

Compresores y Expansores

Conceptos Generales
Teoría de Funcionamiento
Uso, Abuso y Mitos



Terminología

- **Rango Dinámico (DR)**
 - Es el mayor rango que permite un sistema entre la señal de menor nivel que se confunde con el ruido y la de mayor nivel que no se distorsiona (ej. Clipping).
- **Relación Señal/Ruido (SNR)**
 - Es la relación entre la señal deseada y el ruido introducido por el sistema.
- **Niveles de Señal**
 - Son todos los valores posibles entre el umbral inferior y el superior

Rango Dinámico

- dB ¿porqué?

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p_{\text{rms}}^2}{p_{\text{ref}}^2} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{p_{\text{rms}}}{p_{\text{ref}}} \right) \text{ dB,}$$

- Rangos

- Físicos
- Audibles
 - Rango de Audición / Modulación Auditiva / Enmascaramiento
- Microfoneables
 - Ruido + Distorsión + Rango Dinámico del Micrófono
- Convertibles
 - Analógico = real (propio de un tipo de cable/conexión)
 - Digital = imaginario (bits dentro de un ordenador)
- Reproducibles
 - Capaces de ser amplificados y reproducidos decentemente
 - Capaces de ser reproducidos Físicamente = convertidos de nuevo en **presión de aire!**

Rangos Dinámicos en la Naturaleza

- Respiración lenta humana ~10dB
- Sonidos levemente y difícilmente audibles (10 - 20dB)
- Sonidos normales 40dB a 80dB
- Sonidos Urbanos 65 a 95dB
- Sonidos Industriales y Maquinarias 85 – 105dB
- Turbina de un Jet: 130 - 150dB
- Disparo de Rifle (carabina) ~170dB (pico)
- Explosión (deflagración - pólvora) 170-180 dB
- Onda Destructiva (detonación – exp. plásticos) ~ 190 dB
- Daño permanente al oído humano
(depende fuertemente del contenido armónico y su envolvente)
> 80dB por mucho tiempo, entre 100 y 112dB (umbral del dolor: 130dB) NOTA: ultrasonidos y picos altos: destruyen el oído interno, atrofiando o destruyendo las cilias.

Rangos Dinámicos en Micrófonos

- Medición “coloreada” dBA y dBC
- 8dBA hasta 150 dBA
- Distorsión vs. rango Dinámico
- Distorsión
 - Rango Excedido
 - “clipping” de membrana
 - Coloración y Fase
 - “incoherencia”, “imagen pobre”
 - Armónica, TIM y DIM
 - Intermodulación en membrana (2 señales son moduladas entre sí)
 - Propia por mecanismo de captación:
 - *capacitivo/dinámico/flow/cristal/cinta/sólido/etc.*

Lo Natural de la Compresión

- El oído biológico tiene un ALC *
- Controles Dinámicos conocidos:
 - Controles Automáticos de Volumen (ALC)
 - Compresores de Umbral
 - Dolby B y C, Noise Gates
 - Compresores/Expansores continuos
 - Dbx, RNC
 - Compresión Psico-Acústica
 - MPEG: MP2 /MP3
 - ATRAC

* *ALC (Automatic Level Control)*

Teoría Básica (parece muy sencilla..)

- Expansor (2x)
 - Entren 10 dB, salen 20 dB
 - Entren 0 dB, salen 0dB
 - Entren -20dB, salen -40dB
- Compresor (2x)
 - Entren 20 dB, salen 10 dB
 - Entren 0 dB, salen 0dB
 - Entren -40dB, salen -20dB

..pero tiene errores de concepto

- Los dB son mediciones “promedio”
 - ¿cuantos dB hay en determinado momento?
 - ¿cuanto tiempo medir?
 - ¿durante cuanto tiempo medir?
 - ¿que frecuencias medir?

Problemas más Comunes: Overshoot & Undershoot

Realtime Limiting

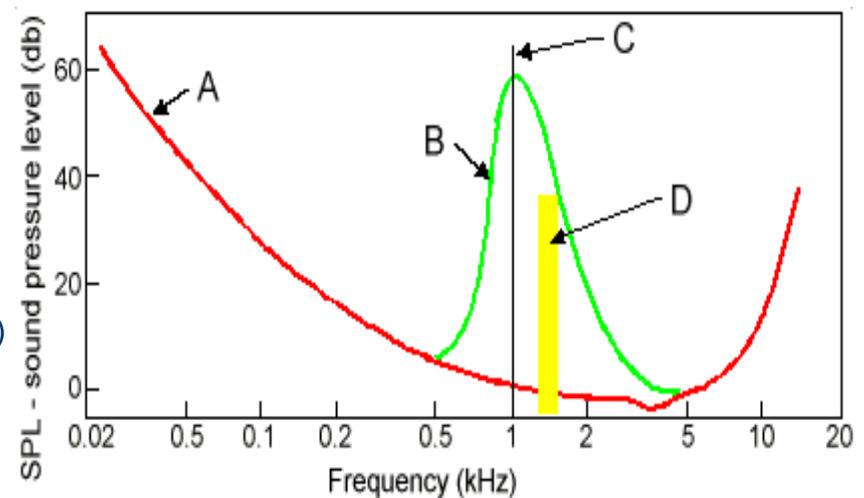
para cuando se midió.. ¡la música ya pasó!

Non-Real Time Limiting (Studio/PostProcessing)

Preemptive filtering (filtros no-causales)

Sensibilidad y Enmascaramiento

- A: Umbral del oído
- B: Umbral modificado (Psico-Acústica)
 - El oído se ‘confunde’
Explotado por
MPEG Motion Pictures Expert Group)
Digital Audio Broadcast (radio digital)
 - MP2 MPEG1 Layer 2
 - MP3 MPEG2 Layer-3
 - Grabaciones ATRAC I y II
+ formatos propietarios



- A Normal threshold of hearing
- B Modified threshold due to tone C
- D Band of noise rendered inaudible by the presence of tone C

Mecanismos más comunes

formato / bit-rate / compresión

Layer 1 (MPG1)	384 kbps	x 3.8
Layer 2 (MPG2)	256 kbps	x 5.6
Layer 3 (MP3)	192 kbps	x 7.4
AAC*	128 kbps	x11.2

* Advanced Audio Coding

La Modulación ¿es gratis?

- Genera productos de distorsión por intermodulación (DIM).. Siempre!
- ¿pero como? si tengo una sola señal !
 - la otra señal es la variación de volumen misma
- ¿como evitarla?
 - No se puede
- ¿y.. tal vez.. minimizarla?
 - Para eso hay que saber algo de teoría de señales.

Además cuando cambio el volumen..

- La Modulación no es gratis
 - Surgen Nuevos sonidos..¿☹️?
 - Aparecen frecuencias no existentes ¡☺️!
 - ...¿Habrá nuevos músicos... ☺️ ?
- TIM
 - Producida por modulación muy veloz
 - Genera desagrado en su audición
 - No es reparable ni siquiera por soft
(una vez distorsionado, no hay vuelta atrás)

Teoría de Señales (al rescate)

- Para Saber REALMENTE que pasa, hay que conocer los modelos teóricos (un tanto complicado).
- Un modelo bastante intuitivo es el de **Fourier** (representación armónica o sea en las frecuencias)
- No siempre es apto para representar cosas no-estacionarias (cambiantes) como la música
- Hay mecanismos mas adecuados al tiempo real: **Espectrogramas / Cepstrum**

Bases de Modulación y Fourier

Espectro vs. Tiempo

Moduladores

Multiplicar → Convolucionar
1khz modulado a 10hz → 1 KHz +/- 10 Hz

Filtros

Convolucionar → Multiplicar
Ecuación → *(multiplica en frecuencia)*

Moduladores

Son variadores electrónicos de volumen de un canal

Controlados por otra magnitud, generalmente eléctrica y derivada de la señal

Tipos mas comunes

Vintage

Potenciómetro Motorizado	(+\$, no Dim, no Noise, Slow)
Fotocelda (resistencia variable por luz)	(-Slow, + Dist, -RD, -NF)
Transformadores Saturables	(+\$, +Dist, -RD, Fast)
Termo-Resistencias (PTC/NTC/Foquitos)	(no Dim, -Noise, +Slow!)

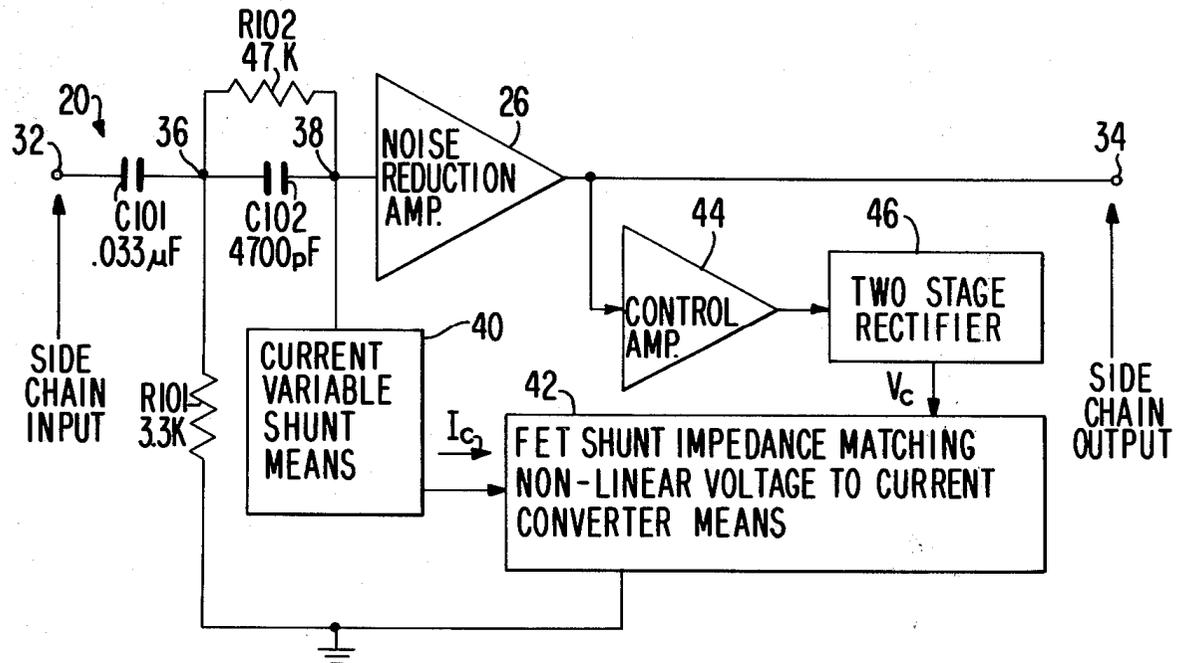
Actual

Celda de Gilbert (transistores bipolares)	(-DIM, +DR, -NF, +Fast)
Celda de Gilbert Linearizada (IC-bipolar)	(--DIM, ++DR, --NF, +Fast)
JFET/MOS (varía resistencia del canal)	(--DR, ++ Dist, -DR, +NF)
Analog-Ladder (red de resistencias)	(no Dist, -RD, +NF, glitch)
Digitales (dentro de un soft y/o hardware digital)	
puros (escaladores)	(+strange sub-modulation)
con dithering	(evitan modulación por redondeo)

NF: Noise Figure DR: Dynamic Range, Dtot: Distorsión Total, \$: price

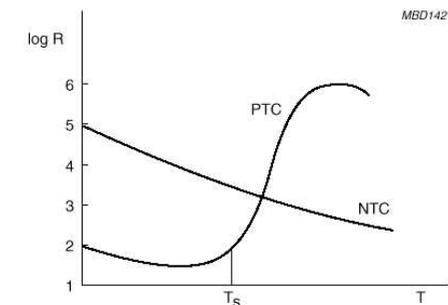
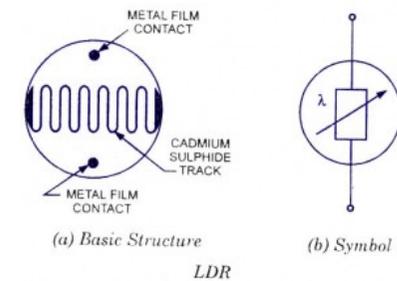
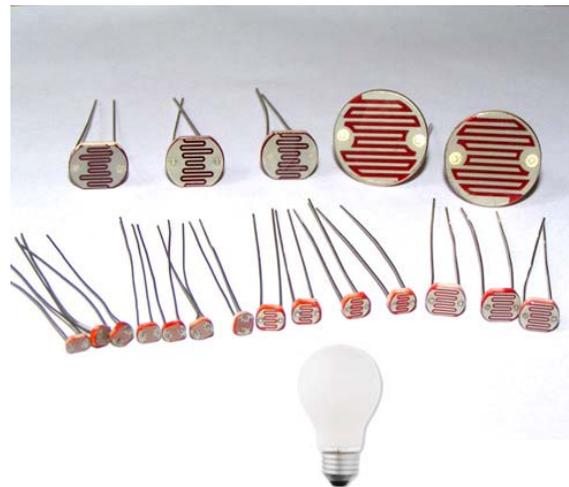
Algunos ejemplos integrados (IC)

- TCA730 (control de volumen y balance)
1980 Phillips
dtot: 0.1%, 80dB
S/N: 67dB
- NE 571 / SA 571
General compander
110dB Din.Range.
dtot: 0.1-0.5%
- NE545
(Dolby B in-a-chip)
JFET - USPTO
Patent 4068139



Mecanismos Resistivos Puros

- Variación de volumen por divisor resistivo: potenciómetro controlado por luz o calor
- LDR (light dependent Resistor)
- PTC/NTC Positive/Negative Temperature coefficient



Teoría simplificada

- Los productos de modulación siempre existen, no importa cuan leve sea ésta.
- Si se limita la frecuencia máxima de modulación, se limita la aparición de efectos colaterales
- Preferentemente que la aparición de frecuencias nuevas, quede dentro de la zona de confusión (enmascaramiento auditivo)

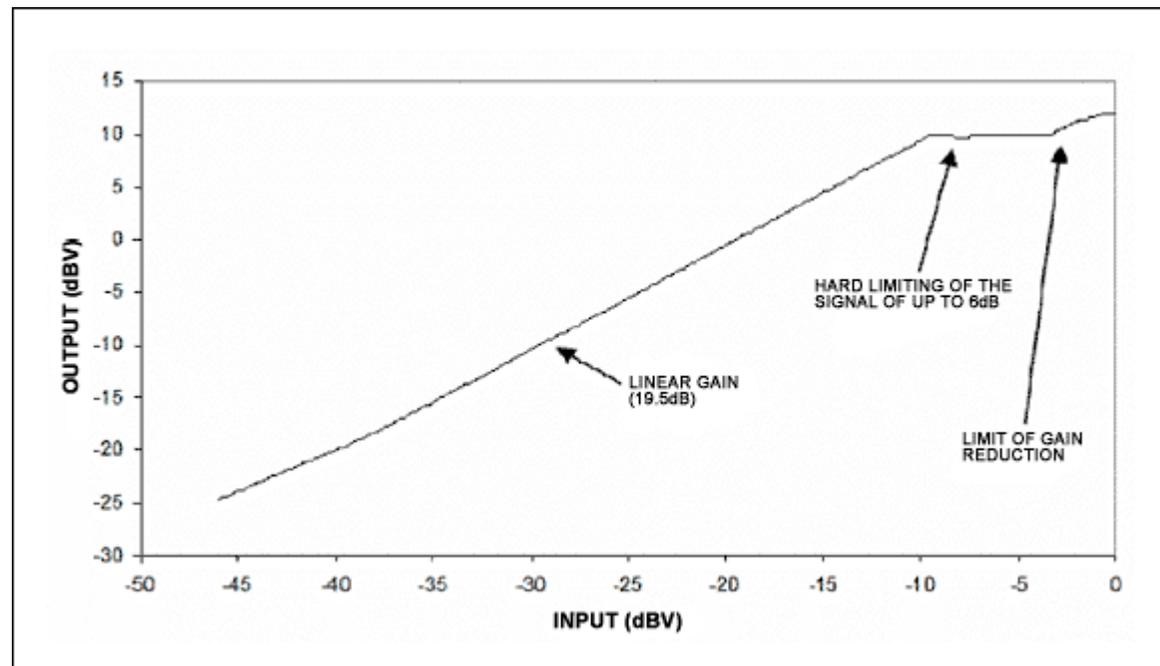
.. Pero entonces como hacer?

- Adecuarse lo mejor posible al modelo de audición humano (conociendolo bien)
- No sobre-comprimir, ni sub-comprimir
- Manejar bien las pendientes y posición de umbrales
- Preferentemente Comprimir por Espectros Selectivos (1)
- Adecuar velocidades de compresión en cada espectro selectivamente(1)

(1) Esto implica herramientas adecuadas, gralmente en soft

Características de Compresores

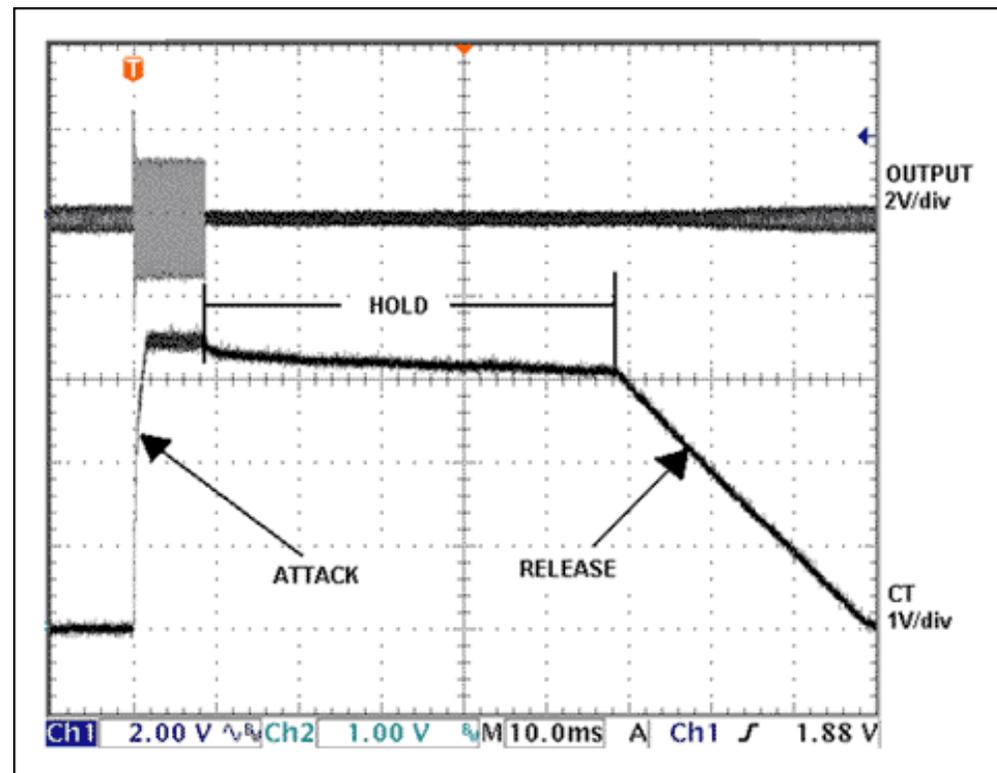
- Poseen Curvas muy variadas
- Conviene aprender a interpretarlas
- Suele faltar info. sobre velocidad de respuesta



Ref. AN3877 Maxim

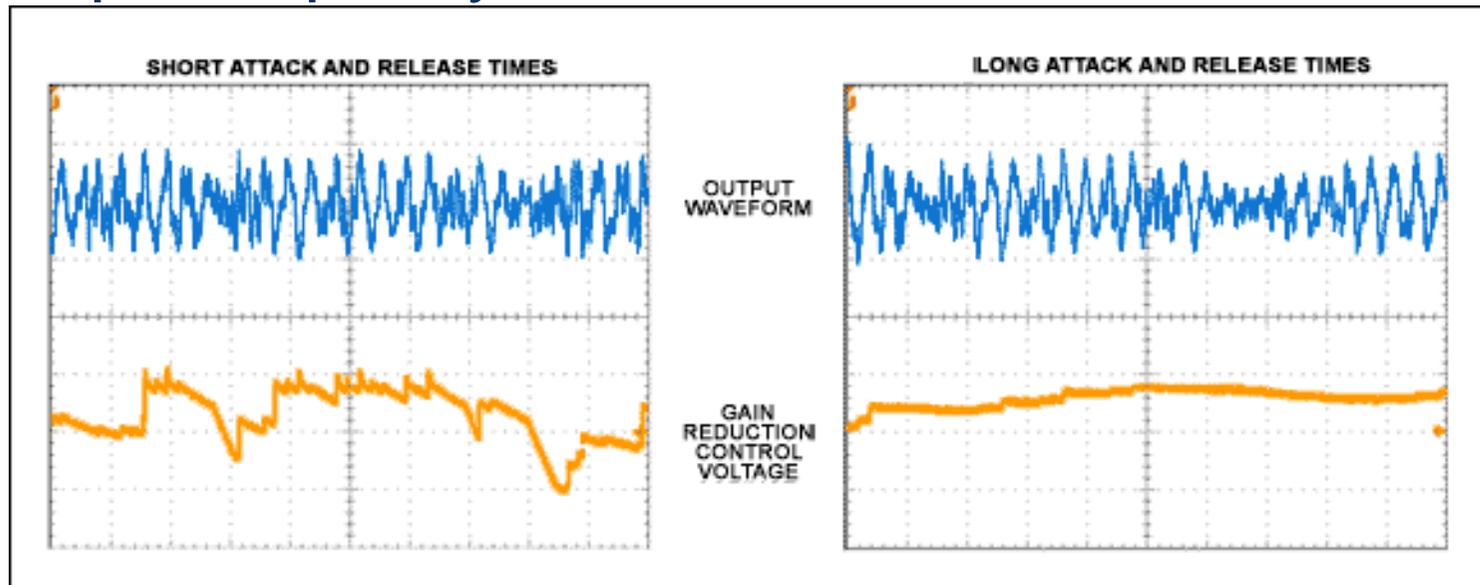
La señal al detalle

- Saber que pasa es el secreto de una buena calidad de mezcla y procesamiento.
- Pocas veces se tiene un instrumento a mano como un osciloscopio.
- Algunos programas y procesadores digitales permiten estas visualizaciones



Formas de Auto-Modulación (ALC)

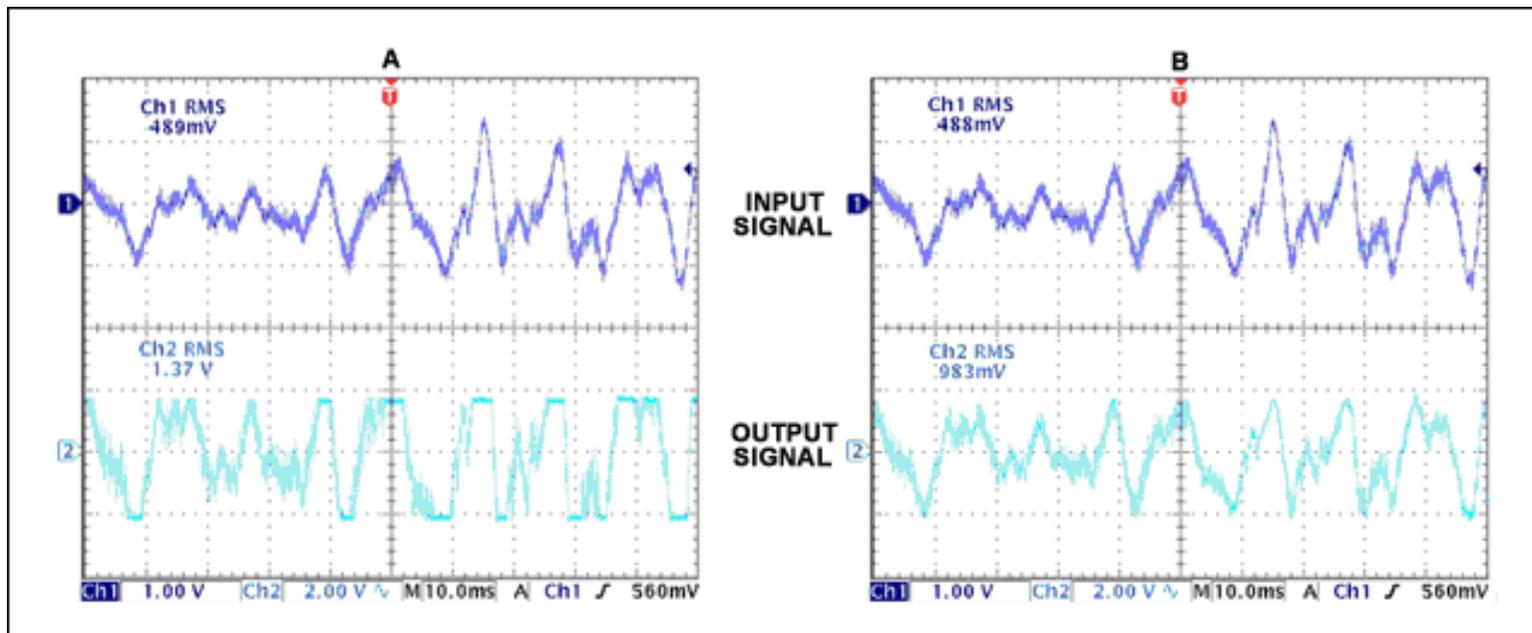
- Control de Volumen Automático
- Ataque Rápido y Lento, detalle:



Ref. AN3877 Maxim

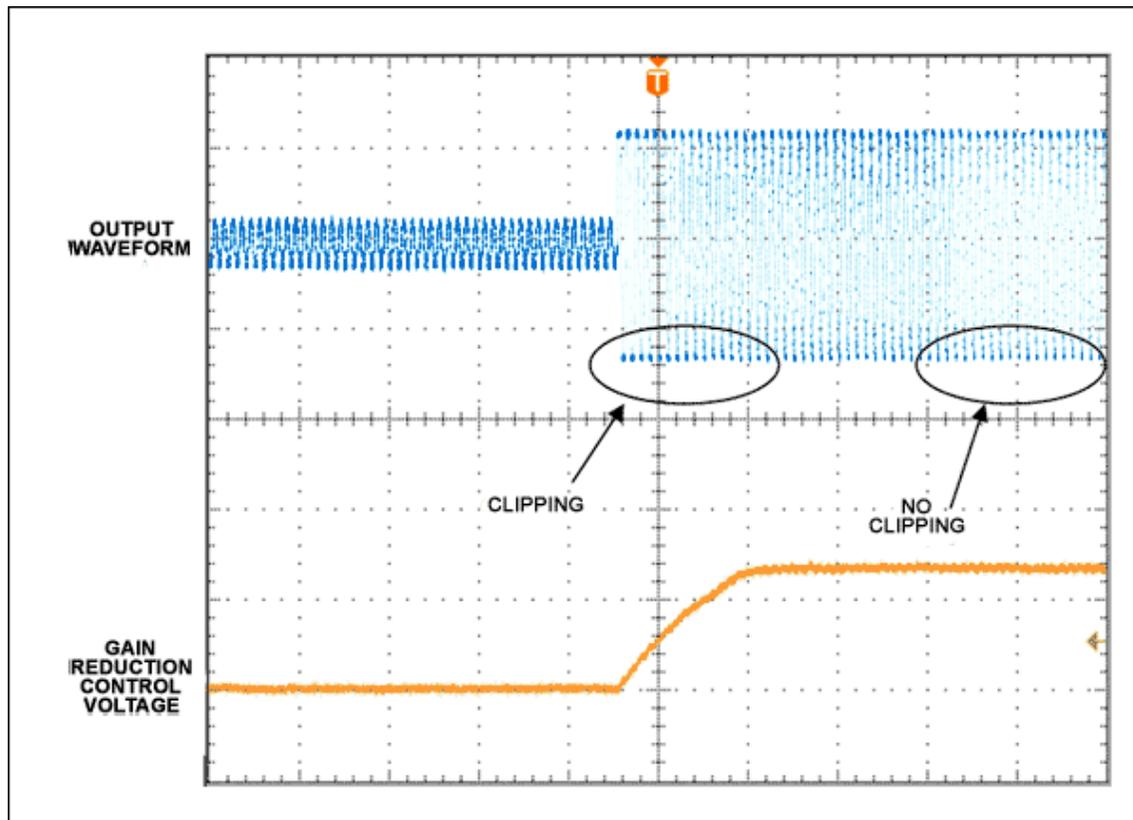
ALC (solución al grabar/reproducir)

- Aquí se puede ver un pasaje de audio con y sin ALC, el clipping (recorte) en este caso es genérico, puesto que puede ser desde la salida de un amplificador, el cono de un parlante, o la entrada de un preamplificador o front-end de consola mezcladora, o la entrada digital de un A/D, el efecto es igual.
- El ALC permite obtener menor distorsión que cuando hay clipping
- Se puede ver que extiende la vida de amplificadores, parlantes, auriculares y.. Oídos.



Overshoot & Clipping

- Problema típico con sistemas comprimidos o expandidos, cuidar de no tener estos inconvenientes, no tienen solución una vez incorporados en la señal (si es grabación).



Ref. AN3877 Maxim

Procesadores Dinámicos

- ALC (Automatic Level Control) used mostly on microphones
- Analog Box-Companers (RNC)
- Vintage systems (thermal/optical/mechanical)
- Dynamic Peak Compression (AM Radio, Audio Power Protect.)
- Noise Gates (Tape Recorders, Hiss-Ellimination)
- Dolby B (typical HF noise gate + slight compander)
- Dolby C (better multiband compander/ noise gate)
- dBx (commercial & popular 80's compander)
- Digital Plug-ins (digital mastering-studio audio processors)
- Digital Processing Boxes (software in-a-box)

Necesidad de Compresión

- Cuando hay un elevado ruido de fondo
 - (radios, auriculares en lugares públicos, oficinas)
- Cuando hay posibilidad de recorte (clipping)
 - Parlantes que se desconen + programas musicales con demasiado rango dinámico
- Cuando el rango audible está disminuido
 - Enmascaramiento y problemas auditivos, daños en el oído, frecuencias con energía dañina.

Necesidad de Expansión

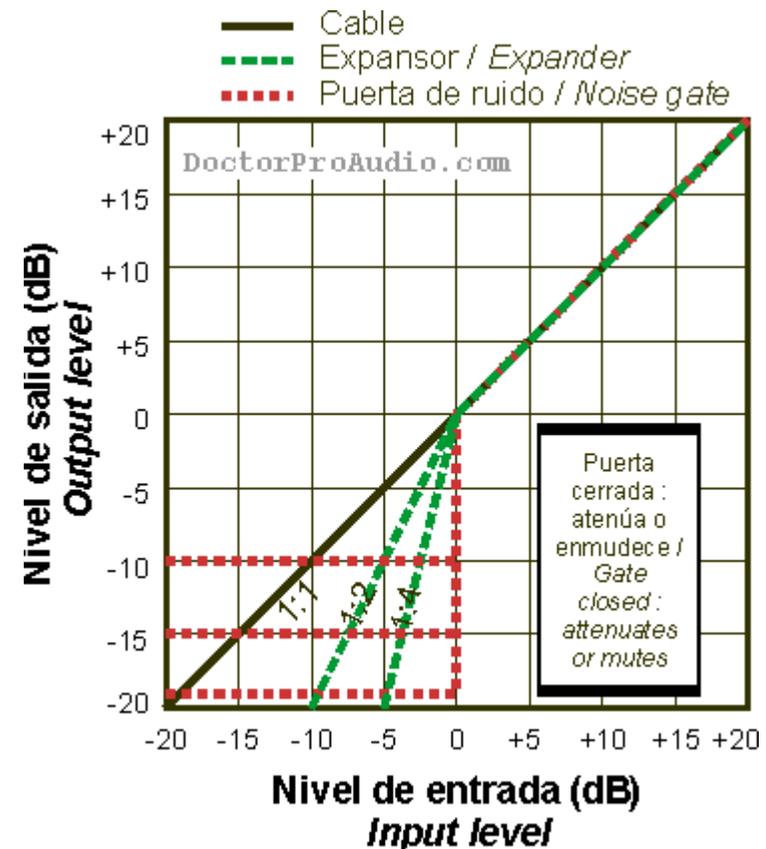
- Cuando el programa se halla previamente comprimido y se dispone de equipamiento capaz de brindar un mayor rango dinámico. Ej: DVD (Dolby5.1 / Dolby Surround)
- Para aumentar artificialmente el rango dinámico y a veces enmascarar ruidos: Ej: Cuando hay ruido de fondo en la pista de grabación o es de baja calidad y se desea enmascararlo, destacando solos o conversación vocal.
- Cuando se desean 'efectos especiales' o engañar a un audiófilo-amateur para venderle un equipo con booming!
- Necesidades varias: desconar un parlante; sentir como distorsiona un equipo de audio o Molestar a los vecinos.

Limitadores de Ruido

- **Noise Gate**
(es un compresor muy fuerte a bajo nivel, con un umbral a partir del cual ya no comprime).

Suele usarse más para alta frecuencias (ruido en cintas magnéticas y estática de vinilos, reconstrucción de grabaciones antiguas)

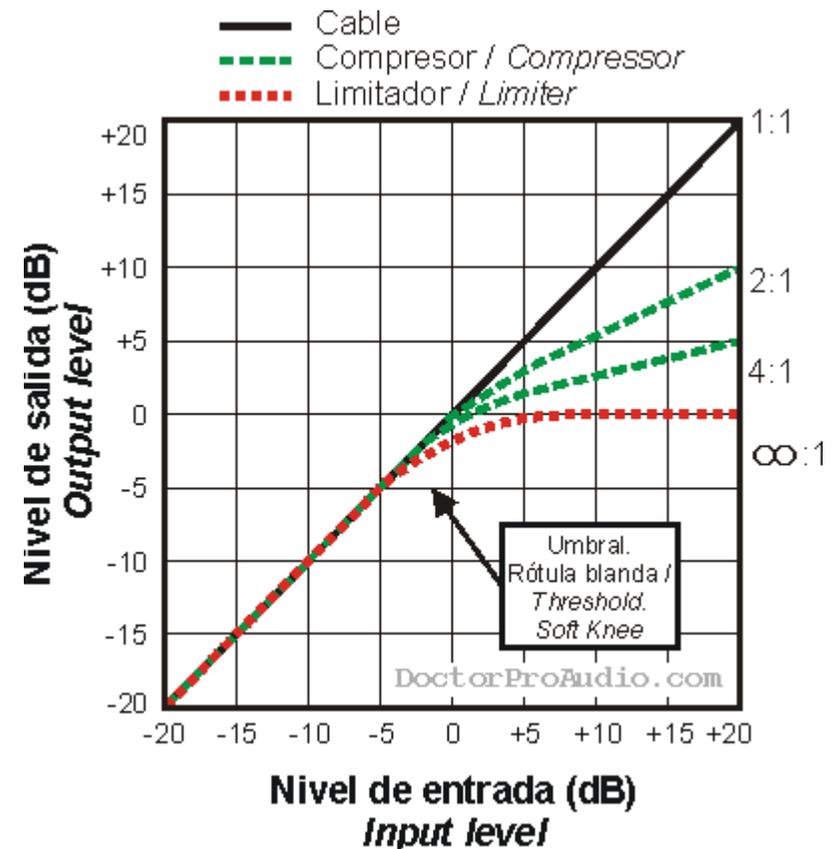
Ej: Dolby B / C



Compresores de Picos

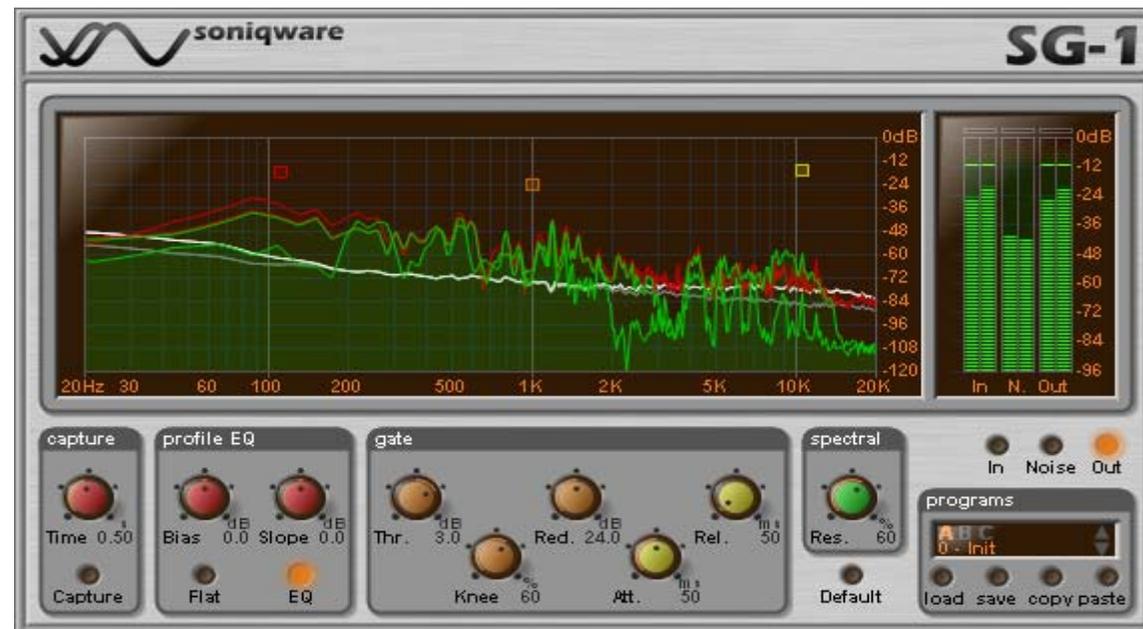
- **Peak Compressor**

Se usa para adecuar un programa con demasiado rango dinámico o para balancear en una mezcla la prevalencia o no de determinados canales de la grabación



Procesadores Espectrales

- Convierten la señal a frecuencias de corto tiempo (FFT), procesan cada banda con un determinado mecanismo: compresión/expansión + umbral + A.D.S.R.



Reglas Prácticas

- Al Procesar Dinámicamente Recordar
 - Todo pasa a ser muy sensible al nivel de señal !
 - Siempre hay distorsión armónica (en inevitable e inherente)
 - Mediciones de DIM y TIM son complejas por no poderse comparar la salida contra un patrón estacionario.
 - No sobre-comprimir ni sobre-expandir
 - La ubicación del umbral (knee) y su dureza es importante.
 - Lo mas “lindo” (mínima distorsión) no siempre suena bien..
 - Evitar el breathing audible.. (noise gate)
 - El mejor testigo es el oido entrenado, no un instrumento.
 - Conviene Mantenerse dentro de parámetros fisiológicos:
 - Tiempos Naturales de **atack** = altos
 - Tiempos Mayores para **release** = más lentos

Preguntas..

Gracias!

Andrés T. Hohendahl

andres.hohendahl@fi.uba.ar