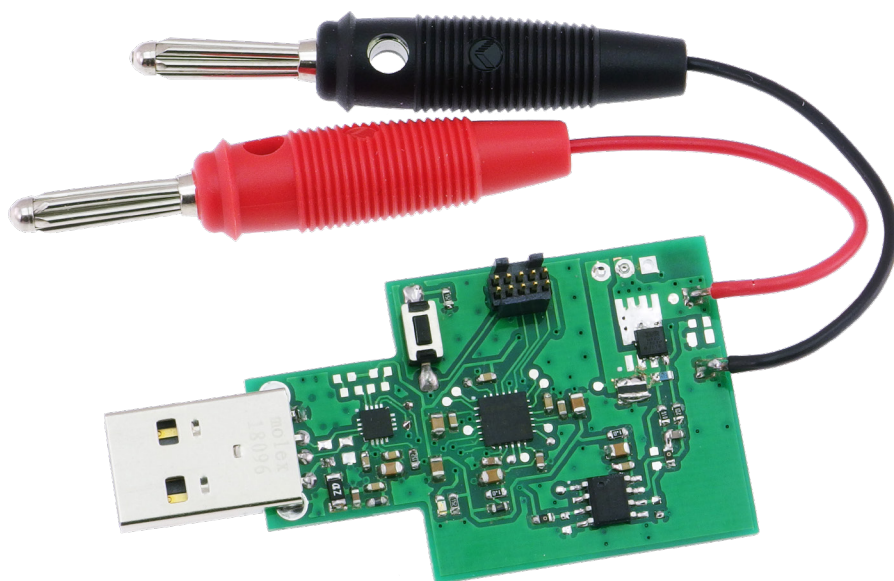


# Programowalne aktywne obciążenie

Aktywne obciążenie to urządzenie przydatne w warsztacie każdego konstruktora elektronika. Pozwala testować układy zasilające jeszcze przed zamontowaniem ich w docelowej aplikacji, dzięki czemu w prosty sposób można sprawdzić, czy zastosowane rozwiązanie ma wystarczającą wydajność prądową. Cechą wyróżniającą zaprezentowane w artykule urządzenie jest jego programowalność – obciążenie nastawiane jest z poziomu komputera, za pomocą aplikacji.



## Budowa i działanie

Schemat blokowy został pokazany na **rysunku 1**. Sercem układu jest mikrokontroler z przetwornikiem DAC. Wyjście przetwornika cyfrowo-analogowego jest podłączone do wzmacniacza operacyjnego, który z kolei steruje bramką tranzystora N-MOS. Sprężeniem zwrotnym jest napięcie odkładające się na rezystorze pomiarowym, proporcjonalne do natężenia prądu pobieranego z testowanego układu

zasilającego. Mikrokontroler komunikuje się z komputerem za pośrednictwem interfejsu szeregowego UART, który następnie za pomocą układu scalonego konwertowany jest do standardu USB.

Schemat elektryczny został pokazany na **rysunku 2**. Najistotniejszym elementem jest U2 – mikrokontroler EFM32TG110 od firmy Silicon Labs, który ma wbudowany przetwornik DAC. Układ scalony U1 to podwójny wzmacniacz operacyjny, U1A pracuje

w konfiguracji wtórnika napięciowego, natomiast U1B w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego. Steruje on stopniem otwarcia tranzystora Q1, od czego bezpośrednio zależy prąd, jaki jest pobierany z zasilacza. Rezystorem pomiarowym jest R11, dostarcza odpowiednie sprzężenie zwrotne do wzmacniacza U1B. Testowany zasilacz podłączany jest do złącza J3 (strona gorąca) oraz J1 (masa). Układ U3 to konwerter UART-USB, natomiast J4 jest złączem USB.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl)

**W ofercie AVT\* AVT-5736**

### Podstawowe parametry:

- prąd obciążenia ustawiany w zakresie 0,05...1 A z krokiem 0,05 A,
- maksymalne napięcie badanego źródła: 24 V,
- zasilanie i sterowanie poprzez USB i dedykowaną aplikację,
- skrajne wymiary płytki: 3×5 cm.

### Projekty pokrewne na [www.media.avt.pl](http://www.media.avt.pl):

- AVT-3210 Sztuczne obciążenie w.c.z. o impedancji 50 Ω (EP 11/2019)
- AVT-5586 Programowalne sztuczne obciążenie DC (EP 11/2018)
- AVT-5510 Sztuczne obciążenie (EP 8/2015)
- AVT-1797 Sztuczne obciążenie wysokonapięciowe (EP 4/2014)
- AVT-5318 Miernik mocy skutecznej wzmacniacza audio (EP 11/2011)
- AVT-318 Obciążenie aktywne (EP 12/1996-1/1997)

**Uwaga!** Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania!

Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu.

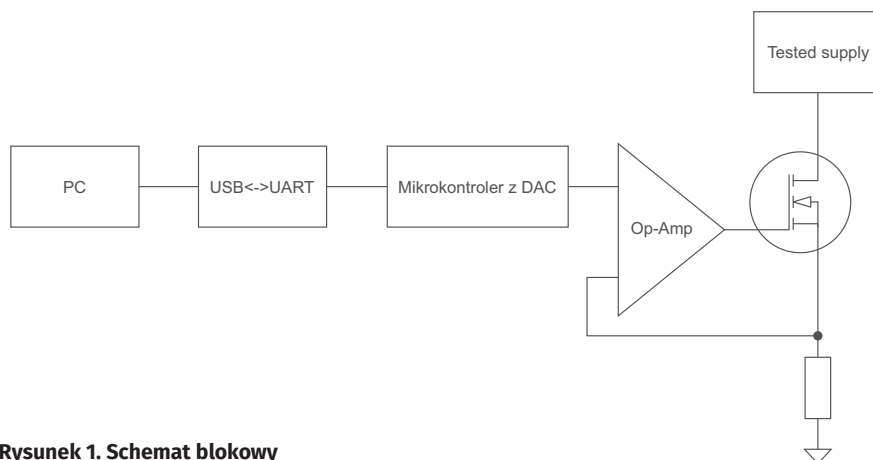
Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytkę drukowaną bez elementów i dokumentacji

Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:

- wersja [A\*] – płytkę drukowaną [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>. W przypadku braku dostępności na <http://sklep.avt.pl>, osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt via e-mail: [kity@avt.pl](mailto:kity@avt.pl).



Rysunek 1. Schemat blokowy

### Wykaz elementów:

#### Rezystory:

- R1: 0 Ω SMD0603
- R2, R4, R5: nie montować
- R3, R7, R8, R14: 1 kΩ SMD0603
- R6, R12: 1 Ω SMD603
- R9: 200 Ω SMD0603
- R10: 47 kΩ SMD0603
- R11: 100 mΩ SMD0612 1,5 W

#### Kondensatory:

- C1: nie montować
- C2, C3, C7, C8, C15, C17, C21, C23: 100 nF SMD0603
- C4: zamontować rezystor 0 Ω SMD0603
- C5: 22 pF SMD0603
- C6, C11, C22: 2,2 μF SMD0805
- C9, C10, C18: nie montować
- C12, C13: 10 nF SMD0603

- C14, C16, C20: 4,7 μF SMD0805
- C19: 1 μF SMD0603

#### Półprzewodniki:

- D1: nie montować
- D4, D5: nie montować
- D9: LED SMD0603
- Q1: IRFH8330
- U1: MCP6422E
- U2: EFM32TG110F32
- U3: CP2102N

#### Inne:

- L1, L2: koralik ferrytowy, SMD0603
- F1: bezpiecznik 0,2 A SMD1206
- SW1: mikroswitch 3×6
- J2: goldpin 2×5
- J4: złącze USB męskie typu A

### Aplikacja sterująca

Na rysunku 3 pokazany jest interfejs użytkownika – prosta aplikacja okienkowa przygotowana specjalnie dla tego projektu. W lewej górnej ćwiartce należy wprowadzić numer portu szeregowego, do którego podłączone jest urządzenie, oraz prędkość transmisji (domyślnie 19200 kbps). W prawej górnej ćwiartce znajduje się pole do wprowadzania oczekiwanego natężenia prądu (rozdzielczość wynosi 10 mA) oraz

przyciski umożliwiające załączenie i wyłączenie obciążenia. Na dole okienka znajduje się terminal portu szeregowego, który wyświetla odpowiedzi otrzymane od mikrokontrolera. Terminal może być używany również niezależnie – do komunikacji z innymi urządzeniami.

### Montaż

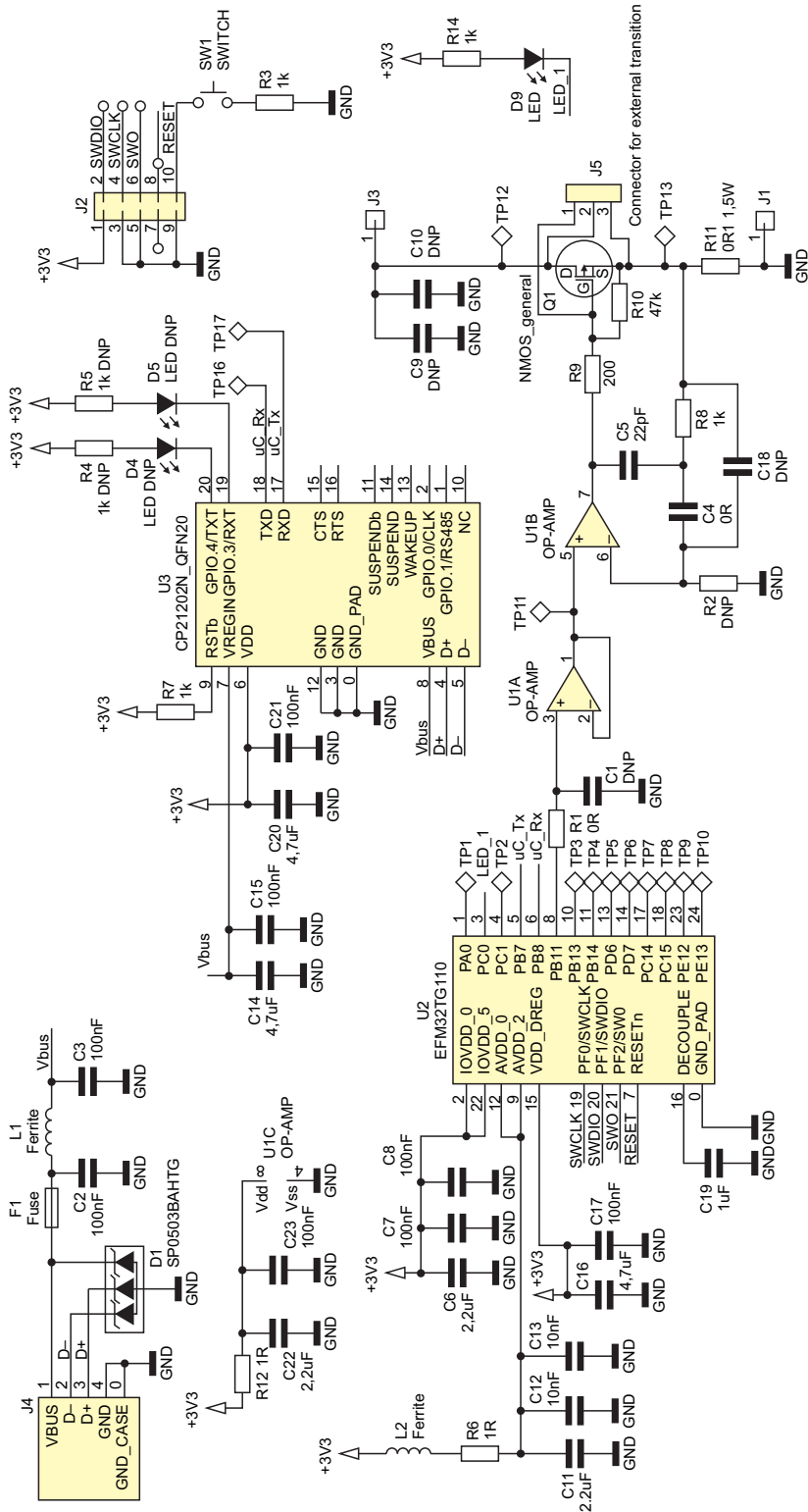
Zaprojektowana płytki PCB jest pokazana na rysunku 4, wymiary to 3×5 cm. Ścieżki

znajdują się po obu stronach, natomiast elementy tylko na warstwie górnej. Złącze komunikacyjne zostało umieszczone w taki sposób, aby możliwe było bezpośrednie wpięcie do gniazda USB w komputerze. Zmontowany prototyp urządzenia pokazuje fotografia tytułowa. W trakcie montażu szczególnej uwagi wymagały układy scalone U2 oraz U3 – oba w obudowie QFN.

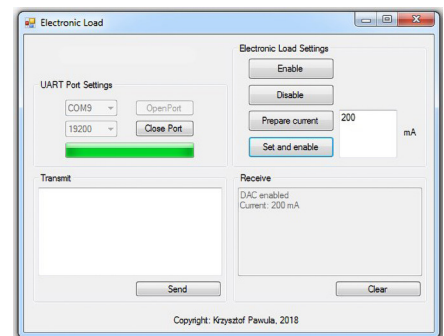
### Testy funkcjonalne

W celu sprawdzenia prawidłowego funkcjonowania układu wykonano następujące pomiary:

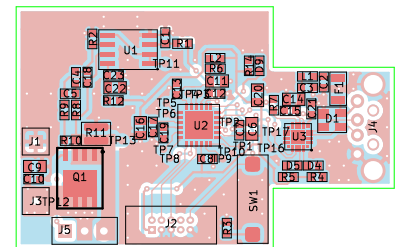
- zmiana prądu obciążenia przy stałym napięciu testowanego układu zasilania.



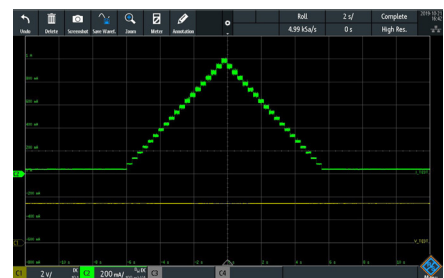
Rysunek 2. Schemat elektryczny



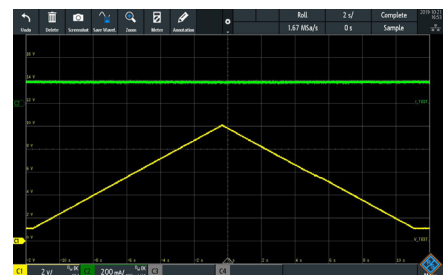
Rysunek 3. Widok okna aplikacji sterującej



Rysunek 4. Schemat płytki PCB



Rysunek 5. Wyniki pomiarów – zmiana prądu obciążenia przy stałym napięciu testowanego układu zasilania



Rysunek 6. Wyniki pomiarów – zmiana napięcia testowanego układu zasilania przy stałym prądzie obciążenia

**Rysunek 5** prezentuje wyniki pomiaru dla napięcia testowanego wynoszącego 3,3 V oraz prądu obciążenia zmienianego od 0,05 A do 1 A z krokiem 0,05 A.

- zmiana napięcia testowanego układu zasilania przy stałym prądzie obciążenia.

**Rysunek 6** pokazuje wyniki pomiaru dla

prądu obciążenia wynoszącego 200 mA oraz napięcia zmienianego od 1 V do 10 V z krokiem 0,1 V.

Na obu oscylogramach kolorem żółtym oznaczono napięcie (2 V na działkę), natomiast kolorem zielonym przepływający prąd (0,2 A na działkę). Układ zachowuje się

zgodnie z oczekiwaniami – przepływ prądu utrzymany jest na jednakowym poziomie niezależnie od napięcia zasilania a zmiana natężenia jest precyzyjna i szybka.

**Krzysztof Pawula**  
krzysiek790@wp.pl