



SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO AO MESTRADO EM TECNOLOGIA DA ENERGIA UTILIZANDO RFID

**Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia de Computação**

Rodrigo Moraes de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Marcilio André Félix Feitosa



**Universidade de Pernambuco
Escola Politécnica de Pernambuco
Graduação em Engenharia de Computação**

RODRIGO MORAIS DE OLIVEIRA

**SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO
AO MESTRADO EM TECNOLOGIA DA
ENERGIA UTILIZANDO RFID**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do diploma de
Bacharel em Engenharia de Computação pela Escola Politécnica de
Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

Recife, novembro de 2015.

De acordo

Recife

____/____/____

Marcilio André Félix Feitosa
Orientador da Monografia

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Avaliação Final (para o presidente da banca)*

No dia 16 de 12 de 2015, às 17:00 horas, reuniu-se para deliberar a defesa da monografia de conclusão de curso do discente RODRIGO MORAIS DE OLIVEIRA, orientado pelo professor Marcílio André Felix Feitosa, sob título Sistema de controle de acesso ao mestrado em tecnologia da energia utilizando RFID, a banca composta pelos professores:

Sérgio Campello Oliveira

Marcílio André Felix Feitosa

Após a apresentação da monografia e discussão entre os membros da Banca, a mesma foi considerada:

☒ Aprovada ☐ Aprovada com Restrições* ☐ Reprovada

e foi-lhe atribuída nota: 9,0 (nove)

*(Obrigatório o preenchimento do campo abaixo com comentários para o autor)

O discente terá 07 dias para entrega da versão final da monografia a contar da data deste documento.

SÉRGIO CAMPELLO OLIVEIRA

MARCÍLIO ANDRÉ FELIX FEITOSA

* Este documento deverá ser encadernado juntamente com a monografia em versão final.

*“Julgue seu sucesso pelas coisas que você
teve que renunciar para conseguir”*
Dalai Lama

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, por ter me dado os dons, e o discernimento necessário para usá-los da melhor forma, proporcionando-me chegar até aqui.

À minha mãe, Luzinete Morais de Oliveira, por todo apoio e dedicação quando mais precisei. Ao meu pai, Carlos Fernando de Oliveira, por sempre me aconselhar, motivar e fazer de tudo para me dar condições de estudar e seguir meus projetos de vida. Ao meu irmão, Fábio Morais de Oliveira, pelos momentos de diversão e pelas madrugadas assistindo filmes e jogando, que me ajudaram a aliviar o estresse e esquecer um pouco das responsabilidades.

À minha namorada, Camila Melo Gonçalves, pelo carinho, companheirismo e compreensão nos momentos difíceis, por sempre me auxiliar em minhas decisões e pelos momentos felizes proporcionados por ela, que sem dúvida foram muito importantes durante minha jornada na graduação.

Aos meus avós, tios e primos, pelas orações pedindo pelo meu sucesso, por terem acreditado em mim, pelos conselhos e pelos momentos de confraternização e alegria que me ajudaram muito a renovar os ânimos e seguir em frente.

Aos meus companheiros de sala, que se tornaram grandes amigos, pela cooperação nos estudos, e pelas viagens e momentos de lazer que tanto nos aproximaram, fazendo com que nos ajudássemos em nossos objetivos pessoais e profissionais.

Aos demais amigos, pela influência em minha formação ética e profissional, cada um em seu momento e à sua maneira.

Aos meus professores, pela solicitude e dedicação em formar profissionais éticos e competentes, em especial ao professor Sérgio Campello, por me orientar em minha iniciação científica e também por auxiliar-me em decisões importantes durante minha graduação. Ao professor Marcilio Feitosa, por ter me orientado tão bem neste trabalho de conclusão de curso.

Resumo

Este trabalho de conclusão de curso apresenta o desenvolvimento de um sistema de controle de acesso, utilizando a tecnologia de comunicação sem fio “RFID (Radio Frequency IDentification, em português Identificação por Radiofrequência)” e a placa de prototipagem eletrônica “Arduino”. O intuito do desenvolvimento de tal sistema é a implantação do mesmo no PPTE (Programa de Pós Graduação em Tecnologia da Energia), com o objetivo de impedir o acesso de pessoas não autorizadas e facilitar o acesso das pessoas que possuem autorização, uma vez que a tecnologia RFID não necessita de contato ou até mesmo visada direta (entre o dispositivo leitor e o identificador de cada usuário) para validar e liberar ou não o acesso dos usuários. Foi desenvolvido um protótipo, onde as conexões físicas foram realizadas com o auxílio de uma protoboard, e as simulações e os testes foram visualizados por meio do monitor serial da IDE do Arduino e também através de LEDs para representar a liberação ou não do acesso dos usuários. Com a realização dos testes foi possível comprovar a viabilidade da implantação do sistema, bem como sua facilidade de utilização.

Abstract

This monograph presents the development of an access control system, using wireless communication technology "RFID (Radio Frequency IDentification in Portuguese Identificação por Radiofrequência)" and the electronic prototyping board "Arduino". This project aims to deploy this system in the PPTE (Programa de Pós Graduação em Tecnologia da Energia, in English Postgraduate Program in Energy Technology), in order to prevent unauthorized access and to facilitate access for authorized people, since the RFID technology does not require contact or even direct target (between the reader device and the user identifier) to validate and release or not user access. A prototype was developed, where the physical connections were made aided by a protoboard, and simulations and tests were visualized through the serial monitor available in the "Arduino IDE" and also through LEDs to represent the release or not of the user access. These tests prove the viability to deploy of the system, as well as its usability.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Motivação e Caracterização do Problema	1
1.2	Hipóteses e Objetivos	2
1.3	Organização do Documento	3
2	Tecnologia RFID	4
2.1	Definição e Funcionamento	4
2.1.1	Componentes RFID.....	5
2.2	Características.....	8
2.2.1	Comparação com Outras Tecnologias de Identificação	8
3	Arduino.....	11
3.1	Definição e Características.....	11
3.1.1	<i>Hardware</i>	11
3.1.2	<i>Software</i>	12
3.2	Arduino UNO	14
4	Desenvolvimento do Sistema.....	16
4.1	Dispositivos Utilizados	16
4.1.1	Arduino UNO	16
4.1.2	Leitor RFID	17
4.1.3	<i>Tags</i> RFID	19
4.1.4	Módulo RTC	20
4.1.5	Módulo SD card.....	21
4.2	Configurações e Conexões	22
4.3	Modelagem do <i>Software</i>	25

5 Resultados e Discussão.....	28
5.1 Protótipo Desenvolvido.....	28
5.2 Dispositivos para implantação	30
6 Conclusão	33
6.1 Contribuições e Conclusões	33
6.2 Trabalhos Futuros.....	34
Bibliografia.....	36

Índice de Figuras

Figura 2.1 Estrutura típica de um <i>transponder</i> [4].	4
Figura 2.2 Diagrama de um sistema de RFID [2].	5
Figura 2.3 Princípio de funcionamento de uma antena em um sistema RFID passivo [2].	6
Figura 2.4 Exemplo de sistema utilizando dispositivo leitor [4].	6
Figura 2.5 Tipos de transponders [8].	7
Figura 2.6 Exemplos de utilização do RFID em algumas das áreas de aplicação das tecnologias de identificação [9].	9
Figura 2.7 Exemplos de tecnologias de identificação [3].	9
Figura 3.1 Modelos de placas Arduino [15].	12
Figura 3.2 Ambiente de desenvolvimento do Arduino [18].	13
Figura 3.3 Comandos da IDE do Arduino.	14
Figura 3.4 Arduino UNO [19].	14
Figura 4.1 Placa Arduino UNO.	16
Figura 4.2 Transceptor RFID (MF522-AN).	17
Figura 4.3 Interface de Comunicação.	18
Figura 4.4 <i>Tags</i> utilizadas no projeto.	19
Figura 4.5 Módulo RTC (DS1307).	20
Figura 4.6 Módulo SD card.	21
Figura 4.7 Esquemático de conexão do sistema.	23
Figura 4.8 Circuito divisor de tensão.	24
Figura 4.9 Fluxograma do sistema de controle de acesso.	26
Figura 5.1 Protótipo desenvolvido.	28

Figura 5.2 Respostas do sistema de controle de acesso.	29
Figura 5.3 Exemplos de fechaduras elétricas [39].....	30
Figura 5.4 Esquema de instalação da fechadura elétrica.....	31
Figura 5.5 Dispositivo de alimentação e recarga de baterias [36].	32

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 Esquema de ligação do Arduino UNO com o leitor RFID e os módulos RTC e SD.	22
--	----

Tabela de Símbolos e Siglas

EEPROM – Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory (Memória Só de Leitura Programável e Apagável Eletricamente)

FIFO – First In First Out (Primeiro a Entrar Primeiro a Sair)

ICSP – In Circuit Serial Programming (Programação Serial no Circuito)

IDE – Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

LED – Light-Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

MSB – Most Significant Bit (Bit Mais Significativo)

PPTE – Programa de Pós Graduação em Tecnologia da Energia

PWM – Pulse Width Modulation (Modulação por Largura de Pulso)

RFID – Radio Frequency IDentification (Identificação por Radiofrequência)

ROM – Read Only Memory (Memória Só de Leitura)

RTC – Real Time Clock (Relógio de Tempo Real)

SD card – Secure Digital Card (Cartão Digital Seguro)

SPI – Serial Peripheral Interface (Interface Periférica Serial)

SRAM – Static Random Access Memory (Memória Estática de Acesso Aleatório)

UHF – Ultra High Frequency (Frequência Ultraelevada)

USB – Universal Serial Bus (Barramento Serial Universal)

1 Introdução

“O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência.”

Henry Ford

Neste trabalho de conclusão de curso, foi desenvolvido um sistema de controle de acesso utilizando a tecnologia RFID (Radio Frequency IDentification, em português Identificação por Radiofrequência). Este sistema foi desenvolvido com o intuito de ser utilizado no PPTE (Programa de Pós Graduação em Tecnologia da Energia), para facilitar o acesso dos usuários e melhorar alguns aspectos em relação à segurança, como por exemplo: não permitir a entrada de pessoas não autorizadas ao departamento.

Este capítulo apresenta a introdução deste trabalho de conclusão de curso, e está organizado em três seções. Na Seção 1.1 é apresentada a motivação para o desenvolvimento do sistema de controle de acesso ao PPTE, bem como a caracterização do problema em questão. Na Seção 1.2 são apresentados os objetivos e a hipótese de desenvolvimento do sistema e na Seção 1.3 é descrita a estrutura do restante do trabalho.

1.1 Motivação e Caracterização do Problema

A preocupação com a segurança vem crescendo mundialmente, e os investimentos relacionados a ela aumentando consideravelmente, principalmente em empresas, estabelecimentos comerciais e condomínios residenciais. Isso se deve, em grande parte, ao crescimento também dos artifícios utilizados por meliantes para ter acesso a bens privados e/ou locais aos quais não possuem permissão para entrar [1].

Como forma de prover segurança, uma importante estratégia consiste no controle do acesso de pessoas a determinados locais, controle este que pode ser feito através de inúmeras tecnologias. Dentre as tecnologias utilizadas

estão cartões magnéticos, biometria, código de barras, alarmes de detecção, *softwares* de monitoramento, tecnologias de automação, entre outras [1].

Hoje o PPTE possui um sistema de controle de acesso por meio de senhas, através de um módulo de acesso com teclado. Porém, tal sistema possui algumas desvantagens, quando comparado ao RFID, como por exemplo a necessidade de contato com o módulo (o usuário precisa digitar a senha, que pode ser esquecida) para poder ter acesso ao departamento. Outra desvantagem é o tempo para acessar o departamento, que no atual sistema de controle de acesso do PPTE existe a necessidade de digitação da senha, já no RFID basta a aproximação do dispositivo de identificação de cada usuário, com o dispositivo de controle.

O projeto desenvolvido tem como principal motivação melhorar o controle de acesso ao PPTE, e para tal será utilizada a RFID, ou Identificação por Radiofrequência, que é uma tecnologia sem fio destinada a coleta de dados e que se assemelha ao código de barras, fazendo parte do grupo de tecnologias de Identificação e Captura de Dados Automáticos [2].

1.2 Hipóteses e Objetivos

O desenvolvimento de um projeto de controle de acesso possui várias etapas, dentre elas está a fase de análise das tecnologias existentes no mercado para encontrar a melhor solução, atendendo assim às necessidades, a condição financeira e a infraestrutura da instituição na qual será implantado o projeto. Outra etapa importante é a seleção dos mecanismos físicos necessários para, em conjunto com o sistema tecnológico, liberar ou não o acesso dos usuários. Tais mecanismos podem ser cancelas, catracas, portas, entre outros [1][3].

Geralmente o processo de automatização do controle de acesso de uma instituição ou de um determinado departamento, se inicia com a ocorrência de fatos que fogem do controle manual, como é o caso do acesso de visitantes a áreas restritas, ou também pela necessidade de controle do horário de entrada

e saída dos colaboradores da instituição, ou até mesmo pela necessidade de determinação dos dias e horas que um dado colaborador pode ter acesso à instituição ou a um departamento dela [3].

1.3 Organização do Documento

Este trabalho está organizado em 6 capítulos. No Capítulo 2 são abordados alguns conceitos importantes acerca da tecnologia RFID, como a definição e o funcionamento, que ajudam na compreensão do sistema desenvolvido. No Capítulo 3 são apresentados alguns conceitos e características referentes à plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. No Capítulo 4 é apresentado o desenvolvimento do sistema. No Capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos. E, por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões e os trabalhos futuros.

2 Tecnologia RFID

“Procure ser uma pessoa de valor, em vez
de procurar ser uma pessoa de sucesso.
O sucesso é consequência.”

Albert Einstein

Neste capítulo são apresentados conceitos referentes à tecnologia RFID necessários para um melhor entendimento do sistema desenvolvido. Na Seção 2.1 é apresentada a definição da tecnologia, bem como uma descrição de seu funcionamento. E na Seção 2.2 são citadas algumas das características mais importantes da tecnologia.

2.1 Definição e Funcionamento

A RFID é uma tecnologia de identificação automática sem fio, que utiliza a radiofrequência para capturar dados, através de dispositivos denominados etiquetas RFID [2][4].

Uma etiqueta RFID, ou *tag* RFID, é um *transponder* que contém chips de silício e antenas, como pode ser observado na Figura 2.1, os quais permitem-lhe responder aos sinais de rádio enviados por uma base transmissora, nos casos mais comuns (etiquetas passivas), pois também existem as etiquetas semipassivas e ativas que enviam seu próprio sinal [4][5].

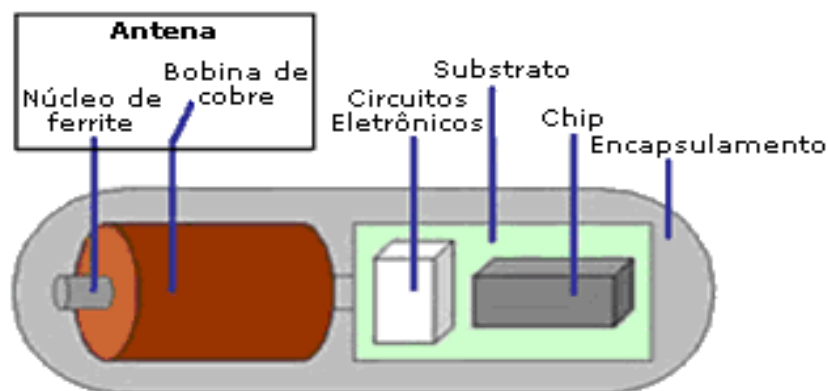


Figura 2.1 Estrutura típica de um *transponder* [4].

O princípio de funcionamento da tecnologia RFID, que está ilustrado na Figura 2.2, consiste de um transceptor que transmite uma onda de radiofrequência, através de uma antena, para um *transponder*, mais conhecido por *tag* (etiqueta). A *tag* absorve a onda de radiofrequência e responde com algum dado, que é gerenciado por um sistema computacional, sistema este que está conectado ao transceptor e tem a função de manipular os dados lidos e os transformar em informação [2][4][5].

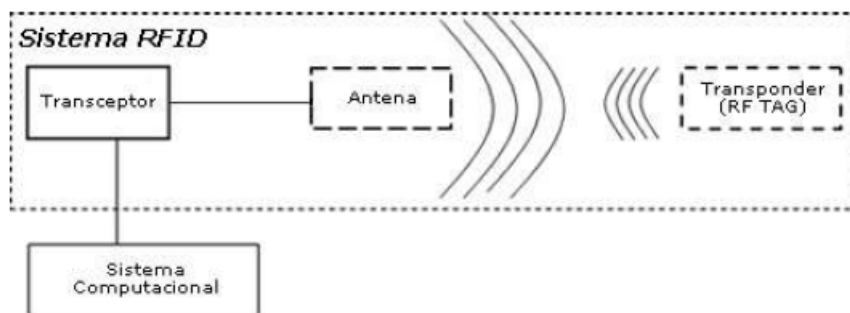


Figura 2.2 Diagrama de um sistema de RFID [2].

2.1.1 Componentes RFID

Para um melhor entendimento dos sistemas RFID é necessário compreender as funções de suas partes constituintes. Como citado anteriormente, os sistemas RFID são compostos basicamente por três elementos: uma antena, um transceptor ou leitor e um *transponder* ou *tag* (etiqueta).

Antena

A comunicação entre as *tags* e o transceptor é feita por uma comunicação sem fio. A antena emite um sinal para ativar a *tag* e lê ou escreve um dado na *tag*. O princípio de funcionamento consiste na transferência de energia por parte da antena, e posteriormente ocorre a troca de dados pelos dois elementos (antena e *tag*), como pode ser observado na Figura 2.3.

Essa transferência de energia ocorre quando uma *tag* entra na área de cobertura do transceptor, pois o campo magnético alternado gerado por ele causa a ressonância do circuito LC da *tag*, produzindo uma corrente induzida

que é potencializada pelo núcleo de ferrite presente na *tag* (Figura 2.1). Quando o circuito de controle da *tag* detecta que a tensão ultrapassou um determinado valor, os demais módulos dela entram em operação, decodificam o sinal proveniente do transceptor e enviam um sinal de resposta codificado. Nessa transmissão (da *tag* ao transceptor) ocorre uma pequena variação no campo eletromagnético, que ao ser detectada, informa a presença da *tag* [6][7].

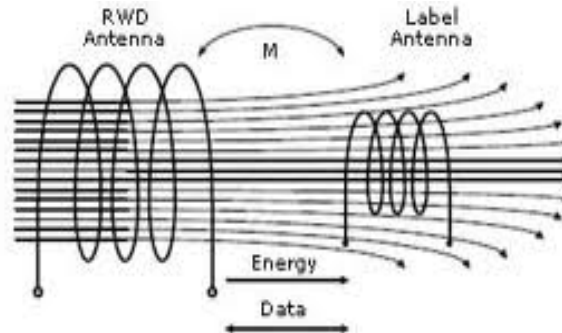


Figura 2.3 Princípio de funcionamento de uma antena em um sistema RFID passivo [2].

As antenas são fabricadas em diversos formatos e tamanhos com configurações e características distintas, cada uma para um tipo de aplicação. Existem soluções onde a antena, o transceptor e o decodificador estão no mesmo invólucro, recebendo o nome de “leitor” (Figura 2.4).

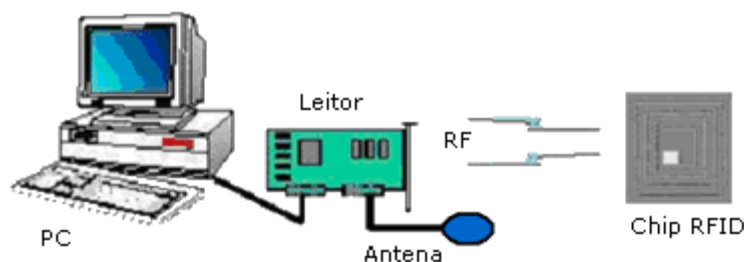


Figura 2.4 Exemplo de sistema utilizando dispositivo leitor [4].

Transponder ou Tag

O termo *transponder* deriva da expressão *TRANSMitter/resPONDER*, que revela a função do componente, que é de responder para o transmissor com um dado ou informação que a *tag* carrega. Os *transponders* estão disponíveis em vários formatos (pastilhas, argolas, cartões, entre outros),

tamanhos e materiais utilizados para seu encapsulamento (plástico, vidro, epóxi, pvc, resina, entre outros), como pode ser visto na Figura 2.5. Essas características são definidas de acordo com o ambiente de uso e a aplicação, que vai desde a identificação de animais até o controle de acesso de usuários [2][5].



Figura 2.5 Tipos de transponders [8].

As *tags* podem ser classificadas em ativas ou passivas. As ativas são alimentadas por uma bateria interna e geralmente permitem processos de leitura e escrita na memória. O tamanho de uma memória de uma *tag* ativa pode variar com o tipo de aplicação, onde em alguns casos podem operar com até 1 MB de memória. Já as *tags* passivas operam sem bateria, pois sua alimentação é fornecida indutivamente pelo transceptor (ou leitor) através de ondas eletromagnéticas (radiofrequência), que são emitidas pelo leitor RFID. Normalmente as *tags* passivas possuem memórias do tipo ROM (Read Only Memory, em português Memória Só de Leitura), que possuem um código pré-gravado de fábrica e não podem ser modificadas. O custo dos modelos passivos é bem inferior, e tem uma vida útil bem mais elevada, quando comparados aos modelos ativos.

Transceptor ou Leitor

O transceptor é o componente que realiza a comunicação entre o sistema RFID e o sistema computacional de processamento de informações,

como pode ser visto na Figura 2.4. Os transceptores variam muito na sua complexidade, dependendo do tipo de *tag* e das funções a serem aplicadas.

O leitor emite frequências de rádio em diversos sentidos no espaço, desde alguns centímetros até alguns metros. Essa distância depende de diversos fatores, tais como tipo do *transponder* (ativo ou passivo), tamanho da antena, potência do leitor, frequência de rádio utilizada, entre outros. Ele opera pela emissão de um sinal de radiofrequência, que é a fonte de energia que alimenta o chip do *transponder*, que por sua vez responde ao leitor com o conteúdo de sua memória [2][4][5].

O leitor não necessita de contato visual com a *tag* para realizar a leitura dos dados, e tal leitura pode ser realizada através de vários materiais como madeira, plástico, papel, tecido, entre outros. Quando a *tag* passa pela área de cobertura da antena, o campo magnético é detectado pelo leitor. O leitor então recebe e decodifica os dados que estão codificados na *tag*, e em seguida encaminha-os para um sistema computacional realizar o processamento.

2.2 Características

Dentre as características da tecnologia RFID, as principais são: alta confiabilidade, segurança em operações repetitivas, baixo custo operacional e velocidade dos processos devido à automação dos mesmos.

2.2.1 Comparação com Outras Tecnologias de Identificação

Atualmente no mercado existem diversas soluções para as mais variadas áreas de aplicação (identificação de pessoas, veículos, produtos, documentos, entre outros) das tecnologias de identificação (Figura 2.6). Porém, para este trabalho só é relevante comparar a tecnologia RFID com as principais tecnologias de identificação e controle de acesso de pessoas.

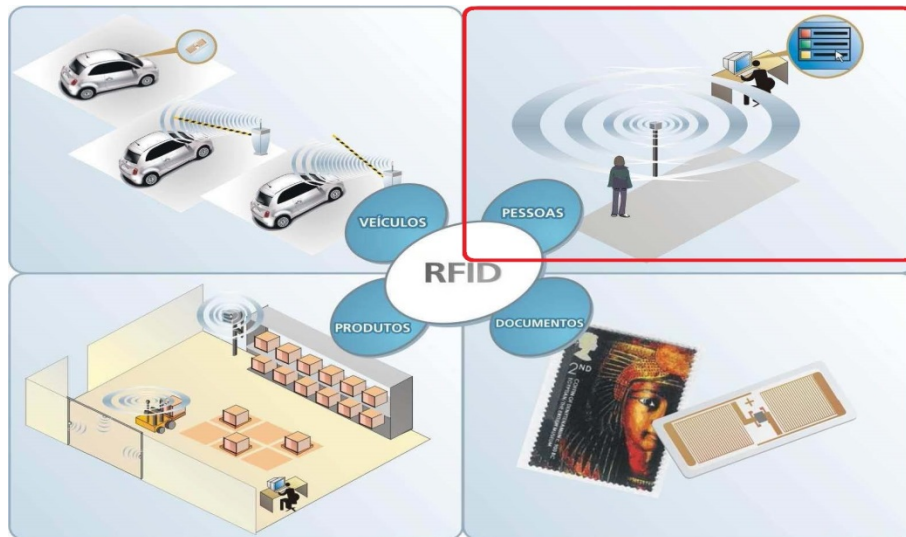


Figura 2.6 Exemplos de utilização do RFID em algumas das áreas de aplicação das tecnologias de identificação [9].

Uma das primeiras tecnologias desenvolvidas com o objetivo de solucionar problemas de rastreamento e identificação foi o código de barras [3]. Também foram criadas outras soluções para tais problemas, como é o caso da tecnologia biométrica, RFID, módulos de acesso com teclado, entre outras (Figura 2.7).



Figura 2.7 Exemplos de tecnologias de identificação [3].

Dentre as vantagens do RFID, quando comparado às soluções citadas anteriormente, pode-se destacar: a maior capacidade de armazenamento e leitura dos dados em relação ao leitor de código de barras; e a detecção, sem necessidade de contato ou visada direta para a leitura dos dados, quando comparado às outras três soluções (leitor de código de barras, leitor biométrico e módulo de acesso com teclado).

Como desvantagem, o custo elevado da tecnologia RFID é um dos principais obstáculos para o aumento de sua aplicação comercial. Tal desvantagem só se aplica em relação aos sistemas de código de barras, pois quando comparada aos outros sistemas citados, seu custo é semelhante ou até mesmo inferior [10][11].

3 Arduino

“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem
foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

Este capítulo apresenta alguns conceitos acerca da plataforma Arduino. Na Seção 3.1 são apresentadas algumas características gerais do Arduino, bem como sua definição. E, na Seção 3.2, são elencadas algumas das características e funcionalidades específicas da placa escolhida para o desenvolvimento deste trabalho.

3.1 Definição e Características

Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, que consiste em *hardware* e *software* de fácil utilização. Tem por objetivo permitir o desenvolvimento e controle de sistemas interativos, como também, estabelecer conexões (enviar e receber informações) com praticamente qualquer outro sistema eletrônico [12][13].

A plataforma Arduino é baseada em uma outra plataforma de prototipagem eletrônica chamada Wiring [14].

3.1.1 *Hardware*

Existem diversos modelos de placas Arduino, que foram projetadas com o intuito de atender às mais variadas necessidades e tipos de projetos eletrônicos. Alguns desses modelos podem ser vistos na Figura 3.1.

Algumas das principais características das placas Arduino são: possuir uma eletrônica baseada em componentes de fácil obtenção e que permite a utilização da mesma com diversas fontes de energia; permitir o acoplamento de circuitos externos através de pinos de conexão; o esquema da placa ser livre, permitindo assim a modificação ou adaptação da mesma ao projeto a ser

desenvolvido; E possuir um módulo controlador (*firmware*), que é onde fica embutido o software desenvolvido.

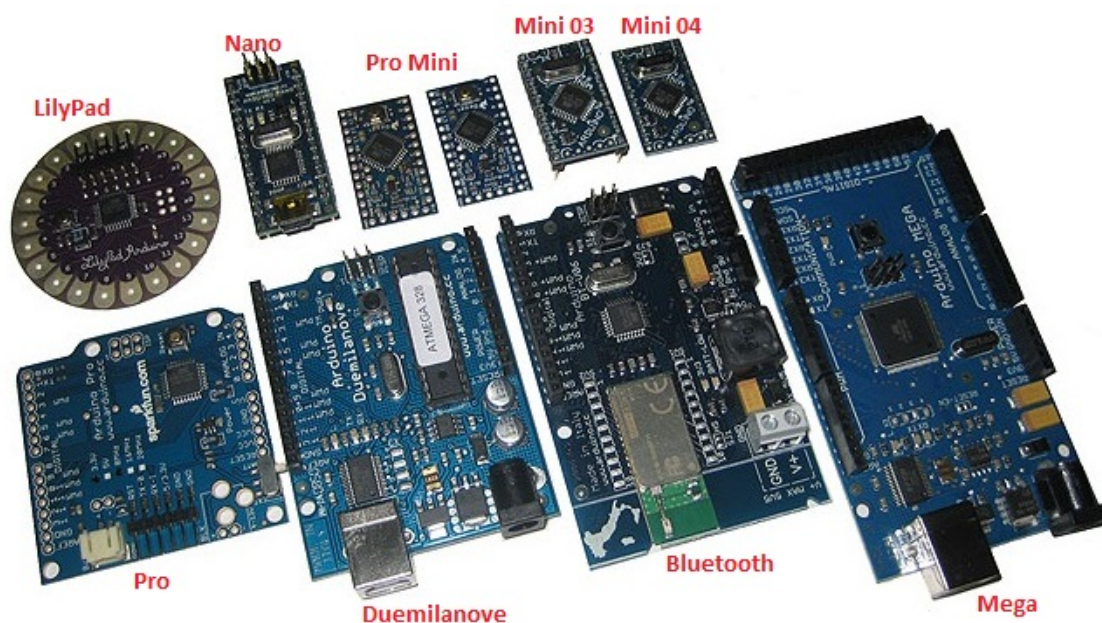


Figura 3.1 Modelos de placas Arduino [15].

As placas Arduino possuem alguns componentes eletrônicos em praticamente todos os seus modelos, que são: um microcontrolador, um cristal oscilador de 8MHz ou 16 MHz, um regulador de tensão de 5V, um botão de *reset*, um plugue de alimentação, uma porta USB (Universal Serial Bus, em português Barramento Serial Universal), alguns pinos conectores e alguns LEDs (Light-Emitting Diode, em português Diodo Emissor de Luz) para auxiliar a verificação do funcionamento [16][17].

3.1.2 Software

A IDE (Integrated Development Environment, em português Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino, que pode ser observada na Figura 3.2, é um compilador gcc (ou seja, compilador para as linguagens C e C++) que utiliza uma interface gráfica construída em Java, e tem como funções permitir o desenvolvimento de um *software* e gravá-lo na placa para que possa ser executado [16][17].

Para a criação de um programa simples, o usuário só precisa configurar (escrever o código) as funções `setup()`, que é usada para inicializar as configurações, e `loop()`, que é usada para repetir um bloco de comandos. Pois, a IDE é quem fica responsável pelas demais configurações necessárias para o programa executar, como por exemplo: alguns *includes* e a função `main()`. Esses programas escritos na IDE do Arduino são denominados *sketches*, e são salvos com a extensão “nomeDoArquivo.ino”.

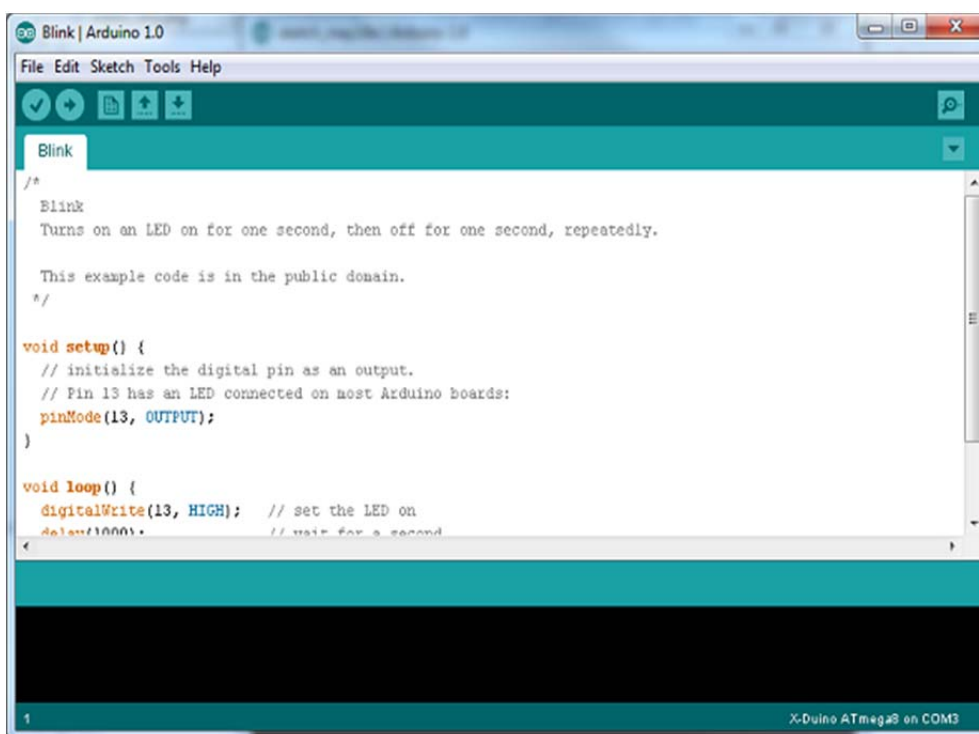


Figura 3.2 Ambiente de desenvolvimento do Arduino [18].

Os principais comandos estão disponíveis através dos botões da barra de ferramentas da IDE (Figura 3.3), e são eles: **verify**, que verifica se o código contém erros; **upload**, que compila o código e carrega o mesmo na placa Arduino; **new**, que cria um novo *sketch*; **open**, que exibe uma janela com todos os *sketchs* salvos na área de trabalho, e ao clicar em algum deles, o mesmo será aberto; **save**, que salva o *sketch* que está sendo criado ou editado; e **serial monitor**, que abre o monitor serial, onde pode ser acompanhada a execução do programa. Alguns outros comandos podem ser encontrados através dos menus, no canto superior esquerdo da IDE (Figura 3.3).

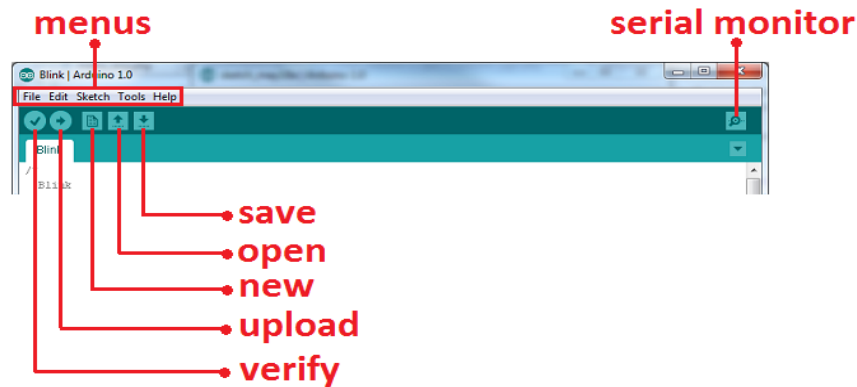


Figura 3.3 Comandos da IDE do Arduino.

3.2 Arduino UNO

O Arduino UNO é um dos modelos de placas Arduino, e foi o escolhido para o projeto em questão. Este modelo possui um microcontrolador Atmega328, 14 pinos digitais configuráveis como entrada ou saída, onde 6 desses pinos podem ser utilizados como saídas PWM (Pulse Width Modulation, em português Modulação por Largura de Pulso), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16 MHz, uma porta USB, um conector de alimentação, um conector ICSP (In Circuit Serial Programming, em português Programação Serial no Circuito), um LED configurável e um botão de *reset*, como pode ser visto na Figura 3.4 [12][17][19][20].

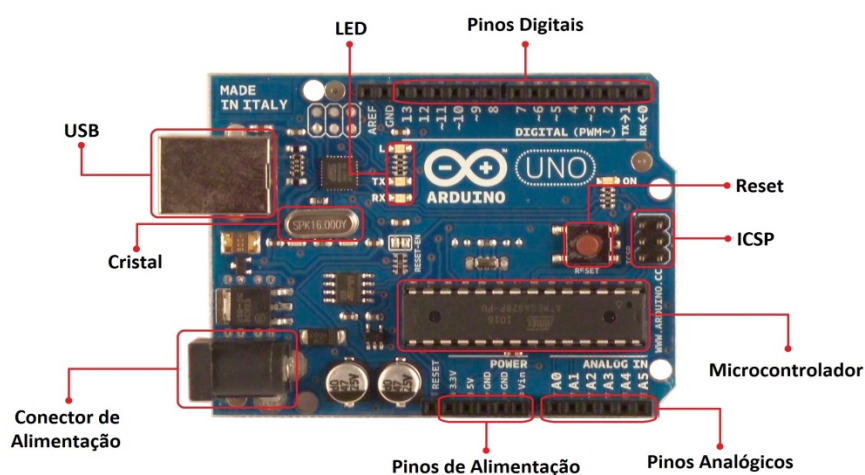


Figura 3.4 Arduino UNO [19].

A tensão de operação da placa é de 5V, que podem ser fornecidos pela porta USB, que por sua vez é responsável pela comunicação do computador com o módulo Arduino. Porém, dependendo da aplicação a ser desenvolvida, a alimentação proveniente do cabo USB pode ser insuficiente, neste caso a alimentação da placa pode ser provida tanto através do conector de alimentação quanto através dos pinos de alimentação, com o limite de tensão de entrada sendo de 6V até 20V, e o limite recomendado para evitar superaquecimento sendo de 7V até 12V [20].

O microcontrolador ATmega328, presente no Arduino UNO, possui três tipos de memória: 2 KB de memória SRAM (Static Random Access Memory, em português Memória Estática de Acesso Aleatório); 1 KB de memória EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory, em português memória só de leitura programável e apagável eletricamente), que pode ser lida e escrita através da biblioteca EEPROM; e 32 KB de memória Flash, com 0,5 KB reservados para o módulo controlador do chip [12][20].

O botão *reset* é utilizado para reiniciar o microcontrolador, sendo tal ação também realizada através do pino *reset*, que possui a mesma função do botão e basta ser forçado ao nível do terra. Outras características e funções mais específicas podem ser encontradas facilmente no site do Arduino [12][20].

4 Desenvolvimento do Sistema

“A tragédia da vida é que nos tornamos velhos
cedo demais e sábios tarde demais.”

Benjamin Franklin

Neste capítulo é apresentado um detalhamento do desenvolvimento do sistema, bem como os dispositivos utilizados no mesmo e suas respectivas características.

4.1 Dispositivos Utilizados

4.1.1 Arduino UNO

Um dos dispositivos utilizados no desenvolvimento deste projeto foi a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, mais especificamente a placa Arduino UNO de modelo R3, como pode ser observado na Figura 4.1. Tal placa possui como principal componente um microcontrolador Atmega328P-PU, cujas características foram elencadas na Seção 3.2.



Figura 4.1 Placa Arduino UNO.

4.1.2 Leitor RFID

Outro dispositivo utilizado neste projeto foi o transceptor RFID de modelo MF522-AN, que pode ser visto na Figura 4.2. O dispositivo em questão é um leitor/escritor utilizado para comunicação sem contato à uma frequência de 13,56 MHz. Tem como condições operacionais recomendadas (pelo fabricante) sua tensão de entrada que deve obedecer ao intervalo de 2,5V até 3,6V, sendo o ideal 3,3V (que são providos, nesse projeto, pelo pino de alimentação 3.3V do Arduino), e suporta uma temperatura ambiente dentro do intervalo de -25 °C até 85 °C.



Figura 4.2 Transceptor RFID (MF522-AN).

O transmissor interno do MF522-AN [21] possui uma antena, com alcance de 5cm, de leitura e escrita, projetada para suportar o padrão de comunicação ISO/IEC 14443 A [22], bem como para se comunicar com *tags* do tipo MIFARE e alguns outros *transponders*, sem a necessidade de circuitos adicionais. Além desse módulo de comunicação, este dispositivo também possui um módulo receptor que é responsável por decodificar os sinais obtidos na comunicação, e um módulo para realizar a detecção de erros, que é denominado módulo digital [21].

Interface de Comunicação

A comunicação com outros dispositivos pode ser realizada através de uma interface (Figura 4.3) compatível com o padrão SPI (Serial Peripheral Interface, em português Interface Periférica Serial) [23], que permite a comunicação serial de alta velocidade entre o leitor RFID (MF522-AN) e um

microcontrolador. Nessa comunicação o leitor RFID funciona como um escravo em relação ao microcontrolador, que por sua vez é quem fica responsável pela definição de registros, e pelo envio e recebimento dos dados através da interface.

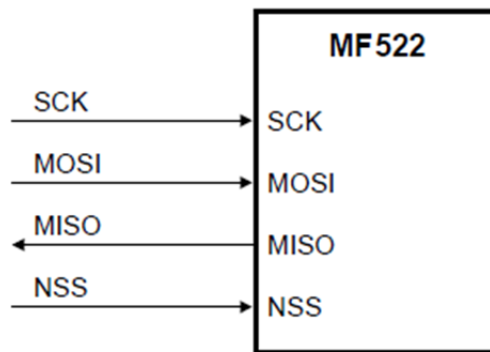


Figura 4.3 Interface de Comunicação.

O pino “SCK” é um pino de entrada para o sinal de relógio, que deve ser gerado pelo dispositivo mestre (microcontrolador). A transferência de dados ocorre através dos pinos “MOSI” e “MISO”, onde os dados trafegam do dispositivo mestre ao escravo, e do escravo ao mestre respectivamente. Tal transferência é sensível à borda de descida, e estável na borda de subida.

Na operação de leitura o microcontrolador deve enviar o endereço da posição de memória que deseja obter os dados, através do pino “MOSI”, e esses dados serão retornados através do pino “MISO”. Já na operação de escrita, o primeiro byte que o microcontrolador deve enviar é um endereço de memória e em seguida os dados que serão gravados a partir daquele endereço, todos através do pino “MOSI”.

A definição de qual operação será realizada é passada através do byte de endereço, pelo MSB (Most Significant Bit, em português Bit Mais Significativo), onde o valor “0” representa uma operação de escrita e o valor “1” uma operação de leitura, e os demais bits representam o endereço de memória.

Buffer

O MF522-AN possui um *buffer* (ou memória intermediária) interno de 512 bits que é utilizado para armazenar os dados de entrada e de saída que serão transmitidos entre os dispositivos mestre e escravo. Desta forma é possível ter um fluxo de dados de até 64 bytes sem a necessidade de restrições de tempo. Seu barramento é do tipo FIFO (First In First Out, em português Primeiro a Entrar Primeiro a Sair).

4.1.3 Tags RFID

As *tags* utilizadas (Figura 4.4) são passivas e do tipo MIFARE, com uma memória do tipo EEPROM de 1 KB. Esse tipo de tag (MIFARE) implementa uma tecnologia sem contato, composta por um chip de baixa capacidade de memória e uma antena interna que detecta a aproximação do leitor RFID através do campo magnético identificado pela frequência de operação, que neste caso é de 13,56 MHz.



Figura 4.4 Tags utilizadas no projeto.

Essa tecnologia obedece ao padrão ISO 14443 – tipo A, existindo algumas variações de acordo com suas características. Uma dessas características é o alcance de detecção que pode variar de 2,5 a 10 cm. Outra característica é a capacidade de memória que varia de 1 KB a 4 KB.

Dentre os principais benefícios dessa tecnologia estão: a não necessidade de contato da tag com o dispositivo leitor, evitando assim o desgaste do material; e a segurança dos dados armazenados, uma vez que a

transmissão desses dados é criptografada e os mesmos podem ser protegidos por senha [24][25][26].

4.1.4 Módulo RTC

O módulo RTC (Real Time Clock, em português Relógio de Tempo Real) é basicamente um relógio, e é geralmente utilizado em projetos que precisam manter as informações de data e hora armazenadas, mesmo que a fonte de alimentação do circuito seja desconectada [27].

O módulo RTC utilizado no projeto é o DS1307 (Figura 4.5), de dimensões 27 x 28 x 8,4mm. Esse módulo possui calendário completo, sendo capaz de fornecer informações como segundos, minutos, horas, dia, data, mês e ano, nos formatos de 12 ou 24 horas, a partir do ano de 2000 até 2099. Ajustes de meses com menos de 31 dias e anos bissextos são realizados automaticamente. Também está presente um circuito de detecção de falhas de energia, que aciona automaticamente a bateria de lítio (presente no módulo) caso a alimentação externa seja cortada, preservando assim os dados [28].

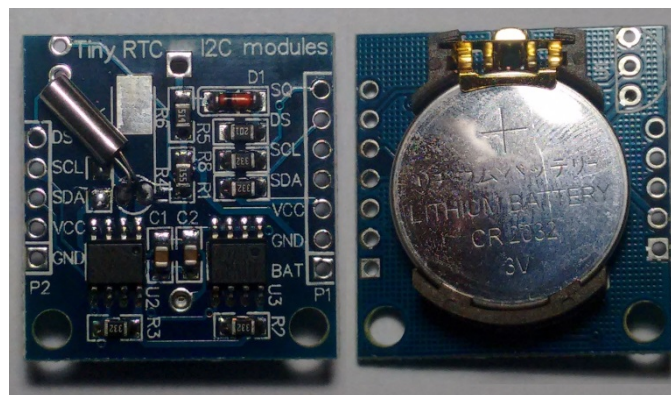


Figura 4.5 Módulo RTC (DS1307).

As informações são transmitidas ao microcontrolador via barramento I2C, que é composto de dois fios (SDA e SCL) e a alimentação (3.3V ou 5V), onde basicamente o fio SCL é responsável pelo controle do barramento e o fio SDA pela transmissão dos dados [29]. A faixa de temperatura de funcionamento estabelecida pelo fabricante varia de -40°C a +85°C. Possui 56 bytes de SRAM (Static Random Access Memory, em português Memória

Estática de Acesso Aleatório) que podem ser usados como memória estendida do microcontrolador.

Outra característica desse módulo é a possibilidade de utilização de um sensor de temperatura compatível (DS18B20 - não incluso), onde as informações do sensor podem ser lidas através do pino DS desse módulo [30].

4.1.5 Módulo SD card

O módulo SD card (Secure Digital Card, em português Cartão Digital Seguro) é utilizado para ler e escrever dados em cartões SD, e para tal deve ser utilizado em conjunto com um Arduino ou outro periférico.

O módulo SD card (Figura 4.6) utilizado no projeto é o da empresa LC Studio [31], de dimensões 51 x 30 x 11mm. Pode ser alimentado por uma fonte de 3.3V ou 5V, é compatível com cartões SD e Micro SD, nas formatações FAT16 ou FAT32.

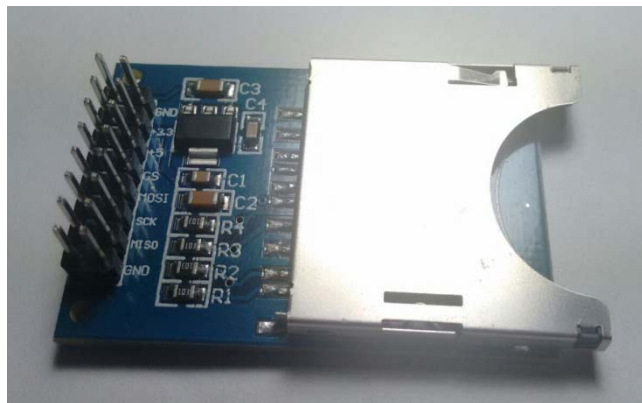


Figura 4.6 Módulo SD card.

A leitura e escrita dos dados no cartão pode ser feita utilizando a biblioteca SD library, e a interface utilizada para comunicação é a SPI (Serial Peripheral Interface, em português Interface Periférica Serial), através dos pinos CS, MOSI, SCK e MISO [32]. Uma particularidade deste módulo é que os pinos CS, MOSI e SCK trabalham com nível de sinal de 3.3V.

4.2 Configurações e Conexões

As configurações e as conexões necessárias para o acoplamento dos dispositivos foram realizadas com base nas bibliotecas “rfid-master (MFRC522)” [33], “RTCLib (DS1307)” [34] e “SD”. Tais configurações, tanto de software quanto de hardware, abrangem desde o esquema de ligação dos pinos entre os dispositivos, que pode ser visualizado na Tabela 4.1, até a inicialização do sistema, que por sua vez engloba as definições das variáveis de controle bem como das funções dos registradores do microcontrolador.

Esquema de Conexão do Módulo MFRC522:		
Sinal	Pinos do Arduino Uno	Pinos da placa MFRC522
Reset	9	RST
SPI SS	10	SS
SPI MOSI	11	MOSI
SPI MISO	12	MISO
SPI SCK	13	SCK
VCC	3.3V (POWER)	3.3V
GND	GND (POWER)	GND
Esquema de Conexão do Módulo RTC:		
Sinal	Pinos do Arduino Uno	Pinos do módulo RTC
Serial Clock	A5	SCL
Serial Data	A4	SDA
VCC	5V (POWER)	VCC
GND	GND (POWER)	GND
Esquema de Conexão do Módulo SD:		
Sinal	Pinos do Arduino Uno	Pinos do módulo SD
Chip Select	4	CS
SPI MOSI	11	MOSI
SPI MISO	12	MISO
SPI SCK	13	SCK
VCC	5V (POWER)	+5
GND	GND (POWER)	GND

Tabela 4.1 Esquema de ligação do Arduino UNO com o leitor RFID e os módulos RTC e SD.

Ademais dos dispositivos principais (placa Arduino UNO, Leitor RFID MF522-AN e módulos “SD” e “RTC DS1307”), no esquemático de conexão

(Figura 4.7) também podem ser visualizados mais alguns componentes (LEDs e resistores) que foram adicionados para facilitar os testes do sistema.

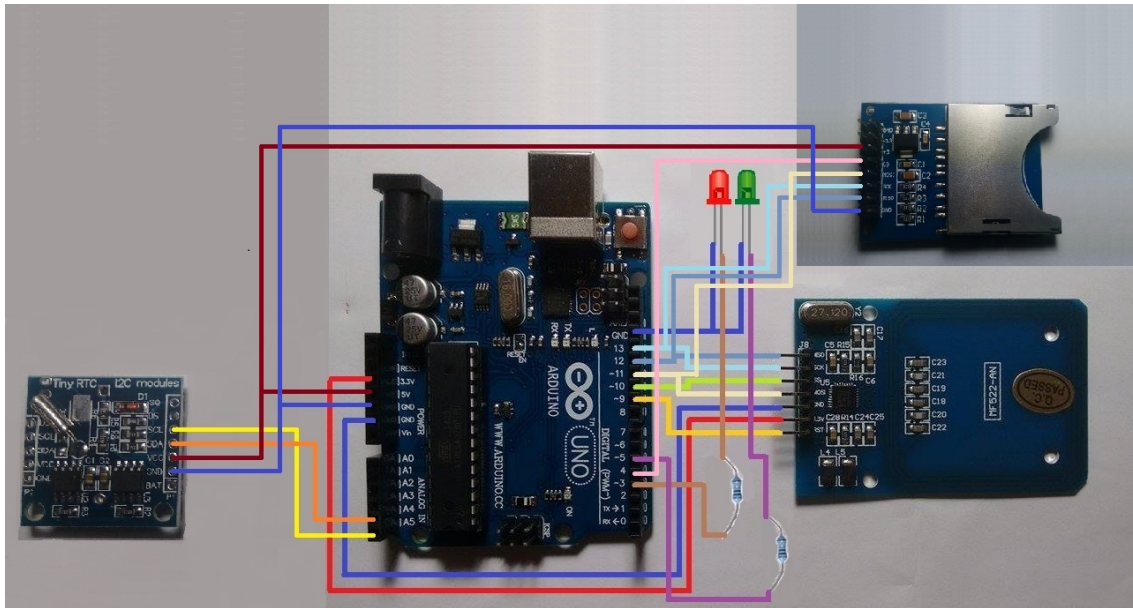


Figura 4.7 Esquemático de conexão do sistema.

A alimentação do sistema pode ser realizada através da entrada USB da placa Arduino, conectando-a a um computador, onde tal conexão servirá tanto para transferência de dados quanto para alimentação do sistema. Outra maneira de alimentar o sistema, e neste caso torná-lo autônomo, é através da entrada P4 da placa Arduino, conectando uma fonte de alimentação de 12V (conector P4 da fonte deve possuir centro positivo). E para garantir o funcionamento do sistema em eventuais faltas de energia, uma bateria de 9V deve ser conectada à entrada USB da placa Arduino [35].

Devido aos pinos CS, MOSI e SCK, do módulo SD card, trabalharem com nível de sinal de 3.3V, deve ser adicionado um conversor de nível lógico (5V - 3.3V) entre os pinos 4, 11 e 13 do Arduino e os respectivos pinos CS, MOSI e SCK do módulo SD card, ou um divisor de tensão com resistores, que foi a opção utilizada no projeto em questão. Tal divisor de tensão pode ser calculado baseado na fórmula $V_{out} = \frac{V_{in} \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}$ e no esquema de conexão da Figura 4.8. Os valores dos resistores utilizados foram $R_1 = 330$ ohms e $R_2 = 680$ ohms. Sabendo que a tensão de saída dos pinos do Arduino são de

5V (V_{in} da fórmula), e aplicando esses valores na fórmula, temos $V_{out} \cong 3.36V$ [36][37].

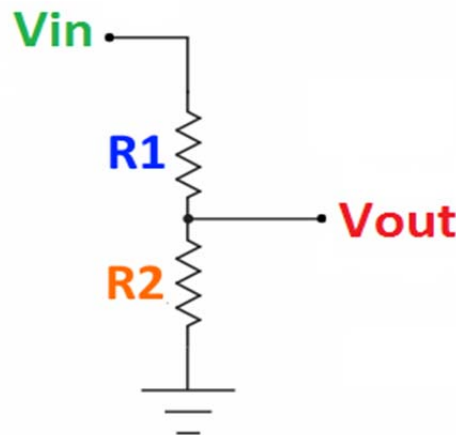


Figura 4.8 Circuito divisor de tensão.

Além das conexões físicas entre os dispositivos, que podem ser visualizadas na Figura 4.7, também é necessário a realização de algumas configurações por *software* para que o leitor RFID possa se comunicar com a placa Arduino. Essas configurações contemplam a definição dos pinos que serão utilizados na comunicação, a definição dos registradores do microcontrolador presente na placa Arduino que serão utilizados, o *reset* do leitor RFID e a ativação da antena presente nele.

Tais configurações podem ser realizadas simplesmente por meio da chamada à função “PCD_Init()” da biblioteca utilizada, onde a estrutura desta função pode ser vista no arquivo “MFRC522.cpp” da biblioteca em questão. Não apenas essa configuração como também as demais configurações do sistema de controle de acesso, são realizadas dentro da função “setup()”. Essas outras configurações, para o projeto em questão, entende-se pela definição dos pinos utilizados como sendo de entrada ou saída, pelas inicializações dos módulos RTC e SD, e da comunicação serial com o computador, para o envio e posterior visualização das mensagens de teste do sistema.

4.3 Modelagem do Software

A primeira etapa da modelagem do *software* foi a definição da estrutura geral do sistema, para viabilizar a posterior elaboração do fluxograma dele, que pode ser visualizado na Figura 4.9.

Esse fluxograma pode ser dividido em três grandes etapas que contemplam as demais, são elas: a inicialização, que é a fase onde são realizadas as configurações necessárias para o sistema funcionar; a validação, que é a etapa responsável por detectar a presença das *tags* RFID, obter o número de identificação delas e verificar se esse número está cadastrado no sistema; e a liberação, que é a fase responsável por efetuar a liberação ou não liberação do acesso dos usuários ao PPTE (Programa de Pós Graduação em Tecnologia da Energia), armazenar no SD card (para os casos de acesso liberado) as informações de identificação do usuário, e mostrar a respectiva mensagem ao mesmo.

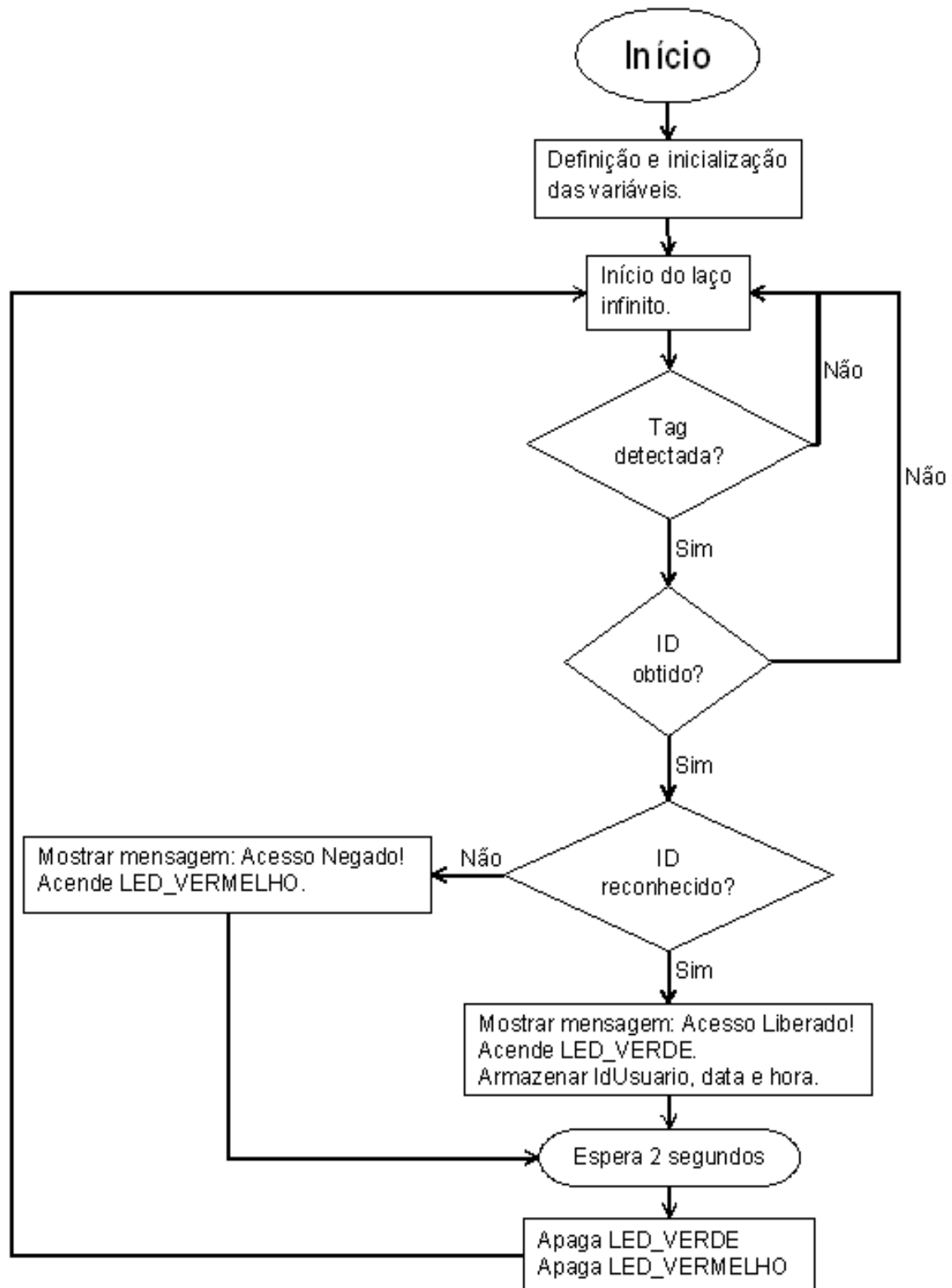


Figura 4.9 Fluxograma do sistema de controle de acesso.

Após a elaboração deste fluxograma, foi realizado o desenvolvimento do *software* baseado nele. *Software* esse, que foi escrito na linguagem de programação suportada pela IDE do Arduino (Subseção 3.1.2).

A parte do fluxograma responsável pelo controle de acesso propriamente dito (etapas de validação e liberação) foi implementada dentro da função “loop()” (função já existente na IDE), que é utilizada para repetir um determinado bloco de comandos. No fluxograma (Figura 4.9) a função “loop()” é representada pela etapa “Início do laço infinito.” e o bloco de comandos a ser repetido por ela são as etapas seguintes.

5 Resultados e Discussão

“Seja a mudança que você quer ver no mundo.”

Dalai Lama

Este capítulo apresenta o sistema desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso, tanto a parte de *hardware*, como também uma breve discussão sobre o *software* criado e sobre alguns dispositivos que podem ser utilizados na implantação deste sistema.

5.1 Protótipo Desenvolvido

Como principais resultados desta pesquisa foram obtidos os modelos iniciais do *hardware* e do *software* de controle de acesso a serem implantados no PPTE (Programa de Pós Graduação em Tecnologia da Energia), em que as conexões físicas entre os dispositivos foram realizadas com o auxílio de uma protoboard e podem ser visualizadas na Figura 5.1.

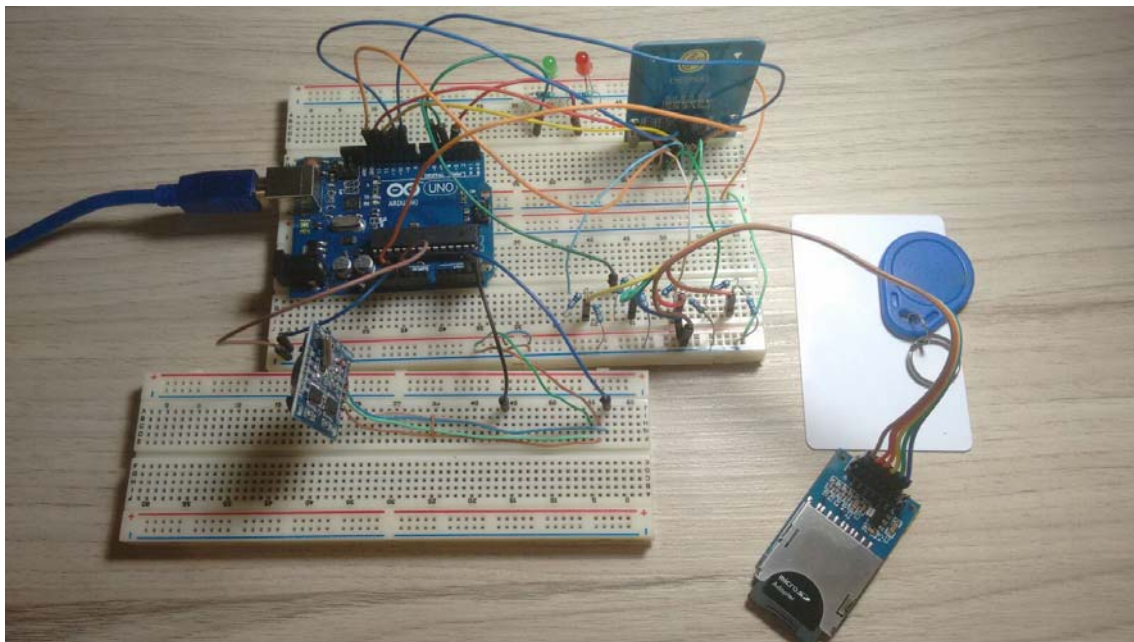


Figura 5.1 Protótipo desenvolvido.

Nesse modelo inicial do hardware de controle de acesso, o acionamento do LED verde representa a liberação do acesso do usuário ao departamento,

ou seja, quando o sistema for implantado, o sinal que nesse protótipo é enviado ao LED, será enviado ao equipamento responsável por abrir a fechadura da porta de acesso ao PPTE.

O modelo inicial do *software* de controle de acesso é basicamente uma transcrição do fluxograma (Figura 4.9) que já foi apresentado e descrito na Seção 4.3. Sua função é detectar e ler os identificadores presentes nas *tags*, e verificar se um determinado identificador (número presente no chip RFID de cada usuário) possui ou não acesso ao departamento.

A mensagem de acesso liberado ou negado é enviada ao monitor serial da IDE do Arduino através do cabo USB, que está conectado à um computador e possui as funções tanto de alimentação do sistema, quanto de canal de envio das informações para serem visualizadas no computador, no já citado monitor serial. E para os casos de acesso liberado, a identificação do usuário e as informações de data e hora, também são armazenadas em um SD card.

As possíveis respostas do sistema podem ser visualizadas na Figura 5.2, onde a Figura 5.2 (a) ilustra a resposta de acesso liberado e dentro dos parênteses está o nome do usuário relacionado ao identificador da *tag*, já na Figura 5.2 (b) é apresentada a resposta de acesso negado.

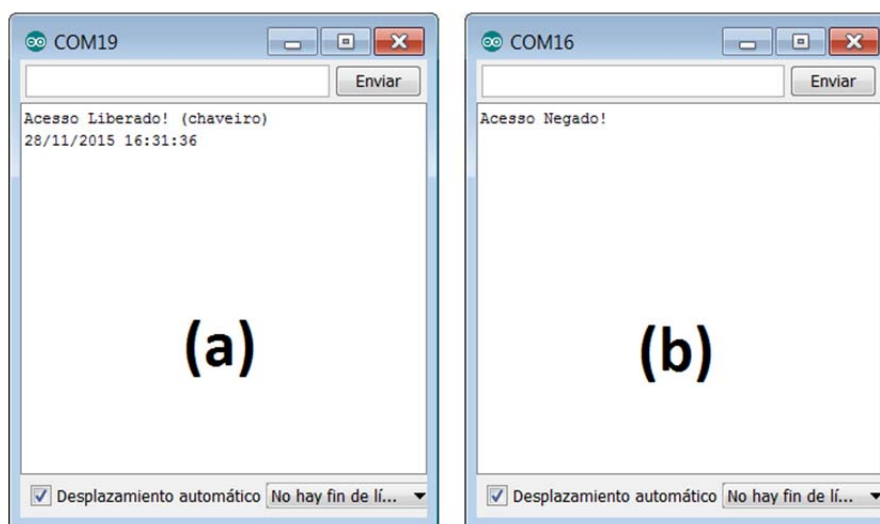


Figura 5.2 Respostas do sistema de controle de acesso.

Este software deve ser adaptado na fase de implantação para se adequar a opção de gerenciamento escolhida, por meio de um computador

(como é feito com este protótipo) ou por meio da própria plataforma Arduino UNO.

O funcionamento deste sistema pode ser observado por meio do site de compartilhamento de vídeos “youtube”, através do *link* “<https://youtu.be/QcUclByRgHE>”.

5.2 Dispositivos para implantação

Outro resultado proveniente deste trabalho de conclusão de curso foi uma pesquisa e posterior descrição das características de possíveis componentes a serem utilizados na implantação do sistema.

O principal componente que deve ser acoplado ao protótipo desenvolvido é uma fechadura elétrica (Figura 5.3), que a depender das características da mesma deve ser dimensionado o relé a ser implantado entre a saída do sistema de controle e a entrada da fechadura elétrica [38].

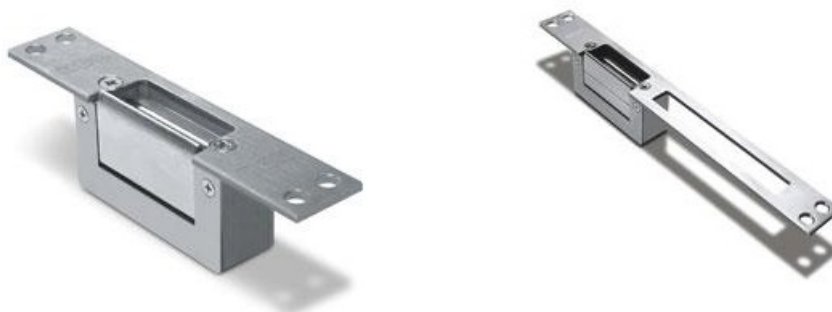


Figura 5.3 Exemplos de fechaduras elétricas [39].

Para o exemplo apresentado nesta seção, deve-se utilizar um relé de 12V na saída do sistema de controle de acesso (no protótipo, esta saída é representada pelo LED verde), pois a fechadura em questão (Figura 5.3) possui como característica uma tensão de alimentação de 12v, como a maioria das fechaduras encontradas na pesquisa [39].

Na Figura 5.4 pode ser observado o esquema de instalação deste modelo de fechadura, onde a fonte de alimentação deve prover 12V ao sistema, e para deixá-lo autônomo e garantir seu funcionamento durante eventuais faltas de energia, pode ser adicionado ao sistema um dispositivo (Figura 5.5) que acopla uma fonte de alimentação e uma bateria.

O “Sistema de controle” observado na Figura 5.4 é a representação do Arduino e demais dispositivos (RFID, RTC e SD) presentes neste projeto, onde o pino 5 do Arduino (que no protótipo (Figura 5.1) está ligado ao LED verde) é utilizado para energizar (em caso de acesso liberado) a bobina interna de um relé de 12V, fazendo assim com que a chave interna do relé passe a fazer contato com o pino 4 do relé, permitindo com isso a passagem dos 12V da “Fonte de Alimentação” para a fechadura elétrica, destravando-a.

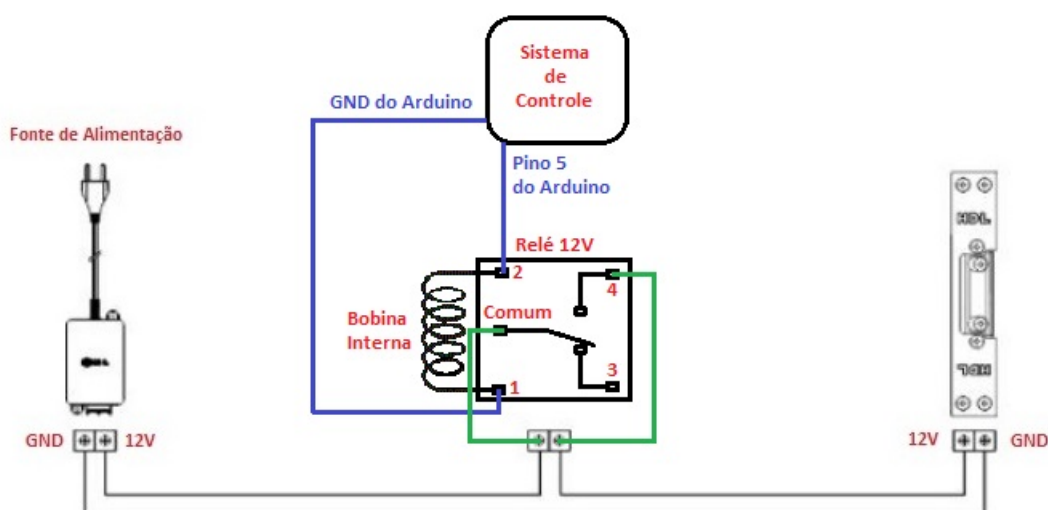


Figura 5.4 Esquema de instalação da fechadura elétrica.

O dispositivo que pode ser observado na Figura 5.5, possui duas entradas (uma bateria em “BATTERY IN” e uma fonte de alimentação no conector P4) e uma saída (BATTERY OUT). A fonte de alimentação ligada ao conector P4 do dispositivo é responsável por carregar a bateria conectada em “BATTERY IN”, que por sua vez é responsável por prover alimentação à saída “BATTERY OUT”. E mesmo quando a energia provida através do conector P4 é cortada, a bateria ligada em “BATTERY IN” continua provendo energia à saída “BATTERY OUT” até o esgotamento de sua carga.

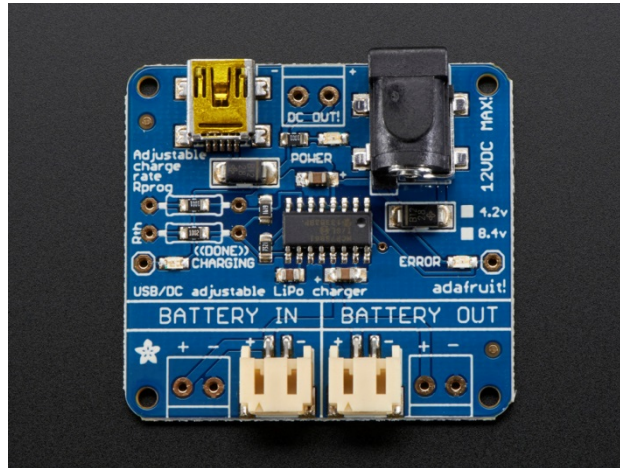


Figura 5.5 Dispositivo de alimentação e recarga de baterias [40].

6 Conclusão

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

Neste trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido um sistema de controle de acesso, utilizando a tecnologia RFID, mais especificamente a placa MF522-AN (leitor RFID) e a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino UNO.

6.1 Contribuições e Conclusões

Com o desenvolvimento do sistema e os resultados obtidos, foi possível observar a viabilidade da implantação não só no PPTE, como também em outros departamentos e laboratórios da Universidade. Para tal, são necessárias apenas algumas alterações no algoritmo de controle, para adaptá-lo ao local onde será implantado, como por exemplo níveis de acesso para diferenciar alunos de professores.

Com a realização dos testes foi possível comprovar as facilidades provenientes da tecnologia RFID, como a não necessidade de contato ou visada direta para a detecção das *tags*, a praticidade no momento da verificação e liberação do acesso, uma vez que os usuários não necessitam mais digitar senhas, e a confiabilidade, tendo em vista que na fase de testes não ocorreu nenhum erro de validação proveniente da tecnologia.

Outro fator positivo observado, é em relação ao custo do sistema, quando comparado à alguns modelos comerciais equivalentes, onde o custo do sistema desenvolvido ficou em torno de R\$ 110,00 (Arduino – R\$ 58,00 / módulo RFID – R\$ 23,00 / módulo RTC – R\$ 13,00 / módulo SD – R\$ 15,00)

[41][42], e os sistemas comerciais encontrados custam a partir de R\$ 157,00, que é o caso do “Protection RFID 499 – PT – 900” [43], tendo também outra opção mais robusta que é o “Automatiza Prox Weigand” no valor de R\$ 219,00 [44][45].

6.2 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, para viabilizar a implantação do sistema, devem ser feitas as adaptações necessárias no *software* de controle de acordo com a opção escolhida:

- Gerenciamento do sistema por meio de um computador:
 - Implementação de uma interface gráfica para facilitar o cadastro e remoção dos usuários com acesso liberado, e as demais configurações do sistema. Tal interface pode ser desenvolvida por meio de diversas linguagens de programação, porém a linguagem “Processing” é uma das mais indicadas pela simplicidade e proximidade com a IDE do Arduino, bem como a facilidade de encontrar todo o material necessário para sua instalação [46].
 - A interface gráfica deve conter uma tela de *login*, para que só os administradores do sistema tenham acesso às configurações. E ao validar um administrador, ele deve ter acesso, basicamente, às opções de cadastrar e remover usuários, como também alterar permissões de acesso.
- Gerenciamento do sistema pelo Arduino:
 - As *tags* de identificação dos administradores do sistema devem possuir um nível de acesso diferente dos demais usuários, para poder gerenciar o cadastro de usuários e as demais configurações.
 - Adicionar um módulo de teclado e um display ao Arduino para facilitar o gerenciamento.

Para ambas opções de gerenciamento, a maneira mais simples de cadastrar e remover o acesso dos usuários, é o armazenamento ou remoção do número de identificação (criptografado) de seu cartão (*tag*) em um arquivo de texto, arquivo este que o sistema deve acessar toda vez que um usuário aproximar seu cartão (*tag* RFID) do sistema de controle, verificando se o mesmo está cadastrado ou não.

Como aperfeiçoamento do algoritmo de controle de acesso, podem ser adicionadas mais algumas condições de acesso, como por exemplo os dias e horários nos quais cada usuário podem ter seu acesso ao departamento liberado.

Bibliografia

- [1] DIMEP sistemas. A importância do controle de acesso de pessoas. Disponível em: <<http://www.dimep.com.br/blog/sistemas-de-acessos/importancia-controle-acesso-2/>>. Acesso em: 22 de abril de 2014.
- [2] MARTINS, V. A. Tutorial RFID. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialrfid.pdf>>. Acesso em: 22 de abril de 2014.
- [3] THOMÉ, M. L.; FABRI, J. C. O.; CUNHA, E. A.; ZEM-LOPES, A. M. Controle de Acesso Físico nas Empresas. Artigo, Faculdade de Tecnologia de Jahu. Disponível em: <http://www.fatecguaratingueta.edu.br/fateclog/artigos/Artigo_63.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2014.
- [4] PINHEIRO, J. M. S. RFID: O fim das filas está próximo? Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialrfid2.pdf>>. Acesso em: 02 de setembro de 2014.
- [5] PINHEIRO, J. M. S. RFID – Identificação por Radiofrequência. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_identificacao_por_radiofrequencia.php>. Acesso em: 23 de agosto de 2014.
- [6] SOUSA, T. L. Q.; JUNIOR, M. D. S. RFID – Identificação por Rádio Frequência. Disponível em: <http://www.acervosaber.com.br/trabalhos/tecnologia1/tecnologia_rfid_3.php>. Acesso em: 18 de dezembro de 2015.
- [7] Saber Eletrônica. Leitor RFID. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/artigos/1556-leitor-rfid>>. Acesso em: 18 de dezembro de 2015.
- [8] Tags RFID. Disponível em: <http://static.flickr.com/91/229999797_57986aced2.jpg>. Acesso em: 21 de novembro de 2015.

- [9] Saint Paul RFID – Especialistas em tecnologia de identificação por Rádio Frequência. Disponível em: <http://www.rfid.ind.br/o-que-e-rfid#.Vlt_MbgrJD8>. Acesso em: 15 de outubro de 2014.
- [10] HDL. Módulo de acesso com teclado. Disponível em: <<http://www.hdl.com.br/produtos/controle-de-acesso/modulos-de-controle-de-acesso/modulo-de-acesso-com-teclado-com-fio>>. Acesso em: 16 de outubro de 2014.
- [11] Task sistemas. Bloqueios Físicos. Disponível em: <http://www.tasksistemas.com.br/t2_produtos.php?p=10>. Acesso em: 15 de outubro de 2014.
- [12] ARDUINO. Homepage. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 22 de outubro de 2014.
- [13] TECHTUDO. O que é um Arduino e o que pode ser feito com ele? Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/o-que-e-um-arduino-e-o-que-pode-ser-feito-com-ele.html>>. Acesso em: 22 de outubro de 2014.
- [14] Wiring – What will you do with the W? Disponível em: <<http://wiring.org.co/>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2015.
- [15] Softgraf – Cursos avançados – Curso de automação & robótica com arduino. Disponível em: <<http://www.softgraf.com/site/arduino-automacao-robotica/curso-de-arduino-em-ponta-grossa.php>>. Acesso em: 22 de outubro de 2014.
- [16] WIKIPEDIA. Arduino. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>>. Acesso em: 22 de outubro de 2014.
- [17] Grupo de Robótica. Introdução ao Arduino. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Computação, 2012. Disponível em: <http://destacom.ufms.br/mediawiki/images/9/9f/Arduino_Destacom.pdf>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.

- [18] Robotizando – Robótica de um jeito fácil – Curso de Arduino. Disponível em: <http://www.robotizando.com.br/curso_arduino_o_que_e_arduino_pg1.php>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.
- [19] Heco Mecatrônica Ltda. ARDUINO UNO – Guia do Usuário. Disponível em: <<http://www.hecomecatronica.com.br/Artigos%20e%20Documentos/Artigos%20Tecnicos/Documentos/01%20arduino%20uno%20-%20guia%20do%20usuario.pdf>>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.
- [20] ARDUINO. Arduino Uno. Disponível em: <<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.
- [21] NXP Semiconductors. MFRC522 – Contactless reader IC. Product data sheet. Rev. 3.6 – 14 December 2011.
- [22] ISO – ISO/IEC 14443-3:2011 – Identification cards – Contactless integrated circuit cards – Proximity cards – Part 3: Initialization and anticollision. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=50942>. Acesso em: 19 de dezembro de 2015.
- [23] SACCO, F. Comunicação SPI – Parte1. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/spi-parte-1/>>. Acesso em: 08 de novembro de 2014.
- [24] CALANDRIELLO, L. Tecnologia para empresas. O que é MIFARE. Disponível em: <<http://www.mgitech.com.br/blog/bid/122129/O-que-MIFARE>>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.
- [25] OXXCODE MobilitySolutions. MIFARE. Disponível em: <<http://www.oxxcode.com.br/mifare/>>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.
- [26] FLASHCARD. Cartão Mifare. Disponível em: <<http://www.flashcard.inf.br/cartao-chaveiro-tag-proximidade-mifare.html#>>. Acesso em: 23 de outubro de 2014.
- [27] ADAFRUIT. DS1307 Real Time Clock Breakout Board Kit. Disponível em: <<https://learn.adafruit.com/ds1307-real-time-clock-breakout-board-kit/what-is-an-rtc>>. Acesso em: 23 de maio de 2015.

- [28] FILIPEFLOP. Real Time Clock RTC DS1307. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/pd-6b854-real-time-clock-rtc-ds1307.html>>. Acesso em: 23 de maio de 2015.
- [29] CAMARA, R. C. P. Protocolo I2C. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~romulo.camara/novo/wp-content/uploads/2013/11/Barramento-e-Protocolo-I2C.pdf>>. Acesso em: 23 de maio de 2015.
- [30] FILIPEFLOP. Relógio com o Módulo RTC DS1307. Disponível em: <<http://blog.filipeflop.com/modulos/relogio-rtc-ds1307-arduino.html>>. Acesso em: 23 de maio de 2015.
- [31] LC Studio – SD Card Module. Disponível em: <<http://www.lctech-inc.com/Hardware/Detail.aspx?id=0c3b6f7a-d101-4a60-8b56-3abfb7fd818d>>. Acesso em: 24 de outubro de 2015.
- [32] SSTL meteorological balloon supply – Arduino Expansion Board SD Shield Module. Disponível em: <<http://www.high-altitude-balloon.com/Arduino/Expansion-Board-Arduino-Shield-ethernet/Arduino-SD-Shield-LC-Studio-SD-Shield>>. Acesso em: 24 de outubro de 2015.
- [33] BALBOA, M. GitHub. Arduino RFID Library for MFRC522. Disponível em: <<https://github.com/miguelbalboa/rfid>>. Acesso em: 18 de outubro de 2014.
- [34] RTCLib. Disponível em: <<http://www.tuelectronica.es/descargas/arduino/librerias/rtclib.html>>. Acesso em: 11 de junho de 2015.
- [35] ARDUINO. Automatic switching to battery on mains failure. Disponível em: <<http://forum.arduino.cc/index.php?topic=24261.0>>. Acesso em: 25 de outubro de 2015.
- [36] Arduino e Cia – Calculadora Online – Divisor de tensão com resistores. Disponível em: <<http://www.arduinoecia.com.br/p/calculador-divisor-de-tensao-function.html>>. Acesso em: 21 de novembro de 2015.

- [37] HyperPhysics – Voltage Divider. Disponível em: <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/voldiv.html>>. Acesso em: 21 de novembro de 2015.
- [38] LARIOS, C. Fechadura Elétrica com Senha (CODE LOCK) sem Display – com PIC 12F675. Disponível em: <<http://larios.tecnologia.ws/iBlog/archives/3649>>. Acesso em: 08 de novembro de 2014.
- [39] HDL. Fecho Elétrico. Disponível em: <<http://www.hdl.com.br/produtos/fechaduras/fecho-eletrico>>. Acesso em: 08 de novembro de 2014.
- [40] Adafruit – USB/DC Lithium Polymer Battery Charger 5-12V. Disponível em: <<https://www.adafruit.com/products/280>>. Acesso em: 25 de outubro de 2015.
- [41] MEKHOS. Disponível em: <<http://www.mekhos.com.br/loja/>>. Acesso em: 29 de novembro de 2015.
- [42] Mercado Livre – Kit Módulo RFID. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-684825140-kit-modulo-rfid-rc522-1356-mhz-tag-cartao-arduino-_JM>. Acesso em: 29 de novembro de 2015.
- [43] Kit Controle de Acesso Protection RFID 499 – PT – 900. Disponível em: <https://www.google.com.br/shopping/product/7116649413493973365?q=sistema%20de%20controle%20de%20acesso%20com%20RFID&espv=2&biw=1536&bih=777&dpr=1.25&prds=paur:ClkAsKraXxB5lybcg5f-OCw3TfUXNQonwy8s_w-QUx45N6y_60gFN-F_tC4UfAcpHwwaU0IP3G2jyKXbXkWFueyDnkcQS7kQoXtBC-kE5JYqFxAuTyoo9-ntRIZAFPVH720vwtFbrSI3ECoMMwEyke1XLAYCw,hsec:specs&sa=X&ved=0ahUKEwil3b38mrfJAhUPopAKHRA8DtgQzUolrgEwAA>. Acesso em: 29 de novembro de 2015.
- [44] Segurançajato – Leitor de cartão com RFID Automatiza Prox LE112E. Disponível em: <https://www.segurancajato.com.br/leitor-de-cartao-com-rfid-automatiza-prox-le112e?gclid=Cj0KEQIA4eqyBRDUh7Omv9vCtsoBEiQAspfs8k_u2oeLEwkObqzMfAHoh8dcX58O4sRQxEU6OIL8UgcaAjOT8P8HAQ>. Acesso em: 29 de novembro de 2015.

- [45] Automatiza – Leitor Prox Wiegand 125 kHz. Disponível em: < <http://www.automatiza.com.br/produto/leitor-prox-wiegand-125khz/>>. Acesso em: 29 de novembro de 2015.
- [46] ARDUINO – Arduino and Processing. Disponível em: < <http://playground.arduino.cc/Interfacing/Processing>>. Acesso em: 29 de novembro de 2015.