

Engenharia Eletrônica, Engenharia Automotiva, Engenharia de
Software, Engenharia de Energia, Engenharia Aeroespacial

Estufa Automatizada

Autores: Adailson Santos, Eduardo Rodrigues, Gabriel Augusto
Silva, Gustavo Eichler, Júlio César, Leonardo Sagmeister, Lucas
Amoêdo, Mairon Cruvinel, Marcelo Oliveira, Rafael Carvalho,
Stephanie Costa, Thiago Dias, Wannbaster Reis

Orientadores: Alex Reis, Guilherme Bestar, Rhander Viana,
Ricardo Chaim, Sébastien Rondineau

2018



Adailson Santos, Eduardo Rodrigues, Gabriel Augusto Silva, Gustavo Eichler, Júlio César, Leonardo Sagmeister, Lucas Amoêdo, Mairon Cruvinel, Marcelo Oliveira, Rafael Carvalho, Stephanie Costa, Thiago Dias, Wannbaster Reis

Estufa Automatizada

Orientador: Alex Reis, Guilherme Bestar, Rhander Viana, Ricardo Chaim, Sébastien Rondineau

Lista de ilustrações

| | |
|---|----|
| Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto | 14 |
| Figura 2 – Cronograma do projeto | 16 |
| Figura 3 – Cronograma do projeto | 17 |
| Figura 4 – Cronograma do projeto | 18 |
| Figura 5 – Relé Internamente | 23 |
| Figura 6 – Circuito Sample & Hold simplificado | 24 |
| Figura 7 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo | 24 |
| Figura 8 – Disposição das Bóias no Reservatório | 31 |
| Figura 9 – Funcionamento do optoacoplador | 32 |
| Figura 10 – Funcionamento do optoacoplador | 33 |
| Figura 11 – Módulo Relé de 8 canais | 34 |
| Figura 12 – Módulo Relé de 8 canais | 35 |
| Figura 13 – Curva característica de resposta do LDR | 36 |
| Figura 14 – Protocolo de comunicação | 37 |
| Figura 15 – Esquema com eletrodos e o substrato de retenção de umidade | 38 |
| Figura 16 – Relação entre temperatura e a resistência do termistor | 38 |
| Figura 17 – Equações matemáticas do pH | 40 |
| Figura 18 – Valores de medidas estabelecidas pelo fornecedor de pH e DDP | 40 |
| Figura 19 – Sensor de pH | 41 |
| Figura 20 – Amplificador de sinal conexão BNC | 41 |
| Figura 21 – Parâmetros de medições de acordo com o tipo de sonda | 42 |
| Figura 22 – Soluções especiais | 44 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Características elétricas do sensor LDR | 36 |
| Tabela 2 – My caption | 37 |

Sumário

| | | |
|------------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 | Contexto | 9 |
| 1.2 | Justificativa | 9 |
| 1.3 | Escopo do projeto | 9 |
| 1.3.1 | Premissas | 9 |
| 1.3.2 | Restrições | 10 |
| 1.3.3 | Mapeamento do modelo 5W2H | 10 |
| 1.3.3.1 | What - O quê? | 10 |
| 1.3.3.2 | Why - Por quê? | 10 |
| 1.3.3.3 | Where - Onde? | 10 |
| 1.3.3.4 | Who - Quem? | 10 |
| 1.3.3.5 | How - Como? | 10 |
| 1.3.3.6 | How Much - Quanto? | 11 |
| 1.4 | Detalhamento do escopo | 11 |
| 1.4.1 | Projeto | 11 |
| 1.4.2 | Produto | 11 |
| 1.5 | Objetivos | 11 |
| 1.5.1 | Objetivo Geral | 11 |
| 1.5.2 | Objetivos Específicos | 12 |
| 1.6 | Metodologia de gerenciamento | 12 |
| 1.6.1 | EAP | 14 |
| 1.6.2 | Plano de gerenciamento de tempo | 15 |
| 1.6.2.1 | Papeis e responsabilidades | 15 |
| 1.6.2.2 | Cronograma | 16 |
| 1.6.3 | Plano de gerenciamento de comunicação | 18 |
| 1.6.3.1 | Reuniões presenciais | 18 |
| 1.6.3.2 | Ferramentas de comunicação | 18 |
| 1.6.4 | Plano de gerenciamento de riscos | 19 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 21 |
| 2.1 | Sistemas Embarcados | 21 |
| 2.2 | Medição do Nível da Água | 22 |
| 2.3 | Optoacopladores | 22 |
| 2.4 | Relé | 22 |
| 2.5 | Conversor Analógico/Digital | 23 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.6 | Fenômenos de Transporte de Calor (Exemplo Template) | 24 |
| 2.6.1 | Convecção (Exemplo Template) | 24 |
| 2.6.2 | Radiação (Exemplo Template) | 24 |
| 2.7 | Calorimetria (Exemplo Template) | 25 |
| 2.7.1 | Calor Sensível e Latente (Exemplo Template) | 25 |
| 2.8 | Framework Django (Exemplo Template) | 25 |
| 2.9 | Microframework Flask (Exemplo Template) | 25 |
| 2.10 | Sistema interno (Exemplo Template) | 25 |
| 2.11 | Ergonomia de carregamento de peso (Exemplo Template) | 25 |
| 2.12 | TERMOVIDA – Caixa térmica para transporte de órgãos para trans- plantes (Exemplo Template) | 25 |
| 3 | SOLUÇÃO PROPOSTA | 27 |
| 3.1 | Arquitetura de Software | 27 |
| 3.1.1 | Sistema Web | 27 |
| 3.1.2 | Sistema Mobile | 27 |
| 3.1.2.1 | Requisitos funcionais | 27 |
| 3.2 | Sistema de Refrigeração (Exemplo Template Solução Energia) | 27 |
| 3.2.1 | Dimensionamento do Sistema | 27 |
| 3.2.1.1 | Cálculo de Carga Térmica | 27 |
| 3.2.1.2 | Cálculo da energia e potência térmica da embalagem com solução Viaspan na qual o órgão está contido | 27 |
| 3.2.2 | Cálculo da energia e potência térmica do alumínio da caixa interna | 27 |
| 3.2.2.1 | Cálculo da resistência térmica (Rt) e o coeficiente global de transferência de calor (U) | 27 |
| 3.3 | Estrutura do Conjunto de Refrigeração | 28 |
| 3.3.1 | Sistema de proteção de componentes elétricos e eletrônicos | 28 |
| 3.3.2 | Baterias | 28 |
| 3.3.3 | Dimmer Microcontrolado | 28 |
| 3.3.4 | Inversor | 28 |
| 3.3.5 | Transformador | 28 |
| 3.3.6 | Filtro de 60Hz | 28 |
| 3.4 | Estrutura (Exemplo solução estrutura Template) | 28 |
| 3.4.1 | Componentes Estruturais | 28 |
| 3.4.1.1 | Compartimento de carga | 28 |
| 3.4.1.2 | Câmara de Resfriamento | 29 |
| 3.4.1.3 | Estrutura | 29 |
| 3.4.2 | Simulação Computacional | 29 |
| 3.4.2.1 | Análise Estrutural | 29 |
| 3.4.2.2 | Simulação de Transferência de Calor | 29 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 3.5 | Sistema embarcado | 29 |
| 3.6 | Medição do Nível da Água | 30 |
| 3.7 | Optoacoplador 4N25 | 31 |
| 3.8 | Relé | 33 |
| 3.9 | Conversor analógico para digital | 34 |
| 3.10 | Sensor LDR | 35 |
| 3.10.1 | Características elétricas | 35 |
| 3.10.2 | Princípios físicos de funcionamento | 35 |
| 3.11 | Sensores DHT22 | 36 |
| 3.12 | Comunicação | 37 |
| 3.13 | Princípio Físico do Sensor | 38 |
| 3.14 | Motor DC 12V | 38 |
| 3.14.1 | Comunicação | 39 |
| 3.14.2 | Princípio físico de funcionamento | 39 |
| 3.15 | Sonda de pH | 39 |
| 3.15.1 | Especificações gerais | 40 |
| 3.15.2 | Documentação | 41 |
| 3.15.3 | Esquema de ligação | 42 |
| 3.15.4 | Informações de limpeza e manutenção das sondas de pH | 42 |
| 3.16 | Sensor de Temperatura para líquidos | 43 |
| 3.16.1 | Especificações gerais | 43 |
| 4 | RESULTADOS | 45 |
| 4.1 | Sistema de Comunicação(Exemplo Resultado Software) | 45 |
| 4.1.1 | Visão Geral | 45 |
| 4.1.2 | API | 45 |
| 4.2 | Sistema WEB | 45 |
| 4.2.1 | Diagramas de Classe | 45 |
| 4.2.2 | Diagramas de Sequência | 45 |
| 4.2.3 | Histórias de usuário | 45 |
| 4.2.4 | Exemplo: Uma subseção para cada história | 45 |
| 4.3 | Sistema Mobile | 45 |
| 4.3.0.1 | Deployment | 45 |
| 4.4 | Sistema de Controle (Exemplo Resultados Eletrônica) | 46 |
| 4.4.1 | Sistema de controle de temperatura | 46 |
| 4.4.2 | Sistema de proteção de componentes elétricos e eletrônicos | 46 |
| 4.5 | Alimentação (Exemplo resultado energia) | 46 |
| 4.5.1 | Testes e Resultados do Sistema de Inversor | 46 |
| 4.5.2 | Outros Testes Realizados | 46 |
| 4.5.3 | Dificuldades do projeto do inversor | 46 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.5.4 | Inversor Implementado | 46 |
| 4.5.5 | Testes e Resultados do Sistema de Alimentação | 46 |
| 4.6 | Estrutura (Exemplo Resultados Estrutura) | 46 |
| 4.6.1 | Compartimento de carga | 46 |
| 4.6.1.1 | Requisitos | 46 |
| 4.6.1.2 | Design | 47 |
| 4.6.1.3 | Fabricação | 47 |
| 4.6.1.4 | Resultados | 47 |
| 4.6.2 | Câmara de Resfriamento | 47 |
| 4.6.2.1 | Requisitos | 47 |
| 4.6.2.2 | Design | 47 |
| 4.6.2.3 | Fabricação | 47 |
| 4.6.2.4 | Resultados | 47 |
| 4.6.3 | Estrutura | 47 |
| 4.6.3.1 | Requisitos | 47 |
| 4.6.3.2 | Fabricação | 47 |
| 4.6.3.3 | Resultados | 47 |
| 4.6.4 | Sistema de amortecimento | 48 |
| 4.6.4.1 | Análise computacional de vibrações da estrutura | 48 |
| 4.6.4.2 | Dimensionamento do coxim | 48 |
| 4.6.4.3 | Teste e validação do sistema | 48 |
| 4.6.5 | Simulação Computacional | 48 |
| 4.6.5.1 | Análise Estrutural | 48 |
| 4.6.5.2 | Simulação de Transferência de Calor | 48 |
| 5 | ORÇAMENTO DO PROJETO | 49 |

1 Introdução

Ao longo dos anos, agricultores buscaram soluções para o cultivo em ambientes protegidos e seguros. Além disso, houve uma necessidade de produzir em períodos climáticos desfavoráveis, ter o melhor controle do plantio como um todo e realizar o desuso quanto aos agrotóxicos causadores de enfermidades. Essas causas, inspirou a realização de muito estudo para proteger o plantio dos danos causados pela natureza e para a não utilização de pesticidas, sendo estes responsáveis por doenças em consumidores. Motivou-se então a criação de um microclima adequado para o cultivo do plantio e tornar o desenvolvimento de hortaliças mais seguro e controlável.

1.1 Contexto

Um grupo de alunos de Engenharia da Universidade de Brasília do Campus do Gama propuseram desenvolver uma estufa hidropônica automatizada, nomeada como Greenhouse, capaz de manter as condições ideais para o cultivo de hortaliças, onde há a permissão do uso de configurações pré-definidas quanto a customização das condições internas, tendo então a disponibilidade do fornecimento de dados ao usuário através de uma interface local, um aplicativo mobile e um sistema web. O escopo não engloba a produção de plantas que não sejam hortaliças; a produção de hortaliças que não suportam um sistema de hidroponia; o controle da umidade; e a utilização em um ambiente aberto (i.e. outdoor).

1.2 Justificativa

O objetivo do projeto Greenhouse é fornecer a moradores de casas e apartamentos uma forma automatizada de cultivar hortaliças em suas residências. Isto irá permitir que, mesmo sem uma grande área dedicada, tempo, ou conhecimentos sobre cultivo, os usuários possam cultivar seus próprios produtos orgânicos para consumo próprio.

1.3 Escopo do projeto

1.3.1 Premissas

- O produto será utilizado exclusivamente para o cultivo de hortaliças.
- O produto será utilizado exclusivamente em um ambiente fechado (i.e. não será utilizado ao ar livre).

- O produto estará conectado a uma fonte de água.
- Não serão utilizados pesticidas nas hortaliças cultivadas no produto, ou na água utilizada pelo mesmo.

1.3.2 Restrições

- Irá controlar uma situação de um sistema especificamente hidropônico.
- O produto não poderá ser instalado em um sistema aberto (i.e. outdoor).

1.3.3 Mapeamento do modelo 5W2H

O projeto foi mapeado utilizando o modelo 5W2H, descrito a seguir.

1.3.3.1 What - O quê?

- Um Plantário estufa automatizada.

1.3.3.2 Why - Por quê?

- Facilitar e incentivar o cultivo caseiro.
- Reduzir gastos com hortaliças.
- Otimizar a utilização de espaço para cultivo.

1.3.3.3 Where - Onde?

- Na UnB/FGA.
- No Galpão da UnB/FGA.
- Na residência de um ou mais membros.

1.3.3.4 Who - Quem?

- Alunos dos cursos de Engenharia de Software, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Eletrônica, Engenharia Automotiva e Engenharia de Energia da UnB/FGA.

1.3.3.5 How - Como?

- Por meio de pesquisas e pelos conhecimentos prévios dos membros da equipe de projeto com a orientação dos professores da disciplina de Projeto Integrador.

1.3.3.6 How Much - Quanto?

- O detalhamento dos custos do projeto pode ser visto na tabela 2.

1.4 Detalhamento do escopo

1.4.1 Projeto

A equipe Greenhouse pretende contornar as adversidades descritas ao realizar um controle do cultivo, ao constatar a praticidade e despreocupação do usuário final com relação ao desenvolvimento automatizado das hortaliças, além do controle do usuário para as mudanças pertinentes de cada espécie, notificando-o sempre que necessário para que o mesmo esteja ciente do monitoramento do plantio.

O público alvo do projeto são as pessoas preocupadas em produzir o cultivo de hortaliças em um local protegido e em fácil acesso, monitoramento e controle de seu equipamento, sendo este instalado em uma casa, apartamento ou em qualquer local que forneça suas especificações de dimensionamento e que tenha conexão a uma fonte de água.

1.4.2 Produto

O sistema de automatização da estufa irá controlar a temperatura e umidade interna, realizar a abertura automática da gaveta onde se comportará o sistema composto pelas hortaliças e monitorar nível da água, temperatura da água e pH da água.

O sistema funcionará da seguinte forma: o usuário prepara os sachês com substâncias específicas para a germinação, implementa a semente da hortaliça de acordo com as especificações ideais de plantio, informa no sistema web a espécie da hortaliça e acompanha o desenvolvimento da mesma por meio de gráficos e informações de uso disponíveis no sistema web, pois os dados coletados pelos sensores da estufa irá para o servidor web e estará disponível para o monitoramento de todos os dados previamente planejados e o controle de alguns dados específicos, caso não há internet no local de instalação da estufa, os dados estarão empilhados e disponíveis para o acompanhamento quando houver conexão de internet.

A estrutura completa terá dimensões ideais para sua instalação em apartamentos, casas e afins.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo Geral

Levando em consideração a dificuldade das pessoas em produzir hortaliças por meio do cultivo residencial, principalmente aquelas que convivem em residências privadas de

luz solar e jardinagem, o deferido trabalho propõe a criação de uma estufa hidropônica automatizada dando importância nos aspectos agrônômicos para que seja cultivado hortaliças sem dificuldades e que seja realizada a transparência do usuário com relação ao monitoramento e o controle de alguns parâmetros relevantes para o desenvolvimento das hortaliças.

1.5.2 Objetivos Específicos

A partir das diretrizes acima, o presente trabalho determina que seja desenvolvido os seguintes quesitos a serem desenvolvidos:

- Produzir uma estrutura composta por um chassi externo isolado que irá conter uma área de cultivo, uma área do reservatório e uma área de iluminação.
- Realizar a comunicação com o sensor DHT22 para umidade relativa do ar e temperatura do ar.
- Realizar a comunicação com o sensor DS18B20 para temperatura da água.
- Realizar a comunicação com o sensor PCF8591 para leitura do PH e Luminosidade a partir de um Conversor A/D.
- Realizar a comunicação dos sensores de nível de água por meio de boias.
- A comunicação entre os sensores se torna necessário para o monitoramento dos parâmetros pertinentes.
- Projetar e implementar um sistema que irá realizar a coleta e envio de dados para uma plataforma Web e Mobile por meio de uma Raspberry Pi.
- Projetar e implementar um sistema Web e Mobile.
- Manter um ambiente ideal para o cultivo de diversas hortaliças.
- Otimizar condições internas da estufa para cultivos específicos a partir de um banco de dados

1.6 Metodologia de gerenciamento

Em decorrência do presente trabalho propor em planejar e produzir uma estufa hidropônica automatizada, há uma necessidade de utilizar uma metodologia específica para o gerenciamento do projeto como um todo, para que o planejamento do trabalho seja guiado na forma previamente produzida.

Sendo assim, a equipe irá utilizar a metodologia ágil, mais especificamente o SCRUM, sendo este responsável pela agregação eficiente do valor ao cliente, atrelado ao modelo do Guia PMBOK® que irá realizar toda a estrutura de gerenciamento de projeto para as áreas de conhecimento requisitadas na construção do projeto.

Os seguintes planos de gerenciamento serão produzidos para a construção do projeto:

- Plano de gerenciamento de tempo: Área que irá definir as atividades específicas do projeto, onde se estima a duração de cada atividade e onde as colocam em sequência cronológica, ao final é gerado um cronograma que ilustra todas as atividades e as datas de resolução das mesmas.
- Plano de gerenciamento de custos: Área que determina informações acerca das estimativas, orçamentos e controle dos custos do projeto, de modo que o projeto seja realizado dentro do orçamento estipulado.
- Plano de gerenciamento de riscos: Busca descrever os riscos que podem afetar o projeto, e realiza é realizado uma análise quantitativa e qualitativa do dos riscos.
- Plano de gerenciamento de comunicação: Área responsável por selecionar ferramentas de comunicação, definir um meio de comunicação que envolva todos os membros da equipe e agregar valor ao projeto por meio da intercomunicação dos stakeholders.
- Plano de gerenciamento de recursos humanos: É relatado os membros que irão atuar no planejamento e execução do projeto, os papéis e responsabilidades de cada um e busca resolver problemas entre os membros para melhorar o desempenho da equipe.

1.6.1 EAP

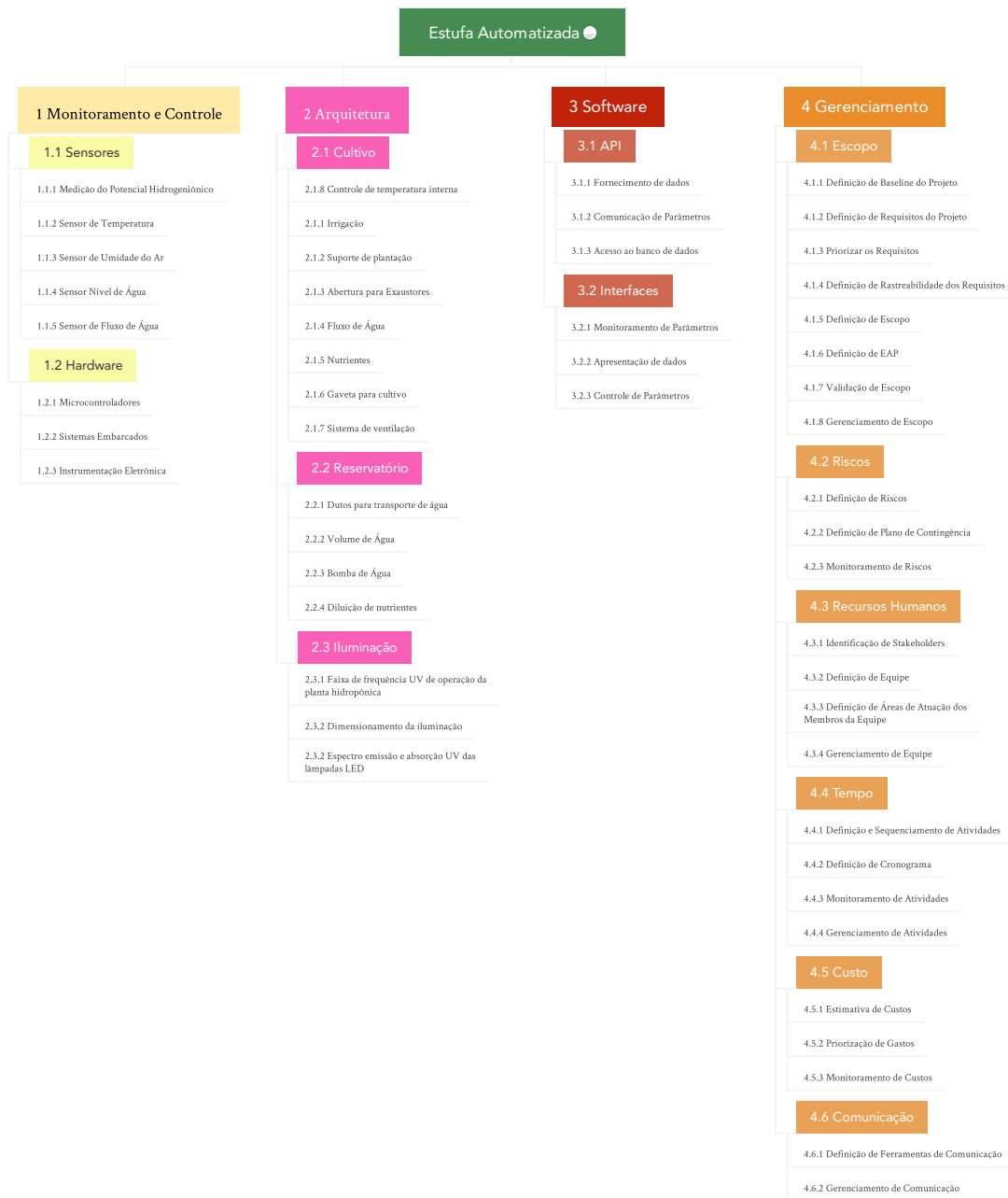


Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto

1.6.2 Plano de gerenciamento de tempo

O gerenciamento do tempo se torna necessário no projeto pois desse modo será possível descrever os processos e atividades que deverão ser executadas do início ao fim do projeto, tendo em foco a garantia da execução das atividades nos prazos definidos previamente e que haja um controle cronológico da execução das atividades.

1.6.2.1 Papeis e responsabilidades

Os gerentes do projeto ficarão responsáveis pela avaliação de qualidade e melhoria contínua dos subsistemas do processo de integração e também pelo pleno funcionamento e testes dos subsistemas. Será feita uma validação com a equipe geral do projeto e em seguida a integração.

1.6.2.2 Cronograma



| | Nome | Data inicial | Data final |
|---|---|--------------|------------|
| ☐ | Desenvolver Relatório 1 | 16/02/18 | 27/04/18 |
| ☐ | Fase 1: Problemática | 16/03/18 | 24/03/18 |
| ☐ | Identificar escopo do projeto | 16/03/18 | 19/03/18 |
| ☐ | Produzir escopo | 16/03/18 | 16/03/18 |
| ☐ | Analisar a viabilidade técnica e financeira | 17/03/18 | 17/03/18 |
| ☐ | Identificar requisitos (ou objetivos) funcionais e não funcionais | 18/03/18 | 18/03/18 |
| ☐ | Refinar entendimento do problema | 19/03/18 | 19/03/18 |
| ☐ | Documentação | 21/03/18 | 22/03/18 |
| ☐ | Montar estrutura do relatório 1 | 21/03/18 | 21/03/18 |
| ☐ | Relatar escopo | 22/03/18 | 22/03/18 |
| ☐ | Integração | 23/03/18 | 24/03/18 |
| ☐ | Unir informações de subsistemas | 23/03/18 | 23/03/18 |
| ☐ | Agendar encontros | 24/03/18 | 24/03/18 |
| ☐ | Fase 2: Concepção e detalhamento da solução | 16/02/18 | 27/04/18 |
| ☐ | Detalhar escopo | 16/03/18 | 18/03/18 |
| ☐ | Criar Estrutura da EAP | 16/03/18 | 17/03/18 |
| ☐ | Definir pilares chaves | 16/03/18 | 16/03/18 |
| ☐ | Definir pacotes | 17/03/18 | 17/03/18 |
| ☐ | Definir Estrutura Analítica do Projeto | 18/03/18 | 18/03/18 |
| ☐ | Definir Termo de Abertura do projeto | 25/03/18 | 26/03/18 |
| ☐ | Definir requisitos do projeto | 25/03/18 | 25/03/18 |
| ☐ | Definir objetivos do projeto | 25/03/18 | 26/03/18 |
| ☐ | Planejamento da GreenHouse | 25/03/18 | 25/03/18 |
| ☐ | Definir propósito e justificativa do projeto | 26/03/18 | 26/03/18 |
| ☐ | Desenvolver cronograma macro | 25/03/18 | 25/03/18 |
| ☐ | Desenvolver atividades de gerenciamento | 21/03/18 | 27/04/18 |
| ☐ | Definir atividades de gerenciamento de custos | 23/03/18 | 26/03/18 |
| ☐ | Estimar custos e orçamentos para a realização do projeto | 23/03/18 | 23/03/18 |
| ☐ | Selecionar ferramenta de software para gerenciamento financeiro | 24/03/18 | 26/03/18 |
| ☐ | Pesquisar ferramentas de gerenciamento financeiro | 24/03/18 | 24/03/18 |
| ☐ | Avaliar ferramentas escolhidas | 25/03/18 | 25/03/18 |
| ☐ | Definir ferramenta para o gerenciamento financeiro | 26/03/18 | 26/03/18 |
| ☐ | Definir plano de gerenciamento do tempo | 27/03/18 | 27/04/18 |
| ☐ | Definir atividades | 27/03/18 | 27/03/18 |
| ☐ | Definir sequenciamento das atividades | 28/03/18 | 30/03/18 |
| ☐ | Produzir cronograma de atividades | 31/03/18 | 27/04/18 |
| ☐ | Definir plano de gerenciamento de riscos | 21/03/18 | 26/03/18 |
| ☐ | Levantar riscos para a execução do projeto e avaliação do impacto | 21/03/18 | 23/03/18 |
| ☐ | Realizar plano de contingências | 24/03/18 | 26/03/18 |
| ☐ | Definir plano de gerenciamento de RH | 16/03/18 | 18/03/18 |
| ☐ | Alocar recursos humanos nos subsistemas | 16/03/18 | 18/03/18 |
| ☐ | Definir pacotes de Monitoramento e Controle | 16/02/18 | 18/03/18 |
| ☐ | Selecionar sensores de atuação | 16/03/18 | 18/03/18 |
| ☐ | Selecionar hardwares de atuação | 16/02/18 | 18/02/18 |
| ☐ | Definir pacotes de Arquitetura | 16/02/18 | 25/02/18 |
| ☐ | Selecionar pacotes de design | 16/02/18 | 25/02/18 |
| ☐ | Selecionar componentes para o cultivo | 16/02/18 | 25/02/18 |
| ☐ | Selecionar componentes para o reservatório | 16/02/18 | 25/02/18 |
| ☐ | Selecionar componentes para iluminação | 16/02/18 | 25/02/18 |
| ☐ | Definir pacotes de Software | 21/03/18 | 23/03/18 |
| ☐ | Definir arquitetura da solução de software | 21/03/18 | 23/03/18 |
| ☐ | Selecionar atividades para a construção da API | 21/03/18 | 23/03/18 |
| ☐ | Selecionar atividades para a construção das interfaces | 21/03/18 | 23/03/18 |
| ☐ | Ponto de Controle 1 | 28/03/18 | 28/03/18 |

Figura 2 – Cronograma do projeto

| | | |
|--|----------|----------|
| • Ponto de Controle 1 | 28/03/18 | 28/03/18 |
| ▢ • Desenvolver Relatório 2 | 29/03/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Fase 3: Projeto e construção de subsistemas da solução proposta | 29/03/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Construir projetos das soluções de engenharia | 29/03/18 | 30/04/18 |
| ▢ • Projeto de Software | 29/03/18 | 05/04/18 |
| • Fazer rastreabilidade de requisitos | 29/03/18 | 05/04/18 |
| • Definir ferramentas de gerência de configuração de software de gerência de configuração de ... | 29/03/18 | 05/04/18 |
| ▢ • Projeto de Arquitetura | 30/03/18 | 11/04/18 |
| • Projetar funcionamento de fluxo da água | 30/03/18 | 10/04/18 |
| • Projetar funcionamento da ventilação | 30/03/18 | 10/04/18 |
| • Projetar funcionamento da alimentação | 30/03/18 | 10/04/18 |
| • Desenhar os CADs | 02/04/18 | 11/04/18 |
| ▢ • Projeto de Monitoramento e Controle | 29/03/18 | 30/04/18 |
| • Projetar arquitetura de software embarcado | 29/03/18 | 10/04/18 |
| ▢ • Projetar hardwares para sensores | 18/04/18 | 30/04/18 |
| • Projetar Sensor de Umidade e Temperatura do ar | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sensor de Temperatura da Água | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sensor de Potencial Hidroenólico | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sensor Nível de Água | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sensor Luminosidade | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sistema de Monitoramento Visual | 24/04/18 | 30/04/18 |
| ▢ • Projetar Hardwares para Atuação | 04/04/18 | 30/04/18 |
| • Projetar Controle da Gaveta | 04/04/18 | 13/04/18 |
| • Projetar Acionamento dos Coolers/Exaustores | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sistema de Substituição da Água | 24/04/18 | 30/04/18 |
| ▢ • Construir componentes e/ou subsistemas | 06/04/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Solução de Software | 06/04/18 | 25/04/18 |
| • Desenvolver Histórias de Usuários | 06/04/18 | 25/04/18 |
| ▢ • Solução de Arquitetura | 11/04/18 | 16/05/18 |
| • Construir funcionamento de fluxo da água | 11/04/18 | 16/05/18 |
| • Construir funcionamento de ventilação | 11/04/18 | 16/05/18 |
| • Construir funcionamento de alimentação | 11/04/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Construir chassi | 11/04/18 | 13/04/18 |
| • Comprar materiais | 11/04/18 | 12/04/18 |
| • Procurar profissional terceirizado | 11/04/18 | 12/04/18 |
| • Iniciar fabricação | 13/04/18 | 13/04/18 |
| • Entregar chassi pronto | 13/04/18 | 13/04/18 |
| • Fazer simulações estruturais | 11/04/18 | 18/04/18 |
| ▢ • Construir parte externa | 19/04/18 | 11/05/18 |
| • Comprar materiais | 19/04/18 | 26/04/18 |
| • Procurar profissional terceirizado | 19/04/18 | 26/04/18 |
| • Iniciar fabricação | 27/04/18 | 11/05/18 |
| • Fazer teste estrutural | 11/05/18 | 11/05/18 |
| • Entregar toda a estrutura pronta | 16/05/18 | 16/05/18 |

Figura 3 – Cronograma do projeto

| | | |
|--|----------|----------|
| • Entregar toda a estrutura pronta | 16/05/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Solução de Monitoramento e Controle | 14/04/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Construir hardwares para sensores | 25/04/18 | 15/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição do Nível de Água | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição da Temperatura da Água | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição da Iluminação | 02/05/18 | 08/05/18 |
| • Construir Sistema de Monitoramento Visual | 02/05/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Programar sistemas embarcados | 25/04/18 | 15/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição do Nível de Água | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição da Temperatura da Água | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição da Iluminação | 02/05/18 | 08/05/18 |
| • Programar Sistema de Monitoramento Visual | 02/05/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Programar Atuadores de Controle | 14/04/18 | 06/05/18 |
| • Programar Controle da Gaveta | 14/04/18 | 18/04/18 |
| • Programar Acionamento dos Coolers/Exaustores | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Substituição da Água | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Controle da Iluminação Interna | 30/04/18 | 06/05/18 |
| ▢ • Testar componentes/subsistemas da solução | 14/04/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Testar Sistema de Monitoramento e Controle | 25/04/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Testar Sistema de Sensores | 25/04/18 | 15/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição do Nível de Água | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição da Temperatura da Água | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição da Iluminação | 02/05/18 | 08/05/18 |
| • Testar Sistema de Monitoramento Visual | 02/05/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Testar Atuadores | 14/04/18 | 06/05/18 |
| • Testar Controle da Gaveta | 14/04/18 | 18/04/18 |
| • Testar Acionamento dos Coolers/Exaustores | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Substituição da Água | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Controle da Iluminação Interna* | 30/04/18 | 06/05/18 |
| • Avaliar Resultados | 05/05/18 | 15/05/18 |
| • Ponto de Controle 2 | 16/05/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Desenvolver Relatório 3 | 17/05/18 | 22/06/18 |
| ▢ • Fase 4: Integração de subsistemas e finalização do produto | 17/05/18 | 22/06/18 |
| • Projetar integração das soluções | 17/05/18 | 22/06/18 |
| • Integrar subsistemas | 17/05/18 | 22/06/18 |
| • Testar integração dos subsistemas | 17/05/18 | 22/06/18 |
| • Ponto de Controle 3 | 22/06/18 | 22/06/18 |

Figura 4 – Cronograma do projeto

1.6.3 Plano de gerenciamento de comunicação

Durante a execução do projeto, a comunicação do grupo será realizada por meio de duas formas principais: reuniões físicas, utilização de ferramentas de comunicação.

1.6.3.1 Reuniões presenciais

Serão realizadas reuniões presenciais entre os membros da equipe de projeto duas vezes por semana. Tais reuniões serão devidamente documentadas por meio de pautas, seguindo um modelo pré-estabelecido pela equipe.

1.6.3.2 Ferramentas de comunicação

Durante a execução do projeto, serão utilizadas ferramentas de comunicação e gerenciamento de projeto, tanto para permitir a fácil transmissão de informações entre os membros da equipe, quanto para o acompanhamento e monitoramento do trabalho. As ferramentas utilizadas são apresentadas a seguir:

- Slack: Utilizada como principal meio de comunicação da equipe, a ferramenta Slack permite a criação de diversos canais dentro de um mesmo projeto. Estes canais serão utilizados para facilitar o gerenciamento das comunicações, havendo um canal

específico para cada subárea do projeto, além de um canal geral. O Slack permite também a integração com diversas ferramentas de gerenciamento de projetos, tais como o Trello e bots.

- Trello: Para o gerenciamento e acompanhamento do projeto, será utilizado um board da ferramenta Trello, que permite a definição de tarefas a serem executadas. Por meio da criação de listas, é possível acompanhar o andamento do projeto. Tais listas evidenciam as atividades que se encontram no backlog, as que estão sendo executadas no momento, as que aguardam algum tipo de validação, entre outros estados de completude que a equipe julgar necessário evidenciar. Além disso, o Trello permite observar quem são os membros responsáveis pela execução de cada atividade.
- Geekbot: O Geekbot é uma ferramenta de questionários automatizados que podem ser enviados diariamente aos membros da equipe pela ferramenta Slack. A partir da definição de um questionário simples e de um canal para a postagem das respostas no Slack, é possível acompanhar as atividades diárias referentes ao projeto dos membros da equipe de forma individual, facilitando o gerenciamento de atividades.
- Google Drive: Para o armazenamento e edição de documentos pertinentes ao projeto, será utilizada a ferramenta Google Drive. A partir dela, é possível que documentos e arquivos sejam compartilhados entre todos os membros da equipe de forma organizada e instantânea. Além disso, é possível a edição conjunta de documentos, o que facilita o desenvolvimento de artefatos necessários para o desenvolvimento do projeto.

1.6.4 Plano de gerenciamento de riscos

Espaço reservado para Plano de gerenciamento de riscos.

2 Referencial Teórico

2.1 Sistemas Embarcados

Para realização do projeto é necessário um sistema embarcado para controle dos sensores e atuadores, e intermédio de interface com o usuário.

Um sistema embarcado é um sistema de computador com uma função dedicada dentro de um sistema mecânico ou elétrico maior e geralmente com restrições de computação em tempo real. E é incorporado como parte de um dispositivo completo, muitas vezes incluindo peças mecânicas e de hardware. Sistemas embarcados controlam muitos dispositivos em uso comum hoje em dia. Noventa e oito por cento de todos os microprocessadores são fabricados como componentes de sistemas embarcados.[6]

Exemplos de propriedades de computadores embarcados típicos quando comparados com os correspondentes de uso geral, são de baixo consumo de energia, tamanho pequeno, faixas operacionais robustas e baixo custo por unidade. Isso ocorre com o preço de recursos de processamento limitados, o que os torna significativamente mais difíceis de programar e interagir. No entanto, construindo mecanismos de inteligência sobre o hardware, aproveitando os possíveis sensores existentes e a existência de uma rede de unidades embarcadas, é possível gerenciar os recursos disponíveis de forma otimizada nos níveis de unidade e rede, bem como fornecer funções aumentadas, muito além daqueles disponíveis. Por exemplo, técnicas inteligentes podem ser projetadas para gerenciar o consumo de energia de sistemas embarcados.[6][7]

Os sistemas embarcados modernos são frequentemente baseados em microcontroladores (isto é, CPUs com memória integrada ou interfaces periféricas), mas microprocessadores comuns (usando chips externos para circuitos de memória e periféricos) também são muito utilizados, especialmente em sistemas mais complexos. Em ambos os casos, o processador a ser utilizado pode ser de tipos variados, desde fins gerais até aqueles especializados em certas classes de cálculos, ou até mesmo customizados para a aplicação em questão. [6][7]

Como o sistema embarcado é dedicado a tarefas específicas, os engenheiros de projeto podem otimizá-lo para reduzir o tamanho e o custo do produto e aumentar a confiabilidade e o desempenho. Alguns sistemas embarcados são produzidos em massa, beneficiando-se de economias de escala.[7]

2.2 Medição do Nível da Água

Os três tipos básicos de medição de nível são: • direto • indireto • descontínuo A medição direta pode ser feita medido-se diretamente a distância entre o nível do produto e um referencial previamente definido. Neste tipo de medição podemos utilizar a observação visual, como por exemplo, réguas, gabaritos, visores de nível, bóia ou flutuador, ou até mesmo através da reflexão de ondas ultra-sônicas pela superfície do produto.[8]

Na medição indireta, o nível é medido indiretamente em função de grandezas físicas a ele relacionadas, como por exemplo, pressão (manômetros de tubo em U, níveis de borbulhador, níveis de diafragma, células de pressão diferencial,etc), empuxo (níveis de deslocador) e propriedades elétricas(níveis capacitivos, detector de nível condutivo, níveis radioativos, níveis ultra-sônicos, detector de nível de lâminas vibrantes,etc).[8]

Na medição descontínua, tem-se apenas a indicação apenas quando o nível atinge certos pontos especificados, como por exemplo, condições de alarmes de nível alto ou baixo.[8]

2.3 Optoacopladores

São dispositivos de proteção em circuitos eletrônicos que precisam trabalhar com diferentes tensões. No projeto da estufa eles serão utilizados para conectar a Raspberry a dispositivos que trabalham com tensão diferente de 3.3V, que é a tensão dos pinos GPIO, e para evitar uma sobrecarga de corrente nela. [3]

2.4 Relé

Os relés basicamente são dispositivos elétricos que tem como função produzir modificações súbitas, porém predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de saída. O relé tem um circuito de comando, que no momento em que é alimentado por uma corrente, aciona um eletroímã que faz a mudança de posição de outro par de contadores, que estão ligados a um circuito ou comando secundário. Resumidamente podemos dizer que todo relé se configura como um contato que abre e fecha de acordo com algum determinado fator ou configuração. Alguns relés são bem pequenos e fáceis de serem manipulados, testados e trocados, justamente por existir vários tipos de construções mecânicas para relés. [4] O relé é um componente eletromecânico, ou seja, ele conta com uma parte mecânica de contato e o acionamento ocorre através da corrente elétrica em uma bobina. Na imagem abaixo é possível visualizar todos os componentes de um relé eletromecânico. [4]

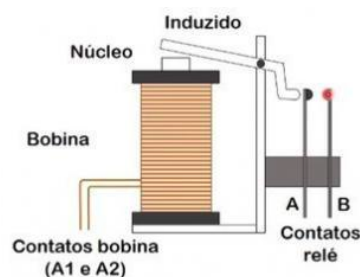


Figura 5 – Relé Internamente

2.5 Conversor Analógico/Digital

No mundo real as grandezas físicas raramente são de natureza elétrica. O primeiro passo para trazer esse mundo para o seu processador é o de transformar essas grandezas em sinais elétricos. Os equipamentos responsáveis por essa transformação são conhecidos por sensores ou transdutores. Esses transdutores estão em quase tudo ao nosso redor. São sensores de pressão, vazão, luz, temperatura, PH, etc. Todos esses transdutores transformam as grandezas físicas em sinais elétricos. Os sinais elétricos podem ser lineares e proporcionais à amplitude das grandezas medidas, ou então não lineares mas com curvas conhecidas, que podem ser compensadas de alguma maneira a posteriori.[9]

Uma vez transformadas em sinais elétricos, a precisão das grandezas convertidas pelos transdutores fica limitada às características ou especificações desses transdutores. Sua natureza ainda é analógica e contínua no tempo. Para trazer essas grandezas para dentro do seu processador, será necessário realizar mais uma transformação do sinal analógico para digital, de forma que esse possa ser tratado e processado digitalmente. Essa transformação é realizada por um componente conhecido como Conversor A/D (Analógico/Digital).[9] Um conversor A/D transforma um sinal analógico, contínuo no tempo, num sinal amostrado, discreto no tempo, quantizado dentro de um número finito de valores inteiros, determinado pela resolução característica do conversor em bits (8, 10, 12, 16 etc). Por exemplo, num conversor de 8 bits, o sinal de entrada é transformado em amostras com os valores entre 0 e 255.[9]

O sinal a ser convertido por um conversor A/D dificilmente se acomoda diretamente à faixa de tensão de entrada do conversor. Ele precisa ser transformado adequadamente para isso. Em geral a tensão de entrada de um conversor A/D é definida como a tensão de alimentação do conversor (+ 5 ou 3,3 V, por exemplo). Para realizar essa adaptação muitas vezes é necessário realizar um condicionamento do sinal, tipicamente com auxílio de circuitos analógicos passivos ou ativos.

Após o condicionamento do sinal existe um elemento na entrada do conversor A/D que realiza uma amostragem periódica do sinal analógico e o mantém estável até que o conversor propriamente dito possa convertê-lo para um código digital. Trata-se de um

circuito de Sample & Hold. Um circuito ilustrativo de um S/H (Sample and Hold) pode ser visto na figura 2. A ilustração do efeito dessa amostragem pode ser vista na figura 3.[9]

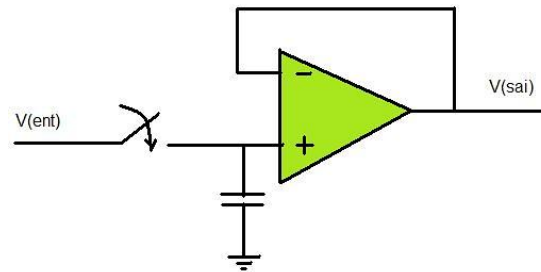


Figura 6 – Circuito Sample & Hold simplificado

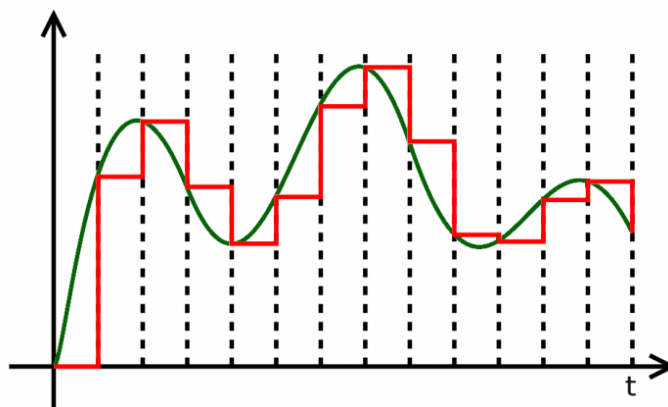


Figura 7 – Saída de um circuito Sample & Hold quando estimulada por um sinal contínuo

3 Solução Proposta

3.1 Sistema embarcado

A Raspberry Pi é um microcomputador sistema operacional Linux, que foi escolhida para ter o programa embarcado que controla e monitoriza a estufa devido a facilidade de acesso aos seus pinos GPIO para conectar diversos sensores e atuadores, como ela já tem conectividade Wi-Fi, será facilmente conectada a internet apenas acessando a rede local do usuário e ela já tem autorização pela Anatel, com suas entradas USB, é possível conectar uma câmera USB e utilizá-la para monitorizar a estufa.[1]

Especificações:

- Raspberry Pi 3 Model B Anatel
- Processador Broadcom BCM2837 64bit ARMv8 Cortex-A53 Quad-Core
- Clock 1.2 GHz
- Memória RAM: 1GB
- Adaptador Wifi 802.11n integrado
- Bluetooth 4.1 BLE integrado
- Conector de vídeo HDMI
- 4 portas USB 2.0
- Conector Ethernet
- Interface para câmera (CSI)
- Interface para display (DSI)
- Slot para cartão microSD
- Conector de áudio e vídeo
- GPIO de 40 pinos
- Número de homologação Anatel: 04908-17-10629
- Dimensões: 85 x 56 x 17mm[1]

3.2 Medição do Nível da Água

O tipo de medição escolhida foi a descontínua e o Sensor de nível de água eletrônico - ON/OFF – US23. Este sensor de nível é uma chave ON/OFF (Liga/desliga) que muda o estado de aberto para fechado quando a água atinge certo nível e abre quando o nível da água fica abaixo de outro determinado nível. Este sensor pode chavear diretamente cargas de até 10W 220V, como bobinas de contadores ou pequenas lâmpadas de sinalização.

No caso do projeto da estufa, ele irá chavear uma tensão de 3.3 V e corrente de 3.3 mA, garantida por um resistor de 10K Ω . E serão utilizadas duas bóias na seguinte disposição da figura abaixo: [2]

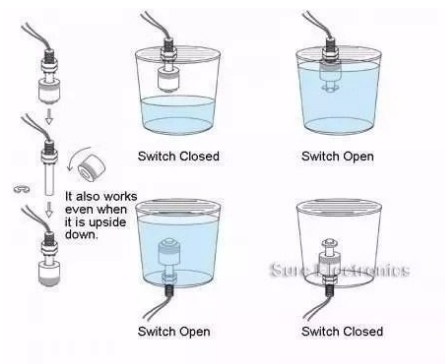


Figura 8 – Disposição das Bóias no Reservatório

Uma ao fundo para definir se o nível da água está baixo e um em cima definir o nível de água baixo. A leitura do estado dos sensores será feita através do pino GPIO, onde o estado HIGH (tensão de 3.3V) indica que o sensor foi ativado e o estado LOW(tensão de 0V) indica que ele está desativado.[2]

Este sensor de nível utiliza um sensor magnético e não mercúrio que seria prejudicial à saúde.[2]

Características:

- Comprimento do cabo: 36cm
- Máxima potência da carga: 10W
- Máxima tensão: 220V DC
- Máxima corrente de chaveamento: 0.5A
- Máxima corrente de carga: 1A
- Resistência do contato: 0.1 Ω
- Temperatura de trabalho: -10°C + 60°C

- Dimensões da boia: 23mm x 22mm
- Comprimento do sensor: 57mm
- Diâmetro do eixo: 8mm
- Diâmetro da rosca: 9mm

3.3 Optoacoplador 4N25

O optoacoplador escolhido foi 4N25, que é constituído por um diodo emissor de luz e um foto transistor bipolar. E funciona como mostrado na figura abaixo:

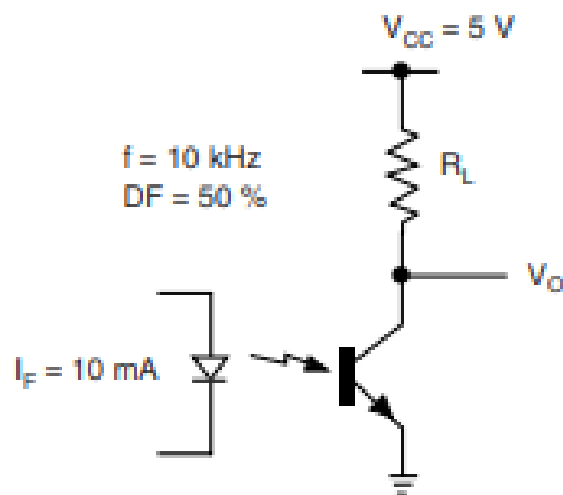


Figura 9 – Funcionamento do optoacoplador

A Raspberry irá controlar o LED interno do optoacoplador, quando o LED está aceso o transistor é “ativado” e permite a passagem de corrente através dele. E quando o LED está apagado o transistor fica em situação de corte e não permite a passagem de corrente.

Para o projeto da estufa foi confeccionada uma placa com 8 optoacopladores, figura abaixo, que serão conectados aos relés que garantirão uma proteção a mais para o circuito.[3]

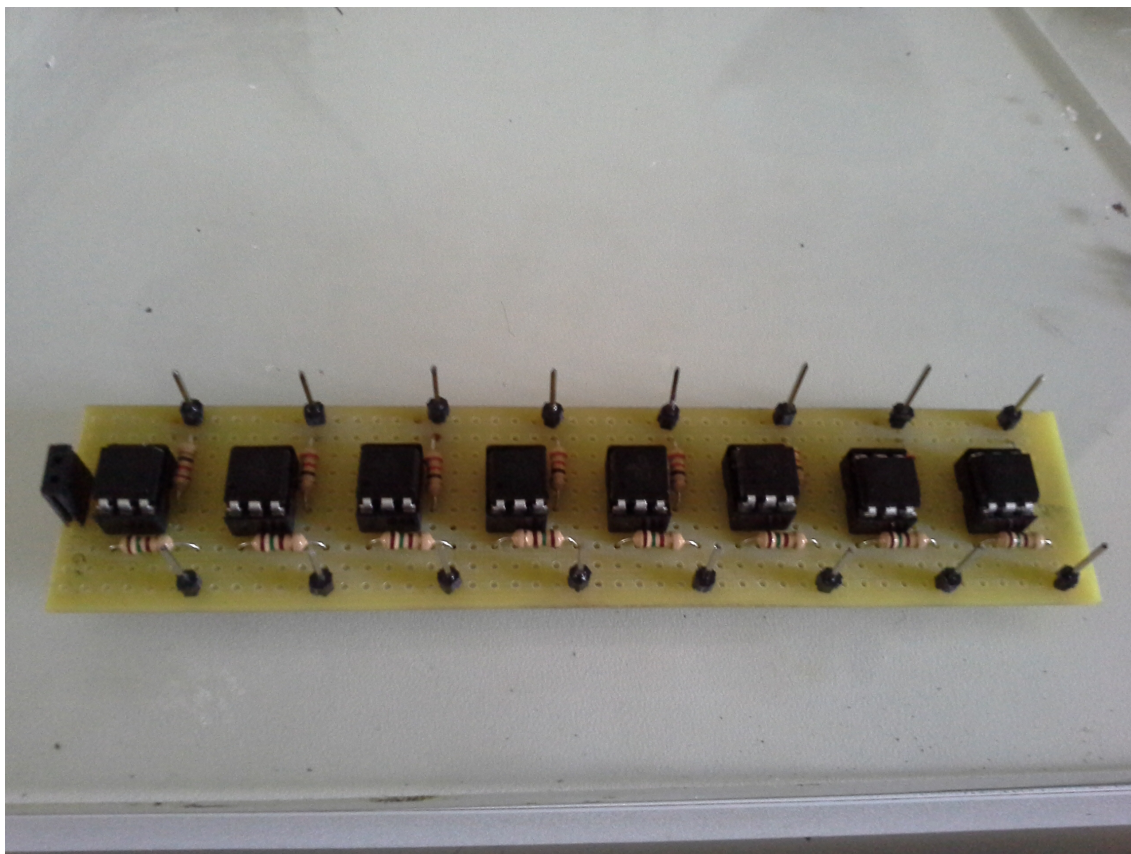


Figura 10 – Funcionamento do optoacoplador

3.4 Relé

No projeto da estufa os relé serão utilizados para acionar as 3 bombas de água responsáveis pela circulação de água, os coolers de circulação de ar, as válvulas solenóides que controlam a torca de água do reservatório, as lâmpadas da estufa e o compressor de ar do reservatório de água.

Como serão vários dispositivos e consequentemente vários relés, o grupo optou por comprar um módulo relé de 8 canais.[4]

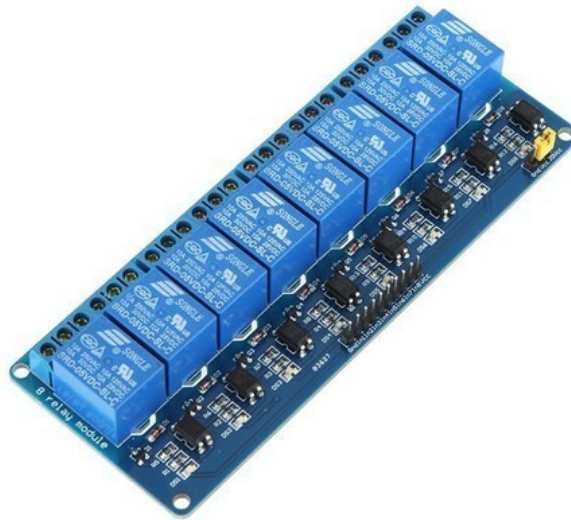


Figura 11 – Módulo Relé de 8 canais

Ele será ativado pelo pinos GPIO da Raspberry Pi, que estarão isolados por um optoacoplador.

3.5 Conversor analógico para digital

A Raspberry Pi não possui conversor AD integrado, como alguns microcontroladores, e alguns dos sensores utilizados no projeto precisam de um, pois apresentam seus dados de forma analógica. Para contornar essa dificuldade haviam duas possibilidades, utilizar um microcontrolador com conversor analógico integrado e realizar a comunicação do mesmo com a Raspberry, ou conectar um conversor AD diretamente a Raspberry. A opção escolhida pelo grupo foi a segunda, pelo baixo custo e pela oportunidade de aprender a utilizar um conversor AD pelos membros do grupo de eletrônica.[5]

O conversor escolhido foi PCF8591, que é um dispositivo de aquisição de dados CMOS de 8 bits de alimentação única e baixo consumo de energia, com quatro entradas analógicas, uma saída analógica e uma interface de barramento I2C serial. Três pinos de endereço A0, A1 e A2 são usados para programar o endereço de hardware, permitindo o uso de até oito dispositivos conectados ao barramento I2C sem hardware adicional. O endereço, o controle e os dados do dispositivo são transferidos serialmente por meio do barramento I2C bidirecional de duas linhas.[5]

As funções do dispositivo incluem multiplexação de entrada analógica, função de faixa e retenção no chip, conversão de analógico para digital de 8 bits e conversão de digital para analógico de 8 bits. A taxa de conversão máxima é dada pela velocidade máxima do barramento I2C.[5]

O esquemático do circuito do conversor AD é da figura abaixo.

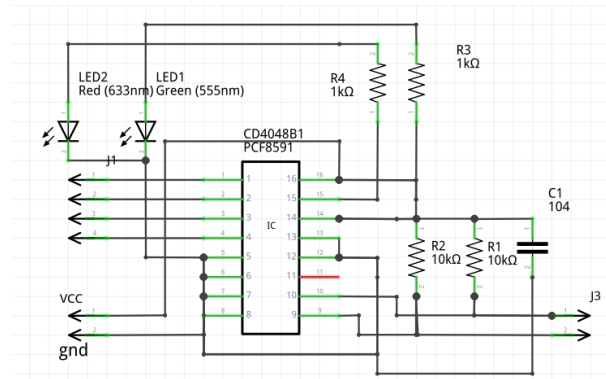


Figura 12 – Módulo Relé de 8 canais

3.6 Sensor LDR

LDR (Light Dependent Resistor), ou fotoresistor, é um dispositivo resistivo que tem a sua resistência alterada de acordo com a quantidade de luz que atinge seus terminais. O componente é feito de um semicondutor de resistência elevada. O sensor apresenta uma alta sensibilidade, com uma resposta rápida as variações de luz e é sensível a todo o espectro visível de luz.[1]

3.6.1 Características elétricas

O LDR apresenta em uma temperatura ambiente uma variação de resistência de aproximadamente 8Ω até $20K\Omega$, no escuro total a resistência atinge um valor elevado e $1M\Omega$. O seu pico de resposta é com o comprimento de onda de $540nm$, podendo funcionar dentro de um ambiente com temperaturas variando de $-30^{\circ}C$ até $70^{\circ}C$. [Jawaaz Ahmad, 2016]

O sensor aguenta nos seus terminais uma diferença de potencial de até 150 Volts. A leitura do sensor é feita através de um divisor de tensão que é causada pela variação da resistência devido a diferença de iluminação. A tensão lida na saída do divisor de tensão é lida por um conversor AD e assim é transformada em dados para o microcontrolador. [Jawaaz Ahmad, 2016]

3.6.2 Princípios físicos de funcionamento

Um LDR trabalha com a fotocondutividade, que é um efeito ótico onde a condutividade de um material aumenta com a absorção de luz do semicondutor. A exposição à luz do sensor faz com que fótons dessa fonte de luz ao caírem no sensor excitem os elétrons da camada de valência do semicondutor que compõem o sensor. Os elétrons são excitados até adquirirem energia suficiente para chegar a camada de condução do material. Quanto mais elétrons são excitados até a camada de condução do semicondutor, mais corrente

passa a fluir pelo semiconductor e assim a resistência que antes era alta, passa a cair com o aumento de luminosidade.[Sunroom Technologies,2008]

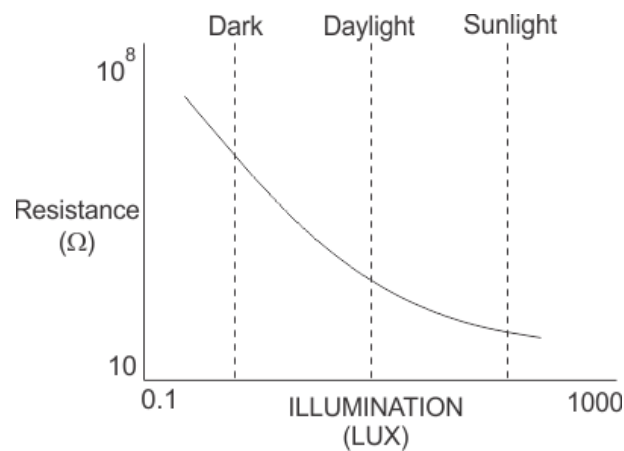


Figura 13 – Curva característica de resposta do LDR

3.7 Sensores DHT22

O sensor DHT22 é um sensor digital capacitivo que utiliza uma comunicação serial do tipo Single-bus communication para o envio de dados em 8bits. O sensor apresenta um baixo consumo de potência e uma grande capacidade de envio dos dados eliminando a necessidade de usar amplificadores periféricos para aumentar a potência da saída do sinal. [LIU, 2018]

A tabela 1 mostra como o sensor deve se comportar sendo alimentado com a voltagem mínima e máxima com que o sensor é capaz de trabalhar. Os valores mínimo, máximo e recomendado para se alimentar o módulo são, respectivamente: 3.3 V, 5.5V e 5V.

Tabela 1 – Características elétricas do sensor LDR

| Parameter | Condition | min | typ | max | Unit |
|--------------------------|-----------------------|-----|-----|------|------------|
| Voltage | | 3.3 | 5 | 5.5 | V |
| Power consumption | Dormancy | 10 | 15 | | μ A |
| | Meansuring | | 500 | | μ A |
| | Average | | 300 | | μ A |
| Low level output voltage | loL[5] | 0 | | 300 | mV |
| High output voltage | Rp<25 k Ω | 90% | | 100% | VDD |
| Low input voltage | Decline | 0 | | 30% | VDD |
| Input High Voltage | Rise | 70% | | 100% | VDD |
| Pull up Resistor | VDD = 5V VIN = VSS | 30 | 45 | 60 | k Ω |
| Output current | turn on | | 8 | | mA |
| | turn off | 10 | 20 | | μ A |
| Sampling period | | 2 | | | S |

3.8 Comunicação

A comunicação feita através de um único pino de data é feita de acordo com o seguinte protocolo:

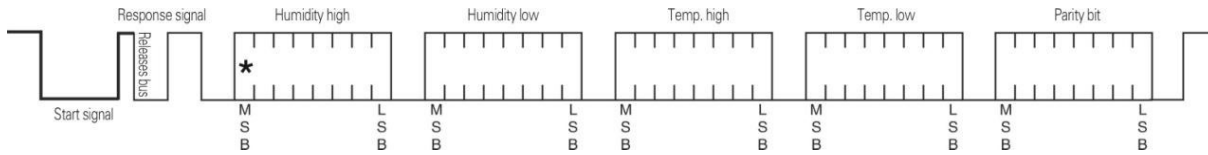


Figura 14 – Protocolo de comunicação

Primeiramente o sensor deve receber um sinal vindo do microcontrolador para que a comunicação seja iniciada, assim é enviado um sinal de resposta pelo sensor estabelecendo assim a comunicação entre o sensor e um microcontrolador. Em seguida são enviados os dados de forma serial seguindo o protocolo da figura 1. Os dados são enviados em um formato de 40 bits. Os 16 primeiros bits são relacionados aos dados referentes a umidade, os próximos 16 bits se relacionam a temperatura lida pelo sensor e os 8 bits restantes são usados para um controle de paridade do sinal.[LIU, 2018]

A tradução da informação é feita da seguinte forma:

Tabela 2 – My caption

| | | | | |
|-----------------|----------------|--------------|-------------|------------|
| 0000 0010 | 1001 0010 | 0000 0001 | 0000 1101 | 1010 0010 |
| High humidity 8 | Low humidity 8 | High temp. 8 | Low temp. 8 | Parity bit |

Umidade: 0000 0010 1001 0010 = 0292H (Hexadecimal) = $2 \times 256 + 9 \times 16 + 2 = 658$
 \Rightarrow Humidity = 65.8%RH

Temperatura: 0000 0001 0000 1101 = 10DH(Hexadecimal) = $1 \times 256 + 0 \times 16 + 13 = 269$
 \Rightarrow Temp.= 26.9°C

Caso a temperatura medida apresente valores negativos, os valores apresentados pelo sensor são precedidos pelo MSB em valor alto conforme o exemplo abaixo:

A temperatura de -10.1 °C é expressa como 1 000 0000 0110 0101 Para a conversão utiliza-se a mesma regra anterior desconsiderando que o primeiro bit em nível alto.

0000 0000 0110 0101 = 0065H (Hexadecimal) = $6 \times 16 + 5 = 101$

Então a temperatura é, devido a presença da indicação de sinal negativo do primeiro bit:

\Rightarrow Temp. = -10.1°C

Bit de Paridade: High umidity + Low Humidity + High Temperature + Low Temperature

0000 0010 + 1001 0010 + 0000 0001 + 0000 1101 = 1010 0010

3.9 Princípio Físico do Sensor

A medição de umidade do sensor é feita através de dois eletrodos com um substrato de retenção de umidade entre eles. A mudança de umidade altera a condutividade do substrato e consequentemente a resistência entre os dois eletrodos assim a corrente que passa entre os terminais pode ser lida por um microcontrolador e traduzida em dados legíveis através de um software.[Nedelkovski, 2018]

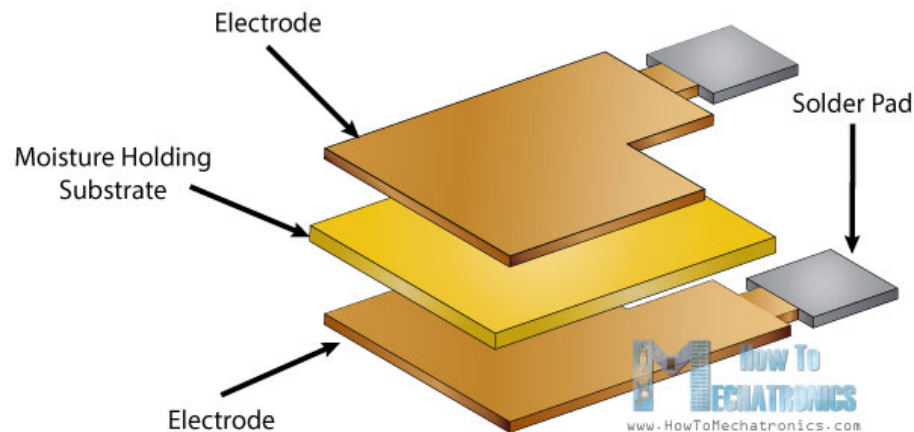


Figura 15 – Esquema com eletrodos e o substrato de retenção de umidade

A realização das medidas de temperatura é feita por um termistor, que é um dispositivo que altera a resistência de acordo com a variação de temperatura.

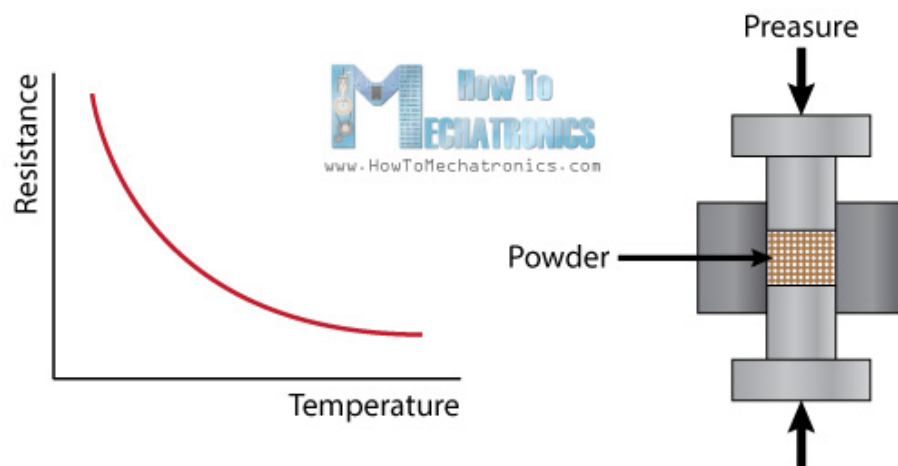


Figura 16 – Relação entre temperatura e a resistência do termistor

3.10 Motor DC 12V

Um motor DC é uma máquina elétrica onde a corrente que passa pelos terminais do motor é convertida em força mecânica. A maioria dos motores DC dependem de um campo magnético para realizar essa conversão de energia elétrica em mecânica. A velocidade do

motor depende da diferença de potencial entre os terminais, podendo assim ser controlada através de um ajuste na tensão que chega ao motor.

3.10.1 Comunicação

A comunicação do motor com o microcontrolador é feita através de uma ponte H que permite o controle direcional do motor através da inversão de polaridade que pode ser feita dependendo de como a corrente flui pelo circuito. O funcionamento da ponte H depende da combinação de chaves que permitem ligar e desligar o motor e girar em sentido horário ou anti-horário o eixo do motor.

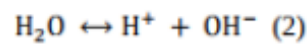
3.10.2 Princípio físico de funcionamento

Quando um ímã permanente é posicionado em torno de um loop de fio que é ligado a uma fonte de energia D.C., temos os fundamentos de um motor D.C. A fim de fazer o loop de rotação do fio, temos que conectar uma bateria ou fonte de alimentação DC entre suas extremidades, e apoiá-lo para que ele possa girar em torno de seu eixo. Para permitir que o rotor gire sem torcer os fios, as extremidades do loop de arame são conectadas a um conjunto de contatos chamado de comutador, que se esfrega contra um conjunto de condutores chamados de escovas. As escovas fazem contato elétrico com o comutador à medida que ele gira e são conectadas aos cabos positivo e negativo da fonte de energia, permitindo que a eletricidade flua pelo circuito. A eletricidade que flui através do circuito cria um campo magnético que interage com o campo magnético do ímã permanente para fazer o laço girar. [Page.M, 1999]

3.11 Sonda de pH

O módulo de sensor pH consiste em captar os íons em solução aquosa e transformar tal informação em diferença de potencial elétrico em "Volts", tal informação é extraída a partir do bulbo de vidro projetado na ponta do sensor. A escala de pH é vista de 0 a 14 e mede a concentração em mols a quantidade de íons. O pH é definido como o logaritmo do inverso da concentração hidrogeniônica $[H^+]$, de uma solução aquosa, em termos matemáticos é descrita como em situação de equilíbrio químico:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} \quad (1)$$



$$K_{\text{água}} = 1.0 \times 10^{-14} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad (3)$$

Figura 17 – Equações matemáticas do pH

Desta forma temos que em "água pura" $\text{pH} = 7,0$, ou pH de neutralidade. A escala varia então de 0,0 (mais ácido) a 14,0 (mais básico). Atualmente, existem pequenos aparelhos portáteis nomeados como pHmetros que servem como principal indicador deste potencial, que rapidamente após sua determinação dispõe em um visor um número indicando o valor do pH da solução utilizada no teste. Basicamente este instrumento utiliza uma sonda chamada eletrodo de vidro, que ao ser submergida na solução em teste cria uma diferença de potencial elétrico correlacionada com a concentração hidrogeniônica, permitindo, através do correto tratamento deste sinal de tensão a medida do valor do pH naquela solução. Cabe lembrar que também há uma certa dependência desta concentração com a temperatura, por isso a medida do pH deve ser acompanhada pela medida de temperatura. As principais aplicações para tal sensor são específicas para meios aquosos, medições da qualidade da água e aquacultura.

As principais zonas de padrão de medições estabelecidas no manual do fornecedor sugerem as seguintes conversões:

| pH Value | Output |
|----------|--------|
| 4 | 3.071 |
| 7 | 2.535 |
| 10 | 2.066 |

Figura 18 – Valores de medidas estabelecidas pelo fornecedor de pH e DDP

3.11.1 Especificações gerais

- Tensão máxima de operação 5V
- Corrente de trabalho 5-10mA
- Escala de detecção pH: 0-14
- Escala de detecção em temperatura 0-80 degC
- Tempo de resposta menor igual a 5S
- Estabilidade de tempo menor igual a 60S

- Saída: Analógica
- Consumo em funcionamento menor igual a 0,5W
- Temperatura de trabalho -10 a +50 deg C
- Umidade de trabalho 95
- Peso 25 g
- Dimensão 42mm x 32mm x 20mm

3.11.2 Documentação

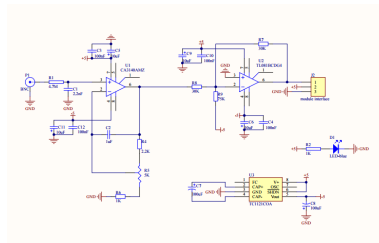


Figura 19 – Sensor de pH

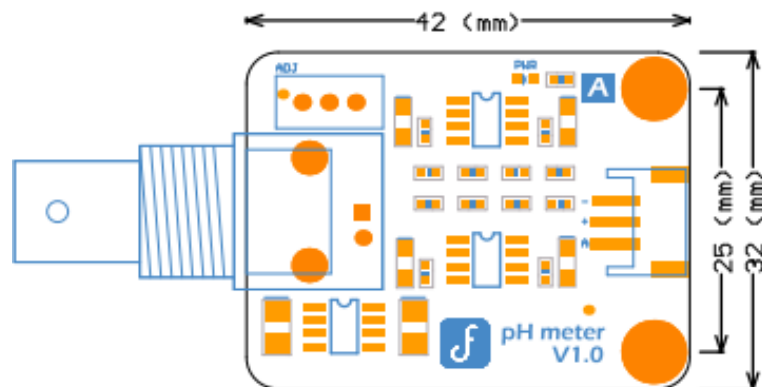


Figura 20 – Amplificador de sinal conexão BNC

| Electrode type | range | temperature | Zero point | Alkali deviation | PTS | Response time | Internal resistance | Repeat ability | Noise |
|----------------|-------|-------------|------------|------------------|-----|---------------|---------------------|----------------|-------|
| | PH | °C | PH | mV | | min | MΩ | | mV |
| 65-1 | 0-14 | 0-80 | 7±1 | <15 | >98 | <2 | <250 | <0.017 | |
| BX-5 | 0-14 | 0-80 | 7X±11 | <15 | >98 | <2 | <250 | <0.017 | |
| E-201 | 0-14 | 0-80 | 7±0.5 | <15 | >98 | <2 | <250 | <0.017 | <0.5 |
| E-201-C | 0-14 | 0-80 | 7X±0.5 | <15 | >98 | <2 | <250 | <0.017 | <0.5 |
| 95-1 | 0-14 | 0-80 | 7X±0.5 | <15 | >98 | <2 | <250 | <0.017 | <0.5 |
| E-900 | 0-14 | 0-80 | 7X±0.5 | <15 | >98 | <2 | <250 | <0.017 | <0.5 |

Figura 21 – Parâmetros de medições de acordo com o tipo de sonda

3.11.3 Esquema de ligação

- 1 x Sonda de pH (conector BNC)
- 1 x Placa de circuito do sensor de pH
- 1 x Cabo analógico

3.11.4 Informações de limpeza e manutenção das sondas de pH

A manutenção e o manuseio têm uma influência significativa sobre a precisão e o tempo de vida e funcionamento da sonda. Pequenas coisas como bolhas de ar, cristalização, baixo enchimento de eletrólito. Fuga de KCl ou contaminação podem ter um efeito negativo, sendo importante evitar:

- A manutenção e o manuseio têm uma influência significativa sobre a precisão e o tempo de vida e funcionamento da sonda. Pequenas coisas como bolhas de ar, cristalização, baixo enchimento de eletrólito. Fuga de KCl ou contaminação podem ter um efeito negativo, sendo importante evitar:
- Manter a fibra do bulbo hidratada
- Evitar bolhas durante a medição
- Longos tempos de uso e estabilização
- Valores errados e inadequados
- Problemas com calibração

3.12 Sensor de Temperatura para líquidos

Este sensor de temperatura é a versão a prova de água do sensor DS18B20. Este sensor é indicado para aplicações onde é necessário medir a temperatura a uma longa distância do microcontrolador ou em ambientes úmidos. Uma grande vantagem é que por ser digital, a leitura do sensor não sofre interferência da distância. Por possuir um serial único, vários sensores podem ser interligados na mesma interface, possibilitando a medição de temperaturas em aplicações de HVAC, máquinas, monitoramento de processos, etc.

Observação do fabricante: Note que a temperatura máxima deste sensor é de 125 °C, mas seu cabo é feito em PVC. Então sugerimos que mantenha o sensor em aplicações abaixo de 100 °C.

3.12.1 Especificações gerais

- Tensão de alimentação: 3.0 VDC a 5.5 VDC
- Precisão de +/- de -10 °C a + 85 °C
- Lê temperaturas de a + 125 °C
- Resolução de 9 ou 12 bits
- Interface 1 fio (1 Wire), ou seja, precisa de somente 1 porta digital

| Soluções de limpeza para as sondas de pH | | Etanol, acetona | Renovo N (solução alcalina de surfactantes e polifosfatos) | Renovo X (solução de hipoclorito de sódio) | Solução de limpeza do eletrodo com ácido fosfórico (10 %) | Pepsina em HCl KS400 | Solução tiouréia KS410 | Solução tampão pH 1,09 (HCl) 40 °C |
|--|---------------------------|-----------------|---|---|---|----------------------|------------------------|------------------------------------|
| | | | 250 mL | 250 mL | 500 mL | 250 mL | 250 mL | 500 mL |
| Referência | | | S16M001 | S16M002 | 2975149 | C20C370 | C20C380 | S11M009 |
| Contaminação por amostra | Águas de superfície | | 5 - 20 min | | | | | |
| | A água do mar | | | 5 - 10 min | | | | |
| | Águas Residuais | | | 5 - 10 min | | 5 - 30 min | 5 - 30 min | |
| | Lamas activadas | | | 5 - 10 min | 5 - 20 min | 5 - 30 min | 5 - 30 min | |
| | Solo, lama, argila | | 5 - 20 min | | 5 - 20 min | | | 5 - 20 min |
| | Comidas e bebidas | | | 5 - 10 min | | 5 - 30 min | 5 - 30 min | 5 - 20 min |
| | Amostras médicas | 5 - 10 min | | 5 - 10 min | | 5 - 30 min | 5 - 30 min | |
| | Galvanização | | 5 - 20 min | 5 - 10 min | | | | 5 - 20 min |
| | Tinta, verniz, cáusticos | 5 - 10 min | 5 - 20 min | | | | | |
| | Cosméticos, sabão | 5 - 10 min | 5 - 20 min | | | | | |
| | Derivados de petróleo | 5 - 10 min | 5 - 20 min | | | | | |
| | Papel, cartão | | 5 - 20 min | 5 - 10 min | | | | 5 - 20 min |
| Tipo de contaminação | Contaminação luz Geral | | 5 - 20 min | 5 - 10 min | | | | |
| | Inorgânica, alcalina | | 5 - 20 min | 5 - 10 min | 5 - 20 min | | | 5 - 20 min |
| | Orgânico | 5 - 10 min | | 5 - 10 min | | | | |
| | Proteínas | 5 - 10 min | | | | 5 - 30 min | | |
| | Graças, óleos | 5 - 10 min | 5 - 20 min | | | | | |
| | Sulfuretos | | 5 - 20 min | | | | 5 - 30 min | 5 - 20 min |
| | Cristalização de sais KCl | | 5 - 20 min | | | | | |

Figura 22 – Soluções especiais

4 Resultados

5 Orçamento do Projeto