ESTAÇÕES USB DE CARREGAMENTO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS ALIMENTADAS POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Isadora Caroline Hübner Campelo [1]

Paulo Lindenmeyer [2]

Bruno Fontana da Silva [3]

Daniel Pegoraro Bertineti [4]

Resumo:

Este projeto apresenta uma proposta de desenvolvimento de um protótipo de estação de carregamento USB dedicada para carregar baterias de dispositivos móveis (ex.: smartphones. tablets). Este tipo de estação de carregamento é definida na literatura como "dedicated charging port" (DCP) USB. A inovação está no fato de que a tomada DCP-USB será alimentada por uma fonte renovável, no caso, a fonte de tensão usada será um painel fotovoltaico (PV). Isto permitirá que essas tomadas sejam independentes da rede de energia elétrica convencional, possibilitando realizar o carregamento de dispositivos móveis onde houver disponibilidade de luz solar. Para o alcance dos objetivos, foi realizado um estudo bibliográfico com propósitos exploratórios e também a construção de protótipo em placa de circuito impresso (PCB). Assim, foi projetada uma fonte de tensão contínua (saída 5 V com carga de até 1,5 A), cuja entrada se dá por um painel fotovoltaico com potência de 22Wp e tensão máxima de 49V. Um conversor buck é utilizado para conversão CC/CC entre o PV e a saída de 5 V. Um circuito integrado (TPS 2511) foi utilizado como limitador de corrente na saída do circuito. Foi realizada uma análise do protótipo desenvolvido comparando-o com uma placa comercial existente. Para comparação, foram realizados ensaios com diferentes cargas resistivas na saída, a fim de calcular o rendimento do protótipo em diferentes faixas de operação.

Palavras-chave: painéis fotovoltaicos (PVs); tomada USB; carregador de bateria; conversor CC/CC

Modalidade de Participação: Iniciação Científica de Nível Técnico

ESTAÇÕES USB DE CARREGAMENTO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS ALIMENTADAS POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

[1] Aluno Ensino Médio. campelo.isadorah@gmail.com. Autor principal

[2] Docente. paulolindenmeyer@ifsul.edu.br. Orientador

[3] Docente. brunosilva@ifsul.edu.br. Co-orientador

[4] Docente. danielbertineti@ifsul.edu.br. Co-orientador

ESTAÇÕES USB DE CARREGAMENTO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS ALIMENTADAS POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de estação de carregamento USB dedicada para carregar baterias de dispositivos móveis (ex.: smartphones. tablets). Este tipo de estação de carregamento é definida na literatura como "dedicated charging port" (DCP) USB. A inovação está no fato de que a tomada DCP-USB será alimentada por uma fonte renovável, no caso, a fonte de tensão usada será um painel fotovoltaico (PV). Isto permitirá que essas tomadas sejam independentes da rede de energia elétrica convencional, possibilitando realizar o carregamento de dispositivos móveis onde houver disponibilidade de luz solar.

A importância desta tomada DCP-USB se dá ao fato de tentar conciliar o desenvolvimento social, tecnológico e econômico com o desenvolvimento sustentável. Esta realização ocorre porque os dispositivos portáteis estão cada vez mais presentes no nosso cotidiano (DINO, 2016). Logo, pressupõe-se que pessoas fiquem dependentes de uma fonte de alimentação, necessitando de tomadas da rede de energia das instalações prediais para o carregamento dos seus dispositivos. Em contrapartida, o PV atua como a fonte de energia limpa e renovável, trazendo a ideia de sustentabilidade, mais autonomia e mobilidade para o usuário.

O objetivo principal é projetar uma fonte de tensão contínua (saída 5 V com carga de até 1,5 A), cuja entrada se dá por um painel fotovoltaico. Para nosso circuito projetado, foi utilizado um PV com potência de 22 Wp e tensão de máxima de 49 V. Um conversor Buck é utilizado para conversão CC/CC entre o PV e a saída de 5 V. Um circuito integrado (TPS 2511) será usado como limitador de corrente na saída do circuito.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi realizado um estudo bibliográfico com propósitos exploratórios e também a construção de um protótipo em placa de circuito impresso (PCB). A placa foi testada em laboratório e também em campo para validar os resultados preliminares do projeto.

2 METODOLOGIA

Para o alcance dessa pesquisa qualitativa, foi realizado um estudo bibliográfico para que pudessem ser alcançados todos os propósitos exploratórios e, também, a construção de protótipo em placa de circuito impresso (PCB). Assim, se partiu de estudos teóricos para que fossem feitas a especificação, aquisição, testes e projeto de uma tomada DCP-USB de maneira aprimorada.

Dividiu-se as atividades em uma sequência de 4 passos:

a) Estudo da teoria de conversores eletrônicos chaveados e painéis fotovoltaicos:

Com o fim de compreender os fatores envolvidos na conversão e modelo elétrico de um PV, foram estudados os fundamentos da geração de energia elétrica usando PV e os fundamentos de eletrônica de potência aplicados aos circuitos eletrônicos chaveados para conversão CC/CC. Os conhecimentos envolvidos nesse tópico são necessários para regular a tensão na saída do PV e obter uma fonte de tensão contínua regulada.

b) Especificação, aquisição e testes dos parâmetros de PVs:

De acordo com a aplicação desenvolvida no projeto, foram especificados os PVs adequados para compra e aquisição. Após a disponibilidade dos painéis, estes foram testados em ambiente adequado (com iluminação natural da luz do sol) e com os equipamentos de instrumentação eletrônica. Os dados coletados serviram de base para o projeto do conversor CC/CC.

c) Escolha e projeto do conversor CC/CC:

Foi necessário escolher o modelo de conversor apropriado para a regulagem da tensão de saída (elevador, abaixador, etc) e entender como o mesmo funciona para serem realizados simulações e projeto deste. Logo, foi validado a esquemática e componentes que auxiliaram na implementação do circuito, usando os parâmetros reais de projeto do conversor CC/CC.

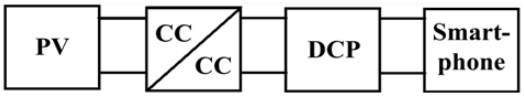
d) Montagem e implementação do conversor CC/CC :

Uma vez projetados os componentes do conversor escolhido, foi iniciada a aquisição dos mesmos, montagem e validação do circuito usando uma entrada de tensão ideal. Após validar o conversor, introduzimos a validação do protótipo com a entrada real (saída de tensão do PV), analisando as diferenças entre o ideal e o real. Então, o circuito eletrônico foi desenhado (esquemático e layout da placa de circuito impresso).

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Separou-se o projeto em 4 blocos principais que demonstram, de uma maneira geral, como funcionará o carregador USB. Conforme mostrado na Figura 1, os blocos que formam o sistema são: a geração de energia autônoma pelos painéis fotovoltaicos (PV), a regulagem de tensão e corrente por meio de conversores (CC-CC), a tomada USB onde será a saída de energia (Dedicated Charging Port – DCP) e o dispositivo móvel que será carregado (Smartphone).

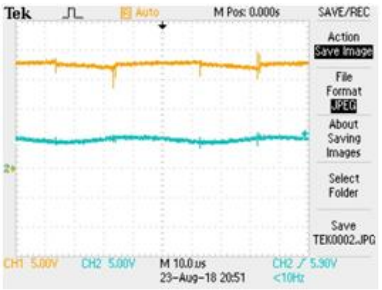
Figura 1 - Plano do Projeto



Fonte: Elaborado pelo autor

A energia produzida pelo conjunto de células fotovoltaicas (no caso, células monocristalinas de silício) presentes no painel serve como fonte de alimentação para o conversor CC/CC. Por exemplo, um dos PVs adquiridos pelo projeto com recursos próprios dos professores produz em média uma tensão de 22,7 V. Porém, esta tensão precisa ser rebaixada para chegar ao dispositivo portátil de tal modo que não provoque danos ao mesmo. Neste projeto definimos que o ideal para chegar ao nossa carga seria um tensão e uma corrente de 5 V e 1,5 A. Deste modo, o conversor CC/CC é necessário para realizar estas mudanças de níveis de tensão e corrente, entregando assim os níveis especificados para porta USB.

Figura 2 – Medições da tensão de entrada e saída da placa final

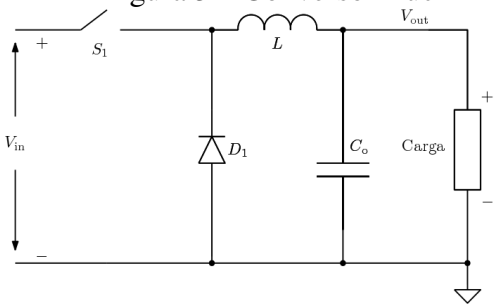


Fonte: Elaborado pelo autor

Neste projeto, podemos descrever o conversor CC/CC em quatro circuitos diferentes (circuito Buck, SG 3524, Bootstrap e TPS 2511), porém o principal

responsável pela redução dos valores de saída é o conversor Buck. Os valores dos componentes utilizados no conversor foram calculados com base no documento “Basic Calculation of a Buck Converter's Power Stage” (HAUKE, Brigitte. 2015) e no livro “Eletrônica de Potência: análise e projetos de circuitos” (HART, Daniel W. 2013).

Figura 3 – Conversor Buck



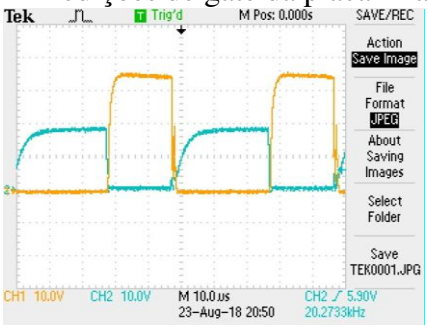
Fonte: Elaborado pelo autor

O responsável pelo abrir e fechar da chave é o circuito de comando. Escolhemos utilizar o circuito integrado (CI) SG 3524 como driver PWM para o comando da chave principal. Sendo seu funcionamento é definido por um conjunto de componentes externos ligados aos seus pinos. Estes componentes foram cuidadosamente escolhidos e projetados tendo em vista os objetivos do projeto, sendo os cálculos e parâmetros retirados do datasheet próprio circuito integrado.

Apesar de o CI SG 3524 conseguir transformar uma tensão constante em uma onda retangular periódica, ele acaba entregando um valor muito baixo de tensão e corrente em sua saída. Ainda, o sinal PWM de saída do CI está referenciado ao GND, o qual não é isolado da parte de potência. No conversor Buck, a chave principal possui sua referência em um potencial elétrico diferente do GND, necessitando de um comando isolado em relação a este potencial.

Assim, foi necessário elaborar um terceiro circuito, para acoplar o comando da chave principal ao seu potencial de referência. O circuito projetado inverte a onda e eleva a tensão de pico, como mostrado na Figura 4, onde a onda azul é a saída do CI SG 3524 e a amarela é a tensão produzida entre os pinos de comando da chave principal do circuito Buck. Essa inversão é importante para que o duty cycle do conversor Buck esteja entre 0 e 50%, parâmetros necessários para chegar aos valores de saída desejados.

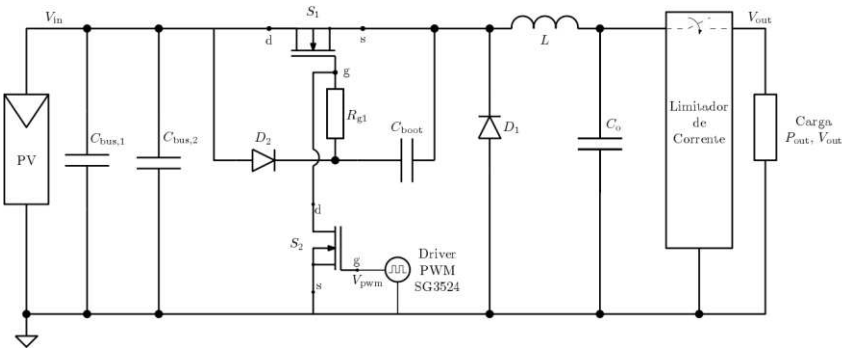
Figura 4 – Medições de gate da placa final



Fonte: Elaborado pelo autor

Para esta inversão, utilizamos o circuito Bootstrap. O funcionamento deste circuito se baseia no princípio de pull up / pull down. Assim, uma chave auxiliar(S2) comanda a principal(S1) aterrando seu gatilho ou deixando-o em nível alto. Após simulações e testes, foi possível validar o circuito da Figura 5 para este fim.

Figura 5 – Circuito Bootstrap



Fonte: Elaborado pelo autor

A quarta parte do conversor CC/CC é um controlador de corrente. Esta parte é realizada em torno de um CI TPS 2511. Este CI vai garantir que o USB sempre tenha uma tensão de 5 V e uma corrente limitada a critério do projeto, de tal modo que, se algum destes valores alterar para condições indesejadas, haverá um desligamento da saída, protegendo o circuito e a carga de qualquer sobrecarga ou curto-circuito na tomada DCP-USB.

Logo, realizadas o dimensionamento, simulação e análise dos circuitos, foram confeccionados e montados em placas protoboard, placas de cobre perfuradas e por fim em uma PCB todas as etapas dos circuitos. Para o projeto da PCB, foram desenhados os circuitos esquemáticos das placas no software *Eagle CAD*, e posteriormente gerado um layout do mesmo, o qual é transferido para uma placa de cobre. Mais testes foram realizados, ocasionalmente necessitando de novas alterações. De tal forma que foi possível chegar ao protótipo do projeto.

Figura 6 – Placa final

Fonte: Elaborado pelo autor

Figuras 7 – Principais componentes utilizados

LISTA DE COMPONENTES TOMADA DCP-USB		
Nome na esquemática	**Componente**	**Especificação**
Cbus,1	Capacitor	47uF
Cbus,2	Capacitor	100nF
Q1_PRIN	Mosfet	IRF 630N
D1	Diodo	1N821
L1_SMD	Indutor	125uH
C1	Capacitor	8uF
X1	Entrada USB	USB Connector
IC1	Driver PWM	CI SG3524
S2	Mosfet	IRF 630N
Rg1	Resistor	680Ω
S1	Mosfet	IRF 630N
D2	Diodo	MUR150RL
Cboot	Capacitor	47uF
IC2	Limitador de corrente	CI TPS 2511

Fonte: Elaborado pelo autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o alcance do principal objetivo do projeto, podemos afirmar que o projeto cumpriu com grande parte das expectativas criadas e está expandindo seus resultados de maneira gradual. Dentre as principais realizações e conquistas do trabalho, não envolve apenas a produção de um objeto de projeto e desempenho das PCBs, mas também nas habilidades e aprendizado pessoal desenvolvidos no projeto durante todos os meses de progresso e todas as oportunidades que foram e veem sendo geradas.

Podemos observar que a evolução do projeto trouxe resultados de caráter íntegro, pois com as práticas e os estudos puderam ser desenvolvidas características como a independência e comprometimento dos envolvidos. Isto porque o projeto exige muita disciplina pessoal e autonomia para a realização das atividades, de modo que seja possível trabalhar na instituição e assumir responsabilidades por quaisquer irregularidades que pudessem acontecer. Durante estas horas trabalhadas também, pode ser testado as capacidades individuais de resolver problemas e tomar decisões, colocando em prova os conteúdos estudados para este fim.

Quanto a sequência do projeto, é pertinente que seja finalizado alguns ajustes necessários para que o controlador de corrente funcione da devida forma e possibilite o uso da tomada DCP-USB sem preocupações com sobrecarga ou curto-circuito. Tal como, é conveniente que seja realizado uma estrutura para encapsulamento da placa e base para o painel fotovoltaico. Por fim, devem-se efetuar os ajustes necessários para um circuito de malha fechada.

REFERÊNCIAS

DINO. **Estatísticas de uso de celular no Brasil**. In: EXAME.com. 2016. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/dino/estatisticas-de-uso-de-celular-no-brasil-dino89091436131/> Acessado em 23 de setembro de 2017

HART, Daniel W. **Eletrônica de Potência**: análise e projetos de circuitos. Porto Alegre: AMGH, 2013. 480p.

HAUKE, Brigitte. Basic **Calculation of a Buck Converter's Power Stage**. In: Texas Instruments Incorporates, 2015. Disponível em: < http://www.ti.com/lit/an/slva477b/slva477b.pdf > Acessado em 14 de março de 2018.

OPUS SOFTWARE. **Estatísticas de uso de celular no Brasil**. In:Opus Software , 2016. Disponível em: <https://www.opus-software.com.br/estatisticas-uso-celular-brasil/> Acessado em 27 de setembro de 2017.

Texas Instruments Incorporates. **SGx524 Regulating Pulse-Width Modulators**. 2015. Disponível em: < http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sg2524.pdf> Acessado em 28 de fevereiro de 2018.

Texas Instruments Incorporates. **TPS2511 USB Dedicated Charging Port Controller and Current Limiting Power Switch**. 2016. Disponível em: < http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps2511.pdf> Acessado em 12 de maio de 2018.

Texas Instruments Incorporates. **Using the TPS2511EVM-141**. Junho, 2012. Disponível em: < http://www.ti.com/lit/ug/sluu945/sluu945.pdf > Acessado em 15 de maio de 2018.