

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA**

**MIRELLA AUGUSTO RODRIGUES  
RICARDO CASAGRANDE FAUST**

**AUTOMAÇÃO DE CADEIRA RESERVADA PARA ESTÁDIOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2012**

**MIRELLA AUGUSTO RODRIGUES  
RICARDO CASAGRANDE FAUST**

## **AUTOMAÇÃO DE CADEIRA RESERVADA PARA ESTÁDIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do grau Engenheiro do curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Alexandre de Faria

**CURITIBA**

**2012**

## RESUMO

RODRIGUES, Mirella Augusto. FAUST, Ricardo Casagrande. **Automação de Cadeira Reservada Para Estádios**. 2012. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema de automatização de cadeira reservadas. Este projeto foi desenvolvido em análise do contexto da cidade de Curitiba que possui três grandes estádios de futebol, visto que tal projeto oferece maior segurança e organização para estes locais. Trata-se de um módulo digital cujo *Software* foi desenvolvido em linguagem C e cujo *Hardware* é composto basicamente por um microcontrolador Cortex M3 da família STM32 que juntamente com os sensores de identificação RFID e Biométrico reconhece o usuário da cadeira. O microcontrolador juntamente com o módulo Mecânico, desenvolvido por uma equipe do curso de Tecnologia em Mecatrônica, será responsável pela abertura da cadeira somente para os usuários cadastrados. A comunicação entre o microcontrolador e os sensores de identificação foi realizada através do protocolo de comunicação serial. O projeto foi desenvolvido em cinco etapas que envolveram no total 980 horas.

**Palavras-chave:** Cadeiras. Automatização. Módulo Digital. Identificação. Biometria. Acesso

## ABSTRACT

RODRIGUES, Mirella Augusto. FAUST, Ricardo Casagrande. **Automação de Cadeira Reservada Para Estádios**. 2012. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

The proposed project has as the main goal the development of a reserved seat automation system. This project was developed in the context of the city of Curitiba. This city has three large football stadiums and this project offers greater security and organization for these sites. The project has a digital module whose *software* was developed in language C and whose *hardware* is basically a STM32 family microcontroller Cortex M3. The microcontroller with the RFID sensor and with the Biometric sensor recognizes the users identity and releases his seat. The mechanical module was developed by a team of Technology in Mechatronics course and will be responsible for opening the chair only to registered users. The communication between the microcontroller and the identification sensors was performed using the serial communication protocol. The project was developed in five phases involving a total of 980 hours.

**Keywords:** Seat. Automation. Digital module. User Identification. Biometrics. Access

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama simplificado.....	10
Figura 2 - Diagrama simplificado.....	21
Figura 3 - Circuito de Alimentação .....	23
Figura 4 - Conexões dos módulos.....	24
Figura 5 - Placa de Circuito Impresso .....	27
Figura 6 - Fluxograma da Rotina Principal .....	29
Figura 7 - Fluxograma da Rotina de Usuário .....	29
Figura 8 - Fluxograma da Rotina Administrador.....	30
Figura 9 - Potência máxima dissipada .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre microcontroladores .....	17
Tabela 2 – Comparação entre módulos RFID .....	18
Tabela 3 - Comparação de módulos biométricos .....	19
Tabela 4 - Lista de Componentes .....	25
Tabela 5 - Empresas fabricantes de placa de circuito impresso .....	26

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronograma detalhado.....	36
Quadro 2 - Custo total em horas para o projeto .....	37
Quadro 3 - Custo total em horas para o projeto .....	37
Quadro 4 - Análise de riscos .....	38

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	9
1.2	OBJETIVOS	9
1.2.1	Objetivo Geral	9
1.2.2	Objetivos Específicos	9
1.3	DIAGRAMA	10
1.4	METODOLOGIA	10
1.5	APRESENTAÇÃO DO DOCUMENTO	11
<b>2.</b>	<b>DEFINIÇÃO DO ESCOPO</b>	<b>12</b>
2.1	MERCADO	12
2.2	PATENTES	12
2.3	CONSIDERAÇÕES	13
<b>3.</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>14</b>
3.1	ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO	14
3.2	SELEÇÃO DOS COMPONENTES	15
3.2.1	Microcontrolador	16
3.2.2	Módulo de Identificação RFID	17
3.2.3	Módulo de Identificação Biométrica	18
3.2.4	Reguladores de Tensão	19
3.2.5	Demais componentes	20
3.3	PROJETO DE HARDWARE	21
3.3.1	Circuito de Alimentação	22
3.3.2	Microcontrolador e Interface de Desenvolvimento	23
3.3.3	Módulos de Identificação	24
3.4	FABRICAÇÃO E SOLDAGEM	24



3.4.1	Compra dos Componentes .....	25
3.4.2	Fabricação da Placa de Circuito Impresso .....	26
3.4.3	Soldagem dos Componentes .....	27
3.4.4	Debug da Placa de Circuito Impresso .....	27
3.5	PROJETO DE SOFTWARE .....	28
3.5.1	Rotina Principal .....	29
3.5.2	Comunicação com o Módulo de RFID.....	30
3.5.3	Comunicação com o Módulo de Biometria.....	31
3.6	TESTES .....	31
3.7	CONCLUSÕES .....	33
<b>4.</b>	<b>GESTÃO .....</b>	<b>35</b>
4.1	ESCOPO.....	35
4.2	CRONOGRAMA.....	35
4.3	CUSTOS .....	37
4.4	RISCOS .....	38
4.5	CONSIDERAÇÕES.....	39
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>40</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Em análise do contexto da cidade de Curitiba, na qual possui três grandes Estádios de Futebol, quatorze cinemas e treze teatros <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> verifica-se a necessidade de se oferecer maior segurança e organização nestes locais. Dessa forma, o projeto em questão, Automação de Cadeiras Reservadas, que através do uso de sensores Biométrico e RFID melhora estas condições individualizando as cadeiras presentes nos locais citados acima.

Além disso, tal projeto oferece uma oportunidade de mercado, pois não há produto no mercado nacional com a finalidade descrita e assim disponibiliza um produto nacional com aplicação nos estádios na Copa de 2014.

### 1.2 OBJETIVOS

#### 1.2.1 Objetivo Geral

- Desenvolver o sistema de Automação de Cadeiras Reservadas.

#### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver o *Hardware* para o sistema.
- Desenvolver o *Firmware* para o sistema.
- Integrar o *Software* e o *Hardware* e realizar os testes necessários.
- Por último, integrar o módulo Digital e o módulo Mecânico e realizar os testes necessários

### 1.3 DIAGRAMA

O Diagrama do Projeto está especificado na figura 1. Os blocos com contornos pontilhados representam as possíveis melhorias e atualizações que poderão ser desenvolvidas futuramente, enquanto os blocos com contornos cheios estão relacionados ao desenvolvimento deste projeto. O Módulo Mecânico foi desenvolvido por outra equipe do curso de Tecnologia em Mecatrônica.

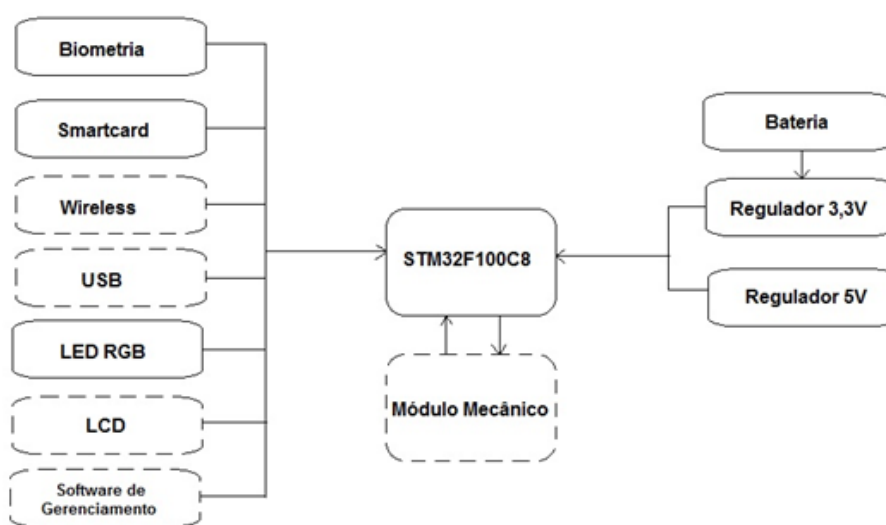


Figura 1 - Diagrama simplificado – Fonte: Autoria Própria

### 1.4 METODOLOGIA

O projeto em questão foi dividido nas seguintes etapas explicadas abaixo:

**Etapas 1** – Primeiramente foi realizada a especificação do projeto em que foram identificados todos os recursos que o projeto deveria possuir.

**Etapas 2** – Após a etapa acima, foi realizada uma análise a fim de identificar os principais componentes. Escolhendo-se os principais componentes, iniciou-se o estudo do funcionamento dos mesmos.

**Etapa 3** - Em seguida, iniciou-se o desenvolvimento do *hardware*. Foi utilizado um *software* CAD para o desenvolvimento de um esquemático geral. Com base neste esquemático, a placa de circuito impresso foi projetada. Ao fim deste processo, a placa foi montada com os componentes escolhidos.

**Etapa 4** – Após isso, foi iniciado o projeto de *software*. O *software* foi desenvolvido em linguagem C para o microcontrolador e foi testado diretamente na placa do circuito.

**Etapa 5** – Terminada a integração do *Hardware* e do *Software* e seus respectivos testes, foi realizada a integração com o módulo mecânico

**Etapa 6** – Por último, foi desenvolvido um relatório em que foi detalhado todo o projeto, apresentando todos os seus resultados e conclusões.

## 1.5 APRESENTAÇÃO DO DOCUMENTO

Este relatório traz a descrição detalhada de um projeto de conclusão de curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), cujo título é Automação de Cadeira Reservada para Estádios.

Primeiramente, será realizada uma breve descrição do que vem a ser o projeto. Vale a pena salientar que neste relatório será detalhado apenas o módulo digital do projeto, visto que foi este módulo o objeto do projeto desta equipe. Após isso, será descrito como tal projeto foi elaborado, desde a escolha dos componentes até o desenvolvimento do *Hardware* e *Software*.

Será apresentado neste relatório também, uma análise da Gestão de Projetos, na qual uma discussão a respeito dos gastos com o projeto, bem como o seu cronograma será realizado.

## 2. DEFINIÇÃO DO ESCOPO

O projeto em questão foi dividido em duas partes principais: o *Hardware* e o *Software*. Dessa forma, as especificações de cada um serão apresentadas a seguir.

Primeiramente, foi realizado o projeto do *Hardware*. Para tal, foi utilizado o kit de desenvolvimento STM32-Discovery, do mesmo fabricante do microcontrolador, a STMicroelectronics. Assim, foram realizadas simulações em um computador utilizando o kit e os periféricos, no caso os módulos biométrico e RFID. Após isso, foi elaborado o projeto da placa em um ambiente CAD.

O *software* por sua vez foi desenvolvido em linguagem C utilizando o ambiente de desenvolvimento IAR Embedded Workbench. Este, comunica-se com os demais dispositivos utilizando o protocolo de comunicação serial e foi testado diretamente na placa do projeto. Além disso, o *software* juntamente com os módulos de identificação permite o reconhecimento dos usuários.

### 2.1 MERCADO

O mercado no qual o produto “Automação de Cadeiras Reservada” será destinado é composto por estádios de futebol, cinemas e teatros, visto que este produto oferecerá mais segurança e organização a estes locais.

Em um primeiro momento o produto será destinado apenas aos estádios de futebol, com a finalidade de avaliar a aceitação do produto e também aproveitar as oportunidades com a Copa do Mundo de 2014. Verificando a aceitação e realizando os possíveis ajustes no produto, este será destinado a cinemas e por último aos teatros. Isto ocorrerá devido a diferença de público que frequenta estes locais, sendo o público frequentador de teatro mais exigente.

### 2.2 PATENTES

Foi realizada uma pesquisa acerca das patentes nacionais existentes a fim de verificar as tecnologias disponíveis. Essa pesquisa será útil para um possível

depósito de patente com relação ao projeto desenvolvido. Porém, foi encontrado um produto com as mesmas aplicações e características descritas no projeto.

A busca foi realizada no site do INPI (Instituto Nacional de Produção Industrial), para tal foram utilizados os termos “controle de acesso”, “biometria” e “RFID” os quais compõem as principais características do projeto.

Foi encontrado um pedido de patente cujo número é PI0903565-6 A2 de 21/09/2009 e cujo título é “Sistema Eletrônico de liberação ou abertura de cadeira através de senha, ingresso, cartão eletrônico ou biometria” <sup>(3)</sup>. Este sistema possui um circuito eletrônico de controle de acesso composto por um teclado, no qual ao ser digitada a senha correta é liberado um mecanismo de travamento composto por um solenóide e por um pino. Por se tratar apenas de um pedido de patente, não pode-se afirmar que haverá concorrência no mercado destinado ao produto desenvolvido no projeto em questão.

## 2.3 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foram primeiramente definidas as principais características relacionadas ao desenvolvimento do projeto. Dessa forma, foram comentados aspectos sobre o projeto do *Hardware*, tais como a necessidade de um kit de desenvolvimento e também o uso de um ambiente CAD para fazer o projeto da placa. Além disso, foram discutidos aspectos acerca do projeto do *Software*, assim como a linguagem e o ambiente de programação e o protocolo de comunicação.

Outro aspecto seria o mercado ao qual o produto seria inserido, além de uma pequena discussão sobre os diferentes públicos que utilizariam o produto. Uma pesquisa na base de patentes nacional também foi realizada e durante esta pesquisa foi encontrado um pedido de patente, onde possui as mesmas características e funcionalidades do produto desenvolvido, mostrando assim a existência de concorrência.

### 3. DESENVOLVIMENTO

Nesta seção do trabalho serão descritos todos os processos realizados para o desenvolvimento do projeto. Iniciando pela especificação do projeto e pela seleção de componentes. Será abordado em seguida como foi realizado o projeto de *hardware* e de *software*. Finalmente, serão apresentados os resultados dos testes e as considerações finais sobre o desenvolvimento.

#### 3.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

A idéia do projeto surgiu da indicação do professor orientador que comentou a existência do interesse comercial de um clube de futebol no projeto. A idéia consistia basicamente de uma cadeira que permanecesse bloqueada até a identificação do usuário por meio da leitura de sua impressão digital.

Partindo dessa idéia inicial foram encontrados diversos recursos que poderiam ser adicionados ao projeto. Dentre eles, a configuração das cadeiras através de uma conexão sem fio, provavelmente uma rede *Zigbee*. Utilizando um *software* de gerenciamento das cadeiras, o administrador poderia configurar o acesso de todas as cadeiras remotamente, além de realizar o travamento e liberação de cadeiras.

Porém, com uma melhor análise do problema, decidiu-se que a cadeira seria desenvolvida para funcionar sem o uso de equipamentos externos, ou seja, poderia ser facilmente instalada em qualquer lugar sem necessitar realizar a integração com qualquer outro sistema. Portanto, recursos como a configuração sem-fio e o *software* de gerenciamento para computadores foram descartados.

O projeto completo seria dividido em duas equipes. Uma equipe iria desenvolver o módulo eletrônico de identificação enquanto a outra iria desenvolver o módulo eletro-mecânico de acionamento e liberação da cadeira. A equipe autora deste trabalho ficou encarregada do desenvolvimento do módulo eletrônico de identificação.

Por fim foram definidas as especificações completas do projeto do módulo eletrônico, estabelecendo quais seriam os recursos e como deveria ser o seu funcionamento básico.

- A cadeira deve permanecer travada até que o usuário autorizado seja identificado.
- A identificação do usuário será realizada através da utilização de um cartão RFID ou da leitura da impressão digital do usuário.
- Assim que o usuário autorizado for identificado será enviado um sinal de controle ao módulo eletro-mecânico localizado na cadeira, liberando a sua utilização.
- O resultado do processo de identificação deve ser exibido em um LED colorido.
- A configuração do usuário autorizado será realizada através do uso de um cartão RFID especial de administração.
- O projeto deve suportar dois tipos de fonte energética: uma fonte de tensão contínua de 12 V e uma bateria comum de 9 V.

### 3.2 SELEÇÃO DOS COMPONENTES

Com base nas especificações do projeto foram determinados os componentes essenciais para a implementação dos recursos solicitados. Para realizar as funções de identificação do usuário foi determinada a necessidade de módulos dedicados a cada tipo de identificação, visto que a implementação de tais recursos sem o uso de módulos completos apresenta grandes dificuldades e necessidade de tempo para o seu desenvolvimento e realização testes.

Em seguida foi identificada a necessidade de um microcontrolador para realizar o controle de acesso e a comunicação com os módulos de identificação. O microcontrolador em conjunto com os módulos de identificação precisa de níveis de tensão de alimentação bem definidas, entre 3.3 V e 5.0 V. Para gerar tais tensões, identificou-se a necessidade da implementação de um circuito regulador de tensão. Para gerar as duas tensões descritas são necessários dois circuitos reguladores, sendo um circuito integrado para gerar cada nível de tensão.

Por fim uma série de componentes passivos, tais como, capacitores, diodos e resistores, são necessários para o correto funcionamento dos demais componentes ativos.



A seleção de todos os componentes foi realizada mediante a análise das especificações do projeto, que teve como objetivo determinar as principais características que cada componente deveria possuir. Os principais critérios de seleção utilizados foram o preço de aquisição do componente, se o componente possuía todas as características solicitadas pelo projeto e a simplicidade de utilização do componente.

### 3.2.1 Microcontrolador

A principal função do microcontrolador neste projeto é de realizar a comunicação e controle dos módulos de identificação, além da comunicação para a liberação da cadeira. Este tipo de controle pode ser feito facilmente utilizando uma interface de comunicação serial, recurso sempre existente em microcontroladores deste tipo. Portanto, a característica essencial que um microcontrolador deve possuir para ser utilizado no projeto, é de possuir pelo menos três interfaces de comunicação serial. Outras características comumente analisadas, como por exemplo, frequência de operação, memória interna ou memória de programa não são fatores críticos na escolha do modelo do microcontrolador desde que atinjam os requisitos mínimos para a implementação do projeto.

O primeiro modelo que foi pesquisado, devido a um conhecimento prático já adquirido pelos autores do projeto, foi o microcontrolador de 16 bits da família MSP430 produzido pela Texas Instruments. Uma pesquisa foi realizada através do site do fabricante para identificar o modelo exato do microcontrolador que possuísse o número desejado de portas de comunicação. O modelo mais simples que apresentava as características desejadas, e foi encontrado em estoques de fornecedores, foi o modelo MSP430F5419A <sup>(4)</sup>. Este modelo apresentava as quatro portas de comunicação essenciais, porém tinha um preço um pouco acima do esperado.

A segunda opção pesquisada foi o microcontrolador de 32 bits, arquitetura ARM Cortex M-3, da família STM32 produzido pela STMicroelectronics. A grande vantagem deste microcontrolador foi que já se possuía uma placa de desenvolvimento deste microcontrolador <sup>(5)</sup>, além de também possuir conhecimento

prático sobre o seu funcionamento adquirido em sala de aula durante o curso de Engenharia.

**Tabela 1 – Comparação entre microcontroladores**

Microcontrolador	Arquitetura	Flash (KB)	USARTs	Frequência (MHz)	Preço
MSP430F5419A	16 bits	128	4	25	\$ 6.32
STM32F100C8	32 bits	128	3	24	\$ 3.76

**Fonte: Autoria própria**

O componente escolhido para a utilização no projeto foi o dispositivo da STMicroelectronics, o microcontrolador STM32F100C8. Apesar de possuir uma interface serial a menos que o microcontrolador MSP430F5419A, ele possui diversas vantagens, tais como, um número menor de pinos, utilização da arquitetura ARM 32 bits, e o preço de aquisição praticamente metade do preço sugerido para o microcontrolador da Texas Instruments.

### 3.2.2 Módulo de Identificação RFID

A especificação do projeto determina que o sistema deva ser capaz de identificar um usuário por meio da utilização de um cartão de comunicação sem fio de tecnologia RFID. Foi decidido pela compra de um módulo dedicado a esta função com o intuito de reduzir o tempo de desenvolvimento total do projeto.

Atualmente existem diversas tecnologias que implementam a comunicação de cartões RFID. Dentre elas podemos citar os cartões de proximidade que operam na faixa de 125 kHz <sup>(6)</sup> e a tecnologia Mifare que opera na faixa de 13.56 MHz <sup>(7)</sup>. A grande diferença entre as duas tecnologias é que a tecnologia de proximidade 125 kHz utiliza cartões mais simples que possuem apenas uma única função, que é o envio de seu número serial de identificação interno. Já a tecnologia Mifare utiliza cartões mais complexos, que apresentam diversas funções, tais como, encriptação de blocos e memória interna programável.

A pesquisa por estes componentes foi realizada através de mecanismos de busca, tais como, Google e Bing, e em sites de leilões on-line, tais como, eBay e

MercadoLivre. Diversas empresas fabricantes de módulos foram encontradas e como algumas não possuíam o preço do componente diretamente em seu site, foram enviados e-mails para a realização de uma cotação de compra dos produtos.

Várias opções foram encontradas para a venda, sendo todas muito parecidas. A procura destes componentes levou em consideração ambas as tecnologias citadas acima, apesar de haver uma preferência pela tecnologia Mifare pois apresenta diversas vantagens em relação a tecnologia de proximidade.

**Tabela 2 – Comparação entre módulos RFID**

<b>Módulo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Interface</b>	<b>Preço</b>
IDPROX 15	IDSEG	Proximidade	UART	R\$ 35.00
ACUPROX AX-12	Acura	Proximidade	UART	\$ 56.00
SL031	StrongLink	Mifare	UART	\$ 18.00
SM130	SonMicro	Mifare	UART	\$ 29.95

**Fonte: A autoria própria**

A escolha do módulo de identificação RFID teve como fatores principais o preço de aquisição e a tecnologia utilizada. O módulo da empresa StrongLink, modelo SL031, apresentou as melhores especificações dentre as opções encontradas, além de possuir o menor preço para a tecnologia Mifare. Foram adquiridas duas unidades deste módulo.

### 3.2.3 Módulo de Identificação Biométrica

Uma das funcionalidades descritas nas especificações do projeto é a identificação do usuário por meio da leitura biométrica. A utilização de um módulo dedicado a esta função facilita muito a implementação do projeto, visto que o processo de identificação de uma impressão digital é complicado, envolve algoritmos complexos e necessita de poder computacional considerável.

O módulo a ser pesquisado deve ser capaz de realizar a leitura e identificação de um usuário por meio de sua impressão digital. O processo de identificação deve ser transparente ao resto do projeto, sendo responsabilidade

direta do módulo. A interface de comunicação não precisa ser necessariamente UART, sendo que outros protocolos como SPI ou I2C também podem ser utilizados.

O processo de pesquisa do módulo de identificação biométrica foi semelhante ao processo de pesquisa do módulo RFID, ou seja, através de mecanismos de pesquisa e sites de leilões on-line. Porém, desta vez muito menos opções foram encontradas. Os mesmos resultados foram obtidos em diversos sites demonstrando que há um pequeno número de fabricantes deste tipo de módulo.

Em um primeiro momento todas as opções orçadas apresentavam valores de aquisição altíssimos na faixa de centenas de dólares. Por este motivo, a pesquisa foi intensificada no intuito de encontrar um módulo de baixo custo e fácil utilização. Este módulo foi encontrado em um fabricante chinês que vendia diretamente seu produto, removendo assim, os custos de revenda do produto.

**Tabela 3 - Comparação de módulos biométricos**

<b>Módulo</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Interface</b>	<b>Preço</b>
Biotouch Stand Alone	Techmag	UART	R\$ 450.00
FM-FC	Biometrix	UART	EUR 130.00
SFM3550-TC	Akiyama	UART	\$ 152.00
SM2000	Anviz	UART	\$ 45.00

**Fonte: Autoria própria**

A escolha do componente a ser utilizado foi muito fácil, visto que existe uma grande diferença no preço de aquisição de cada módulo. O componente escolhido foi o módulo da empresa Anviz, modelo SM2000. Com a escolha do módulo, um pedido foi enviado ao fabricante que prontamente enviou duas unidades do produto.

### 3.2.4 Reguladores de Tensão

O projeto foi especificado para possuir duas fontes de energia. A fonte primária de energia é oferecida por uma fonte de tensão contínua de 12 V,

facilmente encontrada a venda em lojas de eletrônicos. A fonte secundária de energia é oferecida por uma bateria de 9 V comum.

Os módulos de identificação e o microcontrolador, citados anteriormente necessitam de certos níveis de tensão para o seu funcionamento. Para o microcontrolador e o módulo de identificação RFID são necessários 3.3 V. Já para o módulo de identificação biométrica são necessários 5 V. A geração destes níveis de tensão a partir das fontes de energia é realizada por circuitos reguladores de tensão.

Estes reguladores devem ser capazes de receber um tensão de entrada variando de 5 V até 12 V e gerar uma tensão de saída nos níveis citados acima. Devem também ser capazes de fornecer a corrente mínima de 0.5 A para cada nível de tensão.

A pesquisa deste tipo de componentes foi mais demorada que as pesquisas anteriores devido ao grande número de circuitos reguladores existentes no mercado. A análise de diversos modelos foi necessária para que fosse possível encontrar a melhor solução para a regulação dos níveis de tensão.

Os componentes escolhidos para esta função os modelos LP2992-33 e LP2992-50 fabricados pela empresa National Semiconductor. A escolha teve como critério o preço de aquisição e a simplicidade de utilização.

### 3.2.5 Demais componentes

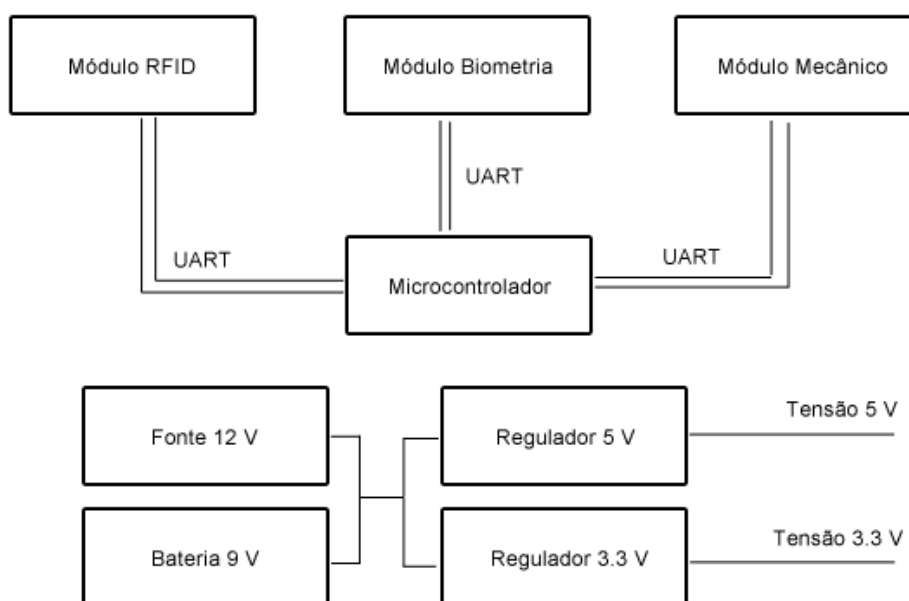
Com a leitura dos manuais de operação dos componentes descritos acima foram identificados diversos componentes passivos e auxiliares que devem ser utilizados para o correto funcionamento dos componentes.

A pesquisa destes componentes passivos foi realizada diretamente no site do fornecedor Mouser. A escolha dos modelos exatos de cada componente levou em consideração principalmente o preço, características elétricas, dimensões físicas e a disponibilidade no estoque do fornecedor.

### 3.3 PROJETO DE HARDWARE

O projeto de *hardware* iniciou-se com o estudo dos manuais de especificação dos fabricantes dos componentes. Nestes manuais são apresentadas todas as características elétricas do equipamento, bem como, instruções de uso e dicas de desenvolvimento. Muito comumente são apresentados exemplos de aplicação do componente descrevendo os componentes passivos essenciais para o seu funcionamento correto.

Em seguida foi feita uma visualização funcional inicial descrevendo de forma simplificada a conexão entre os vários componentes do projeto. Esta visualização serviu como base para o desenvolvimento dos circuitos reais utilizados.



**Figura 2 - Diagrama simplificado – Fonte: Autoria Própria**

O projeto de *hardware* foi realizado com o auxílio de um *software* CAD chamado EAGLE. A escolha deste *software* foi feita devido ao programa possuir uma versão de testes grátis que apesar de possuir suas limitações já permitia o desenvolvimento completo do projeto.

O primeiro passo foi realizar a construção da biblioteca de *footprints* e diagramas funcionais dos circuitos, ou seja, a descrição detalhada do espaço físico e dos pinos dos circuitos integrados a serem utilizados.

Em seguida iniciou-se o desenvolvimento dos circuitos do projeto. Nesta fase os manuais foram fundamentais para o entendimento do funcionamento dos circuitos integrados. Através dos manuais podem-se determinar as corretas conexões de pinos a serem realizadas para que o objetivo do projeto fosse atingido.

Com o esquemático dos circuitos já projetado, devidamente revisado e testado, foi iniciado o projeto físico da placa de circuito impresso. Dimensões físicas dos módulos foram levadas em conta para determinar como seriam as dimensões da placa de circuito impresso e como cada módulo estaria posicionado nela. Com isso, foi realizado o posicionamento dos componentes e o roteamento das trilhas de material condutor, a fim de realizar as conexões já estabelecidas no esquemático do circuito.

### 3.3.1 Circuito de Alimentação

Os circuitos existentes no projeto precisam de dois níveis de tensão para o seu funcionamento. Para o microcontrolador e o módulo de RFID é necessária a tensão de 3.3 V. Para o módulo de biometria é necessária a tensão de 5 V. Os circuitos de alimentação devem gerar estes níveis de tensão a partir das duas fontes de energia. A primeira fonte de energia é uma fonte de tensão contínua de 12 V. A segunda fonte de energia é uma bateria comum de 9 V. Como a bateria apresenta um valor de tensão que diminui de acordo com o seu uso, os circuitos de alimentação devem gerar os dois níveis de tensão a partir de uma entrada de tensão que pode variar de 5 V a 12 V.

Para resolver tal problema foram selecionados dois circuitos rebaixadores de tensão, cada circuito para um nível de tensão. De acordo com o manual do fabricante dos circuitos integrados, a sua utilização é muito simples, bastando apenas realizar a conexão dos pinos de entrada e saída acoplando corretamente alguns capacitores adicionais<sup>(8)</sup>.

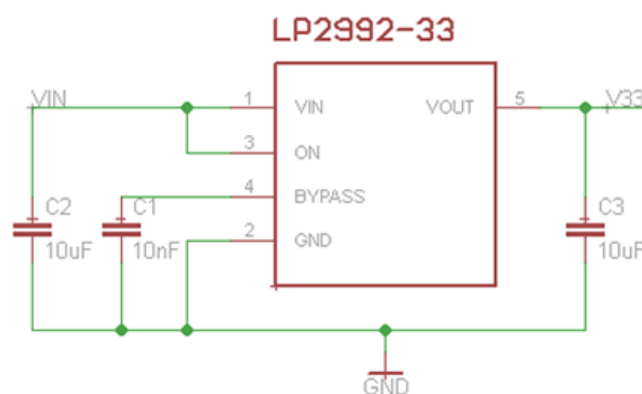


Figura 3 - Circuito de Alimentação – Fonte: Autoria Própria

### 3.3.2 Microcontrolador e Interface de Desenvolvimento

O desenvolvimento de *hardware* para o microcontrolador foi um processo mais complexo que os demais. O manual do fabricante é muito maior e contém muito mais informações relevantes ao projeto de *hardware* do que os outros componentes.

Apesar de não constar explicitamente nas especificações de projeto, um recurso que fica implícito no desenvolvimento é a devida conexão da interface de desenvolvimento e programação do microcontrolador. O fabricante do microcontrolador utiliza duas possíveis interfaces de desenvolvimento que compartilham os mesmos pinos. As duas interfaces disponíveis são a JTAG e a SWD. A correta conexão destes pinos é um fator de extrema importância para o projeto, visto que uma vez conectados de forma incorreta impossibilita a programação do dispositivo, tornando assim a placa de circuito impresso inutilizável.

O manual também descreve componentes passivos auxiliares que devem ser conectados ao microcontrolador. Os principais são os capacitores de acoplamento que devem ser conectados em cada um dos quatro pinos de alimentação do dispositivo <sup>(9)</sup>.

Em seguida foram feitas as conexões com os módulos de identificação e o módulo eletro-mecânico da cadeira. Cada um dos módulos foi conectado a uma interface serial do microcontrolador, utilizando apenas dois pinos de transmissão: TX e RX. Por fim foram conectados os pinos referentes ao LED colorido.



### 3.3.3 Módulos de Identificação

Os módulos de identificação foram facilmente integrados ao projeto. Apesar de sua estrutura interna ser de alta complexidade, a interface com o projeto é feita muito facilmente, sendo necessária a conexão de apenas seis pinos do módulo. Destes pinos podemos citar dois pinos para a alimentação do módulo, dois pinos para a comunicação com o microcontrolador, e outros dois pinos auxiliares.

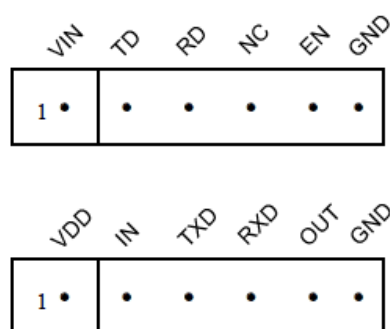


Figura 4 - Conexões dos módulos – Fonte: Autoria Própria

## 3.4 FABRICAÇÃO E SOLDAGEM

Nesta fase do projeto os dados gerados a partir do projeto de *hardware* são utilizados na fabricação e montagem da placa de circuito impresso. O primeiro passo a ser executado é a compra de componentes. Em seguida a placa de circuito impresso é fabricada por uma empresa especializada. Com a placa em mãos, inicia-se o processo de montagem e soldagem dos componentes comprados. Por fim a placa é testada para a verificação de suas funcionalidades. Caso este processo ocorra sem problemas e a placa passe em todos os testes de fabricação, prossegue-se para a fase de desenvolvimento de *software*.

### 3.4.1 Compra dos Componentes

A compra de componentes iniciou-se com a pesquisa de possíveis fornecedores. O site de diversos fornecedores foi acessado para a verificação da disponibilidade em estoque dos componentes necessários.

O fornecedor que apresentou o melhor estoque e condições de vendas foi a empresa Mouser. Esta é uma empresa americana dedicada ao fornecimento de componentes eletrônicos que realiza suas vendas pela internet.

Com base na lista de componentes a serem comprados, um pedido foi realizado com uma quantidade de três vezes o número de componentes necessários para se fabricar uma placa. Estes componentes em excesso servem como um estoque de reserva para suprir possíveis problemas de montagem e fabricação da placa de circuito impresso.

**Tabela 4 - Lista de Componentes**

Item	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total
<b>Microcontrolador</b>			
MCU STM32F100C8	\$ 3.76	1	\$ 3.76
JTAG Header	\$ 2.20	1	\$ 2.20
<b>Alimentação</b>			
Regulador 3.3 V	\$ 0.98	1	\$ 0.98
Regulador 5 V	\$ 0.98	1	\$ 0.98
Diodo	\$ 0.11	2	\$ 0.22
Power Jack	\$ 1.26	1	\$ 1.26
Battery Strap	\$ 0.44	1	\$ 0.44
<b>Componentes Passivos</b>			
Capacitor 100nF	\$ 0.09	4	\$ 0.36
Capacitor 10uf	\$ 0.09	2	\$ 0.18
Capacitor 10nF	\$ 0.07	2	\$ 0.14
Resistor 10k	\$ 0.05	4	\$ 0.20
<b>Outros</b>			
LED RGB	\$ 1.89	1	\$ 1.89

Item	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total
Header 4 pin	\$ 0.24	1	\$ 0.24
Header Module	\$ 1.24	2	\$ 1.24
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 14.09</b>

**Fonte: Aatoria própria**

### 3.4.2 Fabricação da Placa de Circuito Impresso

A fabricação da placa de circuito impresso iniciou-se com a pesquisa de fabricantes e fornecedores de placas de circuito impresso. Nesta pesquisa apenas duas empresas foram contatadas e para cada uma delas um orçamento de compra foi solicitado. A primeira empresa verificada apresentou um orçamento com um alto custo de fabricação, muito acima do orçamento planejado para este fim. Já a segunda empresa apresentou um valor muito interessante e sabendo que dificilmente seria possível encontrar empresas com custo muito mais baixo, a pesquisa foi finalizada e a empresa foi escolhida.

**Tabela 5 - Empresas fabricantes de placa de circuito impresso**

Empresa	Preço
Circuibras Circuitos Impressos	R\$ 684.00
Stick Circuitos Impressos	R\$ 223.45

**Fonte: Aatoria própria**

A escolha da empresa levou como principal fator o custo da fabricação das placas. A empresa Stick apresentou o melhor valor e por este motivo foi selecionada. O pedido foi realizado e a entrega das placas de circuito impresso ocorreu dentro de uma semana.

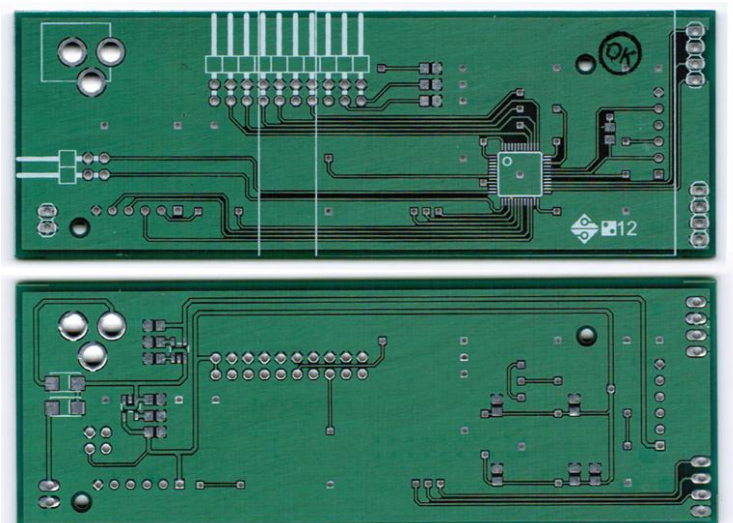


Figura 5 - Placa de Circuito Impresso – Fonte: Autoria Própria

### 3.4.3 Soldagem dos Componentes

A soldagem dos componentes foi realizada em ambiente domiciliar utilizando equipamentos comuns de soldagem adquiridos durante a realização do curso de Engenharia.

Devido a pouca experiência prática com soldagem de componentes, a primeira tentativa de soldagem dos componentes acabou danificando uma placa de circuito impresso. Para evitar que este resultado fosse repetido, a soldagem da segunda placa de circuito impresso foi realizada com atenção e cuidados redobrados.

A soldagem da segunda placa apresentou uma série de dificuldades, devido ao tamanho muito reduzido dos componentes a serem soldados. Os circuitos integrados apresentavam espaçamento entre pinos de apenas 0.5 mm de largura, enquanto a ponta do ferro de solda apresentava aproximadamente 2 mm de largura. A soldagem de pinos adjacentes causava a conexão indevida dos mesmos, causando curto-circuito. Para resolver este problema, um extenso processo de limpeza foi realizado com o auxílio de malhas de solda, removendo o excesso de solda nos pinos e concluindo a soldagem correta dos componentes.

### 3.4.4 Debug da Placa de Circuito Impresso

Com a placa de circuito montada e seus componentes soldados iniciou-se uma fase de testes de fabricação da placa, com o intuito de verificar o funcionamento da mesma e identificar possíveis falhas na sua montagem.

O primeiro teste realizado foi a verificação dos níveis de tensão gerados pelos reguladores de tensão. Ao ligar a fonte de corrente contínua e a bateria, foi verificado as tensões em pinos conectados aos níveis de 3.3V e 5V. A tensão medida estava adequada aos níveis exigidos, confirmando assim, a correta montagem dos circuitos reguladores de tensão.

Em seguida, foi realizado o teste da conexão da interface de desenvolvimento. O objetivo deste teste era verificar se a interface de desenvolvimento do microcontrolador havia sido conectada corretamente. Havia uma grande preocupação sobre este teste, pois caso a conexão da interface de desenvolvimento não estivesse corretamente conectada, a identificação e correção deste problema seria de uma maior complexidade, atrasando a conclusão da fase de desenvolvimento do projeto. Felizmente o resultado positivo apareceu na primeira tentativa de conexão, confirmando que a interface havia sido conectada corretamente.

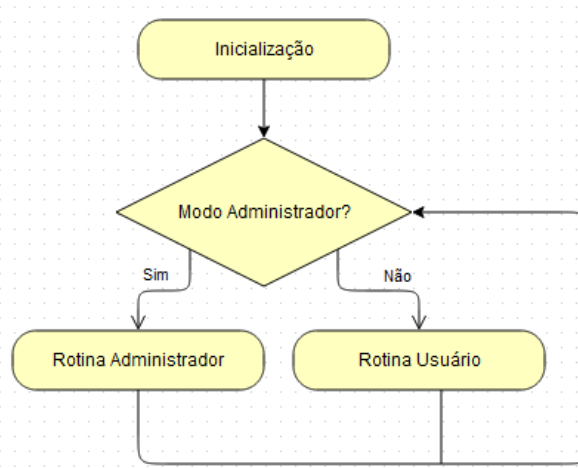
Por fim, com a possibilidade de programação do dispositivo garantida, iniciaram-se os testes de conexão dos demais componentes, e dentre eles, os módulos de identificação e o LED colorido. Pequenos *softwares* de testes foram executados para testar a comunicação entre os módulos e verificar se os respectivos pinos haviam sido soldados corretamente. Além disso, outro *software* foi executado para testar os pinos que ativam o LED colorido. Novamente os resultados foram positivos e nenhum problema de comunicação ou de ativação do LED foi encontrado.

### 3.5 PROJETO DE SOFTWARE

Com a placa de circuito impresso montada e suas funcionalidades testadas, foi possível iniciar o projeto de *software*. Através da interface de desenvolvimento o microcontrolador foi programado e o *software* foi desenvolvido e testado iterativamente.

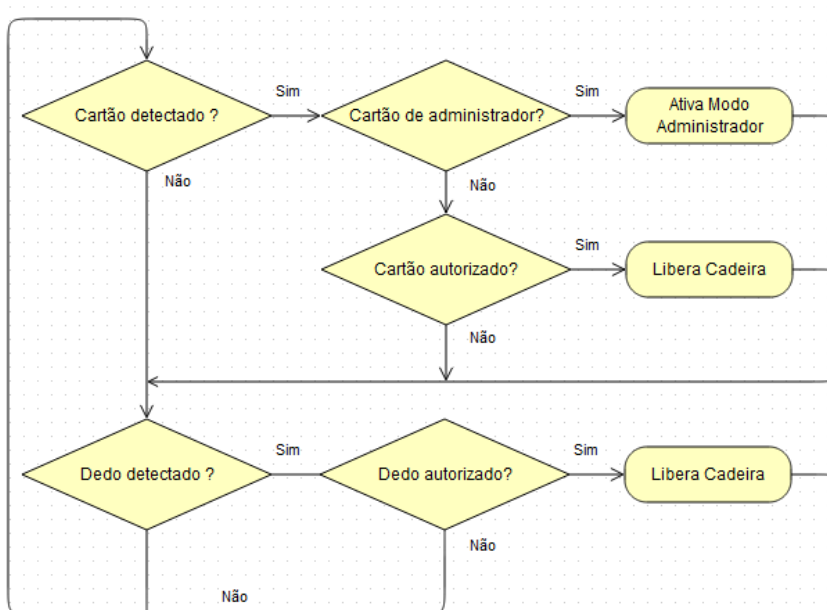
### 3.5.1 Rotina Principal

A rotina principal implementa os principais recursos descritos na especificação do projeto. Esta rotina se divide basicamente em duas subrotinas.



**Figura 6 - Fluxograma da Rotina Principal – Fonte: Autoria Própria**

A primeira é a rotina do modo usuário. Neste modo a leitura do cartão RFID e a leitura biométrica têm como principal função a identificação do usuário e a liberação da cadeira.



**Figura 7 - Fluxograma da Rotina de Usuário – Fonte: Autoria Própria**

A segunda rotina é a de modo administrador. No modo administrador a principal função é o cadastramento do usuário autorizado a liberar a cadeira. A mudança do modo usuário para o modo administrador é feita com a leitura de um cartão especial de administrador.

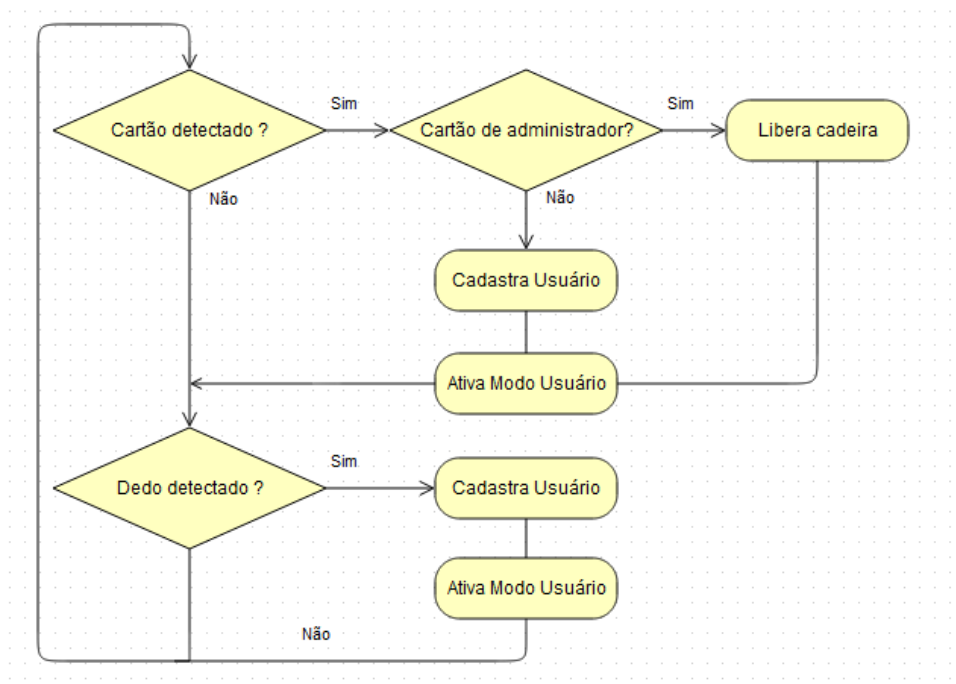


Figura 8 - Fluxograma da Rotina Administrador – Fonte: Autoria Própria

### 3.5.2 Comunicação com o Módulo de RFID

Para o desenvolvimento do *software* de comunicação com o módulo de identificação por RFID foi utilizado como base as informações presentes em seu manual de operação.

O manual descreve todas as informações pertinentes a interface de comunicação do módulo. O enlace físico é estabelecido através de uma interface UART utilizando níveis de tensão CMOS com baud rate de 115.200 bps.

O manual também descreve as mensagens e comandos que podem ser enviados ao módulo. Dentre as 16 possíveis mensagens descritas, apenas uma foi utilizada. Para a implementação deste projeto foi utilizada a mensagem responsável pela leitura do código de identificação serial do cartão. Além disso, foi também

utilizada a leitura do pino OUT que indica se existe um cartão presente, passível de leitura, na proximidade do sensor.

### 3.5.3 Comunicação com o Módulo de Biometria

De modo similar ao módulo de identificação por RFID, o módulo de identificação por biometria também utiliza a interface UART como meio de comunicação.

O manual deste módulo determina que o enlace físico seja realizado com um *baud rate* de 57.600 bps. O processo de identificação biométrica é muito mais complexo que por leitura de cartão RFID e por este motivo utiliza várias mensagens para o seu funcionamento correto.

Os principais recursos utilizados do módulo são a detecção de dedo presente no sensor, captação da imagem do dedo, processamento da imagem, comparação de identidades biométricas e a manutenção da memória interna de identidades biométricas do módulo.

## 3.6 TESTES

Após a conclusão do projeto de *software* iniciou-se a fase final de testes. O objetivo desta fase é verificar todos os recursos do projeto e confirmar se o projeto atende as especificações estabelecidas no início do desenvolvimento do projeto.

O primeiro recurso a ser testado foi a identificação do usuário através do cartão RFID. Primeiramente o cartão de administrador foi aproximado do leitor para que o estado de administrador fosse ativado. Em seguida um novo cartão de usuário foi apresentado para o seu cadastro e autorização. Por fim, o mesmo cartão foi apresentado para verificar se o sistema realiza a correta identificação e liberação da cadeira. Ao aproximar do módulo outros cartões não cadastrados a cadeira não foi liberada. Este teste não apresentou problemas e a cadeira só foi liberada mediante a apresentação do cartão previamente cadastrado no sistema.

O segundo teste se refere a identificação do usuário através da leitura biométrica de sua impressão digital. De modo similar, uma nova impressão digital foi



cadastrada no sistema utilizando o cartão de administrador. Em seguida o mesmo dedo cadastrado foi inserido no leitor biométrico para a verificação da identificação por meio da impressão digital.

Diferente do teste anterior, o resultado foi negativo. O módulo biométrico não respondia a algumas mensagens enviadas pelo microcontrolador. Notou-se então, que o leitor biométrico aparentava ligar e desligar a cada segundo. Com uma melhor observação foi possível notar também, que o circuito integrado responsável pela regulação da tensão de 5V estava aquecendo muito. Passou-se a acreditar que um problema térmico estava desligando o circuito regulador de tensão e por conseqüência o módulo de identificação biométrica. Ao revisar o *datasheet* do circuito regulador foi encontrada a informação sobre o limite de potência que poderia ser dissipada no circuito para que seu funcionamento continuasse correto.

$$P(\text{MAX}) = \frac{T_J(\text{MAX}) - T_A}{\theta_{J-A}}$$

**Figura 9 - Potência máxima dissipada – Fonte: Folha de Dados LP2992**

O *datasheet* determinava que a potência máxima dissipada pelo circuito é diretamente proporcional à diferença entre a tensão máxima de operação e a temperatura ambiente e inversamente proporcional a resistência termal da junção ao ambiente. De acordo com o *datasheet* a temperatura máxima de junção é de 125°C e a resistência termal da junção para este encapsulamento é de 65°C/W. Considerando a temperatura ambiente como sendo 25°C e realizando os devidos cálculos chegou-se na potência máxima de 1.5 W. Fazendo o calculo da potência já dissipada pelo regulador de tensão identificou-se que a potência dissipada era de 1.75 W. Portanto, o circuito estava dissipando mais potência do que lhe é permitido, superaquecendo e ativando o sistema de proteção térmico que desliga o regulador caso a temperatura atinja o limite máximo de operação.

A solução encontrada foi a troca da fonte de corrente continua de 12V por outra fonte de corrente continua de 9V. Calculando a potência dissipada utilizando esta nova fonte chega-se no valor de 1 W, ou seja, valor menor que a potência máxima permitida.

O teste de identificação biométrica foi realizado novamente com esta fonte e apresentou resultados positivos. O circuito regulador parou de aquecer e ativar o sistema de proteção térmico. O módulo de identificação biométrica passou a funcionar corretamente identificando o usuário cadastrado e realizando a liberação da cadeira.

O terceiro teste foi o mais simples e consistia na ativação do LED colorido utilizando diversas configurações de cores, número de piscadas e tempo ativo. Nenhum problema foi encontrado na ativação do LED.

Um último teste foi realizado para verificar o funcionamento do sistema utilizando apenas a bateria como fonte de energia. Notou-se rapidamente que o leitor biométrico voltou a desligar e ligar a cada segundo. Porém desta vez o aquecimento do circuito regulador não era a causa do problema. Foi concluído que a bateria não estava conseguindo fornecer a potência necessária para o sistema. A primeira alternativa para a solução foi a aquisição de uma bateria de melhor qualidade, pois a bateria que estava sendo utilizada era de baixa qualidade e já possuía certo tempo de utilização em outros equipamentos.

Uma nova bateria de uma marca mais conhecida por sua qualidade foi comprada. Felizmente esta nova bateria conseguiu fornecer a energia necessária para o funcionamento completo do sistema e este passou a funcionar perfeitamente.

Com a solução destes pequenos problemas concluiu-se a fase de testes. Ao final desta fase foi possível verificar que o projeto funciona perfeitamente, fornecendo todos os recursos e realizando todas as funções descritas na especificação do projeto.

### 3.7 CONCLUSÕES

Uma fase muito importante do projeto que acabou tomando mais tempo que o necessário foi a fase de especificação do projeto. Devido os diversos rumos que o projeto poderia tomar partindo da idéia inicial, as especificações do projeto demoraram muito tempo para serem definidas completamente. A realização de um maior número de reuniões e um maior foco na fase inicial do projeto poderia ter reduzido as mudanças nas especificações e indecisões sobre quais recursos deveriam ser implementados.

Devido a experiência já adquirida, o projeto de *hardware* não apresentou grandes dificuldades ou problemas no desenvolvimento do projeto. No entanto uma melhor análise dos componentes poderia ter sido realizada. Os problemas de aquecimento do circuito regulador de tensão mostraram que apesar de não ser um grande problema apresentado no curso de Engenharia, a análise térmica dos componentes é de extrema importância, pois superaquecimentos podem causar o desligamento dos componentes ou até mesmo danificar permanentemente o dispositivo.

O processo de montagem e soldagem dos componentes na placa de circuito impresso se mostrou a fase mais difícil a ser realizada. A falta de equipamentos adequados agravou a situação tornando o processo que deveria demorar alguns minutos em um processo complexo que demorou algumas horas. A utilização de melhores equipamentos e a obtenção de experiência prática pode facilitar e tornar mais rápida a soldagem dos componentes.

O projeto de *software* também não apresentou dificuldades em sua execução, sendo este realizado em poucos dias. A utilização da interface de desenvolvimento do microcontrolador se mostrou muito útil na depuração de erros de *software* e na implementação das funções do projeto.

Por fim os testes realizados apontaram alguns problemas no projeto, principalmente nos circuitos reguladores de tensão. Uma revisão detalhada dos *datasheets* dos componentes apresentou possíveis soluções, que ao serem testadas resolveram os problemas. Ao fim dos testes pode-se verificar que o sistema projetado atendeu as especificações do projeto e funciona perfeitamente.

## 4. GESTÃO

No capítulo a seguir será descrito o processo de desenvolvimento do projeto enfatizando o seu gerenciamento. Dessa forma, será realizada uma análise de cronograma, dos custos do projeto e dos riscos que este estaria sujeito.

### 4.1 ESCOPO

No início do projeto, os primeiros requisitos definidos foram os componentes principais que seriam utilizados, dentre estes estão o microcontrolador, o leitor biométrico e o RFID. Foi definido também neste primeiro momento, o protocolo de comunicação que seria utilizado.

Após isso, foi realizado um estudo destes componentes para o início do projeto do *Hardware*. Conforme a pesquisa foi realizada, o reconhecimento do problema bem como as alternativas e resolução foram sendo definidas. Além disso, ficou claro que seria necessário uma maior dedicação para que o projeto fosse concluído com sucesso.

Terminada a pesquisa iniciou-se o projeto do *Hardware* em que foram definidos o restante dos componentes e por último foi realizado o projeto do *Software*.

### 4.2 CRONOGRAMA

O cronograma tem a função de delimitar os prazos para que as etapas predefinidas do projeto sejam concluídas. Dessa forma, a organização, do cronograma, detalhando as tarefas e as suas datas informa exatamente em qual etapa o projeto se encontra, além de informar quais tarefas estão em dia e quais tarefas estão atrasadas. No quadro abaixo segue o cronograma detalhado:

Quadro 1 - Cronograma detalhado

Nº	Etapa	Data Prevista de Início	Data Prevista de Término	Data Efetiva de Início	Data Efetiva de Término
1	<b>Especificação do Projeto</b>	2/11/2011	30/11/2011	2/11/2011	30/11/2011
2	<b>Identificação dos Componentes</b>	1/12/2011	27/1/2012	20/12/2011	10/2/2012
2.1	Escolha dos componentes.	1/12/2011	27/12/2011	20/12/2011	15/1/2012
2.2	Estudo do funcionamento dos componentes.	28/12/2011	27/1/2012	16/1/2012	10/2/2012
3	<b>Desenvolvimento do Hardware</b>	1/2/2012	30/3/2012	10/3/2012	1/6/2012
3.1	Projeto de Placa	1/2/2012	1/3/2012	10/3/2012	30/4/2012
3.2	Testes de Placa	2/3/2012	30/3/2012	1/5/2012	1/6/2012
4	<b>Desenvolvimento do Software</b>	1/3/2012	27/4/2012	5/6/2012	5/7/2012
4.1	Projeto de <i>Software</i>	1/3/2012	27/3/2012	5/6/2012	5/7/2012
4.2	Testes de <i>Software</i>	28/3/2012	27/4/2012	21/6/2012	5/7/2012
5	<b>Integração com o módulo Eletromecânico</b>	16/4/2012	25/5/2012	_____	_____
6	<b>Documentação</b>	1/5/2012	21/6/2012	15/4/2012	20/7/2012

Fonte: Autoria própria

A etapa de especificação do projeto consistiu em identificar todos os recursos que o projeto deveria possuir, sendo esta cumprida no prazo pré-definido. Na etapa de identificação dos componentes, por estar planejada em um período de férias, houve um atraso no seu cumprimento. Porém, o atraso ocorrido nesta etapa atrasou todas as outras etapas subsequentes, pois o projeto do *Hardware* dependia do término da segunda etapa. Ocorreu um atraso nas etapas de projeto de *hardware* e *software* também, pois estas tarefas foram planejadas em período de aula, sendo necessário conciliar a execução destas com os compromissos de outras disciplinas. A etapa de integração com o módulo eletromecânico não foi executada no prazo pois esta dependia também da equipe de Tecnologia em Mecatrônica, responsável pelo módulo mecânico, que por sua vez não executou a tempo seu respectivo

projeto. Por fim, percebendo o atraso, a documentação foi iniciada antes da data prevista.

### 4.3 CUSTOS

A fim de se verificar os gastos relativos ao projeto foi realizada uma análise dos custos para a execução deste. A análise não se restringiu apenas aos gastos monetários referentes aos gastos comprados, mas também foi realizada uma análise de custos em relação ao tempo de desenvolvimento do projeto para cada etapa desenvolvida. Os quadros a seguir fornecem o custo relativo as horas de trabalho para cada etapa do projeto e o custo financeiro total do projeto.

**Quadro 2 - Custo total em horas para o projeto**

Nº	Etapa	Horas
1	Especificação do Projeto	60
2	Identificação dos Componentes	60
3	Desenvolvimento do <i>Hardware</i>	120
4	Desenvolvimento do <i>Software</i>	20
5	Integração com o módulo Eletromecânico	20
6	Documentação	40
<b>TOTAL</b>		<b>320</b>

Fonte: Autoria própria

**Quadro 3 - Custo total em horas para o projeto**

	U\$	R\$ (2,016)	Com o Imposto de Importação (60%)
<b>Componentes Eletrônicos em geral</b>	14,53	29,29	46,87
<b>Módulo Biométrico</b>	45,00	90,72	145,15
<b>Módulo RFID</b>	20,00	40,32	64,51

<b>Confecção das Placas</b>	—	223,00	223,00
<b>TOTAL</b>			<b>479,53</b>

Fonte: Aatoria própria

#### 4.4 RISCOS

A análise de riscos consistiu em verificar o impacto de fatores exógenos no desenvolvimento do projeto. Tais fatores representam riscos que não depende apenas da dedicação dos componentes da equipe. Os riscos em questão envolvem desde atraso na entrega dos componentes até a falha na integração dos módulos.

**Quadro 4 - Análise de riscos**

<b>Grau</b>	<b>Descrição</b>	<b>Probabilidade</b>	<b>Impacto</b>	<b>Ação</b>
Médio	Problemas ou atrasos na entrega dos componentes	0,3	5	Procurar outros fornecedores
Baixo	Falha no funcionamento dos componentes	0,1	3	Solicitar novas unidades
Baixo	Falha no funcionamento do <i>hardware</i>	0,1	4	Identificar o problema. Corrigir o projeto. Solicitar a fabricação da nova placa
Baixo	Problemas na integração dos módulos	0,1	2	Simular o funcionamento de cada módulo e realizar testes para identificar o problema

Fonte: Aatoria própria

Na análise não foram considerados fatores de alto risco. Dentre os fatores analisados, ocorrer problemas na entrega dos componentes seria o mais grave visto que possui probabilidade de ocorrência 0,3 e dessa forma seria necessário procurar novos fornecedores, o que perderia tempo. Os outros três fatores analisados possuem grau baixo de risco, sendo ele a falha no funcionamento dos componentes, o que deve ser considerado antes do pedido e assim pedir unidades de reserva. Outro fator de baixo risco seria a falha no funcionamento do *Hardware*, problema que poderá ser evitado realizando testes antes de solicitar a fabricação da placa. Por fim, seria encontrar problemas na integração dos módulos, cuja ação para resolvê-lo

será simular o funcionamento de cada módulo e realizar testes para identificar o problema.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES

A fim de realizar a Gestão do Projeto, primeiramente foi analisado o escopo do projeto em que foram definidos os requisitos do projeto sendo estes o microcontrolador, o RFID e o Leitor Biométrico. Além disso, foi realizada também uma análise de do cronograma, em que foram definidas as etapas a serem seguidas, sendo estas as mesmas etapas apresentadas no item 1.4, bem como os atrasos ocorridos e o motivo destes. Outro ponto analisado, foram os custos gerados pelo projeto, do ponto de vista das horas destinadas a execução do projeto e dos gastos monetários. Por fim, foram analisados os riscos a que o projeto estaria sujeito e as ações destinadas a resolução destes possíveis problemas.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto desenvolvido apresentou como objetivo o desenvolvimento de um sistema de automatização de cadeira reservada cuja função é individualizar as cadeiras presentes em cinemas, teatros e principalmente em estádios de futebol, fazendo com que somente o usuário cadastrado poderá usufruir da mesma. Tal projeto foi dividido em dois módulos, um digital e um eletromecânico que foi desenvolvido por outra equipe do curso de Tecnologia em Mecatrônica. O módulo Digital, objeto deste projeto, consistiu no desenvolvimento do *Hardware* e do *Software* e na integração destes.

Para a execução do projeto de maneira eficiente a metodologia adotada consistiu na divisão deste em cinco etapas que totalizaram 980 horas de trabalho. Durante a etapa de especificação, foram identificados todos os recursos que o projeto deveria possuir. Esta etapa foi cumprida dentro do prazo pré-definido.

Após isso, foi realizada uma análise das especificações do projeto a fim de se realizar a escolha dos principais componentes a serem utilizados bem como o estudo do funcionamento de cada um deles. Para tal foi levado em conta o preço de aquisição e a simplicidade de utilização do componente. O Microcontrolador escolhido foi um Cortex M3 da família STM32, o qual realiza a comunicação e o controle dos módulos de identificação e a liberação da cadeira. O módulo de identificação RFID utiliza a tecnologia Mifare e opera na faixa de 13.56 MHz, sendo este responsável pela identificação do usuário juntamente com o módulo biométrico. Nesta etapa também foram definidos os circuitos reguladores de tensão, visto que o projeto possui duas fontes de alimentação, uma fonte primária de 12V e uma fonte secundária de 9V, fornecido por uma bateria. Dessa forma, tais circuitos reguladores geram os níveis de tensão de 3.3V para o microcontrolador e para o RFID e 5V para o sensor Biométrico a partir destas fontes. Houve um atraso no cumprimento desta etapa pelo fato de seu planejamento envolver o período de férias.

Para o desenvolvimento do *Hardware* foi utilizado o *Software* CAD Eagle. Durante esta etapa foram definidos os componentes passivos utilizados. Com o circuito projetado e devidamente testado foi realizado a confecção da placa de circuito impresso.

O projeto do *Software* foi realizado com o auxílio do ambiente de desenvolvimento IAR Embedded Workbench 6.3 e também com a placa de

desenvolvimento do microcontrolador. O *Software* foi programado em linguagem C e comunicação entre o microcontrolador e os módulos de identificação é realizada através da Interface Serial. Porém, ocorreu um atraso no cumprimento do projeto do *Hardware* e do *Software* pois estas etapas foram planejadas em período de aula havendo a necessidade de conciliar o projeto com trabalhos e provas de outras disciplinas.

A integração do módulo Digital com o módulo Mecânico não foi possível pois a equipe responsável por tal módulo não concluiu o projeto no tempo previsto. Dessa forma, um dos objetivos específicos não foi cumprido.

Como propostas futuras de melhorias para este projeto, poderia ser utilizado um *Display* LCD ao invés de um LED RGB. Além disso, poderia se desenvolvido um *Software* de gerenciamento para PC para a configuração remota das cadeiras através de um módulo de comunicação *Wireless*. O gerenciamento da cadeira poderia ser realizado ainda através de um módulo de comunicação USB.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. **Gazeta do Povo.** Cinema. [Online] [Citado em: 03 de 08 de 2012.] <http://guia.gazetadopovo.com.br/cinema/>.
2. —. Teatro. [Online] [Citado em: 03 de 08 de 2012.] <http://guia.gazetadopovo.com.br/teatro/>.
3. **Patentes Online.** Sistema eletrônico de liberação ou abertura de cadeira através de senha, ingresso, cartão eletrônico ou biometria. [Online] [Citado em: 03 de 08 de 2012.] <http://www.patentesonline.com.br/patente-239370.html>.
4. **Texas Instruments.** MSP430F5419A. [Online] [Citado em: 01 de 08 de 2012.] <http://www.ti.com/product/msp430f5419a>.
5. **ST Microelectronics.** STM32 Discovery. [Online] [Citado em: 01 de 08 de 2012.] <http://www.st.com/internet/evalboard/product/250863.jsp>.
6. **Wikipedia.** Proximity Card. [Online] [Citado em: 01 de 08 de 2012.] [http://en.wikipedia.org/wiki/Proximity\\_card](http://en.wikipedia.org/wiki/Proximity_card).
7. —. Mifare. [Online] [Citado em: 01 de 08 de 2012.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Mifare>.
8. **National Semiconductors.** LP2992 datasheet. [Online] [Citado em: 01 de 08 de 2012.] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lp2992.pdf>.
9. **ST Microelectronics.** STM32F100C8. [Online] [Citado em: 01 de 08 de 2012.] <http://www.st.com/internet/mcu/product/216839.jsp>.

