UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

RASTREABILIDADE BOVINA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA EM PECUÁRIA DE PRECISÃO – MODELO TEÓRICO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

José Ayrton de Souza Borne Junior

Santa Maria, RS, Brasil
2015

RASTREABILIDADE BOVINA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA EM PECUÁRIA DE PRECISÃO – MODELO TEÓRICO

José Ayrton de Souza Borne Junior

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Concentração em Tecnologia em Agricultura de Precisão, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão.

Orientador: Prof. Dr. Enio Giotto

Santa Maria, RS, Brasil
2015

Borne Junior, José Ayrton de Souza
Rastreabilidade bovina utilizando identificação por radiofrequência em pecuária precisão - Modelo teórico / José Ayrton de Souza Borne Junior -2015.
90 p.; 30cm

Orientador: Enio Giotto
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2015

1. Pecuária de precisão 2. RFID 3. Microcontrolador PIC18F4550 I. Giotto, Enio II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por
Biblioteca Central da UFSM

©2015
Todos os direitos autorais reservados a José Ayrton de Souza Borne Junior. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.
Endereço: Rua Silvino Jacob Zimmermann, n. 99/102, Bairro Camobi, Santa Maria, RS. CEP: 97105-380.
Fone (55) 30268350; e-mail: ayrton.borne@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria
Colégio Politécnico
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

RATREABILIDADE BOVINA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA EM PECUÁRIA DE PRECISÃO – MODELO TEÓRICO

Elaborada por
José Ayrton de Souza Borne Junior

Como requisito especial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão

COMISSÃO EXAMINADORA

Enio Giotto, Dr.
(Presidente/Orientador)

Antonio Luis Santi, Dr. (UFSM)

Daniel Boemo, Dr. (IFFarroupilha)

Santa Maria, 09 de janeiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar presto e reverencio minha gratidão a Deus, não só pela minha vida, mas também porque Ele tem me acompanhado até aqui, apesar dos pesares; “Até aqui nos ajudou o Senhor” (1° livro de Samuel 7.12).

- A minha esposa, amiga e companheira, parceira de todos os momentos ao longo de 27 anos, Carla. A ela minha gratidão pela companhia e incentivo.

- A minha família pelo auxilio em momentos difíceis e pela força que transmite; a minha gratidão. Família, um projeto de Deus para o ser humano.

- Ao Prof. Dr. Enio Giotto pela orientação e pelo auxílio em todas as dúvidas que surgiram ao longo do trabalho.

- A banca examinadora composta pelo professor orientador Enio Giotto e professores Antônio Luis Santi e Daniel Boemo, agradeço pelas críticas e correções ao trabalho.

- Aos servidores e colegas do NUPEDEE (Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica) do Centro de Tecnologia (CT) pelo apoio, principalmente cobrindo às 4 horas nas quais precisava desenvolver esta dissertação.

- Ao programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão, na pessoa do Prof. Dr. Elódio Sebem, pelos professores que transmitiram seus conhecimentos, pelos colegas de curso em tantas tardes e finais de semana de convivência, meu agradecimento.

- Ao secretário do curso de Pós-graduação em Agricultura de Precisão, o Sr. Juliano. Impossível descrever a ajuda que forneceu em diversos momentos, seja em relação às disciplinas como no processo de defesa do mestrado, meu muito obrigado.

- A todos amigos que me apoiaram na dedicação a este trabalho e que me incentivaram através do seu pensamento positivo, orações e telefonemas.

A Agricultura de Precisão é uma plataforma tecnológica para garantir a competitividade e sustentabilidade do agronegócio brasileiro, sobretudo frente ao cenário de elevados custos dos insumos e da necessidade de redução dos impactos ambientais gerados pela atividade agropecuária.

(Izaias de Carvalho Filho)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão
Universidade Federal de Santa Maria

RASTREABILIDADE BOVINA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA EM PECUÁRIA DE PRECISÃO – MODELO TEÓRICO

AUTOR: JOSÉ AYRTON DE SOUZA BORNE JUNIOR
ORIENTADOR: ENIO GIOTTO
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 09 de janeiro de 2015.

Este trabalho apresenta um modelo teórico da tecnologia eletrônica aplicada à Pecuária de Precisão e transforma-se em um subsídio a mais para incrementar o uso da Agricultura de Precisão, definição que está transformando a maneira como se obtém os resultados advindos do trabalho no campo. O projeto de um sistema de identificação por radiofrequência, conhecido atualmente como RFID, a ser utilizado na identificação e rastreabilidade de gado bovino é o objetivo a ser alcançado. Procura-se inicialmente enfatizar a definição e a utilização do uso da Agricultura de Precisão como uma rotina nas atividades do campo no Brasil. Como está à atividade pecuária e a definição de Pecuária de Precisão são itens importantes para alcançar o objetivo proposto. O sistema SISBOV e a rastreabilidade são apresentados, mostrando a sua importância, mas não a sua obrigação de implantação junto aos proprietários rurais que trabalham com a criação e comercialização de gado e seus produtos cárneos. Mostra-se a definição de microprocessadores e microcontroladores, suas arquiteturas internas e todos os periféricos associados a eles e também é mostrado como a definição de sistemas embarcados tem realizado uma revolução no projeto destes. Traça-se um cenário da comercialização e uso de produtos eletrônicos na esfera comercial brasileira, indicando como o atraso no uso da tecnologia nos transforma muito mais em consumidores de produtos eletrônicos do que em formadores de tecnologia. Enfatiza-se o princípio de funcionamento de sistemas RFID e quais os protocolos de comunicação que são utilizados. O projeto do leitor RFID e a miniaturização da eletrônica possibilitou a criação de um equipamento com tecnologia de montagem em superfície diminuindo as dimensões da placa de circuito impresso e possibilitando a diminuição do custo no projeto deste sistema. Apresentam-se todos os periféricos que o compõem e a maneira como se interligam com o processador mestre, inclusive o processador escravo o qual executa as funções de entrada e saída digitais e o teclado. Protocolos de comunicação e fluxogramas evidenciam a utilização de canais conhecidos comercialmente na utilização de software. O uso da energia solar apresenta-se como uma alternativa de fornecimento de alimentação elétrica no funcionamento do equipamento leitor. O alto custo dos módulos RFID comerciais inviabilizou a parte prática do sistema.

Palavras-chave: Pecuária de precisão. RFID. Microcontrolador PIC 18F4550.

ABSTRACT

Master´s Paper
Graduate Program in Precision Agriculture
Federal University of Santa Maria

BOVINE TRACEABILITY USING RADIOFREQUENCY IDENTIFICATION IN PRECISION LIVESTOCK – THEORETICAL MODEL

AUTHOR: JOSÉ AYRTON DE SOUZA BORNE JUNIOR
ADVISOR: ENIO GIOTTO
Date and location of Defense: Santa Maria, January 09, 2015

This paper presents a theoretical model of electronic technology applied to Precision Farming and becomes a grant to further increase the use of Precision Farming, setting that is transforming the way you get the results from the works in the field. The design of a radio frequency identification system, currently known as RFID, to be used in the identification and traceability of cattle is the goal to be achieved. It seeks initially emphasize the definition and the use of the use of Precision Farming as a routine in the activities of the field in Brazil. How is the cattle industry and the Precision Farming definition are important items to achieve the proposed goal. The SISBOV system and traceability are presented, showing its importance, but not the obligation deployment along to landowners who work with the creation and marketing of cattle and their meat products. Shows the definition of microprocessors and microcontrollers, their internal architectures and all the associated peripherals to them and is also shown as the definition of embedded systems has made a revolution in the design of these. Plot a marketing scenario and use of electronic products in the Brazilian commercial sphere, indicating how the delay in using technology more turns in the electronics consumers than in technology trainers. Emphasizes in the principle of operation of RFID systems and which the communication protocols that are used.
The reader RFID design and miniaturization of electronics has enabled the creation of a device with surface mount technology decreasing the dimensions of the printed circuit board and allowing the reduction of cost in the design of this system. We present all the peripherals that make it up and the way they connect with the master processor, including the slave processor which performs the digital input and output functions and the keyboard. Communication protocols and flowcharts show the use of known commercial channels in using software. The use of solar energy is presented as an alternative source of electric power supply in the operation of the reader equipment. The high cost of commercial RFID modules prevented the practical implementation of the system.

Key words: Precision livestock. RFID. Microchip PIC 18F4550 Microcontroller.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Efetivo de bovinos e variação anual por grandes regiões brasileiras no período de 2008 – 2012	20
Tabela 2	Investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação entre os países com maior PIB	35
Tabela 3	Importação de componentes eletrônicos pelo Brasil nos anos 2011/2012	36
Tabela 4	Especificações do brinco eletrônico modelo 116034	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Etapas para aplicação da Agricultura de Precisão	23
Quadro 2	Funções das teclas no sistema RFID	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Arquitetura de um sistema microcontrolado	28
Figura 2	Diferentes tipos de *tags* utilizadas em sistemas RFID	39
Figura 3	*Tag* encapsulada em um pequeno frasco de vidro que mede aproximadamente 1 cm. Frequência de operação de 128 KHz.	40
Figura 4	*Tag* em um substrato plástico laminar, medindo aproximadamente 5 x 5 cm, com adesivo para fácil fixação em materiais diversos. Frequência de operação de 13,56 MHz.	40
Figura 5	Mecanismo do campo próximo para suprir alimentação elétrica / comunicação para *tags* operando na faixa de frequência até 100 MHz.	41
Figura 6	*Tag* baseada no sistema de acoplamento por campo distante, medindo 16 x 1 cm. Frequência de operação em 900 MHz.	43
Figura 7	Mecanismo do campo distante para suprir alimentação elétrica / comunicação para *tags* operando na faixa de frequência maior que 100 MHz	44
Figura 8	Interrogador realizando a leitura de uma *tag* fixada na orelha de um bovino	47
Figura 9	Processador da placa de controle e periféricos	49
Figura 10	Arquitetura interna do microcontrolador PIC18F4550	50
Figura 11	*Tag* em formato de brinco eletrônico para ser utilizado em rastreabilidade de gado bovino e bubalino	51
Figura 12	Módulo RFID UHF modelo M6e-Micro	53
Figura 13	Hardware de comunicação serial via interface RS232 – USB	54
Figura 14	Display LCD de caracteres	56
Figura 15	Circuito eletrônico das entradas digitais	57
Figura 16	Circuito eletrônico das saídas digitais	58
Figura 17	Circuito eletrônico do sensor de temperatura	60
Figura 18	Proposta de sistema de energia fotovoltaica para alimentar o sistema RFID em propriedades rurais	63
Figura 19	Frame utilizado no protocolo I^2C na comunicação de escrita com o mestre	65
Figura 20	Frame utilizado no protocolo I^2C na comunicação de leitura com o mestre	65
Figura 21	Frame utilizado no protocolo I^2C na comunicação de leitura com o mestre	66
Figura 22	Frame do protocolo I^2C com a EEPROM externa	67
Figura 23	Frame do protocolo I^2C com a EEPROM externa	67
Figura 24	Comportamento em frequência da modulação FSK	68
Figura 25	Fluxograma de acionamento do buzzer	69
Figura 26	Fluxograma de leitura do sensor de temperatura	70
Figura 27	Fluxograma da rotina de relógio	71
Figura 28	Diagrama de blocos do recebimento e amostragem do ID de um bovino no sistema RFID	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias exportadoras de Carnes
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AP	Agricultura de Precisão
CI	Circuito Integrado
CISC	Conjunto de Instruções Complexo
EEPROM	Memória somente de leitura programável e apagável eletricamente
EPROM	Memória somente de leitura programável eletricamente
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IP	Protocolo de internet
LCD	Display de Cristal Líquido
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PIB	Produto Interno Bruto
PP	Pecuária de Precisão
RAM	Memória de acesso randômico
RF	Radiofrequência
RFID	Identificação por radiofrequência
RISC	Conjunto de Instruções Reduzido
RX	Receptor
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SISBOV	Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem Bovina e Bubalina
SMD	Dispositivos de Montagem em Superfície
TX	Transmissor
UART	Receptor-Transmissor Assíncrono Universal
USB	Barramento Serial Universal

LISTA DE ANEXOS E APÊNDICES

Apêndice A	Custo inicial de instalação do sistema RFID	83
Anexo A	Layout do circuito impresso (top silk serem)	85
Anexo B	Layout do circuito impresso (top)	87
Anexo C	Layout do circuito impresso (bottom)	89

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS
LISTA DE QUADROS
LISTA DE FIGURAS
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS
LISTA DE ANEXOS E APÊNDICES
1. INTRODUÇÃO 16
1.1 Objetivos 17
1.1.1 Objetivo geral 17
1.1.2 Objetivos específicos 18
1.2 Justificativa 18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19
2.1 Pecuária no Brasil 19
2.2 Rastreabilidade 21
2.2.1 Sistema SISBOV 21
2.3 Agricultura de Precisão 22
2.4 Pecuária de Precisão 24
2.4.1 Definição 24
2.4.2 Tecnologia e utilização 24
2.5 Sistemas eletrônicos 26
2.5.1 Microprocessadores e Microcontroladores 26
2.5.2 Arquitetura de um sistema microcontrolado 27
2.5.2.1 Arquitetura *Harvard* 27
2.5.2.2 Arquitetura *Von Neuman* 27
2.5.3 Características dos microcontroladores 29
2.5.4 Sistemas com eletrônica embarcada 33
2.5.5 Um panorama do mercado da eletrônica no Brasil 34
2.6 Sistemas de Identificação por Radiofrequência (RFID) 37
2.6.1 Princípio de funcionamento e *Tag´s* 37
2.6.2 Protocolos utilizados 45
2.6.2.1 A norma ISO 11784 / 11785 45
2.6.2.2 Protocolo GEN 2 46
2.6.3 Controlador RFID 46
3. MATERIAL E MÉTODOS 48
3.1 Material 48
3.1.1 Microcontrolador PIC18F4550 48
3.1.2 Brincos eletrônicos 51
3.1.3 Módulo RFID 52
3.1.4 Comunicação serial 54
3.1.5 Display LCD e teclado 55
3.1.6 Entradas e saídas digitais 56
3.1.7 Medida de Temperatura 59
3.1.8 Memória EEPROM 61
3.1.9 Utilizando o sol como fonte de energia 61
3.2 Métodos 63
3.2.1 Desenvolvimento do software 63
3.2.1.1 Protocolo I^2C 64
3.2.1.2 Comunicação serial com RFID e dispositivos 67

3.2.1.3 Periféricos 68
3.2.2 Recebendo e amostrando ID do bovino 72
3.2.3 Validando o sistema RFID (leitor e *tags*) 73
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 74
5. CONCLUSÕES 76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77
6. APÊNDICES
APÊNDICE A – Custo inicial de instalação do sistema RFID 83
7. ANEXOS
ANEXO A – Layout da placa de circuito impresso (top silk screen) 85
ANEXO B – Layout da placa de circuito impresso (top) 87
ANEXO C – Layout da placa de circuito impresso (bottom) 89

1 INTRODUÇÃO

Uma revolução está acontecendo na agricultura como um reflexo da revolução digital que já ocorreu na sociedade e que no momento atual colhe-se, por assim dizer, seus frutos em formatos tão variados quanto em pequenas dimensões. Assim como Alvin Toffler previu no universo humano três ondas distintas, sendo a primeira onda a revolução agrícola, a segunda onda a revolução industrial e a terceira e ultima onda a "Era da Informação" nos quais a alta tecnologia, conhecimento e informação são parte integrante desta nova realidade, a terceira onda chegou à agricultura para permanecer, crescer e frutificar.

A miniaturização eletrônica torna possível que equipamentos sejam parte constituinte de tratores, colhedoras e demais implementos agrícolas. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e sensoriamento remoto já utilizam Sistemas de Posicionamento Global (GPS) como uma ferramenta de síntese e apoio para mapas de produtividade e manejo do solo, controlando a rota e as rotinas das máquinas agrícolas no dia-a-dia do homem do campo, o que aumenta a produtividade, gera uma economia de insumos e aparentemente trazem um cuidado maior com o ambiente e suas múltiplas interações.

E desta maneira a Agricultura de Precisão (AP) passa a tomar parte de uma área na qual o país não pode prescindir de investir. Sim, esta terceira onda já comentada tem um nome e uma direção a ser definida: Agricultura de Precisão. Mas não seria correto afirmar que a AP firma-se somente na área tecnológica para fazer a diferença na agricultura, esta é somente uma característica a mais neste imenso universo que se abre para pesquisa, ensino e extensão, projeto de novas máquinas, manejo de solo e sítio específico e investimento governamental.

Esta inovação tecnológica está ganhando um novo impulso a partir dos recentes resultados da safra gaúcha no ano de 2013. Segundo Loeblein (2014), estão previstos incentivos da ordem de 1,7 bilhão de reais para este ano em AP entre outras atividades rurais, 70% a mais do que no ano de 2012. O estado do Rio Grande do Sul ficou com 15% do crédito rural contratado no país e a aquisição de novas máquinas agrícolas voltou a ser financiada. Todos estes avanços provêm do incentivo que uma agricultura mais tecnológica e precisa podem oferecer para uma nação que precisa de crescimento econômico e que incentiva o produtor rural, seja ele em pequena ou grande escala, a produzir mais.

A proposta do presente trabalho trata de se conceber um equipamento eletrônico que, através da identificação por radiofrequência, possa controlar a movimentação de gado bovino em uma área rural visando a rastreabilidade do mesmo. Este controle, que faz parte do que se denomina Pecuária de Precisão, também faz parte da AP e que tem como objetivo fornecer dados precisos e em tempo real da homologação do rebanho com fins a atender o programa do Sistema Brasileiro de Identificação Bovina e Bubalina (SISBOV) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Propõe-se, também, utilizar uma faixa de frequência mais alta do que atualmente é utilizada pelos formadores de tecnologia e produtores rurais, a radiofrequência (RF) de 915 MHz. Esta nova faixa de frequência permitirá que o gado bovino seja rastreado em uma distância maior do que a atual faixa de operação, em 13,56 MHz, na qual é necessário aproximar o equipamento leitor do animal para realizar a sua rastreabilidade. Os dados de rastreabilidade adquiridos podem ser disponibilizados via interface serial ao proprietário e/ou agricultor por *download* imediato, bastando para isso utilizar um sistema computacional que possa ler os mesmos.

A concepção do produto pode ser realizada através da fixação de um brinco eletrônico, *tag* Identificação por Radiofrequência (RFID), na orelha do animal que capta a aproximação do mesmo através da antena do sistema controlador instalado em um local apropriado da propriedade rural e que facilite a ação de rastrear o gado bovino. Este produto também utiliza a radiação solar para ser alimentado eletricamente através de um painel solar, poupando com este equipamento, a energia elétrica da propriedade rural e gerando economia para o proprietário. A AP apoiada nesta revolução tecnológica deverá servir como um forte ponto de apoio no trabalho no campo abrindo portas para novas tecnologias: robótica, inteligência artificial e a própria Identificação por Radiofrequência gerando desenvolvimento de software e hardware o que permitirá maior crescimento e independência científica, tecnológica e econômica.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolvimento de um sistema de telemetria para uso na pecuária de precisão utilizando tecnologias de comunicação de dados e implantação de equipamento eletrônico no uso de rastreabilidade animal com tecnologia de Dispositivos de

Montagem em Superfície visando reunir dados coletados pelo uso do equipamento e a apresentação destes dados em tempo real ao dono da propriedade rural ou agricultor.

1.1.2 Objetivos específicos

Planejamento de um sistema digital integrado que contemple as seguintes propostas:

- capturar dados da rastreabilidade de gado bovino em pequenas propriedades rurais e enviá-los por canal de comunicação conhecido ou em dispositivo móvel celular;
- possibilitar que pequenos e médios proprietários de áreas rurais tenham a possibilidade de participar do programa SISBOV com baixo custo e
- desenvolver equipamento eletrônico para ser utilizado como parte integrante no trabalho do campo.

1.2 Justificativa

Na era digital onde todas as rotinas da sociedade humana estão migrando para sistemas eletrônicos e eletrônica embarcada seria impensável que uma atividade tão antiga quanto à atividade agrícola também, de uma forma ou de outra, não buscasse se adaptar a esta nova realidade.

É correto afirmar, igualmente, que nem todas as práticas rurais terão a possibilidade de serem de alguma forma, digitalizadas, pois muitas ainda dependem da mão humana para serem realizadas, mas, muitas rotinas do trabalho no campo podem, efetivamente, terem uma inteligência eletrônica para realizarem suas funções. Logo, o trabalho se justifica pelo estado atual da sociedade, altamente tecnológica e com ramificações digitais em todos os níveis.

Em termos de Brasil, ainda tem-se um longo caminho a percorrer quando se trata de informatização e acesso tecnológico a diversos níveis da camada social brasileira, por isso, o investimento em pesquisa e ensino torna-se uma prerrogativa fundamental para uma nação que deseja crescimento e posicionar-se em destaque em termos de desenvolvimento humano e social. A área tecnológica, inclusive na agricultura, é uma forma de desenvolvimento na qual precisa-se fortalecer recursos humanos e a indústria nacional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pecuária no Brasil

Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC, 2011), 20% do território brasileiro, cerca de 174 milhões de hectares, é ocupado por pastagens. Graças a grande variabilidade climática do Brasil, que se reflete nos regimes pluviométricos, há a possibilidade de grande investimento nos sistemas de produção pecuários.

Ainda segundo a ABIEC, a maior parte do rebanho brasileiro, 209 milhões de cabeças, é criada a pasto; as chuvas interferem diretamente na qualidade das pastagens e, portanto, na oferta e preço do gado de região para região. A década de 2000 foi à consolidação da nação brasileira como uma potência emergente na produção e exportação de carne bovina, sendo que o Brasil assumiu a primeira colocação entre os países exportadores no ano de 2004.

Mais recentemente, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no relatório Produção da Pecuária Municipal (2012), o cenário da pecuária brasileira no ano de 2012 foi muito pouco favorável devido ao aumento nos custos de produção, tais como: produtos veterinários, dificuldade de obtenção de milho e soja que são importantes componentes da ração animal devido à escassez e logística de distribuição e problemas climáticos que afetaram o país principalmente em relação à seca que afetou as regiões Norte e Nordeste reduzindo o plantel de bovinos e com isso afetando a produção de leite.

A pesquisa do IBGE (2012) dividiu os rebanhos animais em grande, médio e pequeno porte. Comparando os dados da atual pesquisa com a de 2011, observou-se uma queda em cada um deles: 0,8% para os de grande porte, 3,2% para os de médio porte e 1,7% para os de pequeno porte. Dentre os rebanhos abarcados pela pesquisa, o rebanho bovino foi o que apresentou a menor queda: -0,7%.

O efetivo de bovinos no ano de 2012 foi de 211,279 milhões de cabeças. Atualmente o Brasil ocupa a segunda posição mundial na produção de carne bovina, sendo os Estados Unidos o maior produtor. Os resultados em relação ao abate de animais pelo IBGE (2012) foram registrados em cerca de 31,118 milhões de cabeças e a produção de 7,351 milhões de toneladas de carne sob inspeção sanitária. Em termos regionais e considerando as

ultimas pesquisas realizadas, observa-se que o efetivo de bovinos manteve-se crescente em todos os anos somente no Norte do Brasil, embora tenha reduzido o ritmo de crescimento, sobretudo em 2011 e 2012. O Sudeste e o Centro-Oeste também sustentaram crescimento, embora em proporção menor do que o Norte, e registrando reduções no efetivo comparando os anos de 2012 e 2011. As demais regiões oscilaram entre expansão e decréscimo de seus rebanhos bovinos, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Efetivo de bovinos e variação anual por grandes regiões brasileiras no período de 2008 – 2012.

Anos	Efetivo de bovinos (cabeças)					
	Brasil		Grandes Regiões			
			Norte		Nordeste	
	Total	Variação anual (%)	Total	Variação anual (%)	Total	Variação anual (%)
2008	202.306731	--	39.119455	--	28.851880	--
2009	205.307954	1,5	40.437159	3,4	28.289850	(-) 1,9
2010	209.541109	2,1	42.100695	4,1	28.762119	1,7
2011	212.815311	1,6	43.238310	2,7	29.585933	2,9
2012	211.279082	(-) 0,7	43.815346	1,3	28.244899	(-) 4,5

Anos	Efetivo de bovinos (cabeças)					
	Grandes Regiões					
	Sudeste		Sul		Centro-Oeste	
	Total	Variação anual (%)	Total	Variação anual (%)	Total	Variação anual (%)
2008	37.820094	--	27.585507	--	68.929795	--
2009	38.016674	0,5	27.904576	1,2	70.659695	2,5
2010	38.251950	0,6	27.866349	(-) 0,1	72.559996	2,7
2011	39.335644	2,8	27.993205	0,5	72.662219	0,1
2012	39.206257	(-) 0,3	27.627551	(-) 1,3	72.385029	(-) 0,4

Fonte: Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2012).

No Sudeste houve queda de 0,3% no rebanho bovino em grande parte devido ao avanço da lavoura de cana-de-açúcar sobre a área das pastagens. Os demais estados desta região tiveram aumento de efetivo, embora não em volume suficiente para compensar a queda regional.

Na região Sul a queda do efetivo foi de 1,3%. No Rio Grande do Sul, maior rebanho da região, a queda de -2,3% foi causada pela migração de atividade para agricultura e

silvicultura, especialmente soja, além do descarte de animais devido a seca. No Centro-Oeste do Brasil, o efetivo de bovinos teve uma queda de 0,4% no comparativo entre 2012 e 2011. Este retrato atual da pecuária brasileira, mesmo que com percentuais de queda em alguns estados da federação, revelam que a pecuária continua como uma atividade com forte impacto na economia brasileira e que novos investimentos podem ser realizados objetivando um retorno positivo para quem aposta na atividade agropecuária.

2.2 Rastreabilidade

Rastreabilidade é a capacidade de encontrar e identificar a origem de um produto na cadeia de suprimentos (PINEDA, 2002). É a capacidade de encontrar o histórico da localização e utilização de um produto, por meio de identificação registrada (LIRANI, 2001). A rastreabilidade então é a capacidade de obtenção ou acesso ao histórico de um produto ao longo da cadeia de suprimentos. Conforme Ries (2003), a rastreabilidade aproxima-se e confunde-se com o conceito de *recall*, que é a identificação e recolhimento de um produto que possa vir a apresentar algum problema ou representar, de alguma forma, risco ao mercado.

2.2.1 Sistema SISBOV

O SISBOV, criado e mantido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, registra e controla as propriedades rurais que voluntariamente optaram por vender carne a mercados que exigem rastreabilidade individual. A avaliação técnica dos registros pode levar à aplicação de medidas preventivas, como o recolhimento da produção exposta à venda, antes que cause algum impacto à saúde pública. Logo, este sistema serve como uma proteção ao consumidor que pode ter a certeza de que está consumindo a carne de um animal que teve seu histórico acompanhado, desde o nascimento até o abate e serve como um selo importante para pecuaristas e/ou produtores rurais que desejam comercializar seu gado de maneira segura em termos higiênicos e sanitários.

Os requisitos a serem cumpridos pelo proprietário rural que deseja, voluntariamente, optar por este sistema estão organizados e elencados na Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) número 17 de 13 de julho de 2006.

2.3 Agricultura de Precisão

A agricultura é, reconhecidamente, como uma das primeiras atividades realizadas pelo homem para garantir sua subsistência. Sem a atividade agrícola ele seria um nômade, pois a agricultura é uma maneira de fixar-se em um local específico onde possa construir seu ambiente doméstico e familiar. Muitos trabalhos foram escritos com o objetivo de colaborar com as muitas facetas da atividade agrícola: culturas, colheita, fertilização e adubação, o preparo da terra e a lida diária do homem no campo. Mas o nosso enfoque neste trabalho está referenciado a um novo tipo de agricultura que visa uma economia na utilização de insumos, foco na gestão agrícola, e com uma atenção maior dada a conservação do meio-ambiente: a AP.

O desenvolvimento de pesquisas em AP iniciou na década de 1980 com a concentração do desenvolvimento especialmente na área de sensores. Segundo Inamasu *et al.* (2012) a Agricultura de Precisão é um conjunto de tecnologias destinadas ao manejo de solos, culturas e insumos, que visa a um melhor e mais detalhado gerenciamento do sistema de produção agrícola em todas as etapas, desde a semeadura até a colheita.

A Agricultura de Precisão tem como foco a gestão de sistema produtivo agrícola considerando a variabilidade espacial e temporal visando minimizar o efeito negativo ao ambiente e maximizar o retorno econômico. Segundo Naime *et al*. (2012) com essa forma de ação, a Agricultura de Precisão torna-se bastante dependente de instrumentos que auxiliam na aquisição, tratamento e transmissão dos dados adquiridos nos campos agrícolas, transformando-os em informações úteis para o homem que trabalha no campo ou que possui uma propriedade agrícola.

O avanço, sem precedentes, da ciência eletrônica nos últimos anos tem proporcionado novas e atualizadas ferramentas para coletar, armazenar e processar estes dados. Sensores, atuadores, *chips* de silício, interfaces de comunicação tem auxiliado na interface homem-máquina e tem introduzido um conceito, relativamente novo nesta área, denominado "Sistemas embarcados" que, concomitantemente com a programação e compilação de *software*, tem fornecido uma facilidade de adquirir informação *on-line* sobre as características imediatas das condições agrícolas facilitando a tomada de decisão.

Destaca-se, entretanto, que por si só a utilização destas ferramentas computacionais não realizam em si a AP, mas sim que esta tecnologia utiliza-se delas como um meio de melhorar os resultados do trabalho agrícola.

No Quadro 1 encontra-se as principais etapas para a implantação da Agricultura de Precisão em uma propriedade, as tecnologias utilizadas e atividades a serem realizadas.

ETAPAS	TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS	ATIVIDADES
Coleta e gravação de dados.	● Sistemas de posicionamento global (GPS). ● Sistemas de informação geográfica (SIG). ● Instrumentos topográficos. ● Sensores remotos. ● Sensores diretos.	- Medição da topografia do solo - Amostragem do solo em grades - Percorrer as áreas cultivadas para a detecção de pragas e enfermidades. - Monitoramento do rendimento. - Medição direta de propriedades do solo e cultivos. - Sensoriamento remoto de solos e cultivos.
Análise, processamento e interpretação da informação.	● Programas de SIG. ● Sistemas de software. ● Programas estatísticos. ● Experiência do operador.	- Digitalização de mapas - Análise da dependência espacial - Confecção de mapas de avaliação - Confecção de mapas de prescrição
Aplicação diferencial de insumos.	● Tecnologia de doses variáveis. ● Pulverização assistida por GPS. ● Programas computacionais.	- Aplicação variável de nutrientes - Aplicação variável de inseticidas, herbicidas e fungicidas - Semeadura diferencial de variedades e aplicação variável de sementes

Quadro 1 – Etapas para aplicação da Agricultura de Precisão (BLU, 1999).

A primeira etapa é a coleta espacial e a gravação dos dados do terreno através do uso de GPS, sensores diretos ou remotos e utilizar um SIG para analisar os mesmos. As atividades mais comuns nesta etapa são a amostra de solos em grade para análise físico-química, o sensoriamento remoto de solos e cultivos e o monitoramento dos rendimentos.

A segunda etapa corresponde à análise, processamento e interpretação da informação obtida na primeira etapa e inclui atividades como a dependência espacial dos dados e a confecção de mapas temáticos de avaliação e prescrição. Finalmente a terceira etapa compreende a aplicação diferencial de insumos no terreno e com a aplicação variável de fertilizantes, inseticidas, herbicidas, fungicidas e sementes.

Estas etapas já descritas não necessariamente são sequenciais, já que, por exemplo, para a avaliação e seguimento dos tratamentos variáveis aplicados, é necessário coletar

novamente e mapear informação de rendimentos através do monitoramento dos mesmos. Também é necessário observar que equipamentos e instrumentação eletrônica são, novamente, uma parcela integrante da AP e que auxilia em todas as etapas da implantação.

2.4 Pecuária de Precisão

2.4.1 Definição.

Segundo o dicionário a palavra Pecuária é um substantivo feminino e compreende a "arte e indústria do tratamento e criação de gado". Seguindo no mesmo caminho encontra-se o significado da palavra Precisão, que também é um substantivo feminino, que apresenta entre tantas outras definições: "funcionamento sem falhas, perfeição" e "regularidade na execução, exatidão".

Logo, unindo as duas palavras com as suas respectivas definições, tem-se que a "Pecuária de Precisão é a arte da criação e tratamento do gado de uma maneira sem falhas, com exatidão e regularidade na execução". Este é um caminho mais semântico da definição da Pecuária de Precisão (PP) se for observada somente a estrutura das palavras na língua portuguesa. Mas, e na prática? O que significa a Pecuária de Precisão em termos da atividade em si?

Conforme Paulo César Faccio Carvalho (2009) a Pecuária de Precisão é a forma moderna de gerenciar os sistemas de produção animal a pasto. Consiste na medição de diferentes parâmetros dos animais, a modelagem desses dados para selecionar a informação que se quer, e o uso desses modelos em tempo real visando o monitoramento e o controle de animais e rebanhos (BERCKMANS, 2008). A pecuária de precisão integra os conhecimentos de comportamento animal, a tecnologia eletrônica e os sistemas de decisão aplicados ao pastoreio (LACA, 2008). A base da proposição da PP está no monitoramento individual e remoto dos animais e das pastagens, o que a tecnologia recente está cada vez mais proporcionando.

2.4.2 Tecnologia e utilização.

A Pecuária de Precisão, pela integração das novas tecnologias com o conhecimento do comportamento animal, pode reduzir impactos ambientais negativos

como o sobre pastejo (LACA, 2009). A aplicação das novas tecnologias tem um potencial muito grande, podendo oferecer, inclusive, a capacidade de rastreabilidade do gado e dos produtos que dele podem-se obter, uma vez que, segundo Laca (2009), oferece registros quanto à origem dos mesmos e o seu meio de produção.

Segundo Vito (2010) dentre os exemplos de aplicação dos conceitos de pecuária de precisão estão: cochos, comedouros e aguadas de controle que visam interferir na distribuição espacial do pastejo. Também em uso já existem balanças automáticas que são instaladas em locais estratégicos, onde os animais são obrigados a passar para terem acesso à alimentação e que registram sua identidade, peso e temperatura. Essas informações são interpretadas e mangueiras controladas eletronicamente separam automaticamente aqueles animais que demonstrem alterações suspeitas de tais parâmetros, para posterior tratamento, e enviam por telemetria todas as informações ou as tornam acessíveis pela internet. Neste sentido, o monitoramento do comportamento dos animais em pastejo nas escalas individual e de rebanho está no início do processo.

A lógica está em que a pecuária de precisão, no contexto da produção de ruminantes baseada em pastagens, envolva o monitoramento do processo de pastejo o qual, em forma simplista, significa o processo de deslocamento dos animais na busca de alimento, bem como a ação de colheita da forragem pelo bocado e seu processamento para deglutição (CARVALHO et al., 2009).

Um bom exemplo de utilização da pecuária de precisão está situado na Austrália. Segundo Whan et al. (2010), a tecnologia de gerenciamento em pecuária de precisão australiana é definido pela capacidade de monitorar e controlar remotamente o gado bovino e prover aos produtores com a capacidade de gerenciamento que melhor articulam os processos biológicos e físicos que cercam a criação do gado. Implicitamente, estas tecnologias facilitam mais rapidamente, frequentemente e objetivamente o monitoramento do desempenho animal.

O sistema de Garantia de produção Pecuária LPA (*Livestock Production Assurance*) da Austrália, nove anos após seu lançamento no ano de 2004, identificou a necessidade de um reengajamento com os produtores de carne bovina para reforçar as principais mensagens sobre o programa e o papel crítico que o mesmo tem na proteção da indústria. O LPA é um programa implantado pelos produtores de carne bovina que assegura que os animais e produtos cárneos de sua propriedade são produzidos de forma segura. O credenciamento no LPA significa que o produtor se responsabiliza pelo que vende. Um processo de auditoria aleatória é aplicado aos produtores credenciados pelo

LPA, onde eles precisam ser capazes de fornecer suporte às suas afirmações com registros precisos da propriedade.

Para cumprir com o programa LPA, os pecuaristas precisam manter registros detalhados da fazenda, incluindo todos os tratamentos e movimentos do gado, bem como fazer uma avaliação de risco de sua propriedade.

2.5 Sistemas eletrônicos

2.5.1Microprocessadores e Microcontroladores

Em termos técnicos a utilização de dispositivos eletrônicos móveis, recebendo e enviando quantidades significativas de dados em alta velocidade e em tempo real, seria impensável sem plataformas e protocolos de comunicação sendo executados em sistemas eletrônicos complexos que possuam a capacidade de receber esta informação, organizá-la, separá-la, tratá-la e enviá-la para que esteja disponível a quem dela necessite. Estes sistemas eletrônicos traduzem-se hoje no que são conhecidos como microprocessadores e microcontroladores. Há uma diferença técnica e de construção no seu *die*[1]. Os microprocessadores são dispositivos semicondutores (circuito integrado ou CI constituídos por milhões de transistores que geram uma variedade de circuitos (registradores, máquinas sequenciais, circuitos lógicos, memórias, etc.)).

O microprocessador é responsável pela busca de um programa na memória e por sua execução utilizando para isso blocos de memórias externos a ele mesmo Memória Somente de Leitura Programável Eletricamente (EPROM) que é um tipo de bloco de memória somente de leitura e Memória de Acesso Randômico (RAM) que é um tipo de bloco de memória de leitura/escrita de acesso aleatório.

Os microcontroladores são também dispositivos semicondutores em forma de circuito integrado, mas que, ao contrário dos microprocessadores, integram todas as partes básicas de um microprocessador, inclusive com os blocos de memória já citados. Este tipo de sistema eletrônico é conhecido como um microprocessador gerado em um único CI.

Apesar de ser limitado em termos de utilização da memória é bastante utilizado em aplicações específicas, ou seja, naquelas que não necessitam o armazenamento de grandes quantidades de dados, como por exemplo, automação residencial (forno de micro-ondas,

[1] É o núcleo do processador, o *waffer* de Silício que depois é encapsulado.

máquina de lavar roupa, telefones, alarmes residenciais, automação de portões, etc.), automação industrial (robótica, controladores lógicos programáveis (CLP´s), controladores de acesso restrito, relógios de ponto, etc.) e entre tantas outras aplicações.

2.5.2 Arquitetura de um sistema microcontrolado

A arquitetura de um sistema digital define quem é e como as partes que compõe o sistema são interligadas. As arquiteturas mais comuns para sistemas digitais são as seguintes: *Harvard* e *Von Neuman*.

2.5.2.1 Arquitetura *Harvard*

A arquitetura *Harvard* difere da arquitetura *Von Neuman* por ter a memória de programa separada da memória de dados e acessada por barramento independente. Possuem somente de 33 a 35 instruções o que auxilia na memorização, mas exige mais do programador. Processadores deste tipo são chamados quanto aos mnemônicos de programação de *Reduced Instruction Set Computer* ou conjunto de instruções reduzidas (RISC).

2.5.2.2 Arquitetura *Von Neuman*

Já a arquitetura *Von Neuman* é caracterizada por ter as memórias de dados e endereços acessados por um só barramento, o de dados. Nesta arquitetura não há limitações à complexidade das instruções, os sistemas geralmente tem um conjunto de instruções complexo, o que equivale a dizer que possuem um grande número de instruções. Processadores deste tipo são chamados quanto aos mnemônicos de programação de *Complex Instruction Set CPU* ou unidade central de processamento com conjunto de instruções complexo (CISC).

A Figura 1 mostra uma arquitetura *Harvard* genérica e como os três blocos básicos deste sistema se comunicam entre si para dar funcionalidade a um sistema microcontrolado com este tipo de arquitetura.

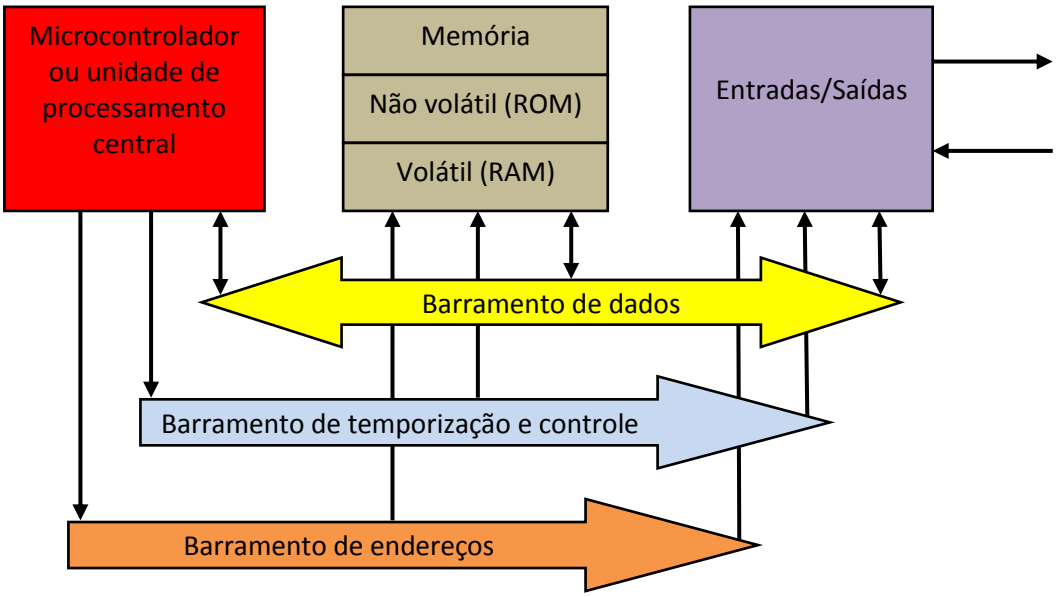


Figura 1: Arquitetura de um sistema microcontrolado (GIMENEZ, 2002).

Gimenez (2002) identificou três barramentos: o barramento de dados, o barramento de temporização e controle e o barramento de endereços. A informação nos três barramentos flui de forma paralela. O barramento de dados é utilizado pela unidade central de processamento para receber as informações vindas da memória ou dos dispositivos de entrada e saída ou então para definir as informações para a memória ou para os dispositivos de entrada e saída. Este barramento é bidirecional. O barramento de temporização e controle é utilizado pela unidade central de processamento para definir os sinais de temporização e controle para gerenciar o tempo e a direção do fluxo de informações nas operações de leitura e escrita nos dispositivos (unidades de memória ou unidades de entrada e saída). Este tipo de barramento é unidirecional e, finalmente, o barramento de endereços é utilizado para definir os endereços das posições de memória de programa em que o sistema vai buscar as instruções a serem executadas e também para definir os endereços de memória de dados ou dos dispositivos de entrada e saída para troca de dados. Este barramento é unidirecional.

No sistema apresentado na Figura 1 cada memória ou dispositivo de entrada e saída tem, pelo menos, um endereço. O microcontrolador utiliza o barramento de endereços para acessar a posição de memória ou o dispositivo de entrada e saída. A sequência de eventos para que o microcontrolador execute uma operação de leitura na memória ou em um dispositivo de entrada e saída é:

- a unidade de processamento central, por meio do bloco de temporização e controle, define o endereço de memória ou do dispositivo de entrada e saída no barramento de endereços por certo tempo. Com isso o hardware do sistema selecionará o dispositivo e uma posição de memória específica;
- a unidade de processamento central, por meio do bloco de temporização e controle, define o sinal de controle de leitura (*Read* – RD) no barramento de temporização e controle por certo tempo;
- a memória ou o dispositivo de entrada e saída disponibiliza a informação no barramento de dados, para que a unidade de processamento central possa capturá-la (operação de leitura) e armazená-la em um dos seus registradores internos, para ser processada e analisada.

Da mesma maneira a sequência de eventos para que o microcontrolador execute uma operação de escrita na memória ou em um dispositivo de entrada e saída é:
- a unidade de processamento central define o endereço de memória ou do dispositivo de entrada e saída no barramento de endereços. Com isso o hardware agregado ao sistema selecionará o dispositivo e uma posição de memória específica;
- a unidade central de processamento define a informação no barramento de dados;
- a unidade central de processamento, por meio do bloco de temporização e controle define o sinal de controle de escrita (*Write* – WR) no barramento de temporização e controle para que essa informação seja armazenada na memória ou no dispositivo de entrada e saída.

2.5.3 Características dos microcontroladores

Bates (2008) e Ibrahim (2002) citaram muitas características de hardware dos microcontroladores em geral. Procura-se aqui descreve-las de uma forma sucinta para compreender o funcionamento de muitos dos periféricos associados.
- <u>Tensão de alimentação</u>: muitos microcontroladores operam com a alimentação padrão $+5V_{DC}$. Alguns microcontroladores podem operar com uma tensão tão baixa quanto $+2,7V_{DC}$ e outros toleram $+6V_{DC}$ sem quaisquer problemas. Em qualquer caso, dados da arquitetura e características do microcontrolador (*data sheets*[2]) informam os limites permitidos quanto à tensão de alimentação.

[2] Especificações técnicas contendo as informações de funcionamento de um circuito integrado bem como seus limites técnicos em relação à tensão de alimentação, entradas/saídas, oscilador, temporizadores, etc.

- O *clock* (frequência de operação das instruções e execução do programa): todos os microcontroladores requerem um oscilador para operar. Muitos microcontroladores irão operar com um cristal de quartzo e dois capacitores cerâmicos. Alguns irão operar com ressonadores cerâmicos ou com um par resistor-capacitor. Outros microcontroladores possuem um circuito oscilador resistor-capacitor construído internamente e não requerem componentes de oscilação externos. Ressonadores cerâmicos não são muito estáveis quanto um cristal de quartzo, mas eles são mais estáveis que redes resistor-capacitor. Cristais osciladores deverão ser escolhidos para aplicações que requerem temporização muito precisa. Para aplicações onde a estabilidade da temporização é muito modesta, ressonadores cerâmicos deveriam ser escolhidos. Se a aplicação não é sensível ao tempo de execução poder-se-ia considerar utilizar uma rede resistor-capacitor interna ou externa por simplicidade ou baixo custo.
- Temporizadores (*Timers*): considerados uma parte muito importante de sistemas utilizando microcontroladores. Um *timer* é basicamente um contador o qual é baseado em um *clock*[3] preciso (ou uma divisão deste *clock*). *Timers* podem ter o tamanho de 8 bits ou 16 bits. Dados podem ser carregados dentro de um *timer* e podem ser iniciados e parados sobre controle de *software*. Muitos *timers* podem ser configurados para gerar uma interrupção quando alcançam certa contagem (usualmente quando chegam ao *overflow*[4]). Alguns microcontroladores oferecem facilidades de captura e compara quando o valor de um *timer* pode ser lido quando um evento externo ocorre ou o valor do *timer* pode ser comparado para um valor pré-configurado (*preset*) e uma interrupção ser gerada quando este valor é alcançado. *Timers* podem ser utilizados para gerar rotinas de atraso de tempo (*delays*) em programas. É típico ter pelo menos um *timer* em uma arquitetura de um microcontrolador. A precisão do *timer* depende do tipo de *clock* do dispositivo utilizado e um cristal de quartzo deveria ser escolhido para uma melhor precisão em aplicações de temporização.
- *Watchdog* ("cão de guarda"): também conhecido como *watchdog timer* (WDT). Um WDT é usualmente um *timer* de tamanho 8 bits com uma opção de *prescaler* (é possível escolher um valor já programado) e é ativado através de um oscilador próprio localizado *on-chip* (construído internamente ao microcontrolador). O *watchdog* é usualmente iniciado pelo

[3] Também conhecido como "relógio do sistema" é baseado no oscilador do circuito integrado e no qual todas as temporizações estão baseadas para contagem e períodos de tempo.

[4] "Estouro" da capacidade de contagem de um temporizador. Para um microcontrolador de 8 bits é a passagem de 0xFF para 0x00 na base de contagem hexadecimal; na maioria dos microcontroladores comercializados atualmente, gera uma interrupção no fluxo normal de processamento.

programa do usuário a intervalos regulares e um *reset* (reinicia o programa) ocorre se o programa falha ao reiniciar o *watchdog* (por exemplo, fica em um laço (*loop*) infinito esperando um sinal de ativação ou uma resposta de uma entrada/saída em seus pinos das portas). Facilidades do *watchdog* são comumente utilizadas em sistemas que monitoram atividades em tempo real.

- Entrada de reinicialização do programa (*Reset Input*): esta entrada faz reiniciar todos os sistemas internos do microcontrolador. A lógica do *reset* é usada para colocar o microcontrolador em um estado conhecido. A fonte do *reset* pode usualmente ser selecionada pelo usuário e *power-on-reset* (POR) é a forma mais comum de *reset* em microcontroladores. Muitos microcontroladores têm resistores conectados para a tensão de alimentação e isto assegura que os microcontroladores iniciem após a aplicação de *power-on-reset* (POR). Fabricantes de microcontroladores especificam o estado dos vários registradores após um sinal de *reset* ser aplicado ao circuito integrado. Alguns microcontroladores tem um circuito de *reset* interno o qual não requer qualquer componente externo.

- Interrupções (*Interrupts*): é um conceito muito importante e bastante utilizado em microcontroladores. Um evento de interrupção leva um microcontrolador responder para um evento interno ou externo rapidamente. Quando uma interrupção ocorre o microcontrolador deixa o fluxo normal de execução do programa e pula diretamente para a rotina de serviço de interrupção. A fonte de interrupção pode ser interna ou externa. Interrupções internas são usualmente geradas por circuitos de temporização quando o *timer* alcança certo valor programado. Interrupções externas são geradas por dispositivos conectados externamente ao microcontrolador e estas interrupções são assíncronas, isto é, não é conhecido quando uma interrupção externa irá ser gerada. Um exemplo é a interrupção gerada por uma conversão analógica-digital completa, o qual está ativa quando uma conversão é terminada. Interrupções podem ser em geral encaixadas de tal forma que uma nova interrupção pode suspender a execução de outra interrupção. Muitos microcontroladores tem ao menos uma interrupção, outros têm muitas fontes de interrupção. Em alguns componentes as fontes de interrupção podem ser priorizadas assim que uma interrupção de um nível mais alto pode suspender a execução de uma rotina de serviço de interrupção de um nível mais baixo.

- *Brown-out detector*: função muito comum em muitos microcontroladores. Esta característica do componente eletrônico reinicia um microcontrolador se a tensão de alimentação cai abaixo de um valor nominal. São usualmente empregados para prevenir operações imprevisíveis a baixas tensões, especialmente para proteger os conteúdos de memórias tipo EEPROM.

- Conversor analógico-digital: muitos microcontroladores são equipados com este tipo de circuito. Normalmente estes conversores são de tamanho 8 bits, mas alguns microcontroladores possuem circuitos conversores de 10 ou até mesmo 12 bits de tamanho. Alguns microcontroladores têm múltiplos canais de conversão analógico-digital. Estes conversores usualmente geram interrupções quando uma conversão está completa assim que o programa usuário pode ler o dado digital convertido rapidamente. Conversores analógico-digitais são muito úteis em aplicações de controle e monitoramento uma vez que muitos sensores produzem tensões de saída analógicas.
- Entrada/Saída serial: alguns microcontroladores contém *hardware* para programar uma interface de comunicação serial assíncrona. A taxa de transmissão e o formato dos dados podem ser selecionados em *software* pelo programador. Circuitos de *timer* são usualmente utilizados para gerar uma taxa de transmissão precisa. Se o *hardware* de entrada/saída serial não é provido, é fácil desenvolver *software* para gerar transferência de dados utilizando qualquer pino de entrada/saída do microcontrolador. Alguns microcontroladores incorporam interfaces de dados como: *Serial Peripheral Interface*[5] (Interface Serial Periférica - SPI), *Integrated InterConnect*[6] (Interconecção integrada – I^2C) ou *Controller Area Network*[7] (Área controlada por rede - CAN). Estas interfaces habilitam um microcontrolador se comunicar com outros dispositivos compatíveis facilmente, usualmente sobre uma adequada estrutura de barramento.
- Programação no próprio circuito (*In-circuit programming*): em um ciclo de desenvolvimento, um microcontrolador é normalmente removido do soquete e então programado utilizando um dispositivo programador. O circuito integrado é então reinserido no soquete, pronto para teste. Este é um trabalho muito tedioso, especialmente durante o desenvolvimento de projetos complexos. A programação no próprio circuito habilita o microcontrolador a ser programado enquanto o mesmo está na placa de circuito impresso, isto

---

[5] Protocolo de dados serial síncrono utilizado em microcontroladores para comunicação entre o microcontrolador e um ou mais periféricos. A comunicação SPI sempre tem um dispositivo mestre (*master*) e outros dispositivos escravos (*slaves*). Esta comunicação contém quatro conexões.

[6] Barramento serial multi-mestre desenvolvido pela empresa Philips e que é utilizado para conectar periféricos de baixa velocidade a um sistema embarcado de alta velocidade.

[7] Protocolo de comunicação serial síncrono desenvolvido pela empresa alemã Robert BOSCH e disponibilizado em meados dos anos 1980. O sincronismo entre módulos conectados a rede é feito em relação ao início da cada mensagem lançada ao barramento. Trabalha baseado no conceito multi-mestre. Protocolo muito utilizado na indústria automotiva e atualmente sendo integrado a máquinas agrícolas.

é, não há necessidade de removê-lo para programa-lo. Esta característica acelera o processo de desenvolvimento consideravelmente.

- Memória de dados EEPROM (*EEPROM data memory*): memórias deste tipo são muito comuns em muitos microcontroladores. O programador pode armazenar dados não voláteis neste tipo de memória e também pode alterar seus dados sempre que necessário. Alguns tipos de microcontroladores possuem entre 64 e 256 *bytes* de memória de dados EEPROM.
- Modulação pelo tamanho do pulso (*Pulse-width Modulated* (PWM)): alguns microcontroladores possuem saídas PWM as quais podem ser utilizadas em algumas aplicações eletrônicas. Uma destas aplicações é prover uma efetiva saída analógica de um microcontrolador variando o ciclo de trabalho da saída PWM.
- Display de cristal líquido (*LCD drivers*): habilitam um microcontrolador ser conectado para um display de cristal líquido diretamente. Esta característica faz com que a amostragem real de dados seja uma tarefa muito simples.
- Modo *sleep*: quando o microcontrolador executa a instrução *sleep* (modo de funcionamento com baixo consumo) entra em uma rotina interna na qual o oscilador interno é parado e o consumo de potência é extremamente baixo. O dispositivo usualmente "acorda" do modo *sleep* através de um *reset* externo ou devido ao término de tempo do *watchdog*.
- Reinicialização na energização do circuito (*Power-on reset*): alguns microcontroladores prove um circuito interno de *power-on reset* o qual mantem o microcontrolador no estado de *reset* até que o *clock* interno e o circuito são inicializados com segurança.

2.5.4 Sistemas com eletrônica embarcada

Segundo Nogueira (2011) modernos sistemas embarcados são compostos por uma configuração de processamento interconectado, comunicação e elementos de armazenagem. Frequentemente, estes elementos são integrados dentro de um circuito integrado (Sistemas embutidos em um circuito integrado (*System-on-Chip*)). A execução do *software* sobre os elementos de processamento guiam o comportamento do sistema. Diferentemente de um microcomputador que possui uma variedade muito grande de processamento, normalmente sistemas embarcados executam somente uma tarefa específica de processamento, repetidamente.

Para este tipo de tarefa sistemas baseado em unidades microcontroladoras encaixam-se muito bem devido à rapidez de processamento do software e a capacidade de armazenamento

de dados e programa, mesmo sendo de baixa capacidade. As características do processamento ditam o uso da comunicação e os elementos de armazenagem.

Muitos dos sistemas embarcados são também caracterizados como sistemas de tempo real, o qual significa que propriedades de execução em tempo real tais como tempo de resposta, tempo de execução do sistema no pior caso, etc. são importantes itens a serem levados em conta no projeto de sistemas embarcados. Estes sistemas usualmente devem cumprir rigorosas especificações de segurança, confiabilidade, disponibilidade e outros atributos a serem levadas em conta no projeto. Devido ao tamanho reduzido e requisitos de mobilidade, mas, também, baixos custos de produção, estes sistemas requerem pouco e controlado consumo de recursos de programação e têm limitada capacidade de hardware em comparação a grandes sistemas computacionais.

O incremento na complexidade de sistemas de tempo real embarcados leva a demanda do incremento com respeito a requerimentos de engenharia, *high level design*, detecção rápida de erros, produtividade, alta integração, verificação e manutenção, o qual incrementa a importância do gerenciamento das propriedades do ciclo de vida do produto tais como portabilidade, manutenção e adaptabilidade.

2.5.5 Um panorama do mercado da eletrônica no Brasil

Segundo relatório da Associação Brasileira da Industria Eletroeletrônica (ABINEE, 2013) o Brasil possui 94 milhões de brasileiros com acesso a internet em casa, no trabalho, nas escolas e *lan houses*. Há 65 milhões de pontos 3G conectados e 21 milhões de acessos através de banda larga. Ainda segundo a ABINEE, há mais linhas ativas de celulares do que habitantes. O Brasil encerrou o ano de 2012 com 262 milhões de linhas ativas, ou seja, atingindo 133 acessos por 100 habitantes. Segundo o mesmo relatório, foi vendida em 2012 a cifra de 18,5 milhões de computadores, incluindo *desktops*, *notebooks*, *netbooks* e *tablets*.

O número de computadores em uso no país dobrou em quatro anos. Era de 50 milhões de equipamentos em 2008 e alcançou o número de 99 milhões em 2012, o que nos remete a proporção de um computador para cada dois brasileiros. Estes números mostram que a população brasileira é ávida por tecnologia e investe pesadamente na compra e uso de equipamentos eletrônicos. Também revela que há muito campo a ser explorado na área da eletrônica e aplicativos e que novas áreas ainda não cobertas por este mundo digital podem ser exploradas e adaptadas a esta nova realidade. Na Tabela 2 é possível comparar o investimento

em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação dos doze países com maior Produto Interno Bruto (PIB) do mundo.

Tabela 2 – Investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação entre os países com maior PIB.

PAÍS	PIB US$ bilhões | 2012	INVESTIMENTOS EM P & D US$ bilhões | 2012
Estados Unidos da América	15.653	2,68% - 419.5
República Popular da China	8.250	1,60% - 132.0
Japão	5.984	3,48% - 208.2
Alemanha	3.367	2,87% - 96.9
França	2.580	2,24% - 57.8
Reino Unido	2.434	1,84% - 44.8
Brasil	2.253	1.25% - 28.2
Itália	1.980	1,32% - 26.1
Rússia	1.954	1,48% - 28.9
Índia	1.947	0,85% - 16.5
México	1.163	0,39% - 4.5
Coréia do Sul	1.151	3,45% - 39.7

Fonte: O Brasil na Infoera (ABINEE, 2012).

Analisando a Tabela 2 é possível perceber que apesar de ter um dos maiores PIB´s do mundo o investimento em P & D pelo Brasil ainda é muito pouco em relação a países que possuem avanços significativos na área de tecnologia e eletrônica, como os Estados Unidos da América, Japão e a Coréia do Sul. Talvez seja devido a este fato que o Brasil seja um dos maiores consumidores de produtos eletrônicos do planeta, mas não um fabricante e exportador de peso em relação à tecnologia, o que acarreta em um grande volume de importações, desequilibrando a balança comercial negativamente. A Coréia do Sul com quase metade do PIB do Brasil investiu 39,7 bilhões de dólares em P & D, 2,76 vezes a mais em valores percentuais que o Brasil. No investimento de 1,25% em relação ao PIB em P & D do Brasil, metade deste percentual corresponde a investimentos do governo, cabendo à iniciativa privada os restantes 50% segundo o relatório da ABINEE.

Ainda segundo o relatório da ABINEE (2012) em relação à indústria de semicondutores e componentes eletrônicos, os anos de 2002 a 2011 confirmaram uma tendência mundial que foi a migração gradual para a Ásia. No ano de 2002 o faturamento mundial do setor chegou a 140 bilhões de dólares. Os países do Pacífico Asiático responderam por 36,4% deste total, alcançando vendas de 51 bilhões de dólares. Dez anos

mais tarde, em 2011, a participação dessa região do mundo subiu para 54,7% das vendas totais. O faturamento mundial alcançou 300 bilhões de dólares, com a Ásia ficando com 164 bilhões.

Dados da ABINEE apontam que as importações de componentes eletrônicos no Brasil somaram 22 bilhões de dólares em 2012, o que equivale a 56% das importações totais do setor, que atingiram 40 bilhões de dólares. O que representa um déficit comercial decorrente desta atividade na balança comercial brasileira, como já citado. A Tabela 3 mostra o quanto, em milhões de dólares, em produtos eletrônicos foi importado pelo Brasil nos anos de 2011 e 2012 e faz uma comparação percentual de acréscimo ou decréscimo neste período em relação ao montante dos valores negociados.

Tabela 3 – Importação de componentes eletrônicos pelo Brasil nos anos 2011/2012.

PRODUTOS IMPORTADOS	2011	2012	2011 x 2012
	Valores em US$ FOB em milhões		
COMPONENTES ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS	21.608.451	22.318.507	3,3%
Componentes para telecomunicações	5.636.625	5.653.417	0,3%
Semicondutores	4.848.592	4.766.279	-1,7%
Componentes para informática	3.127.836	3.569.384	14,1%
Eletrônica embarcada	1.311.251	1.466.405	11,8%
Componentes para equipamentos industriais	1.256.020	1.445.509	15,1%
Componentes passivos	976.529	970.659	-0,6%
Componentes para material elétrico de instalação	899.433	880.393	-2,1%
Componentes para automação industrial	641.682	673.167	4,9%
Componentes para utilidades domésticas	616.362	612.822	-0,6%
Circuitos impressos	561.811	585.420	4,2%
Motocompressor hermético	359.361	369.785	2,9%
Agregados de componentes	391.153	368.392	-5,8%
Transdutores eletroacústicos	301.678	317.290	5,2%
Componentes para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica	234.145	250.458	7,0%
Conectores para circuitos impressos	237.653	235.625	-0,8%
Componentes para imagem e som	70.447	65.254	-7,4%
Componentes para sistemas eletrônicos prediais	29.992	36.600	22,0%
Cinescópios / Válvulas eletrônicas	89.293	34.789	-61,0%
Soquetes	18.608	16.859	-9,4%

Fonte: O Brasil na infoera (ABINEE, 2012).

A Tabela 3 revela resultados interessantes em relação aos dados apresentados. A eletrônica embarcada teve um acréscimo significativo de 11,8% revelando que os sistemas embarcados surgiram para ficar no mercado. Eletrodomésticos, automóveis e máquinas agrícolas representam uma forma de utilização crescente deste tipo de sistema, que carrega em seu rastro o crescimento em produtos de *software*. Componentes para equipamentos industriais, com 15,1%, componentes para informática, com 14,1% e componentes para sistemas eletrônicos prediais, com 22,0%, este ultimo dado sendo fortemente representado pelo investimento em segurança pública e privada (alarmes, câmeras de monitoramento, CFTV, etc.), revelam um forte crescimento devido à utilização da eletrônica embarcada. Outros resultados interessantes foram à significativa queda na importação de cinescópios e válvulas eletrônicas, 61,0%, representadas pelo crescimento da venda comercial de televisores de tela plana e LCD e o crescimento de 7,0% nos componentes para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica devido aos novos sistemas *smart grid* os quais possibilitam a automação e informatização do sistema elétrico em tempo real para as concessionárias de energia.

O Brasil necessita escolher setores e nichos de mercado nos quais poderia se mostrar efetivamente competitivo em relação a outras nações. Um dos caminhos que se mostram promissores seria a aplicação da energia no desenvolvimento da marca, do produto, do *software*, da propriedade intelectual, do *marketing* e das vendas. De acordo com o relatório da ABINEE (2012) os institutos, que recebiam recursos da lei de informática, aplicavam 60% do que recebiam em desenvolvimento de *software* segundo estudo realizado pela Universidade de Campinas (UNICAMP) encomendado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação em 2010.

2.6 Sistema de Identificação por Radiofrequência (RFID)

2.6.1 Princípio de funcionamento e *Tags*

Lee *et. al*. (2004) definiu um sistema de identificação por radiofrequência (RFID) como um sistema que utiliza *tags*[8] para se comunicar com um leitor eletrônico, posicionado em um ponto que seja possível ler estas *tags*, e que recebe os dados de codificação das

[8] Uma *tag* é um *transponder* (etiqueta na língua portuguesa) que contém chips de Silício e antenas que lhe permite responder aos sinais de rádio enviados por uma base transmissora.

mesmas e registra estes dados informando a localização (rastreamento, rastreabilidade) de ativos comerciais, pessoas e animais, conforme a sua utilização. Estes sistemas, em sua definição mais simples, são compostos de três partes: o leitor (interrogador), a *tag* e um computador (*host*) que via interface de comunicação serial recebem os dados fornecidos pelo leitor. A *tag* é composta por uma antena com um circuito oscilante, circuito integrado de Silício que é responsável pela modulação básica e uma memória não volátil que armazena o código da *tag* a ser transmitido.

A *tag* é energizada por uma onda em frequência de rádio do espectro eletromagnético e é variante no tempo. Esta onda é a que é transmitida pelo sistema leitor. Este sinal de RF é chamado "sinal de portadora". Quando o sinal de RF atravessa o circuito oscilante da antena, há uma tensão AC (alternada) gerada através deste circuito. Esta tensão é então retificada gerando uma componente DC (contínua) para a operação do dispositivo. A *tag* torna-se funcional quando a tensão DC alcança certo nível, então, a informação armazenada é transferida para o sistema leitor pela reflexão, ou carregamento, da onda portadora do leitor. Isto é frequentemente chamado *backscattering*. Pela detecção deste sinal a informação armazenada na *tag* pode ser integralmente identificada e utilizada em várias aplicações.

Berz (2011) enfatizou uma aplicação de um sistema RFID utilizando a leitura de crachás inteligentes onde variáveis como o custo e a automação de tarefas toma um papel de grande importância na decisão de utilização de um sistema desta magnitude. Utilizou uma simulação estatística aplicando redes neurais artificiais para validação do sistema antes da aplicação prática, ou seja, um modelo teórico.

Santos (2001) mostrou uma forma de aquisição de dados em atividades produtivas na área de produção animal, em bovinos de corte, utilizando *tags* RFID visando à identificação de animais e aplicando a leitura das mesmas em um aplicativo desenvolvido na linguagem de programação Delphi facilitando a integração com outros sistemas leitores e também utilizando um sistema de simulação através de uma maquete, um modelo teórico.

Roy Want (2006) mostrou, basicamente, que podemos dividir dispositivos RFID dentro de duas classes: ativos e passivos. Os sistemas RFID que utilizam *tags* ativas requerem uma fonte de potência para o seu funcionamento. Elas também podem ser conectadas para uma infraestrutura de alimentação elétrica ou, então, utilizam energia armazenada em baterias. Um exemplo de uma *tag* ativa está em um *transponder* conectado a uma aeronave que identifica seu país de origem.

Os sistemas que utilizam *tags* passivas não requerem baterias ou manutenção. Estas *tags* tem uma longa vida operacional e o seu tamanho reduzido é suficiente para colocá-las

dentro de um adesivo. As *tags* são encapsuladas para manter a integridade do circuito da antena (oscilante) e do circuito de memória contra condições ambientais ou reagentes químicos. O encapsulamento pode ser no formato de um pequeno frasco de vidro ou um substrato laminar de plástico com um adesivo em um dos lados para facilitar a fixação em superfícies. Na Figura 2 há diferentes tipos de *tags* utilizadas em sistemas RFID.

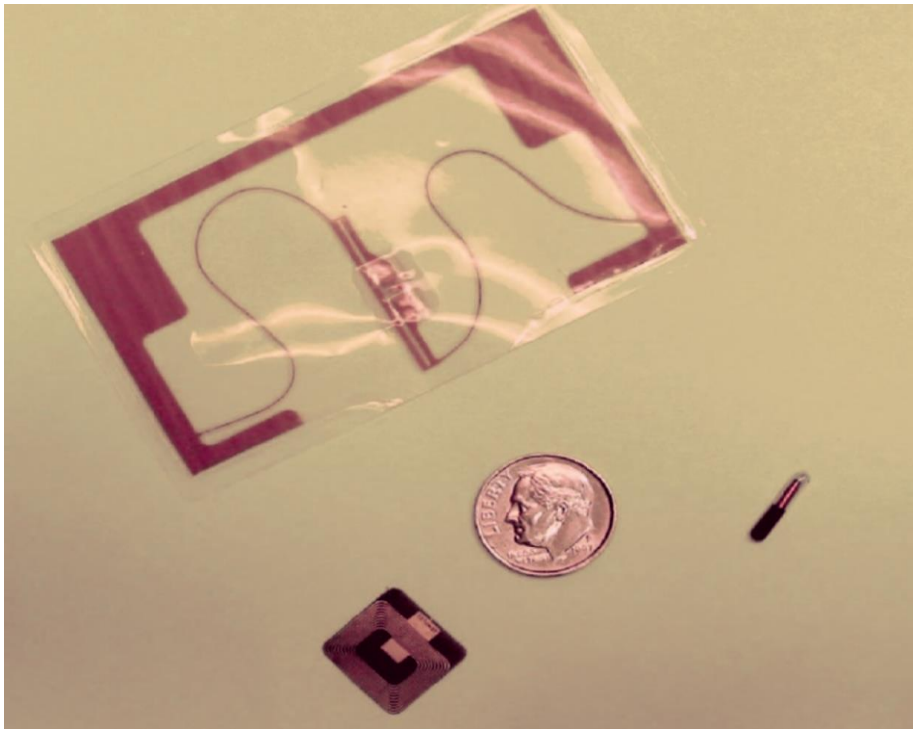


Figura 2: Diferentes tipos de *tags* utilizadas em sistemas RFID (WANT, 2006).

Ainda segundo Roy Want (2006) existem fundamentalmente duas diferentes técnicas de projeto para transferir alimentação do leitor para a *tag*: indução magnética e a captação de ondas eletromagnéticas. Estas duas formas de projeto obtém segura vantagem das propriedades eletromagnéticas associadas com uma antena de radiofrequência: o campo próximo e o campo distante.

Ambas podem fornecer alimentação elétrica suficiente para uma *tag* remota manter a sua operação, tipicamente entre 10 µW e 1 mW, dependendo do tipo de *tag*. Através de várias

técnicas de modulação[9], sinais baseados nas duas técnicas de projeto podem transmitir e receber dados.

O princípio da indução magnética de Faraday é à base do acoplamento por campo próximo entre o leitor e a *tag*. As Figuras 3 e 4 mostram *tags* utilizadas em sistemas RFID no princípio de acoplamento por campo próximo.

Figura 3: *Tag* encapsulada em um pequeno frasco de vidro que mede aproximadamente 1 cm. Frequência de operação de 128 KHz (WANT, 2006).

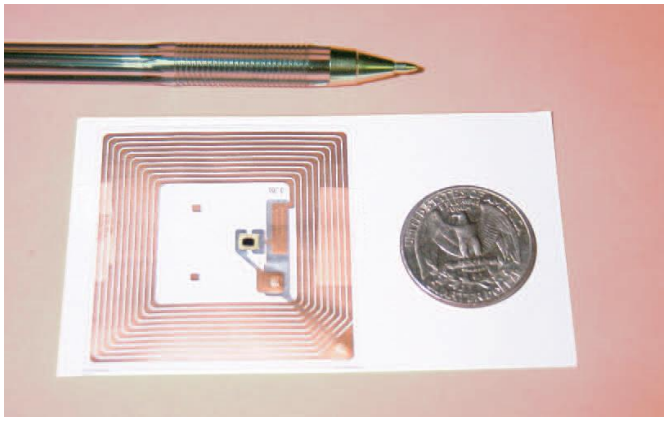


Figura 4: *Tag* em um substrato plástico laminar, medindo aproximadamente 5 x 5 cm, com adesivo para fácil fixação em materiais diversos. Frequência de operação em 13,56 MHz (WANT, 2006).

O leitor, através de seu circuito interno, faz passar uma corrente alternada através de uma bobina, resultando em um campo magnético alternado. Se há uma *tag* próxima ao campo

[9] É o processo de variação de altura, de intensidade, frequência, do comprimento e/ou da fase de uma onda numa onda de transporte, que deforma uma das características de um sinal portador que varia proporcionalmente ao sinal modulador.

magnético produzido pelo leitor, uma tensão alternada irá aparecer na bobina da *tag*. Se esta tensão é retificada e acoplada através de um capacitor, elemento de circuito que acumula cargas elétricas, o mesmo poderá ser utilizado para alimentar eletricamente o circuito eletrônico da *tag*. *Tags* que utilizam o acoplamento por campo próximo enviam seus dados para o leitor utilizando modulação de carga. Qualquer aumento na corrente da bobina da *tag* irá fornecer um aumento em seu próprio campo magnético, o qual é o oposto do campo magnético gerado pelo leitor.

A bobina no leitor pode detectar este incremento na corrente da bobina da *tag* como um pequeno aumento no fluxo da corrente da sua bobina. Esta corrente é proporcional à carga aplicada na bobina da *tag* (portanto, a modulação de carga). Acoplamento por campo próximo é a aproximação mais simples para a implementação de um sistema RFID passivo. A Figura 5 mostra como é realizada a leitura da *tag* pelo princípio do campo próximo.

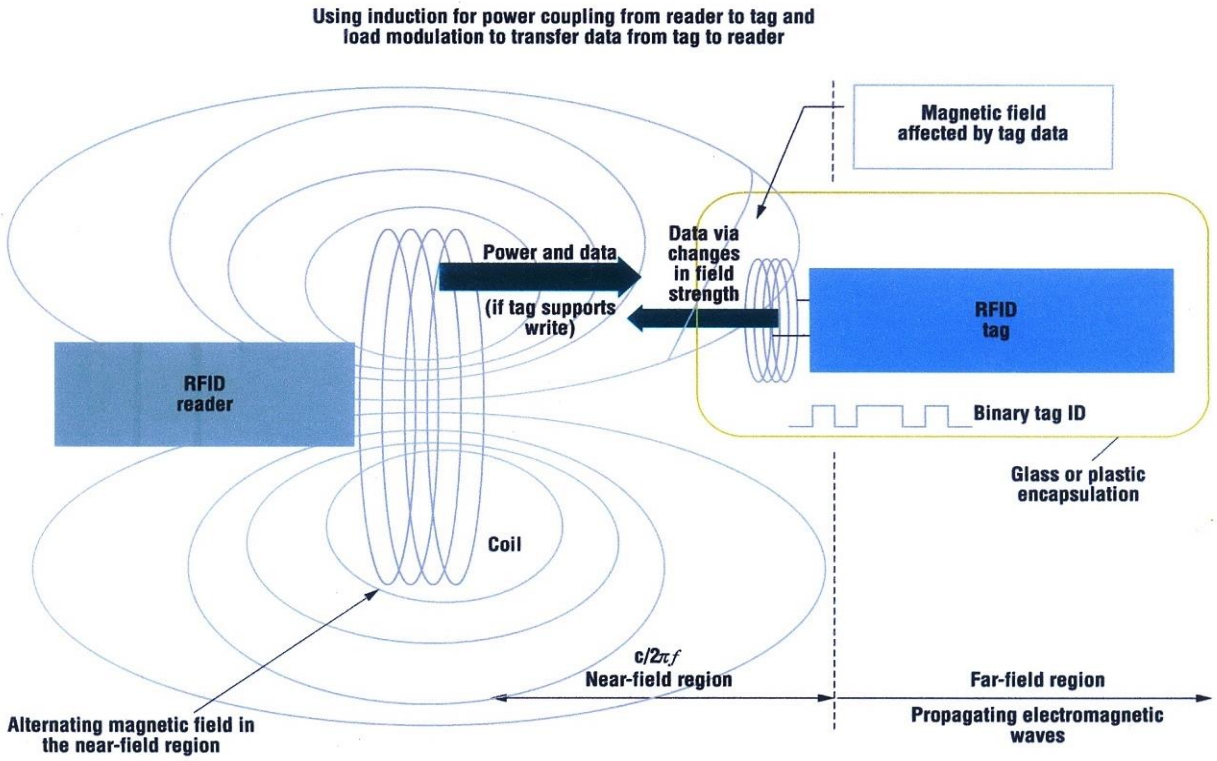


Figura 5: Mecanismo do campo próximo para suprir alimentação elétrica / comunicação para *tags* operando na faixa de frequência até 100 MHz (WANT, 2006).

Esta foi à primeira abordagem feita em RFID e tem resultado em muitas normas subsequentes, tais como as ISO 15693 e 14443, e uma grande variedade de soluções proprietárias. Contudo, a comunicação via acoplamento por campo próximo possui algumas

limitações físicas. A faixa a qual podemos utilizar a indução magnética aproxima-se a Equação 1.

$$\frac{c}{2\pi f} \tag{1}$$

Onde c é uma constante (velocidade da luz) e f é a frequência. Então, como a frequência de operação incrementa, há uma diminuição na distância na qual a operação de acoplamento magnético por campo próximo ocorre. Uma limitação adicional é a energia disponível para a indução como uma função da distância da bobina do leitor. O campo magnético diminui em um fator de $1/r^3$, onde r é a distância entre o leitor e a *tag*, ao longo de uma linha central perpendicular ao plano das bobinas. Desta maneira, as aplicações necessitam de mais bits para identificação do número da *tag* bem como uma discriminação entre múltiplas *tags* na mesma localidade em uma leitura com tempo fixo; cada *tag* requer uma maior taxa de dados e consequentemente uma frequência de operação mais alta. Estas limitações levaram a novos projetos de sistemas RFID passivos baseados na comunicação de dados pelo método por campo distante.

Tags baseadas na emissão de campos distantes captam a propagação das ondas eletromagnéticas através de uma antena tipo dipolo no equipamento leitor. Uma antena dipolo[10] de dimensões reduzidas na *tag* recebe esta energia como uma diferença de potencial alternada captada nos braços do dipolo. Um circuito formado por um diodo e um capacitor retifica e filtra este sinal, tornando-o contínuo, e é utilizado para alimentação elétrica do circuito eletrônico da *tag*. No entanto, ao contrário dos modelos indutivos, as *tags* estão além do alcance dos leitores do sistema de campo próximo, e os dados não podem ser transmitidos para o leitor usando modulação de carga. A técnica de *back scattering* é utilizada comercialmente para sistemas RFID operando na técnica de campo distante. A Figura 6 ilustra um modelo de *tag* utilizado neste sistema de campo distante.

[10] Uma antena dipolo é uma antena retilínea sem ligação com o potencial de terra, com a extensão de um comprimento de onda em geral. Podem ser polarizadas horizontalmente ou verticalmente, pois a onda eletromagnética é composta de campo elétrico e campo magnético, estes estão ortogonalmente dispostos.

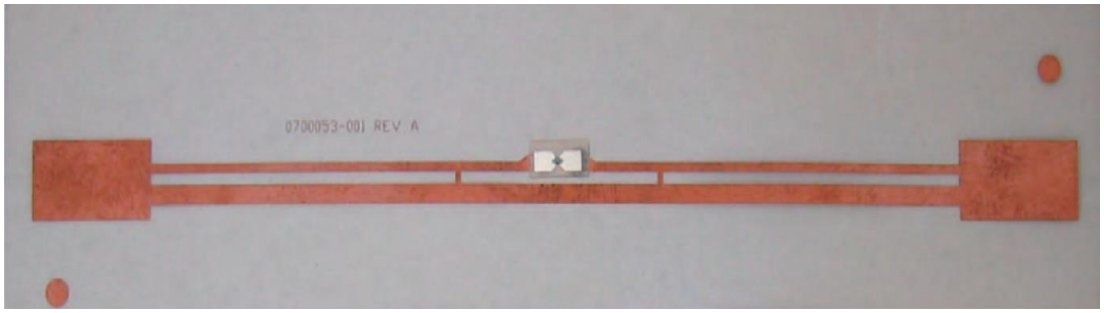


Figura 6: *Tag* baseada no sistema de acoplamento por campo distante, medindo 16 x 1 cm. Frequência de operação em 900 MHz (WANT, 2006).

Projetando uma antena com dimensões precisas, ela pode ser sintonizada em uma frequência específica e absorver a maior parte da energia que chega a ela naquela frequência. Contudo, se uma diferença de impedância[11] ocorre nesta frequência, à antena irá refletir de volta um pouco da energia (como pequenas ondas) na direção do leitor, o qual pode então detectar esta energia utilizando um receptor de rádio sensível. Mudando a impedância da antena ao longo do tempo, a *tag* pode refletir de volta mais ou menos o sinal de entrada em um padrão que codifica a identificação da *tag*. As *tags* que utilizam o princípio do campo distante operam, tipicamente, em frequências maiores que 100 MHz até a faixa de ultra-alta frequência (UHF – 2,45 GHz); abaixo desta faixa de frequência o domínio é do princípio de acoplamento por campo próximo.

A faixa de frequência de um sistema baseado no princípio do campo distante é limitada pela quantidade de energia que alcança a *tag* a partir do leitor e quão sensível é o receptor de rádio do leitor em relação ao sinal refletido. O retorno do sinal nos sistemas atuais é muito baixo, devido ao resultado de duas atenuações, cada uma baseada em uma lei do inverso do quadrado: a primeira atenuação ocorre devido às ondas eletromagnéticas irradiadas do leitor para a *tag* e a segunda atenuação ocorre quando as ondas refletidas retornam da *tag* para o leitor.

Assim o retorno da energia é $1/r^4$, sendo que r representa a distância do leitor para a *tag*. Com as técnicas de projeto dos modernos semicondutores, pode-se projetar *tags* que podem ser lidas cada vez mais a longas distâncias em comparação ao que eram possíveis alguns anos atrás. Além disso, receptores de rádio de baixo custo têm sido desenvolvidos com

[11] É a relação entre o valor eficaz da diferença de potencial entre dois pontos de um circuito e o valor eficaz da corrente elétrica resultante no circuito.

um aumento da sensibilidade de maneira tal que eles podem detectar sinais, a um custo razoável, com níveis de potência da ordem de -100 dBm[12] na faixa de 2,4 GHz.

Um leitor típico de campo distante pode captar o sinal de *tags* até a distância de 3 metros, e algumas companhias que produzem sistemas RFID tem alcançado leituras de até 9 metros. A Figura 7 mostra como é realizada a leitura da *tag* por acoplamento de campo distante.

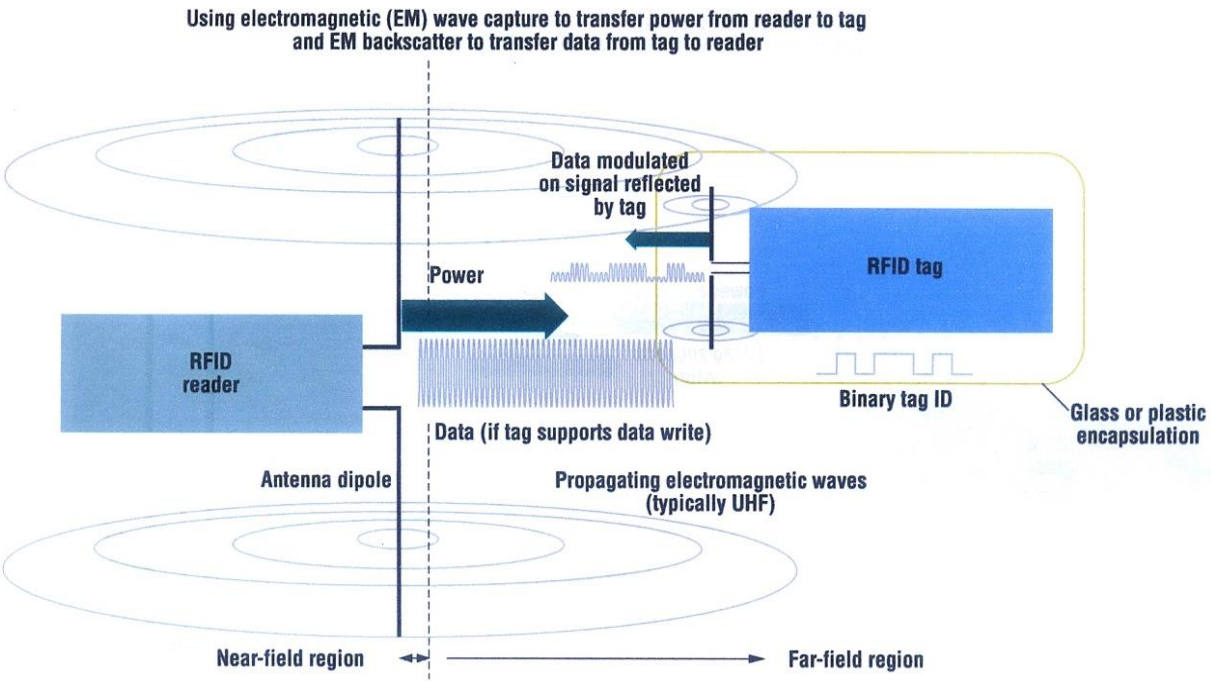


Figura 7: Mecanismo do campo distante para suprir alimentação elétrica / comunicação para *tags* operando na faixa de frequência maior que 100 MHz (WANT, 2006).

[12] Unidade de medida utilizada principalmente em telecomunicações para expressar a potência absoluta mediante uma relação logarítmica. Define-se como o nível de potência em decibéis em relação ao nível de referência de 1mW. Pode ser expressa na seguinte equação:

$$P_{dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_{mW}}{1mW}\right),$$

Onde: P_{dBm} é a potência em dB e P_{mW} é a potência em miliWatts.

2.6.2 Protocolos utilizados

2.6.2.1 A norma ISO 11784 / 11785

Segundo a ISO (1996) estas normas regulam a identificação por radiofrequência (RFID) em animais, a qual é realizada através da implantação de uma *tag* próxima ou dentro da pele de um animal.

A ISO 11785 descreve os protocolos a serem usados pelos *tags*, ou *transponders*, e os leitores, os quais podem ser chamados de *transceivers*[13], e fornece alguns detalhes sobre sua construção. A ISO 11784 somente mostra como o código de identificação de 64 bits armazenados no *transponder* em conformidade com a ISO 11785 é construído. Há 38 bits de identificação do código principal, 10 bits que identifica o código do país, e uma *flag* de 1 bit para indicar se um bloco adicional de dados é enviado. Ainda no frame[14], há um bloco de 14 bits deixado como reservado e há também um bit para indicar se o *transponder* é para aplicação animal ou não. O frame é enviado iniciando pelo bit menos significativo de acordo com a ISO 11785. Para o campo do código do país, códigos de 900 até 998, podem ser utilizados para referenciar fabricantes de equipamentos individuais.

Este conjunto de normas define dois tipos de protocolo de comunicação para dois diferentes tipos de *tags* passivas, conhecidos como *half duplex* (HDX) e *full duplex* (FDX). O protocolo FDX é largamente utilizado para monitorar animais de estimação em todo o mundo. É modulado em ASK[15] e trabalha nas seguintes faixas de frequência: 129 – 133.2 kHz e 135.2 – 139.4 kHz.

Já o protocolo HDX é usualmente implementado, em sua maioria, como chips involucrados em brincos eletrônicos para bovinos e bubalinos. É modulado em FSK[16] e trabalha na faixa de frequência 124.2 kHz identificando o bit lógico 1 (nível alto) e 134.2 kHz identificando o bit lógico 0 (nível baixo).

---

[13] É um dispositivo que combina um transmissor e um receptor utilizando componentes de circuito comuns para ambas as funções em um só equipamento.

[14] Frames são “envelopes” para os pacotes de dados a serem enviados por meio de um protocolo.

[15] A modulação por chaveamento de amplitude (ASK) consiste em alterar o nível de amplitude da portadora em função de um sinal de entrada com níveis de amplitude discretos.

[16] A modulação por chaveamento de frequência (FSK) consiste em variar a frequência da onda portadora em função do sinal modulante, ou seja, o sinal a ser transmitido. A modulação por FSK desloca a frequência entre apenas dois pontos fixos separados.

2.6.2.2 Protocolo GEN 2

De acordo com a GS1 EPCglobal (2013), este protocolo define as solicitações físicas e lógicas para uma *tag* passiva, a primeira interrogação do sistema é feita pelo leitor, para sistemas de identificação por radiofrequência (RFID) operando na faixa de frequência de 860 a 960 MHz. O sistema compreende o equipamento interrogador, também conhecido como leitor, e as *tags*, também conhecidas como etiquetas ou *transponders*. Um leitor transmite informação para uma *tag* pela modulação do sinal RF.

A *tag* recebe a informação e a energia para operação deste sinal RF. *Tags* são passivas, significando que elas recebem a energia para sua operação do sinal RF do leitor. Um leitor recebe informações de uma *tag* pela transmissão contínua do sinal de RF da mesma. A *tag* responde pela modulação do coeficiente de reflexão de sua antena, por esse meio o carregamento da onda da portadora serve como sinal para o leitor. O sistema pelo qual o leitor interroga primeiro significa que uma *tag* modula seu coeficiente de reflexão da antena com um sinal de informação somente após ser instruída a fazer isso por um leitor.

Leitores e *tags* não são requeridos para trocar informação simultaneamente; mais, a comunicação é *half duplex*, significando que o leitor conversa e a *tag* escuta, ou vice-versa.

2.6.3 Controlador RFID

Segundo o site do RFID *Journal* do Brasil (2011), um controlador de RFID, também chamado de leitor, é um dispositivo usado para se comunicar com as *tags* RFID. O leitor tem uma ou mais antenas, que emitem ondas de rádio e recebem sinais de retorno da *tag*. Costuma-se utilizar a palavra interrogador significando que muitas vezes o controlador RFID "interroga" a *tag*. O leitor pode ser dividido em duas classes distintas: leitor fixo e leitor móvel.

O leitor fixo é um interrogador fixado em uma parede, portão, mesa, prateleira ou estrutura permanente ou estrutura não móvel, permitindo que seja possível ler os números de identificação única das *tags* RFID anexadas aos itens controlados, por exemplo, em um armazém ou qualquer outra configuração na qual seja utilizada, ou necessária pelas condições e circunstâncias, a utilização desta tecnologia. O leitor móvel é um interrogador RFID que pode ser transportado em uma pessoa, um animal, veículo ou equipamento, permitindo que sejam lidos os números de identificação única das *tags* RFID anexadas aos itens que se deseja

controlar e/ou acompanhar. Na Figura 8 é possível ver um leitor RFID realizando uma leitura em uma *tag* em forma de brinco eletrônico na orelha de um bovino.

Figura 8: Interrogador realizando a leitura de uma *tag* fixada na orelha de um bovino (Jornal do Comércio, 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Microcontrolador PIC18F4550

O microcontrolador escolhido para executar o software do sistema será o PIC18F4550, chip U1 na placa de controle, fabricado e comercializado pela empresa norte-americana *Microchip Technology Incorporation*. Os microcontroladores PIC (*Programmable Interface Controller*) possuem uma arquitetura *Harvard* e um conjunto de instruções RISC. A arquitetura interna deste microcontrolador pode ser vista na Figura 10.

Muitas características interessantes ressaltam-se no *datasheet* deste componente e que foram utilizadas neste projeto e facilitaram o alcance dos objetivos a que nos propomos com o mesmo. Dentre elas podemos citar:

- interface serial USB[17] (*Universal Serial Bus*) versão 2.0: possibilidade da escolha de taxas de baixa (1,5 Mbits/s) e alta (12 Mbits/s) transferência de dados, interrupção na transmissão e recepção de dados, acesso duplo a RAM com tamanho de 1 kByte para USB e *transceiver* inserido no chip com regulador de tensão;
- modos de gerenciamento da alimentação elétrica do chip: modo *sleep*, *watchdog*, oscilador timer 1 e início de programa com duas velocidades para o oscilador;
- estrutura flexível para o oscilador: quatro modos para utilização do cristal oscilador incluindo um PLL[18] (*Phase Locked Loop*) preciso para utilização da interface USB, dois modos para o *clock* externo (até 48 MHz), oscilador secundário utilizando o Timer 1 até 32 kHz para relógio de tempo real e segurança contra a falha do monitor de *clock*;
- periféricos: alto dreno / fonte de corrente para os periféricos de 25 mA (nos pinos do microcontrolador), três fontes de interrupção externa, quatro módulos timer, dois módulos captura / compara (CCP), módulo mestre porta serial síncrona (comunicação via protocolo I^2C nos modos mestre e escravo) e módulo conversor analógico-digital de 10 bits e dois módulos comparadores analógicos com entrada multiplexada;

---

[17] Tipo de conexão serial que permite a conexão de periféricos sem a necessidade de desligar o sistema que utiliza este protocolo em hardware e software.

[18] Malha de captura de fase, é um sistema de realimentação no qual o sinal de realimentação é usado para sincronizar a frequência instantânea do sinal de saída com a frequência instantânea do sinal de entrada. Pode ser analógico ou digital.

- características especiais do microcontrolador: compilador C com arquitetura de *software* otimizada e opcionalmente com instruções estendidas, mais de 100.000 ciclos de apagamento/ escrita da memória *flash* do microcontrolador, mais de 1.000.000 de ciclos de apagamento/ escrita da memória EEPROM interna, mais de 40 anos de retenção dos dados nas memórias *flash* / EEPROM, níveis de prioridade para interrupções, multiplicador de *hardware* 8 x 8 em um ciclo, período estendido no temporizador do *watchdog* (de 41 ms a 131 s), proteção de código programável, programação *in-circuit* via dois pinos e operação de alimentação elétrica em uma faixa estendida (2,0 V a 5,5 V).

Na Figura 9 mostra-se o processador como inserido na placa de controle e os sinais de acionamento dos periféricos.

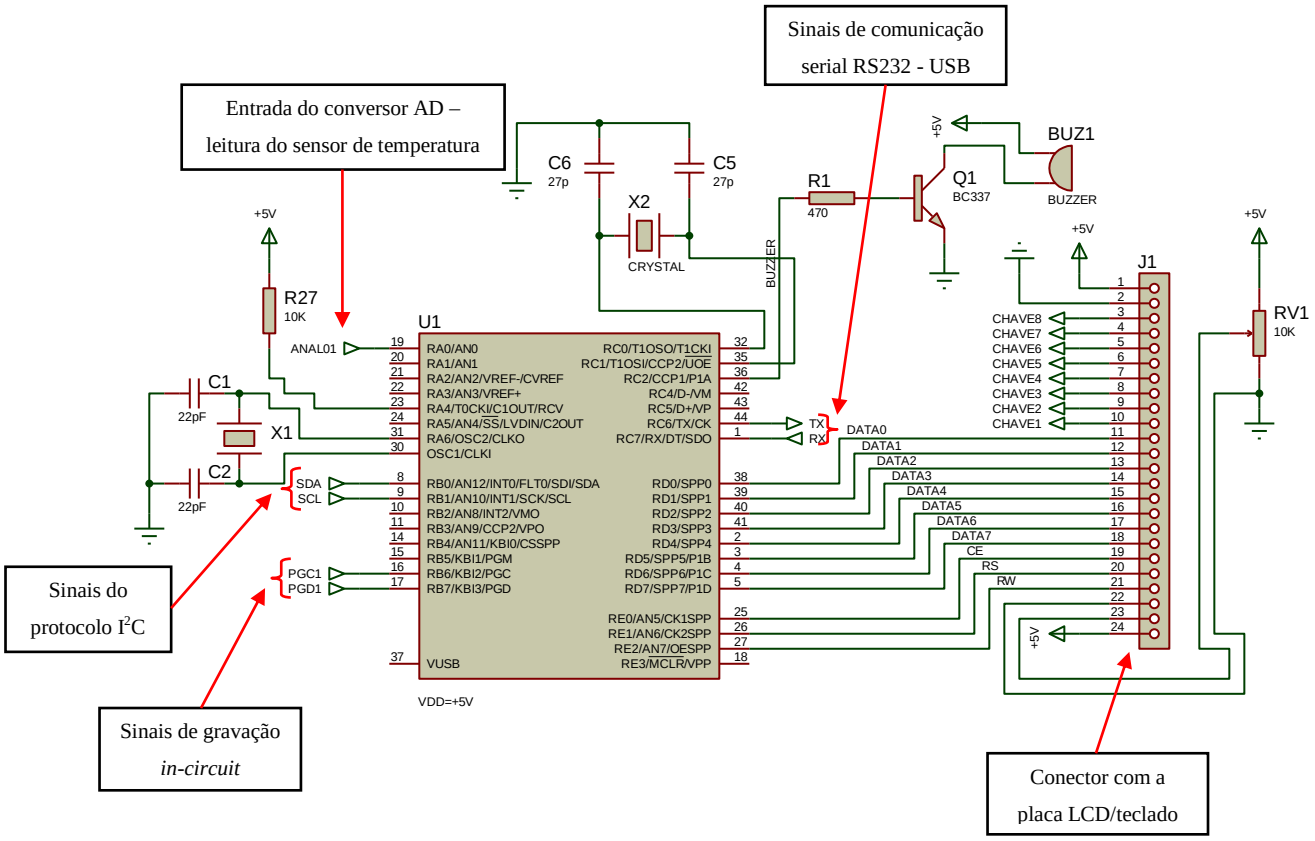
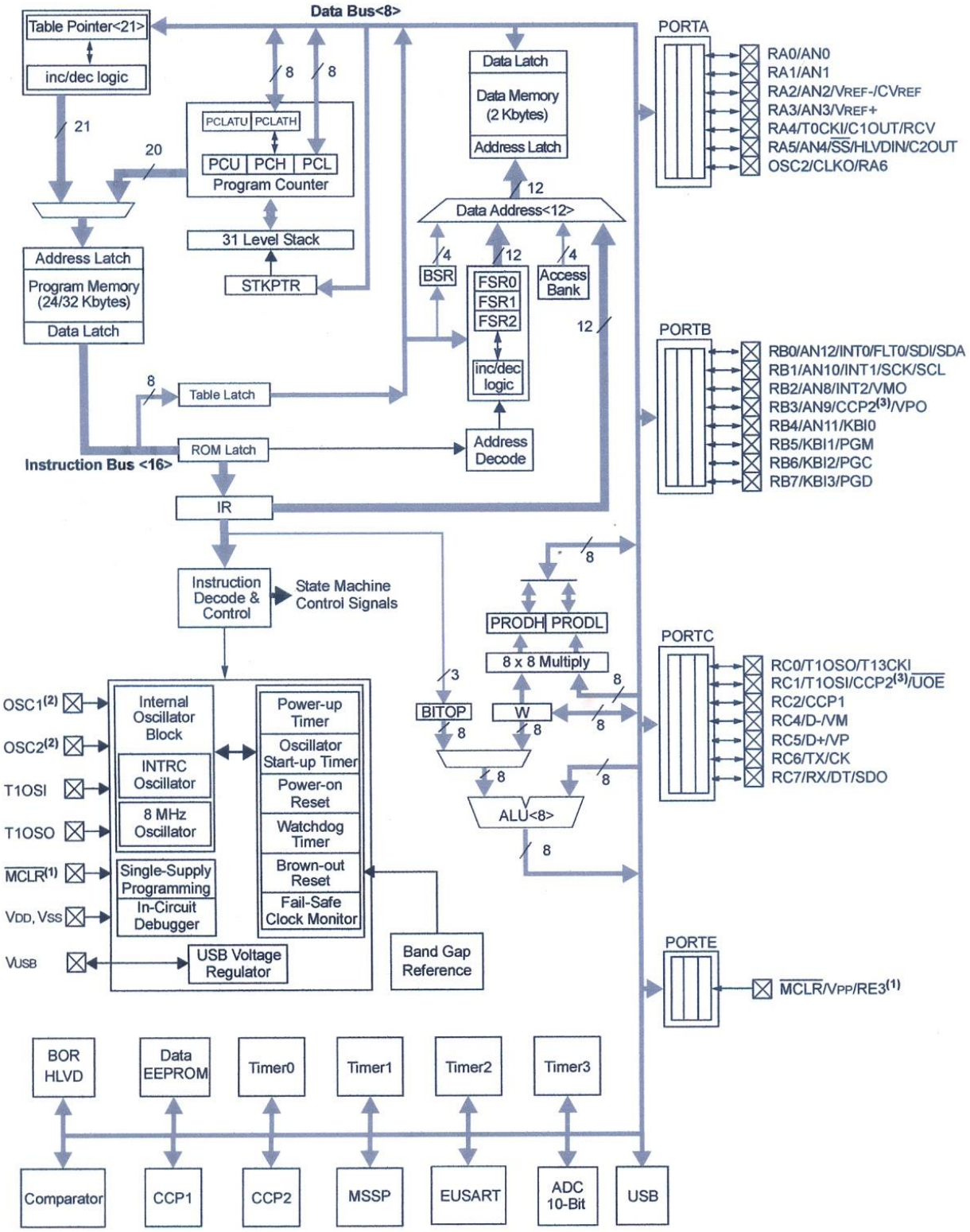


Figura 9: Processador da placa de controle e periféricos (BORNE, 2014).



Note 1: RE3 is multiplexed with $\overline{\text{MCLR}}$ and is only available when the $\overline{\text{MCLR}}$ Resets are disabled.

2: OSC1/CLKI and OSC2/CLKO are only available in select oscillator modes and when these pins are not being used as digital I/O. Refer to **Section 2.0 "Oscillator Configurations"** for additional information.

3: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

Figura 10: Arquitetura interna do microcontrolador PIC18F4550 (MICROCHIP, 2009).

3.1.2 Brincos eletrônicos

De acordo com a Instrução Normativa N° 17 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2006) um Elemento de Identificação é definido como:

> É o sistema individual de bovinos ou bubalinos, por meio de brinco auricular, *bottom*, dispositivo eletrônico, tatuagem e outros, conforme disposto em normas específicas, aplicados com a finalidade de caracterização e monitoramento dos bovinos e bubalinos inscritos no SISBOV em todo o território nacional (MAPA, 2006, p. 4).

Já no Artigo 7°, item I da referida Instrução Normativa (2006, p. 5) está especificado que "o animal será identificado de acordo com uma das seguintes opções" e seguindo "um brinco auricular padrão SISBOV em uma das orelhas e um brinco botão".

Para atender esta especificação e após uma pesquisa em diferentes fabricantes de *tags* para sistemas RFID, optou-se pelo brinco eletrônico fornecido pela empresa GAO RFID *Incorporation* que fabrica o modelo *Cattle Ear Tag* (116034).

Utiliza para a comunicação com o leitor o protocolo GEN 2 Classe 1 e tem como faixa de operação as frequências de 860 a 960 MHz. Na Figura 11 é possível observar o dispositivo físico que serve como encapsulamento para a *tag*.

Figura 11: *Tag* em formato de brinco eletrônico para ser utilizado em rastreabilidade de gado bovino e bubalino (GAO RFID).

Entre as características que possibilitaram a escolha deste dispositivo estão: alta tolerância com relação à colisão da informação, resistente a poeira e a água (IP67)[19], senha de acesso em 32 bits, múltipla identificação, rápida taxa de leitura e disponível para gado bovino de grande porte.

Na Tabela 4 são mostradas as especificações do produto.

Tabela 4 – Especificações do brinco eletrônico modelo 116034.

Frequência		**860 a 960 MHz**
Protocolo		ISO 18000-6C
Funcionalidade		Leitura / Escrita
Distância de leitura		Acima de 3 metros (dependendo da leitura)
Retenção dos dados		Acima de 10 anos
Velocidade da taxa de dados	Link direto	40 a 640 kbits/s
	Link de retorno	40 a 640 kbits/s
Segurança		32 bits
Encapsulamento do material		TPU
Substrato		Plástico
Antena		Alumínio / Cobre
Temperatura de operação		-10°C a 50°C
Dimensões		50 mm x 30 mm

Fonte: Características operacionais do brinco eletrônico modelo 116034 (GAO RFID).

3.1.3 Módulo RFID

O módulo RFID é o dispositivo eletrônico que gera a alta frequência necessária para interrogar as *tags* que se aproximam de sua área de alcance e ao mesmo tempo, via interface serial, envia para o controlador os identificadores destas mesmas *tags* mostrando qual o animal que chegou perto do leitor no local onde foi posicionado. Este dispositivo trabalha em alta frequência, o que possibilita um maior alcance na interrogação de possíveis *tags* que se aproximam e ao mesmo tempo exige uma atenção maior na área na qual a frequência é

[19] O código ou classificação IP (*Ingress* Protection em inglês ou Proteção contra Ingresso em português) determina critério de ingresso de materiais sólidos e líquidos em equipamentos elétricos protegidos mecanicamente por algum tipo de carcaça, conforme norma internacional IEC 60529. Cada número representa a resistência a uma condição padrão: o primeiro dígito representa o ingresso de elementos sólidos (inclusive partes do corpo humano, como os dedos) e o segundo dígito representa a entrada de elementos líquidos. Quanto maior o número, maior a sua resistência ao ingresso de corpos estranhos.

gerada, evitando, por exemplo, obstáculos que possam absorver o sinal ou impedir a sua propagação.

Após pesquisa, foi escolhido o módulo da empresa Acura Global modelo M6e-Micro não só pelas pequenas dimensões, mas também, pela facilidade de utilizá-lo como um componente SMD na placa de controle e pelas excelentes características de comunicação e alcance necessárias ao projeto, como pode ser observado nas especificações relacionadas e como apresentado na Figura 12. O módulo já vem com suporte ao protocolo EPC global Gen 2 (de acordo com a ISO 18000-6C e 18000-6B). Possui interface com RF composto de dois conectores de 50 Ω e que suportam duas antenas monoestáticas, níveis de leitura e escrita separados, controle ajustável de -5 dBm a 30 dBm, a passos de 0,5 dBm com precisão de ± 1 dBm. O mesmo já vem regulamentado e pré-configurado para a seguinte região: Anatel (Brasil) na faixa de frequência de 902 a 907 MHz e 915 a 928 MHz ou então na configuração de frequência livre (customizável) nas faixas de 865 a 869 MHz e 902 a 928 MHz.

Possui uma interface física de 28 conexões (nível de placa de circuito impresso) ou um conector marca MOLEX perfil baixo (modelo 53748-0208) para alimentação em tensão contínua (DC), comunicação, controle e sinais do GPIO (entrada e saída de propósito geral). Possui duas portas bidirecionais de 3,3V configuráveis como entrada para sensores ou portas de saída para utilizar com indicadores (por exemplo, led´s), uma UART com níveis lógicos 3,3 / 5,0 V, velocidade de 9600 a 921.600 bps e uma porta USB 2.0 com até 12 Mbps completam o perfil da interface.

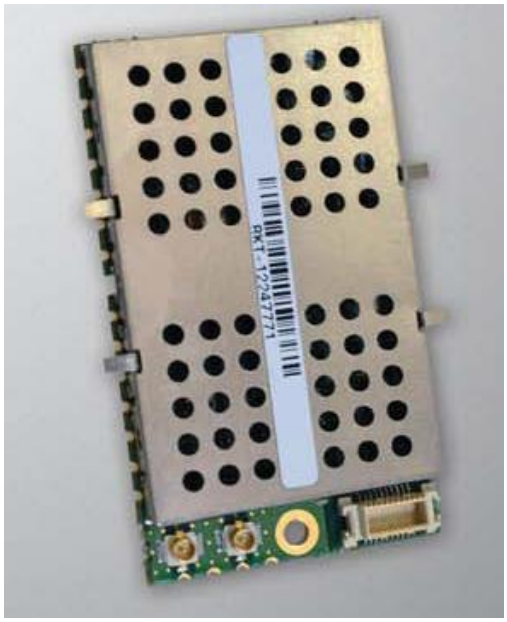


Figura 12: Módulo RFID UHF modelo M6e-Micro (Acura Global).

O módulo consegue interrogar até 750 *tags* / segundo usando as configurações de alto desempenho e possibilita captar uma *tag* a 9 metros de distância com uma antena de 6 dBi (36 dBm EIRP).

3.1.4 Comunicação serial

Uma interface serial é disponibilizada na placa controle com o objetivo de enviar informações tanto a um computador bem como a dispositivos móveis. Esta interface envia e recebe dados via hardware e protocolo RS232 para USB através do CI modelo FT232RL, chip U11 da placa de controle, fabricado e comercializado pela empresa FTDI Chip e, sua configuração na placa controle e sinais, podem ser observados na Figura 13.

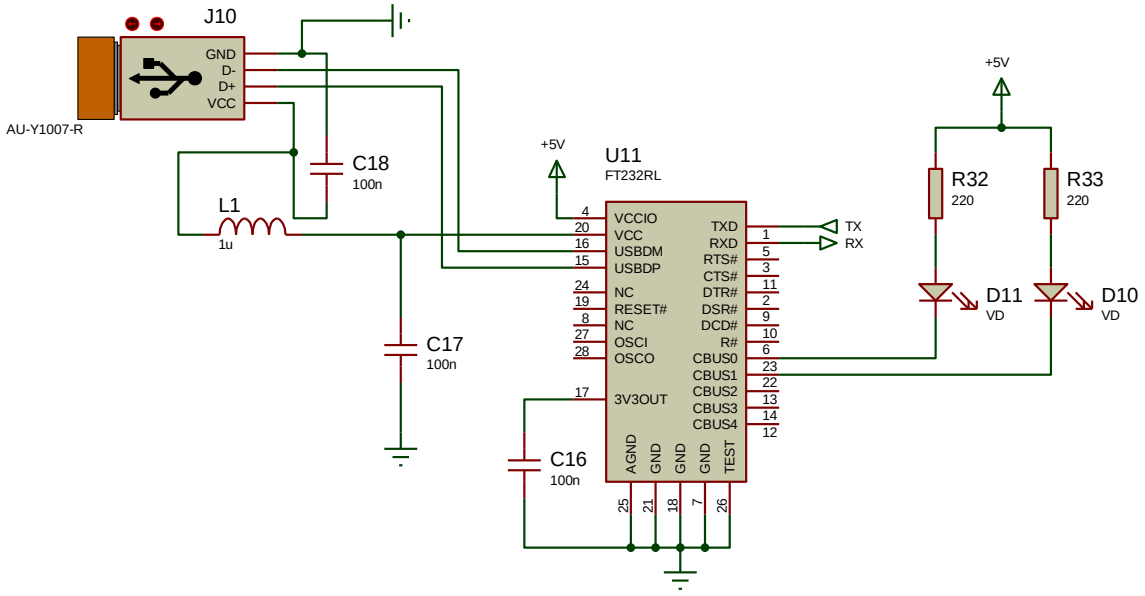


Figura 13: Hardware de comunicação serial via interface RS232 – USB (Borne, 2014).

O CI FT232RL possui algumas características de hardware e software que o tornam ideal para esta aplicação, tais como: a interface facilita a transferência de dados seriais assíncronos para USB, executa o protocolo USB sem a necessidade de programação adicional, resistores de terminação da linha USB totalmente integrados, geração de *clock* totalmente integrada sem a necessidade de cristal externo, transferência de dados de 300 a 3

Mbaud em níveis TTL[20] e interface UART suporta de 7 a 8 bits, 1 ou 2 *stop* bits, paridade[21] par, ímpar, espaço, marca ou mesmo sem paridade. Os led´s D10 e D11 possibilitam a comunicação visual da interface enviando e recebendo dados. O conector J10 atende as especificações do padrão USB 2.0 e o filtro π (passa-baixas frequências) formado pelos capacitores C17, C18 e indutor L1 tem como função diminuir o ruído e possíveis sinais espúrios da alimentação elétrica.

3.1.5 Display LCD e Teclado

A placa de controle de interrogação do sistema RFID terá algumas formas de interagir com o ambiente e com aqueles que irão operá-lo; e uma destas formas será através de um teclado, que representa uma interação táctil, e um display de cristal líquido (LCD) marca Matrix Orbital modelo MOP - AL202C que mostra visualmente o funcionamento e o comportamento atual do mesmo.

Enquanto o LCD é controlado pelo processador principal do sistema, o teclado, utilizado para configurar as características de operação do controlador RFID e as entradas e saídas digitais são controlados por um processador escravo, o qual se comunica com o processador mestre através da interface serial síncrona digital I^2C. O protocolo I^2C, que é um barramento multi-mestre desenvolvido pela empresa Philips, tem o objetivo de conectar periféricos de baixa velocidade.

O processador escravo é, igualmente, um microcontrolador desenvolvido e comercializado pela empresa Microchip, o PIC18F2520, o que facilita a utilização da mesma linguagem de programação e arquitetura e possui também a vantagem do processamento paralelo. O processador mestre controla o sistema RFID em tempo real ao passo que as tarefas mais básicas, como teclado e leitura dos periféricos digitais, ficam a cargo do escravo que envia uma atualização destes dados para o mestre, que toma as devidas providências para atender as solicitações.

---

[20] Classe de circuitos digitais construídos de transistores de junção bipolar e resistores. É chamada lógica transistor-transistor porque ocorrem ambas as funções porta lógica e de amplificação pelos transistores.

[21] Em um processo de transmissão ou armazenamento de dados, pode haver erros no processo, como é enviado um nível lógico “0” devido ao ruído é interpretado um nível lógico “1”. Um dos métodos mais simples é adicionar um bit a transmissão ou armazenamento e fazer com que a soma de todos os bits “1” seja um número par (Paridade par), ou seja, um número ímpar (paridade ímpar). Se no momento de receber ou ler este bit e a paridade não for correta, aconteceu um erro no processo.

Na Figura 14 é mostrado o LCD utilizado no projeto e no Quadro 2 uma relação com as funções das teclas no sistema.

Figura 14: LCD de caracteres (BORNE, 2014).

TECLAS	DEFINIDOR	FUNÇÃO
Tecla 1	K1	Incrementa para cima
Tecla 2	K2	Incrementa para baixo
Tecla 3	K3	Desloca para a direita
Tecla 4	K4	Desloca para a esquerda
Tecla 5	K5	ENTER
Tecla 6	K6	DELETE
Tecla 7	K7	CONFIGURAÇÕES
Tecla 8	K8	ESC

Quadro 2 – Funções das teclas no sistema RFID (Borne, 2014).

3.1.6 Entradas e saídas digitais

Na placa de controle há a possiblidade de automatizar a abertura e fechamento de portões para a passagem e / ou o cerceamento do gado quando houver a necessidade de um controle mais preciso da rastreabilidade bovina. Para que isso aconteça, quatro entradas digitais são disponibilizadas para a leitura de sensores e chaves do tipo fim-de-curso e indutivos. Estas entradas digitais são programáveis, podem ou não ser habilitadas para leitura,

e suportam uma alimentação elétrica de +12 V aproveitando a fonte de potência solar ou da bateria que alimenta eletricamente a placa de controle. O circuito pode ser observado na Figura 15.

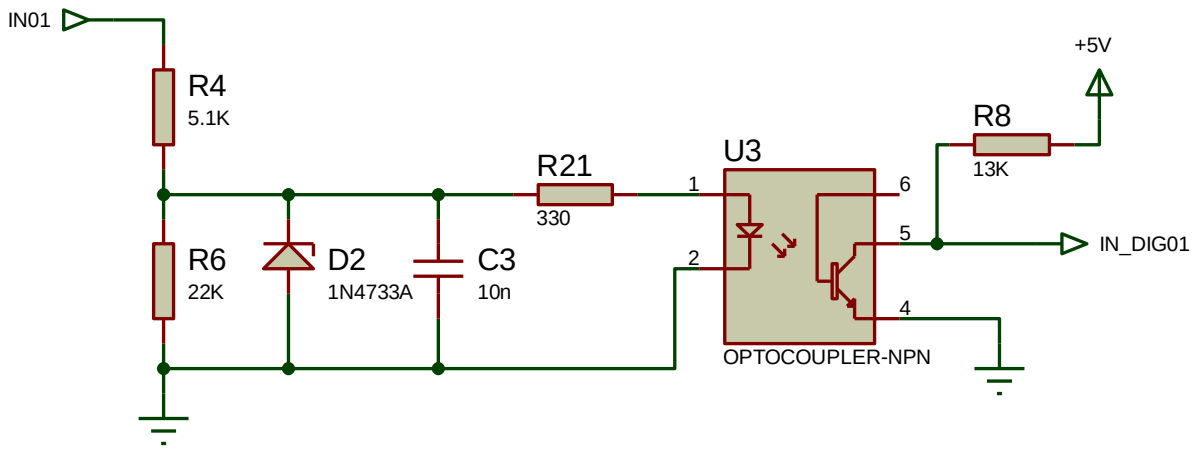


Figura 15: Circuito eletrônico das entradas digitais (BORNE, 2014).

As quatro entradas digitais estão acessíveis à placa de controle via um conector com seis entradas marca Weidmüller modelo OMNIMATE Signal – series BL / SL 3.50/06/90G 3.2SN OR BX na cor laranja. O circuito de leitura das entradas digitais é composto de um divisor resistivo (R4 e R6) que baixa a tensão de entrada de +12 V_{CC} para cerca de +9 V_{CC}. Esta tensão rebaixada é então submetida a um diodo zener, componente D2 na Figura 15, que pelo Efeito Zener[22] grampeia a tensão em +5,1 V_{CC} sendo logo depois filtrada pelo capacitor C3. O resistor R21 serve como um limitador de corrente para o diodo interno do circuito opto-acoplador, U3. Este circuito integrado serve como um isolador entre o sinal recebido externamente, no conector da placa de controle, do pino do microcontrolador que irá lê-lo internamente na mesma placa. O opto-acoplador, internamente, não possui uma interface física entre o diodo e a base do transistor, conforme pode ser observado.

O sinal de acionamento do transistor, que neste caso funciona como uma chave liga / desliga, é realizado através da radiação luminosa (na faixa de luz visível ou infravermelho), ou seja, portadores de carga elétrica são gerados pela passagem de corrente através do diodo que excitam, proporcionalmente à intensidade de luz incidente, ou não, a base do transistor,

[22] Ocorre quando o campo elétrico produzido na aplicação da tensão inversa é suficiente para produzir a quebra de ligações covalentes, multiplicando rapidamente os portadores de carga. Este tipo de ruptura é denominado “ruptura zener” e o ponto no qual se inicia a ruptura zener chama-se de “tensão zener”.

fazendo com que ora ele conduza, e então a chave está fechada, ora não conduza, a chave está aberta.

Quando a chave está fechada, e, portanto, há um sinal na entrada digital IN01, o opto-acoplador está habilitado e o transistor está ligado. Uma corrente está fluindo através do resistor R8 até o plano de terra e a tensão no pino do microcontrolador, aqui representado pelo *label* IN_DIG01, é de 0 V. Este sinal representa um nível lógico “0” no pino de entrada do microcontrolador. No momento em que não há mais sinal na entrada digital IN01, ou seja, a tensão no pino de entrada do conector é 0 V. Logo, não haverá mais um fluxo de corrente no diodo do opto-acoplador e consequentemente o transistor está se comportando como uma chave aberta. O fluxo de corrente através do resistor R8 (que possui um valor alto para limitar o valor da corrente elétrica) se dirige agora para o pino do microcontrolador e a tensão de +5 V_{CC} representa o nível lógico “1” no microcontrolador. Logo, o acionamento e o reconhecimento das entradas digitais são realizados por lógica negativa.

Quatro saídas digitais também estão disponíveis para o acionamento de motores elétricos na movimentação de portões ou outras cargas que se façam necessárias. O acionamento destas saídas digitais também é programável e elas são habilitadas através de relés, localizados na placa de controle. O circuito pode ser visto através da figura 16.

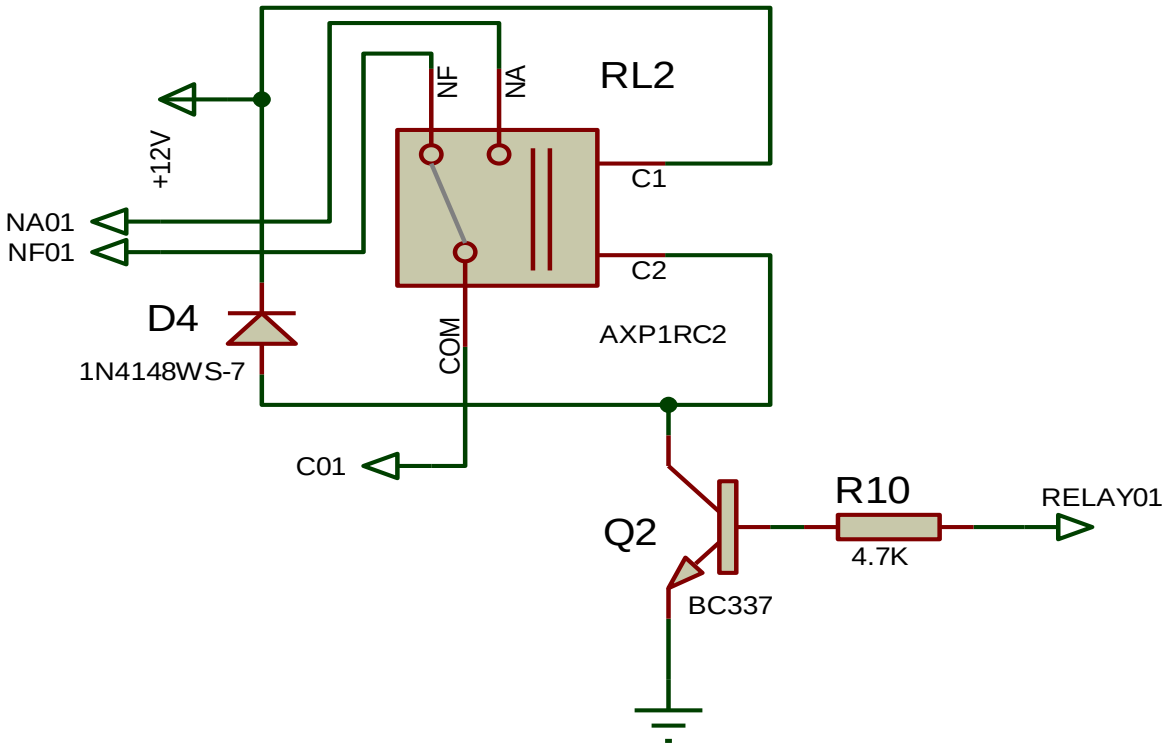


Figura 16: Circuito eletrônico das saídas digitais (BORNE, 2014).

As quatro saídas digitais estão acessíveis à placa de controle através de um conector de doze posições marca Weidmüller modelo OMNIMATE Signal – series BL / SL 3.50/12/90G/ 3.2SN OR BX na cor laranja. O circuito das saídas digitais tem como seu componente de acionamento um relé marca METALTEX modelo AXP1RC2 com alimentação da bobina de +12 V_{CC} e cujos contatos podem acionar cargas com consumo de corrente até 20 A. O microcontrolador utiliza como saída para acionar o rele o transistor Q2, modelo BC337 NPN, que serve como um componente de isolamento entre o pino do chip e o acionamento propriamente dito. O resistor R10 serve como um limitador de corrente para chavear o transistor entre dois estados, ligado e desligado, já que nesta configuração continua-se a utilizar o dispositivo como uma chave.

O diodo de sinal, D4, tem a função de evitar que o acionamento da bobina do rele possa gerar um pulso de corrente que venha a danificar o transistor, uma vez que o indutor, e este é o caso da bobina do rele, se opõe a variações de corrente. Uma vez que o diodo quando polarizado conduz somente em uma direção, do ânodo para o cátodo, impede que o retorno possa danificar o elemento de chaveamento. Um rele possui duas saídas: uma saída NA (normalmente aberto) e uma saída NF (normalmente fechado), no qual podem ser ligadas as cargas conforme a necessidade do acionamento e um pino comum que pode servir como suporte ao acionamento das cargas.

3.1.7 Medida de Temperatura

Um controle de temperatura está disponível na placa de controle através de um sensor de temperatura em circuito integrado LM35. Este sensor digital de temperatura é uma solução bem conhecida no mercado e de fácil aquisição. O LM35 tem uma tensão de saída linearmente proporcional à medida de temperatura em graus Celsius.

Possui uma vantagem de não requerer a necessidade de qualquer calibração externa para prover uma acurácia típica de $\pm 1/4$ °C na medida de temperatura em um local fechado e $\pm 3/4$ °C sobre uma larga faixa de temperatura: -55 °C a +150 °C. A baixa impedância e a linearidade do sinal de saída o tornam ideal para interface com sistemas de aquisição de dados e leitura em tempo real da temperatura.

Na Figura 17 é possível ver o circuito utilizado para a leitura da temperatura externa no local onde o sistema RFID está instalado.

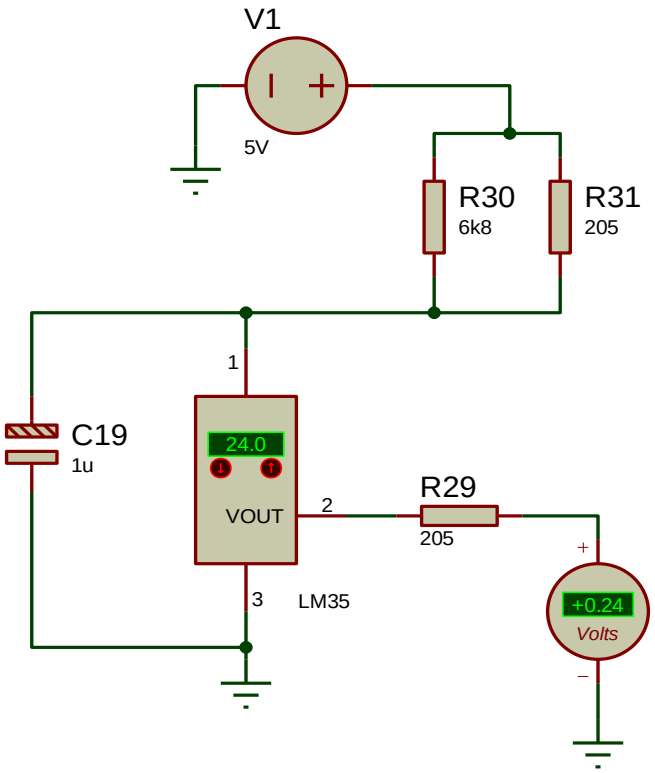


Figura 17: Circuito eletrônico do sensor de temperatura (BORNE, 2014).

A fonte de tensão V1 representa o circuito integrado U10 na placa de controle. O AD584, fabricado pela empresa norte-americana Analog Devices, é uma tensão de referência precisa e com as saídas com níveis de tensão DC pré-programados em +2,5 V_{CC}, +5,0 V_{CC} e +10,00 V_{CC}. O sensor de temperatura integrado LM35, para fornecer uma leitura de temperatura precisa, necessita de uma tensão estável, mesmo que a tensão da fonte varie; e o circuito integrado citado fornece esta característica, por isso a sua escolha.

Os resistores em paralelo R30 e R31 fornecem o nível de corrente para o LM35 funcionar e o capacitor C19 tem a função de filtro e desacoplamento do sinal DC. O resistor R29 serve como um limitador de corrente para o pino do microcontrolador representado pela fonte de tensão que mostra a saída fornecida pelo LM35: 10 mV / °C. Os resistores de 205 Ω são com tolerância de 1%. O sinal de temperatura é lido no microcontrolador em um pino que tem como função o acesso ao conversor analógico-digital de 10 bits inserido no mesmo. O valor da temperatura é trabalhado pelo software e depois mostrado no display LCD.

3.1.8 Memória EEPROM

Com o objetivo de armazenar as leituras das *tags* recebidas, foi inserida na placa de controle uma memória EEPROM que, através do protocolo I^2C, memoriza sempre as *tags* que se aproximaram do leitor como forma de consulta e estatística de rastreabilidade animal. O modelo do circuito integrado é a 24LC512 que tem a capacidade de 64 k posições de memória por 8 bits, sendo possível a capacidade de escrita por página de até 64 bytes de dados. A gravação dos dados pode ser protegida contra apagamento e escrita e permite uma retenção dos dados memorizados maior que 200 anos.

3.1.9 Utilizando o sol como fonte de energia

O sol é a alternativa de energia escolhida para alimentar o sistema RFID, não só porque é uma alternativa de energia barata, não necessitando utilizar a alimentação elétrica da propriedade rural, bem como sustentável ambientalmente e extremamente prática, podendo ser instalada em qualquer lugar da mesma, seja próximo à sede como no meio do campo.

A facilidade de aquisição de painéis solares e células fotovoltaicas possibilitam esta utilização. Foi escolhido um painel fotovoltaico[23] como fonte de captação da energia que vem do sol. Devido ao consumo do circuito de controle do sistema RFID não ultrapassar o consumo total de corrente de 1,5 A, uma célula fotovoltaica é suficiente para alimentar eletricamente o sistema. As características da placa fotovoltaica estão abaixo citadas.

- Potência máxima (P_{MAX}): 30 W.
- Tensão nominal (V_{MP}): 17,2 V.
- Corrente nominal (I_{MP}): 1,74 A.
- Tensão circuito-aberto (V_{OC}): 21,6 V.
- Corrente curto-circuito (I_{SC}): 1,93 A.
- Material: alumínio e vidro.
- Dimensões: 50 cm x 50 cm x 2,8 cm
- Potência de geração em A / hora: 1,66 A

[23] É a criação de tensão elétrica ou de uma corrente elétrica correspondente em um material, após a sua exposição à luz. O feito fotovoltaico tem os seus elétrons gerados serem transferidos entre bandas diferentes (das bandas de valência para a banda de condução) dentro do próprio material, resultando no desenvolvimento de tensão elétrica entre dois eletrodos.

Juntamente com a placa fotovoltaica, utiliza-se uma bateria para armazenamento da energia captada do sol com o objetivo de utilizar esta energia nos dias nos quais o sol está encoberto ou mesmo nos dias com chuva. As características da bateria são: uso exclusivo em sistemas de energia estacionária, entre eles a energia solar, tensão de +12 V_{CC} podendo fornecer uma corrente de até 7 Ah (Ampères. hora).

Para controle da célula fotovoltaica e da carga de bateria, adquiriu-se um controlador para gerenciar a utilização desta energia. Fabricado pela empresa EPSOLAR, o modelo LS1024 possui as seguintes características abaixo citadas.

- Tensão nominal do sistema: +12 / +24 V_{DC}.
- Tensão máxima de entrada: +50 V.
- Corrente nominal de carga / descarga: 10 A.
- Sistema PWM[24] de alta eficiência, o que incrementa o tempo de vida da bateria e aumenta a eficiência do sistema fotovoltaico solar.
- Utilização de MOSFET[25] como chave eletrônica, sem qualquer chaveamento mecânico.
- Os tipos de bateria que podem ser utilizadas com este controlador são: gel e selada.
- Utiliza compensação de temperatura, corrige os parâmetros de carga e descarga automaticamente e aumenta a vida útil da bateria.
- Proteção eletrônica contra os eventos de: superaquecimento, sobrecarga e curto-circuito.
- Proteção contra ligação reversa: qualquer combinação do módulo solar e bateria.

Na Figura 18 mostra-se uma proposta de montagem completa do sistema de carga energética para o sistema RFID.

---

[24] Modulação por largura de pulso é a variação da largura do pulso de modo a controlar o ciclo ativo do sinal aplicado a uma carga e, com isso, a potência aplicada a ela.

[25] Transistor MOSFET (acrônimo de Metal Oxide Semiconductor Field Transistor), ou transistor de efeito de campo de semicondutor de óxido metálico. É o tipo mais comum de transistores de efeito de campo em circuitos digitais ou analógicos. Um MOSFET é composto de um canal de material semicondutor (que geralmente é o Silício, mas alguns fabricantes começaram a usar mistura de Silício e Germânio). O terminal de *gate* é uma camada de polisilício (Silício poli cristalino) colocada sobre o canal, mas separado deste por uma fina camada de dióxido de Silício isolante.

Figura 18: Proposta de sistema de energia fotovoltaica para alimentar o sistema RFID em propriedades rurais (BORNE, 2014).

3.2 Métodos

3.2.1 Desenvolvimento do software

O software do microcontrolador da placa de controle foi construído em linguagem C específica para o processador e é atualizado e mantido pela empresa CCS que se encontra nos Estados Unidos e que produz o compilador PCH para a família de microcontroladores PIC18F da empresa norte-americana Microchip.

O software foi dividido em módulos que compreendem: o microcontrolador e a EEPROM escravos com o protocolo I^2C, a comunicação serial com o módulo RFID e/ou com outros dispositivos e controle do LCD e periféricos: buzzer, sensor de temperatura através da conversão analógico-digital e o relógio de tempo real.

3.2.1.1 Protocolo I^2C

Todas as transições em um protocolo I^2C iniciam com um START (S) e são terminadas por um sinal STOP (P). Uma transição de um nível alto para um nível baixo na linha SDA com a linha SCL em nível alto define uma condição de START. Uma transição de nível baixo para nível alto na linha SDA com a linha SCL em nível alto define uma condição de STOP. As condições de START e STOP são sempre geradas pelo dispositivo mestre. O barramento é considerado ocupado após uma condição de START. O barramento é considerado livre novamente após certo tempo depois da condição de STOP.

Todo byte colocado na linha SDA deve ter o tamanho de 8 bits. O número de bytes que pode ser transmitido por transferência é irrestrito. Cada byte deve ser seguido por um bit de reconhecimento (ACK) do recebimento do mesmo. Dados são transferidos com o bit mais significativo (MSB) primeiro. O bit de reconhecimento permite o escravo sinalizar o mestre que o byte foi satisfatoriamente recebido e outro byte pode ser enviado. O mestre gera todos os pulsos de clock (SCL), incluindo o bit de reconhecimento. Há cinco condições que levam à geração de um não reconhecimento (NACK):

- nenhum receptor está presente no barramento com o endereço transmitido por isso não há dispositivo para responder com um reconhecimento;
- o escravo é incapaz de receber ou transmitir porque está realizando alguma função em tempo real e não está pronto para iniciar a comunicação com o mestre;
- durante a transferência, o escravo obtém os dados ou instruções que não está compreendendo;
- durante a transferência, o escravo não pode receber mais nenhum byte de dados e
- o mestre deve sinalizar o fim da transferência da transmissão do escravo.

Inicialmente a comunicação mestre-escravo será focada no dispositivo microcontrolador escravo U5 (PIC18F2520) na placa de controle. Posteriormente a comunicação com a EEPROM será também relacionada.

A Figura 19 mostra um dos frames a ser utilizado na comunicação mestre-escravo do sistema. Neste sentido o mestre envia para o escravo quais são as saídas digitais que devem

ser acionadas (relés), o que significa uma ação de escrita (WRITE) no dispositivo escravo. Um nível lógico alto nas posições do frame RL4, RL3, RL2 e RL1 comunicam o escravo para acionar os respectivos relés, caso contrário informa para desligar as saídas digitais.

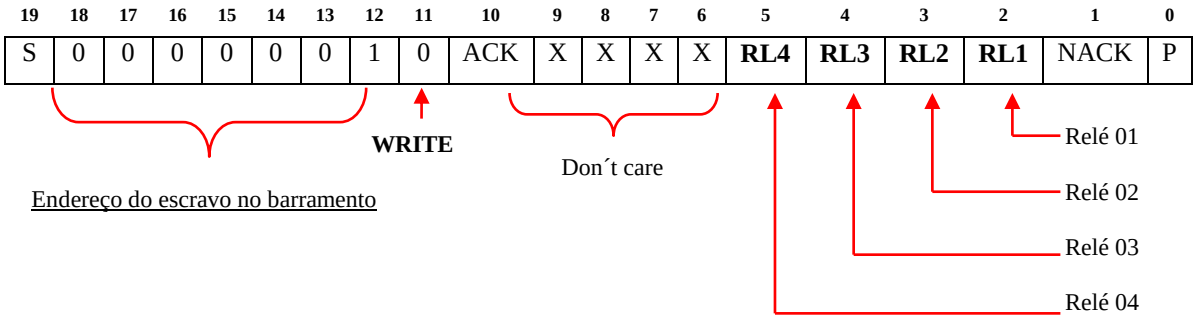


Figura 19: Frame utilizado no protocolo I^2C na comunicação de escrita com o mestre (BORNE, 2014).

A Figura 20 mostra o mesmo frame de comunicação da Figura 19, mas com os bits de leitura das entradas digitais nas posições de “6” a “9” sendo levados em consideração. Neste caso o valor do bit na posição “11” se altera para nível lógico alto o que representa uma ação de leitura (READ) dos dados colocados no protocolo I^2C.

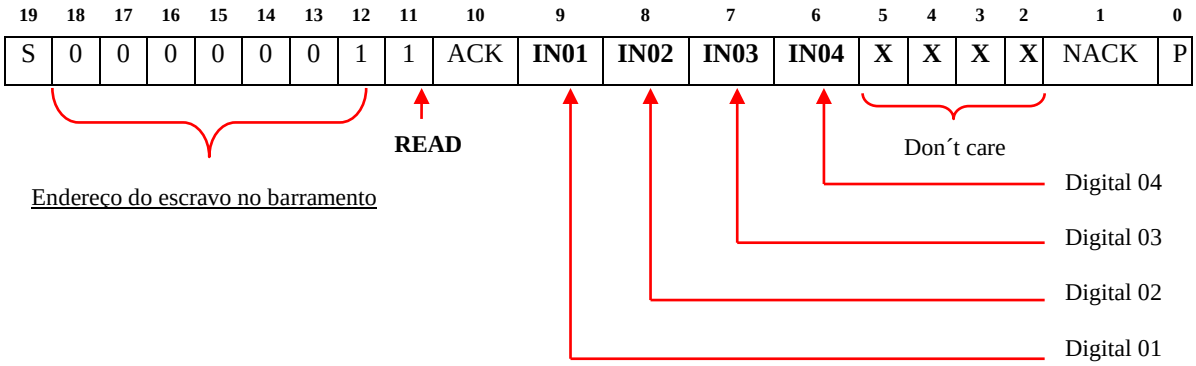


Figura 20: Frame utilizado no protocolo I^2C na comunicação de leitura com o mestre (BORNE, 2014).

Um nível lógico baixo nas entradas digitais IN01 a IN04 significa que as mesmas estão acionadas e, portanto o microcontrolador mestre tomará as ações necessárias para responder ao que foi programado em relação a estas entradas. Um nível lógico alto mostra que as entradas digitais não foram acionadas e nenhuma ação será levada em consideração na programação do sistema.

A Figura 21 mostra o frame de comunicação de leitura do mestre com o escravo em relação ao teclado. Novamente temos uma ação de leitura (READ) e a posição de número “11” no frame encontra-se em nível lógico alto. O dispositivo mestre está recebendo do dispositivo escravo o estado lógico atual de acionamento de uma das oito teclas que compõem o sistema eletrônico. Um nível lógico alto significa que a tecla não foi acionada e, portanto, nenhuma ação no software do mestre precisa ser tomada. Um nível lógico baixo informa ao mestre que uma tecla foi acionada e que as devidas ações devem ser tomadas para a identificação da tecla acionada e a resposta na modificação do funcionamento do sistema precisa ser cumprida.

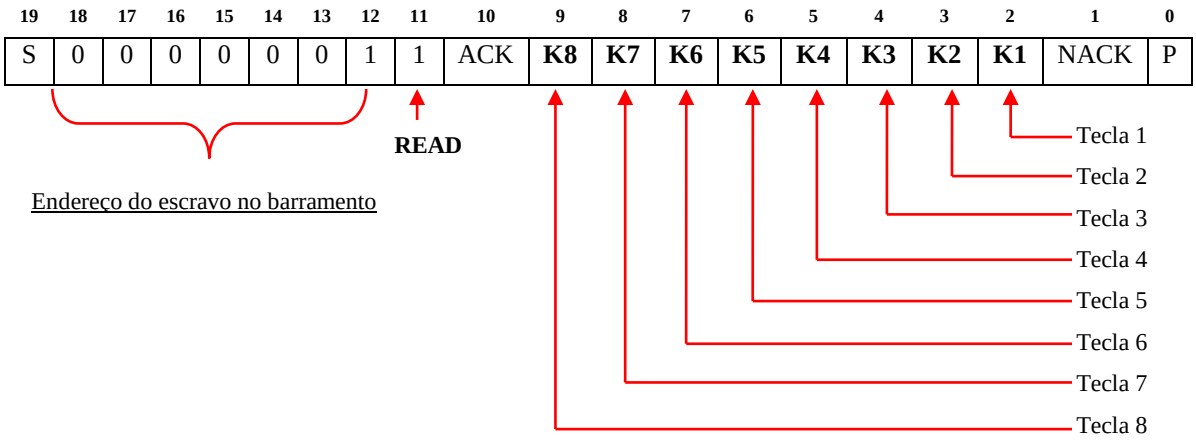


Figura 21: Frame utilizado no protocolo I^2C na comunicação de leitura com o mestre (BORNE, 2014)

No frame de comunicação com a EEPROM externa, chip U8 da placa de controle, utilizar-se-á a condição de escrita por página na qual é possível, antes da condição de STOP, enviar pelo barramento até 63 bytes adicionais. Na Figura 22 é possível ver o frame desta comunicação. Tal formato de escrita na EEPROM tem o objetivo de armazenar a identificação de leitura das *tags* recebidas pelo sistema em conjunto com o registro de tempo que ocorreu a leitura. Como a identificação da mesma possui 32 bytes mais os seis bytes do registro de relógio utiliza-se 304 (38 x 8 bits) posições da memória EEPROM externa para armazenar estes dados de identificação. Pode-se realizar uma busca das *tags* memorizadas fazendo uma operação de leitura da memória e visualizando-as no LCD ou pela interface serial no computador *host*.

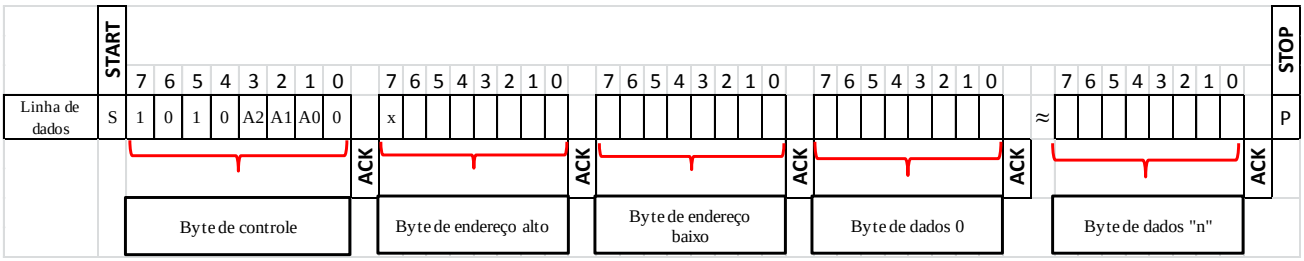


Figura 22: Frame do protocolo I^{2}C na comunicação com a EEPROM externa (BORNE, 2014).

Na operação de leitura dos dados memorizados na EEPROM, os identificadores das *tags* lidas mais o registro de tempo destas leituras, utilizar-se-á a operação de leitura randômica, também permitida pela EEPROM, e com formato de frame conforme a Figura 23. Esta forma permite o acesso do dispositivo mestre a qualquer posição de memória de uma maneira aleatória. Inicialmente o mestre realiza uma operação de escrita para buscar o endereço que se deseja ler o dado. Após o ACK, reconhecendo que o endereço foi encontrado, o mestre envia uma condição de START, juntamente com o byte de controle, seguido por um sinal ACK e realiza a leitura do dado armazenado no endereço aleatório buscado. O dispositivo mestre não reconhecerá o sinal ACK ao invés disso enviará uma condição de STOP, terminando a comunicação.

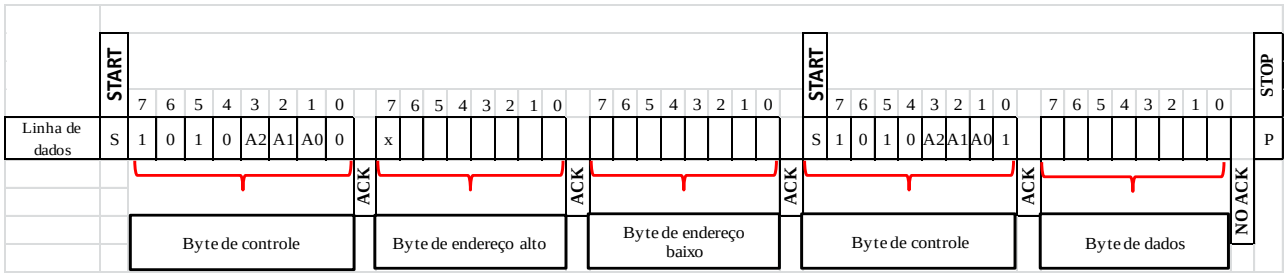


Figura 23: Frame do protocolo I^{2}C na comunicação com a EEPROM externa (BORNE, 2014).

3.2.1.2 Comunicação serial com RFID e dispositivos

Utiliza-se o canal serial assíncrono do microcontrolador para comunicação com os dois sistemas essenciais do controlador de RFID: o módulo e a interface RS232 – USB. O módulo, utilizando o protocolo Gen 2 recebe, via radiofrequência, a identificação das *tags* utilizando a modulação FSK e internamente transforma estes dados recebidos no padrão RS-232 com o qual se comunica com o microcontrolador utilizando os pinos TX e RX do mesmo e ao mesmo tempo amostra a identificação da *tag* no display LCD como forma de

comunicação visual evidenciando o bovino que se aproximou. Na Figura 24 mostra-se o comportamento em frequência da modulação FSK utilizada pelo módulo leitor RFID.

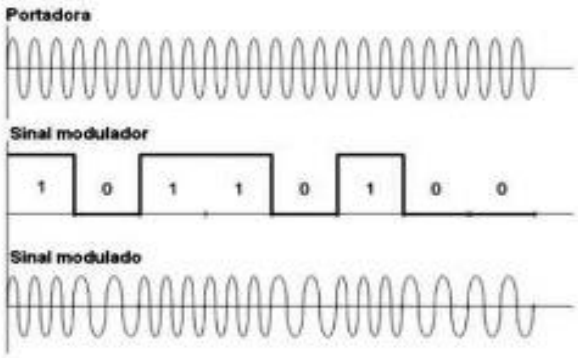


Figura 24: Comportamento em frequência da modulação FSK (Melo, 2011).

Em contrapartida e utilizando os mesmos pinos do microcontrolador, há uma interface de hardware e software, RS-232 – USB, para comunicação com outros sistemas de comunicação, dispositivos móveis encaixam-se nestes sistemas, com o objetivo de enviar a identificação da mesma *tag* para programas aplicativos visando a rastreabilidade do animal. Como se utiliza o mesmo canal de comunicação do microcontrolador para dois periféricos que utilizam os pinos TX e RX e com o intuito de evitar colisões, um circuito multiplexador serial é necessário para acessar independentemente e com velocidade ambos os sistemas de comunicação.

3.2.1.3 Periféricos

A comunicação com os periféricos será mostrada através de fluxogramas evidenciando os passos necessários para as funções de leitura, escrita e controle dos mesmos. Os periféricos cobertos por esta seção compreendem: o buzzer, o sensor de temperatura através da conversão analógico-digital e o relógio de tempo real.

O objetivo de utilizar-se um buzzer na placa de controle é como auxiliar sonoro em eventos de funcionamento do sistema: *power-on*, situações de emergência ou bateria sem carga com necessidade de troca. Para este objetivo, foi utilizada uma característica do microcontrolador que é o PWM (modulação pela largura do pulso). O pino de saída do módulo PWM pode produzir uma resolução de até 10 bits. Utiliza-se o Timer 2 como base de tempo na qual a saída permanece em nível alto (*duty cicle*). O processador possui um

registrador no qual é escrito o período PWM. O fluxograma pode ser visualizado na Figura 25.

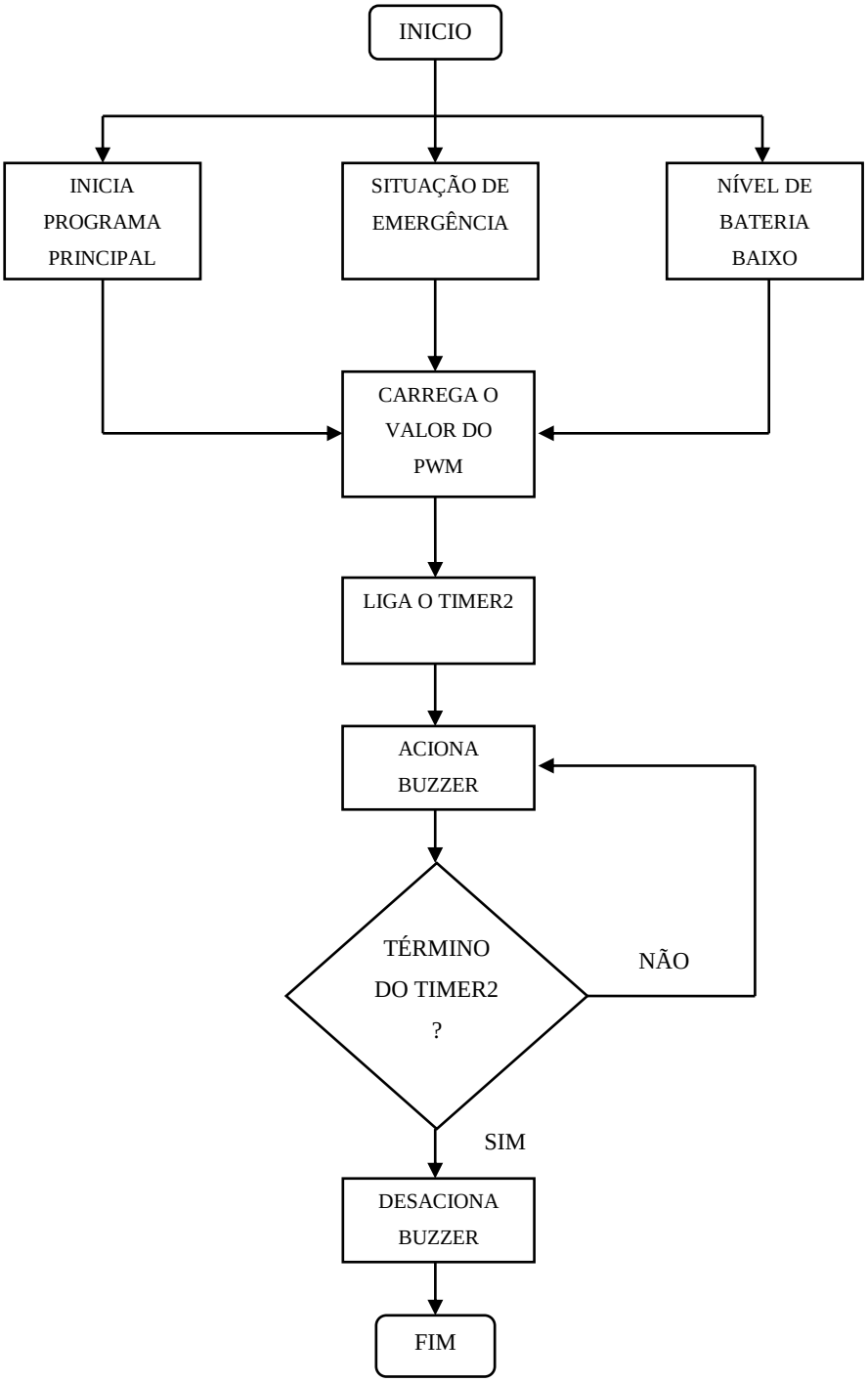


Figura 25: Fluxograma de acionamento do buzzer (BORNE, 2014).

O sensor de temperatura tem a função meramente informativa e pode-se utilizá-lo também como item estatístico a mais em relatórios a serem gerados para o gestor ou

proprietário rural analisando o comportamento do gado a partir da temperatura ambiente. A leitura vale-se do periférico conversor analógico-digital de 10 bits do processador, o que equivale a 1023 níveis de quantização da leitura do sensor. Um filtro digital no software torna a leitura mais precisa e estável, visando gerar um possível registro de calibração futura do sensor. A Figura 26 evidencia o fluxograma da ação de leitura do sensor de temperatura e conversão analógico-digital (AD).

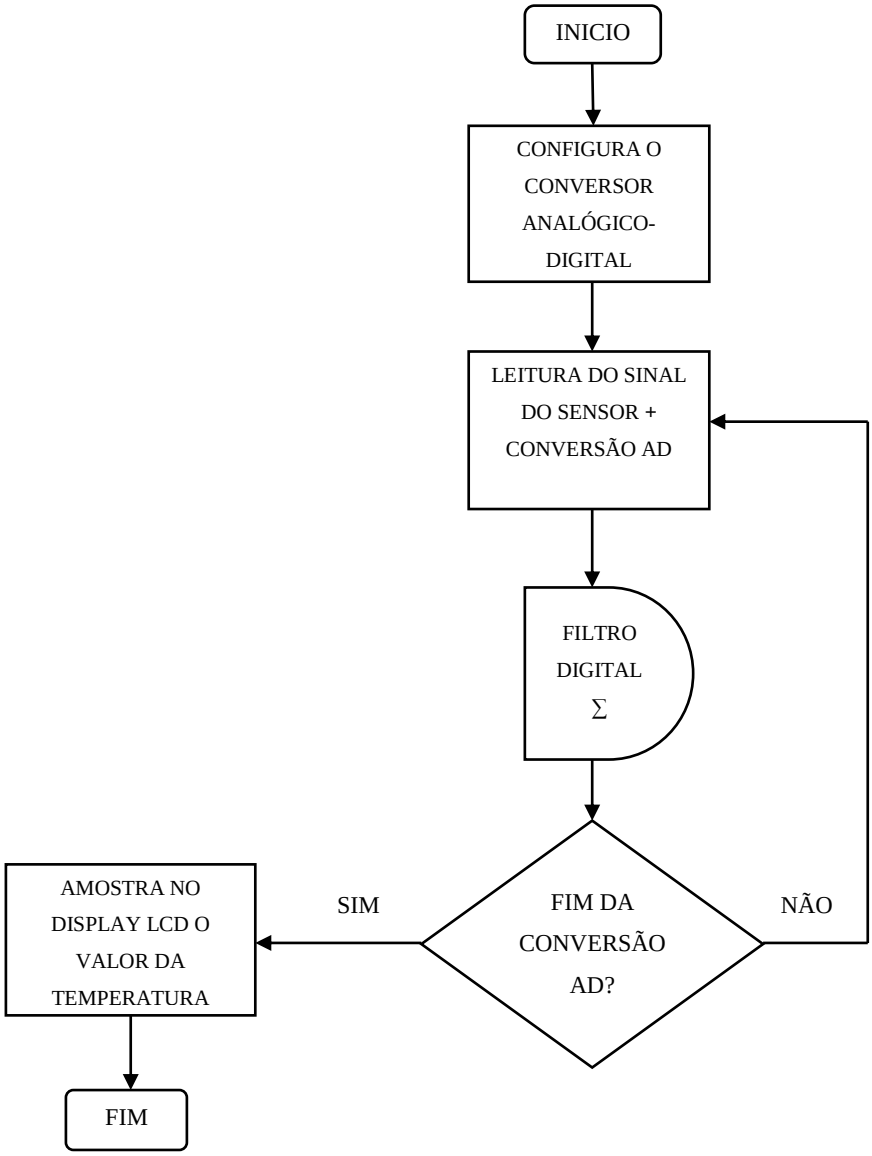


Figura 26: Fluxograma de leitura do sensor de temperatura (BORNE, 2014).

O relógio de tempo real tem a função de mostrar a hora do sistema de acordo com o horário de Brasília bem como registrar cada leitura de *tag* que se aproximar do leitor com o fim de estatística e rastreabilidade bovina. Para programar este periférico, utilizou-se o

oscilador secundário do microcontrolador através do Timer1 e um cristal oscilador de quartzo na frequência de 32.768 kHz. Esta freqüência é necessária para gerar a base de tempo de 1 segundo para o relógio ativado na interrupção do Timer1, tendo prioridade sobre todas as outras interrupções do software. Na Figura 27 é possível ver o fluxograma de programação e visualização do relógio de tempo real do sistema.

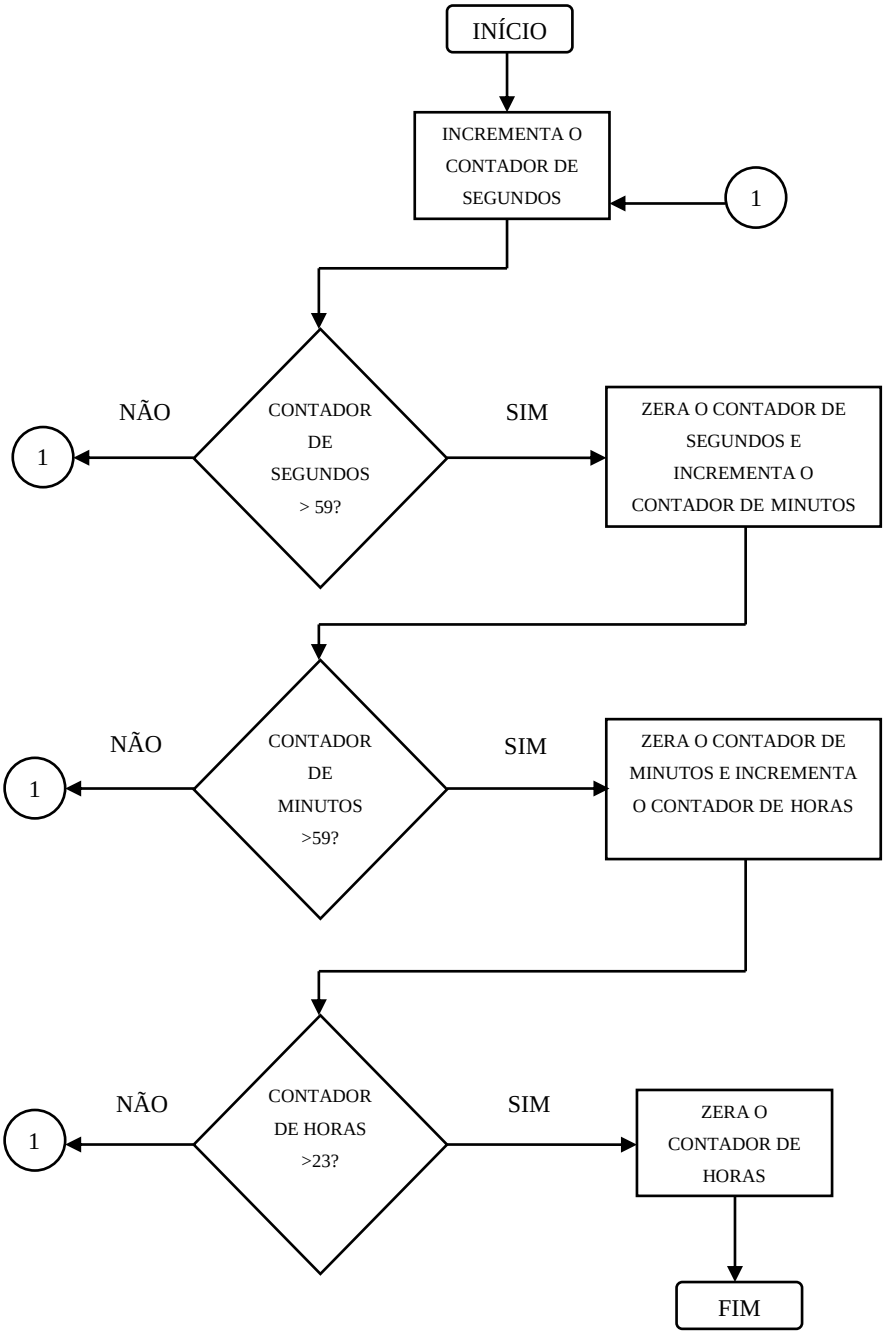


Figura 27: Fluxograma da rotina de relógio (BORNE, 2014).

3.2.2 Recebendo e amostrando ID do bovino

O diagrama em blocos da Figura 28 mostra o processo de funcionamento de um sistema RFID para leitura e amostragem de *tags* para animais podendo ser estendido a outras aplicações que necessitem de um controle mais preciso de outros ativos ou passivos.

Todas estas etapas foram tratadas ao longo desta dissertação, logo, o diagrama de blocos fornece objetivamente uma visão completa do funcionamento do sistema, desde o momento em que o bovino se aproxima do local no qual está instalado o leitor e realiza a leitura da *tag* fixada em sua orelha, passando pelo módulo RFID que transforma este sinal FSK em um padrão mundialmente aceito pelo mercado, sendo memorizado e enviado por três canais distintos: LCD, computador e dispositivos móveis, possibilitando a confirmação da leitura e fornecendo a informação tanto ao proprietário quanto a possível aceitação por parte da propriedade rural ao SISBOV.

O sistema também possibilita a sua configuração e programação através de um teclado bem como uma interação com automação de alguns processos na propriedade rural no controle do gado através de entradas e saídas digitais.

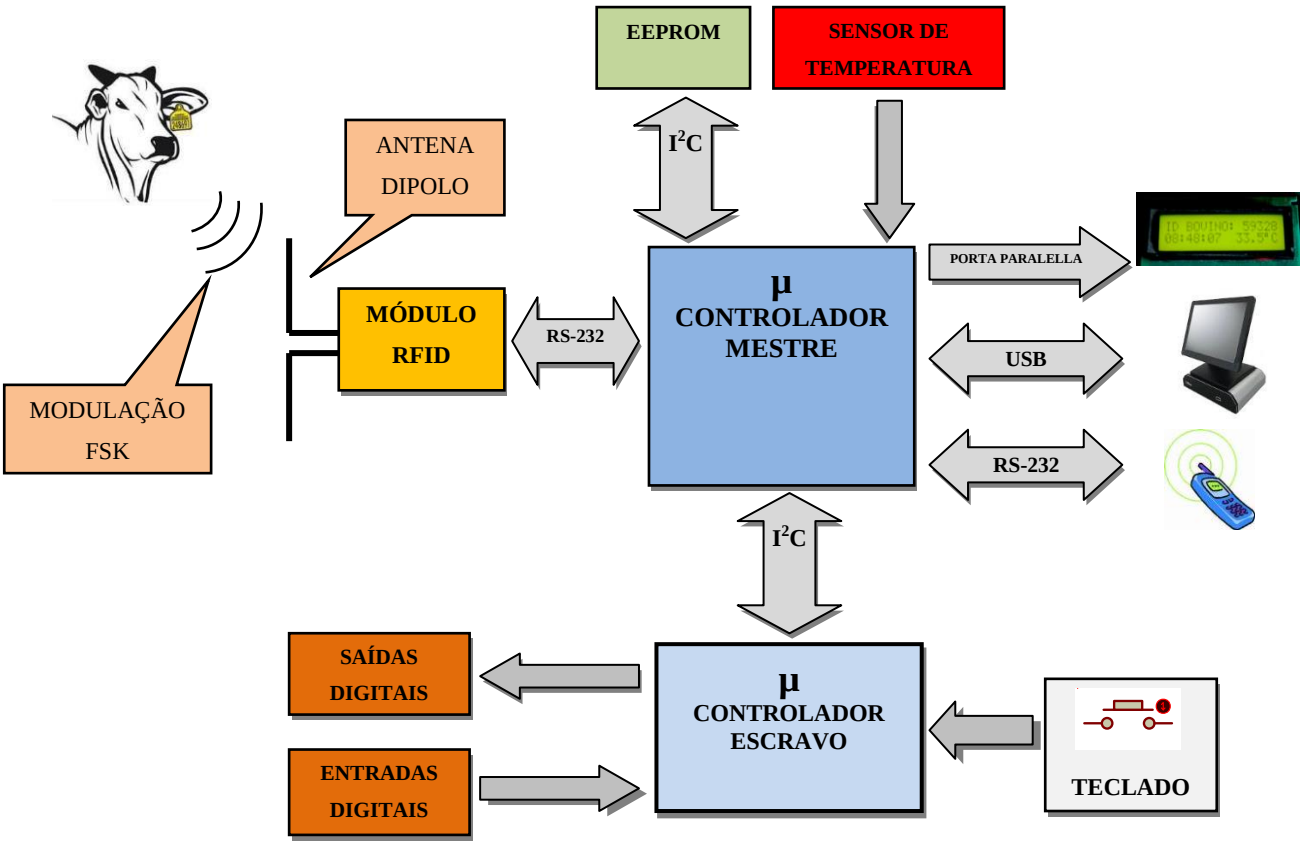


Figura 27: Diagrama de blocos do recebimento e amostragem do ID de um bovino no sistema RFID (BORNE, 2014).

3.2.3 Validando o sistema RFID (leitor e *tags*)

A validação do sistema RFID será realizada através da verificação da leitura correta, por parte do leitor, do código de identificação de n - 1 *tags*, sendo "n" um valor de amostragem definido estatisticamente de acordo com o número de *tags* a serem utilizadas na propriedade rural onde o sistema será instalado. A validação será dada como concluída, também, se a distância de leitura na qual o leitor captar o ID da *tag* estiver de acordo com a frequência especificada pelo modelo de brinco eletrônico a ser utilizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema SISBOV, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, surgiu, para todos aqueles proprietários rurais que tem interesse em filiar-se, como uma oportunidade de atender o mercado interno com produtos cárneos de qualidade bem como um nível de ganho financeiro maior atingindo também o mercado externo. Por outro lado, o custo de se aderir ao programa inviabiliza uma grande parte dos produtores rurais de instalar e adaptar suas propriedades ao que solicita a instrução normativa número 17 do respectivo órgão do governo brasileiro.

E foi precisamente esta face do programa SISBOV que não permitiu uma materialização deste projeto, gerando um modelo teórico do que poderia ser um sistema real de controle da rastreabilidade bovina. O alto custo dos módulos RFID encontrados no mercado inviabilizou o objetivo de fazer um sistema de baixo custo para disponibilizar uma implantação destinada a pequenos proprietários rurais que vivem de suas propriedades e sustentam suas famílias.

Neste sentido, apresenta-se um levantamento de custos (ver APÊNDICE A) como uma proposta de instalação física completa do sistema RFID em uma propriedade rural. O valor inicial que um proprietário rural teria que despender para ter o sistema operando em sua propriedade. Esta informação facilita a tomada de decisão no sentido de adquirir o equipamento ou não.

Uma possibilidade de avanço tecnológico seria desenvolver um módulo RFID na frequência especificada através de um projeto próprio e utilizando componentes discretos, o que possibilitaria um decréscimo no custo, mas, aliado a isso haveria o acréscimo significativo do tempo de desenvolvimento, não só devido à faixa de frequência a ser alcançada, mas também em relação à homologação junto a ANATEL do sistema, o que um módulo adquirido no mercado já possui. Uma homologação é necessária para evitar que haja incompatibilidades técnicas no funcionamento do sistema, interferência entre comunicações e até mesmo causar acidentes.

Consequentemente, a ausência do módulo RFID também impediu a comprovação do envio do número de identificação, por um canal de comunicação serial, das *tags* para aplicativos em um computador *host* ou mesmo um dispositivo móvel com fins de estudo estatístico e atendimento às normas do SISBOV.

A proposta de um equipamento eletrônico que seja adaptável a uma propriedade rural cumpre-se totalmente, não só pela facilidade de utilização em relação à alimentação do equipamento através da energia solar, característica essa que possibilita a instalação de todo o conjunto em qualquer área na qual o gado esteja e que tenha acesso à presença do sol, bem como a portabilidade do equipamento exigindo uma baixa tensão para funcionar e com componentes SMD facilitando a miniaturização tanto da placa de circuito impresso como do gabinete necessário à acomodação e proteção física do sistema leitor de RFID.

A aplicabilidade da tecnologia eletrônica à Agricultura de Precisão é um caminho que não tem retorno e com o qual vamos conviver e o proprietário rural que não fizer um acompanhamento em tempo real de sua produção poderá ficar em desvantagem em um mercado cada vez mais competitivo. Por isso as plataformas de comunicação com diversas aplicações em dispositivos móveis e *hosts*.

5 CONCLUSÕES

O modelo teórico aqui apresentado de uma aplicação da pecuária de precisão utilizando a tecnologia eletrônica como uma ferramenta da Agricultura de Precisão atingiu os objetivos propostos, tanto na área de hardware como de software. Um diagrama de blocos do sistema foi criado para demonstrar uma visão ampla de operação do sistema, tanto nas interfaces físicas como nas de comunicação, objetivando uma implementação do mesmo. Em termos energéticos foi apresentada uma proposta utilizando energia solar através de uma placa fotovoltaica que fornece diferença de potencial, em forma de tensão elétrica, ao ser iluminada pelo sol e também uma bateria para armazenar uma parte desta energia e utilizá-la em dias de pouco sol ou totalmente coberto pelas condições climáticas.

O objetivo de programar uma comunicação com plataformas e dispositivos móveis pode também ser realizada utilizando os mesmos canais de comunicação e fornecendo respostas em tempo real a quem delas se utiliza.

Em termos de software foi apresentado não só o protocolo EPCGlobal Gen 2 Classe 1 como o utilizado para se comunicar com as *tags* bem como os frames de comunicação do processador mestre com o processador escravo e memória externa através do protocolo I^2C. Todos estes dispositivos importantes para que o sistema RFID trabalhe como adjuvante no processo de pecuária de precisão.

Abre-se uma oportunidade de pesquisa a partir do trabalho teórico apresentado, no sentido de verificar a tolerância do bovino, e, por conseguinte as condições do produto cárneo provido dele, em ter um equipamento eletrônico de ultra-alta frequência, o brinco eletrônico gerando RF em 915 MHz, fixado à sua cabeça e mais especificamente junto ao seu cérebro e o centro nervoso.

O SISBOV especifica a frequência de 13,56 MHz, considerada como alta frequência, para os brincos eletrônicos, haja vista o estado da arte atual do que foi especificado como “chip do boi” projetado e construído pela empresa CEITEC, situada na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul.

Outras novas pesquisas, unindo a área da engenharia de RFID com a Agricultura e Pecuária de precisão, poderão ser utilizadas no meio rural: controle de horas trabalhadas por máquinas no campo, rastreabilidade de suínos, bubalinos e coelhos e tantas outras perspectivas de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACURA GLOBAL The Identification Company. **Módulo UHF M6e-Micro**. Cypress, California, USA, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Pecuária Brasileira**. São Paulo, 2011. Disponível em: <www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp>. Acesso em: 08 de out. 2014 às 20h10min.

BATES, Martin P. **Programming 8-bit PIC microcontrollers in C**: with interactive hardware simulation. Newnes publications, 2008.

BERCKMANS, Daniel. **Precision livestock farming**. Computers and eletronics in agriculture. V.62, jun.2008.

BERZ, Everton Luíz. **Predição do funcionamento de sistemas RFID aplicado a crachás inteligentes**. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BLU, Rodrigo Ortega; MOLINA, Luis Flores. **Agricultura de Precisión**: Introducción al manejo Sitio-Específico. Ministerio de Agricultura / Instituto de Investigaciones agropecuárias / Centro Regional de Investigacion Quilamapu, Chillán, Chile, ago. 1999, p. 14 - 18.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão**: boletim técnico. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasilia: MAPA/ACS, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 17 de 13 de julho de 2006. Estabelece a Norma Operacional do Serviço de Rastreabilidade da Cadeia Produtiva de Bovinos e Bubalinos (SISBOV). Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Bovinos e Bubalinos**. Brasília, 2014. Disponível em:

<www.agricultura.gov.br/animal/rastreabilidade/sisbov>. Acesso em: 08 de out. 2014 às 20h48min.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **O Brasil na Infoera**: Impactos da Lei de Informática no País. A Visão da Indústria, instituições de P & D e especialistas, ABINEE, 2012.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, v. 40, 2012.

CARVALHO, Paulo César de Faccio. **Do bocado ao pastoreio de precisão:** Compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá, 2009.

CECONELLO, Douglas. **Chip do Boi é a novidade da Expointer**. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <www.jcrs.uol.com.br/site/especial.php?codn=102338>. Acesso em: 06 de novembro de 2014 às 09h51min.

CMKOVIC, Ivica. Component-based Software Engineering for Embedded Systems. Mälardalen University, Department of Computer Science and Eletronics, p. 712 – 3, may, 2005.

CUSTOM COMPUTER SERVICES, Inc. **CCS C Compiler.** Waukesha, Wisconsin, USA, 2014. PCH Version 5.032.

DESIMON, Sônia. **Rastreabilidade bovina e bubalina**. In: CACHAPUZ, José Mauro S. et. al. **Pecuária Competitiva**. Esteio, RS: Ideograf Editora, 2006.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas técnicas para o Trabalho Científico**: explicitação das normas da ABNT. 15 ed. Porto Alegre, RS: s.n., 2010.

GAO RFID Inc. **Product Overview**: 860 to 960 MHz Gen 2 RFID Cattle Ear Tag (116034). Toronto, Canada.

GIMENEZ, Salvador Pinillos. **Microcontroladores 8051**: teoria de hardware e de software / Aplicações em controle digital / Laboratório e simulação. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil Ltda., 2002.

GS1 EPCglobal Inc. **EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID**: specification for RFID Air Interface. Protocol for Communications at 860 MHz – 960 MHz. Version 2.0.0 Ratified, Belgium, nov. 2013.

IBRAHIM, Dogan. **Microcontroller based temperature monitoring and control**. Newnes publications, 2002.

INAMASU, Ricardo Y. et al. **Estratégia de implantação,** gestão e funcionamento da Rede Agricultura de Precisão. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011.

ISO. International Organization for Standardization. **Radio frequency identification of animals – Code structure**. Switzerland, 1996. Disponível em: <www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11784:ed-2:v1:en>. Acesso em: 05 de novembro de 2014 às 19h10min.

ISO. International Organization for Standardization. **Radio frequency identification of animals – Technical concept**. Switzerland, 1996. Disponível em: <www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11785:ed-1:v1:en >. Acesso em: 05 de novembro de 2014 às 19h20min.

LABCENTER ELETRONICS. **PCB - Level 2**. Grassington/North Yorkshire, England. Release 7.8 SP2 (Build 10464), 2010.

LABCENTER ELETRONICS. **Schematic with Basic Simulation**. Grassington/North Yorkshire, England. Release 7.8 SP2 (Build 10468), 2010.

LACA, Emílio A. Pastoreo de precisión. In: **Bioma Campos: Innovando para Mantener su Sustentabilidad y Competitividade d**. Montevideo: Tradinco, 2008, v.1, p.29-40.

LACA, Emílio A. **Precision livestock production**: tools and concepts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.123-132, jul.2009.

LEE, Youbok; SORRELLS, Pete. **AN680**: Passive RFID Basics. Microchip Technology Inc. Chandler, AZ, USA, 2004, p. 1- 8.

LIRANI, Antonio Carlos. **Rastreabilidade** – uma proposta de implementação, ANCP – Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores, 2001. Disponível em: < http://www.ancp.org.br>. Acesso em 07 de novembro de 2014 às 09h35min.

LOEBLEIN, Gisele. Economia. Safra Positiva. **Jornal Zero Hora**, Porto Alegre, 20 mai. 2014. Coluna Campo Aberto.

LUZ, Carlos Eduardo Sandrini. **Curso linguagem C para microcontroladores PIC**: baseado no PIC18F4520 e no compilador CCS. Campinas, SP: ACEPIC Tecnologia e Treinamento Ltda., 2011.

MARQUES, Angelo Eduardo B.; CRUZ, Eduardo César Alves; JÚNIOR, Salomão Choueri. **Dispositivos Semicondutores**: diodos e transistores. 3 ed. São Paulo: Editora Érica, 1996.

MATRIX ORBITAL Inc. **MOP – AL202C:** Parallel Display Specifications – Revision 1.0, Calgary, Canada.

MELO, Carlos. **Fundamentos de radiofrequência**. Recife, PE: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2011.

MICROCHIP Technology Inc. **24AA256/24LC256/24FC256**: 256k I^2C™ CMOS Serial EEPROM, Chandler, Arizona, USA, 1998 – 2013.

MICROCHIP Technology Inc. **PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet**: 28/40/44-Pin, High-Performance, USB Microcontrollers with nano Watt Technology, Chandler, Arizona, USA, 2009.

MICROCHIP Technology Inc. **PIC18F2420/2520/4420/4520 Data Sheet:** 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nano Watt Technology, Chandler, Arizona, USA, 2008.

MEAT & LIVESTOCK Australia. Sydney, Australia, 2014. Disponível em:< www.mla.com.au/Home > Acesso em: 22 de janeiro de 2015 às 17h23min.

NAIME, João de Mendonça et al. **Avaliação geral**, resultados, perspectivas e uso de ferramentas de agricultura de precisão. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011.

NICOLOSO, Carolina da Silveira. **Estudo da rastreabilidade bovina através de um modelo integrado de decisão**: avaliação inicial em sistemas produtivos no Rio Grande do Sul. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

NOGUEIRA, Bruno et al. A formal model for performance and energy evaluation of embedded systems. **EURASIP Journal on Embedded Systems**, volume 2011.

NXP Semiconductors. **I^2C-bus specification and user manual**: user manual. Rev. 6, abr. 2014.

PEREIRA, Fábio. **PIC**: programação em C - Baseado nos compiladores CCS. São Paulo, SP: Editora Érica, 2003.

PEREIRA, Fabrine Bigatão; DUTRA, Iveraldo dos Santos. Diagnóstico de situação das práticas de manejo sanitário em sistemas de produção de bovinos de corte. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 428 - 622, dez. 2012.

PEREIRA, Silvio do Lago. **Algoritmos e Lógica de Programação em C**: uma abordagem didática. São Paulo: Editora Érica, 2010.

PINEDA, Nelson R. & DE C. ROCHA, J. C. M. **Estratégias de marketing e alianças mercadológicas na cadeia produtiva de carne bovina**. In: III SIMCORTE – Simpósio de

produção de gado de corte. Viçosa, 2002. Anais ... Viçosa, MG. Brasil. Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.22-28.

RFID Journal do Brasil. **Glossário**. São Paulo, 2011. Disponível em: < www.brasil.rfidjournal.com/glossario >. Acesso em: 06 de novembro de 2014 às 09h18min.

RIES, Leandro Reneu; AMBROSINI, Larissa Bueno. **Rastreabilidade e Certificação.** Porto Alegre, RS: Planejar Brasil, 2003.

SANTOS, André Fraga. **Protótipo de um sistema de identificação eletrônica de animais através de rádio frequência**. 2001. 89 f. Bacharelado (Ciência da Computação) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2001.

SCHILDT, Herbert. **C completo e total**. 3.ed. São Paulo, SP: Makron Books, 1996.

TOFFLER, Alvin. **A terceira onda**: a morte do industrialismo e o nascimento de uma nova civilização. 7.ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Record, 1980.

VITO, Elias San. **Pecuária de Precisão**. Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 23 f., 2010.

WANT, Roy. An Introduction to RFID Technology. **Pervasive Computing**, IEEE CS and IEEE ComSoc, p. 25 – 33, jan – mar 2006.

WHAN, Ian; CHUDLEIGH, Peter; PETTY, Steve. **The business case for Precision Livestock Management technologies and applications**. North Sydney NSW 2059: Meat & Livestock Australia Limited, April, 2010.

APÊNDICE A

SISTEMA RFID

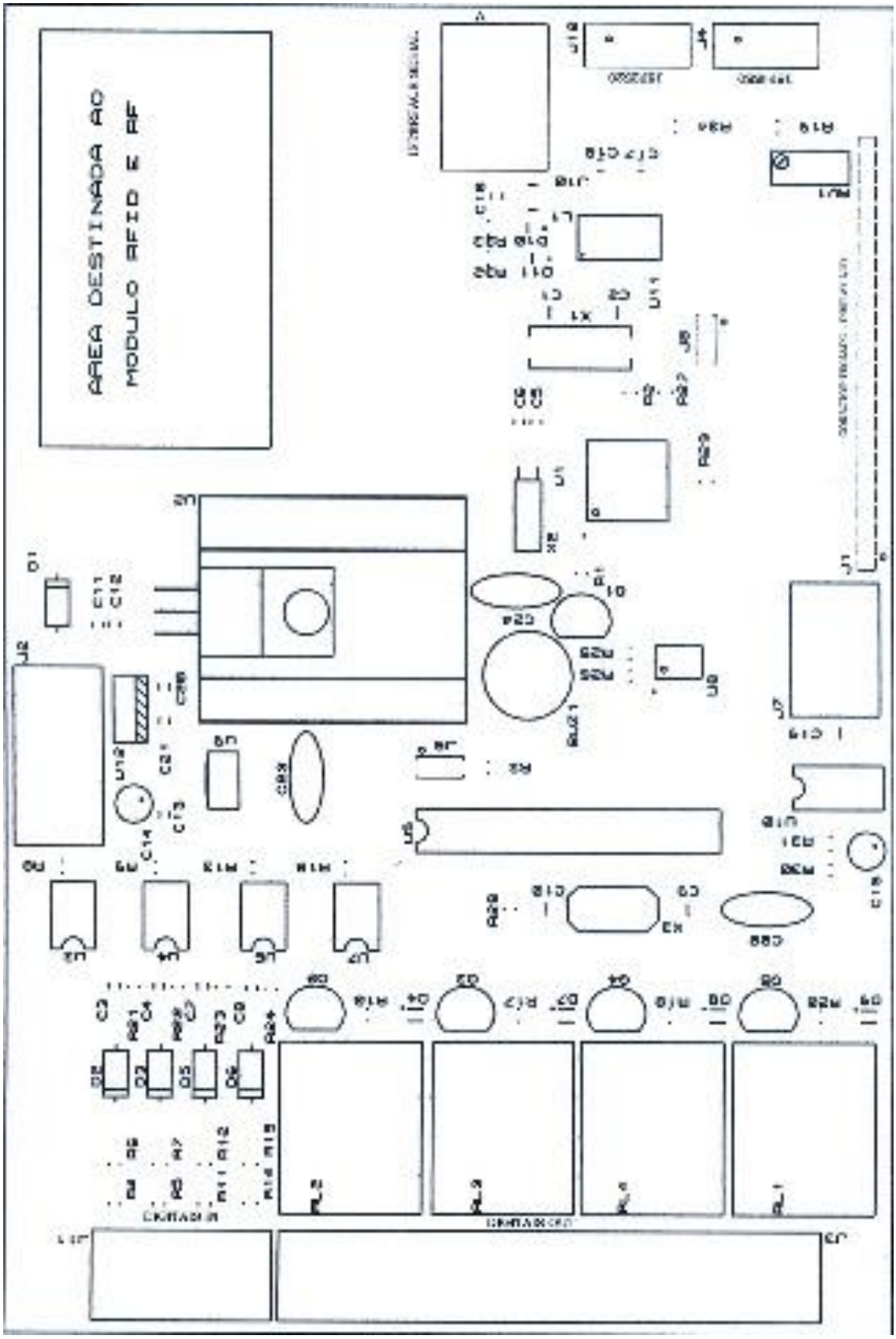
ITEM	COMPONENTE	QDTE.	VALOR	US$	CUSTO TOTAL	R$
	RESISTORES					
1	Resistor de filme espesso - SMD	1	470 Ω / 5%	$ 0,007	$ 0,007	R$ 0,018
2	Resistor de filme espesso - SMD	6	10 kΩ / 5%	$ 0,007	$ 0,042	R$ 0,110
3	Resistor de filme espesso - SMD	4	5K1 / 5%	$ 0,004	$ 0,016	R$ 0,042
4	Resistor de filme espesso - SMD	4	22k / 5%	$ 0,005	$ 0,020	R$ 0,052
5	Resistor de filme espesso - SMD	4	13k / 5%	$ 0,004	$ 0,016	R$ 0,042
6	Resistor de filme espesso - SMD	6	4k7 / 5%	$ 0,004	$ 0,024	R$ 0,063
7	Resistor de filme espesso - SMD	4	330 Ω / 5%	$ 0,004	$ 0,016	R$ 0,042
8	Resistor de filme espesso - SMD	2	205 Ω / 1%	$ 0,004	$ 0,008	R$ 0,021
9	Resistor de filme espesso - SMD	1	6k8 / 1%	$ 0,004	$ 0,004	R$ 0,010
10	Trimpot vazado	1	10kΩ / 10%	$ 0,699	$ 0,699	R$ 1,832
11	Resistor de filme espesso - SMD	2	220 Ω /5%	$ 0,003	$ 0,006	R$ 0,016
	TOTALIZAÇÃO	35		$ 0,745	$ 0,858	R$ 2,25
	CAPACITORES					
12	Matrizes e rede de capacitores 16V	2	22pF / 10%	$ 0,109	$ 0,218	R$ 0,571
13	Matrizes e rede de capacitores 16V	4	10nF / 20%	$ 0,109	$ 0,436	R$ 1,142
14	Matrizes e rede de capacitores 16V	2	27pF / 10%	$ 0,123	$ 0,246	R$ 0,645
15	Matrizes e rede de capacitores 16V	2	15pF / 10%	$ 0,109	$ 0,218	R$ 0,571
16	Capacitores de cerâmica multicamada - SMD	8	100nF / 10%	$ 0,082	$ 0,656	R$ 1,719
17	Capacitor eletrolítico de alumínio	1	10uF	$ 0,047	$ 0,047	R$ 0,123
18	Capacitor eletrolítico de alumínio	1	1uF	$ 0,055	$ 0,055	R$ 0,144
19	Condensadores de tântalo	1	0,1uF	$ 0,222	$ 0,222	R$ 0,582
20	Capacitor de disco de cerâmica	3	100nF	$ 0,782	$ 2,346	R$ 6,147
	TOTALIZAÇÃO	24		$ 1,638	$ 4,444	R$ 11,64
	CIRCUITOS INTEGRADOS					
21	Microcontrolador PIC18F4550	1		$ 5,260	$ 5,260	R$ 13,783
22	Regulador de tensão linear	1		$ 0,150	$ 0,150	R$ 0,393
23	Optoacopladores com saída transistorizada	4		$ 0,167	$ 0,668	R$ 1,750
24	Microcontrolador PIC18F2520	1		$ 3,790	$ 3,790	R$ 9,931
25	EEPROM 64k x 8 bits	1		$ 1,200	$ 1,200	R$ 3,144
26	Regulador de tensão LDO 2.5V	1		$ 0,134	$ 0,134	R$ 0,351
27	Referência de tensão	1		$ 3,890	$ 3,890	R$ 10,193
28	Interface USB para serial UART	1		$ 2,650	$ 2,650	R$ 6,944
29	Regulador de tensão linear	1		$ 0,188	$ 0,188	R$ 0,493
30	Sensor de temperatura	1		$ 0,597	$ 0,597	R$ 1,564
	TOTALIZAÇÃO	13		$ 18,026	$ 18,527	R$ 48,55
	DIODOS E TRANSISTORES					
31	Transistor bipolar	5	BJT NPN	$ 0,142	$ 0,710	R$ 1,860
32	Retificador	1		$ 0,020	$ 0,020	R$ 0,052
33	Diodo Zener	4		$ 0,029	$ 0,116	R$ 0,304
34	Diodo de pequeno sinal	4		$ 0,019	$ 0,076	R$ 0,199
35	Led´s padrão SMD	2		$ 1,040	$ 2,080	R$ 5,450
	TOTALIZAÇÃO	16		$ 1,250	$ 3,002	R$ 7,87

ITEM	COMPONENTE	QDTE.	VALOR	US$	CUSTO TOTAL	R$
	CONECTORES					
36	Weidmuller OMNIMATE	1	6 pinos	$ 0,396	$ 0,396	R$ 1,038
37	Weidmuller OMNIMATE	1	4 pinos	$ 0,396	$ 0,396	R$ 1,038
38	Weidmuller OMNIMATE	1	3 pinos	$ 0,396	$ 0,396	R$ 1,038
39	Weidmuller OMNIMATE	1	12 pinos	$ 0,396	$ 0,396	R$ 1,038
40	Conector USB 1 porta 2.0	1	4 pinos	$ 0,521	$ 0,521	R$ 1,365
41	Conectores de ethernet	2	6 pinos	$ 5,660	$ 11,320	R$ 29,662
42	Blocos de terminais plugáveis	1	24 pinos	$ 5,550	$ 5,550	R$ 14,543
	TOTALIZAÇÃO	8		$ 13,315	$ 18,975	R$ 49,72
	MISCELÂNEOS					
43	Indicadores e alarmes sonoros	1		$ 0,835	$ 0,835	R$ 2,188
44	Relé eletromecânico	4		$ 3,626	$ 14,504	R$ 38,005
45	Cristal de quartzo	1	10 MHz	$ 0,196	$ 0,196	R$ 0,514
46	Cristal de quartzo	1	4 MHz	$ 0,282	$ 0,282	R$ 0,739
47	Cristal de quartzo	1	32,768kHz	$ 0,145	$ 0,145	R$ 0,380
48	Indutor fixo	1	1,0uH / 10%	$ 0,073	$ 0,073	R$ 0,191
49	PCI dupla face com proteção	1		$ 95,410	$ 95,410	R$ 250,003
50	Dissipador de calor	1		$ 3,817	$ 3,817	R$ 10,002
51	Gabinete	1		$ 57,246	$ 57,246	R$ 150,002
52	Módulo RFID	1		$ 750,000	$ 750,000	R$ 1.965,225
53	Antena dipolo	1		$ 32,440	$ 32,440	R$ 85,003
	TOTALIZAÇÃO	14		$ 944,070	$ 954,948	R$ 2.502,25
	ENERGIA SOLAR					
54	Placa fotovoltaica - alumínio e vidro	1	30 W / 1,74 A	$ 66,546	$ 66,546	R$ 174,370
55	Controlador de energia solar	1	12-24 V/ 10 A	$ 110,685	$ 110,685	R$ 290,028
56	Bateria	1	12 V / 7 Ah	$ 7,634	$ 7,634	R$ 20,003
57	Caixa de alumínio p/ montagem elétrica	1		$ 37,400	$ 37,400	R$ 97,999
58	Porta-fusíveis p/ painel	2		$ 4,220	$ 8,440	R$ 22,115
59	Fusível de cartucho - SMALL DIM.	2	2 Ampéres	$ 0,337	$ 0,674	R$ 1,766
60	Fio 2,5 mm² - 2 condutores	3	metros	$ 1,962	$ 5,886	R$ 15,423
	TOTALIZAÇÃO	8		$ 228,784	$ 237,265	R$ 621,705
	MECÂNICA					
61	Haste metálica p/ suporte	1				R$ 250,00
62	Garfo suporte placa fotovoltaica	1				R$ 85,00
63	Suoprte de movimentação placa	2				R$ 80,00
	TOTALIZAÇÃO	4				R$ 415,00

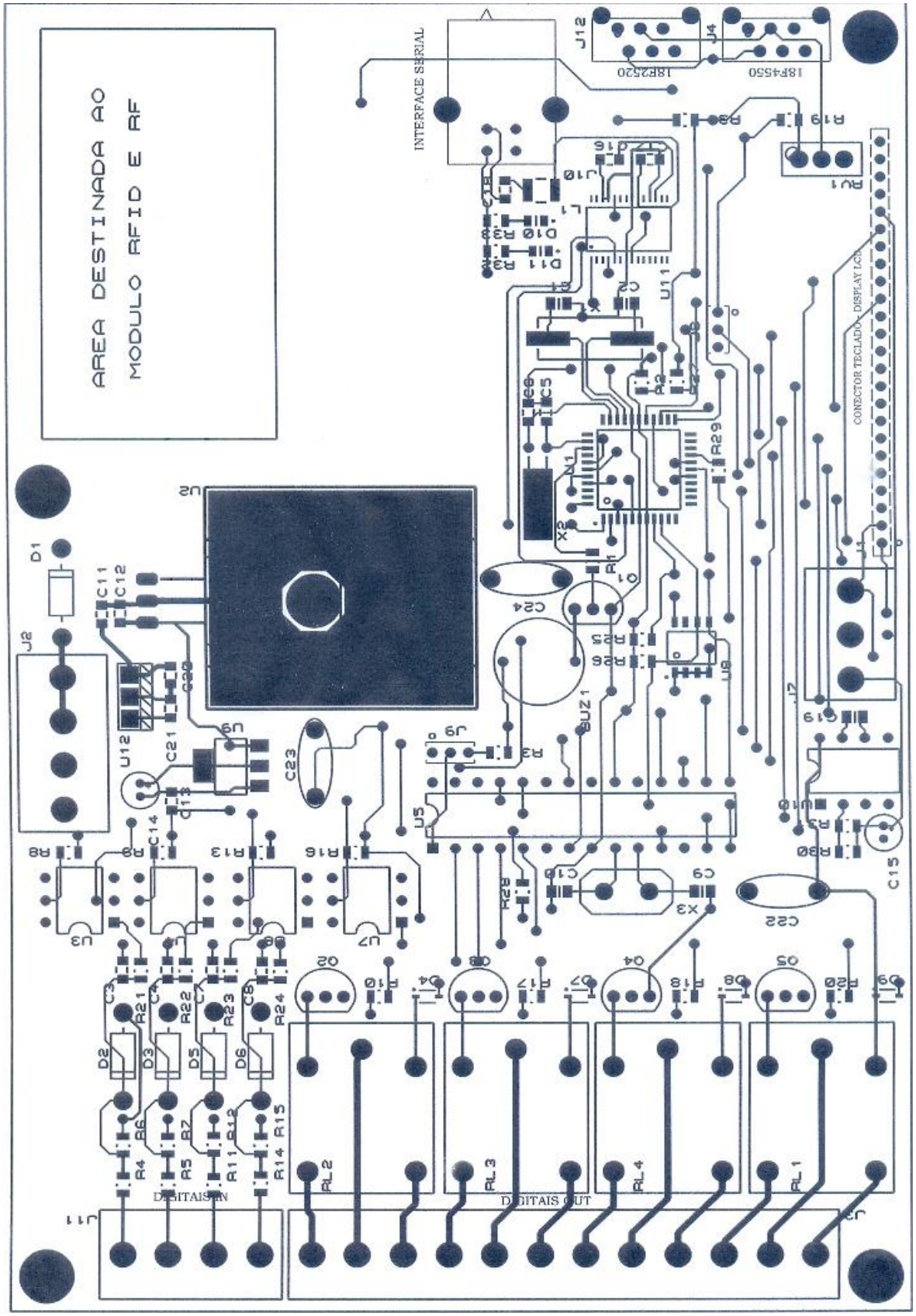
* Utilizando o valor do dólar de: R$ 2,6203.
* Valor total somente utilizando os componentes físicos do sistema.
* Não está incluído o valor do desenvolvimento do software e gravação do processador, mão-de-obra para instalação do sistema, lucro líquido e demais encargos a serem incluídos no custo final.

Valor parcial de montagem de uma instalação	**R$ 3.658,98**

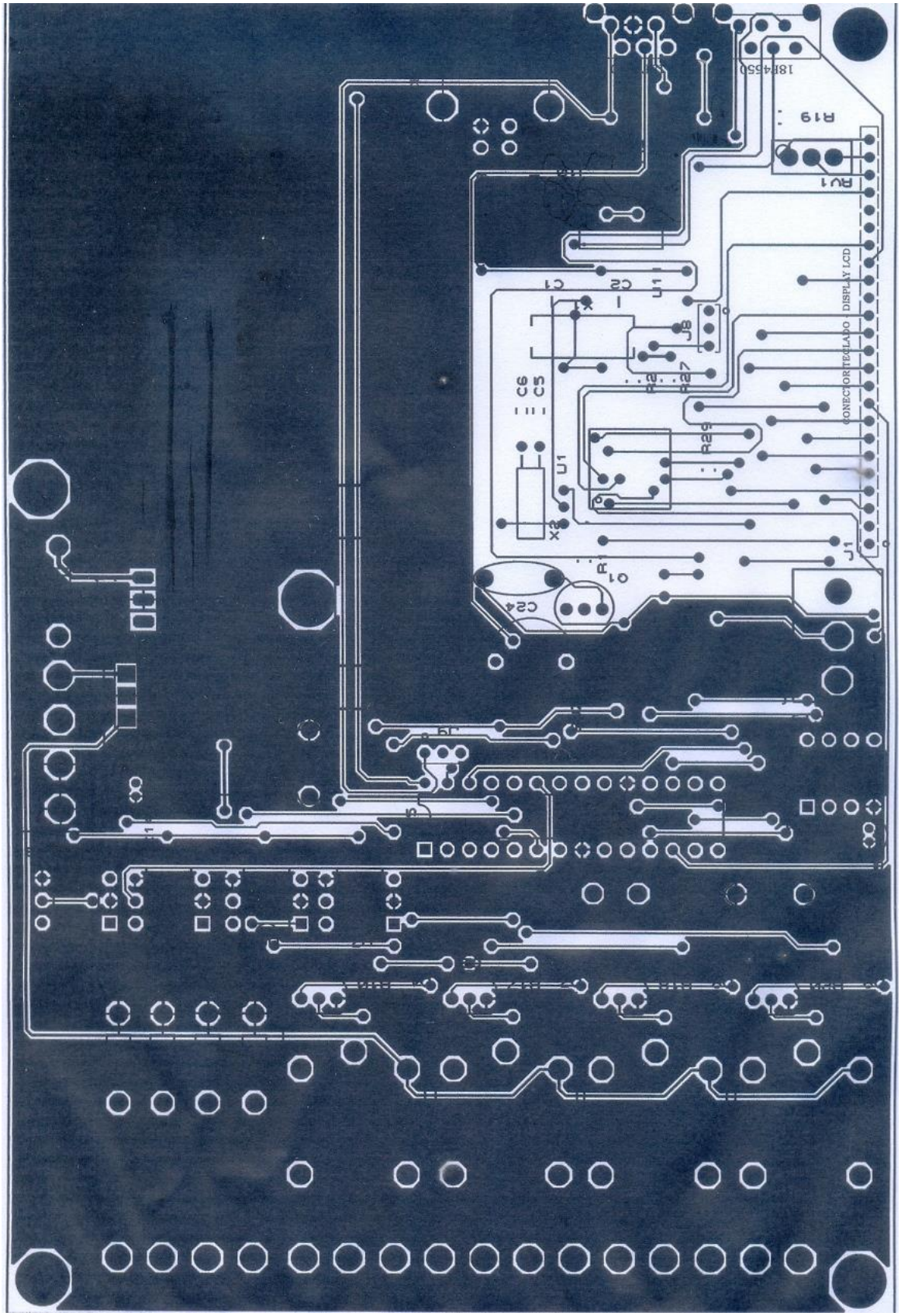
ANEXO A


AREA DESTINADA AO
MODULO RFID E RF

ANEXO B


AREA DESTINADA AO
MODULO RFID E RF
INTERFACE SERIAL
18F4550
18F2520
CONECTOR TECLADO DISPLAY LCD
DIGITAIS IN
DIGITAIS OUT

ANEXO C


CONECTOR TECLADO DISPLAY LCD
J1
R19
RV1
18F4550
C1
C2
U1
J8
R27
R26
C6
C5
X2
Q1
C24