JACK Starter

这是一份将 JACK 应用于你的 Athernet project 的指南。希望你能通过这份尽量足够简短且有效的指南，在你的项目中获得一个舒适的的开始。

Why JACK

众所周知，在以往这门课程使用的是 ASIO 来作为提供硬件级延迟的 HAL，但由于其无法在 Linux 上使用，往往给一些同学带来困扰，而 JACK 是跨平台的，你能在 Linux、macOS 和 Windows 上使用它。此外，据一些来自同学的反馈，ASIO 常常在操作时出现奇怪的卡顿（有待证实）。另外据观察，似乎 JACK 的使用比 ASIO 更简单（库的 API 比较容易理解，且 JACK2 自带一个好看的 QjackCtl）。

Why Rust or Golang

过去课程官方推荐的语言是 Java, 也有同学使用 Python 和 C++，但是它们或多或少都有些问题。譬如，Java 搭配 Maven 或 Gradle 实在太繁琐了，学习和使用也不是很简单，且能使用的库比较少，标准库的功能比较匮乏，没有什么语法糖，因此你可能需要写很多代码。C++的复杂度众所周知，且 C++的库管理同样很繁琐，并且使用它进行并发编程很难保证并发安全，你可能会花很多时间在调试语言本身上。Python 的性能比较差，据以往的同学表述，他们使用 Python 确实遇到了性能问题（你能在 GitHub 上找到他们的 report）。而 Go 和 Rust 拥有海量的库和现代的包管理系统，让你觉得找到一个合适的包并安装它真的是小菜一碟，你会享受于找包并使用它们而不是重新造轮子。同时，用 Go 和 Rust 创建的项目相比 Java 有更简洁的结构，相比 Python 有更好的性能，这样你就不会浪费时间去优化你的程序的性能。这些都会成为你在完成 project 时的美妙帮助。特别是 Go，它拥有像 Python 一样容易学习，语言本身自带简单强大且安全的并发系统，而性能却几乎能与 C++、Rust 等语言媲美。Rust 的所有权和生命周期系统让它相比于 C++，内存安全性和并发安全性得到了十足的保障，虽然它相对 Go 学习起来会更难一些。

设置 JACK 服务器

所以该如何安装 JACK 呢?

Windows

对于 Windows 11 和较新版本的 Windows 10，你可以使用系统自带的 winget 工具来安装 JACK：

```
winget install Jackaudio.JACK2
```

或打开 JACK 的官方 下载页面，下载对应的安装包并安装。

macOS

如果你已经安装过 Homebrew，可以通过以下命令安装 jack：

```
brew install jack qjackctl
```

或打开 JACK 的官方 下载页面，下载对应的安装包解压并安装。

Linux

请使用对应发行版的包管理器安装`jack`和`qjackctl`：

Debian/Ubuntu:

```
$ sudo apt install jackd2 qjackctl
```

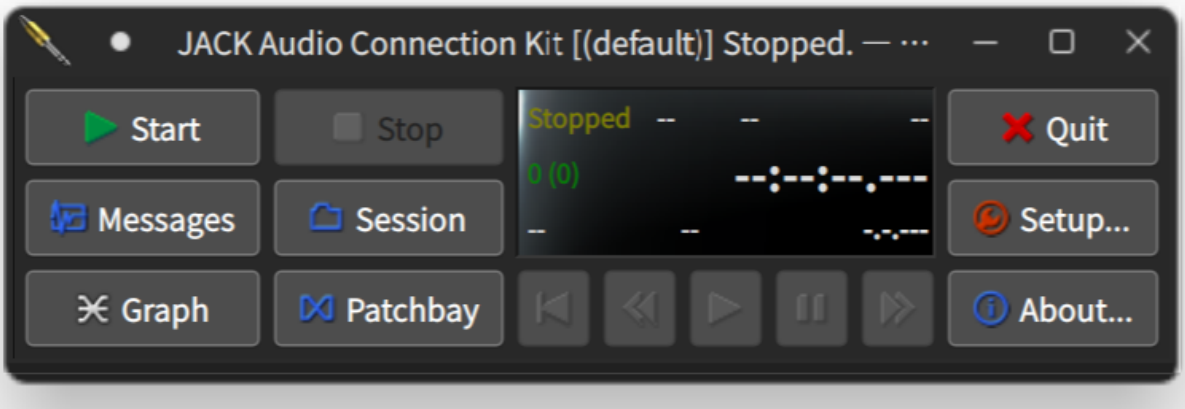
Archlinux:

```
$ sudo pacman -S jack2 qjackctl
```

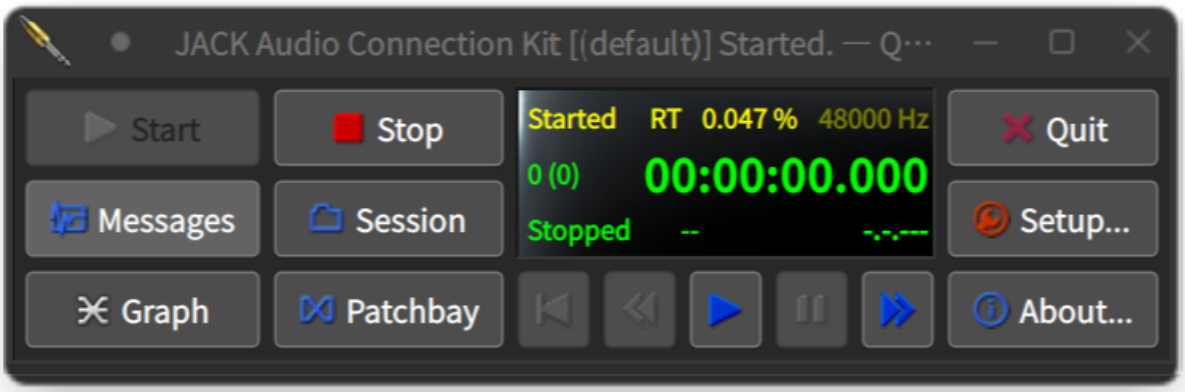
在完成上述的安装步骤后，你将拥有 JACK 并拥有一个叫做 QjackCtl 的程序。

Start JACK server

打开 QjackCtl，它的界面长这个样子：

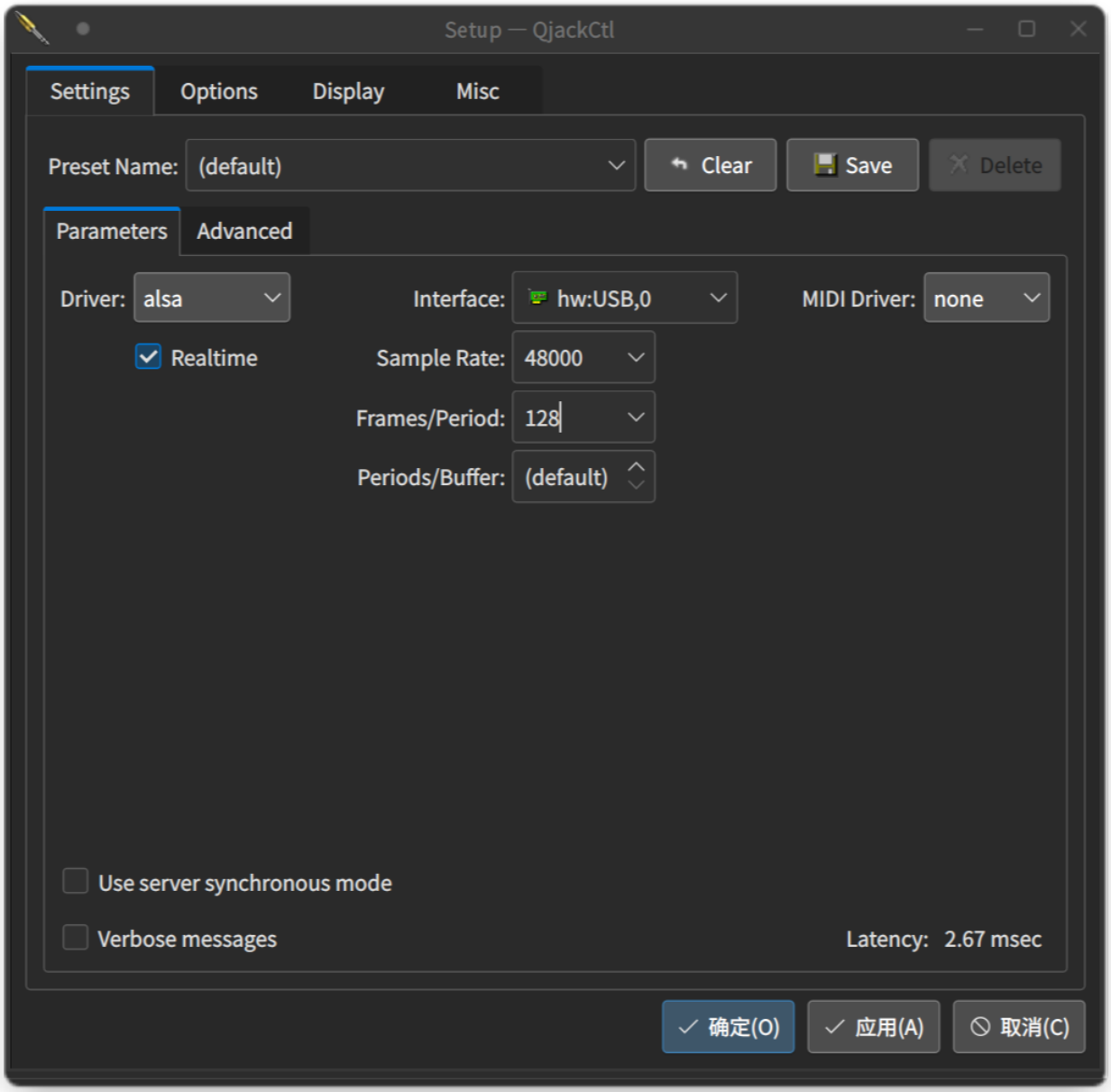


点击`Start`就能启动 JACK 服务器。

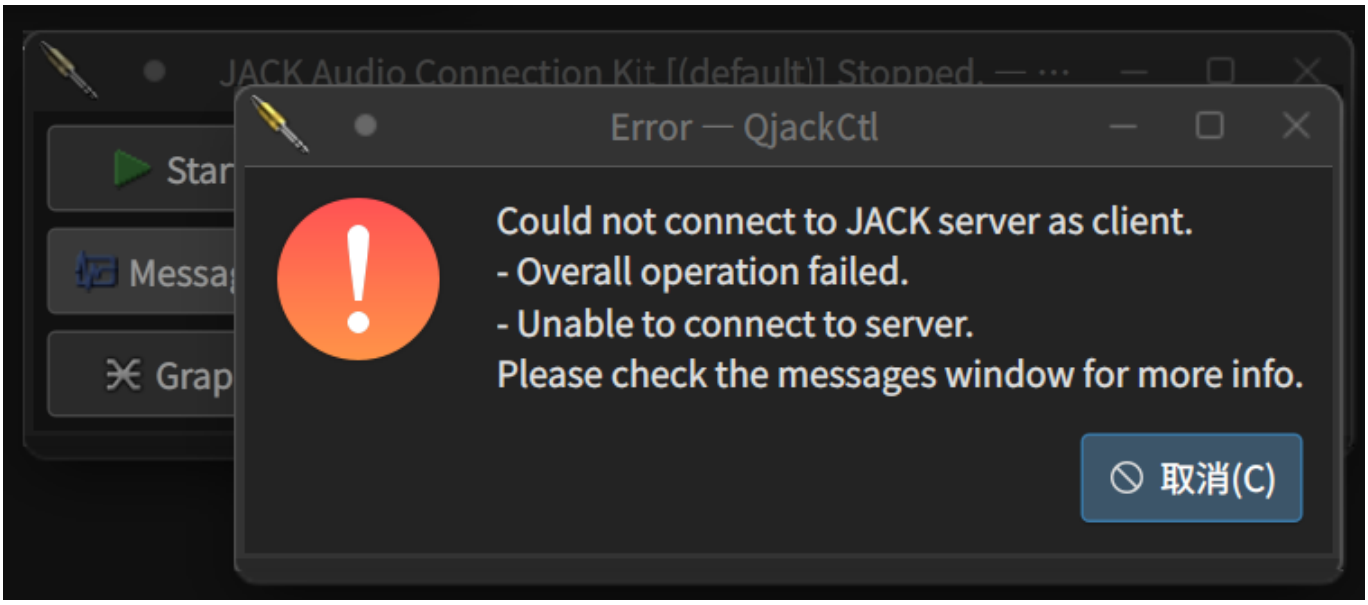


如果使用课程提供的声卡进行测试，需要做一些简单的配置。先点击`Setup`，在`Interface`中选中你的 USB 声卡，在`Sample Rate`中选择 48000，在`Frames/Period`中选择 128 或 256，点击确定以应用设置。

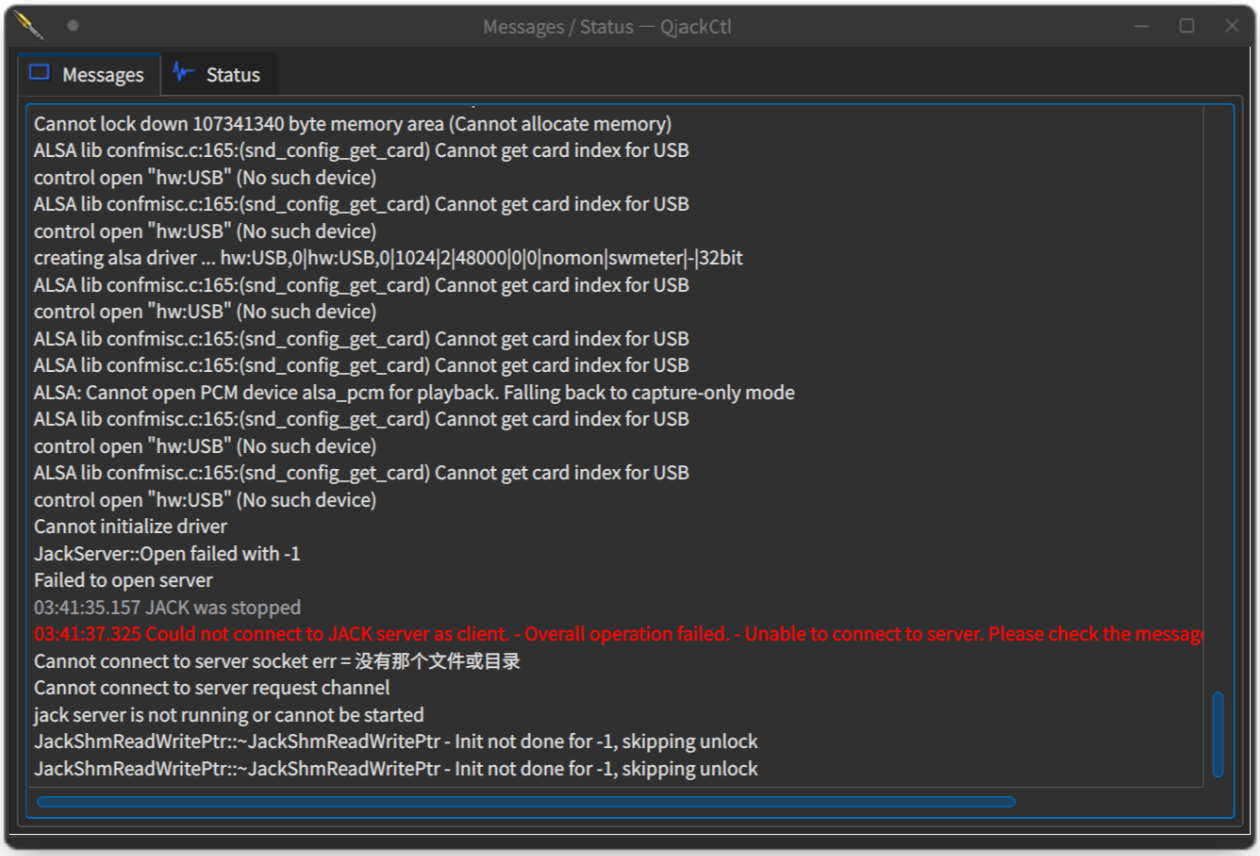
> 实测课程发布的白色绿联声卡选择 128 时 RTT 在 12ms 左右，你可以下载并使用`JACK_delay`实用程序来测试真实延迟）。



如果点击`Start`后没有反应，或者弹出报错窗口，可以点击`Message`查看错误信息，譬如之前插上 USB 声卡时更改了`Interface`，但是在拔下声卡时点击了`Start`。



此时就会报错找不到声卡：



在 Rust 中使用 JACK

首先你需要先配置 rust 工具链。

Windows

对于 Windows 11 和较新版本的 Windows 10，你可以使用系统自带的 winget 工具来安装 rustup：

```
winget install Rustlang.Rustup
```

或打开 rustup 的官方 下载页面，下载对应的安装包并安装。

macOS

如果你已经安装过 Homebrew，可以通过以下命令安装 rustup：

```
brew install rustup
```

或打开 rustup 的官方 下载页面，下载对应的安装包并安装。

Linux

请使用对应发行版的包管理器安装`rustup`：

Debian/Ubuntu:

```
$ sudo apt install rustup
```

Archlinux:

```
$ sudo pacman -S rustup
```

在完成上述的安装步骤后，你应当能使用`rustup`与`cargo`等命令行程序。

现在我们来创建一个新项目：

```
cargo new acoustic_link
```

进入这个目录，然后添加`jack`依赖：

```
cd acoustic_link
cargo add jack
```

然后编辑`src/main.rs`，替换成以下代码：

```
fn main() {
    let (client, _status) =
        jack::Client::new("AcousticLink",
```

```
    jack::ClientOptions::NO_START_SERVER).unwrap();

        let in_port = client
            .register_port("input", jack::AudioIn::default())
            .unwrap();
        let mut out_port = client
            .register_port("output", jack::AudioOut::default())
            .unwrap();

        let in_port_name = in_port.name().unwrap();
        let out_port_name = out_port.name().unwrap();

        let process_callback = move |_: &jack::Client, ps: &jack::ProcessScope|
    -> jack::Control {
            let in_port_slice = in_port.as_slice(ps);
            let out_port_slice = out_port.as_mut_slice(ps);
            out_port_slice.clone_from_slice(in_port_slice);
            jack::Control::Continue
        };

        let process = jack::ClosureProcessHandler::new(process_callback);
        let active_client = client.activate_async((), process).unwrap();

        let client = active_client.as_client();
        client.connect_ports_by_name("system:capture_1",
    &in_port_name).unwrap();
        client.connect_ports_by_name(&out_port_name,
    "system:playback_1").unwrap();

        println!("Press enter or return to quit...");
        let mut user_input = String::new();
        std::io::stdin().read_line(&mut user_input).ok();

        active_client.deactivate().unwrap();
    }
```

在这段代码中，我们首先创建了一个叫做`AcousticLink`的JACK客户端，并且向他注册了一个输入端口`input`和一个输出端口`output`。

然后，我们创建了一个回调函数（闭包）。在这个回调函数中，我们获得了`input`端口和`output`端口的缓冲区，并将`input`端口的缓冲区中的内容拷贝到了`output`端口的缓冲区中。这样就实现了在扬声器中实时输出麦克风录制的内容的效果。

接着，我们按照库的要求，使用`ClosureProcessHandler::new()`将之前的闭包包装了一下，并将其注册到我们的JACK客户端，此时JACK客户端已经被激活，开始在音频数据准备完成时（即每`Frames/Period ÷Sample Rate`秒）调用我们之前写的回调函数。

最后，我们将系统默认输入端口的第一个端口`system:capture_1`（通常是麦克风的左声道）与`AcousticLink`的`input`端口连接了起来，并将系统默认输出端口的第一个端口`system:playback_1`（通常是扬声器的左声道）与`AcousticLink`的`output`端口连接在了一起。

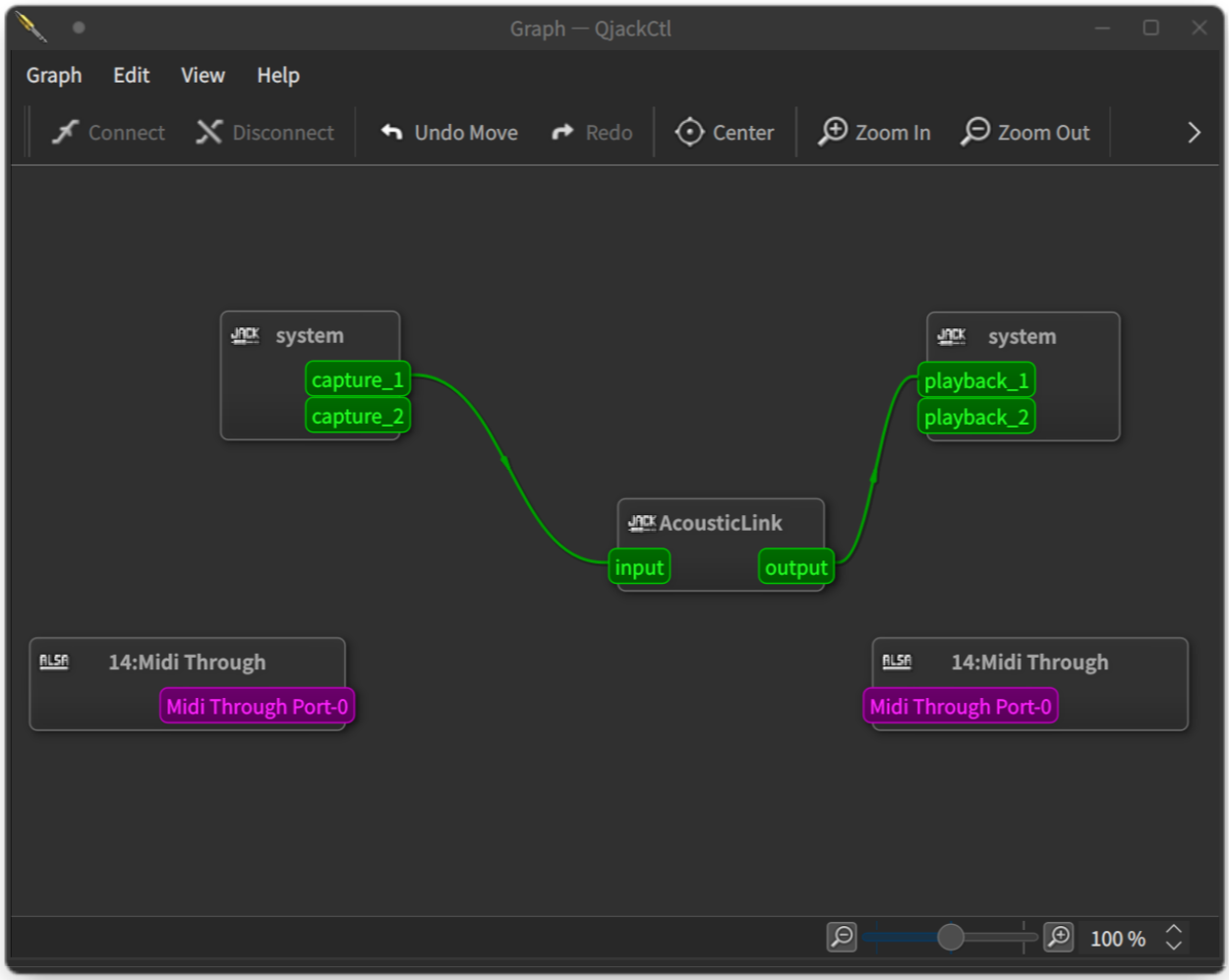
接下来三行是等待输入一个`Enter`或`Return`。因为JACK客户端的回调函数是异步运行的，也就是说，它不是在`main`函数所在的线程中运行的，因此如果不添加这三行，程序会立即执行到最后一行并结束。

执行以下命令来运行这个程序：

```
$ cargo run
```

这时所有麦克风录制的音频都会从扬声器中播放出来。（小心啸叫！）

如果你点击QjackCtl中的`Graph`，你应该能看到有一个叫做`AcousticLink`的客户端，它有两个端口，并且与系统的两个指定的端口相连接。



此时我们已经可以在JACK客户端的回调函数中获取到音频数据了，那么我们应当如何在其他线程中读写JACK客户端的缓冲区呢？毕竟在这个项目中我们需要同时处理输入和输出，因此会启动两个甚至更多的线程。一个简单的做法是使用`Arc`（原子引用计数器）和`Mutex`（互斥锁）来包裹一个数组或队列，但我想推荐的是Channel，使用它我们就能高效且便捷地编写阻塞与非阻塞的在不同线程间传递数据的代码。

在这里我使用的Channel实现是`crossbeam-channel`，你也可以使用其他实现，用法大同小异。首先我们先安装依赖：

```
cargo add crossbeam-channel
```

然后编辑src/main.rs，替换成以下代码：

```
fn main() {
    let (client, _status) =
        jack::Client::new("AcousticLink",
jack::ClientOptions::NO_START_SERVER).unwrap();

    let in_port = client
        .register_port("input", jack::AudioIn::default())
        .unwrap();
    let mut out_port = client
        .register_port("output", jack::AudioOut::default())
        .unwrap();

    let in_port_name = in_port.name().unwrap();
    let out_port_name = out_port.name().unwrap();

    let (input_sender, input_receiver) = crossbeam_channel::unbounded();
    let (output_sender, output_receiver) = crossbeam_channel::unbounded();

    let process_callback = move |_: &jack::Client, ps: &jack::ProcessScope|
-> jack::Control {
        let in_port_slice = in_port.as_slice(ps);
        let out_port_slice = out_port.as_mut_slice(ps);

        for input in in_port_slice.iter() {
            input_sender.try_send(*input).unwrap();
        }
        for output in out_port_slice.iter_mut() {
            *output = output_receiver.try_recv().unwrap_or(0.0)
        }

        jack::Control::Continue
    };

    // Create a 4800 size buffer and loop to recv data from input_sender
    // When the buffer is full, print the average value and clear the
buffer
    std::thread::spawn(move || {
        let mut buffer = Vec::with_capacity(4800);
        loop {
            buffer.push(input_receiver.recv().unwrap());
            if buffer.len() == 4800 {
                let sum: f32 = buffer.iter().sum();
                println!("Average value: {}", sum / 4800.0);
                buffer.clear();
            }
        }
    });
```

```
    // Create a 40 = 48000 / 1200 size array to store data of square wave
    // Loop to send the array to output_sender
    std::thread::spawn(move || {
        let square_wave_slice = [[0.0; 20], [1.0; 20]].concat();
        loop {
            for sample in square_wave_slice.iter() {
                output_sender.send(*sample).unwrap();
            }
        }
    });

    let process = jack::ClosureProcessHandler::new(process_callback);
    let active_client = client.activate_async((), process).unwrap();

    let client = active_client.as_client();
    client
        .connect_ports_by_name("system:capture_1", &in_port_name)
        .unwrap();
    client
        .connect_ports_by_name(&out_port_name, "system:playback_1")
        .unwrap();

    println!("Press enter or return to quit...");
    let mut user_input = String::new();
    std::io::stdin().read_line(&mut user_input).ok();

    active_client.deactivate().unwrap();
}
```

这时你应该能够听到扬声器在播放方波，且终端中在不断输出每 4800 个音频样本的平均值。当你敲下回车键后，程序也随之停止。

在这份代码样例中，我们创建了两个无限容量的Channel，每个Channel有一对`Sender`和`Receiver`。我们在JACK的回调函数中将录制到的数据通过`input_sender`发送到存储录制数据的Channel中，并尝试通过`output_receiver`读取存储播放数据的Channel，并将数据赋值给缓冲区。注意到我这里使用的是`try_send`和`try_recv`，这时因为根据`crossbeam-channel`的设计，`try_send`和`try_recv`是非阻塞操作。对于`try_send`，当Channel已满或断开连接时就会抛出`Err`，而`try_recv`是当Channel为空或断开连接时抛出`Err`。对于`send`和`recv`，由于它们是阻塞操作，因此只有在断开连接时才会抛出`Err`，而为空或已满则会产生阻塞。我们自然不希望我们的JACK回调函数出现阻塞，因此采用非阻塞操作。值得一提的是对于`output_receiver`，我们让当Channel为空时返回`0.0`而不是`Err`，是因为我们希望Channel中没有东西时就应该保持安静。如果不赋值零，则会播放巨大的奇怪噪音。

接下来我们尝试让程序能播放与录制 Wave 格式的音频，首先添加`hound`依赖：

```
cargo add hound
```

然后编辑`src/main.rs`，替换成以下代码：

```
const CAPTURE_WAVE_FILE: &str = "Record.wav";
const PLAYBACK_WAVE_FILE: &str = "Sample.wav";

fn main() {
    let (client, _status) =
        jack::Client::new("AcousticLink",
jack::ClientOptions::NO_START_SERVER).unwrap();

    let in_port = client
        .register_port("input", jack::AudioIn::default())
        .unwrap();
    let mut out_port = client
        .register_port("output", jack::AudioOut::default())
        .unwrap();

    let in_port_name = in_port.name().unwrap();
    let out_port_name = out_port.name().unwrap();

    let sample_rate = client.sample_rate() as u32;

    let (input_sender, input_receiver) = crossbeam_channel::unbounded();
    let (output_sender, output_receiver) = crossbeam_channel::unbounded();

    let process_callback = move |_: &jack::Client, ps: &jack::ProcessScope|
-> jack::Control {
        let in_port_slice = in_port.as_slice(ps);
        let out_port_slice = out_port.as_mut_slice(ps);

        for input in in_port_slice.iter() {
            input_sender.try_send(*input).unwrap();
        }
        for output in out_port_slice.iter_mut() {
            *output = output_receiver.try_recv().unwrap_or(0.0)
        }

        jack::Control::Continue
    };

    let input_thread = std::thread::spawn(move || {
        let wav_spec = hound::WavSpec {
            channels: 1,
            bits_per_sample: 32,
            sample_rate,
            sample_format: hound::SampleFormat::Float,
        };
        let mut writer = hound::WavWriter::create(CAPTURE_WAVE_FILE,
wav_spec).unwrap();
        loop {
            let sample = input_receiver.recv().unwrap();
            writer.write_sample(sample).unwrap();
        }
    });
```

```
    let output_thread = std::thread::spawn(move || {
        let mut reader =
hound::WavReader::open(PLAYBACK_WAVE_FILE).unwrap();
        for sample in reader.samples::<i16>() {
            const AMPLITUDE: f32 = i16::MAX as f32;
            let sample = sample.unwrap() as f32 / AMPLITUDE;
            output_sender.send(sample).unwrap();
        }
    });

    let process = jack::ClosureProcessHandler::new(process_callback);
    let active_client = client.activate_async((), process).unwrap();

    let client = active_client.as_client();
    client
        .connect_ports_by_name("system:capture_1", &in_port_name)
        .unwrap();
    client
        .connect_ports_by_name(&out_port_name, "system:playback_1")
        .unwrap();

    input_thread.join().unwrap();
    output_thread.join().unwrap();

    active_client.deactivate().unwrap();
}
```

运行它，你应该能够听到赠送的`Sample.wav`，按`Curl + C`结束程序后，你还能见到同时录制的`Record.wav`。这时你应该能完全切实地体验到jack的简易与Channel的便捷。

以上就是这部分教程的全部内容，您可以将本指南提供的所有示例代码用于任何目的。请注意，如果您在自己的项目中使用它们，您可能需要注明或提及本指南的作者。