**P.A.L.O.M.A.**

Pasteurizador Automático Local

Operado por Microcontrolador ATMEGA

**Manual do Desenvolvedor**

v1.0



Sumário

[1. Introdução 3](#_Toc499040209)

[1.1 Sobre 3](#_Toc499040210)

[1.2 Pré-requisitos técnicos 4](#_Toc499040211)

[1.3 Contato 4](#_Toc499040212)

[2. Visão Geral 5](#_Toc499040213)

[3. Placa Fonte de Alimentação 6](#_Toc499040214)

[4. Placa PT8A2511 7](#_Toc499040215)

[5. Placa ATMEGA 10](#_Toc499040216)

[6. Considerações 13](#_Toc499040217)

[6.1 Aperfeiçoamentos 13](#_Toc499040218)

[6.2 Observações 14](#_Toc499040219)

[Glossário 15](#_Toc499040220)

[Referências 16](#_Toc499040221)

[Anexo 18](#_Toc499040222)

# Introdução

Bem-vindo ao Manual de Desenvolvedor do Pasteurizador Automático Local Operado por Microcontrolador ATMEGA (P.A.L.O.M.A.). Este manual fornecerá informações técnicas para a compreensão, com instruções “Do It Yourself” (DIY) e desenvolvimento do equipamento de acordo com sua confecção original.

## Sobre

A P.A.L.O.M.A. é um equipamento voltado para a realização de testes de pasteurização em alimentos condicionados em recipientes de pequeno porte (palmito, pepino, entre outros envasilhados). Possui um sistema automático de controle de temperatura e interação com o usuário para a seleção e apresentação dos parâmetros necessários.

Caracteriza-se por seu sistema em malha fechada e aquecimento sem contato com o produto. Coleta dados de temperatura continuamente no espaço interno de alojamento do recipiente inserido. Oferece segurança tanto no isolamento térmico, quanto elétrico, assim como desligamento da resistência de aquecimento em caso de abertura de tampa.

A P.A.L.O.M.A. destaca-se como um equipamento econômico e relevante para a indústria alimentícia, tão como para o desenvolvimento de pesquisa relacionada à qualidade de alimentos e fluidos ingeríveis. Apresenta-se como uma alternativa viável para máquinas industriais de alto custo. Além disso, é um equipamento depurável, personalizável e de código aberto, de acordo com a disponibilização do conteúdo fundamental para seu entendimento e reprodução.

## Pré-requisitos técnicos

Para a compreensão do conteúdo apresentado e desenvolvimento adequado são necessários conhecimentos em Eletrônica Analógica e Digital, Circuitos e Técnicas Digitais, Programação em Linguagem C, Termodinâmica e plataforma Arduino (Microcontrolador ATMEGA 328P). De mesma forma, desejável conhecimento acerca de Automação, Engenharia de Materiais, Química e Alimentos.

## Contato

Após a leitura deste manual, caso ainda persistam dúvidas (técnicas ou não), o grupo P.A.L.O.M.A., desenvolvedor do produto aqui apresentado, disponibiliza meios de contato pelos seguintes endereços:

- Gustavo Simas da Silva: <https://github.com/GSimas/>

- André Martins Pio de Mattos: <https://github.com/andrempmattos>

- Ygor Gaspar Pereira: [ygorpereiraeel@gmail.com](mailto:ygorpereiraeel@gmail.com)

Para acessar código e materiais relacionados ao projeto:

- Página no Github: <https://github.com/GSimas/EEL7801>

# Visão Geral

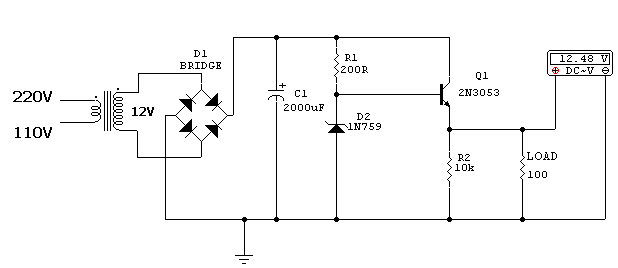
O Sistema do Pasteurizador Automático Local Operado por Microcontrolador ATMEGA visa atender os propósitos de testes de pasteurização em alimentos engarrafados (palmito, picles, ovos de codorna, entre outros). Promove a estabilização de temperatura por certo tempo, de acordo com o determinado pelo operador, mantendo o produto testado dentro de uma faixa limite de tolerância.

Possui as vantagens de ser portátil, de pequeno porte e de baixo custo. Oferece segurança para o operador, com isolamento elétrico e térmico na estrutura do equipamento, durante o manuseio. Possui durabilidade, desde que utilizado de acordo com as determinações do Manual do Usuário.

Sendo assim, sua manutenção é de baixa dificuldade, embora seja recomendada manutenção preventiva periodicamente para ampliação da vida útil.

# Placa Fonte de Alimentação

Para a alimentação de tensão adequada aos componentes utilizados na P.A.L.O.M.A., uma placa de fonte de tensão é requisitada. Para tal, deve-se realizar a retificação de CA para CC com diodos (ou circuitos integrados, ponte de diodos) e estabilização do sinal por meio de capacitores. Outros métodos (fonte chaveada, regulador de tensão, etc.) também se aplicam desde que forneçam a potência suficiente para o circuito, tão como sejam duráveis, de pequeno porte e confiáveis.

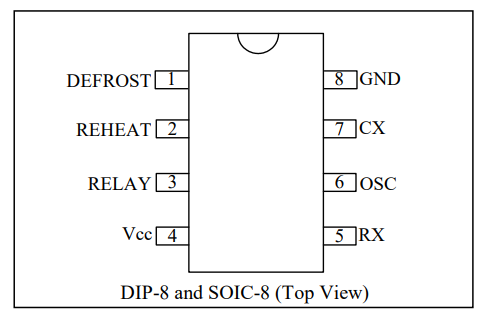
Um esquemático semelhante ao da fonte utilizada se apresenta na FIGURA #.

**Figura 1 - Esquemático Fonte de Alimentação 12V**

Podem ser reutilizadas fontes de tensão CC de telefones celular, tablets, entre outros dispositivos móveis (para redução de custos, conforme melhor detalhado nas Considerações Finais).

# Placa PT8A2511

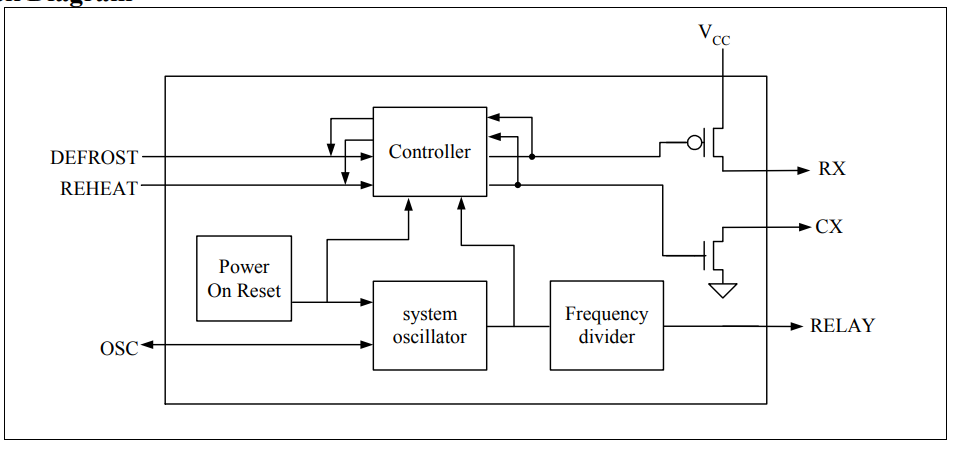
O CI PT8A2511 é um temporizador DIP-8 (também encontrado em formatos SOIC-8) particularmente projetado para atuação em torradeiras. De acordo com a folha de dados do fabricante Pericom [1], opera tanto no modo aquecimento, quanto descongelamento e reaquecimento.

**** Seu diagrama de terminais é mostrado na FIGURA #.

**Figura 2 - Pinagem PT8A2511**

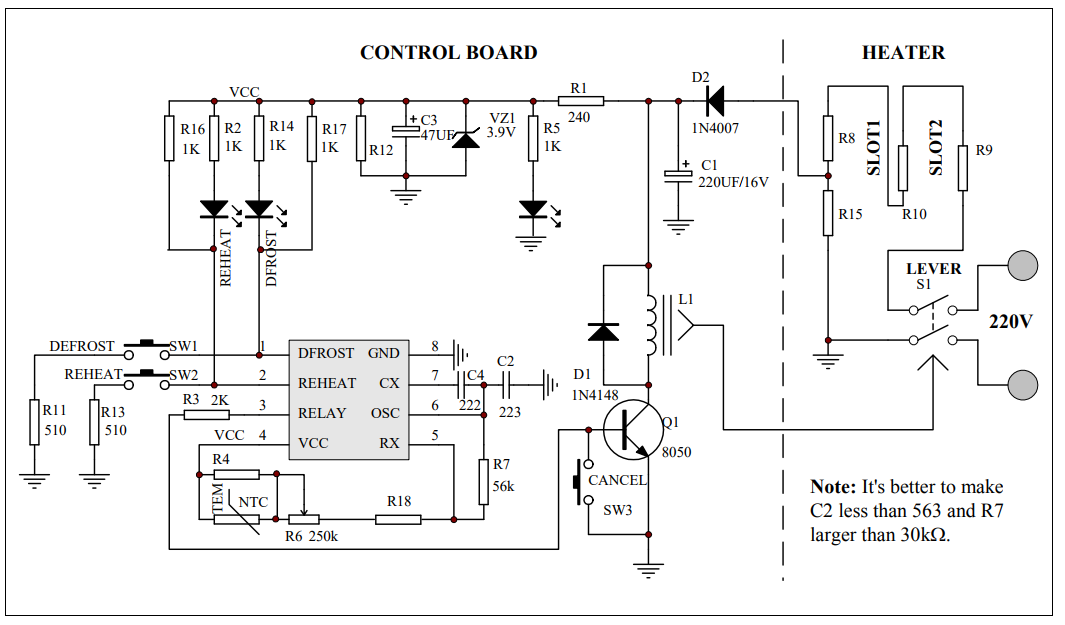
Tem a facilidade de necessitar de poucos componentes externos para seu funcionamento. Contém um divisor de frequência, sistema de oscilação, controlador de reset, como observado pela FIGURA #.

Assim como qualquer outro componente eletrônico, a exposição a condições físicas inapropriadas de temperatura, pressão, vibração e limites de parâmetros pelo estimado na folha de dados do fabricante [1] podem levar à redução da durabilidade e confiabilidade do dispositivo.

 Preza-se pela cautela no manuseio e verificação da eficácia do mesmo previamente a inserções do circuito (soldagem em placa, acionamento do equipamento).

Utiliza-se a estrutura de uma torradeira como gabinete do equipamento P.A.L.O.M.A. Observa-se que o reaproveitamento de materiais reduz significativamente o preço total final em insumos do projeto. Recomenda-se a aquisição de componentes extras (para situações de queima/danos) e em revendedores de confiança.

**Figura 3 - Diagrama de Blocos PT8A2511**

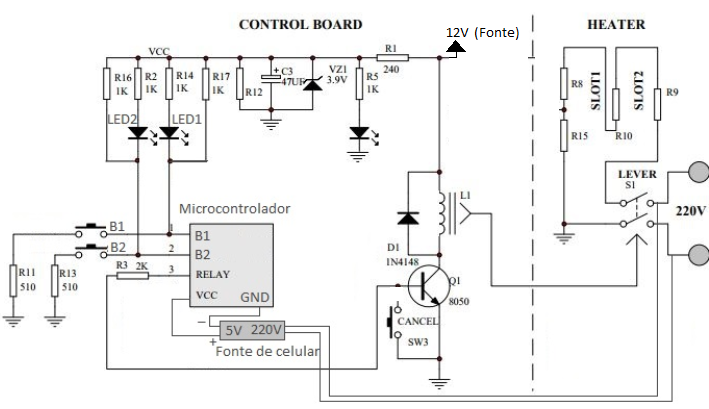
 O diagrama da torradeira, inserindo-se o circuito integrado PT8A2511 é apresentado pela FIGURA #.

**Figura 4 - Esquemático Torradeira**

Percebe-se a divisão clara do circuito geral em duas partes (Controle/Control Board e Aquecimento/Heater). As torradeiras comerciais operam com base no princípio de aquecimento resistivo (resistores R8, R9 e R10), com o acionamento após seleção nos botões e ativação de alavanca/lever (rebaixada para estabelecer o contato). Um detalhe interessante se deve ao fato da utilização da própria queda de tensão na resistência para a alimentação no circuito de controle, sinal sendo retificado por D2 (1N4007 [7]) e estabilizado pelo capacitor C2 de 220uF.

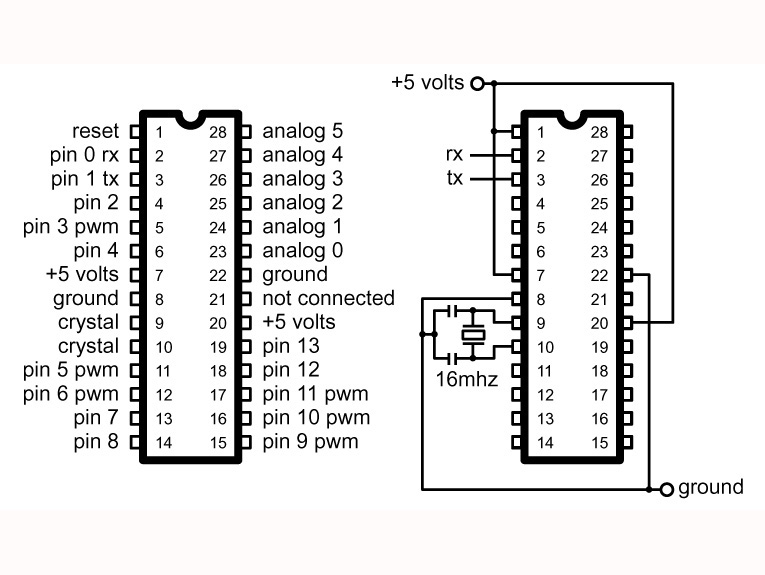
Para adequação ao propósito da P.A.L.O.M.A. foram realizadas algumas adaptações de hardware. Dentre elas, a retirada da conexão do botão SW3 (CANCEL), o qual era, a princípio, utilizado para cancelar a operação de aquecimento. Assim, foi implementado um resistor de pull-down e conectado à placa do microcontrolador para servir como sinal de entrada em operações do equipamento.

Além disso, foi separada a parte de potência Heater, do Controle, apenas retirando-se os contatos (Lever) do circuito, como se observa pela FIGURA #.



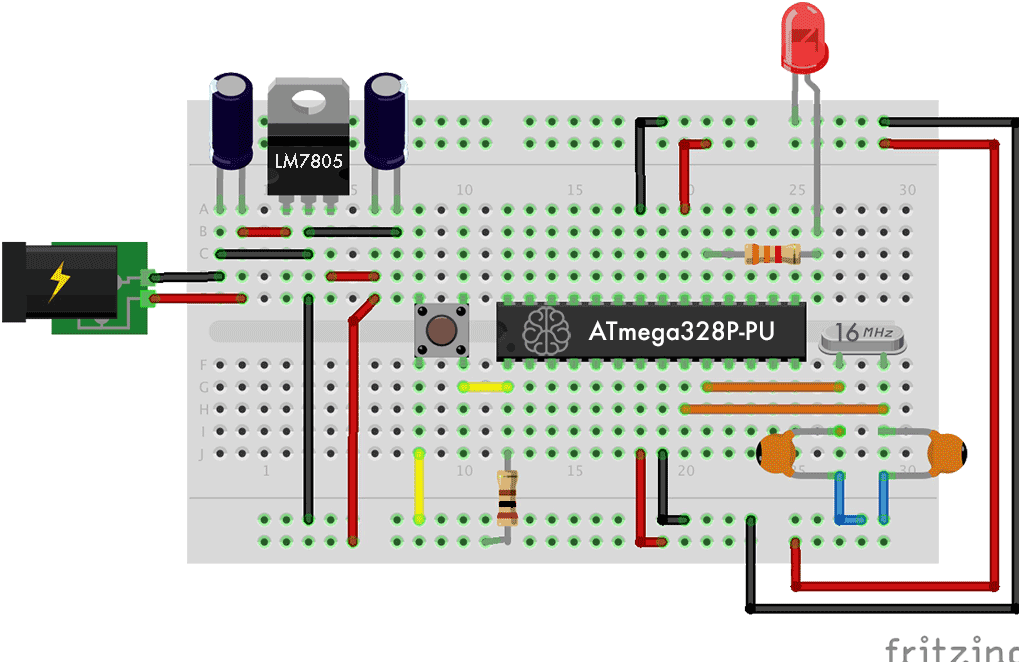
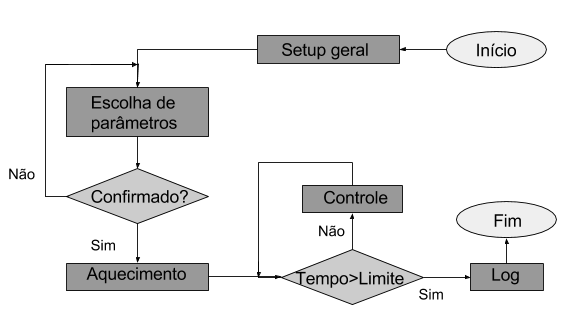
**Figura 5 - Esquemático da Placa PT8A2511 adaptado**

# Placa ATMEGA

Para o controle do sistema, foi feito uso do microcontrolador da ATMEL, o ATMEGA 328P, o qual é amplamente utilizado em placas de desenvolvimento eletrônico (Arduino) e apresenta bom desempenho para projetos em Eletrônica. Um esquemático dos terminais e ligação do microcontrolador é apresentado na FIGURA #.

O microcontrolador possui 20 pinos de I/O (entrada e saída), sendo 6 destes analógicos (para sensores de temperatura) e 14 digitais, para pinos de controle/acionamento do indutor, transistor do relé e botões. Um diagrama na FIGURA # ilustra a montagem em matriz de contato (versão prévia de protótipo para teste dos componentes), posteriormente soldada na placa padrão furada ou PCB.

**Figura 6 - Esquemático de pinos ATMEGA328**

 Para o controle da temperatura, dispôs-se do sistema de controle On/Off (controle liga-desliga[10], amplamente utilizado em equipamentos condicionadores de ar). A estrutura do código foi organizada de acordo com o caráter de seus elementos: configurações de hardware, funções de controle, funções de menu, funções de Log, periféricos e inclusões de biblioteca, separadas em arquivos C++ (extensão .cpp) e de biblioteca (extensão .h).

**Figura 7 - Diagrama de Blocos do Código**

**Figura 8 - Diagrama de montagem do circuito do ATMEGA**

Deste modo, o sistema opera iniciando em estágio standby, aguarda o pressionar do botão de confirmação pelo usuário, em seguida indo para o SETUP (fase de configuração). Assim, o operador escolhe os parâmetros de temperatura e tempo de pasteurização, podendo retornar, caso tenha errado ou deseje alterar os valores. Confirmando, o sistema avança para a etapa de aquecimento, o qual realizará o controle On/Off para estabilização da temperatura no nível determinado pelo usuário, terminando com sucesso após o tempo definido. Ao término, é apresentado um Log (memorial de parâmetro), com informações sobre temperaturas máxima, média e mínima, tempo de aquecimento e resfriamento, além de interrupções de controle. A FIGURA # demonstra um diagrama de blocos do funcionamento do sistema.

O código compilado no microcontrolador é disponibilizado pela plataforma Github[9] em sua versão mais atualizada.

# Considerações

Como já esclarecido anteriormente, recomenda-se a aquisição de componentes eletrônicos em revendedores de confiança. A obtenção e reaproveitamento de estrutura e materiais de outros produtos reduz de modo significativo o valor final do projeto gasto em insumos.

O Pasteurizador requer manutenção preventiva contínua, com a execução de limpeza em pontos-chave e testes de efetividade ao longo do tempo.

## Aperfeiçoamentos

Dentre as possíveis melhorias e implementações para a P.A.L.O.M.A. citam-se:

* **Componentes:** substituição de componentes elencados por de melhor qualidade, aumentando precisão dos valores medidos e durabilidade do equipamento. Tão como a implementação de mais sensores de temperatura para obtenção de valores mais exatos em relação ao produto testado (por efetuação de média, mediana, entre outras técnicas).
* **Sistema de Controle:** melhor calibração no sistema de controle e substituição de Sistema On/Off por de modo PID (controle Proporcional, Integrativo, Derivativo).
* **Comunicação:** desenvolvimento de sistema/plataforma para comunicação e envio de dados, em desktop e mobile (aplicativos/software). Tal aprimoramento facilita a visualização e comodidade por parte do usuário, o qual poderá acessar os dados da P.A.L.O.M.A. remotamente, com informações num ambiente em nuvem (IoT), fazendo uso dos mesmos para integração com demais plataformas.
* **Desempenho:** pode-se melhorar o desempenho do sistema ao programar um microcontrolador com maior capacidade de processamento do que o ATMEGA 328. Assim, será obtida uma perfomance mais adequada para a inserção de mais sensores e código mais complexo.
* **Expansão:** elaboração do projeto em maior estrutura física/gabinete, proporcionando a inserção de compartimentos de mais larga escala. Salienta-se que tal aperfeiçoamento pode causar o desajuste em curvas de aquecimento e calibração de sensores, por conta de alteração no volume de ar contido no interior.
* **Simulações:** realizar projeto em softwares de simulação computacional fluidodinâmica (CFD), para verificação de parâmetros previamente à aplicação. De mesmo modo, possibilita a modelagem 3D da estrutura e compartilhamento para pesquisa e manutenção.

## Observações

O Pasteurizador Automático Local Operado por Microcontrolador ATMEGA (previamente: Projeto de Aquecedor Local Operado por Microcontrolador ATMEGA) foi inicialmente desenvolvido para a Empresa Júnior CONAQ de Engenharia Química e Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), como alternativa para testes de pasteurização em alimentos de pequeno porte.

O produto substitui o trabalho manual de aquecimento em fornos/fogões e leitura baseada em termômetros digitais, oferecendo comodidade e velocidade nas atividades do grupo.

Para a utilização adequada, recomenda-se, de mesmo modo, a leitura do Manual do Usuário, disponibilizado no mesmo website do código.

A utilização do software, reprodução e aperfeiçoamento do projeto é aberta e disponível pelo link descrito na Introdução, desde que sejam citadas as partes e referenciadas as devidas autorias. O software é protegido pela Licença MIT (Anexo).

# Glossário

AC/CA - Corrente Alternada

CI - Circuito Integrado

CFD - Computational Fluid Dynamics

DC/CC - Corrente Contínua

DIP - Dual In-line Package

DIY - Do It Yourself

IDE - Integrated Development Environment

IoT - Internet of Things

MIT - Massachussets Institute of Technology

RAM - Random Access Memory

RISC - Reduced Instruction Set Computer

SoC - System-on-a-Chip

SOIC - Small Outline Integrated Circuit

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

PID - Proporcional, Integrador, Derivativo

# Referências

[1] DIODES INCORPORATED. **PT8A2511 Datasheet.** Disponível em: <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/PT8A2511.pdf>.

[2] CIELO. **Manual do Desenvolvedor.** Disponível em: <https://www.cielo.com.br/wps/wcm/connect/c682298e-4518-4e2b-8945-cef23e04b5ec/Cielo-E-commerce-Manual-do-Desenvolvedor-WebService-PT-V2.5.4.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url>.

[3] Arduino Labs. **Arduino Standalone**. Disponível em: <http://arduinolabs.in/como-montar-um-arduino-standalone/>.

[4] Brainy Bits. **Arduino Standalone**. Disponível em:

<https://brainy-bits.com/blogs/tutorials/standalone-arduino>

[5] Filipe Flop. **LCD Display Arduino**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/controlando-um-lcd-16x2-com-arduino/>

[6] Texas Instruments. **LM35 Datasheet.** Disponível em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

[7] Diodes Incorporated. **1N4007**. Disponível em: <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/ds28002.pdf>.

[8] Atmel. **ATMEGA328P Datasheet.** Disponível em: <http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf>

[9] Github. **EEL7801.** Disponível em: <http://github.com/gsimas/EEL7801>

[10] UFRGS. **Ação Liga-Desliga.** Disponível em: <http://www.ece.ufrgs.br/~jmgomes/pid/Apostila/apostila/node20.html>.

# Anexo

Licença de Software Massachussets Institute of Technology (MIT)

MIT License

Copyright (c) 2017 Gustavo Simas / Andre Mattos / Ygor Pereira

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.

Fotografias do desenvolvimento

