

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA
CURSO DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

FRANCISCO DOS SANTOS
RODOLFO BERTOLETTI

SISTEMA RFID PARA CONTROLE DE PATRIMÔNIO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

RODOLFO BERTOLETTI
FRANCISCO DOS SANTOS

SISTEMA RFID PARA CONTROLE DE PATRIMÔNIO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso de Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Fábio Brignol de Moraes

PATO BRANCO
2014

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de diplomação intitulado **SISTEMA DE CONTROLE RFID PARA CONTROLE DE PATRIMÔNIO** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **155** de 2014, a qual se encontra na coordenação do curso.

Fizeram parte da banca os professores:

Fábio Brignol de Moraes

Cesar Rafael Claire Torrico

Santo Tiveroli Filho

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho de Diplomação aos nossos familiares, aos nossos professores, que nos apoiaram nesta longa jornada que até aqui chegamos. Com a satisfação de nos tornamos pessoas melhores e mais qualificadas para a sociedade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos familiares, que sempre acreditaram em nossa capacidade de concluir mais essa etapa de nossas vidas.

A todos nossos professores que sempre nos apoiaram e ajudaram durante o curso.

Ao professor Fábio Brignol de Moraes, pela dedicação, empenho e total compreensão, disponibilizando assim o tempo necessário para nos orientar neste trabalho.

Aos nossos amigos que nos ajudaram de alguma maneira, ou mesmo incentivando para que não desistíssemos.

EPÍGRAFE

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

(José de Alencar)

RESUMO

SANTOS, Francisco d.; BERTOLETTI, Rodolfo. **Sistema RFID para Controle de Patrimônio**. 2014. 58f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Tecnologia em Automação Industrial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Este trabalho tem como objetivo o estudo dos componentes e características, além do desenvolvimento de um sistema de Identificação por Radiofrequência (Radio Frequency Identification – RFID). O sistema visa efetuar o controle de patrimônio de empresas, instituições privadas ou públicas. O sistema consiste de um leitor de *tags* de RFID controlado por um microcontrolador do modelo PIC 18F4550, o qual faz a gravação e leitura em uma memória externa e mostra os resultados em um display LCD, também utiliza um módulo de leitura do modelo ID12, para aquisição de dados da *tag*. Foi desenvolvido um programa para gerenciar o sistema. Através dos testes comprovou-se que o leitor funcionava corretamente.

Palavras-chave: RFID, ID 12, controle de patrimônio, PIC18F4550.

ABSTRACT

SANTOS, Francisco d.; BERTOLETTI, Rodolfo. RFID System for PatrimonyControl.2014. 58f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Tecnologia em Automação Industrial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

This work aims to study the components and characteristics, and the development of an Radio Frequency Identification (RFID) system. The system aims to make controlling equity companies, private or public institutions. The system consists of a reader of RFID tags controlled by a PIC 18F4550 microcontroller model, which makes the recording and playback on an external memory and displays the results on an LCD display also uses a module of reading ID12 model for tag data acquisition. We developed a program to manage the system. The tests proved that reader functioned properly.

Keywords: RFID, ID 12, *patrimony control*, PIC 18F4550.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funcionamento de um sistema RFID.....	17
Figura 2 - Estrutura de uma tag.....	18
Figura 3 – Pinagem do componente ID 12.....	26
Figura 4 – Leitor	32
Figura 5– Fluxograma do sistema	33
Figura 6 - Diagrama elétrico do sistema.....	34
Figura 7 - Circuito montado na matriz de furos	36
Figura 8 – Placa do circuito do leitor	37
Figura 9 - Tags utilizadas para testes	38
Figura 10 - Teste com tags do tipo cartão	39
Figura 11 – Teste com tag do tipo chaveiro	40
Figura 12- Teste com tag do tipo etiqueta.....	41
Figura 13 - Leitor de RFID.....	45
Figura 14 - Tela de Ler Produtos.....	46
Figura 15 - Código da Tag e posição da memória	47
Figura 16 - Opção Cadastrar Produto	48
Figura 17 - Operação de cadastro de item.....	49
Figura 18 - Opção Ver Produtos.....	50
Figura 19 - Operação de consulta de itens	51
Figura 20 - Operação de apagar item	52
Figura 21 - Opção Formatar Memória	53
Figura 22 - Confirmação para formatação da memória.....	54
Figura 23 - Opção status da memória	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classe de identificadores EPC Global.....	19
Quadro 2 - Comparativos entre os modelos de etiquetas.....	21
Quadro 3 - Usos de cada faixa de frequência.....	23
Quadro 4 - Características do sistema RFID em várias frequências.....	24
Quadro 5 - Características básicas e valores dos microcontroladores.....	29
Quadro 6 – Características dos microcontroladores Atmel.....	30
Quadro 7 – Características dos microcontroladores Microchip.....	30
Quadro 8 - Funcionalidades do leitor.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição de frequências ISM.....	23
Tabela 2 - Componentes utilizados e seus valores.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
EAN	<i>European Article Numbering</i> (Numeração de Artigo Europeu)
EPC	<i>Electronic Product Code</i> (Código Eletrônico de Produto)
EUA	Estados Unidos da América
HF	<i>High Frequency</i> (Alta Frequência)
IBM	<i>International Business Machines</i>
IFF	<i>Identify Friend or Foe</i> (Identificador Amigo ou Inimigo)
ISM	<i>Industrial Scientific Medical</i> (Industrial Científica Médica)
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
LF	<i>Low Frequency</i> (Baixa Frequência)
PIC	<i>Peripheral Interface Controller</i>
RF	<i>Radio Frequency</i> (Radiofrequência)
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> (Identificação por Radiofrequência)
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computing</i> (Conjunto de Instruções Computacionais Reduzidas)
UCC	<i>Uniform Code Council</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i> (Frequência Ultra Alta)
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Barramento Serial Universal)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	OBJETIVO GERAL	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.3	APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	HISTÓRICO	15
2.2	FUNCIONAMENTO DA TECNOLOGIA RFID	17
2.3	TAGS	18
2.3.1	TAGS PASSIVAS.....	19
2.3.2	TAGS ATIVAS.....	20
2.4	TAGS SEMI-PASSIVAS.....	20
2.5	LEITORES	21
2.6	FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO	22
2.6.1	DISTRIBUIÇÃO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIA NO BRASIL	24
2.7	MICROCONTROLADORES.....	25
2.7.1	MICROCONTROLADOR PIC 18F4550	25
2.8	O MÓDULO DE LEITURA.....	26
2.9	COMUNICAÇÃO I ² C	26
3	O PROJETO SISTEMA RFID	28
3.1	COMPILADOR	28
3.2	O MICROCONTROLADOR.....	28
3.3	A MEMÓRIA M24512.....	30
3.4	O LEITOR DE RFID DESENVOLVIDO	31
3.5	HARDWARE	33
4	ANALISE E RESULTADOS	36

5	CONCLUSÕES.....	42
5.1	IMPLEMENTAÇÕES FUTURAS.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

Define-se controle de estoque como sendo o procedimento para registrar, fiscalizar e gerir a entrada e saída de mercadorias e produtos de uma empresa. (SEBRAE, 2014)

Atualmente, as soluções de identificação e controle wireless estão cada vez mais presentes na sociedade. Fazendo-se assim necessário que as aplicações e os equipamentos sejam mais seguros e confiáveis. Uma solução que se destaca nessa área é a Identificação por Radiofrequência (do inglês *RFID*, *Radio Frequency Identification*).

O uso de radiofrequência para identificação tem suas bases datadas da segunda guerra mundial, quando os ingleses começaram a utilizar radares e *transponders*¹ para identificar seus aviões. (PAIS & BENTES de Couto, 2009)

Na sequência começaram a surgir aplicações comerciais que utilizavam a tecnologia de RFID, entre as primeiras estavam os sistemas de Vigilância Eletrônica de Artigos, que consistiam de *tags* (etiquetas), que funcionavam como transponders, e um leitor auxiliado por várias antenas que emitiam as ondas de rádio. O leitor e as antenas localizadas nas portas das lojas identificavam através da tag se o produto havia sido pago ou não. (PAIS & BENTES de Couto, 2009)

Na parte de logística e armazenamento o uso de etiquetas inteligentes é de grande utilidade, pois devido ao seu uso, a intervenção humana é bem menor.

O objetivo desse trabalho é desenvolver e implementar um leitor de *RFID*, com uma memória integrada para armazenar os dados coletados.

O sistema desenvolvido pode ser utilizado principalmente para controle de patrimônio em empresas, escolas e indústrias ou qualquer outro estabelecimento que necessite desse tipo de controle.

¹ Transmissor que, quando recebe uma onda de radar, começava a transmitir um sinal que identificava a aeronave

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um sistema de identificação de bens ou produtos com a utilização de RFID.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um estudo sobre a tecnologia de identificação por radiofrequência.
- Realizar montagem do circuito em *Protoboard* e efetuar testes de funcionamento do circuito.
- Programar o microcontrolador para receber o sinal serial do módulo de leitura, ID 12, cadastrar na memória e posteriormente excluir quando necessário, imprimir o resultado no display.
- Montar o circuito na placa e realizar a validação da montagem.

1.3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A redação desta monografia está dividida em cinco capítulos:

No primeiro capítulo – Apresenta-se a introdução do trabalho e também os objetivos, o geral e os específicos.

No segundo capítulo - Discorre-se sobre o histórico da tecnologia de *RFID*. Faz-se o estudo de referências sobre a tecnologia, o leitor e as *tags*. Também são mostrados os estudos sobre frequências de operação, distribuição de frequências no Brasil e as características do microcontrolador utilizado no projeto e do componente ID 12.

No terceiro capítulo – Explica-se o funcionamento do sistema desenvolvido e são descritos os materiais utilizados.

No quarto capítulo – Mostra-se os resultados obtidos e possíveis implementações futuras.

No quinto capítulo – Apresenta-se as conclusões conseguidas após estudos realizados e o trabalho finalizado, além das implementações futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresenta-se uma breve pesquisa sobre os conceitos teóricos que foram utilizados para desenvolver o projeto. Serão apresentados o histórico da tecnologia de RFID, os conceitos de leitor e *tag*, pesquisas sobre radiofrequência, microcontrolador e o componente ID 12.

2.1 HISTÓRICO

A identificação por radiofrequência teve suas origens na segunda guerra mundial, quando os ingleses começaram a utilizar radares inventados pelo físico Robert Alexander Watson-Watt em 1935. (BREVE-HISTORIA, 2007) Inicialmente os radares apenas identificavam a aproximação à longa distância de um avião sem distingui-lo entre amigo ou inimigo. Robert desenvolveu o primeiro identificador ativo de amigo ou inimigo, do inglês – *Identify Friend or Foe* (IFF). A partir de então os aviões britânicos receberam *transponders*, permitindo assim uma correta identificação. Os *transponders* são usados até hoje por todos os aviões. (BREVE-HISTORIA, 2007).

Nos anos 50 e 60, avanços na área de radares e de identificação por radiofrequência continuaram. Cientistas e acadêmicos das maiores potências mundiais realizam pesquisas e apresentam estudos explicando como a energia de radiofrequência poderia ser usada para identificar objetos em várias situações. (BREVE-HISTORIA, 2007)

Devido à possibilidade da tecnologia de RFID ser utilizada em várias áreas, logo as companhias da área de segurança começaram a comercializar sistemas antifurto que utilizavam ondas de rádio para determinar se um item havia sido roubado ou pago normalmente. A etiqueta utilizava um *bit* que era desabilitado, caso a mercadoria fosse paga. Caso ela não fosse paga o *bit* continuava ativo e era detectado pelos sensores e o alarme disparava. (HISTÓRICO, 2009)

Na década de 70, o Laboratório Nacional de Los Alamos, nos EUA, desenvolveu a pedido do departamento de energia um sistema de rastreamento de

material nuclear. O sistema era de identificação e controle de acesso e funcionava do modo descrito a seguir.

Para a identificação, foi desenvolvido um leitor móvel que podia checar rapidamente as etiquetas colocadas nos grandes contêineres de armazenamento. Era essencial que os técnicos pudessem executar esta tarefa o mais rapidamente possível e essa solução se mostrou muito eficiente nesse aspecto. Seus leitores móveis inspiraram os dispositivos portáteis que hoje em dia, chegam a medir menos que um celular.

No campo do controle de acesso, resolveu-se por colocar leitores nos portões das bases e *transponders* nos caminhões. Esse tipo de *transponder* ativo respondia à interrogação do leitor, dando sua identificação e opcionalmente, a identificação do motorista. (HISTÓRICO, 2009)

Ainda na área da segurança a primeira patente sobre um sistema de RFID foi requerida em 1973 por Charles Walton, na Califórnia.

Charles Walton, um empreendedor californiano recebeu a patente de um *transponder* passivo que podia ser utilizado para abrir uma porta sem a necessidade de chaves. O cartão comunicava a um leitor próximo à porta, seu código de identificação. O leitor, ao reconhecer um código válido, passava um sinal a fechadura para que destravasse. (HISTÓRICO, 2009)

No começo da década de 90, a *International Business Machine* (IBM) desenvolveu e patenteou um sistema de *RFID* que utilizava a tecnologia de frequência ultra-alta, do inglês *Ultra High Frequency* (UHF). A UHF oferece maior alcance, acima de 6 metros, e maior velocidade na transferência de dados. Foram realizados testes em parceria com a rede de supermercados *Walmart*², porém a tecnologia não foi comercializada. Posteriormente a patente foi vendida para uma empresa que desenvolve, fabrica e integra equipamentos de coleta automática de dados sem fio, sistemas RFID e computação móvel chamada *Intermec*. (History, 2005)

O *RFID* utilizando *UHF* ganhou mais visibilidade em 1999, quando o *Uniform Code Council* (UCC), *European Article Number* (EAN), as empresas – *Protector & Gamble* e *Gillette* se uniram e estabeleceram o *Auto-ID Center* no Instituto de Tecnologia de Massachussetts (MIT). (SANTINI, 2008)

O objetivo da pesquisa do *Auto-ID Center* era mudar a essência do RFID de um pequeno banco de dados móvel para um número de série, o que

² Rede de supermercados fundada em 1962 por Sam Walton, eleita a maior multinacional de 2010 segundo a revista americana *Forbes*, respeitada publicação sobre economia e negócios.

baixaria drasticamente os custos e transformaria o RFID em uma tecnologia de rede, ligando objetos à internet através de *tags*. (SANTINI, 2008)

Até 2003 o Auto-ID Center já contava com o apoio de mais de 100 grandes empresas, além do Departamento de Defesa americano. Vários laboratórios ao redor do mundo começaram a pesquisar em conjunto, e desenvolveram dois protocolos de interface sem fio (Classe 0 e Classe 1), o Código Eletrônico de Produtos ou Eletronic Product Code (EPC), é a arquitetura de rede para acessar dados associados a uma etiqueta de RFID pela internet. A tecnologia foi licenciada junto ao UCC em 2003, quando foi criado pelo conselho a EPC Global, juntamente com a EAN *International*, para comercializar a tecnologia EPC. Ainda em 2003 o Auto ID Center fechou e suas responsabilidades foram repassadas para os Auto-ID Labs. Em 2004 a EPC ratificou os padrões da segunda geração da tecnologia. (SANTINI, 2008)

2.2 FUNCIONAMENTO DA TECNOLOGIA RFID

O leitor emite através da antena um sinal por radiofrequência tentando localizar as *tags* que estão na sua área de cobertura e estas emitem um sinal (com todas as informações contidas na etiqueta) quando estão na área de cobertura do leitor, que envia as informações recebidas para um computador que possui um software específico para manipulação das informações recebidas. Na figura 1 podemos ver o funcionamento de um sistema de RFID.

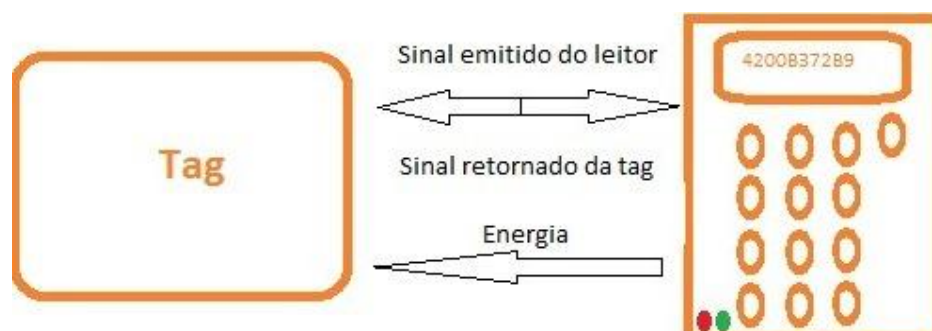


Figura 1 - Funcionamento de um sistema RFID
Fonte: Adaptado de Sangreman & Camanho (2007).

2.3 TAGS

A *tag* ou etiqueta, também pode ser chamada de *transponder*, pois possui as características pertinentes a esse dispositivo (recebem e enviam dados utilizando sinais de radiofrequência). Esses sinais são enviados pelo leitor, quando recebidos pela etiqueta acionam o chip que manda informações de volta ao leitor através da antena que ela possui.

Cada etiqueta possui um número de identificação único, chamado EPC (*Electronic Product Code*), independente do seu tipo.

Um *transponder* pode ser dividido em três partes básicas:

- Chip: circuito integrado de baixo consumo, que armazena informações e faz a comunicação.
- Antena (Bobina): Recebe e envia os sinais para o leitor.
- Encapsulamento: é onde ficam contidos o chip e antena.

Na Figura 2, podemos visualizar um exemplo de *tag*.

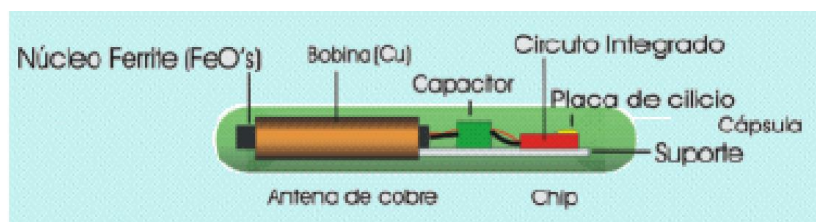


Figura 2 - Estrutura de uma tag.
Fonte: Sangreman & Camanho (2007).

Pode-se destacar outra característica das *tags*, elas podem ser lidas através de várias substâncias como líquidos, vapores, sujeiras e condições ambientais que normalmente deteriorariam etiquetas normais de códigos de barra.

As etiquetas podem ser classificadas em: passivas, semi-passivas e ativas. No quadro 1 pode ser visto a classificação das etiquetas:

Quadro 1 - Classe de identificadores EPC Global.

Tipo	Descrição
Classe 0	Passiva - apenas leitura.
Classe 0+	Passiva - grava uma vez (mas usando protocolos da Classe 0).
Classe I	Passiva - grava uma vez.
Classe II	Passiva grava uma vez com extras (como criptografia)
Classe III	Regravável, semi-passiva (chip com bateria, comunicações com energia do leitor), sensores integrados.
Classe IV	Regravável, ativa, identificadores “nos dois sentidos”, que podem conversar com outros identificadores, energizando suas próprias comunicações.
Classe V	Pode energizar e ler identificadores das Classes I, II e III e ler identificadores das Classes IV e V

Fonte: Glover & Bhatt (2007).

2.3.1 TAGS PASSIVAS

São etiquetas que contém apenas o *chip* e uma bobina que funciona como antena. A energia para alimentar essas etiquetas é provida pelas ondas eletromagnéticas geradas pelo leitor no momento em que a *tag* entra a uma distância que corresponde ao seu campo eletromagnético. (COMO-FUNCIONA, 2007)

Esse tipo de *tag* só responde seu número serial para o leitor e seu CI (Circuito Integrado) corresponde apenas a uma memória ROM (*Read Only Memory*).

Devido a sua constituição simples podem ser fabricados em massa a baixo custo e também tem dimensões reduzidas, algumas têm a espessura de uma folha de papel. (TAG-PASSIVA, 2009)

Por não possuir uma fonte de alimentação própria para gerar o sinal, este modelo de etiqueta é mais suscetível a interferências eletromagnéticas. Etiquetas passivas são virtualmente eternas, uma vez que não possuem fonte de energia própria. (TAG-PASSIVA, 2009)

2.3.2 TAGS ATIVAS

São etiquetas que tem alimentação própria, fornecida por uma bateria interna, o que permite que tenham uma memória maior e suportem um *chip* com maior poder de processamento.

Essas *tags* são maiores, e executam funções mais complexas, como permitir escrita além de leitura. Também podem ter sensores ou outros dispositivos acoplados a ela. Como não dependem da presença do leitor para funcionar, tem um alcance maior, e podem ser programadas para se desligarem e só transmitirem quando necessário.

Possuem alta velocidade de resposta (até 220 Km/h). Seu tempo de vida útil é limitado a até dez anos. Tem um custo de produção elevado. (VIOLINO, 2005)

2.4 TAGS SEMI-PASSIVAS

As etiquetas semi-passivas são alimentadas por baterias. Segundo Cunha, 2006:

São um elo entre os dois sistemas (ativas e passivas), mas que se classificam como as ativas, por terem bateria e possuírem a diferença de poderem ter seu código reescrito, ou seja, não são somente leitura. Nota-se que essas etiquetas se assemelham as ativas sinalizadoras. (CUNHA, 2006)

A seguir pode-se ver o quadro 2 com um comparativo entre os diferentes tipos de etiquetas.

	VANTAGENS	DESVANTAGENS	OBSERVAÇÕES
Passiva	Grande durabilidade Vários formatos podem ser fabricados São mecanicamente flexíveis Baixo custo de produção	Alcance limitado (10m) O ambiente interfere na recepção	É o tipo mais utilizado mundialmente São fabricadas em todas as faixas de frequências

Semi passiva	Grande alcance Pode ser utilizado em conjunto com outros sensores (temperatura, pressão, tensão, etc...), criando sistemas ativos. Não apresentam falhas em sistemas de baixa potência	Alto custo de produção Impossível determinar quando as baterias estão boas ou ruins principalmente em um ambiente que tenha várias etiquetas em conjunto Baterias são tóxicas Muitas etiquetas, muitas baterias.	É um tipo muito utilizado em sistemas de monitoramento em tempo real de objetos de alto valor Geralmente são fabricadas em UHF
Ativa			É muito utilizada na parte logística de contêineres, caminhões e automóveis São fabricadas em UHF e micro-ondas.

Quadro 2 - Comparativos entre os modelos de etiquetas

Fonte: Cunha (2006)

2.5 LEITORES

Conhecidos como *transceivers*, emitem os sinais de rádio que ativam o *transponder* fazendo com que estes transmitam informações.

Segundo o *RFID Journal, 2005* “um leitor típico, é um dispositivo que tem uma ou mais antenas que emitem ondas de rádio e recebe sinais de volta da etiqueta. Após repassa esses dados de forma digital para um computador.”

Para que se faça a correta leitura da *tag* alguns fatores devem ser considerados: a posição do próprio *transponder* em relação a antena (polaridade), degradação provocada pelo meio, compatibilidade entre as partes, e interferências eletromagnéticas.

De acordo com (HISTÓRICO, 2009):

A onda eletromagnética consiste de um enlace de oscilações elétricas e magnéticas que formam um ângulo de 90° entre si. Essas oscilações ocorrem em direções fixas determinadas pela antena que as gera. Quanto mais alinhada a antena da *tag* estiver com a direção de oscilação do campo elétrico, maior será a corrente induzida em seu circuito e melhor será a leitura. Variando a rotação pode-se ir de um ponto de leitura ótima até um onde ela não ocorra, o que influencia na distância da leitura. (HISTÓRICO, 2009)

Outro ponto que influencia na qualidade da comunicação é o meio. Algumas etiquetas tornam-se inoperantes quando próximas a superfícies metálicas, devido a sua frequência de operação. Sabe-se que as ondas eletromagnéticas, em geral, têm dificuldades para atravessar materiais que contenham água, inclusive materiais orgânicos. Em casos que envolvam esses materiais pode-se utilizar

medidas paliativas, como emprego de frequências e potências adequadas. Quanto ao metal, ainda não há uma solução para ler através dele. (HISTÓRICO, 2009)

Com o crescimento do uso da tecnologia de identificação por radiofrequência houve também a evolução destes componentes, que possuem alcance maior, funcionalidade e ramos de aplicação. Os leitores, basicamente, dividem-se em três grupos:

- Leitores passivos: tem uma capacidade computacional baixa, são baratos.
- Leitores inteligentes: tipicamente tem um sistema embarcado que pode filtrar e armazenar dados, além de executar comandos.
- Leitores ágeis: podem se comunicar com as *tags* através de vários protocolos tem sistema embarcado, podem filtrar dados e rodar aplicações.
- Leitores de multifrequências: Conseguem ler *tags* usando várias frequências, tem sistema embarcado pode filtrar dados e rodar aplicações. (VIOLINO, 2005)

2.6 FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO

A frequência de operação é a frequência eletromagnética utilizada para comunicação e obtenção de alimentação. Atualmente há quatro faixas de frequência utilizadas pelos sistemas de RFID. Elas são divididas em baixa frequência (LF), alta frequência (HF), ultra alta frequência (UHF) e micro-ondas. (COMO-FUNCIONA, 2007)

Como utiliza ondas eletromagnéticas, o sistema é classificado como dispositivo de rádio, assim segundo a legislação não pode interferir em faixas de serviços de emergência ou de transmissão de televisão. As aplicações de RFID estão restritas as escalas de frequências que foram reservadas especificamente para aplicações industriais, científicas ou médicas ou para dispositivos de curto alcance. Estas escalas são classificadas mundialmente como escalas de frequência

de ISM (*Industrial-Scientific-Medical*), e podem também ser usadas para sistemas RFID. Na tabela 1, podemos ver as frequências ISM. (COMO-FUNCIANA, 2007)

Tabela 1 - Distribuição de frequências ISM

Frequências	Faixa de Frequência	Frequências ISM
LF	30 – 300kHz	< 135 kHz
HF	3 – 30MHz	6,78 MHz, 13,56 MHz, 27,125 MHz e 40,680 MHz
UHF	300MHz – 3GHz	433,920 MHz, 869 MHz, 915 MHz
Microondas	> 3GHz	2,45 GHz, 5,8 GHz, 24,125 GHz

Fonte: Glover & Bhatt (2007)

O quadro 3 mostra os principais usos para cada frequência e o alcance de leitura de cada uma delas.

Frequências	Faixa Típica para identificadores passivos	Algumas Aplicações Típicas
LF	50 centímetros	Identificação de pequenos animais, leituras próximas de itens com alto conteúdo de água
HF	3 metros	Controle de acesso a prédios
UHF	9 metros	Caixas e caixotes
Microondas	> 10 metros	Identificação de veículos de todos os tipos

Quadro 3 - Usos de cada faixa de frequência

Fonte: Glover & Bhatt (2007).

As características do sistema RFID em várias frequências são mostradas no quadro 4.

Frequência	LF 125KHz	HF 13,56 MHz	UHF 860-960 MHz	Microondas >2.5 GHz
Alcance de leitura de Tags passivas	Até 60cm	Até 90cm	De 3 á 9m	>10m
Fonte de alimentação da tag	Geralmente passiva	Geralmente passiva	Geralmente ativa	Geralmente ativa

Custo da tag	Alto	Médio	Podera ser baixo	Podera ser baixo
Aplicações típicas	Vendas, Controle de Ativos, animais, Acessos etc...	"Cartões inteligentes", controle de bagagem ou em bibliotecas.	Rastreamento de pallets, pedágio e bagagem	Pedágio
Transferencia de dados	Lento		Rápido	
Performance em metais e líquidos	Melhor		Pior	
Tamanho da tag Passiva	Maior		Menor	

Quadro 4 - Características do sistema RFID em várias frequências
Fonte: Glover e Bhatt (2007).

2.6.1 DISTRIBUIÇÃO DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIA NO BRASIL

No Brasil o órgão regulador das telecomunicações é a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações).

Através do exercício da função de administração do uso de radiofrequências, a agência pode modificar a atribuição, destinação e distribuição de radiofrequências ou faixas de radiofrequências; bem como suas consignações e autorizações conforme regulamento de uso do espectro de radiofrequências, anexos a resolução nº259 de 19 de abril de 2001.

Segundo (TUDE, 2003):

Para administrar o uso de radiofrequência a ANATEL mantém uma tabela de atribuição, destinação e distribuição de radiofrequências no Brasil, termos cujas definições são apresentadas a seguir:

Atribuição (de uma faixa de radiofrequência): inscrição de uma dada faixa de radiofrequências na tabela de atribuição de faixas de radiofrequências, com o propósito de usá-la, sob condições específicas, por um ou mais serviços de radiocomunicação terrestre ou espacial convencionados pela UIT, ou por serviços de astronomia;

Destinação: inscrição de um ou mais sistemas ou serviços de telecomunicações – segundo classificação da Agência– no plano de destinação de faixas de radiofrequências editado pela Agência, que vincula à exploração desses serviços a utilização de determinadas faixas de radiofrequências, sem contrariar a atribuição estabelecida.

Distribuição: inscrição de uma radiofrequência, faixa ou canal de radiofrequências para uma determinada área geográfica em um plano de distribuição editado pela Agência, sem contrariar a atribuição e a destinação estabelecidas. (TUDE, 2003)

2.7 MICROCONTROLADORES

Em termos simples pode ser definir um microcontrolador como um processador que tem memória e outros periféricos integrados no mesmo encapsulamento, além da possibilidade de ser programável.

Os microcontroladores surgiram devido à evolução dos circuitos integrados e dos processadores. Um crescente aumento do nível de integração permitiu o aparecimento de circuitos integrados contendo simultaneamente processador e periféricos. Foi assim que o primeiro chip contendo um microcomputador e que mais tarde haveria de ser designado por microcontrolador, apareceu. (NEBOJSA, et al., 2000)

2.7.1 MICROCONTROLADOR PIC 18F4550

O microcontrolador utiliza instruções do tipo RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Possui 32K de memória de programa e 2048 Bytes de memória RAM. Funciona com tensões de alimentação entre 4V e 5.5V e opera em frequência de até 48MHz. Possui oscilador interno de 8MHz, que pode ser derivado em frequências menores. (MIYADAIRA, 2009)

Possui 40 pinos, sendo possível configurar 35 deles com entrada/saída, entre os diversos periféricos, possui um módulo I²C, um conversor A/D de treze canais multiplexados, um módulo de detecção de alta/baixa voltagem (HLVD), também tem um módulo USB, que opera em modo *low-speed* ou *full-speed*. (MIYADAIRA, 2009)

2.8 O MÓDULO DE LEITURA ID 12

O ID 12 é um módulo de leitura de RFID desenvolvido pela ID *Innovations*, que conta com uma antena interna. O módulo é alimentado com 5V e ao aproximar uma tag, ele gera na saída uma *string* contendo o ID único da etiqueta. A frequência de operação é de 125KHz com uma faixa de leitura entre 12 e 16cm, para distâncias maiores pode ser conectada uma antena. (INNOVATIONS, 2008)

ID2 / ID12 / ID20 PIN-OUT

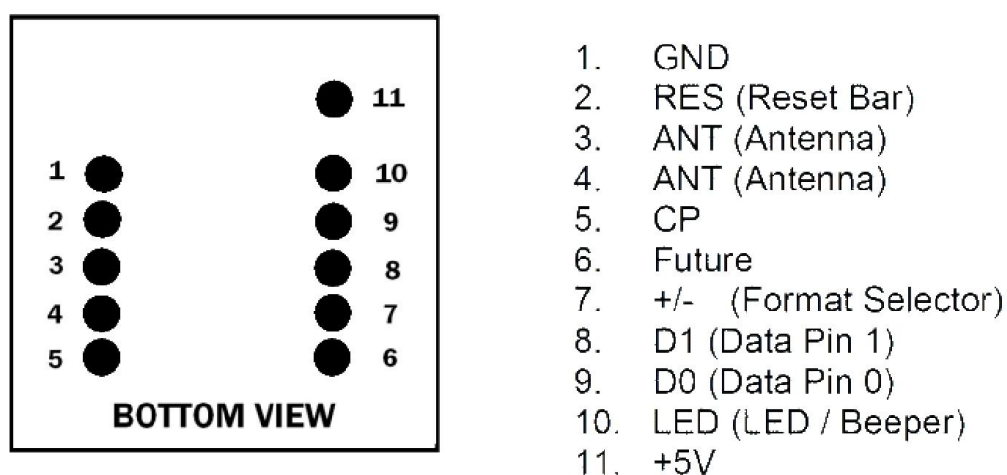


Figura 3 – Pinagem do componente ID 12
Fonte: Openelectronics (2013).

2.9 COMUNICAÇÃO I²C

A Philips desenvolveu em 1996 um protocolo de comunicação que utilizava apenas dois fios, chamado I²C (Inter Integrated Communication). Atualmente ele é utilizado para interconectar vários dispositivos eletrônicos, tais como: dispositivos de controle inteligente, microcontroladores e microprocessadores, também circuitos em geral do tipo, drives LCD, portas de I/O, memórias RAM e EEPROM ou conversores de dados. (NXP SEMICONDUCTORS, 2014)

O protocolo tem sua comunicação iniciada e comandada por um dispositivo chamado de mestre e o dispositivo que responde é chamado escravo.

Um dos fios utilizados é o sinal de clock (chamado de SCL) e o segundo é o sinal de dados (chamado de SDA), ambas bidirecionais. Utilizando um resistor de pull-up, enquanto o barramento estiver livre, ambas as linhas ficam em nível lógico alto. Utiliza dois modos de transferência, padrão com taxa máxima de 100kbit/s ou 400kbit/s no modo rápido. (NXP SEMICONDUCTORS, 2014)

As regras básicas de funcionamento do protocolo são:

1. A informação presente na linha de dados (SDA) somente é lida durante a fase alta da linha de clock (SCL).
2. Somente é permitido alterar o nível da linha de dados (SDA) durante a fase baixa da linha de clock.
3. Quando o barramento não está em uso, ambas as linhas permanecem desligadas, portanto forçadas em nível alto pelos resistores de pull-up.

Para indicar início de uma transmissão (*START*), a linha de dados é forçada da condição “1” para “0”, durante a fase alta do *clock*. Para indicar o fim de uma transmissão (*STOP*), a linha de dados passa de “0” para “1” durante a fase alta da linha de *clock*.

Após dado início a comunicação através do *bit* de *START*, são transmitidos oito *bits* de dados, a partir do *bit* mais significativo. Após o ultimo *bit*, menos significativo, o receptor deve gerar uma condição de reconhecimento (*ACK*), o que é feito forçando a linha SDA em nível “0” antes do pulso de *clock* da linha SCL. (NXP SEMICONDUCTORS, 2014)

3 O PROJETO SISTEMA RFID

Neste capítulo serão mostrados informações sobre o compilador e a memória. Discute-se sobre a escolha do microcontrolador, também será descrito o leitor desenvolvido e os componentes utilizados.

3.1 COMPILADOR

Para programação do *firmware* foi utilizado o *PCWH IDE Compiler for Microchip PIC* da empresa *Custom Computer Services, Inc (CCS)*, na versão 4.020 consiste em um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) para o sistema operacional Windows, que suporta toda a linha PIC (séries PIC 12, PIC 14, PIC 16 e PIC 18). (CCSINFO, 2014)

O IDE do compilador é composta de três módulos independentes:

- PCB: para dispositivos de 12 bits (PIC12)
- PCM: para dispositivos de 14 bits (PIC14 e PIC16)
- PCH: para dispositivos de 16 bits (PIC18)

Este compilador foi escolhido porque tem uma grande variedade de bibliotecas para a linguagem C, fácil manipulação de *strings* e caracteres, algumas funções matemáticas, entre outras.

3.2 O MICROCONTROLADOR

Nas últimas duas décadas os fabricantes de microcontroladores como *Atmel, Microchip, Motorola, Renesas, Texas Instruments Semiconductors, Xilinx, Altera, Philips*, entre outros, tem apresentado várias melhorias em seus chips.

Pode-se citar a Atmel, que disponibiliza com interface serial USB os chips AT90USB uma geração de microcontroladores mega AVR. Também encontra-se disponíveis as famílias 32bit AVR UC3 e Xmega. (ATMEL).

Verifica-se que não são de fácil domínio, e de uso mais comum entre os programadores amadores, possui pouca bibliografia, application note e está pouco difundida entre os meios de pesquisa como bibliotecas, sites, cursos específicos.

Outro fator que dificulta a utilização de seus chips é que não são disponibilizados em encapsulamento com tecnologia *Pin Through Hole* (PTH). O que dificulta a fabricação da placa de circuito impresso para amadores que utilizam métodos artesanais. Os métodos de soldagem dos encapsulamentos, que são citados no quadro 5, precisam de equipamentos específicos e modernos.

Os respectivos valores de mercado não são competitivos, nas compras de lotes entre 1 a 100 chips.

A *Microchip* disponibiliza algumas vantagens identificadas na utilização de seus chips, como o encapsulamento DIP 40 Pinos. E também em outros encapsulamentos. No quadro 5 verifica-se tais características básicas de diferenciação entre os micro controladores, PIC 18F4550 e o ATmega32U4.

Microcontrolador	Tensão / Frequência	Eeprom	Flash	I/O	Preço 1 unidade	Preço 100 unidades	Encapsulamento
ATmega32U4	2.7V a 5.5V de 8MHz a 48MHz	512Kb	32 Kbytes	48	US\$ 6,3	US\$ 4,72	QFN,TQFN
PIC 18F4550	2.0 v a 5v de 8 a 48 MHz	256Kb		35	US\$ 4,3	US\$ 4,26	QFN,TQFN,PDIP,SOIC

Quadro 5 - Características básicas e valores dos microcontroladores

Fonte: Autoria própria

As famílias PIC16F e PIC18F são um pouco mais difundidas entre amadores e profissionais nas aplicações que utilizem sistemas no mesmo segmento que as famílias Xmega e Atmega da Atmel oferecem de opções de interface, comunicação, armazenamento de dados processamento e funções de dispositivos de aquisição de sinais (DAQ). (MICROCHIP, 2009)

Constata-se nos quadros 6 e 7 o aumento da capacidade de memória *flash* que na ultima década mais precisamente entre os anos 2005 e 2006 tiveram um

aumento considerável e a difusão de utilização entre microcontroladores. O aumento de frequência também pode ser constatado.

Fabricante	Atmel	
Familias	MegaAVR	Xmega
Contatos	28,32,40,44,49,64 e 100	32,44,64 e 100
Memoria Flash	Ate 256 Kbytes	Ate 384 Kbytes
Frequencia	Maximo 20 MHz	Maximo 32 MHz

Quadro 6 – Características dos microcontroladores Atmel

Fonte: Autoria própria.

Fabricante	Microchip	
Familias	PIC 16F xxx	Pic 18F xxxx
Contatos	8,14,18,28,64 e 80	4 ate 100 pinos
Memoria Flash	Ate 96 Kbytes	Ate 375 Kbytes
Frequencia	Maximo 40 MHz	Maximo 48 MHz

Quadro 7 – Características dos microcontroladores Microchip

Fonte: Autoria própria.

3.3 A MEMÓRIA M24512

Segundo Tanenbaum (2007, p. 92) “A memória é usada para armazenar instruções a serem executadas e dados”. Como o objetivo do trabalho é controlar patrimônio, surgiu a necessidade de guardar os dados adquiridos das *tags*, por isso optou-se por usar uma memória externa ao microcontrolador.

A memória escolhida foi a M24C512. Esta memória suporta o protocolo I²C o que facilita a comunicação com o microcontrolador, que também possui módulo para esse protocolo. Ela suporta até 1.000.000 de ciclos de escrita, tem tempo de escrita de 5ms, possui modo de leitura sequencial e aleatória. Pode se gravar até 512 Kbits de dados. (STMICROELECTRONICS, 2012)

Cada *tag* manda um código de 10 *bytes*, a ele soma-se mais 20 *bytes* utilizados para informações, logo, cada *tag* ocupa 240 *bits* (10+20*8= 240).

O firmware permite cadastrar até 255 *tags*, esse número foi escolhido para simplificar o código, embora a memória suporte o armazenamento de até 2133 *tags*.

3.4 O LEITOR DE RFID DESENVOLVIDO

Desenvolveu-se um leitor com as funções de leitura, cadastro, consulta de *tags* e status da memória do leitor, essas funções são detalhadas no quadro 8. Também é possível formatar completamente a memória ou excluir apenas uma das *tags*. Há ainda uma função que permite ver o status da memória, mostrando quantas posições estão ocupadas e quantas estão disponíveis.

Lista de funcionalidades do Leitor RFID				
Menus				
1- Ler produtos	2- Cadastrar produto	3- Ver produtos	4- Formatar memória	5- Status da memória
Sub- menus				
-Tag Cadastrada	- Código é mostrado, e escreve no teclado ate 20 letras	-Pressione # -Mostra todas as <i>tags</i> cadastradas pressionando #	- Apaga todas a <i>tags</i> cadastradas	- <i>Tags</i> cadastradas.
- Tag Não Cadastrada	-Pressione # cadastra <i>tag</i>	Pressionar * para optar em deletar uma <i>tag</i>	- Pressione 7 = sim	- Pressione #
	-Pressione * cancela cadastro	-Pressionar * não apagar -Pressionar # para apagar	- Pressione * = não, leitor volta ao menu inicial	-Posições livres
Tecla reset ao pressiona-la o usuario fara a reinicialização do Leitor de <i>Tags</i> .				

Quadro 8 - Funcionalidades do leitor

Fonte: Autoria própria.

Verifica-se na figura 4 que o leitor possui um teclado, um display, e também dois *leds*, dos quais o vermelho indica que uma *tag* foi identificada pelo

leitor, e o verde pisca de maneira intermitente, indicando que o programa esta sendo executado.



Figura 4 – Leitor
Fonte: Autoria própria.

Um manual completo de operação do dispositivo pode ser lido no apêndice A.

Na figura 5 é mostrado um fluxograma do funcionamento do leitor.

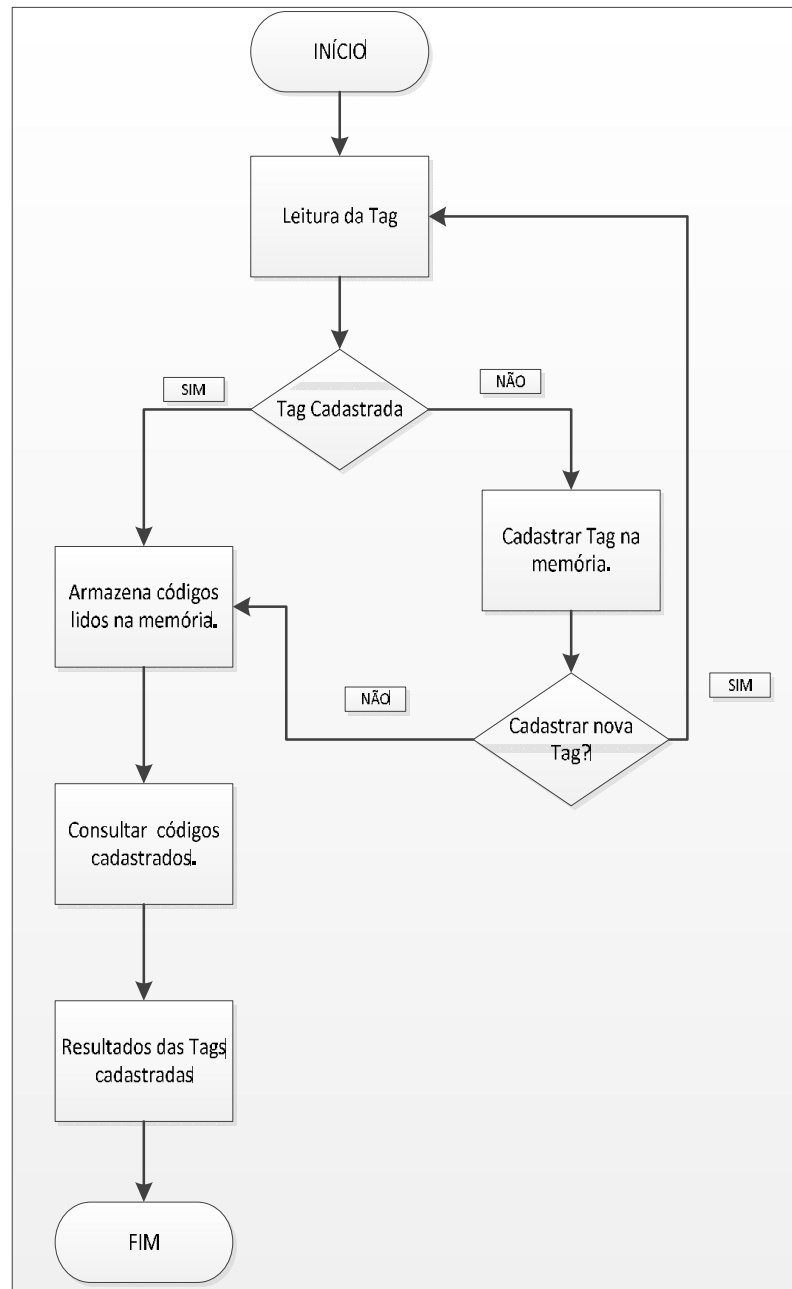


Figura 5– Fluxograma do sistema
Fonte: Autoria própria.

3.5 HARDWARE

Para desenvolver o circuito elétrico e gerar o circuito impresso, foi utilizado o programa EAGLE na versão 4.1 da empresa CadSoft.

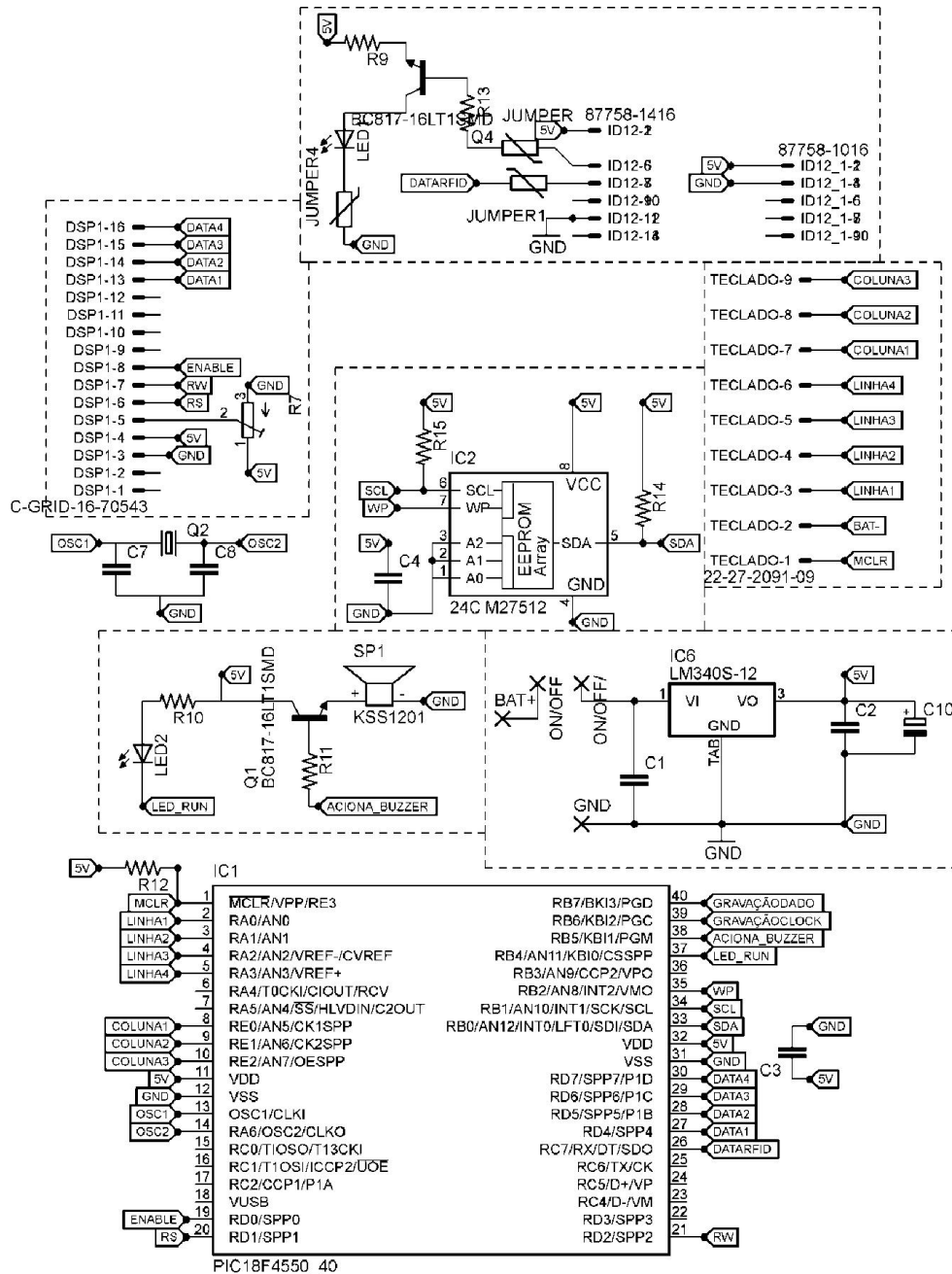


Figura 6 - Diagrama elétrico do sistema
Fonte: Autoria própria.

O circuito foi montado em uma placa matriz de furos. Após a montagem do circuito foram efetuadas medições de tensões e análise de possíveis curtos ou falta de ligações em componentes. Posteriormente foi gravado e inserido o microcontrolador PIC 18F4550. Abaixo segue a tabela 2 onde constam os componentes utilizados para a execução do projeto.

Tabela 2 - Componentes utilizados e seus valores

Componente	Valor	Quantidade
Mini-chave	N/A	13
Conector KK	9Vias	2
Resistor	10K	13
Resistor	1K	3
Resistor	4K7	1
Capacitor	100nF	4
Capacitor	15pF	2
Capacitor	1uF	1
Bateria	9V	1
Microcontrolador	PIC 18F4550	1
EEPROM	M24512	1
Transistor	TO26-3	1
Transistor	BC817	1
LED	N/A	2
Cristal	20MHz	1
Buzzer	N/A	1
ID12	N/A	1
Conector	5Vias	1
Conector	16Vias	1
Display LCD	16x2	1

Fonte: Autoria própria.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Após a montagem do circuito em uma placa de matriz de furos e a gravação do firmware no microcontrolador, foram efetuados testes para comprovar o funcionamento da parte física e lógica do projeto. O circuito é alimentado por 5V.

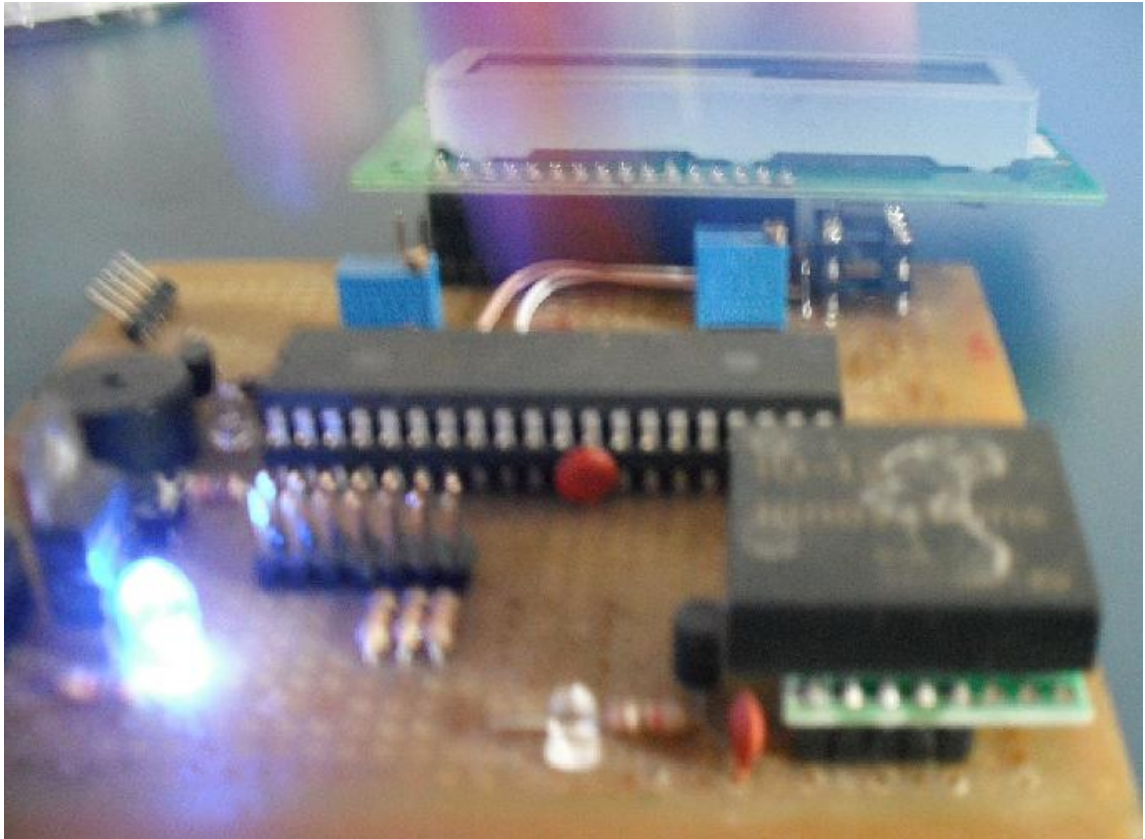


Figura 7 - Circuito montado na matriz de furos
Fonte: Autoria própria.

Com a constatação de que o sistema estava funcionando conforme havia sido proposto, foi montada a versão final do leitor, utilizando placas de fenolite, uma para o teclado e outra para o resto do circuito, ambas foram alocadas em caixa plástica.

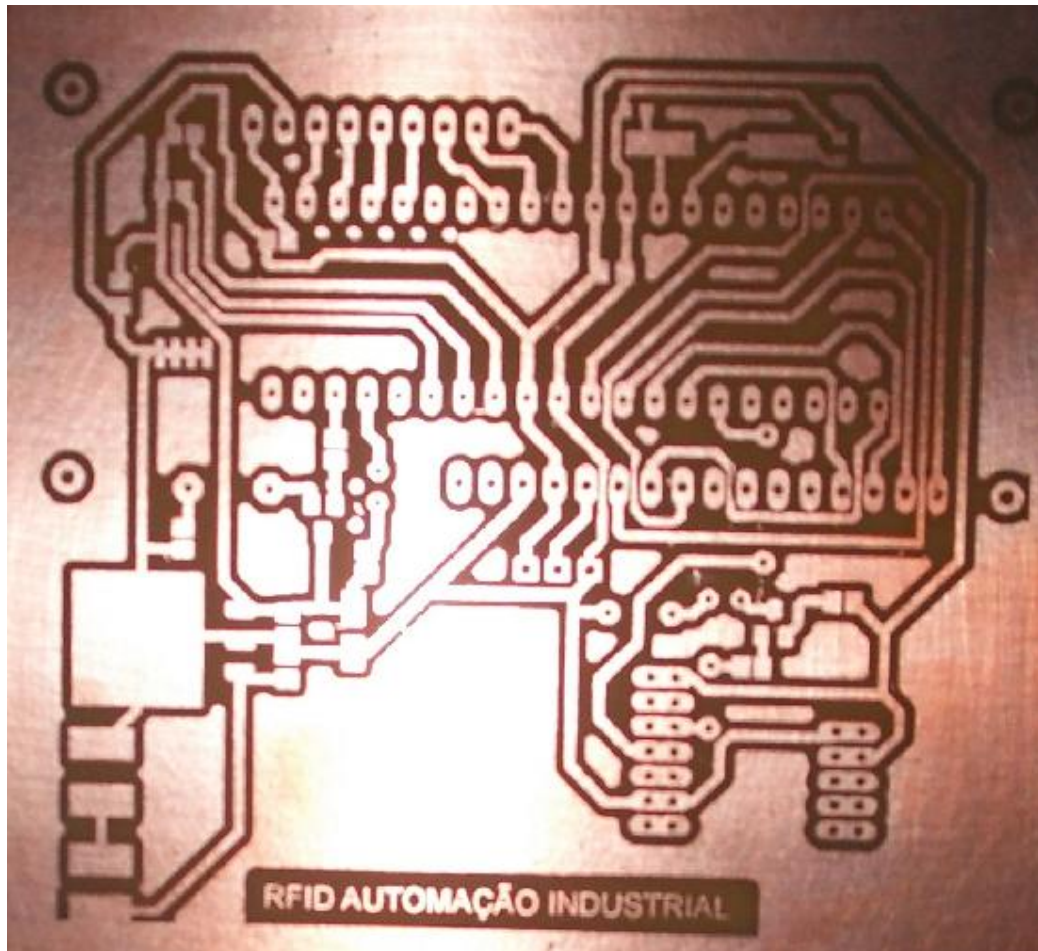


Figura 8 – Placa do circuito do leitor
Fonte: Autoria própria

Na figura 9, tem-se tags de vários formatos que foram utilizadas para os testes:



Figura 9 - Tags utilizadas para testes
Fonte: Autoria própria

Foram efetuados testes com seis *tags* de formatos diferentes, pois não dispunha-se de mais etiquetas e seria economicamente inviável comprar mais de duas mil tags apenas para fins de testes. Deve-se considerar a soma de um centímetro além da medida apresentada na figura, para todos os testes, que é a distância entre a superfície do ID 12 e a carcaça do leitor. Foram utilizadas quatro *tags* do formato cartão de tamanho maior (Figura 9), as quais foram lidas a distância de oito centímetros aproximadamente do leitor (Figura 10).

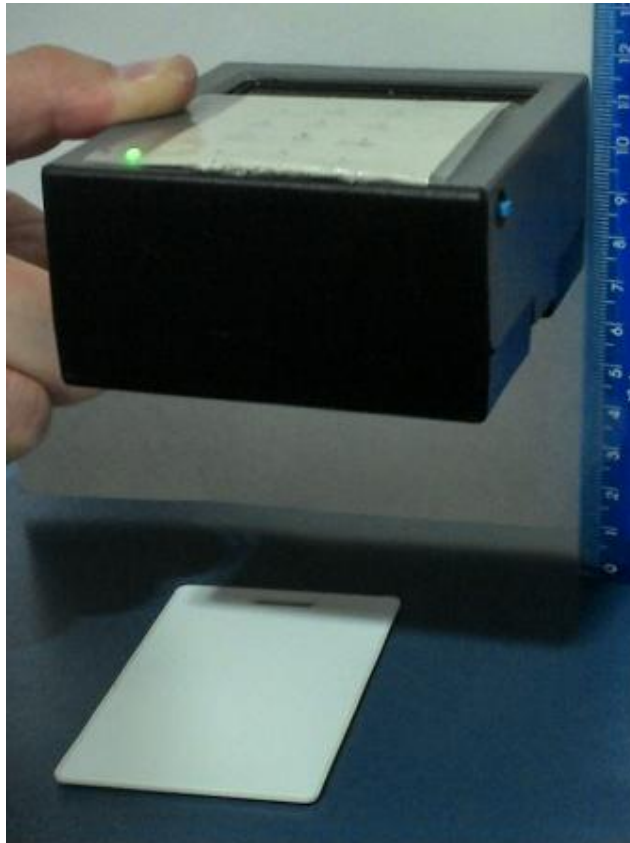


Figura 10 - Teste com tags do tipo cartão
Fonte: Autoria própria

Também foi testada uma tag do formato de chaveiro (Figura 9). O teste foi repetido três vezes, obtendo-se uma distância de leitura aproximada de cinco centímetros (Figura 11).

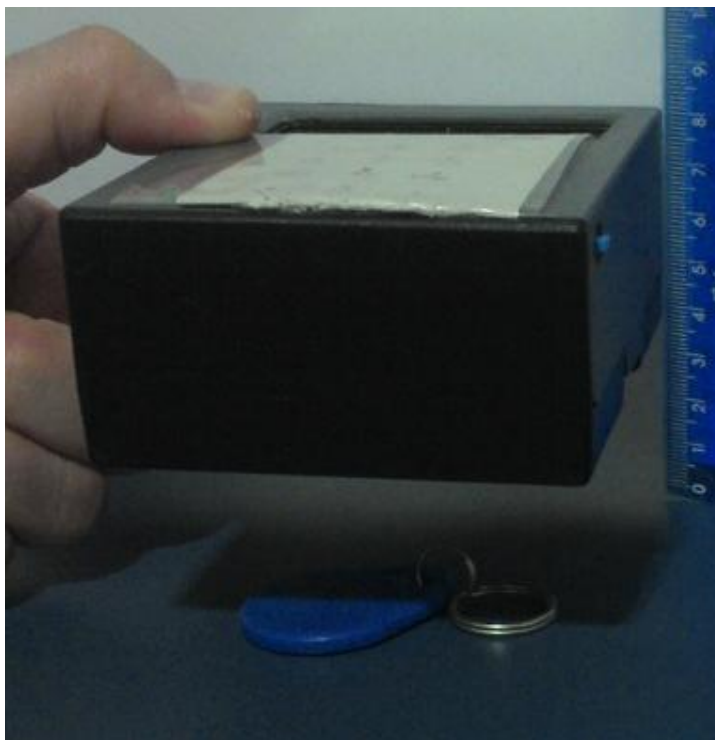


Figura 11 – Teste com tag do tipo chaveiro
Fonte: Autoria própria.

Outro modelo utilizado foi uma *tag* retangular pequena (Figura 9), testada três vezes apresentou uma distância de leitura de aproximadamente sete centímetros (Figura 12).



Figura 12- Teste com tag do tipo etiqueta
Fonte: Autoria própria.

Também foi testada a gravação e armazenamento de dados na memória com as seis *tags*. Gravando-as, verificando seu correto armazenamento na memória e posteriormente apagando-as.

5 CONCLUSÕES

Com este trabalho constatou-se que a tecnologia de RFID está em constante expansão e pode substituir algumas tecnologias utilizadas hoje para identificação e controle de acesso. Com os estudos realizados foi possível ter uma melhor compreensão dos componentes de um sistema de identificação por radiofrequência.

Através do conhecimento adquirido conseguiu-se elaborar o circuito e programar o *firmware* que controla o leitor.

Após gravar o *firmware* no microcontrolador, ele foi montado na *protoboard* junto com os demais componentes para verificar as funcionalidades do leitor, o que comprovou que o circuito desenvolvido executava todas as funções (gravar, ler, apagar, mostrar o status da memória) corretamente.

Também foi observado que o sistema se torna mais simples se for utilizado o componente ID12, que elimina a necessidade de uma antena e todo o circuito que é necessário para fazê-la funcionar.

Após constatar-se que o circuito funcionava corretamente, o mesmo foi montado em uma placa de circuito de impresso e alocado em uma caixa plástica, onde foram executados novamente os testes com sucesso.

5.1 IMPLEMENTAÇÕES FUTURAS

Como possíveis implementações futuras sugere-se melhorias no leitor para que ele possa trabalhar com antenas maiores, e de maior alcance, além do suporte à interação com etiquetas inteligentes. Na parte do *firmware* podem ser feitas adições para que ele consiga interagir com um programa de computador através do uso da porta USB do microcomputador, uma vez que o microcontrolador utilizado tem suporte a comunicação utilizando a porta USB.

REFERÊNCIAS

ATMEL. Disponível em: <<http://www.atmel.com/pt/br/devices/ATMEGA32U4.aspx>>. Acesso em: 12 de maio de 2014.

BREVE-HISTORIA. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/07_1/rfid/RFID_arquivos/breve%20historia.htm>. Acesso em: 23 de novembro de 2013.

CCSINFO. Manual de Referencia. Disponível em: <<http://www.ccsinfo.com/downloads/CReferenceManual.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2014.

COMO-FUNCIONA. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/07_1/rfid/RFID_arquivos/como%20funciona.htm>. Acesso em: 26 de novembro de 2013.

GLOVER, Bill e BHATT, Himanshu. 2007. **Fundamentos de RFID: Teoria em Prática.** Rio de Janeiro : Alta Books, 2007.

HISTÓRICO. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/rfid/historico.html>. Acesso em: 26 de novembro de 2013.

INNOVATIONS, ID. Datasheet ID 12. Disponível em: <<http://id-innovations.com/httpdocs/EM%20moudule%20SERIES%20V27%20%282008-4-05%29.pdf>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2014.

MICROCHIP. Datasheet PIC18F4550. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2014.

MIYADAIRA, Alberto Noboru. **Microcontroladores PIC18 Aprenda e Programe em Linguagem C.** São Paulo : Érica, 2009.

NEBOJSA, Matic e DRAGAN, Andric. **O Microcontrolador PIC.** s.l. : V. Book 1, 2000.

NXP SEMICONDUTORS. Manual do usuário I2C. Disponível em: <http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2014.

CUNHA, Alessandro. **RFID: etiquetas com eletrônica de ponta**. Saber Eletrônica, São Paulo, ago. 2006. p. 32.

SANGREMAN, Anderson e CAMANHO, Thiago. RFID como funciona?. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/07_1/rfid/RFID_arquivos/como%20funciona.htm>. Acesso em: 02 de dezembro de 2013.

SANTINI, Arthur Gambin. **RFID: Conceitos, Aplicabilidades e Impactos**. Rio de Janeiro : CIÊNCIA MODERNA, 2008.

SEBRAE. Controle de estoque. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/uf/goias/para-minha-empresa/controles-gerenciais/controle-de-estoque>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2014.

STMicroelectronics. Datasheet M24C512. Disponível em: <<http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00251873.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2014.

TAG-PASSIVA. Disponível em: <<http://rfidtek.blogspot.com.br/2009/09/tag-passiva.html>>. Acesso em: 28 de novembro de 2013.

TUDE, Eduardo. **Tutorial sobre frequências**. Disponível: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfreq/default.asp>>. Acesso em: 14 de dezembro de 2013.

VIOLINO, Bob. **RFID System Components and Costs**. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1336>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2013.

The History of RFID Technology. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1336>>. Acesso em: 17 de dezembro de 2013.

Openelectronics. Disponível em: <<http://www.open-electronics.org/a-stand-alone-access-control-with-rfid/>>. Acesso em: 09 de agosto de 2014.

APÊNDICE A – Procedimento de utilização do dispositivo

O dispositivo possui treze teclas, dois LEDs indicativos, um buzzer e uma chave lateral liga e desliga. Ao ligar o leitor ele emite dois bips e funciona com a aproximação do leitor da *tag*, ele emitirá uma onda eletromagnética que irá acionar a antena, fazendo com que ela transmita um número único que consta no chip. Uma vez adquirido esse número o dispositivo irá emitir um sinal sonoro e luminoso, através do LED vermelho que irá piscar. Enquanto o dispositivo estiver funcionando o LED verde ficará piscando.



Figura 13 - Leitor de RFID
Fonte: Autoria própria.

A tela inicial do leitor irá mostrar a mensagem: MENU.



Figura 14 - Tela de Ler Produtos
Fonte: Autoria própria.

Após a tela inicial, ele aguarda que o usuário escolha uma das quatro opções: Ler produtos, Cadastrar produtos, Ver produtos, Formatar memória.

Caso a opção selecionada seja ler produtos ao aproximar uma *tag* do leitor, o microcontrolador faz uma varredura da memória para verificar se o número da *tag* está cadastrado, caso esteja ele exibe o nome do produto, o código do cartão e a posição de memória que ele ocupa. Também emite um sinal sonoro de curta duração. Quando o produto não estiver cadastrado, ele mostra uma mensagem: Produto não cadastrado e volta para a tela de leitura da *tag*.



Figura 15 - Código da Tag e posição da memória
Fonte: Autoria própria.

Se for escolhida a opção: Cadastrar produto é feita uma leitura da memória, se a *tag* ainda não foi cadastrada é solicitado ao usuário que digite uma identificação para o objeto ao qual a etiqueta pertence. Depois de digitado o nome, que pode conter até vinte caracteres, deve-se pressionar a tecla “#” para que o registro seja salvo. Caso o produto já esteja cadastrado na memória a operação é cancelada.

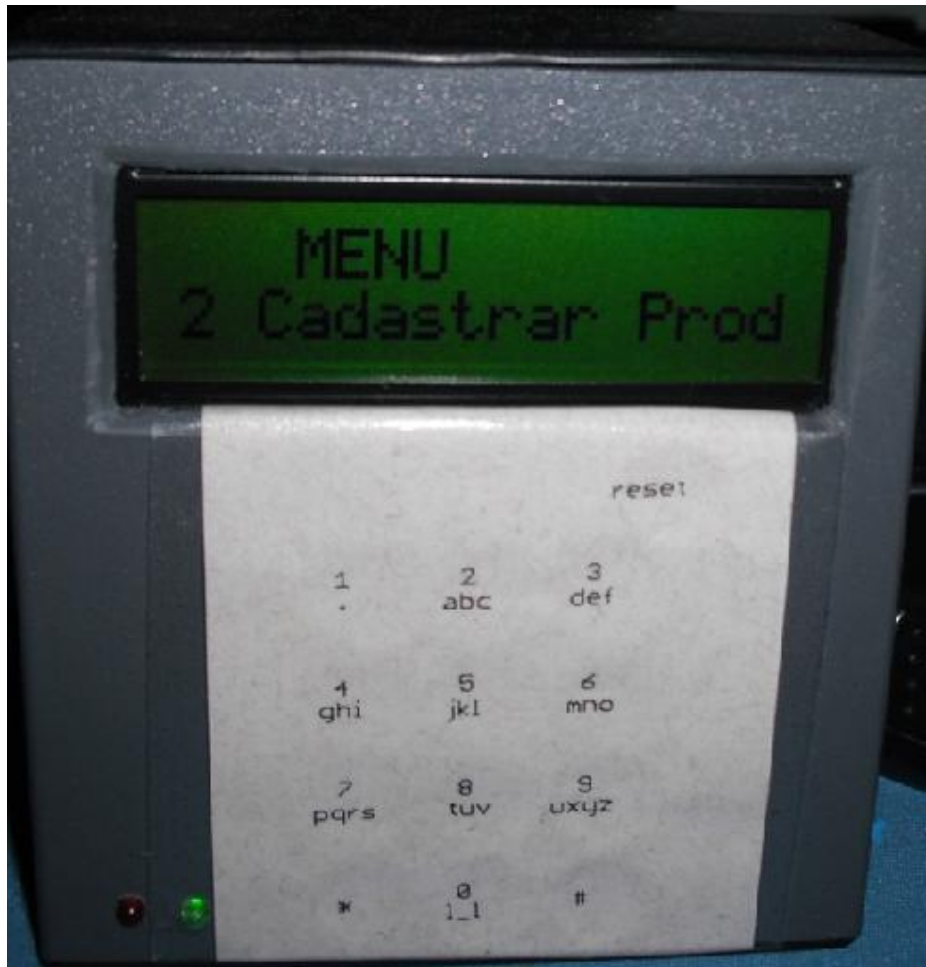


Figura 16 - Opção Cadastrar Produto
Fonte: Autoria própria.



Figura 17 - Operação de cadastro de item
Fonte: Autoria própria.

No modo: Ver produtos, quando pressionada a tecla “#” são exibidos os itens que estão cadastrados na memória e a posição que cada um ocupa, um de cada vez pressionando a tecla já citada.



Figura 18 - Opção Ver Produtos
Fonte: Autoria própria.

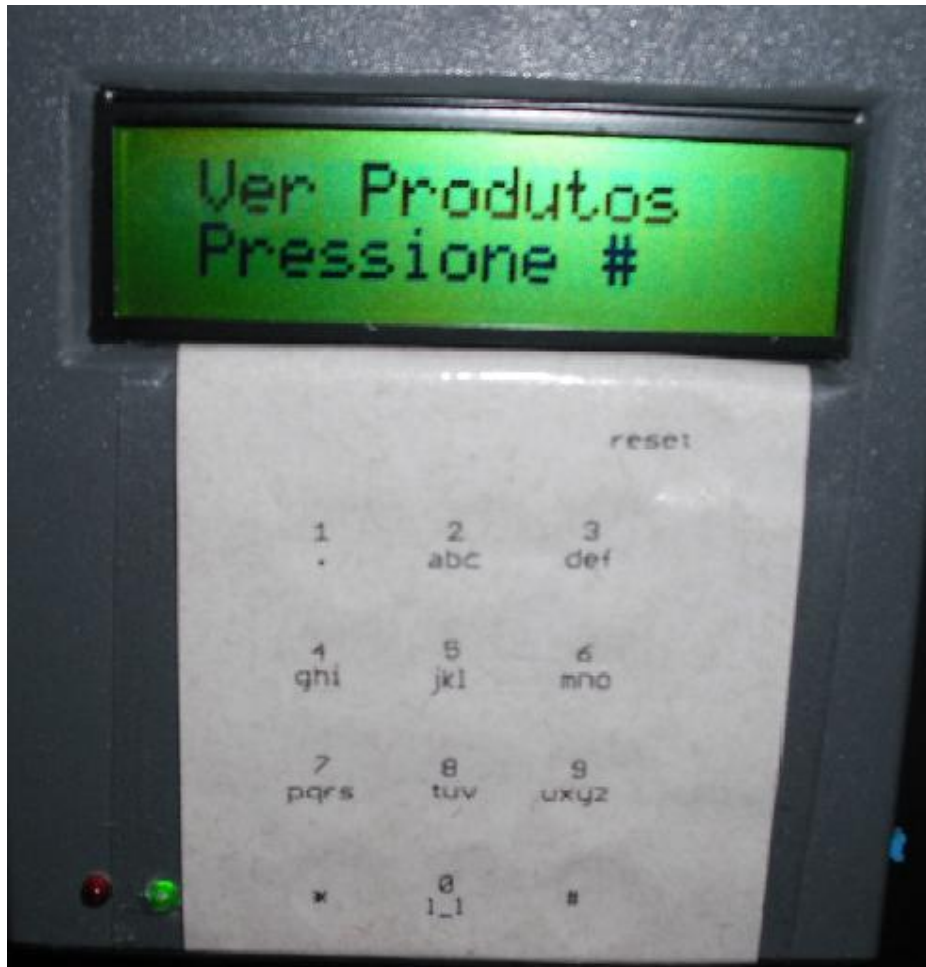


Figura 19 - Operação de consulta de itens
Fonte: Autoria própria.

Também é possível pressionar a tecla "*", para que o registro exibido seja apagado.



Figura 20 - Operação de apagar item
Fonte: Autoria própria.

Ao ser selecionada a opção: Formatar memória será solicitado uma confirmação. Caso a confirmação seja efetuada todos os registros da memória serão apagados, através da formatação da mesma.



Figura 21 - Opção Formatar Memória
Fonte: Autoria própria.

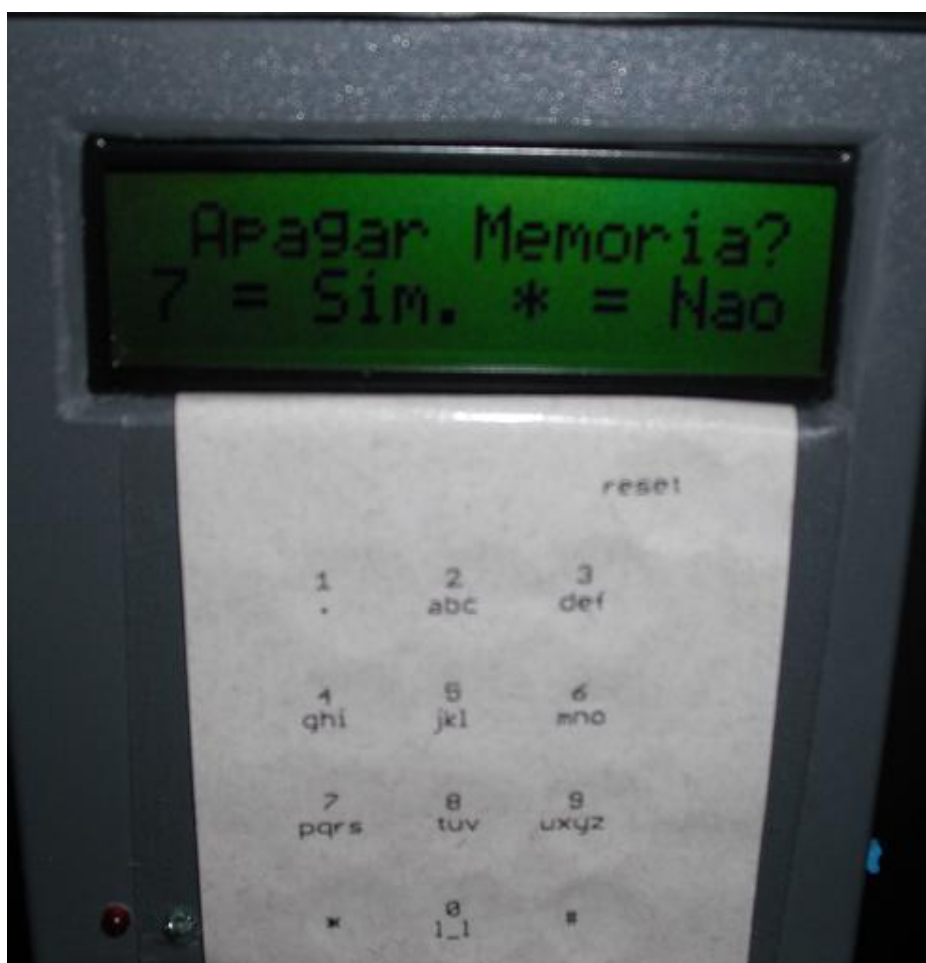


Figura 22 - Confirmação para formatação da memória
Fonte: Autoria própria.

A opção 5 permite verificar o status da memória, é possível ver a quantidade de tags cadastradas e o espaço disponível na memória. Para executar a operação deve se pressionar a tecla “#”.



Figura 23 - Opção status da memória
Fonte: Autoria própria.