

## Komplexe Signal Faltung für HRIR mit FFT

Alle Algebraischen Operatoren sind Elementweise auszuführen. **Optimierung in Rot!**

### Eingangssignal:

$C$  : Input Channel: Linker und Rechter Eingangskanal

$$C_z(t) = C_l(t) + C_r(t)i$$

### FFT:

$$C_z^F(w) = \mathcal{F}[C_z(t)]$$

### Signalaufteilung in Fourier-Raum:

$$C_l^F = \frac{C_z^F(w) + \overline{C_z^F(-w)}}{2} = \frac{C_N^F + C_{IC}^F}{2}, \quad C_r^F = \frac{C_z^F(w) - \overline{C_z^F(-w)}}{2i} = \frac{C_N^F - C_{IC}^F}{2i}$$

$$C_N^F(w) = C_z^F(w), \quad C_{IC}^F(w) = \overline{C_z^F(-w)}$$

(DC-Anteil beim Flipen auslassen, wenn diskret:  $C_N^F(0) = C_z^F(0)$ ,  $C_{IC}^F(0) = \overline{C_z^F(0)}$ )

### HRIR in Fourier transformieren:

HRTFs:  $(E_l C_l)^F, (E_r C_l)^F, (E_r C_r)^F, (E_l C_r)^F$  (HRIR linkes Ohr, linker Kanal:  $E_l C_l$ )

### Faltung im Fourierraum:

$E$ : Ear, Ausgabe auf „Ohren“: Linke und Rechte Kopfhöreremuschel

$$E_l^F = (E_l C_r)^F \cdot C_r^F + (E_l C_l)^F \cdot C_l^F, \quad E_r^F = (E_r C_r)^F \cdot C_r^F + (E_r C_l)^F \cdot C_l^F$$

### Wieder Zusammenfassen:

$$E_C^F = E_l^F + E_r^F i$$

### Optimierung:

$$E_C^F = [(E_l C_r)^F \cdot C_r^F + (E_l C_l)^F \cdot C_l^F] + [(E_r C_r)^F \cdot C_r^F + (E_r C_l)^F \cdot C_l^F] i$$

$$E_C^F = \left[ (E_l C_r)^F \cdot \frac{C_N^F - C_{IC}^F}{2i} + (E_l C_l)^F \cdot \frac{C_N^F + C_{IC}^F}{2} \right] + \left[ (E_r C_r)^F \cdot \frac{C_N^F - C_{IC}^F}{2i} + (E_r C_l)^F \cdot \frac{C_N^F + C_{IC}^F}{2} \right] i$$

$$E_C^F = \underbrace{\left[ \frac{(E_l C_r)^F}{2i} + \frac{(E_l C_l)^F}{2} + \frac{(E_r C_r)^F}{2i} i + \frac{(E_r C_l)^F}{2} i \right]}_{H_N} C_N^F + \underbrace{\left[ -\frac{(E_l C_r)^F}{2i} + \frac{(E_l C_l)^F}{2} - \frac{(E_r C_r)^F}{2i} i + \frac{(E_r C_l)^F}{2} i \right]}_{H_{IC}} C_{IC}^F$$

$$H_N = \frac{1}{2} [(E_l C_l)^F + (E_r C_r)^F + (E_r C_l)^F i - (E_l C_r)^F i], \quad H_{IC} = \frac{1}{2} [(E_l C_l)^F - (E_r C_r)^F + (E_r C_l)^F i + (E_l C_r)^F i]$$

$$E_C^F = H_N C_N^F + H_{IC} C_{IC}^F = H_N C_z^F(w) + H_{IC} \overline{C_z^F(-w)}$$

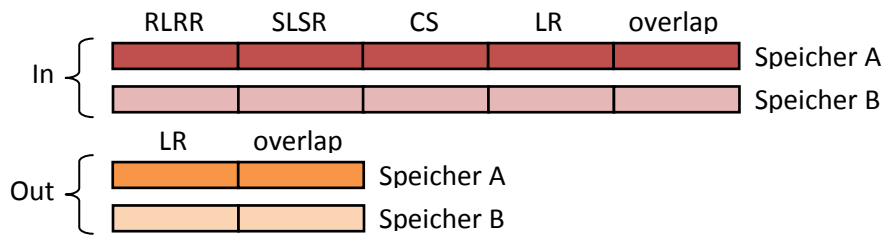
### IFFT:

$$E_C = \mathcal{F}^{-1}[E_C^F]$$

### Dekomposition:

$$E_l = \text{Re}[E_C], \quad E_r = \text{Im}[E_C]$$

## Implementierung DSP



### Berechnung

Overlap mit 0 füllen



FFT (inplace)



Faltung Optimiert (In Out Buffer)

Overlap mit 0 füllen

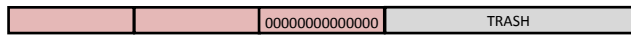


FFT (inplace)



Faltung Optimiert (In Out Buffer)

Overlap mit 0 füllen



FFT (inplace)



Faltung Optimiert (In Out Buffer)

Overlap mit 0 füllen

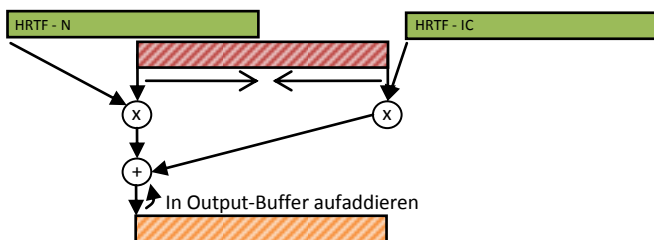


FFT (inplace)

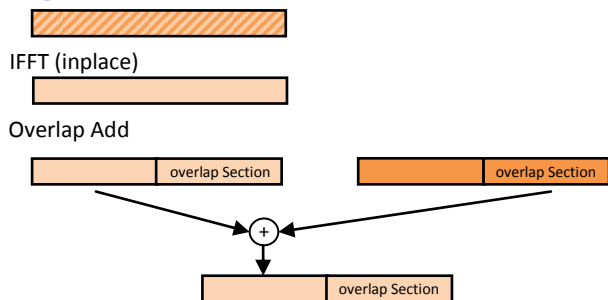


Faltung Optimiert (In Out Buffer)

### Faltung Optimiert:

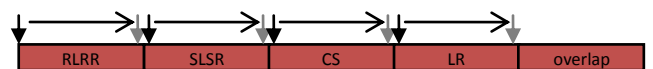


### Output:



### Interrupt:

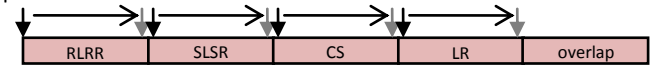
Input Buffers füllen



Speicher Swap

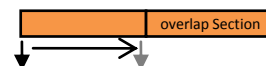


Input Buffers füllen



...

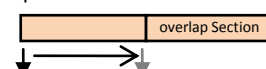
Output Buffers ausgeben



Speicher Swap



Output Buffers



...