
EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

aplicado a

Audio Units de Core Audio

Versión 3.0

Autores:

Eduardo Hopperdietzel

Camilo Muñoz

Docente:

Eliana Scheihing

Asignatura:

Evaluación de Desempeño (INFO273)

Universidad Austral de Chile

7 de julio de 2021

Introducción	3
Core Audio y Audio Units	4
Diseño del Benchmark	5
Medidas de Desempeño	5
Caracterización de la Carga	6
Dispositivos de Estudio	6
Resultados del Benchmark	7
Comparación con Caso Real	9
Conclusiones	10

Introducción

Core Audio es la interfaz de programación de aplicaciones para el tratamiento de audio del sistema operativo Mac OS X. Se caracteriza por tener un diseño optimizado, el cual permite desarrollar aplicaciones con un rendimiento actualmente superior comparado con otros sistemas operativos.

Esta es la razón por la cual gran parte de ingenieros de sonido, productores musicales, etc, optan por una máquina Apple para realizar su trabajo.

Actualmente existen muchos programas de edición de audio para Mac OS X, conocidos como DAW (Digital Audio Workstation), los cuales son implementados sobre Core Audio.

Todos los DAW tienen la característica en común de simular los antiguos estudios de grabación, donde se utilizaban cintas magnéticas para almacenar audio y consolas analógicas para mezclar el sonido.

Esas cintas magnéticas, por lo general contaban con un número muy limitado de pistas paralelas, impidiendo a los ingenieros de sonido grabar cada instrumento por separado, lo cual les impedía tener un control total sobre el audio.

Por suerte, gracias al avance tecnológico y la gran capacidad de procesamiento que poseen las computadoras contemporáneas, ese límite de pistas ha aumentado, pero hasta cierto punto.

En vez de utilizar cintas magnéticas, los DAW trabajan con archivos de audio digital, donde el grado de libertad de un proyecto entonces viene dado por la cantidad máxima de pistas que pueden ser procesadas simultáneamente.

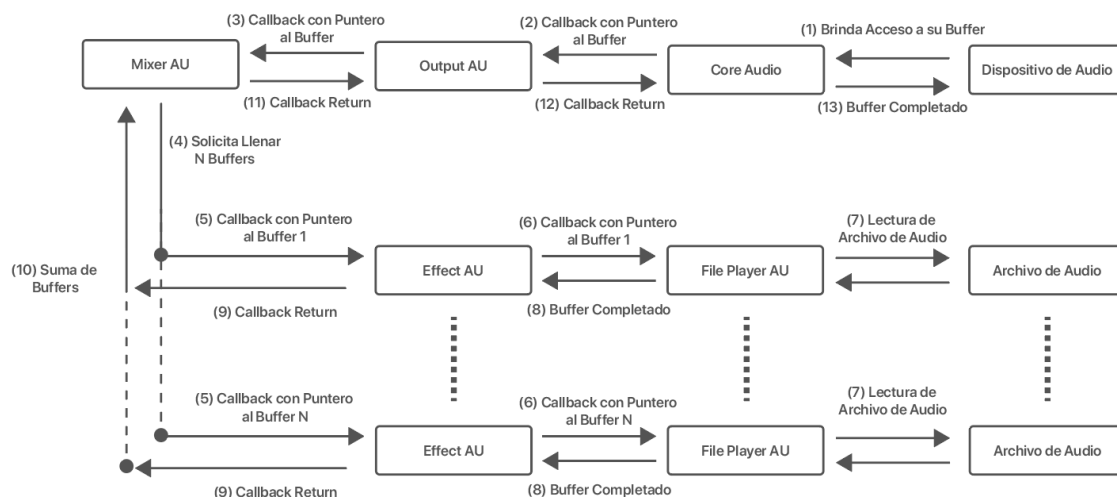
Por lo tanto, tomando el ejemplo de un mixer engineer, quien depende fuertemente de las capacidades de su máquina para llevar a cabo su trabajo. Si un artista lo contacta para mezclar su canción, la cual tiene demasiadas pistas de audio, y su máquina no es capaz de procesarlas, entonces perderá al cliente.

Dicho esto, el objetivo o necesidad real que pretendemos resolver con este estudio es desarrollar un benchmark que permita a músicos, productores, ingenieros de sonido, etc, saber si la máquina que desean adquirir les servirá para llevar a cabo sus proyectos.

Core Audio y Audio Units

Antes de profundizar en cómo diseñamos nuestro benchmark, es necesario comprender cómo funciona Core Audio y Audio Units.

El siguiente diagrama ilustra de forma básica el flujo de procesos que ocurren al trabajar con audio en un DAW:



Como se puede observar, el orden de los procesos es al revés de lo que se pensaría intuitivamente.

Primero, Core Audio, con sus APIs de bajo nivel, obtiene acceso al buffer del dispositivo de audio. Este buffer debe ser completado con muestras de audio en un tiempo limitado, ya que el dispositivo de salida, a una tasa fija, convierte esas muestras en una señal analógica con su digital to analog converter (DAC). Por lo tanto, Core Audio gatilla una función callback con un puntero al buffer, y se la entrega a un Audio Unit de tipo salida de una aplicación a nivel usuario. De la misma forma, el Audio Unit de salida, envía una función callback a otros Audio Units conectados a este, hasta llegar a un Audio Unit de tipo generador quién es el primero en procesar el buffer y retornar.

Existen muchos tipos de Audio Units, en el diagrama se muestran 4 tipos:

El de salida que ya mencionamos, también se muestra uno para mezclar múltiples streams, otro para aplicar efectos y por último uno de tipo generador como sería el File Player AU. Mac OS X brinda una gran cantidad de Audio Units, los cuales son parte del sistema operativo y se utilizan en prácticamente todos los programas de edición de audio.

Diseño del Benchmark

En los proyectos de un DAW, cada pista de audio suele ser procesada por un ecualizador, un compresor de dinámicas, reverb y delay. Estos son los efectos básicos para manipular audio y permiten obtener prácticamente cualquier resultado deseado.

Por lo tanto, nuestro benchmark, cuenta con un Audio Unit de salida, uno de tipo mezclador y un número variable de pistas de audio, cada una con sus propios Audio Units de efectos (un ecualizador, un compresor, un reverb y un delay) y por supuesto su Audio Unit generador que lee su archivo de audio. La idea es lograr imitar lo mejor posible un proyecto de audio de un DAW real.

También, se puede especificar el bit depth y frecuencia de muestreo de las pistas de audio y el tamaño del buffer al momento de ejecutarlo. Para este estudio, se seleccionó un bit depth de 32 bits, una frecuencia de muestreo de 96 KHz y un tamaño de buffer de 64 muestras. Esto con el fin de generar una carga lo más intensa posible en las máquinas estudiadas.

Medidas de Desempeño

El benchmark mide el porcentaje de uso de CPU, la memoria residente (RAM) y el tiempo de procesamiento al reproducir audio utilizando 1 a 64 pistas (incrementalmente). Además de calcular cuál es el número máximo de pistas que soporta una máquina.

Para calcular una aproximación del uso de CPU, registramos el tiempo real (Wall Time), el tiempo de uso de CPU en espacio usuario y espacio kernel antes y después de reproducir audio con N pistas, y obtenemos su valor con la siguiente fórmula:

$$\%CPU = (\Delta T \text{ Espacio Usuario} + \Delta T \text{ Espacio Kernel}) / \Delta T \text{ Real}$$

Para obtener los tiempos, y otras variables, como el resident set size hacemos uso del método [getrusage](#) de POSIX.

Por último, para calcular el tiempo promedio que demora en procesar un buffer con N pistas, medimos el tiempo real al comienzo de la función callback y al retornar, obteniendo la diferencia y posteriormente promediando. Si en alguno de los callbacks, el tiempo de procesamiento es mayor que el tamaño del buffer dividido por la frecuencia de muestreo, entonces se puede decir que el sistema se encuentra saturado y por ende, no se alcanza a completar el buffer y se reproducen artefactos indeseados.

Caracterización de la Carga

Como especificamos previamente, la carga es incremental y consiste en las N pistas de audio de 3 segundos (con repetición) más su procesamiento involucrado. El tamaño de las pistas de audio depende del bitdepth y sample rate especificado al ejecutar el benchmark. En este estudio se seleccionó un bitdepth de 32 bits y frecuencia de muestreo 96 KHz por lo tanto cada pista pesa 1.2 MB.

En cuanto al procesamiento, como Apple no comparte el código fuente de sus Audio Units, no podemos brindar información al respecto. Sin embargo, como en los DAWs se utilizan los mismos Audio Units, creemos que conocer esa información no es relevante para este estudio.

Dispositivos de Estudio

Se realizó el benchmark en dos máquinas Apple:

Un MacBook Pro con procesador 2.2 GHz Quad-Core Intel Core i7 con 256 KB de caché L2 por núcleo y 6 MB de caché L3, RAM de 16 GB 1600 MHz DDR3 y 250 GB de almacenamiento SSD.

Un MacBook Air con procesador 1.8 GHz Intel Core i5 con 256 KB de caché L2 por núcleo (2 núcleos) y 3 MB de caché L3, RAM de 8 GB 1600 MHz DDR3 y 121 GB de almacenamiento SSD.

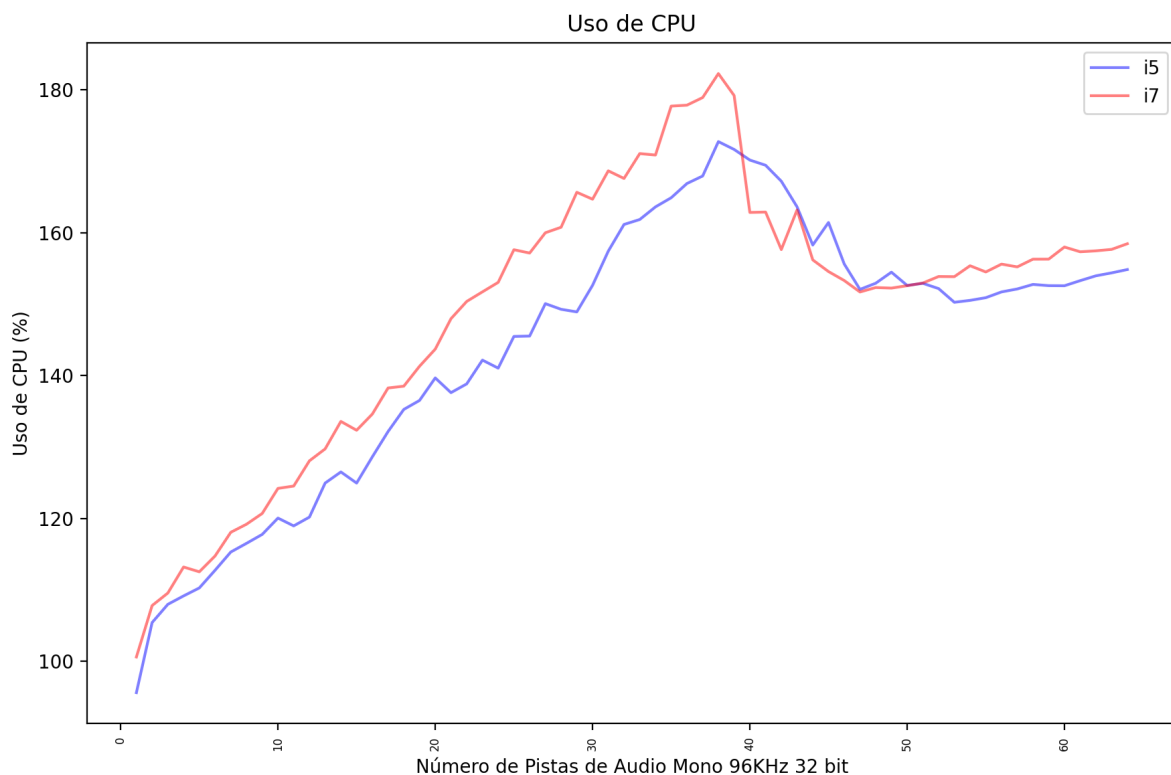
Ambas conectadas a la misma interfaz de audio USB 2.0 Focusrite Scarlett Solo 2nd gen. El benchmark se ejecutó tras reiniciar cada máquina y eliminar la mayoría de procesos no pertenecientes al sistema operativo.

Resultados del Benchmark

La información completa de los resultados de cada máquina se encuentran almacenados en formato CSV en los archivos i5.csv e i7.csv.

En este estudio nos enfocaremos únicamente en el uso de CPU, uso de memoria residente y tiempos de procesamiento del buffer.

El siguiente gráfico muestra el porcentaje de CPU utilizado por ambas máquinas al procesar 1 a 64 pistas de audio.

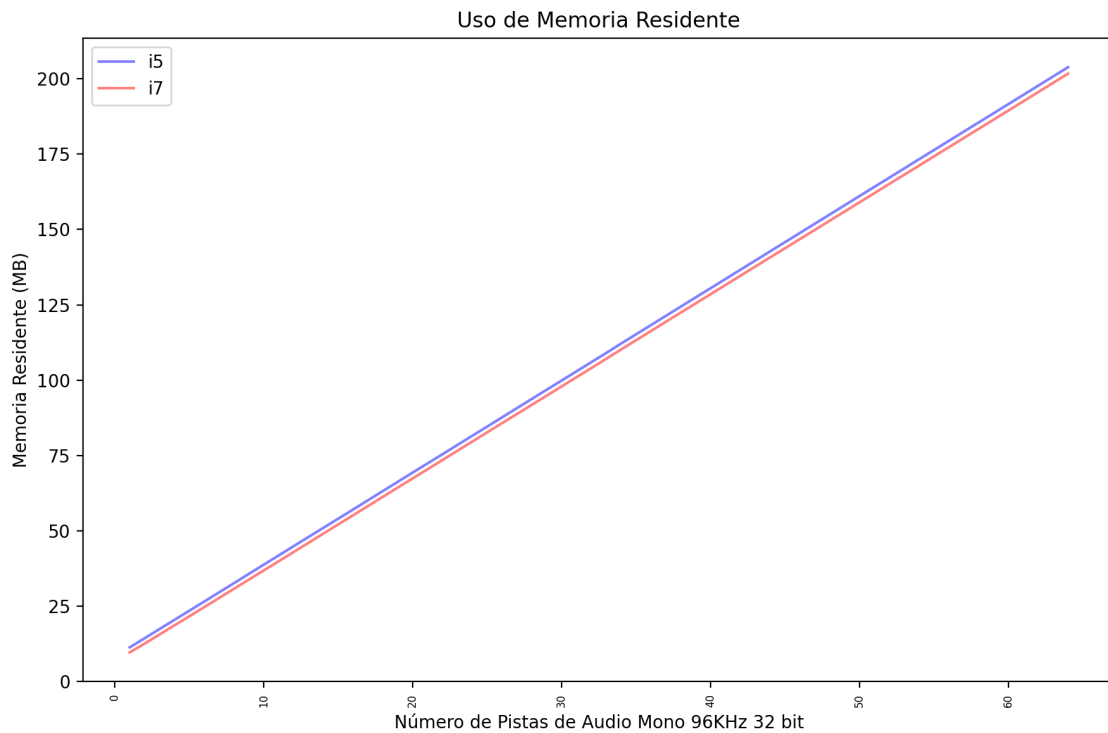


Lo primero que se puede observar es que incluso con pocas pistas de audio se utiliza más del 100% de la CPU (ambas máquinas poseen más de un núcleo), lo cual nos indica que el procesamiento de audio es una tarea intensiva.

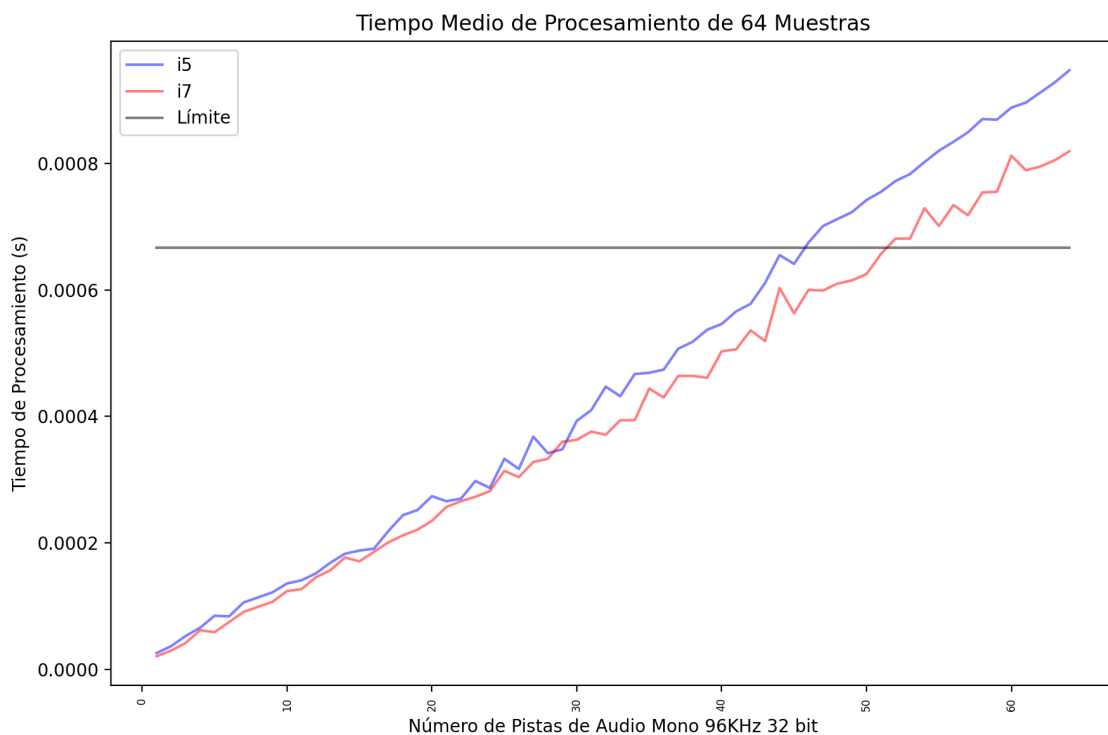
También podemos ver que la máquina con procesador i7 realiza un mayor uso de la CPU que la de i5 en general, lo cual nos parece curioso ya que posee mejores características. Sin embargo, se ha utilizado más de 6 años y ha tenido algunas fallas en su batería y fuente de alimentación lo cual ha disminuido su rendimiento, a diferencia de la que tiene procesador i5 que es prácticamente nueva.

Por último, podemos observar el punto en que ambas máquinas se saturan que es alrededor de 40 pistas. La razón del por qué no se mantiene constante el uso de CPU después de saturarse creemos que se debe a que Core Audio “mata” el hilo de un callback si este no alcanza a retornar (procesar completamente el buffer), y por ende, la cantidad de muestras que se alcanzan a procesar de cada pista es menor que cuando el sistema no se encuentra saturado.

El siguiente gráfico muestra la cantidad de memoria residente utilizada por ambas máquinas al procesar 1 a 64 pistas de audio.



Como es de esperar, el uso de memoria residente es prácticamente el mismo en ambas máquinas. Además se puede observar que el aumento es lineal, lo cual también es esperado ya que en cada iteración se añade una nueva pista de audio con los mismos Audio Units que el resto.



Este último gráfico, muestra el tiempo promedio que demora cada máquina en procesar el buffer de 64 muestras, al trabajar con 1 a 64 pistas de audio.

La línea gris muestra el límite teórico en el cual el sistema debería saturarse. En este caso, con un tamaño de buffer de 64 muestras y una frecuencia de muestreo de 96 KHz, el tiempo máximo para lograr procesar el buffer es de 0.66 ms aproximadamente.

Tomando en cuenta ese límite, la máquina con i5 logra procesar hasta 46 pistas y la máquina con i7 hasta 53, sin embargo, como observamos previamente, el límite real parece ser menor.

Dado que no conocemos el procesamiento interno que realiza Core Audio con el dispositivo de salida, no podemos explicar el por qué de esta diferencia.

Comparando ambas máquinas, podemos notar que en general la que tiene el procesador i7 tarda menos tiempo en procesar cada buffer que la de i5, además, ya que el benchmark reproduce el audio en cada iteración, pudimos escuchar y confirmar que la máquina con i5 comienza a generar ruidos perceptibles con 39 pistas y la de i7 con 45 pistas.

Comparación con Caso Real

Para verificar que nuestro benchmark logra representar un caso de uso real, generamos un proyecto musical en el DAW Logic Pro X de Apple con 25 pistas, cada una utilizando los mismos Audio Units que el benchmark, con archivos de audio de 3 segundos, bitdepth 32 y frecuencia de muestreo 96 KHz, y fijamos el tamaño del buffer a 64 muestras.



Ejecutamos el software en la máquina con procesador i7 y medimos su uso de CPU y memoria residente utilizando el software Activity Monitor.

Process Name	% CPU	CPU Time	Threads	Idle Wake Ups	% GPU	GPU Time	PID	User
Logic Pro X	147.5	57.41	34	424	0.3	3.58	3875	eduardo
WindowServer	31.5	56:23.30	14	83	0.7	1:04:18.54	265	_windowserver
kernel_task	11.0	1:04:55.14	174	2061	0.0	0.00	0	root

Memory ▾	Threads	Ports	PID	User	Real Mem
521.8 MB	10	2,600	265	_windowserver	128.2 MB

Como podemos observar, el software (DAW) utiliza un 147.5 % de CPU y 128.2 MB de memoria residente al procesar las 25 pistas de audio.

Nuestro benchmark en cambio registra un uso de CPU de 157.6 % y 82.6 MB de memoria residente al procesar 25 pistas.

Por lo tanto podemos decir que nuestro benchmark logra simular relativamente bien el uso CPU de un caso real, donde la diferencia se puede deber a las condiciones momentáneas de la máquina al realizar las mediciones. Por otro lado, la memoria residente utilizada es mucho menor, ya que es un programa que se ejecuta desde terminal, sin interfaz gráfica y sin la gran cantidad de funcionalidades que ofrece un DAW.

Conclusiones

Una vez hechas las pruebas y con los resultados en mano, podemos concluir que:

- Nuestro benchmark nos da resultados muy cercanos a valores reales, pues sólo nos indica un exceso de un +12.1% en uso de CPU y de -45.6 MB en uso de memoria residente.
- Las máquinas que usamos para nuestro estudio nos indican que a lo sumo podemos reproducir 46 pistas con un procesador i5 y 53 pistas con un procesador i7.
- A juzgar por los valores y diferencias descritas anteriormente se puede hacer uso de este benchmark en entornos reales que beneficien a profesionales que trabajen en el campo del procesamiento de audio a través de software ya que los resultados que se obtienen al hacer uso del programa son consistentes con lo que una persona esperaría al ver las especificaciones técnicas de los computadores usados para el desarrollo de este trabajo.