) respecto a otra (portadora), generando una onda modulada en frecuencia.

$$x[n] = A \sin(2\pi F_0 + I \sin(2\pi F_m n))$$

La frecuencia instantánea es la portadora + fase de la frecuencia de la moduladora.

$$x[n] = F_c + I F_m \cos(2 * \pi * F_m t)$$

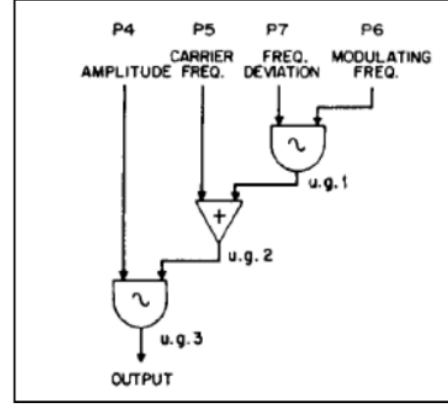


Fig. 5. Esquema de síntesis de sonido con modulación de frecuencia y ventana ADSR

### IV. APLICACIÓN A LA CANCIÓN YOU'VE GOT A FRIEND IN ME - TOY STORY

Para evaluar el sistema decidimos escoger una canción y trabajarla para conseguir el mejor resultado posible. En nuestro casa decidimos por la canción de Toy Story - You've got a friend in me.

Hemos elegido esta canción por que es bastante compleja, en la versión original se escuchan varios instrumentos que suenan al unísono, pero solo tiene dos instrumentos en la implementación en Csound. Así que los instrumentos que hemos diseñado tienen que poder reflejar estos sonidos diversos para que sea reconocible la canción original.

Escuchando la canción atentamente se deducen dos actores principales. Un tono más agudo, compuesto por un coro de voces femeninas, instrumentos de cuerda y flautas, que dirige la melodía de la canción. Y un tono más grave, compuesto por un bajo y un instrumento de viento (trombón o tuba), este dirige el ritmo de la canción.

Después de mucho experimentar estos son los instrumentos que empleamos para cada uno de ellos:

```
InstrumentFM ADSR_A=0.02; ADSR_D=0.6;
ADSR_S=0.4; ADSR_R=0.1; l=1; m=0.08;
```

```
InstrumentFM ADSR_A=0.05; ADSR_D=0.6;
ADSR_S=0.4; ADSR_R=0.1; l=1; m=0.02;
```

El primero siendo el instrumento más agudo y el segundo el más grave.



Toy Story - You've got a friend in me

Fig. 6. Canción You've got a friend in me

Finalmente conseguimos unos resultados muy acurados y la canción és facilmente reconocible escuchando unos segundos de audio.

#### REFERENCES

- [1] METHODS OF WRITING CSOUND SCORES - Floss Manuals  
<http://write.flossmanuals.net/csound/methods-of-writing-csound-scores/>
- [2] CSound webpage <https://csound.com/get-started.html>
- [3] Canción You've got a friend in me - YouTube  
<https://www.youtube.com/watch?v=LKTU4AarZ7A>