

Desenvolvimento de acionamento e instrumentação de conversor eletrônico

Developing a power converter driving and instrumentation

RESUMO

Conversores eletrônicos de potência fazem uso de chaves semicondutoras para operarem. O acionamento dessas chaves geralmente requer muita corrente em um período curto de tempo. Dispositivos projetados para essa finalidade são chamados de *drivers*. Atualmente, alguns fabricantes oferecem *core drivers*, que são mais compactos, contando apenas com um *driver* sem seus circuitos de interface com o semicondutor, sendo dessa forma mais genéricos. Esse trabalho buscou desenvolver a interface entre um *core driver* 2SC0106T da *Power Integrations* e um IGBT 202GB12E4s da *Semikron*. O circuito foi baseado em documentos de aplicação fornecidos pela empresa que fabricou o *core driver*, porém a disposição da placa de circuito impresso (PCB) foi desenvolvida individualmente. A aplicação que fará o uso da PCB desenvolvida também necessita medir a corrente e a tensão que se encontra nessa chave semicondutora. Esses circuitos de medição de tensão e corrente também foram projetados. Os transdutores utilizados foram o LV-25 P (tensão) e LAH-25 NP (corrente), ambos da *LEM*. PCBs para a medição de tensão e corrente também foram projetadas de forma a se conectarem com a chave semicondutora.

PALAVRAS-CHAVE: Placa de Circuito Impresso. *Driver*. Instrumentação.

ABSTRACT

Electronic power converters use semiconductor switches to function. Driving these switches usually requires a high amount of current in a short timespan. Devices developed for this operation are called drivers. Nowadays, some manufacturers offer core drivers, which are more compact and are essential drivers without a semiconductor switch interface, making them more generic. This project aimed to develop an interface between a core driver Power Integrations 2SC0106T and a Semikron 202GB12E4s IGBT. The circuit was based on application documents provided by PI, however, the core driver layout was developed without PI's assistance. The device that will use the PCB will also need voltage and tension sensing. Voltage and current sensing were also developed. Transducers LV-25 P and LAH-25 NP, from LEM, were used. PCBs for voltage and current sensing was also developed.

KEYWORDS: Printed Circuit Board. *Driver*. Instrumentation.

Raphael Sauer de Castro
raphaelcastro@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Cassius Rossi de Aguiar
cassiusaguiar@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Conversores de potência são circuitos eletrônicos com o propósito de adequarem sua saída para uma forma específica. Para realizar essas conversões são utilizadas chaves semicondutoras como IGBTs, MOSFETS, entre outros, modificando ou controlando a saída de tensão e corrente (HART, 2011).

O acionamento dessas chaves requer a carga (ou descarga) do *gate* do semicondutor. A principal dificuldade encontrada é que, dependendo da frequência de chaveamento desejada, essa carga (ou descarga) precisa ocorrer em um intervalo de tempo muito curto (AN-1001, 2016).

A indústria fornece dispositivos chamados de *drivers*, projetados para atender essa demanda. Também estão disponíveis *core drivers*, que possuem a vantagem de serem menores que um *driver* tradicional, porém não possuem os circuitos de interface com a chave semicondutora. Esse trabalho buscou projetar os circuitos de interface de um *core driver* 2SC0106T da *Power Integrations* com um IGBT SEMiX 202GB12E4s da *Semikron* e confeccionar sua placa de circuito impresso (PCB) (SCALE-2+ 2SC0106T... *Manual*, 2018).

A chave semicondutora será utilizada em um conversor de potência bidirecional desenvolvido em um projeto anterior. Para realizar o controle do conversor, é necessário medir tanto a corrente que flui em seu indutor quanto a tensão de saída em seu barramento comum. Transdutores de tensão e de corrente serão utilizados para obter esses valores. É necessário, porém, projetar circuitos para fazer a interface entre esses transdutores e o microcontrolador utilizado para o controle do conversor. Para essa finalidade, foram projetadas duas PCBs, uma para o transdutor de tensão e seu circuito de interface e outra para o transdutor de corrente e sua interface com o microcontrolador.

MATERIAL E MÉTODOS

O processo de acionamento de chaves semicondutoras pode ser comparado com a carga de um capacitor. Para que a chave ligue, é necessário fornecer uma quantidade de carga Q , usualmente especificada em sua ficha técnica. A carga necessária para ativar a chave utilizada é de 1130 nC (SEMiX202GB12E4s, 2014).

Outra variável importante no projeto é o resistor de *gate*. Existem algumas formas de se calcular esse resistor. Optou-se por utilizar a equação disponível em AN-1001 (2016):

$$I_{O \min} = \frac{\Delta V}{R_{g \min}} \quad (1)$$

Essa função corresponde à corrente mínima necessária para acionar uma chave alimentada por ΔV . Recomenda-se que essa corrente siga a seguinte relação (AN-1001, 2016):

$$I_{O \min} = 0.7 \cdot I_{O \max} \quad (2)$$

A corrente máxima fornecida pelo *core driver* é de 6 A. Portanto, a corrente mínima para acionar o IGBT é de 4.2 A. A alimentação utilizada pelo *driver* é de 15/-8 V. Utilizando o valor mínimo na Equação 1, obtém-se que $R_{g \min}$ é 5.47 Ω (SCALE-2+ 2SC0106T...*Manual*, 2018).

A chave semicondutora possui um valor de resistência de *gate* interno descrita em seu datasheet. Logo, o resistor que deve atuar como R_g é escolhido pela Equação 3.

$$R_g = R_{g_{min}} - R_{g_{int}} \rightarrow R_g = 1,72 \Omega \quad (3)$$

No projeto, o resistor R_g assume o formato de uma cadeia de resistores em paralelo, com o objetivo de suportar a alta corrente fornecida pelo *driver*. O diagrama pode ser visto na Figura 1. De acordo com a descrição em RDHP-1423 (2016), o valor resultante de R_g é regido pelas Equações 4, 5 e 6.

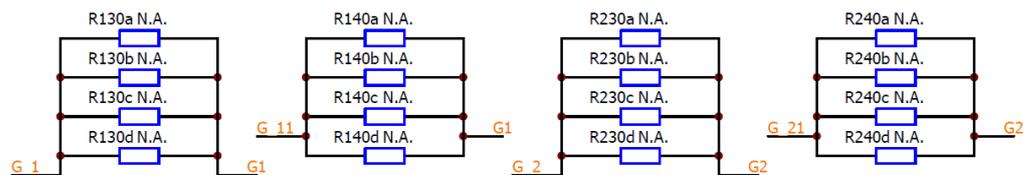
$$R_{g_{on}} = \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b} \quad (4)$$

$$R_a^{-1} = R_{x30a}^{-1} + R_{x30b}^{-1} + R_{x30c}^{-1} + R_{x30d}^{-1} \quad (5)$$

$$R_b^{-1} = R_{x40a}^{-1} + R_{x40b}^{-1} + R_{x40c}^{-1} + R_{x40d}^{-1} \quad (6)$$

Optou-se por utilizar valores idênticos para os resistores. Adotou-se R_{xx0x} de 16 Ω . Utilizando esse valor nas Equações acima resulta em um $R_{g_{on}} = R_{g_{off}} = 2 \Omega$.

Figura 1 – Esquema dos resistores de *gate*



Fonte: RDHP-1423 (2016)

O resto do circuito foi mantido como o da aplicação consultada. O *layout* da placa foi projetado seguindo algumas recomendações contidas no documento. A placa foi projetada de forma a abrigar os elementos de baixa potência (sinais de entrada e CIs) separados dos elementos de alta potência (saída do *driver core*).

O transdutor de tensão utilizado foi o LV-25 P. Ele possui uma razão de conversão de 2500:1000, com capacidade de medição de 0 até ± 14 mA. Adotou-se então por uma entrada de 10 mA no pior caso de medição de tensão, com um sobressinal de tensão de 25%. O conversor alvo desse projeto possui uma tensão de saída de 200 V, logo, o sensor foi projetado para ter uma entrada de 10 mA para uma tensão de 250 V. O esquemático da entrada do sensor pode ser visto na Figura 2 (LEM LV-25 P *Datasheet*, 2014).

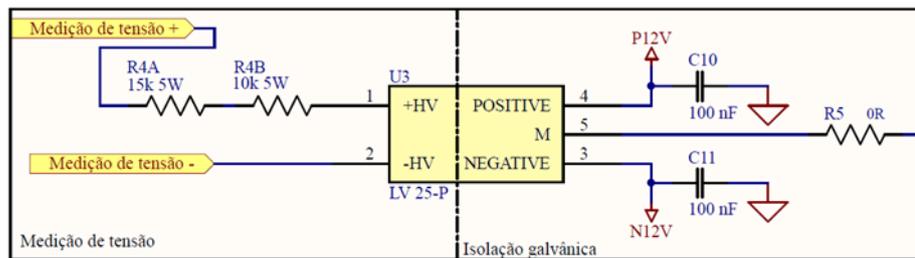
O microcontrolador que será empregado no projeto é um C2000 Delfino da *Texas Instruments*. Seu conversor analógico para digital (ADC) opera até 3.0 V. O resistor R15 foi utilizado para criar uma tensão de entrada para o amplificador, a partir da corrente de saída do sensor. O valor escolhido para R15 foi 100 Ω , a fim de criar uma tensão de 2.5 V no pior caso de erro. (TMS320F2837xD... *Manual*, 2019).

A configuração do amplificador operacional empregado é de seguidor de tensão, que pode ser visto na Figura 3. A saída do amplificador passa por um filtro passa-baixa e é alimentada ao ADC do microcontrolador.

O transdutor de corrente utilizado foi o LAH-25 NP. Ele possui uma razão variável, que está atrelada à conexão de seus pinos. As razões disponíveis são 1:1000, 2:1000 e 3:1000. Optou-se por utilizar a razão 2:1000, que suporta uma corrente máxima de 12 A, enquanto o conversor projetado suporta até 10 A. A razão escolhida, para o máximo valor de corrente possível, resulta em uma saída de 20 mA do transdutor. As entradas e saídas do transdutor podem ser vistos na Figura 4 (LEM LAH-25 NP *Datasheet*, 2017).

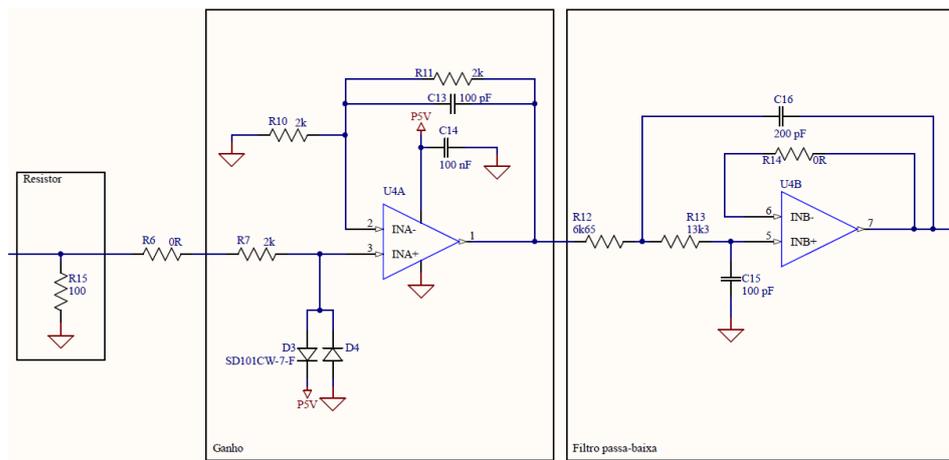
O microcontrolador utilizado será o mesmo da medição de tensão, com um ADC de até 3.0 V. No caso da corrente, porém, existe a possibilidade de bidirecionalidade, ou seja, as medições possíveis vão de -10...10 A. Para permitir medições negativas, na configuração do amplificador operacional é inserido um *offset*. O resistor R6 é selecionado de modo a fazer com que a corrente de saída do transdutor, para o valor máximo, seja de 1 V. O resultado é somado com o *offset* de 1.5 V, e permitindo assim distinguir medições positivas e negativas. A configuração do amplificador operacional pode ser vista na Figura 5 (LEM. LAH-25 NP *Datasheet*, 2017).

Figura 2 – Transdutor de tensão



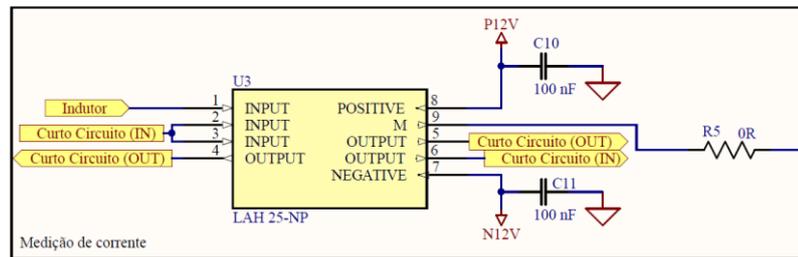
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 3 – Resistor R15, amplificador operacional e filtro passa-baixa



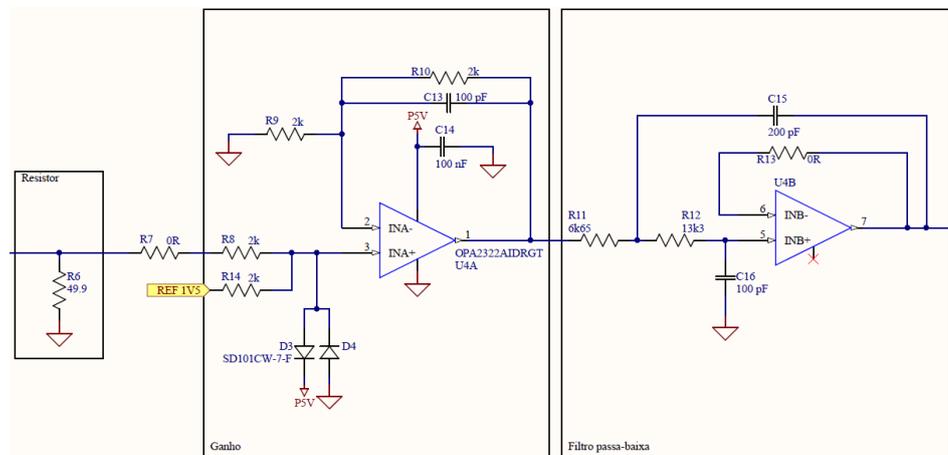
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 4 – Transdutor de corrente



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 5 – Resistor R6, amplificador operacional com *offset* e filtro passa-baixas



Fonte: Autoria própria (2020)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

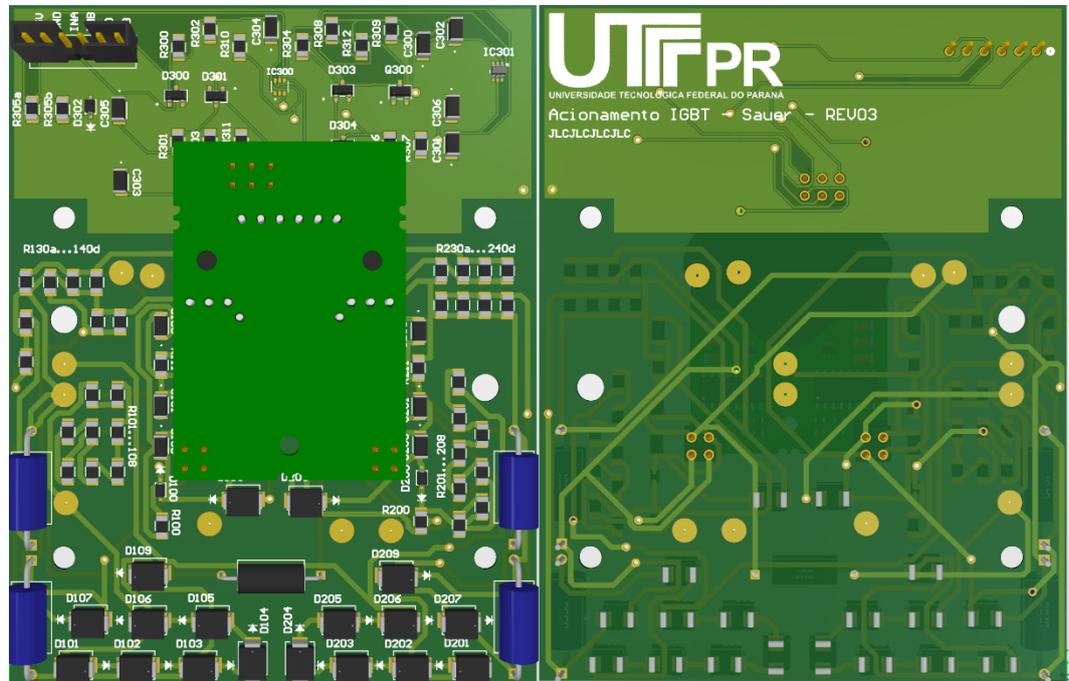
As placas de circuito impresso desenvolvidas podem ser vistas nas Figuras 6, 7 e 8. É importante ressaltar que as placas ainda serão soldadas e testadas, porém ocorreram atrasos tanto de confecção quanto de montagem devido à crise na área da saúde.

CONCLUSÃO

Dispositivos denominados *drivers* são comumente utilizados para o acionamento de chaves semicondutoras. *Core drivers* são *drivers* porém sem os circuitos de interfaceamento com a chave semicondutora. Esse projeto buscou projetar esses circuitos, transformá-los em uma placa de circuito impresso. Foi dada atenção especial aos resistores de *gate*, que são dispostos como uma cadeia de resistores em paralelo para limitar a corrente do *driver*.

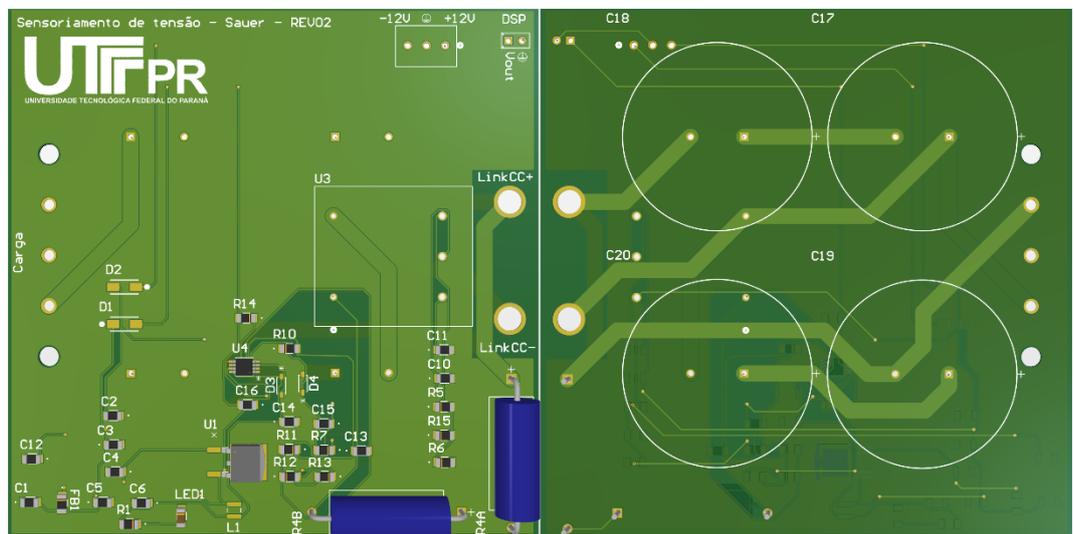
A medição de tensão e corrente também é um aspecto crucial do protótipo que será confeccionado. Por isso, foram projetados circuitos capazes de medir tensão e corrente, e sua saída foi adequada para ser lida pelo microcontrolador que será utilizado. PCIs foram geradas para os dois transdutores

Figura 6 – PCI de interfaceamento com o *driver core*. Esquerda: vista superior. Direita: vista inferior



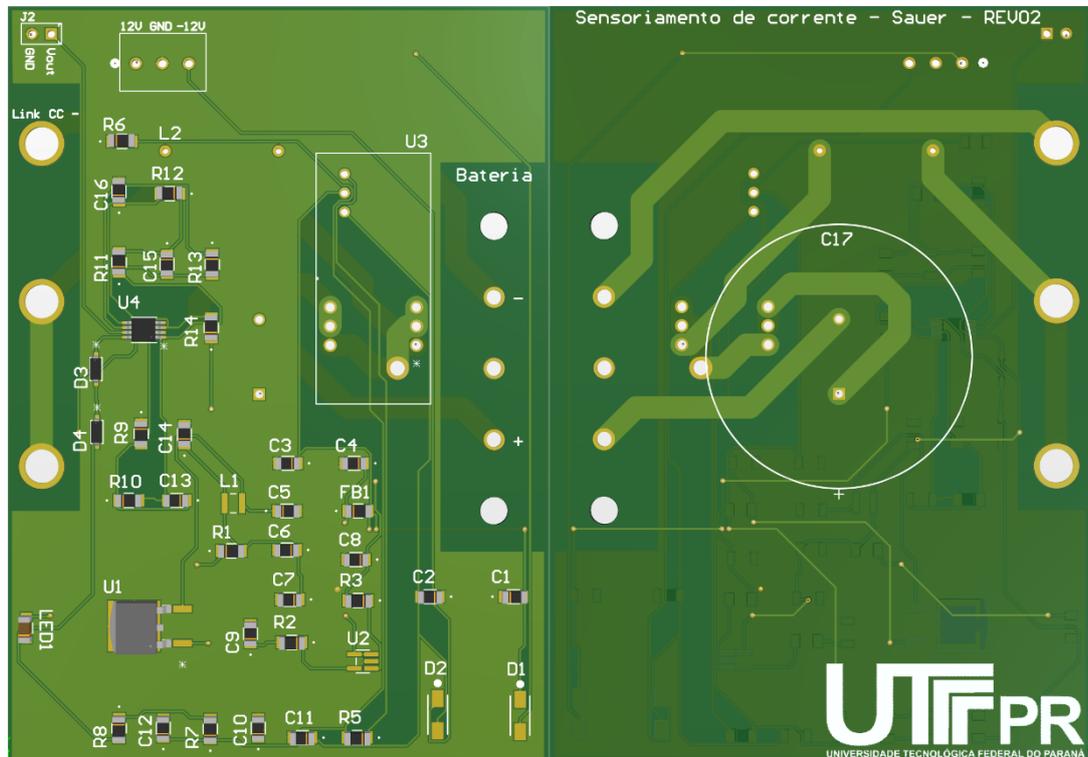
Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 7 – PCI de medição de tensão. Esquerda: vista superior. Direita: vista inferior



Fonte: Autoria própria (2020)

Figura 8 – PCI de medição de corrente. Esquerda: vista superior. Direita: vista inferior



Fonte: Autoria própria (2020)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao programa do CNPq/PIBIC pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- AN-1001: IGBT and MOSFET Drivers Correctly Calculated. **Application Notes**, [S. l.], p. 1-7, 14 abr. 2016. Disponível em: https://gate-driver.power.com/sites/default/files/product_document/application_note/AN-1001_IGBT_and_MOSFET_Drivers_Correctly_Calculated.pdf. Acesso em: 24 ago. 2020.
- HART, Daniel W. **Power Electronics**. New York, NY: McGraw-Hill, 2011. ISBN: 978-0-07-338067-4.
- LEM. LAH-25 NP Datasheet. LEM Datasheet's, [S. l.], p. 1-3, 24 fev. 2017. Disponível em: https://www.lem.com/sites/default/files/products_datasheets/lah_25-np.pdf. Acesso em: 5 ago. 2020.

LEM. LV-25 P Datasheet. LEM Datasheet's, [S. l.], p. 1-4, 2 ago. 2014. Disponível em: https://www.lem.com/sites/default/files/products_datasheets/lv_25-p.pdf. Acesso em: 5 ago. 2020.

RDHP-1423: General Purpose Base Board for Gate Driver Core 2SC0106T. PI Datasheet's, [S. l.], p. 1-9, 24 ago. 2016. Disponível em: <https://gate-driver.power.com/design-support/reference-designs/>. Acesso em: 5 ago. 2020.

SCALE-2+ 2SC0106T Preliminary Description & Application Manual. Manuals, [S. l.], p. 1-19, 6 fev. 2018. Disponível em: https://www.power.com/sites/default/files/product_document/application_manual/2SC0106T_Manual.pdf. Acesso em: 5 ago. 2020.

SEMiX202GB12E4s. Datasheets, [S. l.], p. 1-5, 18 jun. 2014. Disponível em: <https://www.semikron.com/products/product-classes/igbt-modules/detail/semix202gb12e4s-27890110.html>. Acesso em: 24 ago. 2020.

TMS320F2837xD Dual-Core Delfino Microcontrollers. Technical Reference Manual, [S. l.], p. 1401-1578, jan. 2019. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ug/spruhm8h/spruhm8h.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.