



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

**Dimensionamento e Construção de um Sistema Multimicrocontrolado de Dosagem e
Gestão Básica de Abastecimento da Água c/Usado da IoT.**

Autor: Frederico Constantino Zile

Supervisor: Doutor Gonçalves Justino Doho, Eng^o.

Maputo, Setembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA

TRABALHO DE LICENCIATURA

**Dimensionamento e Construção de um Sistema Multimicrocontrolado de Dosagem e
Gestão Básica de Abastecimento da Água c/Usa da IoT.**

Autor: Frederico Constantino Zile

Supervisor: Doutor Gonçalves Justino Doho, Eng^o.

Maputo, Setembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante: Zile, Frederico Constantino

Entregou no dia ___/___/2022 as 2 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____

Intitulado: Dimensionamento e Construção de um sistema de dosagem de água para um sistema de abastecimento

Maputo, _____ de _____ de 2022

O Chefe de Secretaria

Dedicatória

A minha mãe, Senhora Lina Rafael Ndlala.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus, o meu centro e fundamento, pelo dom da vida.

Em segundo lugar agradeço aos meus pais, a minha família, a minha tia Beatriz. E em particular aos meus irmãos Alberto e João pelo apoio incondicional, financeiro e pelos valores transmitidos desde que tenho memória.

A minha esposa, Noémia Sambo, pelo suporte. E a minha filha Lí da Lina Frederico Zile minha maior fonte de motivação.

Agradecimento especial ao meu supervisor, Doutor Eng. Gonçalves Doho, por tornar possível a elaboração do presente trabalho e do projecto do curso com os seus conselhos e disponibilidade para analisar e propor melhorias no projecto.

Aos docentes do curso de engenharia Electrónica da faculdade de Engenharia da UEM em particular ao docente, Engenheiro Omar Anlaue, pelas suas aulas inspiradoras, pela paciência que tem para com os seus alunos.

Agradeço igualmente aos meus amigos pelo apoio directo e indirecto na realização deste trabalho e aos meus colegas de turma que desde primeiro ao último ano depositaram o voto confiança como o chefe de turma.

E por último mas não menos importante agradeço à Faculdade de Engenharia, à direcção do DEEL, à direcção do curso de Engenharia Electrónica e aos membros do CTA, em particular aos técnicos de laboratórios de Electrónica digital e Telecomunicações pelo apoio que me proporcionaram não só na fase final da elaboração do projecto deste trabalho mas durante toda a formação que estiveram sempre disponíveis para apoiar.

Resumo

No presente projecto foi dimensionado e construído um sistema constituído por vários dispositivos que conjuntamente efectuam o controle da dosagem de água para ser implementado em postos de abastecimento de água por via de furos. Tal sistema que colectivamente chamamos de dispositivo é responsável pela abertura e fecho das torneiras para enchimento de recipientes de 20 litros (ajustáveis p/qualquer outra quantidade) e tanques de grande porte em camiões cisternas. O sistema projectado e implementado em protótipo, mostrou ser capaz de abrir e fechar automaticamente com o clique de um botão no painel de controle ou pela introdução de uma moeda. O dispositivo foi construído com base em microcontroladores, que são responsáveis pela gestão e controlo dos processos básicos. Foram usados sensores de fluxo para medir a vazão e determinar a quantidade total de água que passou por uma determinada torneira e as válvulas de abrir e fechar as torneiras. A um nível superior, os eventuais processos de gestão ulteriores são baseados em computadores c/uso das redes globais da Internet e a “nuvem”, para onde os dados são canalizados, uma vez produzidos, recolhidos e processados pela rede de microcontroladores. Desta forma, em suma, o dispositivo dimensionado e construído neste trabalho é capaz de contabilizar a quantidade total de água vendida, enviar os relatórios de venda por via de SMS, guardar os dados das vendas numa base de dados local e na nuvem. Dados da análise da eficiência do sistema dimensionado e construído comparado com os sistemas actualmente em uso provaram que o sistema proposto apresenta dados mais homogéneos com o desvio padrão de 0,0086 contra 0,0597 dos sistemas actualmente em uso. Por outro lado, o sistema proposto apresentou uma eficiência de 98.32% contra 92.32% dos sistemas actualmente em uso, implicando isso que o sistema proposto tem menos desperdício de água podendo economizar pelo menos 6% de água retirada. Em sùmula, os resultados encontrados em desenho, simulação e sobretudo no protótipo físico implementado, mostram que os objectivos iniciais foram alcançados.

Palavras-chave: água, controlo, microcontrolador, rede de microcontroladores, sensor de fluxo, válvulas solenóide.

Abstract

In this project it was designed and built a system consisting of several devices that jointly perform the control of water dosage to be implemented in water supply stations through boreholes. Such system that we collectively call device is responsible for opening and closing the taps for filling 20 litres containers (adjustable to any other quantity) and large tanks in tank trucks. The system designed and implemented in prototype, showed to be able to open and close automatically with the click of a button on the control panel or by the introduction of a coin. The device was built based on microcontrollers, which are responsible for managing and controlling the basic processes. Flow sensors were used to measure the flow rate and determine the total amount of water that has passed through a given tap and the valves to open and close the taps. At a higher level, any subsequent management processes are based on computers using global Internet networks and the "cloud", to which data is channeled once produced, collected and processed by the microcontroller network. So, in short, the device designed and built in this work is able to count the total amount of water sold, send the sales reports through SMS, save sales data in a local database and in the cloud. Results of the efficiency analysis of the designed and built system compared with the systems currently in use proved that the proposed system presents more homogenous data with the standard deviation of 0.0086 against 0.0597 of the systems currently in use. Furthermore the proposed system showed an efficiency of 98.32% against 92.32% of the systems currently in use, implying that the proposed system is less wasteful of water and can save at least 6% of water sales. In summary, the results found in design, simulation and above all in the physical prototype implemented, show that the initial objectives were achieved.

Keywords: water, control, microcontroller, microcontroller network, flow sensor, solenoid valves.

Sumário

Dedicatória	I
Agradecimentos	II
Resumo.....	III
Abstract.....	IV
Lista de abreviaturas e siglas.....	IX
1. Capítulo I - Introdução.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Definição do Problema.....	1
1.3. Relevância da pesquisa.....	2
1.4. Motivação.....	2
1.5. Objectivos	3
1.5.1. Geral.....	3
1.5.2. Específicos	3
1.6. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....	3
1.6.1. Classificação da metodologia de investigação	3
1.6.2. Procedimentos e aplicativos usados do trabalho.....	4
1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
2. Capítulo II – Pesquisa bibliográfica e tecnológica.....	7
2.1. Definição de conceito dosagem de água	7
2.2. Estado da arte.....	7
2.3. Sensores.....	7
2.3.1. Sensores Analógicos.....	8
2.3.2. Sensores Digitais.....	8
2.4. Sensor de fluxo	9
2.4.1. Classificação dos sensores de fluxo.....	10
2.5. Actuadores.....	11
2.5.1. Relés	11
2.5.2. Válvula solenóide	13
2.5.3. Mostrador / sinalizador luminoso.....	16
2.6. Fonte de Alimentação	16
2.7. Microcontroladores.....	18

2.8.	Módulo LCD	18
2.9.	Protocolos de comunicação	19
2.9.1.	Conceito de protocolo.....	19
2.10.	Protocolo I2C	19
2.10.1.	Conceito	19
2.10.2.	Modo de funcionamento	20
2.10.3.	Características do barramento	20
3.	CAPÍTULO III - Desenvolvimento do Projecto	22
3.1.	Descrição funcional do sistema.....	22
3.1.1.	Descrição dos locais de implantação do projecto.....	23
3.1.2.	Fluxo de Operações do sistema (<i>workflow</i>).....	23
3.2.	Descrição técnica da solução.....	24
3.3.	Dimensionamento do dispositivo.....	26
3.3.1.	Requisitos do sistema.....	26
3.3.2.	Sensor de fluxo de água.....	27
3.3.3.	Escolha do microcontrolador	29
3.3.4.	Necessidade de uma rede microcontroladores	34
3.3.5.	Escolha da válvula solenóide	35
3.3.6.	Módulo de comunicação.....	36
3.3.7.	Módulo SD para cartão de memória.....	37
3.3.8.	Dimensionamento do circuito de comando das válvulas	38
3.3.9.	Dimensionamento da fonte de alimentação.....	42
3.3.10.	Dimensionamento do circuito para o relógio do sistema	46
3.3.11.	Dimensionamento do circuito impresso.....	49
4.	CAPÍTULO IV – IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS	51
4.1.	Situação actual.....	51
4.2.	Situação com a instalação do sistema (Proposta)	51
4.3.	Resultado dos circuitos impressos	52
4.3.1.	Placas de circuito impresso antes de soldar componentes	52
4.4.	Painel para operador.....	52
4.5.	Painel do modo self-service	53
4.6.	Parte interna do painel modo operador	53

4.7.	Levantamento de custos	54
4.8.	Plataforma usada para registo de dados na nuvem.....	55
4.9.	Banco de dados local.....	56
4.10.	Análise da eficiência	56
4.10.1.	Determinação da média aritmética dos dados	58
4.10.2.	Determinação do desvio padrão.....	58
4.10.3.	Determinação do rendimento	59
5.	CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	61
5.1.	Conclusões	61
5.2.	Recomendações	62
6.	BIBLIOGRAFIA	63
6.1.	Referências bibliográficas	63
6.2.	Outras bibliografias consultadas	65
7.	ANEXOS	A1.1
7.1.	Anexo 1: Folha de dados das válvulas solenóide	A1.1
7.2.	Anexo 2: folhas de dados do PC817	A2.1
7.3.	Anexo 3: Folha de dados do Buz11	A3.1
7.4.	Anexo 4: Folha de dados 1N5820.....	A4.1
7.5.	Anexo 5: Folhas de dados TIP127	A5.1
7.6.	Anexo 6: regulador de tensão 7805 e 7812	A6.1
7.7.	Anexo 7: folha de dados do MCP7940.....	A7.1
7.8.	Anexo 8: valores comerciais dos resistores	A8.1
7.9.	Anexo 9: Cotagem da torre do sistema de abastecimento de água.....	A9.1
7.10.	Anexo 10: Programa do Microcontrolador mestre	A10.1
7.11.	Anexo 11: Programa do microcontrolador escravo para modo operador.....	A11.1
7.12.	Anexo 12: Programa do microcontrolador escravo modo Self-service	A12.1
7.13.	Anexo 13: Montagem da Estrutura mecânica do protótipo	A13.1
7.14.	Anexo 14: Relatório de visita de estudo.....	A14.1
7.15.	Anexo 15: Circuito mestre do sistema	A15.1
7.16.	Anexo 16: Circuito escravo do sistema modo operador.....	A16.1
7.17.	Anexo 17: Circuito escravo do sistema modo Self-service	A17.1
7.18.	Anexo 18: Circuito da fonte de alimentação	A18.1

7.19. Anexo 19: Fotos do protótipo.....A19.1

Lista de abreviaturas e siglas

Sigla	Descrição
ACK	Acknowledgement
BD	Base de dados
BSP	British Standard Pipe
DTR	Data Terminal Read
DRC	Design Rule Check
ESD	Eletrostatic Discharge
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile communication
HMI	Human Machine Interface
I2C	Inter-Integrated Circuit
IDE	integrated development environment
IoT	Internet of Things
LCD	Liquid Crystal Display
MCU	Microcontroller Unit
NPT	American National Pipe Thread
PCB	Printed Circuit Board
PIC	Peripheral Interface Controller
RTC	Real time clock
R/W	Read and write
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
TWI	Two-Wired Interface

1. Capítulo I - Introdução

1.1. Introdução

A água é um elemento vital indispensável para a vida humana, secundando apenas ao ar que respiramos, daí a importância do abastecimento da água.

O presente documento é um relatório do trabalho de licenciatura em Engenharia Electrónica, à volta deste assunto de tamanha importância, com o tema: Dimensionamento e construção de um sistema multimicrocontrolado de dosagem e gestão básica de abastecimento da água c/uso da IoT.

Este projecto aqui dimensionado, consiste na construção de um sistema constituído por vários dispositivos (que para simplicidade doravante apenas o chamaremos colectivamente por “um dispositivo”) de controle da dosagem de água, processo que inclui a gestão básica das regras de negócio, para um sistema de abastecimento. O projecto aqui dimensionado em protótipo, considera ainda que será implantado em local onde tenha 6 torneiras para abastecimento de água em recipientes de 20 litros e uma torneira para abastecimento de camiões cisternas com capacidade de tanques múltiplos de 100 litros. Este protótipo será naturalmente ajustável para outras dimensões aproximadas (de pequena a média escala, podendo à base dele construir-se sistemas distribuídos de grande escala).

1.2. Definição do Problema

O acesso à água potável ainda constitui um sério problema em Moçambique. Principalmente nas zonas rurais, onde a taxa de cobertura de abastecimento de água de acordo com DNAAS é de 54%, e nas zonas urbanas de 84% de acordo com a mesma fonte.

O problema do abastecimento da água é também crítico nas periferias das cidades e vilas onde os aglomerados populacionais tornam crítico o processo da sua distribuição para que ela seja não apenas útil ao público-consumidor mas também gerível e sobretudo economicamente viável ao distribuidor.

Neste sentido, vários empreendimentos privados procuram dar solução a este problema, com abertura de sistemas de abastecimento de água através de furos.

Nesses sistemas de abastecimento, a água é vendida tendo em conta o recipiente em que vai tirar água, por exemplo um recipiente de 20 litros custa 4mt, 100 litros custam 20mt, etc.

Entretanto nesses empreendimentos os empreendedores (os proprietários dos sistemas) deparam-se com o seguinte problema: sofrem desvio de valores de água vendida pelos funcionários, pois não existe um mecanismo de controlo da quantidade exacta de litros vendidos num certo intervalo de tempo, seja por exemplo, um dia: Há desperdício de água no abastecimento porque a abertura e fecho das torneiras é feita de forma manual.

1.3. Relevância da pesquisa

Com este sistema pretende-se construir uma máquina como a das bombas de combustível onde o cliente que pretenda água vai informar a quantidade desejada de água, por exemplo se for 20 litros o funcionário vai pressionar no botão do painel e o sistema vai abrir a torneira tirar 20 litros e vai fechar automaticamente após 20 litros ou ainda o cliente pode optar por introduzir uma moeda no painel respectivo e o dispositivo irá dosar exactamente a quantidade de água correspondente ao valor predefinido para a moeda.

Ademais, o sistema irá registar na base de dados a quantidade de água vendida e no final do dia irá enviar o relatório diário via SMS assim como outros meios na linha da IoT.

O projecto vai ajudar muito os pequenos empresários que possuem sistemas de abastecimento de água no controle da quantidade vendida e também irá evitar desperdícios da água.

Assim estarão mais estimulados em abrir mais sistemas de abastecimento que poderão beneficiar as populações.

O dispositivo para além da aplicação aqui descrita poderá ser usado em vários processos fabris onde se pretenda fazer a dosagem de líquidos, como por exemplo na mistura de tintas, na indústria farmacêutica, na indústria de bebidas; só para citar algumas das aplicações.

1.4. Motivação

Sem água não há vida!

O acesso à água em bairros em expansão ainda constitui um problema no nosso País. Aí, os fornecedores privados de água através de furos são um alívio às pessoas nesses bairros com o problema da falta de água.

A escolha deste tema para o trabalho de culminação de curso foi motivada, pelo interesse em contribuir para a solução desse problema da falta de água, pois quando estes postos de abastecimento de água privados não se mostram lucrativos estes desistem. Pretende-se que com este trabalho se construa um dispositivo que seja útil aos proprietários dos furos de água e que de facto beneficiem as populações em última instância.

1.5. Objectivos

1.5.1. Geral

- Construir um dispositivo de controle da dosagem de água e gestão básica do processo do negócio, para um sistema de abastecimento.

1.5.2. Específicos

- Identificar as necessidades e requisitos para o sistema;
- Descrever os principais componentes necessários para a construção do sistema;
- Dimensionar os circuitos electrónicos e de potência do sistema de abastecimento de água;
- Desenvolver o dispositivo de controle da dosagem de água para um sistema de abastecimento;
- Efectuar simulações e avaliar o desempenho do sistema.

1.6. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Em todo tipo de trabalho de pesquisa, a metodologia de trabalho é uma ferramenta que indica o caminho a trilhar para a concepção da pesquisa.

1.6.1. Classificação da metodologia de investigação

a) Quanto à natureza

Cotta (2014) ensinam que quanto à natureza existem dois tipos de pesquisas, nomeadamente a pesquisa científica Básica e a pesquisa científica aplicada.

O segundo tipo de pesquisa, pesquisa aplicada, que é o caso do presente relatório segundo os mesmos autores tem o intuito de resolver problemas ou necessidades concretas e imediatas.

Este trabalho consiste numa pesquisa aplicada, porque tem por intuito resolver um problema específico enfrentado pelos proprietários e ou empresas de abastecimento de água.

b) Quanto à técnica aplicada

Segundo Alves (2012) esta categoria diz respeito à forma pela qual se obtêm os dados necessários para a realização da pesquisa, onde podemos ter: a pesquisa documental e bibliográfica. De acordo com o mesmo autor citado, as duas formas de pesquisa têm o mesmo objecto de investigação; a distinção entre ambos reside no facto de que a pesquisa documental utiliza fontes primárias: os dados estatísticos e documentos históricos ao passo que a pesquisa bibliográfica usa fontes secundárias os manuais, livros e artigos.

Este trabalho enquadra-se nas duas formas de pesquisa citadas pois, para sua elaboração serão consultados manuais, livros, websites, artigos, legislação aplicável ao tema, documentos escritos bem como visita a um posto de abastecimento de água por via de furos.

c) Quanto à abordagem do tema

Segundo Marconi e Lakatos (2003), nesta categoria encontramos a pesquisa Qualitativa e Quantitativa. A qualitativa consiste em analisar e interpretar aspectos profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano, etc., ao passo que a quantitativa caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de recolha de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio padrão, às mais complexas como coeficiente de correlação, análise de regressão e outros.

1.6.2. Procedimentos e aplicativos usados do trabalho

A concepção do projecto deste trabalho inicia propriamente com o desenho geral do sistema, levantamento dos requisitos técnicos e funcionais, levantamento de materiais e componentes para a concepção do projecto, simulação e implementação por meio de protótipo.

Ademais, neste passo, foram seguidos os seguintes procedimentos:

1. Levantamento das necessidades e requisitos para o sistema;
2. Especificação e selecção dos componentes necessários para a construção do dispositivo;
3. Desenho do circuito electrónico e impresso;
4. Modelagem 3D do sistema e do protótipo.

5. Programação e simulação parcial do sistema em software;
6. Prototipação do dispositivo;
7. Calibração dos sensores, testes e ajuste;

Os circuitos electrónicos e os circuitos impressos são desenhados, usando o aplicativo EasyEDA versão Standard 6.5.5 no modo Online.

As simulações de circuitos são feitas com o Aplicativo Proteus da Labcenter Electronics na versão 8.1.

A programação dos microcontroladores é feita usando o ambiente integrado de desenvolvimento Visual Studio Code versão 1.65.2, com a extensão PlatformIO IDE Versão 2.4.3.

A modelagem 3D é feita usando o aplicativo, AutoDesk Fusion 360 Licença para Educação. Os diagramas são feitos usando Microsoft Vision Pro 2016.

1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é apresentado em 5 capítulos cuja descrição é apresentada a seguir.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Este capítulo consiste na apresentação do trabalho em linhas gerais, os objectivos que se pretende alcançar, a definição do problema, a relevância do trabalho, a metodologia a ser usada para o alcance dos mesmos e a estrutura geral do trabalho.

CAPÍTULO II - PESQUISA BIBLIOGRÁFICA E TECNOLÓGICA

Este capítulo consiste na apresentação das principais teorias em volta do assunto abordado no trabalho e faz-se a descrição dos dispositivos e componentes a serem usados para a concepção e implementação do sistema. Portanto este capítulo responde ao segundo objectivo específico do trabalho.

CAPÍTULO III – DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO

Neste capítulo são levantados todos os requisitos funcionais e especificações técnicas do projecto, faz-se a representação esquemática do sistema por meio de diagrama de blocos e fluxograma, e faz-se a avaliação económica.

CAPÍTULO IV – IMPLEMENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo é apresentada a implementação do dispositivo de controle da dosagem de água, a estrutura mecânica para o protótipo e resultados encontrados.

CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Nesta última fase são dadas as conclusões e recomendações para o desenvolvimento de futuros trabalhos relacionados ao tema.

2. Capítulo II – Pesquisa bibliográfica e tecnológica

2.1. Definição de conceito dosagem de água

O propósito principal deste trabalho é a construção de um sistema de dosagem de água, torna-se portanto necessário que se esclareça o que é a dosagem de água nesta vertente.

Na consulta do dicionário de língua portuguesa pelo termo “dosagem” encontra-se que, o termo dosagem é *um substantivo feminino que significa a operação de dosar*. E dosar por sua vez significa regular as doses ou quantidade de um todo.

Assim neste trabalho por dosagem de água entende-se por como sendo a operação de regular a quantidade exacta de água a ser fornecida correspondente a um certo valor monetário.

2.2. Estado da arte

De acordo com Yada, 2017, o primeiro dispositivo comercial de venda baseado na introdução de moedas foi registado em Londres na Inglaterra em 1880 e neste dispositivo introduzia moedas e retirava cartões postais. E ainda de acordo com mesma fonte e na Inglaterra esse dispositivo foi usado para aplicações como venda de livros, cigarros e bebida.

É no município de Mogale que faz fronteira com Johannesburg na Africa do Sul que se tem registro do primeiro dispositivo automático pré-pago de água. Este dispositivo foi instalado em 1999. Daimi et all, 2007

Actualmente existem diversos dispositivos de dosagem de líquidos como a da empresa BeyondTech é capaz de medir electronicamente a quantidade de água que passou por uma secção entretanto este dispositivo não é capaz de enviar os dados remotamente.

Julgamos que existem sistemas de dosagem totalmente automatizados contudo o sistema proposto, é um sistema adaptado ao ambiente de destino por isso, uma tecnologia certamente mais apropriada.

2.3. Sensores

Em processos de automação quer sejam industriais, comerciais ou mesmo domésticos é necessário determinar as condições ou as variáveis do sistema, isto é, obter os valores das

variáveis físicas do ambiente a ser monitorado ou controlado. Essa tarefa é dedicada aos sensores.

Sensores segundo Wendling (2010) são dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada (medida), como: temperatura, pressão, velocidade, aceleração, posição, etc.

Portanto um sensor é um dispositivo que recebe um sinal de determinado tipo, designado por estímulo e responde através de um sinal elétrico.

Ainda de acordo com Wendling (2010) podemos ter dois tipos de sensores: sensores analógicos e sensores digitais.

2.3.1. Sensores Analógicos

Os sensores analógicos são assim designados pois baseiam-se em sinais analógicos e produzem uma resposta da mesma índole. Sinais analógicos são aqueles que, mesmo limitados entre dois valores de tensão, podem assumir infinitos valores intermediários. Os sensores analógicos são mais indicados quando se pretende obter e analisar uma variação ininterrupta e sem saltos de um determinado fenómeno no ambiente, ou seja quando os vários estágios ou valores intermediários dessa característica são relevantes e o sensor é capaz de os reproduzir (transduzir) na sua saída.

2.3.2. Sensores Digitais

Estes sensores têm como saída valores em intervalos (níveis) bem definidos, os quais são codificados em binário. Em especial, os sensores digitais mais frequentes, sobre os quais colocamos especial foco, são os sensores binários, cujos outputs são binários Zero ou Um. Tais níveis de tensão podem ser descritos como Alto (High =“1”) ou Baixo (Low=“0”). Ao contrário de um sensor analógico, onde os valores possíveis são teoricamente infinitos, um sensor digital deste tipo poderá apenas alternar entre dois estados bem definidos. Não é possível de se ler um valor intermediário neste tipo de sensores digitais, uma vez que eles somente detectam a presença ou ausência de um determinado fenómeno no ambiente, somente duas possibilidades.

Conforme se pode compreender, os sensores servem para informar um circuito electrónico a respeito de um evento que ocorre externamente, sobre o qual ele deva actuar, ou a partir do qual ele deva comandar uma determinada acção.

2.4. Sensor de fluxo

Sensor de fluxo para líquidos, também designado por Fluxostato, é uma categoria de sensores que detectam o fluxo de líquidos em um tubo que passa por unidade de tempo. SeedStudio (2020)

Para medição do fluxo existem duas aproximações, a volumétrica e a baseada no peso. No caso de fluxo de líquidos as duas aproximações são válidas, sendo que, independentemente da aproximação usada, a vazão de um líquido é determinada pela seguinte fórmula:

$$Q = V \times A \quad (2-1)$$

Onde:

Q – é a quantidade de líquido que passa por um tubo na unidade de tempo;

V – é a velocidade média com o líquido flui

A – é secção do tubo por onde flui o líquido.

Entretanto existem alguns factores como a viscosidade, densidade e a fricção dos líquidos em contacto com os tubos que podem afectar a medição da vazão dos líquidos.

De acordo com Ngugi (2016) dentre todos os factores, o número de Reynolds é que mais influencia a eficiência dos sensores de fluxo, o número de Reynolds é um valor adimensional definido através da seguinte fórmula:

$$R = \frac{3160 \times Q \times G_t}{D \times h} \quad (2-2)$$

Onde:

R – é o número de Reynolds;

Q – vazão;

G_t – é a gravidade específica;

D – é o diâmetro do tubo por onde flui o líquido;

h – é a viscosidade.

O número de Reynolds permite avaliar o tipo do escoamento (a estabilidade do fluxo). Para o caso de um fluxo de água num tubo cilíndrico, admite-se os valores de 2.000 e 2.400 como limites.

2.4.1. Classificação dos sensores de fluxo

Podemos encontrar três categorias de sensores de sensores de fluxo, nomeadamente: de efeito Hall, de turbina e de área variável, sendo que o sensor de efeito *Hall* é o mais usado.

2.4.1.1. Sensor de fluxo de efeito Hall

Estes sensores de fluxo, vide a figura 2-1, baseiam-se em um sensor de efeito Hall que se encontra impregnado na sua carcaça e um íman em seu eixo. Internamente este sensor de fluxo é constituído por sensor de efeito Hall, turbina e por íman.



Figura 2- 1: Sensor de fluxo (Fonte: Autor)

O íman é posicionado de tal forma que os polos sul e norte estejam na vertical, estando nesta posição, com a passagem da água pelo tubo, faz com que a roda da turbina gire, e o íman gira com a roda da turbina.

Com a rotação, conforme ilustrado na figura 2-2, o campo magnético criado pelo íman acciona o sensor de Hall, que emite ondas quadradas através de pulsos de alto e baixo nível.

Os pulsos da onda quadrada serão em função do volume de água ou quantidade de água que irá fluir pelo tubo, assim pode-se computar o fluxo de água através da contagem do número de ondas quadradas ou pulsos.

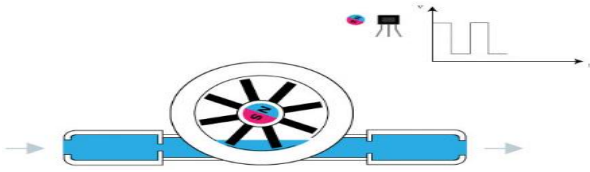


Figura 2- 2 :Princípio de funcionamento de sensor de fluxo (Fonte: SeedStudio)

2.5. Actuadores

São dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado. Geralmente trabalham com potência elevada, contudo, de um modo mais generalizado, um actuador terá a potência apenas necessária para introduzir o efeito desejado sobre o sistema controlado podendo ser por isso qualquer gama de potência. Exemplos de alguns actuadores: válvulas hidráulicas, solenóides, relés, etc.

2.5.1. Relés

Rele é um interruptor electromecânico projectado na década de 1830, com inúmeras aplicações possíveis em comutação de contactos eléctricos, servindo para ligar ou desligar dispositivos (Braga 2012)

Os relés podem ser classificados de diversas formas, a saber: quanto ao s/mo de funcionamento, à s/geração, etc. Neste trabalho falaremos de dois relés comumente usados na comutação de circuitos: o relé electromecânico e o relé de estado sólido.

2.5.1.1. Relé electromecânico

O relé electromecânico é um dispositivo eléctrico que funciona como uma chave quando se estabelece uma corrente eléctrica através de sua bobina (Altoé 2012).

Um relé electromecânico apresenta três contactos, um comum, um normalmente aberto e outro normalmente fechado. Quando se aplica uma tensão na bobina, a corrente circula através dela e comporta-se, portanto, como um electroímã e atrai a armadura accionando deste modo o sistema de contactos. O relé pode ser accionado por correntes bastante pequenas, em relação à corrente que o circuito por este controlado exige para a sua operação, desta forma, o relé é largamente utilizado para controlar cargas que exigem altas correntes, podendo ser: lâmpadas, máquinas industriais, motores, entre outros equipamentos. Por sua

vez o relé pode ser comandado directamente a partir de componentes electrónicos como transístor ou circuitos integrados.

Os relés electromecânicos combinam uma parte eléctrica com um sistema mecânico de accionamento. Neles, conforme mostra a figura 2-3 abaixo, uma bobina, ao ser energizada atrai uma armadura que movimenta um conjunto de contactos que são responsáveis pela acção do dispositivo num circuito eléctrico.

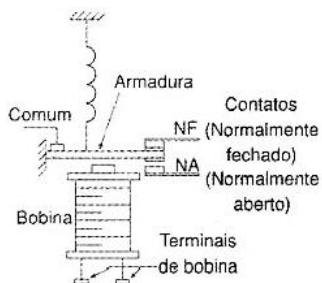


Figura 2- 3 : Relé mecânico. (Fonte: Braga, 2012)

Tem como vantagens, entre outras: a diversidade no encapsulamento, maior número de contactos, controle indiferente tanto para corrente contínua assim como corrente alternada.

Estes relés têm por desvantagem a presença de partes mecânicas móveis que se desgastam (tanto pelo contacto *per si*, como pelos arcos eléctricos), produzem ruído audível ao operar, bem como os contactos estão sujeitos a diversos problemas como, por exemplo, o repique ou trepidação (efeito *bouncing*) e a produção de ruídos de natureza eléctrica que causam fenómenos perversos de interferência electromagnética sobre outros equipamentos.

2.5.1.2. Relé de estado sólido (SSR)

O SSR da língua inglesa *Solid State Relay* que significa relé de estado sólido, são semelhantes aos relés electromecânicos convencionais ou aos contactores, em termos de funcionalidade, que é a de permitir accionar cargas, contudo a sua capacidade em corrente é relativamente limitada para um preço comparável com os dos electromecânicos. (JNG 2016),

De acordo com JNG (2016), Os relés de estado sólido são utilizados para chaveamento de cargas resistivas substituindo os contactores.

Num relé de estado sólido, como o representado na Figura 2-4, o que temos é um circuito de accionamento formado por um acoplador óptico, o qual ao ser energizado faz com que um FET de potência conduza intensamente a corrente.

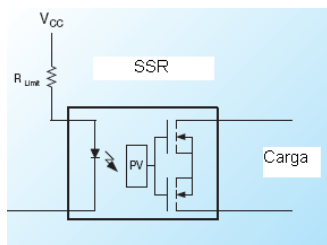


Figura 2- 4 :SSR típico (Braga 2012)

Devido ao controle electrónico, os SSRs apresentam uma longa durabilidade por não ocorrer desgastes mecânicos nem eléctricos, além de proporcionar baixo consumo e alta velocidade de accionamento.

Os SSRs, são indicados principalmente em processos e aplicações onde a precisão é fundamental.

2.5.2. Válvula solenóide

De acordo com EGITO (2013). A válvula solenóide possui a função de abrir e fechar o fluxo de um determinado fluido através de um processo electromecânico.

Ela recebe o nome de solenóide devido ao seu componente principal ser uma bobina eléctrica com um núcleo ferromagnético móvel no centro, sendo este núcleo chamado de êmbolo.

A válvula solenóide, como vista na Figura 2-5, é formada por duas partes principais: corpo da válvula e bobina solenóide. O Corpo da válvula solenóide é composto, além do corpo, pela tampa, mola e diafragma. Ele tem a função mecânica no conjunto válvula Solenóide.

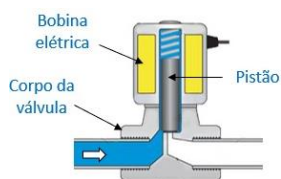


Figura 2- 5 : Válvula solenóide (Fonte: Egito, 2013)

A bobina de uma válvula solenóide é constituída de fio geralmente de cobre, enrolada em uma bobina, com o centro livre. É considerada a peça principal da Válvula Solenóide.

A válvula encontra diversas aplicações como mecanismo actuador para permitir ou cortar (ou geralmente: regular) o fluxo de diversos fluidos: água, ar, gases, GNV, GLP, óleo, filtros de manga, entre outros. A Válvula Solenóide é um produto fundamental para automação industrial, sendo possível fechar, dosar, distribuir ou misturar o fluxo de gás, líquido e óleo, garantindo controlo ou protecção.

As válvulas possuem vários diâmetros começando com 1/8" e tensões de 5v, 12v, 24v, 110v e 220v, etc., podendo ser para aplicações comuns ou à prova de explosão.

2.5.2.1. Tipos de Válvula Solenóide

A válvula solenóide pode ser classificada de acordo com seu tipo de acção, número de portas/vias e quanto à abertura.

2.5.2.2. Quanto à abertura

Quanto ao tipo de abertura as válvulas são Normalmente abertas (NO) ou normalmente fechadas (NC).

As válvulas NO permitem o fluxo ou mantêm o sistema aberto sem que estejam energizadas. Ao passo que as NC mantêm o sistema fechado ou então não permitem o fluxo nos terminais enquanto não estiver energizadas.

2.5.2.3. Quanto à Acção

Quanto ao tipo de acção encontramos dois modelos nomeadamente:

- Acção directa
- Acção indirecta

2.5.2.3.1. Válvulas de acção directa

Silveira (2017) ensina que, nas válvulas solenóides de acção ou operação directa, o fluido flui através de um pequeno orifício que pode ser fechado (ou aberto) por um êmbolo com uma junta de borracha na parte inferior.

Uma pequena mola segura o êmbolo para baixo (ou para cima) para fechar (ou abrir) a válvula. Isso faz com que o orifício se abra e permita a passagem do fluido.

Uma característica do tipo operação directa é que a pressão máxima de operação e o fluxo estão directamente relacionados ao diâmetro do orifício e à força magnética da válvula solenóide.

Esses tipos de válvulas são recomendados para sistemas que possuam uma tubulação com pequenos orifícios, de baixa capacidade e que não requeiram pressão mínima de operação ou diferença de pressão para serem accionadas.

2.5.2.3.2. Válvulas de acção indirecta

A válvula solenóide operada indirectamente usa a pressão diferencial do meio incidente nas portas da válvula para abrir e fechar. Normalmente, essas válvulas precisam de um diferencial de pressão mínimo de cerca de 0,5 bar.

A entrada e a saída são separadas por uma membrana de borracha, também chamada de diafragma.

A pressão e a mola de suporte acima da membrana asseguram que a válvula permaneça fechada. A câmara acima da membrana é conectada por um pequeno canal à porta de baixa pressão.

Esta conexão é bloqueada na posição fechada por um solenóide. O diâmetro deste orifício “piloto” é maior que o diâmetro do orifício na membrana. Quando o solenóide é energizado, o orifício do piloto é aberto fazendo com que a pressão acima da membrana abaixe.

Devido à diferença de pressão em ambos os lados da membrana, a membrana será levantada permitindo a passagem do fluido da porta de entrada para a porta de saída. A câmara de pressão extra localizada acima da membrana actua como um amplificador.

2.5.2.3.3. Quanto as portas/vias

Nesta categoria encontramos válvulas de duas entradas até o máximo de cinco, nomeadamente:

- Válvula solenóide 2/2

Uma válvula solenóide do tipo 2/2, significa que possui duas portas, uma porta de entrada e outra de saída. E ainda duas posições, uma aberta e outra fechada.

- Válvula solenóide 3/2

E esta válvula solenóide possui três portas e duas posições, sendo que esta pode alternar entre dois circuitos pelo facto de ter três portas. E ainda para além de ser NO ou NC esta pode ainda ser do tipo desviador ou universal.

- Válvula solenóide 5/3

O tipo de válvula 5/3 tem 5 portas e 3 vias. Essas válvulas são duplo solenóide, e tem 3 posições. Quando nenhum dos dois solenóides estiver energizado, a válvula para numa posição central. Essa posição central é normalmente "centro fechado", onde todas as portas ficam bloqueadas.

2.5.3. Mostrador / sinalizador luminoso

O piloto mostrador, figura 2-6, é um indicador luminoso, que consiste em um dispositivo que possui um LED e que a partir do mesmo é possível fazer a sinalização de algum evento que ocorreu; dependendo do tipo pode ser alimentado com corrente contínua a uma tensão que pode ser de 5, 12 ou 24 Volts ou corrente alternada de 220 Volts.



Figura 2- 6: Sinalizador luminoso (Fonte: getimages.com)

2.6. Fonte de Alimentação

Uma fonte de alimentação é um dos "componentes" imprescindíveis em qualquer circuito electrónico, pois estes para funcionar precisam de energia eléctrica.

Conforme ensina Braga (2013) os circuitos electrónicos operam com baixas tensões contínuas, sendo que na rede de energia temos altas tensões alternadas, pelo qual é preciso haver um meio de se fazer a conversão para a utilização. Da mesma forma, existem circuitos que operam com tensões contínuas mais elevadas do que aquela que a fonte de energia disponível pode fornecer.

Nessa conversão da energia disponível para a forma/nível que o circuito necessita, são usados dispositivos e configurações específicas que recebem o nome de “fontes de alimentação”.

Uma fonte de alimentação consiste, portanto, num circuito que a partir da tensão eléctrica disponível (alternada ou contínua) fornece a tensão contínua (ou mesmo alternada) na forma como o circuito alimentado necessita (Braga 2013).

De acordo com Eduarda (2018) podemos encontrar duas tecnologias (tipos) de fontes, a fonte linear, figura 2-7, também conhecida como analógica e a fonte chaveada ou comutada, figura 2-8, esta última também conhecida como SMPS da língua inglesa *switched mode power supplies*.

Das duas tecnologias o primeiro tipo de fonte são as comuns devido ao seu baixo custo comparado com os segundos mas apresentam baixo rendimento em relação ao segundo tipo.

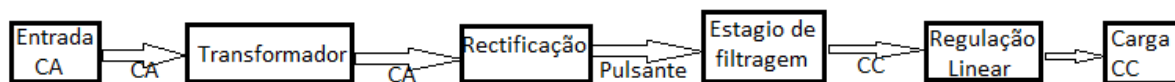


Figura 2- 7: Fonte de Alimentação Linear. Fonte: Autor

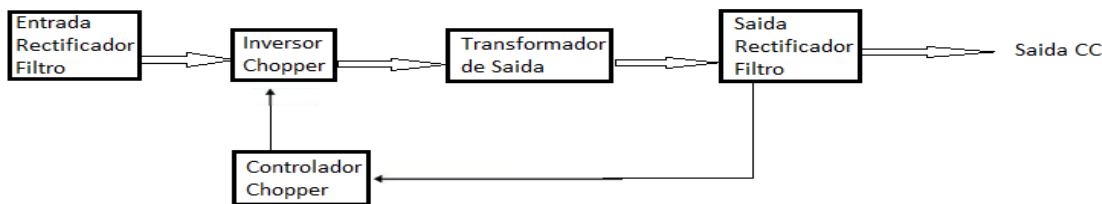


Figura 2- 8 : Fonte de alimentação chaveada. Fonte: Autor

2.7. Microcontroladores

Os microcontroladores desempenham, para este projecto, um papel fundamental, sendo este a unidade central de processamento. É ele que gere todos os processos referentes ao funcionamento do projecto.

Para Floyd (2007), microprocessador é um circuito integrado responsável pela execução de cálculos e tomada de decisões em um computador, é este dispositivo que controla todos os processos envolvidos nas tarefas de um computador, sendo formado por um cristal de silício puro. O microprocessador se encontra conectado a diversos componentes em um computador para que este execute as suas funções; é designado de coração de computador, dado o facto de tudo estar em volta deste elemento.

Microcontrolador é um dispositivo semicondutor em forma de um circuito integrado que integra as partes básicas de um microcomputador. Pode-se afirmar que um microcontrolador é um pequeno computador em um chip contendo o microprocessador, periféricos de entrada/saída e unidades de memórias.

2.8. Módulo LCD

Floyd (2007) define os LCD's como interfaces de saídas de sistemas automáticos, que utilizam uma tecnologia moderna para representar letras, números ou símbolos aí enviados pelos microcontroladores ou microprocessadores.

Os LCD's mais usados são do tipo caracter e apresentam uma variação não linear da quantidade de pinos, em função do número de colunas e linhas.

Quanto ao princípio de funcionamento do LCD, Meza et al, ensinam que de um modo geral baseia-se em polarizar o cristal líquido que muda de cor quando polarizado, para desenhar números, letras ou símbolos, cada dígito é composto por uma matriz de cinco colunas e oito linhas, em que a última linha é utilizada para o cursor. Alguns módulos LCD podem ser encontrados com um LED backlight (iluminação de fundo) para facilitar as leituras em lugares escuros; a alimentação deste LED é feita normalmente pelos pinos 15 a 16 para os módulos do tipo caracter, com corrente de alimentação entre 100 a 200mA dependendo do modelo.

Estes módulos possuem um circuito integrado designado de controlador, encarregado de controlar a matriz de cristal líquido onde são representados os caracteres e outros símbolos. É através deste controlador que se vai energizar os pontos certos de cada matriz para acender os símbolos desejados e efectuar as operações de movimento.

2.9. Protocolos de comunicação

2.9.1. Conceito de protocolo

De acordo com Wikipedia (2021), um protocolo é uma convenção que controla e possibilita uma conexão, comunicação, transferência de dados entre dois sistemas computacionais.

Os protocolos de comunicação são alguns dos elementos mais importantes de um sistema dotado de dispositivos que possuem a necessidade de interagir entre si para que um determinado resultado possa ser obtido, pois, estes possibilitam a troca de informações entre os mesmos através do estabelecimento de regras, padrões e modelos que visam permitir a conexão entre os dispositivos (Madeira, 2017).

Os protocolos possibilitam o transporte de dados entre dispositivos através de regras e convenções previamente estabelecidas.

E por regerem o funcionamento das comunicações entre diferentes dispositivos, ao longo do tempo foram surgindo diversos protocolos para diferentes aplicações. A seguir descreve-se um protocolo de comunicação serial criado pela empresa Philips nos finais de 1990, o qual é muito usado em projectos de sistemas embutidos, incluindo o presente.

2.10. Protocolo I2C

2.10.1. Conceito

O protocolo I2C descreve o funcionamento de um barramento de comunicação serial que utiliza apenas dois fios.

O nome I2C significa: *Inter-Integrated Circuits*. Também conhecido como protocolo TWI que significa *two-wired interface*.

Segundo o datasheet do protocolo na sua versão 6 de 2014, O I2C é um protocolo para curtas distâncias, tipicamente dentro da mesma placa de circuito impresso, de média velocidade, e necessita de apenas dois fios para a comunicação, SDA para dados e SCL para o sinal de clock.

2.10.2. Modo de funcionamento

Segundo o *datasheet* do protocolo, O protocolo I2C possui endereçamento de 7 bits, o que teoricamente pode suportar 127 dispositivos em modo *slave* em seu barramento.

Entretanto na literatura, segundo testes práticos feitos mostram que o valor acima é apenas teórico, na prática é apenas possível utilizar 112 dispositivos em barramento I2C, porque dos 128 endereços possíveis, 16 estão reservados, que estão situados entre (0x00 e 0x07) e (0x78 e 0x7F).

Conforme pode-se ver na figura 2-9, em termos de hardware o barramento possui dois sinais, um para clock e outro para dados. O clock é gerado pelo dispositivo mestre.

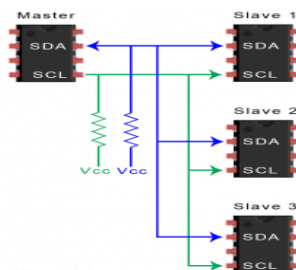


Figura 2- 9 : Arquitetura I2C (Fonte: circuits.com)

O barramento é controlado pelo dispositivo mestre, e é o dispositivo mestre que gera a condição de início e paragem de envio de dados no barramento.

Tanto o dispositivo mestre assim como o dispositivo escravo ambos podem enviar ou ler dados no barramento, isto é, qualquer um pode ser transmissor ou receptor, mas sempre é o dispositivo mestre que define o modo de cada dispositivo no barramento.

2.10.3. Características do barramento

De acordo com o protocolo para o barramento foi estabelecido o seguinte:

- I. A transferência de dados só pode ser iniciada apenas quando o barramento não estiver ocupado;
- II. Durante a transferência de dados, a linha de dados (SDA) deve-se manter estável enquanto a linha do clock (SCL) estiver no nível alto.

Assim estabeleceu-se as seguintes condições para o barramento:

A. Barramento não ocupado

A linha de dados e a linha do sinal de clock, ambas mantêm-se no nível alto.

B. Início da transferência de dados

A condição de início dá-se quando há uma transição de nível alto para nível baixo da linha de dados, enquanto a linha de sinal de clock mantém-se no nível alto. E todos os comandos devem ser precedidos pela condição de início de transferência de dados.

C. Paragem de transferência de dados

A condição de paragem é determinada pela transição de nível baixo para alto da linha de dados enquanto a linha de sinal de clock estiver no nível alto. Todas as operações devem terminar com essa condição.

D. Dados válidos

O estado da linha de dados representa dados válidos quando, após a condição de início de dados, durante o período do nível alto da linha do clock a linha de dados se mantiver estável.

Os dados na linha deverão ser alterados durante o período do nível baixo do sinal de clock. Para cada pulso do sinal de clock há um bit de dados.

Cada transferência de dados é iniciada com a condição de início e terminada com a condição de paragem de dados.

O dispositivo mestre determina a quantidade de bytes a serem transferidos entre a condição de início e a de paragem.

E. *Acknowledge*

Após a recepção de um byte, o dispositivo receptor, endereçado deve enviar um sinal de "*acknowledge*". O dispositivo mestre gera um clock extra para o dispositivo que enviou o bit de *acknowledge*.

3. CAPÍTULO III - Desenvolvimento do Projecto

Neste capítulo serão abordados aspectos referentes ao dimensionamento e construção do projecto do sistema, as etapas a seguir para a concepção do projecto.

3.1. Descrição funcional do sistema

O sistema de controle da dosagem de água para abastecimento trata-se de um dispositivo que visa ser implementado em postos de abastecimento de água por furos, onde comumente a água é tirada através de recipientes de 20 litros (por utilizadores simples) ou em tanques de 1000 ou 1500 litros através de camiões. Este dispositivo vai permitir que os proprietários dos furos saibam remotamente quanta água foi vendida, evitando desvios de dinheiro por funcionários entre outras melhorias como evitar desperdícios de água.

Para se retirar a água o sistema dispõe de dois métodos nomeadamente:

- Modo *Self-service* (auto-serviço); e
- Modo operador.

No modo *self-service*, o cliente para a compra de água, terá ao seu dispor uma máquina para introduzir moedas. E o sistema irá abrir a torneira para a quantidade de água correspondente à moeda introduzida.

No modo operador, o cliente que pretenda comprar água, irá informar ao operador do sistema (dispositivo) a quantidade desejada. Em seguida o operador vai pressionar no painel do dispositivo o botão correspondente a quantidade desejada.

O sistema irá abrir automaticamente uma determinada torneira e irá dosar a quantidade certa e após a quantidade seleccionada ser doseada, de forma automática irá fechar a torneira.

Independentemente do modo, quer seja *Self-service* ou modo operador, em cada operação o sistema irá armazenar a informação da quantidade de água vendida no banco de dados local. No final o sistema irá mostrar no display a quantidade vendida, sendo que posteriormente irá enviar em forma de relatório todas as quantidades vendidas por SMS bem como efectuará o seu armazenamento na nuvem.

O fluxo de operações que deverão ser feitas com a implementação deste dispositivo é descrito no ponto 3.1.2.

3.1.1. Descrição dos locais de implantação do projecto

O presente sistema poderá ser implantado em qualquer centro de abastecimento de água por via de furos. Entretanto no presente trabalho, o sistema é dimensionado tendo em conta um caso particular, não havendo impedimento para a sua aplicação em locais similares.

O sistema é dimensionado para ser implantado na província de Inhambane distrito de Zavala. Foi efectuada uma visita ao local de implantação do sistema e constatou-se que:

1. O local não dispõe de corrente eléctrica da concessionária EDM, para alimentação das bombas de água, usa-se o sistema fotovoltaico. O sistema fotovoltaico instalado no local consegue suprir as necessidades de corrente do local;
2. A operadora móvel que funciona devidamente é apenas a Movitel;
3. O local dispõe de 6 torneiras para abastecimento de água para utilizadores de 20 litros e uma torneira para clientes que tiram água via camião em recipientes múltiplos de 100 litros;
4. Para encher um recipiente de 20 litros cada torneira leva cerca de 30 segundos;
5. O local tem trabalhadores que sabem ler.

Nos anexos apresentam-se as fotografias do local de implantação. O local foi visitado no dia 6 de Setembro de 2020.

3.1.2. Fluxo de Operações do sistema (*workflow*)

- i. O sistema inicia-se quando é ligado o botão Liga/Desliga.
- ii. Quando o sistema é ligado, a primeira operação executada é ir buscar no banco de dados local, o valor do último registo da quantidade de água vendida, bem como a data e hora, e esses dados são enviados por SMS para o número registado e igualmente é enviado para o banco de dados na nuvem.
- iii. Terminada a operação anterior o sistema esta pronto para receber novas solicitações para abertura de torneiras para a retirada de agua, sendo que as solicitações poderão ser feitas através do painel ilustrado na figura 11 para o modo operador ou através da introdução de moeda no selector de moedas ilustrado nas figuras 11 e 12.

- iv. Uma vez pressionado um determinado botão para a abertura de torneira ou introduzida uma moeda correcta, o microcontrolador mestra e regista essa operação no banco de dados e espera a próxima instrução. Enquanto isso, os microcontroladores escravos correspondentes é que ficam encarregues de dosar a água, abrir e fechar as válvulas.

3.2. Descrição técnica da solução

Esta solução consiste em uma rede de microcontroladores governados pelo protocolo de comunicação I2C da Philips. São ao todo 6 microcontroladores da família AVR, sendo um microcontrolador mestre com referencia ATmega2560 e 5 microcontroladores escravos com referência ATmega328P. Cada um dos microcontroladores escravos será responsável por controlar uma torneira.

Os microcontroladores escravos, para medir o volume de água escoado em cada torneira será através de sensores de fluxo de água e para abrir e fechar as torneiras será através de válvulas solenóides conectadas ao microcontrolador escravo respectivo através de relés de estado sólido opto acoplados.

O sistema será capaz de armazenar dados localmente através de um módulo de cartão de memória SD controlado pelo microcontrolador mestre, será ainda capaz de armazenar dados na nuvem através de módulo comunicação GSM/GPRS. O módulo GSM/GPRS vai conferir ainda ao sistema a capacidade enviar relatórios por SMS.

Na figura 3-1 é mostrado o diagrama do sistema com as interligações dos diferentes subsistemas. Na figura em referência omitiu-se propositadamente os outros subsistemas para evitar repetições e tornar o diagrama complexo, como por exemplo representou-se um MCU escravo modo operador ao invés de 6.

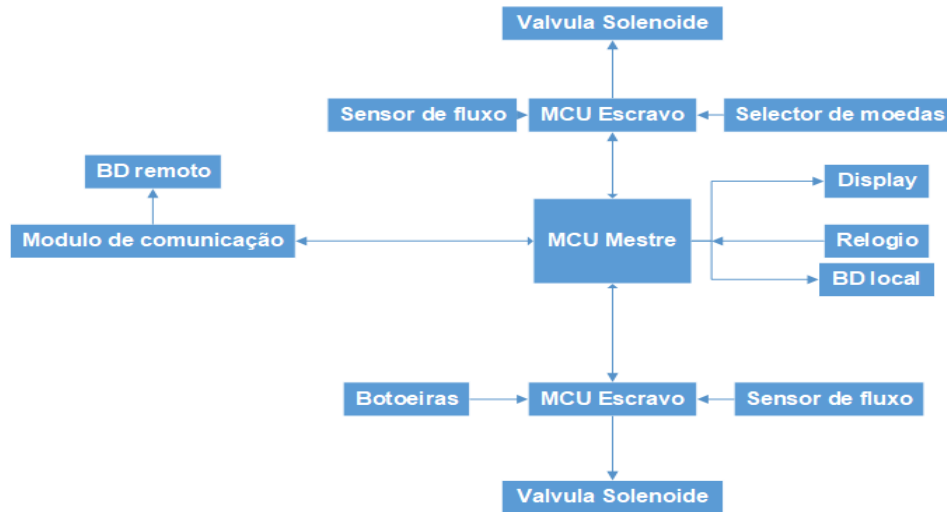


Figura 3- 1: Diagrama de blocos (Fonte: Autor)

Para a interacção Homem-máquina (HMI - *human-machine interface*), o dispositivo possui um painel, ilustrado na figura 3-2, constituído por botoeiras, cada botoeira corresponde á uma torneira e cada torneira é controlada por um microcontrolador escravo. Ainda cada torneira possui um sinalizador luminoso no painel para indicar se está em utilização ou não.

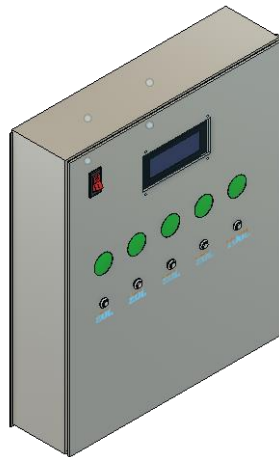


Figura 3- 2: Modelo Icónico do painel para modo operador (Fonte: Autor)

No HMI temos ainda um botão de posição para ligar e desligar o sistema. E por fim o HMI possui um display LCD onde vai mostrar a quantidade de água vendida.

A torneira do modo auto-serviço é controlada por um selector de moedas, mostrado na figura 3-3. Esta torneira, está também associada a um indicador luminoso, que mostra o estado de ocupação da torneira.

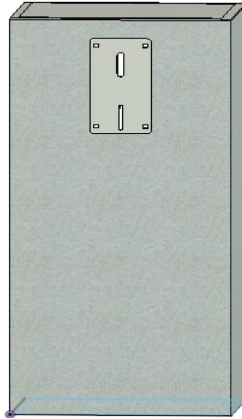


Figura 3- 3: Modelo icônico de interface de auto-serviço (Fonte: Autor)

Na figura 3-4 temos a proposta inicial para a estrutura mecânica do protótipo, onde serão colocados baldes a simular reservatórios de água de um posto de abastecimento de água.

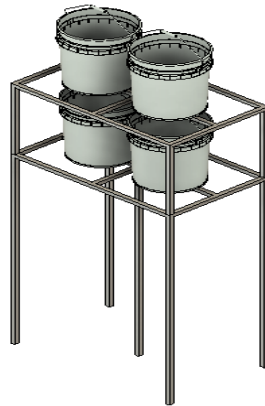


Figura 3- 4: Modelo icônico da estrutura mecânica inicial para o protótipo

Mais adiante no presente capítulo são justificados os materiais usados, incluindo a sua descrição ao detalhe.

3.3. Dimensionamento do dispositivo

3.3.1. Requisitos do sistema

Para a concretização prática deste dispositivo torna-se necessário que se saiba o volume de água escoado por unidade de tempo e igualmente se disponha de componentes que sejam capazes de abrir e fechar a água de forma electrónica. Para além disso, é necessário que sempre que uma torneira abasteça água, a quantidade escoada seja registada para fins de controlo da quantidade final vendida num determinado dia. Por outro lado, para maior

segurança dos dados, estes deverão ser guardados num banco de dados local e posteriormente enviados via GSM/GPRS à nuvem.

Assim são requisitos gerais do sistema:

- As torneiras devem ser controladas de forma independente uma da outra;
- Ter mecanismo de operacionalização do sistema mesmo na ausência do operador;
- Possuir uma interface do utilizador/sistema de fácil compreensão.
- A tubulação dos locais de abastecimento de água para recipientes de 20/25 litros tem tamanho de $\frac{3}{4}$ e para veículos é de duas polegadas, daí que todos sensores e válvulas devem respeitar essas dimensões;
- Microcontroladores com suporte ao protocolo I2C;
- O sensor de medição de fluxo, o seu princípio de funcionamento se baseia em efeito de Hall, portanto é imprescindível que o microcontrolador tenha suporte a interrupção externa;
- O local de instalação do sistema usa energia fotovoltaica, igualmente o sistema de dosagem deve atender esse requisito;
- Atendendo ao requisito anterior o sistema deve ter baixo consumo energético;
- Dispor de mecanismo de medição e controle do volume escoado;
- Possuir banco de dado local e na nuvem;
- Ser capaz de fazer requisições HTTP;
- Ser dotado de mecanismo de comunicação via GSM para envio remoto de relatórios de venda de água;

Com fundamento nos requisitos acima listados, são as seguintes as escolhas e especificações técnicas dos dispositivos para a concepção do projecto:

3.3.2. Sensor de fluxo de água

Usa-se um sensor de fluxo de água para medir a taxa de fluxo de água. A taxa de fluxo de água é o volume de fluido que passa por unidade de tempo. No capítulo 2 deste trabalho foi explicado o que é um sensor de fluxo assim como o seu princípio de funcionamento neste capítulo são discutidos os critérios para a escolha do sensor adequado para projecto.

3.3.2.1. Critérios para selecção do sensor

Os critérios para selecção do sensor de fluxo dependem das características do projecto, abaixo listam-se três critérios a serem considerados:

3.3.2.1. Critério da Aplicação

Com base neste critério, é necessário saber o cenário no qual o sensor será aplicado, pois será o cenário da aplicação a determinar o tipo de sensor a ser adquirido.

Apesar de existirem diversos sensores de fluxo no mercado com princípios e fabricantes diferentes, ainda assim os sensores de fluxo podem ser agrupados em dois tipos:

- Sensores da serie YF-BX, onde X é um número inteiro pertencente ao intervalo [1;7].
- Sensores da serie YF-SZ, onde Z é um número inteiro pertencente ao intervalo [201;402]

Os sensores da serie YF-BX são feitos de cobre e por conta disso apresentam uma boa resistência à pressão e possuem também a melhor resistência à corrosão dentre todos os tipos de sensores. A sua escolha é indicada para aplicações industriais, agrícolas, pecuárias e comerciais.

Em contrapartida, os sensores da série YF-SZ apresentam comparativamente um diâmetro menor e são feitos de material plástico, e têm uma aplicação indicada para uso doméstico devido às suas características. Os sensores mais usados nesta série são YF-S201 e YF-S402. São frequentemente usados em máquinas de café, dispensador de água e máquinas de venda de água em copos e aplicações similares.

3.3.2.2. Critério diâmetro da tubulação

O diâmetro do sensor é determinado pela tubulação do sistema onde se pretende medir o fluxo, na escolha do sensor torna-se necessário saber qual é o diâmetro da tubulação de modo que os sensores encaixem perfeitamente e as suas medições não sejam afectadas. Ademais, ao seleccionar o diâmetro há que saber qual é o padrão que foi usado para medição do diâmetro, podendo ser BSP ou NPT, sendo que, caso pertençam a padrões diferentes é necessário proceder as devidas conversões.

3.3.2.3. Critério dos parâmetros do sensor

Antes de se adquirir os sensores de fluxo para este projecto foram considerados três parâmetros nomeadamente:

- Tensão de operação do sensor;
- Pressão máxima da água;
- Intervalo da vazão de água.

Essas informações são encontradas nas folhas de dados dos fabricantes e quanto ao intervalo de vazão de água, no caso da sua ausência na folha de dados como acontece frequentemente, deverá ser estimado usando um recipiente com volume conhecido e vazio: enche-se o recipiente de água e mede-se o tempo levado para encher com água em cada uma das torneiras.

3.3.2.4. Escolha do sensor para o projecto

Com base nos critérios arrolados acima e conjugados com os quatro (4) requisitos do projecto que abaixo são descritos:

- 1) Tubulação de G3/4 no padrão BSP correspondentes ao DN20 da NPT e outra de G2” BSP, para recipientes de 20 litros e para carros respectivamente;
- 2) Vazão medido no local durante a visita foi de 2/3 litros por segundo;
- 3) O local usa fonte de energia fotovoltaica para alimentar as bombas de água e não há possibilidade obter a alimentação através da rede publica EDM;
- 4) O sensor devera medir vazão constantemente ao longo do dia uma vez que será num local de abastecimento de água, portanto deverá ter boa resistência mecânica e corrosiva;

Considerando os quatro requisitos acima o sensor que melhor se adequa para abastecimento de água é o da serie YF-BX.

3.3.3. Escolha do microcontrolador

Um microcontrolador também designado por MCU, é um pequeno e básico computador de uso específico, que em único circuito ou chip possui a unidade central de processamento, as memórias e as interfaces ou propriamente portas de entradas ou saídas.

O microcontrolador dentro de um sistema é o componente mais essencial e crítico do projecto, pois é o microcontrolador que irá gerenciar todos os outros componentes e recursos do projecto.

Actualmente existem no mercado diversos microcontroladores de fabricantes diferentes. E dentre os diversos microcontroladores, 5 famílias de microcontroladores são notáveis nomeadamente:

- Microcontroladores da família ESP, fabricados pela empresa chinesa Espressif;
- Microcontroladores da família PIC, fabricados pela Microchip;
- Microcontroladores da família AVR, fabricados inicialmente pela Atmel e desde 2016 pela Microchip;
- Microcontroladores da família ST da STM;
- Microcontroladores da família MSP da Texas Instruments.

3.3.3.1. Critérios para escolha do microcontrolador

Por forma a seleccionar os microcontroladores foram considerados quatro factores nomeadamente:

- Acessibilidade da ferramenta de desenvolvimento
- Prototipação
- Suporte do fabricante
- Características do projecto

3.3.3.1.1. Acessibilidade da ferramenta de desenvolvimento

Um dos requisitos básicos para escolher um determinado microcontrolador em detrimento do outro é acessibilidade da ferramenta de desenvolvimento. Entende-se por ferramenta de desenvolvimento o conjunto programador e o ambiente integrado de desenvolvimento (IDE).

A IDE do termo em inglês, *Integrated Development Environment*, é o ambiente onde se escrevem os códigos numa linguagem de alto nível e subsequente compilação para uma linguagem de baixo nível ou linguagem de máquina.

Programador que é o dispositivo físico que ira enviar o programa do computador para o microcontrolador.

Neste critério avalia-se a possibilidade de obter essas ferramentas de forma acessível e a baixo custo.

Analisou-se as cinco famílias de microcontroladores: MSP, ST, ESP, AVR e PIC. As duas primeiras famílias possuem programadores de difícil acesso no mercado local e países vizinhos e seus custos são elevados para a importação a Moçambique comparado com os microcontroladores PIC e os da Atmel AVR; ao passo que os microcontroladores da Espressif podem ser programados usando o programador da AVR.

E dentre os dois microcontroladores com programador de fácil acesso, PIC e AVR, os programadores podem ser encontrados no mercado moçambicano e na comunidade de estudantes de engenharia o que facilita uma rápida solução para um eventual problema.

E quanto aos seus IDE's os microcontroladores da Atmel/Microchip são mais vantajosos do que PIC por ser possível programa-los usando IDE da Arduino, que é uma IDE gratuita e de código aberto.

Portanto tendo em conta este critério, o microcontrolador da Atmel/Microchip é que apresenta melhores benefícios tendo em conta este critério.

Importa referir que os microcontroladores da Texas instrument (MSP), STM bem como os Espressif devido ao facto de os microcontroladores da família AVR apresentarem melhores benefícios neste critério, isto é, possuírem uma IDE gratuita, código aberto e programador de baixo custo adequaram os seus microcontroladores para que sejam programáveis usando esta mesma IDE.

3.3.3.1.2. Características do Projecto

Este é um dos principais critérios para a escolha do microcontrolador. O microcontrolador deve satisfazer as características técnicas do projecto. Para tal neste projecto foi levado em consideração:

- Os periféricos do microcontrolador;
- Consumo energético;
- Suporte ao protocolo I2C;
- A velocidade e capacidade de processamento;
- Tamanho e encapsulamento e;

- Escalabilidade.

Tratando-se de um projecto para um sistema de abastecimento de água no desenho do sistema teve-se em conta que o sistema no futuro poderá ser ampliado para atender futuras maiores demandas, daí que deve-se escolher um microcontrolador que permita que o projecto seja facilmente escalável.

Portanto para atender a escalabilidade do projecto é necessário que se escolha um microcontrolador com maior número de periféricos em relação as necessidades actuais, deve-se igualmente escolher uma família de microcontroladores que permita a expansão das suas características através de módulos externos facilmente.

Nos periféricos do microcontrolador para além de se atender à quantidade de pinos, foi importante também se verificar se o microcontrolador possui ou não pinos com interrupções para que possa suportar os sensores de fluxo.

Outro aspecto considerado nas características do projecto é que os microcontroladores a serem escolhidos devem possuir recurso a comunicação I2C.

A última característica do projecto é que o sistema deve ter mecanismo de modo de economia de energia.

3.3.3.1.3. Prototipação

Neste requisito considera-se escolher um microcontrolador que seja fácil criar o protótipo do sistema para testes dos diferentes módulos e funcionalidades do próprio sistema, de tal forma que, no projecto definitivo seja possível reutilizar o código usado durante a prototipação.

Das famílias dos microcontroladores mencionados, apenas os microcontroladores da família Atmel AVR possuem uma plataforma de prototipagem baseada nesses microcontroladores, que é a plataforma Arduino, com a vantagem de que c/o mesmo código usado nos testes não terá de se efectuar grandes mudanças.

Outro aspecto é que a mesma plataforma de prototipação, pode-se usar como programador dos microcontroladores usando o protocolo de comunicação SPI.

3.3.3.1.4. Suporte do fabricante

Um dos factores preponderantes na escolha de um microcontrolador aqui considerado é o suporte do fabricante do microcontrolador, especificamente considerou-se disponibilidade da

documentação dos microcontroladores, onde buscou-se folha de dados (*datasheets*), exemplos de casos de uso claros e de fácil percepção.

Por outro lado, analisou-se também a existência de uma comunidade ou de fóruns de desenvolvedores com o mesmo microcontrolador ou plataforma.

3.3.3.2. Justificação dos Microcontroladores escolhidos

Analisados os critérios acima a decisão recaiu sobre os microcontroladores da família AVR fabricados inicialmente pela Atmel e actualmente pela Microchip.

Especificamente os microcontroladores ATmega2560 e os microcontroladores ATmega328P.

Escolha dos microcontroladores dessa família prendeu-se como versado acima por possuírem vantagens comparativas em quase todos os critérios mencionados.

Das famílias dos microcontroladores mencionadas, apenas os microcontroladores da Microchip/Atmel é que possuem uma plataforma estável desde 2005 de prototipagem baseadas nos microcontroladores AVR, a plataforma Arduino.

Fora o facto de a plataforma Arduino ser usada para prototipar o sistema, essa plataforma servirá como programador dos microcontroladores escolhidos usando protocolo SPI, trazendo assim economia nos custos de aquisição de programador.

Desta forma, analisando ainda o critério de acessibilidade da ferramenta de desenvolvimento os microcontroladores da AVR mostraram-se vantajosos pois poder-se-á reutilizar a IDE bem como o código a ser usado durante a prototipação sem grandes alterações.

De acordo com estudos de popularidade do portal Electronics-Lab (2020), os microcontroladores AVR estão na 2ª posição, e ainda de acordo com outro estudo conduzido pela pelo site embedded (2021) os microcontroladores AVR e a plataforma Arduino estão nos microcontroladores ou plataforma mais usadas. Com esses dados verificou-se que de facto esses microcontroladores cumprem com o requisito disponibilidade de folhas de dados ou existência de comunidades concorrendo para o critério de Suporte pelo fabricante.

Quanto aos critérios das características do projecto esses microcontroladores atendem aos requisitos técnicos do sistema. Olhando nas primeiras páginas das folhas de dados dos dois

microcontroladores ATmega2560 e o ATmega328P constata-se que esses microcontroladores são dotados de seis recursos de economia de energia nomeadamente:

- *Idle*
- *ADC noise reduction*
- *Power save*
- *Power-down*
- *Standby*
- *Extended standby*

Ainda de acordo com as folhas de dados dos dois microcontroladores, estes suportam os protocolos I2C e SPI essenciais para o sistema para além de possuírem entradas com suporte a interrupções externas assim como internas suportando assim os sensores de fluxo a serem usados. Ademais, o microcontrolador principal, Atmega2560 de acordo com as folhas de dados, possui 70 pinos de entradas ou saídas programáveis, característica esta que torna este microcontrolador uma óptima opção para o projecto tendo em conta a escalabilidade do projecto.

3.3.4. Necessidade de uma rede microcontroladores

No projecto torna-se necessário uma rede de microcontroladores porque pretende-se controlar 5 torneiras de forma independente e cada torneira possui um sensor de fluxo que pelas suas especificações deve ser controlado por uma porta digital com recurso de interrupção externa.

Ademais os microcontroladores executam as instruções do código de forma sequencial, sucede que usando um único microcontrolador e estando o microcontrolador num dado momento ocupado em uma determinada torneira ou tarefa, não será possível controlar uma outra torneira até que o microcontrolador termine a tarefa actual. O atraso não é do microcontrolador, mas sim dos processos de enchimento que são lentos e são processos concorrentes. Os processos poderiam de alguma forma serem controlados por um único microcontrolador como vai discutido abaixo, porém há possibilidades de latências imprevistas bem como por outro lado, há necessidade de redundância para segurança e estabilidade num sistema embutido funcionando em tempo real como é o presente, facilitado pelo facto de os MCUs serem de baixo custo.

Do exposto constata-se a necessidade da existência de uma rede de microcontroladores, de modo que o sistema possa controlar as torneiras de abastecimento de água de forma independente e que mesmo numa situação de avaria de uma torneira o sistema no seu todo não fique afectado.

Outra solução seria implementar um processo *multithreading* num microcontrolador com tal capacidade, entretanto um dos requisitos do projecto é a escalabilidade. Comprometeria a possibilidade de expansão do projecto e outro factor é que com o *multithreading* o microcontrolador dividiria as tarefas o que também afectaria o poder de processamento e a memória do microcontrolador. Outro factor para não optar pelo *multithreading* é que os microcontroladores com suporte a esse recurso, possuem um custo de aquisição mais elevado e perdem preferência sopesados com os requisitos gerais do projecto.

Sendo a rede de microcontroladores a melhor solução, os microcontroladores serão conectados em barramento com o recurso ao protocolo desenvolvido pela Philips, o protocolo I2C.

Este protocolo foi escolhido por ser amplamente utilizado em redes de microcontroladores, o seu amplo uso se deve ao facto da facilidade de conectar os microcontroladores onde é necessário apenas dois fios para ligar quase 128 dispositivos no mesmo barramento usando o endereçamento de 7 bits e até quase 1024 dispositivos ao usar o endereçamento de 10 bits.

3.3.5. Escolha da válvula solenóide

A válvula solenóide é caracterizada pela forma como opera, que através de um pequeno orifício de passagem, dentro da válvula solenóide gera uma força limitada para a bobina solenóide. Essa força precisa de ser suficiente para abrir e fechar a passagem de fluxo da válvula solenóide.

A escolha de uma válvula solenóide para um determinado projecto é influenciada pelo:

- 1) fluido que a válvula irá controlar;
- 2) ambiente em que irá operar ou em que será implantado; e o
- 3) custo.

O sistema a ser desenvolvido é para o controle da dosagem e gestão básica do abastecimento da água, portanto a válvula é o mecanismo actuador para o controlo do fluxo e da quantidade de água.

Em relação ao segundo factor da escolha da válvula de acordo com a fabricante brasileira Jefferson Indústrias, há que considerar que os ambientes podem ser corrosivos, perigosos ou estéreis, e, dependendo do caso, o material do corpo e da tampa deverão atender a essas propriedades químicas para evitar um desgaste prematuro da vida útil do actuador.

Atendendo às características do presente projecto e considerando os custos das válvulas, a válvula indicada é a válvula solenóide feita de bronze e do tipo 2/2.

3.3.6. Módulo de comunicação

Um dos requisitos do projecto é possuir um módulo de comunicação que seja responsável por enviar relatórios via SMS da quantidade total de água vendida e também ser responsável por dar a capacidade de comunicar com a nuvem para lá guardar os dados do sistema. Para tal o módulo deve ser capaz de fazer requisições HTTP para facilitar as transferências de dados na web via tal protocolo.

O módulo encontrado que nos possibilita a comunicação na rede GSM para envio de SMS e rede GPRS para requisições HTTP, é o módulo SIM800L, ilustrado na figura 3-5

O módulo SIM800L é desenvolvido pela empresa SIMcom, este módulo possibilita aos microcontroladores comunicações na rede celular para envio de mensagens de texto, dados e ligações.



Figura 3- 5: Modulo SIM800I V2 (Fonte: FelipeFlop.com.br)

Possui como características:

- Chamadas de voz usando alto-falante externo 8Ω + microfone de electreto;
- Envio e recepção de mensagens SMS;
- Envio e recepção dados GPRS (TCP / IP, HTTP).

3.3.7. Módulo SD para cartão de memória

O dispositivo deve também estar dotado de um banco de dados local que deverá armazenar os dados localmente como reserva em caso falha no envio de dados para a nuvem.

O Módulo de cartão de memória SD é um módulo que através do sistema de arquivos ou a partir da interface de comunicação SPI permite ler e gravar arquivos no cartão de memoria.

Analisando as folhas de dados módulo SD mostrado na figura 3-6, que se encontram em anexo ao presente trabalho, constata-se que é constituído por dois principais circuitos. O circuito regulador de tensão e o circuito de deslocamento de nível.



Figura 3- 6: Modulo SD card (Fonte: Autor)

Ainda nas folhas de dados, observa-se a existência no módulo do circuito integrado 74LVC125A, um CI conversor de níveis graças ao qual é possível haver interacção do módulo SD com microcontroladores com níveis de tensão diferentes entre 3.3 e 5 volts, sendo que o CI em alusão ira efectuar as conversões de nível de tensão para 3.3V que é a tensão de operação do Modulo.

Este módulo permite que se manipule os dados de duas formas nomeadamente através do modo SPI e no modo SDIO.

Neste trabalho os dados são manipulados através do modo SPI, apesar do modo SDIO ser rápido e ser usado nos principais dispositivos moveis como celulares, mp3 e cameras digitais. A razão de usar o modo SPI se deve ao facto de, o modo SDIO ser complexo e principalmente pelo facto de exigir que no momento da manipulação dos dados sejam feitas varias verificações de integridade de violação da informação o que poderia por outro lado comprometer seriamente a velocidade de operação do sistema.

3.3.8. Dimensionamento do circuito de comando das válvulas

Atendendo a que o sistema será para o abastecimento de água ao público, há que considerar que os relés a serem dimensionados deverão comutar os circuitos com a maior velocidade possível e serão accionados diversas vezes ao dia de forma contínua, 7 vezes por semana e 365 dias ao ano.

Portanto entre os relés disponíveis nomeadamente: relé electromecânico e os relés de estado sólido. Os segundos é que se adequam a esta aplicação, por não sofrerem desgaste mecânico comparados com os relés electromecânicos, o que reduziria a vida útil do sistema pois seriam accionados diversas vezes ao dia.

Os relés de estado sólido oferecem para além de maior vida útil outros benefícios como a rápida comutação de circuitos. Por outro lado, estes relés não geram interferência electromagnética comparado com os relés electromecânicos.

Para o dimensionamento dos relés primeiro torna-se necessário fazer o levantamento de dados da carga a controlar.

Tabela 3- 1: Excerto das folhas de dados do fabricante (Fonte: Sea):

Operating Parameter

A. Rated Operating Voltage

Direct Current: DC6V,DC9V,DC12V,DC24V;

Alternating current:AC6V,AC9V,AC12V,AC24V,AC36V,AC110V,AC220V...;

Power Level:4W,**5W**,6W,7W,8W...;

B. Operating Current

C. Operating Pressure: 0.02-0.8MPa = 0.2-8KG; Withstand static pressure no less than 2.0MPa.

No.	Rated Voltage(v)	Rated Current(A)	DC Resistance(20°C) (Ω)	No.	Rated Voltage(v)	Rated Current(A)	DC Resistance(20°C) (Ω)
	Rated Power(w)				Rated Power(w)		
1	DC12V 5W	0.42A	27.7±0.6	2	AC12V 5W	0.43A	15.5±0.5
3	DC24V 4.5W	0.19A	119±2.4	4	AC220V 4.5W	0.02A	4.6±0.2

Conforme a tabela acima, extraída da folha de dados do fabricante em anexo no presente trabalho, constata-se as seguintes informações relevantes para o dimensionamento dos relés de comando das válvulas:

Dados:

Tensão de operação: 12 Vdc

Potência nominal: 5W

Corrente nominal: 420mA

Tipo de carga: Indutiva

Sendo a válvula solenóide uma carga indutiva torna-se necessário isolar electricamente o circuito de comando das válvulas solenóides do circuito do microcontrolador. Para tal o primeiro estágio para o circuito de comando das válvulas será a integração de um opto acoplador ao microcontrolador. Este opto acoplador permitirá que os dois circuitos estejam electricamente isolados.

Existem diversos opto acopladores no mercado, a base de:

- Foto transístores; estes podem ainda ser: bjt ou MOS;
- TRIACs ou;
- SCR.

No caso vertente pretende-se controlar uma carga de corrente continua, portanto a escolha recai sobre opto acoplador a base de foto transístores.

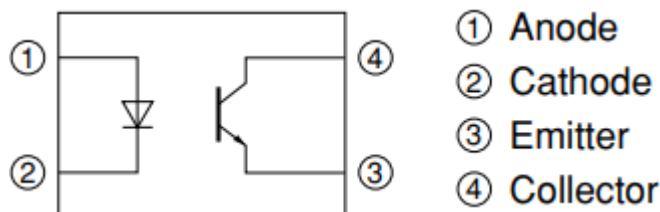


Figura 3- 7: Opto acoplador internamente (Fonte: Pedroso, 2021)

O opto acoplador escolhido tem como referencia PC817 produzido pela SHARP. Os parâmetros considerados neste opto acoplador foram:

Viso(rms)=5kV, que corresponde a diferença de tensão que o componente pode isolar entre os circuitos;

Tipo de saída, que conforme já se referenciou antes é uma saída simples a base de transistor, corrente proporcional a corrente do LED da entrada do PC817;

O rácio de transferência de corrente: este parâmetro é importante considerar, pois, permite-nos saber em quanto tempo o optoacoplador pode comutar os dois circuitos.

E os dois últimos parâmetros que influenciaram na escolha são a corrente e tensão directa na entrada. Os parâmetros mencionados acima encontram-se na tabela abaixo retirada da folha de dados:

Tabela 3- 2: Excerto de folhas de dados PC817 (Fonte:Sharp)

■ **Electro-optical Characteristics**

(T_a=25°C)

Parameter		Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	
Input	Forward voltage	V _F	I _F =20mA	-	1.2	1.4	V	
	Peak forward voltage	V _{FM}	I _{FM} =0.5A	-	-	3.0	V	
	Reverse current	I _R	V _R =4V	-	-	10	μA	
	Terminal capacitance	C _t	V=0, f=1kHz	-	30	250	pF	
Output	Collector dark current	I _{CEO}	V _{CE} =50V, I _F =0	-	-	100	nA	
	Collector-emitter breakdown voltage	BV _{CEO}	I _C =0.1mA, I _F =0	*5 80	-	-	V	
	Emitter-collector breakdown voltage	BV _{ECO}	I _E =10μA, I _F =0	6	-	-	V	
Transfer characteristics	Collector current	I _C	I _F =5mA, V _{CE} =5V	2.5	-	30.0	mA	
	Collector-emitter saturation voltage	V _{CE(sat)}	I _F =20mA, I _C =1mA	-	0.1	0.2	V	
	Isolation resistance	R _{ISO}	DC500V, 40 to 60%RH	5×10 ¹⁰	1×10 ¹¹	-	Ω	
	Floating capacitance	C _f	V=0, f=1MHz	-	0.6	1.0	pF	
	Cut-off frequency	f _c	V _{CE} =5V, I _C =2mA, R _L =100Ω, -3dB	-	80	-	kHz	
	Response time	Rise time	t _r	V _{CE} =2V, I _C =2mA, R _L =100Ω	-	4	18	μs
		Fall time	t _f		-	3	18	μs

*5 From the production Date code "J5" (May 1997) to "P7" (July 2002), however the products were screened by BV_{CEO}≥70V.

Torna-se necessário igualmente determinar o resistor de protecção do Led infravermelho interno do opto acoplador. Abaixo temos os cálculos usando a lei de Ohm:

$$R_{min} = \frac{V_{in} - V_F}{I_F} = \frac{5 - 1.2}{20} \times 1000 = 190\Omega$$

Com o valor encontrado do resistor consultou-se a tabela de valores comerciais dos resistores, e verificou-se que o valor de 190 não esta padronizado, na lista de componentes comerciais disponíveis na plataforma de desenho e fabrico usada, assim escolheu-se para o resistor o valor de 220 Ohm que se encontra padronizado.

Com base nesse resultado determinamos a potência do resistor:

$$P = I^2 \times R = (20 \times 10^{-3})^2 \times 220 = 0.088W \quad (3-2)$$

Com esse valor da potência e tendo em conta os valores comerciais o valor do resistor será de R=220Ω, 1/8W, ±10%.

Conforme pode-se observar na tabela acima extraída da folha de dados do opto acoplador PC817 a sua corrente na saída é de 50mA, aliado ao facto de que a carga a se controlar tem uma corrente máxima de 420mA e necessita de 12Vdc. O opto acoplador não é capaz de atender às necessidades da válvula daí que na saída do opto acoplador deve-se colocar um transístor.

Atendendo aos requisitos do sistema em termos de tempo de utilização e à potência das válvulas, deve-se escolher um transístor de potência no qual seja possível colocar-se um dissipador de calor de modo a reduzir a temperatura interna, pois com o aumento da temperatura os circuitos podem se comportar de um modo adverso ao projectado.

Sabendo ainda que o opto acoplador oferece na saída uma tensão positiva para accionar o outro circuito e que para desligar o circuito o opto acoplador entrega na saída uma tensão de 0 volts, escolheu-se um transístor de efeito de campo, MOSFET, para atender a questão de dissipação de calor, MOSFET do tipo canal N e modo Enriquecimento para atender as características do opto acoplador quanto a forma de accionamento dos circuitos.

O transístor que atende as características do projecto tem como referencia BUZ11-NR4941, produzido pela ONsemi/Fairchild. O transístor tem como características as que abaixo na tabela 3-3 se descrevem retirados da sua folha de dados em anexo ao trabalho:

Tabela 3- 3: Excerto de folhas de dados de Buz11 (Fonte: Mouser.eu)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$I_D = 250\mu A, V_{GS} = 0V$	50	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 1mA$ (Figure 9)	2.1	3	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$T_J = 25^\circ C, V_{DS} = 50V, V_{GS} = 0V$	-	20	250	μA
		$T_J = 125^\circ C, V_{DS} = 50V, V_{GS} = 0V$	-	100	1000	μA
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	$V_{GS} = 20V, V_{DS} = 0V$	-	10	100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$I_D = 15A, V_{GS} = 10V$ (Figure 8)	-	0.03	0.04	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$V_{DS} = 25V, I_D = 15A$ (Figure 11)	4	8	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{CC} = 30V, I_D = 3A, V_{GS} = 10V, R_{GS} = 50\Omega, R_L = 10\Omega$	-	30	45	ns
Rise Time	t_r		-	70	110	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	180	230	ns
Fall Time	t_f		-	130	170	ns
Input Capacitance	C_{ISS}	$V_{DS} = 25V, V_{GS} = 0V, f = 1MHz$ (Figure 10)	-	1500	2000	pF
Output Capacitance	C_{OSS}		-	750	1100	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{RSS}		-	250	400	pF
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		≤ 1.67			$^\circ C/W$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$		≤ 75			$^\circ C/W$

Na figura 3-8 abaixo tem-se o circuito potência de comando para as válvulas a ser integrado no microcontrolador.

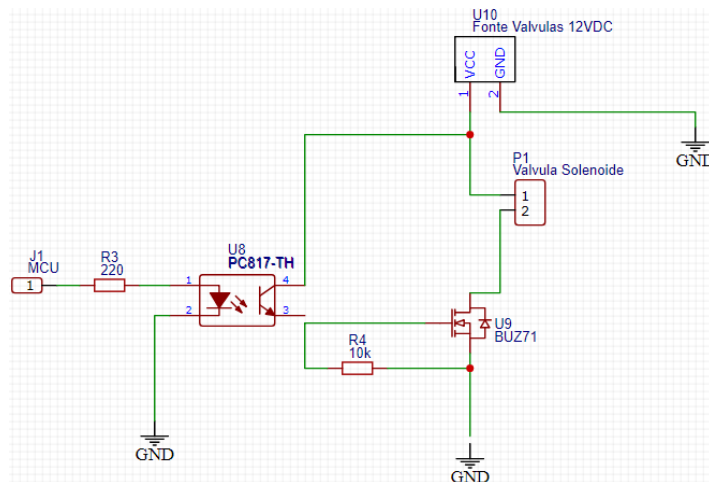


Figura 3- 8: Circuito de comando das válvulas (Fonte: autor)

3.3.9. Dimensionamento da fonte de alimentação

A fonte de alimentação será responsável por fornecer alimentação para os microcontroladores, os módulos de comunicação e de cartão de memória, o circuito de comando das válvulas e as suas respectivas válvulas, os sensores de fluxo, o display e o seleccionador de moedas. Conforme versado anteriormente o local para o qual se está a dimensionar o dispositivo dispõe apenas de energia fotovoltaica.

A entrada da alimentação do dispositivo será um conector com interface DC21MMX com centro positivo, cujas folhas dados se encontram em anexo. Escolheu-se essa interface por ser de fácil aquisição no território nacional, visto que a maioria dos dispositivos usam essa interface como é o caso das fontes de descodificadores da TV Cabo, DSTV, ZAP e GOTV.



Figura 3- 9: Jack de entrada da fonte (Fonte: Cui devices)

Abaixo nas tabelas 3-4 e 3-5 faz-se o levantamento das cargas a que fonte terá de alimentar por forma a determinar a corrente da fonte total que o dispositivo ira consumir. Tem-se duas tabelas de cargas, a primeira tabela diz respeito as cargas com tensão nominal de 5Vdc e a segunda tabela para cargas de 12Vdc.

Tabela 3- 4: Levantamento de cargas de 5V (Fonte: Autor)

Ordem	Carga	I _{Max}	V _{Nominal}
1	Microcontrolador ATmega2560	200mA	5V
2	Microcontrolador ATmega328P	200mA (x7)	5V
3	Sensor de fluxo	15mA (x7)	5V
4	Display LCD 20x5	40mA	5V
5	Módulo de cartão SD	30mA	5V
	Total	1775mA	

Tabela 3- 5 :Levantamento de cargas de 12V (Fonte: Autor)

Ordem	Carga	I _{Max}	V _{Nominal}
1	Válvulas Solenóides	420mA (x7)	12V
2	Seleccionador de moedas	50mA	12V
	Total	2990mA	

Do levantamento das cargas com base em respectivas folhas de dados e considerando as condições extremas, temos como dados:

$$I_{total\ 5Vdc} = 1775mA$$

$$I_{total\ 12Vdc} = 2990mA$$

A tensão máxima que as cargas irão solicitar, é de 12Vdc; assim dever-se-á utilizar uma bateria recarregável de 12Vdc com 7.2Ah, cujas folhas de dados estão em anexo.

Uma vez que a fonte será de 12Vdc, enquanto no dispositivo temos cargas com tensão nominal de 5Vdc e 12Vdc torna-se necessário que a tensão proveniente do banco de baterias seja regulada para tais níveis de tensão das cargas do sistema. No circuito da figura 3-10 para além de se regular a tensão de 12Vdc para 5Vdc foi incluído também um circuito opcional para regulação da tensão de entrada para 12Vdc, esse circuito opcional foi colocado para que no futuro caso a tensão de entrada seja alterada por imperativo da mudança do banco de baterias, não seja necessário efectuar alterações em termos de componentes no dispositivo.

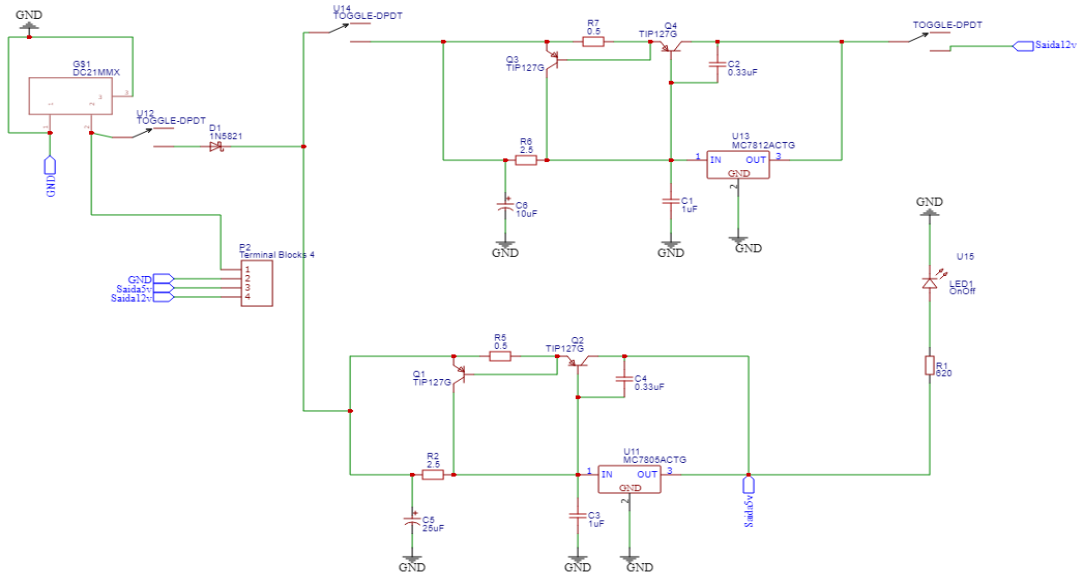


Figura 3- 10: Circuito de fonte de alimentação (Fonte: Autor)

No circuito da fonte alimentação após a interface DC21MMX, encontra-se um interruptor de duas posições da Littelfuse com referência 55014, que segundo as suas folhas de dados suporta 36 Vdc com uma corrente de 10A. Este interruptor terá como função ligar e desligar o dispositivo.

Torna-se necessário colocar-se um díodo de protecção contra a polaridade inversa ao circuito; o tal díodo deve ser específico para a protecção contra a polaridade inversa e tenha baixa queda de tensão. O díodo escolhido é o díodo com referência 1N5820, do tipo Schottky com uma queda de tensão de 0,4V.

Para a regulação de tensão optou-se por reguladores do tipo serie, de tensão fixa. Escolheu-se esses reguladores por serem os de melhor eficiência, e por possuir protecção contra curto-circuito e protecção térmica. Os reguladores em alusão têm por referência LM7805 e LM7812.

Por forma a estabilizar a tensão de entrada e saída, foram colocados capacitores de desvio em cada um dos reguladores. Os tais capacitores estão referenciados no circuito da fonte alimentação como de C1 até C6, a determinação dos valores das capacitâncias de desacoplamento teve como base a recomendação do fabricante através das folhas de dados dos reguladores que estão em anexo e combinado com literatura¹.

¹ Nas referências Bibliográficas

O dispositivo conforme ilustram as tabelas anteriores, relativas ao levantamento de cargas, a fonte de alimentação deve ser capaz de fornecer aproximados 2A e 3A para as tensões de 5V e 12V respectivamente. Entretanto os reguladores de tensão no máximo fornecem na sua saída 1A de corrente por regulador, de acordo com as folhas de dados.

Assim torna-se necessário que se aumente a corrente de saída para cada um dos reguladores.

Para aumentar a corrente requerida nos dois reguladores foram usados transístores externos cujo objectivo é amplificar a corrente de saída e assim suprir a demanda adicional de corrente que os reguladores não conseguem suportar.

Escolheu-se o transístor TIP127 em um encapsulamento TO-220 que pode amplificar a corrente até 5A, margem suficiente para as necessidades do circuito. No circuito da fonte de alimentação esses transístores têm a seguinte designação: Q4 e Q2.

Os reguladores é que irão fornecer corrente ao circuito quando esta for igual ou inferior a 1A. Quando a corrente for superior a 1A o transístor é activado para que forneça a corrente adicional, e para tal foi calculado o resistor detector de corrente (R6 e R2).

Das folhas de dados dos transístores e reguladores temos:

$$V_{BE(on)} = 2.5V$$

$$I_{Reg} = 1A$$

Aplicando a lei Ohm temos:

$$R_6 = R_2 = \frac{V_{BE(on)}}{I_{Reg}} = \frac{2.5}{1} = 2.5\Omega \quad (3-3)$$

Com estes transístores apenas já estava resolvido o problema da corrente, porém colocando apenas o Q4 ou Q2 estar-se-ia a fazer um desvio da corrente de entrada para a saída e com isso tem-se como consequência a perda da protecção de curto-circuito e térmica que os reguladores oferecem. Para colmatar esse problema foram colocados outros transístores idênticos aos Q6 e Q4 designados por Q3 e Q1.

Esses transístores, Q3 e Q1, têm como função proteger o circuito contra curto-circuito, e para tal o foi calculado o resistor de activação de protecção de curto-circuito designados pêlos paralelos (R7,R14) e (R5, R15) com base nas folhas de dados dos transístores.

$$I_C = 5A$$

$$V_{BE(on)} = 2.5V$$

Aplicando a lei Ohm temos:

$$R_{5,15} = R_{7,14} = \frac{V_{BE(on)}}{I_C} = \frac{2.5}{5} = 0.5\Omega \quad (3-4)$$

Nota: Não estando padronizado o de 0.5Ω na tabela de valores comerciais do fornecedor, fez se o paralelo de resistor de 1Ω para obter o valor desejado.

Os resistores calculados têm a função de criar uma diferença de potencial entre a base e o emissor dos transístores de modo que esses possam ser activados, e só serão activados quando circular uma corrente de 1A no regulador passando por R6 e R2, e uma corrente de 5A por R5 e R7 através de Q2 e Q4 respectivamente.

Temos ainda no circuito da fonte alimentação, na figura 3-10, uma bateria recarregável de 3.7V 2500mAh, esta bateria será responsável por alimentar os módulos de comunicação optou-se por colocar uma exclusiva para o módulo de comunicação devido ao elevado consumo de corrente que possui e para garantir que o sistema esteja sempre comunicável. No circuito temos o sub-circuito de carregamento desta bateria baseado no transístor MOSFET. Conectou-se o terminal de entrada do transístor a um regulador *Shunt*, formado um por um zener ajustável. O circuito de carregamento liga e desliga o carregamento da bateria de forma automática através do resistor R9 e do Zener.

3.3.10. Dimensionamento do circuito para o relógio do sistema

O dispositivo de dosagem de água, ao efectuar o registo da quantidade de água vendida deve igualmente registar a data e hora em que essa venda ocorreu. Assim torna-se necessário o dimensionamento de um circuito que irá se encarregar por manter a hora actualizada ao microcontrolador mestre.

O circuito para o fornecimento da hora e data do microcontrolador será baseado no circuito integrado MCP7940N da fabricante Microchip. A escolha deste circuito integrado foi em parte influenciado pelo facto de os microcontroladores usados no projecto serem do mesmo fabricante e por lado pela facilidade de implementação desse circuito integrado comparado com os outros da mesma categoria.

Na figura 3-11 temos o circuito típico para o circuito integrado MCP7940N recomendado nas folhas de dados do fabricante.

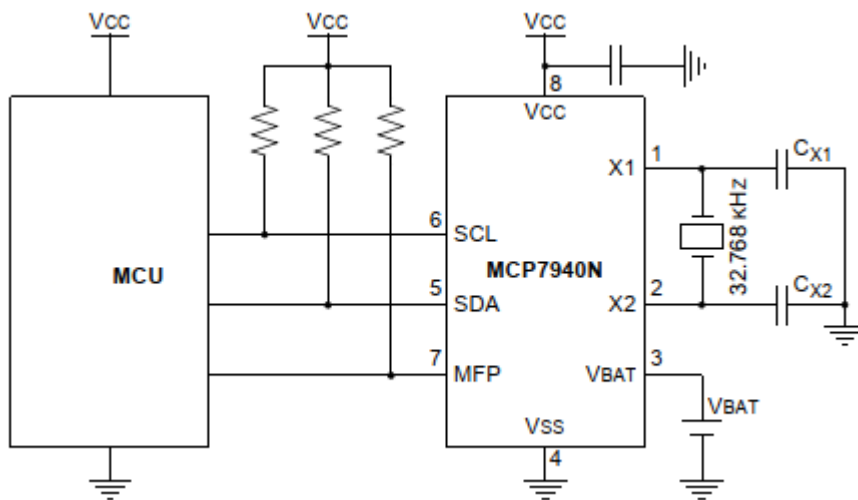


Figura 3- 11: Circuito de típico de aplicação do CI MCP7940 (Fonte: Microchip)

O circuito integrado MCP7940N foi desenhado para operar com um cristal padrão de 32.768 kHz acoplado a capacitores externos de carga. As folhas de dados recomendam que o cristal deve ter uma capacitância de carga compreendida entre 6 e 9pF.

Aos pinos 5, 6 e 7 deve-se conectar resistores de *pull-up* com valor de 10kΩ conforme as folhas de dados. No pino 3 colocou-se uma bateria de *backup* com referência CR2032.

3.3.10.1. Determinação dos capacitores externos

Das folhas de dados do circuito integrado MCP7940N temos que o capacitor de carga é dado pela fórmula abaixo:

$$C_L = \frac{C_{x1} \times C_{x2}}{C_{x1} + C_{x2}} + C_{STRAY} \quad (3-5)$$

Onde:

C_L – é o capacitor de carga

C_{x1} e C_{x2} – são respectivamente os capacitores externos em $X1+C_{osc}$ e $X2+C_{osc}$

C_{STRAY} – é a capacitância do circuito impresso (PCB)

No desenho do circuito impresso do microcontrolador mestre onde se encontra o circuito responsável por oferecer a hora e data ao sistema, os capacitores foram colocados próximo ao microcontrolador e os componentes do circuito de oscilação se encontram do mesmo lado que o circuito integrado MCP7940N, conforme as recomendações do desenho do *layout* recomendado pelos fabricantes de circuitos de módulos de RTC.

Nesse projecto consideramos os valores da recomendação técnica SNLA290, (2019) da Microchip para os valores da capacitância do circuito como:

$$C_{STRAY_{Min}} = 2pF$$

$$C_{STRAY_{Max}} = 5pF$$

Determinou-se o valor médio da capacitância de circuito impresso para o projecto assim ficamos com:

$$C_{STRAY_{Med}} = \frac{C_{STRAY_{Min}} + C_{STRAY_{Max}}}{2} = 3.5pF \quad (3-6)$$

De acordo com o fabricante temos para capacitância de carga:

$$C_{L_{Min}} = 6pF$$

$$C_{L_{Max}} = 9pF$$

Para a equação 3-5 assumimos que:

$$C_{x1}=C_{x2}= C_x$$

E então a equação 3-5 reduz-se a:s

$$C_L = \frac{C_x^2}{2C_x} + C_{STRAY}$$

(3-7)

$$C_L = \frac{C_x}{2} + C_{STRAY}$$

$$C_x = 2(C_L - C_{STRAY})$$

Os capacitores ficam dados por:

$$C_{x_{Min}} = 2(6 - 3.5) = 5pF$$

$$C_{x_{Max}} = 2(9 - 3.5) = 11pF$$

Os capacitores devem estar no intervalo de [5,11] pF.

3.3.11. Dimensionamento do circuito impresso

No desenho dos circuitos impressos deste projecto foram consideradas as directrizes emanadas pelo IPC - Instituto dos Circuitos Impressos, no seu padrão IPC-2221 e pelo IPC-2152, o primeiro padrão estabelece os requisitos gerais para o projecto de circuito impresso bem como a montagem dos componentes e o segundo padrão estabelece as normas para a determinação da capacidade de corrente no desenho do circuito impresso.

Sendo que usou-se uma planilha excel mostrada na figura 3-12, para a determinação dos DRC de acordo com as normas IPC.

Trace Width Calculator									
requirement		copper thickness		nearest plane		board		safety margin	
current (amps)	5	trace oz	1	distance (mils)	20	thickness (mils)	63	percent derate	10
temp rise	30	plane oz	1	plane area (sq)	< 20"	material	FR4	WIDTH (mils)	48
Chart Value	108	equiv.temp	34.2	equiv.temp	74.5	equiv.temp	67.4	adjusted CV	56

version 3.1415926 (based on IPC-2152, "Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design") a gift from Jack and Borko

<http://FrontDoor.biz/PCBportal/HowTo2152.pdf>

This calculator uses data from IPC-2152 Figure 5-2 (Universal Chart), which should only be used if the board area is at least 3x3".

For smaller boards, IPC-2152 Figure 5-1 should be used (Conservative Chart).

The article "Determining Circuit Board Current Carrying Capability" proposed a method of using an estimated cross-sectional area for a given current and temperature rise, and then modifying the cross-sectional area for specific design parameters. This approach was incorrect, because IPC-2152 Appendix A describes changes in expected temperature rise, not cross-sectional area. This calculator performs the adjustments correctly, using "equivalent temperatures".

Use these estimates at your own risk.... Derating is strongly encouraged!

Figura 3- 12: Calculadora de trilha e DRC (Fonte: Olson, J.2020)

Para além dos padrões IPC, foi igualmente considerado no desenho dos circuitos impressos as recomendações das folhas de dados que versavam sobre o projecto do circuito impresso, como por exemplo no desenho do circuito impresso do relógio do sistema.

A tabela 3-6 ilustra os tamanhos considerados para as trilhas dos circuitos impressos.

Tabela 3- 6: Tamanho das trilhas segundo o padrão IPC-2221

Current/A	Track Width(mil)	Track Width(mm)
1	10	0.25
2	30	0.76
3	50	1.27
4	80	2.03
5	110	2.79
6	150	3.81
7	180	4.57
8	220	5.59
8	260	6.60
10	300	7.62

4. CAPÍTULO IV – IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

4.1. Situação actual



Figura 4- 1: Imagem da situação actual em um posto de abastecimento de agua por furos (Fonte: Autor)

4.2. Situação com a instalação do sistema (Proposta)

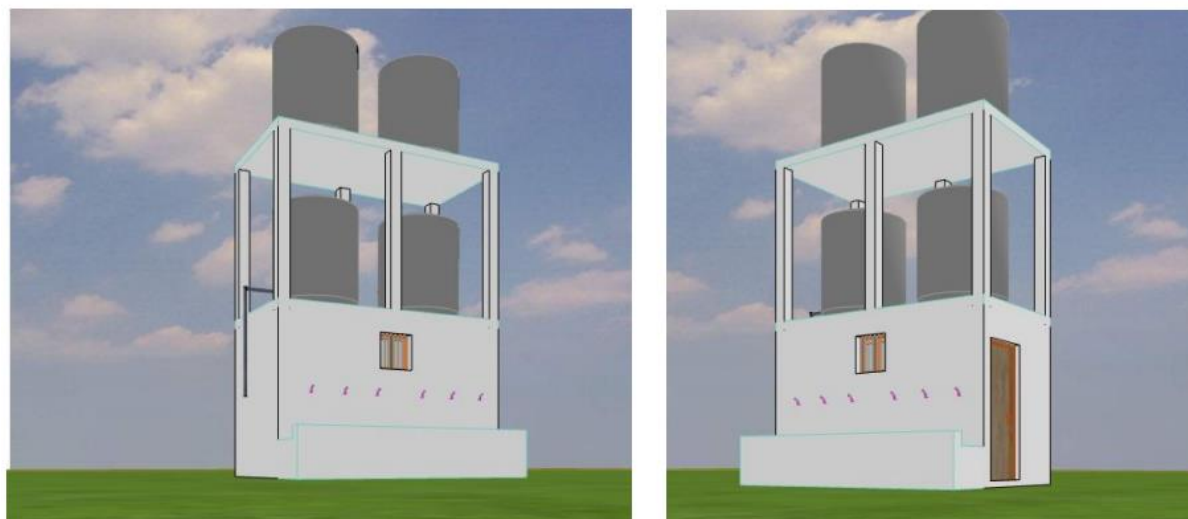


Figura 4- 2: Imagem ilustrativa de como deveria estar o local, com colocação da janela para o operador interagir com o público (Fonte: Autor)

Na parte frontal dever-se-á montar uma pequena janela como ilustra a imagem para operador ter contacto com os clientes.

4.3. Resultado dos circuitos impressos

4.3.1. Placas de circuito impresso antes de soldar componentes

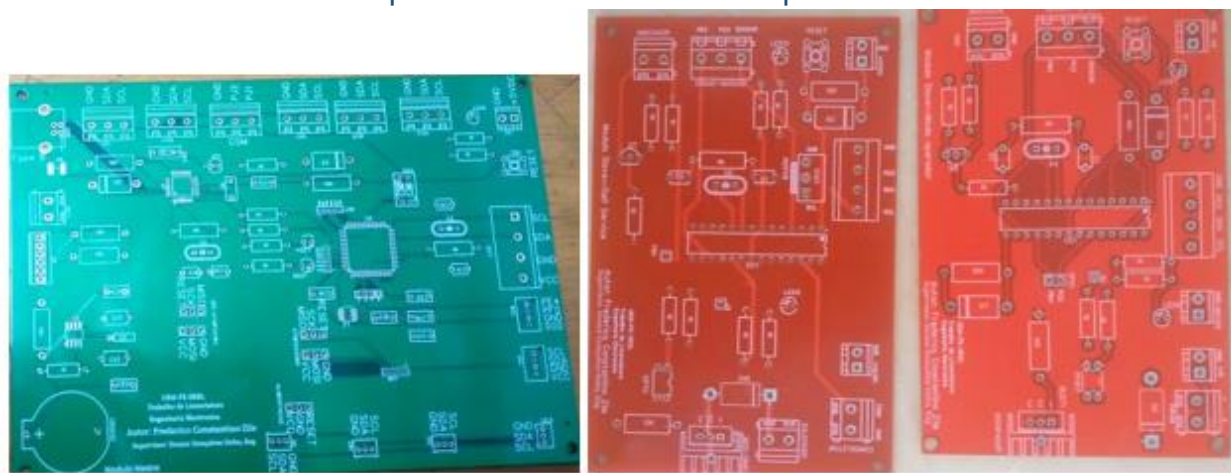


Figura 4- 3: PCB mestre a esquerda e escravos a direita (Fonte: Autor)

4.4. Painel para operador



Figura 4- 4: Painel do operador (Fonte: Autor)

4.5. Painel do modo self-service



Figura 4- 5: Seletor de moedas (Fonte: Autor)

4.6. Parte interna do painel modo operador



Figura 4- 6 : Parte interna do painel do operador (Fonte: Autor)

4.7. Levantamento de custos

Neste ponto fazemos o levantamento dos custos para a realização do projecto e estimar um valor para o produto final.

Na tabela 4-1, encontram-se a relação do material bem como serviços que são necessários para a execução do projecto.

Tabela 4- 1: Tabela dos custos (Fonte: Autor)

Descrição	Quantidade	Custo Unitario	Moeda	Cambio	Total Mt
Valvula + sensor de fluxo 3/4 bronze	6	35	USD	64.43	13530
PCB mestre	1	4	USD	64.43	257.72
PCB Escravo modo operador	3	3	USD	64.43	579.87
PCB Escravo modo Self-Service	1	3	USD	64.43	193.29
PCB Fonte de alimentação	1	4	USD	64.43	257.72
Seletor de moedas	1	23	USD	64.43	1481.9
Componentes circuito mestre	1	65	USD	64.43	4188
Componentes dos circuitos Escravos	6	45	USD	64.43	17396
Armario metalico	1	2500	MZN	1	2500
Display Grafico	1	1500	MZN	1	1500
Botoeiras	6	2	USD	64.43	773.16
Indicadores luminosos	6	50	MZN	1	300
Butao ON OFF	1	100	MZN	1	100
Balde 60litros	2	500	MZN	1	1000
Material canalizacao hidraulica	1	1000	MZN	1	1000
Mao de obra canalização	1	900	MZN	1	900
Tubo metalico 20x20x1.2mm	3	450	MZN	1	1350
Electrodos(kg)	0.5	450	MZN	1	225
Modulo cartao SD	1	5	USD	64.43	322.15
SIM800L	1	18	USD	64.43	1159.7
Mao de obra Geral	1	25000	MZN	1	25000
Total*					74014.89

O custo total para execução do projecto é estimado em setenta e cinco mil (75.000,00) meticais. Produzindo estes dispositivos o custo pode reduzir para a metade, isto porque a maior parte dos componentes foi comprada como amostras e nestes casos o valor é superior

em relação a comprar em quantidades. Para além do custo de transporte internacional que não favorece a aquisição de pequenas quantidades.

4.8. Plataforma usada para registo de dados na nuvem

Para servir de banco de dados na nuvem escolheu-se a plataforma ThingSpeak. ThingSpeak é uma plataforma IoT, figura 4-7, que permite a colecta de dados na nuvem, visualização e análise em tempo real dos dados, podendo integrar c/o Matlab por exemplo.

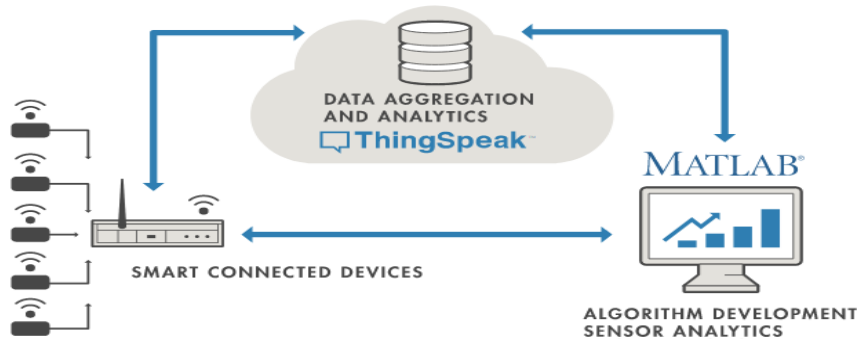


Figura 4- 7: Funcionamento da plataforma (fonte: thingspeak.com)

Na figura 4-8 é mostrada uma visualização do painel na plataforma ThingSpeak, durante as simulações do protótipo.

Channel Stats

Created: 5 minutes ago
Last entry: about a minute ago
Entries: 29

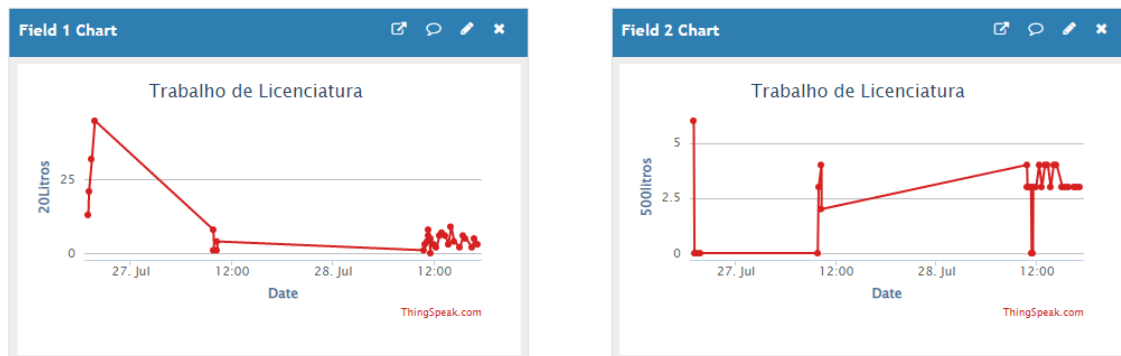
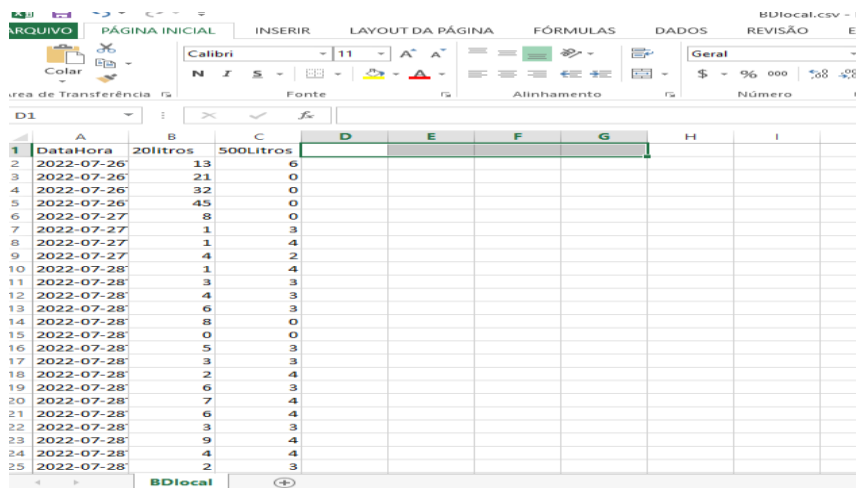


Figura 4- 8: Visualização gráfica de dados na nuvem (Fonte: thingspeak.com)

A plataforma permite exportar os dados em formato Excel para a visualização, onde se pode, usando os recursos do Excel, processar os dados para visualização das vendas diárias ou qualquer outro período de interesse.

4.9. Banco de dados local

O sistema faz o registo dos dados num cartão de memória e guarda os dados em um ficheiro no formato (.csv) que pode ser visualizado usando planilhas do Excel conforme a figura 4-9.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	DataHora	20litros	500Litros						
2	2022-07-26	13	6						
3	2022-07-26	21	0						
4	2022-07-26	32	0						
5	2022-07-26	45	0						
6	2022-07-27	8	0						
7	2022-07-27	1	3						
8	2022-07-27	1	4						
9	2022-07-27	4	2						
10	2022-07-28	1	4						
11	2022-07-28	3	3						
12	2022-07-28	4	3						
13	2022-07-28	6	3						
14	2022-07-28	8	0						
15	2022-07-28	0	0						
16	2022-07-28	5	3						
17	2022-07-28	3	3						
18	2022-07-28	2	4						
19	2022-07-28	6	3						
20	2022-07-28	7	4						
21	2022-07-28	6	4						
22	2022-07-28	3	3						
23	2022-07-28	9	4						
24	2022-07-28	4	4						
25	2022-07-28	2	3						

Figura 4- 9: Captura de tela dos dados gravados localmente (Fonte: Autor)

4.10. Análise da eficiência

Por forma a aferir o grau de satisfação do sistema em relação aos objectivos específicos do trabalho no que diz respeito à redução do desperdício de água, o autor para determinar a eficiência do sistema recorreu à técnica de comparação do volume de água do sistema por ele dimensionado e construído, com o volume de água dos sistemas actualmente em vigor.

Vale ressaltar que para este último, o volume foi baseado nas observações, tendo constatado que ao se retirar a água pelo modo manual os utentes dos sistemas de abastecimento de água enchem os seus recipientes até ao limite máximo, em praticamente todos os casos, a água chega a transbordar o recipiente.

Do levantamento de dados no laboratório através da medição da massa para um recipiente de 5litros, considerando uma amostra de cinco (5) medições obteve-se os seguintes dados:

Tabela 4- 2: Levantamento de dados para análise (Fonte: Autor)

Ord	Tara	M _T	M _{TR}	M _S	M _{SR}
1	0.155	5.505	5.350	5.235	5.080
2	0.155	5.565	5.410	5.255	5.100
3	0.150	5.485	5.335	5.225	5.075
4	0.155	5.49	5.335	5.235	5.080
5	0.155	5.645	5.490	5.24	5.085

Todos os dados estão em Quilogramas.

Onde:

Tara – corresponde a peso do recipiente de 5litros que contem a água

M_T - corresponde ao peso bruto da agua retirada do sistema em uso

M_S - corresponde ao peso bruto da água retirada do sistema proposto

M_{TR} - corresponde ao peso líquido da água retirada do sistema em uso

M_{SR} - corresponde ao peso líquido da água retirada do sistema proposto

$$M_{TR} = M_T - Tara \quad (4-1)$$

$$M_{SR} = M_S - Tara \quad (4-2)$$

Para esta análise escolheu-se trabalhar com a massa, pois, esta grandeza pode ser facilmente determinada com recurso a uma balança: dada a densidade da água, sabe-se que 1 litro de água corresponde a 1 quilograma de massa.

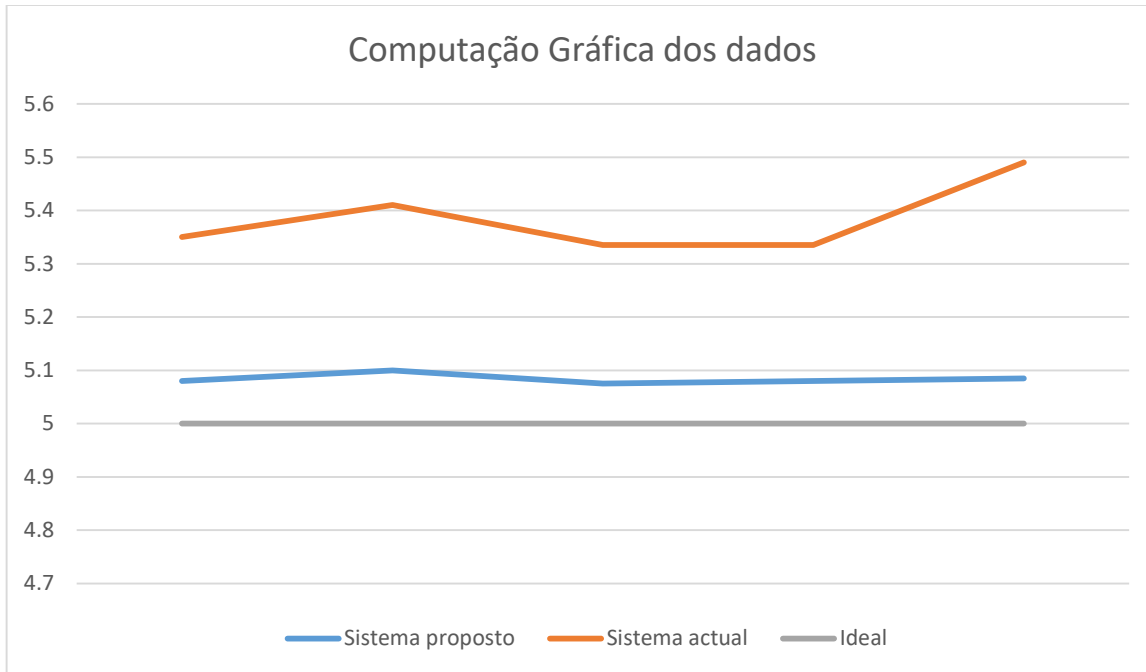


Figura 4- 10: Gráfico comparativo dos valores do dispositivo, valores usando modo manual e valores ideais (Fonte: Autor)

4.10.1. Determinação da média aritmética dos dados

$$\bar{M}_{SR} = \sum_{i=1}^n M_{SRi} \quad (4-3)$$

$$\bar{M}_{TR} = \sum_{i=1}^n M_{TRi} \quad (4-4)$$

Onde:

\bar{M}_{SR} - é media aritmética da massa líquida do sistema proposto

\bar{M}_{TR} - é media aritmética da massa líquida do sistema em uso (s/automatização)

$$\bar{M}_{SR} = \frac{5.080 + 5.100 + 5.075 + 5.080 + 5.085}{5} = \frac{25.42}{5} = 5.084kg$$

$$\bar{M}_{TR} = \frac{5.350 + 5.410 + 5.335 + 5.335 + 5.490}{5} = \frac{26.92}{5} = 5.384kg$$

4.10.2. Determinação do desvio padrão

Segundo Gouveia (2017), O desvio padrão é uma medida que expressa o grau de dispersão de um conjunto de dados. Ou seja, o desvio padrão indica o quanto um conjunto de dados é uniforme. Quanto mais próximo de 0 for o desvio padrão, mais homogêneos são os dados.

$$Dp_{SR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{SRi} - \bar{M}_{SR})^2}{n}} \quad (4-5)$$

$$Dp_{TR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{TRi} - \bar{M}_{TR})^2}{n}} \quad (4-6)$$

Onde:

Dp_{SR} – é o desvio padrão do sistema proposto

Dp_{TR} – é o desvio padrão do sistema em uso

$$Dp_{SR} = \sqrt{\frac{(5.080 - 5.084)^2 + (5.100 - 5.084)^2 + (5.075 - 5.084)^2 + (5.080 - 5.084)^2 + (5.085 - 5.084)^2}{5}}$$

$$Dp_{SR} = \sqrt{\frac{0.00037}{5}} = 0.0086$$

$$Dp_{TR} = \sqrt{\frac{(5.350 - 5.384)^2 + (5.410 - 5.384)^2 + (5.335 - 5.384)^2 + (5.335 - 5.384)^2 + (5.490 - 5.384)^2}{5}}$$

$$Dp_{TR} = \sqrt{\frac{0.01787}{5}} = 0.05978$$

4.10.3. Determinação do rendimento

Dado que o valor ideal da massa para 5 litros de água 5000 gramas (5kg). E os valores médios das massas para os sistemas actualmente em uso nos furos de água e para o sistema propostos estimam-se com base em cálculos demonstrados anteriormente em: 5384 e 5084 gramas respectivamente.

Por analogia a determinação do rendimento de uma máquina na engenharia ou física, nesta análise usa-se os mesmos princípios.

Sabendo do valor ideal podemos determinar o valor do erro em cada um dos sistemas:

$$e_S = 5084 - 5000 = 84 \text{ gramas} \quad (4-7)$$

$$e_T = 5384 - 5000 = 384 \text{ gramas} \quad (4-8)$$

Para o rendimento teremos:

$$ef = 1 - \frac{e}{\text{ValorIdeal}} \quad (4-9)$$

$$ef_S = 1 - \frac{84}{5000} = 0.9832 = 98.32\%$$

$$ef_T = 1 - \frac{384}{5000} = 0.9232 = 92.32\%$$

Com base nos resultados acima, constata-se que o sistema proposto é mais eficiente em relação aos actuais sistemas controlados de forma manual.

Constata-se igualmente que este sistema permite economizar pelo menos 6%, visto que, acreditamos por observação e experiência, os actuais sistemas possuem perdas superiores que as analisadas neste trabalho. O valor de 6% é portanto apenas indicativo. Com medições mais longas, há o potencial de se confirmar que o diferencial de perdas é bem superior. Contudo este resultado é muito satisfatório em termos de demonstração experimental da qualidade do protótipo, sendo uma antevisão dos ganhos que os futuros sistemas à escala industrial poderão providenciar.

5. CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

O trabalho tinha como objectivo geral o dimensionamento e a construção de um dispositivo/sistema para a dosagem de água num posto de abastecimento de água do tipo furo. Para se alcançar esse objectivo foram definidos cinco objectivos específicos, nomeadamente: identificação dos requisitos e necessidades do sistema, os componentes necessários para a construção do sistema, o dimensionamento dos circuitos necessários para a construção do sistema e por fim as simulações e avaliação do desempenho do sistema.

Uma vez identificado o problema e definido o objectivo geral, procurou-se identificar as necessidades e os requisitos do dispositivo de hardware e do sistema como um todo. Para o alcance deste objectivo foi efectuada uma visita de estudo a um posto de abastecimento de água através de furo, conforme documentado nos pontos 3.1.1., 3.3.1. e anexo 14.

O segundo objectivo específico foi alcançado, através da consulta das folhas dados dos fabricantes, das notas técnicas e consultas bibliográficas que se encontram referenciados no trabalho e nos anexos.

Nos anexos 15 ao anexo 18 tem-se os circuitos electrónicos do dispositivo dimensionados o que permitiu os objectivos referentes ao dimensionamento dos circuitos fossem alcançados com sucesso. Os mesmos circuitos foram desenhados com recurso ao software EasyEda.

O último objectivo também foi alcançado com sucesso. Antes da montagem e fabricação dos circuitos impressos o autor efectuou simulações no Proteus por um lado, e com recurso a placas Arduino por outro; posteriormente procedeu a testes no aplicativo EasyEDA. Tendo as simulações e testes efectuados com sucesso, seguiu-se a fase de aquisição do material, fabricação dos circuitos impressos e a montagem do sistema.

Em conclusão, considera-se que o sistema tem um excelente desempenho a considerar que consegue dosar a quantidade de água previamente configurada, faz o controlo da quantidade de água vendida e reporta estes dados parciais e finais através do registo nos bancos de dados tanto local assim como na nuvem, sendo que ainda pode-se aceder a esses dados remotamente através da plataforma Thingspeak ou por via de SMS. O modo *self-service*

colocado no sistema dá a liberdade dos clientes adquirirem a água sem a necessidade da intervenção do funcionário do posto de abastecimento de água.

Desta forma pode-se afirmar que objectivo essencial do trabalho foi integralmente cumprido, havendo condições para a sua potencial aplicação no ambiente destinado.

5.2. Recomendações

- 1) Tendo em conta a limitante tempo o autor não logrou efectuar um estudo mais aturado da eficiência do sistema, desta forma torna-se necessário efectuar estudos mais longos no terreno para certificar a eficiência do sistema que acima foi calculada sendo, apenas indicativa, havendo potencial de se demonstrar que o diferencial de eficiências ultrapassa possivelmente os 10% com o uso deste sistema versus a dosagem completamente manual. Assim recomendamos que em futuros trabalhos se faça uma análise mais profunda da eficiência deste sistema comparado com os actuais manuais.
- 2) Desenvolvimento de uma plataforma informática de gestão que possa permitir que o sistema desenvolvido possa ser integrado e essa plataforma informática use os dados nos bancos de dados e realize pós-processamento mais avançado para cumprir outros objectivos do negócio tal como a contabilidade;
- 3) Elaboração de um manual de utilizador do sistema tanto para o modo operador assim como modo *self-service*;
- 4) Elaboração de códigos de erros acompanhados de uma brochura com os significados de cada erro, para os técnicos de reparação tenham um guião.

6. BIBLIOGRAFIA

6.1. Referências bibliográficas

- Aerbas. 2006 - A diferença entre uma fonte linear e uma fonte de alimentação chaveada. Disponível em: <https://aerbras.com.br/a-diferenca-entre-uma-fonte-linear-e-uma-fonte-de-alimentacao-chaveada>
- Bongas. 2018 – Válvulas solenóide: tipos, funcionamento e aplicações. Disponível em: <https://bongas.com.br/valvula-solenioide-tipos-funcionamento-e-aplicacoes/> consultado no dia 17 de Fevereiro de 2022 as 16horas
- Braga, N. 2012 - Como funcionam os Relés de Estado Sólido (ART651). Disponível em: <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/4915-art651> consultado no dia 24-02-2022 as 18h45
- Braga, N. 2012 - Relés - Conceitos e Aplicações. 2ª Edição, Instituto Newton C. Braga, São Paulo
- Braga, N. 2013 - Fontes de Alimentação. 1ª Edição, Instituto Newton C. Braga, São Paulo
- Caraballo, G. 2015 - An Arduino based control system for a Brackish water desalination plant. University of North Texas
- Cendron, M. -Interrupções e Arduino. Instituto Federal Catarinense. Campus Luzerna
- CSB Battery. GP 1272: 12V 7.2Ah datasheet. Disponível em: www.csb-battery.com
- Da Silva, I. De Carvalho, S. 2011 -Domótica: uma abordagem sobre redes, protocolos e soluções microprocessadas de baixo custo.
- DAIMI, S.S. et al. 2016 - Design and Development of GSM based Prepaid Water Meter, IJAREEIE, Volume 5, n 91/20, paginas 1841 – 1856
- Direcção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento. 2022 – Cobertura de abastecimento de água. Disponível em Direcção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento
- Egito, R. 2013 - Válvula Solenóide. Jefferson – Engenharia de Processos Indústrias. Brasil
- Floyd, T. 2007 - Sistemas digitais: fundamentos e aplicações, 9ª edição, Bookman, Porto Alegre
- HW, G. How (not) to destroy a relay. Disponível em: <https://www.hw-group.com/cs/podpora/how-not-to-destroy-a-relay> consultado 05/04/2022
- IPC-2152. 2009 - Standard for Determining Current Carrying Capacity in Printed Board Design, IPC
- IPC-2222A. 2003 - Generic Standard on Printed Board Design, IPC

Jefferson. 2018 - Válvula Solenóide. Disponível no seguinte sitio de internet: <https://www.jefferson.ind.br/conteudo/valvula-solenode.html> consultado no dia 17 de Fevereiro de 2022 as 16h 30

Luiz, S. 2009 -Sistemas microcontrolados, aula4. Obtido em: <https://pt.scribd.com/document/241533267/Aula-4-Campo> no dia 11/01/2021

Meza, R. Quispe, C. 2014 - Curso básico de PIC16f877 & LCD Alfanumérico.

Murata. Basic knowledge concerning TVS Diodes (ESD Protection Devices). Disponível em: <https://www.murata.com/en-eu/products/emc/esd/library/basicesd> consultado 20/04/2022

Ngugi, M. 2016 - A low cost water consumption meter system based on GSM technology. Kenyatta University, Nairobi

NXP Semicconductors. -I2C- bus specification and user manual. UM10204. 6th edition.

Olson, J. 2020 – Determining Circuit Board Current Carrying Capability. IPC

ONsemi. 2017 – Buz11: datasheet. 3rd revision. Semiconductor Components Industries.

ONsemi. 2021 – Voltage regulators-positive MCP7800: datasheet. 29th revision. Semiconductor Components Industries.

Padilla, J. 2016 - Design and construction of an automatic system for water maintenance of domestic pool. Vol I, Universitat Politcnica de Catalunya, Barcelona

Pedroso, M. 2021 - Funcionamento de um relé de estado sólido. Disponível em: <https://eletrodinamica.com/?p=960> consultado no dia 24-02-2022 as 18h

Peña, J. Ráez, M. – Dispositivos electrónicos de potência: Optoacopladores. Disponível em: https://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/opto.htm consultado 05/04/2022

Petry, C. 2007 – Fontes Lineares x Fontes Chaveadas. CEFETSC. Brasil

Power, EE. PTC Thermistor. Disponível em: <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-types/ptc-thermistor> consultado 19/04/2022

RH, M. 2019 - Relé de estado sólido: funcionamento e vantagens. Disponível em: <https://blog.rhmaterialeletricos.com.br/como-funciona-um-rele-de-estado-solido/> consultado no dia 24-02-2022

Robledo, E. 2021 - Everything You Need to Know About Trace Width. Disponível em <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/trace-width/> consultado em 03-02-2022

SeedStudio. 2020 - How to select the best water flow sensor for your Arduino project. Disponível em: <https://www.seeedstudio.com/blog/2020/05/30/how-to-select-the-best-water-flow-sensor-for-your-arduino-project/> consultado 13/02/2022

Sharp, C. 2003 - PC817X Series. Sheet No.: D2-A03101EN

SILVEIRA, C. B. 2017 - Como Funciona a Válvula Solenóide e Quais os Tipos? Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/valvula-solenóide/> consultado no dia 17 de Fevereiro de 2022 as 16horas

SIMCom. 2013 - SIM800L Hardware Design. 1st edition. Shanghai

TDK. - Application Note How to use PTC thermistors as current protection. Disponível em: https://product.tdk.com/en/techlibrary/applicationnote/howto_ptc-limiter.html consultado 19-04-2022

Texas Instruments. 2004 – Constructing Your Power Supply: Layout Considerations. Texas Instruments Power Supply Design Seminar SEM1600, Topic 4. P2-22

Vishay. 2022 - 20x4 Character LCD: LCD-020N004L. Document Number: 37314. Disponível em: <http://www.vishay.com/doc?91000>

Wendling, M. 2010 -Sensores. 2ª Edição. Universidade Estadual Paulista. Brasil.

Wikipedia. Protocol (Ciencia da computacao). Obtido no seguinte sitio de internet: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_\(ci%C3%A2ncia_da_computa%C3%A7%C3%A3o\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_(ci%C3%A2ncia_da_computa%C3%A7%C3%A3o))

Yadav, J. 2017 - Automated Smart Water Vending Machine. International Conference on Digitalization: Impact on Indian Society. Pag: 5-6

Zahid, F. 2020 - 12 Volt DC Solid State Relay using BUZ71A. Disponível em: <https://circuits-diy.com/12-volt-dc-solid-state-relay-using-buz71a> consultado 05/04/2022

6.2. Outras bibliografias consultadas

- 1) Alves, M. d. P., 2012. Metodologia Científica. Escolar editora, Lisboa
- 2) DEL-MASSO, M.; COTTA, M.; SANTOS, M. 2014 -Ética em Pesquisa Científica: conceitos e finalidades. UNESP. São Paulo
- 3) Faculdade de Engenharia. 2009 -Regulamento de culminação de estudos nos cursos de engenharia. UEM. Maputo
- 4) Lakatos, E. Marconi, M. 2003 -Fundamentos de metodologia científica. Editora Atlas. 5ª edição. São Paulo.
- 5) Malvino, A. 2016 – Eletrônica. 8ª edição, Bookman, Porto Alegre

7. ANEXOS

7.1. Anexo 1: Folha de dados das válvulas solenóide NORMALLY CLOSED INLET VALVE - ZJFPDJ-08

Quick Details

Type: Washing Machine Valves, SOLENOID VALVES, Drain Valves
Customized support: OEM, ODM
Place of Origin: Guangdong, China
Brand Name: SEA
Model Number: G3/4" COPPER SOLENOID VALVE
Application: Water vending machine, home devices, industry (nonmilitary)
Temperature of Media: Medium Temperature

Power: Solenoid
Media: Water, gas, oil
Port Size: G3/4
Structure: BUTTERFLY
Standard or Nonstandard: Standard
Product name: SEA DC12V G3/4" all-copper normally closed valve
Model No.: G3/4" COPPER SOLENOID VALVE
Inlet & Outlet Diameter:

Application: Water control switch valve

Main Technical Parameter

- * the operating environment is not more than 2500 meters above sea level;
- * Medium Temperature: 0~100°C: Degree Celsius (Nitrile Rubber 0°C~+60°C; Silicone Rubber 0°C~+100°C)
- * Environment temperature: +1°C~+45°C; Water temperature: 0°C~ +60°C; leve Storage and transportation temperature: -30°C~ +60°C
- * Applicable Medium: Water, Gas, Oil
- * Protection level IP00; Relative humidity is $\leq 95\%$

Operating Parameter

A. Rated Operating Voltage

Direct Current: DC6V, DC9V, DC12V, DC24V;

Alternating current: AC6V, AC9V, AC12V, AC24V, AC36V, AC110V, AC220V...;

Power Level: 4W, 5W, 6W, 7W, 8W...;

B. Operating Current

C. Operating Pressure: 0.02-0.8MPa = 0.2-8KG; Withstand static pressure no less than 2.0MPa.

N o.	Rated Voltage (v)	Rated Current(A)	DC Resistance(20°C)(Ω)	N o.	Rated Voltage (v)	Rated Current(A)	DC Resistance(20°C)(Ω)
	Rated Power(w)				Rated Power(w)		
1	DC12V 5W	0.42A	27.7 \pm 0.6	2	AC12V 5W	0.43A	15.5 \pm 0.5
3	DC24V 4.5W	0.19A	119 \pm 2.4	4	AC220 V 4.5W	0.02A	4.6 \pm 0.2

D. Flow Range / Characteristic

0.02Mpa>2L/min;

0.10Mpa>10L/min;

0.30Mpa>16L/min;

0.80Mpa>28L/min

E. Operating Mode: Normally closed inlet valve

Product Package

1 x Solenoid Valve

Subdivision of Solenoid valve

1. Normally Open: Close the valve when it is energized.
2. Normally Close: Open the valve when it is energized.
3. Inlet Valve: Used in an environment with water pressure of 0.02-0.8MPa.
4. Drain Valve: Used in an environment without water pressure, and It refers to the water column working pressure $\leq 400\text{mm}$.
5. Installation: Parallel (180) ; Angle (90)
6. Interface connection: G1/4" / G1/2" / G3/4" (Thread) ; 6mm / 8mm / 10mm / 12mm (tube fast connect)
7. Voltage: DC3V, DC6V, DC12V, DC24V, AC220V

Product Information



7.2. Anexo 2: folhas de dados do PC817

PC817X Series

*4-channel package type is also available.
(model No. **PC847X Series**)

DIP 4pin General Purpose Photocoupler



■ Description

PC817X Series contains an IRED optically coupled to a phototransistor.

It is packaged in a 4pin DIP, available in wide-lead spacing option and SMT gullwing lead-form option.

Input-output isolation voltage(rms) is 5.0kV.

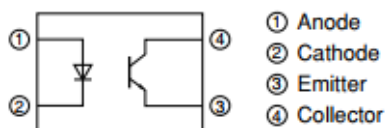
Collector-emitter voltage is 80V(*) and CTR is 50% to 600% at input current of 5mA.

■ Features

1. 4pin DIP package
2. Double transfer mold package (Ideal for Flow Soldering)
3. High collector-emitter voltage (V_{CE0} :80V(*)
4. Current transfer ratio (CTR : MIN. 50% at $I_F=5$ mA, $V_{CE}=5$ V)
5. Several CTR ranks available
6. High isolation voltage between input and output ($V_{iso(rms)}$: 5.0 kV)

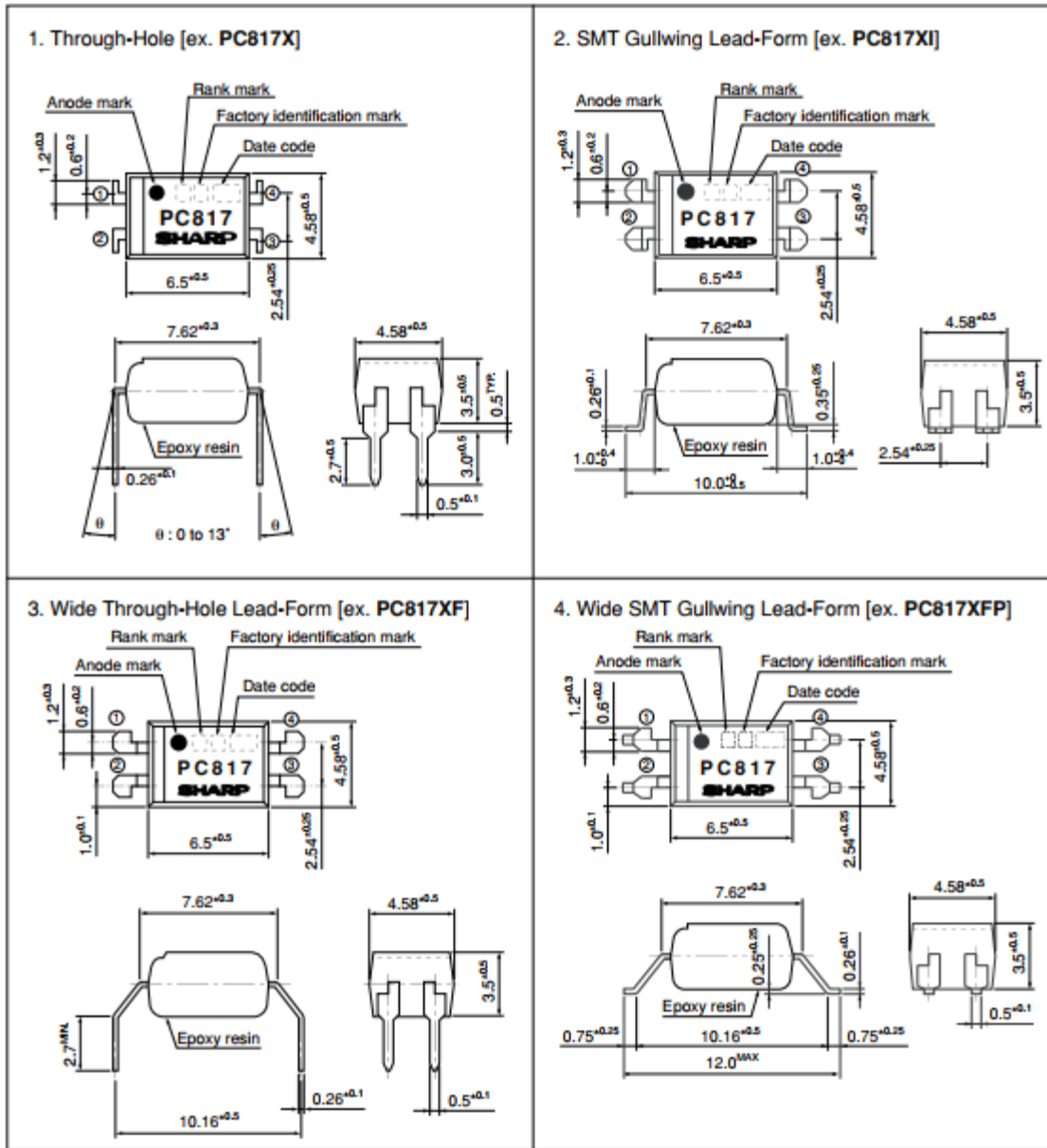
(*) Up to Date code "P7" (July 2002) V_{CE0} : 35V.
From the production Date code "J5" (May 1997) to "P7" (July 2002), however the products were screened by $BV_{CE0} \geq 70$ V.

■ Internal Connection Diagram



■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



Product mass : approx. 0.21g

■ Absolute Maximum Ratings (T_a=25°C)

	Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I _F	50	mA
	*1 Peak forward current	I _{FM}	1	A
	Reverse voltage	V _R	6	V
Output	Power dissipation	P	70	mW
	Collector-emitter voltage	V _{CEO}	*4 80	V
	Emitter-collector voltage	V _{ECO}	6	V
	Collector current	I _C	50	mA
	Collector power dissipation	P _C	150	mW
	Total power dissipation	P _{tot}	200	mW
	*2 Isolation voltage	V _{iso (rms)}	5.0	kV
	Operating temperature	T _{opr}	-30 to +100	°C
	Storage temperature	T _{stg}	-55 to +125	°C
	*3 Soldering temperature	T _{sld}	260	°C

*1 Pulse width=100μs, Duty ratio : 0.001

*2 40 to 60%RH, AC for 1minute, f=60Hz

*3 For 10s

*4 Up to Date code "P7" (July 2002) V_{CEO} : 35V.

■ Electro-optical Characteristics (T_a=25°C)

	Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	
Input	Forward voltage	V _F	I _F =20mA	-	1.2	1.4	V	
	Peak forward voltage	V _{FM}	I _{FM} =0.5A	-	-	3.0	V	
	Reverse current	I _R	V _R =4V	-	-	10	μA	
Output	Terminal capacitance	C _t	V=0, f=1kHz	-	30	250	pF	
	Collector dark current	I _{CEO}	V _{CE} =50V, I _F =0	-	-	100	nA	
	Collector-emitter breakdown voltage	BV _{CEO}	I _C =0.1mA, I _F =0	*5 80	-	-	V	
	Emitter-collector breakdown voltage	BV _{ECO}	I _E =10μA, I _F =0	6	-	-	V	
	Collector current	I _C	I _F =5mA, V _{CE} =5V	2.5	-	30.0	mA	
	Collector-emitter saturation voltage	V _{CE(sat)}	I _F =20mA, I _C =1mA	-	0.1	0.2	V	
Transfer characteristics	Isolation resistance	R _{ISO}	DC 500V, 40 to 60%RH	5×10 ¹⁰	1×10 ¹¹	-	Ω	
	Floating capacitance	C _f	V=0, f=1MHz	-	0.6	1.0	pF	
	Cut-off frequency	f _c	V _{CE} =5V, I _C =2mA, R _L =100Ω, -3dB	-	80	-	kHz	
	Response time	Rise time	t _r	V _{CE} =2V, I _C =2mA, R _L =100Ω	-	4	18	μs
		Fall time	t _f		-	3	18	μs

*5 From the production Date code "J5" (May 1997) to "P7" (July 2002), however the products were screened by BV_{CEO}=70V.

Fig.13 Response Time vs. Load Resistance

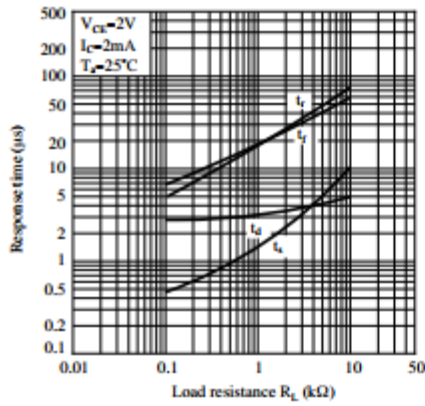
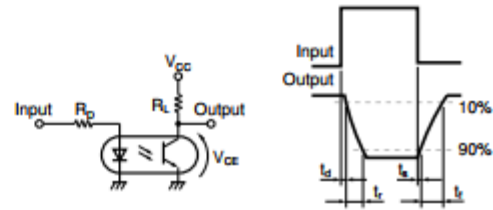


Fig.14 Test Circuit for Response Time



Please refer to the conditions in Fig.13.

Fig.15 Frequency Response

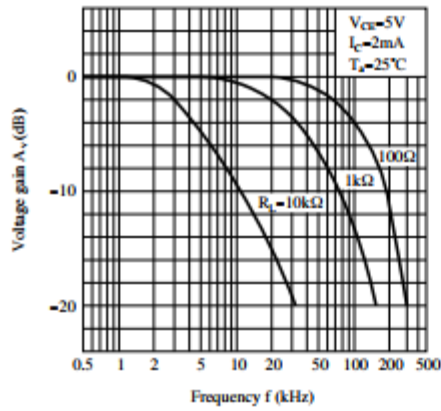
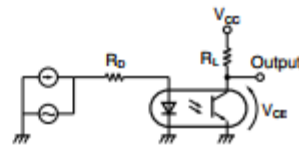


Fig.16 Test Circuit for Frequency Response



Please refer to the conditions in Fig.15.

Remarks : Please be aware that all data in the graph are just for reference and not for guarantee.

7.3. Anexo 3: Folha de dados do Buz11

N-Channel Power MOSFET **50V, 30A, 40 mΩ**

This is an N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. This type can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA9771.

Ordering Information

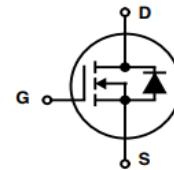
PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
BUZ11-NR4941	TO-220AB	BUZ11

NOTE: When ordering, use the entire part number.

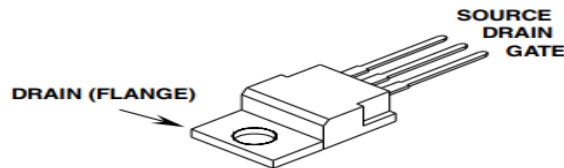
Features

- 30A, 50V
- $r_{DS(ON)} = 0.040\Omega$
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Majority Carrier Device
- Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Symbol



JEDEC TO-220AB



Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	BUZ11	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage (Note 1)	50	V
Drain to Gate Voltage ($R_{GS} = 20k\Omega$) (Note 1)	50	V
Continuous Drain Current $T_C = 30^\circ\text{C}$	30	A
Pulsed Drain Current (Note 3)	120	A
Gate to Source Voltage	± 20	V
Maximum Power Dissipation	75	W
Linear Derating Factor	0.6	W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Temperature	-55 to 150	$^\circ\text{C}$
DIN Humidity Category - DIN 40040	E	
IEC Climatic Category - DIN IEC 68-1	55/150/56	
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s.	300	$^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334	260	$^\circ\text{C}$

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. $T_J = 25^\circ\text{C}$ to 125°C .

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	BV_{DSS}	$I_D = 250\mu\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	50	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}$, $I_D = 1\text{mA}$ (Figure 9)	2.1	3	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{DS} = 50\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	20	250	μA
		$T_J = 125^{\circ}\text{C}$, $V_{DS} = 50\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	100	1000	μA
Gate to Source Leakage Current	I_{GSS}	$V_{GS} = 20\text{V}$, $V_{DS} = 0\text{V}$	-	10	100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$I_D = 15\text{A}$, $V_{GS} = 10\text{V}$ (Figure 8)	-	0.03	0.04	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$V_{DS} = 25\text{V}$, $I_D = 15\text{A}$ (Figure 11)	4	8	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_D = 3\text{A}$, $V_{GS} = 10\text{V}$, $R_{GS} = 50\Omega$, $R_L = 10\Omega$	-	30	45	ns
Rise Time	t_r		-	70	110	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	180	230	ns
Fall Time	t_f		-	130	170	ns
Input Capacitance	C_{ISS}	$V_{DS} = 25\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $f = 1\text{MHz}$ (Figure 10)	-	1500	2000	pF
Output Capacitance	C_{OSS}		-	750	1100	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{RSS}		-	250	400	pF
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		≤ 1.67			$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$		≤ 75			$^{\circ}\text{C/W}$

Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	I_{SD}	$T_C = 25^{\circ}\text{C}$	-	-	30	A
Pulsed Source to Drain Current	I_{SDM}	$T_C = 25^{\circ}\text{C}$	-	-	120	A
Source to Drain Diode Voltage	V_{SD}	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$, $I_{SD} = 60\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	1.7	2.6	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$, $I_{SD} = 30\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$, $V_R = 30\text{V}$	-	200	-	ns
Reverse Recovery Charge	Q_{RR}		-	0.25	-	μC

NOTES:

2. Pulse Test: Pulse width $\leq 300\text{ms}$, duty cycle $\leq 2\%$.
3. Repetitive rating: pulse width limited by maximum junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).

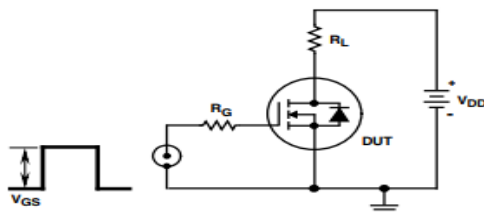


FIGURE 14. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

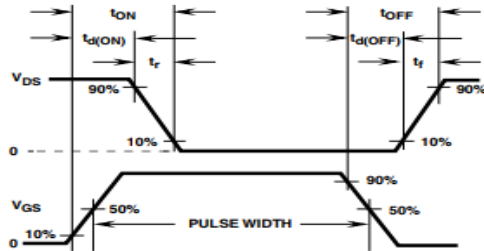


FIGURE 15. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

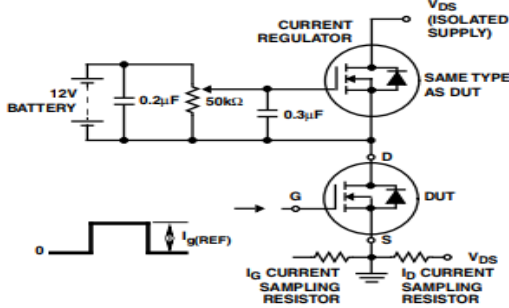


FIGURE 16. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

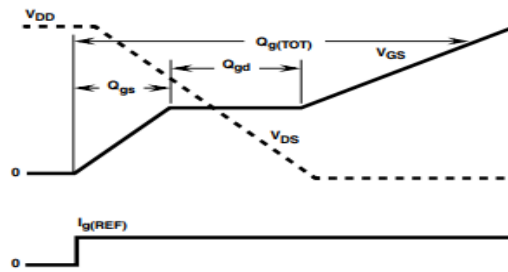


FIGURE 17. GATE CHARGE WAVEFORMS

7.4. Anexo 4: Folha de dados 1N5820

Schottky Barrier Plastic Rectifier



DO-201AD

FEATURES

- Guardring for overvoltage protection
- Very small conduction losses
- Extremely fast switching
- Low forward voltage drop
- High forward surge capability
- High frequency operation
- Solder dip 275 °C max. 10 s, per JESD 22-B106
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912



RoHS
COMPLIANT

TYPICAL APPLICATIONS

For use in low voltage high frequency inverters, freewheeling, DC/DC converters, and polarity protection applications.

MECHANICAL DATA

Case: DO-201AD

Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating Base P/N-E3 - RoHS-compliant, commercial grade

Terminals: Matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102

E3 suffix meets JESD 201 class 1A whisker test

Polarity: Color band denotes the cathode end

PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_{F(AV)}$	3.0 A
V_{RRM}	20 V, 30 V, 40 V
I_{FSM}	80 A
V_F	0.475 V, 0.500 V, 0.525 V
T_J max.	125 °C
Package	DO-201AD
Diode variations	Single

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25\text{ °C}$ unless otherwise noted)					
PARAMETER	SYMBOL	1N5820	1N5821	1N5822	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	V_{RRM}	20	30	40	V
Maximum RMS voltage	V_{RMS}	14	21	28	V
Maximum DC blocking voltage	V_{DC}	20	30	40	V
Non-repetitive peak reverse voltage	V_{RSM}	24	36	48	V
Maximum average forward rectified current at 0.375" (9.5 mm) lead length at $T_L = 95\text{ °C}$	$I_{F(AV)}$	3.0			A
Peak forward surge current, 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	I_{FSM}	80			A
Operating junction and storage temperature range	T_J, T_{STG}	- 65 to + 125			°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25\text{ °C}$ unless otherwise noted)						
PARAMETER	TEST CONDITIONS	SYMBOL	1N5820	1N5821	1N5822	UNIT
Maximum instantaneous forward voltage	3.0	V_F ⁽¹⁾	0.475	0.500	0.525	V
Maximum instantaneous forward voltage	9.4	V_F ⁽¹⁾	0.850	0.900	0.950	V
Maximum average reverse current at rated DC blocking voltage	$T_A = 25\text{ °C}$	I_R ⁽¹⁾	2.0			mA
	$T_A = 100\text{ °C}$		20			

Note

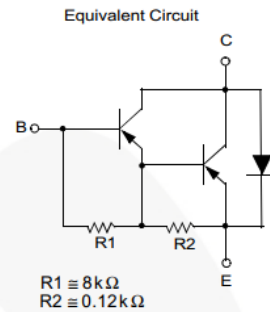
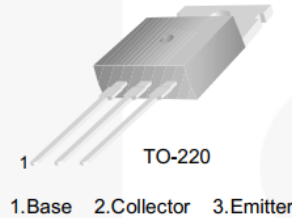
⁽¹⁾ Pulse test: 300 μ s pulse width, 1 % duty cycle



TIP125 / TIP126 / TIP127 PNP Epitaxial Darlington Transistor

Features

- Medium Power Linear Switching Applications
- Complementary to TIP120 / TIP121 / TIP122



Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	TIP125	-60
		TIP126	-80
		TIP127	-100
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	TIP125	-60
		TIP126	-80
		TIP127	-100
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	-5	V
I_C	Collector Current (DC)	-5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	-8	A
I_B	Base Current (DC)	-120	mA
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature Range	-65 to 150	$^\circ\text{C}$

Thermal Characteristics

Values are at $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

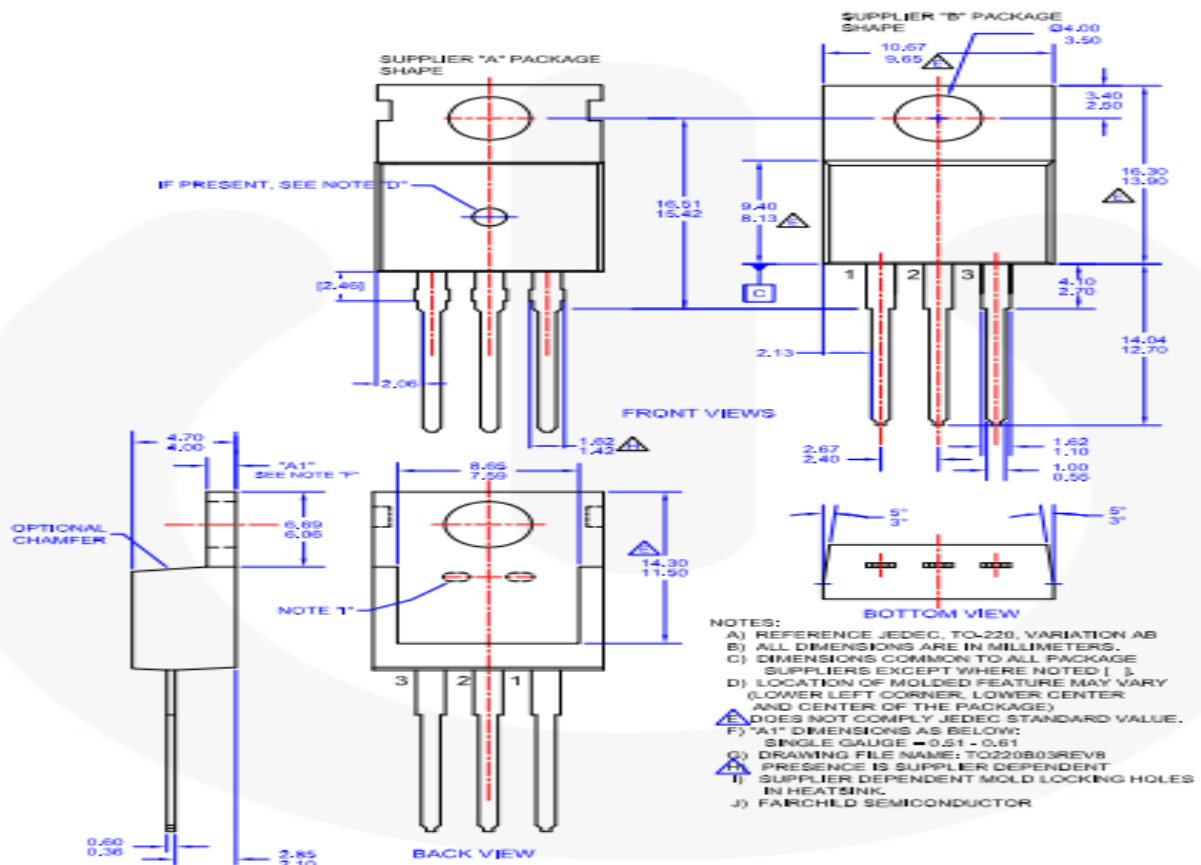
Symbol	Parameter	Value	Unit
P_C	Collector Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	2	W
	Collector Dissipation ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	65	

Electrical Characteristics

Values are at $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Max.	Unit
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	TIP125	$I_C = -100\text{ mA}, I_B = 0$	-60	V
		TIP126		-80	
		TIP127		-100	
I_{CEO}	Collector Cut-Off Current	TIP125	$V_{CE} = -30\text{ V}, I_B = 0$	-2	mA
		TIP126	$V_{CE} = -40\text{ V}, I_B = 0$	-2	
		TIP127	$V_{CE} = -50\text{ V}, I_B = 0$	-2	
I_{CBO}	Collector Cut-Off Current	TIP125	$V_{CB} = -60\text{ V}, I_E = 0$	-1	mA
		TIP126	$V_{CB} = -80\text{ V}, I_E = 0$	-1	
		TIP127	$V_{CB} = -100\text{ V}, I_E = 0$	-1	
I_{EBO}	Emitter Cut-Off Current	$V_{EB} = -5\text{ V}, I_C = 0$		-2	mA
h_{FE}	DC Current Gain ⁽¹⁾	$V_{CE} = -3\text{ V}, I_C = -0.5\text{ A}$	1000		
		$V_{CE} = -3\text{ V}, I_C = -3\text{ A}$	1000		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage ⁽¹⁾	$I_C = -3\text{ A}, I_B = -12\text{ mA}$		-2	V
		$I_C = -5\text{ A}, I_B = -20\text{ mA}$		-4	
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage ⁽¹⁾	$V_{CE} = -3\text{ V}, I_C = -3\text{ A}$		-2.5	V
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CB} = -10\text{ V}, I_E = 0,$ $f = 0.1\text{ MHz}$		300	pF

Physical Dimensions



7.6. Anexo 6: regulador de tensão 7805 e 7812

Voltage Regulators – Positive

1.0 A

MC7800, MC7800A, MC7800AE, NCV7800

These voltage regulators are monolithic integrated circuits designed as fixed-voltage regulators for a wide variety of applications including local, on-card regulation. These regulators employ internal current limiting, thermal shutdown, and safe-area compensation. With adequate heatsinking they can deliver output currents in excess of 1.0 A. Although designed primarily as a fixed voltage regulator, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

Features

- Output Current in Excess of 1.0 A
- No External Components Required
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Output Voltage Offered in 1.5%, 2% and 4% Tolerance
- Available in Surface Mount D²PAK-3, DPAK-3 and Standard 3-Lead Transistor Packages
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable
- These are Pb-Free Devices

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C, unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value			Unit
		369C	221A	936	
Input Voltage (5.0 – 18 V) (24 V)	V _I	35 40			Vdc
Power Dissipation	P _D	Internally Limited			W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	R _{θJA}	92	65	Figure 15	°C/W
Thermal Resistance, Junction-to-Case	R _{θJC}	5.0	5.0	5.0	°C/W
Storage Junction Temperature Range	T _{stg}	–65 to +150			°C
Operating Junction Temperature	T _J	+150			°C

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

*This device series contains ESD protection and exceeds the following tests:
Human Body Model 2000 V per MIL_STD_883, Method 3015.
Machine Model Method 200 V.



TO-220
T SUFFIX
CASE 221AB

Heatsink surface
connected to Pin 2.



Pin 1. Input
2. Ground
3. Output

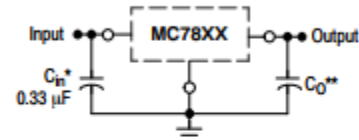
D²PAK-3
D2T SUFFIX
CASE 936

Heatsink surface (shown as terminal 4 in case outline drawing) is connected to Pin 2.



DPAK-3
DT SUFFIX
CASE 369C

STANDARD APPLICATION



A common ground is required between the input and the output voltages. The input voltage must remain typically 2.0 V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.

XX, These two digits of the type number indicate nominal voltage.

* C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** C_O is not needed for stability; however, it does improve transient response. Values of less than 0.1 μF could cause instability.

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 21 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 24 of this data sheet.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 10\text{ V}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = T_{low}$ to 125°C (Note 3), unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	MC7805AB/MC7805AC/NCV7805AB			Unit
		Min	Typ	Max	
Output Voltage ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_O	4.9	5.0	5.1	Vdc
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$) $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$	V_O	4.8	5.0	5.2	Vdc
Line Regulation (Note 4) $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 12\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$ $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 12\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $7.3\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	Reg_{line}	-	0.5 0.8 1.3 4.5	10 12 4.0 10	mV
Load Regulation (Note 4) $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$	Reg_{load}	-	1.3 0.8 0.53	25 25 15	mV
Quiescent Current	I_B	-	3.2	6.0	mA
Quiescent Current Change $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25\text{ Vdc}$, $I_O = 500\text{ mA}$ $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 1.0\text{ A}$	ΔI_B	-	0.3 - 0.08	0.8 0.8 0.5	mA
Ripple Rejection $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 18\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 500\text{ mA}$	RR	68	83	-	dB
Dropout Voltage ($I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	$V_I - V_O$	-	2.0	-	Vdc
Output Noise Voltage ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	V_n	-	10	-	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance ($f = 1.0\text{ kHz}$)	r_O	-	0.9	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current Limit ($T_A = 25^\circ\text{C}$) $V_{in} = 35\text{ Vdc}$	I_{SC}	-	0.2	-	A
Peak Output Current ($T_J = 25^\circ\text{C}$)	I_{max}	-	2.2	-	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TCV_O	-	-0.3	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$

3. $T_{low} = 0^\circ\text{C}$ for MC78XXC, MC78XXAC,

= -40°C for NCV78XX, MC78XXB, MC78XXAB, and MC78XXAEB

4. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

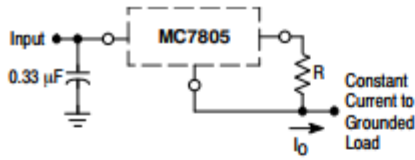
APPLICATIONS INFORMATION

Design Considerations

The MC7800 Series of fixed voltage regulators are designed with Thermal Overload Protection that shuts down the circuit when subjected to an excessive power overload condition, Internal Short Circuit Protection that limits the maximum current the circuit will pass, and Output Transistor Safe-Area Compensation that reduces the output short circuit current as the voltage across the pass transistor is increased.

In many low current applications, compensation capacitors are not required. However, it is recommended that the regulator input be bypassed with a capacitor if the regulator is connected to the power supply filter with long

wire lengths, or if the output load capacitance is large. An input bypass capacitor should be selected to provide good high-frequency characteristics to insure stable operation under all load conditions. A $0.33\ \mu\text{F}$ or larger tantalum, mylar, or other capacitor having low internal impedance at high frequencies should be chosen. The bypass capacitor should be mounted with the shortest possible leads directly across the regulators input terminals. Normally good construction techniques should be used to minimize ground loops and lead resistance drops since the regulator has no external sense lead.



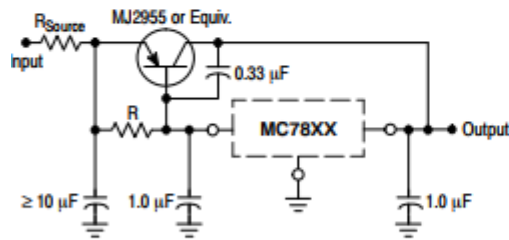
The MC7800 regulators can also be used as a current source when connected as above. In order to minimize dissipation the MC7805C is chosen in this application. Resistor R determines the current as follows:

$$I_O = \frac{5.0 \text{ V}}{R} + I_B$$

$$I_B \approx 3.2 \text{ mA over line and load changes.}$$

For example, a 1.0 A current source would require R to be a 5.0 Ω, 10 W resistor and the output voltage compliance would be the input voltage less 7.0 V.

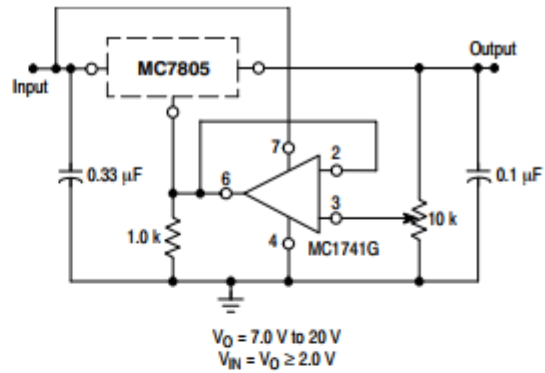
Figure 9. Current Regulator



XX = 2 digits of type number indicating voltage.

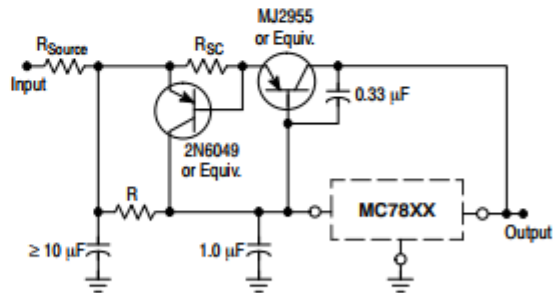
The MC7800 series can be current boosted with a PNP transistor. The MJ2955 provides current to 5.0 A. Resistor R in conjunction with the V_{BE} of the PNP determines when the pass transistor begins conducting; this circuit is not short circuit proof. Input/output differential voltage minimum is increased by V_{BE} of the pass transistor.

Figure 11. Current Boost Regulator



The addition of an operational amplifier allows adjustment to higher or intermediate values while retaining regulation characteristics. The minimum voltage obtainable with this arrangement is 2.0 V greater than the regulator voltage.

Figure 10. Adjustable Output Regulator



XX = 2 digits of type number indicating voltage.

The circuit of Figure 11 can be modified to provide supply protection against short circuits by adding a short circuit sense resistor, R_{SC} , and an additional PNP transistor. The current sensing PNP must be able to handle the short circuit current of the three-terminal regulator. Therefore, a four-ampere plastic power transistor is specified.

Figure 12. Short Circuit Protection



MCP7940N

Battery-Backed I²C™ Real-Time Clock/Calendar with SRAM

Timekeeping Features:

- Real-Time Clock/Calendar (RTCC):
 - Hours, Minutes, Seconds, Day of Week, Day, Month, Year
 - Leap year compensated to 2399
 - 12/24 hour modes
- Oscillator for 32.768 kHz Crystals:
 - Optimized for 6-9 pF crystals
- On-Chip Digital Trimming/Calibration:
 - ±1 PPM resolution
 - ±129 PPM range
- Dual Programmable Alarms
- Versatile Output Pin:
 - Clock output with selectable frequency
 - Alarm output
 - General purpose output
- Power-Fail Time-Stamp:
 - Time logged on switchover to and from Battery mode

Low-Power Features:

- Wide Voltage Range:
 - Operating voltage range of 1.8V to 5.5V
 - Backup voltage range of 1.3V to 5.5V
- Low Typical Timekeeping Current:
 - Operating from V_{CC}: 1.2 µA at 3.3V
 - Operating from battery backup: 925 nA at 3.0V
- Automatic Switchover to Battery Backup

User Memory:

- 64-byte Battery-Backed SRAM

Operating Ranges:

- 2-Wire Serial Interface, I²C™ Compatible
 - I²C clock rate up to 400 kHz
- Temperature Range:
 - Industrial (I): -40°C to +85°C
 - Extended (E): -40°C to +125°C

Packages:

- 8-Lead SOIC, MSOP, TSSOP, PDIP and 2x3 TDFN

General Description:

The MCP7940N Real-Time Clock/Calendar (RTCC) tracks time using internal counters for hours, minutes, seconds, days, months, years, and day of week. Alarms can be configured on all counters up to and including months. For usage and configuration, the MCP7940N supports I²C communications up to 400 kHz.

The open-drain, multi-functional output can be configured to assert on an alarm match, to output a selectable frequency square wave, or as a general purpose output.

The MCP7940N is designed to operate using a 32.768 kHz tuning fork crystal with external crystal load capacitors. On-chip digital trimming can be used to adjust for frequency variance caused by crystal tolerance and temperature.

SRAM and timekeeping circuitry are powered from the back-up supply when main power is lost, allowing the device to maintain accurate time and the SRAM contents. The times when the device switches over to the back-up supply and when primary power returns are both logged by the power-fail time-stamp.

Package Types

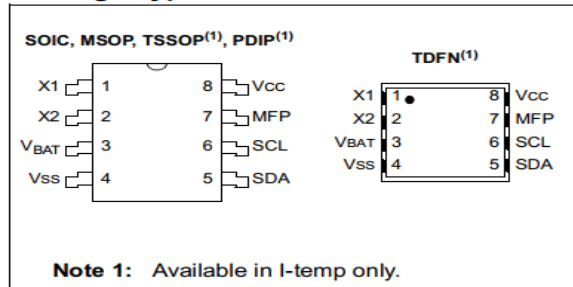


FIGURE 1-1: TYPICAL APPLICATION SCHEMATIC

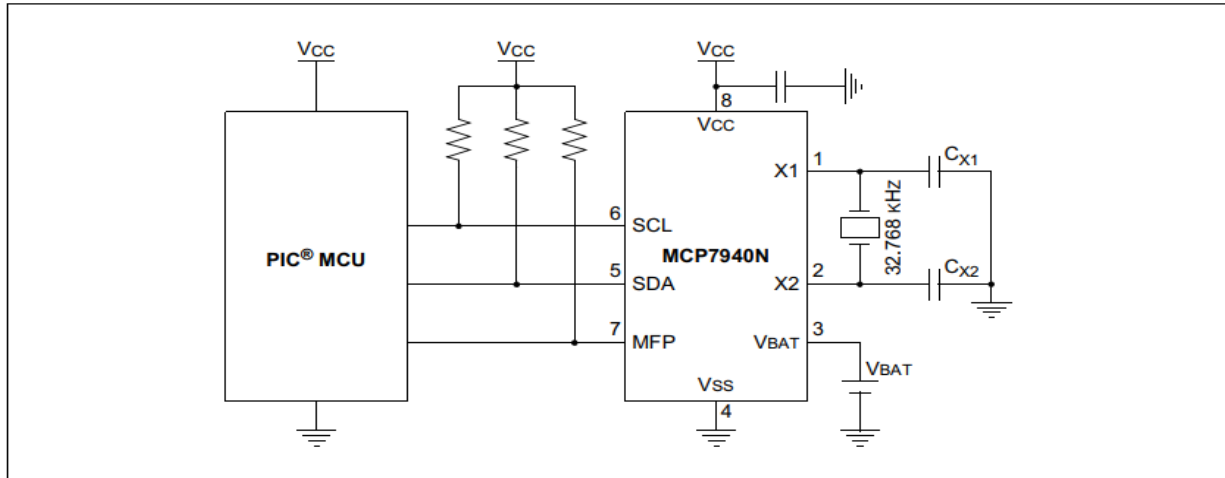
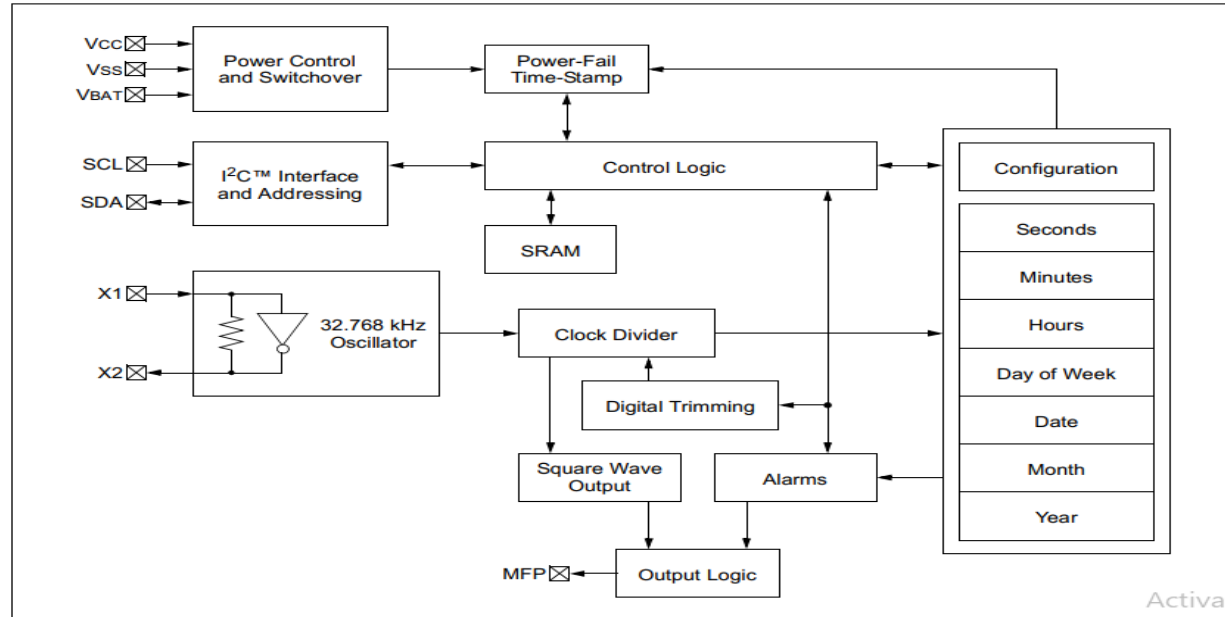


FIGURE 1-2: BLOCK DIAGRAM



1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings (†)

VCC.....	6.5V
All inputs and outputs (except SDA and SCL) w.r.t. VSS.....	-0.6V to VCC +1.0V
SDA and SCL w.r.t. VSS.....	-0.6V to 6.5V
Storage temperature	-65°C to +150°C
Ambient temperature with power applied.....	-40°C to +125°C
ESD protection on all pins	≥ 4 kV

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TABLE 1-1: DC CHARACTERISTICS

DC CHARACTERISTICS			Electrical Characteristics:				
			Industrial (I):		V _{CC} = +1.8V to 5.5V	T _A = -40°C to +85°C	
			Extended (E):		V _{CC} = +1.8V to 5.5V	T _A = -40°C to +125°C	
Param. No.	Sym.	Characteristic	Min.	Typ. ⁽²⁾	Max.	Units	Conditions
D1	V _{IH}	High-level input voltage	0.7 V _{CC}	—	—	V	—
D2	V _{IL}	Low-level input voltage	—	—	0.3 V _{CC} 0.2 V _{CC}	V V	V _{CC} ≥ 2.5V V _{CC} < 2.5V
D3	V _{HYS}	Hysteresis of Schmitt Trigger inputs (SDA, SCL pins)	0.05 V _{CC}	—	—	V	(Note 1)
D4	V _{OL}	Low-level output voltage (MFP, SDA pins)	—	—	0.40	V	I _{OL} = 3.0 mA @ V _{CC} = 4.5V I _{OL} = 2.1 mA @ V _{CC} = 2.5V
D5	I _I	Input leakage current	—	—	±1	μA	V _{IN} = V _{SS} or V _{CC}
D6	I _O	Output leakage current	—	—	±1	μA	V _{OUT} = V _{SS} or V _{CC}
D7	C _{IN} , C _{OUT}	Pin capacitance (SDA, SCL, MFP pins)	—	—	10	pF	V _{CC} = 5.0V (Note 1) T _A = 25°C, f = 1 MHz
D8	C _{OSC}	Oscillator pin capacitance (X1, X2 pins)	—	3	—	pF	(Note 1)
D9	I _{CCREAD}	SRAM/RTCC register operating current	—	—	300	μA	V _{CC} = 5.5V, SCL = 400 kHz
	I _{CCWRITE}		—	—	400	μA	V _{CC} = 5.5V, SCL = 400 kHz
D10	I _{CCDAT}	V _{CC} data-retention current (oscillator off)	—	—	1	μA	SCL, SDA, V _{CC} = 5.5V (I-Temp)
			—	—	5	μA	SCL, SDA, V _{CC} = 5.5V (E-temp)
D11	I _{CCCT}	Timekeeping current	—	1.2	—	μA	V _{CC} = 3.3V (Note 1)
D12	V _{TRIP}	Power-fail switchover voltage	1.3	1.5	1.7	V	—
D13	V _{BAT}	Backup supply voltage range	1.3	—	5.5	V	(Note 1)
D14	I _{BATT}	Timekeeping backup current	—	—	850	nA	V _{BAT} = 1.3V, V _{CC} = V _{SS} (Note 1)
			—	925	1200	nA	V _{BAT} = 3.0V, V _{CC} = V _{SS} (Note 1)
			—	—	9000	nA	V _{BAT} = 5.5V, V _{CC} = V _{SS} (Note 1)

Note 1: This parameter is not tested but ensured by characterization.

Note 2: Typical measurements taken at room temperature.

DC CHARACTERISTICS (Continued)			Electrical Characteristics:				
			Industrial (I):		V _{CC} = +1.8V to 5.5V	T _A = -40°C to +85°C	
			Extended (E):		V _{CC} = +1.8V to 5.5V	T _A = -40°C to +125°C	
Param. No.	Sym.	Characteristic	Min.	Typ. ⁽²⁾	Max.	Units	Conditions
D15	I _{BATDAT}	V _{BAT} data retention current (oscillator off)	—	—	750	nA	V _{BAT} = 3.6V, V _{CC} = V _{SS}

Note 1: This parameter is not tested but ensured by characterization.

Note 2: Typical measurements taken at room temperature.

3.0 PIN DESCRIPTIONS

The descriptions of the pins are listed in [Table 3-1](#).

TABLE 3-1: PIN FUNCTION TABLE

Name	8-pin SOIC	8-pin MSOP	8-pin TSSOP	8-pin TDFN	8-pin PDIP	Function
X1	1	1	1	1	1	Quartz Crystal Input, External Oscillator Input
X2	2	2	2	2	2	Quartz Crystal Output
VBAT	3	3	3	3	3	Battery Backup Supply Input
Vss	4	4	4	4	4	Ground
SDA	5	5	5	5	5	Bidirectional Serial Data (I ² C™)
SCL	6	6	6	6	6	Serial Clock (I ² C)
MFP	7	7	7	7	7	Multifunction Pin
Vcc	8	8	8	8	8	Primary Power Supply

Note: Exposed pad on TFDN can be connected to Vss or left floating.

3.1 Serial Data (SDA)

This is a bidirectional pin used to transfer addresses and data into and out of the device. It is an open-drain terminal. Therefore, the SDA bus requires a pull-up resistor to Vcc (typically 10 kΩ for 100 kHz, 2 kΩ for 400 kHz). For normal data transfer, SDA is allowed to change only during SCL low. Changes during SCL high are reserved for indicating the Start and Stop conditions.

3.2 Serial Clock (SCL)

This input is used to synchronize the data transfer to and from the device.

3.3 Oscillator Input/Output (X1, X2)

These pins are used as the connections for an external 32.768 kHz quartz crystal and load capacitors. X1 is the crystal oscillator input and X2 is the output. The MCP7940N is designed to allow for the use of external load capacitors in order to provide additional flexibility when choosing external crystals. The MCP7940N is optimized for crystals with a specified load capacitance of 6-9 pF.

X1 also serves as the external clock input when the MCP7940N is configured to use an external oscillator.

3.4 Multifunction Pin (MFP)

This is an output pin used for the alarm and square wave output functions. It can also serve as a general purpose output pin by controlling the OUT bit in the CONTROL register.

The MFP is an open-drain output and requires a pull-up resistor to Vcc (typically 10 kΩ). This pin may be left floating if not used.

3.5 Backup Supply (VBAT)

This is the input for a backup supply to maintain the RTCC and SRAM registers during the time when Vcc is unavailable.

If the battery backup feature is not being used, the VBAT pin should be connected to Vss.

5.2 Oscillator Configuration

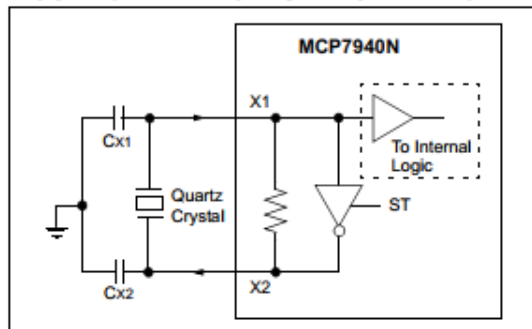
The MCP7940N can be operated in two different oscillator configurations: using an external crystal or using an external clock input.

5.2.1 EXTERNAL CRYSTAL

The crystal oscillator circuit on the MCP7940N is designed to operate with a standard 32.768 kHz tuning fork crystal and matching external load capacitors. By using external load capacitors, the MCP7940N allows for a wide selection of crystals. Suitable crystals have a load capacitance (CL) of 6-9 pF. Crystals with a load capacitance of 12.5 pF are not recommended.

Figure 5-2 shows the pin connections when using an external crystal.

FIGURE 5-2: CRYSTAL OPERATION



- Note 1:** The ST bit must be set to enable the crystal oscillator circuit.
- 2:** Always verify oscillator performance over the voltage and temperature range that is expected for the application.

5.2.1.1 Choosing Load Capacitors

CL is the effective load capacitance as seen by the crystal, and includes the physical load capacitors, pin capacitance, and stray board capacitance. Equation 5-1 can be used to calculate CL.

C_{X1} and C_{X2} are the external load capacitors. They must be chosen to match the selected crystal's specified load capacitance.

Note: If the load capacitance is not correctly matched to the chosen crystal's specified value, the crystal may give a frequency outside of the crystal manufacturer's specifications.

EQUATION 5-1: LOAD CAPACITANCE CALCULATION

$$CL = \frac{C_{X1} \times C_{X2}}{C_{X1} + C_{X2}} + C_{STRAY}$$

Where:

- CL = Effective load capacitance
 C_{X1} = Capacitor value on X1 + COSC
 C_{X2} = Capacitor value on X2 + COSC
 C_{STRAY} = PCB stray capacitance

5.2.1.2 Layout Considerations

The oscillator circuit should be placed on the same side of the board as the device. Place the oscillator circuit close to the respective oscillator pins. The load capacitors should be placed next to the oscillator itself, on the same side of the board.

Use a grounded copper pour around the oscillator circuit to isolate it from surrounding circuits. The grounded copper pour should be routed directly to VSS. Do not run any signal traces or power traces inside the ground pour. Also, if using a two-sided board, avoid any traces on the other side of the board where the crystal is placed.

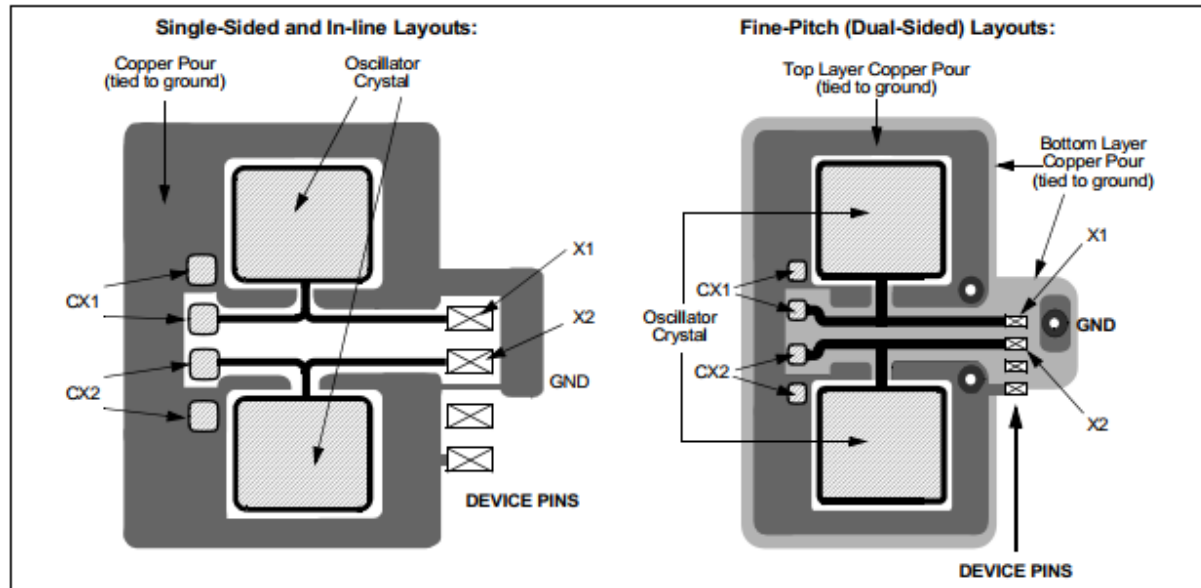
Layout suggestions are shown in Figure 5-3. In-line packages may be handled with a single-sided layout that completely encompasses the oscillator pins. With

fine-pitch packages, it is not always possible to completely surround the pins and components. A suitable solution is to tie the broken guard sections to a mirrored ground layer. In all cases, the guard trace(s) must be returned to ground.

For additional information and design guidance on oscillator circuits, please refer to these Microchip Application Notes, available at the corporate web site (www.microchip.com):

- AN1365, "Recommended Usage of Microchip Serial RTCC Devices"
- AN1519, "Recommended Crystals for Microchip Stand-Alone Real-Time Clock Calendar Devices"

FIGURE 5-3: SUGGESTED PLACEMENT OF THE OSCILLATOR CIRCUIT

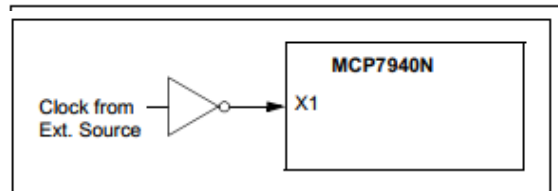


5.2.2 EXTERNAL CLOCK INPUT

A 32.768 kHz external clock source can be connected to the X1 pin (Figure 5-4). When using this configuration, the X2 pin should be left floating.

Note: The EXTOSC bit must be set to enable an external clock source.

FIGURE 5-4: EXTERNAL CLOCK INPUT OPERATION



5.2.3 OSCILLATOR FAILURE STATUS

The MCP7940N features an oscillator failure flag, OSCRUN, that indicates whether or not the oscillator is running. The OSCRUN bit is automatically set after 32 oscillator cycles are detected. If no oscillator cycles are detected for more than TosF, then the OSCRUN bit is automatically cleared (Figure 5-5). This can occur if the oscillator is stopped by clearing the ST bit or due to oscillator failure.

FIGURE 5-5: OSCILLATOR FAILURE STATUS TIMING DIAGRAM

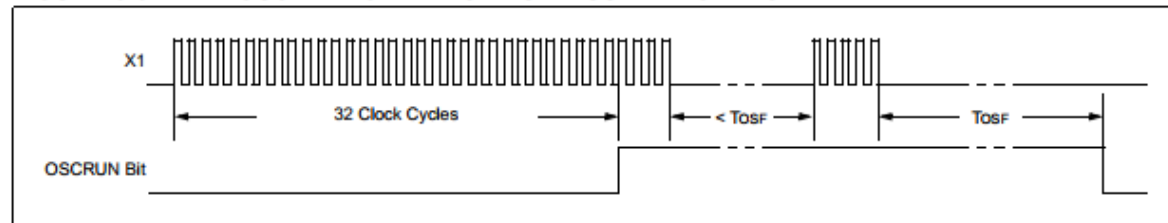


TABLE 5-2: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH OSCILLATOR CONFIGURATION

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Register on Page
RTCSEC	ST	SECTEN2	SECTEN1	SECTEN0	SECONE3	SECONE2	SECONE1	SECONE0	16
RTCWKDAY	—	—	OSCRUN	PWRFAIL	VBATEN	WKDAY2	WKDAY1	WKDAY0	18
CONTROL	OUT	SQWEN	ALM1EN	ALM0EN	EXTOSC	CRSTRIM	SQWFS1	SQWFS0	26

Legend: — = unimplemented location, read as '0'. Shaded cells are not used by oscillator configuration.

7.8. Anexo 8: valores comerciais dos resistores

5% Resistores de Filme de Carbono								
Tabela de Valores Comerciais								
1,0 Ω	10 Ω	100 Ω	1 kΩ	10 kΩ	100 kΩ	1 MΩ	10 MΩ	
1,1 Ω	11 Ω	110 Ω	1,1 kΩ	11 kΩ	110 kΩ	1,1 MΩ	15 MΩ	
1,2 Ω	12 Ω	120 Ω	1,2 kΩ	12 kΩ	120 kΩ	1,2 MΩ	22 MΩ	
1,3 Ω	13 Ω	130 Ω	1,3 kΩ	13 kΩ	130 kΩ	1,3 MΩ		
1,5 Ω	15 Ω	150 Ω	1,5 kΩ	15 kΩ	150 kΩ	1,5 MΩ		
1,6 Ω	16 Ω	160 Ω	1,6 kΩ	16 kΩ	160 kΩ	1,6 MΩ		
1,8 Ω	18 Ω	180 Ω	1,8 kΩ	18 kΩ	180 kΩ	1,8 MΩ		
2,0 Ω	20 Ω	200 Ω	2 kΩ	20 kΩ	200 kΩ	2 MΩ		
2,2 Ω	22 Ω	220 Ω	2,2 kΩ	22 kΩ	220 kΩ	2,2 MΩ		
2,4 Ω	24 Ω	240 Ω	2,4 kΩ	24 kΩ	240 kΩ	2,4 MΩ		
2,7 Ω	27 Ω	270 Ω	2,7 kΩ	27 kΩ	270 kΩ	2,7 MΩ		
3,0 Ω	30 Ω	300 Ω	3 kΩ	30 kΩ	300 kΩ	3 MΩ		
3,3 Ω	33 Ω	330 Ω	3,3 kΩ	33 kΩ	330 kΩ	3,3 MΩ		
3,6 Ω	36 Ω	360 Ω	3,6 kΩ	36 kΩ	360 kΩ	3,6 MΩ		
3,9 Ω	39 Ω	390 Ω	3,9 kΩ	39 kΩ	390 kΩ	3,9 MΩ		
4,3 Ω	43 Ω	430 Ω	4,3 kΩ	43 kΩ	430 kΩ	4,3 MΩ		
4,7 Ω	47 Ω	470 Ω	4,7 kΩ	47 kΩ	470 kΩ	4,7 MΩ		
5,1 Ω	51 Ω	510 Ω	5,1 kΩ	51 kΩ	510 kΩ	5,1 MΩ		
5,6 Ω	56 Ω	560 Ω	5,6 kΩ	56 kΩ	560 kΩ	5,6 MΩ		
6,2 Ω	62 Ω	620 Ω	6,2 kΩ	62 kΩ	620 kΩ	6,2 MΩ		
6,8 Ω	68 Ω	680 Ω	6,8 kΩ	68 kΩ	680 kΩ	6,8 MΩ		
7,5 Ω	75 Ω	750 Ω	7,5 kΩ	75 kΩ	750 kΩ	7,5 MΩ		
8,2 Ω	82 Ω	820 Ω	8,2 kΩ	82 kΩ	820 kΩ	8,2 MΩ		
9,1 Ω	91 Ω	910 Ω	9,1 kΩ	91 kΩ	910 kΩ	9,1 MΩ		

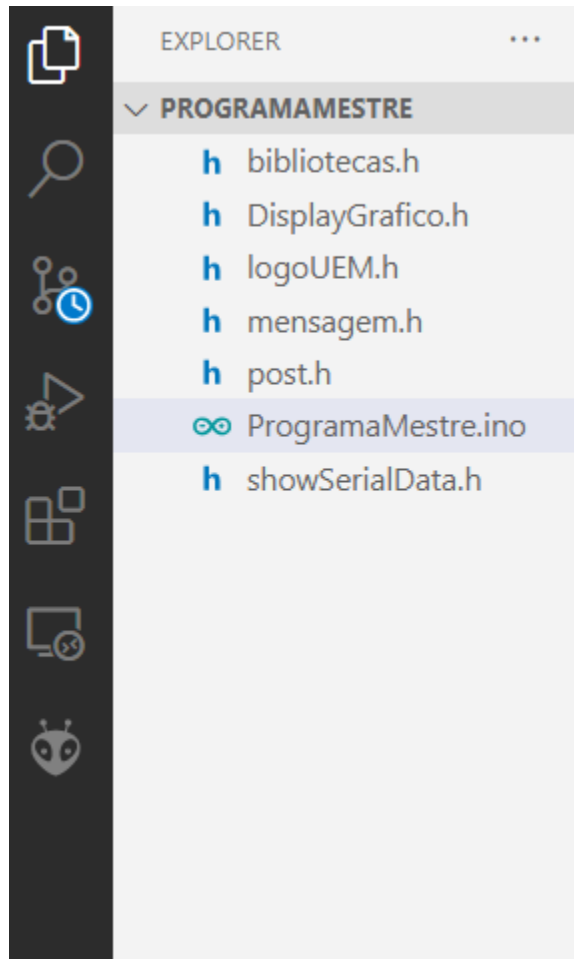
Fonte: eletricamentefalando.blogspot

7.9. Anexo 9: Cotagem da torre do sistema de abastecimento de água



7.10. Anexo 10: Programa do Microcontrolador mestre

Estrutura de arquivos do código do microcontrolador mestre



Programa principal

```
/*
=====
====
                                UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
                                FACULDADE DE ENGENHARIA
                                DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
                                CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA
                                Relatório do Trabalho de Licenciatura
                                Dimensionamento e Construção de um sistema de dosagem de água para um sistema de
                                abastecimento

                                Autor: Frederico Constantino Zile
                                Supervisor: Dr. Gonçalves Doho, Engo.
                                Maputo, Junho de 2022

=====
=====*/
```

```

// ===== Programa do MicroControlador Mestre
=====
1. #include "bibliotecas.h"
2. #include "logoUEM.h"
3. #include "post.h"
4. #include "mensagem.h"
5. #include "DisplayGrafico.h"

6. //Definindo endereço dos uC escravos no barramento
7. #define endereco1 0x08
8. #define endereco2 0x10
9. #define endereco3 0x12

10. MCP7940_Class MCP7940;
11. U8GLIB_ST7920_128X64_1X u8g( 6/*E*/, 5/*R/W*/, 4/*RS*/,7/*RST*/);
12. File registros;
13. SoftwareSerial moduloGPRS(10, 9);
14. String numero = "+258848361421";
15. float venda20L = 0;
16. float venda500L = 0;
17. float vendaSelfservice_float = 0.0;
18. float vendaOperador_float = venda20L*5;

19. unsigned short quantAnt1;
20. unsigned short quantAnt2;
21. unsigned short quantAnt3;

22. unsigned short qactual1 = 0;
23. unsigned short qactual2 = 0;
24. unsigned short qactual3 = 0;

25. char dataHora[32];
26. static uint8_t segundos;
27. const uint8_t CS = 53;

28. void setup() {
29. u8g.begin();
30. u8g.firstPage();
31. do
32. {
33. DesenharLogo();
34. }
35. while (
36. u8g.nextPage());
37. delay(2000);
38. u8g.setFont(u8g_font_8x13);
39. u8g.setColorIndex(1);

40. Wire.begin();
41. SD.begin();
42. Serial.begin(9600);
43. moduloGPRS.begin(9600);
44. moduloGPRS.println("AT+CNMI=1,2,0,0,0");

```

```

45. while (!MCP7940.begin()) {
46. Serial.println(F("Modulo RTC nao encontrado"));
47. delay(1500);
48. }
49. Serial.println(F("RTC iniciado"));

50. while (!MCP7940.deviceStatus()) {
51. Serial.println(F("Oscilador do RTC desligado, Tentando Ligar"));
52. bool deviceStatus = MCP7940.deviceStart();
53. if (!deviceStatus) {
54. Serial.println(F("Falha na inicializacao do oscilador RTC, reniciando"));
55. delay(1000);
56. }
57. }
58. Serial.println(F("Ativando modo de backup da bateria RTC"));
59. MCP7940.setBattery(true);
60. if (!MCP7940.getBattery()) {
61. Serial.println(F("Falha ao ativar backup de bateria RTC"));
62. }

63. if (!SD.begin(CS)) {
64. Serial.println("Falha na iniciacao do banco de dados local");
65. while (1);
66. }
67. Serial.println("BD local iniciado com sucesso.");
68. }
69. void loop() {
70. //Solicitação no barramento I2C das quantidades vendidas nos microcontroladores
    escravos
71. Wire.requestFrom(endereco1, 1);
72. if (Wire.available()) {
73. quantAnt1 = qactual1;
74. qactual1 = Wire.read();
75. int controle = qactual1 - quantAnt1;
76. if (controle > 0 ) {
77. venda20L += controle;
78. }
79. }

80. Wire.requestFrom(endereco2, 1);
81. if (Wire.available()) {
82. quantAnt2 = qactual2;
83. qactual1 = Wire.read();
84. int controle = qactual2 - quantAnt2;
85. if (controle > 0 ) {
86. venda20L += controle;
87. }
88. }
89. Wire.requestFrom(endereco3, 1);
90. if (Wire.available()) {
91. quantAnt3 = qactual3;
92. qactual1 = Wire.read();
93. int controle = qactual3 - quantAnt3;
94. if (controle > 0 ) {

```



```

95. venda20L += controle;
96. }
97. }

98. DateTime now = MCP7940.now();
99. if (segundos != now.second()) {
100.     sprintf(dataHora, "%04d-%02d-%02d %02d:%02d:%02d",
        now.year(),
        now.month(),
        now.day(),
        now.hour(),
        now.minute(),
        now.second());

101.     Serial.print(dataHora);
102.     segundos = now.second();
103.     Serial.println();
104. }

105.     String dados = "Data:" + String(dataHora) + " Vendas: " + String(venda20L) + "
        bidoes de 20litros" + " e " + String(venda500L) + " tanques de 500litros";
106.     registros = SD.open("bdados.txt", FILE_WRITE);
107.     if (registros) {
108.         registros.println(dados);
109.         registros.close();
110.         Serial.println("Dados gravados no banco de dados local");
111.     }
112.     Serial.println(dados);
113.     post(moduloGPRS, venda20L, venda500L);
114.     Serial.println("Dados gravados na nuvem");

115.     if (moduloGPRS.available()) {
116.         String smsRecebida = moduloGPRS.readString();
117.         if (smsRecebida.indexOf("report") >= 0) {
118.             mensagem(moduloGPRS, venda20L, venda500L, numero);
119.             delay(400);
120.         }
121.     }

122.     moduloGPRS.print("AT + CMGDA = \");
123.     moduloGPRS.println("DEL ALL\");
124.     if (MCP7940.getPowerFail()) {
125.         Serial.println(F("Falha na bateria do RTC!\nEsperando restabilizacao de
        bateria.."));
126.         segundos = now.second();
127.         while (MCP7940.now().second() == segundos)
128.             ;
129.         Serial.print(F("Houve falha da bateriaRTC em "));
130.         now = MCP7940.getPowerDown();
131.         sprintf(dataHora, "....-%02d-%02d %02d:%02d:..",
            now.month(),

```

```

        now.day(),

        now.hour(),

        now.minute());

132. Serial.println(dataHora);
133. Serial.print(F("Bateria restabelecida em "));
134. now = MCP7940.getPowerUp();
135. sprintf(dataHora, "....-%02d-%02d %02d:%02d:..",
        now.month(),

        now.day(),

        now.hour(),

        now.minute());

136. Serial.println(dataHora);
137. MCP7940.clearPowerFail();
138. }
139. }

140. void DesenharLogo(void)
141. {
142.     u8g.drawXBMP( 0, 0, 128, 64, logoUEM);
143. }

```

Código do ficheiro bibliotecas

```

1. #include <SPI.h>           //Biblioteca nativa
2. #include <Wire.h>         //Biblioteca nativa
3. #include <String.h>       //Biblioteca nativa do c++
4. #include <SD.h>           //Biblioteca nativa
5. #include <MCP7940.h>      // fonte: https://github.com/Zanduino/MCP7940
6. #include <SoftwareSerial.h> //Biblioteca nativa
7. #include <U8glib.h>       // fonte: https://github.com/olikraus/u8glib

```

Código do ficheiro DisplayGrafico

```

1. char vendaSelfservice_string[8];
2. char vendaOperador_string[8];

3. void Display(U8GLIB_ST7920_128X64_1X u8g, float vendaOperador_float, float
vendaSelfservice_float) {
4. u8g.drawFrame(0, 0, 128, 31);
5. u8g.drawFrame(0, 33, 128, 31);

6. u8g.drawStr( 15, 13, "Operador");
7. dtostrf(vendaOperador_float, 3, 1, vendaOperador_string);
8. u8g.drawStr(33, 27, vendaOperador_string);
9. u8g.drawStr(70, 27, "MZN");

10. u8g.drawStr(26, 45, "SelfService");
11. dtostrf(vendaSelfservice_float, 3, 1, vendaSelfservice_string);

```



```

12. u8g.drawStr(40, 60, vendaSelfservice_string);
13. u8g.drawStr(75, 60, "MZN");
14. }

```

Código do ficheiro post

```

1. #include "ShowSerialData.h"
2. void post(SoftwareSerial moduloGPRS, long venda20L, long venda500L)
3. {
4.   if (moduloGPRS.available())
5.     Serial.write(moduloGPRS.read());

6.   moduloGPRS.println("AT");
7.   delay(1000);
8.   moduloGPRS.println("AT+CPIN?");
9.   delay(1000);
10.  moduloGPRS.println("AT+CREG?");
11.  delay(1000);
12.  moduloGPRS.println("AT+CGATT?");
13.  delay(1000);
14.  moduloGPRS.println("AT+CIPSHUT");
15.  delay(1000);
16.  moduloGPRS.println("AT+CIPSTATUS");
17.  delay(2000);
18.  moduloGPRS.println("AT+CIPMUX=0");
19.  delay(2000);
20.  ShowSerialData(moduloGPRS);
21.  moduloGPRS.println("AT+CSTT=\"internet\"");
22.  delay(1000);
23.  ShowSerialData(moduloGPRS);
24.  moduloGPRS.println("AT+CIICR");
25.  delay(3000);
26.  ShowSerialData(moduloGPRS);
27.  moduloGPRS.println("AT+CIFSR");
28.  delay(2000);
29.  ShowSerialData(moduloGPRS);
30.  moduloGPRS.println("AT+CIPSPRT=0");
31.  delay(3000);
32.  ShowSerialData(moduloGPRS);
33.  moduloGPRS.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", \"80\"");
34.  delay(6000);
35.  ShowSerialData(moduloGPRS);
36.  moduloGPRS.println("AT+CIPSEND");
37.  delay(4000);
38.  ShowSerialData(moduloGPRS);
39.  String str = "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=M8JD31GA7A00DA1P&field1=" +
    String(venda20L) + "&field2=" + String(venda500L);
40.  Serial.println(str);
41.  moduloGPRS.println(str);
42.  delay(4000);
43.  ShowSerialData(moduloGPRS);
44.  moduloGPRS.println((char)26);
45.  delay(5000);
46.  moduloGPRS.println();

```

```

47. ShowSerialData(moduloGPRS);
48. moduloGPRS.println("AT+CIPSHUT");
49. delay(100);
50. ShowSerialData(moduloGPRS);
51. }

```

Código do ficheiro ShowSerialData

```

1. void ShowSerialData(SoftwareSerial moduloGPRS)
2. {
3. while (moduloGPRS.available() != 0)
4. Serial.write(moduloGPRS.read());
5. delay(5000);
6. }

```

Código do ficheiro mensagem

```

1. void mensagem(SoftwareSerial moduloGPRS, long venda20L, long venda500L, String numero)
2. {
3. moduloGPRS.println("AT+CMGF=1");
4. delay(1000);
5. moduloGPRS.println("AT+CMGS=\"" + numero + "\"\r");
6. delay(1000);
7. moduloGPRS.print("As vendas 20L sao: ");
8. moduloGPRS.print(venda20L);
9. moduloGPRS.print(" e 500litros sao: ");
10. moduloGPRS.print(venda500L);
11. delay(100);
12. moduloGPRS.println((char)26);
13. delay(1000);
14. }

```

Código do ficheiro logoUEM

```

1. // 'Logotipo UEM engenharia', 128x64px
2. const unsigned char logoUEM [] PROGMEM = {
3. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
4. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
5. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
6. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
7. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
8. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
9. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
10. .
11. .
12. .
13. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7e, 0xf8, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0xe1,
14. 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0xc1, 0x07, 0x00,
15. 0x00, 0x00, 0x7e, 0xf0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
16. 0xe0, 0x07, 0x1f, 0x00, 0x00, 0x80, 0x0f, 0x7e, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
17. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x1f, 0x7c, 0x00, 0x00, 0xe0, 0x83, 0x1f,
18. 0x00, 0x00, 0xe0, 0x07, 0x1f, 0x00, 0xc0, 0x03, 0x0e, 0xfc, 0x83, 0x0f,
19. 0x3f, 0xf8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x1f, 0x7c, 0x00, 0xe0, 0x83,
20. 0x3f, 0xf8, 0xe0, 0xc3, 0x0f, 0x3f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7c,
21. 0x00, 0x00, 0x00, 0x00
22. };

```


7.11. Anexo 11: Programa do microcontrolador escravo para modo operador

Nota: o código nos outros MCU escravos muda apenas o endereço atribuído aleatoriamente pelo autor ou no volume que deve escoar pelo que apresenta-se apenas o código de um MCU no modo operador

```
/*
=====
====
                                UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
                                FACULDADE DE ENGENHARIA
                                DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
                                CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA
                                Relatório do Trabalho de Licenciatura
                                Dimensionamento e Construção de um sistema de dosagem de água para um sistema de
abastecimento

                                Autor: Frederico Constantino Zile
                                Supervisor: Dr. Gonçalves Doho, Engº.
                                Maputo, Junho de 2022

=====
=====*/
// ===== Programa do MicroControlador escravo1
=====
1. #include <Wire.h>
2. #define endereco4 0x14
3. #define pinoSensor 2
4. #define pinoValvula 5
5. #define indicador 7

6. const byte coin = A3;
7. bool SinalCoin = LOW;
8. unsigned long totalpulsosMoeda = 0;
9. unsigned long pulsosAntes;

10. volatile int contaPulsos = 0;
11. unsigned short quantidadeVendida4 = 0;
12. const float factorCalibracao = 5.5;
13. float vazao = 0;
14. float volume = 0;
15. float volumeEscoado = 0;
16. unsigned long tempoAntes = 0;

17. void setup() {
18. Wire.begin(endereco4);
19. Wire.onRequest(envioI2C);
20. Serial.begin(9600);
21. Serial.println("MicroControlador Escravo4 iniciado\n");
22. pinMode(pinoSensor, INPUT_PULLUP);
23. pinMode(coin, INPUT);
24. pinMode(pinoValvula, OUTPUT);
25. pinMode(indicador, OUTPUT);
26. digitalWrite(pinoValvula, LOW);
27. SinalCoin = digitalRead(coin);
28. }
```

```

29. void printPulsos() {
30. Serial.print("Quantidade de pulsos: ");
31. Serial.println(totalpulsosMoeda);
32. }

33. void medidorPulsos() {
34. contaPulsos++;
35. }
36. void envioI2C() {
37. Wire.write(quantidadeVendida4);
38. }
39. void loop() {
40. printPulsos();
41. pulsosAntes = totalpulsosMoeda;
42. if (digitalRead(coin) != SinalCoin) {
43. SinalCoin = digitalRead(coin);
44. if (digitalRead(coin) == HIGH) {
45. totalpulsosMoeda++;
46. }
47. if (pulsosAntes != totalpulsosMoeda) {
48. quantidadeVendida4++;
49. while (volumeEscoado < 1) {
    a. if ((millis() - tempoAntes) > 1000) {
    b. digitalWrite(indicador, HIGH);
    c. digitalWrite(pinoValvula, HIGH);
    d. detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinoSensor));

    e. //conversao do valor de pulsos para L/min
    f. vazao = ((1000.0 / (millis() - tempoAntes)) * contaPulsos) / factorCalibracao;

    g. Serial.print("vazao de: ");
    h. Serial.print(vazao);
    i. Serial.println(" L/min");

    j. volume = vazao / 60;
    k. volumeEscoado += volume;

    l. Serial.print("volume atual: ");
    m. Serial.print(volume, DEC);
    n. Serial.println(" L");

    o. Serial.print("Volume Total: ");
    p. Serial.print(volumeEscoado);
    q. Serial.println(" L");
    r. Serial.println();

    s. contaPulsos = 0;
    t. tempoAntes = millis();
    u. attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinoSensor), medidorPulsos, FALLING);

    v. volumeEscoado = 0;
    w. digitalWrite(indicador, LOW);
    x. digitalWrite(pinoValvula, LOW);
    y. Serial.println("Nao pressionado");

```

```
z. Serial.println("Torneira fechada");
aa. Serial.print("O total vendido eh: ");
bb. Serial.print(quantidadeVendida4);
cc. Serial.println("mt");
dd. pulsosAntes = totalpulsosMoeda;
ee. }
50. }
51. }
52. }
53. }
```

7.12. Anexo 12: Programa do microcontrolador escravo modo Self-service

```
/*
=====
====

                                UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
                                FACULDADE DE ENGENHARIA
                                DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
                                CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA
                                Relatório do Trabalho de Licenciatura
                                Dimensionamento e Construção de um sistema de dosagem de água para um sistema de
                                abastecimento

                                Autor: Frederico Constantino Zile
                                Supervisor: Dr. Gonçalves Doho, Engº.
                                Maputo, Junho de 2022

=====
=====*/
// ===== Programa do MicroControlador escravo1
=====
1. #include <Wire.h>
2. #define endereco4 0x14
3. #define pinoSensor 2
4. #define pinoValvula 5
5. #define indicador 7

6. const byte coin = A3;
7. bool SinalCoin = LOW;
8. unsigned long totalpulsosMoeda = 0;
9. unsigned long pulsosAntes;

10. volatile int contaPulsos = 0;
11. unsigned short quantidadeVendida4 = 0;
12. const float factorCalibracao = 5.5;
13. float vazao = 0;
14. float volume = 0;
15. float volumeEscoado = 0;
16. unsigned long tempoAntes = 0;

17. void setup() {
18. Wire.begin(endereco4);
19. Wire.onRequest(envioI2C);
20. Serial.begin(9600);
21. Serial.println("MicroControlador Escravo4 iniciado\n");
22. pinMode(pinoSensor, INPUT_PULLUP);
23. pinMode(coin, INPUT);
24. pinMode(pinoValvula, OUTPUT);
25. pinMode(indicador, OUTPUT);
26. digitalWrite(pinoValvula, LOW);
27. SinalCoin = digitalRead(coin);
28. }
29. void printPulsos() {
30. Serial.print("Quantidade de pulsos: ");
31. Serial.println(totalpulsosMoeda);
```

```

32. }

33. void medidorPulsos() {
34.   contaPulsos++;
35. }
36. void envioI2C() {
37.   Wire.write(quantidadeVendida4);
38. }
39. void loop() {
40.   printPulsos();
41.   pulsosAntes = totalpulsosMoeda;
42.   if (digitalRead(coin) != SinalCoin) {
43.     SinalCoin = digitalRead(coin);
44.     if (digitalRead(coin) == HIGH) {
45.       totalpulsosMoeda++;
46.     }
47.     if (pulsosAntes != totalpulsosMoeda) {
48.       quantidadeVendida4++;
49.       while (volumeEscoado < 1) {
50.         a. if ((millis() - tempoAntes) > 1000) {
51.           b. digitalWrite(indicador, HIGH);
52.           c. digitalWrite(pinoValvula, HIGH);
53.           d. detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinoSensor));

54.           e. //conversao do valor de pulsos para L/min
55.           f. vazao = ((1000.0 / (millis() - tempoAntes)) * contaPulsos) / factorCalibracao;

56.           g. Serial.print("vazao de: ");
57.           h. Serial.print(vazao);
58.           i. Serial.println(" L/min");

59.           j. volume = vazao / 60;
60.           k. volumeEscoado += volume;

61.           l. Serial.print("volume atual: ");
62.           m. Serial.print(volume, DEC);
63.           n. Serial.println(" L");

64.           o. Serial.print("Volume Total: ");
65.           p. Serial.print(volumeEscoado);
66.           q. Serial.println(" L");
67.           r. Serial.println();

68.           s. contaPulsos = 0;
69.           t. tempoAntes = millis();
70.           u. attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinoSensor), medidorPulsos, FALLING);

71.           v. volumeEscoado = 0;
72.           w. digitalWrite(indicador, LOW);
73.           x. digitalWrite(pinoValvula, LOW);
74.           y. Serial.println("Nao pressionado");
75.           z. Serial.println("Torneira fechada");
76.           aa. Serial.print("O total vendido eh: ");
77.           bb. Serial.print(quantidadeVendida4);

```



```
cc. Serial.println("mt");
dd. pulsosAntes = totalpulsosMoeda;
ee. }
50. }
51. }
52. }
53. }
```

7.13. Anexo 13: Montagem da Estrutura mecânica do protótipo



7.14. Anexo 14: Relatório de visita de estudo

Por forma a entender o funcionamento de um posto de abastecimento de água, efectuou-se uma visita de estudo a um posto de abastecimento de água por via de furos. A metodologia adoptada foi de observação directa do participante e entrevista aos utilizadores.

Da observação directa constatou-se que:

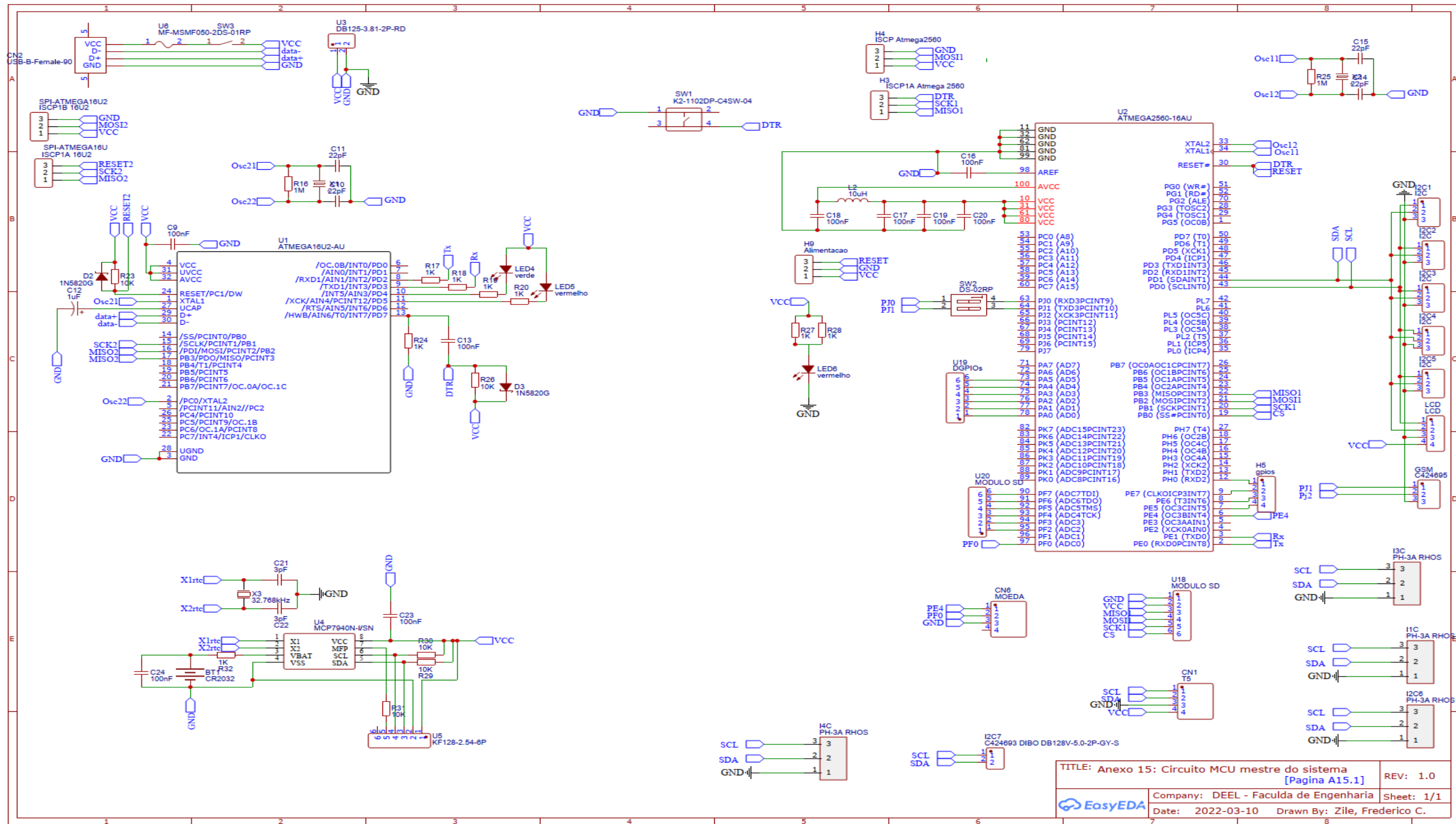
1. O posto de abastecimento usa possui dois tipos de clientes: os que compram água com recipientes de 20 litros e os clientes que tiram água por via de camiões com tanques múltiplos de 500litros;
2. O sistema hidráulico do posto possui dois tipos de tupo de $\frac{3}{4}$ e 1 polegada.
3. O posto não possui energia eléctrica da rede pública (EDM), usa sistema fotovoltaico eficiente para as necessidades do posto;

Da entrevista aos operadores constatou-se que os mesmos sabem ler e escrever.

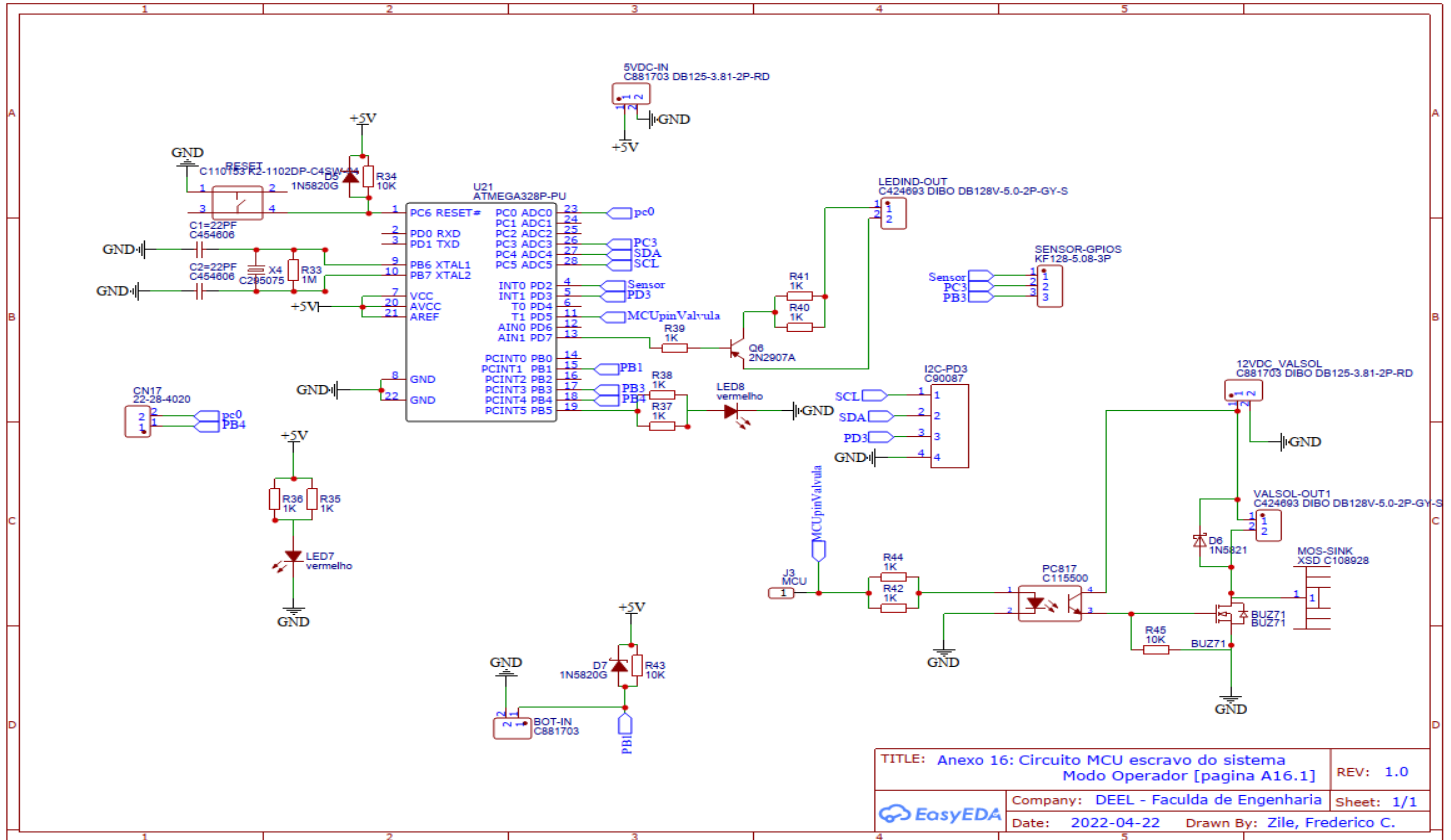




7.15. Anexo 15: Circuito mestre do sistema



7.16. Anexo 16: Circuito escravo do sistema modo operador



TITLE: Anexo 16: Circuito MCU escravo do sistema Modo Operador [pagina A16.1]		REV: 1.0
EasyEDA	Company: DEEL - Faculda de Engenharia	Sheet: 1/1
	Date: 2022-04-22	Drawn By: Zile, Frederico C.

7.19. Anexo 19: Fotos do protótipo

