

# МИКШИРОВАНИЕ АУДИОПОТОКОВ



# О чем будем говорить

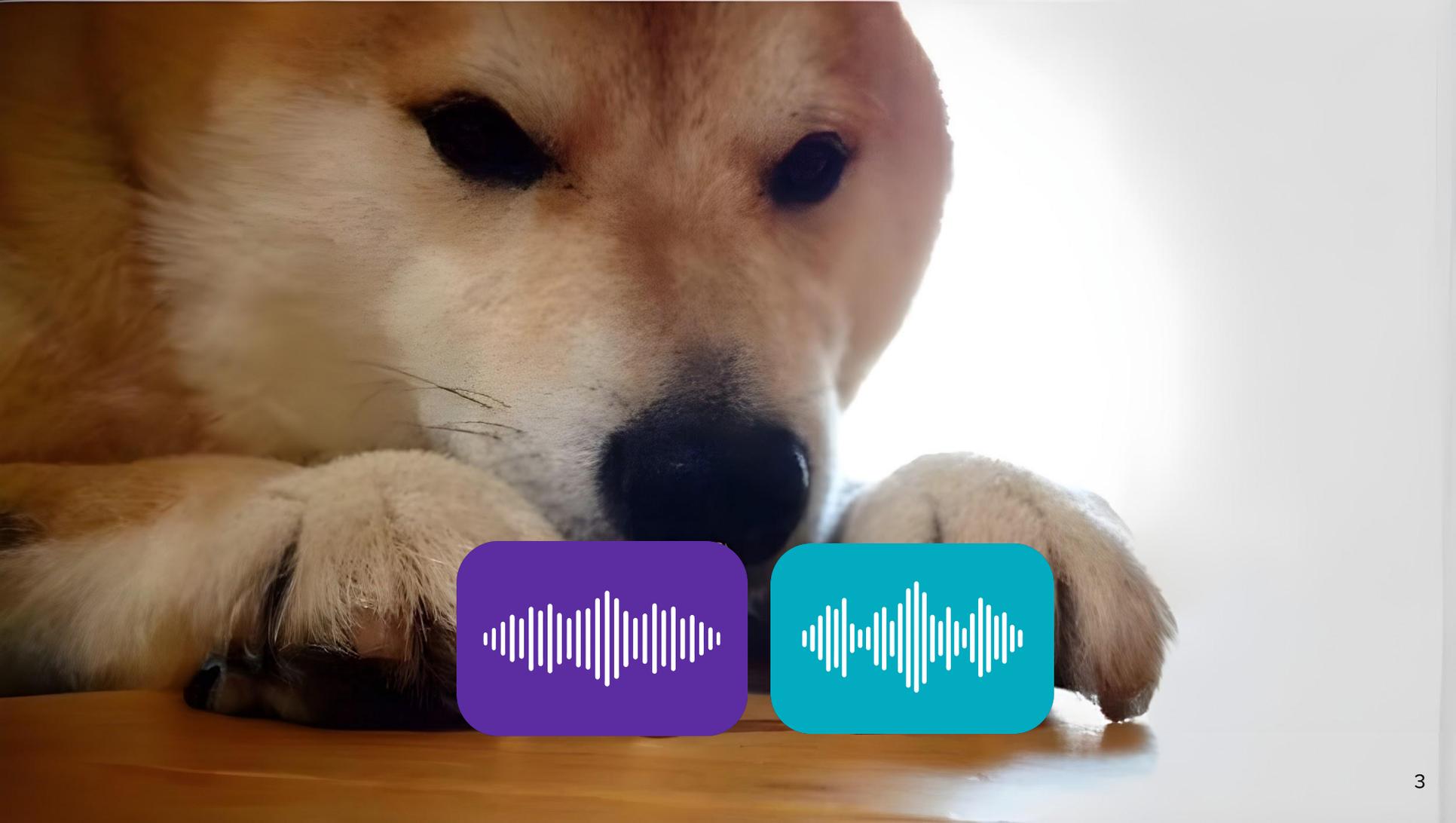
Задача

Теория звука

Формат представления звука (PCM)

Изменение характеристик звука

Микширование



Автомобиль

Динамики

## Устройство передачи аудио

Плеер

Голосовой  
ассистент

...

Источник  
звука N

Автомобиль

Динамики

## Устройство передачи аудио

Плеер

Голосовой  
ассистент

...

Источник  
звука N

Канал передачи аудио

Автомобиль

Динамики

## Устройство передачи аудио



Канал передачи аудио

Автомобиль

Динамики

Микшер

# Зачем изобретать велосипед

Решения

Простота  
интеграции

Микширование

Микширование в  
реальном времени

---

# Зачем изобретать велосипед

Решения

Простота  
интеграции

Микширование

Микширование в  
реальном времени

---

Superpowered

-

+

-

# Зачем изобретать велосипед

Решения	Простота интеграции	Микширование	Микширование в реальном времени
Superpowered	-	+	-
FFmpeg	+	+	-

# Зачем изобретать велосипед

Решения	Простота интеграции	Микширование	Микширование в реальном времени
Superpowered	-	+	-
FFmpeg	+	+	-
AudioPlaybackCapture	+	+	+



# Свое решение

Решения

Простота  
интеграции

Микширование

Микширование в  
реальном времени

---

Кастомный Микшер

+

+

+

# Свое решение

Решения

Простота  
интеграции

Микширование

Микширование в  
реальном времени

---

Кастомный Микшер

+

+

+

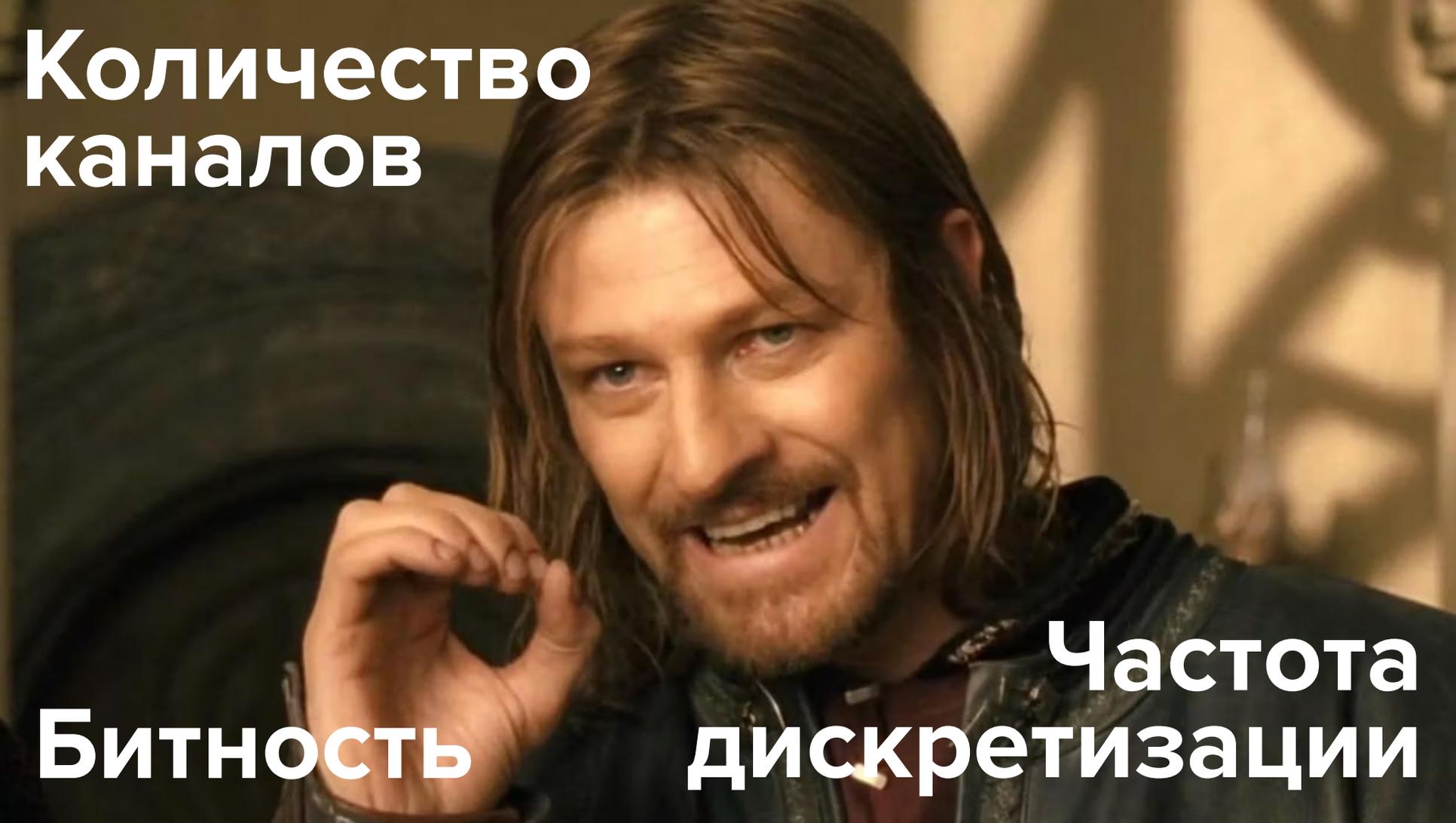
**Разработка/Поддержка — ?**



**Количество  
каналов**

**Битность**

**Частота  
дискретизации**

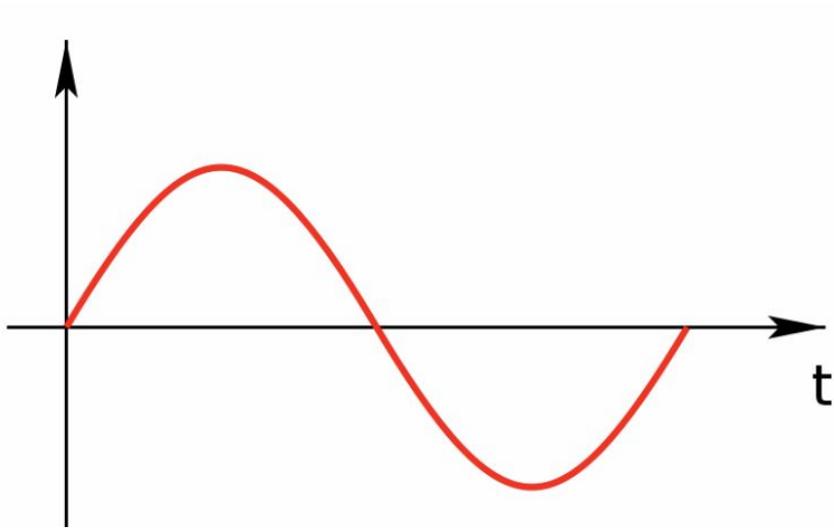




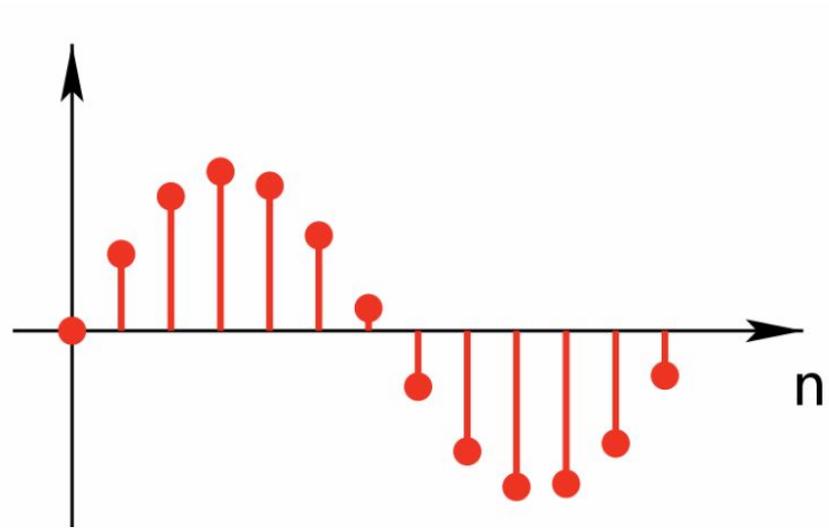
# Что такое звук



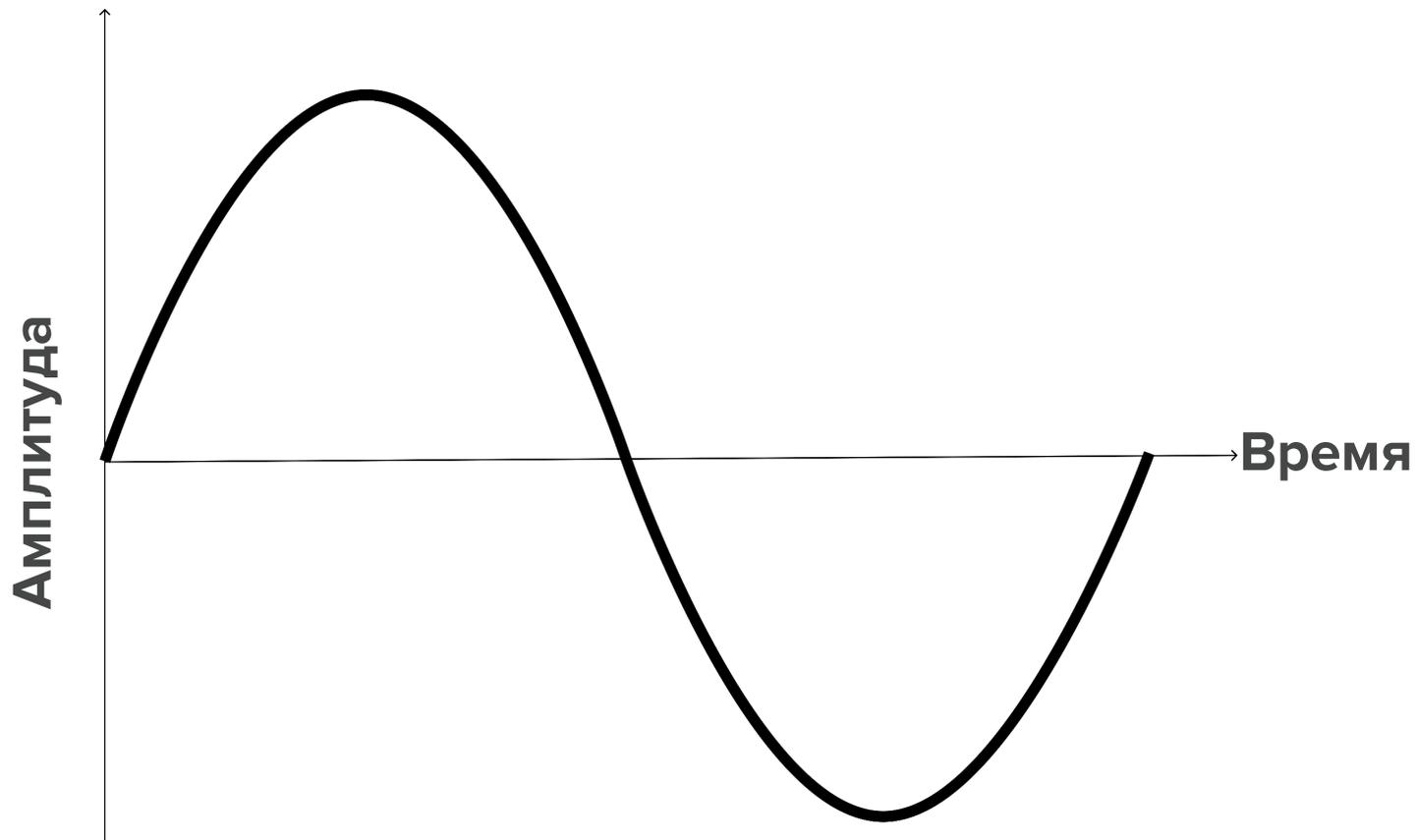
# Аналоговый



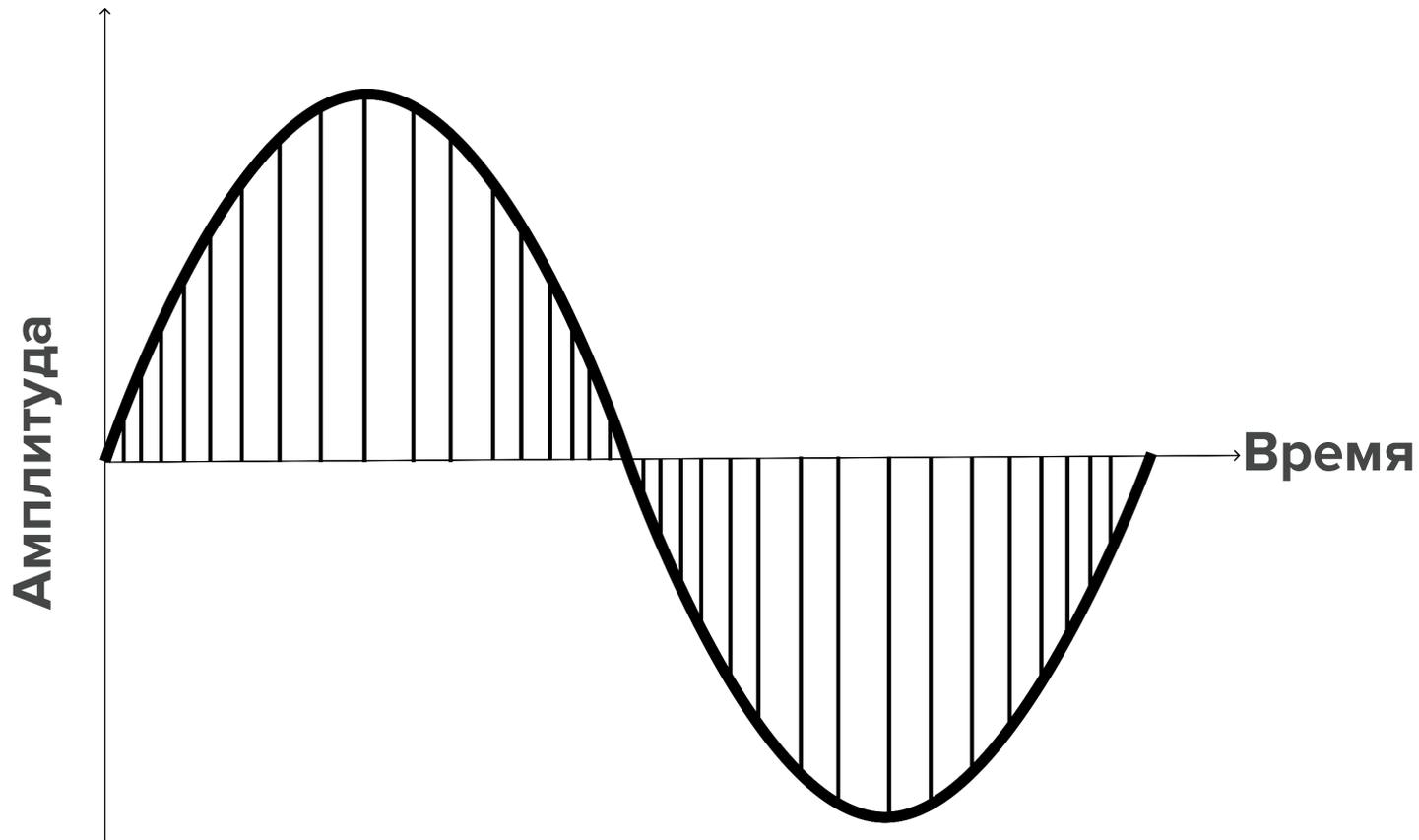
# Цифровой



# Исходный сигнал

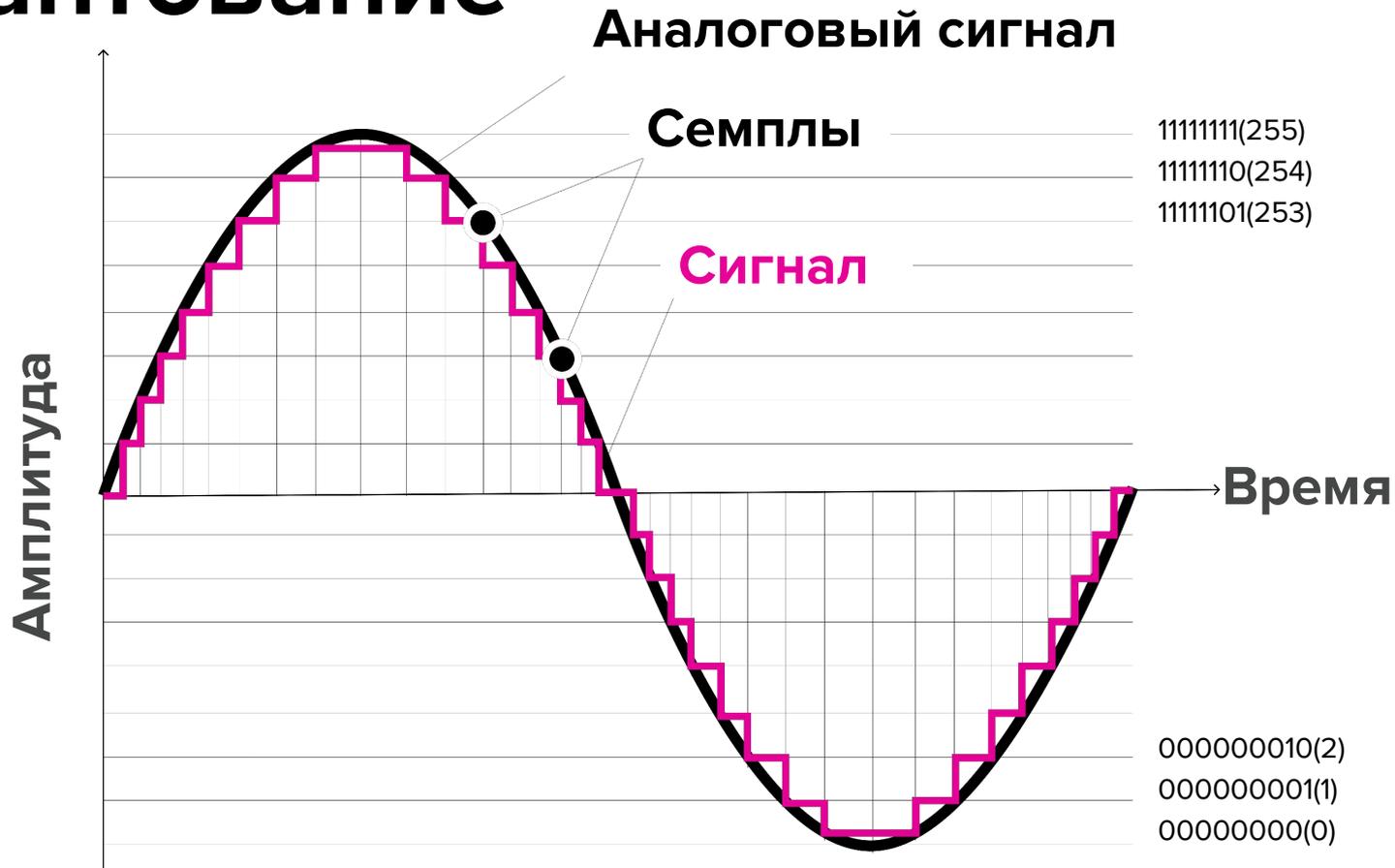


# Семплирование

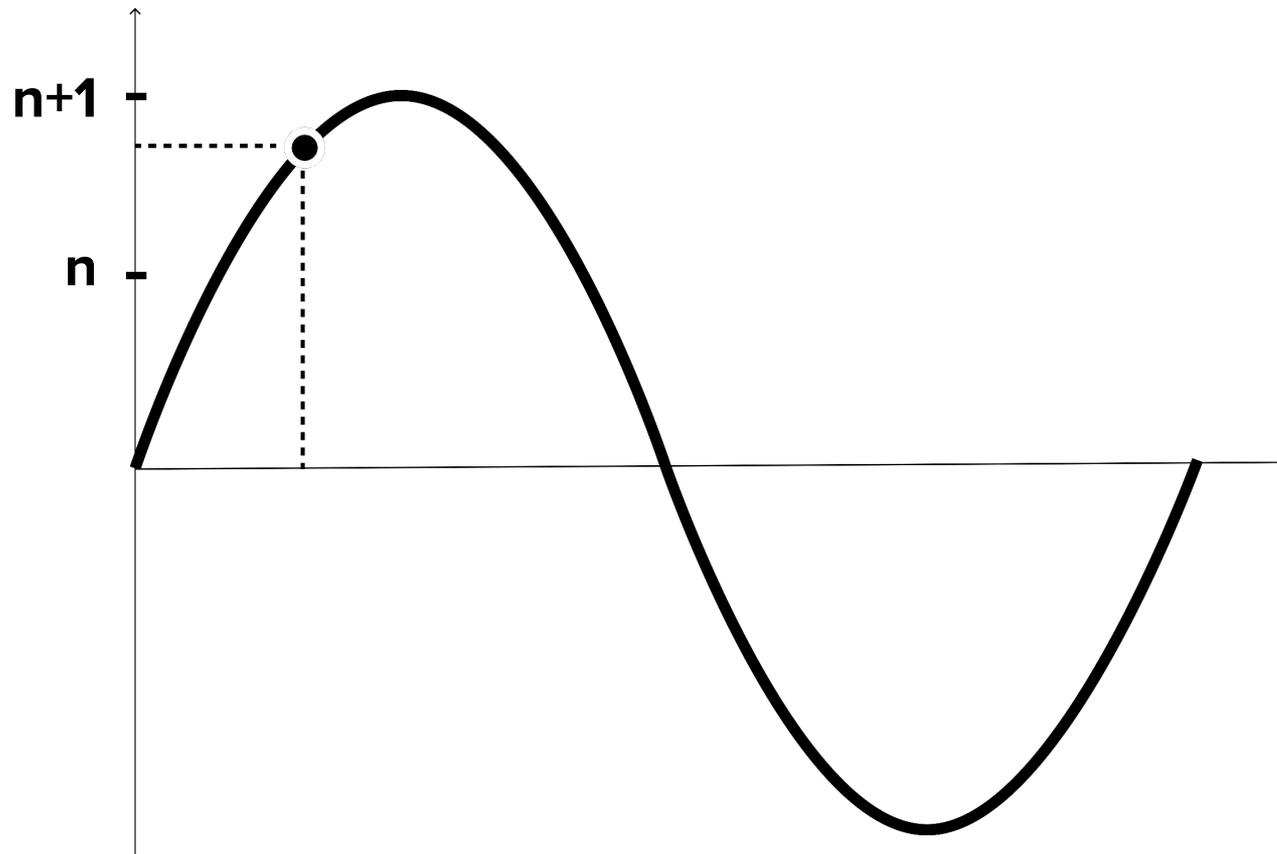


# Частота дискретизации (sample rate)

# Квантование



# Ошибка квантования



**Ты просишь меня  
закодировать  
семпл без шумов  
квантования...**



**...но при этом  
используешь  
восьмибитный  
звук**



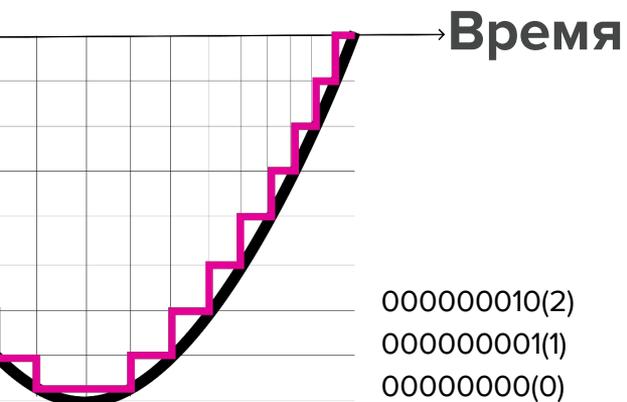
# Кодирование

11111111(255)

11111110(254)

11111101(253)

[01010101, ... , 10101010]



# Pulse Code Modulation (PCM)

Frame 1	Frame 2	Frame 3
Sample	Sample	Sample

**Моноканальный PCM**

Frame 1		Frame 2		Frame 3	
Sample Left	Sample Right	Sample Left	Sample Right	Sample Left	Sample Right

**Стереоканальный PCM**

# Pulse Code Modulation (PCM)

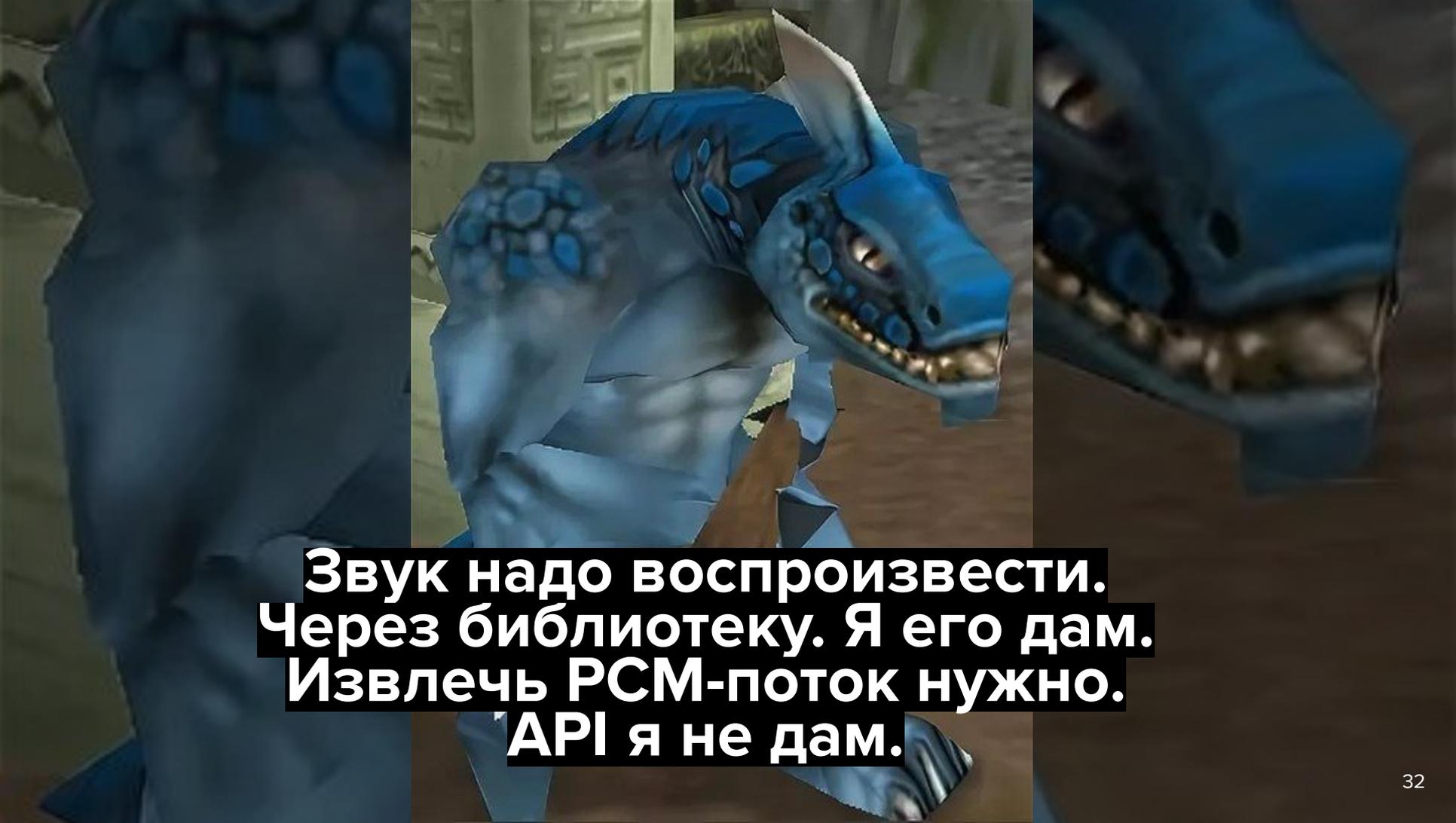
Frame 1	Frame 2
Sample 1Byte	Sample 1Byte

**8-бит**  
**1 канал**

# Pulse Code Modulation (PCM)

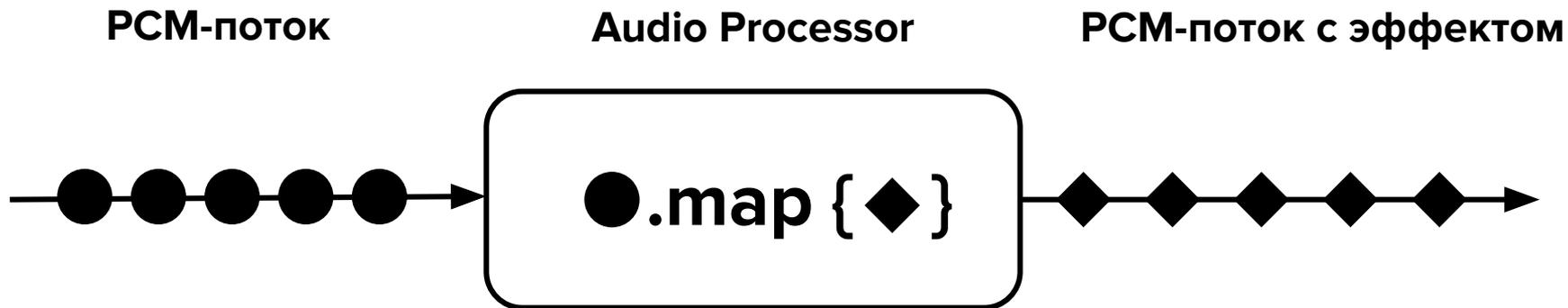
Frame 1		Frame 2	
Sample Left 2 Bytes	Sample Right 2 Bytes	Sample Left 2 Bytes	Sample Right 2 Bytes

**16-бит**  
**2 канала**

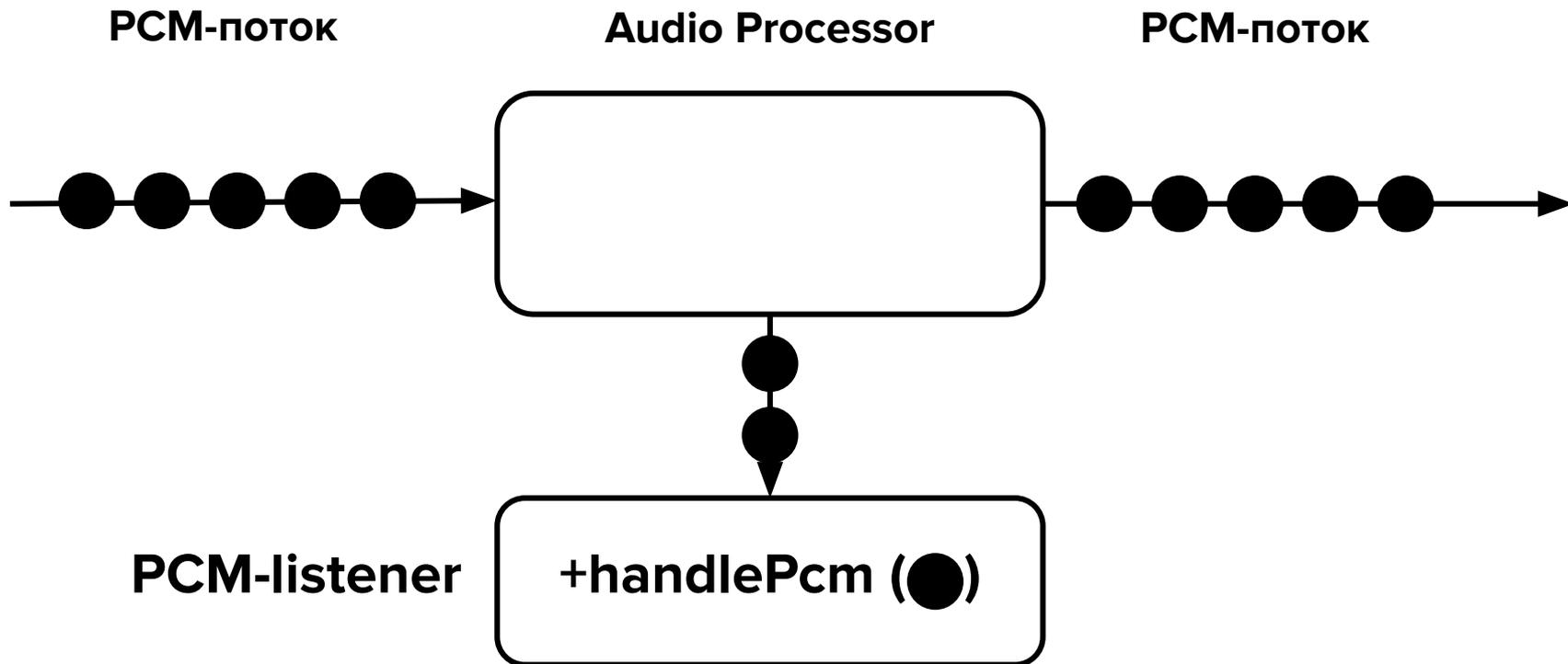


**Звук надо воспроизвести.  
Через библиотеку. Я его дам.  
Извлечь РСМ-поток нужно.  
API я не дам.**

# Извлечение PCM



# Извлечение PCM





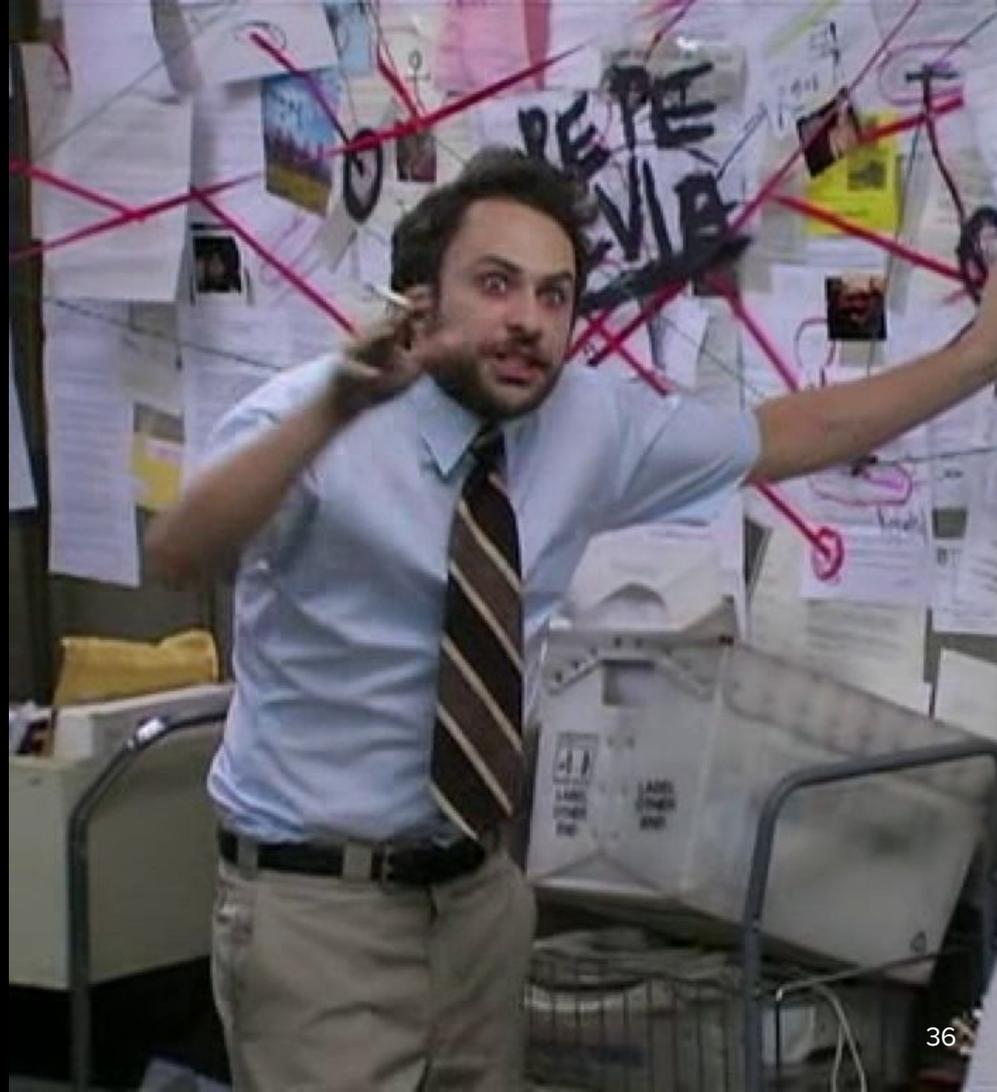
# Что имеем

Частота дискретизации

Разрядность (битность)

Количество каналов

Звук кодируется в PCM



# Микширование

Frame 1	Frame 2	Frame3
50	100	80

Frame 1	Frame 2
30	53

# Микширование

Frame 1	Frame 2	Frame3
50	100	80

Frame 1	Frame 2
30	53

## Результат микширования

Frame 1	Frame 2	Frame3

# Микширование

Frame 1	Frame 2	Frame3
50	100	80

Frame 1	Frame 2
30	53

## Результат микширования

Frame 1	Frame 2	Frame3
40		

# Микширование

Frame 1	Frame 2	Frame3
50	100	80

Frame 1	Frame 2
30	53

## Результат микширования

Frame 1	Frame 2	Frame3
40	76.5	

# Микширование

Frame 1	Frame 2	Frame3
50	100	80

Frame 1	Frame 2
30	53

## Результат микширования

Frame 1	Frame 2	Frame3
40	77	

# Микширование

Frame 1	Frame 2	Frame3
50	100	80

Frame 1	Frame 2
30	53

## Результат микширования

Frame 1	Frame 2	Frame3
40	77	80

**ЭТО ПРОСТАЯ**



**МАТЕМАТИКА**

**PCM**



**PCM**

**Mixer**





# Микширование исходных аудиопотоков



Голосовой ассистент



Голосовой ассистент  
+ плеер

# Форматы

Источник	Плеер	Голосовой Ассистент
Частота дискретизации, кГц	44,1	24
Количество каналов	2	1
Битность	16	16

# Изменение каналности

Frame 1	Frame 2
S1	S2

16 бит  
1 канал

[S1, S2]

# Изменение канальности

Frame 1	Frame 2
S1	S2

16 бит  
1 канал

[S1, S2]

## Результат

Frame 1		Frame 2	
S1 Left	S1 Right	S2 Left	S2 Right

16 бит  
2 канала

[S1, S1, S2, S2]

# Моно

Frame 1	Frame 2	Frame 3
S1	S2	S3

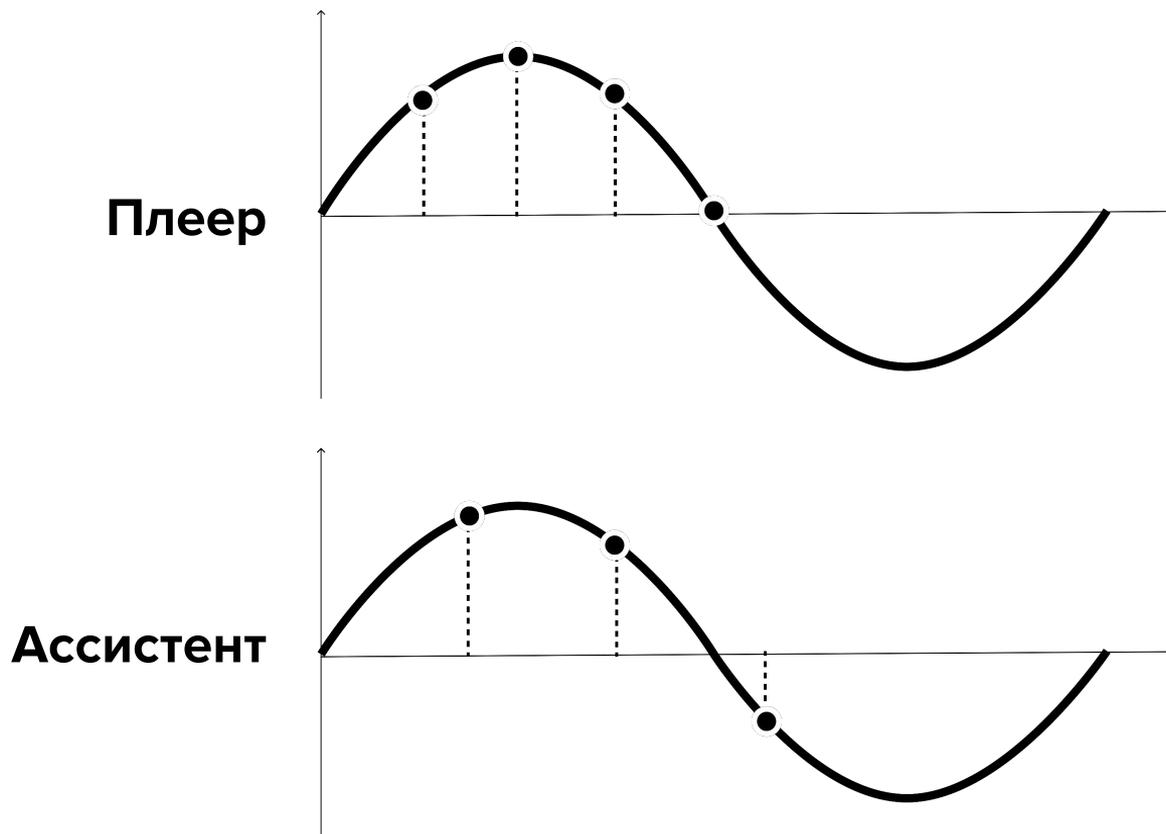


# Стерео

Frame 1		Frame 2		Frame 3	
S1	S3	S2	S2	S3	S1



# Ресемплирование



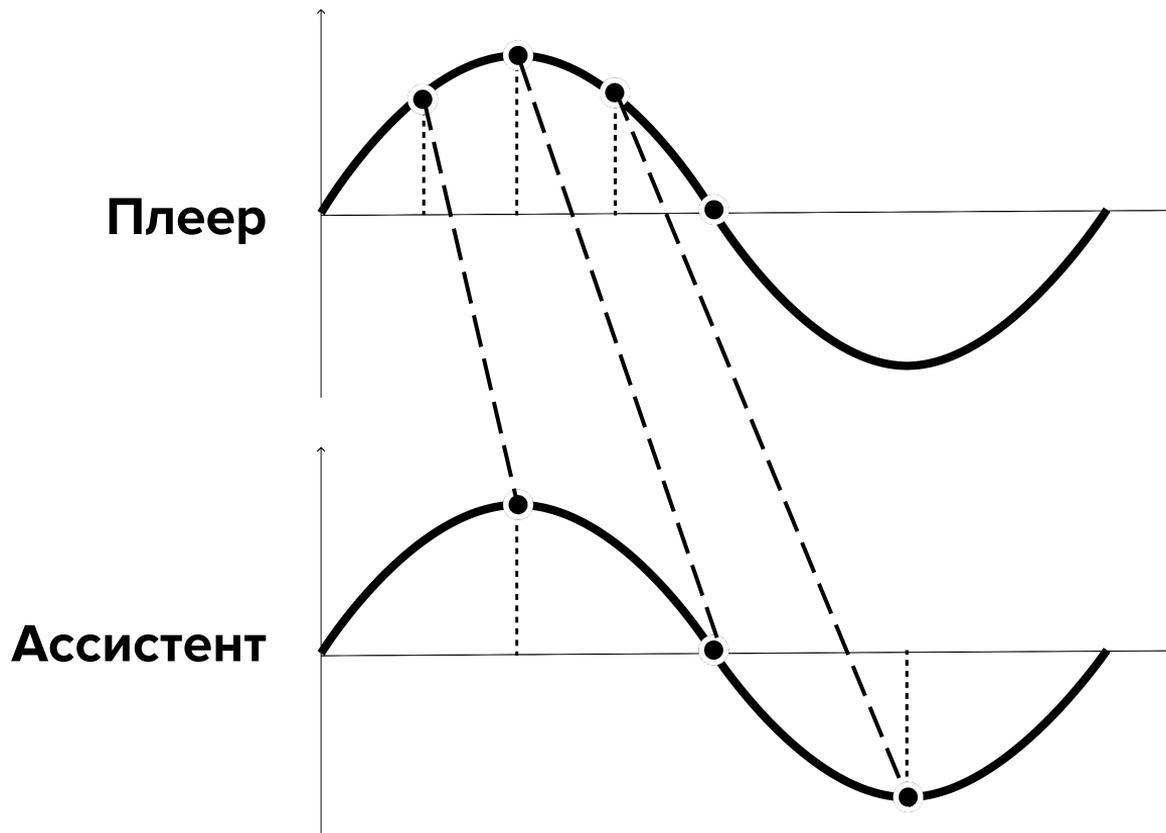
# Ассистент — частота 24 КГц



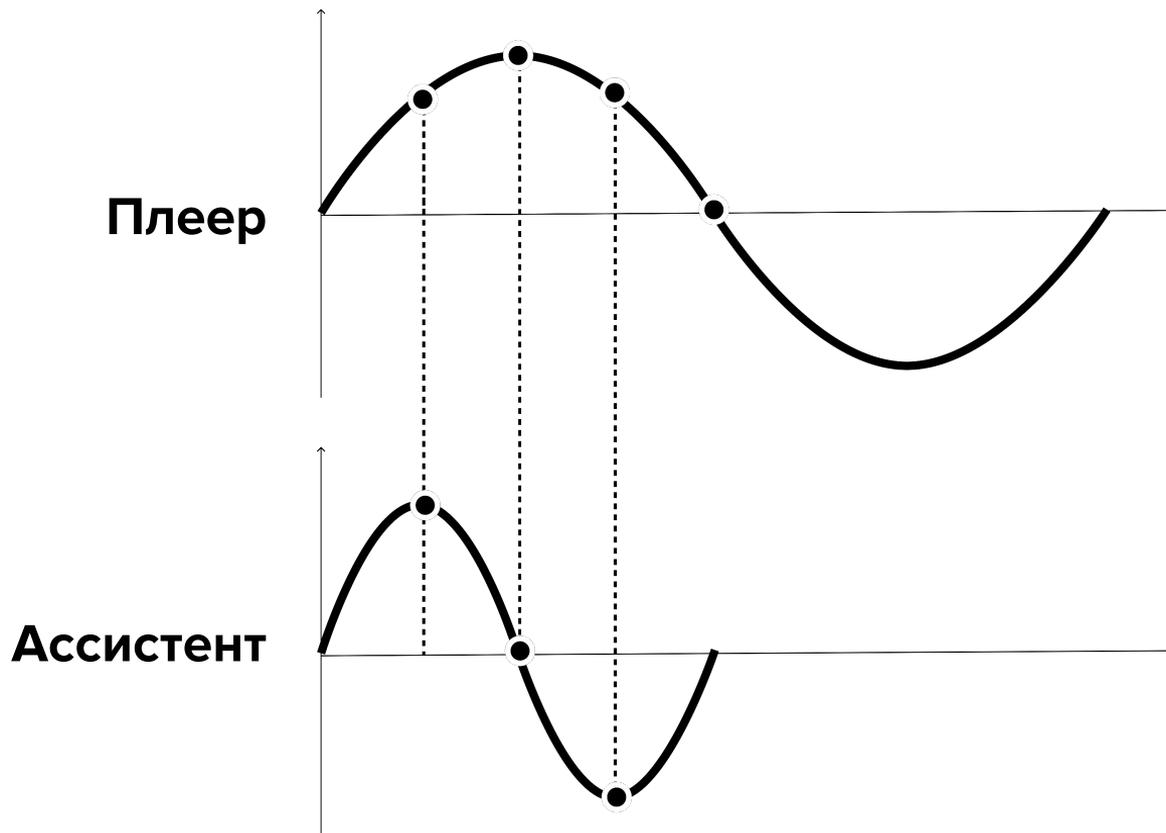
# Результат — частота 44,1 КГц

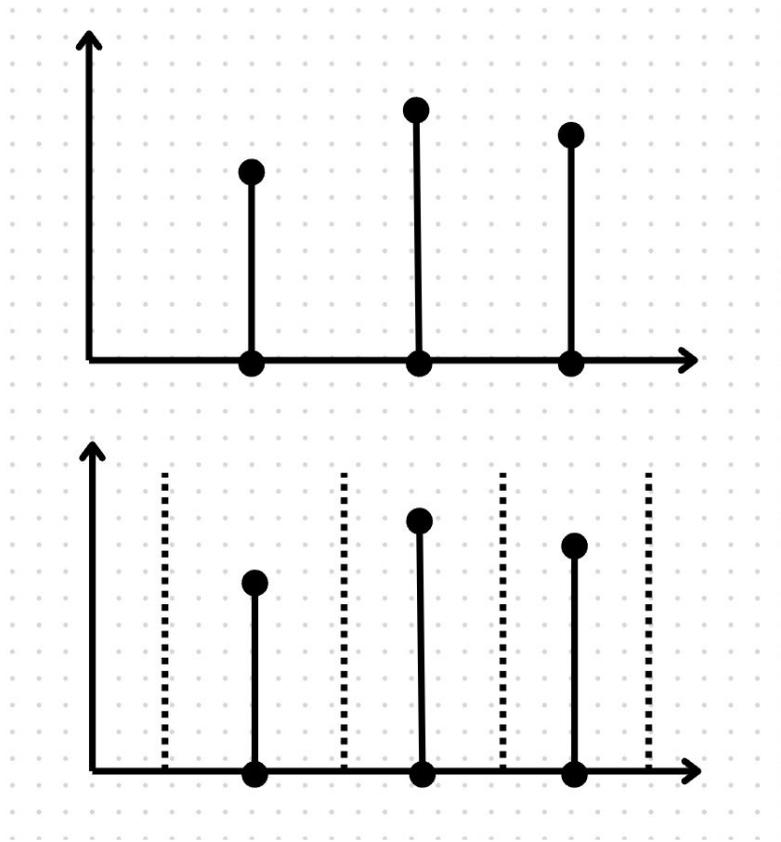


# Ресемплирование



# Ресемплирование





# Ресемплирование

До



24 КГц

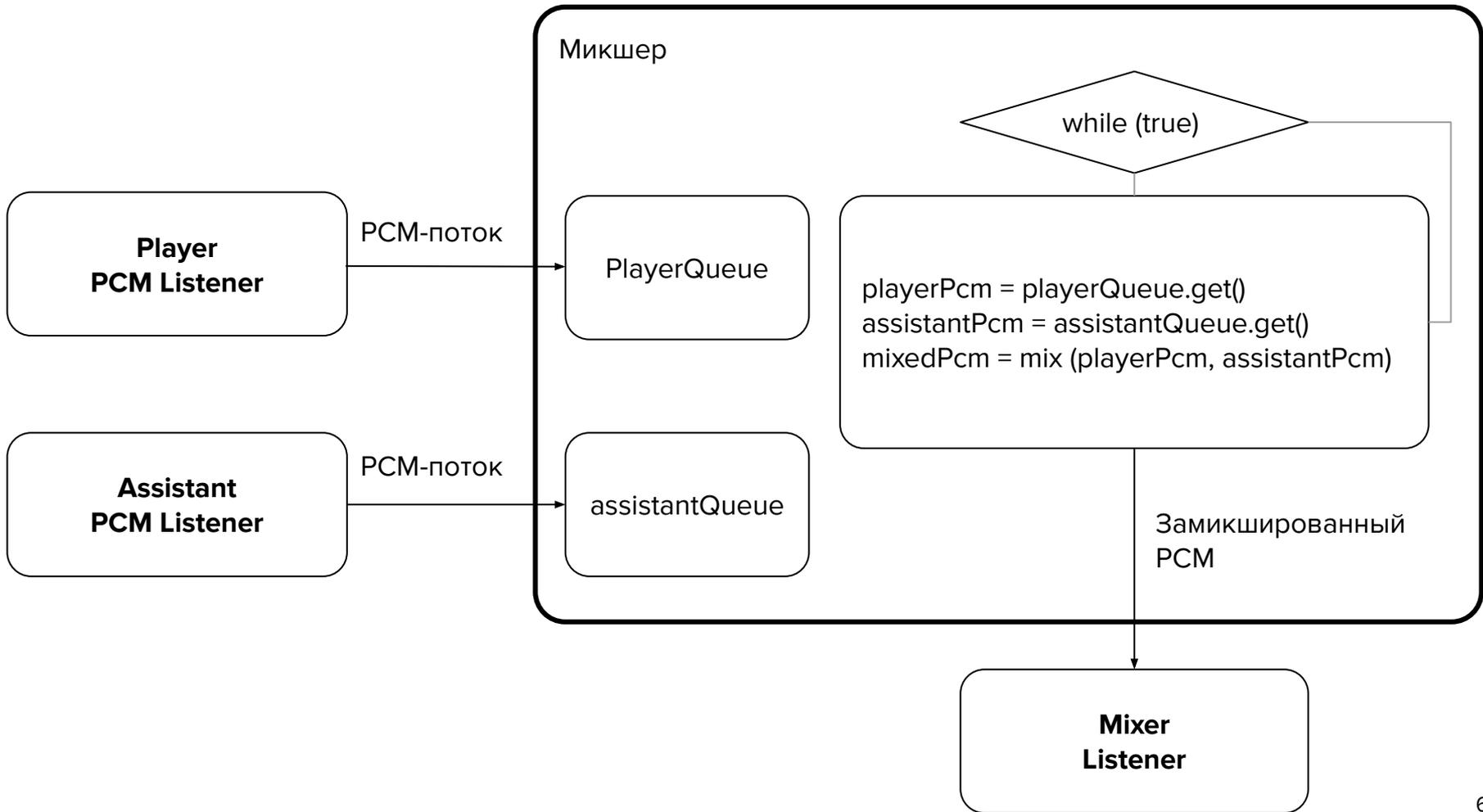
После

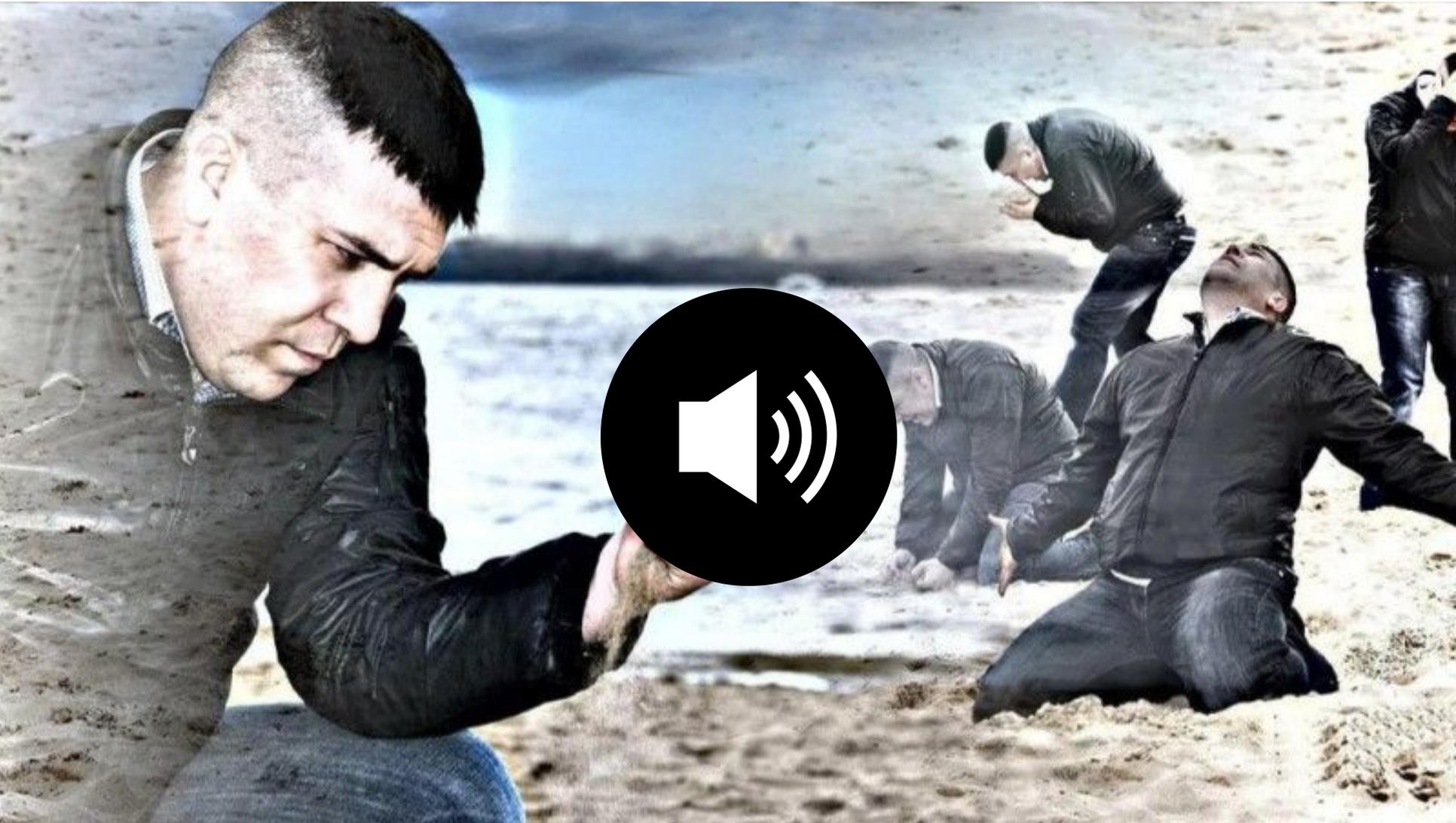


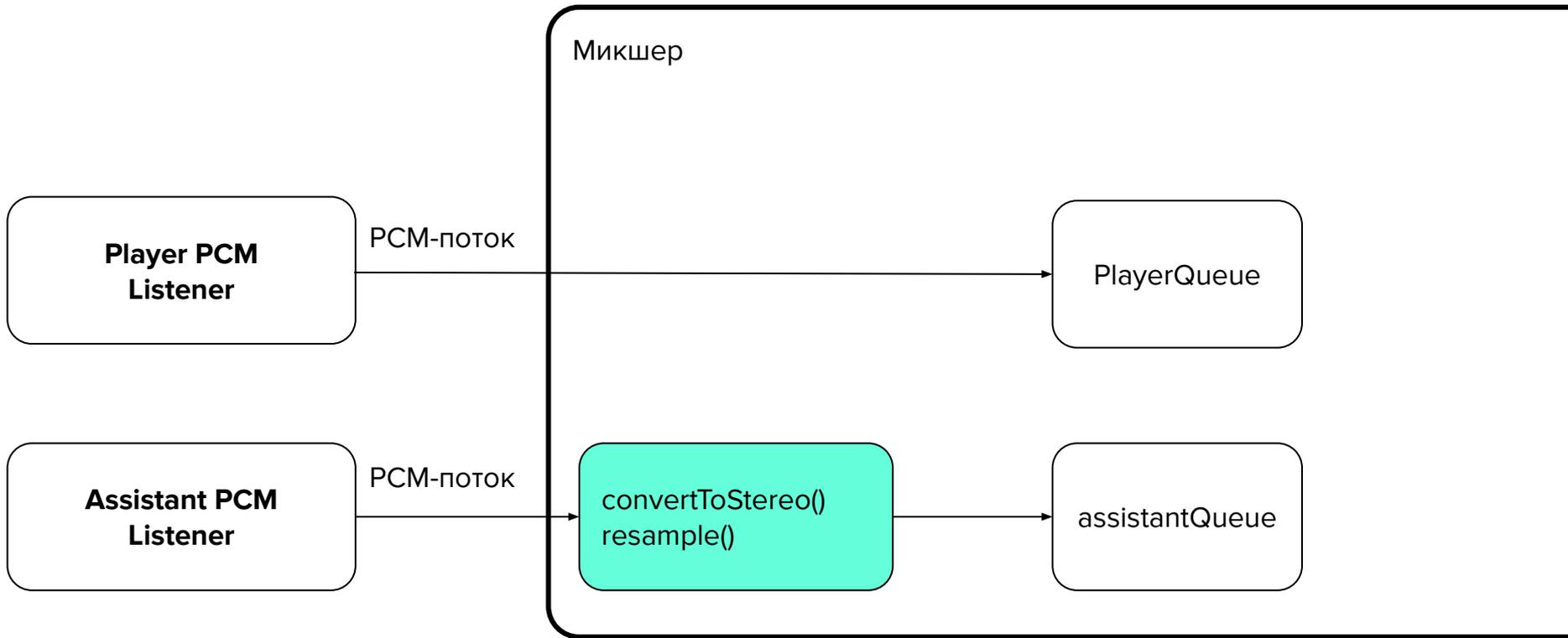
44.1 КГц

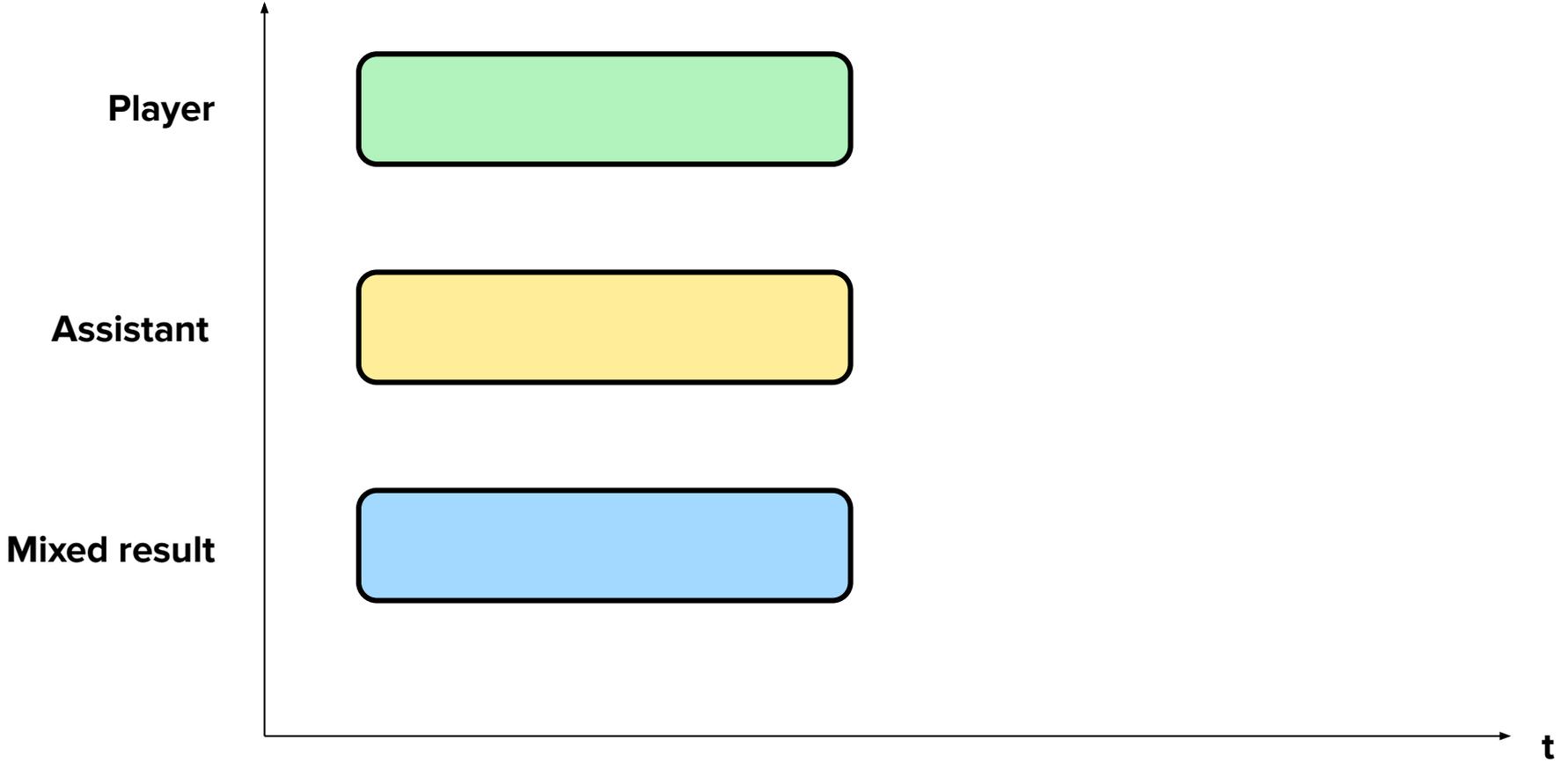


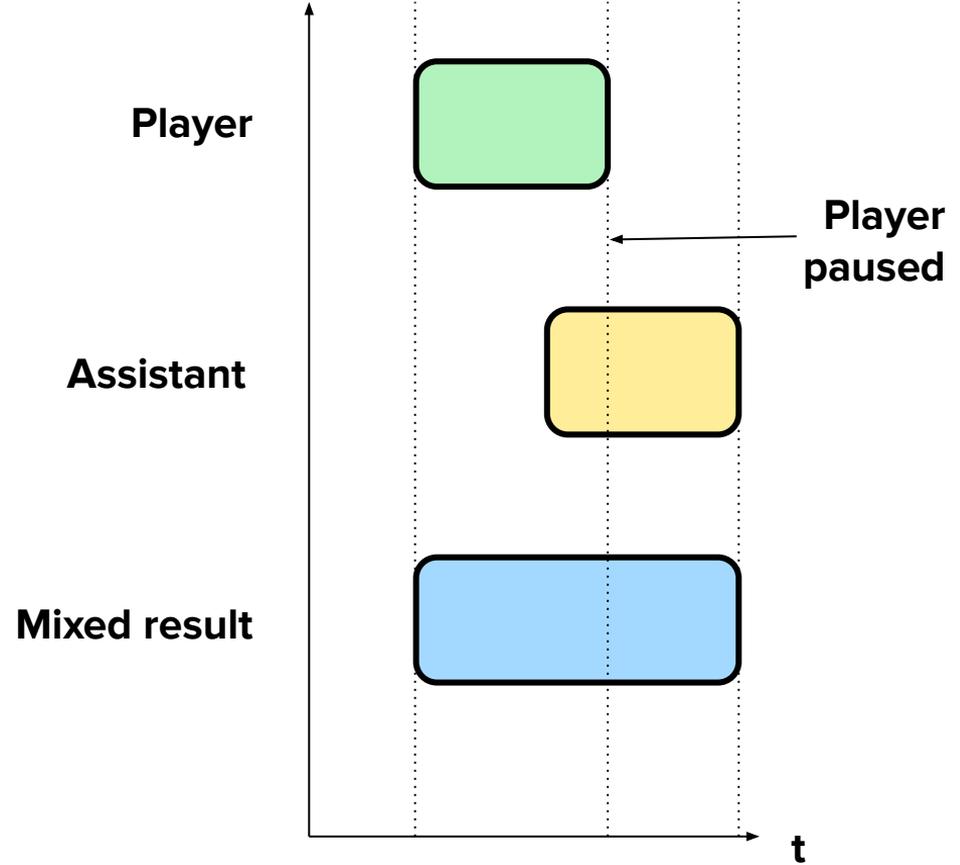
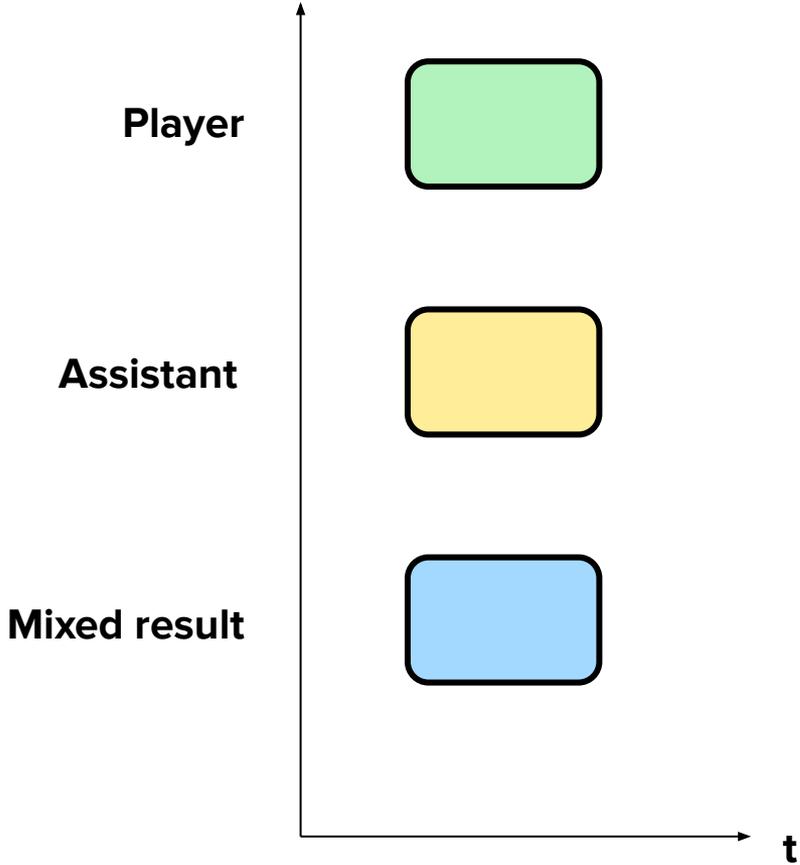
# REAL TIME MIXING











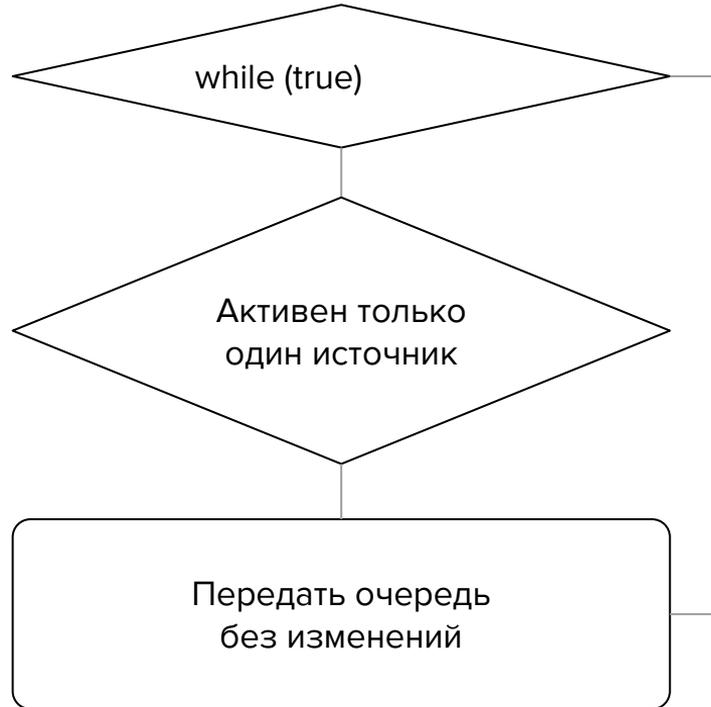
## Микшер

playerQueue

assistantQueue

IsPlayerActive

IsAssistantQueue



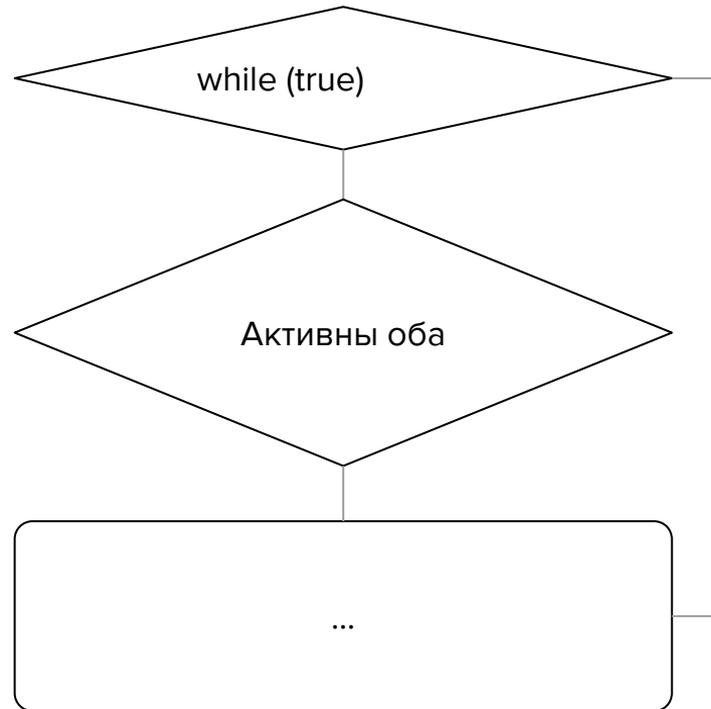
## Микшер

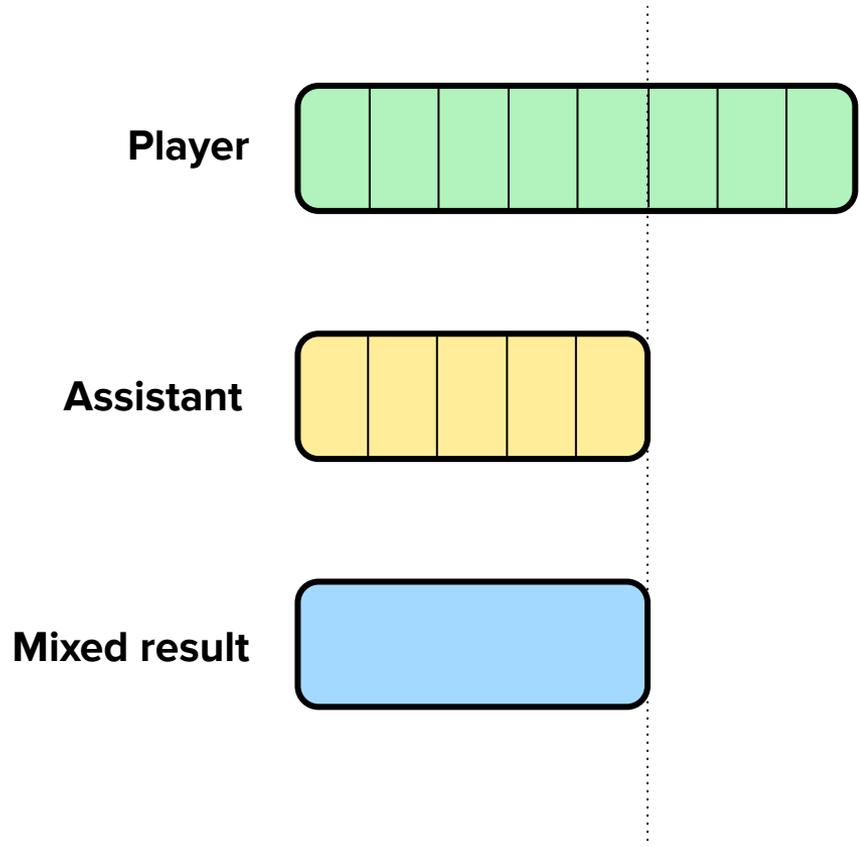
playerQueue

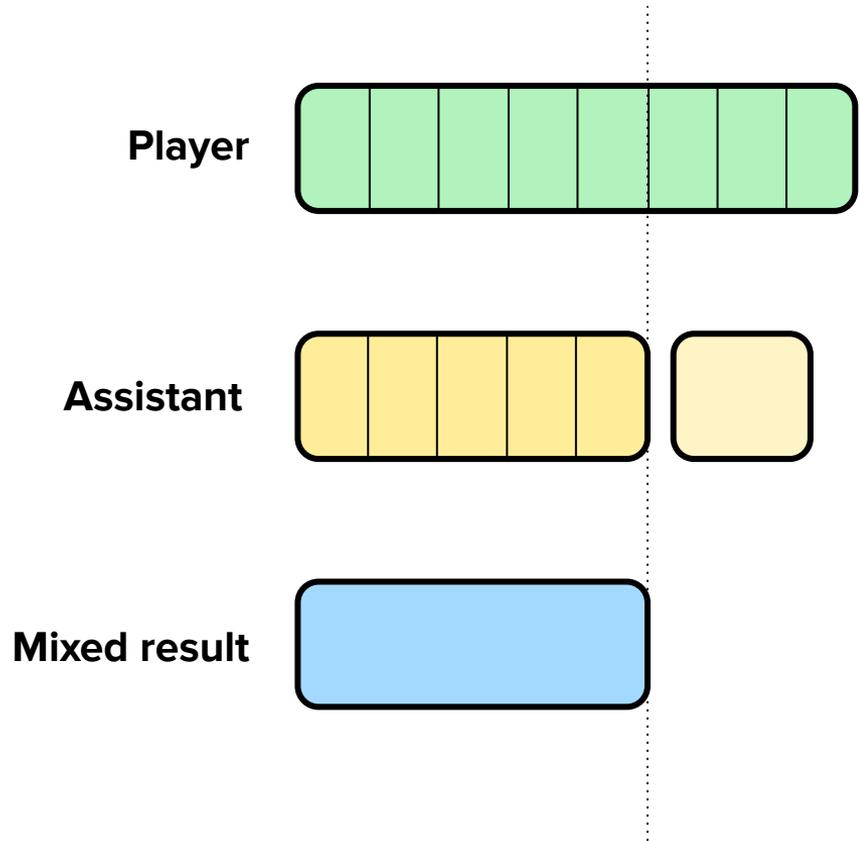
assistantQueue

IsPlayerActive

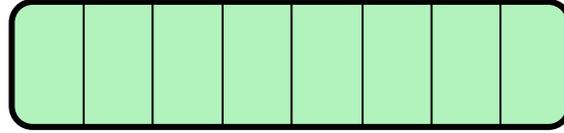
IsAssistantQueue



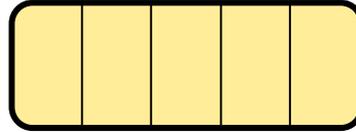




**Player**



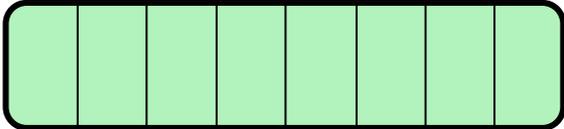
**Assistant**



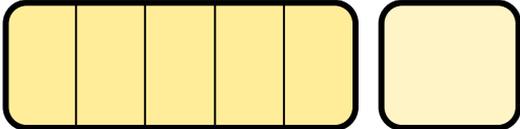
**Mixed result**



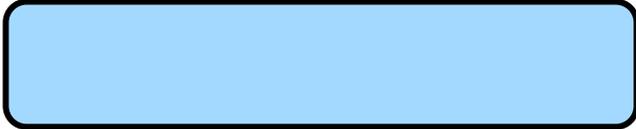
**Player**



**Assistant**



**Mixed result**





**MISSION PASSED!**

**RESPECT + 99**

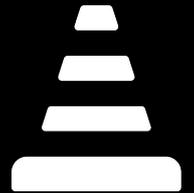
# Итог

Узнали как работает звук под капотом

Как происходит микширование

Научились микшировать в реальном времени

**Спасибо  
за внимание!**



# Вопросы

