

# PROGRAMOWALNY STEROWNIK UKŁADÓW KONWERTERÓW NAPIĘCIA STAŁEGO W OPARCIU O MIKROKONTROLER STM32

Wojciech Kołodziejski<sup>1</sup>, Grzegorz Szerszeń<sup>1</sup>  
[w\\_kolodziejski@atar.edu.pl](mailto:w_kolodziejski@atar.edu.pl), [g\\_szerszen@atar.edu.pl](mailto:g_szerszen@atar.edu.pl)

<sup>1</sup>Akademia Tarnowska, Tarnów, Polska

---

## Streszczenie

Nieizolowane przetwornice DC-DC są obecnie szeroko stosowane w wielu układach konwersji energii, od ułamków wolta do dziesiątek tysięcy woltów przy poziomach mocy od miliwatów do megawatów. Literatura wskazuje o różnych topologiach takich układów [1]. W artykule przedstawiono oryginalny programowalny sterownik konwerterów napięcia stałego nowej generacji z wykorzystaniem układu STM32F4.

Układ zaprojektowano do współpracy z jednofazowym, beztransformatorowym, trójfazowym (S-PT) falownikiem fotowoltaicznym (PV) działającym w konfiguracji kaskadowego mostka H (CHB) [2]. Sterownik ma charakter uniwersalny i może współpracować z różnymi układami współczesnych konwerterów DC-DC [3]. Mikrokontroler z STM32Discovery, wykorzystano do wygenerowania precyzyjnych prostokątnych sygnałów sterujących (PWM). Regulacja szerokości impulsu następuje przez zmianę napięcia na jednym z wejść

analogowych przetwornika ADC [4].

Po przetworzeniu na sygnał cyfrowy i kalibracji jest on transmitowany przez jeden z dostępnych i zadanych kanałów DMA. Skalibrowane wartości cyfrowe odpowiadające szerokościom impulsów w każdym cyklu są poprzez kolejny kanał DMA doprowadzone do licznika TIM1, gdzie następuje generowanie sygnałów PWM na CH1 o aktualnych szerokościach impulsów przebiegu odpowiadających napięciu wejściowemu na przetworniku ADC. Przetwornik ADC jest synchronizowany przez sygnał PWM z kanału drugiego CH2. Wykorzystano synchronizację pracy ADC z licznikiem TIM1 w mikrokontrolerze STM32F407 poprzez sprzętowe wyzwalenie konwersji ADC przez konkretne zdarzenia generowane przez licznik, bez udziału procesora. Dzięki temu pomiar odbywa się w precyzyjnie określonym momencie cyklu PWM. Licznik TIM1 wysyła sygnał master do ADC, a źródłem TRGO jest Update Event (UEV).

Układ ADC jest wyzwalany przez dopasowanie wartości w rejestrze kanału drugiego (TIM1\_CH2). Pozwala to na uzyskanie próbkowania w dowolnym momencie cyklu. W układach mocy przełączanie tranzystorów generuje poważne zakłócenia natomiast synchronizacja pozwala zsynchronizować pomiar z momentem, gdy tranzystory MOSFET czy IGBT są już stabilnie załączone, a zakłócenia wygasły [5]. Procesor nie musi śledzić czasu pomiaru tylko odbiera gotowe dane kanałem DMA po zakończeniu serii konwersji.

Dla poprawy bezpieczeństwa działania całego sterownika, opracowano układ awaryjnego szybkiego wyłączenia. Wejście Break pozwala kontrolować prąd płynący przez tranzystory mocy w mostku, tak aby nie przekroczył on wartości maksymalnych. W sytuacji krytycznej, sygnał PWM podawany na

bramki tranzystorów jest wyłączony w czasie kilku cykli zegarowych, co w praktyce oznacza czas kilku nanosekund. Wszystkie czynności konfiguracyjne w układzie są realizowane z wykorzystaniem rejestrów urządzeń znajdujących się na płycie uruchomieniowej STM32F4Discovery. Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych potwierdzają możliwość stabilnego sterowania przetwornicą DC-DC step-up sprzężoną z falownikiem CHB z częstotliwością przełączania do 100 kHz i zakresem regulacji PWM np. od 12.5% do 87.5%. Dalsze badania zmierzają do zintegrowania sterowania konwertera DC-DC z falownikiem CHB w jednym układzie STM z wykorzystaniem niskopoziomowej biblioteki Cortex Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) [6], opracowanej przez ARM, umożliwiającej tworzenie zoptymalizowanego kodu programu.

**Słowa kluczowe:** przetwornica DC-DC step-up, PWM, STM32, falownik CHB, przerwanie NVIC

**Keywords:** DC-DC step-up converter, PWM, STM32, CHB inverter, NVIC interrupts

## Bibliografia / References

[1] Yi, F.; Wang, F. Review of Voltage-Bucking/Boosting Techniques, Topologies, and Applications. *Energies* 2023, 16, 842. <https://doi.org/10.3390/en16020842>

[2] Kołodziejski, W.; Jasielski, J.; Machowski, W.; Godek, J.; Szerszeń, G. Single-Phase Transformerless Three-Level PV Inverter in CHB Configura-

tion. *Electronics* 2025, 14, 364. <https://doi.org/10.3390/electronics14020364>

[3] Forouzes, M.; Siwakoti, Y.; Gorji, S.; Blaabjerg, F.; Lehman, B. Step-Up DC-DC Converters: A Comprehensive Review of Voltage-Boosting Techniques, Topologies, and Applications. *IEEE Transactions on power electronics* 2017, vol. 32, no. 12.

[4] Reference Manual en.DM00031020, STM32F405/415, STM32F407/417, STM32F427/437 and STM32F429/439 advanced Arm®-based 32-bit MCUs, 2024, [www.st.com](http://www.st.com)

[5] Kołodziejcki, W.; Kuta, St. Linearized 9-Bit Hybrid LBDD PWM Modulator for Digital Class-BD Amplifier, International Journal of Electronics and Tele-

communications, 2021, Vol. 67, No. 1, pp. 49-57.

[6] L. Li, Design of Three-phase Inverter Based on STM32. International Conference on Artificial Intelligence and Autonomous Robot Systems (AIARS). 2022, pp. 122-125, doi: 10.1109/AIARS57204.2022.00035.

## **PROGRAMMABLE POWER CONVERTER CONTROLLER BASED ON THE STM32 MICROCONTROLLER**

---

### **Abstract**

Non-isolated DC-DC converters are currently widely used in many power conversion systems, ranging from fractions of a volt to tens of thousands of volts, and with power levels ranging from milliwatts to megawatts. Various topologies for such devices have been reported in the literature [1]. This paper presents a unique programmable controller for next-generation DC converters using the STM32F4.

The controller is designed to operate with a single-phase, transformerless, three-level (S-PT) photovoltaic (PV) inverter operating in a cascaded H-bridge (CHB) configuration [2]. The controller is universal and can be used with a variety of modern DC-DC converters [3]. An STM32 Discovery microcon-

troller is used to generate precise rectangular control signals (PWM). Pulse width adjustment is achieved by changing the voltage at one of the ADC's analog inputs [4].

After conversion to a digital signal and calibration, it is transmitted via one of the available and preset DMA channels. Calibrated digital values corresponding to the pulse widths in each cycle are fed through another DMA channel to the TIM1 counter, which generates PWM signals on CH1 with the current pulse widths corresponding to the input voltage at the ADC. The ADC is synchronized by the PWM signal from the second channel, CH2. The ADC's operation is synchronized with the TIM1 counter in the STM32F407 microcontroller

by hardware triggering of the ADC conversion by specific events generated by the counter, without the involvement of the processor. This allows the measurement to be performed at a precisely defined moment in the PWM cycle. The TIM1 counter sends a master signal to the ADC, and the TRGO source is an Update Event (UEV). The ADC is triggered by adjusting the value in the second channel register (TIM1\_CH2). This allows sampling to be obtained at any point in the cycle. In power systems, switching transistors generates significant interference, while synchronization allows for synchronized measurements to the moment when the IGBTs are stably on and the interference has ceased [5]. The processor does not need to track the measurement time; it simply receives the completed data via the DMA channel after the conversion series is completed.

To improve the safety of the entire controller, a fast emergency shutdown circuit was developed.

The Break input allows for monitoring the current flowing through the power transistors in the bridge to ensure it does not exceed maximum values. In a critical situation, the PWM signal applied to the transistor gates is turned off within several clock cycles, which in practice means several nanoseconds. All configuration operations in the system are performed using device registers located on the STM32F4 Discovery development board. The obtained laboratory test results confirm the possibility of stable control of a DC-DC step-up converter coupled with a CHB inverter with a switching frequency of 100 kHz and a PWM control range from 12.5% to 87.5%. Further research aims to integrate the control of the DC-DC converter with the CHB inverter in a single STM system using the low-level Cortex Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) library [6], developed by ARM, enabling the creation of optimized program code.