



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

RODOLPHO MARTINS DE BRITO CAVALCANTI

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Campina Grande, Paraíba
Janeiro de 2015

RODOLPHO MARTINS DE BRITO CAVALCANTI

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Elétrica.*

Local de realização: Laboratório de Eletrônica Industrial e Acionamento de Máquinas

Orientador:

Professor Cursino Brandão Jacobina, Dr. Ing.

Campina Grande, Paraíba
Janeiro de 2015

RODOLPHO MARTINS DE BRITO CAVALCANTI

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como parte
dos requisitos necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Local de realização: Laboratório de Eletrônica Industrial e Acionamento de Máquinas

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Cursino Brandão Jacobina, Dr.Ing.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha Família, à minha namorada e aos meus amigos que nestas últimas semanas foram minha fonte de força e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas constantes demonstrações de que nada na vida ocorre por acaso e que nosso destino quem construímos somos nós mesmos.

Agradeço aos meus pais Fábio e Marilene e ao meu irmão Guilherme pelo apoio incondicional nas minhas mais diversas e inusitadas aventuras ao longo dos anos.

Agradeço a minha namorada Marina que surgiu de repente e teve o poder de dar sentido ao meu caminho. Muito obrigado por me apoiar e incentivar quando duvidei.

Agradeço ao Professor Cursino que acreditou no meu potencial desde o início dos meus trabalhos no Laboratório de Eletrônica Industrial e Acionamento de Máquinas, a ele agradeço também pela paciência e ensinamentos passados ao longo do meu tempo de universidade. Agradeço também ao Professor Alexandre Cunha Oliveira pelas discussões e material fornecido na elaboração deste trabalho.

Agradeço aos amigos que fiz durante este curso, em especial Arthur Chaves, Bruno Dias, Kal-El Brito, Martins Marques Rajiv Albino e Rodolfo Medeiros que me apoiaram nos momentos mais difíceis, compartilharam e muitas vezes foram a alegria deste curso.

*“The ladder to success is best climbed
by stepping on the rungs of opportunity.”*

Ayn Rand.

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido durante a atividade de Estágio Supervisionado, realizado no Laboratório de Eletrônica Industrial e Acionamento de Máquinas (LEIAM), que pertence ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade Federal de Campina Grande. O período de realização deste trabalho foi do dia 24/11/2014 ao dia 16/01/2015 totalizando assim 192 horas de atividades. O trabalho consistiu em realizar revisão bibliográfica das tecnologias disponíveis para medições de tensão e corrente em sistemas de acionamento e projetar um sistema de instrumentação com este fim para uma das bancadas experimentais do laboratório. Os esquemáticos foram desenvolvidos no Software CAD Eagle que possibilita também a produção de modelos de placa de circuito impresso para posterior implementação do sistema.

Palavras-chave: Sensores, Sistema de medição, Eagle.

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Sumário	viii
1 Introdução.....	9
1.1. Objetivos	9
1.2. Cronograma de atividades.....	9
2 O Laboratório de eletrônica industrial e Acionamento de Máquinas -LEIAM.....	10
2.1. O problema.....	10
3 Análise de tecnologias para os sensores.....	12
3.1. Sensores de Tensão	12
3.2. Sensores de Corrente.....	13
3.2.1. Tipos de sensores de corrente.....	15
Sensores Shunt	15
Sensores de efeito Hall.....	15
Sensores Magneto-resistivos.....	16
4 Projeto do sistema de Instrumentação.....	18
4.1. Nomenclatura dos sinais	18
4.2. Sensor de Tensão.....	19
4.3. Sensor de corrente	20
4.4. Demais componentes eletrônicos.....	21
4.5. Placa de junção.....	22
4.6. <i>Driver PWM</i>	23
4.7. Alimentação	23
4.8. DSP	23
5 Conclusão.....	25
Bibliografia	26
APÊNDICE A – Esquemáticos.....	27
A.1 Sensor de Corrente.....	27
A.2 Sensor de Tensão.....	28
A.3 Placa de Junção	29
A.4. Condicionamento de Sinais.....	32
Apêndice B – Placas de circuito impresso.....	40
B.1 – Sensor de Corrente	40
B.2 Sensor de tensão	41
B.3 Placa de Junção.....	42
B.4 Condicionamento dos Sinais	43

1 INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVOS

Um bom sistema de instrumentação deve, além de garantir medições precisas, ter baixo consumo de energia e oferecer intercambialidade do ponto de vista dos sinais medidos. O objetivo das atividades deste estágio supervisionado foi realizar uma análise da situação atual de uma das bancadas experimentais do laboratório e, através de uma revisão das tecnologias disponíveis atualmente, propor um novo sistema de instrumentação que viesse a agregar valor ao status atual do ambiente de trabalho.

1.2. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

As atividades foram realizadas no período de 24/11/2014 a 16/01/2015 (tempo total de oito semanas) e foram divididas nos seguintes blocos:

- Avaliação da bancada (1 semana)
- Revisão bibliográfica (2 semanas)
- Projeto e escolha dos componentes (2 semanas)
- Documentação em forma de esquemáticos e Layouts de PCI (2 semanas)
- Escrita do relatório (1 semana)

2 O LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA INDUSTRIAL E ACIONAMENTO DE MÁQUINAS -LEIAM

O Laboratório de Eletrônica Industrial e Acionamento de Máquinas do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, dispõe de uma infraestrutura laboratorial distribuída numa área de 330 m². A infraestrutura é dividida em quatro ambientes: laboratório de simulação digital, acionamento de máquinas, eletrônica de potência e de qualidade de energia.

O laboratório de simulação digital é equipado com 20 (vinte) computadores. O de acionamento de máquinas possui bancadas de estrutura flexível para ensaios experimentais e desenvolvimento de sistemas de acionamento de alto desempenho, cada bancada dispõe de um conversor de potência conectado a uma máquina elétrica e um computador com placas de controle e aquisição de dados. O laboratório de eletrônica de potência possui quatro bancadas dotadas de plataformas experimentais para conversores de potência.

Os três laboratórios de ensaios experimentais são servidos por diversos equipamentos de medição: osciloscópios digitais, sondas de tensão e corrente, frequencímetros, multímetros e medidores de potência real.

2.1. O PROBLEMA

O LEIAM conta atualmente com 20 estudantes de graduação, 12 estudantes de mestrado, 15 estudantes de doutorado. Todos estes realizam atividades de simulação e alguns realizam também montagens experimentais no laboratório de acionamento de máquinas quando há necessidade de validação de resultados para publicação de artigos em congressos e periódicos internacionais, bem como teses e dissertações. O problema reside então na falta de bancadas suficientes para a realização destes experimentos: Em funcionamento pleno tem-se apenas 3.

Este projeto é então a primeira parte no processo de melhoria das condições de realização de experimentos no laboratório de acionamentos elétricos do LEIAM.



(a)



(b)

Figure 1 - LEIAM (a) Visão geral da area de Acionamento de Máquinas. (b) Bancada para o qual o sistema será desenvolvido

3 ANÁLISE DE TECNOLOGIAS PARA OS SENSORES

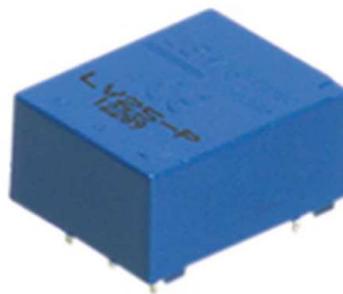
3.1. SENSORES DE TENSÃO

Medições de tensão são vistas como sendo de maior facilidade do que as de corrente. Podem ser realizadas de forma direta ou indireta, com ou sem isolamento elétrico.

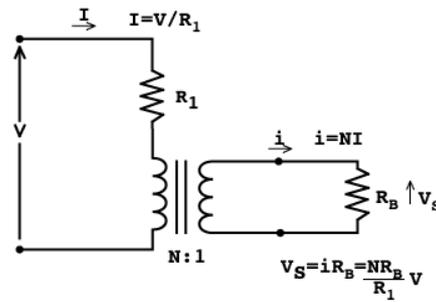
No contexto de medições diretas, a tensão é medida através de um circuito com amplificadores operacionais, que garantem também o isolamento entre os estágios do projeto.

Em medições indiretas, a tensão é convertida em corrente ao ser aplicada sobre um resistor e então a corrente resultante é medida. É importante atentar para a precisão dos resistores de entrada e saída quando realizando medições indiretas de tensão, tendo em vista que o valor medido varia diretamente com a variação do valor da resistência utilizada.

Um exemplo de transdutor utilizado na medição de tensão é o LEM LV-25P da LEM. A figura 2 traz uma imagem comercial e o circuito interno ao transdutor.



(a)



(b)

Figure 2 - Transdutor LV-25P (a)Empacotamento comercial; (b) Circuito

3.2. SENSORES DE CORRENTE

A classificação dos sensores de corrente pode ser feita de diversas maneiras sendo mais comum classificá-los quanto a (i) presença ou ausência de feedback na medição ; (ii) natureza da medição de corrente. Desta forma tem-se para (i):

- Sensores de malha aberta: São utilizados tanto em medições CA quanto CC e fornecem isolamento elétrico entre o circuito onde a medição está sendo realizada e a saída do sensor, de forma que a corrente é medida sem contato direto com o circuito. São mais baratos que os sensores de malha fechada e encontram grande aceitação em projetos alimentados por baterias devido ao seu baixo consumo e simplicidade de montagem em placas de circuito impresso.
- Sensores de malha fechada: Utilizados para medições CA e CC e também oferecem isolamento elétrico entre o circuito de medição e o circuito sendo monitorado. As vantagens destes sobre o de malha aberta é que sensores de malha fechada garantem uma resposta rápida à variações, alta linearidade e baixa sensibilidade à variações de temperatura. Recebem o nome de ‘malha-fechada’ devido ao fato de haver um ciclo de realimentação de modo a impor uma corrente para zerar o fluxo na bobina primária.

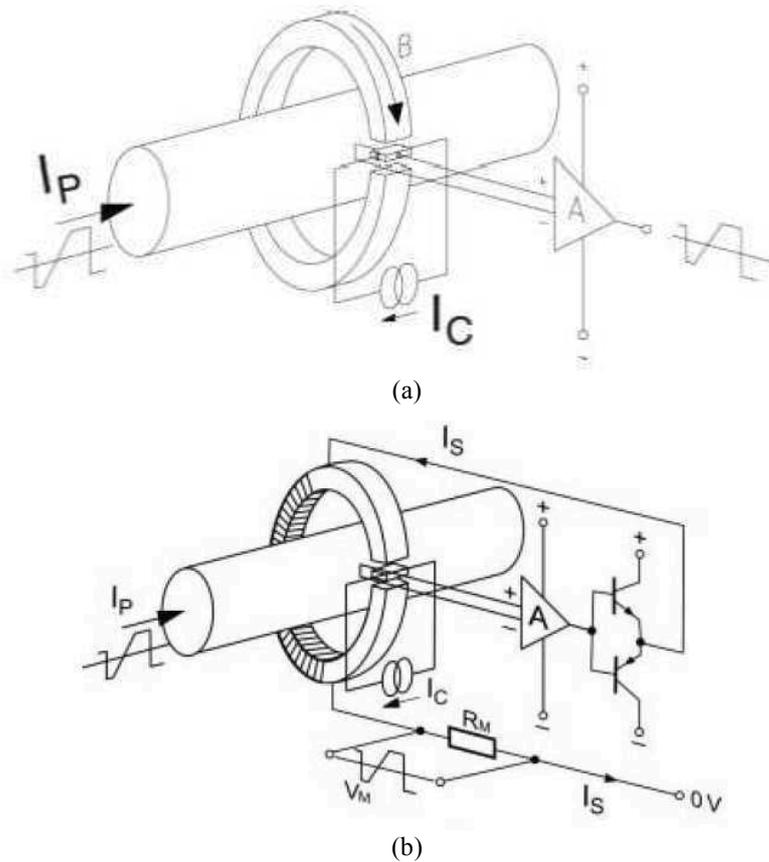


Figure 3 - Sensores de corrente: (a) Malha aberta; (b) Malha Fechada

Em relação aos sensores classificados como (ii) tem-se:

- Sensores diretos: São sensores baseados na lei de Ohm. Ao inserir uma resistência em série com a carga, a corrente que a atravessa gera uma tensão proporcional a esta resistência conhecida. É um método mais invasivo, tendo em vista que não há isolamento elétrico entre o circuito de medição e o da corrente. Além do mais, ocorrem perdas por efeito Joule (dissipação de calor no resistor).
- Sensores indiretos: São baseados nas leis de Ampere e Faraday, ou seja, a medição é realizada através de uma maneira menos invasiva, utilizando-se bobinas nas quais uma tensão será induzida. Garantindo assim um isolamento elétrico entre o circuito de medição e o da corrente.

Como é perceptível pelas descrições, os conceitos das classificações por muitas vezes se sobrepõem, o que pode vir a causar confusão. É importante, no entanto, ter consciência destas características em separado e em conjunto quando na fase de projeto e implementação de um sistema de medição.

3.2.1. TIPOS DE SENSORES DE CORRENTE

Nesta seção serão apresentados com um pouco mais de detalhes alguns tipos de sensores de corrente sendo eles:

- Sensores Shunt
- Sensores de Efeito Hall
- Sensores Magneto-resistivos

SENSORES SHUNT

Medições com sensores shunt consistem em conectar em algum ponto do percurso da corrente um resistor de precisão com resistência conhecida de modo a medir a tensão sobre este. A figura 4 ilustra o princípio.

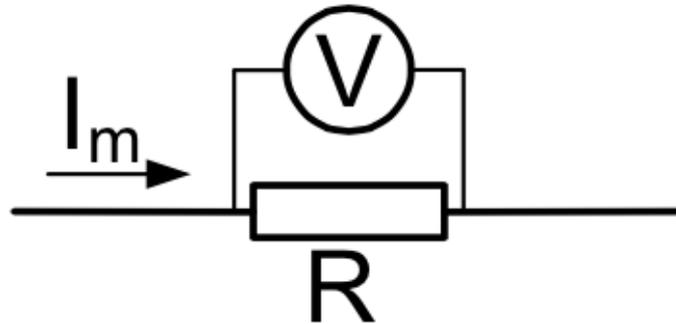


Figure 4 -Medição em Shunt

A medição da tensão sobre o resistor pode ser feita utilizando-se amplificadores diferenciais como os Monitores de corrente Shunt (do inglês *CSM – Current Shunt Monitor*), amplificadores operacionais, amplificadores diferenciais ou amplificadores de instrumentação.

Medições em shunt são mais utilizadas quando isolamento galvânico não é um requerimento de projeto e quando a corrente da carga é inferior a 100 A.

O ponto crítico na definição deste tipo de medição é a escolha do resistor. Ele deve possuir as seguintes características de modo que os valores medidos estejam satisfatórios:

- Baixo coeficiente de temperatura
- Baixa tensão de Seebeck
- Alta estabilidade de longo prazo
- Baixa indutância

SENSORES DE EFEITO HALL

Sensores de efeito Hall são sensores indiretos e que podem ser tanto de malha fechada quanto de malha aberta conforme é observável nas figuras 3(a) e 3(b).

O funcionamento do sensor consiste em tê-lo montado no entreferro de um núcleo magnético. O condutor por onde a corrente circula é posicionado de tal forma que esta corrente induza um campo no núcleo, o qual será medido pelo sensor Hall. O

sensor tem uma sinal de saída bastante baixo, de modo que este deve ser amplificado para melhor medição.

No caso dos sensores de malha aberta, há no circuito de condicionamento dos sinais, componentes que promovem uma compensação da temperatura e a calibração do sinal de saída.

Sensores em malha fechada promovem uma realimentação, isto é, há uma corrente de compensação injetada numa segunda bobina enrolada no núcleo ferro magnético. Este arranjo garante uma menor sensibilidade a temperatura, aumento de linearidade na saída. São utilizados quando a alta precisão é um requerimento de projeto. Suas desvantagens são o preço elevado e a necessidade de alimentação bipolar. Na figura 5(a) e 5(b) tem-se sensores hall comerciais da marca LEM.



(a)



(b)

Figure 5 - Sensores de efeito Hall: (a) Malha aberta modelo LEM série HMS; (b) Malha fechada modelo LEM LTS 25-NP

SENSORES MAGNETO-RESISTIVOS

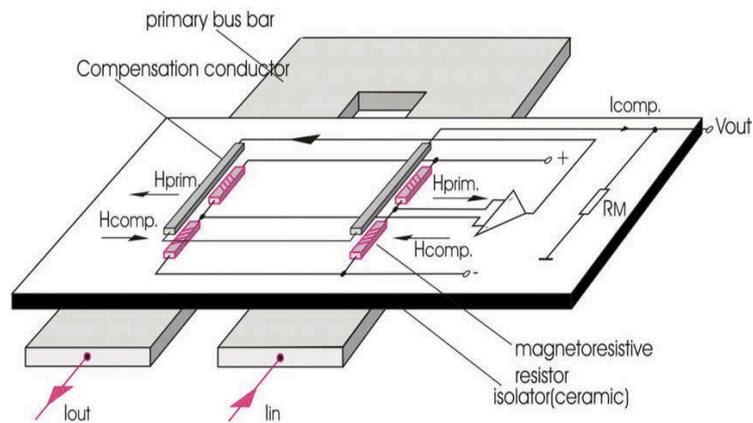
Em filmes finos de Ferro-Níquel a resistência elétrica se altera quando um campo magnético é aplicado ao plano do filme. Essa alteração ocorre devido a rotação da direção de magnetização do filme e esse fenômeno é chamado de Efeito Magneto-resistivo Anisotrópico e é a base para os sensores de corrente magneto-resistivos.

A medição da corrente ocorre de forma semelhante aquela dos sensores de efeito Hall em malha fechada: há uma medição diferencial com compensação. A corrente primária circula através de um condutor criando um campo H_1 entre as duas extremidades do condutor. Os resistores de filme magneto-resistivo são colocados num chip de silício e conectados em ponte de Wheatstone juntamente com os componentes da interface de condicionamento analógica. De modo a garantir uma boa linearidade, estabilidade e baixa sensibilidade à variações de temperatura ocorre a realimentação de uma corrente de compensação I_s através de um condutor posicionado acima dos

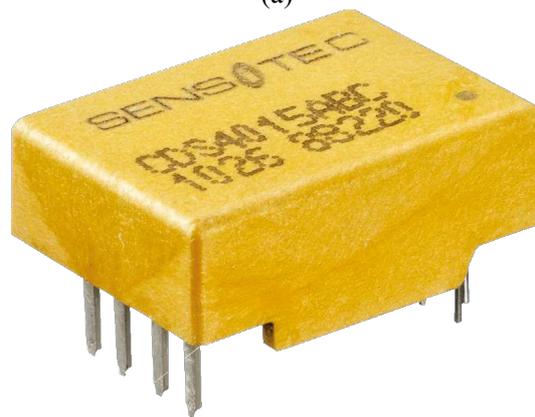
resistores, de modo que o campo gerado por eles anula o campo H1 e o sensor opera em torno de um único ponto de operação.

Se comparados aos sensores de efeito Hall, sensores magneto-resistivos possuem ainda a vantagem de não apresentar histerese e ainda possuem uma resposta dinâmica mais rápida e precisa.

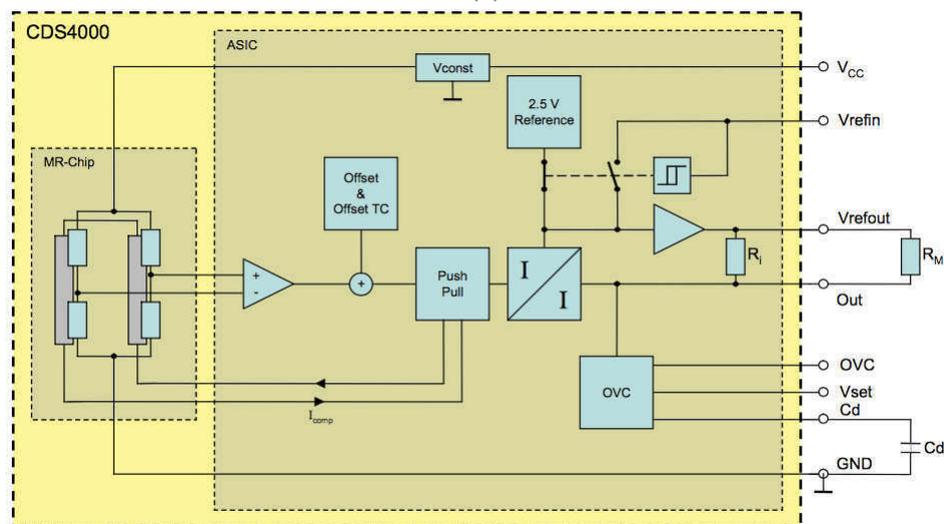
Na figura 6(a), 6(b) e 6(c) tem-se uma simplificação do circuito utilizado, um sensor comercial e o respectivo diagrama de blocos.



(a)



(b)



(c)

Figure 6 - Sensor magneto-resistivo: (a)Princípio de funcionamento;(b) Sensor Sensitec 4015;(c) Diagrama de blocos do sensor CDS4015

4 PROJETO DO SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO

Para a realização do projeto de instrumentação da bancada experimental do Laboratório de Acionamento de Máquinas do LEIAM, foram observados os seguintes requisitos de projeto:

- Deve ser possível medir tensões CA e CC com valor máximo de 600VDC
- Deve ser possível medir correntes de até 11A
- A bancada possui 4 módulos com 4 braços em cada, devendo existir um sensor de corrente para cada braço.
- Os circuitos de condicionamento devem ser intercambiáveis de modo que seja possível acrescentar sensores sem maiores esforços técnicos.
- As trilhas das placas de circuito impresso devem, por questões de realização prática, ser maiores que 0.6mm.

4.1. NOMENCLATURA DOS SINAIS

Os nomes dados aos sinais utilizados no projeto aqui apresentados seguem uma regra definida pelo autor. A utilização desta regra de nomenclatura visa manter a uniformidade da documentação e facilitar o entendimento. A regra e sua explicação encontram-se a seguir:

- Em caso de sinal Analógico/Digital:
TipoDoSinal_NomeDoSinal_Destino_Polaridade_Origem
 - Ex. D_PWM_M2_L1_POS_DSP. Que significa: Sinal Digital de PWM para o Modulo de potencia 2, Braço 1, Positivo, saindo do DSP.
- Em caso de sinal de medição:
TipoDoSinal_MEAS_Origem_Polaridade

- Ex. V_MEAS_M4_DC2_POS. Que significa: Sinal de medição de tensão, oriundo do Modulo 4, Barramento Numero 2 com polaridade positiva.

4.2. SENSOR DE TENSÃO

O sensor de tensão escolhido para o desenvolvimento do projeto foi o ACPL-C87A, que pode ser visto na figura 7. A opção por este dispositivo baseou-se nos seguintes requerimentos de projeto:

- Introdução de novas tecnologias no LEIAM
- Alta precisão
- Funcionamento em um *range* de tensões abrangente



Figure 7 - Sensor ACPL C87A da Avago Technologies

Ele consiste de amplificadores com isolamento ótico e alta precisão (+-1% de tolerância). Possui alta impedância de entrada, além de alta imunidade a sinais de modo comum, que pode ainda ser melhorada quando os resistores utilizados no circuito de condicionamento do sinal tem precisão mínima de 1%. O diagrama de circuito utilizado neste projeto é apresentado na figura 8. O esquemático completo e o layout da placa de circuito impresso encontram-se no Apêndice.

O circuito consiste num divisor de tensão na entrada para abaixar o nível de tensão até 1.5V aceitos pelo sensor em sua entrada. O sinais de saída são levados de maneira diferencial através da placa de junção de dados até a placa da condicionamento/DSP onde então passarão por um estágio de amplificação diferencial e só então serão lidos pelo DSP.

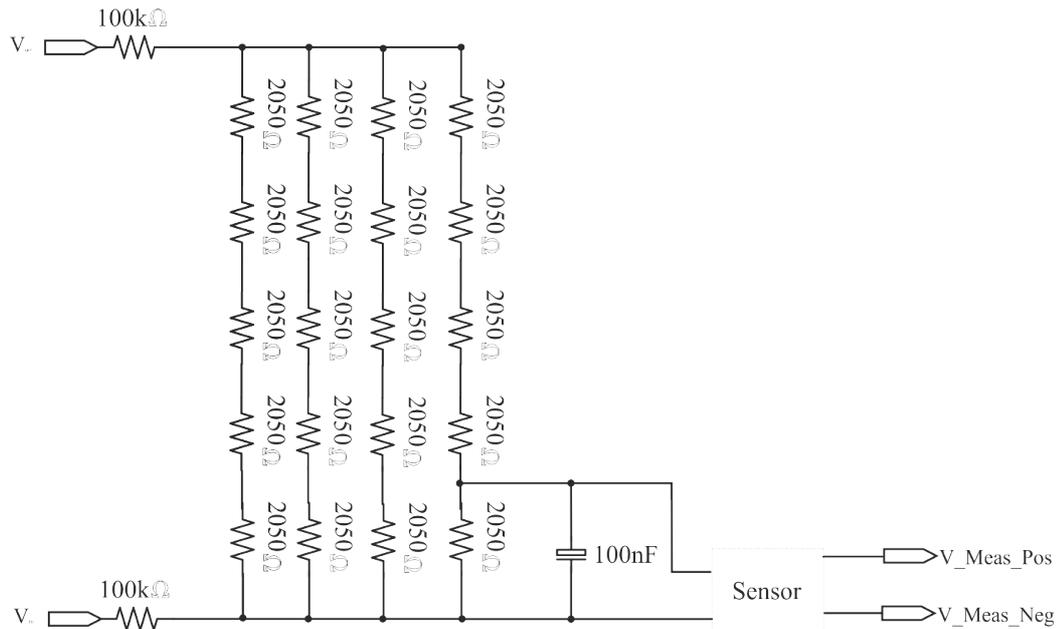


Figure 8 - Circuito de aplicação do ACPL - C87A

4.3. SENSOR DE CORRENTE

O dispositivo escolhido como sensor de corrente para o projeto desenvolvido foi o CDS4015 da Sensitec, mostrado na figura 6. Os parâmetros que nortearam a escolha do ACPL87A como sensor de corrente também se aplicam neste caso, com a ressalva do *range* de corrente e o ponto positivo deste ser um sensor com diversas funcionalidades além da medição – detecção de *overshoot* é um exemplo. A corrente entra no sensor em seu pino 9 e o deixa através do pino 10. A tensão referente àquela corrente pode ser medida de diversas formas entre os pinos 1 e 2, neste trabalho optou-se por, de forma análoga àquela realizada para os sensores de corrente, conduzir os sinais de saída de forma diferencial através da placa de junção de dados até a placa da condicionamento/DSP onde então passarão por um estágio de amplificação diferencial e só então serão lidos pelo DSP.

A funcionalidade do sensor de detectar casos de sobrecorrente não será utilizada e assim sendo, os pinos 5,6 e 8 ficaram conectados ao terra e o pino 7 será mantido não-conectado.

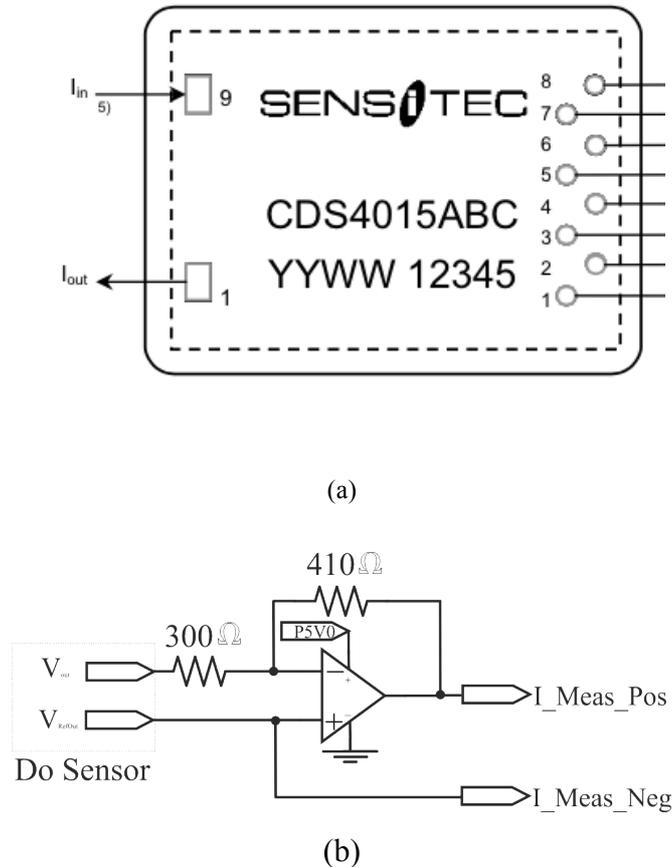


Figure 8 – Sensor CDS4015 – (a) Pinagem (b) Circuito de aplicação do sensor CDS4015

4.4. DEMAIS COMPONENTES ELETRÔNICOS

A lista completa de componentes necessários para a implementação deste projeto encontra-se no Apêndice C do presente texto.

Em todos os circuitos, optou-se pela utilização de amplificadores operacionais OP184 e resistores com tolerância mínima de 1%.

O amplificador operacional OP184 pertence a uma família de amplificadores com 4MHz de banda de frequência de operação, podendo ser alimentado em *single* ou *dual supply*. São os amplificadores de escolha quando há uma necessidade de desempenho ótimo tanto na parte CA quanto CC do sinal trabalhado. Além do mais, o desempenho dos sensores é melhorado ao ter no estágio de amplificação dispositivos com entrada *rail-to-rail*.

Na figura 9 tem-se os circuitos de condicionamento utilizados para os sinais diferenciais de tensão e corrente e para o condicionamento do sinal de PWM da saída do DSP.

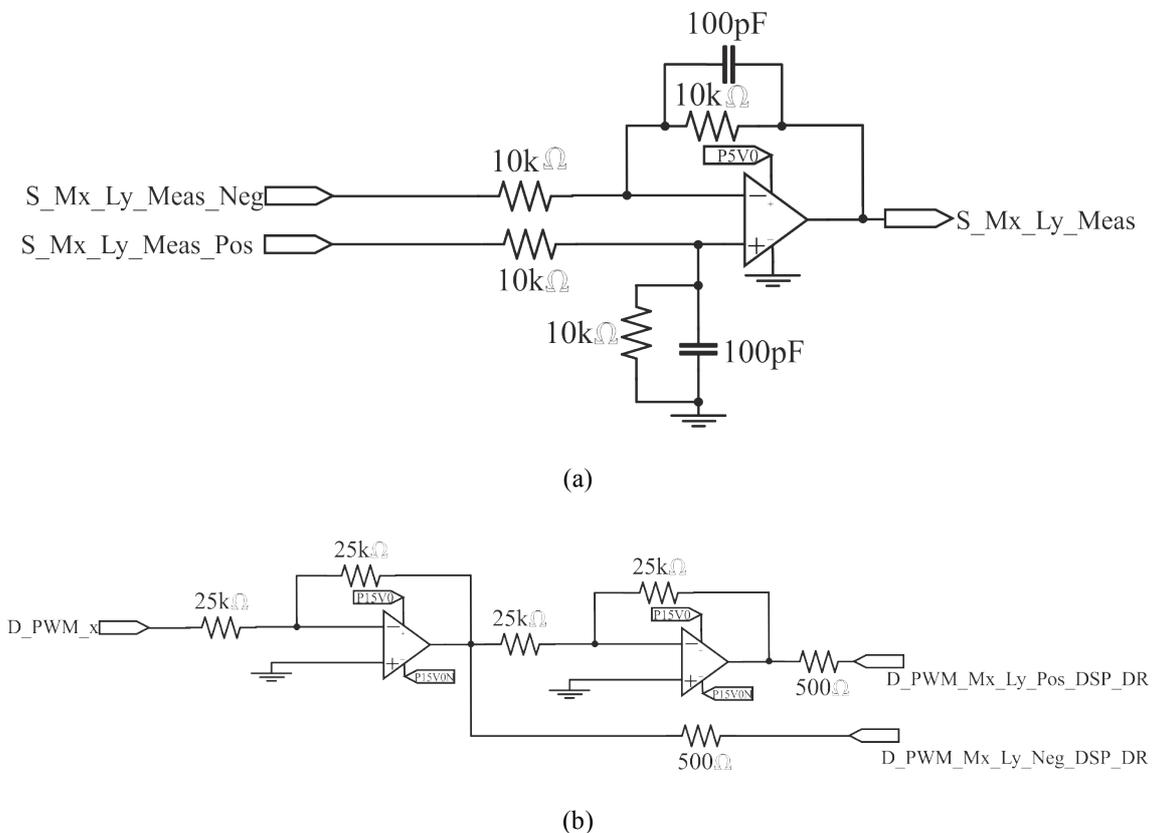


Figure 9 - Circuitos de condicionamento: (a) Condicionamento para os sinais de medição. (b) Condicionamento para sinais PWM

4.5. PLACA DE JUNÇÃO

A placa de junção é assim denominada por que é nela que os sinais originários dos sensores e do DSP são unidos e roteados ao seu destino em um numero reduzido de cabos. O diagrama esquemático desta placa e seu layout de circuito impresso podem ser encontrados no Apêndice deste trabalho.

4.6. DRIVER PWM

O circuito de *driver* que acionará os IGBT's em cada um dos braços dos módulos da bancada experimental será mantido igual ao que existe atualmente e consiste de um amplificador diferencial para obtenção de um sinal unipolar a partir dos sinais diferenciais gerados pelo circuito de condicionamento da Fig. 9(b).

O material necessário para esta implementação já encontra-se disponível no LEIAM.

4.7. ALIMENTAÇÃO

A alimentação do sistema de instrumentação será fornecida em três níveis de tensão DC mais um Terra. Os níveis são:

- +5V para alimentação dos amplificadores operacionais dos condicionamentos dos sinais medidos.
- +15V para alimentação dos amplificadores operacionais dos circuitos de condicionamento dos sinais PWM.
- -15V para para alimentação dos amplificadores operacionais dos circuitos de condicionamento dos sinais PWM.

Estes níveis de tensão serão fornecidos por uma fonte simétrica já disponível no laboratório.

Em todos os níveis de condicionamento são utilizados capacitores de 100nF para funcionamento como *buffer* de tensão, garantindo assim estabilidade no nível de tensão fornecida ao determinado circuito.

4.8. DSP

O processamento dos sinais e controle do sistema sob experimentação será feito utilizando-se um Processador Digital de Sinais (*Digital Signal Processor – DSP*). O

modelo disponível no LEIAM é o eZdsp F28335 da Texas Instruments.



Figure 10 - ezDSP

Esta placa de avaliação é baseada no TMS320F28335 da mesma empresa e disponibiliza:

- Frequência de operação em 150MHz
- Processamento em ponto flutuante de 32 bits
- Memória RAM de 64KBytes
- Memória Flash de 512KBytes
- Conversor analógico/digital de 12 bits com 16 canais
- Comunicação RS-232 e CAN
- *Debugging* através de JTAG

O DSP será posicionado na mesma placa de circuito impresso dos circuitos de condicionamento e seguirá as definições de pinagem já utilizadas como padrão no LEIAM.

5 CONCLUSÃO

A realização de atividades de estágio voltadas para o desenvolvimento de sistemas eletrônicos dentro do LEIAM foi de grande importância para solidificar e expandir conhecimentos que durante o curso não se tem a oportunidade de praticar de maneira adequada, como por exemplo, a criação de esquemáticos e layout de placas de circuito impresso.

Devido a restrições de tempo, a implementação do sistema não foi realizada. Ainda assim este documento foi escrito e pensado de tal forma que um outro estudante possa utiliza-lo como referencia na realização destas atividades que podem ser divididas em:

- Aquisição dos componentes
- Prototipagem dos circuitos
- Testes dos protótipos em alguns pontos de operação
- Instalação do DSP
- Montagem dos braços removidos por terceiros
- Montagem dos sensores
- Cabeamento da bancada
- Teste do sistema de aquisição Offline
- Teste da bancada completa

Como sugestão para o curso, fica claro que nós alunos necessitamos ter mais contato com projetos desde o inicio do curso de modo que os conhecimentos de gerenciamento de tempo e requerimentos sejam solidificados ao longo do tempo na vida acadêmica.

É interessante que sejam aliadas a estes projetos outras habilidades requisitadas pelo mercado e pouco trabalhadas durante o curso que seriam o trabalho com ferramentas de simulação de circuitos e ferramentas CAD. Talvez grupos como o PET e o Ramo Estudantil possam auxiliar os professores e a coordenação na elaboração de mini-cursos para este fim.

BIBLIOGRAFIA

Microchip. **AN0990 – Analog Sensor Conditioning Circuits – An Overview**. Microchip Technology Inc. 2005

Jae Lee, Min. **Signal Conditioning Circuit Design**. Michigan State University. 2011

Cerqueira Bastos, Miguel. **Current Measurements for Power Converters**. CERN POCPA 2012

Measurement Computing. **Data Acquisition Handbook**

ABNT. **NBR 10520 - Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2002. p. 7.

ABNT. **NBR 6023 - Informação e documentação - Referências - Elaboração**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2002. p. 24.

ABNT. **NBR 6028 - Informação e documentação - Resumo - Apresentação**. [S.l.]: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2003. p. 2.

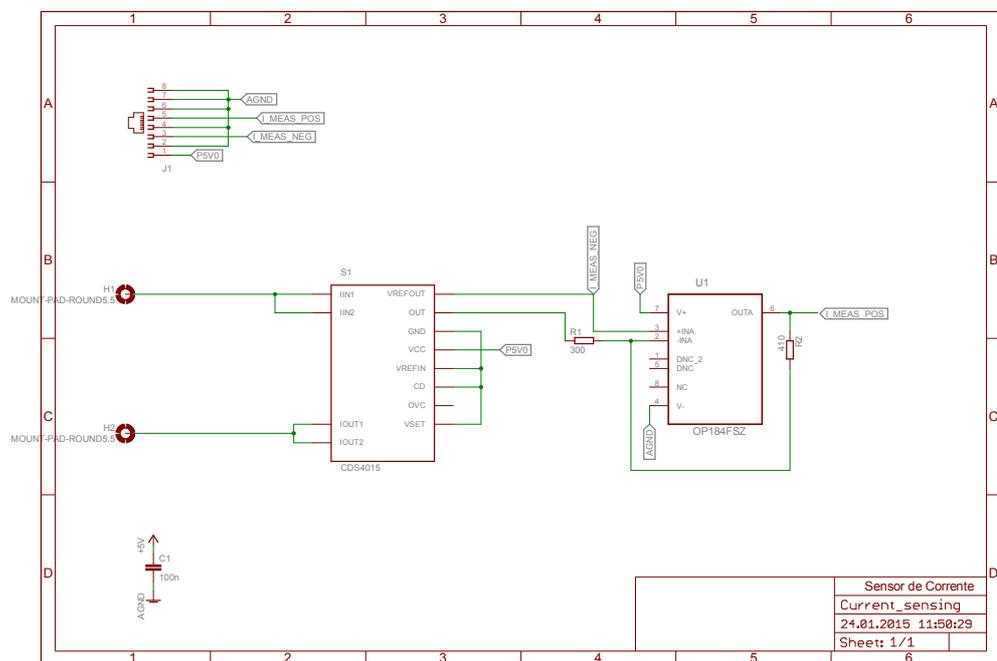
ABNT. **NBR 14724 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 30 dez. 2005. p. 9.

ABNT. **NBR 6034 - Informação e documentação - Índice - Apresentação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2005. p. 4.

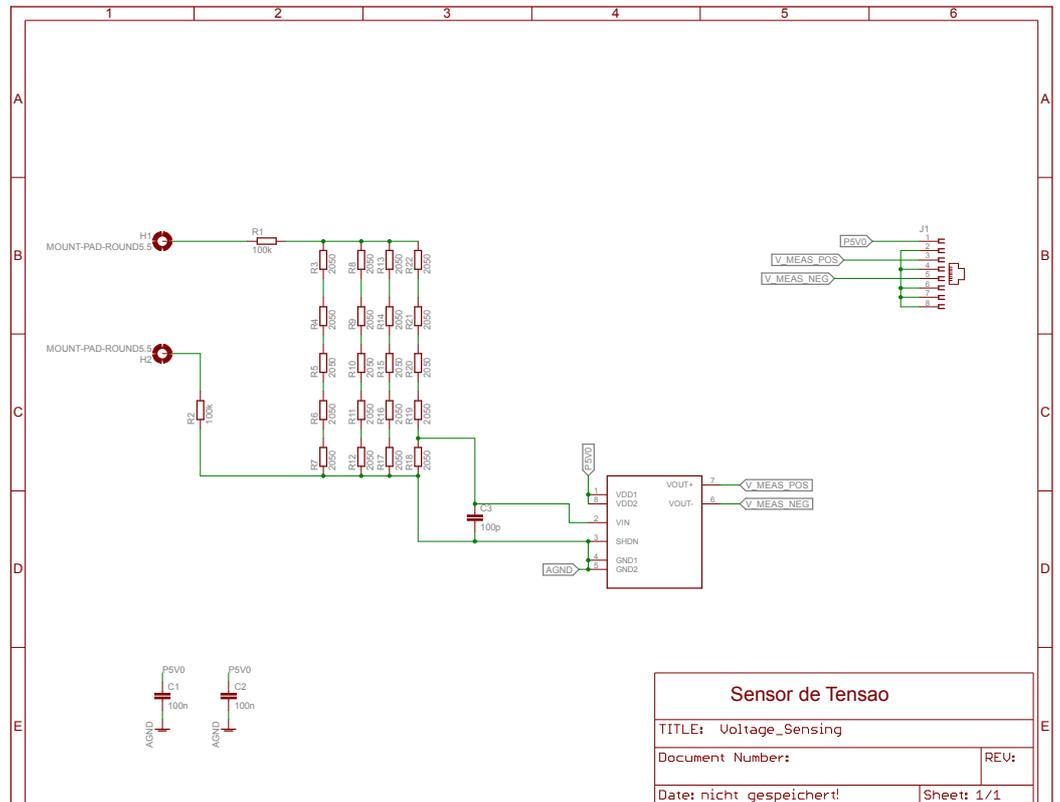
INMETRO. Unidades Legais de Medida. **Inmetro**, 2010. Disponível em:
<<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/unidLegaisMed.asp?iacao=imprimir>>. Acesso em: 12 ago. 2010.

APÊNDICE A – ESQUEMÁTICOS

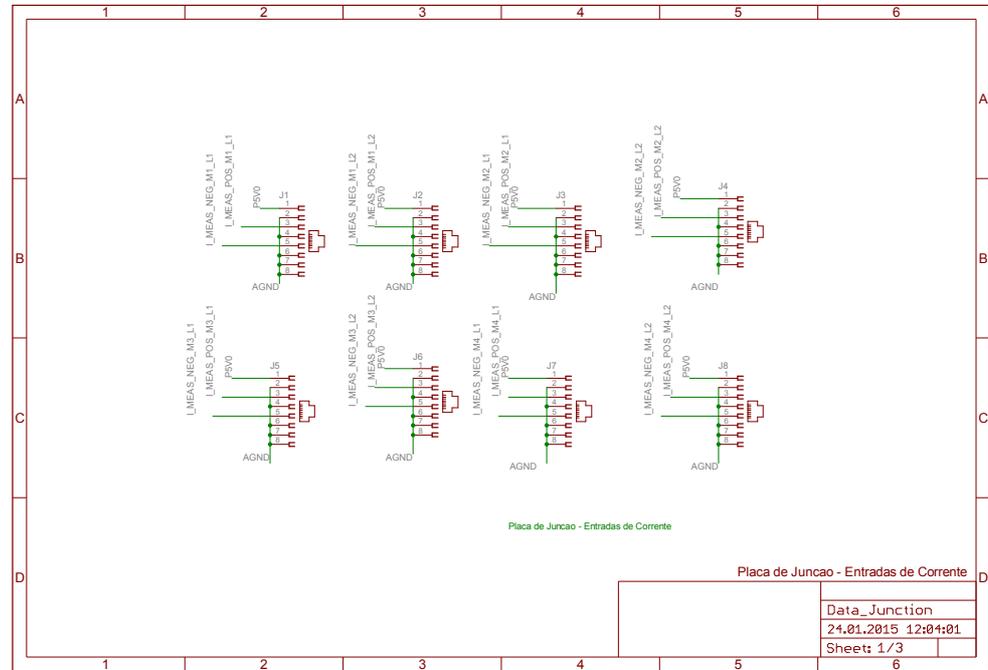
A.1 SENSOR DE CORRENTE

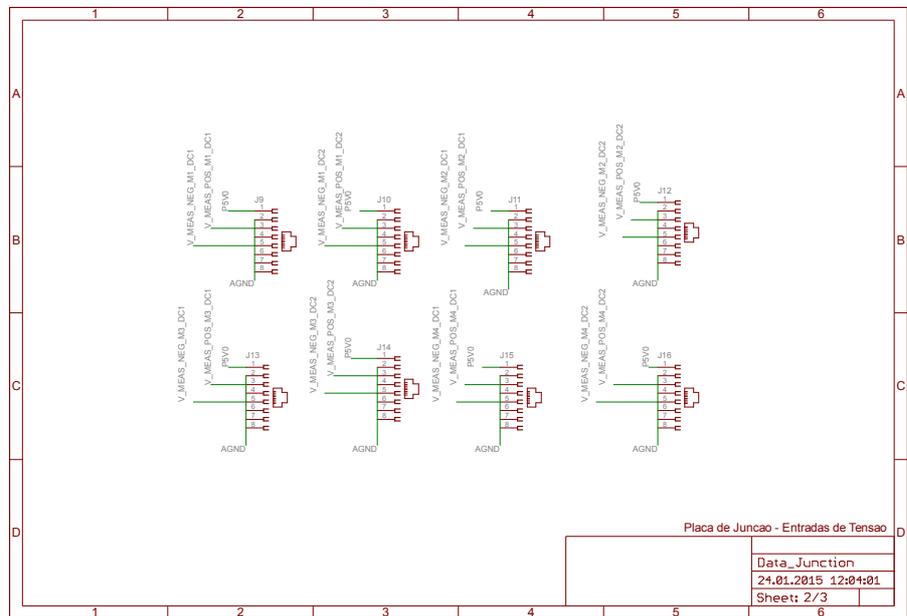


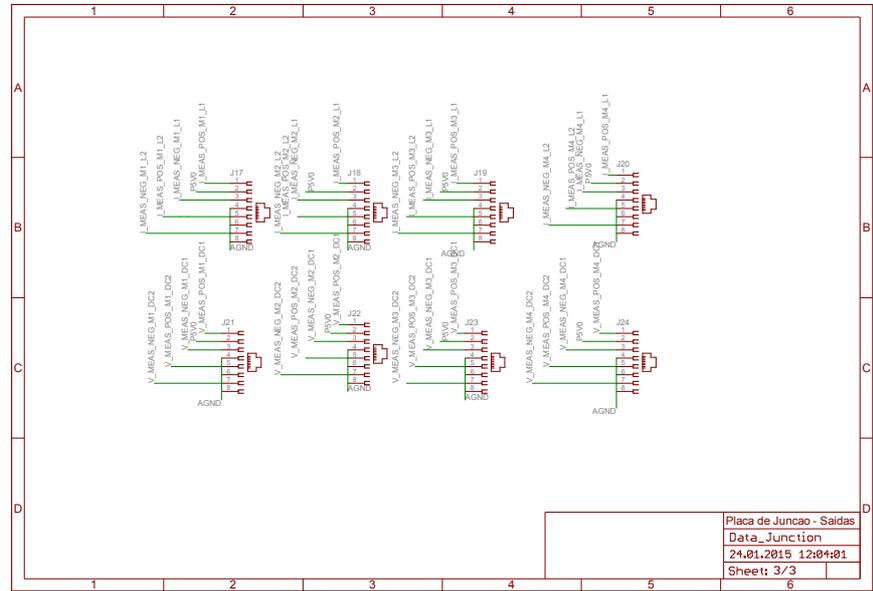
A.2 SENSOR DE TENSÃO



A.3 PLACA DE JUNÇÃO

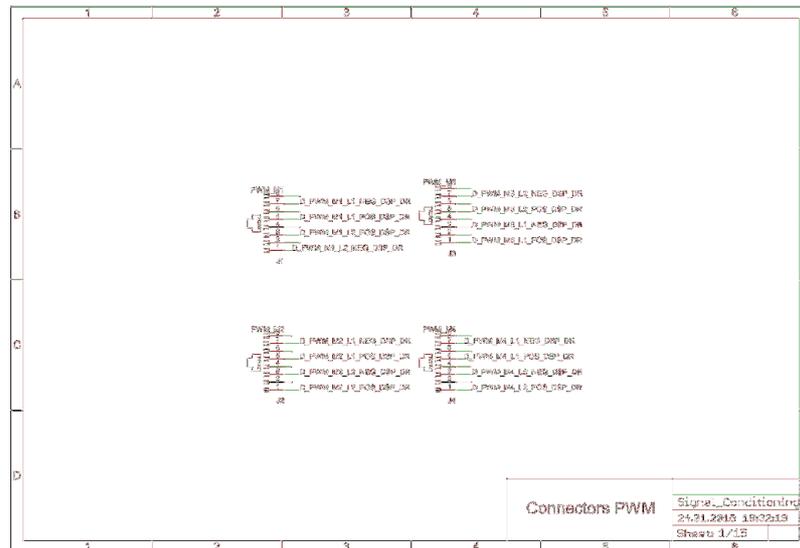


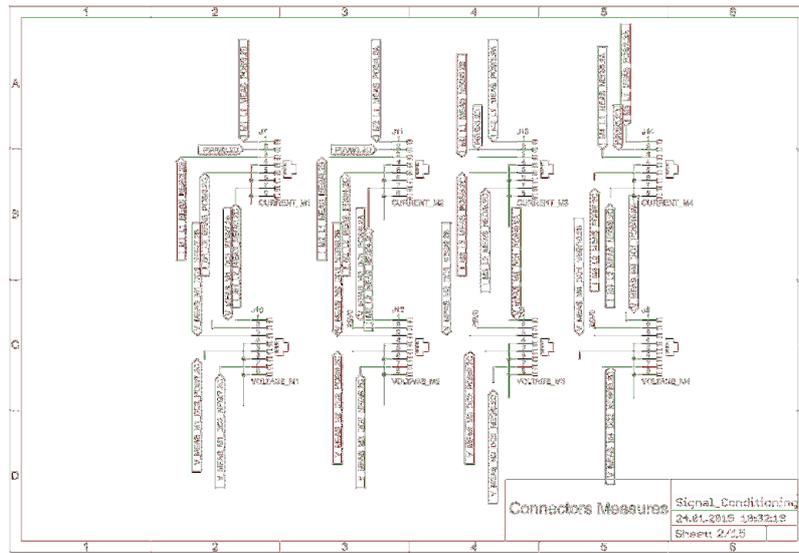




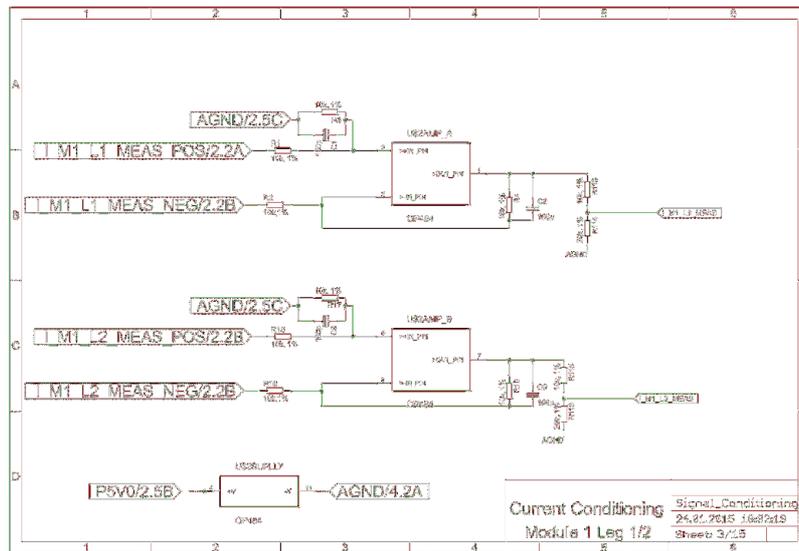
Placa de Juncao - Saidas	
Date_Junction	
24.01.2015 12:04:01	
Sheet: 3/3	

A.4. CONDICIONAMENTO DE SINAIS

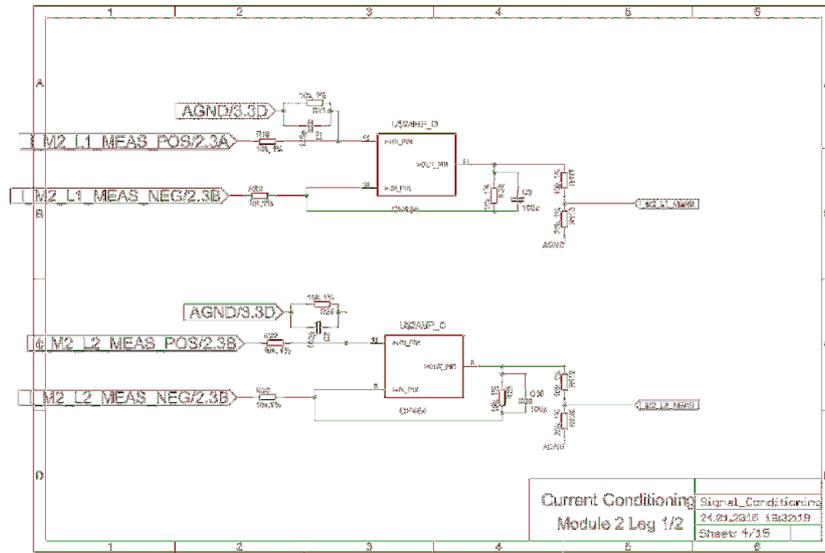




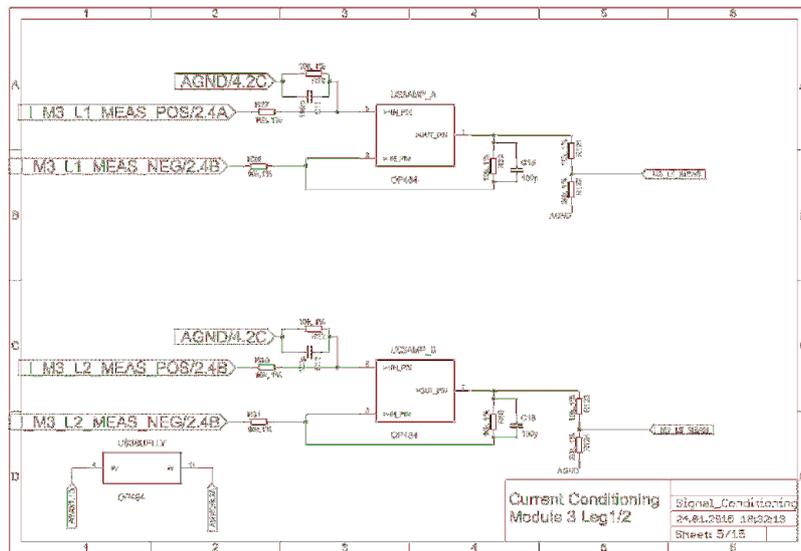
24.01.2015 16:32:42 f=0.60 C:\Users\Rodolphe\Documents\legle\TCC_R\Signal_Conditioning.sch (Sheet: 2/15)



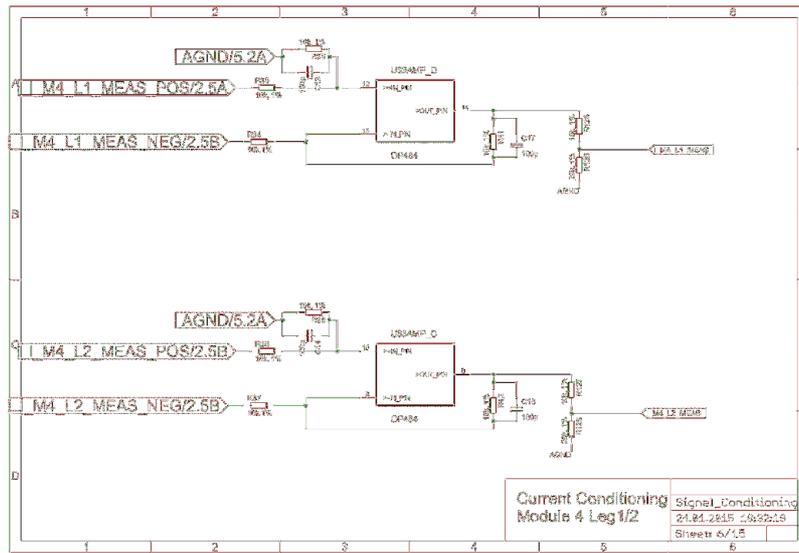
24.01.2015 16:32:44 f=0.60 C:\Users\Rodolphe\Documents\legle\TCC_R\Signal_Conditioning.sch (Sheet: 3/15)



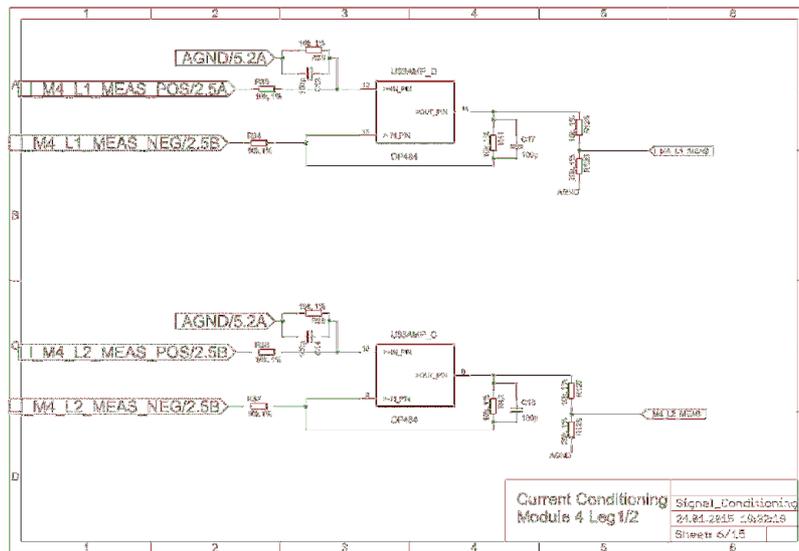
24.01.2015 18:32:45 f=0.00 C:\Users\Rodolpho\Documents\eeegle\TCC_RVMSignal_Conditioning.sch (Sheet: 4/15)



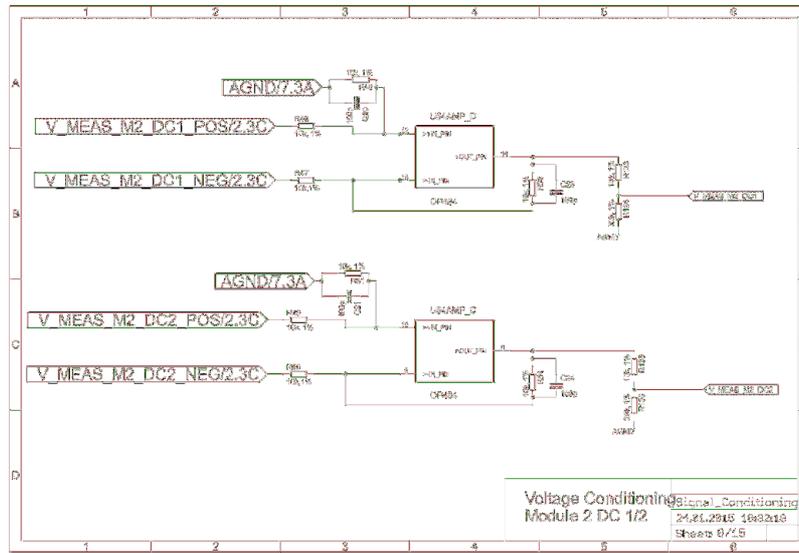
24.01.2015 18:32:46 f=0.00 C:\Users\Rodolpho\Documents\eeegle\TCC_RVMSignal_Conditioning.sch (Sheet: 5/15)



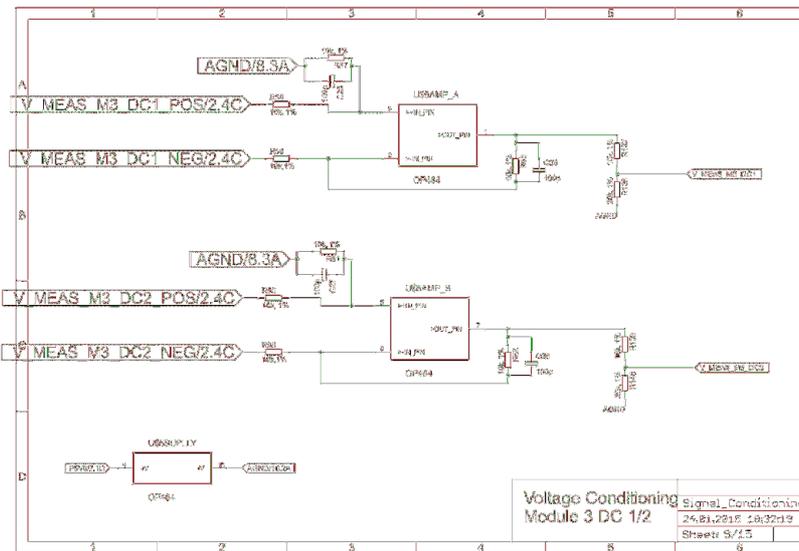
24.01.2015 18:52:47 f=0.00 C:\user\Radolph\Documents\atcg\ATCG_RFM\Signal_Conditioning.sch (Sheet: 6/15)



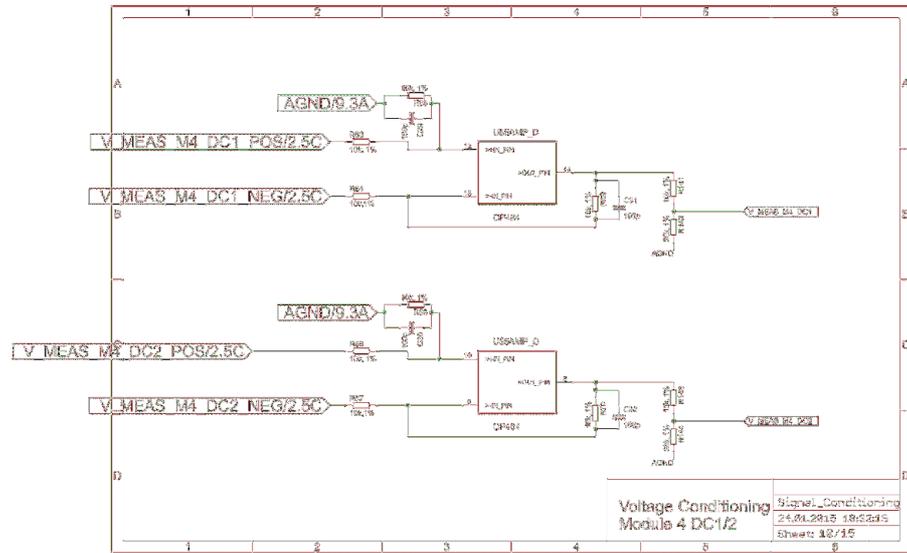
24.01.2015 18:52:47 f=0.00 C:\user\Radolph\Documents\atcg\ATCG_RFM\Signal_Conditioning.sch (Sheet: 6/15)



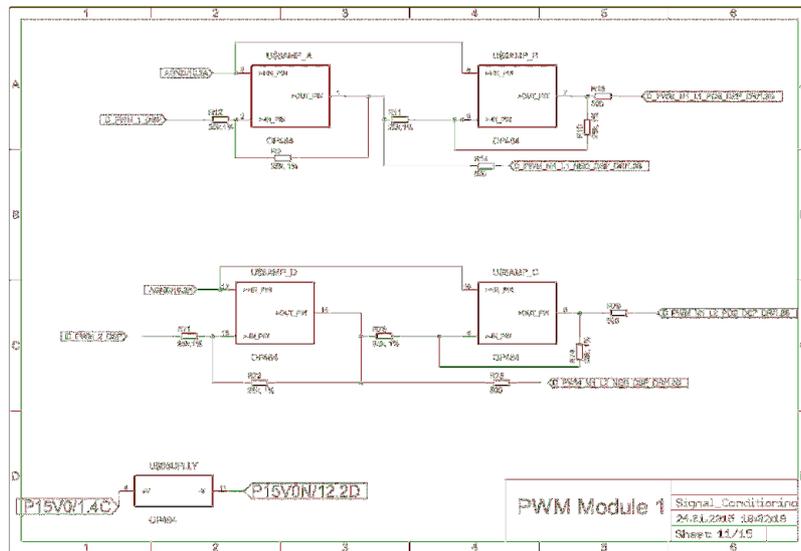
24.01.2015 18:32:49 f=0.00 C:\Users\Rodolphe\Documents\leglo\TCC_Riv\Signal_Conditioning.ech (Sheet: 8/15)



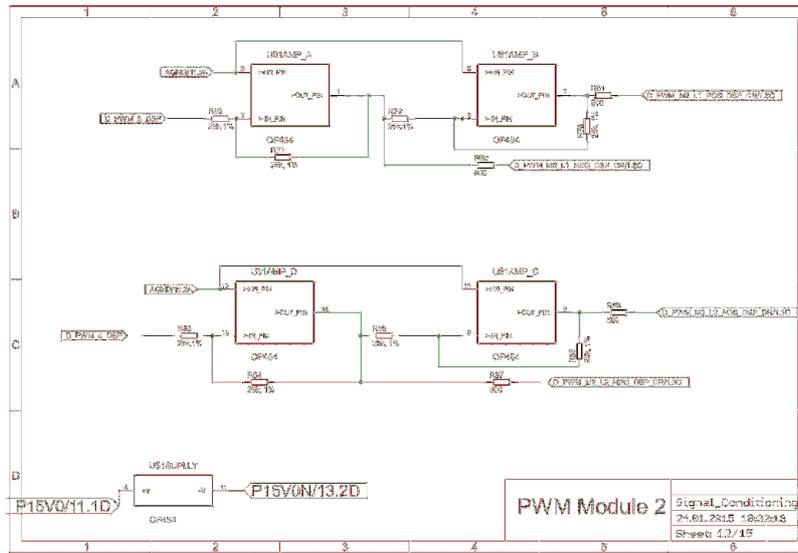
24.01.2015 18:32:50 f=0.00 C:\Users\Rodolphe\Documents\leglo\TCC_Riv\Signal_Conditioning.ech (Sheet: 9/15)



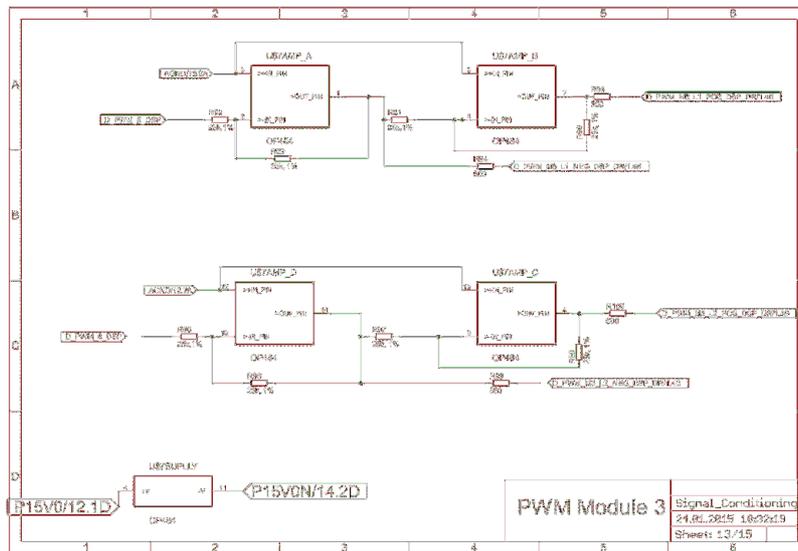
24.01.2015 18:32:51 f=0.80 C:\Users\Rodolph\Documents\teleg\TCC_RM\Signal_Conditioning.sch (Sheet: 10/15)



24.01.2015 18:32:52 f=0.80 C:\Users\Rodolph\Documents\teleg\TCC_RM\Signal_Conditioning.sch (Sheet: 11/15)



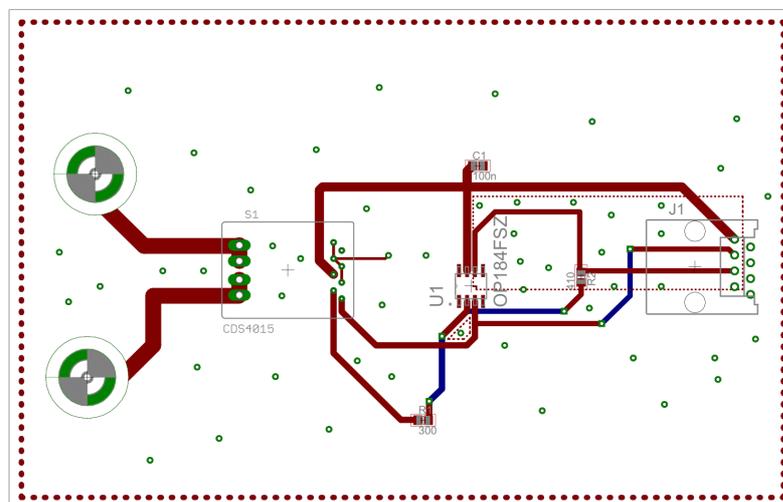
24.01.2015 18:32:53 f=0.00 C:\Users\Rodolph\Documents\eeagle\TCC_RM\Signal_Conditioning.sch (Sheet: 12/15)



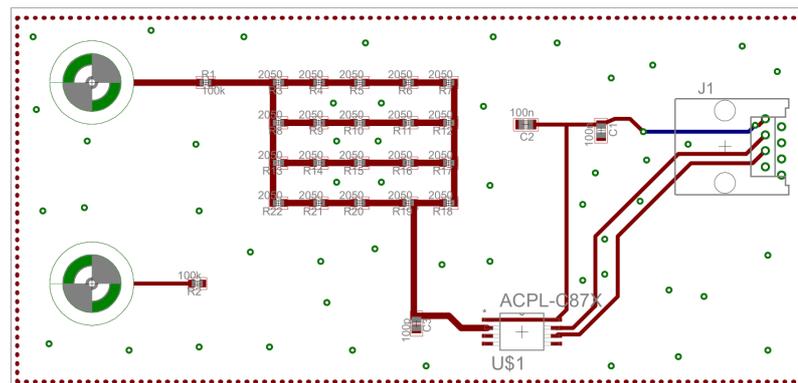
24.01.2015 18:32:54 f=0.00 C:\Users\Rodolph\Documents\eeagle\TCC_RM\Signal_Conditioning.sch (Sheet: 13/15)

APÊNDICE B – PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

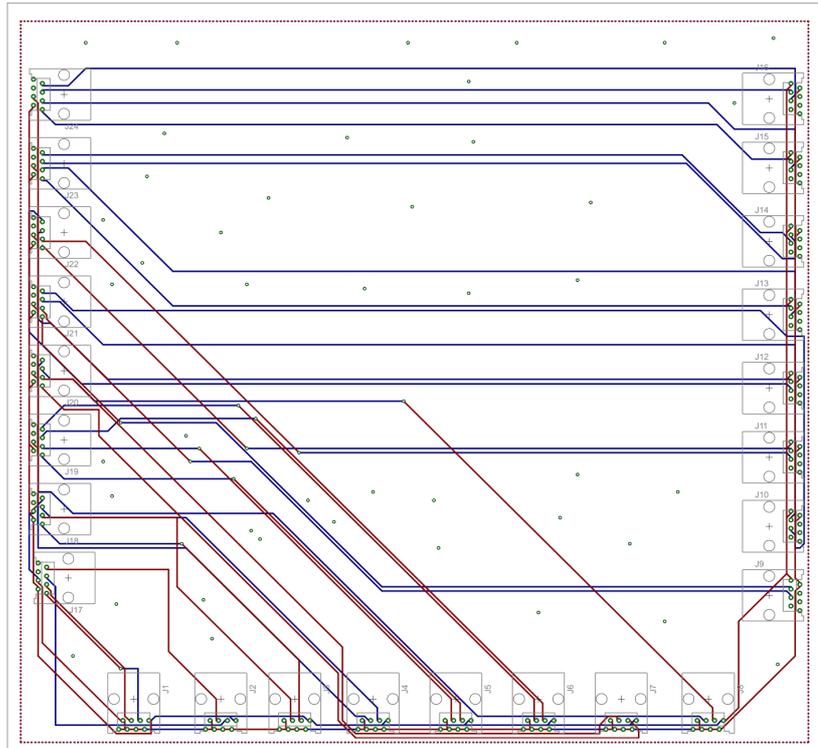
B.1 – SENSOR DE CORRENTE



B.2 SENSOR DE TENSÃO



B.3 PLACA DE JUNÇÃO



B.4 CONDICIONAMENTO DOS SINAIS

