



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E BIOMÉDICA

Wederson Medeiros Silva

Sistema de Aquisição e Transmissão de Dados Usando Sensor de Flexão Bioinspirado

Belém – Pará

2018

Wederson Medeiros Silva

Sistema de Aquisição e Transmissão de Dados Usando Sensor de Flexão Bioinspirado

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação. Instituto de Tecnologia. Faculdade de Engenharia da Computação e Telecomunicações. Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Menezes Rodriguez
Coorientador: Prof. Dr. João Crisóstomo Weyl A. Costa

Belém – Pará

2018

Wederson Medeiros Silva

Sistema de Aquisição e Transmissão de Dados Usando Sensor de Flexão Bioinspirado/ Wederson Medeiros Silva. – Belém – Pará, 2018-
26 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Menezes Rodriguez

Coorientador: Prof. Dr. João Crisóstomo Weyl A. Costa

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Pará – UFPa

Instituto de Tecnologia – ITEC

Faculdade de Engenharia da Computação e Telecomunicações – FCT, 2018.

1. Modo fantasma de segunda camada. 2. Taxa agregada. 3. *Vectoring*. 4. EVM. I. Prof. Dr. Roberto Menezes Rodriguez. II. Universidade Federal do Pará. III. Faculdade de Engenharia Elétrica e Biomédica. IV. Sistema de Aquisição e Transmissão de Dados Usando Sensor de Flexão Bioinspirado

Wederson Medeiros Silva

Sistema de Aquisição e Transmissão de Dados Usando Sensor de Flexão Bioinspirado

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação. Instituto de Tecnologia. Faculdade de Engenharia da Computação e Telecomunicações. Universidade Federal do Pará.

Trabalho aprovado. Belém – Pará, 24 de dezembro de 2018:

Conceito: .

Prof. Dr. Roberto Menezes Rodriguez
Orientador

Prof. Dr. João Crisóstomo Weyl A. Costa
Coorientador

Prof. Dr. Gilvan Borges
Convidado 1

Belém – Pará
2018

Este trabalho é dedicado...

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Dr. ...

“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo, ...)

Resumo

O modo *fronthaul* de redes 5G ...

Palavras-chaves: Modo fantasma.

Abstract

Phantom mode has...

Keywords: Phantom mode.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Sensor de Flexão	15
Figura 2 – Funcionamento do potenciômetro linear	16
Figura 3 – Movimento do dedo através do tendão	16
Figura 4 – Placa Arduino modelo Nano (LICENSE, b)	17
Figura 5 – (a) Mão em posição inicial. (b) Mão após flexão.	18
Figura 6 – Captação do sinal	19
Figura 7 – (a) Transmissão do sinal. (b) Recepção do sinal.	19
Figura 8 – Dimensões aproximadas da PCI e seus componentes	21
Figura 9 – Desenhos projetados no Kicad do (a) esquemático e (b) PCI.	22
Figura 10 – (a) Placa de fenolite após corrosão e (b) resultado final	22
Figura 11 – Movimentos da luva de (a) flexão e (b) extensão	23

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

AWG	<i>American Wire Gauge</i>
AXT	<i>Alien crosstalk</i>
BBU	<i>Baseband Unit</i>
CAGR	<i>Compound Annual Growth Rate</i>
CM	Conversão de modo
CST	<i>Computer Simulation Technology</i>
DMT	<i>Discrete Multitone</i>
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
EVM	<i>Error Vector Magnitude</i>
FEXT	<i>Far-End Crosstalk</i>
FT	Função de transferência
FTTH	<i>Fiber-to-the-Home</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
MD	Modo diferencial
MF1	Modo fantasma de 1ª camada
MF2	Modo fantasma de 2ª camada
MIMO	<i>Multiple-Input Multiple-Output</i>
NEXT	<i>Near-End Crosstalk</i>
RSIR	<i>Signal-to-Noise Ratio</i>
SP	Modo <i>split-pair</i>
STP	<i>Shielded Twisted Pair</i>
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>
VNA	<i>Vector Network Analyzer</i>
WS	Modo <i>wire-shield</i>

Lista de símbolos

α	Contante de atenuação
β	Contante de fase
γ	Contante de propagação
Γ_L	Coeficiente de reflexão na carga
δ	Constante da restrição de potência transmissão
Δ_f	Subcanais ou tons em Hz
Γ	Gap de <i>RSIR</i>
Λ	Matriz que contém os elementos da diagonal principal de H
ρ	Máscara espectral utilizada pelo sistema DSL
σ^2	Densidade espectral de potência potência do ruído Gaussiano branco aditivo

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Sensor Flex	15
2.2	Potenciômetro	15
2.3	Movimentação dos dedos	16
2.4	Arduino	17
2.5	Módulo RF 433 Mhz	17
3	TRABALHO PROPRIAMENTE DITO	18
3.1	Teoria da coisa	18
3.2	Medidas e Posicionamento	19
3.2.1	Componentes	20
3.2.2	Dimensões e Posicionamento	20
3.3	Placa Embarcada	21
3.3.1	Esquemático	21
3.4	Movimento mecânico	22
3.4.1	Flexão dos Dedos	22
3.4.2	Extensão dos Dedos	23
4	ANÁLISES E RESULTADOS	24
4.1	Configurações	24
4.2	Testes	24
4.3	Resultados	24
5	CONCLUSÃO	25
5.1	Conclusões	25
5.2	Trabalhos Futuros	25
	REFERÊNCIAS	26

1 Introdução

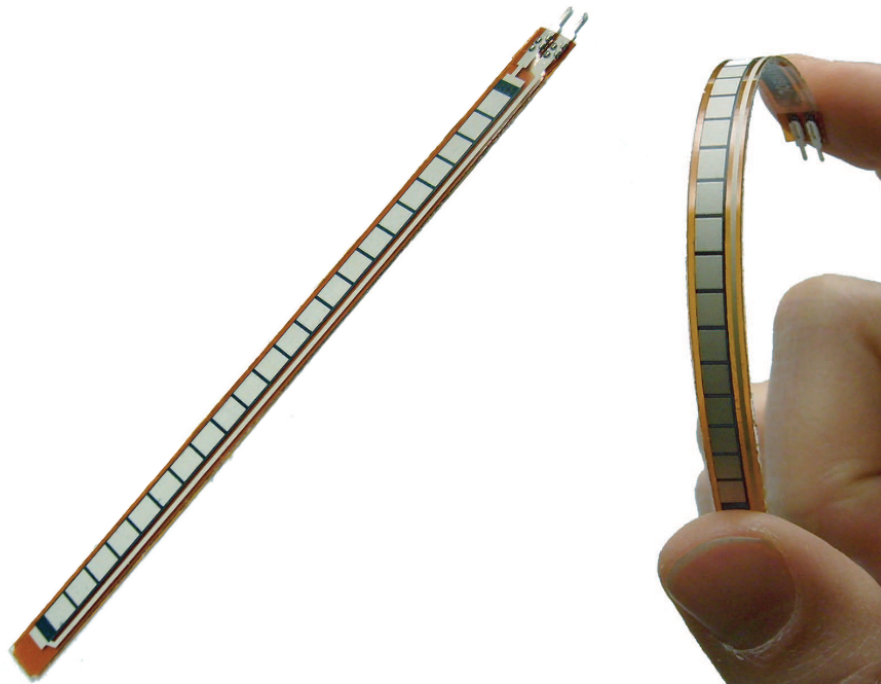
Contextualização; Estado da arte (se tiver); Motivação; O que vai fazer; Metodologia; O que terá no resto do documento;

2 Referencial Teórico

2.1 Sensor Flex

Sensores de flexão, mais conhecidos como sensores flex, são resistores analógicos que trabalham como divisores de tensão analógicos. Dentro desses sensores existem elementos resistivos de carbono junto a um fino substrato flexível. Mais carbono significa menos resistência. Quando o substrato é torcido o sensor produz uma resistência relativa ao raio da torção. (M, 2013).

Figura 1 – Sensor de Flexão

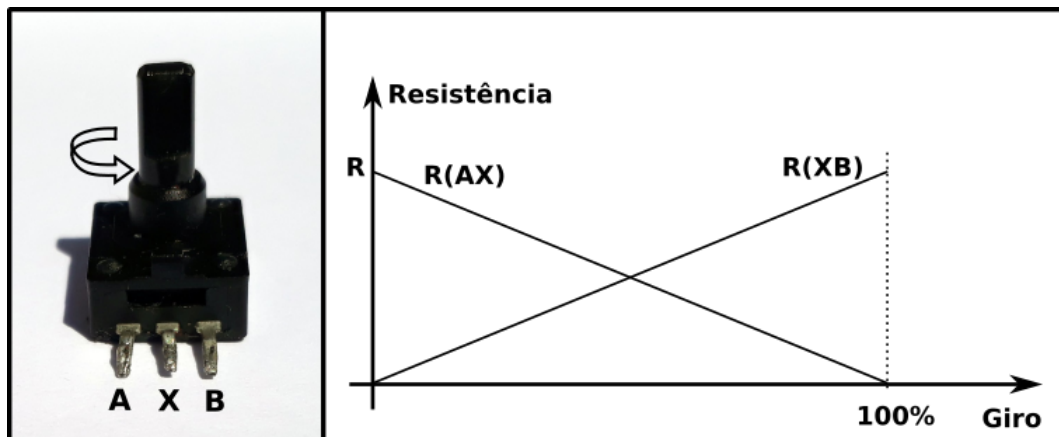


Fonte – Site Sparkfun

2.2 Potenciômetro

O potenciômetro é um componente eletrônico que permite, através do giro do seu eixo, a variação da resistência entre seus terminais. Eles são constituídos por um elemento de resistência, que pode ser de carbono ou fio de nicromo, sobre o qual corre uma lingüeta, denominada cursor. Dentre as características do potenciômetro estão o valor máximo de sua resistência, seu número de voltas, seu grau máximo de giro (aproximado) e se ele é do tipo linear ou logarítmico (BRAGA, 2012).

Figura 2 – Funcionamento do potenciômetro linear



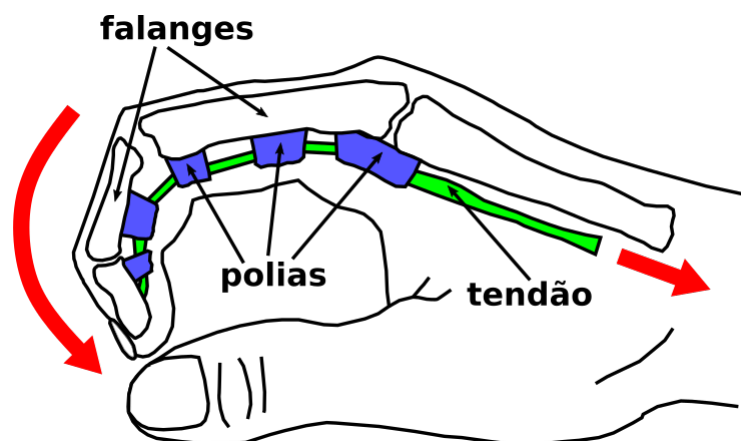
Fonte – Modificado de (BRAGA, 2012).

Segundo a lei de Ohm ($V = R.I$), dada uma corrente constante, ao variar a resistência teremos uma variação da tensão. Sendo assim, ao girar o eixo do potenciômetro, dependendo do sentido do giro, perceberemos um aumento ou diminuição da tensão naquele ponto. Partindo de um ponto extremo com resistência mínima até o outro ponto extremo no qual a resistência deverá ser a máxima característica do componente.

2.3 Movimentação dos dedos

Na mão, os tendões funcionam como cordas que conectam os músculos do antebraço aos ossos da mão. Nos dedos, os tendões passam por dentro de uma série de polias, que formam uma espécie de túnel. Isso permite manter os tendões próximos aos ossos da mão, aumentando a força nos dedos e diminuindo o gasto de energia. Ao movimentar o dedo, o músculo se contrai para que o tendão deslize por entre as polias. (OLIVEIRA,)

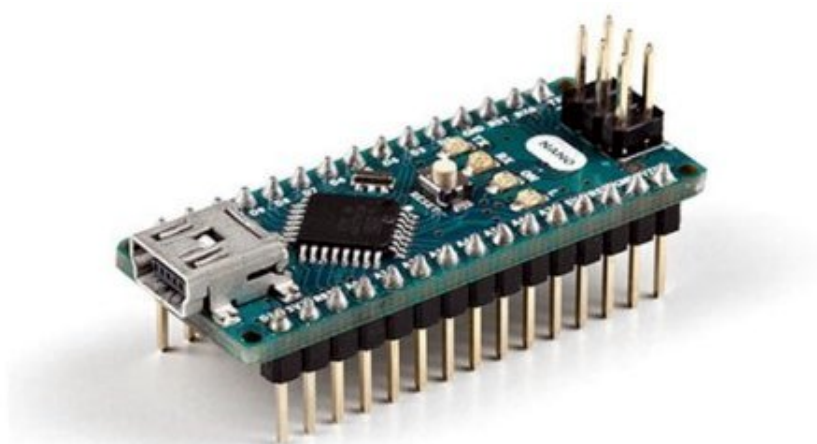
Figura 3 – Movimento do dedo através do tendão



2.4 Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto (*open-source*) que é baseada em *hardware* e *software* fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas como o acionamento de um sensor, o pressionamento de um botão, ou uma mensagem do Twitter. E pode transformar essas entradas em saídas como a ativação de um motor, o acendimento de um LED ou até a publicação de algo online. O comportamento dessa placa pode ser programado usando sua interface de desenvolvimento (IDE), que por sua vez, envia as instruções necessárias para o microcontrolador instalado na placa.(LICENSE, a)

Figura 4 – Placa Arduino modelo Nano (LICENSE, b)



2.5 Módulo RF 433 Mhz

O módulo de rádio frequência 433 Mhz é composto por um par que contém um transmissor e um receptor, ele opera com modulação AM e é uma alternativa para projetos de baixo custo que queiram usar comunicação sem fio entre microcontroladores Arduino ou outros. O par de módulos pode alcançar até 200 metros sem obstáculos, usando antenas e dependendo da tensão aplicada.(DIGITAL,)

3 Trabalho Propriamente Dito

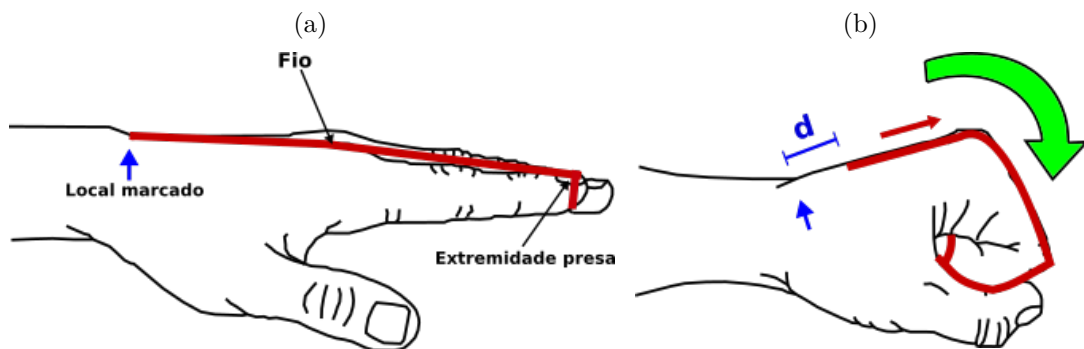
3.1 Teoria da coisa

Como foi demonstrado na figura 3, através dos tendões, passando por polias, têm-se a movimentação dos dedos na mão. Baseado nessa biomecânica de movimento, foi desenvolvido um sistema mecânico semelhante, com o intuito de criar um sensor de flexão de dedos, atrelado a um transmissor de dados.

Inicialmente foi verificado o deslocamento de um fio durante a flexão dos dedos. Para isso, com a mão inicialmente estendida e o dorso voltado para cima, uma das pontas de um fio foi presa na ponta de um dos dedos. O local inicial da outra ponta do fio foi marcada no dorso mão.

Após a flexão dos dedos o fio se movimentou em uma direção criando um deslocamento (d) do fio em relação ao ponto marcado.

Figura 5 – (a) Mão em posição inicial. (b) Mão após flexão.



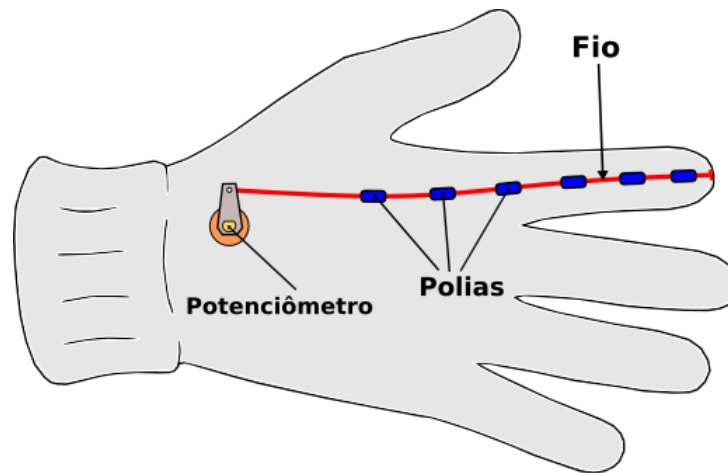
Fonte – Produzido pelo autor

Após examinar esse movimento, foi decidido criar e instalar todo o sistema em uma luva. Fios foram presos às extremidades dos dedos da luva, passando por polias plásticas que servem de guias. Na extremidade oposta, os fios são conectados à pequenos potenciômetros que variam de acordo com o sentido do movimento de cada fio. Sendo assim, para os cinco dedos de cada mão, são utilizados cinco fios e cinco potenciômetros.

A variação de cada potenciômetro é captada por um microcontrolador que processa esse sinal antes de despachá-lo para o transmissor. O módulo transmissor envia por rádio frequência, mensagens em formato de números inteiros que representam a posição atual de cada dedo.

O módulo receptor de rádio frequência, capta as mensagens e as envia ao micro-

Figura 6 – Captação do sinal

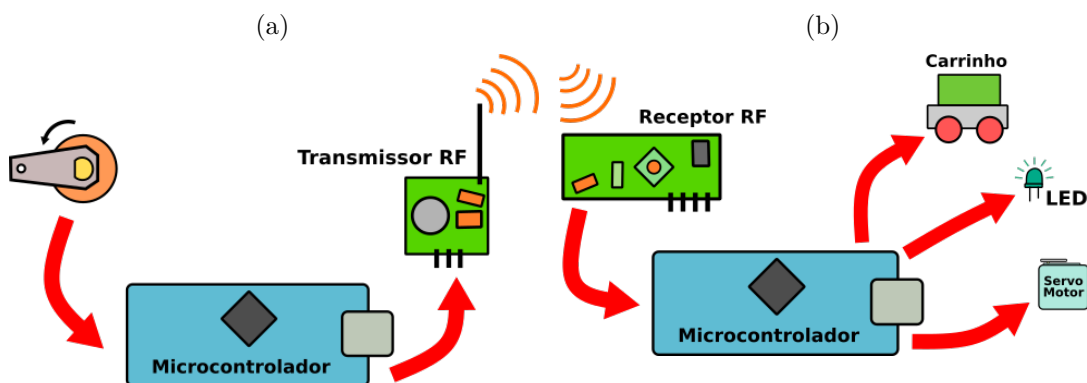


Fonte – Produzido pelo autor

controlador conectado. Este por sua vez, processa a mensagem e transmite aos respectivos componentes e atuadores daquela aplicação.

Para este trabalho, um pequeno carrinho, foi o sistema escolhido para ser controlado pela luva. Para isso, um protocolo de transmissão foi desenvolvido para traduzir os movimentos dos dedos da luva em direções para o carrinho.

Figura 7 – (a) Transmissão do sinal. (b) Recepção do sinal.



Fonte – Produzido pelo autor

3.2 Medidas e Posicionamento

O sistema de captação e transmissão de sinal que seria embarcado na luva, foi projetado para ser de móvel, leve, alimentado por uma bateria, caber no dorso da mão e ter custo relativamente menor em relação às soluções com sensores flex tradicionais. O sistema deve ser de fácil reprodução e o mais adaptável possível às outras formas de transmissão além da rádio frequência, caso sejam necessárias futuramente.

3.2.1 Componentes

O primeiro desafio foi escolher, dentre os componentes disponíveis, quais seriam utilizados para compor a eletrônica presente na placa de circuito impresso que estaria embarcada na luva.

O potenciômetro foi o primeiro componente a ser definido para o projeto. Isso porque, este seria o componente que estaria em maior número na placa. O modelo escolhido deveria ser pequeno suficiente para manter uma distância adequada para outros potenciômetros e componentes. Seu cursor deveria ser de fácil giro, para que pudesse ser acionado apenas pelo deslocamento do fio. Seu ângulo de giro total precisava ser mínimo, para que o menor grau de giro correspondesse à maior variação possível, facilitando assim a percepção pelo microcontrolador.

O potenciômetro que mais se aproximou das especificações acima foi retirado de um servo motor modelo MG996R da marca TowerPro. Este servo apresentava problemas de controle e não estava mais sendo usado, porém, seu potenciômetro interno estava funcionando perfeitamente. Este potenciômetro possui dimensão aproximada de $13\text{ mm} \times 13\text{ mm}$, resistência máxima de $5k\Omega$, giro aproximado de 200° e pouca resistência ao girar seu cursor.

Um pequeno pedaço de PVC expandido foi conectado ao cursor do potenciômetro para facilitar o giro e para amarrar uma das extremidades de um fio.

O microcontrolador escolhido para processar os dados recebidos de cada potenciômetro foi o Arduino modelo Nano. Isso porque ele é leve, ocupa uma área de apenas $45\text{ mm} \times 17\text{ mm}$, possui vasta documentação e disponibilidade no mercado, além de ser compatível com diversos módulos externos e possuir custo menor do que outros modelos da família Arduino.

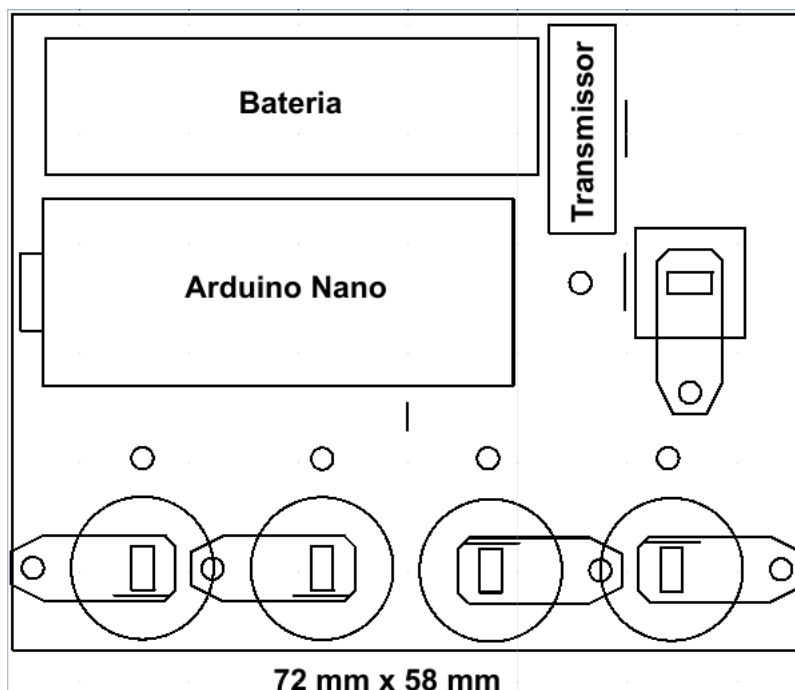
Para transmitir e receber o sinal, foi escolhido para o projeto o par de RF 433 MHz , que é leve e de baixo custo comparado à outras soluções de transmissão de dados.

Finalmente, para alimentar esse aparato eletrônico, foi escolhida uma pequena bateria Li-Po que estava disponível no laboratório. Esta possui 300 mAh , 7.4 V de tensão nominal e ocupa um espaço de $45\text{ mm} \times 12.5\text{ mm}$.

3.2.2 Dimensões e Posicionamento

Após medições realizadas no dorso da luva vestida que serviu de modelo para o projeto, foi decidido que as dimensões máximas da placa de circuito impresso (PCI) deveriam ser de aproximadamente $72\text{ mm} \times 58\text{ mm}$. Sendo assim, usando o software QCAD, que é gratuito para o sistema Linux, e organizando os componentes dentro de suas dimensões aproximadas, chegou-se ao seguinte layout 8.

Figura 8 – Dimensões aproximadas da PCI e seus componentes



3.3 Placa Embarcada

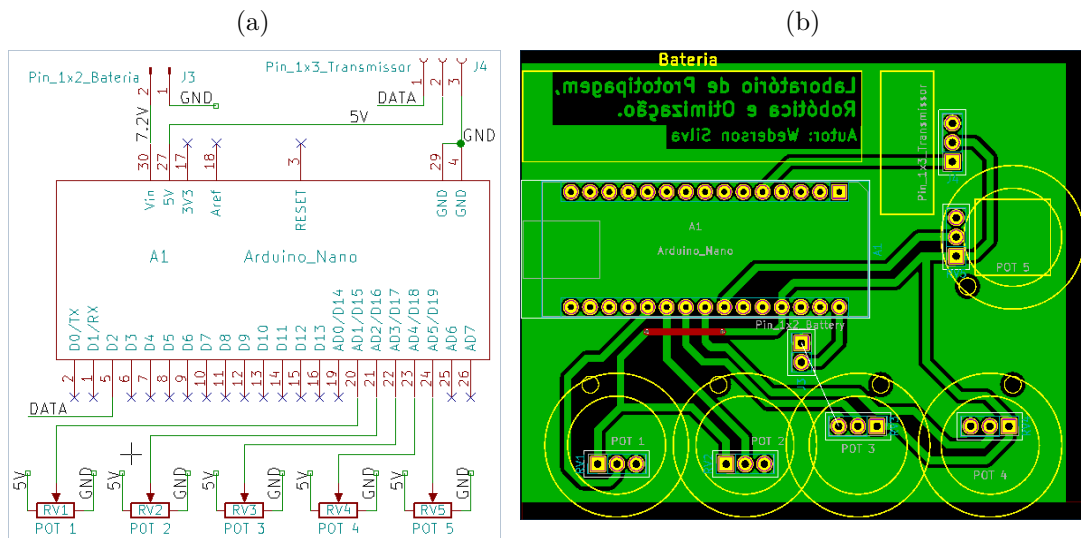
3.3.1 Esquemático

Os primeiros experimentos de ligação e testes iniciais entre os componentes foram realizados ainda em protoborad. Um programa simples lia a variação de um resistor e mostrava na tela do computador. Isto foi usado para verificar como deveriam ser as conexões entre resistores, bateria, módulo transmissor e o microcontrolador Arduino.

O passo seguinte foi utilizar o software gratuito Kicad. Esse programa permite a inclusão de componentes e ligações na criação do esquemático do circuito. Posteriormente, possibilita a criação de uma placa de circuito impresso baseada no esquemático desenhado anteriormente. Através dele foram criados os desenhos do esquemático e da PCI do sistema eletrônico embarcado 9.

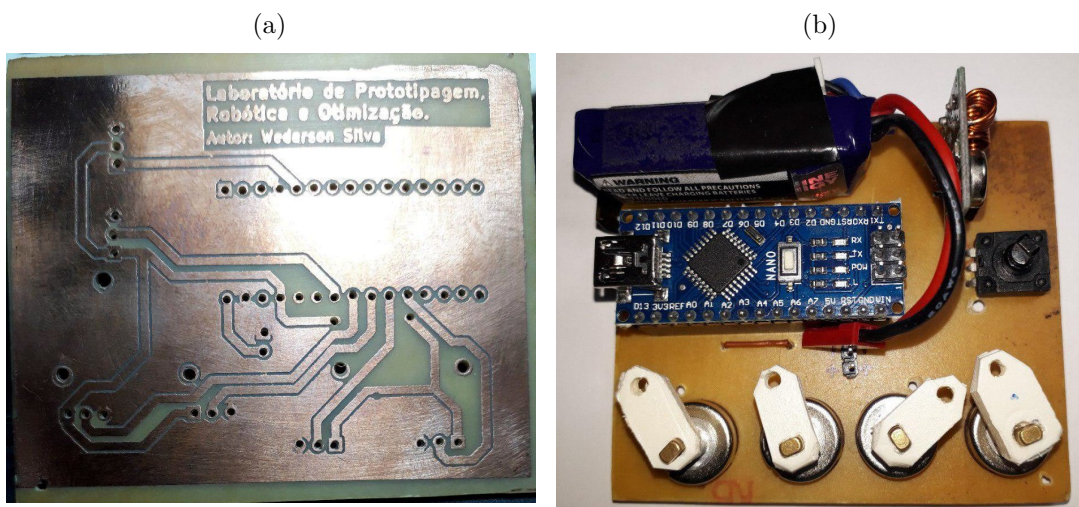
Com o desenho da placa finalizada no Kicad, esta PCI foi impressa em papel fotográfico e o método de transferência térmica foi utilizado para fabricar uma cópia de PCI em uma placa de fenolite. Posteriormente a placa de fenolite foi corroída em uma solução de percloroeto de ferro. Após a corrosão completa, a placa foi lavada e secada para finalmente ter seus pinos e componentes soldados. Chegando assim, ao resultado final 11

Figura 9 – Desenhos projetados no Kicad do (a) esquemático e (b) PCI.



Fonte – Produzido pelo autor

Figura 10 – (a) Placa de fenolite após corrosão e (b) resultado final



Fonte – Produzido pelo autor

3.4 Movimento mecânico

3.4.1 Flexão dos Dedos

Inspirado no movimento de flexão dos dedos da mão que é possibilitado pelos tendões, decidiu-se construir um sistema semelhante, que estaria embarcado em uma luva. O sistema deve mensurar graus de flexão e extensão dos dedos usando fios de náilon atrelados a potenciômetros que variam de acordo com a tensão e sentido do fio.

Nesse sistema, uma das extremidades do fio de náilon é presa na ponta de um dos dedos da luva. O trajeto da extensão do fio é guiada por polias plásticas. A extremidade

oposta do fio é presa ao cursor de um potenciômetro. Dessa forma, mantendo o fio de náilon tensionado, ao flexionar o dedo, o fio é puxado pela ponta do dedo e com isso o cursor do potenciômetro é variado.

A variação de resistência do potenciômetro é capturada pelo microcontrolador, que traduz o movimento recebido em números que representam graus de flexão. Esses números são remapeados e transferidos ao transmissor. Este por sua vez, envia a mensagem via rádio frequência.

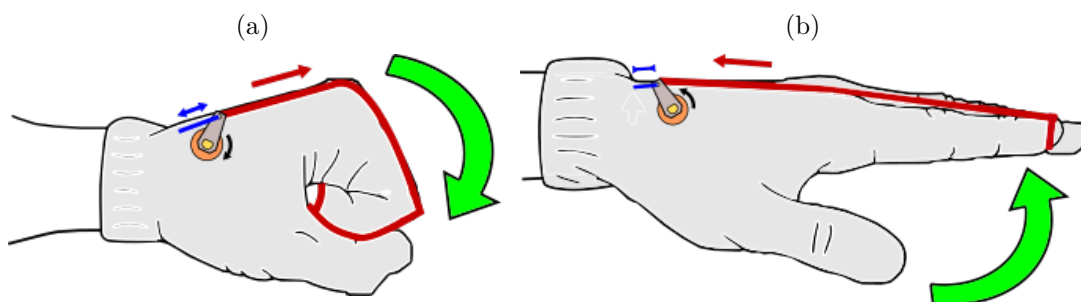
3.4.2 Extensão dos Dedos

Após a flexão dos dedos, ao realizar o movimento inverso (extensão), Nem o fio de náilon e nem o cursor do potenciômetro retornam à posição inicial. Para possibilitar que o sistema retorne à sua posição inicial, um pequeno elástico foi instalado junto ao cursor do potenciômetro.

Durante a flexão, o cursor gira e estica o elástico. Estando esticado, o elástico busca retomar sua posição de equilíbrio realizando uma força para girar o cursor de volta à sua posição inicial. Durante o movimento de extensão do dedo, o elástico puxa o cursor do potenciômetro girando-o em sentido inverso ao que ocorreu durante a flexão. Isso ocorre enquanto o elástico estiver esticado o suficiente para exercer força sobre o cursor do potenciômetro.

A força do dedo durante a flexão e a força do elástico durante a extensão giram o cursor do potenciômetro através do fio de náilon. Dessa forma, o fio e o cursor acompanham o movimento dos dedos em diferentes graus.

Figura 11 – Movimentos da luva de (a) flexão e (b) extensão



Fonte – Produzido pelo autor

4 Análises e Resultados

4.1 Configurações

4.2 Testes

4.3 Resultados

5 Conclusão

5.1 Conclusões

5.2 Trabalhos Futuros

Referências

BRAGA, N. C. *Curso de Eletrônica: Eletrônica Básica*. 1. ed. São Paulo - Brasil: Editora Newton C. Braga, 2012. v. 1. PAGES p. ISBN 8565050092, 9788565050098. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

DIGITAL, I. *Módulo RF Transmissor + Receptor 433mhz - Instituto Digital*. Acessado em: 12/08/2018. Disponível em: <<http://www.institutodigital.com.br/pd-f7460-modulo-rf-transmissor-receptor-433mhz.html?ct=76b8b&p=4&s=1>>. Citado na página 17.

LICENSE, C. C. A.-S. . *Arduino - Introduction*. Acessado em: 12/08/2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Citado na página 17.

LICENSE, C. C. A.-S. . *Arduino Nano*. Acessado em: 18/11/2018. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>>. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 17.

M, S. K. Indian sign languages using flex sensor glove. *IJETT*, v. 4, p. 2478–2480, 2013. ISSN 2231-5381. Disponível em: <<http://www.ijettjournal.org/volume-4/issue-6/IJETT-V4I6P149.pdf>>. Citado na página 15.

OLIVEIRA, R. K. de. *Dedo em Gatilho - Dr. Ricardo Kaempf - Cirurgia de Mão e Microcirurgia*. Acessado em: 07/08/2018. Disponível em: <<http://www.ricardokaempf.com.br/services/dedo-em-gatilho/>>. Citado na página 16.