

CENTRO PAULA SOUZA

FACULDADE DE TECNOLOGIA SANTO ANDRÉ

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

FÁBIO DE SOUSA NASCIMENTO GOMES

**SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICO
DE PARTIDA**

Santo André – São Paulo

2014

FÁBIO DE SOUSA NASCIMENTO GOMES

**SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICO
DE PARTIDA**

*Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em
Eletrônica Automotiva da FATEC Santo André,
como requisito parcial para conclusão do curso de
Tecnologia em Eletrônica Automotiva.*

Orientador: Prof. Wesley Medeiros Torres

Co-Orientador: Prof. Marco Aurélio Fróes.

Santo André – São Paulo

2014

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 13 de dezembro de 2014.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO
DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "SISTEMA DE
IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICO DE PARTIDA" DO ALUNO DO 6º
SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. WESLEY MEDEIROS TORRES



MEMBROS:

PROF. WAGNER MASSAROPE



MARCO AURÉLIO FROES



ALUNO:

FABIO DE SOUSA NASCIMENTO GOMES



Ficha Catalográfica

Gomes, Fábio de Sousa Nascimento

SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICO DE PARTIDA / Fábio de Sousa Nascimento Gomes – Santo André, 2014 – 73 f: il.

Trabalho de conclusão de curso – FATEC – Santo André .

Curso de Eletrônica Automotiva, 2014.

Orientador: Prof. Wesley Medeiros Torres.

Co-orientador: Prof. Marco Aurélio Fróes.

1. Biometria 2. Segurança 3. Personalização 4. Imobilizadores I. Título

Dedico este trabalho a minha família e amigos que participaram dessa etapa da minha vida e em especial em memória a minha mãe Maria Rienita Gomes de Sousa que tinha o sonho de ver seu filho formado na faculdade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me abençoado e iluminado meu caminho, onde pude buscar forças e serenidade nos momentos difíceis.

Aos meus familiares que compreenderam a minha ausência em vários momentos dessa etapa e a todas as pessoas que diretamente ou indiretamente me apoiaram, deram conselhos, trocaram experiências e conhecimentos.

Ao meu orientador Prof. Wesley Medeiros Torres e ao meu co-orientador Prof. Marco Aurélio Fróes, pela ética, competência e dedicação demonstrada durante a realização deste trabalho.

E a todos os professores que se dedicaram para passar todo o seu conhecimento técnico, profissional e pessoal, contribuindo assim para o desenvolvimento da minha carreira profissional e como ser humano.

*Pedras no caminho? Guardo todas,
um dia vou construir um castelo...*

Autor desconhecido.

RESUMO

O objetivo deste trabalho de graduação é desenvolver um sistema que substitua a chave de ignição no momento da partida, utilizando o conceito da biometria que consiste em uma tecnologia que analisa as características humana para fins de segurança. O condutor será identificado através do reconhecimento de sua impressão digital, ocasionando em uma maior comodidade para o usuário que trazem essas particularidades permanentemente consigo, não necessitando assim carregar nenhum componente de identificação como chaves ou cartões. A aquisição e identificação da impressão digital do usuário serão realizadas por meio de um leitor biométrico do tipo óptico, que substituirá a chave de ignição no momento da partida do veículo, com o intuito de acrescentar ainda mais a segurança contra furtos do veículo.

Palavra-chave: Biometria, imobilizadores, antifurto.

ABSTRACT

The objective of this graduating work is to develop a system to replace the ignition key on departure, using the concept of biometrics consisting of a technology that analyzes the human characteristics for security purposes. The conductor is identified by recognizing your fingerprint, resulting in greater convenience for the user who bring these particularities can permanently, not needing so carry any identification component as keys or cards. The acquisition and identification of the user's fingerprint will be conducted through a biometric reader of the optical type, which will replace the ignition key when starting the vehicle, in order to add even more security against vehicle theft.

Keyword: Biometrics, immobilizer, anti-theft.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Componentes do sistema de imobilizador eletrônico.....	20
Figura 2 – Chave de ignição	21
Figura 3 – Transponder da chave de ignição.....	22
Figura 4 – Conjunto do cilindro de ignição	23
Figura 5 – Unidade de comando do sistema do imobilizador.	24
Figura 6 – Configuração do sistema individual.....	24
Figura 7 – Sistema com imobilizador integrado a unidade de comando do motor	25
Figura 8 – Unidade do imobilizador e antena integrados a coluna de direção.....	25
Figura 9 – Sistema com imobilizador acoplado a coluna de direção	26
Figura 10 – Cluster com unidade do imobilizador incorporado internamente.....	26
Figura 11 – Configuração do sistema com unidade do imobilizador integrada ao cluster.....	27
Figura 12 – Leds dos imobilizadores das montadoras nacionais.....	27
Figura 13 – Unidade de controle do motor.....	28
Figura 14 – Estratégia de funcionamento do sistema CODE da Fiat.	29
Figura 15 – Estratégia de funcionamento do imobilizador Volkswagen.....	29
Figura 16 – Características biométricas.....	30
Figura 17 – Sistema de coleta estipulada por Alphonse Bertillon.....	31
Figura 18 – Análise dos vasos sanguíneos da retina.	33
Figura 19 – Reconhecimento biométrico da íris.....	34

Figura 20 – Reconhecimento através da geometria da mão.	34
Figura 21 – Sistema de reconhecimento facial em ônibus coletivo em Limeira – SP.	35
Figura 22 – Reconhecimento de voz	36
Figura 23 – Reconhecimento através da assinatura.....	36
Figura 24 – Características da impressão digital	37
Figura 25 – Funcionamento de um Leitor Capacitivo.....	38
Figura 26 – Funcionamento de um leitor térmico.	39
Figura 27 – Funcionamento do modelo por campo elétrico.....	39
Figura 28 – Processo de captura através da câmara CCD	40
Figura 29 – Processo de cadastramento.....	41
Figura 30 – Processo de autenticação.....	41
Figura 31 – Formato da mensagem transmitida via serial.....	42
Figura 32 – Exemplo do pacote de comando enviado via RS-232.....	43
Figura 33 – Módulo do Leitor biométrico FIM5360.....	44
Figura 34 – Diagrama de blocos do módulo FIM5360.	45
Figura 35 – Descrição dos Pinos do Microcontrolador PIC18F4520.....	48
Figura 36 – Imagem do display de cristal líquido 16 colunas por 2 linhas.	49
Figura 37 – Pinagem do display de cristal líquido.	49
Figura 38 – Circuito integrado conversor de nível Max232.....	50
Figura 39 – Esquema de ligação do Max232.	50

Figura 40 – Configuração interna do transistor Darlington.....	51
Figura 41 – Configuração interna do CI ULN2003.....	53
Figura 42 – Circuito do microcontrolador no simulador ISIS <i>Professional</i>	54
Figura 43 – Circuito do Display LCD no simulador ISIS <i>Professional</i>	55
Figura 44 – Circuito da comunicação serial no simulador ISIS <i>Professional</i>	55
Figura 45 – Circuito de entrada no simulador ISIS <i>Professional</i>	56
Figura 46 – Circuito de saída no simulador ISIS <i>Professional</i>	56
Figura 47 – Estrutura do pacote de dados do Leitor Biométrico FIM5360.....	57
Figura 48 – Mensagem após identificação biométrica positiva	58
Figura 49 – Mensagem ao acionar Start/Stop.....	59
Figura 50 – Mensagem do menu de configurações de usuários.	59
Figura 51 – Mensagem para seleção da inclusão de usuários no sistema.	60
Figura 52 – Mensagem para seleção da exclusão de usuários.....	60
Figura 53 – Mensagem para seleção da Função manobrista.	61
Figura 54 – Conexão do módulo FIM5360 com o MAX232	62
Figura 55 – Pacote de dados transmitidos através da comunicação serial.	63
Figura 56 – Estrutura do pacote de dados	63
Figura 57 – Parâmetro de falha na identificação.	64
Figura 58 – Mensagem mostrando usuário não reconhecido pelo sistema	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de especificação de Hardware do módulo FIM5360.	45
Tabela 2 – Tabela de especificações de operação do módulo FIM5360.	46
Tabela 3 – Especificações do Sensor do módulo FIM5360.	46
Tabela 4 – Especificações da interface de comunicação serial do módulo FIM5360.	47
Tabela 5 – Descrição dos pinos do conector JP2.	47
Tabela 6 – Características elétricas do CI ULN2003.	52

LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

CCD – Charge-Coupled Device

CMOS – Complementary Metal Oxide Semiconductor

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

FAR – False Acceptance Rate

FIM – Fingerprint Identification Module

FRR – False Rejection Rate

LCD – Liquid Crystal Display

LED – Light Emitter Diode

LIN – Local Interconnect Network

MCRL – Master Clear Reset

RAM – Random Access Memory

TTL – Transistor-Transistor Logic

UART – Universal Asynchronous Receiver Transmitter

USART – Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
1. SISTEMA IMOBILIZADOR VEICULAR	20
1.1 COMPONENTES DO SISTEMA IMOBILIZADOR AUTOMOTIVO	20
1.1.1 CHAVE	21
1.1.2 TRANSPONDER	21
1.1.3 BOBINA / ANTENA.....	22
1.1.4 UNIDADE DE COMANDO DO IMOBILIZADOR	23
1.1.4.1 UNIDADE INDIVIDUAL	23
1.1.4.2 COMBINADA A UNIDADE DE GERENCIAMENTO DO MOTOR.....	24
1.1.4.3 ACOPLADA A ANTENA NA COLUNA DE DIREÇÃO	25
1.1.4.5 AGREGADA AO INSTRUMENTO COMBINADO	26
1.1.5 LED DO IMOBILIZADOR	27
1.1.6 UNIDADE DE GERENCIAMENTO DO MOTOR.....	27
1.2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	28
1.3 SISTEMAS BIOMETRICOS.....	30
1.3.1 DEFINIÇÃO	30
1.3.2 HISTÓRIA DA BIOMETRIA	30
1.4 BIOMETRIA AUTOMATIZADA.....	32
1.4.1 TIPOS DE IDENTIFICAÇÃO BIOMÉTRICA.....	32
1.4.1.2 RECONHECIMENTO ATRAVÉS DA RETINA	32
1.4.1.3 RECONHECIMENTO ATRAVÉS DA IRIS	33
1.4.1.4 RECONHECIMENTO ATRAVÉS DA GEOMETRIA DA MÃO	34
1.4.1.5 RECONHECIMENTO ATRAVÉS DA FACE	35
1.4.1.6 RECONHECIMENTO ATRAVÉS DA VOZ	35
1.4.1.7 RECONHECIMENTO ATRAVÉS DA ASSINATURA	36
1.4.1.8 RECONHECIMENTO ATRAVÉS DA IMPRESSÃO DIGITAL	36
1.5 TIPOS DE LEITORES DE IMPRESSÃO DIGITAL	37
1.5.1 MODELO ULTRASSÔNICO.....	37
1.5.2 MODELO CAPACITIVO	38
1.5.3 MODELO TÉRMICO.....	38
1.5.4 MODELO POR CAMPO ELÉTRICO	39
1.5.1 MODELO ÓPTICO.....	40
1.6 COMUNICAÇÃO SERIAL RS232	42

1.6.1 COMUNICAÇÃO DE DADOS	42
2. DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA.....	43
2.1 LEITOR BIOMÉTRICO FIM5360	43
2.1.2 CARACTERÍSTICAS	44
2.1.3 DIAGRAMA DE BLOCO DO MÓDULO FIM5360	45
2.1.4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO HARDWARE	45
2.1.5 ESPECIFICAÇÕES DE OPERAÇÃO.....	46
2.1.6 ESPECIFICAÇÕES DO SENSOR.....	46
2.1.7 ESPECIFICAÇÕES DE INTERFACE	46
2.1.8 DESCRIÇÃO DOS PINOS DE CONEXÃO EXTERNA (Jp2).....	47
2.2 MICROCONTROLADOR PIC18F4520	47
2.2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MICROCONTROLADOR	48
2.3 DISPLAY DE CRISTAL LIQUIDO 2X16 (JHD162A).....	48
2.3.1 CONFIGURAÇÃO DOS PINOS DO DISPLAY LCD.....	49
2.4 INTERFACE DE COMUNICAÇÃO MAX232	49
2.5 CIRCUITOS DE SAÍDAS	50
2.5 CI ULN2003.....	51
3. DESENVOLVIMENTO DE HARDWARE E SOFTWARE	54
3.1 HARDWARE.....	54
3.1.1 CIRCUITO DO MICROCONTROLADOR	54
3.1.2 CIRCUITO DISPLAY LCD.....	55
3.1.3 CIRCUITO DE COMUNICAÇÃO SERIAL.....	55
3.1.4 CIRCUITO DE CONDICIONAMENTO DOS SINAIS DE ENTRADA	56
3.1.5 CIRCUITO DE CONDICIONAMENTO DOS SINAIS DE SAÍDA	56
3.2 SOFTWARE	57
3.2.1 PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR	57
3.2.2 ESTRATÉGIA DE BLOQUEIO E PARTIDA DO MOTOR	58
3.2.3 ESTRATÉGIA DE CADASTRO DE USUÁRIOS	59
3.2.4 ESTRATÉGIA DE EXCLUSÃO DE USUÁRIOS	60
3.2.5 ESTRATÉGIA DA FUNÇÃO MANOBRISTA (VALET)	60
4. ANALISE E RESULTADOS.....	62
5. CONCLUSÃO.....	65
PROPOSTAS FUTURAS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	67

APENDICE A – TABELA COM A DESCRIÇÃO DOS PINOS DO MICROCONTROLADOR.....	69
APENDICE B – DIAGRAMA ELÉTRICO DO PROJETO.....	70
APENDICE C – LAYOUT DO CIRCUITO IMPRESSO	71
APENDICE D – PLACA DO CIRCUITO MONTADA	72
APENDICE E – FLUXOGRAMA DO PROGRAMA PRINCIPAL	73

INTRODUÇÃO

Em nosso cotidiano vemos os índices de furtos e roubos de veículos crescendo cada vez mais em todo o país, na grande São Paulo, segundo dados coletados no site da secretaria de segurança pública foram registrados 22465 furtos de veículos no ano de 2013 contra 21056 casos registrados no mesmo período de 2012, um aumento de aproximadamente 6,7%.

Com esse cenário nas ruas das cidades e com o constante avanço da tecnologia, a indústria automobilística vem buscando e fazendo fortes investimentos para tornar os carros mais eficientes contra furtos e roubos, onde sistemas de alarmes e imobilizadores cada vez mais sofisticados estão sendo implantados nos veículos com o objetivo de minimizar esse problema.

Mesmo com toda essa preocupação com a segurança esses sistemas são vulneráveis a falha, as chaves podem ser perdidas, roubadas ou até mesmo o usuário pode ser abordado na rua e o veículo levado.

Mas uma ideia que esta revolucionando todas as áreas que envolvem segurança e reconhecimento de usuário é o uso da biometria, esse conceito está sendo cada vez mais utilizado não só em ambientes que exigem alto nível de segurança, mas também em muitos outros lugares, porque eles são convenientes e econômicos. Segundo pesquisas efetuadas entre os vários sistemas biométricos comercializados, o de reconhecimento da impressão digital ocupa a maior parte do mercado, pois é fácil de usar, de baixo custo e capaz de atender vários tipos de aplicações. Tal conceito será explicado mais adiante.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema que substitua a chave de ignição no momento da partida, utilizando o conceito da biometria. O condutor será identificado através do reconhecimento de sua impressão digital, ocasionando em uma maior comodidade para o usuário que trazem essas particularidades permanentemente consigo, não necessitando assim carregar nenhum componente de identificação como chaves ou cartões.

Aumentando assim a comodidade do usuário e a segurança do veículo dificultando o furto e o roubo, pois mesmo o usuário sendo abordado no trânsito o assaltante, após desligar o veículo precisar ter uma pessoa cadastrada para ligá-lo novamente.

Será utilizado nesse sistema o leitor biométrico FIM5360 da *Nitgen*, que é um dispositivo *Stand-alone*, ou seja, utilizado para aplicações autônomas em que se requer identificação, reconhecimento e autenticação do usuário através da impressão digital, onde um leitor óptico faz uso de um feixe de luz para realizar a leitura da digital do usuário.

O leitor biométrico FIM5360 processa os comandos recebidos através da interface UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) que serão enviados pelo microcontrolador da família PIC o 18F4520, que possui uma arquitetura de 8bits, memória de programa (*Flash*) de 32kB, memória RAM 1536 *bytes*, *EEPROM* de 256 *bytes*, componente que terá um papel fundamental no sistema, recebendo, processando e enviando comandos e informações.

Para a conversão dos níveis de tensão da comunicação serial entre os componentes do sistema será utilizado um *hardware* baseado em circuito integrado o MAX232.

O capítulo 1 contém características gerais dos sistemas imobilizadores, conceito sobre a biometria e comunicação serial RS-232.

No capítulo 2 é descrito detalhes sobre os dispositivos que compõem o sistema, apresentando especificações de cada um dos componentes.

O capítulo 3 é constituído pela descrição da metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho.

No capítulo 4 apresentam-se os resultados e testes do sistema desenvolvido.

E finalmente no capítulo 5 encontram-se as conclusões e propostas futuras.

1. SISTEMA IMOBILIZADOR VEICULAR

Em meados da década de 90, na tentativa de aumentar a proteção contra furtos, os veículos passaram a adotar um sistema de antifurto eletrônico, que se ativa automaticamente ao retirar a chave do contato de ignição, não necessitando de uma ativação ou desativação manual do sistema, realizando o bloqueio do funcionamento do motor, através da unidade de gerenciamento do motor.

O funcionamento desse sistema será explicado nesse capítulo, após a descrição de cada componente que forma o imobilizador automotivo.

1.1 Componentes do Sistema Imobilizador Automotivo

Os sistemas imobilizadores são compostos basicamente por seis componentes eletrônicos, podendo haver variações de veículos para veículos e de montadora para montadora, mas essencialmente o sistema consiste nesses componentes: Chave com transponder, antena, unidade de controle do imobilizador, unidade de gerenciamento eletrônico do motor, conector de diagnóstico, lâmpada ou LED, além das linhas de comunicação que são compostas por fios e sinais elétricos.

A seguir será descrito o funcionamento de cada um desses componentes.

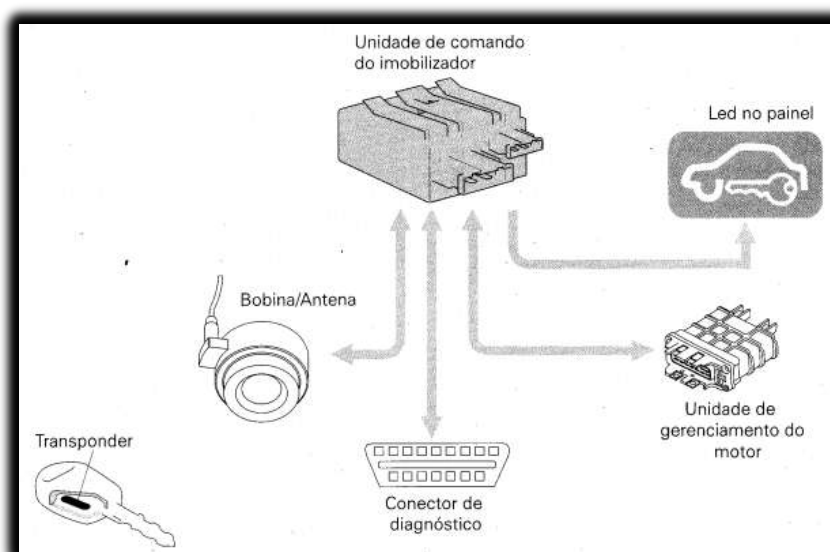


Figura 1 – Componentes do sistema de imobilizador eletrônico.

Fonte: Apostila de treinamento sobre imobilizadores Senai.

1.1.1 Chave

A chave de ignição é composta por um código mecânico, no qual, consiste em combinações feitas por computador formando “dentes” nas lâminas da chave e pelo transponder que está embutido internamente no corpo da chave.

A parte mecânica tem as seguintes funções:

- ✓ Acionamento da ignição;
- ✓ Travamento mecânico da direção.
- ✓ Travamento e abertura das portas do veículo.

As lâminas da chave de ignição possuem as mesmas combinações mecânicas dos cilindros (fechadura) são de altíssima resistência contra as diversas formas de arrombamento.

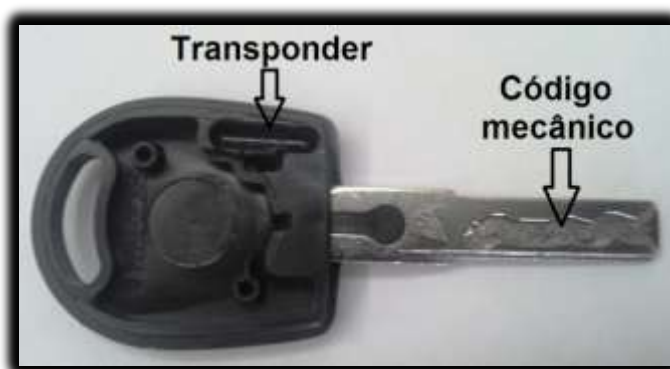


Figura 2 – Chave de ignição

1.1.2 Transponder

O Transponder é um componente receptor/emissor, formado por um invólucro que contém um circuito integrado com um algoritmo de criptografia, essa peça opera sem bateria, sendo alimentado por indução, após a unidade do imobilizador energizar a bobina da antena que está alojada no cilindro do comutador de ignição.

A figura 3 ilustra esse componente:



Figura 3 – Transponder da chave de ignição.

Fonte: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-592205013-transponder-chip-t05-t16-t19-t32-t42-t44-toyota-g-ch-_JM

Depois de ser alimentado pela bobina o transponder transmite o código secreto, que é recepcionado pela antena do sistema e é verificado pela unidade do imobilizador se é uma chave válida.

1.1.3 Bobina / Antena

A bobina ou antena do sistema de imobilizador está localizada no comutador de ignição ou próximo ao mesmo.

Sua função é de alimentar, transmitir e receber dados do transponder. A alimentação do transponder é feita por indução através do campo eletromagnético formado pela energização da bobina que forma internamente esse componente.

Após essa energização que é efetuada pela unidade de comando do imobilizador a antena passa a atuar como transmissor e receptor entre a unidade do imobilizador e o transponder.

A figura 4 ilustra o conjunto do cilindro da ignição:



Figura 4 – Conjunto do cilindro de ignição

Adaptado de:

<http://www.bestbuybrasil.com.br/products.php?product=Cilindro-de-Ign%C3%A7%C3%A3o-%252d-Bora-%7B47%7D-Fox-%7B47%7D-Gol-%7B47%7D-Polo-%252d-3B0905855E>

1.1.4 Unidade de Comando do Imobilizador

A unidade de comando do imobilizador é responsável pelo gerenciamento sistema de antifurto do veículo tendo como funções:

- ✓ Reconhecer a introdução e a rotação de uma chave no comutador de ignição;
- ✓ Energizar a antena que envolve o comutador de ignição;
- ✓ Memorizar as chaves de ignição adaptadas ao veículo;
- ✓ Verificar e gerar códigos secretos;
- ✓ Realizar uma comunicação com a unidade de gerenciamento do motor;
- ✓ Gerenciar o acendimento da lâmpada piloto do sistema.

Existem algumas configurações nas quais a unidade do imobilizador pode estar esquematizada de acordo com cada veículo ou montadora. A seguir será descrito algumas delas.

1.1.4.1 Unidade Individual

Nessa configuração a unidade do imobilizador é uma unidade individual, ou seja, não está incorporada a nenhuma outra unidade como mostram as figuras 5 e 6.



Figura 5 – Unidade de comando do sistema do imobilizador.

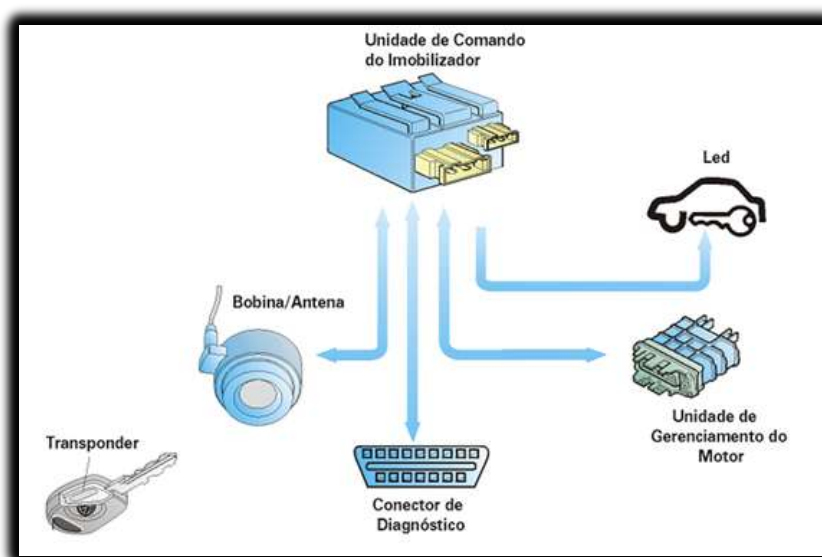


Figura 6 – Configuração do sistema individual.

Fonte: Apostila de treinamento sobre imobilizadores Volkswagen.

1.1.4.2 Combinada a Unidade de Gerenciamento do Motor

Esse tipo de configuração apresenta a unidade de comando do imobilizador acoplado à unidade de gerenciamento do motor.

A figura 7 apresenta a seguir demonstra essa configuração.

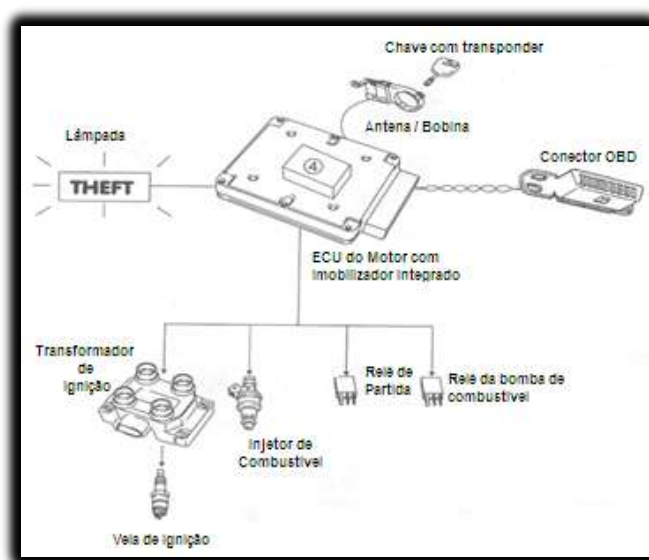


Figura 7 – Sistema com imobilizador integrado a unidade de comando do motor

Fonte: Apostila de treinamento sobre imobilizadores Senai.

1.1.4.3 Acoplada a Antena na Coluna de Direção

A unidade de comando do imobilizador encontra-se em conjunto a antena que está alojada na coluna de direção conforme mostra a figura 8 e 9.



Figura 8 – Unidade do imobilizador e antena integrados a coluna de direção.

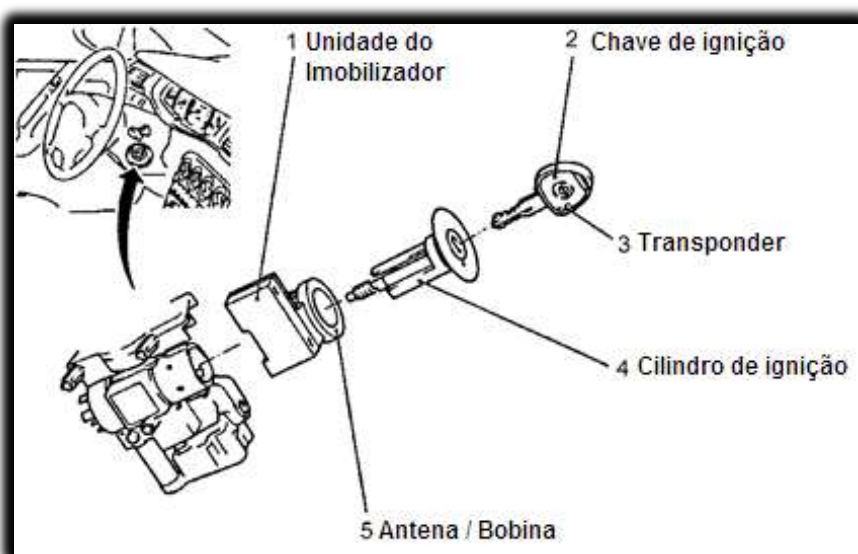


Figura 9 – Sistema com imobilizador acoplado a coluna de direção

1.1.4.5 Agregada ao Instrumento Combinado

Nessa configuração a unidade de controle do imobilizador está agregada ao instrumento combinado (CLUSTER) internamente.

A figura 10 ilustra um instrumento combinado com essa configuração e a figura 11 mostra o sistema completo.



Figura 10 – Cluster com unidade do imobilizador incorporado internamente.

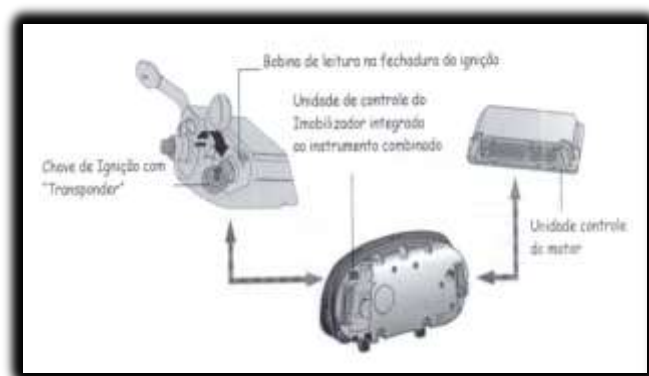


Figura 11 – Configuração do sistema com unidade do imobilizador integrada ao cluster

1.1.5 Led do Imobilizador

O led do sistema do imobilizador tem como função indicar o status do sistema, ao ligar a ignição ela deve permanecer acesa por aproximadamente 3 segundos e apagar logo em seguida indicando o correto funcionamento do sistema.

Se a lâmpada piloto do sistema do imobilizador permanecer acesa, piscar ou ficar apagada ao ligar a ignição o sistema de imobilizador indica uma possível avaria.



Figura 12 – Leds dos imobilizadores das montadoras nacionais

1.1.6 Unidade de Gerenciamento do Motor

A função da unidade de gerenciamento do motor é determinar a quantidade exata de combustível a ser injetada e comandar o sistema de ignição eletrônica, tendo como base as informações recebidas de todos os componentes (sensores e atuadores) do sistema. Com o objetivo de controlar as emissões de poluentes.

No caso do sistema de antifurto do veículo tem como função bloquear os sinais necessários para o funcionamento do motor caso a unidade de controle do imobilizador não reconheça a chave de ignição inserida no comutador.



Figura 13 – Unidade de controle do motor

1.2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O funcionamento do imobilizador depende da estratégia utilizada pelo desenvolvedor do sistema onde poderá mudar o fluxo de informações, mas basicamente é possível descrever seu funcionamento da seguinte forma.

No momento em que o condutor do veículo girar a chave no cilindro de ignição, as unidades do imobilizador e do sistema de injeção são alimentadas, nesse instante a unidade do imobilizador energiza a bobina, alimentando por indução o transponder através do campo eletromagnético gerado pela bobina, para que possa ler o código da chave, após esse procedimento o imobilizador processa o código enviado pela chave e envia uma mensagem a unidade de gerenciamento do motor, que resultará em duas ações a serem tomadas pelas unidades:

Na primeira ação, se o código da chave for reconhecido pelo sistema imobilizador, o mesmo mandará uma mensagem positiva à unidade de gerenciamento do motor e a partida do motor é liberada para funcionamento e o led do sistema imobilizador será apagado.

Na segunda ação, se por algum motivo o código do transponder não for reconhecido pela unidade do imobilizador, está automaticamente envia uma mensagem negativa à unidade de gerenciamento do motor que bloqueia todo o sistema de injeção, geralmente são bloqueados os bicos injetores de combustível, a bomba de combustível e o sistema de ignição.

1.3 SISTEMAS BIOMETRICOS

1.3.1 Definição

Biometria é a utilização de características biológicas dos seres humanos em mecanismos de identificação, os seres humanos possuem uma grande quantidade de particularidades que podem ser avaliadas em conjunto ou separadamente para determinar a identidade, essas propriedades podem ser fisiológicas ou comportamentais como mostra a figura 16.



Figura 16 – Características biométricas.

As características fisiológicas se baseiam em medidas feitas em partes do corpo humano, sendo as principais delas a impressão digital, o reconhecimento da face e da íris. Já as características comportamentais são medidas feitas a partir de uma ação e são, portanto medidas indiretas de características do corpo humano, onde se pode citar o reconhecimento da assinatura e da voz.

O uso de características biológicas para identificação se mostra como uma ideia viável porque cada pessoa possui as características mencionadas diferentes das outras. Por exemplo, não há ninguém com a voz igual, com a mesma impressão digital ou com olhos exatamente idênticos. Até mesmo entre irmãos gêmeos muito parecidos há diferenças.

1.3.2 História da Biometria

Ao contrário do que muitas pessoas possam pensar a biometria não é um conceito novo, antes da existência da tecnologia biométrica automatizada, foram usados outros métodos não automatizados de biometria em períodos passados.

Sabe-se, por exemplo, que o uso da impressão digital para assinar documentos foi utilizado pelos antigos Assírios, Babilônios, Japoneses e Chineses.

No Leste da Ásia, artesãos da cerâmica usavam a impressão digital como marca pessoal de seus produtos. Negociantes no antigo Egito usavam características físicas das pessoas que tinham feito negócio e para distingui-las utilizavam como informação de identificação cicatrizes, cor dos olhos, arcada dentária, entre outros.

Em 1686 Marcello Malpighi observou as diferenças entre cunhas, espirais e loops em impressões digitais em seu tratado sobre as camadas de pele (*Layer Malpighi*).

Johannes Evangelista Purkinje em 1823, propôs um sistema de classificação de impressões digitais, onde descreve em sua tese nove tipos de formas de impressões digitais.

Em 1880, o francês Alphonse Bertillon, tentando resolver o problema dos criminosos reincidentes que sempre forneciam nomes diferentes, imaginou um novo método de identificação baseado em medidas físicas do corpo humano. Bertillon acreditava que as medidas do corpo não mudavam com o tempo. No entanto a sua técnica era complexa e cara.

O pessoal treinado media o comprimento e altura da cabeça, altura, largura dos braços e dedos estendidos, etc. Em 1883, Bertillon começou a criar a sua base de dados de criminosos e no mesmo ano teve reconhecimento público ao identificar um impostor.

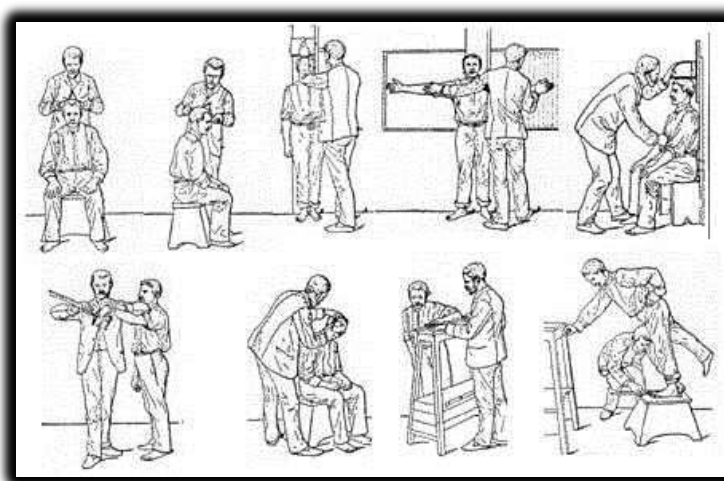


Figura 17 – Sistema de coleta estipulado por Alphonse Bertillon.

No final do século XIX, Sir Francis Galton apresentou uma nova classificação para as impressões digitais usando os 10 dedos criando três padrões de classificação básicos. Galton calculou em seu estudo que a chance de dois indivíduos possuírem a mesma impressão digital era de 1 em 64 bilhões. Galton determinou por quais características as impressões digitais poderiam ser reconhecidas (minúcias), que é basicamente o método em uso hoje.

1.4 Biometria Automatizada

Os primeiros sistemas automatizados apareceram na década de 70. Em 1972, o *Identimat*, um dispositivo que media o dedo das pessoas, foi instalado em uma firma de *Wall Street* com o propósito de controle de ponto. Em 1974 a Universidade da Geórgia começou a usar a geometria da mão em suas cantinas. A década de 70 ainda foi marcada pelo interesse governamental pelas tecnologias de reconhecimento e pelo surgimento do AFIS (sistema automatizado de identificação de impressões digitais). A década de 80 viu surgir os sistemas de reconhecimento facial, de retina e de íris, além do reconhecimento de assinatura.

1.4.1 Tipos de Identificação Biométrica

O ser humano possui características que o torna único, como por exemplo, as impressões digitais, a voz, o formato do rosto, a íris do olho. Sendo assim pode se dizer que nós somos nossas próprias chaves de acesso. Transportando esse pensamento para o universo da biometria, que consiste na identificação e verificação da identidade de forma automática de um indivíduo, levando em conta as suas características biológicas e com o avanço tecnológico, podemos realizar aplicações de identificação do usuário mais seguras e confiáveis.

Existem várias características biológicas que podem ser usadas em um processo de identificação. Vejamos as principais:

1.4.1.2 Reconhecimento através da Retina

O reconhecimento através da retina é uma das tecnologias biométricas consideradas mais seguras para identificação, pois analisa a formação de vasos sanguíneos no fundo do olho.

Nesse procedimento, o indivíduo deve olhar para um dispositivo que, através de um feixe de luz de baixa intensidade, é capaz de "escanear" a retina. A confiabilidade desse método se deve ao fato da estrutura dos vasos sanguíneos estarem relacionadas com os sinais vitais da pessoa, ou seja, o dispositivo leitor não conseguirá definir o padrão da retina de uma pessoa se esta estiver sem vida;

A figura 18 ilustra os vasos sanguíneos da retina.

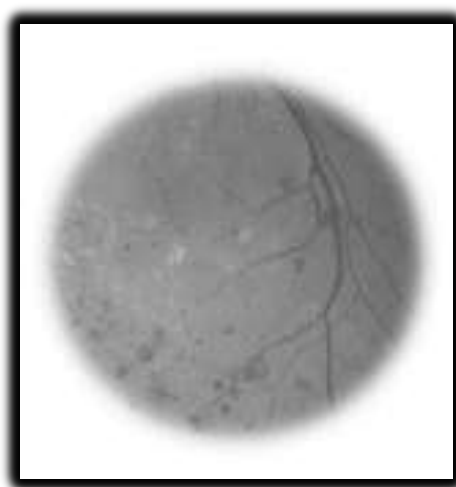


Figura 18 – Análise dos vasos sanguíneos da retina.

Análise da retina - Imagem por <http://www.ece.uah.edu/biometric>

1.4.1.3 Reconhecimento Através da Íris

O processo de identificação através da íris se assemelha ao da impressão digital, pois se baseia na leitura dos anéis coloridos existentes em torno da pupila (o orifício preto do olho). Por essa combinação formar uma "imagem" muito complexa, a leitura da íris é um formato equivalente ou mais preciso que a impressão digital.

Por nem sempre necessitar da checagem do fundo do olho, é um método mais rápido de identificação. A preferência por identificação da íris também se baseia no fato desta praticamente não mudar durante a vida da pessoa.



Figura 19 – Reconhecimento biométrico da íris.

Análise da íris – Imagem por: <http://www.smartsec.com.br/biometria.html>

1.4.1.4 Reconhecimento Através da Geometria da Mão

O reconhecimento através do formato da mão do indivíduo é um dos métodos de identificação mais antigo que existe.

Esse método consiste em medir as características físicas geométricas de dedos e mãos de um usuário.

Para utilizá-lo, a pessoa deve posicionar sua mão no dispositivo leitor sempre da mesma maneira como mostrado na figura 17, do contrário as informações de medidas poderão ter diferenças. Por esse motivo, os dispositivos leitores contêm pinos que indicam onde cada dedo deve ficar posicionado. Uma vez posicionado de forma correta câmeras captam uma imagem superior e outra lateral de onde se extraem dados como altura, comprimento, área e determinadas distâncias, transformando esses dados em um modelo matemático que é comparado com uma base de padrões.



Figura 20 – Reconhecimento através da geometria da mão.

Imagem por: <http://www.smartsec.com.br/biometria.html>

1.4.1.5 Reconhecimento Através da Face

O reconhecimento facial pode ser realizado mediante uma câmera que captura dos traços do rosto ou por padrões de emissão de calor infravermelho facial de uma pessoa.

O realizado utilizando a câmera é um processo que se assemelha em parte com a leitura da geometria das mãos como mostra a figura 21, mas considera o formato do nariz, do queixo, das orelhas, etc.



Figura 21 – Sistema de reconhecimento facial em ônibus coletivo em Limeira – SP.

Adaptada de: <http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2014/06/reconhecimento-facial-em-onibus-comeca-funcionar-em-limeira-sp.html>

1.4.1.6 Reconhecimento Através da Voz

Nesse processo a identificação funciona através da dicção de uma frase que atua como senha. O usuário deverá informar a um reconhecedor a tal frase sempre que for necessária sua identificação. O entrave dessa tecnologia é que ela deve ser usada em ambientes sem ruídos, pois estes podem influenciar no processo. Além disso, se o indivíduo estiver rouco ou gripado sua voz sairá diferente e poderá atrapalhar sua validação. Por esta razão, a identificação por voz ainda é pouco aplicada.

A figura 22 esboça essa tecnologia no automóvel.



Figura 22 – Reconhecimento de voz

Imagem de: http://quatorrodas.abril.com.br/reportagens/novastecnologias/conteudo_243912.shtml

1.4.1.7 Reconhecimento Através da Assinatura

Esse tipo de identificação consiste na comparação da assinatura com uma versão gravada em um banco de dados. Além disso, é feita a verificação da velocidade da escrita, a força aplicada, entre outros fatores. É um dos mecanismos mais usados em instituições financeiras, embora não se trate completamente de um método biométrico.



Figura 23 – Reconhecimento através da assinatura

1.4.1.8 Reconhecimento Através da Impressão Digital

O reconhecimento através da impressão digital é um método que tem sido utilizado por mais de um século para fins de identificação humana, no século XIX, Sir Francis Galton definiu alguns dos pontos ou características da qual foi possível identificar impressões digitais. Esses pontos são a base para a ciência da identificação da impressão digital atual.

A impressão digital é o padrão de sulcos e normalmente aparece como uma série de linhas escuras que representam os relevos, a porção do ombro das cristas de atrito, enquanto

que os vales entre esses sulcos como aparece em branco e estão em baixo relevo, a porção de base das arestas de fricção.

A identificação da impressão digital é baseada principalmente em minúcias, bifurcações ou a localização e a direção do final dos sulcos ao longo de seu caminho.

A imagem 24 mostra exemplo de características da impressão digital.

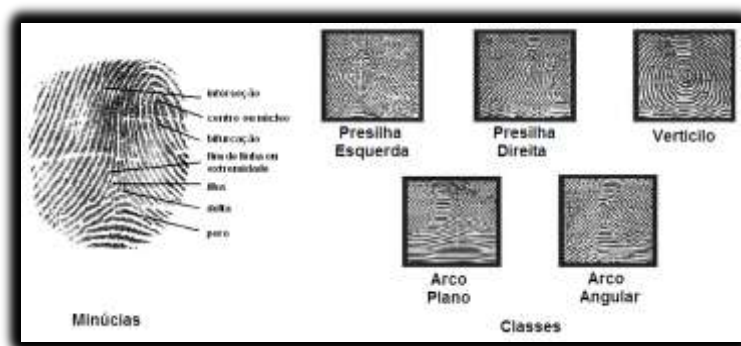


Figura 24 – Características da impressão digital

Adaptado de: <http://jpconsultoria.com.br/Seguranca/Biometria ImpressoesDigitais.html>

Existem vários tipos de tecnologia para a identificação através da impressão digital, são elas:

- ✓ Ultrassônica;
- ✓ Capacitiva;
- ✓ Térmica;
- ✓ Por campo elétrico;
- ✓ E óptica.

Essas tecnologias serão explicadas a seguir.

1.5 TIPOS DE LEITORES DE IMPRESSÃO DIGITAL

1.5.1 Modelo Ultrassônico

Nesse tipo de tecnologia um feixe ultrassônico é dirigido a superfície do dedo, para medir a profundidade dos sulcos com base no sinal refletido.

A oleosidade da pele não interfere nesse modelo de leitor que refletem bem a topologia dos sulcos. Mas tem a desvantagem de serem unidades relativamente grandes e o seu tempo no processo de captura maior do que os leitores ópticos.

1.5.2 Modelo Capacitivo

Os leitores capacitivos utilizam corrente elétrica ao invés de luz como no óptico para gerar a imagem das cristas e vales que compõem uma impressão digital.

Neste método cada pixel da matriz é parte de um micro capacitor. O pixel terá uma placa do capacitor, a outra placa será a própria pele do usuário e o dielétrico será constituído pelo material entre a pele e a placa do qual é constituído o suporte do dedo ou este material e o ar que dependerá da parte do dedo que toca o pixel, se é um vale ou um sulco como mostrado na figura 25.

No caso de um sulco tocar o pixel a capacitância será menor, pois a pele vai tocar diretamente o material que separa a outra placa do capacitor. Se for um vale terá uma pequena porção de ar entre a pele e o suporte, sendo assim o dielétrico terá uma constante maior que a do outro caso, tendo a capacitância maior.

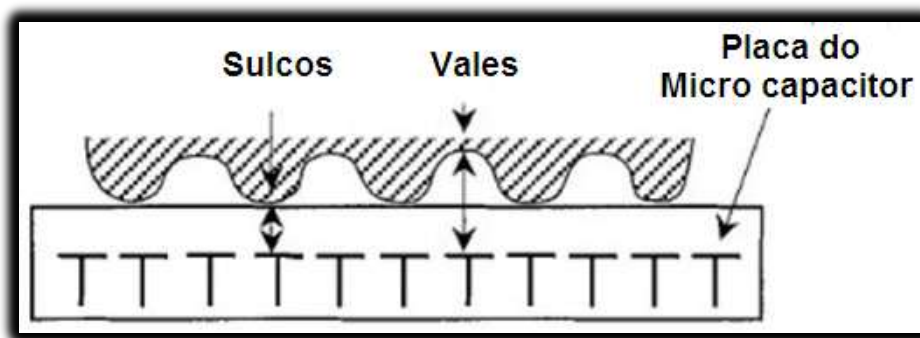


Figura 25 – Funcionamento de um Leitor Capacitivo

Adaptado de: http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/impdigital/index_files/Page298.htm

1.5.3 Modelo Térmico

Nesse modelo a superfície de contato é mantida a uma dada temperatura não nociva. A temperatura sem toque é conhecida em um pequeno intervalo de tempo após o contato com o dedo a temperatura da superfície onde há o contato com os sulcos sofre uma variação, enquanto na região dos vales sofre uma variação menor.

A figura 26 demonstra o exemplo de aquisição.

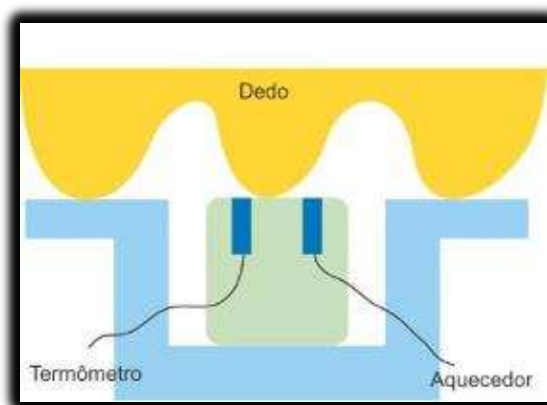


Figura 26 – Funcionamento de um leitor térmico.

Adaptado de: http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/impdigital/index_files/Page298.htm

1.5.4 Modelo por campo elétrico

Nesse modelo um sinal eletromagnético é enviado para a pele do usuário e será modulado pela variação da pele causada pelos sulcos e vales que será captado por micro antenas.

O dedo deve tocar o gerador do sinal ao mesmo tempo que toca o sensor para que o sinal seja captado na posição esperada e para que não sofra interferência de outros sinais como é ilustrado na figura 27.

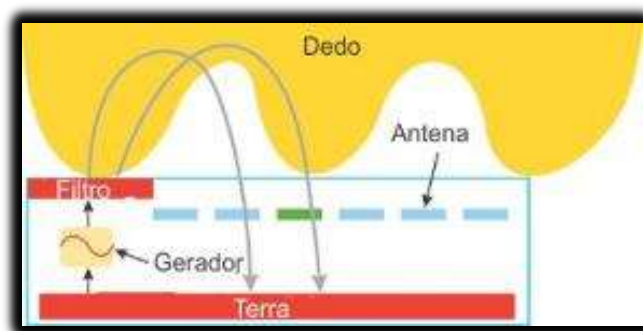


Figura 27 – Funcionamento do modelo por campo elétrico.

Imagem de: http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/impdigital/index_files/Page298.htm

1.5.1 Modelo Óptico

Esse tipo de leitor será usado neste trabalho e é um dos mais comuns utilizados atualmente pelos desenvolvedores de aplicações com tecnologia biométrica através da impressão digital.

O sistema é composto de um scanner óptico no qual seu núcleo possui um Dispositivo de Carga Acoplada (CCD – *Charge-Coupled Device*). O CCD consiste apenas em uma série de diodos sensíveis à luz chamada *photosite*, que geram um sinal elétrico em respostas aos fótons de luz que iluminam as cristas e sulcos do dedo que normalmente esta apoiada em uma placa de cristal.

A figura 28 ilustra esse processo.

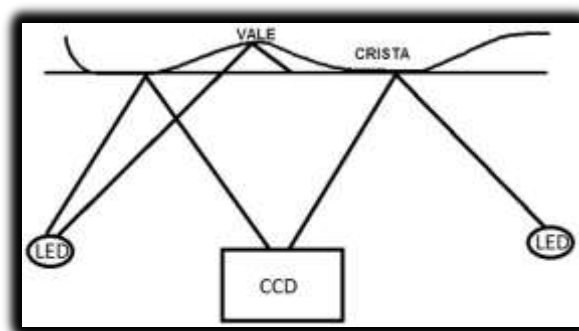


Figura 28 – Processo de captura através da câmara CCD

Fonte: <http://biometriabrasil.com/2012/08/29/leitores-de-impressao-digital-opticos/>

O sistema CCD gera uma imagem invertida do dedo com áreas mais escuras representando mais luz refletida pelos sulcos do dedo e áreas mais claras gerando menos luz refletida pelos vales entre os sulcos iniciando o processo de digitalização.

Durante esse processo o processador verifica se a imagem capturada é nítida procedendo com a comparação entre a digital capturada e armazenada. Essa comparação se dá através das características específicas da impressão digital conhecida como minúcias que são cumes locais que estão localizados em uma bifurcação ou extremidade.

O software do sistema utiliza algoritmos para reconhecer e analisar essas minúcias medindo a posição relativa delas. O sistema não precisa encontrar todas as minúcias padrão

entre a capturada e a armazenada, não existindo assim um número padrão para a programação do scanner que dependerá do programador da aplicação, mas isso é um dado importante já que pode afetar sua precisão e desempenho.

A figura 29 e 30 abaixo mostra o fluxo do processo de identificação, cadastramento e autenticação.

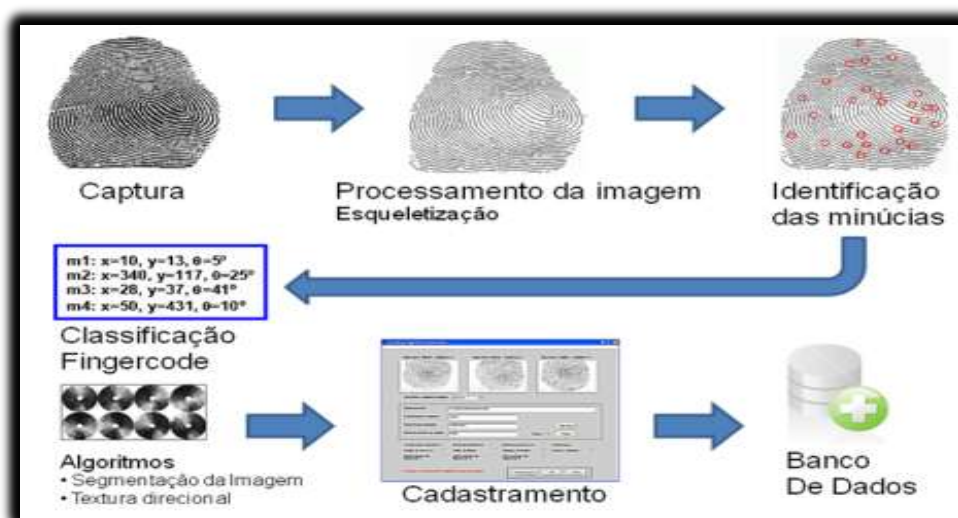


Figura 29 – Processo de cadastramento.

Imagem de: http://jpconsultoria.com.br/Seguranca/Biometria_ImpressoesDigitais.html

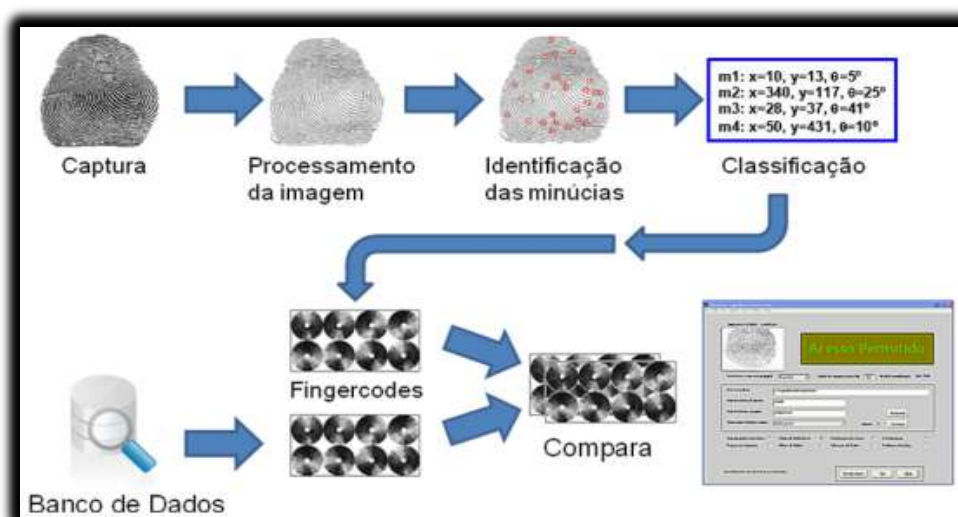


Figura 30 – Processo de autenticação.

Imagem de: http://jpconsultoria.com.br/Seguranca/Biometria_ImpressoesDigitais.html

1.6 COMUNICAÇÃO SERIAL RS232

1.6.1 Comunicação de Dados

Com a necessidade de se transmitir e receber dados fora dos circuitos que constituem a aplicação a ser desenvolvida, onde muitas vezes a longa distância gera uma distorção do sinal elétrico que trafega em meios aos condutores, causando um problema de transmissão de dados imprecisa.

Para sanar esse problema, foi criado um conceito chamado de comunicação de dados, que estuda os meios de transmissão de mensagens digitais para dispositivos externos ao circuito originador da mensagem, com o objetivo de que um sistema de comunicação forneça a maior taxa de transmissão possível, com menor potência e com menor ruído possível.

Os dados ou informação podem ser representados por bits de dados individuais agrupados em mensagens de vários bits. Um *byte* (conjunto de 8 bits) é um exemplo de uma unidade de mensagem que pode trafegar através de um canal de comunicação digital.

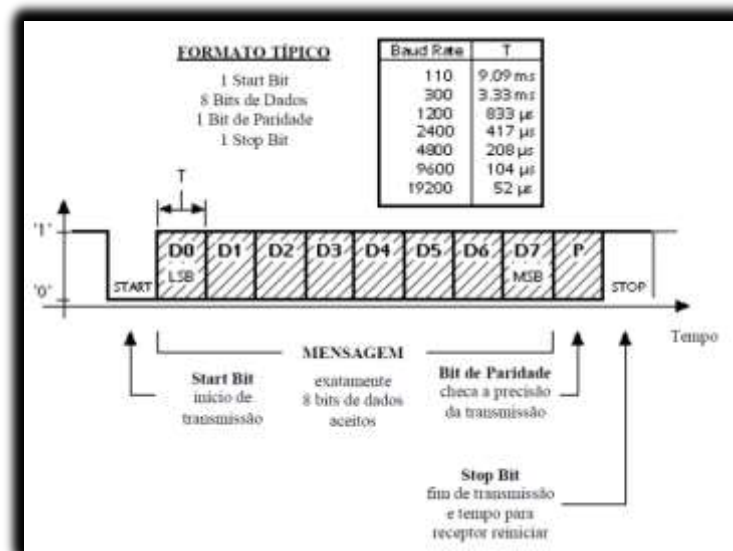


Figura 31 – Formato da mensagem transmitida via serial

Pode se também agrupar um conjunto de bytes formando um “*frame*” ou outra unidade de mensagem de níveis maiores que facilitem o reconhecimento de mensagem, como no caso

dos dados que serão transmitidos e recebidos entre o microcontrolador e leitor de impressão digital deste projeto.

A figura 32 demonstra o comando transmitido entre o microcontrolador e o leitor biométrico.

Packet Type	StartByte	Command	Param1	Param2	DataSize	ErrorCode	H-Chksum
Command	0x7E	0x23	0x0	0x0	0x0	0x0	0x23
Acknowledge	0x7E	0x23	0x1	0x0	0x0	0x0	0x24

Figura 32 – Exemplo do pacote de comando enviado via RS-232

Mas para que aja a transmissão de dados se faz necessário que se tenha um canal de comunicação que nada mais é que um caminho sobre o qual a informação pode trafegar. Ela pode ser definida por linhas físicas (fios), onde se conectam dispositivos de comunicação, ou por rádio frequência, laser ou qualquer outra fonte.

Há três tipos de canais de comunicação sendo eles:

Canal simplex: Onde a direção de transmissão é inalterada, ou seja, a informação flui em um único sentido.

Canal Half-duplex: Canal físico simples onde a direção de transmissão pode ser revertida, podendo fluir nas duas direções, mas apenas uma de cada vez.

Canal Full-duplex: Permite que a mensagem possa ser trocada simultaneamente em ambas as direções.

2. DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA

2.1 Leitor Biométrico FIM5360

O FIM5360 é um dispositivo de identificação de impressão digital (*Fingerprint Identification Module*), um módulo de reconhecimento de impressão digital autônomo, composto por um sensor óptico e uma placa de processamento.

Este dispositivo possui uma CPU de alta velocidade e um algoritmo otimizado de reconhecimento de impressão digital que oferece uma elevada capacidade de reconhecimento e velocidade para operações de identificação 1:N e verificação 1:1 para os usuários, proporcionando ótimas condições para aplicação em sistemas de acesso.



Figura 33 – Módulo do Leitor biométrico FIM5360

Esse leitor permite que se faça dois tipos de aplicações, sendo elas:

Aplicações off-line: Nesse tipo de aplicação os usuários são armazenados na memória de um equipamento externo conectado ao leitor como um PC, sendo a identificação feita através de um algoritmo de busca interno.

Aplicações on-line: Nesse tipo de aplicação a impressão digital que se pretende verificar (1:1) ou identificar (1:N), são armazenadas na memória volátil do módulo, sendo transmitidas através de uma porta serial com protocolo RS-232.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS

O FIM5360 tem como principais características:

- ✓ Capacidade de armazenamento de até 1000 usuários;
- ✓ Função de auto captura;
- ✓ Permite identificação da impressão digital em aplicações on-line e off-line em um mesmo dispositivo;
- ✓ Alta velocidade do algoritmo 1:N;
- ✓ Uso de lógica dedicada para extração de imagem de alta qualidade;
- ✓ Excelente reconhecimento de impressão digital fraca, molhada e ressecada.

2.1.5 Especificações de Operação

Na tabela a seguir é descrita as especificações de operações do módulo FIM5360.

Operation Specification	
ITEM	FIM5360
Capture Speed	0.2 [sec]
Verification Speed	Less than 1 [sec]
Boot Up Time	0.4 [sec] for 100 templates
	0.5 [sec] for 1,000 templates
	0.7 [sec] for 2,000 templates
Data Encryption Method	AES for saving data
	AES for DB communication

Tabela 2 – Tabela de especificações de operação do módulo FIM5360.

2.1.6 Especificações do Sensor

O sensor do módulo FIM5360 possui as seguintes especificações.

OPP-06	
Sensor Name	OPP-06
Sensing Type	Optical
Sensing Area	15.0mm x 18.5mm
Image Resolution	500 DPI
Image Size	260 x 300

Tabela 3 – Especificações do Sensor do módulo FIM5360.

2.1.7 Especificações de Interface

As especificações de interface do leitor de impressão digital são mostradas na tabela a seguir.

Interface	
RS232 Level UART	RS-232C Up to 115200bps Baud Rates supported (Default : 9600bps)
I/O	Sensor LED control, 2 relay output

Tabela 4 – Especificações da interface de comunicação serial do módulo FIM5360.

2.1.8 Descrição Dos Pinos De Conexão Externa (Jp2)

Podemos observar a descrição dos pinos de conexão do módulo FIM5360 na tabela 05.

● 9-Pin External Connector (JP2)		
Pin	Pin Name	Description
1	VCC	Supply Voltage (HV – 5V, LV – 3.3V)
2	EXT_RXD	UART Channel 1 port receiving signal from host (RS232 Level)
3	EXT_TXD	UART Channel 1 port transmitting signal to host (RS232 Level)
4	GPIO0	General Purpose Input / Output 0
5	GPIO1	General Purpose Input / Output 1
6	GPIO2	General Purpose Input / Output 2
7	GPIO3	General Purpose Input / Output 3
8	GPIO4	General Purpose Input / Output 4
9	GND	Ground

Tabela 5 – Descrição dos pinos do conector JP2.

2.2 Microcontrolador PIC18F4520

Neste projeto está sendo utilizado o microcontrolador PIC18F4520 fabricado pela *Microchip*, por suprir todos os requisitos necessário para implementação do sistema, tanto dos periféricos de entrada como nos de saída e da comunicação serial através do protocolo RS232.

O PIC18F4520 é responsável pelo processamento, envio e recepção dos dados seriais do leitor de impressão digital FIM5360, pelo envio de dados para o LCD, onde é possível visualizar os parâmetros e mensagens do sistema e pelo gerenciamento dos sinais analógicos de entrada e saída do circuito.

A figura 35 mostra a descrição dos pinos do microcontrolador PIC18F4520.

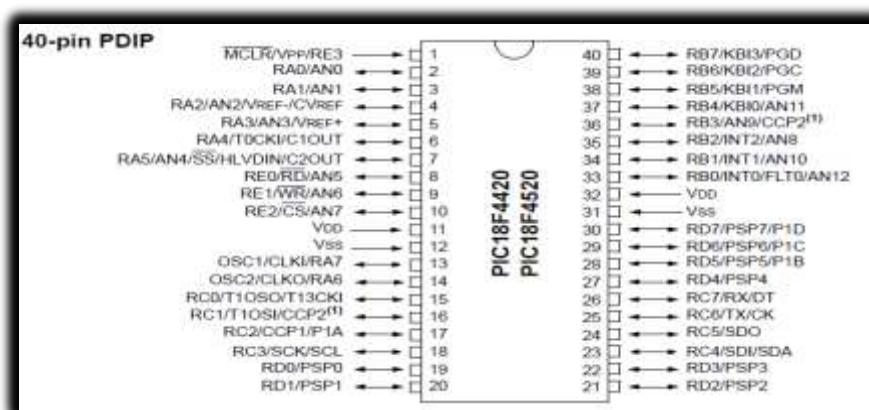


Figura 35 – Descrição dos Pinos do Microcontrolador PIC18F4520.

2.2.1 Características Gerais do Microcontrolador

O microcontrolador PIC18F4520 possui as características descritas a seguir.

- ✓ Conversor A/D de 10 bits e 13 canais;
- ✓ 2 comparadores analógicos;
- ✓ 2 Módulos de Comparação, Captura e PWM;
- ✓ 1 Temporizador/contador de 8 bits com pré-escala;
- ✓ 3 Temporizadores/contadores de 16 bits com pré-escala;
- ✓ Interface serial tipo SPI ou I2C;
- ✓ Interface serial tipo USART, com suporte para RS-485, RS-232 e LIN 1.2;
- ✓ Interface para periféricos paralelos;
- ✓ 20 fontes de interrupção
- ✓ Watchdog interno.

2.3 Display de Cristal Liquido 2x16 (Jhd162a)

O display de cristal liquido LCD (*Liquid Crystal Display*) utilizado nesse projeto é um dispositivo de visualização gráfica, para visualização de símbolos e caracteres. Ele tem a função de servir como interface entre o usuário e o circuito mostrando as mensagens e parâmetros que o sistema apresenta em seu funcionamento.

A figura 36 mostra o display LCD utilizado no sistema.



Figura 36 – Imagem do display de cristal líquido 16 colunas por 2 linhas.

2.3.1 Configuração dos Pinos do Display LCD

A figura 37 a seguir mostra a configuração dos pinos do display de cristal líquido.

Pin NO	Symbol	Function
1	Vss	GND
2	Vdd	+3V or +5V
3	Vo	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register select signal
5	R/W	H/L Read / write signal
6	E	H→L Enable signal
7	DB0	H/L Data bus line
8	DB1	H/L Data bus line
9	DB2	H/L Data bus line
10	DB3	H/L Data bus line
11	DB4	H/L Data bus line
12	DB5	H/L Data bus line
13	DB6	H/L Data bus line
14	DB7	H/L Data bus line
15	A/Vee	+4.2V for LED (M+00) / Negative Voltage output
16	K	Power supply for B/L (0V)

Figura 37 – Pinagem do display de cristal líquido.

2.4 Interface de Comunicação Max232

A maioria dos equipamentos digitais utilizam níveis de TTL ou CMOS. Portanto para se conectar um dispositivo digital a uma interface RS232 é necessário transformar os níveis TTL (0 a 5 volts) em RS232 e vice-versa. Para isso é utilizado circuitos integrados denominados de conversores de níveis.

No circuito deste projeto foi utilizado para a comunicação entre o PIC18F4520 e o leitor de impressão digital FIM5360 o conversor de nível MAX232 que pode ser visualizado na figura 38 a seguir.

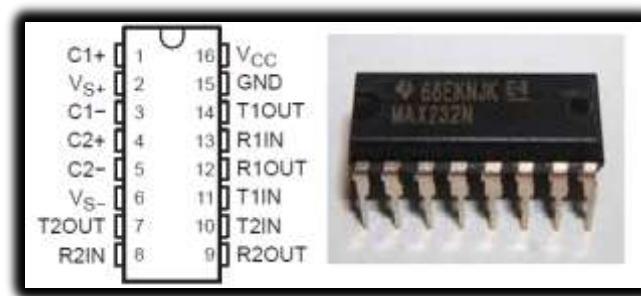


Figura 38 – Circuito integrado conversor de nível Max232.

Ele inclui um circuito do tipo “*charge pump*” que é capaz de gerar tensões entre +10 e -10 volts a partir de uma fonte de alimentação simples de +5 volts utilizando capacitores externos conforme se pode observar na figura 39.

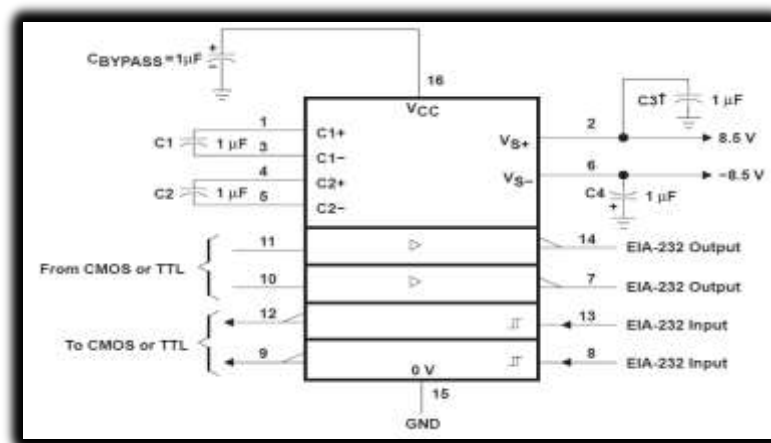


Figura 39 – Esquema de ligação do Max232.

2.5 Circuitos de saídas

Devido à pequena faixa de corrente que temos nas saídas dos microcontroladores, no caso do PIC18F4520 utilizado nesse projeto que está em torno de 20mA, o que no máximo nos permite acender dois leds diretamente em sua porta, sem danificar o microcontrolador.

Para aplicações onde queremos controlar cargas de correntes maiores ou simplesmente chaveá-las, se faz necessário utilizar circuito para amplificar as saída, podemos encontrar vários componentes que podem controlar desde relés até pequenos motores como no caso do CI ULN2003.

Componente esse que será utilizado em nosso trabalho e será descrito a seguir.

2.5 CI ULN2003

O CI ULN2003 empregado no projeto tem como função amplificar a saída do microcontrolador que irá efetuar o acionamento dos relés do motor de partida e de alimentação da linha KL15 (pós chave). Além de comandar o acionamento do leitor biométrico FIM5360 e do display LCD.

Esse componente é do tipo NPN e internamente é composto por sete conjuntos de transistores Darlington, um transistor especial formado por dois transistores bipolares interligados em cascata que possui um alto ganho de corrente, ideal para controlar circuitos de alta corrente com baixas correntes.

A figura a seguir demonstra essa configuração.

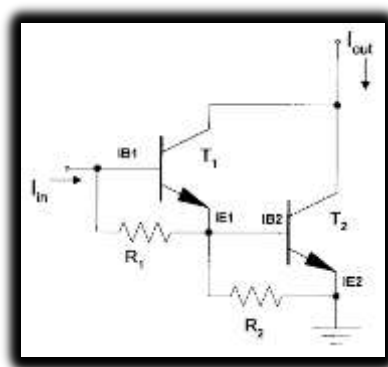


Figura 40 – Configuração interna do transistor Darlington.

Ao analisarmos a figura percebemos que o emissor do transistor T1 alimenta a base do transistor T2. Essa corrente pode ser determinada através da equação:

$IE1 = \beta_1 \times IB1$	1
----------------------------	---

E a equação do transistor T2 pode ser determinada por:

$IE2 = \beta_2 \times IB2$	2
----------------------------	---

Onde a corrente de emissor do transistor T1 é a mesma da base do transistor T2, assim observamos que:

$IE1 = IB2$	3
-------------	---

Substituindo as equações (2) e (3) teremos:

$IE2 = \beta2 \times IB2 = \beta2 \times IE1$	4
---	---

Podemos chegar à equação final substituindo na equação IE1 (1):

$IE2 = \beta2 \times \beta1 \times IB1$	5
---	---

Conclui se então que o ganho deste tipo de configuração é maior, pois aproveita o ganho dos transistores, no quais se multiplicam.

O circuito também é composto por diodos que serve de proteção contra corrente reversa e resistores, que limitam a corrente de coletor e base.

As características elétricas e configuração interna serão apresentadas nas tabelas a seguir.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS			
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_O	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_C	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

Tabela 6 – Características elétricas do CI ULN2003.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)							
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50\text{V}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $V_{CE} = 50\text{V}$			50 100	μA μA	1a 1a
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$ for ULN2002A $V_{CE} = 50\text{V}$, $V_I = 6\text{V}$			500	μA	1b
		for ULN2004A $V_{CE} = 50\text{V}$, $V_I = 1\text{V}$			500	μA	1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 100\text{mA}$, $I_B = 250\mu\text{A}$		0.9	1.1	V	2
		$I_C = 200\text{mA}$, $I_B = 350\mu\text{A}$		1.1	1.3	V	2
		$I_C = 350\text{mA}$, $I_B = 500\mu\text{A}$		1.3	1.6	V	2
$I_{(in)}$	Input Current	for ULN2002A, $V_I = 17\text{V}$		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2003A, $V_I = 3.85\text{V}$		0.93	1.35	mA	3
		for ULN2004A, $V_I = 5\text{V}$		0.35	0.5	mA	3
		$V_I = 12\text{V}$		1	1.45	mA	3
$I_{(off)}$	Input Current	$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $I_C = 500\mu\text{A}$	50	65		μA	4
$V_{(in)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}$ for ULN2002A $I_C = 300\text{mA}$			13	V	5
		for ULN2003A $I_C = 200\text{mA}$			2.4	V	
		$I_C = 250\text{mA}$			2.7	V	
		$I_C = 300\text{mA}$			3	V	
		for ULN2004A $I_C = 125\text{mA}$			5	V	
		$I_C = 200\text{mA}$			6	V	
		$I_C = 275\text{mA}$			7	V	
		$I_C = 350\text{mA}$			8	V	
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A $V_{CE} = 2\text{V}$, $I_C = 350\text{mA}$	1000				2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	$0.5 V_I$ to $0.5 V_O$		0.25	1	μs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	$0.5 V_I$ to $0.5 V_O$		0.25	1	μs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	$V_R = 50\text{V}$			50	μA	6
		$T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$, $V_R = 50\text{V}$			100	μA	6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	$I_F = 350\text{mA}$		1.7	2	V	7

Tabela 07 – Características elétricas do CI ULN2003.

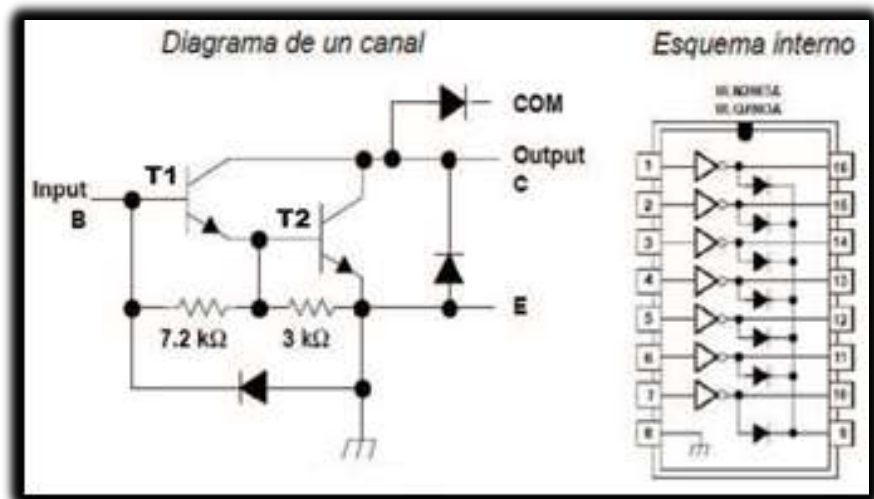


Figura 41 – Configuração interna do CI ULN2003.

3. DESENVOLVIMENTO DE HARDWARE E SOFTWARE

3.1 HARDWARE

Inicialmente o circuito foi desenvolvido e simulado virtualmente no ambiente de desenvolvimento do programa *ISIS Professional* da empresa *Labcenter Electronics*. E o *layout* do circuito da placa foi elaborado no *ARES Professional* programa que está incorporado ao *ISIS Professional*.

Partes do circuito elaborado no *ISIS Professional* serão demonstradas nas figuras que descrevem a funcionalidade do projeto.

Após as simulações do circuito em ambiente virtual o mesmo foi montado em uma matriz de contatos antes de finalmente ser feita a placa de circuito impresso.

A construção do hardware foi dividida em seis circuitos descritos a seguir.

- ✓ Microcontrolador;
- ✓ Display LCD;
- ✓ Circuito de comunicação serial;
- ✓ Circuitos de condicionamento dos sinais de entrada;
- ✓ Circuitos de condicionamento dos sinais de saída;
- ✓ Módulo do sensor biométrico.

3.1.1 Circuito do Microcontrolador

O circuito do microcontrolador é composto pelos componentes PIC18F4520, um cristal de 20 MHz e o circuito do Master Clear Reset (MCLR).

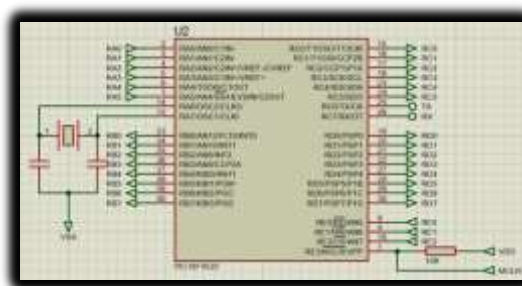


Figura 42 – Circuito do microcontrolador no simulador *ISIS Professional*.

3.1.4 Circuito de Condicionamento dos Sinais de Entrada

O circuito de condicionamento dos sinais de entrada possui uma configuração do tipo *Pull-Up*, devido à alta impedância de entrada das portas do microcontrolador.

O circuito é composto por dois resistores de $10k\Omega$ e $100k\Omega$, que tem como função evitar continuas oscilações entre o nível lógico alto e baixo.

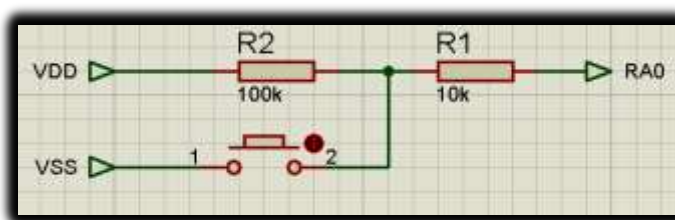


Figura 45 – Circuito de entrada no simulador ISIS *Professional*.

3.1.5 Circuito de Condicionamento dos Sinais de Saída

No circuito de condicionamento de saída utilizamos o CI ULN2003, devido as suas características citadas acima.

Este circuito será responsável pelo chaveamento e alimentação dos circuitos:

- ✓ Leitor Biométrico FIM5360;
- ✓ Display de LCD 16x2;
- ✓ Relé de partida;
- ✓ Relé de alimentação da linha KL15;

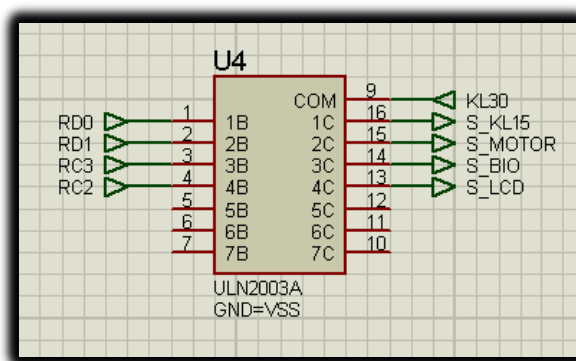


Figura 46 – Circuito de saída no simulador ISIS *Professional*.

3.2 SOFTWARE

Para a programação do microcontrolador foi utilizada a Linguagem C, por se trata de uma linguagem de alto nível e de fácil aplicação ao microcontrolador e leitor biométrico adotado nesse projeto.

Foram obedecidos os padrões de comandos do Leitor Biométrico desenvolvido pela empresa *Nitgen*, que são compostos por pacotes de dados e são transmitidos e recepcionados pelo leitor biométrico e microcontrolador através da comunicação serial.

Esses pacotes possuem o tamanho máximo de 64 kBytes sendo formado pelo Start Byte, Header, Data e Data Checksum, no qual esses dois últimos são opcionais e são enviados apenas se necessário.

A figura a seguir demonstra a organização do pacote de dados.

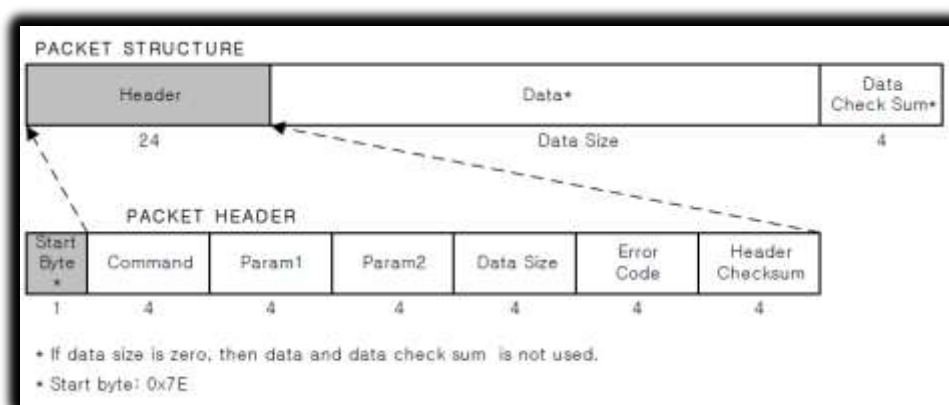


Figura 47 – Estrutura do pacote de dados do Leitor Biométrico FIM5360.

3.2.1 Programação do Microcontrolador

O circuito apresentado nas figuras acima obedece a uma lógica de funcionamento, determinada por um algoritmo que tem por objetivo substituir a chave de ignição no momento da partida e ao mesmo tempo gerar uma simplicidade de operação do equipamento e zelar pela segurança por parte do usuário.

Foi utilizado o software da CCS *PCWHD Compiler* para edição e compilação do código e o MPLAB IDE da *Microchip* para edição e gravação do código no microcontrolador PIC18F4520.

Para que isso fosse possível o código foi dividido em duas partes sendo condicionado pelo sinal da porta do motorista seguindo a seguinte estratégia.

3.2.2 Estratégia de Bloqueio e Partida do Motor

A estratégia de bloqueio e partida do motor tem como função identificar o usuário, autorizando o mesmo a dar a partida no motor do veículo, desde que sejam atendidos os pré-requisitos.

Para simular o relé de partida do veículo foi utilizado um *cooler* alimentado com uma tensão de 12 Volts que representará o sistema indutivo do relé, onde o mesmo está sendo chaveado por comando do microcontrolador após o usuário ser reconhecido pelo sistema como mostra a figura 48 a seguir.



Figura 48 – Mensagem após identificação biométrica positiva

Essa estratégia foi dividida em duas partes por se ter a necessidade da função manobrista que será explicado adiante.

Na primeira parte para que seja possível realizar o acionamento do motor de partida será necessário que as seguintes condições sejam atendidas.

1. O veículo esteja com a porta fechada.
2. O botão Menu seja pressionado.
3. O usuário deve ser um usuário cadastrado e autorizado no sistema de reconhecimento biométrico.

4. O botão Start/Stop deve ser pressionado.



Figura 49 – Mensagem ao acionar Start/Stop.

3.2.3 Estratégia de Cadastro de Usuários

A função de cadastro de usuários é responsável pela inclusão de usuários no sistema para que o mesmo seja reconhecido pelo sistema e tenha autorização para as funções contidas nesse projeto, a figura 50 a seguir demonstra a mensagem de entrada do menu principal.



Figura 50 – Mensagem do menu de configurações de usuários.

As condições para que se possa realizar o cadastro de usuários são as seguintes.

1. O veículo deve estar com a porta aberta;
2. O botão Menu seja pressionado;
3. O usuário deve ser um usuário cadastrado e autorizado no sistema de reconhecimento biométrico;
4. A opção de cadastro deve ser selecionada;
5. O usuário deverá posicionar duas vezes a digital no leitor biométrico para que seja realizada a operação.



Figura 51 – Mensagem para seleção da inclusão de usuários no sistema.

3.2.4 Estratégia de Exclusão de Usuários

Ao contrário da função de cadastro a estratégia de exclusão de usuário retira o usuário do sistema não permitindo seu acesso a nenhuma função. Exceto se a função manobrista esteja ativada onde nesse caso será permitida a qualquer usuário dar a partida no veículo.

As condições para que se possa realizar a exclusão de usuários são as seguintes.

1. O veículo deve estar com a porta aberta;
2. O botão Menu seja pressionado;
3. O usuário deve ser um usuário cadastrado e autorizado no sistema de reconhecimento biométrico;
4. A opção de exclusão deve ser selecionada;



Figura 52 – Mensagem para seleção da exclusão de usuários.

3.2.5 Estratégia da Função Manobrista (VALET)

A função manobrista é responsável por permitir que usuários não cadastrados e reconhecidos pelo sistema possam dar a partida no motor do veículo desde que a mesma tenha sido habilitada por um usuário reconhecido e cadastrado.

Essa função se faz necessária pelo problema do veículo ser levado a oficinas, lava rápido e até mesmo pelo empréstimo do veículo a uma pessoa que não seja usuário do veículo frequentemente.

O procedimento para ativação da função é:

1. O veículo deve estar com a porta aberta;
2. O botão Menu seja pressionado;
3. O usuário deve ser um usuário cadastrado e autorizado no sistema de reconhecimento biométrico;
4. A opção Manobrista deve ser selecionada e ativada;

Após esses procedimentos qualquer usuário poderá somente dar a partida no veículo não sendo permitido qualquer outro procedimento. A partida deverá ser dada com a porta fechada e pressionando o botão Start/Stop.

Para a desativação da função deve se seguir os seguintes procedimentos:

1. O veículo deve estar com a porta aberta;
2. O botão Menu seja pressionado;
3. O usuário deve ser um usuário cadastrado e autorizado no sistema de reconhecimento biométrico;
4. A opção Manobrista deve ser selecionada e desativada;



Figura 53 – Mensagem para seleção da Função manobrista.

4. ANALISE E RESULTADOS

O conceito de biometria através da impressão digital, aplicado ao sistema de partida do veículo, se mostrou eficiente com relação ao bloqueio da partida e acesso as funções do equipamento já que, somente os usuários cadastrados e identificados podem ter acesso a essas funções, salvo quando a função manobrista estiver habilitada, onde a mesma desativa o sistema de bloqueio.

Para que isso fosse possível foi, utilizado um módulo de leitura óptico de impressões digitais que utiliza a comunicação serial RS232 com o microcontrolador para efetuar o cadastro e a identificação do usuário.

Esse módulo facilitou a montagem do hardware já que possui um algoritmo interno que faz todo o processo de aquisição, armazenamento e processamento da digital capturada, necessitando apenas de um CI para tratamento do sinal da comunicação serial como garantia para a transmissão das mensagens, mas dispensando o uso de uma memória externa.

Abaixo temos a figura do módulo de leitura da impressão digital conectado ao circuito integrado de tratamento do sinal da comunicação serial o MAX232.



Figura 54 – Conexão do módulo FIM5360 com o MAX232

Através de um monitoramento da serial foi possível extrair as mensagens que são formadas por pacotes de dados sendo iniciados pelo Start Byte denominado pelo fabricante do leitor como 0x7E, como mostra a figura 55 que ilustra em amarelo o comando de solicitação de conexão do microcontrolador e a resposta do leitor a essa solicitação em branco.

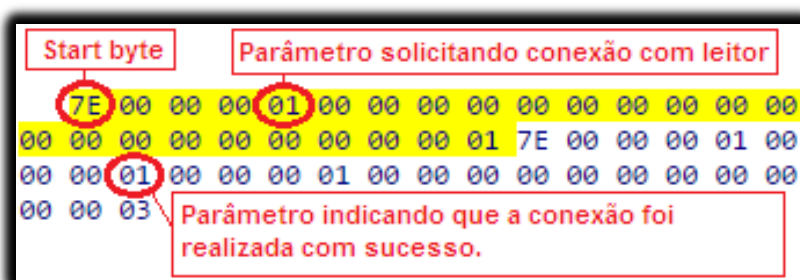


Figura 55 – Pacote de dados transmitidos através da comunicação serial.

Podemos comparar o comando da imagem 55 com a imagem 56 retirada do datasheet do módulo biométrico que descreve o formato do pacote de dados,

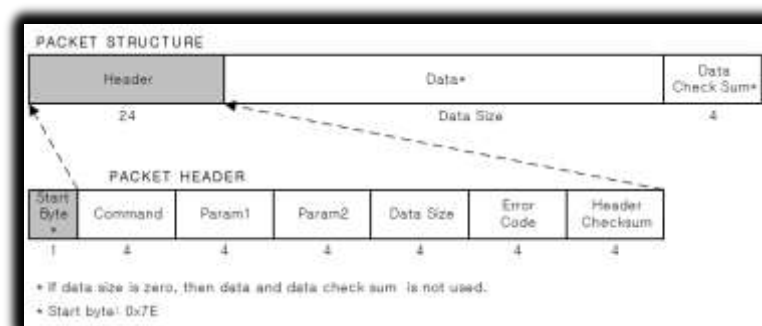


Figura 56 – Estrutura do pacote de dados

Esses pacotes são transmitidos e recepcionados tanto pelo leitor biométrico quanto pelo microcontrolador.

Apesar da biometria através da impressão digital ser um sistema de alta precisão, ter uma prevenção alta a acessos fraudulentos e ser uma tecnologia de fácil aplicação, ainda tem desafios a serem vencidos, pois o sistema biométrico através da impressão digital sofre interferência que foram observadas durante os testes do equipamento.

Essas interferências foram causadas por baixa oleosidade na digital, sujeira tanto na lente do leitor quanto no dedo e principalmente pelo posicionamento incorreto do dedo no leitor óptico que geraram falha na identificação como mostra a figura 57 que ilustra o comando de solicitação de identificação do microcontrolador em amarelo para o leitor biométrico que retornou uma resposta de falha na identificação.

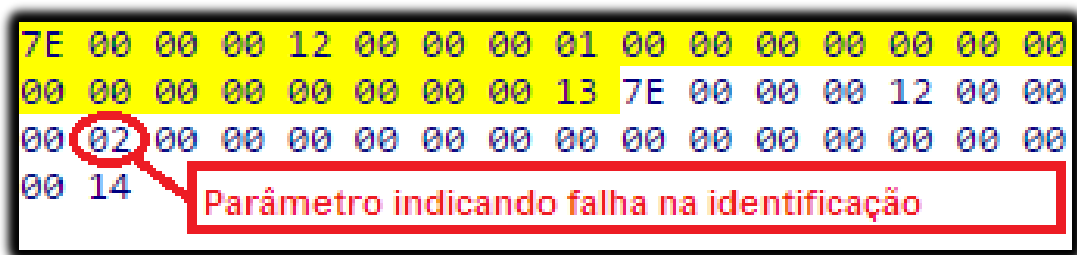


Figura 57 – Parâmetro de falha na identificação.

Esses detalhes geraram certo transtorno, pois teve que ser repetido o procedimento desde o início. Sendo um desafio a ser superado como proposta futura.

Tentando minimizar esse problema foi empregado ao circuito um display de LCD, para que o usuário possa interagir com o sistema, podendo ser visualizado o que esta acontecendo a cada passo através de textos que traduzem esses comandos numéricos.



Figura 58 – Mensagem mostrando usuário não reconhecido pelo sistema

5. CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão de curso demonstra que é possível a aplicação da biometria através da impressão digital para substituição da chave de ignição no momento da partida do veículo de uma forma segura, garantindo que o condutor do veículo é uma pessoa cadastrada no sistema.

Esse tipo de tecnologia tem a vantagem de ser de baixo custo, confiável e ter baixa vulnerabilidade a falhas, tornando o veículo mais seguro contra furto e mais cômodo para utilização do usuário, já que o mesmo não precisa se preocupar em carregar chaves ou cartões, como utilizados nos veículos atualmente.

O mesmo sistema pode ser utilizado para outras aplicações, como a personalização de outros sistemas de acordo com o perfil do usuário, por ser um sistema flexível e de fácil utilização.

Alguns desafios precisam ainda ser vencidos para tornar o sistema mais eficiente, para que ele se torne tão fácil de ser utilizado como a chave convencional evitando que usuário tenha que repetir o procedimento.

Como por exemplo, o posicionamento correto do dedo no leitor biométrico, fator este que influencia no processo de identificação do usuário.

Propostas Futuras

O projeto desenvolvido objetivou-se apenas no sistema de imobilização do veículo através da partida, ou seja, substituir a chave de ignição pelo conceito biométrico.

Mas o mesmo circuito pode ser empregado para outras funções de personalização e conforto para tornar a utilização ainda mais segura e confortável para o usuário.

Segue algumas das propostas para implementações futuras:

- ✓ Instalação direta no veículo para uma demonstração prática;
- ✓ Implementação de criptografia no processo de comunicação entre o leitor biométrico e o microcontrolador;
- ✓ Inclusão do circuito para travamento da coluna de direção do veículo;
- ✓ Melhoria no suporte que fixa o leitor biométrico a fim de se obter um melhor posicionamento para leitura da impressão digital do usuário;
- ✓ Adaptação de um sistema de Rádio Frequência para o destravamento das portas e geração de ID do usuário;
- ✓ Implementação do circuito em sistemas de conforto como armazenamento das estações de rádio, temperatura do ar condicionado, ajustes dos retrovisores ou bancos conforme a preferência do usuário a estar utilizando o veículo sendo feito automaticamente após o reconhecimento biométrico;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIOMETRIA. **Consultores Biometricos associados**. Disponivel em:

<http://www.consultoresbiometricos.com.br/05_Abiometria.php>. Acesso em: 02 Outubro 2014.

BIOMETRIA - Historia de la Biometria. **Acerca de la Biometria**. Disponivel em:

<<http://www.biometria.gov.ar/acerca-de-la-biometria/historia-de-la-biometria.aspx>>. Acesso em: 22 Outubro 2014.

BIOMETRIA: Impressão Digital. Disponivel em:

<http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/impdigital/index_files/Page298.htm>. Acesso em: 22 Outubro 2014.

BIOMETRIA: O que é Biometria. **I Biométrica**, 2012. Disponivel em:

<<http://www.ibiometrica.com.br>>. Acesso em: 22 outubro 2014.

BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva**. 25.^a Edição Alemã. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2005.

CANZIAN, E. **Mini Curso Comunicação Serial - RS232**. CNZ Engenharia e Informática Ltda. [S.l.], p. 18. 2001.

Diagnostico nos Sistemas Imobilizadores III. Volkswagen do Brasil Ltda. São Bernardo do Campo, p. 43. 2003.

FÓRUM Biometria. **Site Fórum Biometria**, 2014. Disponivel em:

<<http://www.forumbiometria.com/biometria.html>>. Acesso em: 01 Fevereiro 2014.

JOSÉ PARROT, V. C. T. C. F. M. E. F. T. Biometria - Impressões Digitais. **Biometria - Impressões Digitais**. Disponivel em:

<http://jpconsultoria.com.br/Seguranca/Biometria_ImpressoesDigitais.html>. Acesso em: 21 Outubro 2014.

MARECHAL, C. Doutor Chave. **Doutor Chave**, 2010. Disponivel em:

<<http://www.doutorchave.com.br/imobilizadores.html#>>. Acesso em: 14 Fevereiro 2014.

MONOGRAFIAS.COM. **Introducción a la biometría**. Disponível em:
<<http://www.monografias.com/trabajos43/biometria/biometria.shtml>>. Acesso em: 22
Outubro 2014.

PAPILOSCOPIA. Disponível em: <<http://www.papiloscopia.com.br/>>. Acesso em: 22
Outubro 2014.

PAULO, G. D. E. D. S. Secretária de Estado da Segurança Pública. **Secretária de Segurança
Pública**, 2014. Disponível em: <<http://www.ssp.sp.gov.br/estatistica/porRegiao.aspx?cod=2>>.
Acesso em: 23 Janeiro 2014.

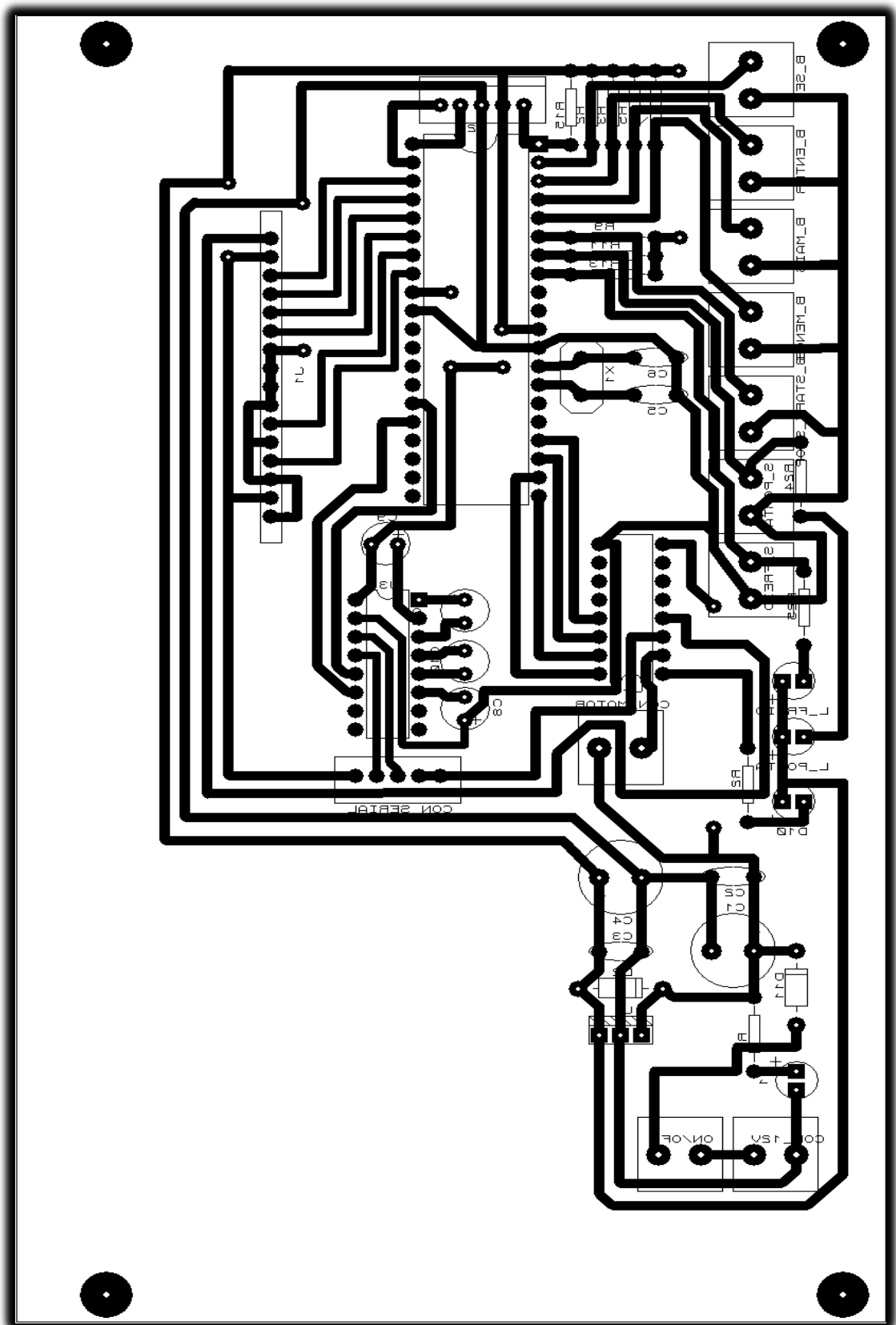
Protocol Guide. NITGEN. [S.l.], p. 123. 2011.

UAH. **Integrated Biometrics Laboratory**. Disponível em:
<http://www.ece.uah.edu/biometric/fingerprint_recognition.htm>. Acesso em: 22 Outubro
2014.

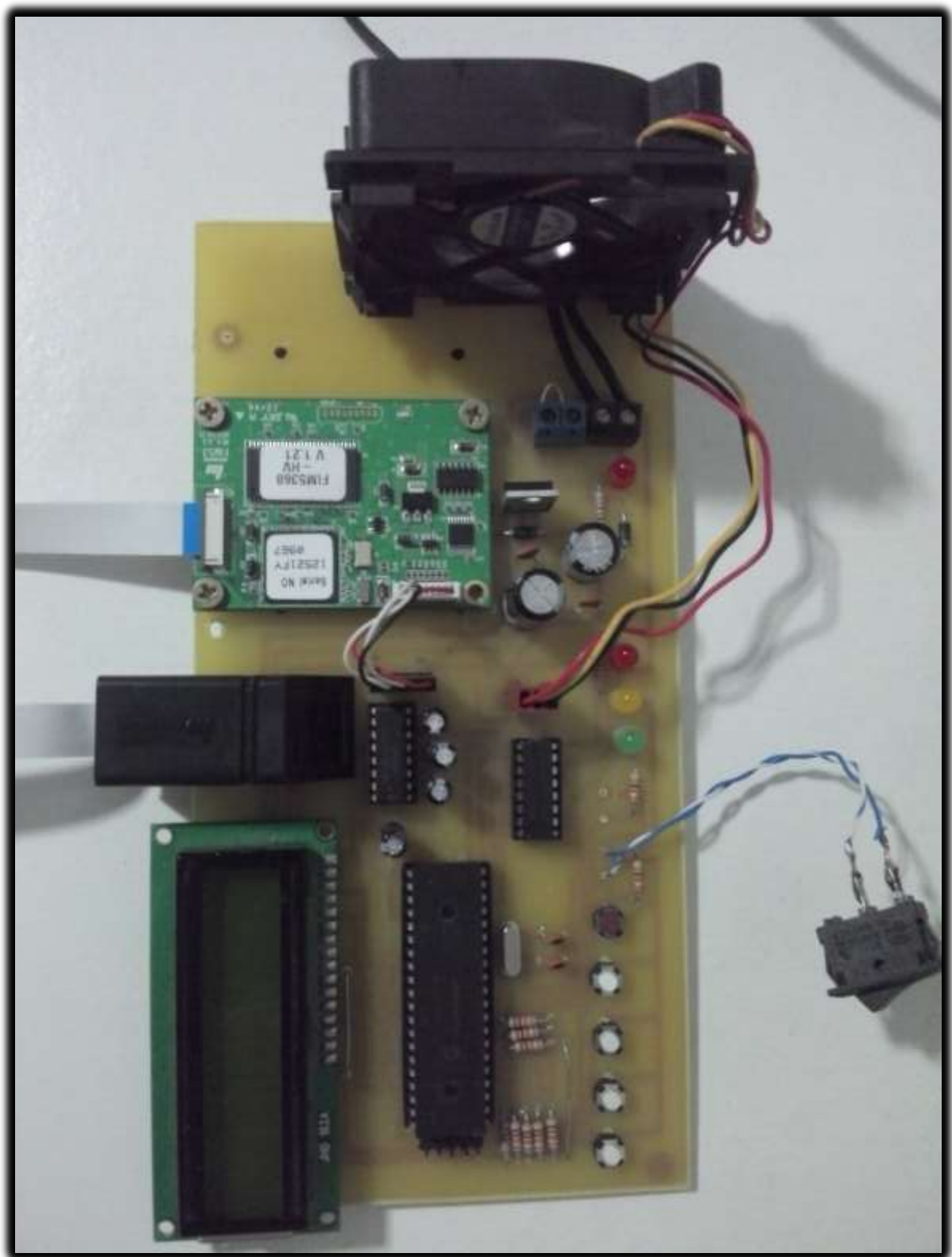
APENDICE A – Tabela com a descrição dos pinos do Microcontrolador

Descrição do pinos do PIC 18F4520			
Nº do Pino	Símbolo	I/O	Descrição
1	MCRL	I	Alimentação de +5V do PIC
2	RA0	I	Sinal do botão de SELEÇÃO de navegação do menu
3	RA1	I	Sinal do botão ENTER de navegação do menu
4	RA2	I	Sinal do botão MAIS de navegação do menu
5	RA3	I	Sinal do botão MENOS de navegação do menu
6	RA4	I	Sinal do botão de partida
7	RA5	I	Sinal do botão da porta do motorista
8	RE0	I	Sinal do botão do freio de mão
9	RE1	N/A	NÃO APLICADO
10	RE2	N/A	NÃO APLICADO
11	VDD	I	Alimentação de +5V do PIC
12	VSS	I	Alimentação de 0V do PIC
13	OSC1	I	Sinal do oscilador do PIC conectado ao cristal de 20MHz
14	OSC2	I	Sinal do oscilador do PIC conectado ao cristal de 20MHz
15	RC0	N/A	NÃO APLICADO
16	RC1	N/A	NÃO APLICADO
17	RC2	O	Saída de alimentação do catodo pino 16 do display LCD
18	RC3	O	Saída de alimentação do Leitor Biométrico
19	RD0	O	Saída de alimentação do relé da linha 15
20	RD1	O	Saída de alimentação do relé do motor de partida
21	RD2	N/A	NÃO APLICADO
22	RD3	N/A	NÃO APLICADO
23	RC4	N/A	NÃO APLICADO
24	RC5	N/A	NÃO APLICADO
25	TX	O	Saída do sinal de transmissão da serial
26	RX	I	Entrada do sinal de recepção da serial
27	RD4	N/A	NÃO APLICADO
28	RD5	N/A	NÃO APLICADO
29	RD6	N/A	NÃO APLICADO
30	RD7	N/A	NÃO APLICADO
31	VSS	I	Alimentação de 0V do PIC
32	VDD	I	Alimentação de +5V do PIC
33	RB0	O	Saída do sinal para o pino 4 "RS" do display LCD
34	RB1	O	Saída do sinal para o pino 6 "E" do display LCD
35	RB2	O	Saída de dados para o pino 11 "D4" do display LCD
36	RB3	O	Saída de dados para o pino 12 "D5" do display LCD
37	RB4	O	Saída de dados para o pino 13 "D6" do display LCD
38	RB5	O	Saída de dados para o pino 14 "D7" do display LCD
39	RB6	I/O	Pino de gravação in-circuit do microcontrolador
40	RB7	I/O	Pino de gravação in-circuit do microcontrolador

APENDICE C – Layout do circuito Impresso



APENDICE D – Placa do circuito montada



APENDICE E – Fluxograma do programa principal

