

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA – DAELT
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

JEAN CASEMIRO STEFANKOWSKI
PAULO HENRIQUE KAROLKIEWICZ
RAFAEL ANTONIO PETRÒ

**PROTÓTIPO PARA CONTROLE DE PAGAMENTO DE ÁGUA DE
FORMA PRÉ-PAGA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2014

JEAN CASEMIRO STEFANKOWSKI
PAULO HENRIQUE KAROLKIEWICZ
RAFAEL ANTONIO PETRÒ

**PROTÓTIPO PARA CONTROLE DE PAGAMENTO DE ÁGUA DE
FORMA PRÉ-PAGA**

Projeto apresentado como pré-requisito para o Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof^a MSc Rosângela Winter

CURITIBA
2014

JEAN CASEMIRO STEFANKOWSKI
PAULO HENRIQUE KAROLKIEWICZ
RAFAEL ANTONIO PETRÒ

PROTÓTIPO PARA CONTROLE DE PAGAMENTO DE ÁGUA DE FORMA PRÉ-PAGA

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Automação Industrial**, do **Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial**, da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 22 de janeiro de 2014

Prof. José da Silva Maia, M.Eng.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof. Rafael Fontes Souto, M.Sc.
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jaime Favretto, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª. Rosangela Winter, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientadora

Prof. Juvenal Akita, Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Rosana Mayer, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

RESUMO

KAROLKIEWICZ, Paulo; PETRO, Rafael; STEFANKOWSKI, Jean. Protótipo para controle de pagamento de água de forma pré-paga. 66f. Projeto de TCC – Tecnologia em Automação Industrial, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Um sistema pré-pago de abastecimento de água é uma opção considerada bastante razoável em vista das dificuldades financeiras de diversos consumidores, que por vezes, não conseguem manter em dia o pagamento das tarifas e acabam tendo o seu fornecimento suspenso. Com um sistema pré-pago, os consumidores poderão controlar e planejar o consumo de água, evitando imprevistos no fornecimento. O protótipo proposto neste trabalho visa proporcionar uma solução socioambiental, beneficiando a sociedade em geral, fazendo com que o gerenciamento dos recursos hídricos se torne mais eficiente tanto para o usuário como para a companhia de abastecimento de água. O protótipo foi desenvolvido utilizando um hidrômetro mecânico comum como base. Foram utilizados componentes eletrônicos para a adaptação, inserindo no hidrômetro uma interface digital. Os dados coletados pela interface eletrônica ficarão disponíveis de forma contínua ao usuário em uma unidade remota, que ficará em local acessível dentro da residência do consumidor, que pode acompanhar o consumo e a quantidade de créditos de água.

Palavras-chave: Protótipo. Pré-pago. Água.

ABSTRACT

KAROLKIEWICZ, Paulo; PETRO, Rafael; STEFANKOWSKI, Jean. Prototype for controlling payment of water in order prepaid 66p. Projeto de TCC – Tecnologia em Automação Industrial, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A prepaid water supply is an option considered quite reasonable in view of the financial difficulties of many consumers, who sometimes can not keep up prices and inevitably end up having their supply suspended. With the prepaid system, consumers can manage and plan water consumption, avoiding the cut in supply. The prototype proposed in this paper aims to provide an socioenvironmental solution, benefiting society at large, making the management of water resources become more efficient both for the user and for the company's water supply. The prototype was developed using a hydrometer as common mechanical basis. Were used electronic components for adaptation, inserting the hydrometer a digital interface. The data collected by electronic interface will be available continuously to the user in a remote interface, which will remain accessible location inside the residence of the consumer, which may accompany the consumption and the amount of credits.

Key Words: Prototype, Prepaid, Water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Display</i> de cristal líquido 16x2.....	09
Figura 2 - Microcontrolador	10
Figura 3 - Optoacoplador	11
Figura 4 - Chave optoeletrônica	12
Figura 5 - Motor de corrente contínua	13
Figura 6 - Hidrômetro	14
Figura 7 - Diagrama de blocos do protótipo	16
Figura 8 - Estação base	17
Figura 9 - Esquema elétrico da estação base	18
Figura 10 - Sistema de relojoaria do hidrômetro	19
Figura 11 - Adaptação do ponteiro	20
Figura 12 - Esquema elétrico das portas.....	21
Figura 13 - Esquema elétrico da alimentação	23
Figura 14 - Esquema elétrico do circuito de detecção de bateria baixa	24
Figura 15 - Esquema elétrico de acionamento da válvula	25
Figura 16 - Conexão <i>Slot</i> /microcontrolador	26
Figura 17 - Conjunto micromotor/registro	27
Figura 18 - Esquema elétrico da comunicação sem fio.....	29
Figura 19 - Estação remota	31
Figura 20 - Cartão de recarga	33
Figura 21 - <i>Slot</i> de conexão	34
Figura 22 - Carregador	35
Figura 23 - Bancada de simulação.....	37
Figura 24 - Reservatório de água.....	39
Figura 25 - Placas	40
Figura 26 - Fixação das placas na bancada de simulação.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Relação das portas utilizadas	21
Tabela 02 - Códigos da comunicação sem fio.....	30

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
CC	Corrente Contínua.
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos.
CGRAM	Gerador de Caracteres para Memória de Acesso Aleatório (<i>Character Generator Random access Memory</i>).
CI	Circuito Integrado.
DAELT	Departamento Acadêmico de Eletrotécnica.
DIAC	Diodo para corrente alternada (<i>Diode for Alternating Current</i>)
DIMEL	Diretoria de Metrologia Legal.
DN	Diâmetro Nominal (<i>Diametre Nominal</i>).
EEPROM	Memória Somente Leitura Programável Eletricamente Apagável (<i>Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory</i>).
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
IHM	Interface Humano Máquina.
LCD	Display de Cristal Líquido (<i>Liquid Cristal Display</i>).
LED	Diodo Emissor de Luz (<i>Light Emitting Diode</i>).
NPS	Diâmetro Nominal de Tubos (<i>Nominal Pipe Size</i>).
PIC	Controlador de Interface Programável. (<i>Programmable Interface Controller</i>).
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
PVC	Policloreto de Vinil (<i>Polyvinyl chloride</i>)
RAM	Memória de Acesso Aleatório (<i>Random Access Memory</i>).
ROM	Memória Apenas de Leitura (<i>Read Only Memory</i>).
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná.
SMD	Dispositivo de Montagem Superficial (<i>Surface-Mount Device</i>).
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso.
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LISTA DE ABREVIATURAS

l	Litros.
MHz	Megahertz.
ml	Mililitros.
mm	Milímetros.
ms	Milisegundos.
m	Metros
V	Volts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	4
1.1 TEMA	5
1.1.1 Delimitação do tema.....	5
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS.....	6
1.3 OBJETIVOS	7
1.3.1 Objetivo geral	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 JUSTIFICATIVA	7
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1 <i>DISPLAY</i> DE CRISTAL LÍQUIDO	9
2.2 MICROCONTROLADORES.....	10
2.3 DISPOSITIVOS ÓPTICOS	11
2.3.1 Optoacoplador.....	11
2.3.2 Chave optoeletrônica.....	12
2.4 MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA	12
2.5 HIDRÔMETRO.....	13
2.6 COMUNICAÇÃO SEM FIO	14
3 DESENVOLVIMENTO	16
3.1 DESENVOLVIMENTO DA ESTAÇÃO BASE	16
3.1.1 Funcionamento do hidrômetro.....	19
3.1.2 Adaptação do ponteiro e acoplamento do sensor de pulsos	19
3.1.3 Microcontrolador central	20
3.1.4 Sistema de alimentação	22
3.1.5 Sistema de acionamento da válvula.....	24
3.1.6 Desenvolvimento do sistema de leitura e transferência de dados do cartão....	26
3.2 ADAPTAÇÃO DA VÁLVULA DE CONTROLE	26
3.3 DESENVOLVIMENTO DA COMUNICAÇÃO SEM FIO.....	27
3.3.1 Dispositivo de comunicação sem fio	28
3.3.2 Protocolo de comunicação	29
3.4 DESENVOLVIMENTO DA ESTAÇÃO REMOTA	30
3.4.1 Características construtivas	31

3.4.2 Funcionamento.....	31
3.5 DESENVOLVIMENTO DO CARTÃO DE RECARGA E SLOT DE CONEXÃO ...	32
3.5.1 Cartão.....	32
3.5.2 Slot de conexão.....	33
3.6 DESENVOLVIMENTO DO CARREGADOR.....	34
3.6.1 Características construtivas	34
3.6.2 Funcionamento do carregador	35
4 MONTAGEM E SIMULAÇÃO	37
4.1 MONTAGEM DA BANCADA DE SIMULAÇÃO DO PROTÓTIPO.....	37
4.1.1 Reservatório de água	38
4.2 CONFECÇÃO, MONTAGEM E FIXAÇÃO DAS PLACAS ELETRÔNICAS.....	39
4.3 SIMULAÇÕES DE FUNCIONAMENTO	41
4.3.1 Simulação de falta de energia externa	41
4.3.2 Simulação da carga da bateria do <i>nobreak</i> fraca	41
4.3.3 Simulação de interrupção por falta de crédito	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5.1 SÍNTESE	43
5.2 RESULTADOS ATINGIDOS	44
5.3 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	45
5.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DA ESTAÇÃO BASE.....	52
APÊNDICE B – PROGRAMAÇÃO DO CARREGADOR.....	58
APÊNDICE C – PROGRAMAÇÃO DA ESTAÇÃO REMOTA.....	61
APÊNDICE D – PROGRAMAÇÃO DO CARTÃO	65

1 INTRODUÇÃO

A água, segundo Capobianco (2011) é um recurso natural de valor inestimável. Mais que um insumo indispensável à vida e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os ecossistemas.

De acordo com dados do PNUMA (2011), estima-se que 97% da água encontra-se acumulada nos oceanos, sendo que geleiras e calotas polares detêm 2,4%, e outros como rios, lagos e lagoas detêm 0,6% da água do planeta. Isso constitui um grande problema, pois o ser humano necessita de água doce e, no entanto tem disponível uma quantidade muito maior de água salgada.

Para Costa (2011a) “O desperdício de água cresce a cada dia, o que provocará futuramente um *déficit* em sua quantidade e uma infinidade de problemas, onde estes irão afetar não só aos homens, mas principalmente ao meio ambiente.” Por isso é de fundamental importância que cada vez mais sejam pensados meios de evitar a poluição e o desperdício e controlar o abastecimento de água, para que se possa manter para as gerações futuras a qualidade e a quantidade desse recurso natural de suma importância para a vida no planeta Terra.

A utilização de sistemas automatizados para o controle do consumo de água é uma das formas de evitar o desperdício e garantir maior qualidade no abastecimento. Segundo Trojan (2005), a automação de sistemas é uma ferramenta poderosa no gerenciamento da água, evitando gastos desnecessários, utilizando os recursos naturais de maneira eficiente com qualidade e preservando o meio ambiente.

1.1 TEMA

O presente estudo surge para facilitar o acompanhamento do consumo de água pelo consumidor, pensando na necessidade de criar meios que levem o consumidor a criar uma consciência de evitar o desperdício de água. Constatou-se que atualmente não há dispositivos capazes de informar de maneira eficiente o consumo de água em tempo real ao consumidor de forma a garantir um controle mais dinâmico da quantidade de água consumida.

Almeja-se com esse protótipo permitir esse acompanhamento, visando à diminuição de custos para o consumidor e conseqüentemente incentivando a um uso mais racional da água, gerando benefícios a todos os usuários e ao meio ambiente.

Pretende-se criar um protótipo de medidor de água com o intuito de implantar um sistema de pagamento de forma pré-paga, utilizando para isso um hidrômetro de água mecânico comum como base. Para permitir a futura aplicação de forma simples e com o mínimo de custo no atual sistema de medição, o protótipo foi confeccionado com dispositivos e componentes eletrônicos de baixo custo e de fácil disponibilidade.

1.1.1 Delimitação do tema

O presente estudo visa construir um protótipo de medidor de água para pagamento de forma pré-paga para uso residencial, com a criação de um *software* e um *hardware* para controle do consumo de água. Tendo como característica o uso de componentes de baixo custo e boa disponibilidade, visando uma adaptação que permita ao usuário um acompanhamento e controle sobre seu consumo, utilizando um sistema de pagamento pré-pago.

O foco do presente projeto de TCC baseia-se na adaptação do hidrômetro mecânico, com a criação de uma interface remota digital e um sistema de recarga de créditos, sendo a implantação da logística, gestão e comércio do sistema pré-pago um adendo para complementar

o controle do consumo por parte do usuário, não sendo desenvolvido durante o projeto.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Os principais problemas encontrados e que embasaram esta proposta foram:

1. Desperdício e uso irresponsável da água;
2. Falta de dispositivos capazes de proporcionar a visualização e acompanhamento do consumo de forma rápida e fácil;
3. Inexistência de um método de pagamento mais programável e flexível.
4. Longo tempo de espera e burocracia nos serviços de suspensão e religação de água.

Em decorrência destes quatro problemas, a qualidade do serviço de abastecimento de água tende a ser prejudicada gerando, entre outros, os seguintes problemas: transtornos de abastecimento, racionamento de água (e consequentes problemas de saúde pública ao longo do tempo) e aborrecimentos com a burocracia nos serviços prestados pela concessionária.

Logo: **Como monitorar e controlar o consumo de água de forma a evitar o desperdício e garantir seu fornecimento?**

Com a utilização de um medidor de água adaptado para pagamentos prévios ao consumo, pretende-se demonstrar a viabilidade de um sistema de medição de água pré-pago, de modo a amenizar os problemas de desperdício utilizando-se de uma forma diferenciada de medição e controle do consumo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Adaptar um medidor de água mecânico convencional em um protótipo, de forma a permitir o controle do consumo por meio de quantidades pré-determinadas, utilizando para isso dispositivos eletrônicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Revisar a literatura sobre medidores de água e outros dispositivos a serem utilizados;
- ✓ Verificar o funcionamento e transformar a leitura mecânica do hidrômetro em sinais digitais;
- ✓ Desenvolver e simular uma unidade remota de leitura e acompanhamento;
- ✓ Implantar um sistema de comunicação sem fio para a transmissão de dados entre a unidade remota e o medidor;
- ✓ Desenvolver um sistema de recarga de créditos;
- ✓ Construir o protótipo e integrar o sistema;
- ✓ Testar o protótipo.

1.4 JUSTIFICATIVA

Ao longo dos anos a discussão sobre o consumo consciente de água tornou-se muito difundida nos meios acadêmicos e nas mídias, com enfoque no possível esgotamento das reservas de água potável.

A população tem conhecimento sobre a necessidade de evitar o desperdício de água, porém sente a falta de dispositivos capazes de proporcionar um controle mais dinâmico do seu consumo e ao mesmo tempo realizar planejamento de sua demanda e consumo mensais.

Uma possibilidade de utilização do sistema de pagamento pré-pago de água seria em imóveis de aluguel, bem como imóveis de baixa ocupação com alta sazonalidade como casas de campo e de veraneio,

onde a utilização e ocupação são maiores em períodos de temporada e férias. Este sistema de pagamento de forma pré-paga possibilita uma praticidade e facilidade muito grande reduzindo transtornos com inquilinos e com a prestadora de serviços de abastecimento de água. Também permite uma otimização de custos para a concessionária, relativa às atividades de leitura e inspeção, permitindo a diminuição da demanda de serviços.

Mediante estes pontos o projeto contempla o desenvolvimento de um dispositivo capaz de sanar estes problemas dos usuários, possibilitando o acompanhamento e controle do consumo de uma forma simples, sem a necessidade da utilização dos serviços prestados pelas concessionárias e sem submeter-se a prazos de execução e transtornos gerados por estas.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

“O trabalho de pesquisa é previsto para ser de natureza aplicada e caracterizada pela forma experimental quanto aos procedimentos técnicos, de acordo com as definições de metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação” (SILVA e MENEZES, 2001 p. 20-21).

Em relação ao objetivo macro a pesquisa enquadra-se como sendo uma pesquisa do tipo experimental porque, segundo Bello (2004), qualifica-se este tipo de pesquisa como toda aquela que envolve algum tipo de experimento e no caso serão feitos experimentos com base no protótipo do medidor de água.

“Trabalhos acadêmicos obedecem a normas que atendem especificidades do curso e instituição de origem, sem, contudo, divergir das diretrizes apontadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)” (UTFPR, 2008 p. 13). A redação da presente monografia será baseada nas normas para elaboração de trabalhos acadêmicos da UTFPR.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 *Display* de Cristal Líquido

Displays de cristal líquido são comumente usados para interfaces de comunicação humano-máquina (IHM), sendo largamente utilizados na indústria e em eletroeletrônicos como em aparelhos celulares, câmeras digitais, *players* de músicas e afins.

Segundo Avelar (2010) “existem vários tipos de LCD no mercado atualmente e são geralmente descritos por $A \times B$ onde A é o número de colunas e B o número de linhas. Por exemplo: 8×2 , 16×1 , 16×2 [...] Os modelos mais comuns comunicam-se através de pinos de entrada e saída.

De acordo com Messias (2012):

“Os módulos LCDs são compostos de memória ROM, memória RAM, e dois ou mais micro processadores. A maioria deles dispõe de um espaço de memória chamada CGRAM, que permite ao usuário desenhar até 8 caracteres personalizados (para cada caractere são necessários 8 *bytes*).”

A figura 01 mostra um *display* de cristal líquido formado por 16 colunas e 2 linhas:



Figura 01: *Display* de Cristal Líquido 16x2.

Fonte: Mutcom (2012).

2.2 Microcontroladores

Os microcontroladores “[...] são *chips* inteligentes, que têm um processador, pinos de entradas/saídas e memória. Por meio da programação dos microcontroladores pode-se controlar suas saídas, tendo como referência as entradas ou um programa interno” (TREVISAN, 2012).

Conforme Angelfire (2012), um microprocessador constitui um circuito complexo, em forma de circuito integrado, possuindo diversos circuitos lógicos como contadores, registradores, decodificadores e vários outros. Estes circuitos lógicos são dispostos de maneira complexa, dando ao microprocessador a capacidade de executar operações lógicas, aritméticas e de controle.

Os sistemas microcontrolados, segundo a revista Robótica Livre (2012) estão presentes nas mais diversas áreas, dentre as quais a automação industrial, comercial e predial, área automobilística, agrícola, produtos manufaturados, eletrodomésticos e telecomunicações. A Figura 02 mostra um microcontrolador PIC16F628A, o mesmo utilizado no protótipo:

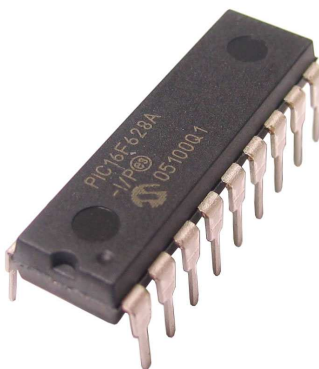


Figura 02: Microcontrolador.

Fonte: MAC (2013).

2.3 DISPOSITIVOS ÓPTICOS

2.3.1 Optoacoplador

O optoacoplador é um componente utilizado para isolar circuitos distintos. Segundo Braga (2009) “Acopladores ópticos ou optoacopladores são dispositivos formados por um LED emissor e um dispositivo sensor que pode ir do foto-transistor ao foto-DIAC, dentro de um encapsulamento hermético”.

O principal motivo pela escolha de optoacopladores em circuitos de controle dá-se pela excelente isolação que proporcionam. Conforme Angelfire (2012).

“Estes componentes são capazes de isolar com total segurança dois circuitos eletrônicos, mantendo uma comunicação ou controle entre ambos. O isolamento é garantido porque não há contato elétrico, somente um sinal luminoso”.

Braga (2009) afirma que os acopladores são extremamente eficientes no isolamento entre os circuitos que pode superar facilmente os 5.000V e rápidos o bastante para aceitar modulações que chegam a alguns MHz.

“Os acopladores ópticos possuem diversas vantagens sobre outros tipos de acopladores: alta velocidade de comutação, nenhuma parte mecânica, baixo consumo e isolamento total” (ANGELFIRE, 2012). Na figura 03 pode-se observar o aspecto físico de um optoacoplador, modelo CNY17:



Figura 03: Optoacoplador

Fonte: Chiplook (2013)

2.3.2 Chave Optoeletrônica

Chaves optoeletrônicas são sensores ópticos utilizados para detecção ou contagem de objetos. De acordo com a revista Saber Eletrônica (2007), uma chave óptica típica é um dispositivo em que existe uma fonte emissora, normalmente um LED infravermelho, e um receptor, geralmente um fototransistor, o dispositivo é montado de tal forma que entre o emissor e o receptor existe uma fenda onde pode ser introduzido um objeto. A introdução desse objeto interrompe o feixe de radiação do emissor, provocando uma mudança de estado do circuito.

“As chaves ópticas são rápidas e têm a vantagem de não utilizarem contatos mecânicos, que com o tempo acabam se desgastando, são muito utilizadas na automação como fim de curso, em robótica, e em muitas outras aplicações importantes relacionadas a mecatrônica e optoeletrônica”. (RODRIGUES apud MORAES, 2013). Na figura 04 pode-se observar uma chave optoeletrônica do tipo PHCT 103, utilizada no protótipo para a contagem de pulsos do hidrômetro:



Figura 04: Chave Optoeletrônica
Fonte: Paresteck (2013)

2.4 Motor de corrente contínua

Motores de corrente contínua são máquinas elétricas que convertem energia elétrica em energia mecânica. “Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão” (COSTA, 2012).

O motor CC, de acordo com Costa (2012) é constituído por:

[...] circuito indutor, circuito induzido e circuito magnético. Sendo constituído por elementos fixos e móveis, dá-se o nome de estator a parte fixa do motor e o nome rotor a parte móvel do mesmo. No caso do motor CC o circuito indutor encontra-se no estator e o circuito induzido no rotor. O circuito induzido é constituído por um enrolamento envolvendo um núcleo ferromagnético laminado, isto é, dividido em chapas entre si.

Segundo Netto (2012), o rotor gira entre os polos de ímãs permanentes estacionários, sendo que girará desde que essa corrente inverta seu sentido cada vez que seus pólos alcançarem os pólos opostos do estator. O modo mais comum para produzir essas reversões é usar um comutador, que apresenta duas placas de cobre encurvadas e fixadas no eixo do rotor; os terminais da bobina são fixados nessas placas. A corrente circula através do comutador e da bobina, retornando a outra escova. Nessa etapa o rotor realiza sua primeira meia-volta. Nessa meia-volta, as placas do comutador trocam seus contatos com as escovas e a corrente inverte seu sentido na bobina do rotor, mantendo o motor girando, sempre com o mesmo sentido de rotação. A figura 05 mostra um motor de corrente contínua com redução mecânica utilizado para pequenas aplicações em sistemas automatizados. O motor é semelhante ao que será utilizado no protótipo:



Figura 05: Motor de Corrente contínua

Fonte: Vegamax (2012).

2.5 Hidrômetro

Hidrômetro é um instrumento de medição volumétrica de água. De acordo com Techem (2012), são utilizados em larga escala pelas empresas de saneamento básico para medir o consumo dos seus clientes, permitindo a emissão das faturas de acordo com o volume consumido por cada um. Além disso, ajudam a estimar as perdas entre a produção e a distribuição de água.

“O aparelho é dotado de uma turbina que se move com a passagem da água.

Ao girar, a turbina coloca em movimento um sistema de relojoaria que faz o mostrador indicar com precisão o volume de água que passa pela tubulação” (CEDAE, 2010). Se o fluxo de água é pequeno, o ponteiro roda lentamente, indicando um consumo menor. Se o fluxo é grande, faz o ponteiro girar mais depressa, indicando sinal de consumo elevado.

Segundo Carvalho (2010), os hidrômetros mais utilizados são os do tipo velocimétricos. Estes hidrômetros podem ser do tipo monojatos ou multijatos, ter sua relojoaria seca ou úmida e serem de transmissão magnética ou mecânica. A figura 06 mostra um hidrômetro da fabricante Actaris semelhante ao utilizado no protótipo:



Figura 06: Hidrômetro

Fonte: Easy (2012)

2.6 Comunicação sem fio

Por definição, conforme Borges (2008), a comunicação consiste num fluxo de informações através de um canal de transmissão entre dois intervenientes de acordo com uma série de regras pré-definidas e do conhecimento das entidades envolvidas. Entre o emissor e o receptor existe um canal de transmissão, por onde transita o fluxo de informações em determinados sentidos.

Segundo Casagrande (2008) nos sistemas de comunicação o fluxo de informações pode ser definido em sistemas Simplex, onde o fluxo da informação se dá somente em um sentido; sistemas semi-duplex (half-duplex), onde a informação transita nos dois sentidos, porém não simultaneamente; sistemas duplex, onde a informação pode ser transmitida em ambos os sentidos simultaneamente.

Quanto aos tipos de redes de comunicação de dados, elas podem ser: “[...] ponto-a-ponto, proporcionado um barramento dedicado entre os dispositivos, ou multiponto, aquela na qual mais de dois dispositivos compartilham um único barramento”.

(FOROUZAN, 2006, P.38). De acordo com Tyson (2000), as topologias das redes podem ser do tipo barramento, anel ou estrela. Conforme Tarouco (2013):

“Muitos sistemas de comunicação fazem a transmissão dos dados utilizando cabos [...] ou fibra ótica. Outros entretanto, transmitem os dados pelo ar, não utilizando qualquer tipo de meio físico, como é o caso da transmissão por raios infravermelhos, lasers, micro-ondas e rádio. Cada uma destas técnicas é adequada a certas aplicações [...]”

Ainda segundo Tarouco (2013) o ar constitui-se de um meio natural para a propagação de sinais eletromagnéticos, podendo talvez, ser considerado o melhor suporte de transmissão, quando se fala em conectividade. Tal afirmação baseia-se no fato de que o ar provê uma interconexão completa, e permite uma grande flexibilidade na localização das estações. Ramos Jr (2010) descreve entre as principais comunicações sem fio as seguintes: Wi-fi, Ad-Hoc, WiMax, WAP, EDGE, 3G, LTE e Bluetooth.

3 DESENVOLVIMENTO

A adaptação e montagem do protótipo foi baseada em um hidrômetro da fabricante LAO, modelo MJ 9B1, homologado pela portaria DIMEL / INMETRO número 40 de 13/05/1999, fornecido pela SANEPAR.

Primeiramente todos os circuitos foram projetados e dimensionados de forma a atender as necessidades do sistema. Após definidos os circuitos e seus componentes eletrônicos, partiu-se para a validação dos mesmos com testes em matriz de contatos antes da montagem final em placas eletrônicas confeccionadas especialmente para este fim.

Para facilitar o desenvolvimento o protótipo foi dividido em seis partes distintas: Estação base; Válvula de controle; Comunicação sem fio; Estação remota; Cartão de recarga e *Slot*/Carregador. Desta forma proporciona-se um melhor aproveitamento do tempo empregado diminuindo consideravelmente possíveis falhas no projeto e conseqüente retrabalho. Pode-se observar o diagrama em blocos do protótipo na figura 07:

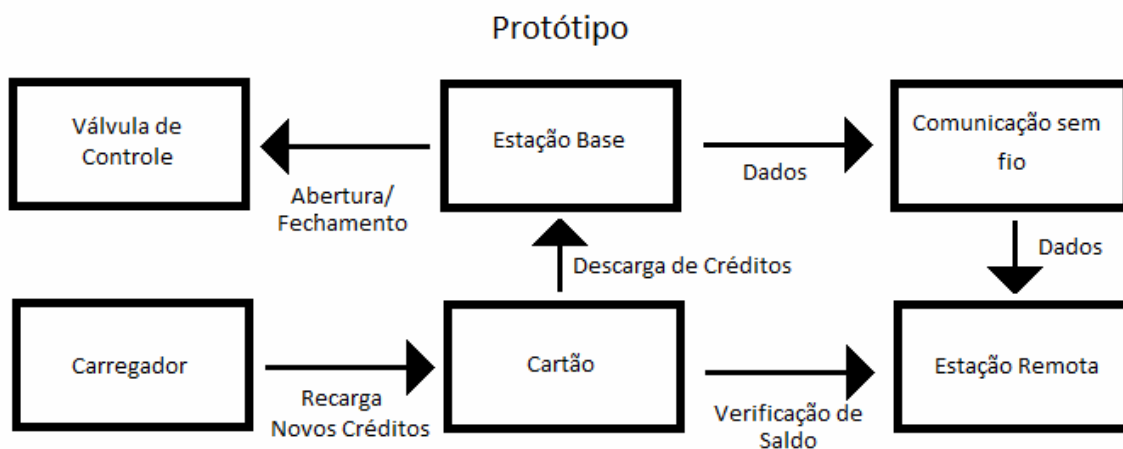


Figura 07: Diagrama em blocos do protótipo

Fonte: Os autores

3.1 DESENVOLVIMENTO DA ESTAÇÃO BASE

A estação base é a principal parte do protótipo, nela todas as informações são processadas de forma a garantir o correto funcionamento do sistema. A estação base, numa aplicação prática ficaria disposta junto à entrada de água da residência. Sua função é receber os créditos do cartão de recarga, processar as informações e

liberar o fornecimento para a unidade consumidora. A estação base também é a responsável pelo controle dos créditos e identificação da falta dos mesmos, executando a interrupção temporária do fornecimento de água, ficando em estado de espera até uma próxima recarga. A estação base comunica-se de forma contínua com o usuário através da estação remota, informando o saldo e situações de alerta do sistema.

A estação base é composta pelos seguintes componentes: hidrômetro, sensor de pulsos, microcontrolador central, sistema de alimentação, válvula de controle e sistema de descarga do cartão. Na figura 08 é mostrada a estação base e na figura 09 é demonstrado o esquema elétrico completo da estação base, englobando todos os seus componentes:

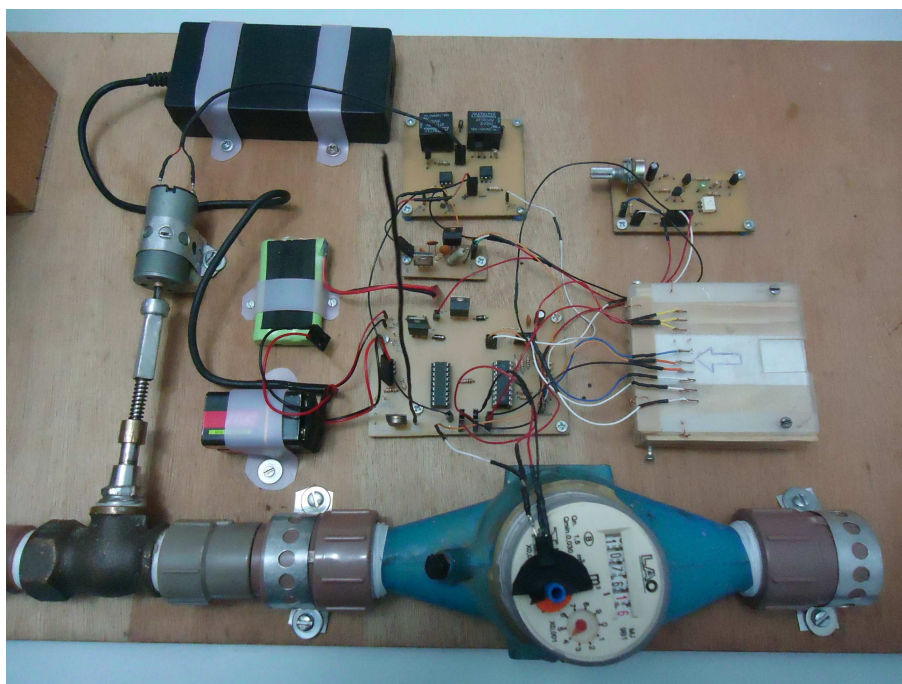


Figura 08: Estação base

Fonte: Os autores (2013)

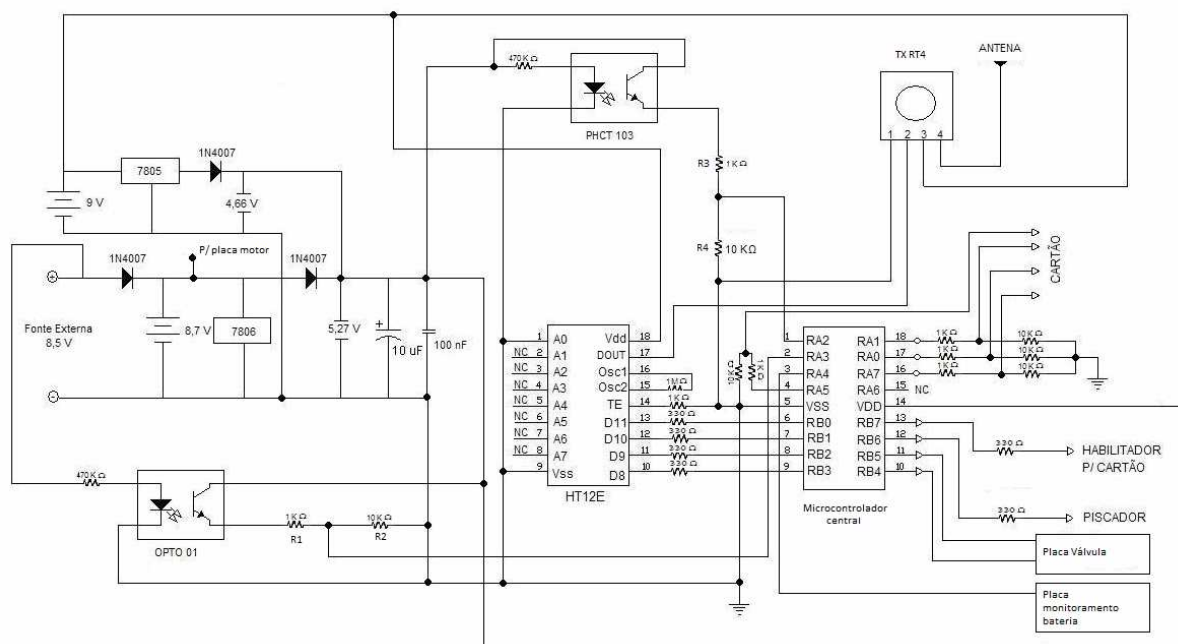


Figura 09: Esquema elétrico da estação base

Fonte: Os autores (2013)

Na figura 09, pode-se observar o microcontrolador central e suas respectivas interfaces com suas entradas e saídas. A porta RA3 (configurada como entrada) detecta o sinal de falha da fonte através do OPTO 01, conectado num divisor de tensão. A fonte externa ao ser desligada desativa o funcionamento do OPTO 01, modificando o funcionamento da ponte R1/R2.

A porta RA2 (configurada como entrada) é conectada a um divisor de tensão formado por R3 e R4, conectado ao sensor PHCT 103, este é responsável pela captação do sinal mecânico do hidrômetro e sua transformação em pulsos, enviados ao microcontrolador através desta interface. A porta RA4 é uma entrada e encontra-se conectada à placa de monitoramento da bateria, que será descrita no tópico 3.1.4. As portas RB0, RB1, RB2 e RB3 (saídas) são conectadas ao CI HT12E, seu funcionamento será descrito no tópico 3.3.1.

As portas RB4 e RB5 (saídas) são conectadas na placa de controle do motor, responsável pela abertura e fechamento da válvula, conforme será mostrado no tópico 3.1.5. As portas RB6 e RB7 são saídas conectadas no *slot* da estação base, através de resistores de 330 Ω . As portas RA7, RA0 e RA1 são entradas conectadas no *slot* de conexão através de divisores de tensão.

A alimentação do microcontrolador central é através dos pinos V_{SS} (negativo) e V_{DD} (positivo) A placa responsável pelo sistema de alimentação será descrita no tópico 3.1.4. O terminal RA6 não é utilizado no circuito.

3.1.1 Funcionamento do hidrômetro

O hidrômetro utilizado é do tipo multijato, vazão nominal $1,5\text{m}^3/\text{h}$, classe B, DN 20 (NPS $\frac{3}{4}$). Seu sistema de relojoaria é separado das turbinas de passagem de água, sendo que o acoplamento com o eixo da turbina é feito de forma magnética. A figura 10 mostra o sistema de relojoaria desmontado:



Figura 10: Sistema de relojoaria do hidrômetro

Fonte: Os autores (2012)

O hidrômetro originalmente é selado, sendo necessário romper o lacre do fabricante para verificar seu funcionamento. Na adaptação feita para o protótipo, o topo do copo transparente mostrado na figura 06 foi retirado para possibilitar o acesso aos ponteiros e a instalação do sensor e do disco comutador. A instalação do sensor será feita sobre o ponteiro marcador de quantidade de decilitros, representado no medidor com $\times 0,0001$.

3.1.2 Adaptação do ponteiro e acoplamento do sensor de pulsos

O sensor escolhido para a adaptação foi o PHCT103, uma chave optoeletrônica.

Para sua utilização foi necessária uma pequena adaptação no ponteiro. Foi utilizado um extensor de aproximadamente 10 mm acoplado na base do ponteiro, e acoplado neste extensor um disco comutador de diâmetro 25 mm com um chanfro, simulando assim um *encoder*. O sensor fará a leitura do disco através de pulsos gerados pela comutação do mesmo, a cada passagem do chanfro pelo sensor será

gerado um pulso que será enviado para o microcontrolador que comandará a estação base.

A posição do disco chanfrado pode ocasionar um pequeno erro na primeira leitura, o qual é ocasionado devido à posição inicial do disco (que não é fixa), assim o primeiro pulso de consumo pode ser dado antes de uma volta completa do disco. Após o primeiro pulso a leitura normaliza devido ao sistema já estar em regime contínuo, isso se deve ao fato do sistema de relojoaria do registro ser muito sensível e mesmo com o fechamento da válvula as turbinas do registro podem continuar em movimento devido a inércia da água. Este erro ocorre apenas no início da medição, por isso não é possível estratificar uma taxa de erro.

A adaptação pode ser observada com mais detalhes na figura 11, onde observa-se o disco chanfrado e seu suporte sobre o ponteiro do hidrômetro:



Figura 11: Adaptação do ponteiro

Fonte: Os autores (2012)

3.1.3 Microcontrolador central

O microcontrolador utilizado no protótipo é da família PIC, da fabricante Microchip, modelo PIC16F628A. Este microcontrolador possui duas portas de comunicação de dados, com oito terminais cada. A alimentação do microcontrolador é de $5V_{cc}$ e o mesmo foi configurado com oscilador interno de 4 MHz. A tabela 01 mostra a relação das portas utilizadas e suas respectivas funções:

Tabela 01: Relação das portas utilizadas	
Portas	Função
RA0	Cartão (leitura de saldo)
RA1	Cartão (leitura de saldo)
RA2	Sensor de pulsos
RA3	Monitoramento da fonte
RA4	Monitoramento da bateria
RA5	Cartão (detecção de presença)
RA6	Não utilizado
RA7	Cartão (leitura de saldo)
RB0	Transmissão sem fio
RB1	Transmissão sem fio
RB2	Transmissão sem fio
RB3	Transmissão sem fio
RB4	Válvula (Abertura)
RB5	Válvula (Fechamento)
RB6	Cartão (Transmissão de dados)
RB7	Cartão (Habilita Transmissão)

Fonte: Os autores (2013)

O esquema físico dos terminais e suas respectivas portas são mostradas na figura 12:

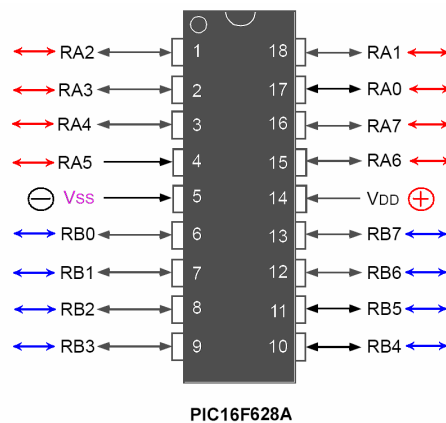


Figura 12: Esquema de utilização das portas

Fonte: Adaptado de Bosco Jr. (2011)

O microcontrolador foi programado utilizando a linguagem de programação C++, através do compilador MikroC da desenvolvedora “MikroElektronika Embedded Solutions” (MIKROE, 2013). A gravação do programa no microcontrolador foi efetuada utilizando um gravador modelo MMP1, este gravador utiliza a porta serial de um computador para a transferência de dados.

O *software* responsável pela gravação do microcontrolador é o IC-Prog, programa gratuito criado pelo desenvolvedor “Bonny Gijzen” (GIJZEN, 2008).

A descrição completa da programação do microcontrolador da estação base será abordada no Apêndice A.

3.1.4 Sistema de alimentação

O sistema de alimentação da estação base é composto por uma fonte externa de 8,5 V_{cc} do tipo chaveada, 6 A de corrente máxima. Foi utilizado um sistema de *nobreak* composto por uma bateria de 8,2 V_{cc} e 2,5 Ah, além de um sistema de alerta de falta de energia externa. Em caso de falha da alimentação externa e do *nobreak*, ainda é utilizado uma alimentação de emergência para alerta do usuário e execução de rotinas de segurança.

O carregamento da bateria do *nobreak* funciona de forma contínua, o processo de carga é interrompido quando o potencial entre a tensão da bateria e da fonte se equivalem, cessando a corrente de carga. Desta forma é dispensável qualquer tipo de monitoramento de sobrecarga da bateria.

O sistema de alerta de falta de energia externa funciona utilizando um optoacoplador TIL111 (OPTO 01) da figura 08, que em caso de falta de energia interrompe o sinal no terminal de monitoramento da fonte do microcontrolador central, acionando o sistema de *nobreak*.

A fonte, o *nobreak* e a alimentação de emergência são conectados paralelamente à estação base. Um regulador de tensão de 6 V_{cc} do tipo 7806 em série com um diodo 1N4007 é utilizado para fornecer a tensão adequada ao microcontrolador central quando utilizando a fonte externa.

O sistema de alimentação de emergência é composto por uma bateria de 9 V_{cc} conectada a um regulador de 5 V_{cc} em série com um diodo 1N4007. Este sistema é utilizado em casos extremos de falta de energia (fonte externa inoperante e bateria do *nobreak* sem carga) com o intuito de alertar o usuário da interrupção do

fornecimento de água e preservar os dados da estação base. O esquema elétrico do sistema de alimentação é mostrado na figura 08 e destacado na figura 13:

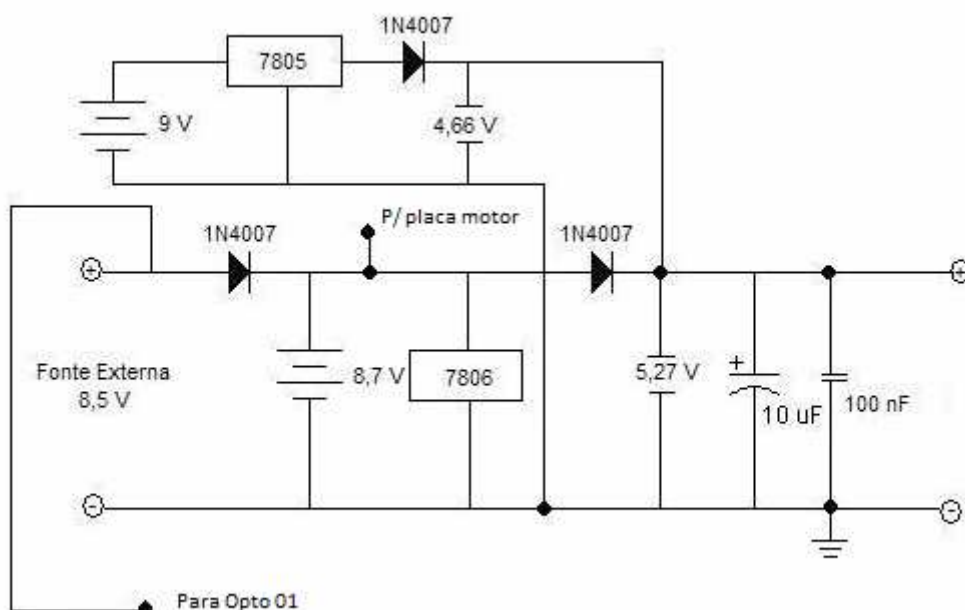


Figura 13: Esquema elétrico da alimentação

Fonte: Os autores (2013)

O sistema de alerta de bateria baixa funciona somente com a fonte externa inativa, avisando o usuário da necessidade de retomar o fornecimento de energia elétrica e é mostrado na figura 14.

A tensão da bateria é enviada a um divisor de tensão formado pelo resistor R1 e o potenciômetro PT1. A resistência do potenciômetro serve para ajustar a sensibilidade do circuito, podendo ser regulado para diversos valores de tensão compreendidos entre 6 e 12 V_{cc} . O ajuste ideal para a aplicação no protótipo foi de 6.2 V_{cc} , tensão mínima necessária para garantir o funcionamento do motor.

Em seu funcionamento normal, com a bateria carregada, a tensão que circula através do potenciômetro PT1 faz com que a base de TR1 esteja sempre acionada, fazendo o fluxo de tensão fluir através de TR1. Ao descarregar a tensão da bateria, a corrente da base de TR1 diminui, interrompendo o fluxo de tensão através do TR1. Ao cessar o fluxo por TR1, toda a tensão passa a circular através do ramo que interliga a base de TR2 acionando consequentemente o TR2, que por sua vez fornece corrente para a base de TR3, que aciona o OPTO2 que informa a situação para a entrada RA4 do microcontrolador.

Na figura 14 é mostrado o esquema elétrico de detecção de carga de bateria baixa. O conjunto formado pelo capacitor C1 e o diodo D1 corrigem qualquer oscilações da tensão que está sendo monitorada e serve também para evitar que a base do TR1 acione com correntes transeuntes.

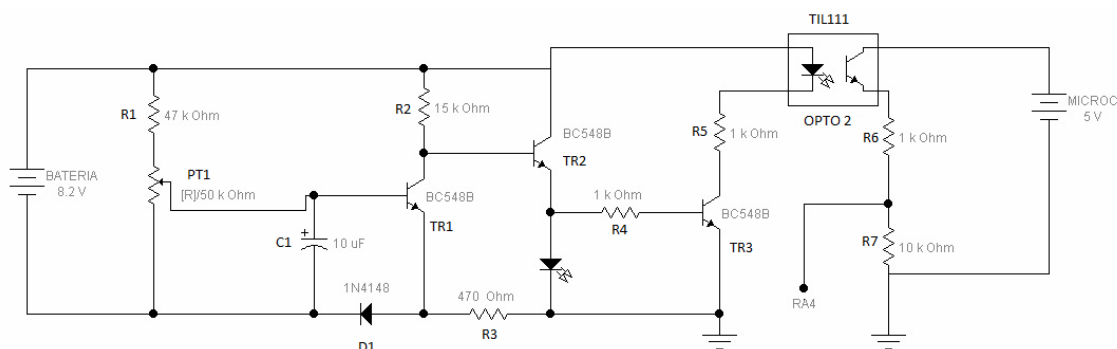


Figura 14: Esquema elétrico do circuito de detecção de bateria baixa

Fonte: Adaptado de Bestvina (2013).

3.1.5 Sistema de acionamento da válvula

A válvula de controle é acionada por duas portas do microcontrolador central, uma para abertura e outra para fechamento, foi desenvolvida uma interface entre o microcontrolador e a válvula, utilizando optoacopladores, transistores e relés. Essa forma construtiva se faz necessária devido à baixa corrente de saída do microcontrolador, concomitante ajuda a isolar o motor do microcontrolador, evitando surtos e interferências no funcionamento.

O funcionamento do diagrama da figura 15 é o seguinte: as linhas mais espessas representam o circuito de força, neste circuito a corrente é mais alta e por isso é isolado do circuito do microcontrolador, essa isolação se deve ao fato que em altas correntes pode haver um mau funcionamento do microcontrolador comprometendo a eficiência da estação base. As linhas mais finas representam o circuito de comando, onde apenas pequenos sinais atravessam o circuito.

O sinal da porta RB4 do microcontrolador chega até OPTO1 através de R1, OPTO1 isola este sinal e aciona a base do transistor T1 através de R3. T1 está configurado como chave eletrônica, sua base ao ser acionada faz com que o mesmo entre em saturação acionando RL1. O sinal da porta RB4 funciona de forma semelhante ao de RB3, porém este sinal é recebido por OPTO2 através de R2.

OPTO2 aciona T2 através de R4. T2 é outra chave eletrônica, quando em saturação T2 aciona RL2.

O conjunto RL1 e RL2 forma uma ponte H para rotação do motor M1, dessa forma os sinais de RB4 e RB5 acionam M1 no sentido horário ou anti-horário ou na aplicação em questão abertura ou fechamento da válvula. Os diodos D1 e D2 são diodos de roda livre, eles protegem os relés e os outros componentes próximos de tensões induzidas produzidas da comutação das bobinas dos relés e da bobina do motor M1.

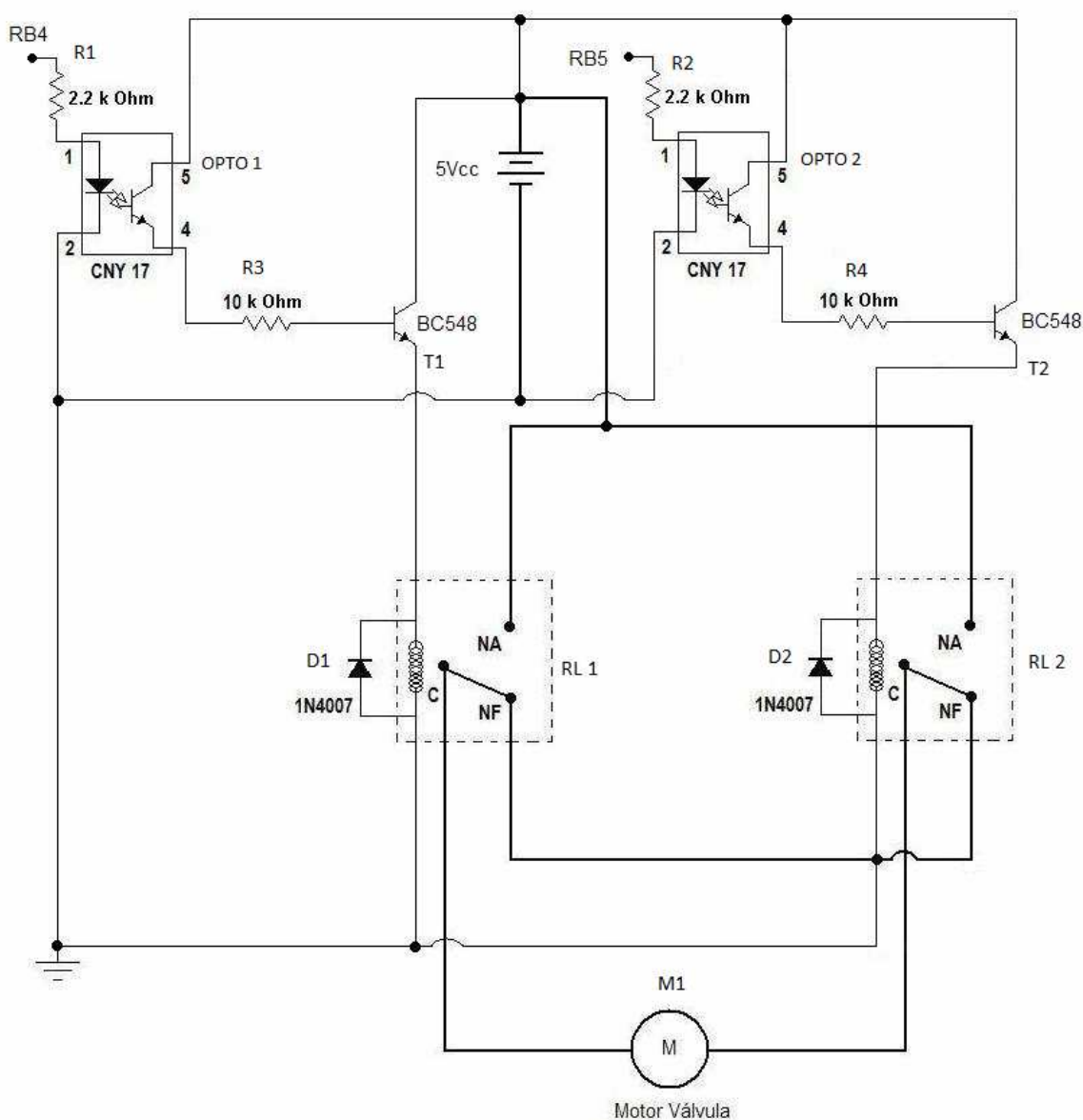


Figura 15: Esquema elétrico de acionamento da válvula.

Fonte: Os autores (2013)

3.1.6 Desenvolvimento do sistema de leitura e transferência de dados do cartão.

São utilizados seis terminais do microcontrolador central da estação base para a descarga do cartão. Três terminais são utilizados para a leitura do saldo, um terminal é utilizado para a detecção da inserção do cartão no *slot* e dois terminais são utilizados para a comunicação de dados. A interface entre o microcontrolador da estação base e o microcontrolador do cartão de recarga é direta, utilizando apenas resistores. O desenvolvimento do cartão será abordado no item 3.5. Na figura 16 pode-se observar o aspecto físico do *slot* e das conexões com o microcontrolador:

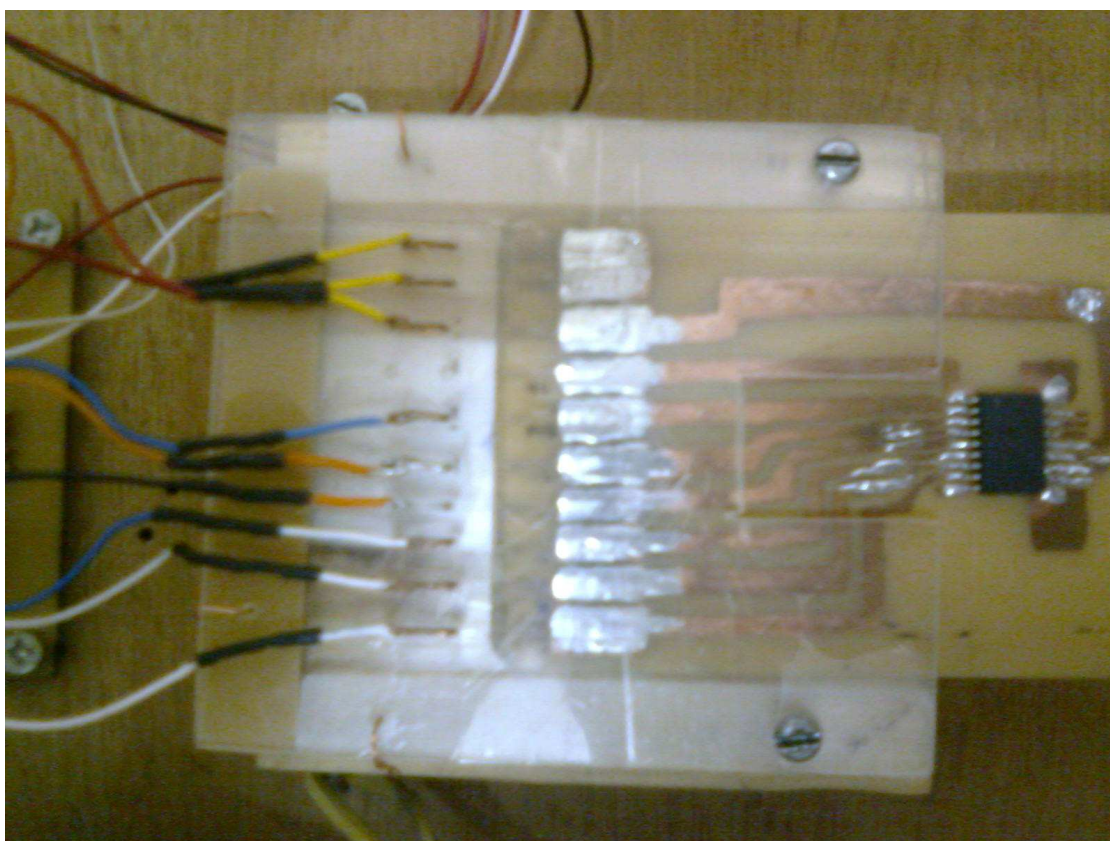


Figura 16: Conexão slot / microcontrolador.

Fonte: Os autores (2013)

3.2 ADAPTAÇÃO DA VÁLVULA DE CONTROLE

O dispositivo utilizado para o controle da passagem de água é composto por um registro de pressão DN20, com adaptações para acionamento através de um micromotor com redução. O eixo do micromotor foi disposto de forma axial ao eixo do registro, acoplados através de um adaptador.

O adaptador possui em uma das extremidades uma cavidade em formato quadrado, com tamanho de 1,5 mm de lado, acoplado ao eixo do micromotor. Na extremidade oposta, o adaptador possui uma cavidade redonda com diâmetro de 7 mm, acoplado ao eixo do registro. O adaptador lembra o princípio de uma embreagem, onde após o fechamento total da válvula o micromotor continua funcionando por um pequeno período de tempo sem travar o rotor do mesmo.

A fixação do micromotor é feita diretamente na bancada de simulação utilizando uma cinta metálica. Uma imagem do conjunto micromotor/registo, já instalado na bancada de simulação, pode ser observado na figura 17:



Figura 17: Conjunto micromotor/registo.

Fonte: Os autores (2013)

3.3 DESENVOLVIMENTO DA COMUNICAÇÃO SEM FIO

O sistema de comunicação sem fio utilizado é composto por dispositivos eletrônicos que permitem a transmissão de dados através de um protocolo de comunicação desenvolvido exclusivamente para esta aplicação.

A comunicação sem fio será aplicada na transmissão das informações entre a estação base e a estação remota. A forma da comunicação é unidirecional, ou seja,

os dados serão enviados da estação base para a estação remota sendo que esta última funcionará apenas como receptor.

3.3.1 Dispositivo de comunicação sem fio

Para transmissão de dados entre a estação base e a estação remota utilizou-se um sistema de comunicação sem fio formado por um par de antenas e dois CI's que funcionam como *encoder* e *decoder*. A decisão pela utilização da transmissão de dados sem fio foi feita pensando-se na facilidade de instalação e mobilidade, pois pode ser movimentada e fixada em qualquer lugar da unidade consumidora facilitando o acesso do usuário às informações.

Os CI's utilizados são o HT12E e HT12D, da fabricante "Holtek" Holtek (2012), codificador e decodificador, respectivamente. Estes CI's se comunicam de forma conjunta, ou seja, é necessário que estejam igualmente configurados para se comunicarem. A codificação é feita nos terminais 1 até 8 (o fabricante denomina tais terminais de A0 a A7). O pino número 1 é conectado ao negativo da fonte nos dois CI's, mas poderia ser feito outro tipo de combinação desde que os dois estejam conectados de forma igual.

No CI HT12E existem quatro pinos que recebem os sinais do microcontrolador da estação base (D0 a D3), também existe um terminal chamado *transmission enable*, terminal que tem a função de enviar a configuração dos quatro pinos do CI HT12E (D0 a D3) para o CI HT12D toda vez que é conectado ao negativo da fonte. Este terminal fica permanentemente conectado ao negativo, quando uma mudança nos terminais D0 a D4 é efetuada no CI HT12E essa mudança é automaticamente enviada ao CI HT12D. O sistema permite a transferência de apenas 4 bits por vez (D0, D1, D2 e D3). A comunicação entre estes dois CI's pode ser feita através de um fio, que é conectado entre um terminal do CI HT12E chamado *data out* e um terminal do CI HT12D chamado *data in* ou pode-se conectar cada um desses terminais em antenas de radiofrequência, método utilizado no protótipo.

A antena transmissora é a TX-RT4 e a antena receptora é a RX-RR3. O sistema possui uma restrição de alcance devido as suas características eletrônicas, a distância limite não pode ultrapassar 20 m com obstáculos e 30 m sem obstáculos. Essa construção não permite um tráfego elevado de informações, mas é suficiente para a aplicação no projeto. O esquema elétrico é mostrado na figura 18:

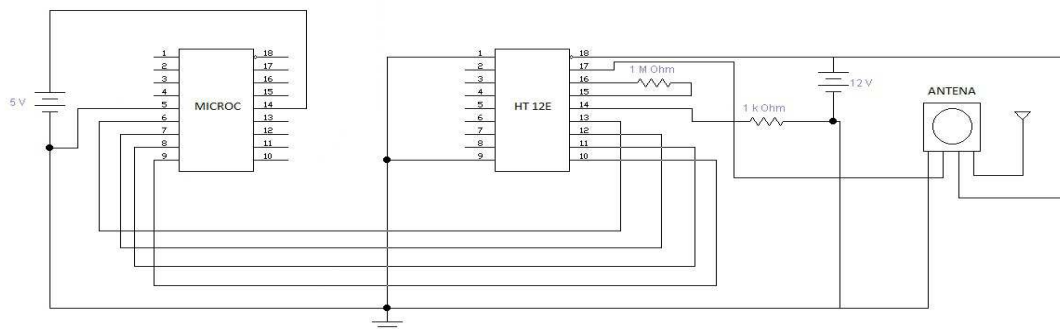


Figura 18: Esquema elétrico da comunicação sem fio.

Fonte: Adaptado de Becheleni (2013).

3.3.2 Protocolo de comunicação

Para a transmissão de dados entre a estação base e a estação remota fez-se necessário o desenvolvimento de um protocolo próprio de comunicação sem fio. Devido às limitações eletrônicas dos dispositivos emissor e receptor, a transmissão permite o envio de apenas quatro bits por vez. Na comunicação utilizada para o protótipo, são utilizadas quatro combinações diferentes para cada mensagem, sendo cada uma denominada de célula.

O protocolo consiste no envio de quatro células, com um intervalo de 150 ms entre cada envio. A primeira célula enviada é sinalizadora (todos os bits em nível lógico 1), a segunda célula enviada é a primeira parte da mensagem, a terceira sinaliza de que a segunda parte da mensagem será enviada (os três primeiros bits em nível lógico 1 e o último em 0) e quarta célula finaliza a mensagem. No receptor as células são decodificadas (juntadas) a fim de mostrar a mensagem ao usuário.

O protocolo faz a junção da primeira célula da mensagem, que corresponde as unidades de dezena com a segunda célula que corresponde as unidades. A junção das duas células permite um limite de no máximo 196 combinações, sendo utilizados na aplicação apenas 84.

Os valores enviados entre 0 e 70 são destinados a informar o saldo disponível e os valores entre 71 e 84 são para transmissão de mensagens de alerta. O valor 74 informaria que o saldo da estação base estava baixo (menos de 3 unidades), porém foi decidido que não seria necessária tal informação já que o valor do saldo disponível é informado continuamente. O valor 81 é para limpar a linha de baixo do *display* da estação remota e remover qualquer mensagem enviada anteriormente. A tabela 02 informa os códigos e seus respectivos significados:

Tabela 02: Códigos da comunicação sem fio

Código	Significado
71	"Falha da fonte"
72	"Fonte OK"
73	Não utilizado
74	Não utilizado
75	"Remover cartão"
76	"Cartão vazio"
77	"Aguarde..."
78	"Descarga OK"
79	"Descarga falhou"
80	"Remover cartão"
81	Limpa linha 2 do LCD
82	"-Bateria" (Bateria Fraca)

Fonte: Os autores (2013)

3.4 DESENVOLVIMENTO DA ESTAÇÃO REMOTA

A estação remota é um dispositivo criado para a visualização das informações do sistema de abastecimento de água. O mesmo pode ser disposto dentro da residência do consumidor, facilitando o acesso às informações. Através da estação remota o usuário terá acesso ao saldo disponível e informações de alerta da estação base. Também poderá verificar o saldo de seu cartão através da mesma.

Uma das características da estação remota é sua praticidade, pois a mesma comunica-se com a estação base sem uso de cabos utilizando para tanto um sistema de comunicação sem fio desenvolvido para este fim. No apêndice C encontra-se a descrição completa da programação.

3.4.1 Características construtivas

A estação remota foi montada em uma caixa plástica de dimensões 150 mm x 100 mm x 60 mm onde foram acomodados um *slot* para cartão feito de acrílico, um *display* de cristal líquido para mostrar os dados e uma placa eletrônica para comandar o funcionamento da estação, além de uma bateria de 9 V_{cc} para alimentação.

Externamente a estação remota possui além do *display* e da abertura para inserção do cartão um botão de liga/desliga e um LED indicativo de nível de sinal da comunicação sem fio. Na figura 19 mostra-se uma foto da estação remota, onde se pode observar o *display*, o botão liga/desliga e o LED indicativo de nível de sinal:



Figura 19: Estação remota.

Fonte: Os autores (2013)

3.4.2 Funcionamento

Ao inserir o cartão no *Slot*, automaticamente a estação remota mostra o saldo no *display*. As informações oriundas da estação base são mostradas no *display* da estação remota de forma automática sem a necessidade de intervenção do

consumidor. Para economia de energia o *display* acenderá seu *backlight* apenas quando uma nova informação for mostrada preservando a vida útil da bateria.

O indicador de sinal da comunicação sem fio é importante, pois orienta até onde o consumidor pode deslocar a estação remota dentro de sua residência. O LED aceso indica o nível máximo de sinal, o nível médio de sinal é caracterizado pelo LED piscando rapidamente, o LED apagado indica um sinal fraco ou inexistente.

3.5 DESENVOLVIMENTO DO CARTÃO DE RECARGA E *SLOT* DE CONEXÃO

O cartão de recarga é utilizado para o armazenamento dos créditos adquiridos pelo consumidor, podendo ser utilizado tanto na estação remota (somente para leitura) quanto na estação base (descarga). O cliente fica com seu saldo armazenado no cartão podendo usar a qualquer tempo. Estes créditos ficam gravados de forma permanente na EEPROM do microcontrolador.

3.5.1 Cartão

O cartão foi desenvolvido semelhante a um cartão bancário no formato físico de dimensões 85 mm x 55 mm x 04 mm, sendo que os créditos são inseridos e pagos pelo usuário antes da utilização. O cartão é composto por uma placa de circuito impresso, que possui um microcontrolador PIC16F628A em formato SMD, que possibilita uma menor espessura de montagem. A programação do microcontrolador do cartão encontra-se no apêndice D.

O cartão foi confeccionado com trilhas que ligam o microcontrolador até a extremidade do cartão, desta forma possibilitando uma conexão elétrica com os diversos dispositivos através do *slot* de conexão. A figura 20 mostra uma foto do cartão de recarga, onde se pode observar as trilhas que possibilitam a interação com o *slot* de conexão:

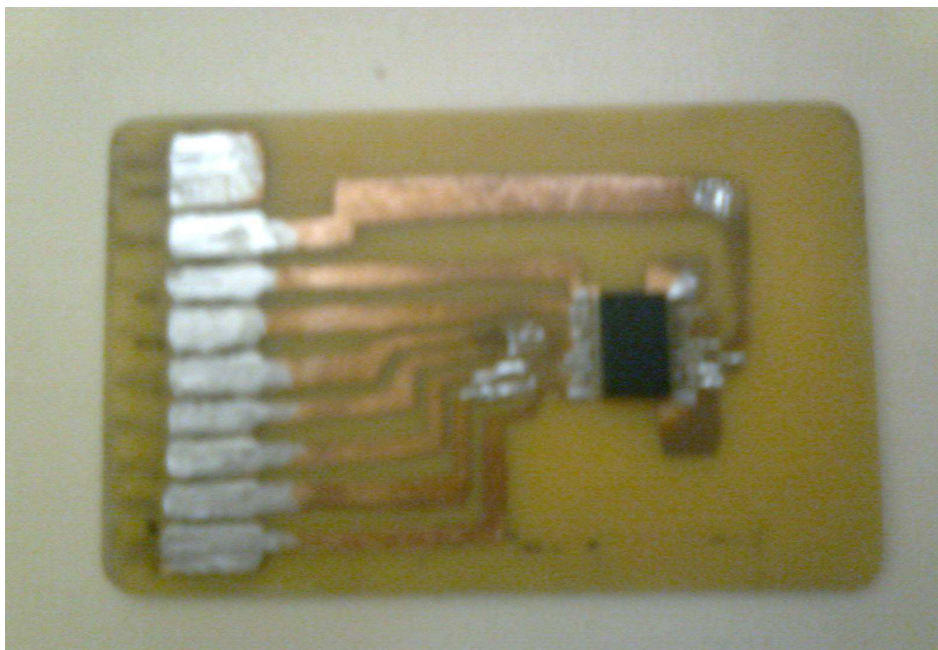


Figura 20: Cartão de recarga.

Fonte: Os autores (2013)

3.5.2 *Slot* de conexão

O *Slot* foi desenvolvido para permitir uma interface de conexão rápida e prática entre o cartão e as estações. A estação base, a estação remota e o carregador possuem um *slot* de conexão cada para diferentes aplicações. Na estação base é feita a descarga dos créditos no sistema, na estação remota é possível realizar a leitura do saldo disponível e o carregador faz a inserção dos créditos adquiridos no cartão.

Para a montagem do *Slot* foram utilizadas chapas de acrílico transparente, que formam um invólucro no qual o cartão pode ser inserido. A conexão elétrica é realizada através de filamentos metálicos montados no fundo do *Slot*, que são pressionadas e dão contato quando da inserção do cartão. A figura 21 mostra o aspecto físico do *Slot*, onde se observa os filamentos de conexão elétrica:

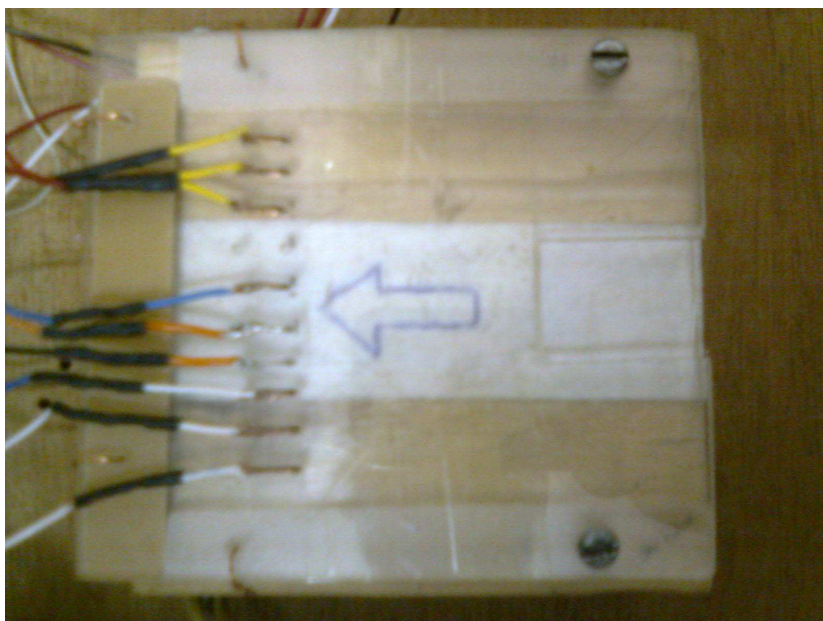


Figura 21: Slot de conexão.

Fonte: Os autores (2013)

3.6 DESENVOLVIMENTO DO CARREGADOR

O carregador é utilizado para a inserção de créditos no cartão, utilizado na transferência de saldo para a estação base nas unidades consumidoras. O carregador é um dispositivo que poderá ser disponibilizado em pontos de recarga como comércios, lotéricas e bancos para que o usuário faça a recarga.

O processo de recarga foi desenvolvido pensando na praticidade para o consumidor e para o fornecedor de créditos. O carregador utiliza uma interface simples e intuitiva que permite um processo de transferência de créditos rápida e fácil. Somando todas estas características o sistema possibilita um alto grau de aceitação pelo mercado. A programação do carregador pode ser observado no apêndice B.

3.6.1 Características construtivas

O carregador foi montado em uma caixa plástica de dimensões 150 mm x 100 mm x 60 mm onde foram acomodados um *slot* para cartão feito de acrílico, um *display* de cristal líquido para mostrar os dados, duas botoeiras e uma placa eletrônica para comandar o funcionamento, além de uma bateria de 9 V_{CC} para alimentação.

Externamente o carregador possui além do *display* e da abertura para inserção do cartão, um botão de liga/desliga e dois botões para recarga do cartão, sendo que um botão insere 10 unidades e o outro 20 unidades. A figura 22 mostra o carregador, onde se pode observar o *display* e os botões já mencionados:



Figura 22: Carregador
Fonte: Os autores (2013)

3.6.2 Funcionamento do carregador

O carregador, através das duas botoeiras, possibilita o carregamento de dez unidades ou vinte unidades, de acordo com as necessidades do consumidor. Inicialmente se faz necessário ligar a unidade de recarga. É solicitada a inserção do cartão na unidade, após o cartão ser inserido é realizada uma rotina de verificação do sistema. Esta rotina contempla a leitura do saldo.

Caso o saldo seja inferior ao valor máximo definido em programação (70 unidades) ela libera a recarga que pode ser de dez ou vinte unidades conforme a botoeira pressionada. O saldo final disponível no cartão após a recarga é mostrado

no *display*. Caso o cartão já esteja com o saldo máximo, o carregador informa isto visualmente no *display*.

4 MONTAGEM E SIMULAÇÃO

Para a validação do protótipo e do sistema se fez necessária a criação de uma série de testes e simulações de funcionalidade que serão descritos neste capítulo. Para que estes testes fossem possíveis foi desenvolvida uma bancada de simulação do protótipo, integrando todas as estações e dispositivos de forma a simular a aplicação e funcionamento do mesmo.

Esta bancada de simulação foi desenvolvida pensando na facilidade e praticidade para a execução dos testes e para a demonstração do funcionamento do sistema sem levar em conta uma possível aplicação comercial, pois para esse caso tornar-se-ia necessário rearranjar todos os sistemas para um melhor aproveitamento de espaço e diminuição de custos. Na figura 23 observa-se o aspecto completo da bancada de simulação:



Figura 23: Bancada de simulação

Fonte: Os autores (2013)

4.1 MONTAGEM DA BANCADA DE SIMULAÇÃO DO PROTÓTIPO

A bancada consiste em uma estrutura de madeira de dimensões 1000 mm x 400 mm x 15 mm utilizada como base, nela foram afixados todos os componentes mecânicos e eletrônicos e distribuídos de forma a facilitar a simulação. Esta bancada que simula uma unidade consumidora residencial é composta por um reservatório de

água, tubulações de passagem, válvulas e o hidrômetro, além dos dispositivos de fixação e de todo o sistema eletrônico, incluindo as baterias e a fonte.

4.1.1 Reservatório de água

Para a simulação de uma unidade consumidora, é necessário um fornecimento de água contínuo semelhante ao fornecido por uma concessionária. Na bancada construída para a simulação, foi utilizado um recipiente graduado transparente de 14 l como reservatório, quantidade julgada pela equipe suficiente para simular o funcionamento do sistema.

Este reservatório está instalado aproximadamente 170 mm acima do nível da tubulação onde encontra-se o hidrômetro, utilizando-se dessa diferença de altura aliada à força da gravidade para produzir uma força suficiente para a movimentação das turbinas do hidrômetro. Após a passagem da água pelas tubulações e pelo sistema de medição, a mesma será alocada em outro reservatório, instalado abaixo do nível do hidrômetro, finalizando o ciclo. Para conexão entre o reservatório e o hidrômetro foram utilizados tubos de PVC 25 mm, foi também utilizado um registro de pressão DN20 para facilitar a simulação, o mesmo sendo instalado na saída do reservatório. Todas as tubulações foram afixadas utilizando-se braçadeiras metálicas parafusadas diretamente na base. Na figura 24 observa-se o reservatório de água já instalado na bancada:



Figura 24: Reservatório de água

Fonte: Os autores (2013)

4.2 CONFECÇÃO, MONTAGEM E FIXAÇÃO DAS PLACAS ELETRÔNICAS

Os circuitos eletrônicos foram projetados, testados e validados antes da confecção das placas. Foram projetados *layouts* das trilhas dos circuitos eletrônicos para melhor acomodação dos componentes e aproveitamento do espaço, posteriormente transferidas para placas de fenolite virgens. Depois de gravadas as projeções das trilhas, as placas foram corroídas em solução de percloroato de ferro, formando as trilhas do circuito. As placas foram perfuradas e os componentes soldados nas mesmas. Na figura 25 observa-se as placas montadas na bancada de simulação:

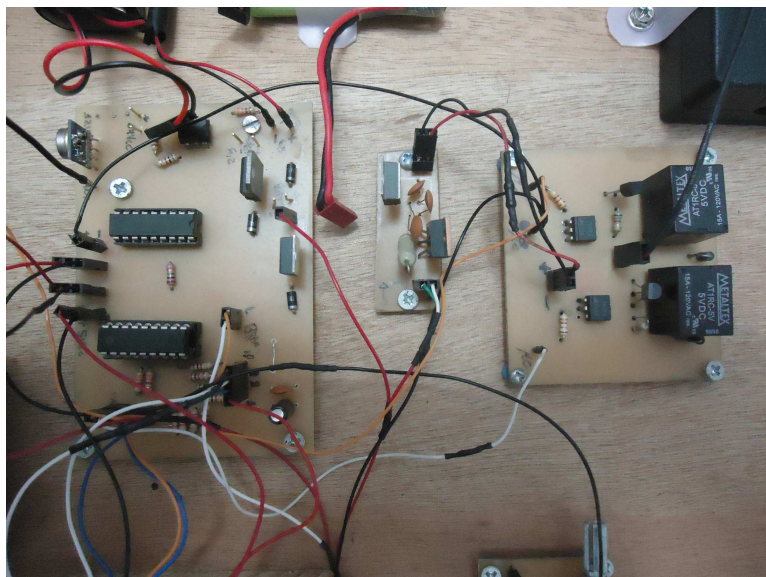


Figura 25: Placas

Fonte: Os autores (2013)

As placas foram testadas de forma semelhante à etapa de testes em matriz de contatos, após os testes elas foram devidamente fixadas com parafusos na estrutura de madeira. Espaçadores de plástico foram colocados entre as placas e a bancada para evitar curtos ou fugas de energia. Na figura 26 pode-se observar em detalhes uma das placas fixada na bancada, onde observa-se os espaçadores plásticos:

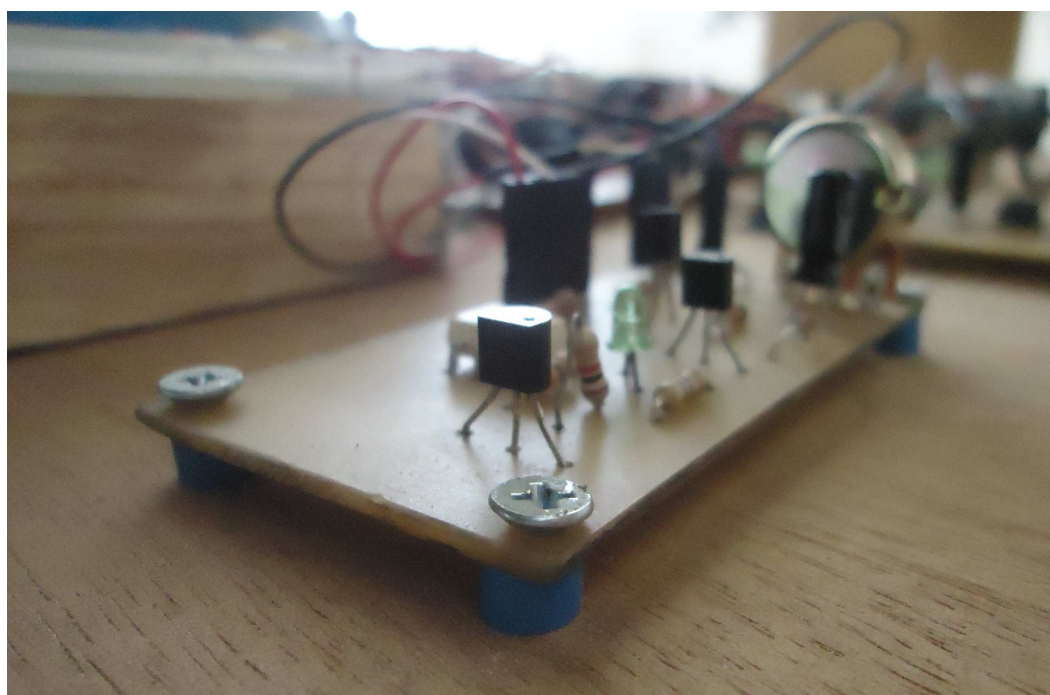


Figura 26: Fixação das placas na bancada de simulação

Fonte: Os autores (2013)

4.3 SIMULAÇÕES DE FUNCIONAMENTO

Para validação do protótipo, foram testadas diversas situações de funcionamento e situações de alerta, como de falta de energia externa, de bateria do *nobreak* fraca além da simulação da interrupção por falta de crédito.

Estes testes são de extrema importância e visam garantir um perfeito funcionamento do sistema. Os mesmos foram realizados com o intuito de verificar e encontrar possíveis erros que possam afetar o funcionamento do protótipo, para que possam ser corrigidos adequadamente garantindo a confiabilidade do mesmo.

4.3.1 Simulação de falta de energia externa

A simulação consiste em retirar a alimentação externa e o funcionamento do sistema permanecer inalterado, funcionando através do *Nobreak*. O teste foi realizado desligando-se a alimentação externa, o *Nobreak* entra em operação e mantém o sistema operando normalmente, alertando o usuário através da estação remota mostrando a mensagem “Falha da fonte”. O teste foi realizado e foi constatado que o sistema funciona corretamente conforme programado.

Após o reestabelecimento do fornecimento de energia, o sistema volta a operar através da fonte externa, preservando todos os dados necessários para o perfeito funcionamento do sistema. A estação remota para de informar a mensagem “Falha da fonte”, voltando a informar somente o saldo disponível no sistema.

4.3.2 Simulação da carga da bateria do *nobreak* fraca

Este teste consiste em simular a carga da bateria do *nobreak* fraca. Nesta situação o sistema deve interromper o fornecimento de água e alertar o usuário através da unidade remota da situação, mostrando a mensagem “-Bateria”. O teste foi realizado desligando a alimentação externa e o sistema permaneceu operando normalmente até o nível da bateria do *nobreak* chegar a $6,2 V_{cc}$. Esta é a tensão mínima necessária para o acionamento da válvula e operação do sistema.

Neste ponto a válvula é fechada, o fornecimento de água suspenso, e o usuário é alertado através da estação remota. O sistema é desligado, contudo o saldo disponível no sistema fica armazenado em uma memória não volátil, garantindo que o usuário não tenha prejuízos com a falta de energia. Com o

reestabelecimento da energia externa o sistema é religado, normalizando o fornecimento de água através da abertura da válvula e simultaneamente inicia-se o processo de recarregamento da bateria do *nobreak*.

4.3.3 Simulação de interrupção por falta de crédito

A simulação por falta de crédito consiste em transferir uma quantia pré-determinada do cartão para a estação base e após esta transferência iniciar um processo de simulação do consumo até o término dos créditos. Este processo de simulação de consumo é feito utilizando-se o reservatório de água cheio, o mesmo possui capacidade nominal para 14.000 ml.

Nesta simulação cada crédito inserido no sistema equivale a 1.000 ml. Para a realização do teste foram inseridos 10 créditos no sistema. Com a inserção dos créditos, o microcontrolador manda um comando para abertura da válvula, liberando a passagem de água para o consumo. Os ponteiros do hidrômetro movimentam-se com a circulação da água e, conseqüentemente movem o disco do sensor acionando-o. A cada 1.000 ml o sensor envia um sinal para o microcontrolador, o mesmo diminui a quantidade de créditos disponível em uma unidade dentro de sua memória interna, então informa a estação remota o valor restante. A estação remota apresenta em seu *display* o valor informado para visualização.

O microcontrolador da estação base manda um comando para o fechamento da válvula quando o valor armazenado em sua memória interna chega a zero. Após isso envia a informação do valor para a estação remota e aguarda a inserção de novos créditos. Nos testes essas rotinas ocorreram conforme programado, validando o funcionamento pleno do sistema.

A informação que a estação base está sem crédito foi removida, essa informação era enviada no momento em que a memória interna do microcontrolador da estação base chegava a zero, mas o valor do saldo é informado continuamente, inclusive o valor zero, razão pela qual ficou estabelecido que o usuário seria o responsável por visualizar e cuidar para que seu saldo não chegasse a esse valor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 SÍNTESE

O principal objetivo deste projeto de TCC foi uma adaptação baseada em um hidrômetro mecânico convencional. Com esta adaptação propôs-se o controle do consumo de água de forma pré-paga, utilizando-se de dispositivos eletrônicos.

Inicialmente efetuou-se um levantamento sobre a viabilidade do projeto. Com este levantamento foi constatado que não havia aplicações similares que pudessem servir de fonte ou referência para o presente projeto. Devido a falta de um modelo pré-existente para ser utilizado como base, muitas das soluções tiveram seu tempo de desenvolvimento prolongado pelo fato de se tornar necessária a utilização de métodos experimentais. Cada dispositivo possui suas respectivas características específicas que ao longo do desenvolvimento sofreram adaptações para garantir a compatibilidade entre os diversos componentes e tecnologias empregadas.

Para garantir um melhor aproveitamento do tempo e dos recursos de trabalho, foi decidido dividir o projeto em partes distintas, que posteriormente foram integradas. A etapa inicial foi o desenvolvimento da comunicação entre microcontroladores. Depois de definida a forma de comunicação entre os PIC's foi iniciado o desenvolvimento da estação base, do cartão e do carregador, pois os mesmos possuem características técnicas similares.

Na sequência foi definida a forma como funcionaria a comunicação sem fio. Foi montada uma interface eletrônica para a transmissão dos dados sendo criado um protocolo de comunicação próprio, desenvolvido especificamente para a aplicação. Com a comunicação pronta, iniciou-se o desenvolvimento da estação remota, responsável pela interação com o usuário. Posteriormente iniciou-se o processo de adaptação e montagem da válvula de controle, acionada pelo micromotor.

Tendo todas as partes já desenvolvidas, foi dado início a integração das mesmas, utilizando fisicamente a bancada de simulação para acondicionamento dos dispositivos e posteriores ligações elétricas e eletrônicas entre eles. Levando em consideração a confiabilidade e segurança do sistema, foram utilizadas fontes de alimentação redundantes a fim de garantir o perfeito fornecimento de energia em

todas as situações. Foram adicionadas sub-rotinas capazes de proporcionar maior segurança as operações, sendo inseridas nos códigos-fonte dos dispositivos.

Apesar das dificuldades encontradas durante a realização do projeto, o objetivo principal, que era a montagem de um protótipo para controle de pagamento de água de forma pré-paga, foi atingido.

5.2 RESULTADOS ATINGIDOS

Os objetivos específicos propostos na introdução do presente projeto, representando sua estrutura-base para o estudo, foram tratados individualmente e em seguida apresentados os resultados.

Realizou-se um estudo sobre o funcionamento dos componentes e dispositivos utilizados. Foi revisada a literatura a respeito de medidores de água, dispositivos ópticos e do microcontrolador, além de outros componentes como *display* e motor de corrente contínua. Foram também levantados aspectos a respeito da comunicação sem fio.

Analisou-se o hidrômetro a ser utilizado, sendo compreendido seu funcionamento. Em seguida um método de transformação da leitura mecânica do relógio em sinais digitais foi desenvolvido utilizando uma chave optoeletrônica. Essa chave foi fixada no medidor junto com um disco chanfrado que simula um *encoder*, o objetivo foi atingido no momento em que se conseguiu mostrar no *display* o valor do consumo condizente com o volume de água que havia passado pelo hidrômetro e verificado pelo reservatório graduado.

Somente com a comunicação sem fio foi possível atingir o objetivo de desenvolver a unidade remota de leitura e acompanhamento do consumo, este objetivo poderia ser atingido com uma comunicação através de um cabo, mas a praticidade do sistema seria comprometida, pois a unidade remota seria fixa e neste projeto ela pode ser deslocada livremente.

O sistema de recarga de créditos foi desenvolvido baseado no uso de um cartão composto por um microcontrolador em encapsulamento SMD, com ele foi possível atingir o objetivo de utilizar créditos recarregáveis e inseri-los na estação base, foi possível também desenvolver um carregador portátil para o carregamento dos créditos no cartão.

Com todos os objetivos específicos do projeto atingidos, foi possível construir e montar o protótipo em sua bancada de simulação. Foram efetuados todos os

testes nos componentes e realizada a integração dos dispositivos, tendo como resultado final o perfeito funcionamento e operação do projeto.

5.3 DIFICULDADES ENCONTRADAS

No decorrer do projeto surgiram inúmeras situações e problemas que necessitaram de mais empenho da equipe para serem resolvidos. Utilizando-se do conhecimento adquirido durante o curso de Tecnologia em Automação Industrial, além de outros conhecimentos adquiridos fora da instituição, somados à criatividade e capacidade de superação dos membros da equipe, estes problemas foram contornados e resolvidos de forma a atingir o objetivo proposto.

Uma das maiores dificuldades enfrentadas no desenvolvimento do projeto foi durante a programação da descarga do cartão na estação base, o mesmo somente fazia a descarga utilizando-se da alimentação da bateria do *nobreak*, com a fonte externa em funcionamento a descarga falhava. A solução para o problema foi editar o programa do cartão.

Outra dificuldade foi no desenvolvimento da válvula acionada pelo microcontrolador. Nos testes houve um problema no momento em que o motor terminava de fechar o registro, neste instante o rotor ficava travado fazendo com que o motor consumisse uma corrente seis vezes maior que a nominal, em consequência havia o “*reset*” do microcontrolador. Para contornar o problema foi necessário desenvolver uma forma de fechar o registro sem travar o motor evitando qualquer pico de corrente. Depois de várias tentativas um princípio de embreagem foi adicionado no conjunto motor/registo que resolveu o problema.

Na comunicação sem fio houve o problema de sincronização na transmissão de dados, percebeu-se que a velocidade de transferência era baixa, exigindo que a quantidade de dados fosse pequena sob risco de que nem todas as mensagens fossem exibidas na estação remota. Outro problema foi na distância que a comunicação atingia. A solução, após consultar o *data sheet* das antenas transmissoras, foi elevar a tensão de alimentação das mesmas, resultando em uma distância de comunicação maior.

Outra situação que requereu atenção para sua resolução foi o ajuste da tensão para acionamento do circuito detector de bateria fraca. Em testes o maior problema foi encontrar o valor de tensão mínimo necessário para acionamento do motor da válvula, a dificuldade encontrada foi por causa da fonte externa, a mesma

possui uma tensão ligeiramente superior e uma capacidade de corrente muito mais alta que a bateria. Nos testes ocorreu um “falso positivo” no momento do desligamento da fonte externa. A solução foi descarregar totalmente a bateria e depois recarregá-la novamente sem ligar o protótipo, após isso, a simulação ocorreu sem a fonte externa e sem a bateria de emergência serem ligadas, ajustando-se assim o ponto ideal para a bateria, ou seja, a corrente mínima necessária para acionamento da válvula sem que o motor trave antes do fechamento completo do registro.

5.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O objetivo principal do projeto foi atingido, porém algumas implementações podem ser adicionadas ou alteradas para melhorias no sistema. Estas sugestões foram surgindo durante o desenvolvimento e após a conclusão do protótipo, e seria interessante sua aplicação para melhorar a funcionalidade e proporcionar aos usuários maior comodidade, além de um nível maior de confiabilidade para a concessionária de abastecimento.

Uma sugestão para melhoria futura seria a implementação de um sensor de pressão na entrada de água da residência, que inserida no sistema seria responsável por informar ao cliente casos de falta de água através da estação remota. Em caso de falta da água, um sensor de nível instalado no reservatório de água da unidade consumidora seria responsável por informar a quantidade restante, alertando o usuário. O monitoramento da pressão de entrada e do nível do reservatório de água do consumidor pode ser utilizado para monitorar possíveis vazamentos nas tubulações, alertando o consumidor a tomar providências quanto aos mesmos.

Outra sugestão para aplicação futura, de forma a melhorar a segurança na comunicação entre as diferentes estações, seria a criptografia dos dados, utilizando uma comunicação do tipo *full-duplex* e inserindo um bit de paridade no protocolo de comunicação. Isso visa dificultar possíveis interpretações dos dados por ventura interceptados por terceiros, garantindo desta forma a diminuição das tentativas de fraude. A utilização da comunicação *full-duplex* pode vir a permitir a recarga de créditos através da estação remota, garantindo ainda mais facilidade e praticidade ao usuário.

Como uma melhoria na interação entre o usuário e o sistema, sugere-se a criação de um portal virtual onde se tornaria possível a realização de recargas via *Internet*. Isto tornaria mais dinâmico o comércio de créditos, proporcionando mais comodidade ao usuário.

REFERÊNCIAS

ANGELFIRE. **O Microcontrolador e suas características.** Disponível em: <<http://www.angelfire.com/sc/wagner/Microcontroladores.html>>. Acesso em: 18 fev. 2012.

AVELAR, Bruno. **Uso do LCD (tutorial).** Disponível em: <<http://picminas.forumeiros.com/t25-uso-do-lcd-tutorial>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

BECHELENI, Ilgner Aparecido. **Comunicação sem fio.** Disponível em: <<http://labdegaragem.com/forum/topics/comunica-o-sem-fio>>. Acesso em: 28 set. 2013.

BELLO, José Luiz de Paiva. **Manual para Elaboração de Trabalhos de Conclusão de Curso, Monografias, Dissertações e Teses.** Clube de Autores. São Paulo, 2004.

BESTVINA, Edson. L. **Bateria.gif.** Disponível em: <<http://www.elbest.eng.br/circuitos/bateria.gif>>. Acesso em 28 set. 2013.

BORGES, Fátima. **Transmissão de dados. Documento Técnico Nº3.** Disponível em: <http://www.schneiderelectric.pt/documents/product-services/training/transmissao_dados.pdf> Acesso em 15 set. 2013.

BOSCO Jr. **PIC.Jpg.** Disponível em: <<http://www.boscojr.com/arquitetura/lab1.html>>. Acesso em: 28 set. 2013.

BRAIN, Marshall. **Como funcionam os motores elétricos.** Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-eletrico1.htm>>. Acesso em 25 fev. 2012c.

BRAGA, Newton. **Como funciona o motor de corrente contínua.** Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a.html>>. Acesso em 27 fev. 2012a.

CAPOBIANCO, João P.R. **Importância da água: Ética no uso da água.** Disponível em: <<http://www.mundovestibular.com.br/articles/569/1/IMPORTANCIA-DA-AGUA/Paacutegina1.html>>. Acesso em 18 set. 2011.

CARVALHO, Weber de Freitas. **Medição Individualizada de Água em Apartamentos.** 2010. 109f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

CASAGRANDE. Jorge H.B. **Redes de computadores e a camada física.** Disponível em: <<http://www.sj.ifsc.edu.br/~msobral/RCO2/docs/casagrande/MODULO1/cap2/cap2.pdf>>. Acesso em 15 set. 2013.

CEDAE. **Hidrômetro, Água sob Medida.** Disponível em: <www.cedae.com.br/raiz/005015.asp>. Acesso em: 21 set. 2011.

CHIPLOOK. **CNY17-3.JPG**. Disponível em: <<http://www.chiplook.com/stock/CNY17-3.html>>. Acesso em: 15 set. 2013.

COSTA, Ana C.O. da. **A importância da água**. Disponível em: <<http://www.recantodasletras.com.br/artigos/104737>>. Acesso em: 18 set. 2011a.

COSTA, Rui. **Motores de Corrente Contínua**. Disponível em: <<http://www.coladaweb.com/fisica/electricidade/motores-de-corrente-continua>>. Acesso em 25 fev. 2012b.

EASY. **HidrômetroActaris.jpg**. Disponível em: <http://www.easy.cl/EASYFO_IMGS/img/productos/mediana/450770Actaris.jpg>. Acesso em 18 dez. 2012.

FREITAS, Alexandre. **A importância da água em nossas vidas**. Disponível em: <<http://360graus.terra.com.br/adventurerace/default.asp?did=8707&action=coluna>>. Acesso em: 18 set. 2011.

FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. 2004. Bookman. Porto Alegre, 2004.

GIJZEN, Bonny. **IC-PROG Prototype Programmer**. Disponível em: <<http://www.ic-prog.com/index1.htm>>. Acesso em: 15 set. 2013.

HOLTEK. **2_12dv120.pdf**. Disponível em: <http://www.holtek.com.tw/pdf/consumer/2_12dv120.pdf>. Acesso em: 28 set. 2013.

MAC. **pic16f628a__75967_zoom.jpg**. Disponível em: <http://mac.br.com/sl85/product_images/y/811/pic16f628a__75967_zoom.jpg>. Acesso em 15 set. 2013.

MESSIAS, Antonio Rogério. **Curso de controle de dispositivos via porta USB**. Disponível em: <<http://rogercom.com>>. Acesso em 16 fev. 2012.

MIKROE. **PIC 32 Compilers**. Disponível em: <<http://www.mikroe.com/pic32/compilers/>>. Acesso em: 15 jul. 2013.

MUTCON. **Display_lcd_verde.jpg**. Disponível em: <<http://www.mutcom.no.comunidades.net/index.php?pagina=1511454794>>. Acesso em 17 fev. 2012.

NATUREBA. **Desperdício de água**. Disponível em: <<http://www.natureba.com.br/desperdicio-agua.htm>>. Acesso em: 18 set. 2011.

NETTO, Luiz Ferraz. **Motores Elétricos**. Disponível em: <http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/motor_teor1a1.asp>. Acesso em 26 fev. 2012.

PARESTECK. **Pcst-1103phct-103.jpg**. Disponível em: <<http://www.paresteck.com.br/loja/componentes-eletronicos/opto-eletronicos/pcst-1103phct-103.html>> Acesso em 15 set 2013.

PNUMA. **Investimento verde no setor hídrico poderia gerar grandes benefícios para a saúde humana, a segurança alimentar e o crescimento econômico.** Disponível em: <http://www.unep.org.br/comunicadosdetalhar.php?id_comunicados=158>. Acesso em: 26 nov. 2011.

RAMOS Jr, Durval. **Conheça os vários tipos de conexão.** Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/banda-larga/3489-conheca-os-varios-tipos-de-conexao.htm>> Acesso em 15 set. 2013.

RODRIGUES, Marcelo apud MORAES, Marcelo. **Tutorial: Como utilizar a chave óptica.** Disponível em: < <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-como-utilizar-a-chave-optica>>. Acesso em 15 set 2013.

ROBOCORE. **Chave Optoeletrônica.** Disponível em: <<http://www.robocore.net/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=2031>>. Acesso em 01 fev. 2013.

ROBÓTICA LIVRE. **Introdução à programação de microcontroladores.** Disponível em: <http://www.roboticalivre.com/index.php?option=com_flexicontent&view=items&cid=58&id=70>. Acesso em 19 fev. 2012.

SABER ELETRÔNICA apud BRAGA, Newton. **10 Circuitos com Chaves Ópticas.** Disponível em: <http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura_verbete/236>. Acesso em 01 fev.2013.

SILVA, Edna Lúcia da e MENEZES Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

TAROUCO, Liane M.R. **Transmissão de dados sem fio.** Disponível em: <http://penta2.ufrgs.br/redes.94-2/lisiane/wireless.html> Acesso em 15 set. 2013.

TECHEM. **Hidrômetros.** Disponível em: <<http://www.techem.com.br/Brazil/Produtos/Hidr=C3=B4metros/index.phtml>>. Acesso em 18 dez. 2012.

TREVISAN, Pedro. **Microcontroladores.** Disponível em: <http://www.radioamadores.net/files/microcontroladores_pic.pdf>. Acesso em 18 fev. 2012.

TROJAN, Flavio. **Automação no abastecimento de água: Uma ferramenta para redução e melhorias nas condições de trabalho.** Disponível em: < <http://www.simpep.feb.unesp.br/Fanais> >. Acesso em 11 jan. 2014.

TYSON, Jeff. **Como funcionam os switches LAN.** Disponível em: < <http://informatica.hsw.uol.com.br/lan-switch3.htm>>. Acesso em 15 set. 2013.

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. **Normas para elaboração**

de trabalhos acadêmicos. Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

VEGAMAX. **Motor-vidro-eletrico-th.jpg.** Disponível em:
<<http://www.vegamaxacessorios.com.br/vidros-eletricos/motor-vidro-eletrico.php>>.
Acesso em 26 fev. 2012.

APÊNDICE A - PROGRAMAÇÃO DA ESTAÇÃO BASE

```
int x = 0;
int y = 0;
int n = 0;
int a = 0;
int b = 0;
int m = 0;
int k = 0;
int v = 0;
int p = 0;
int l = 0;
int d = 0;
int h = 0;
int pulsos = 0;
int byte = 0;
int credits = 0;
```

```
void tempo() {delay_ms(50);}
void tempo2() {tempo(); tempo(); tempo(); tempo(); tempo();} //250 ms
void tempo3() {tempo2(); tempo2();} //500 ms
void tempo4() {tempo3(); tempo3();} // 1 segundo
```

```
void transmite()
{
  x = byte;
  portb.rb0 = 1;
  portb.rb1 = 1;
  portb.rb2 = 1;
  portb.rb3 = 1;
  delay_ms(200);
```

```
  if (x >= 0 && x <= 9) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 0;
  y = 0; }
  if (x >= 10 && x <= 19) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 1;
  y = 10; }
  if (x >= 20 && x <= 29) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 1; portb.rb3 = 0;
  y = 20; }
  if (x >= 30 && x <= 39) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 1; portb.rb3 = 1;
  y = 30; }
  if (x >= 40 && x <= 49) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 1; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 0;
  y = 40; }
  if (x >= 50 && x <= 59) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 1; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 1;
  y = 50; }
  if (x >= 60 && x <= 69) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 1; portb.rb2 = 1; portb.rb3 = 0;
  y = 60; }
  if (x >= 70 && x <= 79) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 1; portb.rb2 = 1; portb.rb3 = 1;
  y = 70; }
  if (x >= 80 && x <= 89) { portb.rb0 = 1; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 0;
  y = 80; }
```

```

if (x >= 90 && x <= 99) { portb.rb0 = 1; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 1;
y = 90; }
delay_ms(150);

portb.rb0 = 1;
portb.rb1 = 1;
portb.rb2 = 1;
portb.rb3 = 0;
delay_ms(150);

n = x - y;
if (n == 0) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 0; }
if (n == 1) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 1; }
if (n == 2) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 1; portb.rb3 = 0; }
if (n == 3) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 1; portb.rb3 = 1; }
if (n == 4) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 1; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 0; }
if (n == 5) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 1; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 1; }
if (n == 6) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 1; portb.rb2 = 1; portb.rb3 = 0; }
if (n == 7) { portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 1; portb.rb2 = 1; portb.rb3 = 1; }
if (n == 8) { portb.rb0 = 1; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 0; }
if (n == 9) { portb.rb0 = 1; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; portb.rb3 = 1; }
delay_ms(150);

n = 0;
y = 0;

}

void abre_valvula() { portb.rb4 = 1; tempo3(); tempo2(); portb.rb4 = 0; }
void fecha_valvula() { portb.rb5 = 1; tempo3(); tempo3(); portb.rb5 = 0; }

void saldo_cartao()
{
tempo4();
if (porta.ra1 == 0 && porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 0) a = 0;
if (porta.ra1 == 1 && porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 0) a = 10;
if (porta.ra1 == 0 && porta.ra0 == 1 && porta.ra7 == 0) a = 20;
if (porta.ra1 == 0 && porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 1) a = 30;
if (porta.ra1 == 1 && porta.ra0 == 1 && porta.ra7 == 0) a = 40;
if (porta.ra1 == 0 && porta.ra0 == 1 && porta.ra7 == 1) a = 50;
if (porta.ra1 == 1 && porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 1) a = 60;
if (porta.ra1 == 1 && porta.ra0 == 1 && porta.ra7 == 1) a = 70;
}

void atualiza_eeprom() //subrotina para atualizar a eeprom em 10 unidades
{
creditos = eeprom_read(0x05);
tempo();
creditos = creditos + 10;
tempo();
eeprom_write(0x05, creditos);
}

```

```

void descarga()          // subrotina exclusiva para descarregar o cartão em 10
unidades.
{
if (porta.ra5 == 1)     // confirma que o cartão foi mesmo inserido.
{
portb.rb7 = 1;
for (a = 1; a <= 3; a++) { tempo2(); portb.rb6 = 1; tempo2(); portb.rb6 = 0;}
tempo2();
portb.rb7 = 0;
}
}

void cartao() // analisa o cartão (se está vazio ou se possui saldo suficiente) e faz a
transferência de créditos
{
saldo_cartao(); // lê saldo
tempo();
if (a == 0)
{
byte = 76; transmite();          // avisa cartao vazio (76)
tempo4();
byte = 75; transmite();          //pede para removê-lo (75)
while (porta.ra5 == 1) tempo();  // espera usuário remover cartão para
prosseguir com a subrotina
byte = 81; transmite();
}

if (a > 9) {
m = a;
m = m - 10;                      // m armazena valor de a
byte = 77; transmite();
descarga();
tempo();
saldo_cartao();                  //aqui o saldo do cartão deve ter diminuído em 10
unidades (caso contrário houve erro)
if (m == a && porta.ra5 == 1)    // este if só é executado se o cartão tenha se
descarregado em 10 unidades
{
byte = 78; transmite();          // a descarga foi efetuada com sucesso (78)
tempo4();
byte = 75; transmite();          // remover cartão
while (porta.ra5 == 1) tempo(); // aguarda cliente remover o cartao
atualiza_eeprom();              // saldo interno passa a ter mais 10 unidades
tempo();
byte = eeprom_read(0x05); transmite(); // transmite o novo saldo interno
byte = 81; transmite();
}
else                             //este if é executado se algo de errado aconteceu na
descarga (não foi descarregado o cartão)
{
byte = 79; transmite(); // a descarga por algum motivo finalizou com erro
}
}
}

```

```

    tempo4();
    byte = 75; transmite();          // remover cartão (75)
    while (porta.ra5 == 1) tempo(); // aguarda cliente remover o cartao
    byte = 81; transmite();
  }
}

void inicializacao()
{
  if (porta.ra3 == 0)
  {
    byte = 71; transmite();          // avisa que a fonte ainda não foi ligada
    while (porta.ra3 == 0) tempo(); // aguarda a fonte ser ligada
    tempo();
    if (porta.ra3 == 1) { byte = 72; transmite(); tempo4(); byte = 81; transmite();}
    // fonte foi ligada

  }
  creditos = eeprom_read(0x05);      // faz a leitura dos créditos na eeprom (saldo
  disponível na estação base)
  tempo();
  while (creditos == 0)
  {
    if (creditos == 0 && p == 0) {byte = 73; transmite(); p = 1;}      // avisa que
    estação base não tem saldo
    if (porta.ra5 == 0) tempo4();          // a estação base aguarda o cliente inserir o
    cartão (1 segundo)
    if (porta.ra5 == 1) {cartao(); tempo2();}      // faz a descarga (subrotina cartao)
    creditos = eeprom_read(0x05);
  }
  if (porta.ra5 == 1)
  {
    creditos = eeprom_read(0x05);
    if (creditos > 60) { byte = 75; transmite();}      // o máximo valor que a estação
    base pode armazenar é 70 e a descarga é de 10 em 10
    if (creditos <= 60) { cartao(); tempo2();}
  }
  creditos = eeprom_read(0x05);
  byte = creditos;
  transmite();      // transmite o saldo da estação base para acompanhamento do
  cliente e inicio do monitoramento
  abre_valvula();
}

void monitoramento()
{
  while (1)
  {
    if (porta.ra2 == 0 && d == 1) { tempo(); d = 0;} //sensor instalado no relógio
    tempo();
  }
}

```

```

if (porta.ra2 == 1 && d == 0)           //sensor acionado
{
  d = 1;
  // pulsos++;
  // if (pulsos == 10)                 //10 pulsos equivale a uma unidade
  // {
    l = eeprom_read(0x05);             //armazena o valor da eeprom em a
    l--;                               // reduz uma unidade de a
    if (l < 4) {byte = 74; transmite();} // saldo interno baixo (pouco crédito na
estação base) valor 74
    if (l == 0) {byte = 73; transmite(); fecha_valvula();} // estação base sem
nada (valor 73) ==interrompe fornecimento==
    eeprom_write(0x05, l);
    byte = l;
    transmite(); // transmite saldo
    // pulsos = 0;
    if (l == 0) inicializacao(); // na inicialização já tem uma subrotina para inserir
créditos e retornar o fornecimento.
    // }
  }
  if (porta.ra3 == 0 && k == 0) { byte = 71; transmite(); k = 1;} // teste da fonte
(Valor 71 fonte inoperante)
  tempo();
  if (porta.ra3 == 1 && k == 1) { byte = 81; transmite(); k = 0;} // teste da fonte
(Valor 81 apaga mensagem da falha da fonte)

  if (porta.ra4 == 1)
  {
    tempo2(); tempo(); //aguarda a estabilização (confirmação do problema na
bateria)
    if (porta.ra4 == 1)
    {
      byte = 82; //condição critica bateria fraca
      transmite();
      fecha_valvula(); fecha_valvula();
      while (porta.ra4 == 1) tempo(); //enquanto usuário não verificar o sistema ficará
travado
      tempo();
      if (porta.ra4 == 0) byte = 81; transmite(); // tudo certo (valor 81 = apaga
mensagem de emergência).
      abre_valvula();
    }
  }

  if (porta.ra5 == 0 && h == 1) h = 0; // h é um sinalizador acionado qdo base
cheia e cartão inserido

  if (porta.ra5 == 1)
  {
    creditos = eeprom_read(0x05);
    if (creditos > 60 && h == 0) { byte = 75; transmite(); h = 1; tempo3(); byte = 81;
transmite();} // o máximo valor que a estação

```



```
    if (creditos <= 60) {    tempo4(); fecha_valvula(); cartao(); tempo2();
abre_valvula(); }          //base pode armazenar é 70 e a descarga é de 10 em 10
    }                        // o tempo total para descarregar o cartão é de 6 segundos
    }                        // por isso a válvula é fechada durante esse processo
}
```

```
void main()
```

```
{
cmcon = 0x07;
trisa.ra0 = 1;
trisa.ra1 = 1;
trisa.ra2 = 1;
trisa.ra3 = 1;
trisa.ra4 = 1;
trisa.ra5 = 1;
trisa.ra6 = 1;
trisa.ra7 = 1;
trisb = 0;
portb = 0;
creditos = eeprom_read(0x05);
tempo2();
if (creditos == 255) eeprom_write(0x05, 0X00); //esvazia a eeprom
inicializacao();
tempo4();
tempo4();
monitoramento();
}
```

APÊNDICE B - PROGRAMAÇÃO DO CARREGADOR

```
sbit LCD_RS at RB4_bit;
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D4 at RB0_bit;
sbit LCD_D5 at RB1_bit;
sbit LCD_D6 at RB2_bit;
sbit LCD_D7 at RB3_bit;
```

```
sbit LCD_RS_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit;
```

```
char txt1[] = "SALDO:";
char txt2[] = "INSIRA O CARTAO";
char txt3[] = "AGUARDE...";
char txt4[] = "VALOR INVALIDO";
char txt5[] = "CARTAO CHEIO";
char valor[8];
int contador = 0;
int x = 0;
int y = 0;
int a = 0;
```

```
void tempo () { delay_ms(250); }
```

```
void tempo2 () { delay_ms(500); }
```

```
void eprom() { x = eeprom_read(0x05); tempo(); y = y + x; tempo();
eeprom_write(0x05, y);}
```

```
void transmite() { for (x = 1; x <= 3; x++) { tempo(); portb.rb6 = 1; tempo(); portb.rb6
= 0; }}
```

```
void cartao() { while ( porta.ra1 == 0) tempo(); }
```

```
void leitura() {
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0) y = 0;
if (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0) y = 10;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 0) y = 20;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 1) y = 30;
if (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 0) y = 40;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 1) y = 50;
if (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 1) y = 60;
if (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 1) y = 70;
a = y;
}
```

```
void testa_botoes() { while (porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 0 && porta.ra1 == 1)
{tempo();}}
```

```
void botao1() {while (porta.ra0 == 1) tempo();}
```

```
void botao2() {while (porta.ra7 == 1) tempo();}
```

```
void limpa_lcd ()
{
Lcd_Init();
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
delay_ms(100);
}
```

```
void mostra_valor()
```

```
{
limpa_lcd();
lcd_out(1,1,txt1);
leitura();
inttostr(y, valor);
Lcd_Out(1,8,valor);
y = 0;
}
```

```
void main()
```

```
{
cmcon = 0x07;
trisa.ra0 = 1;
trisa.ra1 = 1;
trisa.ra2 = 1;
trisa.ra3 = 1;
trisa.ra4 = 1;
trisa.ra5 = 1;
trisa.ra6 = 1;
trisa.ra7 = 1;
trisb = 0;
portb = 0;
limpa_lcd();
delay_ms(200);
if (porta.ra1 == 0) {Lcd_Out(1,1,txt2);}
```

```
while (1)
```

```
{
cartao();
delay_ms(1000);
mostra_valor();
tempo();
```

```
portb.rb7 = 1;
testa_botoes();
delay_ms(5);
if (porta.ra0 == 1)
{
  botao1();
  limpa_lcd();
  if ( a == 70) lcd_out(1,1,txt5);
  if ( a < 70) { lcd_out(1,1,txt3); tempo(); transmite();}
}

if (porta.ra7 == 1)
{
  botao2();
  limpa_lcd();
  if (a == 60) lcd_out(1,1,txt4);
  if (a == 70) lcd_out(1,1,txt5);
  if (a < 60) {lcd_out(1,1,txt3);tempo(); transmite(); transmite(); }
}

if (porta.ra1 == 0) { limpa_lcd(); portb.rb7 = 0;}
tempo();
portb.rb7 = 0;
tempo2();

}

}
```

APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO DA ESTAÇÃO REMOTA

```
sbit LCD_RS at RB4_bit;
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D4 at RB0_bit;
sbit LCD_D5 at RB1_bit;
sbit LCD_D6 at RB2_bit;
sbit LCD_D7 at RB3_bit;
```

```
sbit LCD_RS_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit;
```

```
char valor[8];
char txt0[] = "SALDO ";
char txt1[] = "Falha da fonte";
char txt2[] = "fonte OK";
char txt3[] = "Cartao vazio";
char txt5[] = "base vazia";
char txt6[] = "Remover cartao";
char txt7[] = "Aguarde...";
char txt8[] = "Descarga OK!";
char txt9[] = "Descarga Falhou";
char txt13[] = "-BATERIA";
char txt12[] = "          ";
```

```
int y = 0;
int x = 0;
int n = 0;
int a = 0;
int d = 0;
int b = 0;
```

```
void tempo() { delay_ms(10); }
void tempo2() { tempo(); tempo(); }
void tempo3() { delay_ms(250);}
```

```
converte()
{
  inttostr(d, valor);
  Lcd_Out(2,8,valor);
}
```

```
void leitura()
{
  if (porta.ra1 == 0 && porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 0) d = 0;
  if (porta.ra1 == 1 && porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 0) d = 10;
```

```

if (porta.ra1 == 0 && porta.ra0 == 1 && porta.ra7 == 0) d = 20;
if (porta.ra1 == 0 && porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 1) d = 30;
if (porta.ra1 == 1 && porta.ra0 == 1 && porta.ra7 == 0) d = 40;
if (porta.ra1 == 0 && porta.ra0 == 1 && porta.ra7 == 1) d = 50;
if (porta.ra1 == 1 && porta.ra0 == 0 && porta.ra7 == 1) d = 60;
if (porta.ra1 == 1 && porta.ra0 == 1 && porta.ra7 == 1) d = 70;
converte();
d = 0;
}

```

```
void main()
```

```

{
  cmcon = 0x07;
  trisa.ra0 = 1;
  trisa.ra1 = 1;
  trisa.ra2 = 1;
  trisa.ra3 = 1;
  trisa.ra4 = 1;
  trisa.ra5 = 1;
  trisa.ra6 = 1;
  trisa.ra7 = 1;
  trisb.rb0 = 0;
  trisb.rb1 = 0;
  trisb.rb2 = 0;
  trisb.rb3 = 0;
  trisb.rb4 = 0;
  trisb.rb5 = 0;
  trisb.rb6 = 0;
  trisb.rb7 = 1;
  portb.rb0 = 0;
  portb.rb1 = 0;
  portb.rb2 = 0;
  portb.rb3 = 0;
  portb.rb4 = 0;
  portb.rb5 = 0;
  portb.rb6 = 1;
  Lcd_Init();
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);

```

```
while(1)
```

```

{
  while (porta.ra2 != 1 || porta.ra3 != 1 || porta.ra4 != 1 || porta.ra5 != 1)
  {
    if (portb.rb7 == 1 && b == 0) { tempo3(); tempo3(); tempo3(); lcd_out(2,1,txt3);
    leitura(); b = 1;}
    if (portb.rb7 == 0 && b == 1) { tempo3(); b = 0; lcd_out(2,1,txt12); tempo3();
    lcd_out(2,1,txt12); }
    tempo(); tempo();
  }
}

```

```

while (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 1 )
delay_ms(10);
delay_ms(20);

```

```

while (porta.ra2 != 1 || porta.ra3 != 1 || porta.ra4 != 1 || porta.ra5 != 0)
{
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 0) x = 0;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 1) x = 10;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 0) x = 20;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 1) x = 30;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 0) x = 40;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 1) x = 50;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 0) x = 60;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 1) x = 70;
if (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 0) x = 80;
if (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 1) x = 90;
delay_ms(20);
}

```

```

while (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 0)
delay_ms(10);

```

```

delay_ms(25);

```

```

if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 0) y = 0;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 1) y = 1;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 0) y = 2;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 1) y = 3;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 0) y = 4;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 1) y = 5;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 0) y = 6;
if (porta.ra2 == 0 && porta.ra3 == 1 && porta.ra4 == 1 && porta.ra5 == 1) y = 7;
if (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 0) y = 8;
if (porta.ra2 == 1 && porta.ra3 == 0 && porta.ra4 == 0 && porta.ra5 == 1) y = 9;
delay_ms(20);

```

```

n = x + y;
if (n == 71) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt1); }
if (n == 72) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt2); }
if (n == 73) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt5); }
if (n == 75) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt6); }
if (n == 76) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt3); }
if (n == 77) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt7); }
if (n == 78) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt8); }
if (n == 79) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt9); }
if (n == 80) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt6); }
if (n == 81) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt12); }

```

```
if (n == 82) { Lcd_Out(2,1,txt12); Lcd_Out(2,1,txt13); }
```

```
if (n <= 70)  
{  
  lcd_out(1,1,txt0);  
  inttostr(n, valor);  
  Lcd_Out(1,10,valor);  
  delay_ms(5);  
}  
  
}  
  
}
```


APÊNDICE D - PROGRAMAÇÃO DO CARTÃO

```

int contador = 0;
int y = 0;
int x = 0;

void tempo() { delay_ms(10); }

void tempo2() { delay_ms(500); }

void eprom()
{
  y = eeprom_read(0x04);
  tempo();
  if (y == 0) {portb.rb0 = 0; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; }
  if (y == 10) {portb.rb0 = 1; portb.rb1 = 0; portb.rb2 = 0; }
  if (y == 20) {portb.rb0 = 0; portb.RB1 = 1; portb.rb2 = 0;}
  if (y == 30) {portb.rb0 = 0; portb.RB1 = 0; portb.rb2 = 1;}
  if (y == 40) {portb.rb0 = 1; portb.RB1 = 1; portb.rb2 = 0;}
  if (y == 50) {portb.rb0 = 0; portb.RB1 = 1; portb.rb2 = 1;}
  if (y == 60) {portb.rb0 = 1; portb.RB1 = 0; portb.rb2 = 1;}
  if (y == 70) {portb.rb0 = 1; portb.RB1 = 1; portb.rb2 = 1;}
  y = 0;
}

void descarregar()
{

while (porta.ra4 == 1)
{
  while (porta.RA3 == 0 && y == 0) {tempo(); if (porta.ra4 == 0) y = 1; }
  tempo();
  if (porta.ra3 == 1 && y == 0) { tempo(); contador = contador + 1; }
  tempo();
  while (porta.ra3 == 1 && y == 0) delay_ms(10);
}

  x = eeprom_read(0x04);
  if (contador == 3) x = x - 10;

  eeprom_write(0x04, x);
  eprom();

  contador = 0;
  y = 0;
  x = 0;

}

```

```

void cargar()
{
while (porta.ra2 == 1)
{
while (porta.RA3 == 0 && y == 0) {tempo(); if (porta.ra2 == 0) y = 1; }
tempo();
if (porta.ra3 == 1 && y == 0) { tempo(); contador = contador + 1; }
tempo();
while (porta.ra3 == 1 && y == 0) delay_ms(10);
}

x = eeprom_read(0x04);
if (contador == 3) x = x + 10;
if (contador == 6) x = x + 20;
eeprom_write(0x04, x);
eprom();

contador = 0;
y = 0;
x = 0;
}

void main()

{
cmcon = 0x07;
trisa.ra0 = 1;
trisa.ra1 = 1;
trisa.ra2 = 1;
trisa.ra3 = 1;
trisa.ra4 = 1;
trisa.ra5 = 1;
trisa.ra6 = 1;
trisa.ra7 = 1;
trisb = 0;
portb = 0;

x = eeprom_read(0x04);
if (x == 255) eeprom_write(0x04, 0);
x = eeprom_read(0x04);
eprom();
tempo2();

while (1)
{
if (porta.ra2 == 1) { tempo(); cargar();}
tempo();
if (porta.ra4 == 1) { tempo(); descarregar();}
tempo();
}

```