

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JAMMES GASPAR FERREIRA DAS NEVES

**DESENVOLVIMENTO DE MÓDULO ELETRÔNICO PARA CONTROLE DE
ILUMINAÇÃO E MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA
AMBULÂNCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2016

JAMMES GASPAR FERREIRA DAS NEVES

**DESENVOLVIMENTO DE MÓDULO ELETRÔNICO PARA
CONTROLE DE ILUMINAÇÃO E MONITORAMENTO DE
ENERGIA ELÉTRICA PARA AMBULÂNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Elétrica – DAELE – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Bertotti

Coorientador: Prof. Me. Ósis Eduardo da Silva Leal

PATO BRANCO

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**DESENVOLVIMENTO DE MÓDULO ELETRÔNICO PARA CONTROLE DE ILUMINAÇÃO E MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AMBULÂNCIA**”, do aluno **JAMMES GASPAS FERREIRA DAS NEVES** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **99** de 2016.

Fizeram parte da banca os professores:

Prof. Dr. Fábio Luiz Bertotti

Prof. Me. Ósis Eduardo da Silva Leal

Prof. Dr. Juliano de Pelegrini Lopes

Prof. Dr. Gustavo Weber Denardin

A ATA de Defesa assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

DEDICATÓRIA

Aos meus familiares, em especial aos meus pais Jonas e Mercedes por todo esforço feito para que eu pudesse cursar a graduação e pela compreensão durante este período.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente meus pais por fornecer todo o amparo necessário para que pudesse cursar essa graduação. Agradeço também aos colegas de faculdade Caíque, Eduardo, Kaio e Lucas, no qual compartilhamos do mesmo teto e pude aprender muito durante esse período. Sou muito grato também ao Elton, a Vilma, ao Jonathan e a Evelyn por terem me acolhido no primeiro semestre da graduação fornecendo todo carinho e amor que uma família fornece a um de seus membros.

Agradeço também ao meu orientador Professor Dr. Fábio Luiz Bertotti e ao coorientador Professor Me. Ósis Eduardo da Silva Leal por toda a paciência e orientação no desenvolvimento desse trabalho e nas disciplinas e projetos desenvolvidos no período da graduação.

Aos colegas de graduação, por terem feito parte dessa história compartilhando dos desafios impostos pelo curso de engenharia elétrica e vencendo-os um a um até o fim, gostaria de agradecê-los e salientar que um dos motivos de estar aqui, terminando a graduação, foi pela amizade e auxílio durante o curso.

Agradeço também a UTFPR e a todos os colaboradores que de uma forma ou de outra foram responsáveis para que pudesse realizar a graduação.

Por fim, mas não menos importante, um muito obrigado aos colegas do Lapa por compartilharem da amizade e conhecimento durante o desenvolvimento desse trabalho, em especial ao acadêmico Julio Cesar Leme por todo o suporte e dedicação, compartilhando de sua experiência e conhecimento, agregando de forma significativa a este trabalho.

RESUMO

NEVES, Jammes Gaspar Ferreira das. Desenvolvimento de um Módulo Eletrônico para Controle de Iluminação e Monitoramento de Energia Elétrica para Ambulância. 2016. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um novo módulo eletrônico para controle de iluminação e monitoramento de energia elétrica para ambulância. Tem o intuito de atualizar tecnologicamente o módulo existente, monitorar grandezas elétricas como tensão e corrente em alguns pontos. Os dados adquiridos serão armazenados em um cartão de memória, com o intuito de acompanhar o funcionamento da unidade em condições normais de uso, ou seja, durante o atendimento. Para implementar o módulo foi necessário realizar um estudo em uma ambulância do Samu de Pato Branco- PR, levantando os requisitos do projeto e para adequar o novo módulo ao sistema, sem modificar os circuitos elétricos da unidade. Para desenvolver o módulo, utilizou-se de microcontrolador MSP430F5529, conversores CC-CC, cartão de memória entre outros componentes. O módulo contempla um *display* para avaliação do funcionamento da ambulância *in loco*.

Palavras-chave: Módulo Eletrônico. Controle de Iluminação. Monitoramento de Energia Elétrica, Ambulância, Samu.

ABSTRACT

NEVES, Jammes Gaspar Ferreira das. Desenvolvimento de um Módulo Eletrônico para Controle de Iluminação e Monitoramento de Energia Elétrica para Ambulância. 2016. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

This work aims to develop a new electronic module for lighting control and power monitoring for ambulance. Besides that, this work also performs a technological upgrade on the existing module and also to monitor electrical parameters, such as voltage and current at some points of the circuit. The data is acquired in a memory card, in order to keep the unit operating in normal use conditions, which means, during the ambulance service. Aiming the module's assembling, it was necessary to conduct a study on an ambulance, located in Pato Branco-PR, to acquire the project requirements and to adapt the new module to the system, without modifying the unit's electrical circuits. The MSP430F5529 microcontroller, DC-DC converters, memory cards among others components were used to develop the module. It has a display attached for functionality analysis of the on-site ambulance.

Keywords: Electronic Module, Lighting Control, Power Monitoring, Ambulance.

LISTAS DE TABELA

Tabela 1- Dados Referentes ao Samu	15
Tabela 2: Ganho de Tensão de Conversores CC-CC	25
Tabela 3: Características de alguns dispositivos da família MSP430	30
Tabela 4: Resultados do Teste do Conversor CC-CC.....	52
Tabela 5: Resultados obtidos no Teste do Sensor de Corrente em Bancada.....	76
Tabela 6: Resultado do Teste dos Conversores CC-CC	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tomadas e Interruptores da Ambulância do Samu	16
Figura 2: Iluminação Interna da Unidade de Socorro	17
Figura 3: Iluminação Extra Presente nas Ambulâncias do Samu	19
Figura 4: Diagrama em Blocos do Módulo de Controle de Iluminação Externa	20
Figura 5: Evolução das Principais Fontes de Emissão de Luz Branca.....	22
Figura 6: Regulador Linear Básico	23
Figura 7: Conversor CC-CC Básico	24
Figura 8: Tensão de Saída do Conversor CC-CC Básico	24
Figura 9: Conversores CC-CC	25
Figura 10: a)- Diagrama em Blocos Básico de um Sistema Microprocessado	29
Figura 11: Vista Superior do Módulo Desenvolvido.....	32
Figura 12: Vista Frontal do Módulo Desenvolvido	32
Figura 13: Vista Superior da Placa Inferior.....	33
Figura 14: Vista Superior da Placa Superior	33
Figura 15: Diagrama em Bloco do Sistema	34
Figura 16: Sensor de Corrente Implementado	37
Figura 17 – Imagem do Teste do Sensor de Corrente	39
Figura 18: Divisor de Tensão	40
Figura 19: Driver de Acionamento para Luminárias de 12 V _{DC}	41
Figura 20: <i>Driver</i> de Acionamento para Luminárias de 20 V _{DC}	43
Figura 21: Corrente de Saída pela Tensão V _{DIM}	43
Figura 22: Configuração de Montagem dos Conversores para Teste	44
Figura 23: Imagem do Teste dos Conversores CC-CC.....	45
Figura 25: Disposição das Luminárias do Samu	46
Figura 26: Gráfico da Resposta Teórica e Prática do Sensor do Corrente	51
Figura 27: Níveis de tensões da saída <i>driver</i> 1	53
Figura 28: Tempo de acionamento da luminária (ton).....	53
Figura 29 : Tempo em que a Luminária é Mantida Desligada.....	54
Figura 30: Informações sobre o Funcionamento da Luminária na Rotina 1	54
Figura 31: Período de execução da segunda rotina.....	55
Figura 32: Tempo de Espera para Início do Próximo Ciclo.	55
Figura 33: Tempo de duração de um Ciclo da Rotina 2	56
Figura 34: Informações sobre o Funcionamento da Luminária na Rotina 1	56
Figura 35: Leitura de 2 Sensores de 2 conjunto de Luminária Distintos	57
Figura 36: Grandezas Monitoradas - Vin, Iin e Vout.....	58
Figura 37: Resposta dos Sensores Referente ao Período de 1,7 a 2,1 s	59
Figura 38: Resultado do Teste realizado no Multiplexador	60
Figura 39: Grandezas Monitoradas pelo Sistema	61
Figura 40: Saída dos Sensores dos Drivers D3 e D6.....	62
Figura 41: Saídas dos <i>Driver</i> D7 e D8.....	63
Figura 42: Perturbação na Tensão de Entrada (Vin) do Sistema.....	64

Figura 43: Perturbação na Tensão de Entrada (V_{in}) do Sistema	65
Figura 44: Resposta dos <i>Driver</i> para uma Perturbação na Tensão de Saída (V_{out}) ..	66
Figura 45: Resposta do <i>driver</i> D6 Substituído	67
Figura 46: Teste com Sobrecarga no Circuito	68
Figura 47: Curto Circuito Realizado na Carga Acionada por D1	69
Figura 48: Curto Circuito Realizado na Carga Acionada por D5	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo Geral.....	12
1.1.2	Objetivos específicos.....	12
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	AMBULÂNCIAS DO SAMU	14
2.2	Tomadas e Equipamentos.....	15
2.3	Sistema de Iluminação	17
2.3.1	Iluminação Interna	17
2.3.2	Iluminação Externa	18
2.4	MÓDULO DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO EXTERNA	20
2.5	ILUMINAÇÃO A LED	21
2.6	CONVERSORES CC-CC	23
2.7	MEDIÇÃO DE CORRENTE E TENSÃO.....	26
2.8	MICROCONTROLADORES	28
2.8.1	Família de Microcontroladores MSP430.....	29
2.8.2	Armazenamento em Cartão de Memória.....	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1	APRESENTAÇÃO DO SISTEMA	32
3.2	MATERIAIS	35
3.3	METODOLOGIA	36
3.3.1	Circuito de medição de corrente.....	36
3.3.2	Circuitos de medição de tensão	39
3.3.3	Circuito <i>Driver</i> para os LEDs	40
3.3.4	Conversores CC-CC <i>Boost</i>	44
3.3.5	Sistema Microcontrolado	45
3.3.6	Lógica de Funcionamento das Luminárias	46
3.3.7	Desenvolvimento do Firmware	47
4	RESULTADOS	50
4.1	Resultados Individuais.....	50
4.1.1	Sensor de Corrente	50
4.1.2	Conversores CC-CC.....	51
4.1.3	Lógicas de Acionamento e Teste no Sensor dos <i>Drivers</i> D1 a D6	52
4.1.4	Leituras de Tensão de Entrada (V_{in}), Tensão de Saída (V_{out}) e Corrente de Entrada (I_{in}).....	57
4.1.5	Teste de funcionamento da lógica de seleção dos canais do multiplexador	59

4.1.6	Funcionamento total do módulo	60
4.1.7	Teste da resposta do módulo para variação na tensão de entrada (V_{in})	63
4.1.8	Teste da resposta do módulo para variação na tensão de saída (V_{out}).....	65
4.1.9	Teste realizado após substituição do <i>driver</i> D6	66
4.1.10	Teste com sobrecarga	67
4.1.11	Teste com curto circuito em D1 e D5.....	68
5	CONCLUSÕES.....	71
	REFERÊNCIAS.....	73
	APÊNDICE A: Circuito do módulo de controle existente	75
	APÊNDICE B: Resultados obtidos no Teste do Sensor de Corrente em Bancada ...	76
	APÊNDICE C: Resultado do Teste dos Conversores CC-CC	77

1 INTRODUÇÃO

O objetivo do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência – Samu 192 é chegar até o paciente (vítima em quadro de urgência ou emergência de natureza clínica, cirúrgica, traumática, obstétrica, pediátrica, psiquiátrica, entre outras) de forma rápida para executar o atendimento pré-hospitalar, diminuindo os riscos de sequelas, o tempo de sofrimento, tempo de internação em hospitais e muitas vezes até evitando mortes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014).

O sistema opera 24 horas por dia, todos os dias da semana, de forma totalmente gratuita. As ambulâncias são equipadas com equipamentos médicos e recursos humanos qualificados, de forma a prestar o melhor atendimento pré-hospitalar possível (PORTAL BRASIL, 2009).

De acordo com os dados da Sage (Sala de Apoio à Gestão Estratégica), o Samu atendeu, no ano de 2015, mais de 155 milhões de habitantes.

Com base nas descrições acima, é perceptível a importância dos serviços oferecidos à população pelo Samu. Para um perfeito funcionamento do sistema, as ambulâncias do Samu devem estar sempre à disposição e com todos os itens em perfeito estado, para que a equipe possa fazer o atendimento à vítima de forma eficiente e segura para ambas as partes.

Para um perfeito funcionamento das ambulâncias do Samu, tanto a parte mecânica quanto a parte elétrica não devem possuir falhas nem mau funcionamento. Destacando a parte elétrica, o mau funcionamento dos circuitos eletrônicos pode causar uma falha nos equipamentos médicos instalados na unidade, expondo o paciente a risco ou até mesmo deixando de fornecer à vítima um atendimento mais adequado (ANVISA, 2004).

Além de falhas nos equipamentos como descrito anteriormente, defeitos na parte elétrica pode colocar em risco a equipe, paciente e até mesmo a população por falta de sinalização sonora e/ou visual por exemplo. Foi relatado por um funcionário do Samu de Pato Branco – PR, que a sinalização visual, em especial a sinalização lateral, traz muita segurança para a equipe e pacientes, sendo impraticável o resgate com esse tipo de sinalização com problemas de funcionamento.

De acordo com os estudos realizados por uma equipe de pesquisadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), do *campus* Pato Branco, foram detectadas dificuldades consideráveis (inexistência de diagramas elétricos, por exemplo) para a manutenção do circuito elétrico das ambulâncias, principalmente pela falta de mão de obra qualificada em regiões distantes de grandes centros urbanos (BERTOTTI; LEAL, 2014)

De acordo com os coordenadores do SAMU na cidade de Pato Branco – PR, as unidades com problemas elétricos são, muitas vezes, encaminhadas para Curitiba – PR ou São Paulo – SP pela existência de técnicos qualificados para realizarem os reparos nessas cidades. Observa-se que o CIRUSPAR (Consórcio Intermunicipal da Rede de Urgências do Sudoeste do Paraná) tem o custo de manutenção acrescido, pois além do valor do reparo do problema, surgem os custos inerentes ao deslocamento das ambulâncias para estas localidades (BERTOTTI; LEAL, 2014).

Além disso, a maior parte dos problemas registrados ocorre no módulo de controle de iluminação da ambulância. Em testes realizados pela equipe da UTFPR foram constatados alguns fenômenos eletromagnéticos que possam ter causado os sucessivos danos nos módulos, como presença de harmônicos e transitórios eletromagnéticos na rede de corrente contínua.

Destaca-se que as possíveis causas dos danos no módulo podem estar relacionadas a eventos externos, porém para conclusões mais precisas faz-se necessário o monitoramento das grandezas elétricas do sistema da ambulância em condições normais de uso, ou seja, no atendimento de emergências.

Além disto, em uma avaliação preliminar realizada pela equipe, constatou-se que o módulo possui tecnologia defasada e que não há mecanismos de proteção contra sobrecorrente, por exemplo. Tal fato sugere que existem falhas no projeto do equipamento.

Com base no exposto, surge a necessidade de desenvolver um módulo para monitoramento e controle de iluminação, visando atualizar a tecnologia empregada, prover mecanismos de proteção e monitorar os eventos do sistema elétrico da ambulância, possibilitando detectar e corrigir possíveis falhas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um módulo eletrônico para controle de iluminação e monitoramento de energia elétrica para ambulância do Samu.

1.1.2 Objetivos específicos

- Estudo do sistema elétrico da ambulância e do módulo de controle de iluminação existente;
- Avaliação dos requisitos para o projeto do novo módulo de controle de iluminação, definição dos parâmetros e sinais elétricos a serem monitorados;
- Desenvolvimento do sistema microcontrolado para controle de iluminação e aquisição de sinais do sistema elétrico;
- Integração de conversores CC-CC para alimentar as lâmpadas de LED (*Light emitter diode*);
- Montar a Placa de Circuito Impresso (PCI) do módulo;
- Testes preliminares de funcionamento;
- Instalação e avaliação do módulo desenvolvido em uma ambulância.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho se inicia fazendo uma breve descrição sobre as ambulâncias do Samu. O Capítulo 2 pode ser dividido em duas partes, a primeira tem o intuito de situar o leitor sobre o funcionamento da ambulância dando ênfase para os equipamentos presentes na unidade, as tomadas para alimentação dos

equipamentos, o sistema de iluminação da unidade e o módulo existente para controle de iluminação. A segunda parte explana a teoria envolvida no módulo de controle e monitoramento, como pode ser observado nas seções 2.5, 2.6 e 2.7.

O Capítulo 3 apresenta o módulo desenvolvido, os principais materiais utilizados, os métodos utilizados para projetar circuitos ou escolher *kits* empregados no módulo, a lógica de funcionamento das luminárias e o desenvolvimento do *firmware*. O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos nos testes individuais dos circuitos presentes no módulo, resultado dos *kits* testados para serem utilizados e os resultados obtidos no sistema completo. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas e sugere melhorias ou dicas para eventuais trabalhos futuros nessa direção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AMBULÂNCIAS DO SAMU

Os veículos de socorro podem ser designados e equipados para diferentes situações do dia-a-dia. Algumas ambulâncias têm, por exemplo, equipamentos médicos e equipe qualificada apenas para fazer o transporte de paciente que não corre risco de vida, outros já são preparados para o resgate e transporte de vítimas que correm risco de vida. De acordo com o Sitmed (2008), existem 7 tipos distintos de classificação para veículos de socorro:

Tipo A – ambulância de transporte: veículo destinado ao transporte em decúbito horizontal de pacientes que não apresentem risco de vida, para remoções simples e de caráter eletivo;

Tipo B – ambulância de suporte básico: veículo destinado ao transporte inter-hospitalar de pacientes;

Tipo C – ambulância de resgate: veículo de atendimento de emergências pré-hospitalares de pacientes vítimas de acidentes ou pacientes em locais de difícil acesso, com equipamentos de salvamento (terrestre, aquático e em alturas);

Tipo D – ambulância de suporte avançado: veículo destinado ao atendimento e transporte de pacientes de alto risco em emergências pré-hospitalares e/ou de transporte inter-hospitalar que necessitam de cuidados médicos intensivos;

Tipo E – ambulância de transporte médico: aeronave de asa fixa ou rotativa utilizada para transporte inter-hospitalar de pacientes e aeronave de asa rotativa para ações de resgate, dotada de equipamentos médicos homologados pelo departamento de aviação civil – dac;

Tipo F – nave de transporte médico: veículo motorizado hidroviário destinado ao transporte de pacientes por via marítima ou fluvial. Deve possuir os equipamentos médicos necessários ao atendimento dos mesmos conforme sua gravidade;

Veículos de intervenção rápida: também chamados de veículos leves, rápidos ou de ligação médica são utilizados para transporte de médicos com equipamentos que possibilitam oferecer suporte avançado de vida nas ambulâncias do tipo a, b, c e f. (SITMED, 2008)

Grande parte da frota do Samu é composta por ambulâncias de suporte básico e ambulâncias de suporte avançado (UTIs móveis). Na Tabela 1, verifica-se o número total de habitantes que são abrangidos pelo atendimento Samu, como também o número de veículos existentes.

As ambulâncias de suporte básico, de acordo com o Ministério da Saúde, estão aptas a realizarem o resgate de urgência, porém, que não haja vítima correndo risco de vida. Alguns equipamentos médicos que estão presentes nesses tipos de veículos são: pranchas para imobilização, colares cervicais, talas, cilindro

com oxigênio, aspirador, esfigmomanômetro e estetoscópio (medir pressão arterial), entre outros materiais para pequenos procedimentos de enfermagem. A equipe é composta por um motorista e um técnico ou auxiliar em enfermagem (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Conhecidas também como UTIs móveis, as ambulâncias de suporte avançado, segundo o Ministério da Saúde, são compostas dos mesmos equipamentos das ambulâncias de suporte básico, acrescentadas com alguns equipamentos que estão presentes em UTIs, como monitor-desfibrilador, respirador, oxímetro de pulso entre outros. Esses veículos são chamados em casos que há vítimas que correm risco de vida, como vítimas de armas brancas, infartos entre outros. São formadas por um motorista, um profissional de enfermagem e um médico. Ambos os tipos de ambulância do Samu são equipadas com sinalizadores óptico e acústico (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Tabela 1- Dados Referentes ao Samu

Ano	População	%	Municípios Atendidos	Ambulâncias Básicas	Ambulâncias Avançadas	Motolâncias	Embarcações e Aeromédicos
2012	134.540.128	71	2.484	2.166	545	187	8 e 4
2013	141.089.175	74	2.759	2.287	554	208	9 e 6
2014	150.487.160	78	2.944	2.402	568	216	8 e 7
2015	155.983.958	78	3.049	2.525	583	226	13 e 7

Fonte: Sala de Apoio à Gestão Estratégica (SAÚDE, 2016).

2.2 TOMADAS E EQUIPAMENTOS

Para alimentar os equipamentos médicos presentes na unidade, a ambulância do Samu dispõe de tomadas com tensões de 12 V_{DC} e 110 V_{AC}. Na Figura 1 observa-se a disposição das tomadas (1 a 6) e dos interruptores (7 a 11) do veículo. As tomadas 1 e 2 fornecem tensão de 12V_{DC} e as tomadas 3, 4, 5, e 6 suprem a tensão de 110V_{AC} para o sistema. A luminária dicróica de LED, situada na parte superior da unidade de socorro, pode ser acionada pelo interruptor 7, já os interruptores 8 e 9 acionam as luminárias LEDs de dupla intensidade, instaladas

também na parte superior da unidade (8 acende as luminárias do lado direito e 9 a do lado esquerdo). O exaustor e o ventilador da unidade são ligados em 10, e 11 aciona o inversor de tensão. Os itens situados e instalados na parte superior da unidade de socorro e que são acionados pelos interruptores da Figura 1 podem ser visualizados na Figura 2, onde 1 indica o exaustor, 2 aponta para luminárias LEDs de dupla intensidade, 3 é a luminária dicróica de LEDs e 4 o ventilador (RONTAN, 2013).

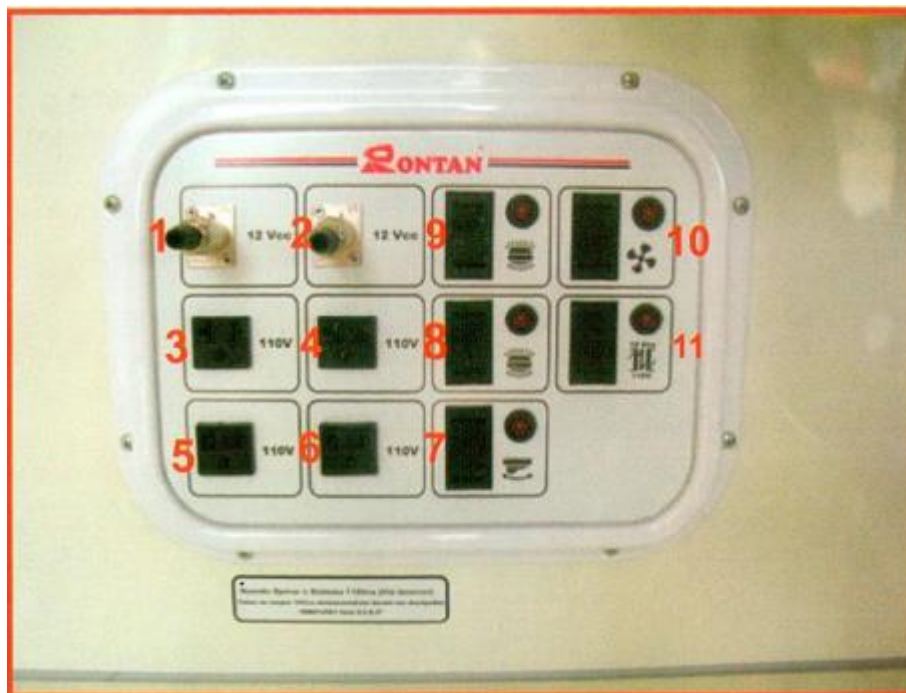


Figura 1: Tomadas e Interruptores da Ambulância do Samu
Fonte: Manual Prático do Usuário

Em uma das ambulâncias do Samu de Pato Branco-PR, os seguintes equipamentos estão presentes: bomba de infusão ST550T2 e oxímetro GTM91094-0605-FW (ambos alimentados por 110 V_{AC}), respirador Leistung PR4-G (alimentado com tensão nominal de 12 V_{DC}), monitor cardíaco/desfibrilador Philips® HEARTSTART MRX. Pelo fato das unidades serem equipadas com esses equipamentos, por exemplo, justifica a existências desse tipo de alimentação presente nas ambulâncias, fazendo com que o atendimento pré-hospitalar possa ser realizado com o suporte dos equipamentos.

2.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Além dos faróis originais e iluminação da cabine que vem nos veículos, a iluminação extra se faz necessária para assegurar um melhor atendimento e proporcionar uma maior segurança aos envolvidos no resgate.

2.3.1 Iluminação Interna

Na unidade de socorro existe a adição de iluminação para que o socorro dos pacientes possa ser executado de maneira eficiente. Na Figura 2 pode-se verificar a disposição das luminárias internas, onde 2 é luminária LEDs de dupla intensidade e 3 é luminária LEDs dicróicas.

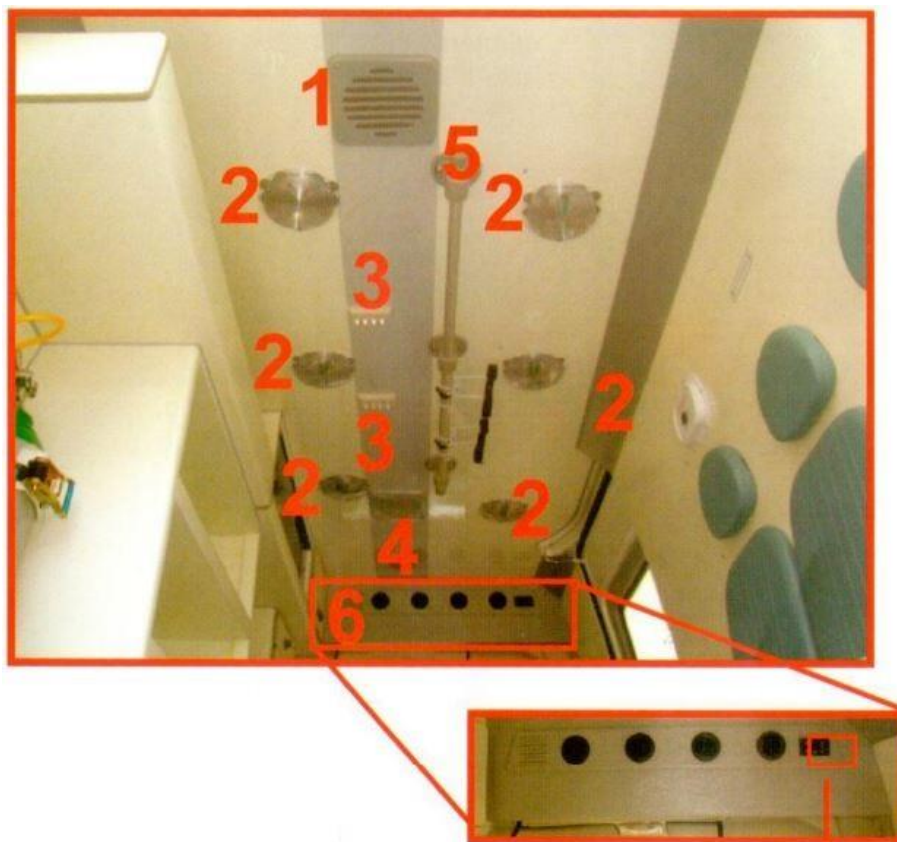


Figura 2: Iluminação Interna da Unidade de Socorro
Fonte: Manual Prático do Usuário

De acordo com a norma NBR 14561_2000, a iluminação interna da unidade de socorro deve ter luz branca e intensidade superior a 50 cd/m medida no piso da unidade e sem interferência de luz ambiente externa. No mínimo 90% da superfície da maca deve receber a intensidade luminosa mínima de 115 cd/m. O sistema de iluminação não pode ser conectado ao circuito de 110 V_{AC} (ABNT, 2000).

2.3.2 Iluminação Externa

A iluminação externa básica dos veículos de resgate deve atender as resoluções 680/87e 692/88 do Contran. Em síntese, deve conter faróis (2 brancos ou 4 brancos) dianteiros para iluminação, luzes intermitentes dianteiras e traseiras (4 ambares) (seta) para sinalização de direção ou emergência, refletores traseiros (2 vermelhos) para indicar a presença do veículo e aumentar a segurança em funcionamento, luzes traseiras de indicação de frenagem (2 vermelhas), luz traseira de marcação de ré (1 branca) e luz traseira (1 branca) de placa (CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2008).

Para uma maior segurança e agilidade na prestação de socorro, iluminação extra se faz presente nas ambulâncias do Samu. Na Figura 3 (A), observa-se as luzes dianteiras, regulamentadas pela norma NBR 14561_2000. O acionamento dessas luzes é feita pelo amplificador situado na cabine. A principal função desse conjunto óptico, junto com a sinalização sonora (sirene), é fazer com que as ambulâncias tenham prioridade de passagem. Segundo o Código de Trânsito Brasileiro, quando os condutores dos veículos que estão à frente veem as luzes do quadro A em funcionamento, é obrigado fornecer passagem ao veículo em questão, dirigindo-se para a pista da direita ou até mesmo parando em algum local para que a ambulância possa passar (CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2008).

Na Figura 3 (D) estão presentes as luzes de sinalização traseira (vermelhas) e a luz de embarque traseiro (branca), a principal função das luzes traseira é trazer segurança ao paciente e à equipe de socorristas, o acionamento dessas luminárias é feito no módulo de controle de iluminação externa. A luz de embarque traseira é acionada junto à abertura das portas traseiras, e ilumina o local

para que a equipe possa realizar o socorro e a remoção da vítima, mesmo em condições de pouca luminosidade natural.

O strobo, instalado junto aos faróis do veículo, está destacado na Figura 3 (C) e é acionado pelo operador através do rádio amplificador do veículo, conforme cada missão programada.

As lâmpadas de sinalização laterais estão representadas na Figura 3 (B), a luz em destaque é a luz de embarque lateral, que é acionada junto à abertura da porta lateral. A função é a mesma da luz de embarque traseira. Já as luzes de sinalização (2 vermelha e 1 branca de cada lado do veículo), tem como função sinalizar o local que está sendo realizado o socorro, trazendo maior segurança aos envolvidos. É acionada e tem o funcionamento controlado pelo módulo de controle de iluminação externa, o mesmo que controla as luzes de sinalização traseira.



Figura 3: Iluminação Extra Presente nas Ambulâncias do Samu
Fonte: Manual Prático do Usuário

2.4 MÓDULO DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO EXTERNA

O módulo de controle de iluminação externa é responsável por controlar todo o funcionamento das luzes de sinalização citadas na seção anterior. Como pode ser verificado na Figura 3, são 3 luminárias em cada lado (2 vermelhas nos extremos e 1 branca centralizada) e mais 2 luminárias traseiras (2 vermelhas).

O funcionamento do módulo está representado no diagrama em bloco da Figura 4. Verifica-se que as luzes de sinalização traseiras (LUM VERM PEQ 1 e LUM VERM PEQ 2) são acionadas e controladas diretamente da tensão de 12 V_{DC} e não tem nenhuma proteção contra sobrecorrente e sobretensão.

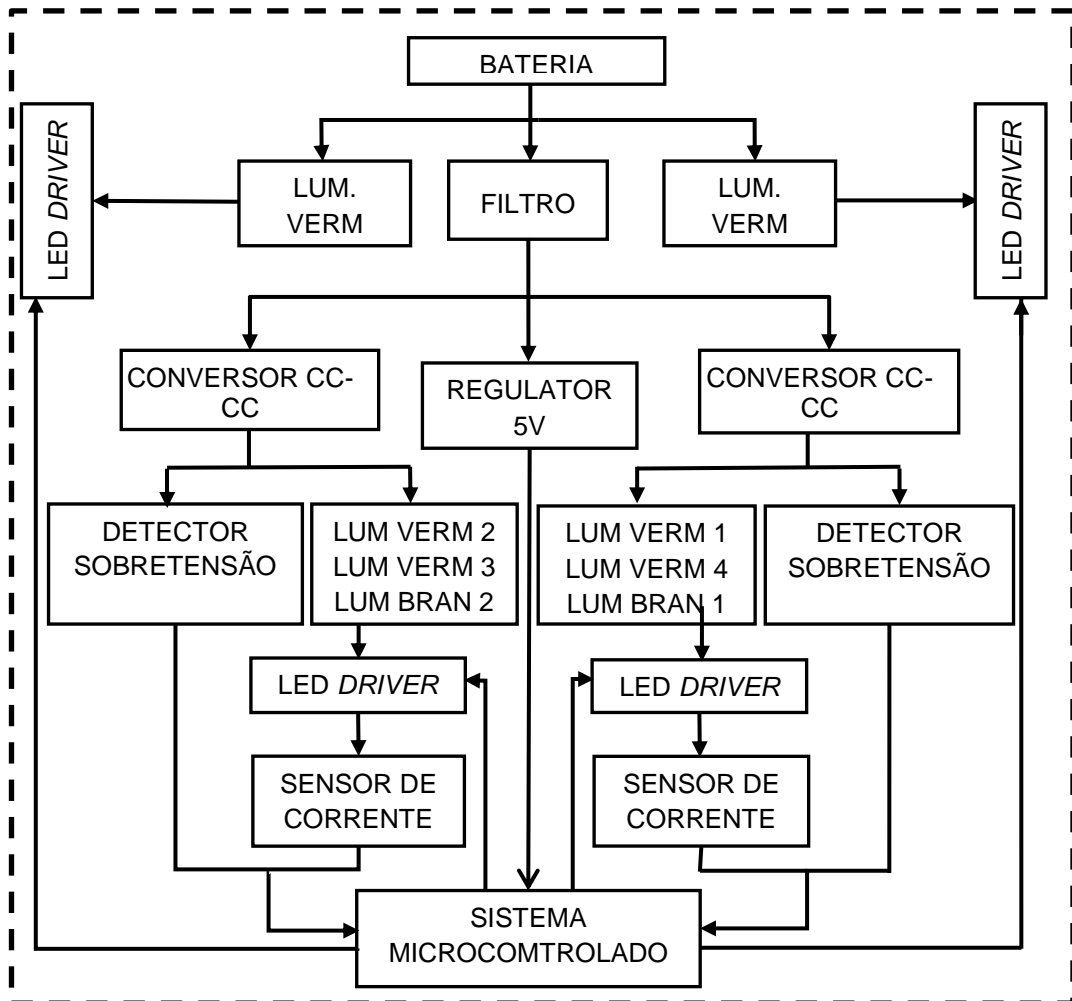


Figura 4: Diagrama em Blocos do Módulo de Controle de Iluminação Externa

Fonte: Autoria Própria

As luzes laterais necessitam de uma maior tensão na sua alimentação e, por isso, necessitam de um conversor CC-CC do tipo *boost* para elevar a tensão do sistema. Outra diferença em relação ao circuito de acionamento das luzes traseiras é a proteção presente para as luminárias LEDs.

Existe um circuito para detectar sobretensão e um circuito para detectar sobrecorrente. Em ambos os circuitos, caso ocorra uma variação nessas grandezas elétricas, uma mudança de estado no pino do microcontrolador da placa vai ocorrer fazendo com que o sistema microcontrolado execute uma tarefa para proteger a luminária.

A lógica de funcionamento do sistema e o sinal para comando dos *driver* provem de um microcontrolador da família PIC fabricado pela empresa Microchip®. A instrução para o sistema microcontrolado iniciar suas ações vem do amplificador situado na cabine do veículo, sendo acionado pelo operador da ambulância, enviando um degrau de tensão de 12 V_{DC} para a placa. Um circuito para aquisição e adequação do nível do sinal recebido para acionar o PIC faz parte do sistema microcontrolado, juntamente com um circuito de resistores de *pull-up* para as entradas digitais no microcontrolador. O circuito do módulo de controle da iluminação externa pode ser verificado no Apêndice A

2.5 ILUMINAÇÃO A LED

A iluminação artificial consome cerca de 20% da energia gerada no mundo. É notório que haja pesquisa e evolução no modo como se ilumina os ambientes sempre buscando mais conforto e eficiência. Desde a invenção da lâmpada incandescente, que tem o funcionamento por aquecimento de um filamento no vácuo, de Thomas Edison em 1879, o mundo pode observar mudanças no modo de se conseguir luz, como por exemplo, por descarga elétrica através de um gás ou vapor. Na década de 1930, a OSRAM® produziu a primeira lâmpada fluorescente para tensão da rede em condições de uso (OLIVEIRA, 2007).

No início dos anos de 1960, o primeiro dispositivo utilizado como indicador empregando LED e o fenômeno da eletroluminescência foi desenvolvido por Nick Holonyak Jr. Pesquisas foram avançando nos estudos dos LEDs e

atualmente existem LEDs que emitem diferentes cores e possuem elevada eficiência, tornando-se viável a produção de luminárias a LED (SÁ JUNIOR, 2010).

A evolução sobre o diodo emissor de luz branca permite a aplicação dessa tecnologia na iluminação de ambientes e também está sendo aplicada em iluminação pública (LOPES, 2014). A Figura 5 ilustra a evolução das principais fontes de luz branca e a eficiência alcançada por elas.

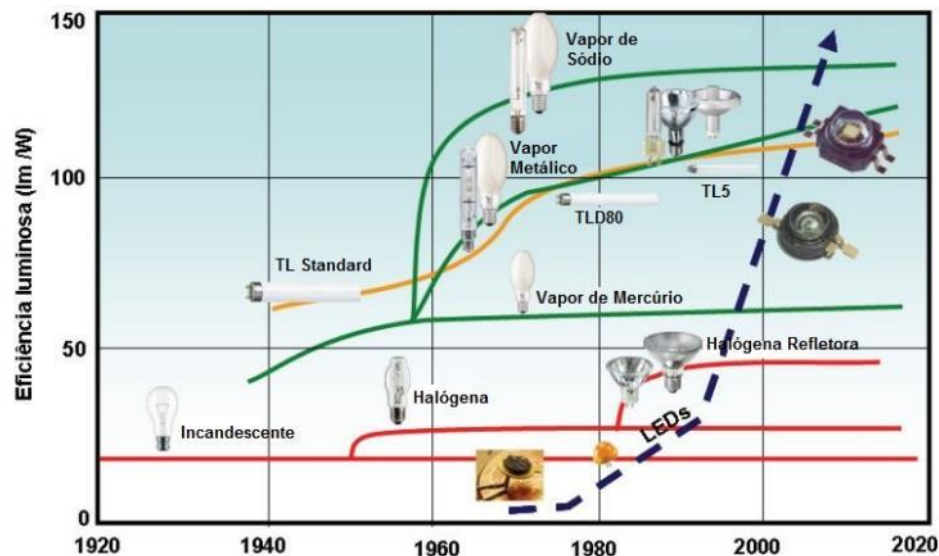


Figura 5: Evolução das Principais Fontes de Emissão de Luz Branca
Fonte: Adaptado de Sá Junior (2010)

Uma característica importante dos LEDs está em seu acionamento, podendo ser feito de forma suave, ou seja, não necessita de um pico de tensão para fazer a ignição, como ocorre em lâmpadas de descarga. As lâmpadas a LEDs podem ser acionadas e terem sua intensidade luminosa aumentada gradativamente, dando um conforto maior para o usuário. Um exemplo onde seria muito bem vinda essa aplicação é em ônibus que faz o transporte noturno de passageiros, pois quando se aproxima de pontos de parada, são acionadas lâmpadas internas, na grande maioria fluorescente, em sua intensidade nominal, fato que expõem os passageiros a uma variação brusca e repentina no nível de iluminação e isso causa um desconforto (PINTO, 2008).

A iluminação a LED também vem sendo amplamente utilizada em aplicações embarcadas ou em sistemas que utilizam baterias como fontes de alimentação. São utilizados LEDs nesse tipo de aplicação devido à baixa tensão de

operação (2,5 a 4 V), operando com corrente contínua. O controle de luminosidade do LED pode ser feito facilmente controlando a corrente de polarização direta, pois a intensidade luminosa emitida é proporcional à corrente (PINTO, 2008).

A corrente também deve ser controlada porque o LED apresenta um coeficiente de temperatura negativo para a resistência, o que implica em uma diminuição da resistência com o aumento da temperatura. Com isso, a corrente que de polarização direta aumenta, causando mais aquecimento. O controle de corrente se faz necessário para limitar esse ciclo (PINTO, 2008).

2.6 CONVERSORES CC-CC

Um conversor CC-CC pode ser entendido como um sistema formado por semicondutores operando como chaves, e por elementos passivos, geralmente indutores e capacitores, que controlam o fluxo de energia entre a fonte de entrada e a fonte de saída (MARTINS; BARBI, 2006).

Quando comparado com um regulador de tensão linear, a maior vantagem do conversor CC-CC é a eficiência. Um regulador de tensão linear simples pode ser representado por uma resistência variável em série com a carga, fazendo com que a tensão entregue à carga seja a diferença entre a tensão de entrada com a queda de tensão no resistor variado (HART, 2001).

A Figura 6 representa um modelo de regulador linear básico, onde pode-se verificar que quanto maior a diferença de tensão existente entre a carga e a entrada, menor será a eficiência do sistema, pois a maior parte da potência ficará no elemento que está em série, por exemplo.

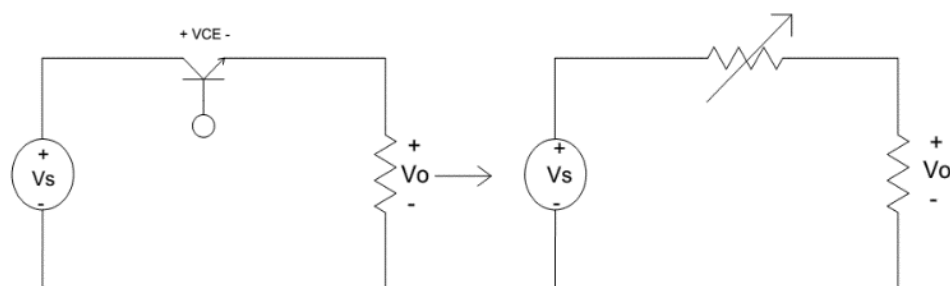


Figura 6: Regulador Linear Básico
 Fonte : Adaptado de Hart (2001,P. 202)

Enquanto o transistor do regulador linear de tensão opera na região linear, o mesmo não ocorre com as chaves eletrônicas dos conversores CC-CC. O transistor opera na região não linear na topologia de um conversor CC-CC, ou seja, ora é um curto entre a entrada e a carga, ora é um circuito aberto. A Figura 7 representa um conversor CC-CC básico.

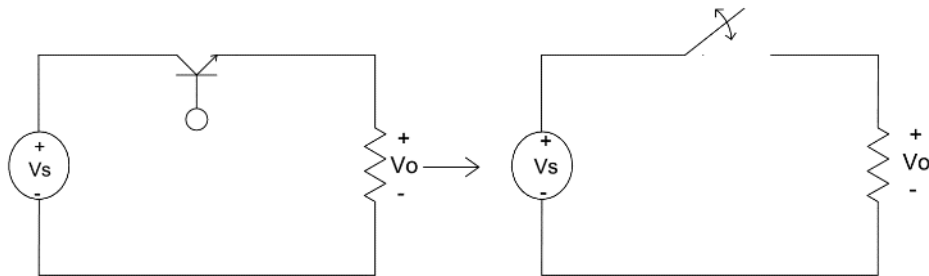


Figura 7: Conversor CC-CC Básico
Fonte : Adaptado de Hart (2001,P. 203)

Quando a chave eletrônica permite a passagem de corrente elétrica, tem-se a condição da chave fechada, fazendo com que a carga seja alimentada com a tensão da entrada. Quando o transistor não está conduzindo, tem-se a situação de chave aberta, e a carga está no mesmo potencial da referência do circuito.

Com a mudança periódica de posição da chave, a tensão de saída tem a forma de uma onda retangular com frequência de f_c e período T_c igual a $1/f_c$, como pode ser observado na Figura 8 (ERICKSON; MAKSIMOVIC, 2000).

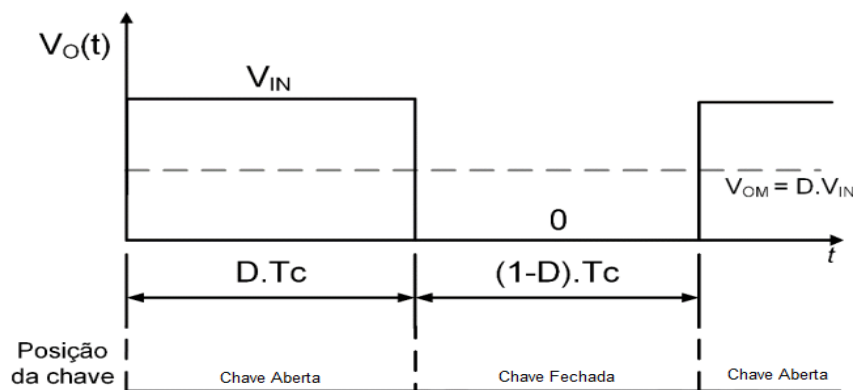


Figura 8: Tensão de Saída do Conversor CC-CC Básico
Fonte: Adaptado de Erickson (2000 p. 13).

Dependendo da configuração, distribuição dos elementos no circuito e quantidade de elementos passivos presentes é possível implementar diferentes tipos de conversores CC-CC. Variando a razão cíclica D (D pode variar de 0 a 1) é

possível obter tensão na saída menor que tensão de entrada, maior que a tensão de entrada ou até mesmo ter a tensão de saída podendo ser menor ou maior que a tensão de entrada em um mesmo conversor.

Na Figura 9 estão alguns modelos de conversores CC-CC, o ganho de tensão, para o modo de operação contínua, desses conversores então na Tabela 2.

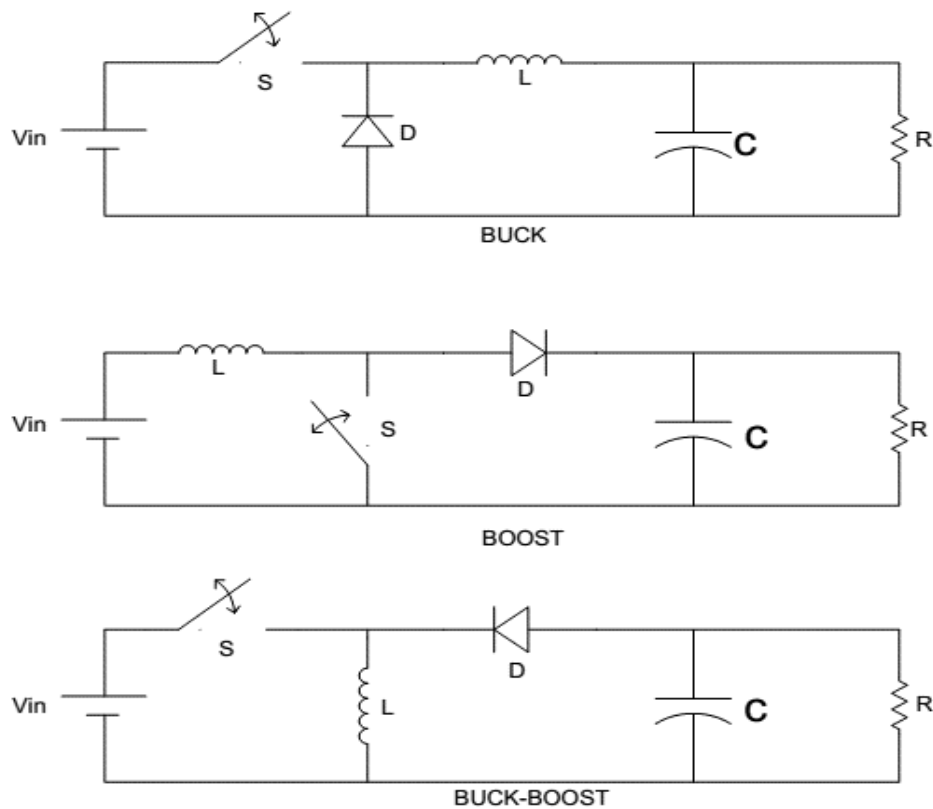


Figura 9: Conversores CC-CC
Fonte: Autoria Própria

Tabela 2: Ganho de Tensão de Conversores CC-CC

Conversores	Ganho de Tensão
<i>Buck</i>	D
<i>Boost</i>	$\frac{1}{1 - D}$
<i>Buck-Boost</i>	$\frac{D}{1 - D}$

Fonte: Autoria Própria

2.7 MEDIÇÃO DE CORRENTE E TENSÃO

Inúmeros processos necessitam de medições de grandezas elétricas e não elétricas para diferentes intuitos. Para realizar o controle da tensão de saída de um conversor, por exemplo, é necessário quantificar a tensão de saída e diferenciar da tensão de referência, obtendo o erro que os controladores irão utilizar para enviar a resposta aos atuadores do sistema que deve ser feito para compensá-lo.

As medições de grandezas elétricas como tensão e corrente podem ser obtidas por diferentes métodos, onde essas táticas se enquadram em métodos analógicos e digitais de medidas. De acordo com Campilho (2000), quando as grandezas envolvidas no sistema de medição são de naturezas analógicas, da entrada até a saída do instrumento, e tem-se um monitoramento contínuo no tempo, classifica-se o método como analógico. Quando a medição utiliza processamento de dados na forma digital, mesmo que adquirindo a leitura de algum sensor analógico, porém convertendo o sinal lido para um dado digital através de um conversor analógico digital, tem-se um método de medição digital (CAMPILHO, 2000).

A medição de corrente elétrica pode ser realizada por diferentes formas, utilizando sensores de diferentes topologias e funcionamento. Os sensores propriamente ditos podem ser implementados de formas distintas. Existem sensores no mercado que fazem a aquisição da corrente elétrica baseando nas grandezas eletromagnéticas, em resumo utiliza a equação de força de Lorentz para quantizar a corrente elétrica devido ao deslocamento causado nos portadores de cargas (diferença de potencial) causado pela força de Lorentz. São conhecidos como sensores de corrente por efeito Hall (MILANO, 2009).

O efeito *Hall* foi descoberto em 1879 por Edward E. Hall. Os sensores de *Hall* são constituídos de dispositivos semicondutores que sofrem influência de campo magnético. Por uma placa condutora passa a corrente do circuito e perpendicularmente tem-se um campo magnético, que faz gerar nas laterais da placa condutora uma diferença de potencial (Lei de Lorentz) o qual se conecta a um circuito de medição. Essa diferença de potencial chama-se Tensão de Hall (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005, p. 172).

Uma maneira bastante simples de fazer a aquisição do valor da corrente elétrica do circuito é utilizando um resistor de baixa resistência em série ao circuito em que se quer medir. A inserção dessa baixa resistência influencia de forma insignificante na operação do circuito, sendo um método eficaz e barato de ser

implementado. A medição ocorre sobre o resistor inserido (resistor *shunt*) medindo a queda de tensão sobre o elemento. Para medir corrente elétrica com intensidade reduzida, necessita de um circuito de amplificação para fazer a aquisição da queda de tensão no resistor *shunt*, demandando um conhecimento em eletrônica. Para grandes variações de corrente, o resistor a ser inserido ao circuito necessita dissipar elevada potência, fazendo com que outros métodos sejam mais interessantes nesse tipo de aplicação (SENAI, 2004)

O método mais utilizado para medição de tensão, segundo Thomazini e Albuquerque, é o divisor de tensão resistivo. A saída de tensão é proporcional à razão dos resistores que compõem o sensor. Isso é feito quando necessita de adequação do nível de tensão para entrada em conversor analógico-digital (ADC), como ADC de um microcontrolador, por exemplo. O divisor de tensão é colocado em paralelo ao circuito ou elemento do circuito em que se esteja interessado no valor da tensão. A impedância do divisor de tensão tem que ser elevada para que não influencie no circuito. Caso a impedância do circuito de medição não seja muito elevada, o seu valor deve ser considerado e adicionado ao cálculo do divisor de tensão, considera-se esse fato pois a impedância do circuito de medição fica em paralelo com uma das impedâncias do divisor de tensão (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2005).

Existem também outros métodos para quantificar a tensão. Circuitos implementados com amplificadores operacionais, por exemplo, podem ser utilizados. Também as medições de tensões podem ser realizadas utilizando transformadores de potencial, circuitos como ponte de Wheatstone, entre outros métodos (NATIONAL INSTRUMENTS, 2013).

Fatores como isolamento elétrica entre o ponto ou o elemento a ser medido e o dispositivo de medição (conversores A/D de microcontroladores, por exemplo), sensibilidade do elemento sensor, proteção, limites superior ou inferior no nível da grandeza a ser monitorada/medida são requisitos a se levar em conta na escolha do método ou circuito sensor para a medição. O sensor com divisor de tensão é de fácil implementação, porém, apenas os resistores não garantem proteção nem isolamento ao sistema de aquisição da tensão e, se isso for um fator crucial para o sistema, outros circuitos e/ou elementos deverão de ser acrescentado à topologia do sensor, resultando em um aumento de complexidade.

2.8 MICROCONTROLADORES

Com o avanço da eletrônica analógica e digital, junto com a miniaturização dos componentes eletrônicos, permitiu o desenvolvimento de circuitos integrados cada vez mais eficientes e menores. Nessa linha de componentes compactos que estão presentes em diferentes aplicações no dia a dia, tanto no ambiente caseiro, nas realizações dos mais variados tipos de projetos, quanto no ambiente industrial, monitorando processos e realizando controles, por exemplo, que estão inseridos os microcontroladores (PEREIRA, 2005).

Quando se trata de microcontrolador é quase que inevitável a sua comparação com um microprocessador. De acordo com Zelenovsky e Mendonça (2003), a diferença entre um microcontrolador e um microprocessador pode ser explicada de forma sucinta utilizando um projeto como exemplo. O desenvolvimento de um sistema microprocessado demanda a utilização de um microprocessador e alguns periféricos externos, tais como memórias, portas de entradas e saídas de dados, conversor analógico-digital, timers, entre outros. Em contra partida, o mesmo sistema pode ser implementado com um microcontrolador, excluindo a necessidade do uso dos periféricos externos, pois esses periféricos estão presentes internamente no circuito integrado do microcontrolador, como pode ser visualizado na Figura 10 (ZELENOVSKY; MENDONÇA, 2003).

O surgimento do microcontrolador não significa a extinção do microprocessador. As CPUs da maioria dos microcontroladores são compostas por microprocessador que não precisam ter um elevado processamento, pois as tarefas a serem executadas não demandam um alto nível de processamento. Em caso de muito processamento, como um computador, a aplicação do microcontrolador pode ser restrita, deixando a parte de processamento de dados para o sistema microprocessado. Caso haja a necessidade de se utilizar microcontrolador com elevado nível de processamento, pode se utilizar dispositivos com CPU ARM[®] de 32 bits, por exemplo.

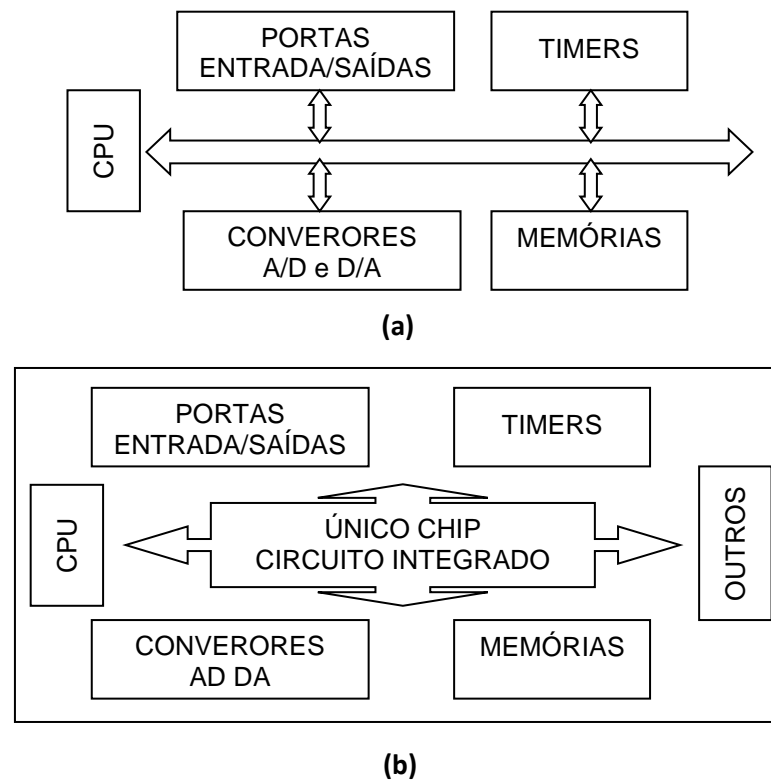


Figura 10: Diagrama em blocos básico de um: a) Sistema Microprocessado; b) Microcontrolador
Fonte: Autoria Própria

2.8.1 Família de Microcontroladores MSP430

De acordo com Pereira, a família de microcontroladores MSP430 é conhecida por apresentar microcontroladores com baixo consumo de energia e tensão de operação baixa (1.8 a 3.6 V). Os microcontroladores da família MSP430 portam diversos periféricos entre eles os mais comuns são: *timers*, conversor analógico digital, conversor digital analógico, RTC, memória RAM (volátil) e memória *Flash* (não volátil), portas de entrada e saída (I/O), periféricos para comunicação serial (UART, SPI, I2C), entre outros (PEREIRA, 2005). Algumas características gerais de alguns microcontroladores da família MSP430, como a máxima frequência de *clock* a quantidade de memória entre outras, podem ser visualizadas na Tabela 3.

Tabela 3: Características de alguns dispositivos da família MSP430

Família	MSP430F1x	MSP430F2x	MSP430FR2x	MSP430G2x	MSP430F5x/ MSP430F6x	
Memória	SRAM	10 KB	8 KB	2 KB	4 KB	66 KB
	Flash	60 KB	120 KB	-	56 KB	512 KB
	FRAM	-	-	16 KB	-	-
Tensão de Alimentação	1,8 -3,6 V	1,8 -3,6 V	1,8 -3,6 V	1,8 -3,6 V	1,8 -3,6 V	
uA/MHz no modo ativo	200uA/MHz	200uA/MHz	126uA/MHz	220uA/MHz	195uA/MHz	
Clock máximo	8MHz	16MHz	16MHz	16MHz	25MHz	

Fonte: Texas Instruments Incorporated ([2001-]).

2.8.2 Armazenamento em Cartão de Memória

Algumas aplicações no dia a dia podem requerer o armazenamento de dados para os mais diferentes motivos, como por exemplo, salvar uma foto tirada por celular ou por uma câmera fotográfica. Em alguns dispositivos, como microcontroladores, existem memórias embarcadas no circuito integrado, porém, dependendo do emprego desses dispositivos, pode haver a necessidade de um maior espaço de armazenamento. Facilidade na extração e manipulação dos dados salvos, robustez dos dispositivos de memórias, tamanhos reduzidos para aplicações em hardware, custo do dispositivo de memória, dentre outros, são quesitos que devem ser levado em conta na escolha do dispositivo de armazenamento de dados.

O SD *card* é muito usado como mídia removível pelo fato de ser um dos mais compactos desse tipo de mídia e ter baixa complexidade na utilização. A interface elétrica de um cartão de memória é relativamente simples, e necessita no máximo o uso de 6 conexões elétricas para comunicação. O consumo de corrente elétrica não ultrapassa o limite de 100 mA no período em que permanecer ativo (DEPT. OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, 2004).

Existem 3 possíveis modos para comunicação com o SD *card*: protocolo SD 1-bit, SD 4-bit e o modo SPI. O modo SD 1-bit de comunicação é um protocolo serial síncrono, com 1 linha de dados, 1 linha de *clock* para sincronismo e uma linha de comando. O barramento de dado e *clock* pode ser utilizado por vários cartões de memória, formando uma rede de escravos para um dispositivo mestre, que controla

o comando para envio do bloco de dados ao respectivo escravo. O protocolo SD 4-bit tem o principio de funcionamento parecido com o protocolo SD 1-bit, diferenciando apenas no tamanho do barramento de dados. Nessa comunicação são enviados 4 *bits* de uma única vez para o dispositivo, aumentando consideravelmente a taxa de envio de dados comparado com o modo SD 1-bit. A terceira comunicação suportada é a SPI. Em aplicações que utilizam microcontroladores para fazer a comunicação com cartão de memória, o protocolo de comunicação do dispositivo com o periférico não tem elevada complexidade, visto que a comunicação SPI é muito difundida para ser utilizada em microcontroladores (DEPT. OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, 2004).

Na comunicação utilizando o modo SPI, há a necessidade de 3 ou 4 fios para fazer a comunicação entre o mestre (microcontrolador) e o escravo (cartão de memória). O mestre envia os dados através da linha MOSI, do barramento SPI, e recebe os dados através do MISO. A linha do barramento em que o mestre faz o envio do *clock* para que os dispositivos efetuem a comunicação em sincronismo é denominado SCK e por fim, a 4^a conexão é utilizada pelo dispositivo mestre para seleção do dispositivo escravo, na qual se pretende realizar a comunicação. Caso haja mais de um escravo conectado ao mesmo barramento da SPI, outras linhas para seleção devem ser acrescentadas e o barramento de comunicação pode ser compartilhado (SACCO, 2014).

As informações são salvas em unidades de dados com tamanho mínimo de 512 *bytes*, denominadas setores. Casos os dados a serem armazenados sejam maiores que o tamanho definido para o tamanho de um setor, mais setores serão necessários para o armazenamento destes dados.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

O novo módulo desenvolvido para controle de iluminação e monitoramento de energia elétrica para ambulâncias pode ser conferido nessa seção. As Figura 11 e Figura 12 mostram a vista do módulo desenvolvido. Já a Figura 13 e a Figura 14 são imagens da placa inferior e superior, respectivamente, onde o encaixe das duas compõe o módulo final desenvolvido.

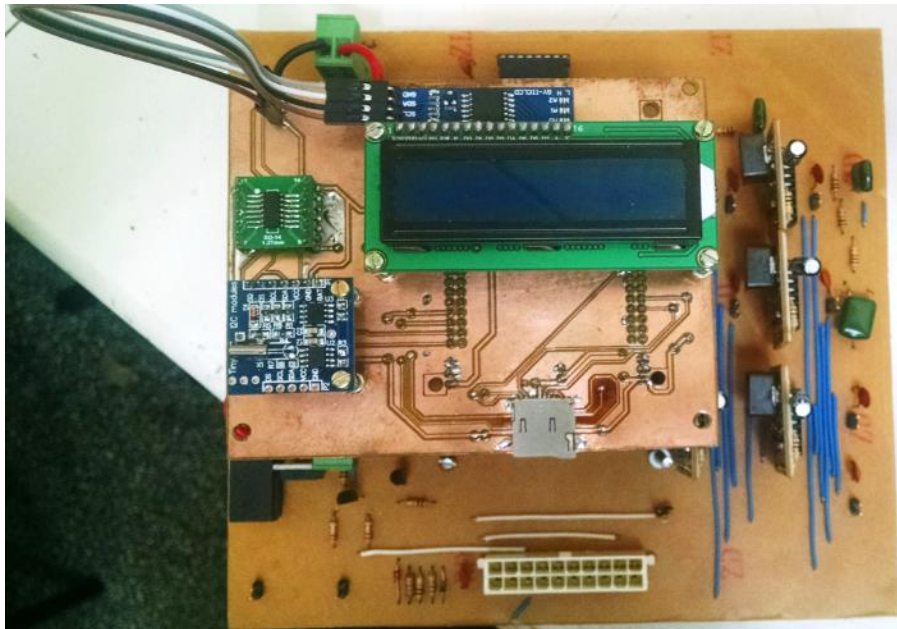


Figura 11: Vista Superior do Módulo Desenvolvido
Fonte: Autoria Própria



Figura 12: Vista Frontal do Módulo Desenvolvido
Fonte: Autoria Própria

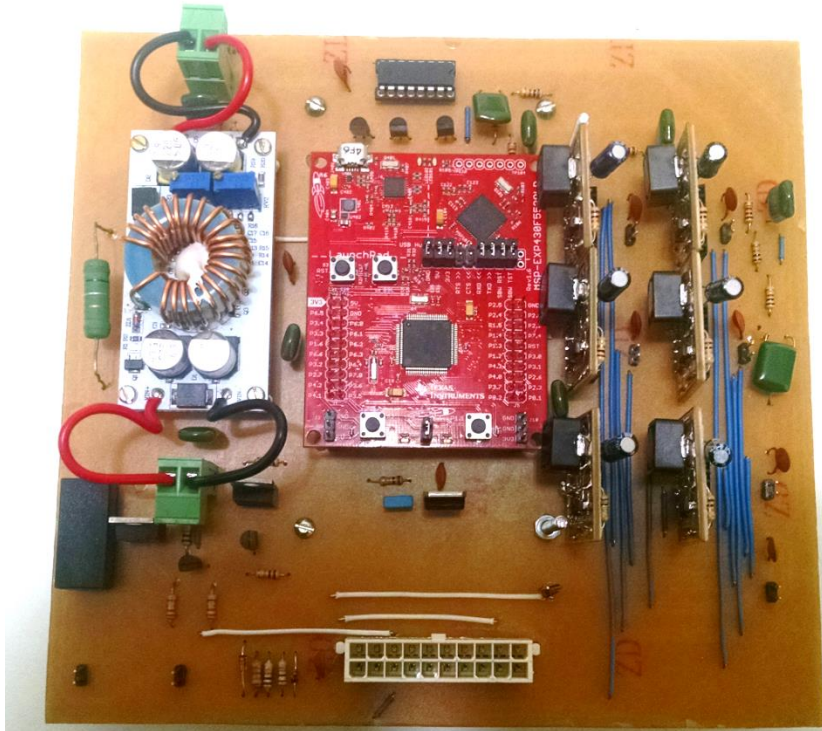


Figura 13: Vista Superior da Placa Inferior.
Fonte: Autoria Própria

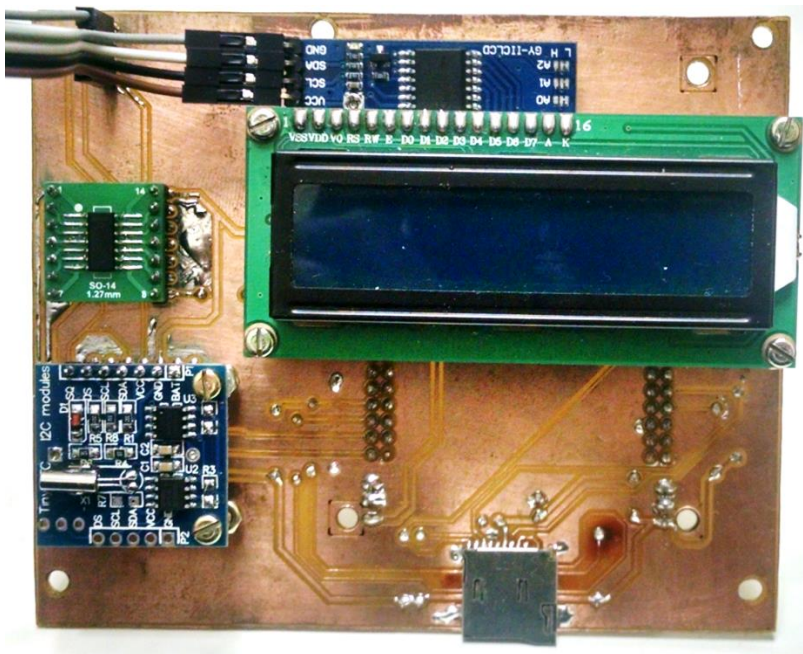


Figura 14: Vista Superior da Placa Superior.
Fonte: Autoria Própria

O sistema implementado pode ser observado no diagrama em blocos da Figura 15. Os *drivers* para acionamento das luminárias estão descritos nos blocos

D1 a D8. O microcontrolador faz o controle (lógica de funcionamento) e o acionamento das luminárias através dos respectivos *drivers*. D1 a D6 são responsáveis pelo acionamento das luminárias laterais, alimentadas por 20 V_{DC} via conversor CC-CC, como pode ser observado no diagrama da Figura 15. D7 e D8 acionam as luminárias traseiras, que são alimentadas com 12 V_{DC}.

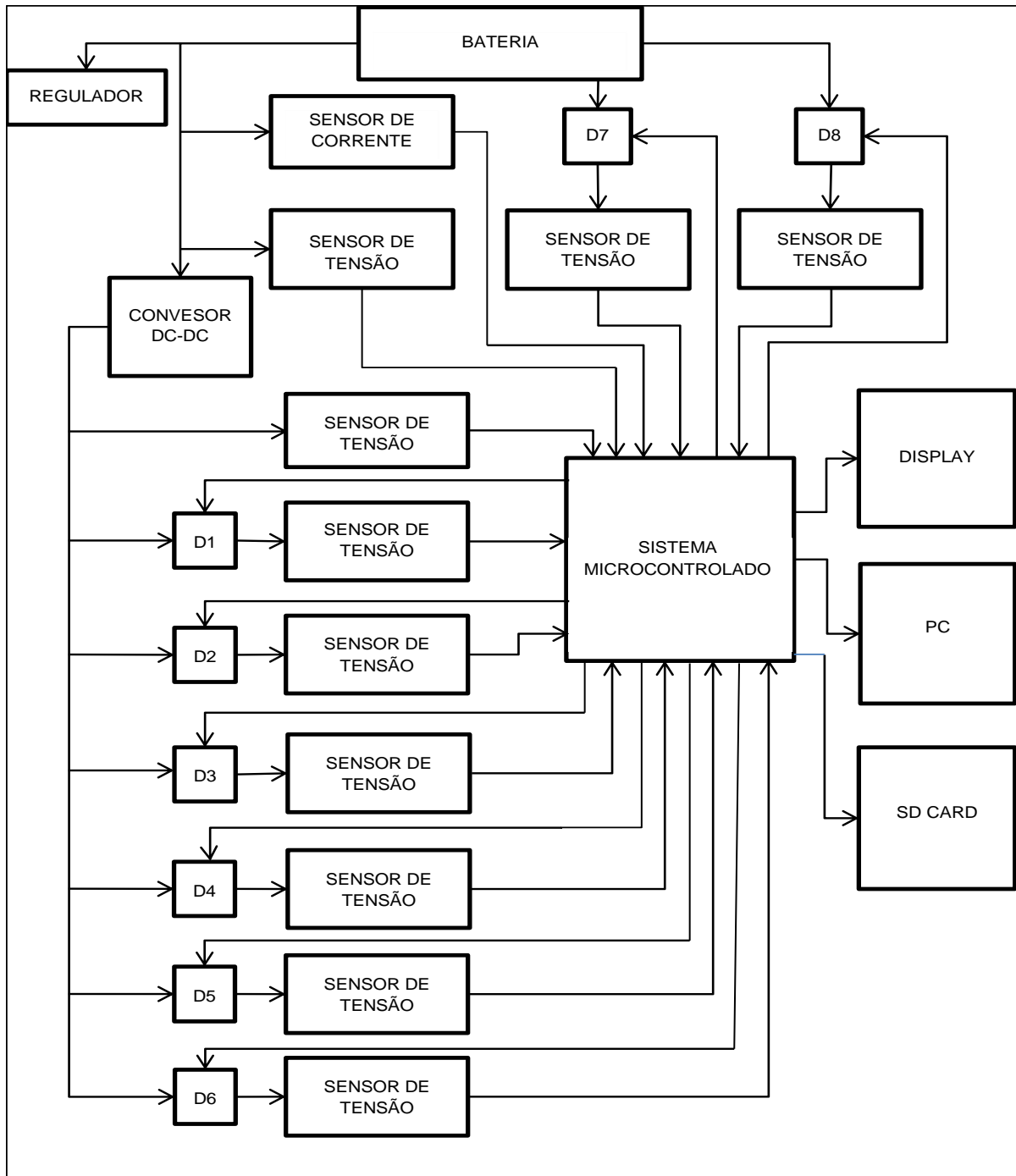


Figura 15: Diagrama em Bloco do Sistema
Fonte: Autoria Própria

O sistema microcontrolado monitora a corrente de entrada, a tensão de entrada, a tensão de saída do conversor e todas as tensões dos *drivers*, apresentando os dados lidos em um *display*, salvando as leituras em um cartão de memória (*sd card*).

O microcontrolador utilizado possui um ADC de 12 *bits* e 8 canais de entrada analógicas para monitorar os 11 sensores existentes, ou seja, houve a necessidade de utilizar um multiplexador externo para que fosse possível fazer a leitura de todos os sensores. A saída dos sensores de D1 a D6 foram ligadas ao multiplexador e o microcontrolador foi o responsável por fazer a seleção do sensor a ser lido. Esse bloco não está presente no diagrama do sistema para facilitar a compreensão, visto que essa prática não causa variação no funcionamento sistema.

Por fim, toda a alimentação necessária para o funcionamento dos periféricos do sistema provém do bloco denominado regulador, onde está presente o circuito para fornecer as tensões necessárias para a alimentação do microcontrolador, *display*, cartão de memória entre outros.

3.2 MATERIAIS

Para confecção do módulo de controle de iluminação e monitoramento de energia elétrica da ambulância do Samu foram utilizados inúmeros componentes e kits para a elaboração do projeto. Para alimentar circuitos que necessitam de tensão de alimentação mais alta que a tensão fornecida pelas baterias optou-se por utilizar conversores CC-CC já existentes no mercado. A escolha se deu a partir da análise de desempenho entre diversos conversores testados em bancadas no laboratório da universidade.

Os circuitos integrados, os *drivers* e os *kits* são alimentados com 3,3 V ou 5 V. Para proporcionar tais alimentações foram projetados circuitos utilizando reguladores lineares de tensão, seguindo as recomendações dos fabricantes presentes nos *datasheets* dos reguladores.

Sensores para aferição das grandezas elétricas pelo conversor analógico-digital (ADC) do microcontrolador foram projetados e executados com o intuito de ter a saída do sensor em tensão e nos níveis adequados para a entrada do ADC. Para

o sensor de tensão foi utilizado um divisor de tensão composto por 2 resistores, para o sensor de corrente foram utilizados resistores, amplificador operacional (AMP OP lm324) e transistor (BJT 548).

Circuitos *drivers* para acionamento das cargas foram implementados utilizando transistores (BJT BC548 e Mosfet IRF640) e resistores. Também se optou por utilizar em algumas cargas, circuitos *drivers* específicos para aplicação em luminárias LEDs, implementando com o CI PT4115, a fim de oferecer maior proteção às cargas acionadas por esses módulos *drivers*, evitando danos nas luminárias da ambulância.

Utilizando um multiplexador analógico com seleção de canal digital (CI HEF4051A) possibilitou a leitura de um maior número de grandezas, selecionando o sinal enviado ao canal de entrada do ADC do microcontrolador.

O acionamento das luminárias, a lógica de funcionamento, aquisição e leituras das grandezas monitoradas, tratamento dos dados adquiridos, controle do multiplexador (MUX) utilizado, envio para display LCD para monitoramento entre outras funções são realizadas por um *kit* didático com um microcontrolador MSP430F5529.

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 Circuito de medição de corrente

A fim de realizar a leitura da corrente de entrada do sistema, foi implementado um circuito para converter a corrente em tensão, com o propósito de utilizar o conversor analógico-digital do microcontrolador com o intuito de fazer a leitura. Para isso, foi utilizado um amplificador operacional (LM324), um transistor bipolar NPN (BC546) e alguns resistores. O sensor de corrente implementado está representado na Figura 16.

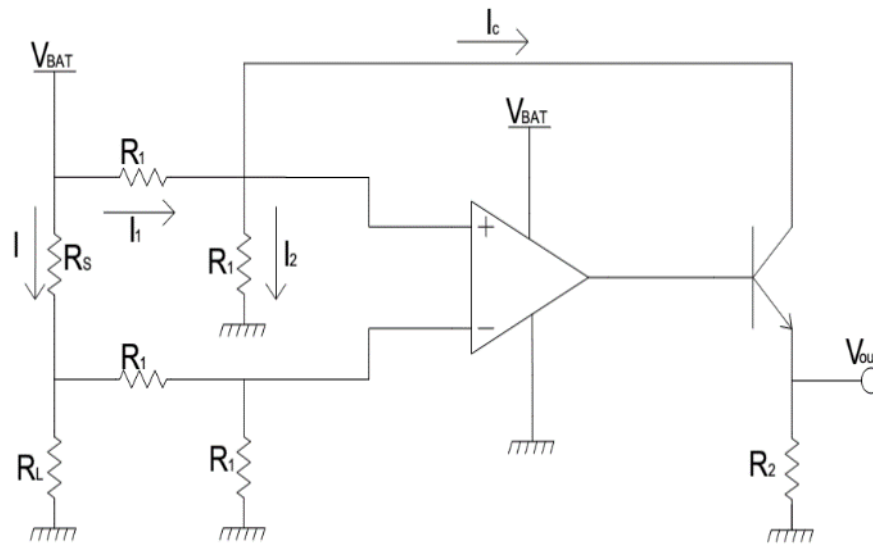


Figura 16: Sensor de Corrente Implementado
Fonte: Autoria Própria

Observa-se na Figura 16 que a corrente I_1 (equação (1)) é a soma da corrente que circula pelo coletor do transistor (I_c) com a corrente I_2 . Reescrevendo a corrente I_1 em função da tensão V_{bat} (tensão da bateria) e da tensão V_+ (tensão da entrada não inversora do amplificador operacional) obtém-se a equação (2).

$$I_1 = I_c + I_2 \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{V_{bat} - V_+}{R_1} \quad (2)$$

A equação (3) relaciona a corrente I_2 com a tensão V_+ .

$$I_2 = \frac{V_+}{R_1} \quad (3)$$

Substituindo I_1 de (2) e I_2 de (3) em (1) e isolando I_c tem-se a equação (4).

$$I_c = \frac{V_{bat} - 2V_+}{R_1} \quad (4)$$

A tensão na entrada inversora do amplificador operacional (V_-), é V_{bat} menos a queda de tensão em R_s , dividido pela metade, devido ao divisor de tensão presente na entrada inversora do amplificador. O valor da corrente que circula pela carga é muito próximo ao valor da corrente que circula pela resistência *shunt* R_s devido a alta impedância interna do amplificador e do divisor de tensão na entrada

inversora. Contudo, pode-se aproximar a corrente I como sendo a corrente que circula na carga. Desta forma, a tensão na entrada inversora do Amp. Op é descrita pela equação (5).

$$V_- = \frac{V_{\text{bat}} - IR_s}{2} \quad (5)$$

De (4), obtém-se a seguinte relação para V_+ .

$$V_+ = \frac{V_{\text{bat}}}{2} - \frac{I_c R_1}{2} \quad (6)$$

O uso do transistor na saída do circuito, controlando a corrente I_c através da saída do Amp OP força as tensões V_+ e V_- a serem iguais. Se existir diferença de tensão entre V_+ e V_- , essa diferença será amplificada pelo ganho do amplificador, resultando em uma maior corrente na base do transistor. O aumento da corrente I_c do circuito, causado por um acréscimo da corrente da base do transistor, aumenta a queda de tensão em R_1 devido ao aumento de I_1 provocado por I_c , diminuindo V_+ .

Igualando (5) e (6) resulta em:

$$IR_s = I_c R_1 \quad (7)$$

I_c pode ser representada em função da tensão de saída do circuito (V_{out}).

$$I_c = \frac{V_{\text{out}}}{R_2} \quad (8)$$

Substituindo I_c de (8) em (7) e isolando V_{out} resulta na expressão de saída do sensor de corrente.

$$V_{\text{out}} = IR_s \frac{R_2}{R_1} \quad (9)$$

A Figura 17 ilustra um dos resultados obtidos no teste, como observado no multímetro A, a leitura correspondente à corrente I , e no multímetro B, a leitura referente à tensão V_{out} .

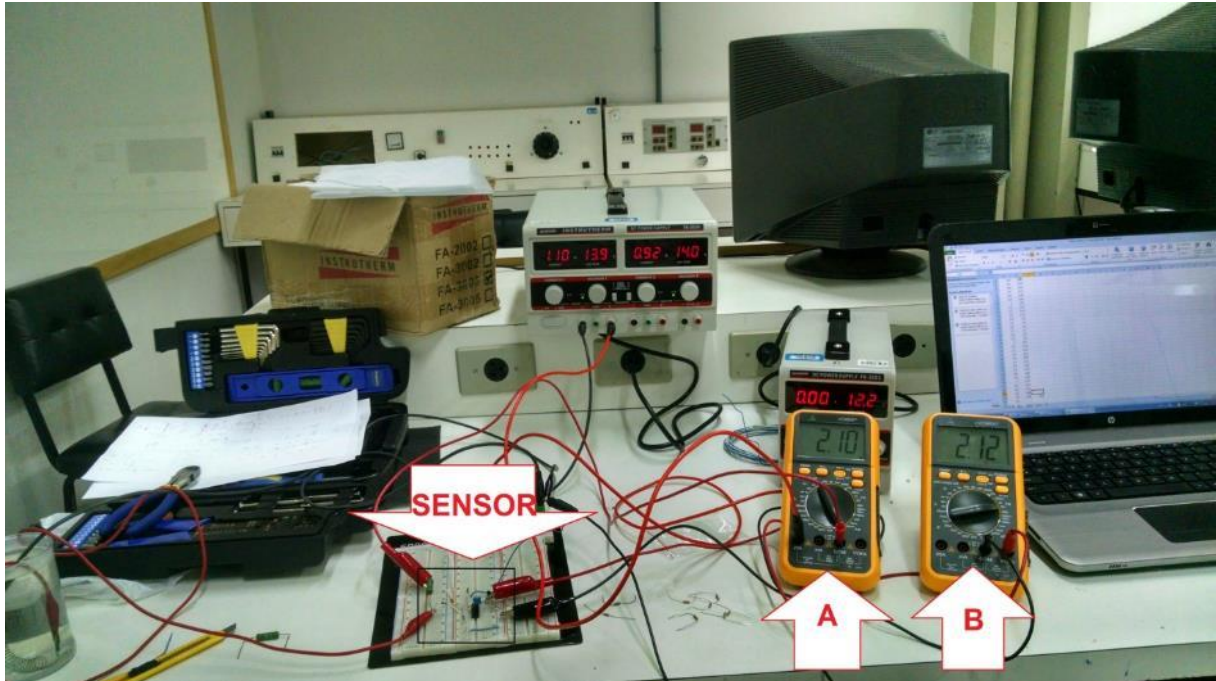


Figura 17 – Imagem do Teste do Sensor de Corrente
Fonte: Autoria própria.

3.3.2 Circuitos de medição de tensão

Para obter a tensão em diferentes pontos do sistema, utilizou-se um divisor de tensão resistivo para obtenção e adequação dos valores lidos. Como todas as tensões a serem lidas eram em relação à referência do circuito, a Figura 18 ilustra todos os divisores de tensões utilizados para medição de tensão nos pontos desejados.

O valor da resistência equivalente vista pelo circuito deve ser elevado, para que o sensor inserido ao sistema cause o mínimo de alteração possível. Como o sensor divisor de tensão é conectado em paralelo, a sua impedância deve ser alta. A equação (10) indica a resistência equivalente (R_{eq}) vista pelo circuito.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \quad (10)$$

A tensão de saída V_{out} do divisor de tensão é dada pela equação (11).

$$V_{out} = V_{in} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (11)$$

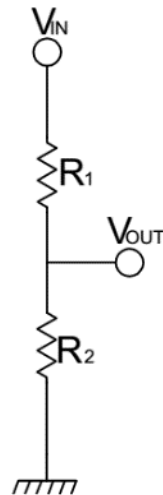


Figura 18: Divisor de Tensão
Fonte: Autoria Própria

Vale ressaltar que os sensores utilizados deveriam fornecer proteção para a entrada do conversor ADC do microcontrolador, além de isolamento. Porém, por se tratar de um módulo temporário, onde servirá para coletar dados para que a equipe de pesquisador da UTFPR desenvolva um módulo final mais compacto, eficiente e seguro, não considerou esses fatores durante o desenvolvimento do módulo, pois nos testes que seriam realizados o risco de danificar o microcontrolador era reduzido, pelo fato de conhecer os limites operacionais do sistema implementado.

3.3.3 Circuito *Driver* para os LEDs

Para acionar as luminárias utilizando a saída do microcontrolador foi necessário implementar alguns circuitos *drivers* para que o acionamento pudesse ser realizado. Para as luminárias que são alimentadas com $12 V_{DC}$, o circuito da Figura 19 foi o *driver* implementado. Quando o microcontrolador coloca o nível lógico alto em sua saída, o transistor BJT conduz de coletor para emissor, aterrando o *gate* do Mosfet. Com a tensão de $0 V_{DC}$ sendo aplicada entre o *gate* e *source* do Mosfet, não há condução de corrente de dreno para *source* (chave aberta). Em contrapartida, quando se tem nível lógico baixo na saída do microcontrolador, o

transistor BJT está em aberto, fazendo com que a tensão de 12 V_{DC} seja aplicada entre *gate* e *source* do Mosfet, fechando o caminho para que a carga seja acionada. O resistor de 2,2Ω em série com a carga a ser acionada é um resistor de sacrifício, ou seja, foi colocado para queimar caso a corrente da carga aumente, e por consequência proteja a luminária. Esse *driver* foi implementado apenas para acionar as cargas traseiras e não há controle de corrente. Foi utilizado essa topologia pelo fato de não houver componentes suficientes para confecção de módulos mais adequados, como foram os *drivers* implementados para as luminárias laterais.

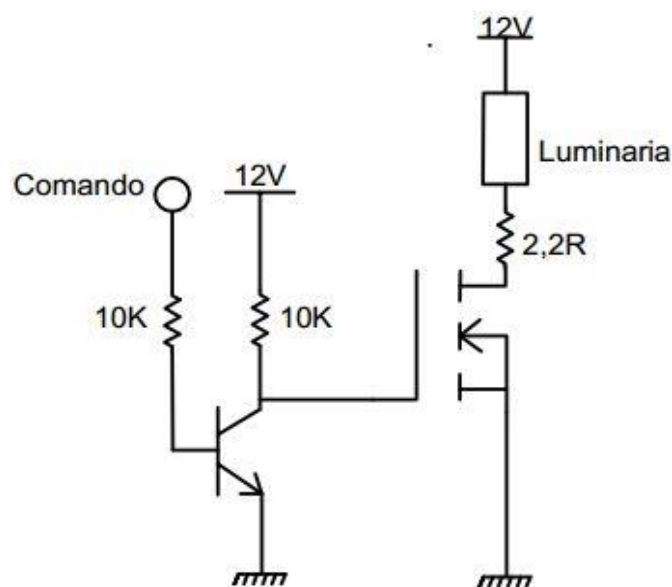


Figura 19: Driver de Acionamento para Luminárias de 12 V_{DC}
Fonte: Autoria Própria

Para acionar as luminárias que são alimentadas com 20 V_{DC}, optou-se por implementar módulos LED *Driver* com controle de corrente, utilizando o CI PT 4115. O componente referido é um conversor *buck* e controla a corrente média de saída, ideal para essa aplicação. O elemento controla a corrente da carga através da tensão no pino SW, ou seja, quando se deseja aumentar a corrente, o *chip* diminui a tensão no pino SW e, como o catodo do LED estará conectado em série com um indutor no pino SW, um aumento de tensão sobre o LED irá ocorrer, aumentando a corrente que circula pelo componente. Caso seja necessário diminuir a corrente que circula pelo LED, a tensão no pino SW aumentará, diminuindo a diferença de potencial entre o anodo e o catodo, diminuindo a corrente (POW TECH, 2008).

O controle de corrente na carga pode ser realizado de duas maneiras distintas, uma das formas é aplicar uma modulação PWM, com tensão superior entre $2.5 V_{DC}$ e $5 V_{DC}$, no pino DIM do CI. A corrente de saída é descrita pela Equação (12), onde D é a razão cíclica do PWM e R_s é o resistor *shunt* do circuito. Caso a tensão superior do PWM esteja entre $0.5 V_{DC}$ e $2.5 V_{DC}$, a corrente de saída é descrita pela Equação (13), onde V_{sup} é a tensão superior do PWM (POW TECH, 2008).

$$I_{out} = \frac{0,1 \times D}{R_s} \quad (12)$$

$$I_{out} = \frac{V_{sup} \times 0,1 \times D}{2,5 \times R_s} \quad (13)$$

O segundo modo de controlar a corrente de saída é variando a tensão aplicada no pino DIM entre $0,5 V_{DC}$ e $2,5 V_{DC}$. A corrente na carga pode ser observada na Equação (14), onde V_{DIM} é a tensão aplicada no pino DIM. Segundo o fabricante, tensões abaixo de $0,3 V_{DC}$ no pino Dim o módulo é desligado, não tendo corrente na carga (POW TECH, 2008).

$$I_{out} = \frac{0,1 \times V_{DIM}}{2,5 \times R_s} \quad (14)$$

Os circuitos recomendados pelo fabricante do PT4115 e o circuito implementado podem ser observado na Figura 20. O circuito do quadro 1 é o circuito recomendado com controle de corrente por PWM, no quadro 2 é o circuito com controle com tensão variável no pino DIM e o circuito 3 foi o circuito implementado.

Para o circuito do quadro 3, os pinos 1 e 2 do conector recebe a tensão V_{in} do circuito, os pinos 3 e 4 conectam-se ao *ground* a ativação do PT 4115 é dada via pino 5 do conector, o anodo da luminária é conectado em 6 e o catodo em 7.

O acionamento do *driver* é realizado pelo microcontrolador, ativando o módulo (enviando $3.6 V_{DC}$ no pino 5 do conector) ou mantendo desativado (enviando nível lógico baixo no pino 5 do conector). A resistência *shunt* utilizada foi uma equivalente de $0,333 \Omega$ conectando 3 resistores de 1Ω em paralelo. O Indutor utilizado no *driver* foi de $47\mu H$ e o capacitor de $47\mu F$. Na Figura 21, obtida do *datasheet* do PT 4115, pode-se observar a corrente do LED pela variação da tensão no pino DIM para 2 valores de resistores *shunts*. Observa-se que com a resistência

de 0.33Ω e tensão de 3.6 no pino DIM, a corrente no LED é próxima de 300mA, valor próximo ao da equação (12), considerando PWM em 100% de razão cíclica. Esse *driver* pode ser usado para controlar a corrente, aplicando o PWM no pino respectivo ou tensão variável. Nessa aplicação, o *driver* está sendo utilizado como chave para acionar as cargas (liga e desliga as luminárias) e como proteção, limitando a corrente máxima em aproximadamente 285 mA.

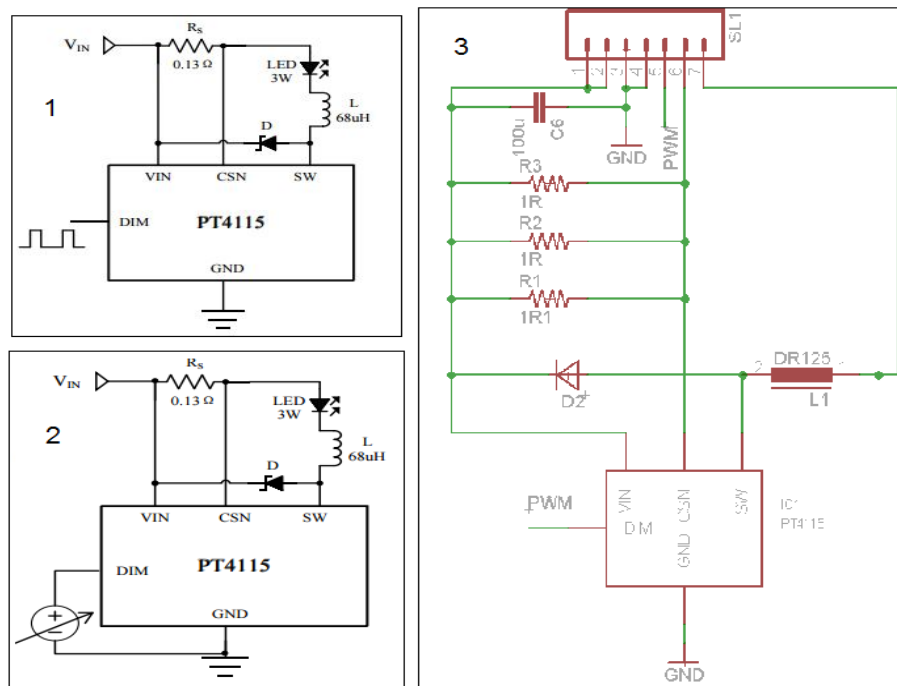


Figura 20: Driver de Acionamento para Luminárias de 20 V_{DC}
 Fonte: Autoria Própria

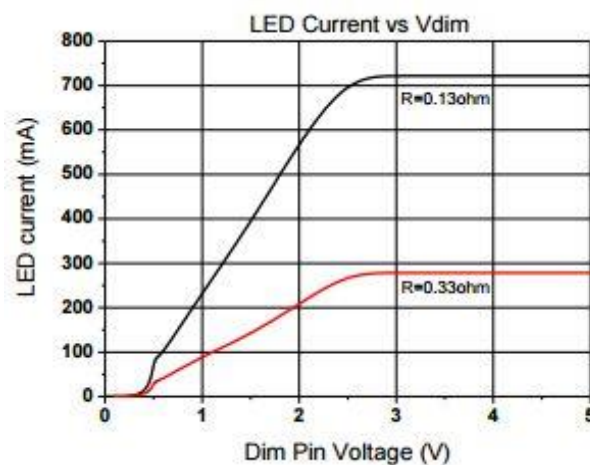


Figura 21: Corrente de Saída pela Tensão V_{DIM}
 Fonte : Datasheet PT 4115

3.3.4 Conversores CC-CC *Boost*

Com a necessidade de alimentar a carga com uma tensão superior à tensão da bateria, alguns módulos de conversores CC-CC foram testados em bancada para aferir qual seria o mais adequado na utilização do projeto final.

O teste se deu de maneira a utilizar uma carga ligeiramente alta, comparado com a carga que será alimentada pelo conversor, ou seja, o circuito forneceu uma corrente superior à corrente que fornecerá no protótipo, com o intuito de verificar o comportamento dos mesmos em condições extremas de trabalho.

Como carga foi utilizada uma resistência de chuveiro elétrico, com cerca de $10\ \Omega$. Todos os conversores foram conectados à mesma carga, com a mesma tensão de entrada ($12\ V_{DC}$) e foram regulados para fornecer a mesma tensão na saída ($17\ V_{DC}$), fazendo com que operassem nas condições mais próximas possíveis uns aos outros. A tensão de saída dos conversores era ajustada por meio de *trimpot*, situados nas placas dos módulos conversores, e verificado o valor da tensão de saída por um multímetro. A tensão de saída era controlada pelo controle do próprio conversor, ou seja, mesmo que houvesse perturbação na tensão de entrada do conversor a tensão de saída não continua regulada pelo valor ajustado.

O esquemático da Figura 22 representa a configuração de montagem dos conversores no teste feito. Pode-se perceber que a tensão e a corrente de entrada e saída foram monitoradas. No teste também foi utilizado um termopar para verificar a temperatura que os módulos atingiam em operação.

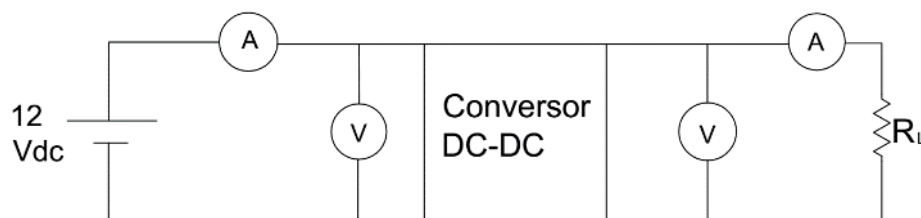


Figura 22: Configuração de Montagem dos Conversores para Teste
Fonte: Autoria Própria

Na Figura 23 tem-se um resultado obtido no teste. Os multímetros destacados pelas setas de indicação “A” e “E” estão monitorando a tensão de

entrada e de saída, respectivamente. Os multímetros indicados por “B” e “D” estão na seleção de amperímetros e monitoram a corrente de entrada e saída. A carga está indicada por “F” e “G” mostra o conversor CC-CC. A temperatura do conversor é monitorada em “C”.

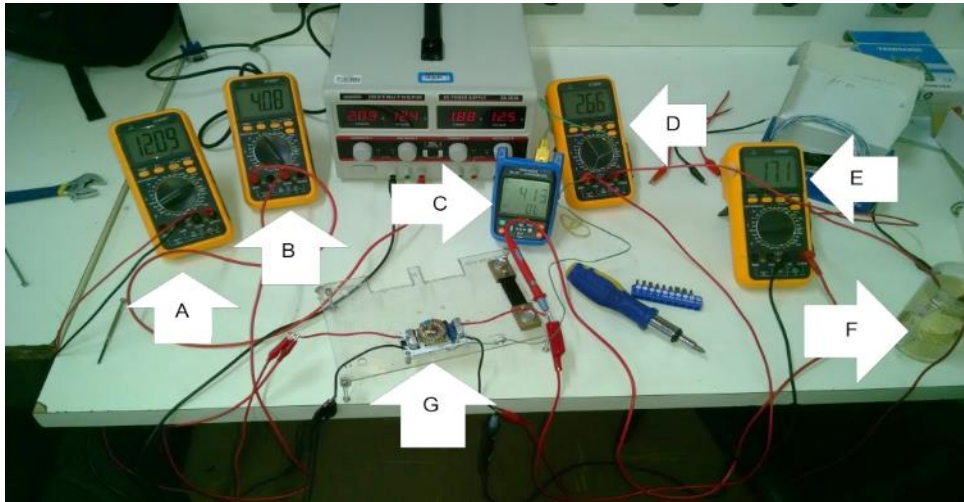


Figura 23: Imagem do Teste dos Conversores CC-CC
Fonte: Autoria Própria

3.3.5 Sistema Microcontrolado

O sistema microcontrolado foi implementado utilizando um microcontrolador da *Texas Instruments* MSP430F5529. Por se tratar de um protótipo, não houve nenhuma pesquisa de qual o microcontrolador seria o mais adequado para essa aplicação, levando em conta preço, desempenho entre outros fatores. Foi escolhido esse *kit* com o intuito de trabalhar com um novo microcontrolador, diferente do microcontrolador utilizado durante o curso, porém que o mesmo fosse capaz de executar as tarefas encarregadas. Como o módulo necessita de muitos pinos de I/O (*in/out*) para acionar os *drivers*, fazer a seleção do canal do multiplexador e para uma possível comunicação paralela o microcontrolador foi escolhido com base nesses requisitos.

Com o intuito de uma verificação *in loco* das conversões do ADC, apresentou-se os resultados em um *display*. Com a necessidade de fazer um monitoramento durante a ambulância em serviço, os dados são armazenados em um cartão de memória para uma posterior análise dos resultados do monitoramento.

3.3.6 Lógica de Funcionamento das Luminárias

Não foi encontrada nenhuma documentação que indique como as luminárias devam ser acionadas, apenas foi visto na norma NBR14561_2000 que as luminárias devem ser acionadas duplamente, e também é recomendado que não se acione todas de uma vez para evitar sobrecarga ao alternador do veículo. Com base no exposto, procurou-se imitar a lógica de funcionamento da ambulância estudada pela equipe de pesquisadores da UTFPR-PB.

Na Figura 24 pode ser verificada a disposição de cada luminária e o nome das mesmas, para melhor entendimento da lógica de acionamento. Em suma, as luminárias traseiras (Vp1 e Vp2) são acionadas em antifase uma em relação à outra, ou seja, sempre que uma está acesa a outra está apagada, trocando seu estado a cada 300 ms.

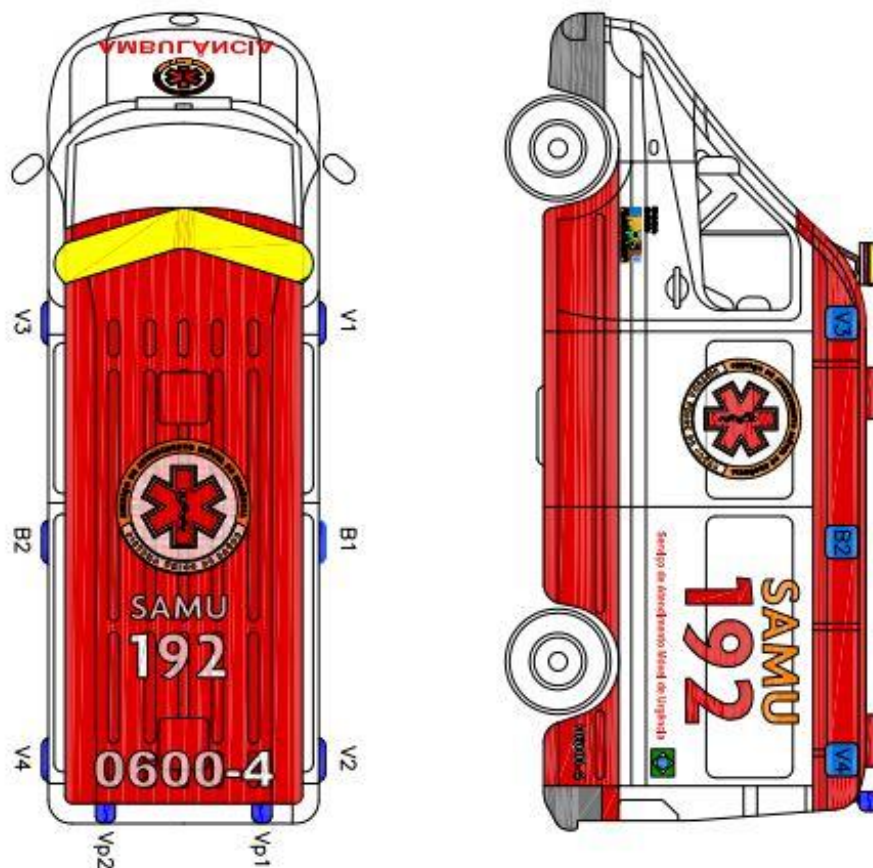


Figura 24: Disposição das Luminárias do Samu
 Fonte: Adaptado de EW7

As luminárias laterais foram divididas em 3 conjuntos, de acordo com a posição que se encontram na ambulância. Para o conjunto 1, fazem parte as primeiras luminárias de cada lado, ou seja, a luminária V1 e V3 foram inseridas no conjunto 1. As luminárias centrais, B1 e B2, fazem parte do conjunto 2. Por fim, as últimas luminárias de cada lado, V2 e V4, fazem parte do conjunto 3.

Para a lógica de acionamento das luminárias laterais, pensou em duas rotinas, a primeira rotina cada conjunto de luminárias permanece acionado por cerca de 500 ms, um conjunto de cada vez, na seguinte sequência: no primeiro intervalo de tempo de 500 ms o conjunto 1 é acionado e os demais não são, no segundo intervalo de 500 ms o conjunto 2 é acionado e os demais não e no terceiro intervalo de tempo de 500 ms o terceiro conjunto é acionado e os demais permanecem inativos. Esse ciclo se repete por 3 vezes, até executar a segunda rotina de acionamento.

Na segunda rotina de acionamento, cada conjunto de luminária é ativada por cerca de 100 ms e desativadas por 100 ms, num período de 500 ms, ou seja, dividindo os 500 ms em 5 intervalos de tempos iguais (t_1 a t_5), as luminárias do conjunto acionado ficaram ligadas nos intervalos t_1 , t_3 e t_5 , e desligadas nos intervalos t_2 e t_4 . Essa rotina se aplica primeiramente ao conjunto 1, depois de 500 ms se aplica ao segundo conjunto e acrescido de mais 500 ms se aplica sobre o terceiro conjunto, repetindo esse ciclo por 3 vezes, retornando à lógica da primeira rotina no término do ciclo da segunda rotina. Essa lógica de acionamento das luminárias ficará nesse *loop* durante todo o tempo que o operador mantiver o módulo de controle de luminosidade acionado.

3.3.7 Desenvolvimento do Firmware

Para desenvolver o *firmware*, optou-se por dividir a aplicação em tarefas, pois cada tarefa possui requisitos distintos de tempo e de recursos, além disso, essa divisão simplifica a elaboração da aplicação, pois há uma redução na complexidade, já que algumas tarefas não dependem, necessariamente, de outras pra o seu funcionamento. Para a execução das tarefas foi utilizado o sistema *background/foreground* para a execução das tarefas, em que as tarefas críticas, com

necessidade de tempo real, e que não pode correr o risco de travarem, sejam executada no *foreground* do sistema e as tarefas que não são críticas ao sistema e/ou não requisitam serem processada em um curto período de tempo foram implementadas no *background* do sistema. A aplicação foi dividida em 6 tarefas, sendo elas:

1. Acionamentos dos *drivers* das luminárias;
2. Leituras das grandezas analógicas;
3. Processamento de amostras de dados;
4. Comunicação serial com *display* para apresentar os dados;
5. Armazenar dados em cartão de memória.
6. Inicialização do sistema

Na tarefa 1 é executada no *foreground* do sistema, nela foi desenvolvida a lógica de funcionamento das luminárias e o acionamento dos *drivers*. Configurou-se o *timer* para gerar interrupção a cada 100 ms e a cada interrupção a tarefa 1 é executada. Desta forma a tarefa 1 será executada mesmo se o sistema travar em algum ponto.

A tarefa 2 é executada no *foreground* do sistema, ela executa as leituras analógicas dos sensores do módulo. Para fazer as leituras dos sensores dos *drivers* D1 a D6, a tarefa faz a seleção do canal de entrada do multiplexador. A tarefa também executa a estruturação dos dados lidos em uma estrutura contendo os vetores que são preenchidos com a leitura do ADC do microcontrolador, ou seja, os dados são salvos em uma matriz, onde cada linha dessa matriz é composta pelos vetores de cada sensor. Após colher o número de amostras de cada sensor estipuladas, o sistema começa preencher outra estrutura com a mesma característica da estrutura anterior, e habilita a tarefa responsável para o envio dos dados para o cartão de memória começar o envio da estrutura já preenchida. Após escrever na sexta estrutura, o sistema começa reescrever na primeira estrutura e assim sucessivamente.

A tarefa 3 é executada no *background* do sistema e é responsável por retirar amostras dos dados obtidos pela tarefa 2, realizar o processamento dessas amostras para valores de tensão em mV e os disponibilizam para outras tarefas.

A tarefa 4 é executada no *background* do sistema e utiliza o tempo livre do processador para converter os valores disponibilizados pela tarefa 3 em *strings*

de caracteres ASCII, referentes a cada um dos sensores, e apresenta os dados no *display* LCD realizando esta interface com o LCD através de uma comunicação I2C. A tarefa 4 é executada no *loop while(1)*, onde o código executa primeiramente o tarefa 3 e em sequencia a tarefa 4. Ambas as tarefas podem sofrer atraso em suas execuções, caso ocorra interrupções das tarefas que estão rodando no *foreground* do sistema para ser tratada.

A tarefa 5 é executada no *foreground* do sistema, sendo habilitada pela tarefa 2, que realiza escritas no cartão de memória de forma estruturada, com base no sistema de arquivos FAT32. Os dados obtidos pela tarefa 2, através das leituras dos sensores, são armazenadas no cartão de memória no formato FAT32 em arquivos com a extensão “.TCC”. Estes dados são gravados sem formatação ASCII, necessitando de um *software* para posteriormente, em um computador, converter o arquivo gerado pelo sistema embarcado em um arquivo de texto. Os dados são enviados para o cartão de memória através do módulo DMA, que faz o envio dos dados de forma direta para a memória, aumentando a velocidade poupando processamento. O DMA também realiza sucessivas leituras de posições de memória, provenientes dos vetores gerados pela tarefa 2, e escrita destes dados no módulo de comunicação.

A tarefa 6 é a primeira tarefa a ser executada pelo sistema, sendo executada uma única vez. A tarefa 6 é responsável pela inicialização do sistema, configurando todos os periféricos interno e externo ao microcontrolador que serão utilizados pelas demais tarefas e também pela criação e inicialização dos arquivos utilizados pela tarefa 5.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS INDIVIDUAIS

4.1.1 Sensor de Corrente

Na Figura 25 estão apresentados os resultados obtidos no teste prático realizado em bancada no sensor de corrente implementado (circuito citado na seção 3.3.1, do capítulo 3). Optou-se por manter a tensão de alimentação do Amp Op fixa em $12 V_{DC}$, pois é esse o nível de tensão que as baterias da ambulância fornecem ao CI.

A variação na corrente que circula na carga foi obtida variando a tensão que a alimenta. Os valores de corrente utilizado no teste podem ser visualizados na primeira coluna da Tabela 5 do Apêndice B. Não houve a necessidade de analisar a resposta para valores acima de 3.5 A, pois a corrente a ser monitorada pelo sensor no circuito está abaixo desse nível, devido às cargas que serão alimentadas pelo sistema.

A resposta do sensor no teste pode ser visualizada na Tabela 5 no Apêndice C, onde na segunda coluna estão os resultados da resposta do sensor para os valores de corrente da coluna 1 e na terceira coluna, a resposta teórica do sensor com base na Equação (9) (Seção 3.1.1).

Comparação da Saída Teórica com a Saída Prática do Sensor de Corrente

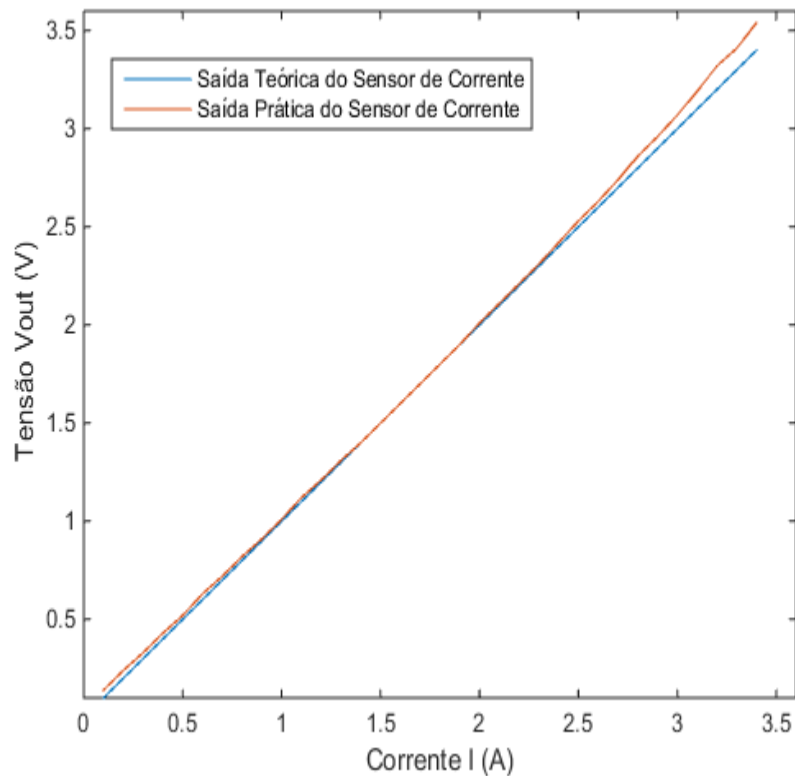


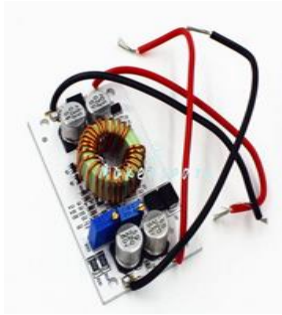
Figura 25: Gráfico da Resposta Teórica e Prática do Sensor de Corrente
Fonte: Autoria Própria

4.1.2 Conversores CC-CC

Os resultados dos testes realizados com os conversores CC-CC podem ser visualizados na Tabela 6 no Apêndice C. A escolha do conversor em questão se deu analisando o comportamento nos testes realizados em bancada, levando em consideração a temperatura atingida por cada conversor e, conseqüentemente, a eficiência do dispositivo. Os dados do teste no conversor escolhido para a implementação do módulo estão inseridos na Tabela 4. Observa-se que a coluna 1 traz a ilustração do conversor CC-CC testado e os dados obtidos estão alocados nas colunas adjacentes. A coluna 6 carrega consigo a informação sobre o instante de tempo no qual foram obtidos os dados do teste. A leitura da tensão de entrada e da corrente de entrada do conversor estão na coluna 2 e 3, respectivamente. Nas colunas 4 e 5 encontra-se a medição da tensão de saída e da corrente de saída do

conversor, nesta ordem. As medições referentes à temperatura do conversor foram inseridas na coluna 7.

Tabela 4: Resultados do Teste do Conversor CC-CC

Conversores	Tensão de Entrada [V]	Corrente de Entrada [A]	Tensão de Saída [V]	Corrente de Saída [A]	Tempo [minutos]	Temp. [°C]
	12,07	4,04	17,01	2,63	1	26,2
	12,08	4,06	17,01	2,64	8	35,5
	12,09	4,07	17,01	2,65	15	39,9
	12,09	4,08	17,01	2,66	20	41,3
	12,09	4,08	17,01	2,66	30	42,1

Fonte: Autoria Própria

4.1.3 Lógicas de Acionamento e Teste no Sensor dos *Drivers* D1 a D6

A saída do sensor do *driver* D1 foi monitorada, com o auxílio de um osciloscópio, para aferição dos valores de saída do sensor e verificação da lógica de acionamento das luminárias. O sensor monitora a tensão que é aplicada no catodo da luminária, ou seja, quanto estiver em nível lógico alto não aciona a luminária e quando estiver em nível lógico baixo a luminária é acionada.

O sensor de tensão é composto por um divisor resistivo, o que implica em multiplicar a saída do sensor um fator de $1/(0,0909)$ ou $11,0011$. A tensão do no anodo da luminária foi ajustada pra 17,4 utilizando uma fonte de bancada para simular a tensão de $12 V_{DC}$ da bateria na entrada do conversor CC-CC e a saída do conversor (regulada em 17.4 V) alimenta os *drives* D1 a D6.

Na Figura 26 pode-se observar que o valor em nível lógico alto é aproximadamente $1,58 V_{DC}$, que multiplicado pelo inverso do ganho do sensor ($1/0,0909$) resulta em $17.38 V_{DC}$, resultado próximo com o valor da saída do conversor. O nível lógico baixo está praticamente em 0, informando um valor de $20 m V_{DC}$

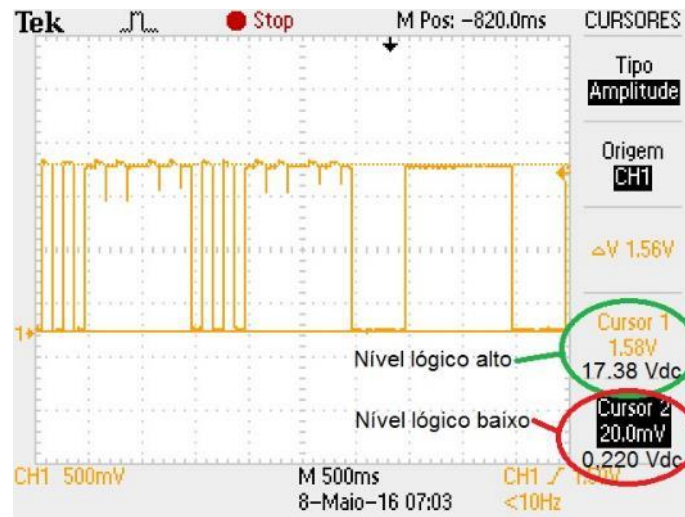


Figura 26: Níveis de tensões da saída *driver* 1.
Fonte : Autoria Própria

Na Figura 27 e na Figura 28 podem ser observados o tempo em que a luminária é mantida acionada (ton) e o tempo que a luminária é mantida desligada (toff), respectivamente. Em ambas as figuras, a luminária está operando na primeira rotina de acionamento (item 3.3.7 do capítulo 3), isso implica que a luminária permaneça ativada durante 500 ms e desativada por 1 segundo.

A Figura 29 carrega consigo as informações de período em que a rotina 1 é executada, a duração de cada ciclo e destaca cada ciclo em cores diferentes. Verifica-se que a rotina 1 é executada em 3 ciclos, com duração de 1,5 s cada ciclo, totalizando um período de 4,5 s de duração. Cada ciclo é destacado em cores diferente.

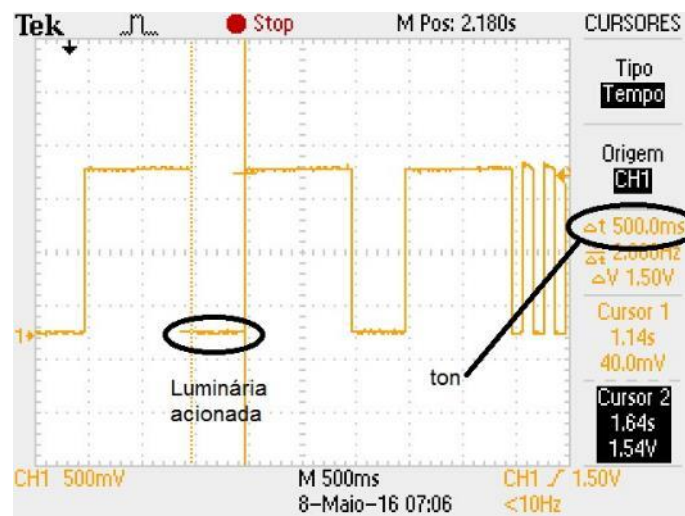


Figura 27: Tempo de acionamento da luminária (ton)
Fonte: Autoria Própria

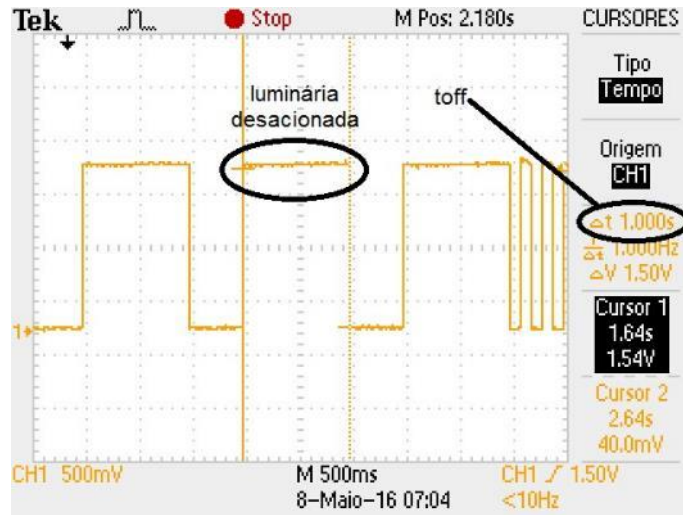


Figura 28 : Tempo em que a Luminária é Mantida Desligada.

Fonte :Autoria Própria

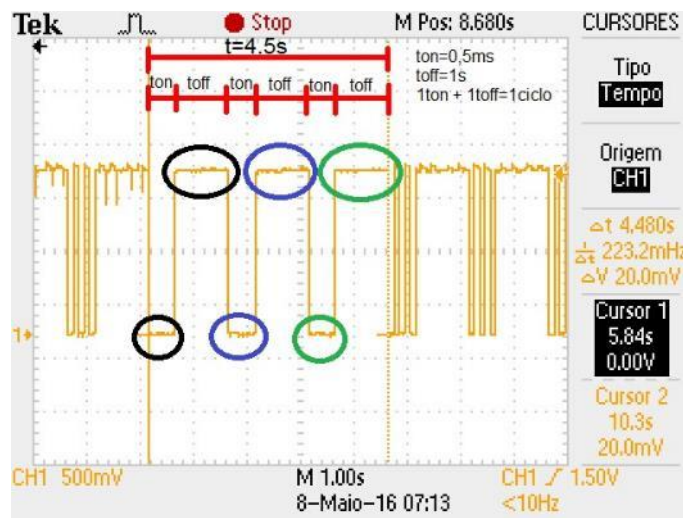


Figura 29: Informações sobre o Funcionamento da Luminária na Rotina 1.

Fonte: Autoria Própria

Pode-se verificar o tempo de execução e de espera na segunda rotina de acionamento das luminárias observando as Figura 30 e Figura 31. Como descrito na seção 3.3.7, a rotina 2 ativa as luminárias do mesmo conjunto por um período de 100 ms e deixam inativas pelo mesmo período, durante um intervalo de 500ms. O tempo de espera na Figura 31 é o período no qual os outros conjuntos estão sendo acionado pelo sistema. Como são 3 conjuntos, o tempo total de um ciclo é de 1,5 s e pode ser conferido na Figura 32.

Na Figura 33 estão as informações referentes à rotina 2, onde o ton é o tempo em que as luminárias de um conjunto é acionada, toff1 é o tempo onde todas as luminárias laterais estão inativas e toff2 é o tempo de espera para repetir o ciclo ou trocar a rotina de acionamento.

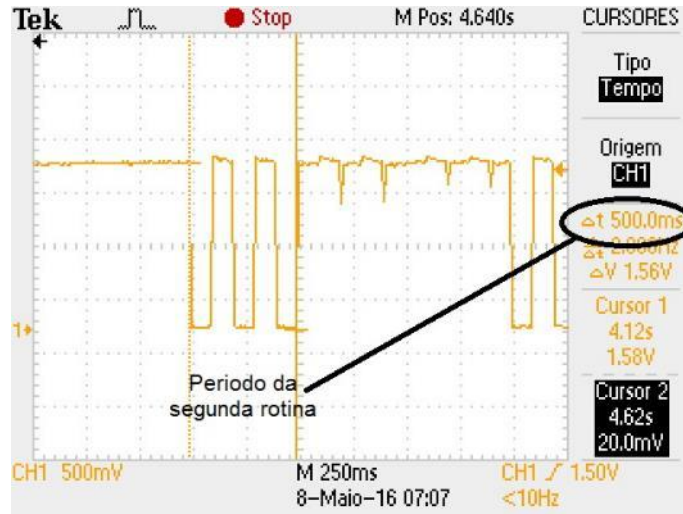


Figura 30: Período de execução da segunda rotina.
Fonte: Autoria Própria

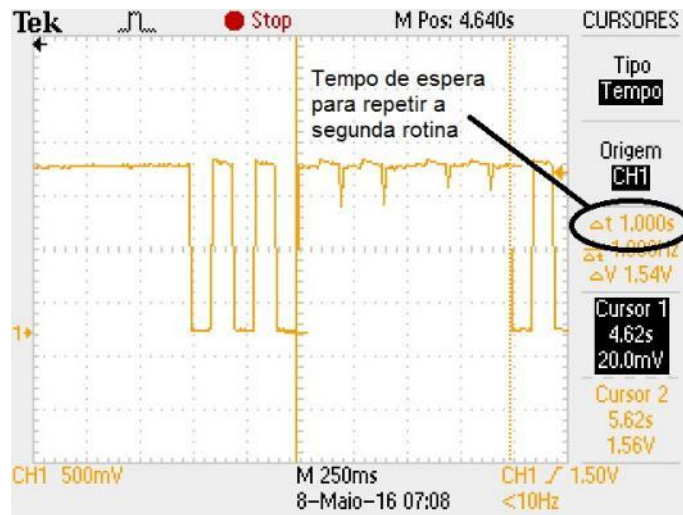


Figura 31: Tempo de Espera para Início do Próximo ciclo.
Fonte: Autoria Própria

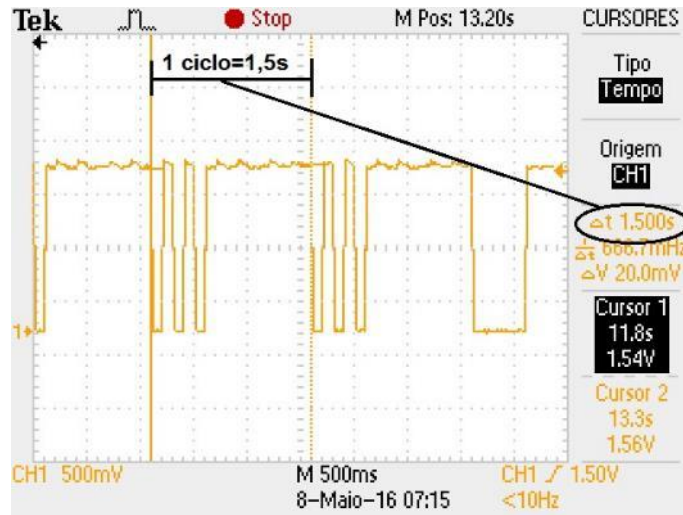


Figura 32: Tempo de duração de um Ciclo da Rotina 2
Fonte: Autoria Própria

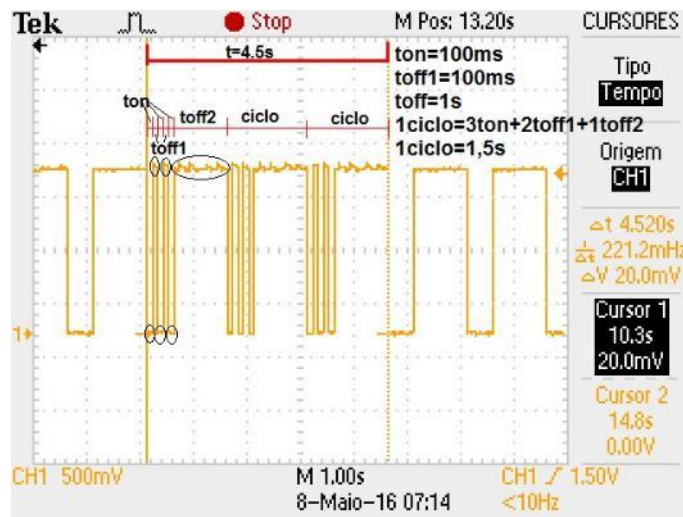


Figura 33: Informações sobre o Funcionamento da Luminária na Rotina 1
Fonte: Autoria Própria

A Figura 34 mostra a saída de 2 luminárias distintas de 2 conjuntos diferente. A luminária do conjunto 2 (azul) é acionado 500 ms depois que a luminária do conjunto 1 (laranja) iniciou seu ciclo, conforme o programado.

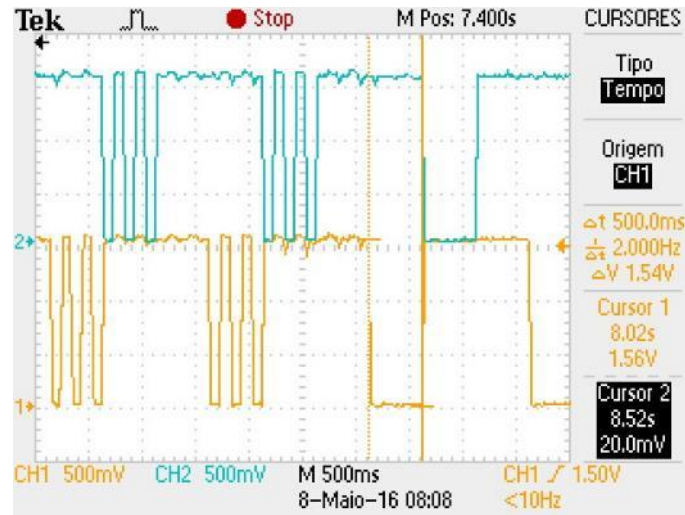


Figura 34: Leitura de 2 Sensores de 2 conjunto de Luminária Distintos
Fonte: Autoria Própria

4.1.4 Leituras de Tensão de Entrada (V_{in}), Tensão de Saída (V_{out}) e Corrente de Entrada (I_{in})

Realizou-se um teste utilizando o módulo para aferição da tensão de entrada, tensão de saída e a corrente de entrada do conversor CC-CC, utilizando cargas resistivas simulando as luminárias da ambulância. Para alimentar o módulo (V_{in}), foi conectado a uma fonte de tensão de bancada. O teste iniciou acionando apenas o sistema microcontrolado, com o intuito de verificar se o sistema iria monitorar o regime transitório da fonte e do conversor CC-CC. Após cerca de 1,7 segundo acionou a fonte de tensão, alimentando o módulo e por consequência as cargas.

A fonte foi desligada cerca de 5,7 s após o início do teste, e o microcontrolador foi desligado cerca de 7,3 s depois do começo do teste. A Figura 35 apresenta o gráfico das grandezas monitoradas. Os dados para o gráfico foram retirados pelo ADC do microcontrolador fazendo a conversão do sinal de saída de cada sensor e armazenado no cartão de memória. Nessa aplicação não houve a necessidade de se realizar uma calibração no conversor ADC do microcontrolador, pois o interesse era apenas monitorar o comportamento das grandezas, utilizando-se dos resultados para analisar o funcionamento do módulo. Cada grandeza monitorada foi lida aproximadamente 23200 vezes no intervalo de tempo de 7,3 s, e

todos os dados lidos foram salvos, sem fazer nenhum processamento. A corrente de entrada tem esse comportamento devido ao fato das cargas estarem sempre variando.

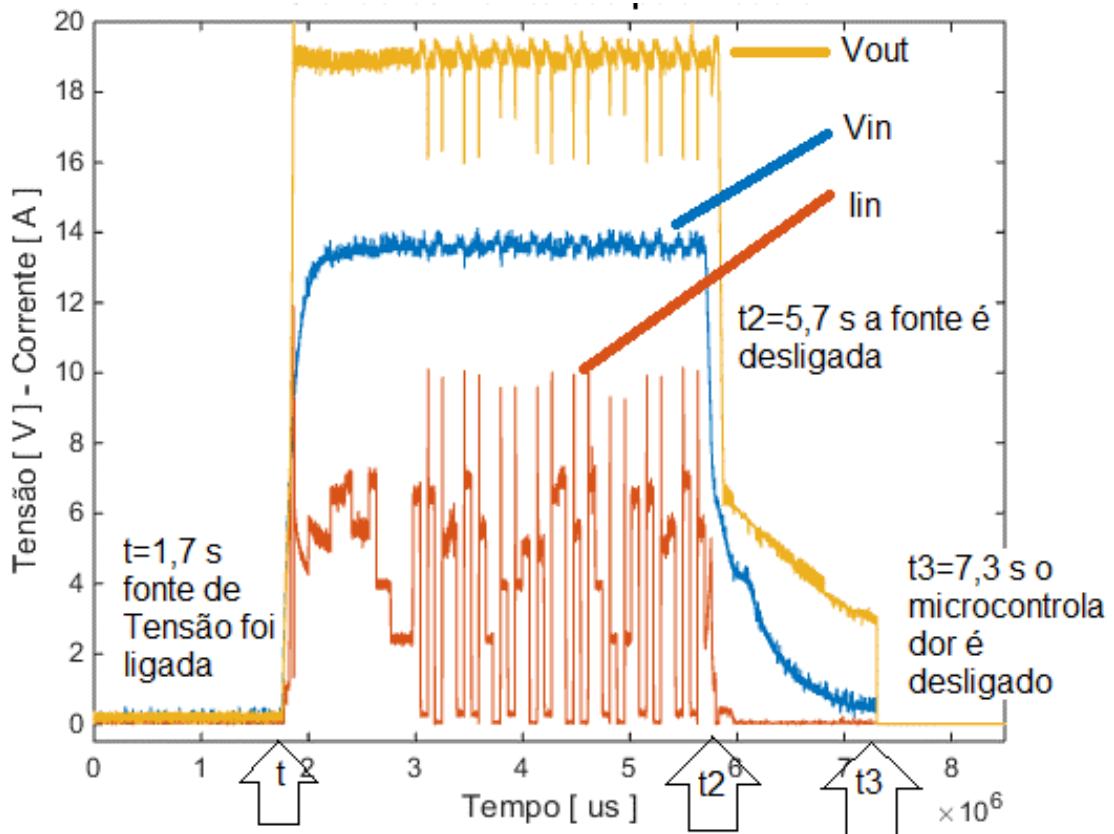


Figura 35: Grandezas Monitoradas - Vin, lin e Vout
 Fonte: Autoria Própria

A Figura 36 apresenta informações referentes ao período de 1,7 a 2,1 s. Pode-se perceber que o conversor CC-CC opera com tensão de entrada superior a $7 V_{DC}$ para limites abaixo de limiar a tensão de saída é igual à tensão de entrada. O controlador do conversor CC-CC é mais rápido do que o controle da fonte de entrada, porém o conversor CC-CC tem um pouco de sobressinal e a fonte de bancada não apresentou essa característica.

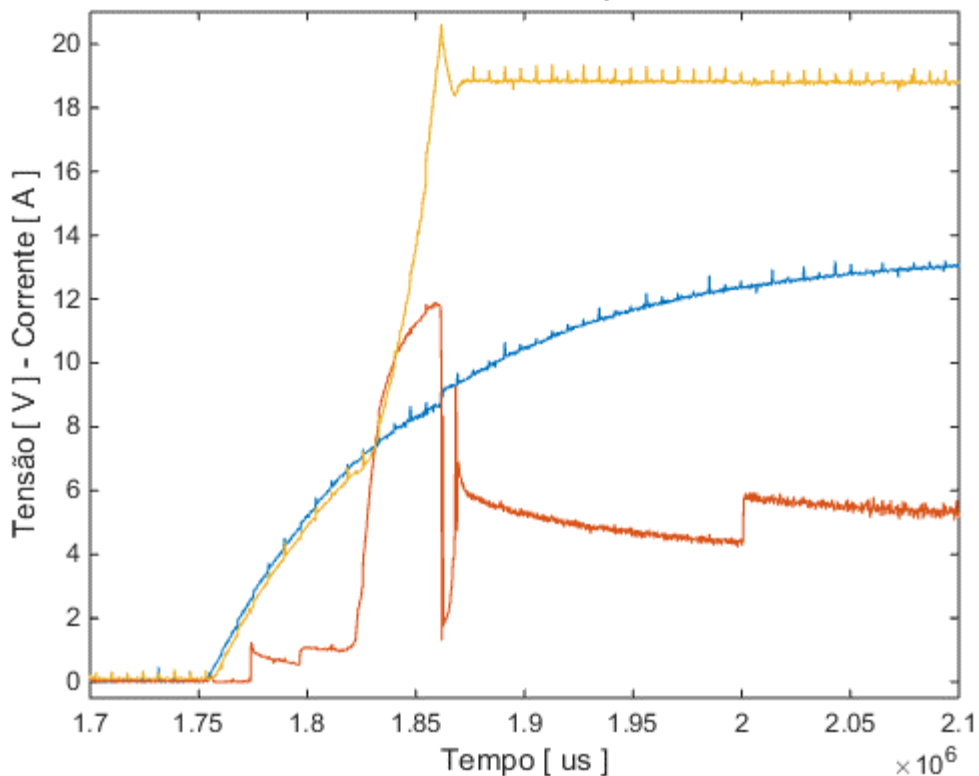


Figura 36: Resposta dos Sensores Referente ao Período de 1,7 a 2,1 s
Fonte: Autoria Própria

4.1.5 Teste de funcionamento da lógica de seleção dos canais do multiplexador

Com o intuito de verificar o funcionamento do sistema microcontrolado e analisar se a seleção do canal do multiplexador era executada de maneira correta, foi montado um circuito com divisores de tensões que fornecesse um *range* de tensões que variasse de 3,3 V até 0 V, fornecendo 6 níveis de tensões, um nível para cada canal utilizado do multiplexador (A0 a A5). Com isso, na entrada A0 do multiplexador era aplicado um sinal de 3,3 V, A1 teria 2,64 V, A2 era submetido a 1,98 V e assim sucessivamente, até que no canal A5 estivesse 0 V. A saída do multiplexador foi monitorada pelo conversor ADC do microcontrolador e os dados foram salvos no cartão de memória. A Figura 37 apresenta os resultados obtidos no teste realizado, onde de D1 a D6 foram os sinais nas entradas de A0 a A5, respectivamente, provenientes dos divisores de tensão. Pode perceber que todas

as 6 tensões da entrada do multiplexador foram monitoradas, e o resultado comprova o funcionamento correto da lógica de seleção dos canais.

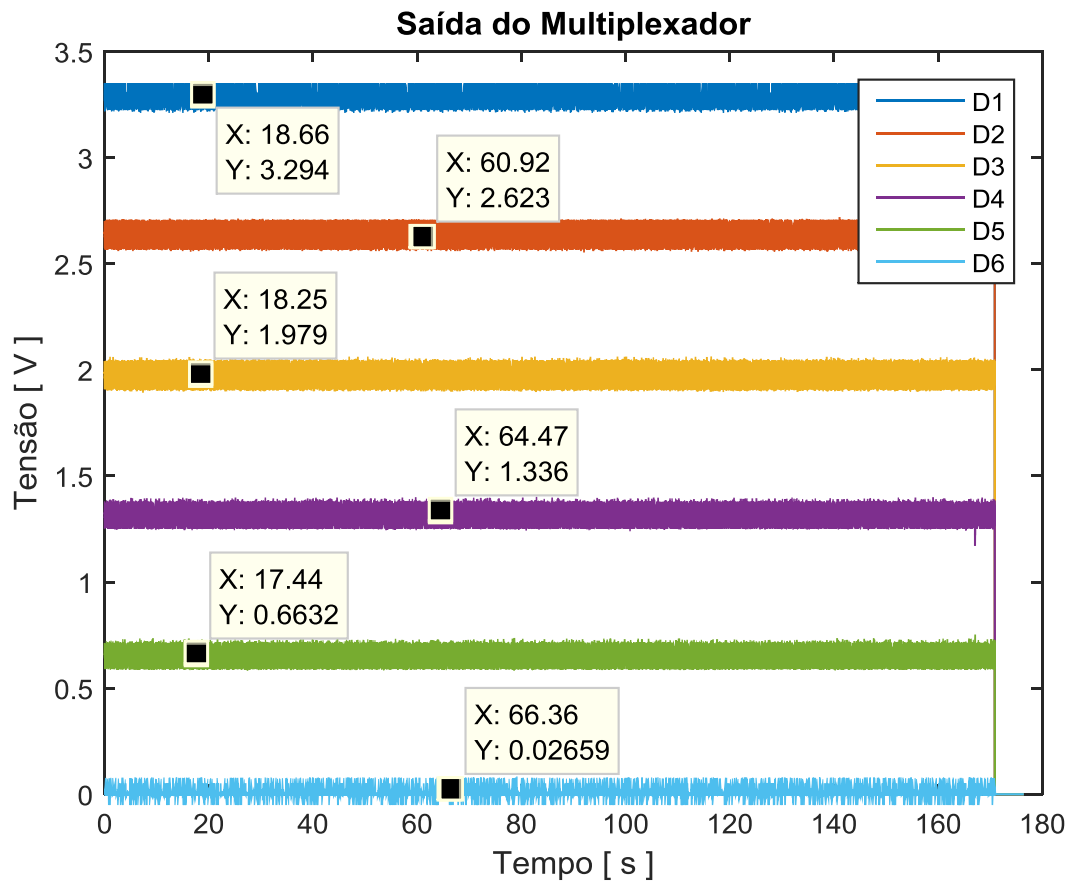


Figura 37: Resultado do Teste realizado no Multiplexador
Fonte: Autoria Própria

4.1.6 Funcionamento total do módulo

Com o multiplexador funcionando de maneira correta, conectou as saídas dos sensores dos *drivers* D1 a D6 nos canais de A0 a A5 do multiplexador e a saída do multiplexador continuou sendo monitorada pelo canal A0 do ADC do microcontrolador (pino P6.0). As saídas dos sensores que monitoram as tensões de entrada e saída do conversor CC-CC (V_{in} e V_{out}) e a corrente de entrada (I_{in}) foram monitoradas pelos canais A1, A2 e A3 do ADC (pino P6.1, P6.2, P6.3) do

microcontrolador), respectivamente. Os sensores que monitoram as tensões nos *drivers* que acionam as luminárias traseiras, D7 e D8 tiveram suas saídas conectadas aos canais A4 e A5 do ADC (P6.4 e P6.5). O resultado do teste é apresentado na Figura 38.

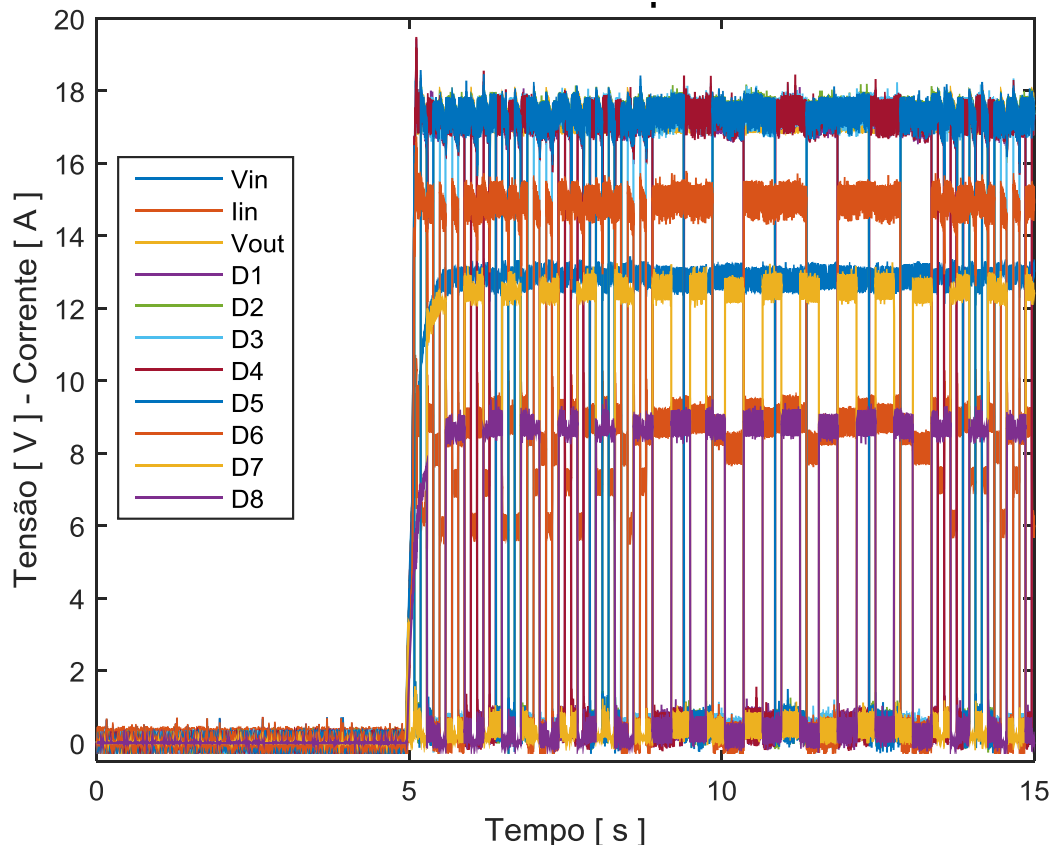


Figura 38: Grandezas Monitoradas pelo Sistema.
Fonte: Autoria Própria

Analizando o gráfico apresentado pela Figura 38, percebe um funcionamento diferente do *driver* D6, que controla a luminária V4 do conjunto 3, e do *driver* D8, que aciona a luminária traseira Vp2. O *driver* D6 deveria apresentar a mesma forma de onda do *driver* D3, pois são acionados e desacionados simultaneamente pelo microcontrolador.

A tensão monitorada pelo sensor do driver D6 deveria apontar para o valor da alimentação do módulo, que neste caso é a tensão de saída do conversor CC-CC (V_{out}) e o mesmo está informando aproximadamente 15 V como pode ser observado na Figura 39 .

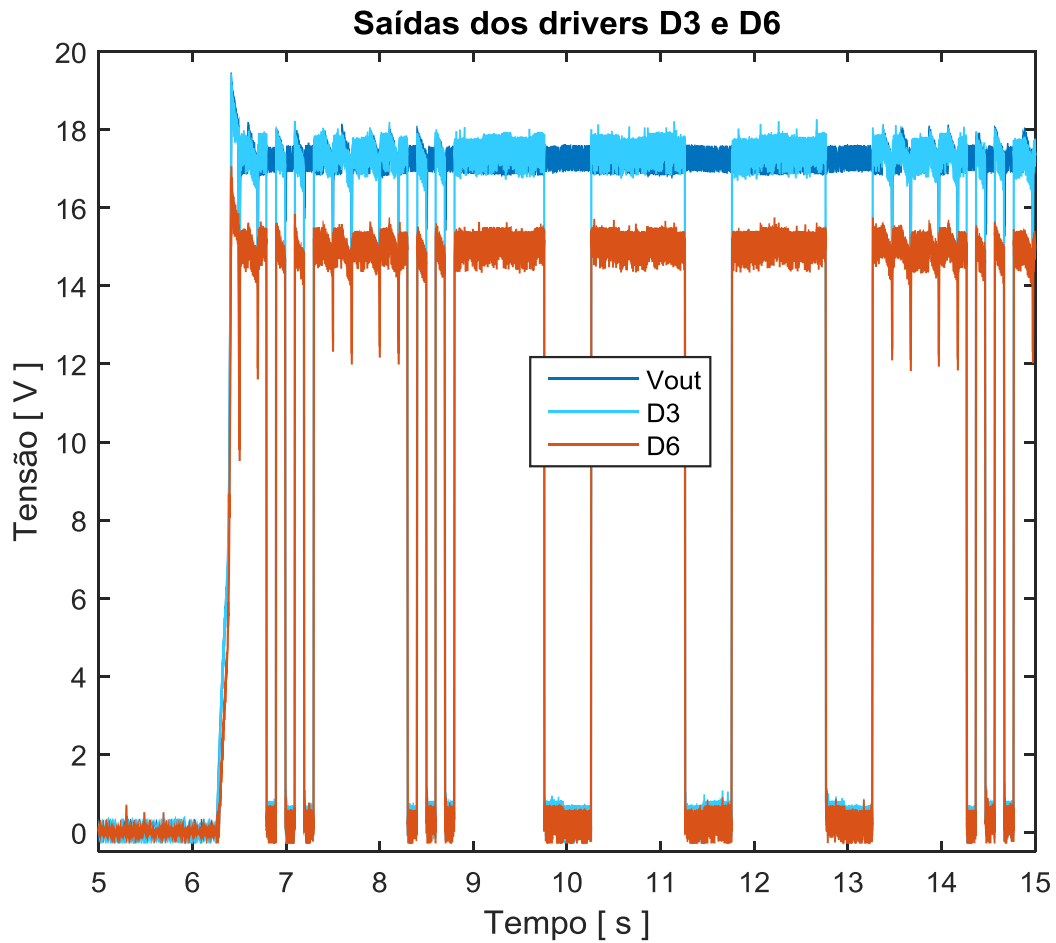


Figura 39: Saída dos Sensores dos Drivers D3 e D6
Fonte: Autoria Própria

O *driver* D8, responsável por acionar a luminária traseira Vp2, deveria apresentar o valor da tensão próximo do valor de V_{in} , pois o conjunto traseiro é acionado diretamente de V_{in} . O gráfico exibido na Figura 40 aponta para um valor de tensão aproximado de 8 V quando a luminária não está acionada. O comportamento de D8 deveria se aproximar da resposta apresentada pelo *driver* 7, pois utilizam do mesmo circuito e acionam carga com a mesma característica, com a única diferença de serem acionados em anti-fase um em relação ao outro. O fato descrito indica que a chave que compõe D8 apresenta problemas.

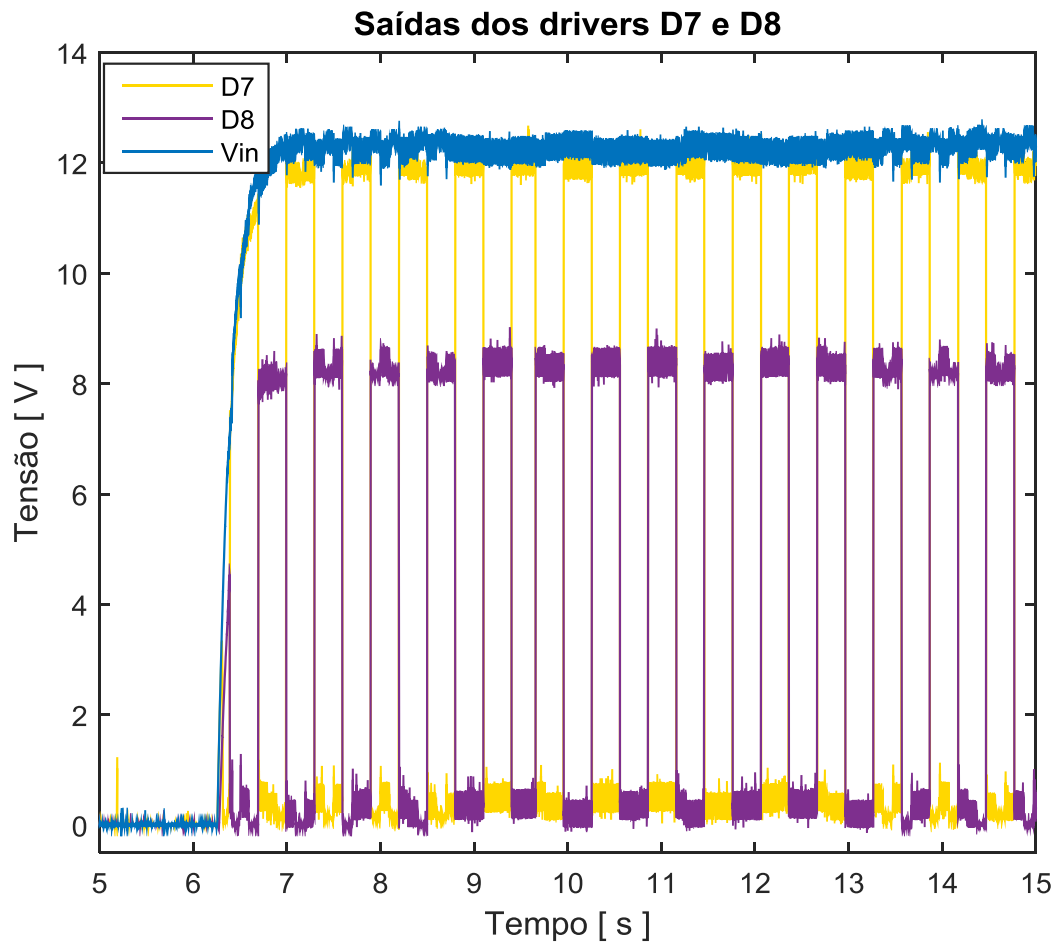


Figura 40: Saídas dos *Driver* D7 e D8
Fonte: Autoria Própria

4.1.7 Teste da resposta do módulo para variação na tensão de entrada (V_{in})

Com o circuito controlando as cargas e monitorando as saídas de todos os sensores, simulou variações na tensão de entrada do módulo com o auxílio da fonte de bancada com o intuito de verificar o comportamento das saídas dos *drivers* e analisar se o conversor CC-CC compensa as variações, mantendo a tensão de saída (V_{out}) constante. Na Figura 41 (A) estão plotadas as respostas dos *drivers* D1, D2, D3, D7 e a saída do conversor CC-CC. As respostas dos *driver* D4, D5, D6 e D8 foram omitidas pelo fato de terem seus comportamentos representados pelas respostas dos *drivers* plotados. Na Figura 41 (B), as respostas de D1, D2 e D3 foram atenuadas para que pudesse obter uma melhor visualização do resultado. Observa

nos gráficos A e B que nem a tensão de saída V_{out} , nem a resposta de *drivers* que acionam as luminárias laterais (D1, D2, D3) tiveram variações devido à perturbação da tensão de entrada. Por outro lado, como pode ser visualizado no gráfico (C) da Figura 41, o *driver* D7 e D8 não estão imunes às variações na tensão de entrada do sistema, propagando as perturbações para as cargas.

A Figura 42 contém os mesmos resultados que foram apresentados pela Figura 41, porém em uma base de tempo diferente para facilitar a compreensão e interpretação dos resultados apresentados nos gráficos.

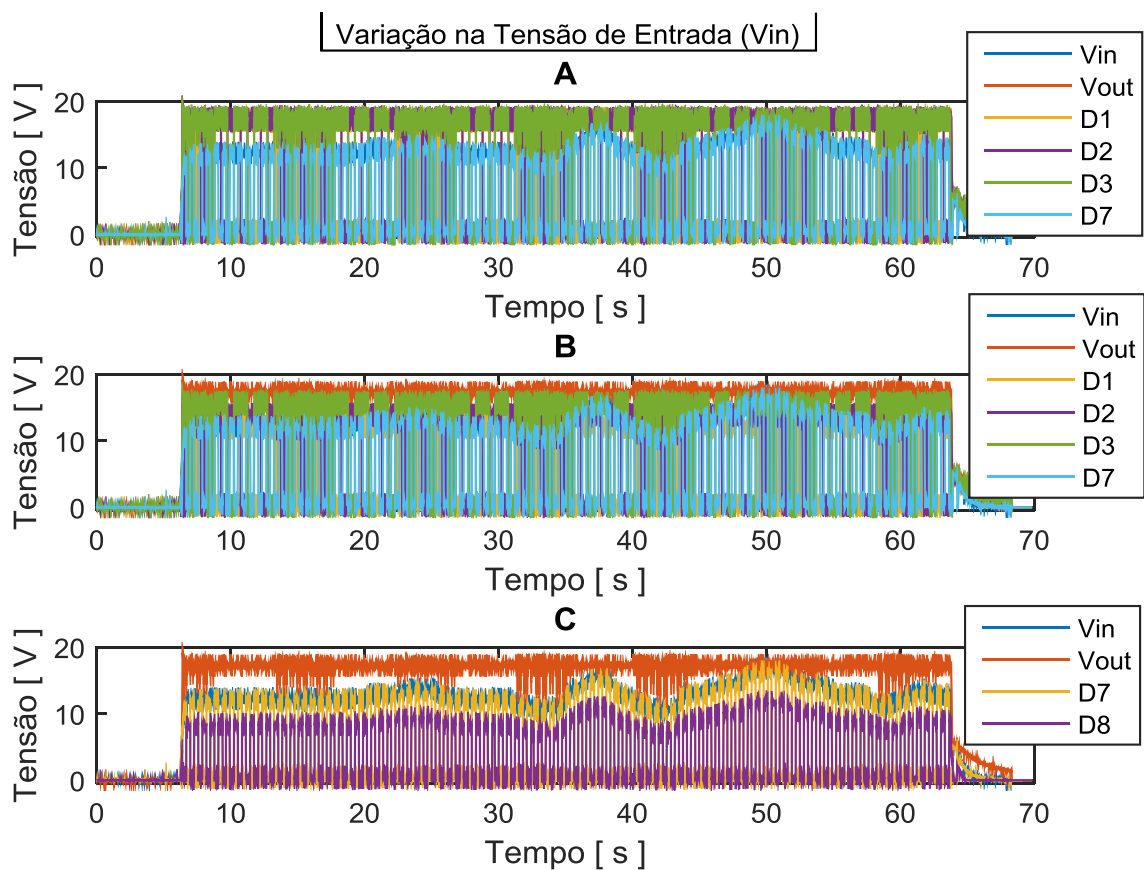


Figura 41: Perturbação na Tensão de Entrada (V_{in}) do Sistema
 Fonte: Autoria Própria

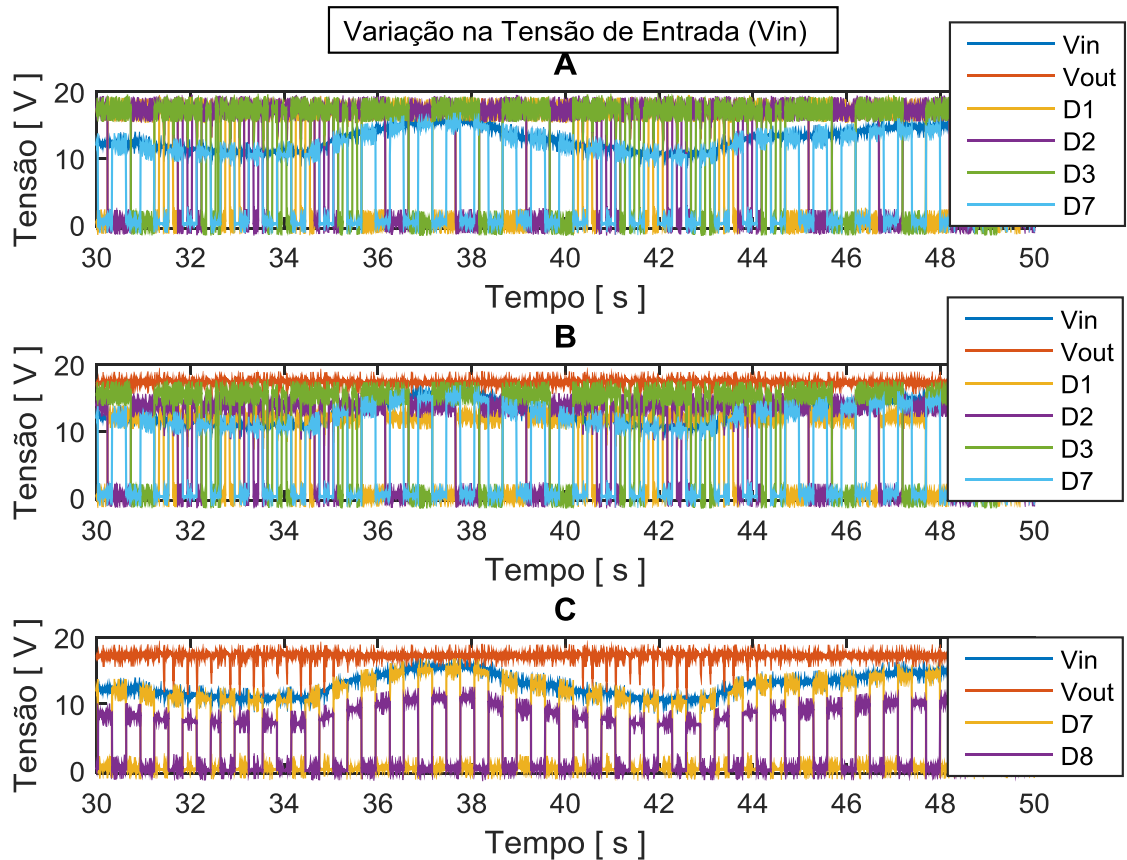


Figura 42: Perturbação na Tensão de Entrada (V_{in}) do Sistema
 Fonte: Autoria Própria

4.1.8 Teste da resposta do módulo para variação na tensão de saída (V_{out})

Neste teste foi realizada uma perturbação na tensão de saída do conversor CC-CC para verificar a resposta propagada nos sensores que monitoram as grandezas elétricas no módulo. O resultado do teste pode ser conferido no gráfico da Figura 43, onde a resposta dos *drivers* D4, D5, D6 e D8 não foram grafadas para facilitar a compreensão do gráfico, porém, as respostas dos *drivers* omitidos podem ser assimiladas pelas respostas dos *drivers* D1, D2, D3 e D7, respectivamente. Nota-se que apenas os *drivers* que são alimentados com a tensão de saída do conversor estão sujeitos a propagar as perturbações sofridas para as cargas.

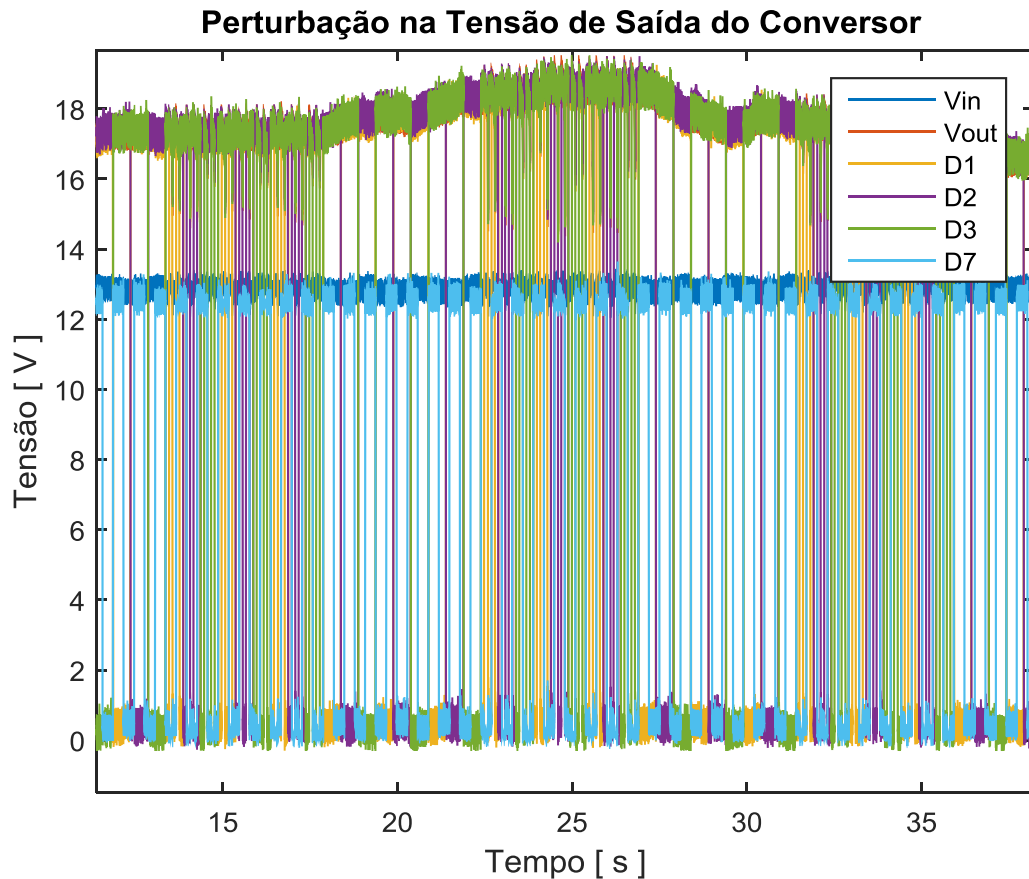


Figura 43: Reposta dos *Driver* para uma Perturbação na Tensão de Saída (Vout)
Fonte: Autoria Própria

4.1.9 Teste realizado após substituição do *driver* D6

Devido ao mau funcionamento apresentado nos testes anteriores do *driver* D6, foi feita a substituição do elemento e o novo módulo *driver* foi testado. A resposta do novo *driver* D6 é apresentada pela Figura 44, juntamente com a resposta de D1, para comparar o funcionamento do *driver* substituído. Como pode ser observado, o problema realmente estava no D6 anterior, e o novo D6 tem o funcionamento dentro dos padrões esperados.

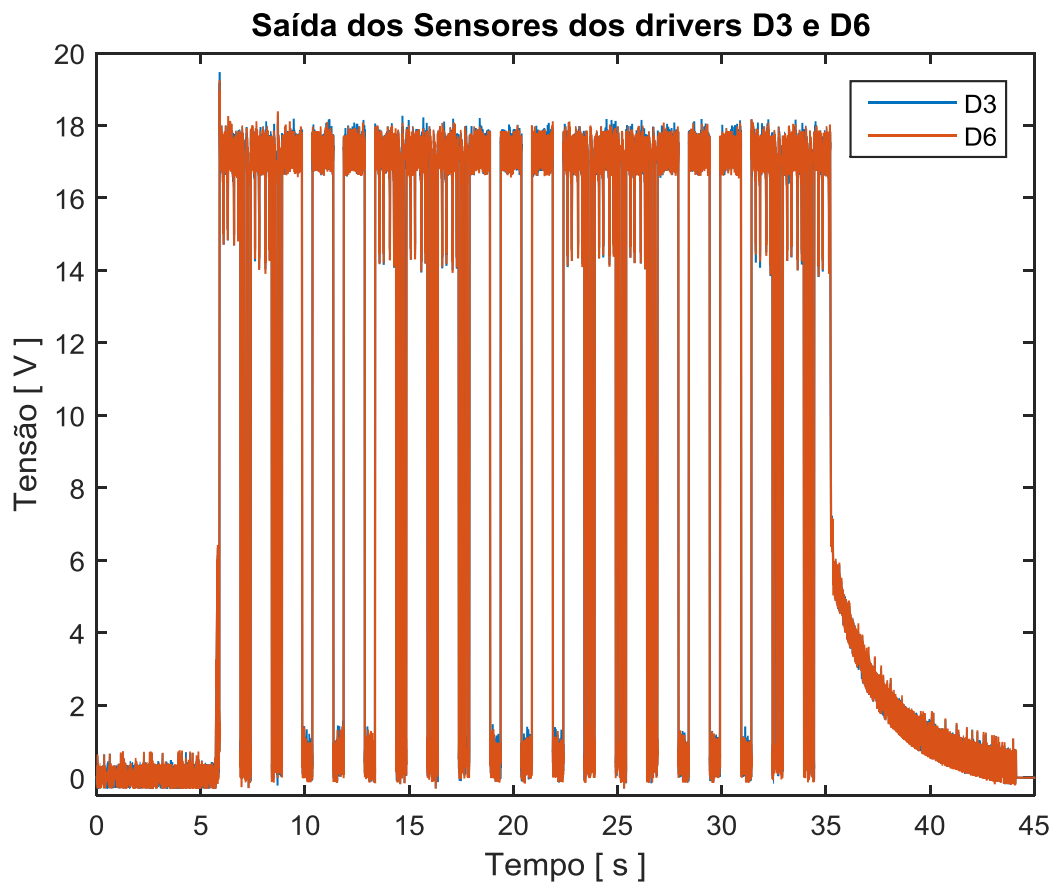


Figura 44: Resposta do *driver* D6 substituído
Fonte: Autoria Própria

4.1.10 Teste com sobrecarga

Todos os testes, até essa seção, foram realizados com cargas que consumiam corrente abaixo da corrente nominal que os *drivers* de D1 a D6 foram projetados. Para verificar a atuação dos *drivers* testou o módulo com sobre carga em D1 a D6. Todos os *drivers*, com exceção de D4, acionaram cargas com consumo de aproximadamente 380 mA se alimentadas com 17 V, e D4 acionou carga com consumo de 340 mA para 17 V. Vale ressaltar que o *drivers* implementados vão proteger e limitam corrente máxima drenada pela carga em 285 mA, aproximadamente.

A Figura 45 apresenta os resultados obtidos no teste. Para as cargas (45Ω) acionadas pelos *drivers* D1, D2, D3, D5 e D6, tiveram uma diferença de potencial aplicada nos terminais de aproximadamente 12,34 V (17,14V – 4,77V) que

resultou que os *drivers* regularam a corrente para aproximadamente 275mA ($12,34\text{V} / 45\Omega$). A carga (50Ω), acionada por D4, teve uma diferença de potencial aplicada em seus terminais de aproximadamente 13,83 V ($17,14\text{V} - 3,307\text{V}$), resultando em uma corrente de 276mA, aproximadamente.

Os valores de corrente regulados pelos drivers são próximos do valor informado na Figura 21 (seção 3.3.3 do capítulo 3), implicando em um funcionamento dentro do esperado para os drivers.

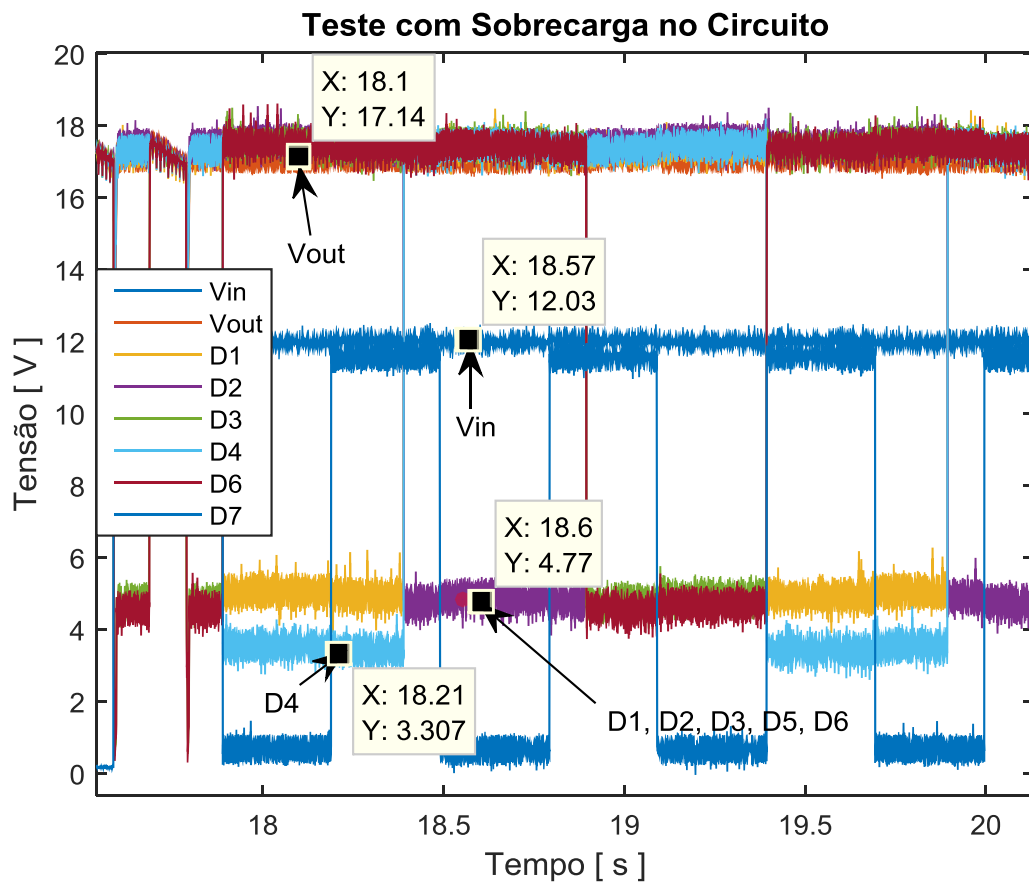


Figura 45: Teste com Sobrecarga no circuito
Fonte: Autoria Própria

4.1.11 Teste com curto circuito em D1 e D5

Foi induzido um curto circuito nas cargas que são acionadas por D1 e por D5, em instantes diferentes. A Figura 46 mostra a resposta do *driver* D1 na ocorrência do curto na carga acionada por D1. Na Figura 47 pode verificar a

resposta do *driver* D5 no momento da duração do curto circuito realizado na carga de D5. Pode ser verificados que após a ocorrência do curto circuito, ambos os *drivers* mantiveram seus funcionamentos normais, ou seja, o curto circuito não causou danos no funcionamento dos módulos.

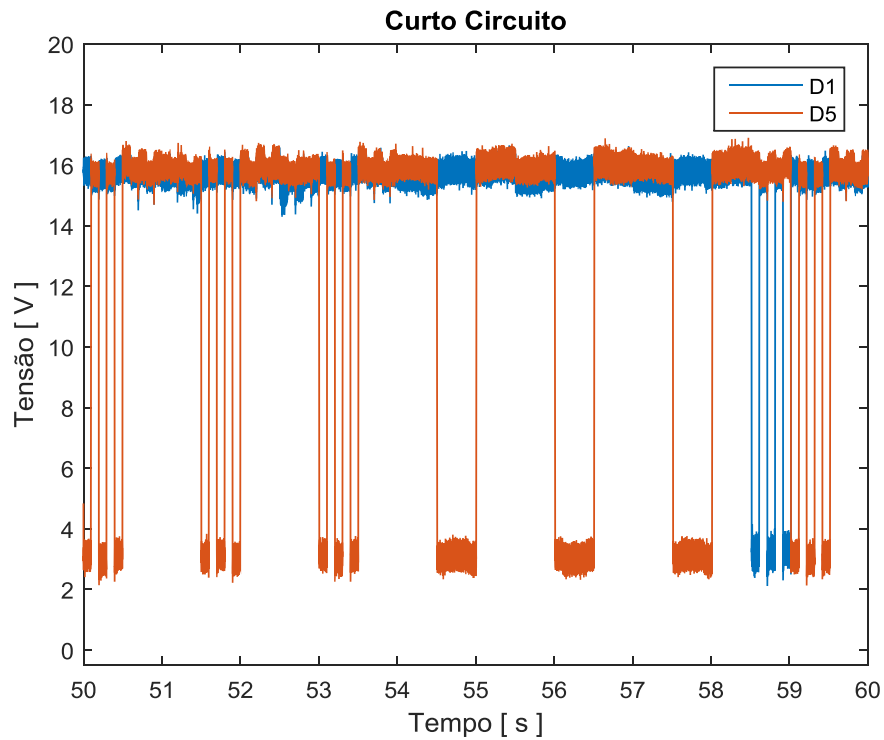


Figura 46: Curto Circuito Realizado na Carga Acionada por D1
Fonte: Autoria Própria

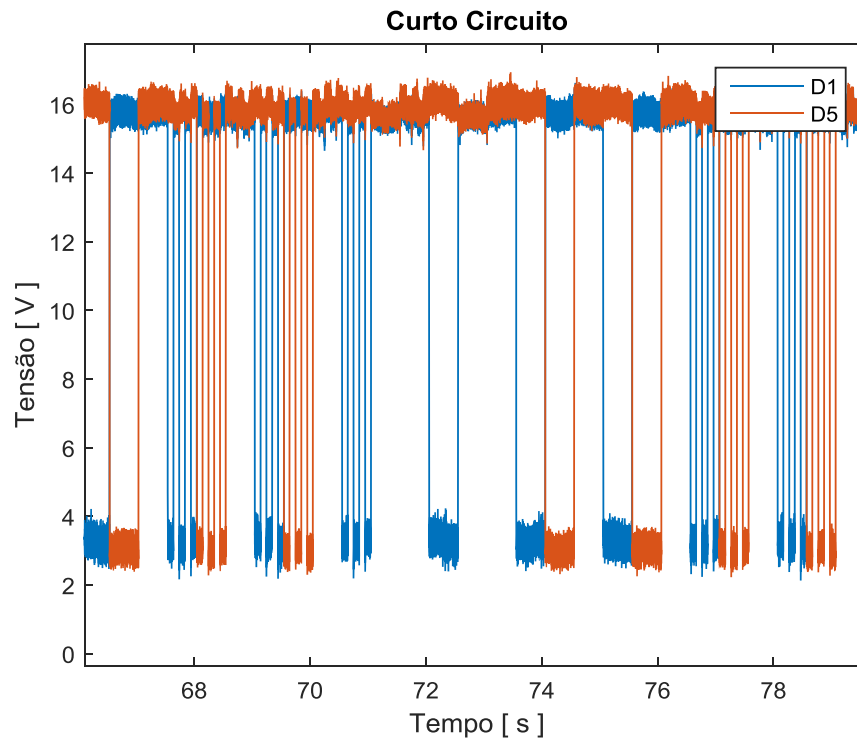


Figura 47: Curto Circuito Realizado na Carga Acionada por D5
Fonte: Autoria Própria

Vale ressaltar que a luminária acionada pelo *driver* D1 faz parte do primeiro conjunto de luminária a ser acionada e que a carga acionada por D5 faz parte do segundo conjunto, ou seja, o acionamento de D5 ocorre defasado em 500 ms do acionamento de D1, como foi descrito na seção 3.3.6.

Analisando os gráficos expostos acima, verifica-se que durante o período de tempo em que as cargas estão sobre o efeito do curto-circuito, os *drivers* fazem a proteção da carga, não as acionando. Com o término do curto circuito, a rotina de acionamento é retomada normalmente, e as cargas não tiveram nenhum prejuízo.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi desenvolvido um módulo eletrônico para controle de iluminação e monitoramento de energia elétrica para ambulâncias. De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o objetivo principal do trabalho foi alcançado.

O módulo desenvolvido, por ter sido projetado e implementado com tecnologia mais moderna, oferece maiores proteções para as luminárias quando comparado com o módulo que atualmente é utilizado. O módulo desenvolvido possui também funções extras que o módulo existente nas ambulâncias não oferece, como a capacidade de monitorar e armazenar os dados provenientes das medições realizadas na unidade em condições normais de uso para análise futura.

Com o recurso de monitoramento de algumas grandezas elétricas, é possível analisar e identificar se existe mau funcionamento em alguns pontos, fazendo com que a manutenção do módulo possa ser feita de uma forma mais rápida, disponibilizando a unidade para servir a sociedade em um curto período de tempo.

O envio de informações para um *display* fornece ao módulo um leque de possibilidades, entre elas verificar as condições de operação do módulo, sem que seja necessário retirar o cartão de memória e extrair os dados com computadores para uma análise de funcionamento do módulo. Caso haja necessidade, outras funcionalidades podem ser designadas ao *display*, apresentando mensagens de erros ou avisos importantes, por exemplo.

O uso de conversores CC-CC para acionamento das luminárias LEDs trouxe maior mobilidade ao módulo, apesar de não utilizar o recurso de controlar o fluxo de energia entregue às cargas, para que o módulo simule o funcionamento do módulo empregado nas ambulâncias. Em versões futuras, pode fazer um controle da intensidade das luminárias, através de ações PWM, por exemplo, diminuindo a potência fornecida pelas baterias caso não estejam com carga elevada, por exemplo.

Devido ao fato do primeiro protótipo do módulo ocupar uma área relativamente grande quando comparado com o espaço disponível na ambulância para a sua instalação, e também por ter ficado modular, necessitando de cabos para

conexões entre as placas que compõem o módulo, o teste que seria realizado na ambulância teve de ser postergado, não dando tempo de realizar a integração dos módulos em uma única PCI compacta até a conclusão desse trabalho. Todavia, conclui-se que o trabalho teve um saldo positivo, e que os resultados obtidos foram satisfatórios.

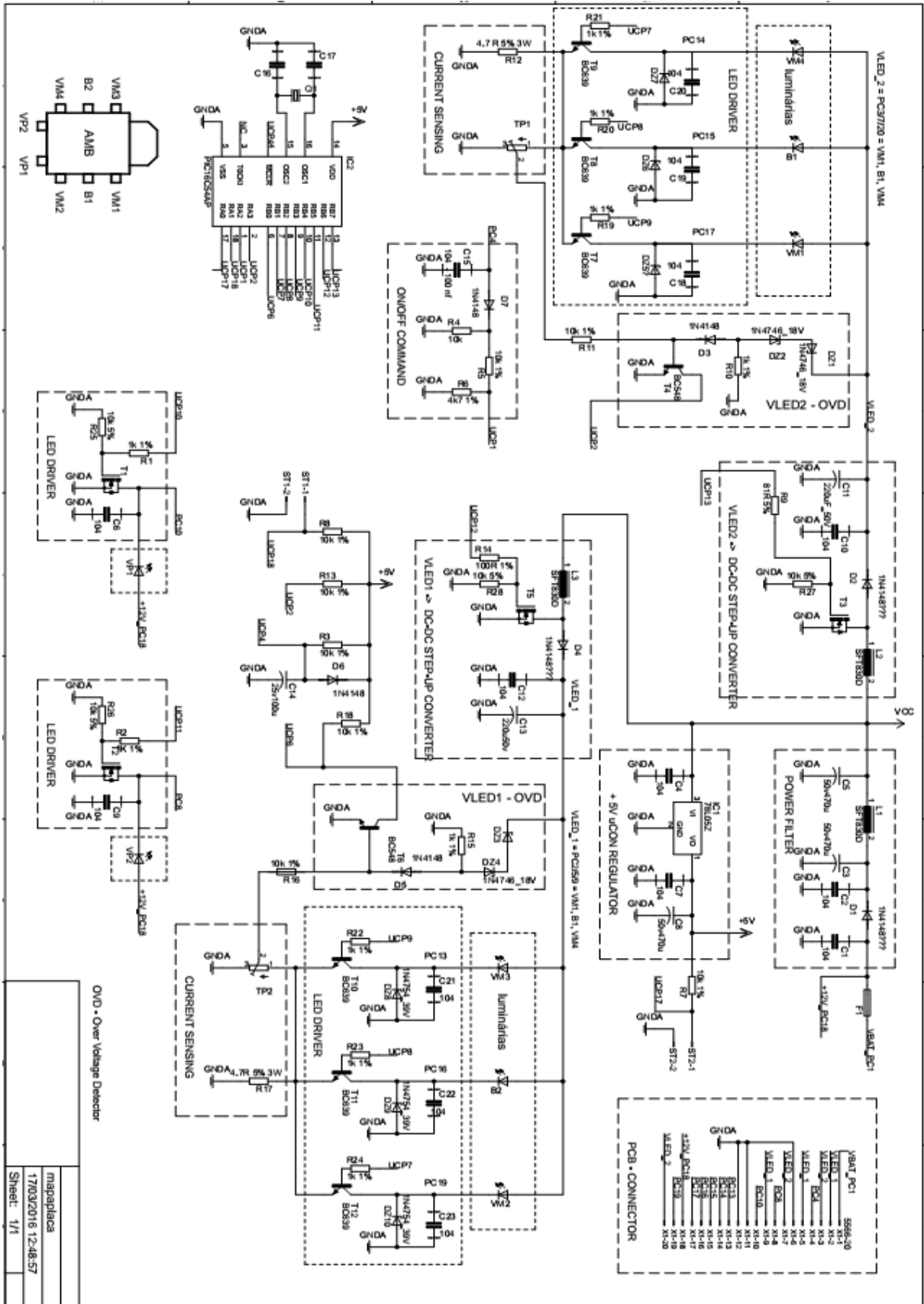
Como sugestões para próximos trabalhos, pode-se projetar e implementar os conversores CC-CC, fazendo o projeto do mesmo já integrado com a placa do módulo, diminuindo o custo para confecção do módulo. Também deixo como sugestão aplicar algumas técnicas para programar o microcontrolador utilizado, para deixar o sistema mais eficiente e diminuir possíveis margens para falhas, como implementar um sistema operacional ou algo do gênero, por exemplo.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Primervida. **primervida.com.br**, 2000. Disponível em: <http://www.primervida.com.br/site/wp-content/uploads/legislacao/abnt14561_2000.pdf>. Acesso em: 12 Março 2016.
- ANVISA. Anvisa. **Portal Anvisa**, 2004. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/56e8928047458e5f9757d73fbc4c6735/04_04.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 25 Fevereiro 2016.
- BERTOTTI, Fabio L.; LEAL, Ósis E. S. **Gestão da Manutenção do Sistema de energia elétrica de ambulância do Sistema de Atendimento Móvel de Urgência**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco: [s.n.], 2014.
- CAMPILHO, Aurélio. **Instrumentação Electrónica. Métodos e Técnicas de Medição**. 1ª. ed. Porto: FEUP edições, 2000.
- CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Denatran**. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/publicacoes/download/ctb_e_legislacao_complementar.pdf>. Acesso em: 14 Março 2016.
- DEPT. OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING. **Secure Digital Card Interface for the MSP430**. Michigan State University. Michigan: [s.n.], 2004. 23 p.
- ERICKSON, Robert W.; MAKSIMOVIC, Dragan. **Fundamentals of Power Electronics**. 2nd. ed. Secaucus: Kluwer Academic Publisher, 2000.
- HART, Daniel W. **Electrónica de Potencia**. 1ª. ed. Madrid: Prentice Hall, 2001.
- LOPES, Leonardo B. **UMA AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**. 2014. 81.Trabalho de conclusão de Curso - Universidade Federal di Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- MARTINS, Denizar C.; BARBI, Ivo. **Eletrônica de Potência: Conversores CC-CC Básicos não Isolados**. 2ª. ed. Florianópolis: Edição dos Autores, v. I, 2006.
- MILANO, Shaun. **Allegro Hall-Effect Sensor ICs**. 2009. 5p.Allegro MicroSystems. Worcester, 2009.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Ministério da saúde. **Saúde**, 2004. Disponível em: <<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/folder/10006003188.pdf>>. Acesso em: 27 Fevereiro 2016.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portal Brasil. **Portal da Saúde**, 2014. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/951-sas-raiz/dahu-raiz/forca-nacional-do-sus/l2-forca-nacional-do-sus/13407-servico-de-atendimento-movel-de-urgencia-samu-192>>. Acesso em: 10 Fevereiro 2016.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Saúde. **Portal Saúde**, 2014. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/951-sas-raiz/dahu-raiz/forca-nacional-do-sus/l2-forca-nacional-do-sus/13407-servico-de-atendimento-movel-de-urgencia-samu-192>>. Acesso em: 18 Novembro 2015.
- OLIVEIRA, André M. D. **Sistema de Iluminação Distribuída Utilizando LED's Acionados por Dois Conversores Flyback Integrado**. 2007.138, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

- PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores Família MSP430 Teoria e Prática**. 1ª. ed. São Paulo: Érica, 2005.
- PINTO, Rafael A. **Projeto e Implementação de de Lâmpadas para Utilização de Interiores Empregando Diodos Emissores de Luz (LEDs)**. 2008.138, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- PORTAL BRASIL. Portal Brasil. **Saúde**, 2009. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2009/11/pais-tem-servico-movel-de-atendimento-de-urgencia>>. Acesso em: 10 Fevereiro 2016.
- POW TECH. **PT 4115 30V, 1.2A Step-down High Brightness**. 2008. 1-18p.2008. Shanghai, 2008.
- RONTAN. **Manual Prático do Usuário**. 2013. 02-23p. 1 - Qualidade Audit. Tatuí, 2013. Disponível em: <<http://ciuenp-samu192.com.br/arquivos/1387804437.pdf>>. Acesso em: 20 Fevereiro 2016.
- SÁ JUNIOR, Edilson M. **Estudo de Estruturas de Reatores Eletrônicos para LEDs de Iluminação**. 2010.199. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- SACCO, Francesco. Embarcados. **Tipos de comunicação serial**, 2014. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/spi-parte-1/>>. Acesso em: 21 Abril 2016.
- SAÚDE. Sage. **sage.saude.gov.br**, 2016. Disponível em: <http://sage.saude.gov.br/paineis/samu/corpao.php?uf_origem=BR-5570-204482459&cidade_origem=&uf_cidade=BR%20-%20%C2%A0&no_estado=BRASIL&idPagina=42#>. Acesso em: 07 Março 2016.
- SENAI. Grandezas Físicas, Instrumentos e Equipamentos de Medição e Teste. **Arcelor Brasil**, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/46/46.pdf>>. Acesso em: 14 Março 2016.
- SITMED. Resgate e Emergência | Sitmed. **sitmed.wordpress.com**, 2008. Disponível em: <<https://sitmed.wordpress.com/2008/11/24/tipos-de-ambulancias/>>. Acesso em: 04 Março 2016.
- TEXAS INSTRUMENTS. **MSP430x5xx and MSP430x6xx Family-User Guide**. 2008. 1143p.[s.n.]. Dalas, 2008.
- THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. B. D. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 4ª. ed. São Paulo: Érica, 2005.
- ZELENOVSKY, Ricardo; MENDONÇA, Alexandre. **MZeditora**. Disponível em: <http://www.mzeditora.com.br/artigos/mic_modernos.htm>. Acesso em: 30 Março 2016.

APÊNDICE A: CIRCUITO DO MÓDULO DE CONTROLE EXISTENTE



OVD - Over Voltage Detector

mapaplicaca
17/03/2016 12:48:57
Sheet: 1/1

APÊNDICE B: RESULTADOS OBTIDOS NO TESTE DO SENSOR DE CORRENTE EM BANCADA




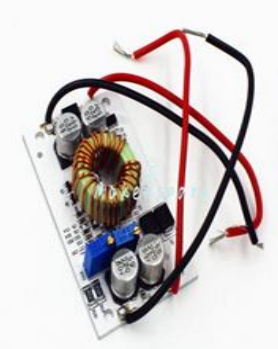

Tabela 5: Resultados obtidos no Teste do Sensor de Corrente em Bancada

Corrente de Entrada (I_o) [A]	Tensão de Saída do Sensor (Vout) [V]	Tensão de Saída Teórica (Vout) [V]
0,1	0,14	0,1
0,2	0,24	0,2
0,3	0,33	0,3
0,4	0,43	0,4
0,5	0,52	0,5
0,6	0,63	0,6
0,7	0,72	0,7
0,8	0,82	0,8
0,9	0,91	0,9
1	1,01	1
1,1	1,12	1,1
1,2	1,21	1,2
1,3	1,31	1,3
1,4	1,4	1,4
1,5	1,5	1,5
1,6	1,6	1,6
1,7	1,7	1,7
1,8	1,8	1,8
1,9	1,9	1,9
2	2,01	2
2,1	2,11	2,1
2,2	2,21	2,2
2,3	2,31	2,3
2,4	2,42	2,4
2,5	2,53	2,5
2,6	2,63	2,6
2,7	2,74	2,7
2,8	2,86	2,8
2,9	2,96	2,9
3	3,07	3
3,1	3,19	3,1
3,2	3,32	3,2
3,3	3,41	3,3
3,4	3,54	3,4

Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE C: RESULTADO DO TESTE DOS CONVERSORES CC-CC

Tabela 6: Resultado do Teste dos Conversores CC-CC

Conversores	Tensão de Entrada [V]	Corrente de Entrada [A]	Tensão de Saída [V]	Corrente de Saída [A]	Tempo [minutos]	Temp. [°C]
	12	4,1	17,1	2,62	1	42,8
	12,01	4,1	17,1	2,63	5	55
	12,01	4,09	17,09	2,49	15	63
	12,02	4,09	17,04	2,72	25	65,6
	11,85	3,21	14,55	2,23	0,4	76,7
	11,87	3,09	14,32	2,19	1	83,4
	11,87	3,06	14,26	2,18	1,4	84,8
	12,05	4,44	17,51	2,67	1	47,2
	12,1	4,23	17,16	2,63	5	58,6
	12,12	4,09	16,91	2,6	15	77,7
	12,13	4,08	16,88	2,6	28	78,4
	12,07	4,04	17,01	2,63	1	26,2
	12,08	4,06	17,01	2,64	8	35,5
	12,09	4,07	17,01	2,65	15	39,9
	12,09	4,08	17,01	2,66	20	41,3
	12,09	4,08	17,01	2,66	30	42,1
	12,04	1,33	17,9	0,8	1	48,7
	12,04	1,32	17,9	0,79	5	52,3
	12,05	1,32	17,8	0,79	10	55
	12,07	1,31	17,8	0,79	20	55,7

Fonte: Autoria Própria