

Próteses impressas

Leonardo Machado de Aguiar

Formação | Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica | CTC



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA

Problema

- Custo da prótese estética de membro superior: de R\$3000 a R\$10000;
- Desafio de adaptar o equipamento prostético às necessidades do paciente;
- Em Santa Catarina, segundo o IBGE 270 mil pessoas possuem deficiência motora

Proposta



Prótese impressa sob licença Creative Commons – Não comercial.

- Desenvolvimento de uma prótese impressa, facilmente replicável e de código aberto
- Apoio de voluntários na área de impressão 3D doméstica e de profissionais de fisioterapia.

Origem



Stephen Davies, co-autor e primeiro usuário.

A prótese segue a base do modelo Alfie, desenvolvido por Drew Murray e Stephen Davies.

A partir do modelo de mão e sistema de movimentação por sensores e elásticos, foi desenvolvido um suporte eletromecânico acionado por sinal mioelétrico.

Estado da arte

A empresa britânica Open Bionics, fundada em 2014 por Joel Gibbard e Samantha Payne, realiza pesquisa e desenvolvimento na área de dispositivos prostéticos.



Prótese impressa da *Open Bionics*.

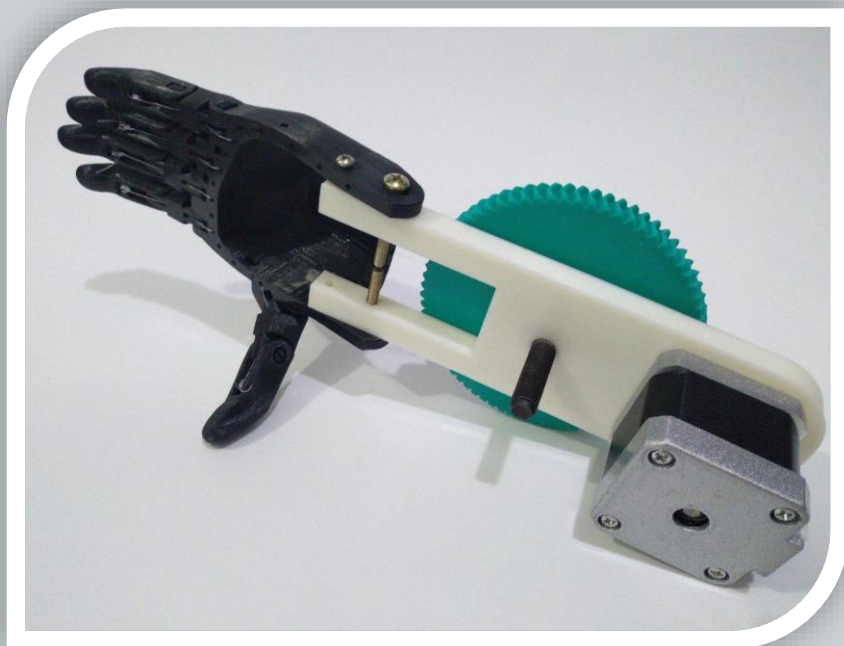
Estado da Arte

Além das próteses de alto desempenho, qualidade e custo, possui em seu catálogo um módulo de pesquisa que inclui material didático e um modelo de mão articulado por £1199,00.



Modelo Brunel Hand 2.0, Open Bionics 2018.

Proposta



Modelo de mão proposto.

- Um dispositivo prótico educacional, replicável e de código aberto.
- Responder a estímulos musculares e realizar movimento de preensão tetradigital.

Fundamentação teórica

Níveis de amputação de membro superior:

- Desarticulação parcial de mão;
- **Desarticulação de punho;**
- **Transradial;**
- Desarticulação de cotovelo;
- Transumeral;
- Desarticulação de ombro;

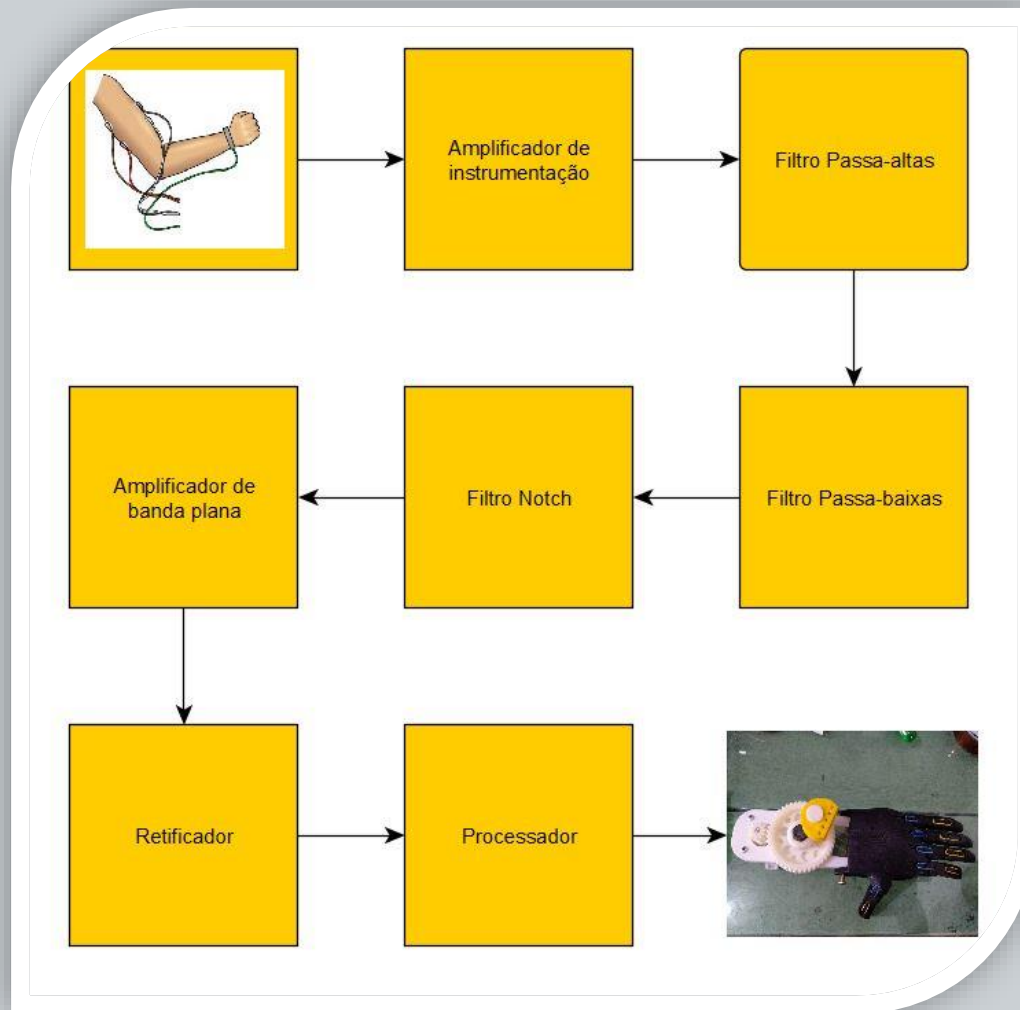
Fundamentação teórica

- A fibra muscular é uma célula excitável. O potencial de ação gerado pela contração muscular altera a distribuição de cargas no fluído extracelular.
- Esta variação de carga é conduzida por fluidos corporais, e pode ser detectada na superfície da pele por meio de eletrodos.

Fundamentação teórica

- O sinal biomédico de interesse é o mioelétrico captado na superfície da pele. Sua banda de interesse vai dos 20 Hz aos 500Hz, e é contaminado por ruído, interferência de músculos próximos
- batata

Diagrama de blocos



Legenda da imagem

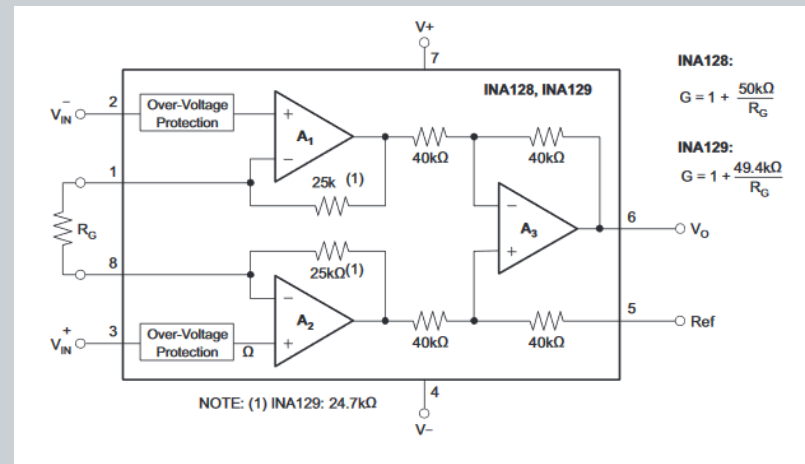
Necessidade de filtragem

Para remover artefatos indesejados, foram adicionados filtros seletores de sinal:

- Amplificador diferencial;
- Filtro passa-altas 20Hz;
- Filtro passa-baixas 500Hz;
- Filtro *Notch* 60Hz.

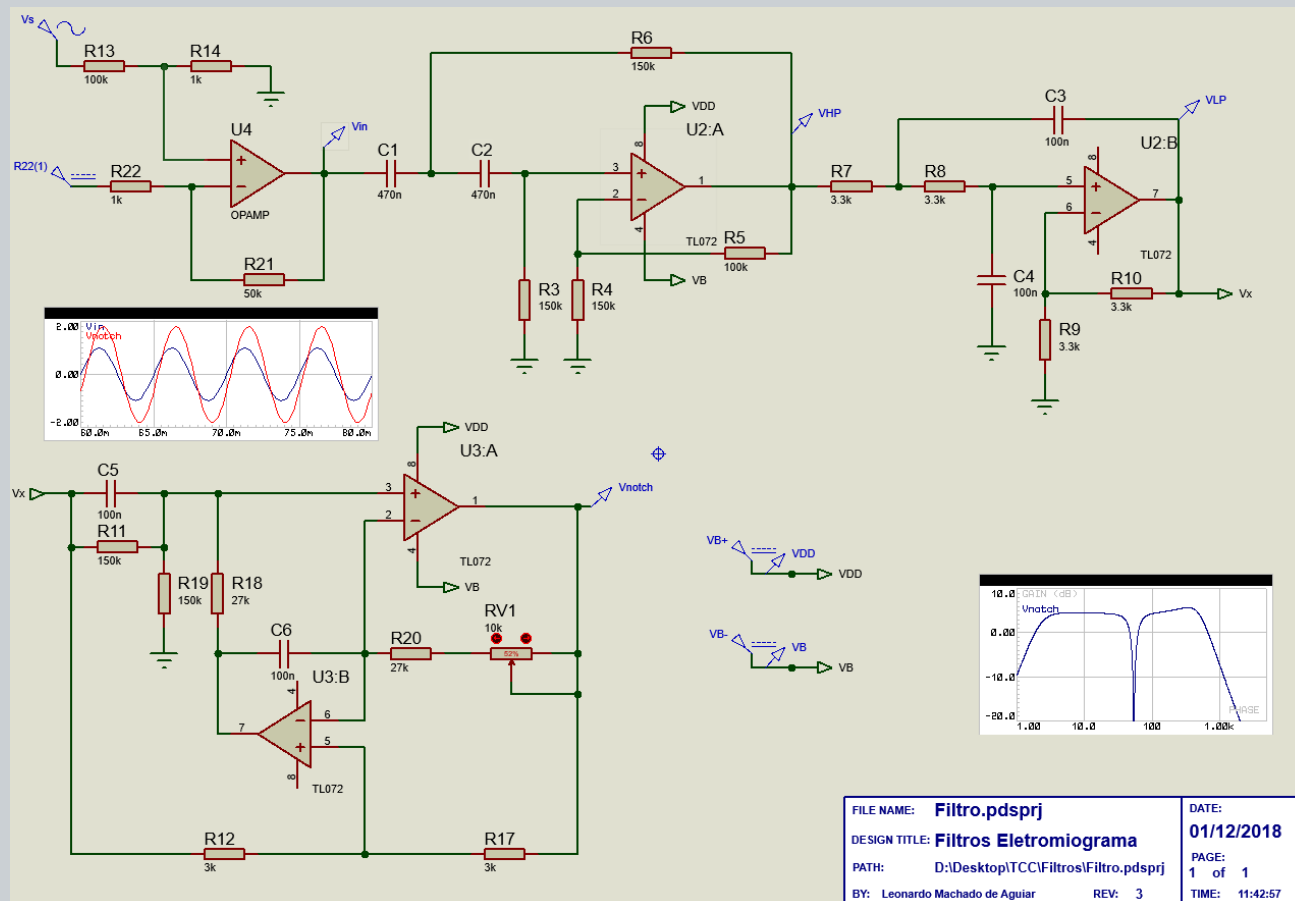
Amplificador diferencial

- Ganho diferencial;
- Rejeição do modo comum;
- Estágio de ganho elevado;
- Impedância de entrada na ordem de mega Ohm.



Esquematico simplificado do amplificador diferencial INA128

Etapa de filtragem

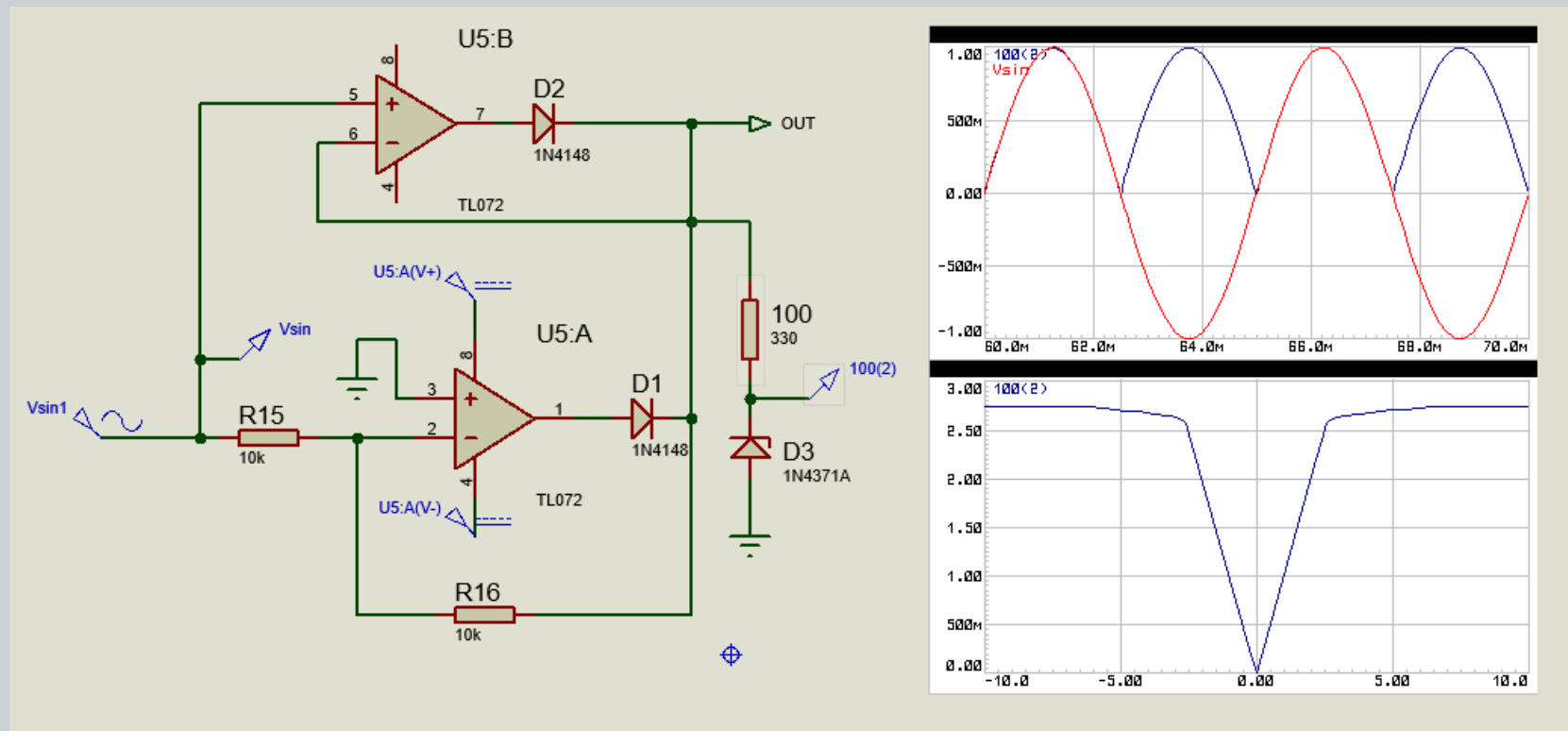


Etapa do filtro seletor de sinal. Cascata de Sallen-Key e Notch

Retificação e proteção

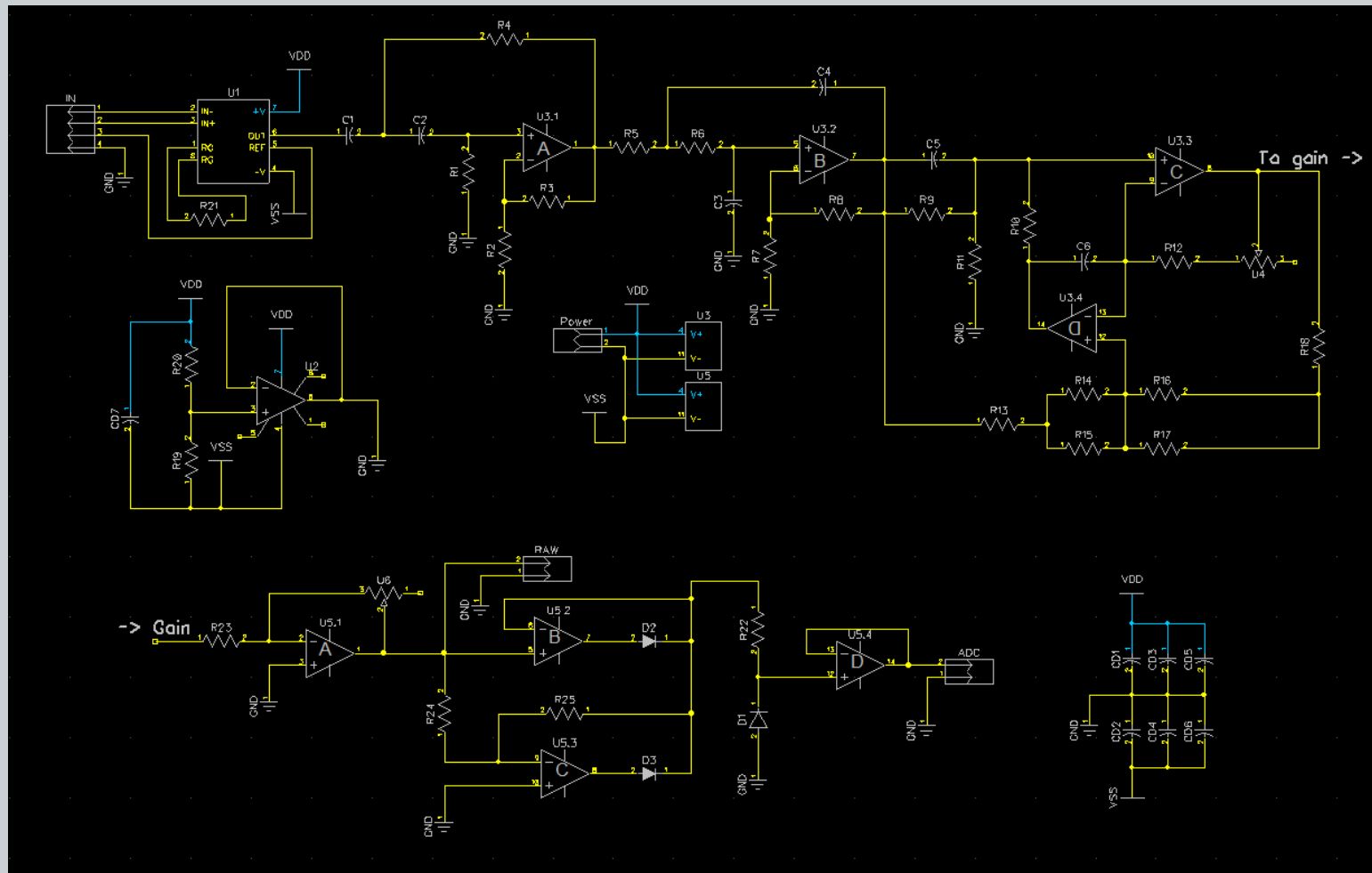
- Para realizar o processamento, se optou por um Arduino Nano, com microcontrolador ATMega168p.
- Limitações: taxa de amostragem e amplitude da leitura analógica

Retificador de precisão



Retificador a amplificador operacional com proteção contra sobre-tensão. Gráfico de resposta no tempo a sinal sinusoidal 200Hz 1Vp e função de transferência da tensão de saída para uma variação de tensão de entrada de -10V a 10V

Esquemático final

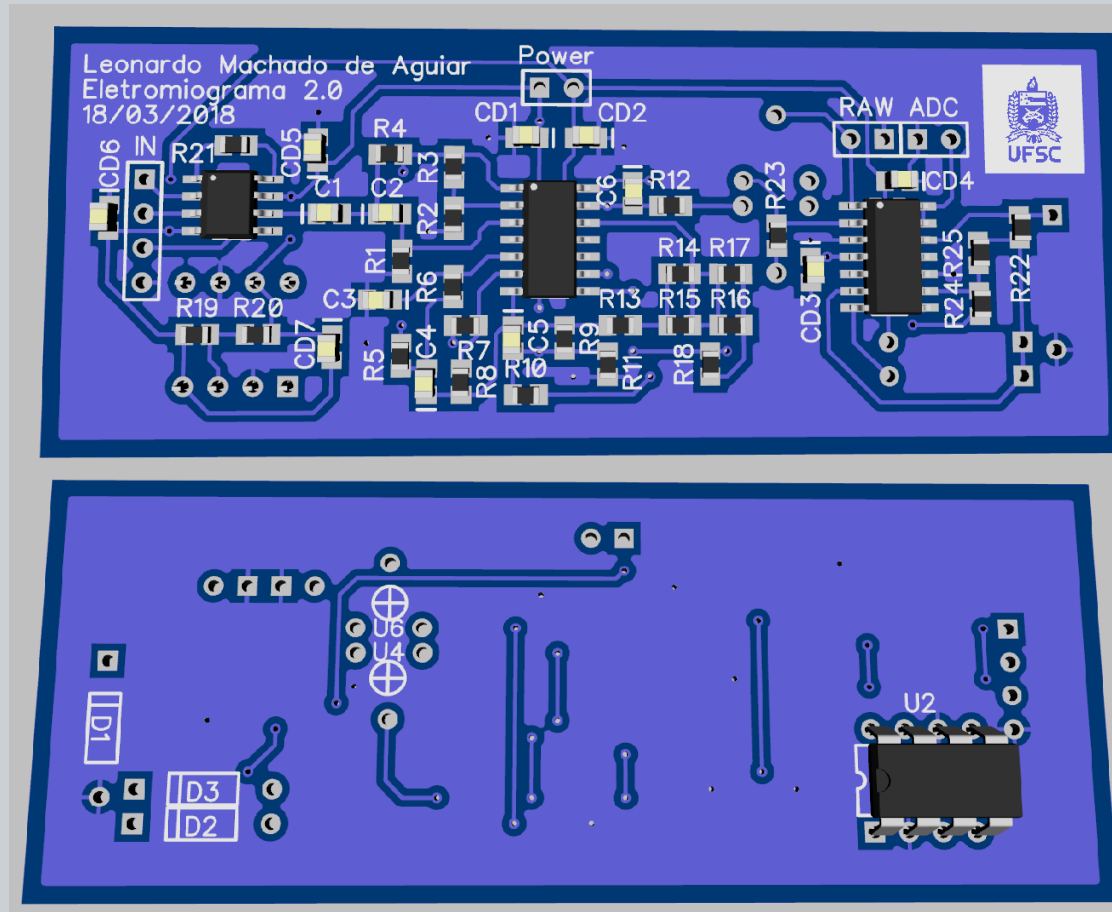


Esquemático completo portado para o DIP Trace

Projeto da PCI

- Resistores com tolerância 1% 0805
- Capacitores com tolerância 5% 0805
- Amplificador operacional TL074 SOIC
- Amplificador de instrumentação INA128P SOIC
- Componentes e conectores comprados em taydaelectronics.com
- PCI produzida por pcbway.com

Montagem da PCI

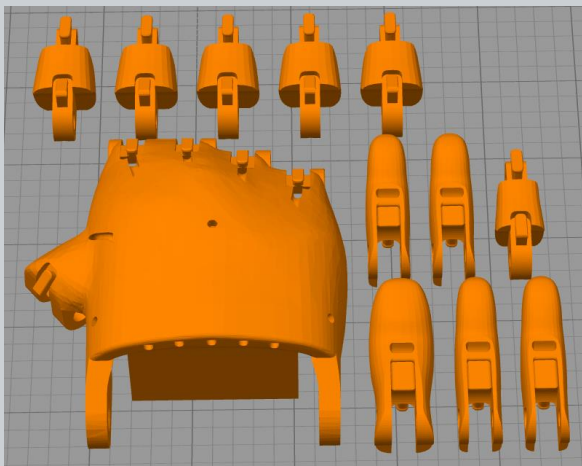


Renderização 3D do projeto de PCI

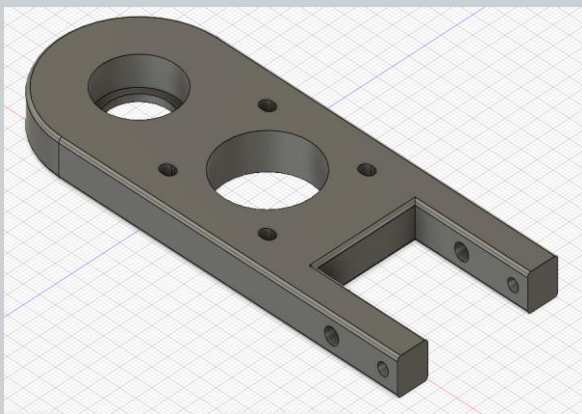
Aquisição de dados

- Arduino realiza leitura analógica a cada 500us;
- Amostra é armazenada em um vetor, substituindo a amostra mais antiga;
- Um algoritmo de média móvel realiza a detecção de envoltória e uma filtragem adicional;
- Motor é acionado se movimentando proporcionalmente à potência do sinal processado;

Modelagem da prótese



Modelo 3D da mão

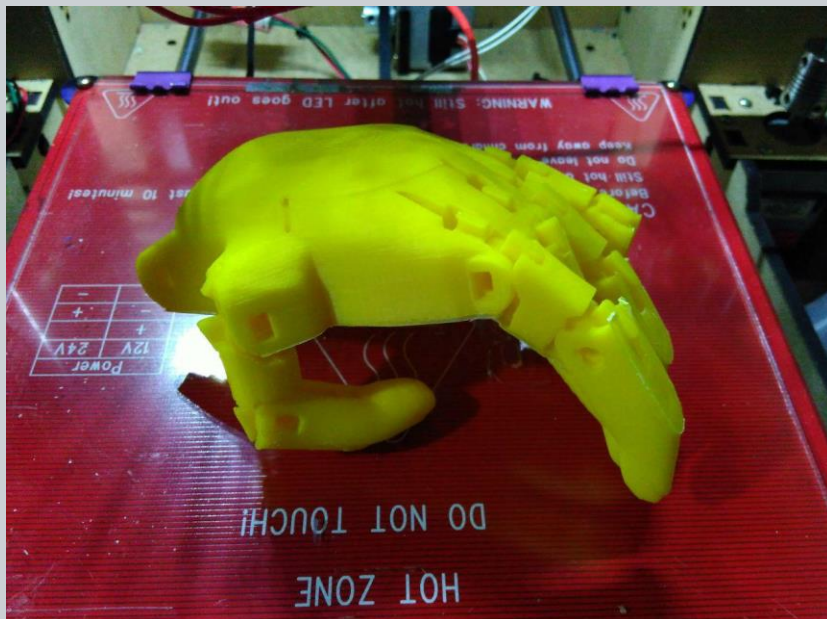


Peça de união e suporte

O projeto original consiste em arquivos STL escaláveis conforme a necessidade do paciente, acionados por tensores. Para unir o modelo ao motor e realizar movimento de preensão tetradigital, foi desenvolvido um suporte com engrenagens no software Fusion 360.

O suporte une duas engrenagens com 72 e 9 dentes por meio de um parafuso M8 30mm apoiado por um rolamento 608

Impressão da prótese

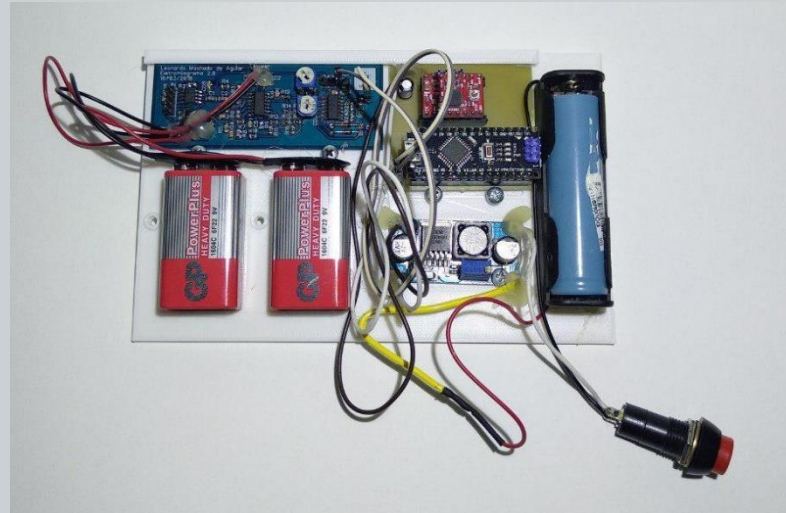


Prótese impressa e montada

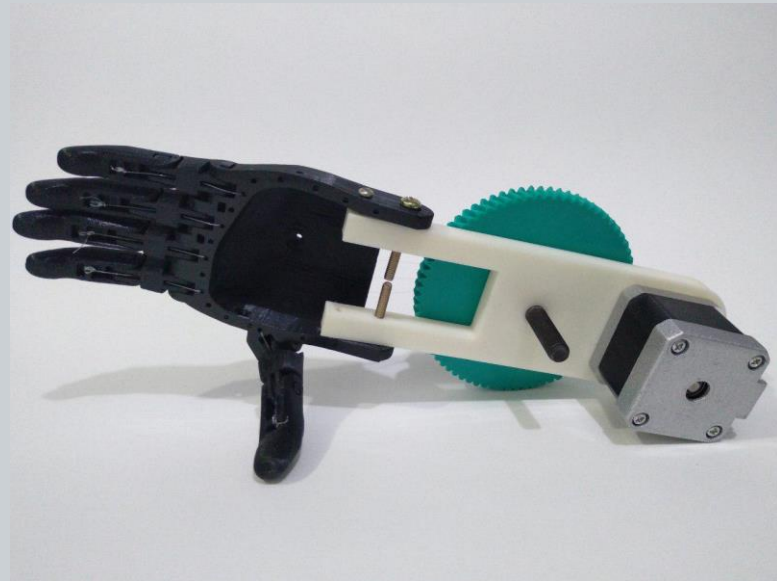
Por meio de fabricação por filamento fundido (FFF), com uma impressora de uso doméstico, foi confeccionada a primeira prótese. O modelo foi confeccionado em ABS, consumiu 100g de filamento e um tempo total de impressão de 12 horas.

Montagem Final

A placa de condicionamento de sinal é conectada ao controlador, que gerencia o movimento do motor. Uma bateria de lítio e um conversor DC-DC fornecem uma tensão constante de 12V ao driver do motor.



Circuito de aquisição e acionamento



Modelo impresso da prótese

Estrutura final



Circuito de aquisição conectado ao paciente

Testes



Possíveis melhorias

- Adição de canais de eletromiografia para maior grau de liberdade;
- Alteração do motor de passo para servo motor;
- Refinamento do código de detecção de movimento para conferir maior grau de customização;
- Realizar testes em pacientes com agenesia e amputados recentes para comparação de resultados;

Contato

E-mail: machado.Leonardo94@gmail.com

Telefone: (48) 99625-8235

Site: <https://sites.google.com/view/aleoexpress/>



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA