

# IMPLEMENTACIÓN DE UN REVERBERADOR DIGITAL DE SCHROEDER

Federico Feldsberg<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Tres De Febrero, Buenos Aires, Argentina

fedefelds@hotmail.com

## Resumen

*Este trabajo se propone como objetivo estudiar, implementar y analizar diferentes reverberadores digitales basados en las investigaciones de Schroeder y Logan. Utilizando filtros peine y filtros pasa-todo se desarrollaron 3 implementaciones distintas basadas en las sugerencias de Smith y Reiss. Se obtuvieron resultados variados y poco satisfactorios: En las tres implementaciones desarrolladas no se lograron resultados aceptables a la hora de procesar sonidos impulsivos. En el caso de sonidos un poco mas largos, los resultados fueron relativamente superiores.*

## 1. MARCO TEÓRICO

En los años 60, Schroeder y Logan propusieron un arreglo capaz de generar la respuesta “Natural” de una sala reverberante [1, 2]. El término “natural” implica una falta de coloración espectral y una alta concentración de ecos por segundo. Schroeder y Logan señalan que los métodos de reverberación disponibles en su momento carecían de dicha “naturalidad”.

Este desarrollo resulto ser sumamente valioso debido a que el mismo fue capaz de suplir ambas falencias de las técnicas de reverberación disponibles en su momento.

En una primer aproximación, Schroeder y Logan proponen una linea de retardo realimentada, ilustrada en la figura 1:

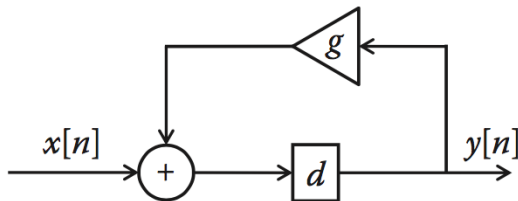


Figura 1: Línea de retardo realimentada [3].

La respuesta al impulso de dicho sistema esta

dada por:

$$h(t) = \sum_{n=0}^{\infty} g^n \delta(t - n \tau) \quad \text{con} \quad |g| < 1 \quad (1)$$

En el dominio temporal, la ecuación 1 se asemeja a una cantidad infinita de impulsos, desplazados y escalados por un factor que decrece exponencialmente. Es por eso que parece ser un resultado valioso. Sin embargo, en el dominio de la frecuencia, este primer sistema posee un alto grado de coloración. Esto se debe a que el mismo se asemeja a un filtro peine y es por ello que dicho sistema no es un candidato de reverberador “natural”.

El gran avance de Schroeder y Logan consiste en haber descubierto que al hacer ciertas modificaciones al sistema presentado en la figura 1, es posible lograr una respuesta plana y por lo tanto carente de coloración. Para lograr dicha respuesta en frecuencia, se combinan la señal sin procesar y la señal procesada mediante cierto criterio establecido por Schroeder y Logan. Con estas modificaciones, se obtiene el sistema ilustrado en la figura 2:

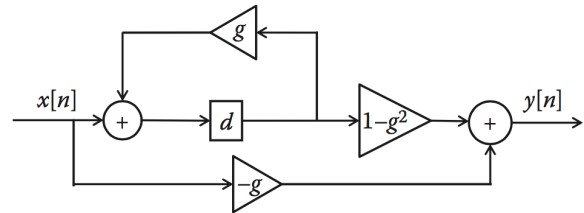
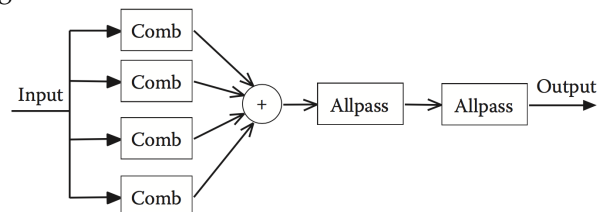
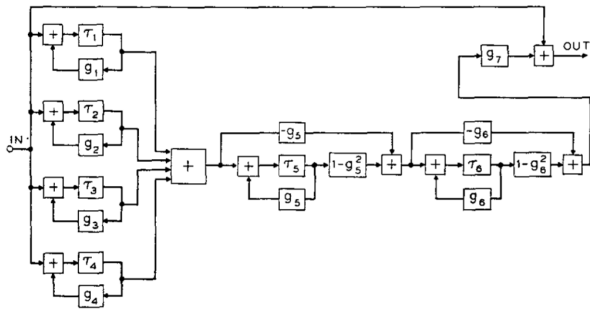


Figura 2: Unidad básica de reverberación [3].



Se puede ver que las ecuaciones (6) y (5) están expresadas en función de la ganancia de realimentación  $g$  y cantidad de muestras  $d$ . Por otro lado, al hablar de retardos, Schroeder siempre habla en términos de milisegundos. Es por eso que al trabajar en el dominio digital, se debe convertir segundos a muestras mediante la siguiente ecuación:

$$d_i = \tau_i \cdot F_s \quad (7)$$

Donde el número de muestras equivalentes a un retardo de  $\tau_i$  segundos es función de la frecuencia de muestreo  $F_s$ .

Cabe destacar que la ecuación 6 no es la única implementación posible de un filtro peine: En [5], Smith propone la siguiente función de transferencia:

$$FBCF_d^g = \frac{1}{1 - g z^{-d}} \quad (8)$$

En el caso de la implementación del filtro pasatodo la Tanto Reiss como Smith proponen la misma función de transferencia, dada por la ecuación (5).

### 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 4. REFERENCIAS

- [1] Manfred R Schroeder y Benjamin F Logan. "Colorless artificial reverberation". En: *IRE Transactions on Audio* 9.6 (1961), págs. 209-214.
- [2] Manfred R Schroeder. "Natural sounding artificial reverberation". En: *Audio Engineering Society Convention 13*. Audio Engineering Society. 1961.
- [3] Joshua D. Reiss y Andrew McPherson. *Audio Effects*. Taylor & Francis Inc, 7 de nov. de 2014. 367 págs. ISBN: 9781466560284.
- [4] B.P. Lathi y Roger A. Green. *Essentials of Digital Signal Processing*. Cambridge University Press. ISBN: 9781107059320.
- [5] Julius O. Smith III. *Physical Audio Signal Processing*. online book, 2010 edition. [https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Schroeder\\_Reverberators.html](https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Schroeder_Reverberators.html), revisado el 15 de julio de 2017.