1. Síntesis de sonidos mediante modelos físicos

Se analizarán dos variantes del modelo Karplus-Strong en paralelo, tanto de manera teórica como práctica.

1.1. Bloque A Elemental

Se resolverá, como cálculo auxiliar un bloque sencillo definido como:

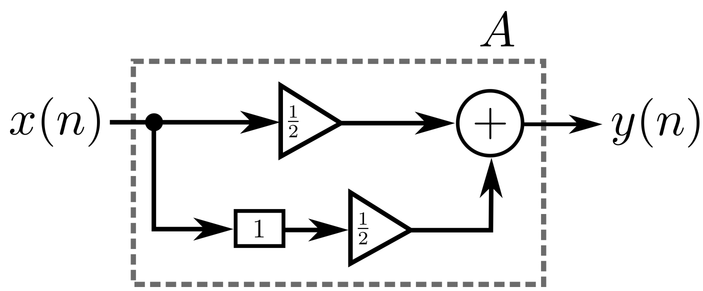

Figura 1: Bloque elemental

Este bloque solo promedia los dos ultimos valores de entrada. Su transferencia esta dada por

$$x(n) = \frac{1}{2}x(n) + \frac{1}{2}x(n-1) \tag{1}$$

$$Y(z) = \frac{1}{2}X(z) + \frac{1}{2}X(z)z^{-1} \implies A(z) = \frac{z+1}{z} \tag{2}$$

Se puede observar que el bloque A es pasa-bajos (cero en $Z = -1$); lo cual es, en principio, razonable, el bloque A suaviza la entrada.

1.2. Karplus Strong 1

1.2.1. Análisis teórico

Se resolverá un nuevo sistema, denominado S_1, el cuál consiste en una adicion de realimentación al sistema anterior.

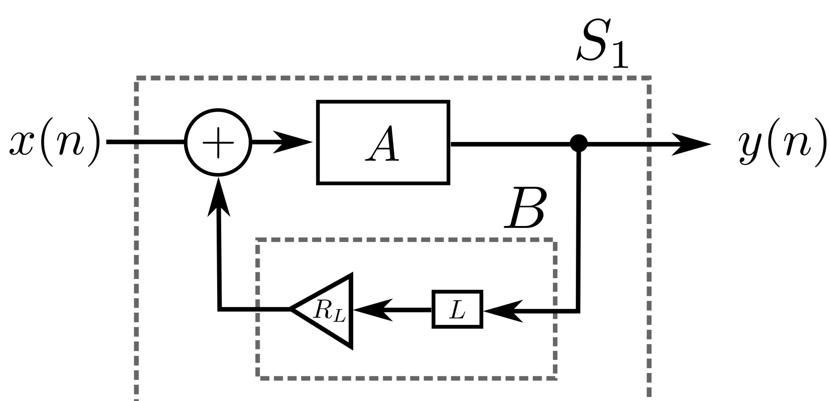

Figura 2: Bloque elemental

Mediante teoria de feedback a considerando que $B(z) = z^{-L}R_L$ se llega a que

$$S_1(z) = \frac{\frac{1}{2}z^{L+1} + \frac{1}{2}z^L}{z^{L+1} - \frac{1}{2}R_L z - \frac{1}{2}R_L} \tag{3}$$

Es decir, una expresión con $L+1$ polos y $L+1$ ceros, en otras palabras, una ecuación diferencial de orden $L+1$ con vector de longitud L como condición inicial.

1.2.2. Estudio de la distribución polos y ceros, respuesta en frecuencia

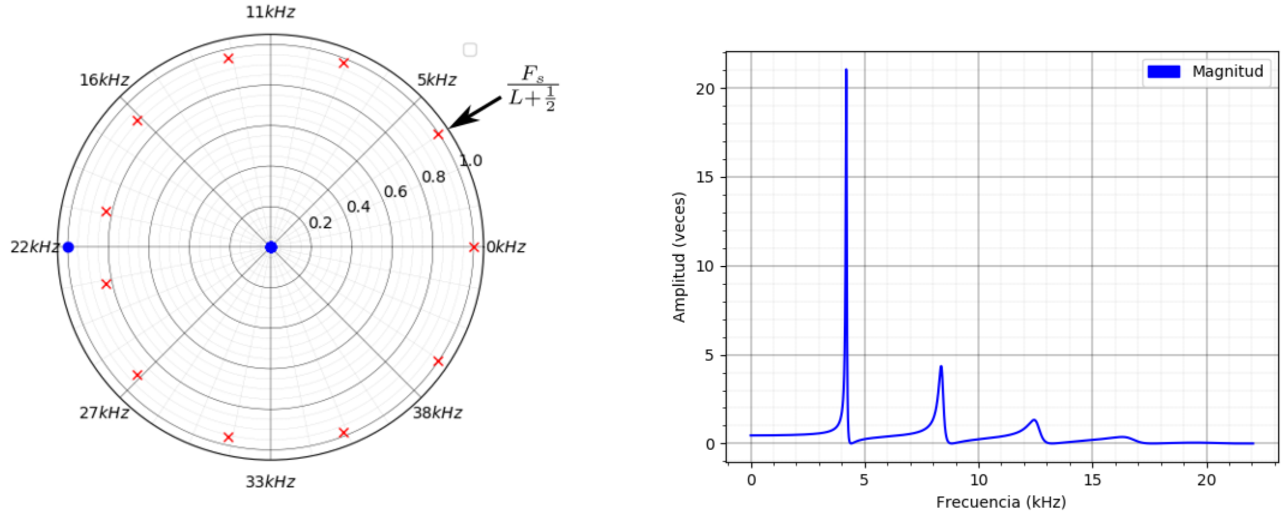

Figura 3: Polos y ceros (derecha), Rta en frecuencia (izquierda), S_1 con $R_L = 1$, $L = 10$, $f_s = 44.1kHz$

Del diagrama de polos y ceros y la respuesta en frecuencia podemos observar que hay una frecuencia de resonancia $F_R = F_s/(L + \frac{1}{2})$ que tiende a cumplir las hipotesis del criterio de Barkhausen, y por lo tanto provocar oscilaciones, lo cuál es el objetivo del bloque; conseguir una salida que perdure en el tiempo a partir de una entrada de longitud L muy corta.

1.2.3. Análisis de estabilidad

Se estudiaran condiciones para garantizar la estabilidad del sistema

1.2.4. Análisis mediante señales

Se procederá a estudiar como el sistema responde a diversas entradas, entre ellas, un impulso unitario, ruido gaussiano de longitud L, y ruido lineal de longitud L. Se decidió aumentar L en estos casos a 50 para conseguir frecuencias más cercanas a las audibles.

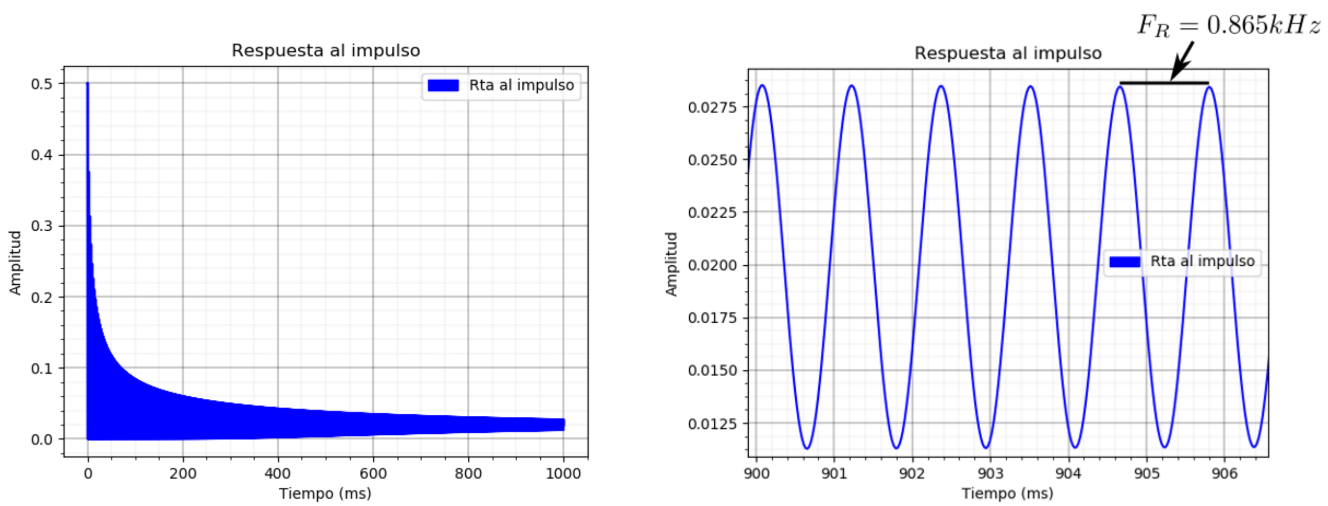

Figura 4: Respuesta al impulso con y sin zoom, $R_L = 1$, $L = 50$, $f_s = 44.1kHz$

Se puede observar que, de todas las frecuencias pertenecientes al impulso, la más amplificada vale $865Hz \approx \frac{F_s}{1/2+L}$. Por otro lado es importante observar que la salida se encuentra montada sobre una tensión continua, más precisamente, nunca es menor que 0. Esto se debe a que cuando la excitación es exclusivamente positiva, como la realimentación es positiva y no hay inversiones la salida siempre será positiva. Por ello es importante que la excitación inicial sea tanto positiva como negativa para lograr que la salida este centrada en 0.

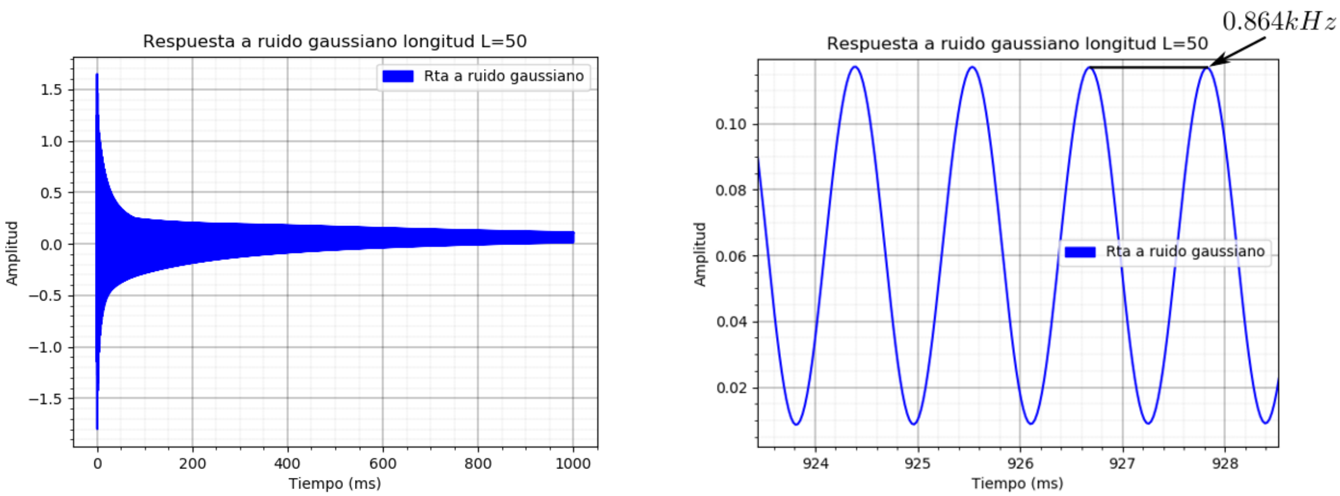

Figura 5: Respuesta a entrada Gaussiana con y sin zoom, $R_L = 1$, $L = 50$, $f_s = 44.1kHz$

Se puede ver que la salida fue a la misma frecuencia que en el caso anterior, al mismo tiempo que nuevamente, estuvo montada sobre una continua. No obstante la salida tuvo la posiblidad de tomar valores negativos.

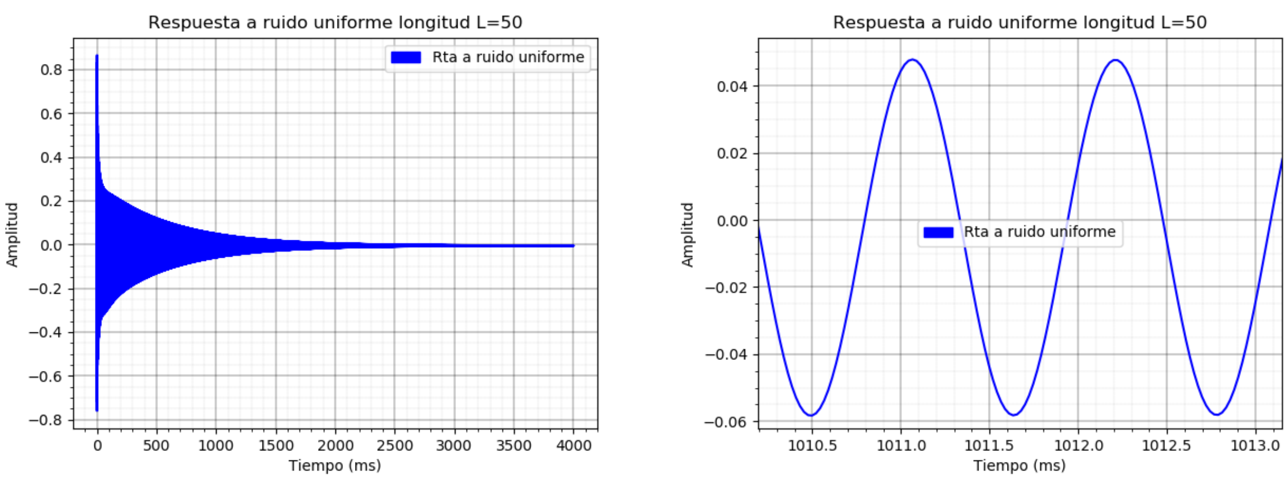

Figura 6: Respuesta a entrada Gaussiana con y sin zoom, $R_L = 1$, $L = 50$, $f_s = 44.1kHz$

1.3. Karplus Strong 1

1.3.1. Analisis teórico elemental

Se estudiará un nuevo sistema con una pequeña modificación la cual consiste en agregar un multiplicador en el bloque realimentador, cuyo valor es aleatorio entre -1 y 1 Escrito en lenguaje matemático

$$A(z) = b(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}z^{-1}) \quad (4)$$

$$B(z) = \frac{1}{2}z^{-l} \quad (5)$$

Usando teória de feedback concluimos que

$$H(z) = \frac{\frac{1}{2}b + \frac{1}{2}bz^{-L}}{1 - \frac{1}{2}bR_L z^{-L} - b\frac{1}{2}R_L z^{-L-1}} \tag{6}$$

1.3.2. Cálculo $\phi(w)$

1.3.3. Cálculo de F_R

Se procederán a realizar los cálculos para conseguir la frecuencia de resonancia del sistema.