Estudo e descrição da linguagem Pure Data

Cristiano Medeiros Dalbem - 173362
INF01121 – Modelos de Linguagens de Programação
Instituto de Informática
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
cmdalbem@inf.ufrgs.br

22 de novembro de 2010

Sumário

1 Introdução

1.1 Da proposta de trabalho

A disciplina Modelos de Linguagens de Programação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul tem como objetivo "estudar os princípios de projeto e as características dos principais modelos de linguagens de programação e sua adequação à solução de problemas". Neste contexto, são dois os trabalhos finais: um prático, onde devemos desenvolver implementações, e outro teórico, o qual é este sendo desenrolado nesse momento.

A proposta, que estarei tentando contemplar nas próximas páginas, é a de "estudar uma linguagem diferenciada ou não tradicional", utilizando conceitos de análise de linguagens estudados em aula e a experiência adquirida no aprendizado de diversos paradigmas de programação.

1.2 Da escolha da linguagem

Escolhi fazer este estudo com a linguagem Pure Data principalmente por ser muito diferente de qualquer linguagem que eu já havia utilizado, e por isso ela é muito interessante e intrigante; mas ao mesmo tempo, encontro paralelos dela com várias outras experiências que já tive durante o curso de Ciência da Computação, o que facilitou muito minha aprendizagem: concepção de circuitos, IDEs de programação, bibliotecas, subprogramação e subrotinas, entre várias outras coisas...

Outra coisa importante de dizer é que, pela mesma razão supracitada, eu escolhi esta linguagem para desenvolver um dos trabalhos da disciplina de Computação e Música, a qual estou cursando neste momento também. Esse trabalho consistia na composição de uma amostra de música (trabalho artístico) de 30 segundos, podendo utilizar qualquer ferramenta computacional para isto. Escolhi ir por este caminho mais "baixo nível" pelo interesse que desenvolvi no assunto, e já esperando utilizar os conhecimentos adquiridos na linguagem para o trabalho de implementação previsto para o final da disciplina Computação e Música.

1.3 Da natureza da linguagem

Pure Data (ou Pd) é "um ambiente gráfico de programação em tempo real para áudio, vídeo e processamento gráfico" [1]. Mais do que isso, é uma linguagem de programação interpretada multiplataforma voltada à convergência de interfaces (MIDI, por exemplo e principalmente). Ela é inspirada e baseada na Max, uma outra linguagem visual de propósitos semelhantes, mas

proprietária, diferentemente de Pd que é Free Software [1]. O Pure Data foi criado e continua sendo mantido por Miller Puckette, que aliás foi quem criou o Max.

Por ser uma linguagem de código aberto, desenvolvido por uma comunidade de desenvolvedores de todo mundo, ela vem ao longo do tempo acumulando um grande número de extensões, chamados *externals*, resultando no lançamento da versão Pd-Extended, que já vem com uma grande quantidade de módulos adicionais.

2 Pure Data

2.1 Fundamentos

Pure Data é uma linguagem de programação visual que funciona sob o paradigma de Dataflow, o qual lembra muito um circuito, onde sinais são passados por um "caminho" - o qual chamamos de *patch*- e sendo interpretados, processados e repassados pelos componentes que o compõe. Mas, diferentemente de um circuito eletrônico, em Pure Data pode circular mais de um tipo de sinal.

Em Pd lidamos com 4 tipos de entidades, ou *boxes*: objetos, mensagens, elementos de GUI e comentários. [7]

Objetos são os elementos principais do patching, e são caixas especiais cujo texto nelas (uma string) é parseada em atoms (um conceito similar ao de token). O primeiro atom representará a "classe" do objeto, podendo ser desde operações aritméticas ou lógicas até referências a externals ou subpatches. Os outros atoms depois do primeiro serão argumentos de criação da classe determinada pelo primeiro.

Mensagens são caixas que guardam strings e cujo comportamento é de, quando ativado, repassar uma mensagem com esse conteúdo. Uma mensagem é um dos tipos de sinais que navegam pelo patch. Um tipo especial de Mensagem é o Bang, que é uma mensagem de string nula e que serve para ativar entidades. Uma caixa de mensagem pode ser ativada tanto com outra mensagem quanto com um clique.

Elementos de GUI (*Graphical User Interface* são partes essenciais da experiência Pd, pois aqui que entra a parte mais customizável da linguagem. GUI pode ser tanto um number box, que é uma simples

[1] Free/Libre Software, ou Software Livre, significa software que pode ser usado, estudado e modificado sem restrições, além de poder ser copiado e redistribuído.

caixa cujo conteúdo é o dado que esta está recebendo - excelente para debugging sem precisar estar imprimindo coisas no terminal - até controladores de arrays e matrizes cujos dados o usuário pode entrar utilizando o mouse. Os elementos de GUI mais comuns são sliders discretos e contínuos, bangs (de fato, uma mensagem que é graficamente representada em formato de botão), toggles, etc.

Comentários dispensam comentários.

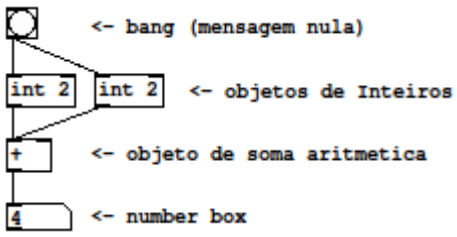


Figura 1: Amostra do look&feel de um código em Pd, demonstrando o uso de entidades básicas da linguagem.

Sobre o fluxo em um patch, resta dizer que obviamente não são só mensagens ou dados que circulam pelos componentes, os quais são manipulados pelos chamados *control objects*. Há ainda os *tilde objects*, que são os que trabalham com sinais de som, os quais são identificados por um ~no final do nome. Esta é a única limitação de "tipos" em Pd, pois não é permitido ter um objeto que esperavam uma entrada de som receber dados, ou vice-versa. Haverá objetos especiais para realizar a interface entre os dois domínios, como no caso do objeto osc~do exempplo da figura 2. Há uma diferenciação visual na conexão entre componentes, ou seja, na linha que os liga: ela é fina para conexões onde trafegam dados normais e grossa para onde trafegam sinais de som.

Em questão de subprogramação, Pure Data nos oferece a habilidade de fazer subpatches. Subpacthes são declarações de novos objetos, os quais são editados em uma nova janela, separada da do programa principal, e onde definimos inlets e outlets, que são, respectivamente, as entradas e saídas desse novo objeto. O resultado de um subpatch no programa que o instancia pode ser tanto uma caixa de objeto normal, onde aparece o nome do objeto, quanto uma representação arbitrária utilizando o recurso de *graph-on-parent* (figura 3). Existem dois tipos de subpatches:

One-off subpatches são objetos específicos do programa actual, e são definições salvas no arquivo deste.

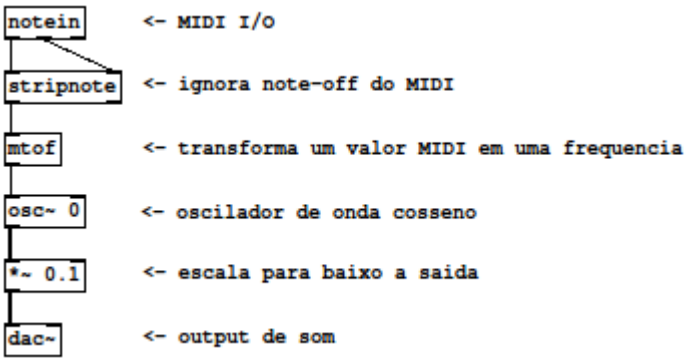


Figura 2: Exemplo simplíssimo de sintetizador MIDI. Desmontra como é a separação entre fluxo de sinais e de dados em um programa.

Abstractions são os objetos que são salvos em arquivos separados e podem ser referenciados por qualquer programa com o path devidamente configurado.

2.2 Análise de características

Utilizarei este espaço para estender a descrição dos fundamentos da linguagem, pontuando algumas características críticas no contexto de Pd.

2.2.1 Simplicidade

Pure Data é uma linguagem sintaticamente simples . O conceito de inlets e outlets cria uma abstração muito intuitiva para o uso dos objetos: eles são representações visuais do que seriam entradas e saídas de uma função, com o adicional se só haver 2 tipos para entrada e saída (dados e sinais).

Já semanticamente a coisa muda de figura. Por conviver principalmente com o domínio "baixo nível" da computação musical, o usuário pode ficar bastante frustrado com seus programas se não souber exatamente o que está fazendo. Ainda assim, foi feito um excelente trabalho na documentação dos objetos: todos objetos tem uma documentação própria, que já vem com o ambiente de programação. Esta documentação mistura textos que explicam o funcionamento e *patches*. Na realidade, cada arquivo de documentação já é um patch, cujo texto é escrito em forma de comentário. Ou seja, pode-se executar copiar e modificar os exemplos como se fosse parte do teu programa (figura 4).

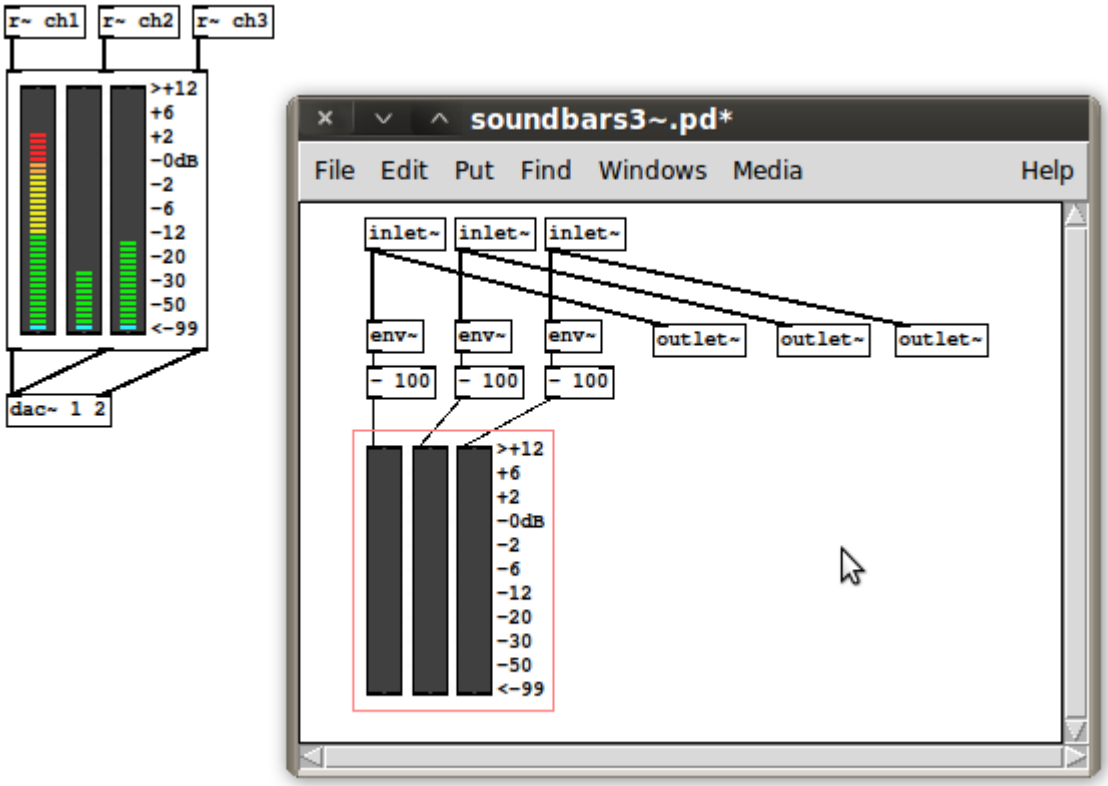


Figura 3: Exemplo de uso do recurso *graph-on-parent*, que nos permite definir uma representação gráfica para um subpatch, escondendo a implementação.

2.2.2 Portabilidade

Este é dos carros-chefe da linguagem: Pd roda em GNU/Linux, Mac OS X, iOS, Android, Windows, e há portes até para FreeBSD e IRIX. Isso se deve principalmente ao fato de ser uma linguagem de código aberto, permitindo que qualquer um que tiver interesse portá-la para um sistema operacional diferente possa fazer essa implementação.

2.2.3 Estruturas de controle

Pd não tem nada chamado *for* ou *while*, mas tem várias estruturas de controle que facilitam a vida do programador. Uma é o objeto [line], que funciona como um for de x a y de passos k - a diferença é que line retorna valores reais! Muito útil para controle de volume automatizado, por exemplo. Outra estrutura é o [sel], que funciona exatamente como um switch de C. Há até um [until], que faz exatamente o esperamos que faça.

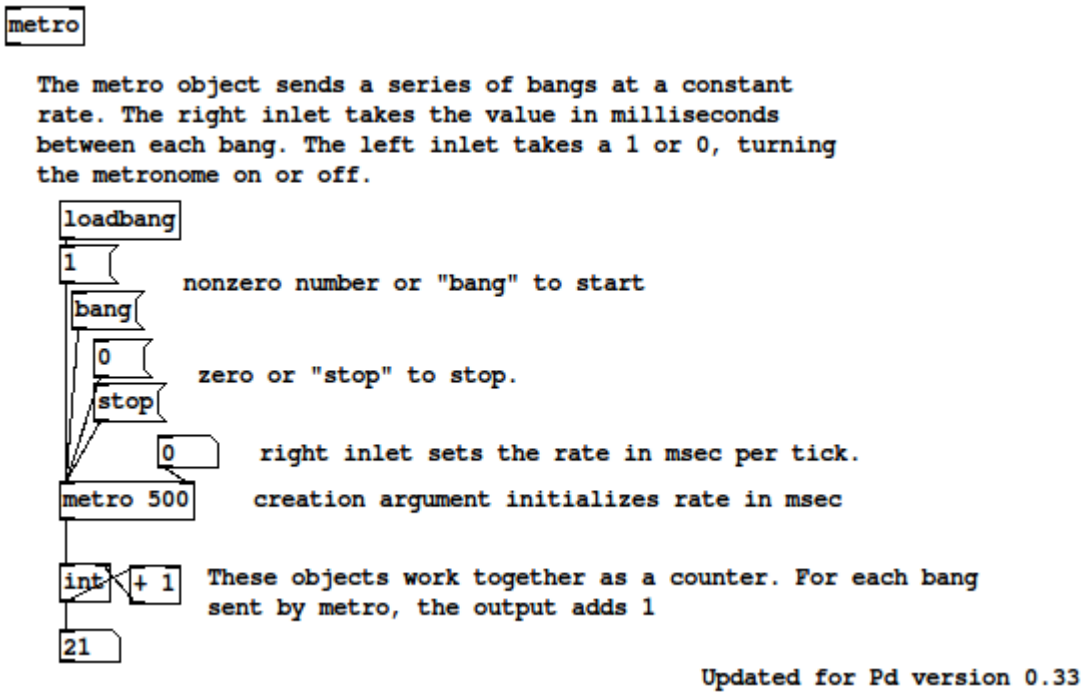


Figura 4: Exemplo de documentação do objeto de metrônomo. Isto é um patch totalmente editável, que nos permite inclusive copiar exemplos de aplicação do objeto para o nosso programa.

Caso uma das estruturas de controle nativas da linguagem não ofereça o que o programador necessita, este tem toda liberdade de programar uma lógica da maneira que quiser, já que há operadores lógicos em Pd.

2.2.4 Ortogonalidade

Pd é extremamente ortogonal! Alguns dos fatores que contribuem para isto é a quase inexistência de tipos em Pd, e a possibilidade de controlarmos argumentos de criação de objetos com objetos externos (utilizando os outlets específicos para isto). Com algum domínio na manipulação de listas e vetores as possibilidades se tornam imensas, como no exemplo da figura 7, onde utilizamos vetores para armazenar acordes inteiros que alimentarão objetos de saída MIDI.

2.2.5 Reusabilidade

Como já comentado neste documento várias vezes, Pd é altamente reutilizável, seja pelo seu mecanismo de abstractions, seja pelas diversas maneiras

de se implementar externals e bibliotecas.

2.2.6 Expressividade

Esta é a característica mais interessante de ser comentada sobre Pure Data! É porque a expressividade dela está intimamente ligada com sua filosofia.

Pd naturalmente é pouquíssimo expressiva. A linguagem é altamente baixo nível, mexendo com os conceitos mais básicos da computação musical. Além disso os objetos tem nomes estranhos, e nem sempre a maneira como eles estão ligados e distribuídos na tela representam corretamente a semântica do programa, já que suas partes podem, e muito comumente serão, altamente paralelizáveis.

Apesar de tudo isso, o que costuma ocorrer é que os programas em Pure Data ficam altamente expressivos! E isso se dá ao fato de a linguagem ter sido feita justamente para que o programador desenvolve as abstrações que achar que mais convém para os dados que estão sendo processados. Ou seja, as representações, sejam numéricas quanto gráficas, dos dados com que o programa trabalha, são altamente personalizadas para o contexto de sua execução. E isso vale também para os controles e paineis da interface gráfica, que graças às diversas externs disponíveis e ao recurso de *graph-on-parent*, tomam o formato que o programador desejar.

2.3 Funcionalidades

Pure Data foi feito para dar a maior liberdade possível ao programador. Não é possível criar executáveis dos programas, mas quanto à execução deste temos uma certa liberdade. O ambiente onde um programa em Pd é rodado é interativo, mas a linguagem permite que sejam feitos programas completamentes automatizados, assim como também montar ou desenvolver do zero interfaces gráficas.

2.4 Usos

Normalmento o que é feito com Pd são sintetizadores. A linguagem nos permitirá que deixemos na tela apenas os controles gráficos de módulos do sintetizador, escondendo por baixo o que é o "código" que gerará o som. Assim como também é possível criar mapeamentos de teclas do teclado para ações (objeto [key]) e outros dispositivos de entrada, como joysticks (objeto [hid]). Estes são recursos que auxiliam na utilização de Pd em performances ao vivo, como em shows ou sessões de Live Coding[2].

Um exemplo que demonstra a habilidade do Pure Data de trabalhar com as mais diversas interfaces é o de seu uso como pedal de guitarra elétrica. Um exemplo é o de Pierre Massat, da banda de rock francesa Pierre et le Loup[3]:

> Yes, I've been using Pd live for a few months now, and it works like a charm. My guitar is constantly pluged into my soundcard and routed through Pd via JACK, using Planet CCRMA's rt kernel. I use a hacked gamepad as a foot controller, with a small dozen of switches plus an expression pedal. I also use the second input in my soundcard for vocal effects (in Pd too). [4]

De fato, Pd pode, e foi feito para, ser usado na manipulação em tempo real qualquer tipo de sinal, de maneira aberta e livre. De fato, uma das extensões mais valiosas existentes para a linguagem é o GEM (*Graphics Environment for Multimedia*[5][6]), uma coleção de *externals* que tornam o Pure Data ambiente completo de edição multimídia.[2]

Pure Data tem sido utilizado também no desenvolvimento do projeto reacTable[8], uma interface revolucionário de produção, colaborativa ou não, de música eletrônica.

2.5 Problemas, defeitos, limitações e críticas

O ambiente visual de programação do Pd é muito desconfortável. Além de ter apenas um estado de UNDO (o famoso CTRL+z), ele tem sérios problemas na parte visual. Ele é fixo na resolução do computador onde está rodando, sendo que bordas e linhas tem o tamanho de 1 pixel cada e isso não muda. Ou seja, ou o usuário precisa trocar a resolução do computador pra próximo de 1024 por 768, o que é um insulto a qualquer um que tenha algo melhor que um monitor CRT, ou é obrigado a diminuir a sensibilidade do mouse, caso contrário será uma tortura acertar os cliques. Além disso, como o grid é do tamanho de um pixel, para termos um programa com um visual organizado e agradável aos olhos temos que ajustar manualmente, pixel a pixel, a posição de cada elemento pra que as linhas entre eles fiquem retas, sem serrilhados. Isso poderia ser facilmente melhorado tendo uma opção de gridsize, com passos mais discretos, ou ainda com o uso de *magnetic points*, recurso extremamente comum em softwares hoje em dia.

Além da constante luta contra os serrilhados, outro problema do ambiente que dificulta a elaboração de programas agradáveis aos olhos é que não há quaisquer efeitos visuais como transparênicas, sombras, nem mesmo cores!

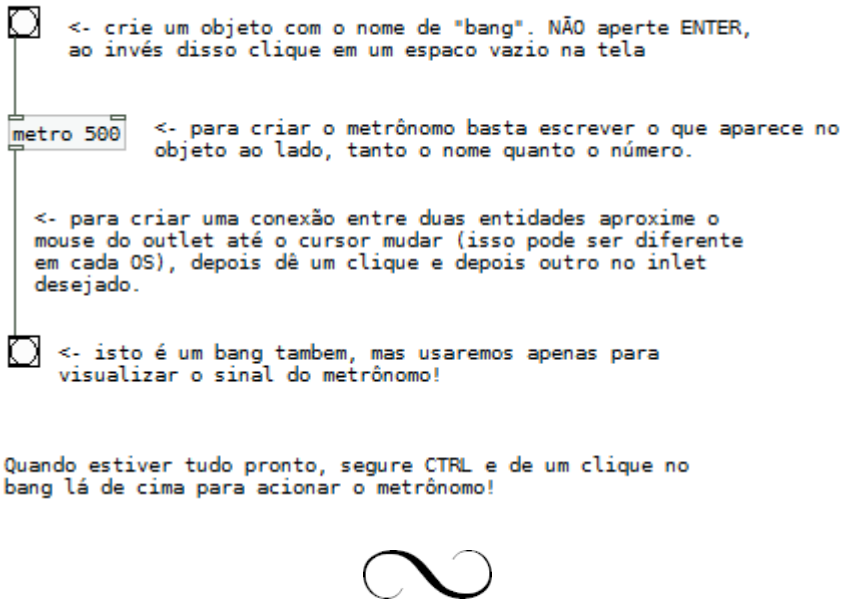
[2] O GEM já vem com o Pd-Extended.

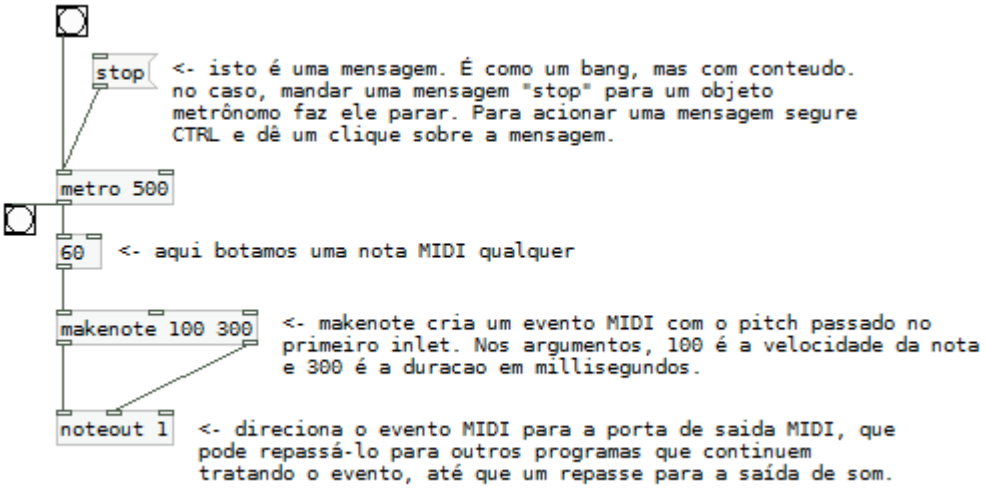
Também não há recursos de desenho livre, que poderia ser um adicional bacana pra criar deixa o código mais legível. Acredito que isso se deve ao fato de ter sido feita uma escolha por uma implementação mais simples, facilitando o trabalho daqueles que fossem portar para diferentes sistemas. Mas é fato que ninguém até hoje se preocupou em criar uma extensão opcional que nos desse essa possibilidade. O resultado disso é que um programa mais complexo gera uma tela bastante poluída e homogênea, sem hierarquias que ressaltem trechos de código mais ou menos importantes - com exceção dos recursos como bangs e sliders, que podem ter seu tamanho modificado.

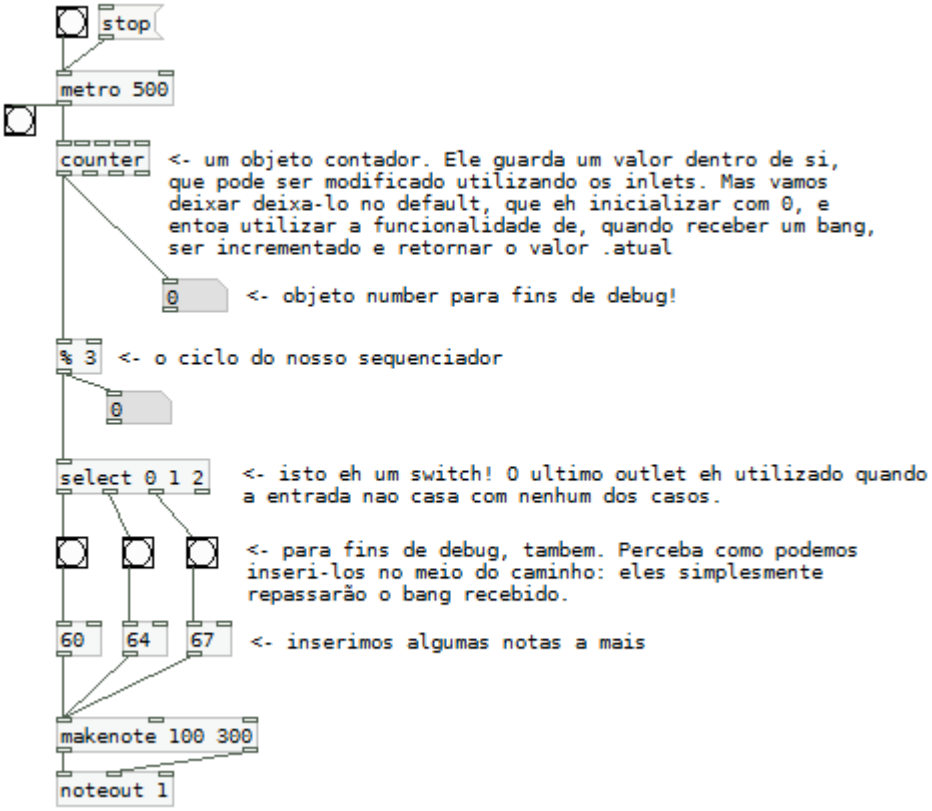
Outra coisa que me incomoda são alguns nomes de objetos, que são extremamente pouco intuitivos. Por exemplo, um objeto cujo comportamento é semelhante ao de um IF se chama "spigot". Outro, que funciona semelhantemente a um IF, com teste de grandeza entre as entradas, se chama "moses". Outro exemplo ainda é do objeto slice, que é um bom nome, pois serve pra cortar um vetor (extrair um subvetor); agora, a sua versão inversa, que corta o vetor ao contrário, se chama "ecils"(!!!).

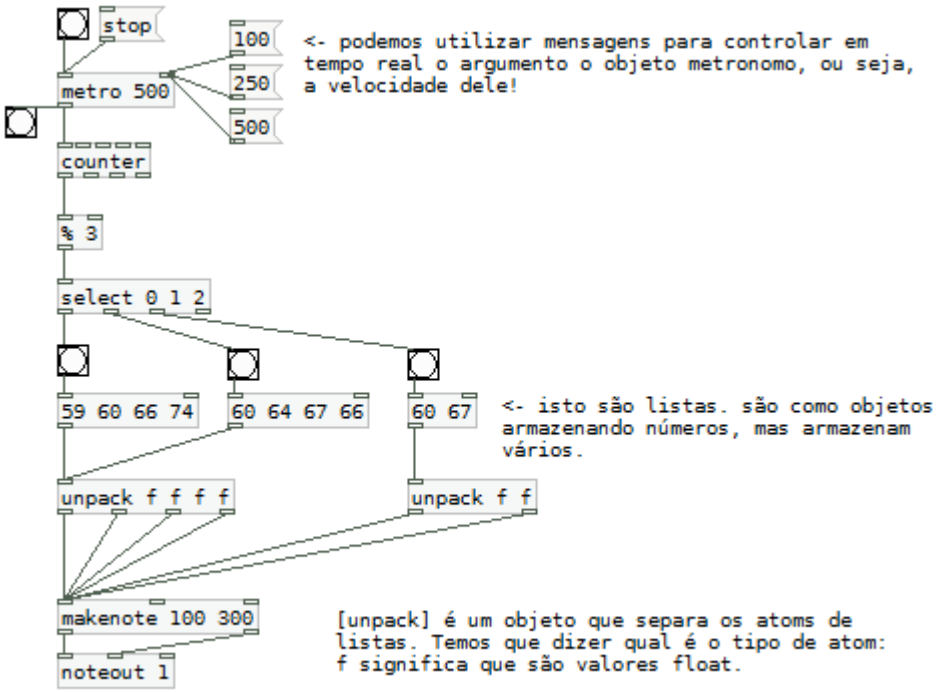
3 Minitutorial

Neste minitutorial faremos um sequenciador MIDI bastante simples, tentando explorar conceitos recorrentes na programação em Pd.




stop
<- isto é uma mensagem. É como um bang, mas com conteudo.
no caso, mandar uma mensagem "stop" para um objeto
metrônomo faz ele parar. Para acionar uma mensagem segure
CTRL e dê um clique sobre a mensagem.
metro 500
60
<- aqui botamos uma nota MIDI qualquer
makenote 100 300
<- makenote cria um evento MIDI com o pitch passado no
primeiro inlet. Nos argumentos, 100 é a velocidade da nota
e 300 é a duracao em millisegundos.
noteout 1
<- direciona o evento MIDI para a porta de saida MIDI, que
pode repassá-lo para outros programas que continuem
tratando o evento, até que um repasse para a saída de som.


stop
metro 500
counter
<- um objeto contador. Ele guarda um valor dentro de si,
que pode ser modificado utilizando os inlets. Mas vamos
deixar deixa-lo no default, que eh inicializar com 0, e
entoa utilizar a funcionalidade de, quando receber um bang,
ser incrementado e retornar o valor .atual
0
<- objeto number para fins de debug!
% 3
<- o ciclo do nosso sequenciador
0
select 0 1 2
<- isto eh um switch! O ultimo outlet eh utilizado quando
a entrada nao casa com nenhum dos casos.
<- para fins de debug, tambem. Perceba como podemos
inseri-los no meio do caminho: eles simplesmente
repassarão o bang recebido.
60
64
67
<- inserimos algumas notas a mais
makenote 100 300
noteout 1



4 Considerações finais

Programar em Pure Data é uma experiência instigante. Mas digo isso de um ponto de vista de um estudante de Ciência da Computação, que se interessa por linguagens de programação e paradigmas diferentes que te façam pensar diferente. Mas é uma experiência para poucos: se aventurar por esse mundo sem ter uma base musical pode ser muito frustrante. Ou talvez monótona, já que não terás muito pra onde ir, mesmo. Além disso, é muito importante que, para que se faça algo realmente interessante com Pd, é necessário ter conhecimento de uma suíte de programas que vão ser integrados com o ambiente, desde processadores MIDI até interfaces físicas para composição musical.

Meu processo de aprendizado da linguagem foi bastante rápido, no sentido de ter sido eficiente: rapidamente consegui estar desenvolvendo aplicações que além de atender às minhas necessidades ainda me instigaram a tentar coisas novas e cada vez mais complexas. Mas isso tudo se deve muito pela parte da comunidade ativa que há pela Internet, o que resulta em um grande número de tutoriais, referências e discussões sobre a linguagem.

Pessoalmente acho divertida a programação, porque realmente muito fácil processar som com Pd. Mas quando me deparo com um problema de lógica

ou de matemática que seja um pouco mais complicado eu me atrapalho bastante, porque o paradigma Dataflow faz tu te sentires como se estivesse programando um circuito, o que nunca foi algo confortável pra mim, e destoa do meu cotidiano como Cientista da Computação, acostumado com o paradigma Imperativo.

Um uso interessantíssimo de Pd o qual ainda não tive a oportunidade de vivenciar é nas sessões de Live Coding, ao lado de outras linguagens como Impromptu, Fluxus, o próprio Max, entre outras, as quais certamente estarei estudando, ou pelo menos dando uma olhada mais atenta no futuro. A existência e uso dessas linguagens não só factualiza um anseio por novos meios de composição musical nos dias do hoje, mas também na revolução das dinâmicas de programação como um todo. Hoje em dia programação não é mais como no filme Matrix, onde a tela mostra código decifráveis apenas pelos mais hábeis e solitários mestres dessa arte. E nem uma parede de texto verborrágica como nos tempos do COBOL. Programar hoje em dia é muito mais agradável, mais eficiente, mais acessível, e por que não dizer, até mais coletivo?

5 Referências

[1] http://puredata.info. *Pure Data — PD Community Site.*

[2] Collins, N., McLean, A., Rohrhuber, J. Ward, A. (2003), "Live Coding Techniques for Laptop Performance", *Organised Sound* 8(3):321–30.

[3] http://www.mail-archive.com/pd-list@iem.at/msg39040.html. *Re: [PD] Re : Music made with Pd*

[4] http://pierreetleloup.bandcamp.com *Pierre et le loup*

[5] Danks, M. 1997. Real-time image and video processing in gem. In *Proceedings of the International Computer Music Conference*, pp. 220–223, Ann Arbor. International Computer Music Association.

[6] http://gem.iem.at

[7] http://www.crca.ucsd.edu/~msp/Pd_documentation/index.htm *HTML documentation for Pd*

[8] Martin Kaltenbrunner, Sergi Jordá, Günter Geiger, and Marcos Alonso. The reactable*: A collaborative musical instrument. *In Proceedings of the Workshop on "Tangible Interaction in Collaborative En- vironments" (TICE), at the 15th International IEEE Workshops on Enabling Technologies*, 2006.

6 Apêndice A - Exemplos

6.1 Exemplo 1

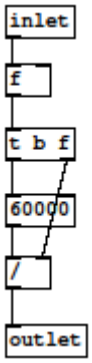


Figura 5: Exemplo de abstraction que recebe um valor de BPM (*Beats Per Minute*) e o converte em um valor em milisegundos. Útil para utilizar com metrônomos.

6.2 Exemplo 2

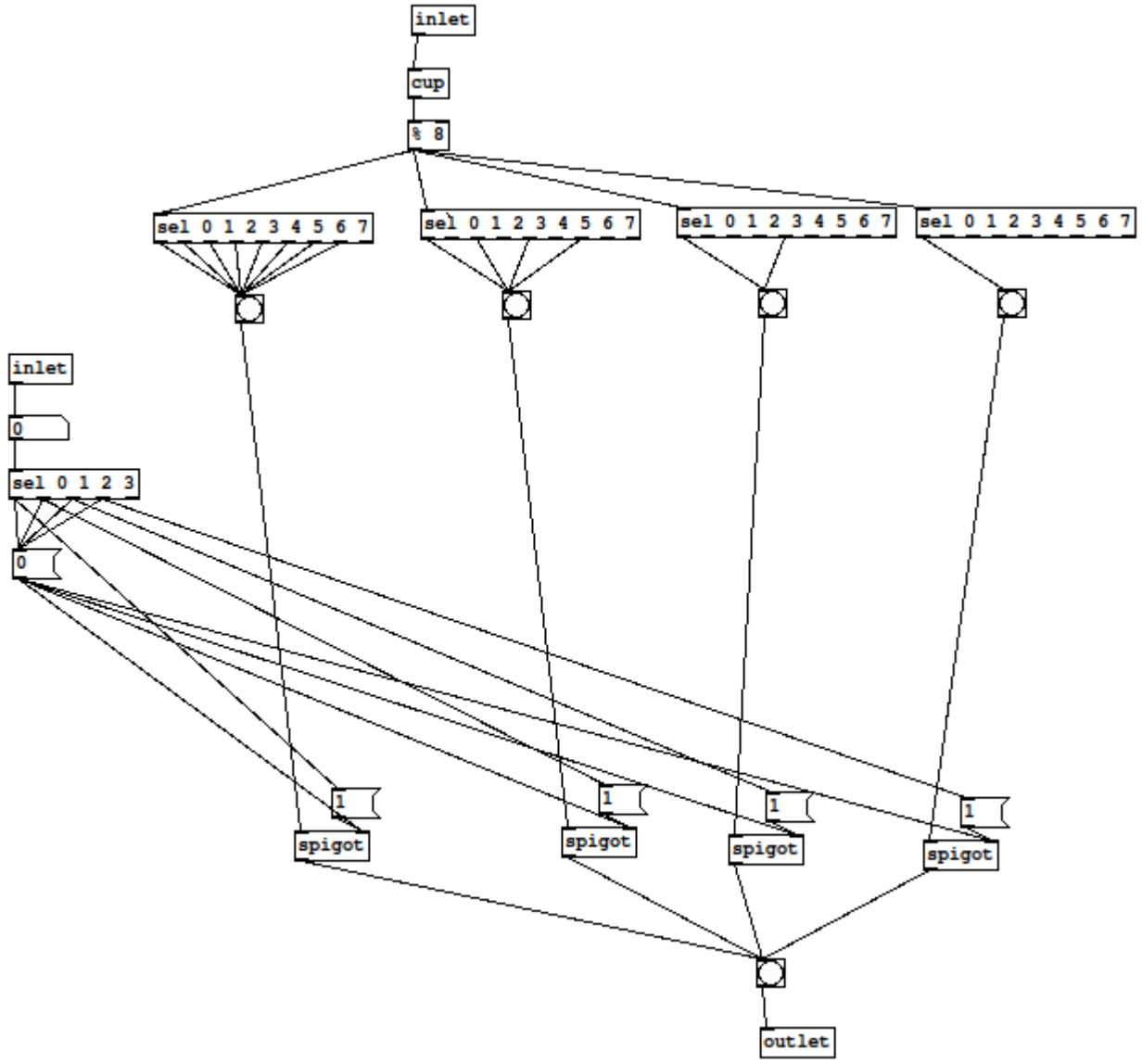


Figura 6: Exemplo de uma rhythm machine. Recebe um bang, que é a batida da música, e um inteiro que selecionará um dos 4 ritmos. No caso, ele seleciona entre semínima, colcheia, semicolcheia ou fusa.

6.3 Exemplo 3

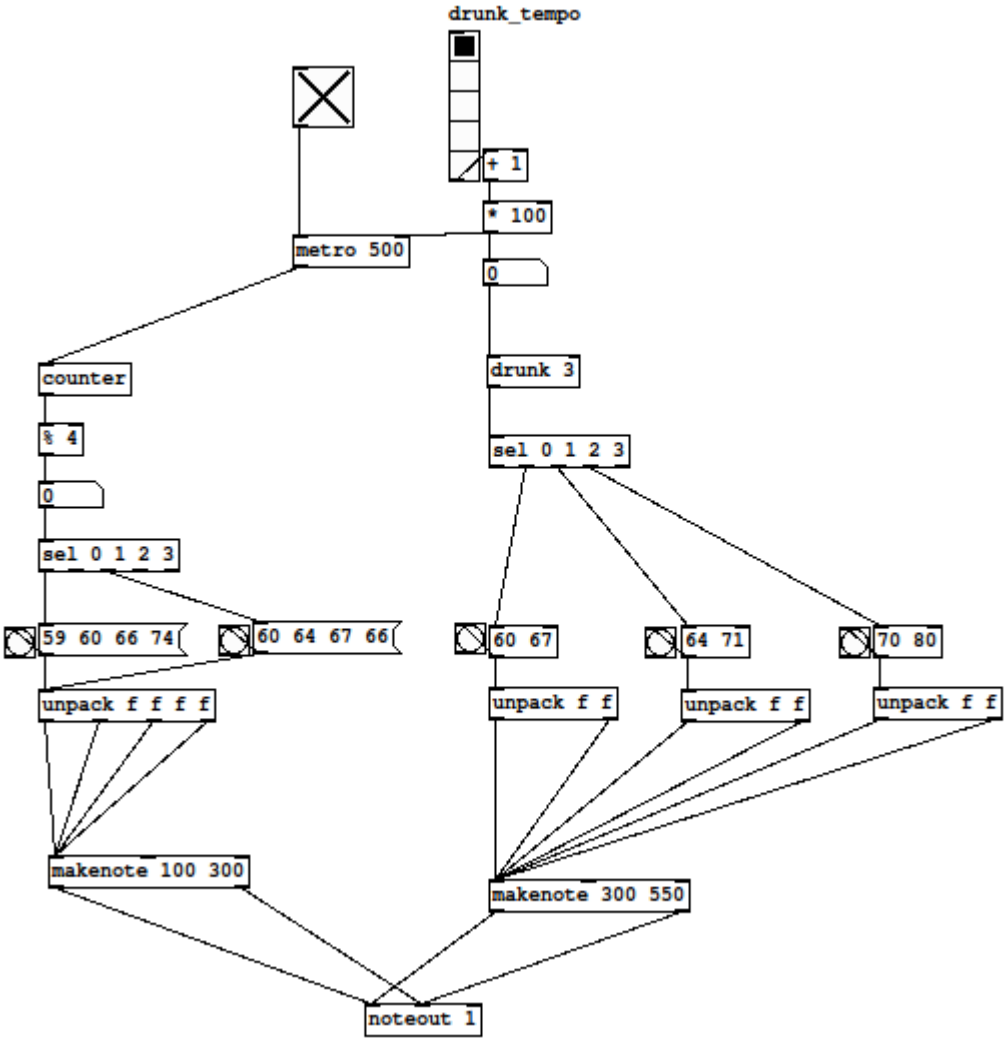


Figura 7: Um pequeno sequenciador que cria uma música de duas faixas. De um lado há um padrão composto por dois acordes (o "acompanhamento"), e de outro uma melodia randomizada pelo objeto [drunk]. O objeto drunk gera números aleatórios próximos um dos outros, gerando algo como se fosse uma coerência na melodia. No topo há uma pequena interface para controlar a velocidade do metrônomo.

6.4 Exemplo 4

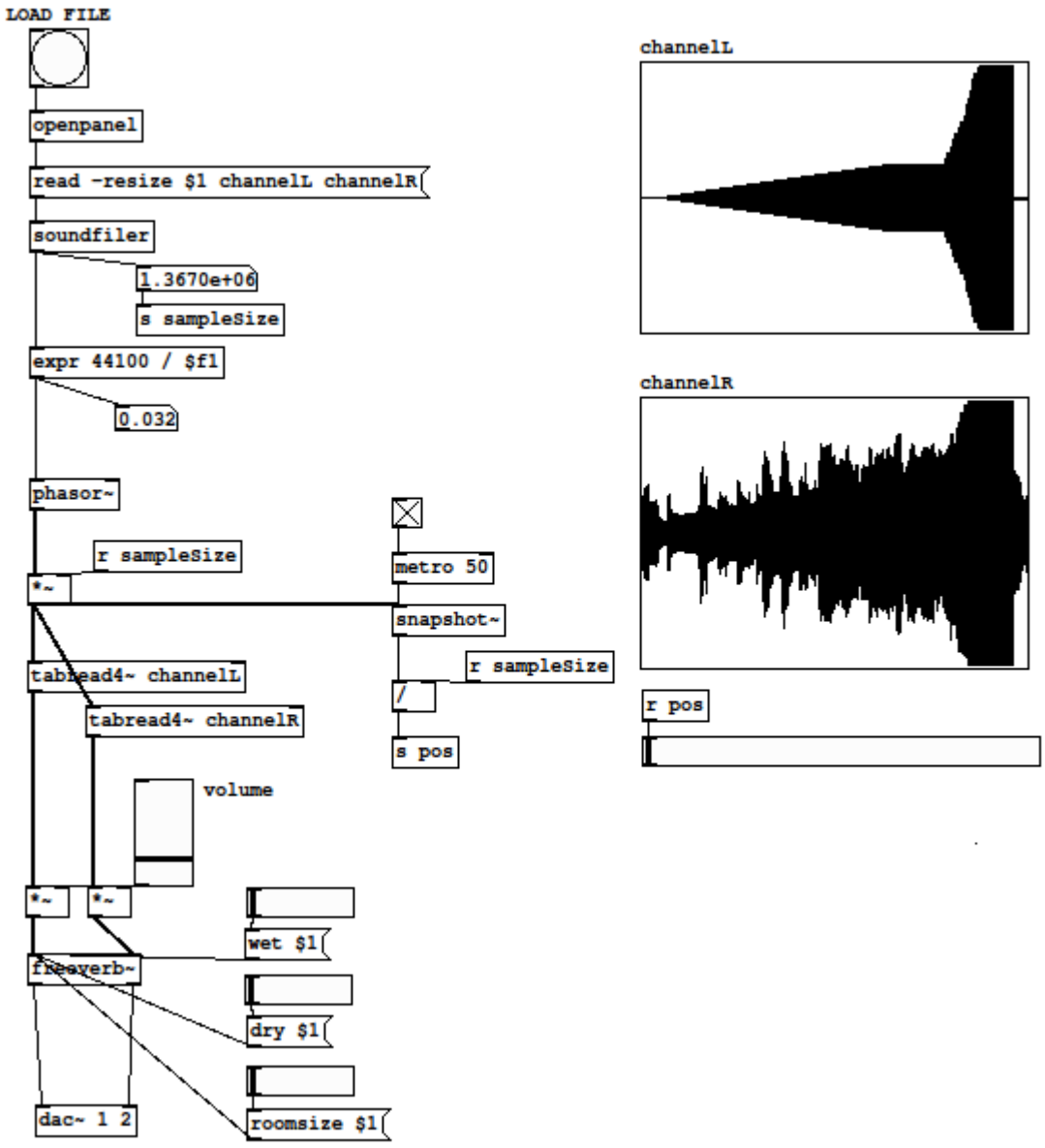


Figura 8: Um exemplo de programa que abre, filtra e executa um arquivo de som WAV. Os dois arrays na direita são alimentados com o espectro dos canais do arquivo de som, e o slider abaixo deles mostra a posição da execução. Há um controle de volume e 3 controles dos parâmetros do filtro de Reverb (objeto [freeverb~]).

6.5 Exemplo 5

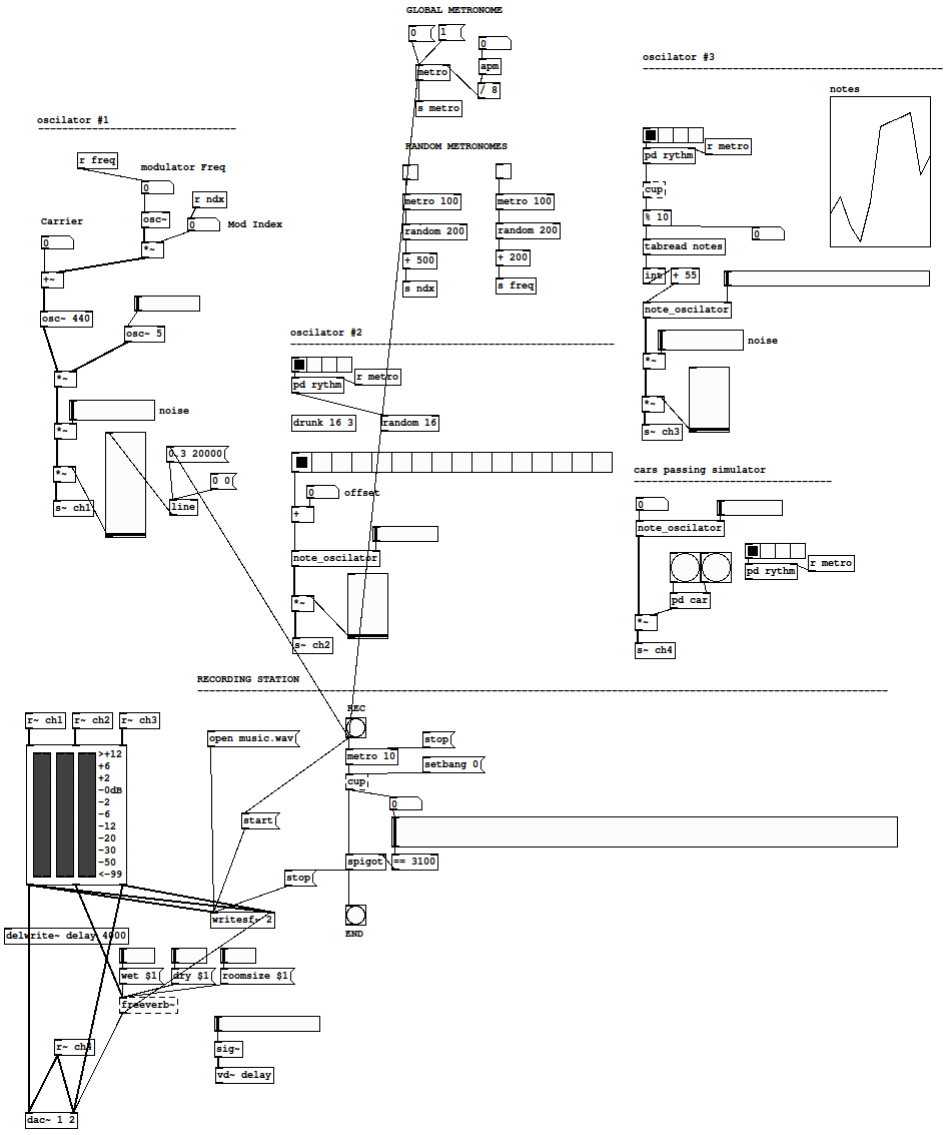


Figura 9: Uma orquestra formada por um sintetizador FM de parâmetros aleatórios e 2 osciladores controlados por notas MIDI, sendo um cuja nota é selecionada com técnica probabilística e outro que toca uma sequência de 10 notas geradas obtidas do array no canto superior esquerdo, cujos valores foram gerados por cliques de mouse. A parte de baixo contém o módulo de saída de som, onde estão alguns filtros aplicados em alguns canais, e a parte de gravação, o qual está feita para gravar 30 segundos. O botão de REC aciona o metrônomo, assim como um controle que faz o primeiro oscilador aumentar o volume gradualmente durante alguns segundos.