

SISTEMA DE AUTOGERENCIAMENTO DE FALHA PARA SEMÁFOROS

Jorge Landim¹, Jaylton Lima², Patrícia Souza³, Lucas Carvalho⁴,

Rodrigo Cunha⁵, Luan Souza⁶, Marcel Coelho⁷

RESUMO

Este artigo tem por objetivo, o desenvolvimento e aplicação de técnicas de autogerenciamento de falha em um semáforo urbano, a fim de garantir sobrevida em seu funcionamento perante adversidades e falhas. Através de pesquisas direcionadas aos assuntos abordados, como o uso de sistemas de redundância de *hardware*, de *Nobreaks*, *datasheets* dos componentes aplicados, assim como livros da área de eletrônica de potencia e artigos direcionados a programação e uso de redes internet. Tornou-se possível a aplicação das seguintes teorias principais no projeto: primeiramente implantação do uso do modulo Ethernet ENC28J60 para comunicação e envio de pacotes UDP vindos da placa de controle com Atmel ATEMEGA 328P-PU, responsável pelo gerenciamento de falha do protótipo; a aplicação de sistema de *Nobreak* para sobrevida em casos de falha da rede elétrica, com seu uso em todo ou parte do sistema; e uso das placas denominadas P1 e P2 responsáveis pelo acionamento do semáforo, que trabalharam em redundância uma da outra por ordem da placa de controle. Onde em testes aplicados com periféricos de verificação e medições pôde-se constatar a validade do uso adequado de cada componente afim do prolongamento do funcionamento do semáforo e que se destacou a possibilidade de múltiplos usos dos pacotes UDP pelo seu utilizador. Para assim permitir a mostra da vantagem do uso destas teorias para a evolução e autogerenciamento de falha dos semáforos.

Palavras – Chave: Semáforo, redundância, comunicação, Nobreak, autogerenciamento.

¹Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – Tatuapé – SP, jorge-landim@hotmail.com.

² Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – Tatuapé – SP, tom-lima2011@hotmail.com.

³Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – Tatuapé – SP, patriciaalmeidasouza@ymail.com.

⁴Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – Tatuapé – SP, lucas.jcarvalho@hotmail.com.

⁵Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – Tatuapé – SP, rdr.gos@gmail.com.

⁶Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – Tatuapé – SP, Luanlab.eng@gmail.com.

⁷Professor Orientador do curso de Graduando em Engenharia Eletrônica pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade – Tatuapé – SP, marceltc@uol.com.br.

1. Introdução

A definição de trânsito é o conjunto de deslocamentos de pessoas e veículos nas vias públicas, dentro de um sistema convencional de normas, que tem por fim assegurar a integridade de seus participantes (ROZESTRATEN; 1988). Com este conceito, se estabelece a necessidade de um item fundamental para o trânsito dos centros urbanos, o semáforo. Este importante dispositivo é responsável pela organização do tráfego nas vias por meio de sinalizações luminosas, indicando quando o condutor deve prosseguir, manter a atenção ou parar.

Assim, dada sua importância e necessidade diária, este dispositivo torna-se um item que recebe constantes atualizações e aprimoramentos em seus sistemas. O seu funcionamento contínuo se torna indispensável dentre as adversidades que o sistema possa enfrentar. Dentre as quais são chuvas, problemas nas redes elétricas e danos em seu *hardware*. Fatores que inibem seu funcionamento até que a entidade responsável possa tomar medidas técnicas corretivas. (BARROS; 2017).

Ao visar em auxiliar nesta continuidade de funcionamento, este trabalho tem o objetivo da concepção e prototipagem de atribuições técnicas que visam alongar o funcionamento do semáforo até sua manutenção. Estas atribuições são três principais: a implantação do módulo Ethernet ENC28J60, utilizado para conectividade com internet e assim envio de dados sobre as ocorrências físicas e funcionamento do semáforo que permite maior agilidade no atendimento; Atribuição de placa secundária de redundância para controle das fases luminosas, onde estas placas são administradas por uma controladora que monitora as falhas e permanece ligada ao módulo ENC28J60; E a aplicação da placa fonte associada a um sistema de *Nobreak* para permitir sobrevida ao sistema em casos de problemas na rede elétrica. Este trabalho não frisa mudar o sistema de funcionamento existente, mas contribuir para o melhor gerenciamento e melhoria do mesmo.

2. Materiais e Métodos

A metodologia utilizada foi baseada em uma pesquisa bibliográfica, com consulta de materiais teóricos, como livros e artigos que tratam dos temas de eletrônica analógica, eletrônica digital, máquinas e acionamentos, eletrônica industrial e

normas vigentes para o segmento, bem como *datasheets* que abordam componentes inerentes a confecção do protótipo, onde foram utilizados microcontroladores responsáveis pela parte de gerenciamento e comandos do circuito, o sistema com driver que realiza a transmissão de dados responsável pela comunicação entre a central e o semáforo. E uma placa de redundância responsável por entrar em atividade caso ocorra algum tipo de pane ou falha na placa principal.

2.1. ENC28J60 – Modulo Ethernet

O modulo *ethernet* é o driver responsável pela comunicação com a central de monitoramento, este mesmo componente tem em sua estrutura um chip conhecido pela numeração ENC28J60 conforme figura 1. O mesmo é um controlador de internet IC que suporta vários protocolos da internet que são requeridos. Este módulo conecta diretamente com o microcontrolador que realiza comunicação entre semáforo e central. Suas características para este protótipo vêm da sua facilidade de comunicação entre dispositivos à longa distância. (THOMSEN; 2014).

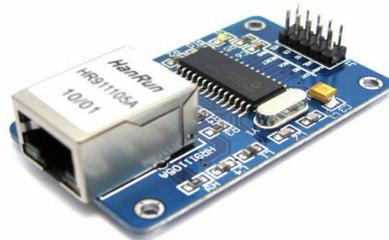


Figura 1 – Modulo ENC28j60.

Fonte: (THOMSEN; 2014)

2.2. Placa de controle.

O centro operacional do projeto se dá nesta placa, que fica a cargo de direcionar o critério de uso entre as placas P1 e P2, e receber da mesma forma, sinais que indiquem o uso das fases luminosas, bem como o do *Nobreak* nos casos de queda de energia da rede elétrica.

Vale destacar que nesta placa é encontrado o microcontrolador Atmel ATMEGA 328P-PU, usualmente utilizado para a plataforma de hardware Arduino,

Arduino é uma plataforma de prototipação eletrônica open-source flexível que utiliza o microcontrolador ATMEGA328, entretanto, para esta aplicação, ao visar uma melhor relação de benefício, foi escolhido utilizar apenas o microcontrolador que possui interface de programação simplificada sem o uso do módulo comercializado. (SMIDT, 2013)

Cita-se em primeira instancia o uso das bibliotecas do compilador para utilização protocolo UDP. Segundo CCM (2017), o protocolo UDP (User Datagram Protocol) é um protocolo não orientado para a conexão, da camada de transporte do modelo TCP/IP. Segundo GUGELMIN (2014), quando o protocolo UDP é acionado, ele simplesmente manda informações a um destinatário, sem se preocupar se elas foram recebidas devidamente — em caso de erros, ocorre o envio do próximo pacote programado pelo sistema, e os anteriores não podem ser recuperados.

O uso desta plataforma também torna mais eficaz o recebimento dos sinais analógicos emitidos pelo módulo ACS712, na Figura 2, um sensor de corrente ligado em serie com os transformadores das fases luminosas, onde se queimada uma luz, reduz-se a potencia dissipada, e em consequência a corrente que altera o sinal para a controladora. (FILHO; 2014)



Figura 2 – Modulo ACS712

Fonte: (ALLEGRO; 2013)

2.3. Placa fonte com bateria.

O protótipo dispõe de uma placa fonte com transformador abaixador de saída 12V/2A para alimentação geral do sistema através de uma polaridade de DC. (CAPUANO; 2013). Incorporada a esta fonte, se encontra uma bateria de 12V/3.4Ah que fica responsável pelo armazenamento de energia, e alimentação da carga em casos de falha na rede elétrica. (PCO; 2005). Com CI 7805 na saída da fonte para rebaixar a

tensão de saída para 5V, visto que a tensão máxima permitida para alimentação dos microcontroladores. (MARQUES; 2008).

Ao se saber por meio do órgão responsável, que dado um problema de rede elétrica ou outro venha a acontecer com o dispositivo. A companhia tem 2 horas para que se faça o atendimento técnico no sistema, (LOBO; 2017). Pôde-se formular em calculo com base no consumo do circuito, o valor de bateria para alimentação completa ou parcial do sistema durante este prazo de espera.

Uma primeira aplicação se da pelo uso de um *Nobreak* com inversor de frequência, para alimentação do circuito de comunicação e fases luminosas, que trabalham com corrente AC.(CST; 2005). Com consumo total, sem considerar perdas de transformação por parte do inversor, foi aferido, 385mA, que para o tempo total de duas horas de espera, modulou-se uma bateria de 770mAh.

Da mesma forma, para redução de gastos, pode-se escolher pelo uso de uma bateria diretamente ligada a rede DC do circuito, para alimentação exclusiva da placa de comunicação e controle, onde seu consumo de 100mA, torna a necessidade do uso de uma bateria de 200mAh para aproximadamente duas horas de funcionamento.

2.4. Placas P1 e P2 em redundância.

Em virtude de possíveis danos de sobrecarga de circuito ou fatores externos que venham a danificar a operadora de tempo das fases luminosas, como insetos, água ou outros danos, foram aplicadas duas placas de função igual, onde P1 e P2 trabalham em redundância para o aumento da tolerância de falhas do sistema, e recebem comando para atuar em lugar uma da outra em caso de qualquer problema detectado pela placa controladora no sistema.(WEBER; 2002)

Para garantir segurança e evitar conflito de funcionamento simultâneo entre as placas, seu software possui sistema de intertravamento onde uma envia pulso à outra ao ser acionada. As placas enviam da mesma forma, sinal para placa de controle indicando estarem operacionais para uso.

A programação das placas se deu em linguagem C com microcontroladores PIC16F628A. A função destas placas se restringiu a controlar apenas as fases do semáforo, com temporização formada a partir dos contadores de pulsos TIMER0 e sua interrupção interna. Função esta que se mostrou vantajosa ao ser

atribuída na contagem de tempo. (PENIDO, TRINIDADE; 2013). E permite à parada subsequente do funcionamento ao ser desativada a placa.

Pulsos de indicação se direcionam para a placa controladora para sinalização do funcionamento das placas P1 e P2, onde nestes pulsos se capacita a tomar as decisões, bem como a leitura dos sinais analógicos recebidos do sensor das fases luminosas, que trabalham em corrente AC. (CETSP; 2016)

Para o acionamento de rede AC a norma aconselha o uso de elementos de estado sólido, Ahmed aponta também o Triac como uso mais comum para reles AC de estado sólido. (AHMED; 2000). Perante as características do circuito foi escolhido o modelo BTA24 que trabalha com até 25A e faixa de tensão de até 800V. (ST, 2006)

Em vista de manter o circuito de microcontroladores isolado, utilizou-se o acoplador ótico MOC3021, que permite o chaveamento AC dos Triac's com o sinal DC dos microcontroladores sem riscos de interferências por ruído. (WIRTH; 2003).

2.5. Funcionamento

Através da incorporação unificada destes elementos, o funcionamento do protótipo se dá na seguinte forma. A placa de controle fica como componente central do projeto que monitora os acontecimentos entre placas P1 e P2, fazendo a alternância de uma para outra, caso seja detectado um problema que se relacione a falta de energia, eventual parada em alguma das luzes ou da placa que esta controlando, se constatado um destes problemas, o controle utiliza o módulo ENC28J60 com os pacotes de dados UDP para informar estas falhas. A troca entre uma placa e outra ocorre também entre períodos estabelecidos, para que haja uso médio equivalente entre placas e a possibilidade de aferição de possíveis falhas de uma das duas.

A placa de controle envia de maneira periódica e previamente estabelecida um pacote contendo seus status gerais da indicação do funcionamento de P1 e P2, qual placa está em operação, se a bateria está em espera ou em uso e indicação da possibilidade de fase luminosa danificada. Estes status permitem com que o órgão atuador, tome as devidas atitudes para problemas ocorridos.

Para parada da rede elétrica, no protótipo a bateria esta em circuito de *Nobreak* para alimentação de todo circuito.

O fluxograma na Figura 3 demonstra esse ciclo de funcionamento.

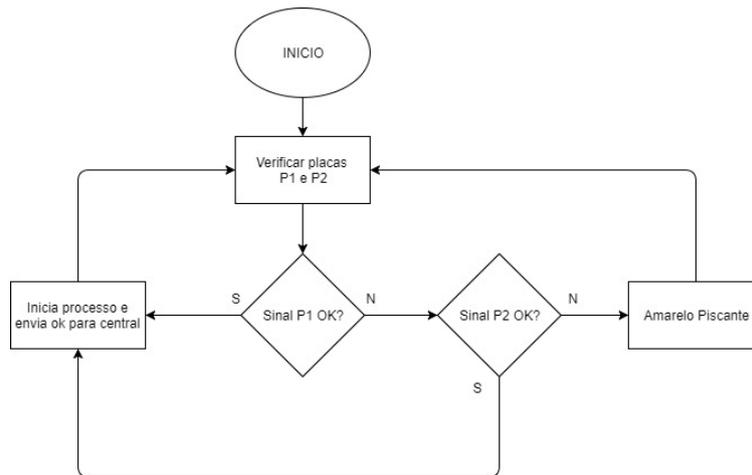


Figura 3 – Fluxograma de funcionamento

Fonte: Autor

As placas P1 e P2 trabalham de maneira separada, onde só atua uma quando a outra estiver em espera, seu *software* mantém os *drivers* de acionamento das fases em atividade e ao ser efetuada uma troca de placa, ambas começam com sinalização de segurança para fechar a via e em seguida iniciar o ciclo de fases.

Sob qualquer possibilidade de inoperância de P1 e P2 ou mesmo do circuito controlador, inicia-se o funcionamento do circuito de amarelo piscante, que se mantém em espera com pulso positivo da controladora.

2.5. Relação de componentes.

Os componentes do protótipo estão dispostos na tabela 01.

Tabela 01- Lista de Componentes.

Quantidade	Descrição	Quantidade	Descrição
3	BTA24.	3	Resistor 220Ω.
3	MOC3021.	10	Diodo 1n4007.
1	ATMEGA328.	10	Diodo 3V0.
3	PIC16f628A.	3	Cristal 4khz.
11	Transistor BC548.	1	Cristal 16khz.
13	Resistor 10KΩ.	8	Capacitor 22pF.
3	Resistor 330Ω.	1	Capacitor 2000uF.
11	Resistor 2K2Ω.	1	Capacitor 100uF.

Fonte: Autor

2.6. Digrama

Para montagem do protótipo, testes operacionais de suas placas e reprodução do mesmo para o leitor deste artigo seguem-se os diagramas esquemáticos de montagem.

Na figura 4, pode ser verificado o diagrama com os componentes da placa de potência.

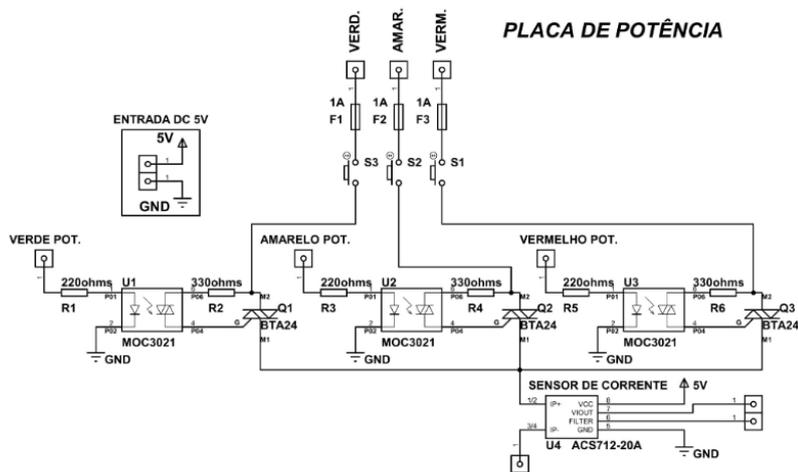


Figura 4 – Diagrama do circuito placa de potência

Fonte: Autor

Na figura 5, pode ser verificado o diagrama com os componentes da placa de amarelo piscante.

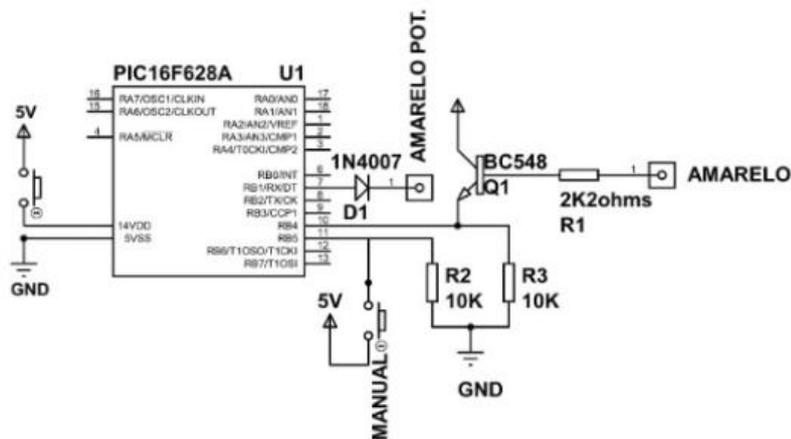


Figura 5 – Diagrama do circuito placa Flashing

Fonte: Autor

2.7. Protótipo

Na Figura 8 vê-se lado-a-lado placas de fonte, controladora, potencia amarelo piscante, P1 e P2. Que funcionam de maneira modular.

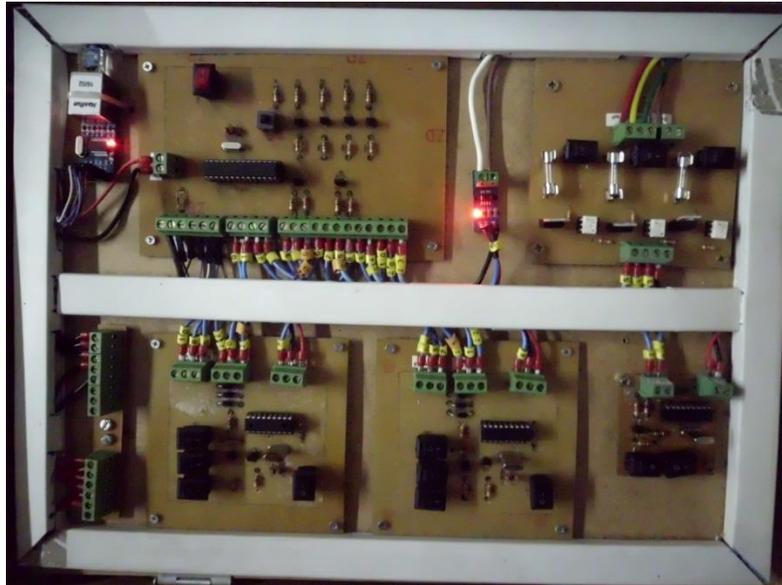


Figura 8 – Módulos do protótipo.

Fonte: Autor

3. Resultados e discussões

Tido o objetivo aberto neste artigo, de atribuir funções para que fosse estendido o funcionamento como também melhor gerenciamento de falha do semáforo urbano. Viu-se primeiramente a atuação do módulo ENC28J60 em modular com diferentes tipos de comunicação via internet. Onde no caso com a escolha dos protocolos UDP que apesar de potencializar erros ao não necessitar de verificação de envio, possibilita comunicação rápida entre os equipamentos. Colocando-se porventura em pauta sua relação com pacotes TCP's que possuem 60 bytes de cabeçalho mais 20 do cabeçalho IP totalizando 80 bytes só o cabeçalho, contra os 8 bytes utilizados pelo UDP mais 20 do IP totalizando 28, isso somado aos dados enviados, não passando no total de 80 bytes neste protocolo.(REIS; 2016)

A placa de controle com uso do microcontrolador ATMEGA realizou as trocas entre P1 e P2 e garantiu a formação e envio dos pacotes UDP pelo modulo

ENC28J60. Ainda considerando a associação da praticidade das bibliotecas Arduino para formulação o código e relação de custo ao construir o circuito no qual ficou a placa.

Com um sistema de *Nobreak*, onde no protótipo com bateria de 12V/3.4Ah, se garantiu o funcionamento do mesmo ao ser cortado o fornecimento de energia. O critério da escolha da modalidade se da pela verba disposta para o equipamento, uma vez que o *Nobreak* para todo sistema se tornou superior no fator de preço, pelo uso da bateria de maior carga de 770mAh e uso do inversor para alimentação AC das fases luminosas. Viu-se vantagem ainda em possuir uma bateria apenas para o sistema de comunicação, uma vez que isto permitiu manter o envio de informações para a central de controle, e visível redução de custo.

Nas placas P1 e P2 na utilização da teoria de redundância com microcontroladores PIC16F628A mostraram comportamento esperado em suas funções, com os acionamentos e paradas de acordo com o que fora solicitado pela placa de controle, uma vez que utilizado o contador TIMER0. Onde se manteve estabilizado referente a ruídos, ainda que acionando os circuitos de rede AC, isto em função do uso do acoplador ótico MOC3021 que isolou os circuitos.

Manteve-se estável o circuito com o uso de entradas de sinal *Pull-Up*, que com os resistores inibiu instabilidades de interferência se desativada alguma das placas.

Os testes com o uso de periféricos de simulação no protótipo colocaram a prova à aplicação destes componentes de maneira separada e conjunta. Da mesma maneira que o uso de *software* visual, no caso em linguagem JAVA representou a possibilidade destes pacotes UDP, uma vez que recebidos, podem ser tratados da maneira que melhor convir ao seu utilizador.

4. Conclusão

Por meio dos resultados obtidos, vê-se primeiramente que o uso das teorias aplicadas a este projeto contribuiu significativamente para a elaboração e desenvolvimento acadêmico e entendimento da aplicação de técnicas para sobrevivência de um sistema em caso de falhas.

Esta união permitiu desenvolver e atribuir cada módulo físico a fim do objetivo primário de garantir o autogerenciamento de falha para um semáforo urbano e envio de informações de status de funcionamento para uma central através do módulo ENC28J60. Onde se conclui o enriquecimento de um projeto que trabalha de maneira independente e necessita de suporte técnico, quando o mesmo possui uma plataforma de acompanhamento de seu funcionamento, bem como o uso dos pacotes UDP, de menor tamanho que garantem economia em caso do uso de uma rede de dados.

O uso de uma bateria pôde ser visto como fator que agregou valor ao projeto, ainda que usado unicamente na placa de controle e comunicação, uma vez que a possibilidade de manter uma central informada torna-se um ganho, principalmente ao ser deparado o tamanho reduzido de sua bateria de 200mAh, 71% menor que uma para uso de todo sistema luminoso.

Através dos testes práticos com periféricos localizados nas entradas e saídas a fim de colocar a prova o projeto, constatou-se a utilidade do uso das placas de redundância P1 e P2 comandadas pela placa controladora, bem como uso adequado das técnicas de programação em C e C++ e suas bibliotecas, garantiram a transição e continuidade no funcionamento do semáforo com a apresentação de falhas físicas.

Estes fatores comprovaram as melhorias que podem ser atribuídas a um projeto, quando determinado o objetivo de torná-lo funcionalmente mais estável no gerenciamento de suas falhas com o passar do tempo, como a importância da aplicação de teorias consolidadas pra tal ato.

Destaca-se ainda, que estas teorias podem ser aplicadas de maneira futura em soma a tecnologias já existentes nos semáforos atuais, no que se cita, como os semáforos inteligentes que analisam o comportamento do trânsito para alterações do tempo das fases luminosas e o gerenciamento remoto, visto o uso do módulo ENC28J60. Para assim garantir maior funcionalidade aos semáforos e vantagens para os órgãos que trabalham para seu gerenciamento e população.

REFERÊNCIAS

AHMED, A.; **Eletrônica de Potencia**. 9ª Ed. São Paulo: Ed. Pearson Ltda, 2000.

ALLEGRO. **Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS, Isolation and a Low-Resistance Current Conductor**. 2013. Disponível em: <http://www.baudaeletronica.com.br/Documentos/Datasheet_ACS712.pdf> - Visitado em 24/11/2017.

BARROS, MARIANA; **A cada chuva, oitenta semáforos param de funcionar em São Paulo**. Disponível em <<https://vejasp.abril.com.br/cidades/semaforos-chuva-sao-paulo/>>, 2017 – Visitado em 23/10/2017.

CAPUANO, F.G, MARINO, M.A.M.; **Laboratório de Eletricidade e Eletrônica**. 24ª Ed. São Paulo: Ed. Érica Ltda, 2013.

CCM, br.ccm.net; **O protocolo UDP**. Disponível em <<http://br.ccm.net/contents/287-o-protocolo-udp>>, 2017 - Visitado em 23/10/2017.

CETSP, Companhia de Engenharia de Tráfego; **ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONTROLADOR TEMPO REAL**. Disponível em http://www.cetsp.com.br/media/452305/Espec_Tec_Crtl_TR_rev05_.pdf. São Paulo - 5ª revisão, 2016 - Visitado em 25/10/2017.

CST; **Sistemas de Proteção em Equipamentos e Instalações Elétricas**. Arcelor Brasil, 2005.

FILHO, M. T. S.; **Fundamentos de Eletricidade**. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2014.

GUGELMIN, Felipe; **Internet: qual a diferença entre os protocolos UDP e TCP?**. Disponível em <<https://www.tecmundo.com.br/internet/57947-internet-diferenca-entre-protocolos-udp-tcp.htm>>, 2014 – Visitado em 03/10/2017.

LOBO, Caio; **Tempo para reparo de Semáforo SP** – Disponível em <http://viatrolebus.com.br/2017/03/em-novo-edital-prefeitura-quer-consertos-de-semaforos-em-ate-2-horas>, São Paulo -2017. Visitado em 27-10-2017.

MARQUES, A. E. B., CRUZ, E.C.A., JUNIOR, S.C.; **Dispositivos Semicondutores, diodos e Transistores**. 12ª edição. São Paulo ed. Érica LTDA, 2008.

PCO, **Sistemas de proteção em equipamento e instalações elétricas**. Disponível em <<http://www.abraman.org.br/arquivos/40/40.pdf>>, 2005 – Visitado em 21/10/2017.

PENIDO, E.C.C.; TRINIDADE, R.S. **Microcontroladores**. Disponível em <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifmg/tecnico_automacao_industrial/microcontroladores.pdf> , 2013 - Visitado em 23/10/2017.

REIS, FÁBIO DOS; **Curso de Redes–Protocolo UDP**. Disponível em <<http://www.bosontreinamentos.com.br/redes-computadores/curso-de-redes-protocolo-udp-user-datagram-protocol>>, 2016 – Visitado em 24/11/2017.

ROZESTRATEN, R.J.A; **Psicologia do Trânsito – Conceitos e Processos Básicos**, São Paulo-SP, 1988. 154p.

SMIDT, A. C. G; **Implantação de uma Plataforma Robótica controlada remotamente utilizando o Arduino**, Trabalho de Conclusão de Curso, São Carlos –SP, Universidade de São Paulo, 2013.

ST, **BTA24, BTB24, BTA25, BTA26 and T25 series – 25A Triacs**. Disponível em: <<http://html.alldatasheet.com/html-pdf/22033/STMICROELECTRONICS/BTA25/1619/1/BTA25.html>>. 2006 – Visitado em 24/11/2017.

THOMSEN, Adilson; **Comunicação pela rede com o Módulo Ethernet ENC28J60**. Disponível em <<https://www.filipeflop.com/blog/modulo-ethernet-enc28j60-arduino>>, 2014 – Visitado em 09/10/2017.

WEBER, T.S.; **Um roteiro para exploração dos conceitos básicos de tolerância e falhas**. UFRGS, 2002.

WIRTH, A.; **Eletricidade e Eletrônica Básica**. São Paulo-SP ed. Alta Books Ltda, 2003.