



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Integrado

Empresa: TRON Controles Elétricos Ltda



Aluno: Davi de Andrade Lima Castro
Orientador: Prof. Luis Reyes Rosales Montero

Campina Grande
Abril de 2009



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Integrado

Empresa: TRON Controles Elétricos Ltda

Relatório de Estágio Integrado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial às exigências para obtenção do Grau de Engenheiro Eletricista.

Davi de Andrade Lima Castro
Aluno

Prof. Luis Reyes Rosales Montero
Orientador

Campina Grande
Abril de 2009

Agradecimentos

A todas as pessoas da empresa **TRON Controles Elétricos**, em especial ao pessoal da **Engenharia de *Hardware*: Sato, Kleber e Alex.**

Aos companheiros de curso. E aos amigos de Campina Grande.

À tia Marlene e sua família: Beto, Suely, Júnior, Teresa e netos.

À minha família, em especial ao meu irmão Thiago.

À minha querida Paulinha.
E., D., A.V.P.S.M.Q.P.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. A EMPRESA.....	2
2.1. Estrutura Organizacional.....	2
2.2. Setores da Produção.....	3
2.3. A Linha de Produtos	6
2.3.1. Relés Industriais	6
2.3.1.1. Relés de Nível.....	7
2.3.1.2. Relés de Proteção.....	9
2.3.1.3. Relés de Tempo	12
2.3.2. Controladores de Temperatura	14
2.3.3. Dosador Químico e Controlador de Lavanderia.....	17
3. O ESTÁGIO	19
3.1. Objetivos	19
3.2. Metodologia	19
3.3. Tarefas e Projetos Realizados	20
3.3.1. <i>Firmware</i> para Leitura e Exibição de Temperatura.....	20
3.3.2. Análise de <i>Firmware</i> do Controlador e Dosador de Lavanderia	23
3.3.3. Sistema de Testes Micro-Controlado para Relés Industriais	28
3.3.3.1. Objetivos e Considerações Iniciais	28
3.3.3.2. Critérios e Requisitos Iniciais	29
3.3.3.3. Módulos de <i>Hardware</i>	30
3.3.3.4. Módulos de <i>Firmware</i>	36
3.3.3.5. Interface Humano Máquina	37
3.3.3.6. O Projeto em Números	38
3.3.3.7. Validação Final e Considerações Finais	39
3.3.4. Outras Atividades.....	41
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
5. REFERÊNCIAS E MATERIAIS DE ESTUDO.....	43
ANEXO A – LAYOUTS DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DESENVOLVIDOS PELO ALUNO.....	44
ANEXO B – CÓDIGO FONTE DA LEITURA DOS CONTATOS E MULTIPLEXAÇÃO	48
ANEXO C – CÓDIGO FONTE DA SIMULAÇÃO DE ELETRODOS DO MODO DE OPERAÇÃO MANUAL	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz da Empresa - Localizada na Cidade de Recife-PE.....	2
Figura 2 - Setores da Produção e os seus Relacionamentos.....	3
Figura 3 - Fotos de Setores de Montagem Eletrônica Convencional e SMD.....	5
Figura 4 - Três Modelos de Relés de Nível: REL, REP e RES.....	7
Figura 5 - Exemplo de um Sensor de Nível com Três Eletrodos (Hastes) Utilizável com os Relés de Nível.....	7
Figura 6 - Esquemas de Ligação dos Relés de Nível REL/REP e RES.....	8
Figura 7 - Diagrama Temporal Ilustrando o Funcionamento dos Modelos REL/REP Tipo 01 e 03.....	9
Figura 8 - Quatro Modelos de Relés de Proteção: RSF, FSN, FFS e FIF.....	9
Figura 9 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Falta de Fase ou Neutro de um Relé de Proteção.....	10
Figura 10 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Seqüência de Fase Incorreta de um Relé de Proteção.....	10
Figura 11 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Assimetria Modular de um Relé de Proteção.....	10
Figura 12 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Sub-Tensão e Sobre-Tensão de um Relé de Proteção.....	11
Figura 13 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Desvio de Freqüência de um Relé de Proteção.....	11
Figura 14 - Exemplos de Relés de Tempo - TCS e TEI.....	12
Figura 15 - Diagrama Ilustrativo da Função Retardo na Energização dos Relés de Tempo.....	12
Figura 16 - Diagrama Ilustrativo da Função Retardo na Desenergização dos Relés de Tempo.....	13
Figura 17 - Diagrama Ilustrativo da Função Temporizado ao Repouso dos Relés de Tempo.....	13
Figura 18 - Diagrama Ilustrativo da Função Instantânea dos Relés de Tempo.....	13
Figura 19 - Diagrama Ilustrativo da Função Partida de Motor Trifásico dos Relés de Tempo.....	14
Figura 20 - Exemplo de Controlador de Temperatura - CTM.....	14
Figura 21 - Diagrama Ilustrativo do Controle On-Off de Temperatura.....	16
Figura 22 - Exemplo de Montagem do Dosador e Controlador de Lavanderia Dosimax Laundry Plus 1000.....	18
Figura 23 - Exemplo de Multiplexação de Displays de 7 Segmentos.....	21
Figura 24 - Transições de Estados da Máquina de Estados Principal do Firmware do Dosador e Controlador de Lavanderia.....	27
Figura 25 - Fluxo de Trabalho do Desenvolvimento do Sistema de Testes.....	29
Figura 26 - Módulos de Hardware.....	31
Figura 27 - Esquema Eletrônico da Fonte da Placa Mãe.....	31
Figura 28 - Esquema Eletrônico do Circuito de Leitura dos Contatos.....	32
Figura 29 - Circuito de Multiplexação das Leituras dos Contatos.....	33
Figura 30 - Diagrama Lógico do CI 75176.....	33
Figura 31 - Características Principais do PIC 18F6622.....	34
Figura 32 - Esquema Eletrônico do Módulo de Simulação de Eletrodos.....	35
Figura 33 - Módulos de Firmware.....	37
Figura 34 - Etiqueta Frontal da IHM (Fora de Escala).....	37
Figura 35 - Funções das Teclas.....	38
Figura 36 - Vista Frontal da Jiga de Nível – Circuitos à Mostra.....	39
Figura 37 - As Três Jigas já Fechadas e em Funcionamento no Setor de Testes.....	40
Figura 38 - Placa Mãe - Face dos Componentes Convencionais.....	44
Figura 39 - Placa Mãe - Face da Solda e dos Componentes SMD.....	45
Figura 40 - Placa Filha de Nível - Face dos Componentes Convencionais.....	46
Figura 41 - Placa Filha de Nível - Face da Solda e dos Componentes SMD.....	47

1. INTRODUÇÃO

Este relatório tem por finalidade descrever as atividades desenvolvidas pelo aluno durante o Estágio Integrado, realizado no período de 15 de abril a 17 de dezembro de 2008, na empresa TRON Controles Elétricos Ltda., situada na cidade de Recife-PE, assim como também descrever a empresa e suas atividades econômicas.

As atividades foram realizadas no setor de Engenharia de Desenvolvimento, supervisionadas pelo Engenheiro e Diretor de Tecnologia da empresa, Eduardo Sato, e envolveram a programação de micro-controladores, desenvolvimento de esquemas eletrônicos e placas de circuito impresso, montagem de protótipos e o acompanhamento da equipe da Engenharia em suas atividades.

Quanto ao aspecto estrutural, o conteúdo principal deste relatório está dividido em duas partes, a primeira parte (Capítulo 2) descreve a empresa em si e todos os seus setores, assim como a linha de produtos fabricados e comercializados, a segunda parte (Capítulo 3) descreve as atividades referentes ao estágio. O penúltimo capítulo contém as considerações finais e o último lista materiais de estudo utilizados durante o estágio e materiais de referência para este relatório.

2. A EMPRESA

A principal atividade econômica da empresa TRON Controles Elétricos é a fabricação e comercialização de soluções destinadas à automação industrial. A matriz da empresa está atualmente instalada em uma área fabril de 3.500m² de área construída em um terreno de 10.000m² no Parque Tecnológico de Pernambuco – PARQTEL, Recife-PE. A empresa possui também uma filial em São Paulo-SP e vários representantes comerciais em todo o país.¹

Além de comercializar seus produtos através de sua própria linha e marcas, a empresa também fabrica produtos que serão vendidos por terceiros utilizando outras marcas comerciais. Por exemplo, um de seus maiores clientes é a Siemens, a TRON fabrica certos produtos com a marca “Siemens” e estes são comprados e então comercializados por esta empresa.



Figura 1 - Matriz da Empresa - Localizada na Cidade de Recife-PE

2.1. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Pode-se dividir a empresa nos seguintes grupos ou setores:

- **Diretoria:** assim como em qualquer outra empresa, possui a responsabilidade de traçar os objetivos e metas a serem alcançados e as estratégias a serem seguidas. É dividida em Diretoria Comercial, Diretoria Administrativa e Diretoria de Tecnologia.
- **Administrativo:** possui as responsabilidades de cunho administrativo, tais como finanças, recursos humanos, e etc.
- **Comercial:** engloba as funções relacionadas ao comércio, tais como vendas, marketing, suporte técnico e etc.

¹ Descrição retirada do site da empresa: www.tron-ce.com.br

- **Engenharia:** é responsável pelo desenvolvimento de novos produtos, pela atualização ou modificação de produtos existentes e pelo apoio técnico aos outros setores da empresa.
- **Produção:** engloba todos os setores diretamente relacionados com a fabricação dos produtos, tais como: Oficina Mecânica, Suprimento de Matéria Prima, Planejamento e Controle da Produção, Montagem Eletrônica, Testes e Reparos e Expedição.

2.2.SETORES DA PRODUÇÃO

A Figura 2 ilustra os vários setores da produção e os relacionamentos entre si e entre outros setores relacionados com a produção. A seguir, uma breve descrição de cada um dos setores ilustrados, o objetivo é apenas descrever as tarefas e responsabilidades de cada setor e não o de explicar com detalhes os processos de fabricação.

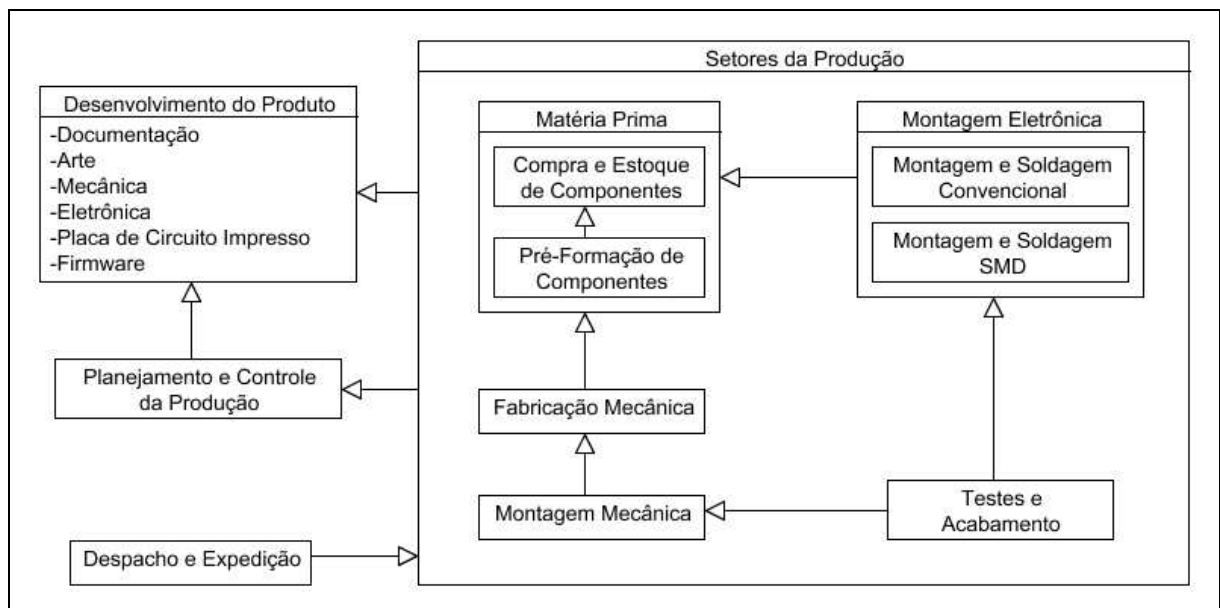


Figura 2 - Setores da Produção e os seus Relacionamentos

Desenvolvimento do Produto:

Todas as concepções, idéias e definições são realizadas durante o desenvolvimento do produto. Ao final do desenvolvimento de qualquer produto, um conjunto de informações sobre este produto irá descrever tudo o que for necessário para a fabricação do mesmo, como exemplo destas informações pode-se citar: desenhos mecânicos, esquemas eletrônicos, listagens de componentes e de matéria prima, fichas técnicas, entre outras.

Planejamento e Controle da Produção:

É o setor responsável por gerir todos os setores da produção. É este setor que irá determinar o que será produzido e em que quantidade, que irá controlar o estoque de matéria prima, entre outras tarefas, tudo de forma a cumprir com prazos e metas de produção.

Matéria Prima:

É responsável por realizar as compras de matéria prima necessárias e pelo seu estoque, além também de adequar alguns componentes para o seu uso nos métodos de fabricação utilizados a fim de atingir uma maior eficiência de produção. O setor de Pré-Formação é um exemplo deste último caso, nele vários componentes eletrônicos tem seus terminais reduzidos e modificados a fim de facilitar a inserção destes componentes nas placas de circuito impresso.

Fabricação Mecânica:

Grande parte das peças plásticas utilizadas nos produtos da TRON é fabricada na própria empresa através do processo de Injeção Plástica, aonde uma Máquina Injetora injeta o plástico em estado líquido em um molde de metal que possui o formato desejado, após resfriamento esse plástico retorna ao estado sólido. As peças plásticas que não são fabricadas na empresa são encomendadas a terceiros.

Além da fabricação de peças plásticas, este setor também fabrica algumas poucas placas de circuito impresso, geralmente quando se trata de placas mais simples, entretanto a grande maioria das placas de circuito impresso é encomendada a terceiros.

Montagem Eletrônica:

O termo Montagem Eletrônica refere-se a qualquer componente elétrico ou eletrônico que são utilizados em um dado produto. Este processo engloba tanto a inserção e soldagem de componentes nas placas de circuito impresso e também a montagem de componentes fora das placas. Pode-se dividir a Montagem Eletrônica em Convencional e SMD (*Surface Mounted Devices*).

A montagem eletrônica convencional refere-se à montagem e soldagem de componentes chamados de convencionais pois possuem terminais elétricos que atravessam furos nas placas de circuito impresso. A inserção destes componentes é feita manualmente, e este processo é bastante facilitado pela pré-formação dos terminais dos componentes, fazendo com que estes se encaixem perfeitamente na placa de circuito impresso em questão.

A etapa de soldagem dos componentes convencionais é feita através de uma Máquina de Solda de Onda-Dupla, basicamente a placa de circuito impresso é transportada lentamente pela máquina e uma de suas faces, no caso a face a ser soldada, atravessa uma corrente de solda líquida, soldando então os terminais dos componentes às áreas apropriadas (*pads*) da placa de circuito impresso. Todas as placas contendo apenas componentes convencionais são soldadas desta maneira.

A soldagem de placas que contém componentes convencionais e SMD é feita de duas maneiras. Em ambas é utilizada uma máquina de *Pick and Place* que de forma automática pega individualmente cada componente SMD e o coloca em seu lugar na placa de circuito impresso. Antes de isto ser feito, a placa de circuito impresso passa por uma outra máquina, chamado de *Printer*, que utiliza um estêncil para depositar pasta de solda nos *pads* ou então para depositar um adesivo abaixo de cada componente SMD.

Desta forma, quando os componentes são posicionados em seus lugares na placa de circuito impresso, esta já está preparada ou com pasta de solda nos *pads*, ou com adesivo abaixo de cada componente, e em ambos os casos a placa, já contendo os componentes, passa por um forno de temperatura controlada de forma que a pasta de solda derreta e realize as conexões entre componentes e *pads* ou de forma que o adesivo efetivamente cole cada componente à placa.

No caso da utilização de pasta de solda, após a placa sair do forno esta já está com os seus componentes SMD efetivamente soldados, mas ainda restam os componentes convencionais, estes serão inseridos e soldados manualmente, visto que esta placa não poderá passar pela máquina de solda de onda dupla, pois em geral os componentes SMD são colocados apenas em uma das faces, que é a chamada face de solda. No Apêndice A pode ser visto exemplos de *layouts* de placas de circuito impresso aonde este fato pode ser observado.

Para o caso em que os componentes SMD estão colados à placa através dos adesivos, estes sim poderão ser soldados na máquina de solda de onda dupla, assim, após sair do forno cada placa terá os seus componentes convencionais inseridos manualmente, e a soldagem será então feita na máquina de solda de onda dupla.



Figura 3 - Fotos de Setores de Montagem Eletrônica Convencional e SMD

Montagem Mecânica:

A montagem mecânica refere-se à colocação das placas de circuito impresso e de componentes externos à placa nas caixas plásticas de cada produto.

Testes e Acabamentos:

A etapa de testes é responsável por testar todos os produtos de forma a verificar em prática que estes estão funcionando dentro dos conformes. O acabamento refere-se aos últimos detalhes, que só precisam ser feitos após a etapa de testes e reparos. Exemplos destes detalhes são a colocação de etiquetas, a embalagem individual de cada peça, entre outros.

Despacho e Expedição:

Possui a responsabilidade de despachar os produtos finais para os clientes, representantes comerciais e ou para a filial da empresa.

2.3.A LINHA DE PRODUTOS

A linha de produtos comercializados pela TRON é bastante extensa e descrevê-la em sua totalidade está fora do escopo deste relatório. Portanto existem produtos que não pertencem a nenhum dos grupos aqui relacionados, e mesmo a descrição apresentada destes grupos não está de forma alguma completa, visto que cada um destes possui vários modelos e variações, diversificando cada linha de produtos de forma a atender a um maior número de aplicações.

O propósito desta seção é descrever apenas de forma geral as linhas de produtos da empresa que se relacionam com as atividades realizadas durante o estágio e que também são de grande importância comercial para a empresa.

2.3.1. RELÉS INDUSTRIAIS

A TRON possui três grandes linhas de relés, cada uma destinada a um grupo de aplicações, estas são: Tempo, Nível e Proteção. A diferença essencial entre os relés de linhas diferentes está na Lógica de Acionamento, ou seja, está nas condições que precisam ser atendidas para que cada um atue. Estas condições podem ser vistas como variáveis de entrada de cada relé, aonde o relé irá atuar dependendo delas.

Como exemplo, podemos citar um relé de Falta de Fase da linha de Proteção. Este relé irá atuar dependendo das condições das fases trifásicas de alimentação, caso algum problema ocorra com alguma destas fases, o relé irá perceber isso e irá modificar o estado dos seus

contatos de saída. Temos então que as variáveis de entrada deste relé são medições das fases trifásicas da alimentação.

2.3.1.1. RELÉS DE NÍVEL²



Figura 4 - Três Modelos de Relés de Nível: REL, REP e RES

Os relés de nível têm como variáveis de entrada o nível informado pelos seus Sensores, que no caso são Eletrodos. Esses eletrodos ficam com suas hastes metálicas submersas no líquido condutivo. Para a detecção de um nível são necessários dois eletrodos (duas hastes), uma das hastes, chamada de Eletrodo de Referência, é energizada com uma tensão alternada de aproximadamente 24Vca e a outra haste, chamada de Eletrodo Superior ou Inferior e que está próxima da haste de referência, serve para fechar o circuito através da condução de corrente elétrica que se dá pelo próprio líquido. A Figura 5 mostra um Sensor de Nível com três eletrodos (hastes), utilizável com os relés de nível da TRON, as hastes podem ter comprimentos diferentes, de forma a adequar o uso do sensor a diferentes situações.

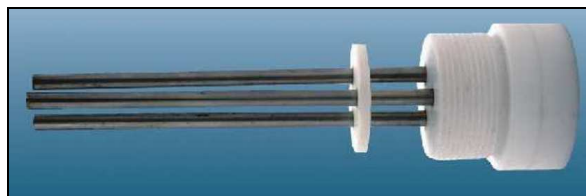


Figura 5 - Exemplo de um Sensor de Nível com Três Eletrodos (Hastes) Utilizável com os Relés de Nível

Quando isto acontece, temos que para o relé o líquido agora pode ser visto como uma simples resistência que foi adicionada ao seu circuito. Ele assim irá saber que o nível do reservatório já alcançou o nível que os eletrodos estão. Em outras palavras, se a impedância

² As informações desta seção foram retiradas das Fichas Técnica dos Relés da linha *Altronic®* de Nível que estão disponíveis no site da empresa: www.tron-ce.com.br

vista pelo relé for, relativa à sensibilidade ajustada, pequena, então existe líquido presente e o nível já atingiu o nível daqueles eletrodos, caso a impedância vista for, também relativa à sensibilidade ajustada, grande, então quer dizer que os eletrodos estão em vazio e não há líquido para fechar o circuito.

O ajuste de sensibilidade serve para adequar o relé para uso em diferentes tipos de líquido, cada um com uma condutividade diferente. Todos os modelos possuem esse ajuste de sensibilidade que vai de 0 a 100 k Ω para a grande maioria. Este ajuste é feito na parte frontal do aparelho e pode ser visto na Figura 4.

No caso do Controle a Dois Níveis, como mostrado na Figura 7, é necessário três eletrodos, o Eletrodo Superior (ES), que aponta o Nível Máximo, o Eletrodo Inferior (EI), que aponta o Nível Mínimo e o Eletrodo de Referência (ER), que deve estar em um nível mais baixo do que os outros dois eletrodos. Temos então a detecção de dois níveis, o Nível Superior e o Inferior, e de acordo com o estado destes dois níveis o Relé de Nível irá alterar o estado dos seus contatos de saída.

Em aplicações simples, os objetivos dos Relés de Nível podem ser resumidos em dois:

1. **Proteger a Bomba**, evitando que esta trabalhe em vazio, em caso o reservatório do qual a bomba está retirando o líquido esteja vazio.
2. **Impedir o Transbordamento** do reservatório para o qual a bomba está injetando líquido.

Para atender a essas duas situações, a grande maioria dos modelos de Relés de Nível possui dois tipos de funcionamento, o Tipo 01 e o Tipo 03. O Tipo 01 é para realizar o Controle de Nível Inferior, que no exemplo acima tem a função de proteger a bomba. Já o Tipo 03 é para realizar o Controle de Nível Superior, que seria utilizado para o segundo objetivo, impedir o transbordamento.

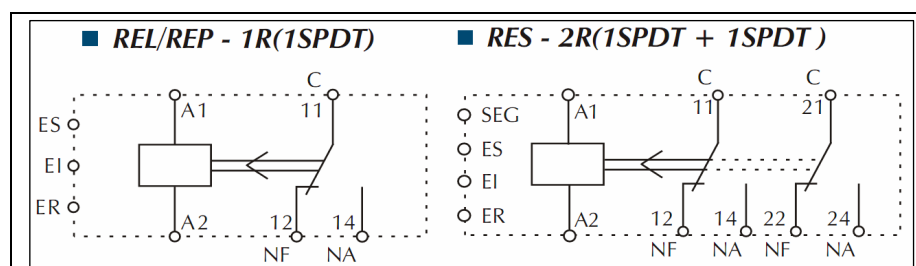


Figura 6 - Esquemas de Ligação dos Relés de Nível REL/REP e RES

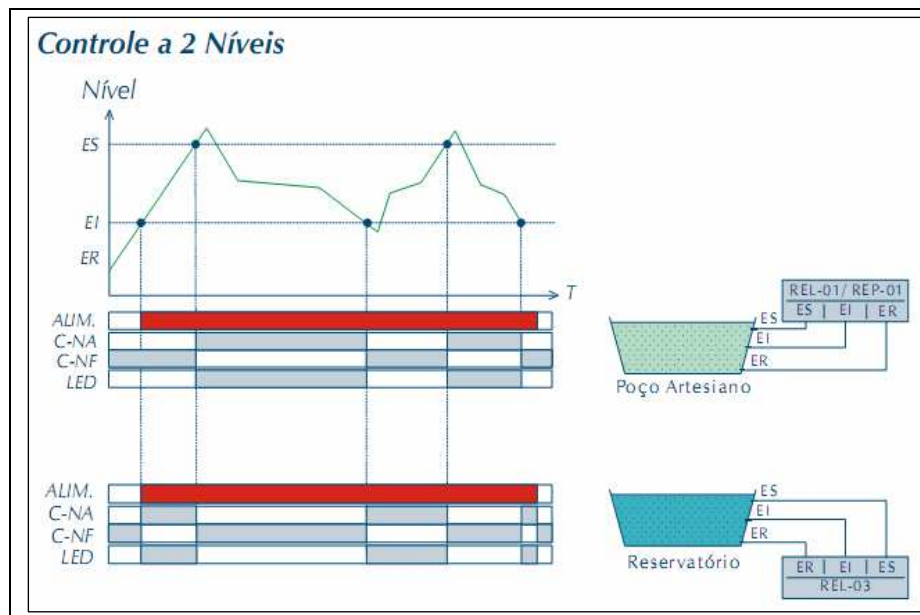


Figura 7 - Diagrama Temporal Ilustrando o Funcionamento dos Modelos REL/REP Tipo 01 e 03

2.3.1.2. RELÉS DE PROTEÇÃO³



Figura 8 - Quatro Modelos de Relés de Proteção: RSF, FSN, FFS e FIF

Como dito anteriormente, os relés de proteção possuem como variáveis de entrada as condições e parâmetros da rede de alimentação, tais como: seqüência de fases, tensão entre fase e neutro, tensão entre fases, e etc. Normalmente um relé de proteção terá o(s) relé(s) de saída acionados quando as condições da rede de alimentação estiverem aceitáveis e esta mudança de estado do(s) relé(s) de saída pode ser feita com atraso em alguns modelos.

Existem diversos modelos na linha de relés de proteção e cada um destes monitora um ou mais parâmetros da rede de alimentação. Os tipos de falhas que podem ser detectadas são as seguintes:

³ As informações desta seção foram retiradas das Fichas Técnica dos Relés da linha *Altronic®* de Proteção que estão disponíveis no site da empresa: www.tron-ce.com.br

Falta de Fase ou Neutro: basicamente o relé de saída é comutado (NA ativo) apenas quando todas as três fases e o neutro estão presentes. Caso contrário o relé de saída não é acionado (NF ativo). O diagrama da Figura 9 ilustra esta função.

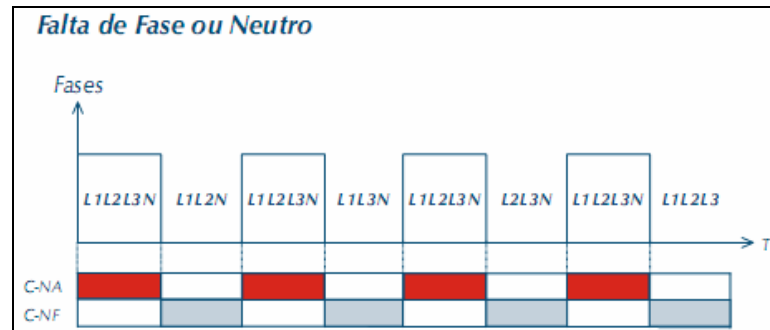


Figura 9 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Falta de Fase ou Neutro de um Relé de Proteção

Seqüência de Fase: o relé de saída irá ser comutado quando as fases L1, L2 e L3 estão defasadas entre si de 120 graus nesta ordem ou seqüência. Caso isto não ocorra, o relé de saída não será acionado. A Figura 10 ilustra esta função.

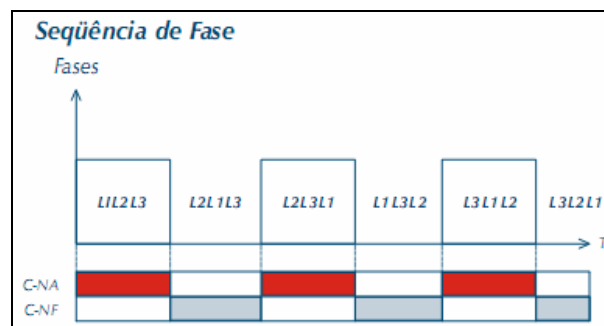


Figura 10 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Seqüência de Fase Incorreta de um Relé de Proteção

Assimetria Modular: o relé de saída irá ser acionado somente apenas quando a diferença das tensões entre fases for menor do que um valor máximo escolhido. A Figura 11 ilustra esta função.

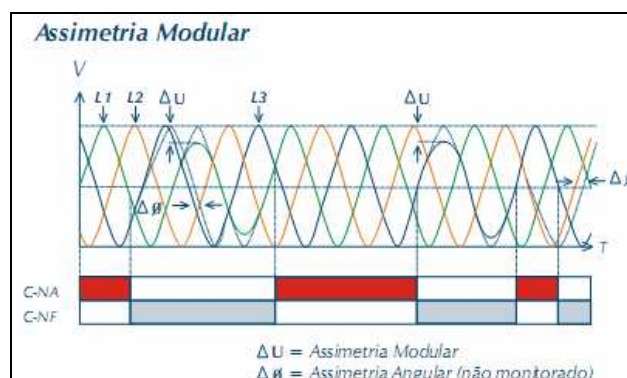


Figura 11 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Assimetria Modular de um Relé de Proteção

Sub-Tensão e Sobre-Tensão: o relé de saída irá ser acionado quando a tensão de alimentação estiver dentro dos limites de valor máximo positivo e valor mínimo negativo. Esta tensão pode ser alternada ou contínua. A Figura 12 ilustra esta função.

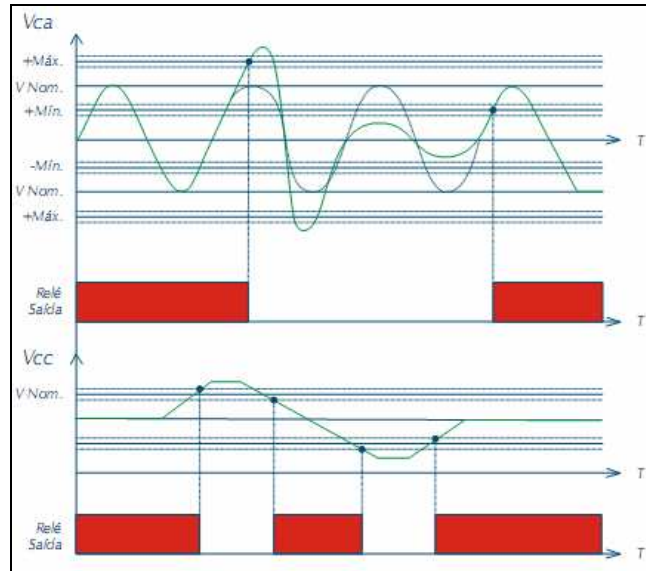


Figura 12 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Sub-Tensão e Sobre-Tensão de um Relé de Proteção

Desvio de Frequência: o relé de saída irá ser acionado apenas quando a frequência de alimentação estiver dentro de uma faixa de tolerância ($\pm 5\%$ ou $\pm 10\%$) do valor nominal (60Hz). A Figura 13 ilustra esta função.

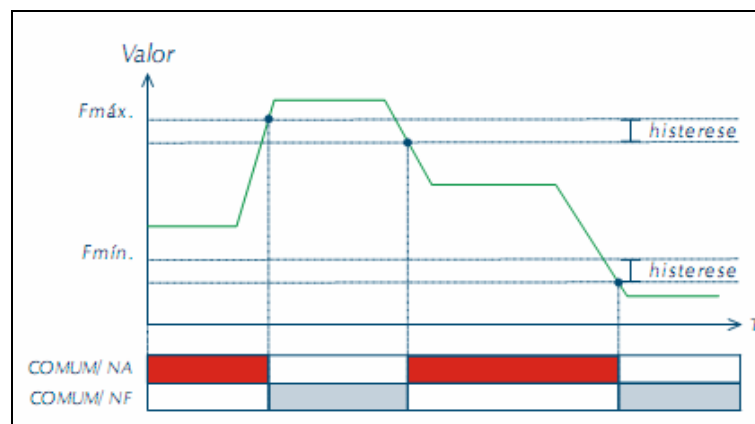


Figura 13 - Diagrama Ilustrativo da Ação Contra Desvio de Frequência de um Relé de Proteção

2.3.1.3. RELÉS DE TEMPO⁴



Figura 14 - Exemplos de Relés de Tempo - TCS e TEI

As variáveis de entrada dos relés de tempo podem ser vistas como sendo os instantes em que certos eventos ocorrem, tais como: o instante em que o aparelho é energizado e o instante em que é desenergizado. Essencialmente esses relés irão executar uma ou mais funções de tempo com referência a algum destes instantes citados. Um mesmo aparelho pode ter mais que um relé de saída, e a cada um destes pode ser associado uma função de tempo. As principais funções de tempo são estas:

Retardo na Energização: a partir do instante em que o aparelho é energizado, será contado um tempo pré-selecionado após o qual o relé de saída é acionado, e permanecerá acionado até que o aparelho seja desenergizado. A Figura 15 ilustra esta função.



Figura 15 - Diagrama Ilustrativo da Função Retardo na Energização dos Relés de Tempo

Retardo na Desenergização: ao ser energizado, o aparelho aciona o relé de saída imediatamente, a partir do instante em que o aparelho é desenergizado o relé de saída permanece acionado durante um intervalo de tempo pré-selecionado. A Figura 16 ilustra esta função.

⁴ As informações desta seção foram retiradas das Fichas Técnica dos Relés da linha Altronic® de Tempo que estão disponíveis no site da empresa: www.tron-ce.com.br

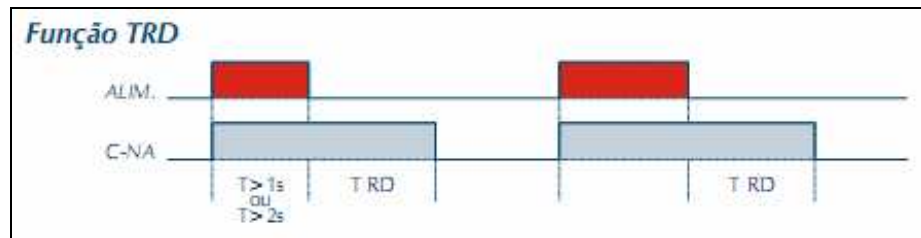


Figura 16 - Diagrama Ilustrativo da Função Retardo na Desenergização dos Relés de Tempo

Temporizado ao Repouso: ao ser energizado, o aparelho irá acionar o relé de saída imediatamente e irá iniciar a contagem do tempo. Passado o intervalo de tempo pré-selecionado, o aparelho deixará de acionar o relé de saída e este ficará em repouso até que um novo ciclo seja iniciado. A Figura 17 ilustra esta função.

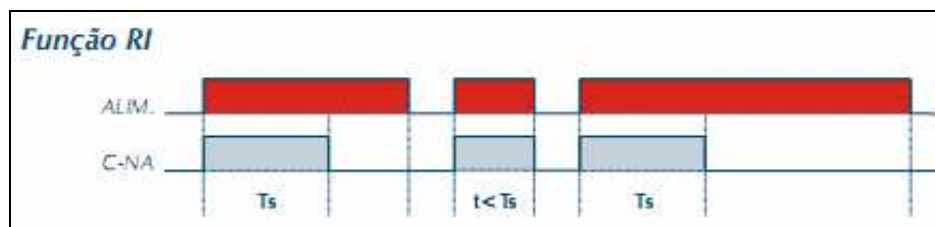


Figura 17 - Diagrama Ilustrativo da Função Temporizado ao Repouso dos Relés de Tempo

Função Instantânea: ao ser energizado, o aparelho irá acionar o relé de saída imediatamente e este permanecerá acionado até que o aparelho seja desenergizado. A Figura 18 ilustra esta função.

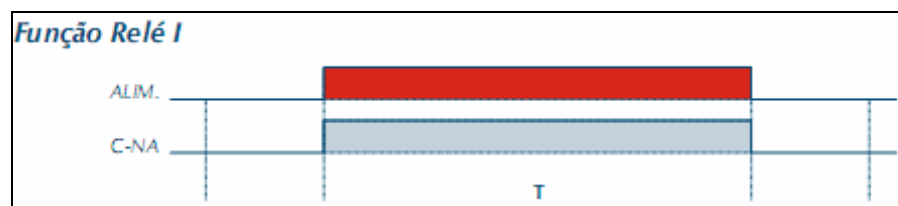


Figura 18 - Diagrama Ilustrativo da Função Instantânea dos Relés de Tempo

Partida de Motor Trifásico (Y-Δ): este modelo possui dois relés de saída, ao ser energizado, somente o relé de saída Y irá ser acionado, após um tempo pré-selecionado, este relé de saída ficará em repouso e então o relé de saída Δ será acionado. A Figura 19 ilustra este funcionamento.

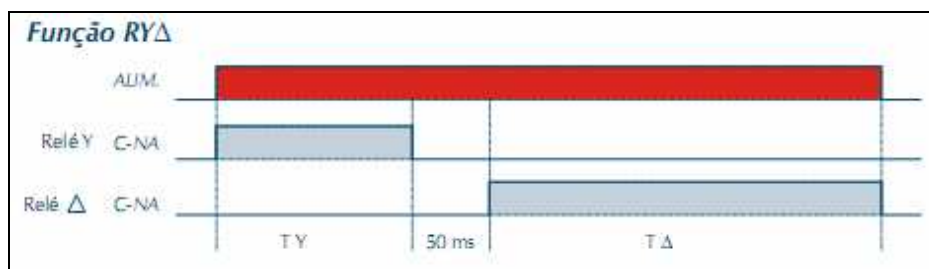


Figura 19 - Diagrama Ilustrativo da Função Partida de Motor Trifásico dos Relés de Tempo

2.3.2. CONTROLADORES DE TEMPERATURA⁵

Dentre todas as linhas de produtos da empresa, a linha de temperatura talvez seja aquela com uma maior diversidade de modelos. Além disto, cada modelo pode ter inúmeras variações. Porém, essencialmente, todos os controladores de temperatura são semelhantes e compartilham muitas características e recursos em comum.

Os vários modelos de controladores de temperatura podem ser usados em fornos a gás e a lenha, máquinas injetoras, máquinas de *hot-stamping*, estufas, fogões industriais, entre outras aplicações.

A Figura 20 ilustra um modelo de controlador de temperatura, em geral todos os controladores possuem uma interface semelhante a esta. Neste modelo pode ser visto dois *displays* com 4 dígitos cada, em operação normal o *display* vermelho é utilizado para mostrar a temperatura atual medida, enquanto que o *display* verde é utilizado para mostrar informações de tempo. Existem três *LEDs*: *OUT* (Relé de Saída ativada ou desativada), *ALM* (Saída de Alarme ativada ou desativada) e *PRG* (Em Programação). O teclado é composto de quatro teclas: uma tecla para programação e configuração, duas teclas para alteração de parâmetros e outra para escolher o *Set Point* a ser utilizado no controle.



Figura 20 - Exemplo de Controlador de Temperatura - CTM

⁵ As informações desta seção foram retiradas das Fichas Técnica dos Relés da linha *Altronic*® de Temperatura - incluindo as dos modelos CTM, CTE, CMO, entre outros - que estão disponíveis no site da empresa: www.tron-ce.com.br

A seguir será descrito os principais recursos de um controlador de temperatura da TRON, e a depender do modelo e de sua variação, o produto poderá ter mais ou menos recursos, e poderá ter também algum outro recurso não discutido aqui.

Leitura de Temperatura:

A leitura de temperatura pode ser feita utilizando três sensores diferentes:

- **Termopar tipo J** – para temperaturas entre 0 °C a 600 °C
- **Termopar tipo K** – para temperaturas entre 0 °C a 900 °C
- **PT-100** – para temperaturas entre -100 °C a 600 °C

Alguns modelos são capazes de utilizar qualquer um dos três sensores, desde que seja configurado corretamente, outros modelos aceitam apenas um tipo de sensor, que é determinado na fabricação.

Certos modelos também possuem entradas em corrente do tipo 4 a 20 mA, e podem exibir a temperatura informada por este sinal.

Controle de Temperatura:

Os tipos de controle utilizados são os seguintes:

- **Controle On-Off:** trata-se do tipo de controle mais simples, o relé de saída irá é ativado ou não a depender do valor de temperatura lido em relação ao *Set Point*. A Figura 21 ilustra este controle. O parâmetro de histerese pode ser configurado como desejado.
- **Controle Proporcional (P):** o sinal de saída será proporcional ao erro – diferença entre temperatura lida e *Set Point*. O sinal de saída pode ser em forma de tensão ou corrente e também poderá ser um PWM gerado pelo relé de saída.
- **Controle Proporcional, Diferencial e Integral (PID):** o sinal de saída será proporcional ao erro presente, proporcional à diferença entre o erro presente e o erro passado e proporcional à soma dos erros do passado até o presente. Assim como no controle P o sinal de saída pode ser em forma de tensão ou corrente e também em forma de PWM através do relé de saída.

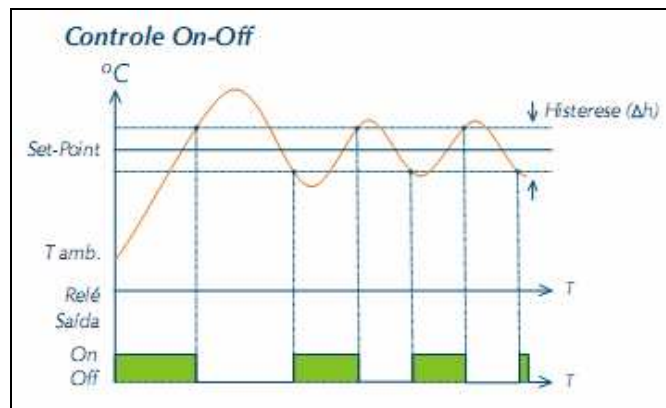


Figura 21 - Diagrama Ilustrativo do Controle On-Off de Temperatura

Saídas:

O tipo de saída mais comum e presente em todos os modelos é a saída através de relé. Vários modelos possuem mais que uma saída deste tipo, uma para uma finalidade específica.

Os outros tipos de saída são as saídas a tensão ou corrente, aonde se tem uma fonte de tensão ou corrente cujos valores possíveis estão entre uma faixa estabelecida, tais como 0 a 12 Vdc, 0 a 24Vdc e 4 a 20mA.

Entradas Auxiliares:

A entrada principal de todos os controladores de temperatura é a própria leitura da temperatura através dos sensores citados, porém, alguns modelos possuem entrada analógica em corrente ou tensão, e também entrada digital.

As entradas analógicas podem ser utilizadas para a própria leitura de temperatura através de outros equipamentos ou sensores.

As entradas digitais podem auxiliar na automação de alguma máquina ou forno, por exemplo, ela pode ser utilizada para indicar se a porta do forno está aberta ou fechada, e com essa informação o controlador pode tomar alguma ação a depender de sua programação.

Temporização de Processos:

Geralmente os processos a serem controlados e automatizados não precisam somente do controle de temperatura, mas precisam também de um controle de tempo. Por exemplo, na fabricação de pães, pode ser que um determinado tipo de massa tenha que ficar no forno por somente três minutos na temperatura controlada, o equipamento então pode ser utilizado para cronometrar este tempo e executar alguma ação ao final de forma a alertar.

Alarme Sonoro:

Alguns modelos possuem um relé de saída para alarme sonoro, outros possuem saídas de tensão com valores de 12Vdc ou 24Vdc. O controlador irá acionar o alarme sonoro a depender de como foi programado, pode-se escolher que o alarme seja acionado quando o tempo escolhido já passou, ou então quando a temperatura atingir o *Set Point* ou algum outro valor.

2.3.3. DOSADOR QUÍMICO E CONTROLADOR DE LAVANDERIA⁶

Um dos produtos mais complexo desenvolvido e comercializado pela empresa é a solução para lavanderias industriais chamada de *Dosimax Laundry Plus 1000*. A proposta desta solução é a de automatizar por completo os processos de lavagem de uma máquina de lavar industrial, desde a dosagem dos produtos químicos até o acionamento elétrico da máquina.

A solução é dividida em três módulos: Módulo de Bombas, Módulo de Controle e Módulo de Automação. A Figura 22 ilustra uma possível montagem da solução em uma lavanderia. Cada um destes módulos é descrito a seguir.

Módulo de Controle:

Trata-se do módulo principal da solução. Ele é o responsável por toda a lógica do sistema, e é ele quem controla os outros módulos. De um certo ponto de vista este módulo pode ser visto como um Controlador Lógico Programável de Uso Específico, aonde o usuário pode programar até 15 processos de lavagem cada um com até 12 etapas e cada etapa sendo capaz de utilizar até 4 produtos químicos.

Além disto ele implementa um sistema supervisorio que armazena todos os eventos ocorridos e informações de processo, tais como a quantidade de cada produto utilizada, a quantidade executada de cada processo, e etc. O acesso a todas estas informações pode ser feito na própria interface do aparelho ou então através de um *software* para PC que se comunica com o Módulo de Controle e recebe este conjunto de informações.

⁶ As informações desta seção foram retiradas do Manual de Usuário do Dosador e Controlador de Lavanderia Industrial *Dosimax Laundry®* e está disponível no site da empresa: www.tron-ce.com.br.

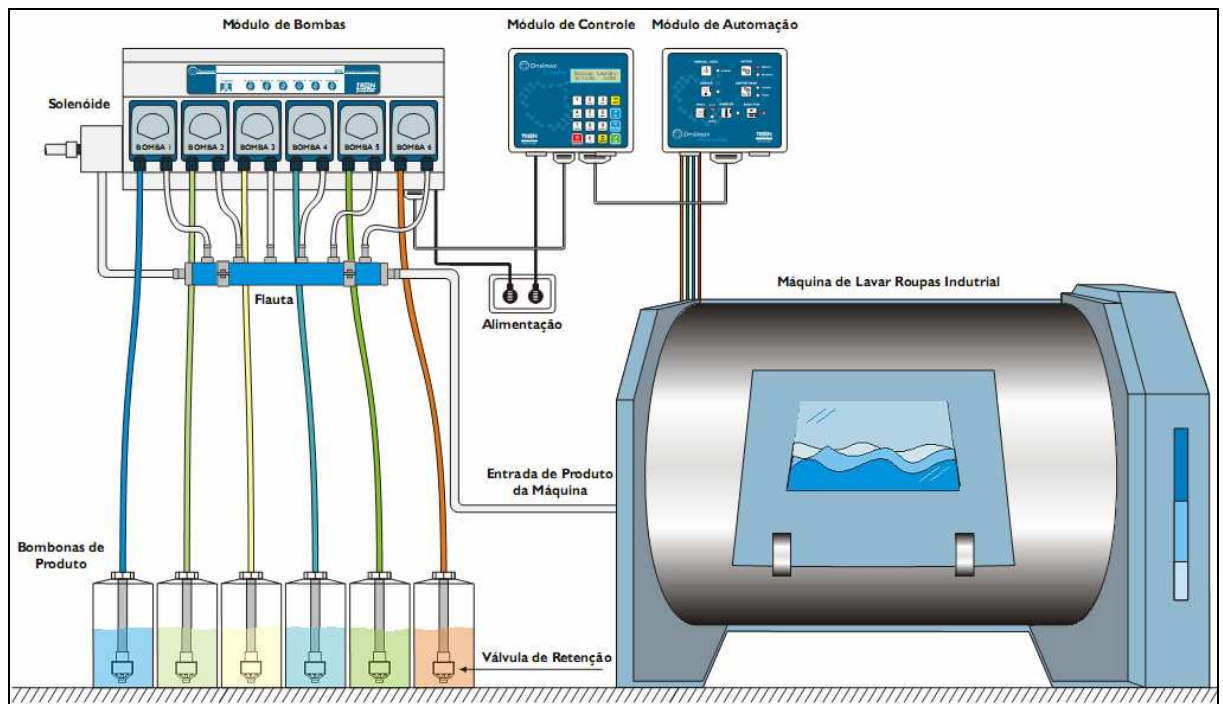


Figura 22 - Exemplo de Montagem do Dosador e Controlador de Lavanderia Dosimax Laundry Plus 1000

Módulo de Bombas:

Este módulo contém 6 bombas peristálticas a serem utilizadas para dosar 6 produtos químicos, em estado líquido, diferentes. Uma válvula tipo solenóide controla a entrada de água na máquina.

Módulo de Automação:

Este módulo pode ser visto como uma extensão do módulo de controle de forma a tornar possível o controle da máquina de lavar industrial, tais como acionar o motor elétrico e reverter o sentido de rotação deste, controlar o dreno da máquina, acionar a centrifuga e controlar a temperatura interna da máquina.

O módulo fornece também uma interface de teclas, para controle manual da máquina, e LEDs para indicação visual de certas informações.

Além dos módulos principais existem outros produtos complementares que fazem parte do conjunto de soluções para lavanderia. Por exemplo: conversor RS-232 / RS-485, conversor RS-485 / Wireless e Módulo GPRS.

3. O ESTÁGIO

3.1.OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo geral do estágio foi o de integrar o aluno ao setor de Engenharia de Desenvolvimento da empresa, tornando-o apto a realizar tarefas e projetos de responsabilidade do setor.

Objetivos Específicos

Os objetivos podem ser classificados em três áreas: *hardware*, *firmware* e integração com a empresa. As áreas de *hardware* e *firmware* referem-se aos conhecimentos técnicos de engenharia enquanto que a área de integração com a empresa refere-se à interação entre o aluno como colaborador e o restante da empresa.

- **Hardware:** adquirir conhecimentos técnicos relacionados à eletrônica, envolvendo soldagem de componentes e montagem de circuitos, análise de circuitos, desenhos de *layout* de placas de circuito impresso, entre outros.
- **Firmware:** adquirir conhecimentos técnicos de programação de micro-controlador, envolvendo técnicas e táticas de programação, depuração de *bugs* e o uso de ferramentas de desenvolvimento.
- **Integração com a empresa:** familiarizar-se com a empresa em si, com suas políticas, com sua cultura, com o seu organizacional e com os seus colaboradores.

3.2.METODOLOGIA

De forma a atingir os diversos objetivos específicos, as seguintes metodologias de trabalho foram utilizadas:

- Acompanhamento das diversas atividades da Engenharia de Desenvolvimento;
- Análise e estudo dos circuitos eletrônicos, placas de circuito impresso e códigos-fonte utilizados nos diversos produtos fabricados pela empresa;
- Participação em encontros e reuniões internas;
- Utilizar os conhecimentos adquiridos para o desenvolvimento de um equipamento de testes.

3.3. TAREFAS E PROJETOS REALIZADOS

Estão descritas a seguir as atividades e projetos realizados durante o estágio, dentre elas existiram três principais atividades, e estas são apresentadas em ordem cronológica da mais antiga para a mais recente. É importante observar que a experiência e conhecimentos adquiridos em uma tarefa foram utilizados nas tarefas seguintes.

3.3.1. *FIRMWARE* PARA LEITURA E EXIBIÇÃO DE TEMPERATURA

O objetivo principal desta tarefa foi o de trazer ao conhecimento do aluno várias técnicas e estratégias de programação comumente utilizadas em *firmwares* de diversos produtos da empresa, assim também como familiarizá-lo com as ferramentas de desenvolvimento de *firmware* utilizadas.

Para isso, foi utilizado o *hardware* completo de um dos modelos da linha de Controladores de Temperatura. Este *hardware* dispunha de dois *displays* de 7 segmentos - um com quatro dígitos e outro com três dígitos - quatro *LEDs*, quatro teclas, a eletrônica analógica para leitura de temperatura através de um termopar tipo J e um micro-controlador PIC 16F913.

As seguintes técnicas e conceitos foram utilizados nesta tarefa:

Multiplexação de *Displays*, *LEDs* e Teclas:

Um dos desafios no desenvolvimento de um sistema micro-controlado é o da utilização eficiente dos pinos de Entrada e Saída (I/O), visto que é através destes pinos que o micro-controlador irá interagir com o mundo externo.

Geralmente nos micro-controladores estes pinos de I/O podem ser configurados para diferentes usos tais como: entrada digital, saída digital, entrada analógica, e saídas ou entradas de periféricos diversos de cada micro-controlador. Muitas aplicações necessitam apenas de pinos de I/O funcionando no modo digital, isto é suficiente para várias tarefas tais como: o acionamento de *LEDs* e *displays*, o acionamento de relés, realizar leituras de chaves e botões, interação com outros circuitos integrados digitais, entre outras.

O que fazer então quando o conjunto total de tarefas necessita de um número maior de pinos de I/O? Uma das soluções seria a utilização de um micro-controlador com mais pinos de I/O, e a depender do caso esta pode ser a única solução, porém, a depender da natureza das tarefas em questão, é possível compartilhar vários pinos de I/O entre estas várias tarefas, reduzindo assim o número total de pinos de I/O necessários.

Isto é possível porque existem tarefas que não necessitam do uso dos pinos de I/O ininterruptamente, elas precisam apenas usar estes pinos durante um breve intervalo de tempo em um dado período. Por exemplo, um determinado LED não precisa estar acionado ininterruptamente para que o olho humano interprete-o como estando aceso, basta apenas que este LED permaneça ativado durante um breve intervalo de tempo, periodicamente e com um período suficientemente pequeno de forma que o olho humano não consiga perceber a intermitência de operação. O resultado é que apesar de o brilho percebido pelo olho humano ser menor do que no acionamento contínuo, ainda assim o LED será interpretado como estando aceso, e é este resultado que interessa. A multiplexação dos pinos de I/O explora então este resultado para compartilhar o uso dos pinos de I/O entre tarefas em que este resultado mesmo também aconteça.

Um exemplo possível para realizar a multiplexação de *displays* de 7 segmentos é mostrado na Figura 23 ⁷. Cada *display* forma um dígito que possui 7 LEDs com ligação independente para cada um dos ânodos e com os cátodos ligados em comum. Os ânodos de cada um dos segmentos de todos os *displays* são ligados a um mesmo pino de saída digital do micro-controlador, formando o conjunto de sinais de A a G. O cátodo de cada um dos *displays* pode ser ligado ao terra do circuito através do acionamento do transistor correspondente. Estes transistores operam como chaves e são acionados por cada um dos sinais de saída digital do micro-controlador. Assim é possível acionar apenas um *display* por vez, acionando apenas o transistor correspondente e deixando os outros transistores em aberto.

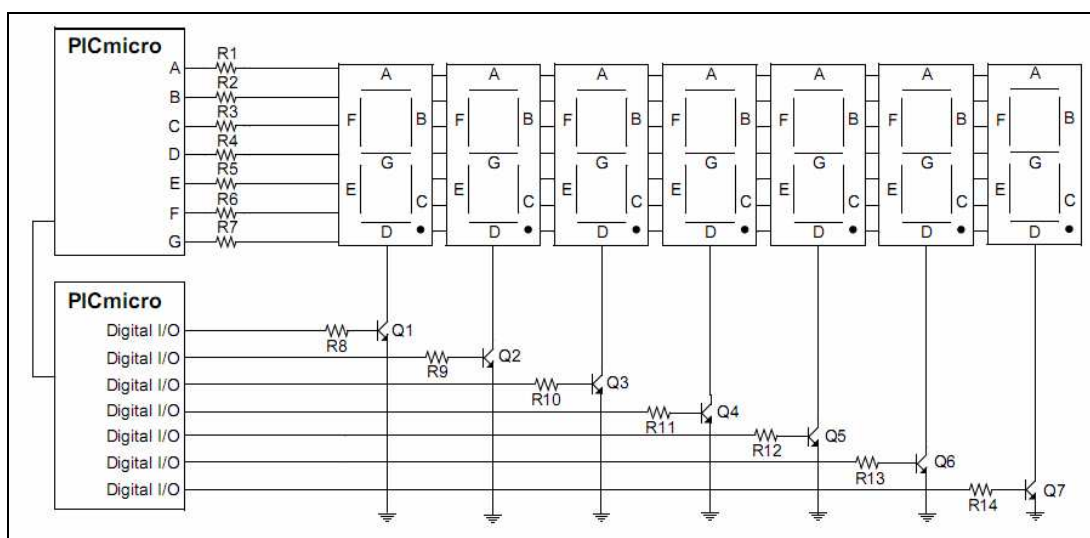


Figura 23 - Exemplo de Multiplexação de Displays de 7 Segmentos

⁷ JULICHER, J. - Microchip Technology Inc. – Application Note: Hardware Techniques for PICmicro Microcontrollers, Referência: DS00234A, 2003

O *hardware* do controlador de temperatura que foi utilizado dispunha de um esquema de multiplexação que utiliza estes mesmos princípios e técnicas para multiplexar todos os *displays* de 7 segmentos, os quatro *LEDs* e as quatro teclas, todos compartilhando entre si vários pinos de I/O.

Foi implementada então pelo aluno toda a lógica necessária para a realização da multiplexação de todas estas tarefas.

Leitura da Temperatura e Ajuste de Leitura:

O *hardware* utilizado possui a eletrônica analógica para condicionar o sinal vindo de um termopar tipo J para que este seja digitalizado pelo conversor A/D do micro-controlador. O conversor A/D do PIC utilizado é de 10 bits e a faixa de leitura dele era de 0V a 5V, assim o condicionador de sinal deve adequar o sinal de tensão vindo do termopar para esta faixa de leitura.

Além desta leitura, também é necessário saber a temperatura ambiente, pois somente com estas duas informações pode-se calcular a temperatura de interesse. A temperatura ambiente é calculada a partir da variação com a temperatura da queda de tensão de um diodo em condução.

A informação obtida através do conversor A/D deve ser ajustada antes da realização dos cálculos. As funções em C do *firmware* dos controladores de temperatura foram então analisadas, entendidas e utilizadas nesta tarefa, visto que estas são resultados de um esforço considerável e o desenvolvimento de novas funções está além dos propósitos desta tarefa.

Calibração da Leitura de Temperatura:

Os componentes que formam os circuitos eletrônicos de condicionamento do sinal do termopar e do diodo para a medição da temperatura possuem cada um variações no valor nominal, e portanto a leitura do conversor A/D do micro-controlador não será a mesma em diferentes peças de um mesmo aparelho. Cada aparelho poderia então ser calibrado analogicamente, através do ajuste de potenciômetros exclusivos para isto.

Porém, outra forma de calibrar cada peça é excitando a entrada de condicionamento para o termopar com um sinal conhecido e preciso, simulando a presença de um termopar tipo J à uma temperatura bem conhecida, e armazenando a palavra digital internamente em uma memória não-volátil do micro-controlador. O mesmo é feito para a calibração da leitura do sinal do diodo, a palavra digital é armazenada, e a temperatura ambiente medida com um termômetro preciso é informada. Estas informações de calibração são armazenadas na

memória EEPROM interna do micro-controlador, e só é necessário realizar uma única vez, o que é feito na fábrica.

O sinal que irá excitar a entrada de condicionamento do termopar é gerado por um calibrador de temperatura, que irá produzir sinais de tensão referentes a cada temperatura escolhida, de acordo com o tipo de sensor, que neste caso é um termopar tipo J.

Interrupções e Medição do Tempo:

Em diversas tarefas e módulos de *firmware* é necessária a realização de medição do tempo. Para isto o *firmware* deve utilizar os *Timers* do micro-controlador, que são periféricos feitos para este propósito.

Além da medição do tempo, existem tarefas que precisam ser executadas periodicamente e sem serem interrompidas. Estas tarefas podem ser classificadas como sendo de tempo real, ou seja, são tarefas que precisam cumprir com prazos de execução, *deadlines*, para que sucedam em seus objetivos.

Como exemplo de uma tarefa de tempo real, temos a multiplexação descrita acima. É muito importante para os *displays*, *LEDs* e teclas que a multiplexação cumpra com os intervalos de tempo necessários para o funcionamento correto destes. Caso por exemplo, a multiplexação falhe, é possível que o usuário do equipamento pressione uma tecla e o *firmware* não consiga perceber que este evento ocorreu.

3.3.2. ANÁLISE DE FIRMWARE DO CONTROLADOR E DOSADOR DE LAVANDERIA

O Controlador e Dosador de Lavanderia é um dos produtos mais complexos, do um ponto de vista técnico, da linha de produtos da TRON. Como uma consequência natural da complexidade de tarefas que esta solução realiza, o seu *firmware* é o maior e mais complexo dentre todos os outros *firmwares* das outras soluções micro-controladas da linha de produtos da empresa.

Um dos objetivos desta tarefa foi o mesmo da tarefa anterior: trazer ao conhecimento do aluno técnicas e conceitos utilizados nos *firmwares* dos produtos micro-controlados, naturalmente devido à sua complexidade, o *firmware* analisado nesta tarefa utiliza técnicas e conceitos não utilizados nos mais simples.

Em adição ao conjunto de técnicas e conceitos citados anteriormente, o *firmware* em questão faz também o uso das seguintes técnicas e conceitos:

Teclado em Matriz:

O Dosador e Controlador de Lavanderia possui ao todo 16 teclas para interface com o usuário. De forma a utilizar eficientemente os pinos de I/O do micro-controlador, pode-se fazer uma ligação em forma de matriz entre as teclas e os pinos de I/O. Uma matriz com 16 teclas necessita apenas 8 pinos de I/O digital. O princípio de funcionamento assemelha-se ao da multiplexação descrita na seção anterior, pois apenas um grupo de quatro teclas pode ser detectado por vez. O *firmware* é responsável então por fazer uma varredura grupo a grupo para conseguir detectar algum evento de pressionamento de teclas. Como esta varredura é feita muito rapidamente, o tempo em que o usuário passa pressionando a tecla, por exemplo, 200ms, já é mais do que o suficiente para que o *firmware* consiga interpretar com sucesso o evento.

Driver de Interação com Controlador de LCD:

O *display* LCD utilizado no Dosador e Controlador de Lavanderia é um *display* a base de caracteres que possui duas linhas com dezesseis caracteres cada. O *display* possui um controlador HD44780 que é responsável por gerar os sinais elétricos adequados para a formação da imagem no LCD. Para cada posição de caractere do *display* o controlador possui uma posição de memória local de 8 bits que representa unicamente cada símbolo. Tudo o que o micro-controlador precisa fazer é se comunicar com o controlador do *display* e informar a este quais símbolos devem ser exibidos em cada posição.

Para isto é implementado um *driver* no *firmware* que é responsável por fazer toda a comunicação com o controlador do *display*. Este *driver* fornece então funções fáceis de serem usadas por outros módulos do *firmware*. Assim, sempre que algum módulo do *firmware* precisa exibir alguma mensagem na tela do *display* LCD ele simplesmente utiliza as funções do *driver* para informar o que deve ser escrito, a partir daí o *driver* se responsabiliza por transmitir esta mensagem ao controlador do *display* e este se responsabiliza por gerar o conjunto de sinais elétricos responsáveis para a formação da imagem.

Sinalização Sonora Através de um Buzzer:

É bastante comum na automação industrial a utilização de alarmes e sinalizadores sonoros que auxiliam os operadores em diversas tarefas. O Dosador e Controlador de Lavanderia possui um *buzzer* interno próprio para esta finalidade. Este *buzzer* é controlado pelo micro-controlador, portanto o *firmware* é capaz de emitir um conjunto de padrões de alarmes e sinalizações.

É necessária então uma lógica de acionamento do *buzzer*, de forma a temporizar corretamente este acionamento a fim de obter os padrões sonoros necessários. Além disto, é importante gerenciar a forma como os outros módulos do *firmware* interagem com o módulo de controle do *buzzer*. Isto é feito a partir de funções em C, que são usadas por esses módulos para iniciar um dos tipos de alarmes ou sinalizações que este deseja emitir.

Comunicação RS-485 com Protocolo MODBUS:

O Dosador e Controlador de Lavanderia utiliza o padrão RS-485 para se comunicar com equipamentos externos. Esta comunicação é feita de forma *half-duplex*, o que significa que nenhum nó da rede pode transmitir e receber dados ao mesmo tempo.

Como se trata de uma rede com múltiplos nós e com apenas um canal de transmissão, todos os nós podem receber informações simultaneamente, mas apenas um pode transmitir. Assim é necessário uma forma de controlar qual dos nós tem o direito de transmissão. É adotado então o modelo Mestre/Escravo, aonde apenas um dos nós é o mestre e o restante dos nós são escravos, o mestre detém o direito de transmissão, e um escravo só irá transmitir quando o mestre solicitar.

O protocolo MODBUS utiliza este modelo Mestre/Escravo, e cada escravo possui uma Identidade MODBUS, que o identifica unicamente na rede. A essência do funcionamento do protocolo MODBUS está nas Tabelas de Registros e nas Funções-MODBUS. Cada escravo possui a sua Tabela de Registros, e esta contém informações que se deseja transmitir e também irá armazenar informações recebidas do mestre. Toda interação acontece através das Funções-MODBUS, que essencialmente são funções de escrita e leitura a serem realizadas na Tabela de Registros de algum dos escravos.

Em uma mesma lavanderia podem existir vários Dosadores da TRON, uma para cada máquina de lavar industrial, estes são configurados então sempre como escravos na rede MODBUS, e cada um deles possui uma única Identidade MODBUS. O mestre desta rede geralmente é um computador PC, que irá periodicamente e coordenadamente coletar as informações dos vários Dosadores – através das Funções-MODBUS de leitura – e também poderá alterar configurações destes Dosadores – através das Funções-MODBUS de escrita.

Comunicação I2C com Memória Externa:

Apesar de o micro-controlador utilizado no Dosador e Controlador de Lavanderia possuir memória EEPROM interna, esta não possui capacidade suficiente para armazenar a grande quantidade de ocorrências e eventos que precisam ser registrados. Desta forma é utilizada uma memória EEPROM externa para atender a essa necessidade.

A comunicação entre a Memória Externa e o micro-controlador é feita utilizando o padrão I2C. Para tal, o *firmware* utiliza o próprio periférico interno de comunicação I2C.

Interação com um *Real-Time Clock* Externo:

Todos os registros feitos pelo Dosador e Controlador de Lavanderia precisam conter as informações de data e hora. Para tal é utilizado um circuito integrado externo que implementa um relógio de tempo real – *Real-Time Clock* (RTC) – e que é alimentado por uma bateria quando o equipamento está desligado da rede elétrica.

Desta forma, só é necessário ajustar a data e hora do equipamento uma única vez, e a partir de então o *firmware* irá ler do RTC estas informações sempre que for preciso.

Máquinas de Estados:

Uma técnica muito importante e amplamente utilizada nos diversos *firmwares* dos produtos micro-controlados é a criação de Máquinas de Estados, que tem como objetivos atingir uma melhor organização na execução do código e tornar mais fácil e confortável para o programador a implementação da lógica de alguma tarefa em questão.

Essencialmente tem-se a Variável de Estado, que armazena o estado atual da Máquina de Estados, e a lista de estados possíveis, aonde cada um destes estados representa um momento ou situação de parte do sistema que são passíveis de acontecer.

Por exemplo, no *firmware* de um telefone celular moderno pode-se criar uma máquina de estados relacionada com o estado da comunicação com a operadora, os estados possíveis podem ser estes:

- **Sem Sinal** – *Procurando por Operadora*;
- **Sinal Estável** – *Aguardando Eventos*;
- **Ligação em Andamento** – *Transmitindo Informações de Voz*.

Em cada um dos estados possíveis uma determinada tarefa é executada, ficando fácil de separar e organizar as diversas funções e tarefas do *firmware*.

A Figura 24 ilustra as diversas transições entre os diversos estados possíveis de uma das máquinas de estados do *firmware* do Dosador e Controlador de Lavanderia. Em cada um destes estados uma certa tarefa é executada, percebe-se então a complexidade lógica que o *firmware* em questão possui, tornando necessário o uso de técnicas de organização lógica e funcional.

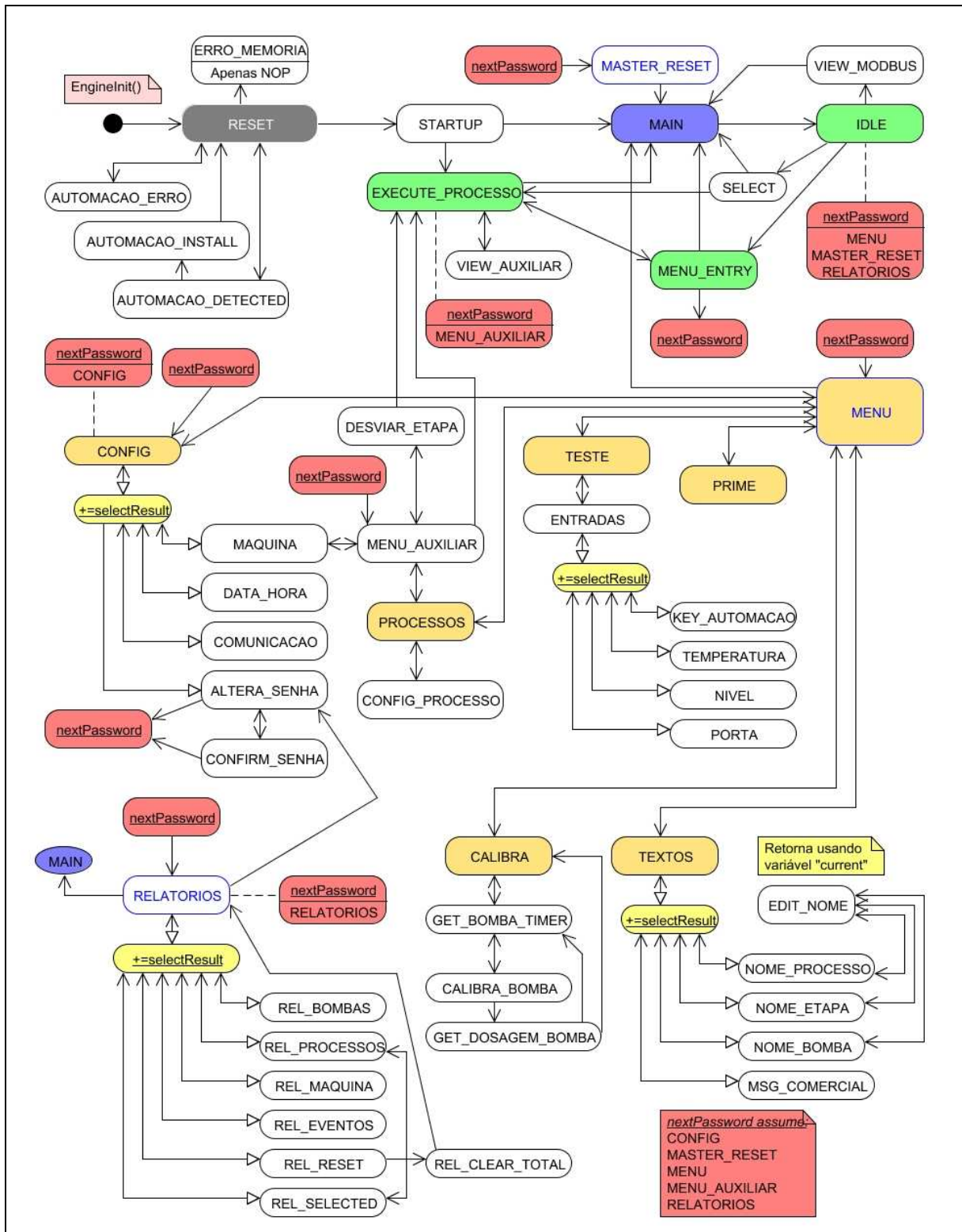


Figura 24 - Transições de Estados da Máquina de Estados Principal do Firmware do Dosador e Controlador de Lavanderia

3.3.3. SISTEMA DE TESTES MICRO-CONTROLADO PARA RELÉS INDUSTRIAIS

3.3.3.1. OBJETIVOS E CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Como foi dito, uma das etapas finais na fabricação de qualquer produto produzido pela TRON é a etapa de testes, aonde o produto acabado será posto em funcionamento para então ser verificado se este está funcionando dentro dos conformes. Esses testes são realizados com o auxílio de aparelhos chamados na empresa de *Jigas*. Estas *Jigas* são desenvolvidas na própria empresa, pois se tratam de aparelhos bastante específicos.

Em sua maior parte, essas *Jigas* são aparelhos simples, compostos muitas vezes apenas de elementos passivos como chaves, potenciômetros, entre outros, e que são capazes de testar em média apenas duas peças por vez. A única exceção, antes do projeto desenvolvido, era a *Jiga de Tempo*, feita para testar os Relés de Tempo e que possui um computador PC como elemento principal.

Existe uma grande demanda por novas *Jigas*, capazes de testar de forma automática várias peças de uma mesma linha ao mesmo tempo, trazendo mais produtividade e confiabilidade ao processo. Foi então atribuída ao aluno a tarefa de desenvolver uma nova *Jiga*, que seria capaz de testar os Relés da Linha de Nível, chamada então de *Jiga de Nível*.

O desenvolvimento deste projeto iniciou-se a partir da análise dos requisitos iniciais passados pela empresa. Destes requisitos determinaram-se as especificações para então desenvolver os módulos de *hardware* e softwares necessários a atender estes requisitos. O Fluxo de Trabalho utilizado está ilustrado na Figura 25.

Em essência, o objetivo da *Jiga de Nível* é verificar se os contatos de saída das peças estão comutando de acordo com o estado dos eletrodos de entrada e informar os resultados do teste ao operador. Para tal ela deve ser capaz de realizar as seguintes funções básicas:

- Estimular a entrada das peças, simulando o funcionamento dos eletrodos em uma aplicação real.
- Observar o estado dos contatos de saída das peças, para então julgar se estas estão operando de acordo com o esperado.
- Interagir com o operador: recebendo comandos e informando resultados.

Tudo o que foi desenvolvido tem como objetivo realizar estas três funções básicas de forma que os critérios e requisitos iniciais sejam atendidos.

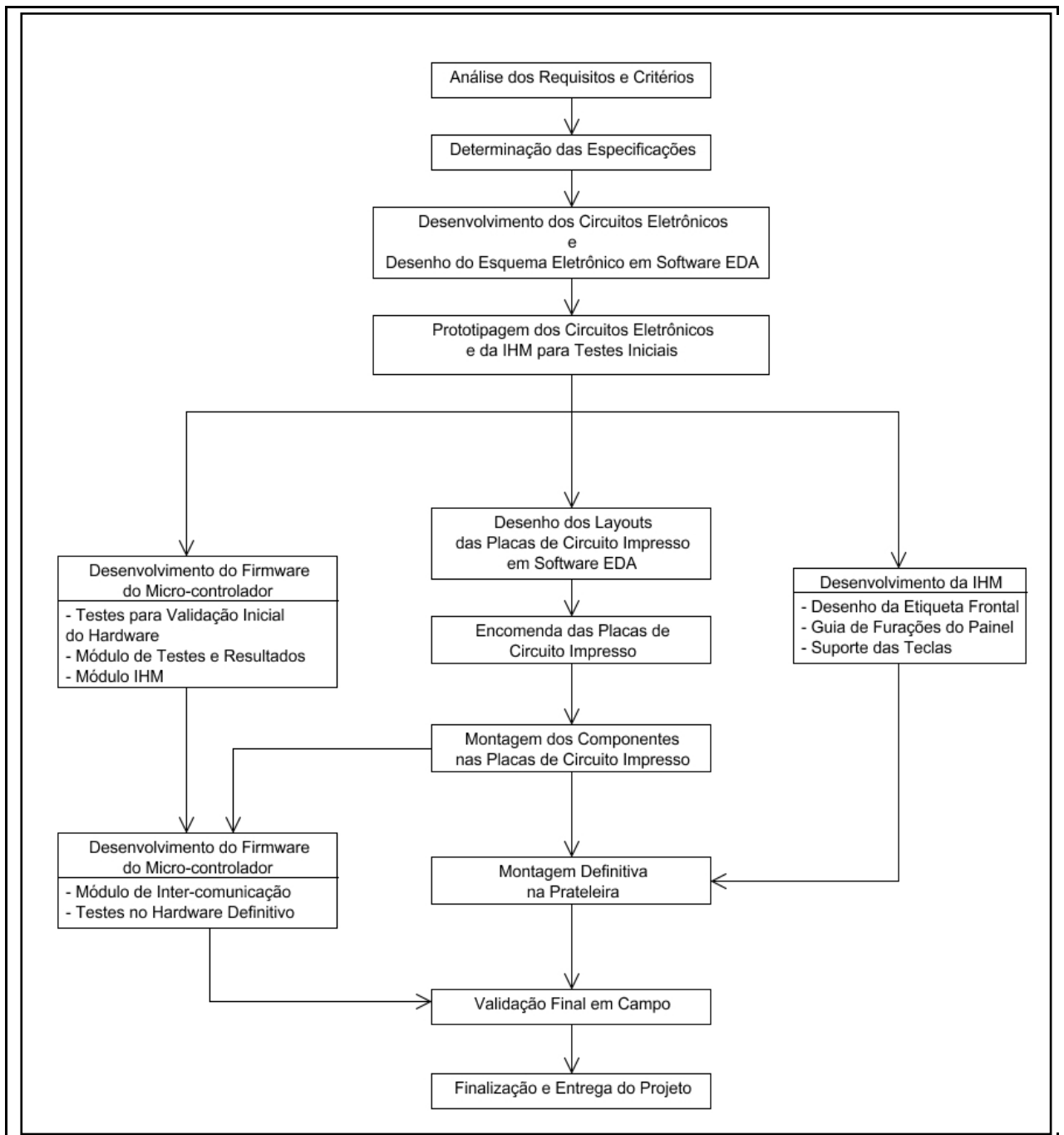


Figura 25 - Fluxo de Trabalho do Desenvolvimento do Sistema de Testes

3.3.3.2. CRITÉRIOS E REQUISITOS INICIAIS

Os seguintes Critérios e Requisitos iniciais foram estabelecidos antes do início do projeto:

1. Cada *Jiga de Nível* deverá ser capaz de testar oito peças simultaneamente.
2. O *hardware*, e quando possível o *firmware*, deverá atender às necessidades de teste dos diferentes modelos de relés de nível, apenas com alterações nas conexões elétricas externas.
3. Cada *Jiga* funcionará independente das outras, ou funcionar em conjunto quando desejado, aumentando a capacidade simultânea de testes para além de oito peças.

4. O Projeto será desenvolvido de tal maneira que permita a utilização do que foi desenvolvido para o desenvolvimento de *jigas* para outras linhas de relés.
5. A *Jiga* deverá estar preparada para o teste de possíveis relés com defeitos graves de fabricação sem comprometer, ou ao menos comprometendo parcialmente, o *hardware*.
6. Os módulos deverão ser montados em uma das estantes de aço utilizadas pela empresa para a montagem de *Jigas*. E o interior de cada prateleira desta estante deverá comportar três módulos de forma que cada prateleira seja responsável pelo teste de 24 Relés.
7. A Interface Humano Máquina da *Jiga* deverá proporcionar produtividade e facilidade de operação.
8. Todo o desenvolvimento do projeto deverá ser bem documentado, com notas de projeto, guias e manuais de operação e montagem.
9. Pelo fato de as *Jigas* serem aparelhos para uso interno e que não serão produzidos em grande volume, o custo não é uma grande preocupação, mas devem-se utilizar componentes e materiais já disponíveis pela empresa..
10. Fazer uso eficiente dos pinos de I/O do Micro-controlador, e fornecer na placa de circuito impresso o fácil acesso aos pinos não utilizados.
11. A *Jiga de Nível* deverá ser capaz de testar as peças em três sensibilidades diferentes: MÍNIMA, MÉDIA e MÁXIMA.

3.3.3.3. MÓDULOS DE *HARDWARE*

Os módulos de *hardware* são implementados em duas placas de circuito impresso, uma chamada de Placa Mãe e a outra chamada de Placa Filha de Nível. Na Placa Mãe são implementados os módulos que também poderão ser usados na construção de *jigas* para relés de outras linhas, enquanto que na Placa Filha de Nível são implementados aqueles que são necessários apenas para a linha de nível. Desta forma, a Placa Mãe está preparada e pronta para ser utilizada em outras *jigas*, sendo necessário o desenvolvimento apenas de uma Placa Filha específica para as outras linhas de relés.

A Figura 26 ilustra os vários módulos de *hardware* e em quais placas cada um está implementado, no Anexo A estão representações dos *layouts* desenvolvidos para as duas placas. Em seguida é feita uma descrição sucinta de cada um destes módulos.

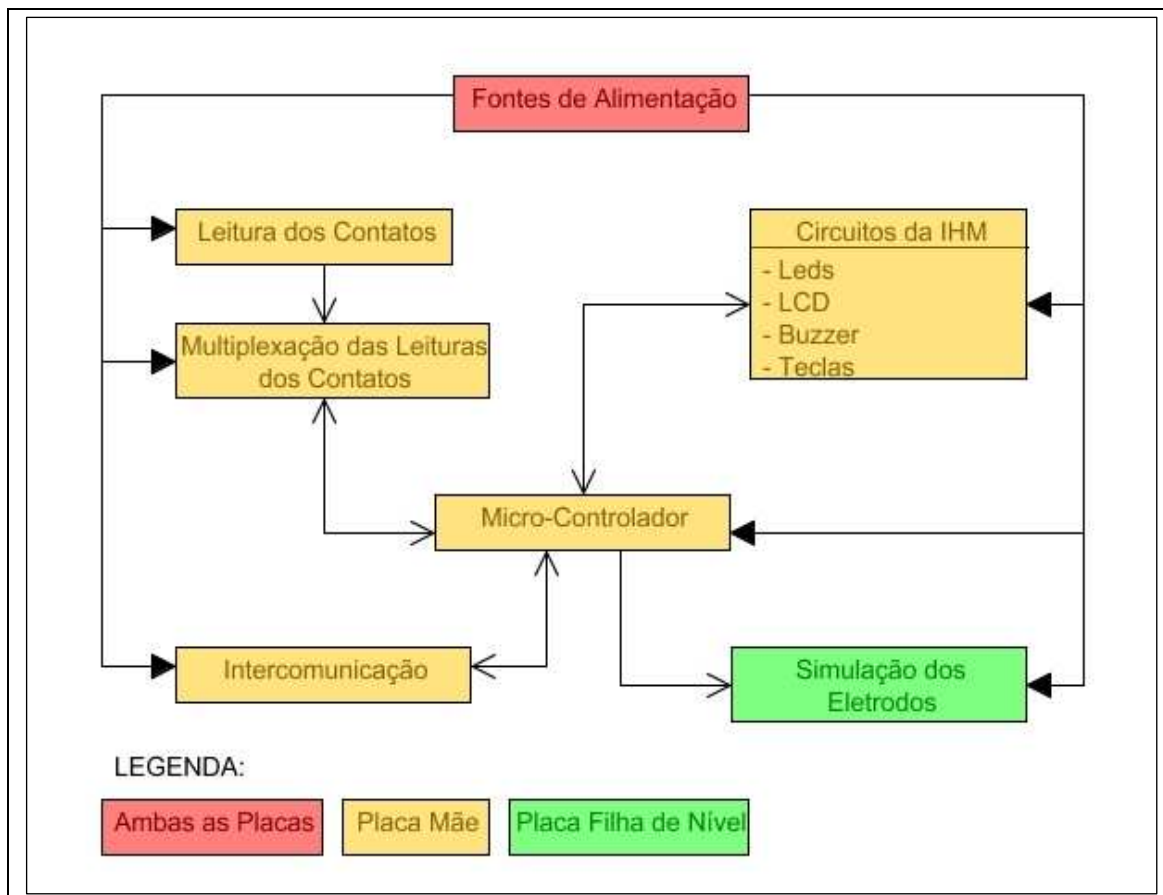


Figura 26 - Módulos de Hardware

- Fontes de Alimentação:** são responsáveis pela alimentação a corrente contínua de todos os circuitos. Provêm tensões DC de $\pm 5V$ e $\pm 12V$. A figura abaixo ilustra o esquema eletrônico da fonte implementada na Placa Mãe, as outras fontes são semelhantes a esta.⁸

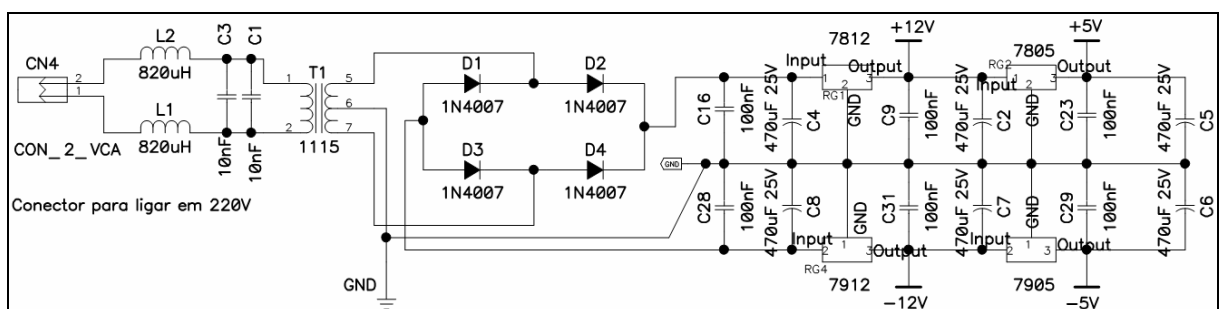


Figura 27 - Esquema Eletrônico da Fonte da Placa Mãe

⁸ As fontes de alimentação implementadas utilizam os reguladores de tensão 7805, 7905, 7812 e 7912 de fabricantes diversos, tais como, *Fairchild* e *ST*. Para maiores informações consultar os *datasheets* dos fabricantes.

- Leitura dos Contatos:** é responsável por fazer a leitura do estado dos contatos das peças em teste. Isto é feito através de foto-acopladores⁹, de forma a isolar galvânicamente os circuitos da *jiga* com os circuitos das peças, evitando que alguma falha de fabricação possa vir a danificar os circuitos da *jiga*. A figura abaixo ilustra o esquema eletrônico responsável pela leitura de um contato, são implementados um total de 16 destes circuitos ao todo.

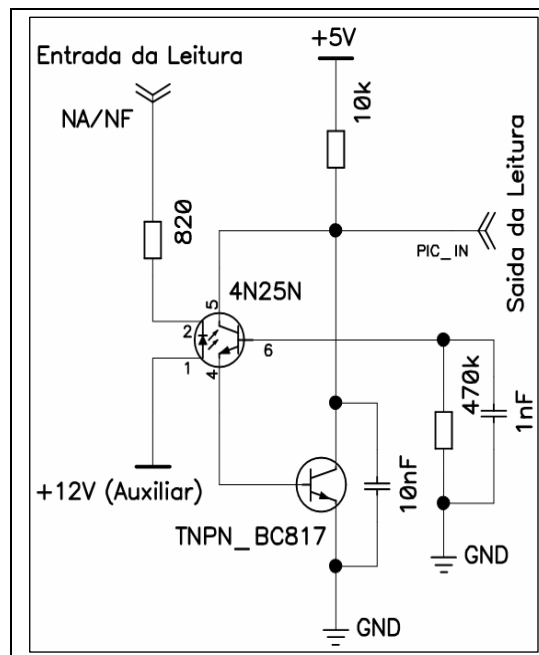


Figura 28 - Esquema Eletrônico do Circuito de Leitura dos Contatos

- Multiplexação das Leituras dos Contatos:** tem como objetivo economizar o uso de pinos de I/O do micro-controlador. Isto é feito com o uso de dois circuitos integrados 74HC244¹⁰, que são *buffers* octal cujas saídas podem ser colocadas em Alta-Impedância. Apenas oito pinos de I/O do micro-controlador fazem a leitura dos contatos, para isto, apenas um dos CI's é ativado por vez, assim em um instante a leitura é feita de um conjunto de oito contatos, e em um outro instante é feita a leitura dos outros oito contatos restantes. A Figura 29 ilustra este esquema de multiplexação.
- Intercomunicação:** a intercomunicação entre as *jigas* é feita utilizando o padrão RS-485 e uma UART interna ao micro-controlador. O circuito integrado 75176¹¹ é

⁹ Foram utilizados foto-acopladores 4N25 da *Fairchild*. Para maiores informações consultar o *datasheet* do fabricante.

¹⁰ Para maiores informações sobre este circuito integrado, consultar *datasheet* de algum fabricante.

¹¹ Foi utilizado o circuito integrado 75176 fabricado pela *Texas Instruments*. Para maiores informações, consultar o *datasheet* do fabricante.

utilizado para converter os níveis de tensão da UART do micro-controlador para os níveis do padrão RS-485 e vice e versa. A Figura 30 ilustra o circuito lógico equivalente deste circuito integrado.

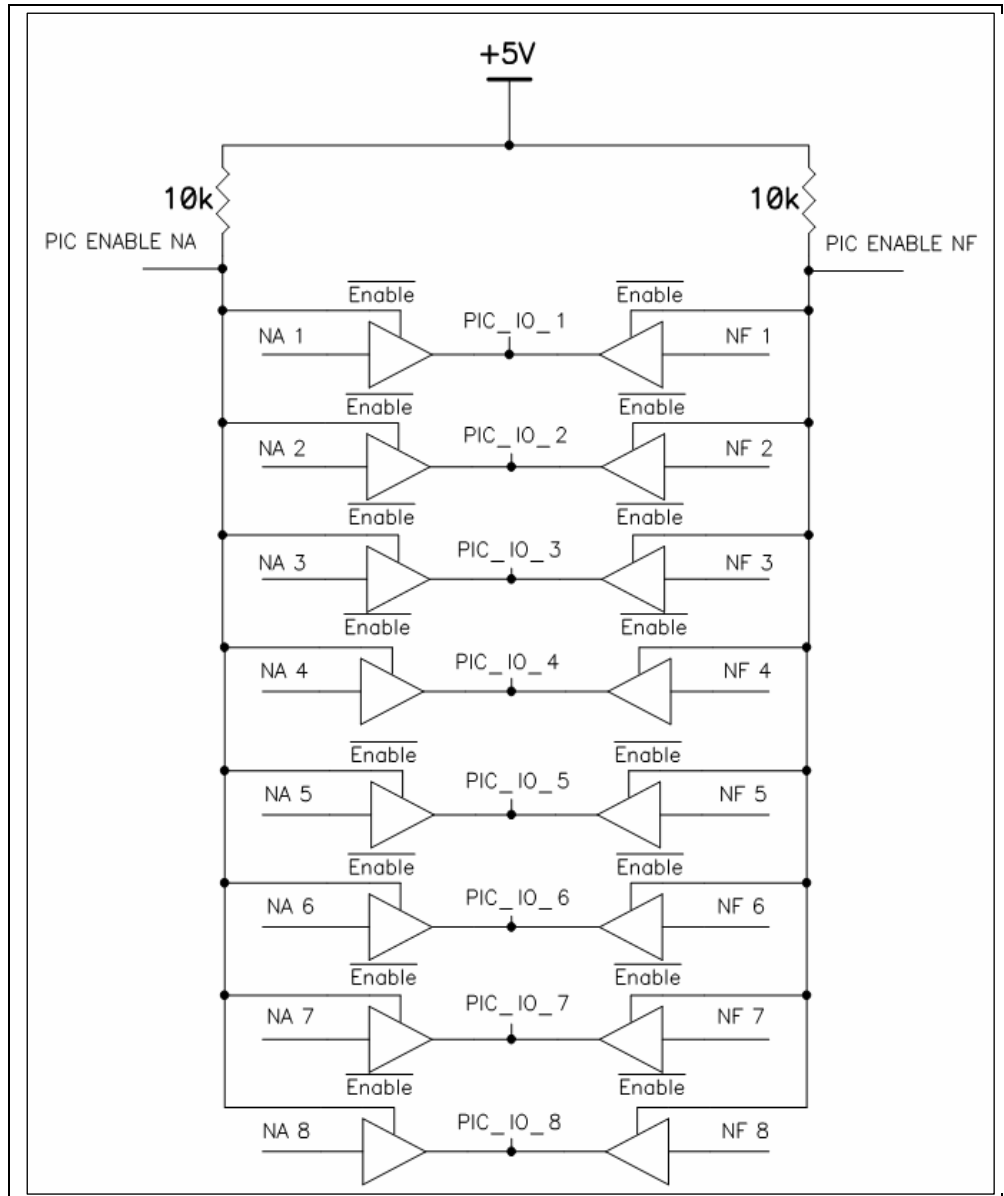


Figura 29 - Circuito de Multiplexação das Leituras dos Contatos.

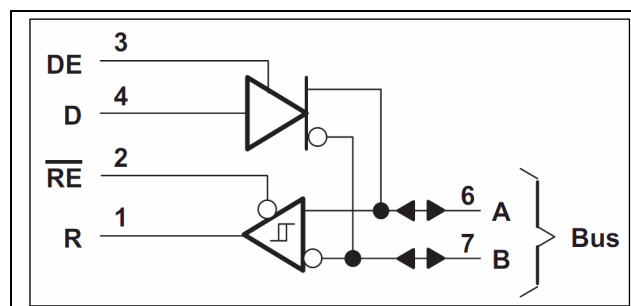


Figura 30 - Diagrama Lógico do CI 75176

- **Micro-Controlador:** o micro-controlador utilizado foi o **PIC 18F6622**¹². Este possui 64kB de memória de programa, 3,8kB de memória RAM de dados e 54 pinos de I/O. A Figura 31 mostra as principais características deste micro-controlador.

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-bit	External Bus	
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI™	Master I ² C™					
PIC18F6527	48K	24576	3936	1024	54	12	2/3	2	Y	Y	2	2	2/3	N
PIC18F6622	64K	32768	3936	1024	54	12	2/3	2	Y	Y	2	2	2/3	N
PIC18F6627	96K	49152	3936	1024	54	12	2/3	2	Y	Y	2	2	2/3	N
PIC18F6722	128K	65536	3936	1024	54	12	2/3	2	Y	Y	2	2	2/3	N

Figura 31 - Características Principais do PIC 18F6622

- **Simulação dos Eletrodos:** é responsável pela alteração da resistência que é imposta entre os terminais dos Eletrodos Inferior e Superior e os terminais do Eletrodo de Referência. Isto é feito através de um conjunto de 48 relés eletromagnéticos que são montados na Placa Filha de Nível e são acionados pelo micro-controlador. O esquema eletrônico responsável pela simulação de apenas um único nível está apresentado abaixo. É necessário um total de 16 circuitos iguais a este para a simulação dos dois níveis que cada uma das oito peças a serem testadas necessita.
- **Circuitos da IHM:** estão implementados as conexões para 16 *LEDs* para visualização do estado dos contatos das peças, as conexões para 20 *LEDs* acionados pelo micro-controlador, as conexões para 16 teclas, um *buzzer* para sinalização sonora e as conexões para um *display* LCD com controlador HD44780. Os componentes em si que formam a interface humano máquina – *LEDs*, teclas e LCD - são montados no painel frontal e não nas placas de circuito impresso.

¹² Microchip Technology Inc. - PIC18F8722 Family Data Sheet, Referência: DS39646B, 2004

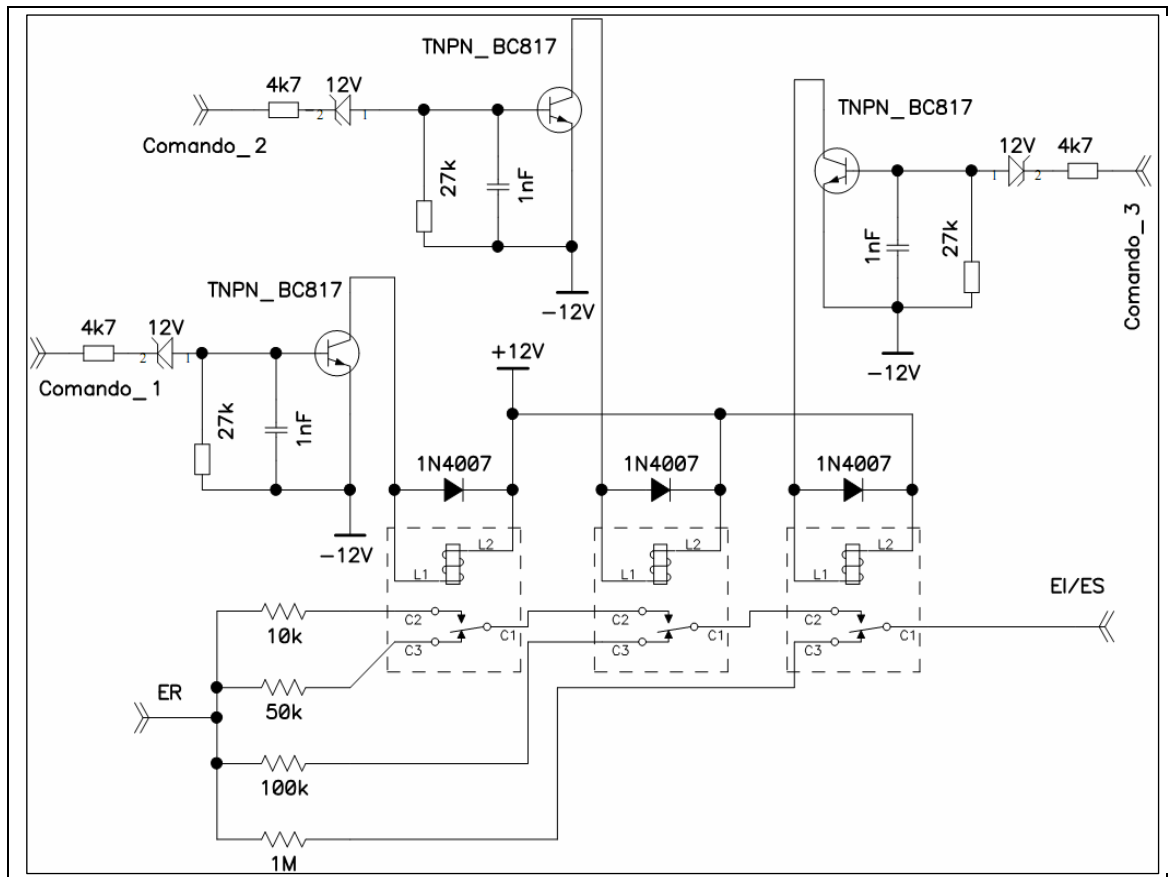


Figura 32 - Esquema Eletrônico do Módulo de Simulação de Eletrodos

3.3.3.4. MÓDULOS DE *FIRMWARE*

Os módulos de *firmware* podem ser divididos em dois grupos: os que interagem diretamente com o *hardware*, e os que só interagem diretamente com outros módulos do *firmware*. A Figura 33 ilustra os módulos de *firmware*, classificando-os entre os dois grupos e ilustrando as interações entre módulos. O Código Fonte do *firmware* é bastante extenso, porém nos Anexo B e C está listado o código fonte em C de dois dos módulos descritos abaixo.

A seguir é feita uma descrição de cada um dos módulos de *firmware*:

- **Leitura dos Contatos e Multiplexação:** sua responsabilidade é de controlar o *hardware* da multiplexação, fazer as devidas leituras dos estados dos contatos de cada uma das peças e organizar esses dados de leitura, disponibilizando-os de forma fácil para o uso de outros módulos. O Anexo B lista o Código Fonte deste módulo.
- **Simulação dos Eletrodos:** sua função é a de fazer o acionamento dos 48 relés do módulo de *hardware* de simulação dos eletrodos de forma a partir das informações passadas pelo módulo de rotina de testes e resultados referentes aos valores de resistências a serem impostos entre os eletrodos. O Anexo C lista o Código Fonte deste módulo.
- **Rotina de Testes e Resultados:** é responsável pela execução dos testes e formação dos resultados. Para isto este módulo interage diretamente com os módulos de leitura dos contatos e simulação dos eletrodos.
- **Gerenciamento Principal:** tem a função de estruturar o *firmware*, organizando a execução dos outros módulos.
- **IHM:** em conjunto, estes módulos são responsáveis por “da vida” a toda interface humano máquina da *jiga* a partir do conjunto de elementos: *LEDs*, mensagens e menus no LCD, sinalizações sonoras e interpretação dos comandos de usuário a partir das teclas.
- **Intercomunicação:** é responsável por implementar a parte lógica da intercomunicação e pelo controle da UART do micro-controlador. O modelo utilizado para a intercomunicação é o modelo Mestre/Escravo, e qualquer *jiga* pode ser configurada para operar como Mestre ou Escravo. Quando Mestre, o módulo de intercomunicação é responsável por transmitir todas as informações pertinentes às configurações de teste e intervenções do operador para as outras

jigas. Quando Escravo ele é responsável por receber as informações vindas do Mestre e tomar as devidas ações necessárias.

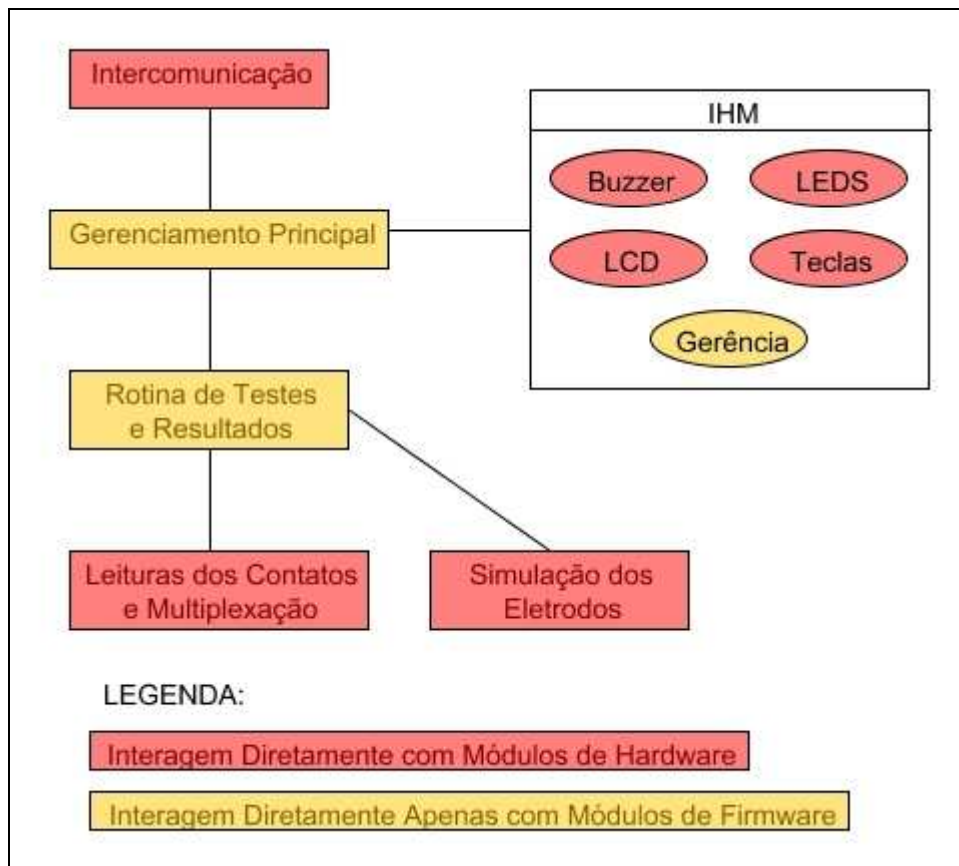


Figura 33 - Módulos de *Firmware*

3.3.3.5. INTERFACE HUMANO MÁQUINA

Toda a IHM é estruturada com a Etiqueta Frontal, que contém indicações visuais necessárias para dar sentido para cada componente da IHM. A Figura 34 mostra a Etiqueta Frontal, fora de escala.

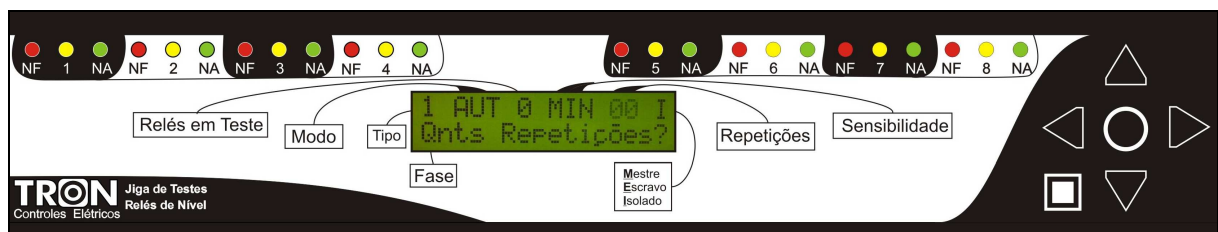


Figura 34 - Etiqueta Frontal da IHM (Fora de Escala)

Podem-se destacar três elementos principais da Etiqueta Frontal:

- **Indicações dos LEDs:** tem o objetivo de agrupar os três LEDs referentes a cada peça e a indicar o significado de cada um destes LEDs.

- **Indicações do LCD:** tem o objetivo de dar significado a cada um dos parâmetros que são mostrados no menu principal do LCD e em outras situações.
- **Indicações do Conjunto de Teclas:** contextualiza o conjunto de teclas para formar um Cursor de Navegação e Edição de Parâmetros. A Figura 35 ilustra a funcionalidade de cada umas das teclas.

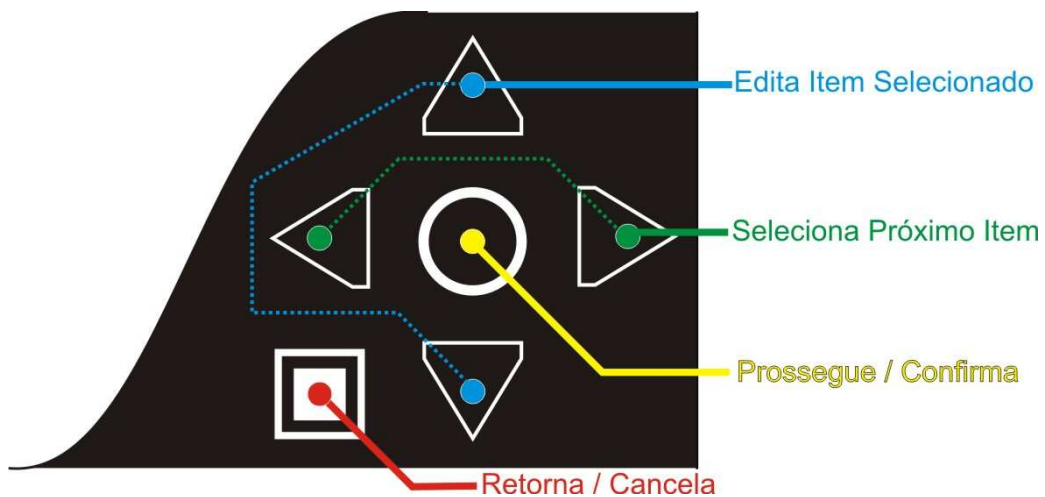


Figura 35 - Funções das Teclas

3.3.3.6. O PROJETO EM NÚMEROS

A Tabela 1 exibe informações sobre a quantidade utilizada de vários componentes de *hardware* e *firmware*.

HARDWARE		FIRMWARE	
Capacitores	104	Arquivos de Cabeçalho	0009
Chaves <i>Push-Button</i>	006	Arquivos Fontes	0008
Circuitos Integrados	024	Definições de Nomes (#define)	0325
Diodos	104	Definições de Tipos (typedef)	0036
Display LCD	001	EEPROM Utilizada (Bytes)	0016
Indutores	004	Enumerações (enum)	0185
LEDs	024	Funções	0070
Relés	048	Linhas de Código	7884
Resistores	264	Linhas de Comentários	3081
Total de Área PCI (cm ²)	614	RAM Utilizada (Bytes)	1521
Transformadores	002	Tamanho Código Objeto (kB)	0046
Transistores	065	Variáveis Globais	0241

Tabela 1 - Quantidade Utilizada de Vários Componentes de *Hardware* e *Firmware*

3.3.3.7. VALIDAÇÃO FINAL E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Paralelamente ao próprio desenvolvimento dos diversos módulos de *hardware* e *firmware* foram realizadas vários testes para validar o funcionamento dos módulos em separado e em conjunto. Mudanças e correções poderiam então ser feitas caso algum problema fosse encontrado. A Figura 36 mostra uma das *jigas* com seus circuitos à mostra.

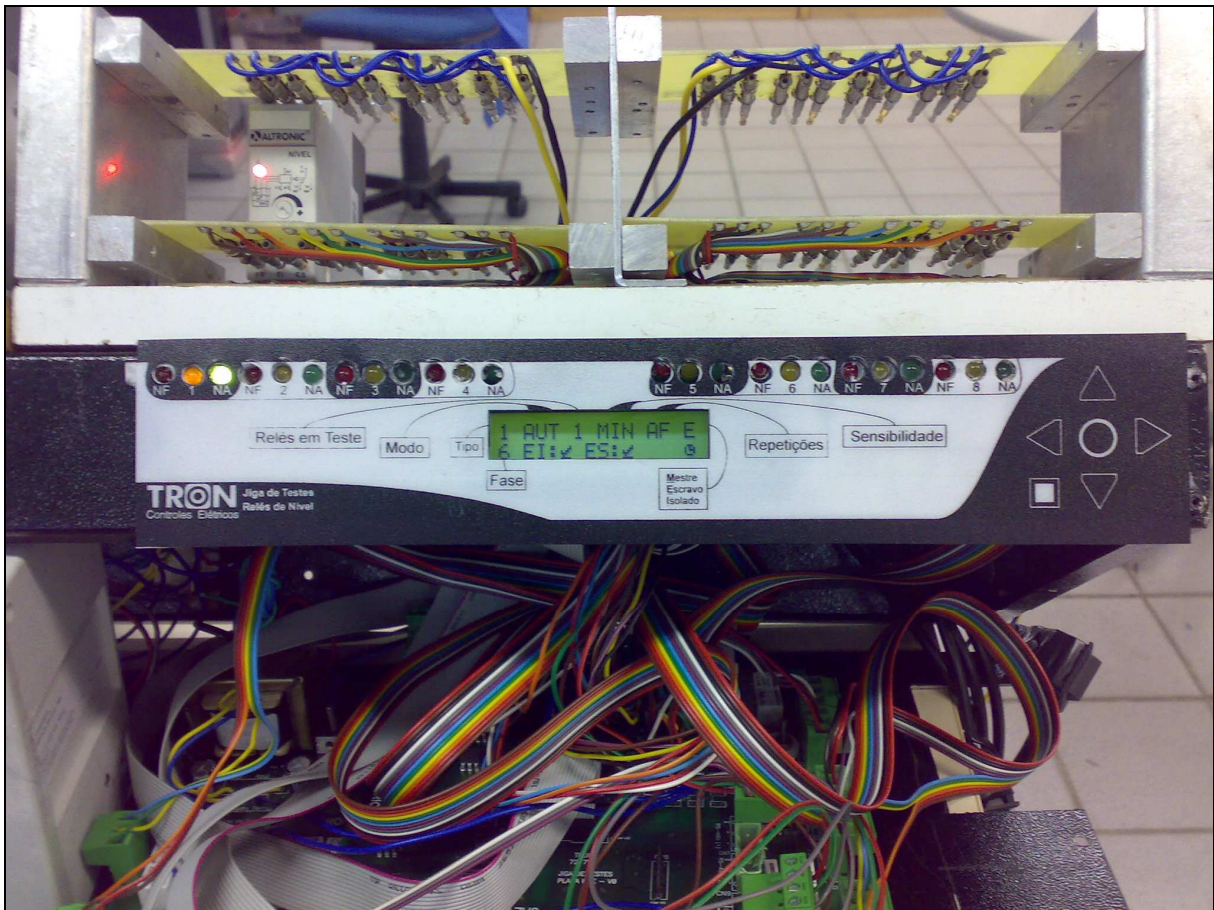


Figura 36 - Vista Frontal da *Jiga de Nível* – Circuitos à Mostra

A etapa final de validação consistiu, em um primeiro momento, na operação das *jigas* a toda capacidade, executando as mais variadas rotinas de testes para os oito relés possíveis em cada, e no local permanente, juntamente com os outros equipamentos de testes. A Figura 37 mostra a prateleira já fechada, com os circuitos das três *jigas* em seu interior, e já encaixada na estante e no setor de testes da empresa.

Em um segundo e último momento, a etapa final de validação consistiu no próprio uso regular da *jiga* pelos técnicos responsáveis pelos testes dos Relés de Nível. Isto aconteceu após estes terem sido treinados e familiarizados com a operação das *jigas*.



Figura 37 - As Três Jigas já Fechadas e em Funcionamento no Setor de Testes

O desenvolvimento do projeto, do início ao fim, levou cerca de seis meses, tempo durante o qual o aluno também realizou outras atividades na empresa. Todos os Requisitos e Critérios Iniciais foram atendidos pelo projeto com sucesso. Além disso, o projeto foi amplamente documentado:

- O código fonte do *firmware* está devidamente comentado;
- Todo o esquema eletrônico do *hardware* está disponível, juntamente com toda a listagem dos componentes;
- As falhas de projeto estão devidamente descritas, de forma a serem corrigidas posteriormente, assim também como os problemas encontrados durante a validação final;
- As concepções e definições de projeto estão descritas, de forma a tornar possível a utilização ou até mesmo futuras melhorias por parte de outros desenvolvedores.

O projeto trouxe à etapa de testes dos Relés de Nível maior produtividade e confiabilidade; e este também constitui uma plataforma concreta para o desenvolvimento de novas *jigas*, não sendo mais necessário desenvolver vários módulos de *hardware* e *firmware*, sendo possível o aproveitamento das várias idéias e concepções, como as relacionadas à IHM,

e talvez até a re-utilização destas também em futuros produtos a serem desenvolvidos e comercializados pela empresa.

3.3.4. OUTRAS ATIVIDADES

As atividades descritas anteriormente foram as de maior relevância para a empresa e para o aluno. Porém outras atividades também foram realizadas durante o estágio, dentre estas podem ser destacadas as seguintes:

- Ensaio de Condutividade para Controlador de Máquina de Lavar Louças por Condutividade.
- Estudo de *Bootloaders* para PIC 18F.
- Avaliação de RTOS (*Real-Time Operating System*) para PIC.
- Participações em Reuniões de Projeto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista da empresa, as atividades desenvolvidas pelo aluno o capacitaram com conhecimentos e técnicas importantes e essenciais para as funções do setor de Engenharia de Desenvolvimento, tornando-o apto a ser integrado nessa equipe de forma a trazer mais resultados, além dos próprios resultados positivos que o sistema de testes desenvolvido trouxe à etapa de testes da empresa.

Do ponto de vista do aluno, acadêmico e profissional, a experiência e os conhecimentos adquiridos durante o estágio foram de uma valia inestimável.

No âmbito dos conhecimentos técnicos, a realização de cada uma das tarefas – com destaque para o projeto desenvolvido - contribuiu enormemente para a obtenção de novas técnicas e conhecimentos, assim também como para a consolidação dos conhecimentos obtidos durante o curso de Engenharia Elétrica.

No âmbito profissional, a experiência em trabalhar com prazos e objetivos e de ser avaliado profissionalmente por superiores e colegas de trabalho - não somente tecnicamente, mas também em relação às habilidades sociais e à criatividade de conceber idéias e realizar definições de projeto – contribuiu enormemente para o amadurecimento do aluno como Engenheiro Eletricista.

O estágio trouxe também o amadurecimento da visão sobre a própria Engenharia Elétrica, sendo reveladas ao aluno, pelo menos em partes, a realidade do mercado de trabalho, as limitações de prazos e custos e até a posição da Engenharia Elétrica – mais especificamente a área de Sistemas Embarcados e Eletrônicos - na economia nacional e global.

Por fim, o aluno reforça sobre a importância da realização do estágio fora do ambiente acadêmico da universidade, visto que a grande maioria destes aprendizados não teria sido possível caso isto não tivesse ocorrido.

5. REFERÊNCIAS E MATERIAIS DE ESTUDO

TRON Controles Elétricos Ltda. – FICHAS TÉCNICAS DAS LINHAS DE PRODUTOS: Tempo, Temperatura, Nível e Lavanderia – www.tron-ce.com.br

JULICHER, J. - *Microchip Technology Inc.* – *Application Note: Hardware Techniques for PICmicro Microcontrollers*, Referência: DS00234A, 2003

Microchip Technology Inc. - *PIC18F8722 Family Data Sheet*, Referência: DS39646B, 2004

Materiais de Estudo e Consulta Importantes Utilizados ao Longo do Estágio

Microchip Technology Inc. – *MPASM, MPLINK, MPLIB User's Guide*, Referência: DS33014J, 2005

Microchip Technology Inc. – *MPLAB C18 C Compiler User's Guide*, Referência: DS51288J, 2005

Microchip Technology Inc. – *MPLAB C18 C Compiler Libraries*, Referência: DS51297F, 2005

HOROWITZ, P. - HILL, W. - *The Art of Electronics*, Segunda Edição, Julho 1989

Manuais de Usuário do Software P-CAD 2002 – Altium

GUREVICH, V. – *Electrical Relays - Principles and Applications* – 2006 – CRC Press

Anexo A – Layouts de Placas de Circuito Impresso Desenvolvidos pelo Aluno

Ambas as placas possuem duas faces condutivas e furos metalizados que fazem conexão elétrica entre as faces (*Vias*). Possuem também serigrafia em ambas as faces para indicação visual dos componentes. Nas imagens abaixo, a serigrafia está em cor preta e as trilhas condutivas em cor verde. As imagens estão fora de escala. O tamanho real da Placa Mãe é de 14 cm de largura por 16cm de altura, e da Placa Filha de Nível é de 15,8 cm de largura por 24,8 cm de altura, referentes à disposição mostrada.

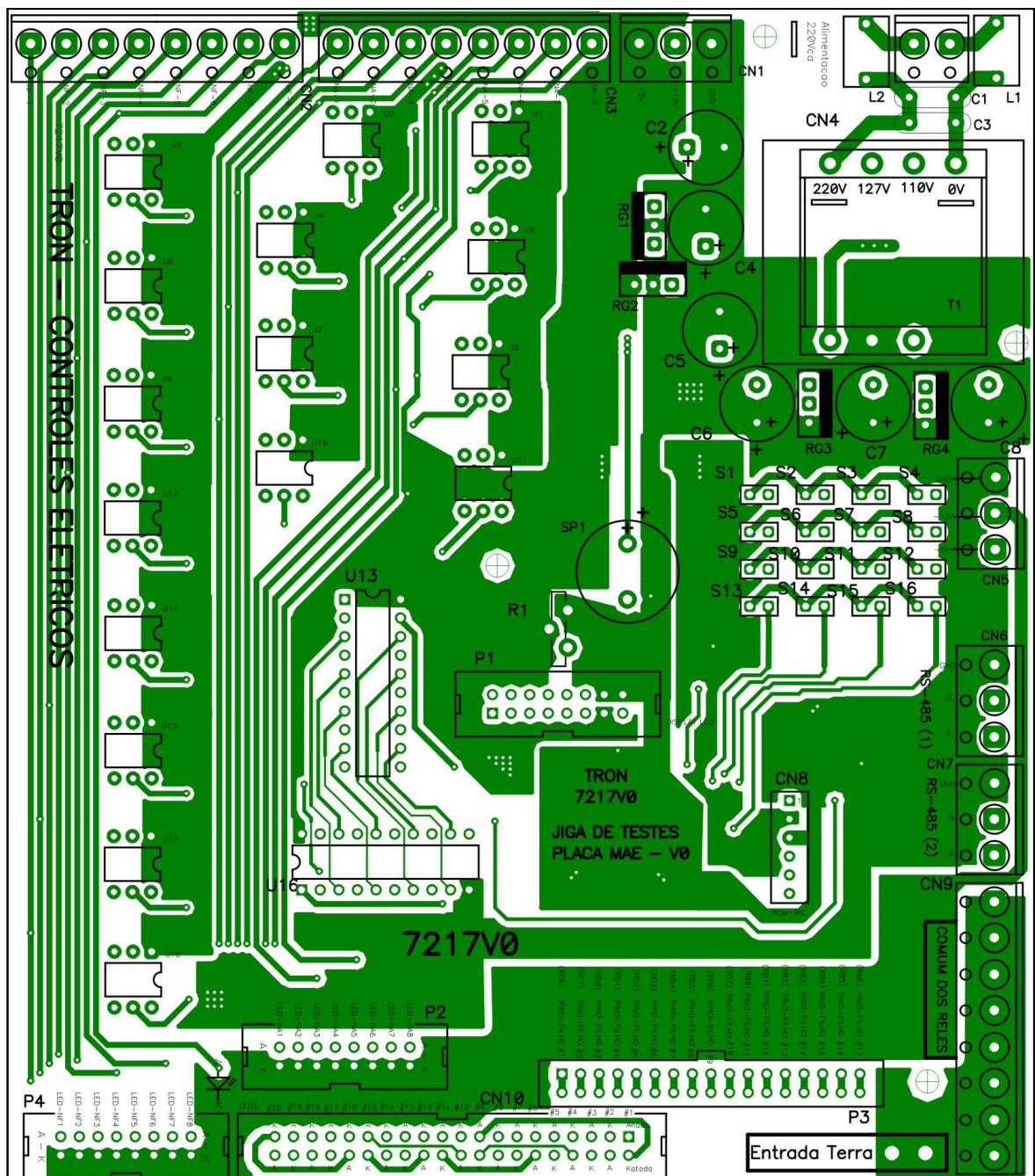


Figura 38 - Placa Mãe - Face dos Componentes Convencionais

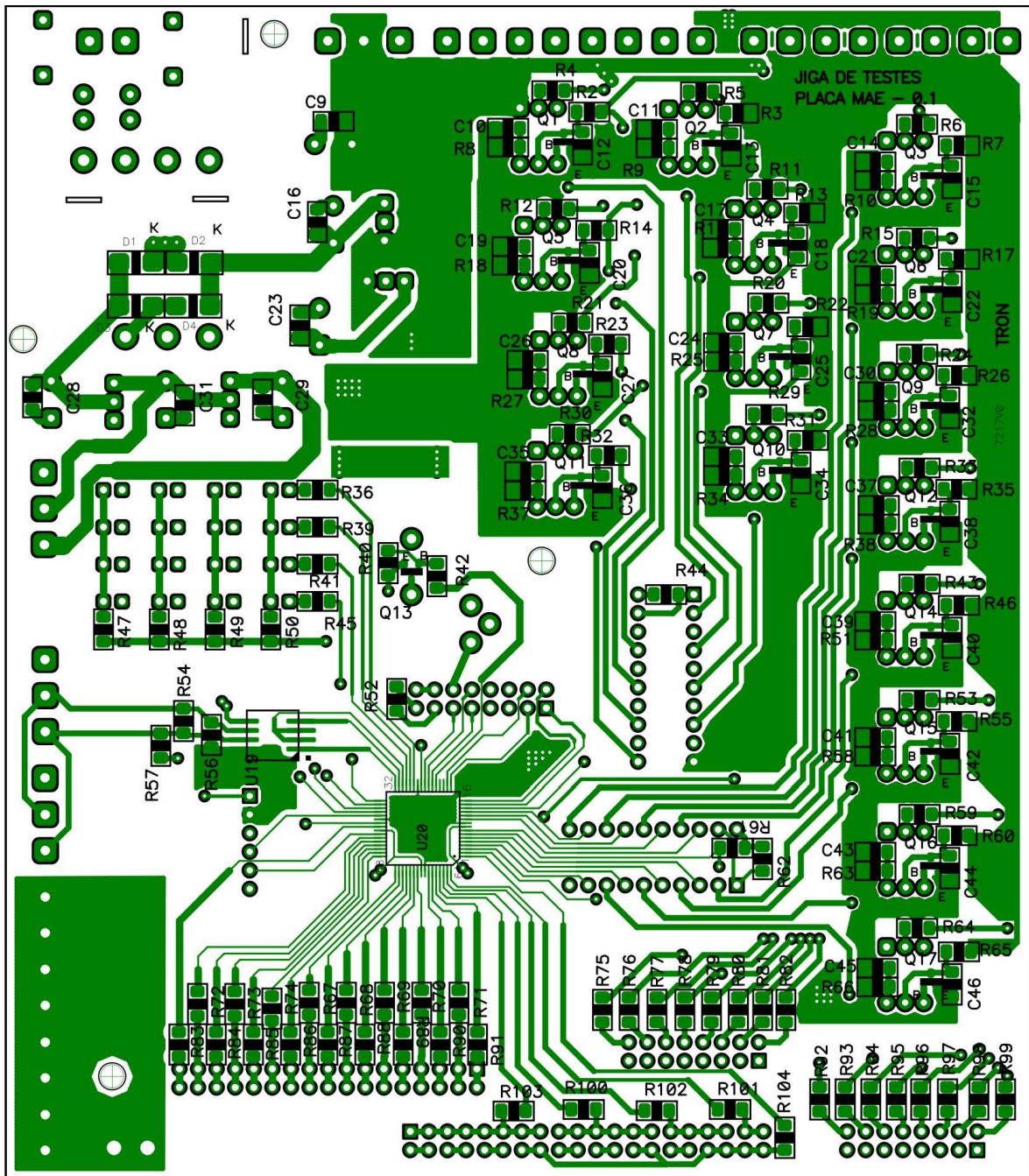


Figura 39 - Placa Mãe - Face da Solda e dos Componentes SMD

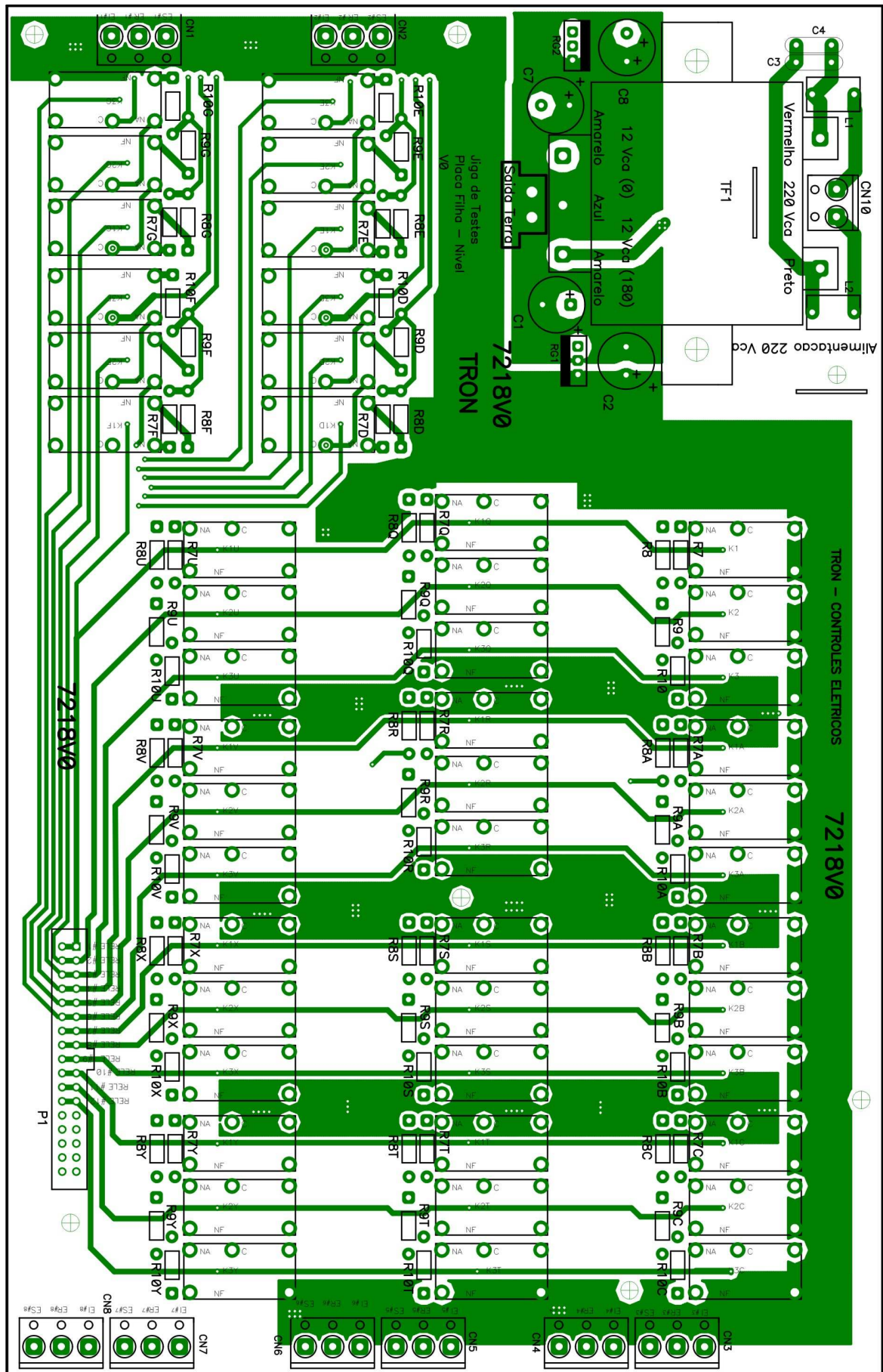


Figura 40 - Placa Filha de Nível - Face dos Componentes Convencionais

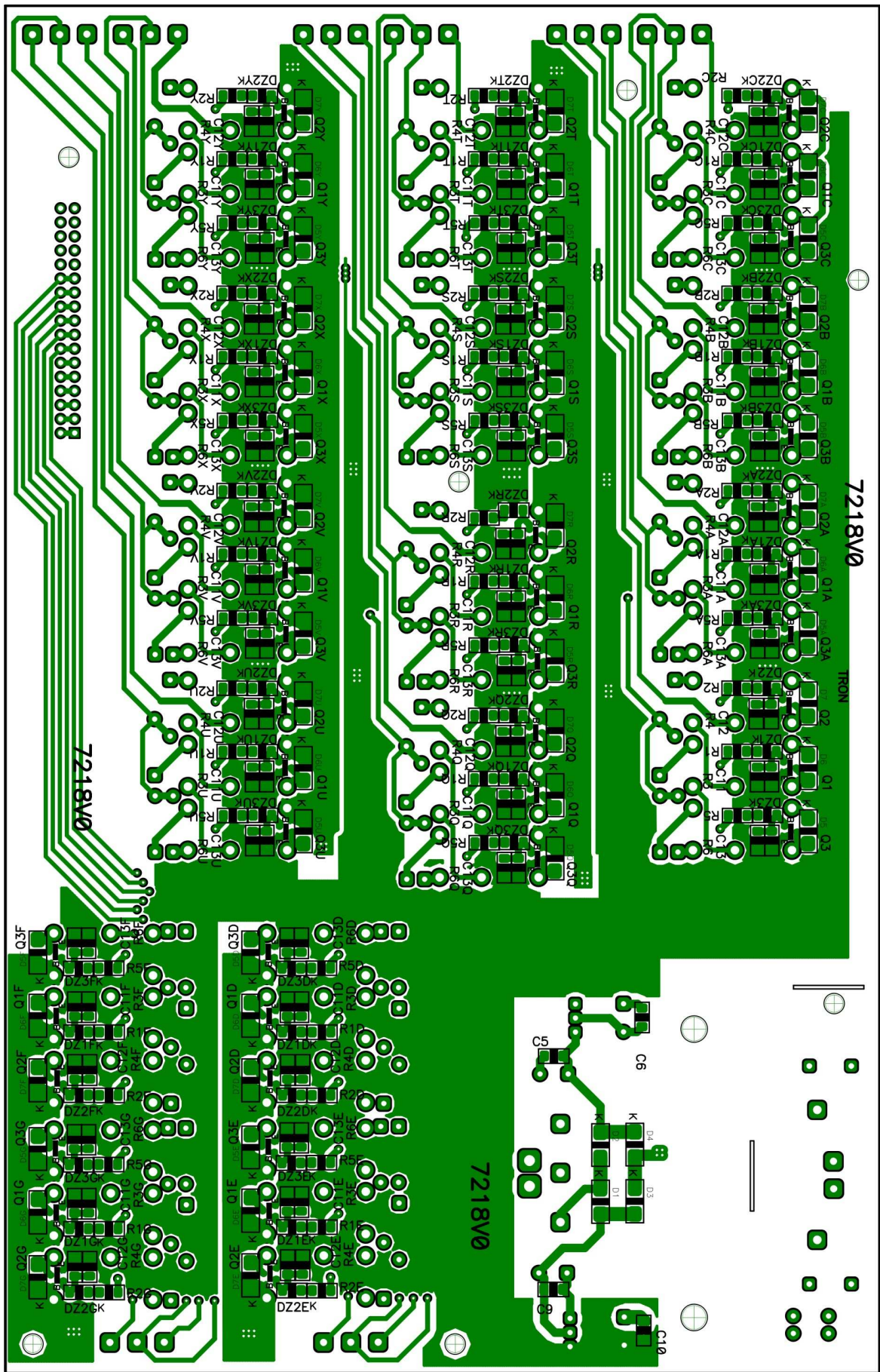


Figura 41 - Placa Filha de Nível - Face da Solda e dos Componentes SMD

Anexo B – Código Fonte da Leitura dos Contatos e Multiplexação

Abaixo está o código referente à multiplexação e leitura dos 16 contatos, 8 NA e 8 NF. A função **LeContatos** é a responsável por estes módulos do *firmware*. Esta função é executada apenas uma vez a cada 10ms.

Em essência esta função ativa apenas um dos circuitos integrados da multiplexação, e simplesmente armazena a informação digital lida pelos pinos de I/O – que estão configurados como Entradas Digitais – nas variáveis de 1bit, uma para cada contato.

```
//=====
//Função Responsável pela leitura dos Fotoacopladores dos contatos
// É importante garantir que apenas um Buffer esteja Ativo por vez.
// Os pinos de Enable de cada Buffer estão ligados com um resistor pull-up ao Vdd.
// Como eles são Habilitados com Nível Lógico Baixo, então deve-se colocar o respectivo pino
// do PIC em Blaixa Impedância e puxando a linha pra o Terra.
/*
Esquema de Ligação:
    São dois 74244 usados para 'multiplexar'.
    Um comandado pelo pino NA_SELECT e o outro pelo NF_SELECT

=== CHIP NA_SELECT ===
Entradas | Saídas
NA1      PIC-IN_1
NA2      PIC-IN_8
NA3      PIC-IN_2
NA4      PIC-IN_7
NA5      PIC-IN_5
NA6      PIC-IN_4
NA7      PIC-IN_6
NA8      PIC-IN_3
=====
=== CHIP NF_SELECT ===
Entradas | Saídas
NF1      PIC-IN_1
NF2      PIC-IN_2
NF3      PIC-IN_3
NF4      PIC-IN_4
NF5      PIC-IN_5
NF6      PIC-IN_6
NF7      PIC-IN_7
NF8      PIC-IN_8
=====
*/
//Definições para facilitar. Relação com as referências diretas de cada um dos pinos de I/O
#define PICIN8 PORTGbits.RG0
#define PICIN7 PORTGbits.RG1
#define PICIN6 PORTGbits.RG2
#define PICIN5 PORTGbits.RG3
#define PICIN4 PORTGbits.RG4
#define PICIN3 PORTFbits.RF7
#define PICIN2 PORTFbits.RF6
#define PICIN1 PORTFbits.RF5

#define NA_TRIS TRISFbits.TRISF4
#define NA_SEL PORTFbits.RF4

#define NF_TRIS TRISBbits.TRISB5
#define NF_SEL PORTBbits.RB5
```

```
//=====
//=====
void LeContatos (void)
{
    //=====
    NF_TRIS=1;
    NA_TRIS=1;
    //=====

    switch (TesteFlag.NASELECTED)
    {
        //NF SELECTED!
        case 0:
            NF_TRIS=0;
            NF_SEL=0;
            //Atualizar Status dos Contatos
            StatusTeste.Contato.NF1 = PICIN1;
            StatusTeste.Contato.NF2 = PICIN2;
            StatusTeste.Contato.NF3 = PICIN3;
            StatusTeste.Contato.NF4 = PICIN4;
            StatusTeste.Contato.NF5 = PICIN5;
            StatusTeste.Contato.NF6 = PICIN6;
            StatusTeste.Contato.NF7 = PICIN7;
            StatusTeste.Contato.NF8 = PICIN8;
            //=====
            //=====
            TesteFlag.NASELECTED=1;
            //=====
            break;

        //NA SELECTED!
        case 1:
            NA_TRIS=0;
            NA_SEL=0;
            //Atualizar Status dos Contatos
            StatusTeste.Contato.NA1 = PICIN1;
            StatusTeste.Contato.NA2 = PICIN8;
            StatusTeste.Contato.NA3 = PICIN2;
            StatusTeste.Contato.NA4 = PICIN7;
            StatusTeste.Contato.NA5 = PICIN5;
            StatusTeste.Contato.NA6 = PICIN4;
            StatusTeste.Contato.NA7 = PICIN6;
            StatusTeste.Contato.NA8 = PICIN3;
            //=====
            //=====
            TesteFlag.NASELECTED=0;
            //=====
            break;
    }
}
//=====
```

Anexo C – Código Fonte da Simulação de Eletrodos do Modo de Operação Manual

A função **SetaImpedanciaManual** é responsável pela simulação dos eletrodos no modo de operação manual. Neste modo, o operador escolhe qual impedância que ele deseja conectar às peças que estejam em teste. A depender então da escolha do operador, esta função irá acionar parte – ou todos os relés – do conjunto dos 48 relés da Placa Filha de forma a impor a impedância escolhida.

```
//=====
//Função que é responsável por Energizar os Relés de Forma a se ter as Impedâncias
//indicadas pelas variáveis ConfigTeste.Impedancia_EI e ConfigTeste.Impedancia_ES
//=====

//=====
//Relação entre os sinais de comando dos relés do módulo de simulação de eletrodos e os respectivos pinos de I/O do PIC
//=====
#define RELE1 PORTEbits.RE6
#define RELE2 PORTEbits.RE7
#define RELE3 PORTDbits.RD0
#define RELE4 PORTDbits.RD1
#define RELE5 PORTDbits.RD2
#define RELE6 PORTDbits.RD3
#define RELE7 PORTDbits.RD4
#define RELE8 PORTDbits.RD5
#define RELE9 PORTDbits.RD6
#define RELE10 PORTDbits.RD7
#define RELE11 PORTBbits.RB0
#define RELE12 PORTBbits.RB1

//=====

void SetaImpedanciaManual (void)
{
    switch (StatusJiga.ImpedanciaES)
    {
        case _10k:
            RELE1=1;
            RELE2=1;
            RELE3=1;
            RELE7=1;
            RELE8=1;
            RELE9=1;
            break;

        case _50k:
            RELE1=0;
            RELE2=1;
            RELE3=1;
            RELE7=0;
            RELE8=1;
            RELE9=1;
            break;

        case _100k:
            RELE1=0;
            RELE2=0;
```

```
        RELE3=1;
        RELE7=0;
        RELE8=0;
        RELE9=1;
    break;

    case _1M:
        RELE1=0;
        RELE2=0;
        RELE3=0;
        RELE7=0;
        RELE8=0;
        RELE9=0;
    break;
}

switch (StatusJiga.ImpedanciaEI)
{
    case _10k:
        RELE4=1;
        RELE5=1;
        RELE6=1;
        RELE10=1;
        RELE11=1;
        RELE12=1;

    break;

    case _50k:
        RELE4=0;
        RELE5=1;
        RELE6=1;
        RELE10=0;
        RELE11=1;
        RELE12=1;
    break;

    case _100k:
        RELE4=0;
        RELE5=0;
        RELE6=1;
        RELE10=0;
        RELE11=0;
        RELE12=1;
    break;

    case _1M:
        RELE4=0;
        RELE5=0;
        RELE6=0;
        RELE10=0;
        RELE11=0;
        RELE12=0;
    break;
}
}
//=====
```