

**Uwaga – to skrócona zapowiedź – artykuły wstępnie planowane do następnego numeru. Zapowiedź pełną mogą pobrać tylko Patroni z progów  $\geq 20$  zł: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>**

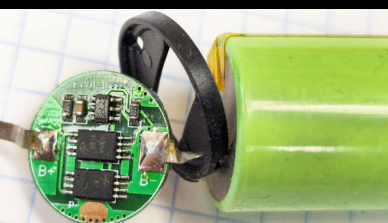
8/2026 Sierpień (44)

piotr-gorecki.pl

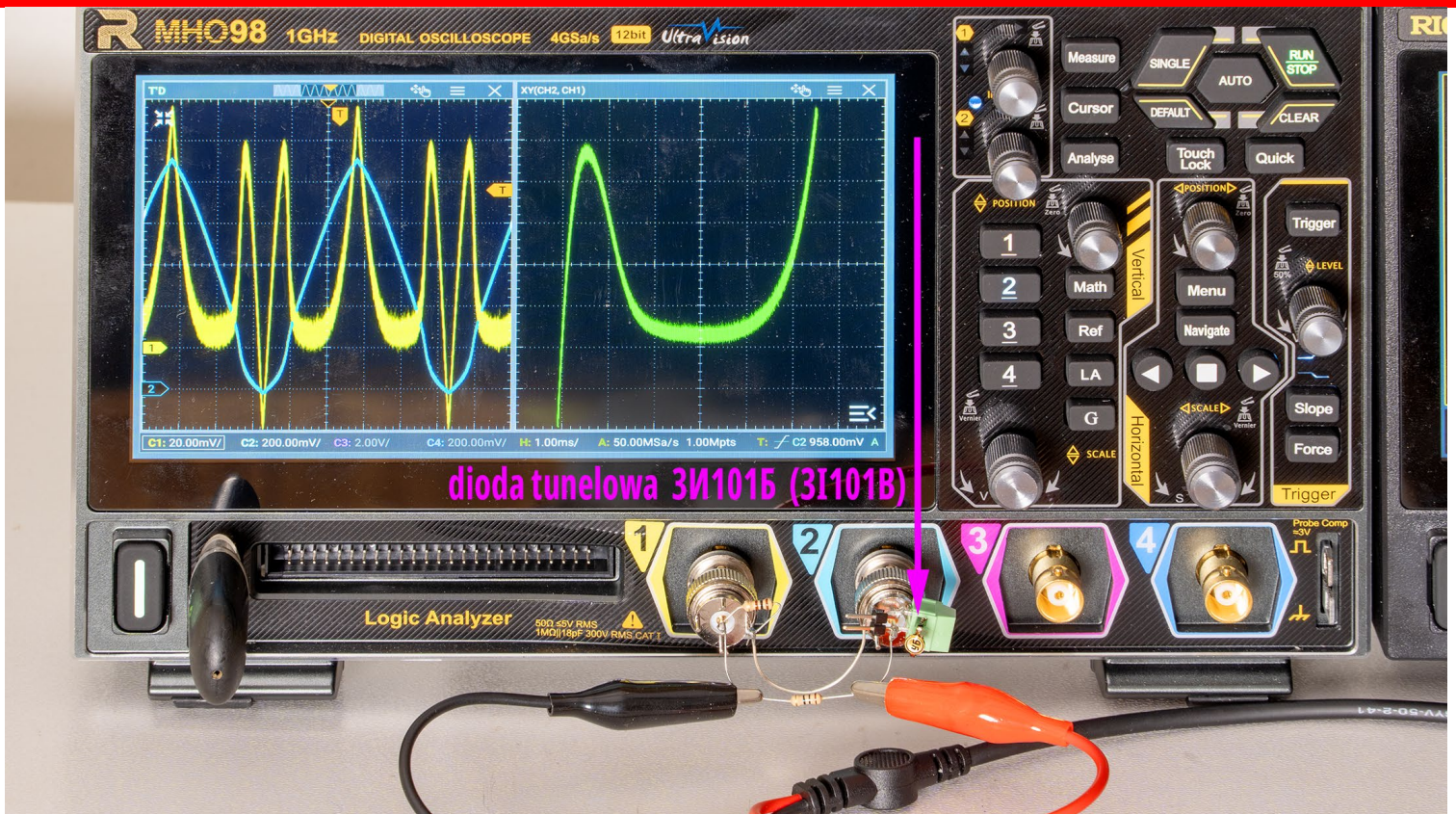


# Poznaj i testuj diody tunelowe!

- Impulsowy test oscyloskopów i sond pomiarowych
- Kondensator – najpopularniejszy element
- Moduł klawiatury dotykowej o 16 polach
- Interfejs 1-wire
- OVP i OCP, CV, CC w zasilaczach
- Druk 3D – wykorzystanie kreatorów
- Czy to Gian Romagnosi jest ojcem elektromagnetyzmu?
- Lewitacja magnezu neodymowego nad bizmutem
- DW01 – wszechstronna ochrona ogniw litowych



Inicjatywa Zrozumieć Elektronikę realizowana jest dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez [Patronite.pl](https://patronite.pl)



# Poznaj i testuj diody tunelowe!

Diody tunelowe to wielce tajemnicze elementy o ujemnej rezystancji dynamicznej, o których uczymy się w szkole. Niewiele osób miało je w rękach. Niniejszy artykuł pokazuje przykłady i wskazówki, jak w zaskakująco łatwy sposób można się do nich „dotknąć”. I wskazuje, jak łatwo wejść w ich posiadanie.

**Układy testowe – rozważania projektowe**  
**Elementarne testy diod tunelowych**

**Bardzo dobra wiadomość dla Patronów!**

Diody tunelowe budzą ciekawość, bo te tajemnicze dwukońcówkowe elementy mogą być między innymi oscylatorami, wzmacniaczami, multiwibratorami, uniwibratorami i przerzutnikami bistabilnymi. To budzi niedowierzanie, a aurę tajemniczości zwiększa fakt, że mogą one pracować przy częstotliwościach rzędu gigaherców, czyli w zakresie mikrofalowym. Diody tunelowe słusznie są przedstawiane jako koronny przykład niepojętych dla większości zjawisk kwantowych, a konkretnie zjawiska tunelowania kwantowego. Jesteśmy zaskoczeni informacjami o ich dziwacznych właściwościach, zwłaszcza dotyczących charakterystyki i ujemnej rezystancji.

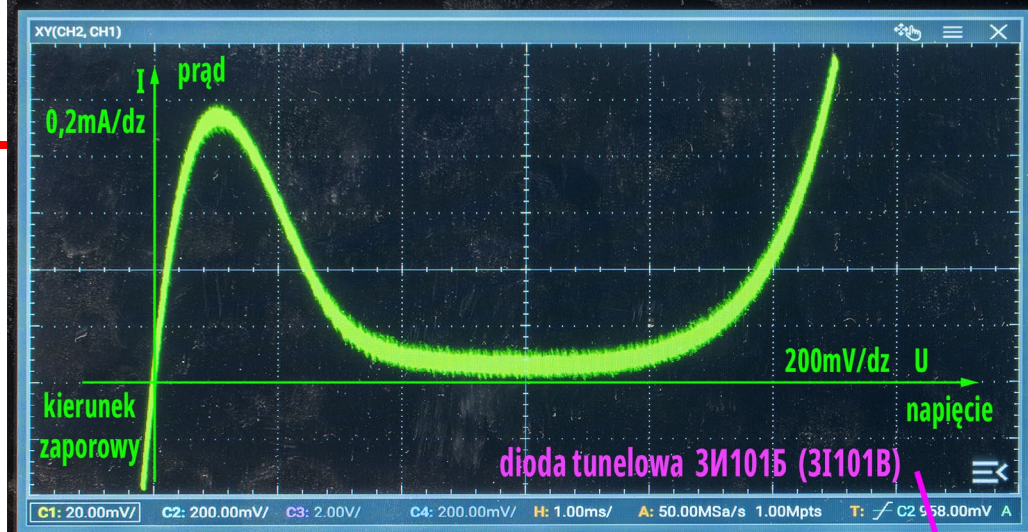
Niewielu elektroników miało bezpośredni kontakt z tymi bardzo interesującymi elementami. ***Niniejszy artykuł pokazuje przykłady, jak w zaskakująco łatwy sposób można się do nich „dotknąć” oraz jak je nabyć.*** Dawniej były one wykorzystywane głównie w wojsku i były praktycznie niedostępne dla „zwykłych śmiertelników”. Dziś wyprzedawane są stare zapasy radzieckich diod tunelowych. Najtańsze oferty mają ceny po kilka złotych za sztukę. Jeśli ktoś jest zainteresowany, zakup nie jest problemem. A moi Patroni z wyższych progów mają dodatkową możliwość otrzymania bezpłatnie takich diod ode mnie. Szczegóły na końcu artykułu.

**Fotografia 1** oraz **fotografia tytułowa** pokazują stanowisko do zobrazowania charakterystyki diody tunelowej. Oprócz badanej diody i oscyloskopu potrzebne są dwa rezystory oraz generator. Rezystory i wielkość sygnału z generatora są tak dobrane, że pozioma oś napięcia ma skalę 200 mV na działkę, a pionowa oś prądu to 0,2 mA/dz. Pomiar wykazuje zgodność z danymi katalogowymi: 3I101B (3I1015) to dioda z arsenku galu ze szczytem 1 mA przy 100 mV i napięciem  $U_{FP}$  około 1,1 V.

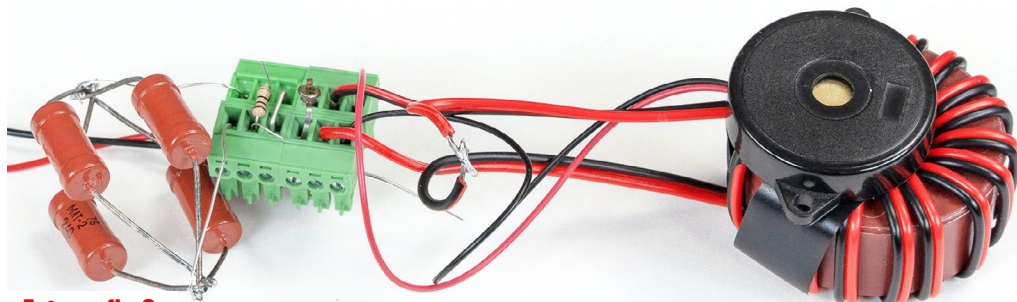
Na **fotografii 2** widać prosty generator akustyczny z diodą tunelową, cewką i membraną piezo. Wykorzystałem dobraną dużą cewkę, żeby rezonans mechaniczny membrany piezo zgadzał się z rezonansem elektrycznym obwodu LC.

Na **fotografii 3** pokazany jest, zasilany jest przez jedno ogniwo AAA, generator LC z cewką 100  $\mu$ H i kondensatorem 6,8 nF, wytwarzający przebieg o częstotliwości 198,25 kHz.

**Fotografia 4** przedstawia przykład wykorzystania diody tunelowej do wytwarzania impulsów o stromych zboczach. Na wejście podany jest przebieg

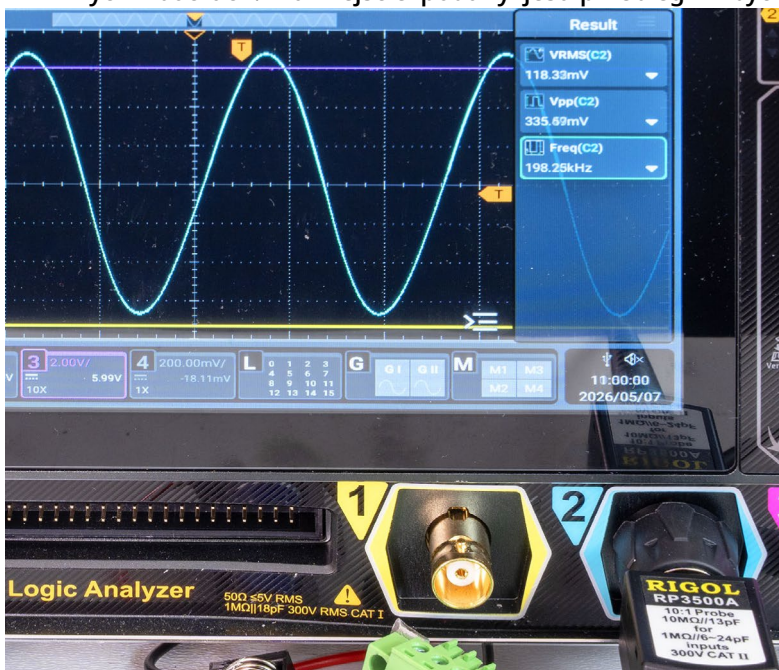


**Fotografia 1**

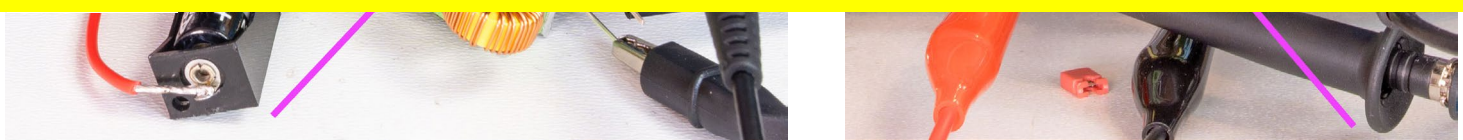


**Fotografia 2**

trójkątny, a na wyjściu są impulsy (żółty przebieg), których stromość zboczy zależy od kilku czynników. W odpowiednich warunkach stromość zboczy może być rzędu 100 pikosekund (0,1 ns), a nawet mniej!



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**





# Co trzeba wiedzieć o... diodach tunelowych

Diody tunelowe to wielce tajemnicze podzespoły, dawniej wykorzystywane do celów wojskowych, do których hobbysta nie miał dostępu. Dziś łatwo można wejść w ich posiadanie, przeprowadzać interesujące eksperymenty, ale do tego potrzebne są przynajmniej podstawowe informacje o tych elementach.

**Co to jest dioda tunelowa?**

**Parametry diod tunelowych**

**Układy testowe – rozważania projektowe**

**Elementarne testy diod tunelowych**

**Dobra wiadomość dla moich Patronów!**

Diody tunelowe budzą ciekawość, ale panuje przekonanie, że to są elementy po pierwsze niedostępne dla zwykłego śmiertelnika, po drugie, że skrajnie trudno je wykorzystać, między innymi dlatego, że pracują przy częstotliwościach rzędu gigaherców oraz że są wyjątkowo delikatne i łatwo ulegają zniszczeniu. Poniższy artykuł jest uzupełnieniem artykułu o numerze **Y078** oraz filmu YT Y078, w którym udowodniłem, że tak nie jest – każdy hobbysta może praktycznie poznać ich właściwości i je wykorzystać.

Kiedyś dawno elementy te były absolutnie niedostępne dla hobbystów. Po pierwsze były bardzo drogie, po drugie w czasach słusznie minionych nie były dostępne w handlu, bo przeznaczone były głównie

do sprzętu wojskowego, a samo posiadanie takich elementów mogło narazić na oskarżenie o działanie na szkodę systemu. Dziś sytuacja jest inna. Od upadku Związku Radzieckiego do dziś dostępne są stare zapasy radzieckich diod tunelowych: germanowych (Ge) i z arsenku galu (GaAs).

To prawda, że diody tunelowe są bardzo delikatne, ale przy zachowaniu rozsądnych zasad ostrożności każdy może je wykorzystać, a przynajmniej „pobawić się” nimi, ku swojej wielkiej satysfakcji.

Faktem jest też, że diody tunelowe to elementy wyjątkowo szybkie i były wykorzystywane głównie w technice mikrofalowej. Ale co dla nas ważne, mogą też pracować przy dowolnie małych częstotliwościach.

Mogą pracować zarówno w roli przedziwnych, śmiesznie prostych generatorów i wzmacniaczy, jak też służyć do uzyskiwania bardzo stromych impulsów o czasie narastania rzędu pikosekund. Opisuję to nieco dokładniej właśnie w artykule Y078, a tutaj przedstawię garść najważniejszych informacji o tych diodach.

## Co to jest dioda tunelowa?

Dla najmniej zorientowanych: **dioda tunelowa** to dwukońcówkowy element – **fotografia 1** – o bardzo dziwnych właściwościach. W zasadzie jest to najprawdziwsza dioda półprzewodnikowa, ale ma pewne właściwości, różniące ją od powszechnie znanych diod prostowniczych. Nie służy do prostowania prądu (choć są też „prostownicze” odmiany diod tunelowych, znane jako tzw. **diody wsteczne** – *backward diodes* – przykład na **fotografii 2**).

Dioda tunelowa, pomimo że ma tylko dwie końcówki, może być wykorzystana do pracy w roli elementu aktywnego, na przykład we wzmacniaczach (tak!), w generatorach, w obwodach pamiętających (jako komórka pamięci), w układach logicznych, między innymi w przerzutnikach, oraz obwodach kształtowania impulsów. **Większość diod tunelowych to bardzo delikatne elementy o bardzo małej mocy.** Ale produkowano też wersje o dużym prądzie, rzędu amperów.

Diody tunelowe są bardzo szybkie i generalnie pracują w urządzeniach mikrofalowych, gdzie częstotliwości są rzędu gigaherców. Tak, ale mogą też pracować przy dowolnie małych częstotliwościach, tylko wtedy można to zrobić prościej i lepiej za pomocą tranzystorów.

Japoński naukowiec, **Reona (Leo) Esaki (fotografia 3)** wyanalizował je i opisał ich niezwykle



Fotografia 1

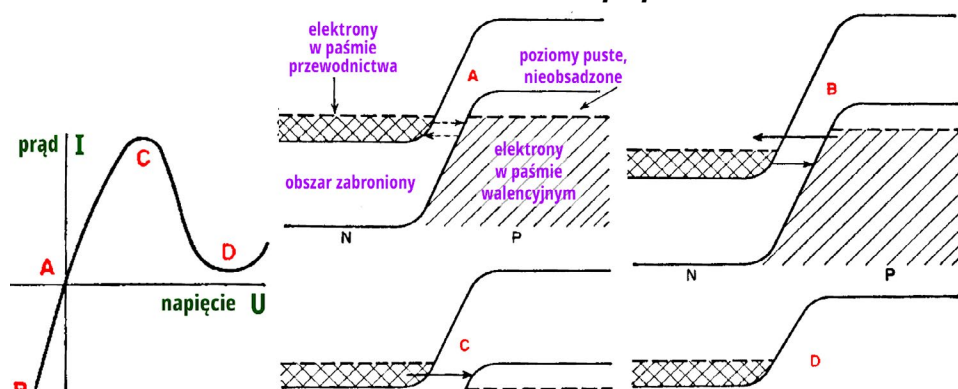
właściwości w roku 1957. Dlatego **diody tunelowe** nazywane są też **diodami Esakiego**. Było o nich bardzo głośno w latach 60. i z tych lat pochodzą profesjonalne artykuły i książki na ich temat. Potem zainteresowanie przeniosło się na inne pokrewne elementy (m.in. na „silniejsze” diody Gunna). Obecnie diody tunelowe praktycznie nie są już wykorzystywane w nowych konstrukcjach, bo dziś dostępne są bardzo szybkie tranzystory, które mogą pracować przy częstotliwościach rzędu gigaherców. Dziś diody tunelowe są przede wszystkim dużą atrakcją dla hobbystów i bodaj najprostszą możliwością „dotknięcia” tajemniczych zjawisk kwantowych.

A teraz parę słów dla bardziej zaawansowanych (nie przejmuj się, jeśli „ani w ząb” nie zrozumiesz tych szczegółów). Otóż w zasadzie dioda tunelowa to kanoniczne złącze p-n, jakie znajdziemy też w popularnych diodach prostowniczych. Dioda tunelowa

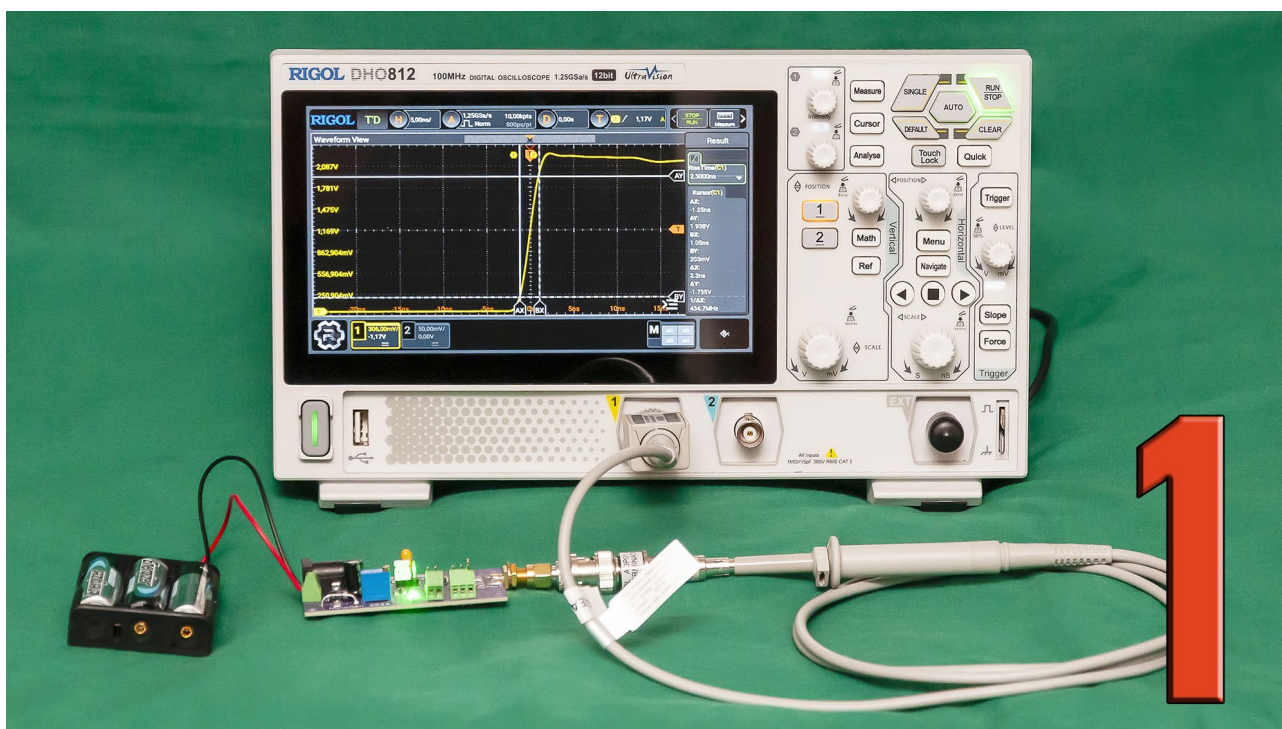
także jest połączeniem dwóch obszarów półprzewodnika: obszaru typu p, gdzie nośnikami większościowymi są dziury) oraz typu n, gdzie nośnikami większościowymi są elektrony – **rysunek 4. Zasada budowy jest identyczna jak zwykłej diody, a kluczową różnicą względem typowych diod prostowniczych jest o wiele silniejsze domieszkowanie półprzewodników.**



Fotografia 2



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Impulsowy test oscyloskopów i sond pomiarowych, część 1

Zmontowałem i przetestowałem „NanoGen – generator nanosekundowy” opisany w ZE 3/2026. Było to bardzo interesujące, wzbogacające wiedzę, ale też zaskakujące doświadczenie. W czterech artykułach chciałbym podzielić się swoimi spostrzeżeniami. Mam nadzieję, że moje uwagi przydadzą się innym Czytelnikom.

**Nanogenerator jako źródło testowe**  
**Założenia i metodyka pomiarów**

**Ocena odpowiedzi impulsowej toru pomiarowego**  
**Paradoks pomiarowy – kiedy sonda „przyspiesza” oscyloskop**

Pomiar szerokości pasma oscyloskopów i sond oscyloskopowych kojarzy się zwykle z wykorzystaniem kosztownych generatorów sinusoidalnych, analizatorów sieci lub specjalistycznych kalibratorów laboratoryjnych. W praktyce wielu elektroników amatorów i konstruktorów pracujących we własnych laboratoriach nie dysponuje tego typu wyposażeniem, co utrudnia ocenę rzeczywistych możliwości posiadanej aparatury pomiarowej.

Jednocześnie rozwój nowoczesnych oscyloskopów cyfrowych oraz dostępność bardzo szybkich generatorów impulsowych sprawiają, że coraz większego znaczenia nabierają metody oparte na analizie odpowiedzi czasowej układu. Pojedyncze zbrocze

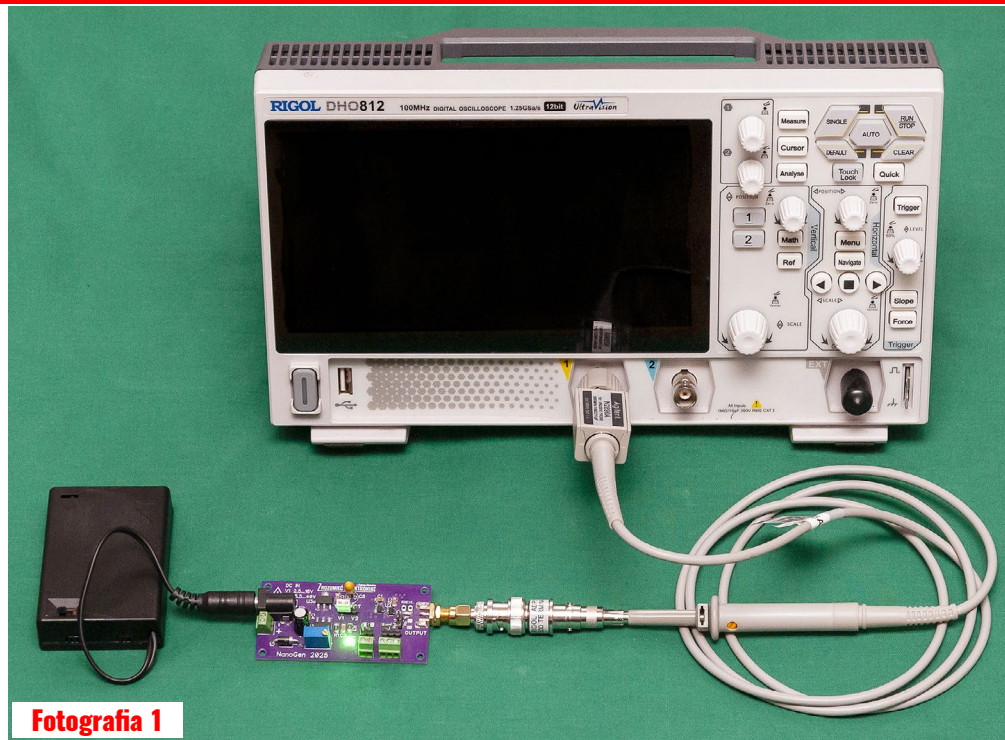
narastające, o czasie liczonym w nanosekundach zawiera bowiem bardzo szerokie spektrum częstotliwości, zdolne ujawnić wiele właściwości dynamicznych badanego toru pomiarowego.

W przeciwieństwie do klasycznej metody sinusoidalnej, która pozwala określić częstotliwość graniczną przy spadku amplitudy o 3 dB, analiza odpowiedzi impulsowej pokazuje również zjawiska trudne do zauważenia podczas pomiarów częstotliwościowych. Należą do nich między innymi przeregulowanie (overshoot), oscylacje przejściowe, odbicia wynikające z niedopasowania impedancyjnego oraz wpływ pasożytniczych elementów RLC obecnych w rzeczywistym torze pomiarowym.

Inspiracją do przeprowadzenia opisanych badań było wykorzystanie nanogeneratora impulsowego zmontowanego na podstawie wcześniej opublikowanego projektu. Po otrzymaniu płytki drukowanej i uruchomieniu urządzenia, początkowym celem było jedynie sprawdzenie jego działania oraz ocena jakości generowanych impulsów. Szybko okazało się jednak, że generator może pełnić funkcję użytecznego źródła testowego do badania odpowiedzi impulsowej oscyloskopów, sond pomiarowych oraz innych elementów torów szerokopasmowych.

W elektronice wysokich częstotliwości często okazuje się, że sam proces wykonywania pomiarów jest równie interesujący jak ich końcowy wynik. W trakcie eksperymentów odpowiedź impulsowa pozwala ujawnić wiele subtelnych zjawisk dynamicznych, których interpretacja często prowadzi do lepszego zrozumienia zachowania rzeczywistych układów elektronicznych. Właśnie dlatego warto samodzielnie wykonywać podobne doświadczenia. Pozwalają one nie tylko zweryfikować parametry aparatury pomiarowej, ale również lepiej zrozumieć zachowanie rzeczywistych układów elektronicznych.

Kolejne eksperymenty zaczęły przynosić coraz bardziej interesujące rezultaty. Okazało się, że nawet niewielkie zmiany konfiguracji połączeń mogą wpływać na kształt odpowiedzi impulsowej, a różne sondy oscyloskopowe potrafią w odmienny sposób zniekształcać obserwowane przebiegi. Niektóre z uzyskanych wyników okazały się wręcz zaskakujące i początkowo wydawały się sprzeczne z intuicją. Celem eksperymentu nie było zastąpienie laboratoryjnych metod wzorcowania ani precyzyjne wyznaczenie pasma granicznego metodą częstotliwościową. Znacznie bardziej interesujące okazało się sprawdzenie, jak wiele informacji o jakości toru pomiarowego można uzyskać na podstawie odpowiedzi na pojedyncze szybkie zbocze impulsu. Szczególną uwagę poświęcono wpływowi elementów pasozytnych, jakości połączeń, zjawiskom przeregulowania, tłu-

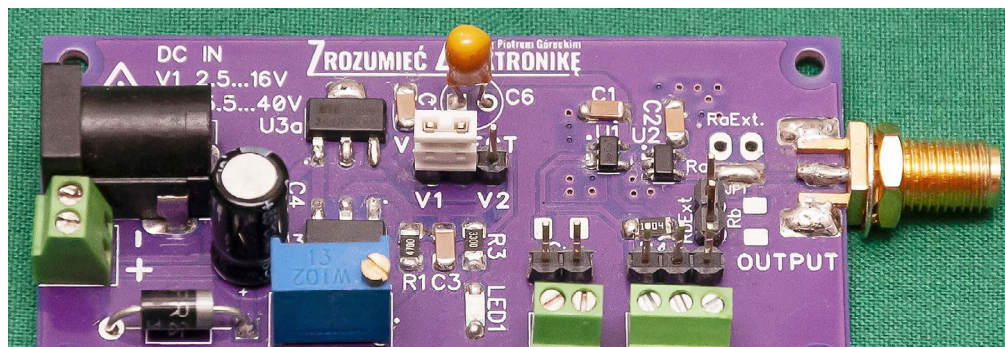


**Fotografia 1**

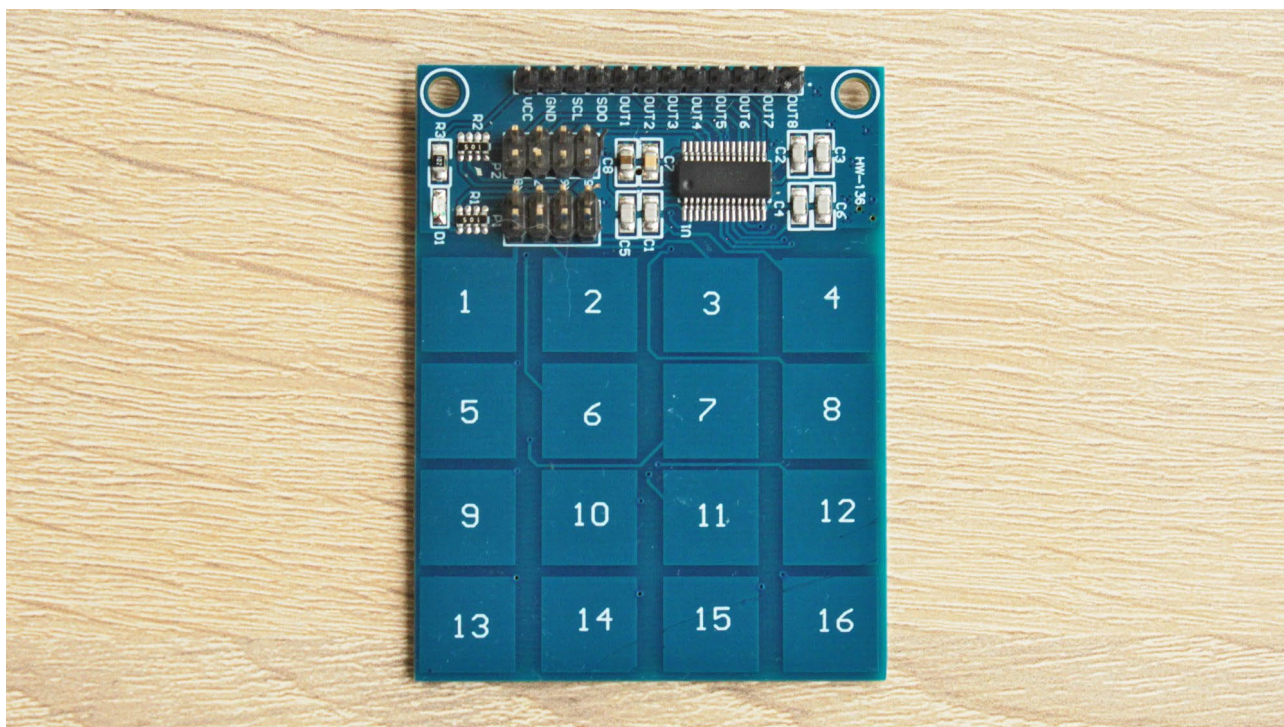
Na **fotografii 1** przedstawiono stanowisko pomiarowe wykorzystane podczas badań. Widać tu nanogenerator impulsowy, oscyloskop Rigol DHO812, terminator przelotowy 50  $\Omega$ , adapter sondy oraz sondę pomiarową używaną w eksperymentach.

### Nanogenerator jako źródło testowe

Na **fotografii 2** jest pokazany nanogenerator impulsowy zmontowany na podstawie wcześniej opublikowanego projektu (ZE 3/2026). To właśnie od jego uruchomienia rozpoczęła się seria moich eksperymentów opisanych w artykule. Układ generuje impulsy o czasie narastania poniżej nanosekundy, dzięki czemu może być wykorzystywany do badania odpowiedzi impulsowej oscyloskopów, sond pomiarowych oraz elementów torów transmisyjnych. W przeciwieństwie do klasycznych generatorów sinusoidalnych nie służy on do bezpośredniego wyznaczania charakterystyk częstotliwościowych. Jego zadaniem jest pobudzenie badanego układu bardzo szybkim zboczem



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Moduł klawiatury dotykowej o 16 polach

Klawiatury dotykowe stają się elementami coraz bardziej przydatnymi w zastosowaniach hobbystycznych. O ile w przypadku modułów o mniejszej liczbie sensorów dotykowych istnieje możliwość bezpośredniego ich użycia, to rozwiązanie o 16 polach wymaga zastosowania mikrokontrolera.

## Moduł klawiatury

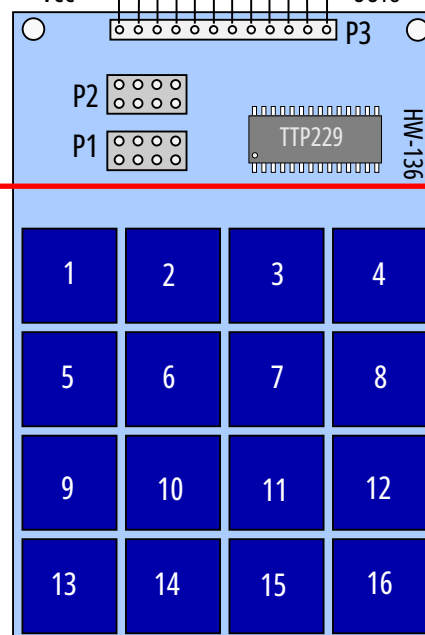
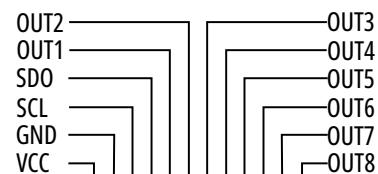
### Testy modułów

### Moduł pod kontrolą mikrokontrolera

Czujniki dotykowe zdobywają coraz większą popularność. Pozwalają utworzyć niewielkie klawiatury stając się konkurencją dla często stosowanych klawiatur telefonicznych (również o 16 przyciskach). W niewielkich systemach mikroprocesorowych (o niezbyt dużych zasobach przede wszystkim pinów portów) mają istotną przewagę nad tradycyjnymi: wystarczą 2 piny do obsługi dotykowej w przeciwieństwie do stykowej telefonicznej, wymagającej 8 pinów. Aby sprawnie posługiwać się takim modułem warto zapoznać się z jego budową i funkcjonalnością.

## **Moduł klawiatury**

Tytułowy moduł o 16 polach dotykowych (opisany na PCB jako HW-136) bazuje na układzie scalonym TTP229 (rysunek 1).



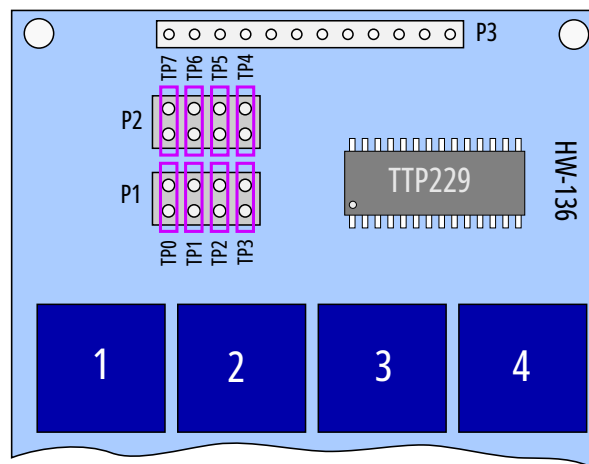
Rysunek 1

Pozwala on na obsługę na dwa sposoby: poprzez wbudowany interfejs szeregowy (dostępny na złączu P3 jako *SCL*, *SDO*) oraz bezpośrednio jako wyjścia *OUT1...OUT8* (tu występuje ograniczenie jedynie do pierwszych 8 pól). Poszczególne styki mają następujące znaczenie:

- VCC – zasilanie modułu, dopuszczalne napięcie: 2,4 V...5 V,
- GND – potencjał odniesienia dla zasilania (0 V) oraz wszystkich sygnałów logicznych,
- SCL – sygnał zegarowy w komunikacji modułu z mikrokontrolerem,
- SDO – sygnał danych w komunikacji modułu z mikrokontrolerem,
- OUT1...OUT8 – statusy dotknięcia pól pierwszych 8 sensorów.

Moduł klawiatury ma możliwość konfiguracji za pomocą odpowiedniej liczby zworek. Nie ma możliwości zmian konfiguracyjnych poprzez interfejs szeregowy *SCL*, *SDO* – tu możliwą operacją jest jedynie odczyt statusu dotknięć sensorów. Z praktycznego punktu widzenia, aby mieć możliwość zmian wybranych cech, warto w miejsce opisane na rysunku 1 jako P1 oraz P2 wlotować dwurzędowe goldpin, aby za pomocą jumperków zwierać ze sobą odpowiednie pary styków. Każda para jest określona jako *TP0...TP7* (rysunek 2). Brak zworki oznacza stan domyślny. Znaczenie poszczególnych par konfiguracyjnych jest następujące (wartość domyślna to odpowiednie piny nie są połączone):

- TP0 – konfiguruje wyjścia *OUT1...OUT8*, może być typu otwarty dren (piny zwarte) lub wyjście typu CMOS (wartość domyślna).
- TP1 – konfiguruje stan w obrębie *OUT1...OUT8*, jakim jest sygnalizowane wykrycie dotknięcia odpowiedniego pola sensora, piny zwarte determinują sygnalizację dotknięcia stanem logicznego zera (wartość domyślna to sygnalizacja jedyneką logiczną),
- TP2 – zwarcie pinów aktywuje obsługę 16 pól sensorów oraz komunikacją poprzez *SCL* oraz *SDO* (status dotknięcia nie jest sygnalizowany na wyjściach *OUT1...OUT8*), rozwarcie pinów (wartość domyślna) ogranicza klawiaturę do pierwszych 8 pól sensorów z sygnalizacją na wyjściach *OUT1...OUT8* (można nadal obsługiwać przez mikrokontroler jako klawiaturę 8-pinową, wymaga 8 cykli pętli zamiast 16, jak jest zaprezentowane dalej w oprogramowaniu),
- TP3, TP4 – określa możliwość dekodowania kilku dotknięć, stan otwarty obu par konfigurujących (domyślny) oznacza dekodowanie pojedynczych dotknięć,



**Rysunek 2**

częstotliwość próbkowania (około 64 Hz) i czas reakcji klawiatury wynosi około 100 ms, brak połączenia (stan domyślny) – częstotliwość próbkowania wynosi 8 Hz i czas reakcji około 200 ms,

- TP6 – wpływa na czas, przez jaki czujnik dokonuje pomiaru pojemności w jednym cyklu, zwarcie pinów oznacza, że czas pomiaru jest skrócony do 2 ms, ale jest zmniejszona odporność na szum elektryczny, rozwarcie styków (stan domyślny) oznacza czas pomiaru około 4 ms, jednak zapewnia większą stabilność i mniejszą podatność na zakłócenia,

- TP7 – para pinów przeznaczona do ochrony układu przed zablokowaniem w przypadku stałej detekcji dotyku pola sensora (np. gdy położono na nim przedmiot lub panel został zalany płynem), piny połączone ogranicza czas wciśnięcia do 80 sekund, brak połączenia pinów (stan domyślny) oznacza, że czas wciśnięcia jest nielimitowany.

Piny konfiguracyjne TP3 i TP4 pozwalają określić tryb pracy z detekcją pojedynczych pól lub jednocześnie detekcją kilku dotknięć sensorów. Rozwarcie obu zworek (stan domyślny) determinuje tryb pracy z wykrywaniem pojedynczych dotknięć (*Single-Key*). Możliwe inne kombinacje to:

- TP3 rozwarte, TP4 zwarte – określa tryb bez ograniczeń, można wcisnąć dowolną liczbę klawiszy jednocześnie (*Multi-Key*),

- TP3 zwarte, TP4 rozwarte – określa tryb mieszany: pola od 1 do 8 działają w trybie *Multi-Key*, a pola od 9 do 16 w trybie *Single-Key*,

- TP3 zwarte, TP4 zwarte – określa tryb grupowy: pola są podzielone na pary lub sekcje, blokując się nawzajem tylko w obrębie własnej grupy.

Podobnie jak w przypadku modułów z mniejszą liczbą pól sensorów, wszelkie zmiany konfiguracji wymagają odłączenia na krótki czas od zasilania.

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Interfejs 1-wire

Do komunikacji między mikrokontrolerami a przyłączanymi do ich komponentów zostało wymyślonych wiele różnych rozwiązań. Jednym z nich jest interfejs 1-wire. Mimo dość dużej popularności, większość mikrokontrolerów nie posiada dedykowanego, sprzętowego kontrolera 1-wire.

## Idea działania interfejsu 1-wire

## Przykład zastosowania

1-wire to dwukierunkowy protokół komunikacji elektronicznej, który pozwala na przesyłanie danych oraz zasilanie za pomocą tylko jednego przewodu sygnałowego (i wspólnej masy). Jego historia sięga końca lat 80. ubiegłego wieku i była związana z minimalizacją zasobów wymaganych do obsługi przyłączonych komponentów. Zaczęło się w firmie Dallas Semiconductor od prostego pomysłu na minimalizowanie kosztów okablowania do połączenia z mikrokontrolerem. Rozwiązaniem okazała się linia, w której pojedynczy przewód potrafił jednocześnie zasilать układ i przesyłać dane dwukierunkowo. Sukcesem komercyjnym technologii 1-wire były układy z serii DS199x zamknięte w stalowych, okrągłych obudowach przypominających baterie pastylkowe, znane jako *iButton* (fotografia tytułowa prezentuje *iButton*, plik udostępnił Stan Zurek na licencji Creative Commons). Stalowa obudowa stano-

wiła masę (GND), a odizolowane wieczko – linię danych (DQ). Elementy te stały się hitem w systemach kontroli dostępu, rejestracji czasu pracy. Wymagały jedynie dwóch styków elektrycznych. Pamiętając, że jednym musi być potencjał odniesienia (GND), pozostaje jeden przewód do zasilania i przesyłania danych. Oprócz komponentów *iButton*, popularnym elementem wykorzystującym ten typ komunikacji jest wręcz kultowy cyfrowy termometr DS18B20. W 2001 roku doszło do przejścia Dallas Semiconductor przez firmę Maxim Integrated, która jednocześnie nabyła prawa autorskie do standardu. W tej firmie doszło do znaczącego rozwinięcia koncepcji 1-wire – poprawienia stabilności na długich liniach. Obecnie właścicielem praw do tej technologii jest gigant branży analogowej – Analog Devices po przejęciu w 2021 roku firmy Maxim Integrated. Mimo że protokół istnieje już kilkadziesiąt lat,

nadal ma zastosowanie w prostych realizacjach, gdzie nie jest wymagana duża prędkość transmisji.

## Idea działania interfejsu 1-wire

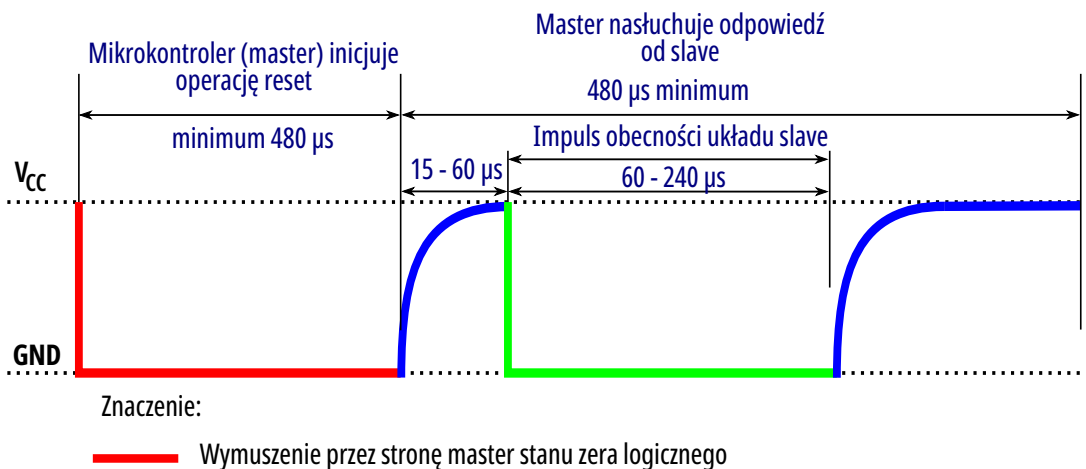
Naturalnym jest, że realizując komunikację z elementem 1-wire musi on mieć zasilanie (przykładowo pastylka *iButton* z tytułowej fotografii). Elementy w tej sieci można zasilac na dwa sposoby. Wybór metody zależy od liczby czujników, długości kabla oraz pożądanej stabilności systemu. Możliwy jest wariant zasilania pasożytniczego (jak przykładowo w *iButton*). To unikalna cecha standardu 1-wire. Układy są zasilane bezpośrednio z linii danych (DQ), co pozwala na fizyczne użycie tylko dwóch przewodów: DQ i GND. Linia DQ w tym standardzie działa w konfiguracji otwartego drenu lub otwartego kolektora. Oznacza to, że żadne urządzenie przyłączone do magistrali (slave) nie potrafi samodzielnie wymusić na linii stanu wysokiego. Urządzenia mogą jedynie aktywnie „ściągać” linię do masy (wymusić stan zera logicznego) lub przejść do stanu wysokiej impedancji (odciąć się), pozwalając linii swobodnie uzyskać jedynkę logiczną. Prowadzi to do konieczności zastosowania rezystora włączonego między linię DQ a zasilanie VCC. Każdy układ 1-wire ma wbudowaną diodę oraz wewnętrzny kondensator o małej pojemności. Gdy na linii DQ panuje stan wysoki, prąd przepływa przez diodę i ładuje kondensator. Gdy strona master ściąga linię do stanu niskiego (0 V), aby realizować komunikację, dioda blokuje rozładowanie, a układ działa dzięki energii zgromadzonej w kondensatorze. W trybie pasożytniczym stosowany jest rezystor pull-up (między VCC a DQ). Zaletą tego wariantu jest prostota instalacji (wystarczy zwykły dwużyłowy kabel). Wadą jest wolniejsza komunikacja oraz ryzyko niestabilności na długich liniach (powyżej kilkunastu metrów).

Niektóre układy z interfejsem 1-wire wymagają bardziej „energetycznego” zasilania (takim jest przykładowo czujnik temperatury DS18B20),

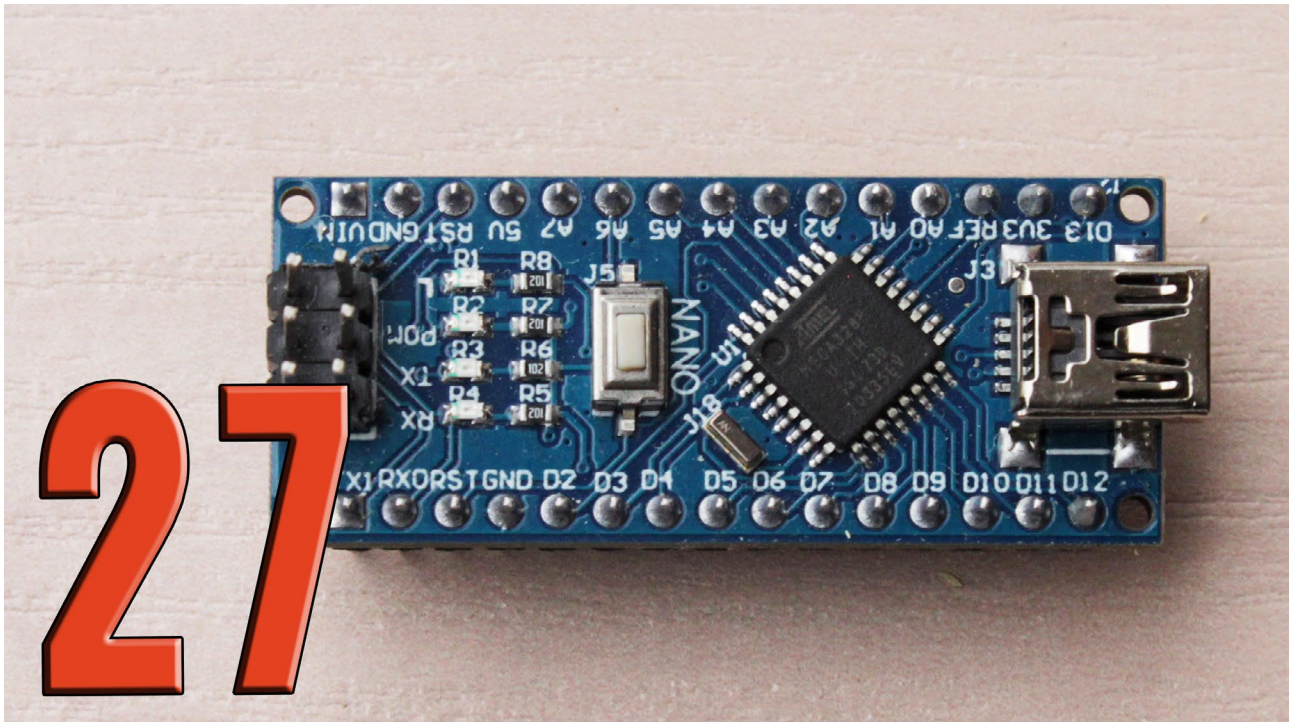
niewystarczające. Takie układy mają dodatkowy przewód zasilający (VCC/VDD). Nie zwalnia to z konieczności stosowania rezystora pull-up (ze względu na konfigurację typu otwartego drenu/kolektora). W tym wariantcie przyłączony układ 1-wire nie musi „podkradać” prądu z linii sygnałowej by ładować wewnętrzne kondensatory. Linia DQ jest używana jedynie do wymiany danych.

Komunikacja w standardzie 1-wire jest asynchroniczna, półdupleksowa (ang. half-duplex) i opiera się na ścisłej relacji master – slave. Oznacza to, że dane mogą płynąć w obu kierunkach, ale w danym momencie nadaje tylko jedna strona, a całą komunikację zawsze kontroluje strona master (mikrokontroler). Brak w fizycznym połączeniu przewodu zegarowego wymusza sytuację, że synchronizacja opiera się na bardzo precyzyjnych zależnościach czasowych (szczelinach czasowych) mierzonych w mikrosekundach.

Każda transakcja na magistrali musi rozpocząć się od inicjalizacji (przez stronę master). Jest to operacja resetu i testu obecności układu slave. Strona master wymusza na linii DQ stan zera logicznego na czas minimum 480  $\mu$ s, a następnie ją zwalnia. Rezystor podciągający przywraca stan wysoki. Wszystkie obecne na linii elementy slave odczekują chwilę, po czym jednocześnie ściągają linię do stanu niskiego na czas od 60 do 240  $\mu$ s. Dla mastera oznacza to, że na magistrali występuje jeden lub więcej komponentów 1-wire (**rysunek 1**). Dalsza komunikacja odbywa się poprzez szczeliny czasowe (ang. time slots) trwające od 60 do 120  $\mu$ s. W każdym takim slotie przesyłany jest dokładnie jeden bit. Strona master wymusza stan zera logicznego lub jedynki (różni się czasem trwania impulsu). Po odpowiednim czasie (w zależności od przesyłanego zera lub jedynki) master przechodzi do „stanu odcięcia”.



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Mikroprocesorowa ośła łączka, część 27

Dziedziczenie to jeden z najbardziej fundamentalnych elementów, jakie wnosi język C++. Jest to potężny mechanizm, który umożliwia tworzenie nowych klas (nazywanych klasami pochodnymi) na bazie klas już istniejących (nazywanych klasami bazowymi).

[Komponent do obsługi wyświetlacza](#)  
[Konstruktory klasy bazowej oraz pochodnej](#)

[Destruktory klasy bazowej oraz pochodnej](#)  
[Układ praktyczny](#)

Mechanizm dziedziczenia pozwala programiście używać raz napisanego kodu w nowych zastosowaniach. Ułatwia to zarządzanie kodem programu oraz tworzenie przejrzystych, hierarchicznych struktur odzwierciedlających rzeczywiste zależności między obiektami. W ogólnym przypadku to bardzo szeroki mechanizm, który został stworzony do wspierania opracowywania oprogramowania dla komputerów. W świecie mikrokontrolerów, ze względu na znacząco ograniczone zasoby (przede wszystkim pamięć operacyjną), nie ma sensu zagłębiać się we wszystkie szczegóły. Niemniej pewne możliwości są przydatne w tworzeniu kodu dla mikrokontrolerów. Przykładem może być rozwiązanie sterowników, umożliwiające obsługę określonych podzespołów w systemach mikroprocesorowych. Ilustracją tej

koncepcji będzie obsługa modułu 7-segmentowego wyświetlacza LED, bazującego na układzie scalonym MAX7219, opisanym w *Mikroprocesorowej oślej łączce*, cz. 9 (ZE 02/2025). Zawarte tam informacje są wystarczające, by szczegółowo poznać możliwości i obsługę modułu wyświetlacza z tym układem scalonym. Ten wybór jest podyktowany dosyć prostą obsługą sprzętową oraz dużymi możliwościami funkcjonalnymi (bez konieczności ponownego ich opisu, skupiając się na nowej koncepcji rozwiązania tego typu tematów, opierającej się na dziedziczeniu).

[Komponent do obsługi wyświetlacza](#)

Do obsługi wspomnianego modułu zostało utworzonych kilka funkcji, których zadaniem jest realizacja odpowiednich operacji dotyczących wyświetlacza.

Zadaniem jednych jest wyświetlanie danych (*DisplayNumber*, *ClearDisplay*), inne są przeznaczone do konfigurowania określonych cech (*SetIntensity*). Wszystkie te funkcje w jakiś sposób komunikują się ze sprzętem (realizują fizyczne manipulowanie pinami portów, gdzie przyłączony jest wyświetlacz). Możliwą definicję klasy pokazuje **listing 1**, gdzie między innymi występuje metoda *SendControlToMAX7219*. Jej zadaniem jest rzeczywiste wysłanie określonych sterowań do układu MAX7219, wszystkie inne metody wykorzystują tę funkcję (cała rzeczywistość komu-

nikacja programu z modułem wyświetlacza ogranicza się do jednej funkcji). Realizację przykładowych metod pokazuje **listing 2**. Ta prosta koncepcja ma jedną wadę. Do obsługi układu MAX7219, oprócz zasilania (VCC, GND) wykorzystuje się trzy sygnały (CLK, DIN oraz CS). Mogą one być przyłączone do mikrokontrolera w dowolnym miejscu (jako określenie portu i numeru bitu w jego obrębie). Aby zachować dużą elastyczność programu można to określić jako *#define* i użyć tych identyfikatorów w implementacji metod klasy. To rozwiązanie będzie

wymagało każdorazowej kompilacji, gdyż szczegóły określone przez *#define* wpływają na generowany kod. Konstruktor klasy (*MAX7219Disp::MAX7219Disp* – patrz listing 2)

```
MAX7219Disp::MAX7219Disp ( )
{
    DisplayBusConfigPort |= ( 1 << MAX7219_ClkPin ) | ( 1 << MAX7219_DInPin ) |
        ( 1 << MAX7219_LoadPin );
    SetMAX7219_LoadPin ;
    ClearMAX7219_ClkPin ;
    SetMAX7219_DInPin ;
    SendControlToMAX7219 ( DisplayTest_Register , 0x00 ) ;
    SendControlToMAX7219 ( Shutdown_Register , 0x01 ) ;
    SetIntensity ( DutyCycle ) ;
    SetScanLimit ( ScanLimit ) ;
    SetDecodeMode ( Mode ) ;
} /* MAX7219Disp::MAX7219Disp */

void MAX7219Disp::SendControlToMAX7219 ( uint8_t RegAdr ,
                                         uint8_t Data )
{
    uint8_t Loop ;
    uint16_t ControlWord ;
    ControlWord = ( RegAdr << 8 ) | Data ;
    ClearMAX7219_LoadPin ;
    for ( Loop = 0 ; Loop < 16 ; Loop ++ )
    {
        nop ( ) ; nop ( ) ;
        if ( ControlWord & 0x8000 )
            SetMAX7219_DInPin ;
        else
            ClearMAX7219_DInPin ;
        ControlWord = ControlWord << 1 ;
        nop ( ) ; nop ( ) ;
        SetMAX7219_ClkPin ;
        nop ( ) ; nop ( ) ;
        ClearMAX7219_ClkPin ;
    } /* for */ ;
    nop ( ) ; nop ( ) ;
    SetMAX7219_LoadPin ;
} /* MAX7219Disp::SendControlToMAX7219 */

void MAX7219Disp::SetIntensity ( uint8_t DutyCycle )
{

```

Listing 2

```
typedef enum { BCDDecodeMode ,
              SegmentsMode } MAX7219DecodeModeT ;

class MAX7219Disp
{
public:
    MAX7219Disp ( ) ;
    void SetDispMode ( MAX7219DecodeModeT Mode ,
                      uint8_t Digits ,
                      uint8_t DutyCycle ) ;
    uint8_t NumberToSegments ( uint8_t Digit ) ;
    void DisplayNumber ( int16_t Number ,
                       uint8_t EmptyChar ,
                       uint8_t NumberWidth ) ;
    void WriteCharOnDisplay ( uint8_t Code ) ;
    void RefreshDisplay ( ) ;
    void SetPosOnDisplay ( uint8_t Column ) ;
    void WriteSpace ( ) ;
    void ClearDisplay ( ) ;
    void SetIntensity ( uint8_t DutyCycle ) ;
    void SetScanLimit ( uint8_t ScanLimit ) ;
    void SetDecodeMode ( MAX7219DecodeModeT Mode ) ;
    void SendControlToMAX7219 ( uint8_t RegAdr ,
                               uint8_t Data ) ;

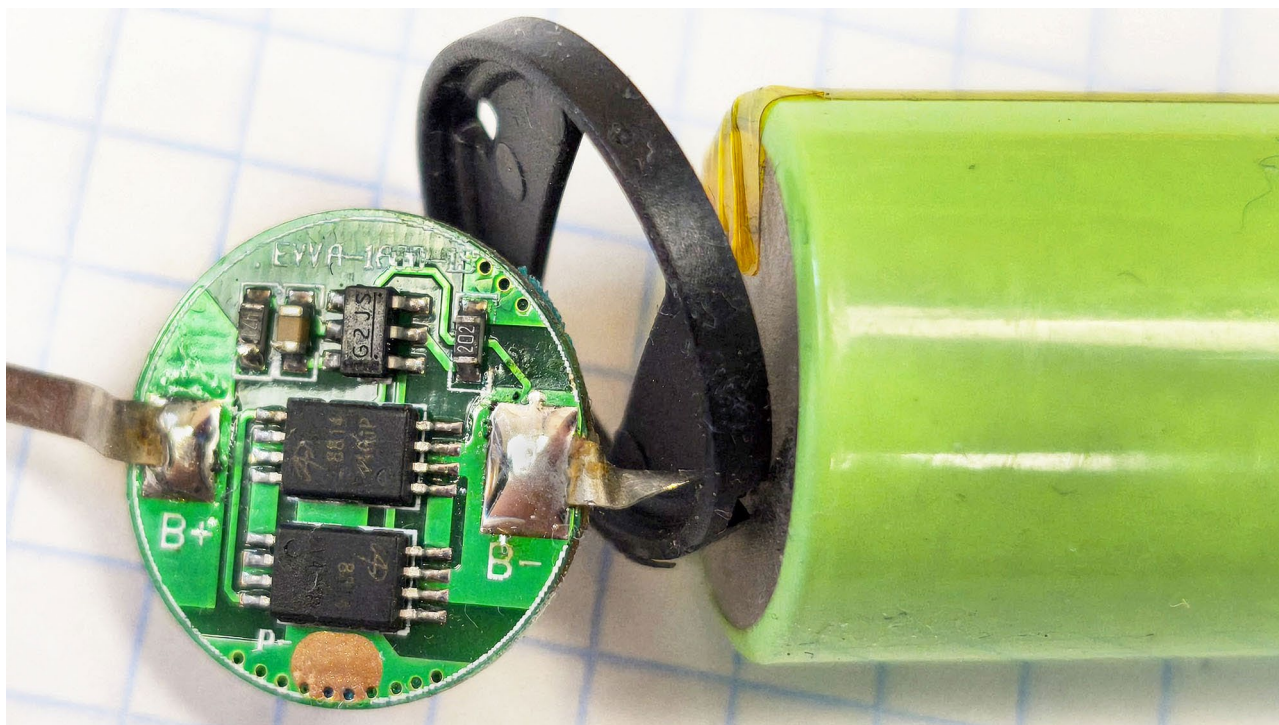
protected:
    uint8_t GetBlankChar ( ) ;
    void DisplaySegmentsNumber ( int16_t Number ,
                                uint8_t EmptyChar ,
                                uint8_t NumberWidth ) ;
    void DisplayBCDNumber ( int16_t Number ,
                           uint8_t EmptyChar ,
                           uint8_t NumberWidth ) ;

private:
    uint8_t MAX7219DisplayBuffer [ 8 ] ;

```

Listing 1

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# DW01 – wszechstronna ochrona ogniwi litowych

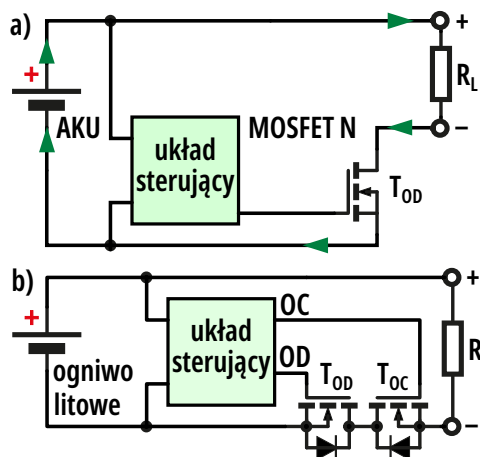
Akumulatory litowe zostały wstępnie omówione w artykule [Akumulatory wczoraj i dziś \(2\)](#), w numerze 7/2025. W dwóch ostatnich artykułach tej serii zacząłem analizować przyczyny oraz rozmaite sposoby zabezpieczania akumulatorów litowych. W tym artykule omawiam układy scalone do ochrony pojedynczych ogniwi.

[DW01 i jego pobratymcy](#)  
[Podwójne MOSFET-y ze wspólnym drenem](#)

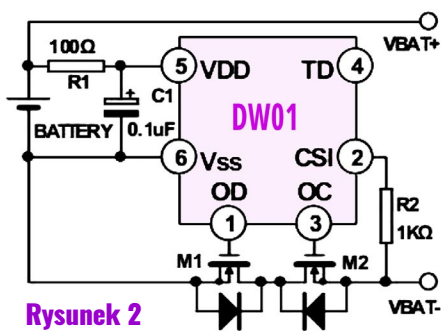
[Zabezpieczenie główne i dodatkowe](#)

Nie irytuj się, że znów przypominam: **akumulatory litowe są delikatne i łatwo je zniszczyć wskutek przeładowania lub nadmiernego rozładowania. Akumulatory Li-Ion wskutek przeładowania mogą się zapalić, a nawet wybuchnąć.**

Niezbędne są obwody do ochrony akumulatora, wbudowane w obudowę akumulatora lub będące częścią obciążenia bądź ładowarki. W poprzednim artykule tej serii przedstawiłem przyczyny oraz ideę ochrony pojedynczego akumulatora litowego, zarówno przed przeładowaniem, jak i nadmiernym rozładowaniem przez rozłączenie akumulatora, według uproszczonej idei z **rysunku 1a**. Uzasadniłem też, dlaczego w praktyce nie wystarczy do tego jeden tranzystor MOSFET i dlaczego stosowane są dwa, i to w trochę dziwnym połączeniu ich drenów, według **rysunku 1b**. Pora na praktyczne szczegóły.



Rysunek 1



Rysunek 2

Lead	Pin name	I/O	Functional description
1	OD	O	The connecting pin for discharging control FET threshold
2	CSI	I/O	The current induction input pin, for charger detection
3	OC	O	The connecting pin for charging control FET threshold
4	TD	I	The pin for delay time testing
5	VDD	I	The pin for positive supply input
6	VSS	I	The pin for negative supply input

Rysunek 3

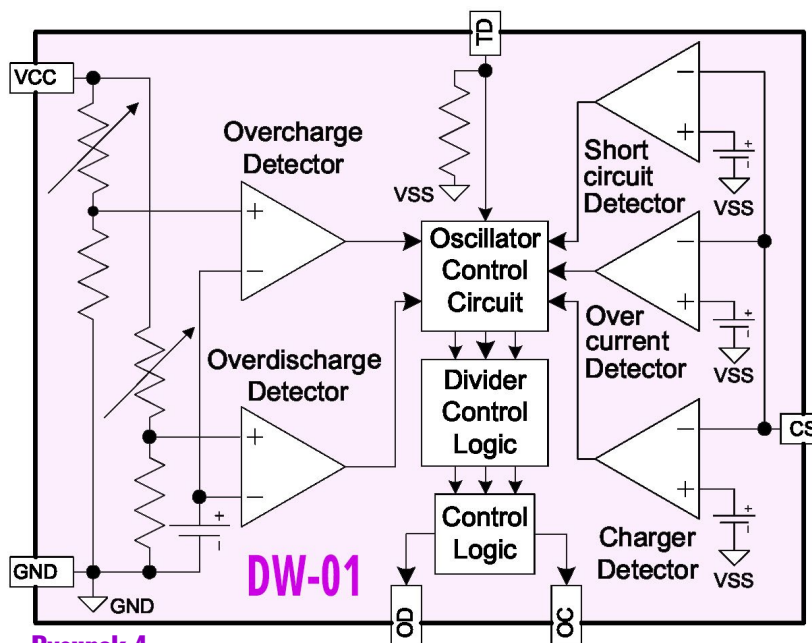
### DW01 i jego pobratymcy

Najpopularniejszym scalonym sterownikiem do ochrony pojedynczych ogniw Li-Ion jest DW01 i jego liczne odpowiedniki. Na **rysunku 2** widać układ aplikacyjny – bardzo podobny do rysunku 1, tylko dodatkowo mamy tu wyprowadzenie oznaczone CSI, do którego dołączony jest szeregowy rezystor R2 (1kΩ). Mamy też rezystor R1 i kondensator C1, ale ich rola jest oczywista – to filtr RC w obwodzie zasilania układu scalonego.

Na **rysunku 3** przedstawiony jest opis wyprowadzeń. Dowiadujemy się, że OD to wyjście sterujące tranzystorem rozładowania (Discharge), OC, to wyjście sterujące MOSFET-em ładowania (Charge). Nie dziwimy się, że pin TD nie jest podłączony. Niewiele dowiadujemy się o końcówce CSI. Właśnie jej rola jest najtrudniejsza do zrozumienia – do tego też dojdziemy.

Znaczną pomocą w zrozumieniu działania układu DW01 jest **rysunek 4** pokazujący jego blokowy schemat wewnętrzny. Jest pomocą, ale zawiera szereg błędów, które wprowadzają duże zamieszanie. Od razu widać dziwną kwestię: w układzie mamy obwody zasilania GND i VCC, więc co to za obwód oznaczony VSS?

Nie ma problemu z analizą bloków z lewej strony rysunku. To dwa komparatory (*Overcharge Detector*, *Overdischarge Detector*), które sprawdzają, czy napięcie akumulatora mieści się w dopuszczalnych granicach. **Rysunek 5** wskazuje, że dolne i górne napięcie detekcji to typowo 2,40 V oraz 4,28 V. Czyli oba MOSFET-y są



Rysunek 4

Parameters	Symbols	Testing conditions	Min value	Typical value	Max value	Unit
<b>Working voltage</b>						
Working voltage	VDD	--	1.5	--	10	V
<b>Current consumption</b>						
Working current	IDD	VDD=3.9V	--	4.0	6.0	uA
<b>Detection voltage</b>						
Over-charging detection voltage	VOCD	--	4.24	4.28	4.33	V
Over-charging relief voltage	VOCR	--	4.03	4.08	4.13	V
Over-discharging detection voltage	VODL	--	2.30	2.40	2.50	V
Over-discharging relief voltage	VODR	--	2.90	3.00	3.10	V
Over-current 1 detection voltage	VOI1	--	0.12	0.15	0.18	V
Over-current 2 (short circuit current) detection voltage	VOI2	VDD=3.6V	0.80	1.30	1.75	V
Over-current reset resistance	Rshort	VDD=3.6V	50	100	150	KΩ
Over-appliance detection voltage	VCH	--	-0.8	-0.5	-0.2	V
<b>Delay time</b>						

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**

Over-current 1 detection delay time	TOI1	VDD=3.6V	--	10	20	ms
Over-current 2 (short circuit current) detection delay time	TOI2	VDD=3.6V	-	400	600	us



# OVP i OCP, CV, CC w zasilaczach (2)

Ten i poprzedni artykuł detalicznie opisują funkcje OVP oraz OCP w zasilaczach. Tylko podstawowe założenia są proste. W tym artykule przedstawiam powody, dla których wiele uzasadnionych wątpliwości budzą: realizacja, sens wykorzystania tych funkcji oraz informacje z dostępnych źródeł i przemilczenia.

**Jaki jest sens wykorzystywania OVP?**  
**Do czego jest potrzebne zabezpieczenie OVP?**

**Czy regulowane zabezpieczenie OCP ma sens?**  
**Podsumowanie**

W pierwszej części tego artykułu, o numerze **M083**, podałem podstawowe informacje o stosowanych w zasilaczach funkcjach zabezpieczenia nadnapięciowego OVP oraz nadprądowego OCP. Te podstawy są, a raczej wydają się bardzo proste: przekroczenie nastawionych wartości granicznych ( $U_{OVP}$ ,  $I_{OCP}$ ) powoduje „elektroniczne wyłączenie” zasilacza i zasilacz nie dostarcza potem napięcia i prądu do swoich zacisków wyjściowych. Problem w tym, że w „prawdziwych zasilaczach” sytuacja się komplikuje i nasuwa się wiele pytań i wątpliwości. Otóż wartości graniczne  $U_{OVP}$ ,  $I_{OCP}$  mogą być i są tam ustawiane niezależnie od głównych nastaw tego zasilacza, a mianowicie od jego napięcia wyjściowego

$U_0$  (najważniejszego w trybie CV) oraz maksymalnego prądu wyjściowego  $I_{Omax}$  (decydującego w trybie CC). I właśnie możliwość niezależnego ustawiania w zasilaczu aż czterech niezależnych wartości ( $U_{OVP}$ ,  $I_{OCP}$ ,  $U_0$ ,  $I_{Omax}$ ) budzi niepewność oraz liczne uzasadnione pytania.

**Jaki jest sens wykorzystywania OVP?**

***W zdecydowanej większości zastosowań zasilaczy, dodatkowe zabezpieczenia OVP i OCP nie są potrzebne, bo wystarczy „klasyczna” praca zasilacza w trybach CV i CC z odpowiednio ustawionym napięciem wyjściowym ( $U_0$ ) i maksymalnym prądem ( $I_{Omax}$ ).***

**Czy wobec tego stosowanie dodatkowych zabezpieczeń OVP i OCP ma jakikolwiek sens?** Czy może jest to wyłącznie chwyt marketingowy, który ma zwiększyć atrakcyjność sprzętu?

To jest bardzo dobre pytanie, na które niestety nie ma prostej i jednoznacznej odpowiedzi. W poniższym artykule podam przykłady i uzasadnię, dlaczego nie jest to wszystko proste i jasne.

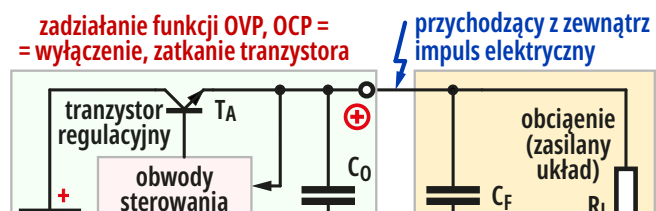
## Do czego jest potrzebne zabezpieczenie OVP?

W miarę oczywiste jest jedynie wyjaśnienie, że **napięcie na wyjściu zasilacza może wzrosnąć ponad nastawioną wartość wskutek różnych czynników zewnętrznych**. Jakich?

Otóż w szczególności mogą się pojawić różne przebiegi przychodzące z zewnątrz zasilacza. Jako przykład, w literaturze podaje się przebiegi powodowane przez elementy indukcyjne dołączone do wyjścia zasilacza. I od razu wskazuje się, że takie przebiegi oraz inne przypadki podwyższenia napięcia zasilania mogą uszkodzić zasilane układy czy urządzenia, które przecież mogą być bardzo kosztowne. I mówi się, że dla ochrony przed przebiegami kosztownych układów wręcz niezbędny jest układ OVP w zasilaczu. I że do tego wystarczy nieregulowana, „śledząca” wersja OVP, taka jak w „starym koradzie”, gdzie próg OVP jest zawsze równy wartości nastawionego napięcia wyjściowego (a raczej nieco większy).

Tylko niezorientowani przyjmują takie „wyjaśnienia” za dobrą monetę. A realia są zdecydowanie bardziej skomplikowane. Otóż rzeczywiście przebiegi i rozmaite zakłócenia mogą uszkodzić zasilane układy (jeśli mają odpowiednio dużą energię). Tak, tylko **zdecydowana większość zasilaczy z funkcją OVP przed takimi przebiegami NIE zabezpiecza!** Z dwóch powodów! Jak wskazuje **rysunek 1**,

OVP/OCP	
Accuracy ±(Output Percentage+Offset)	0.5%+0.5V/0.5%+0.5A
Activation Time	1.5ms (OVP ≥ 3V) <10ms (OVP < 3V and OCP)



**Rysunek 2**

po pierwsze dlatego, że zabezpieczenia OVP i OCP są powolne. W profesjonalnym DP832A czas reakcji może sięgnąć 10 milisekund, a gorsi producenci takiej informacji w ogóle nie podają. A praktycznie wszystkie przebiegi to impulsy wielokrotnie krótsze, które mają czas trwania rzędu mikrosekund, więc zabezpieczenie OVP na nie w ogóle nie zareaguje.

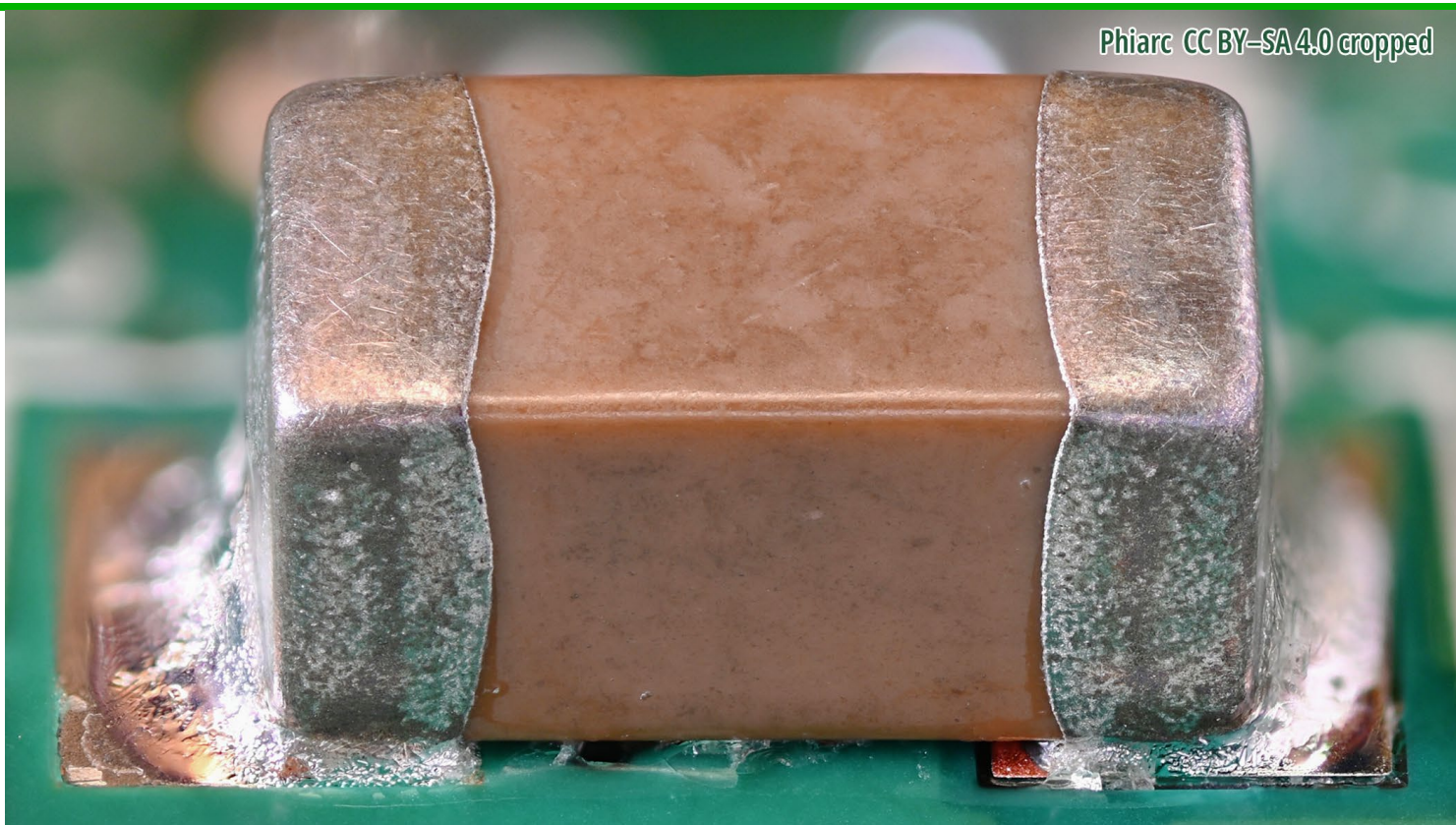
Po drugie, większość zasilaczy realizuje funkcje OVP i OCP przez zatkanie głównego tranzystora w stabilizatorze. Można powiedzieć, że po wyłączeniu tego tranzystora wyjście zasilacza i pozostaje „w stanie wysokiej impedancji”, co w uproszczeniu pokazuje **rysunek 2**, a to absolutnie nie tłumi przychodzących z zewnątrz przebiegów, jakie mogą się pojawić na wyjściu zasilacza!

Takie rozłączenie wyjścia zasilacza radykalnie zwiększa impedancję wyjściową zasilacza. Nie można wprawdzie powiedzieć, że zawsze po zatkanie głównego tranzystora sytuacja jest gorsza, niż podczas normalnej pracy, ale w każdym razie tego rodzaju odcięcie, odłączenie zasilacza absolutnie nie chroni przed zewnętrznymi przebiegami! Nie chroni ani dołączonego układu, ani zasilacza!

Przed przebiegami uchroniłby układ OVP, który po pierwsze nie rozwiera wyjścia, tylko ZWIERA wyjście według **rysunku 3**, a po drugie wyłącznie taka wersja, która byłaby odpowiednio szybka!

To nadal jeszcze nie wyczerpuje tematu, bo przecież przed krótkimi przebiegami (przychodzącymi z zewnątrz) chronią też kondensatory. A przecież na wyjściu zasilacza jest praktycznie zawsze jakiś kondensator (oznaczony C<sub>0</sub>), a ponadto jakiś kondensator, a raczej kondensatory powinny być w obwodzie zasilania dołączonego układu (**rysunek 4**). Jak więc w praktyce wygląda ochrona przed impulsami zapewniana przez OVP,

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



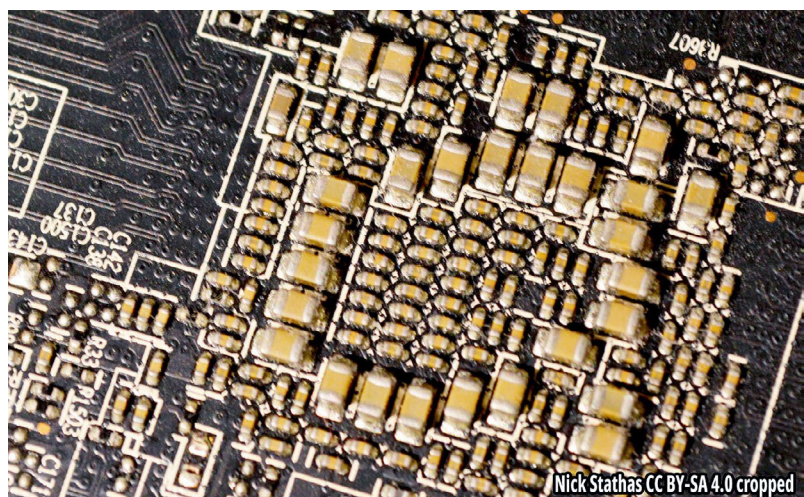
# Kondensator – najpopularniejszy element

Wcześniej opowiadałem o przeklętym elemencie – rezystorze. Teraz zaczniemy omawiać kondensatory. Wbrew potocznym wyobrażeniom, to one są dziś najpopularniejszymi elementami elektronicznymi. Elektronika opiera się na układach scalonych, ale ogromnie ważną rolę odgrywają w niej kondensatory.

[Od czego zależy pojemność?  
Napięcie maksymalne kondensatora](#)

[Kondensator w analogii hydraulicznej  
Ładunek w \(nie\)naładowanym kondensatorze...](#)

Artykuł jest uzupełnieniem filmu o numerze B059. Dziś najpopularniejszymi „pojedynczymi” elementami elektronicznymi są kondensatory. We współczesnych układach elektronicznych, zwłaszcza cyfrowych, nieporównanie więcej jest kondensatorów niż rezystorów. Charakterystycznym przykładem jest **fotografia 1**, pokazująca liczne kondensatory filtrujące, odprężające, umieszczone pod procesorem graficznym (czykolwiek on jest). Obecnie kondensatory mają dużo większy udział w rynku niż rezystory, zarówno pod względem liczby produkowanych sztuk, jak i wartości obrotu. Sztuczna inteligencja podaje sprzeczne dane w tej kwestii, bo wykorzystuje też stare, nieaktualne już opinie i dane.



**Fotografia 1**

Nick Stathas CC BY-SA 4.0 cropped

W literaturze można znaleźć różne definicje kondensatora i rozmaite opisy realnych kondensatorów. **Rysunek 2** pokazuje początek wpisu w polskiej Wikipedii. Mamy tu słuszną wzmiankę o polu elektrycznym (autor wpisu, świadomie czy nie, utożsamia energię z polem elektrycznym, co skądinąd jest bardzo interesującym pomysłem). Bardziej trafną i precyzyjną definicję znajdziemy na stronie TME – znanego dystrybutora i sklepu internetowego – **rysunek 3**.

Zapamiętaj raz na zawsze: **kondensator to element gromadzący energię w polu elektrycznym**. Tak, z punktu widzenia elektronika absolutnie najważniejsze jest to, że **kondensator jest zbiornikiem, magazynem energii i że ta energia gromadzona jest w polu elektrycznym**, czymkolwiek to pole jest. Sensowne wpisy zwracają uwagę właśnie na magazynowanie porcji energii w polu elektrycznym, a to jest najważniejsze dla praktyka!

Niestety, na licznych stronach internetowych, w tym w materiałach „szkolnych” przeznaczonych dla uczniów, znajdujemy informacje ewidentnie błędne oraz informacje na pozór prawdziwe, ale nieścisłe, odwracające uwagę od tego, co najważniejsze i w sumie wprowadzające w błąd. Trzy przykłady podane są na **rysunku 4**. Wszystkie kierują uwagę na ładunek, a nie na energię, a to jest pułapka dla elektronika praktyka. Pierwszy wpis jest ewidentnie błędny, bo energii nie można zmagazynować „w postaci ładunku elektrycznego”, a co najwyżej „z wykorzystaniem ładunku elektrycznego”. Ładunek nie jest formą energii! Jest jedną z fundamentalnych właściwości materii. Trzeci tekst jest błędny także dlatego, że kondensator kilka miesięcy wcześniej wynalazł pastor z dzisiejszego Kamienia Pomorskiego – Ewald von Kleist.

Owszem, **od ładunku nie uciekniemy, bo wszystkie dzisiejsze modele opierają się na koncepcji ładunku elektrycznego**. Ale ja w tym cyklu nieprzypadkowo koncentruję się na energii, a nie na ładunkach elektrycznych, bo dla praktyka nieporównanie lepsze jest podejście właśnie od strony energii.

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Kondensator>

## ☰ Kondensator [edytuj wstęp]

**Kondensator** – element elektroniczny bierny zbudowany z dwóch przewodników – inaczej okładek lub elektrod – rozdzielonych dielektrykiem<sup>[1]</sup>; przechowuje on energię w postaci pola elektrycznego.

**Rysunek 2**



<https://www.tme.eu/pl/news/library-articles/glossary/page/61926/kondensator-definicja/>

## KONDENSATOR - DEFINICJA

**Kondensator** to element bierny obwodów elektrycznych i elektronicznych, którego podstawową funkcją jest gromadzenie i przechowywanie energii w polu elektrostatycznym. Składa się z dwóch przewodzących okładek oddzielonych dielektrykiem – materiałem izolacyjnym, który umożliwia magazynowanie ładunku przy jednoczesnym blokowaniu bezpośredniego przepływu prądu stałego. Zdolność kondensatora do magazynowania ładunku określana jest jako **pojemność** elektryczna i wyrażana w **faradach** (F).

**Rysunek 3**

### Co to jest kondensator i do czego służy?

Kondensator to jeden z podstawowych elementów w elektronice, służący do magazynowania energii w postaci ładunku elektrycznego.

Kondensator jest jednym z podstawowych elementów elektrycznych, którego zadaniem jest magazynowanie ładunku elektrycznego na swoich elektrodach.

Kondensatorem nazywa się element układu elektronicznego, który jest zdolny do magazynowania ładunku elektrycznego. Dzisiejsze kondensatory mają małe rozmiary i są w pełni wyspecjalizowane. Ciekawa jest jednak historia tych urządzeń. Mianowicie do powstania pierwszego kondensatora doszło w pewnym sensie przypadkowo. Miało to miejsce w Lejdzie w Holandii w roku 1746.

**Rysunek 4**

Natomiast **koncentrowanie się na ładunku to podejście teoretyczne, szkolne, niepraktyczne**, które na początku pomaga, ale potem rodzi mnóstwo wątpliwości i w sumie utrudnia naukę elektroniki zamiast ją ułatwiać. **Dla praktyka ważne jest, że kondensator może zgromadzić i przechować przez dłuższy czas porcję energii**. Z tym gromadzeniem energii ściśle związany jest też **podstawowy parametr kondensatora – pojemność**, w praktyce wyrażana w faradach, mikrofaradach, nanofaradach i pikofaradach.

W większości źródeł pojemność definiuje się i wyjaśnia w sposób teoretyczny, „szkolny”, opierając się właśnie na ładunku oraz trudnych pojęciach potencjału i napięcia. Przykład na **rysunku 5**. Niewiele to pomaga w zrozumieniu elektroniki, podobnie jak interesująca skądinąd ekwilibrystyka dotycząca jednostki pojemności, farada, pokazana na **rysunku 6**.

$$F = \frac{s^4 \cdot A^2}{m^2 \cdot kg} = \frac{s^2 \cdot C^2}{m^2 \cdot kg} = \frac{C}{V} = \frac{A \cdot s}{V} = \frac{W \cdot s}{V^2} = \frac{J}{V^2} = \frac{N \cdot m}{V^2} = \frac{C^2}{J} = \frac{C^2}{N \cdot m} = \frac{s}{\Omega} = \frac{1}{\Omega \cdot Hz} = \frac{S}{Hz} = \frac{s^2}{H}$$

**Rysunek 6**

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Pojemność\\_elektryczna](https://pl.wikipedia.org/wiki/Pojemność_elektryczna)

## ☰ Pojemność elektryczna [edytuj wstęp]

🌐 75 języków ▾

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**

**Rysunek 5**  $C = \frac{Q}{\Delta\varphi}$  jest oddalone od innych ciał przewodzących<sup>[1]</sup>.

Jednostką pojemności elektrycznej w układzie jednostek SI jest farad (F).



Nikt też chyba nie oczekuje darmowej energii od magnesów najtańszych – ferrytowych (**fotografia 2**). Nadzieje „wyznawców darmowej energii” dotyczą tylko najsilniejszych magnesów neodymowych. A przecież wszystkie inne magnesy też wytwarzają pole magnetyczne, które ma taką samą naturę i takie samo pochodzenie, jak neodymowe, tylko to pole innych magnesów jest słabsze.

Gdyby rzekomo darmową energię można było pozyskiwać z magnesów neodymowych, to prosta logika podpowiada, że jeżeli natura pola magnetycznego jest taka sama, to można byłoby do tego wykorzystać także dowolne inne, słabsze magnesy, tylko efekty byłyby zapewne skromniejsze.

Mało tego – pole magnetyczne o identycznej naturze można wytworzyć za pomocą elektromagnesów. Zresztą według aktualnego stanu wiedzy, magnesy trwałe w istocie są rodzajem elektromagnesów, w których pole magnetyczne wytwarza prąd elektryczny. „Wewnętrzny prąd elektryczny”, który można nazwać „prądem spinowym”. Nie wszyscy wiedzą, że za pomocą odpowiednich elektromagnesów można wytworzyć pole magnetyczne wielokrotnie silniejsze, niż pole magnesów neodymowych. Dziś nie tylko w laboratoriach, ale i w medycynie, w większości aparatów do rezonansu magnetycznego wykorzystuje się (elektro)magnesy z nadprzewodników do wytworzenia pola magnetycznego kilkakrotnie silniejszego, niż dają najlepsze magnesy neodymowe.

Jeżeli „wyznawcy darmowej energii” wierzą w możliwość jej pozyskania z magnesów neodymowych, to co sądzą o wykorzystaniu do tego innych magnesów trwałych oraz właśnie elektromagnesów, w tym elektromagnesów nadprzewodzących? Zapewne nic nie sądzą, bo zafiksowani są wyłącznie na magnesach neodymowych, a o samaro-kobaltowych, pod pewnymi względami znacznie lepszych, a tym bardziej o magnesach z azotku żelaza, prawdopodobnie nawet nie słyszeli.

Trudno sensownie dyskutować z kimś, dla kogo najważniejsza jest wiara, a nie wiedza. Jeżeli jednak ktoś zdecydowałby się dyskutować z „wyznawcą darmowej energii” to być może przydadzą mu się informacje z następujących śródtytułów.

### Parametry magnesów neodymowych

Rysunek 3 pokazuje parametry podstawowej odmiany magnesów neodymo-



Fotografia 2

Dwucyfrowa liczba z zakresie 30...56 określa „siłę” magnesu – im jest większa, tym magnes jest mocniejszy. Najpopularniejsze są magnesy N30...N35, dlatego że są najtańsze. Jeżeli liczba jest większa, cena magnesu rośnie – magnesy N50 i „silniejsze” są zdecydowanie droższe. Ale to są magnesy „podstawowe”, bo jeżeli na końcu oznaczenia jest dodatkowa litera lub dwie litery, to jest to jakaś wersja ulepszona, też niewątpliwie droższa od „podstawowej”.

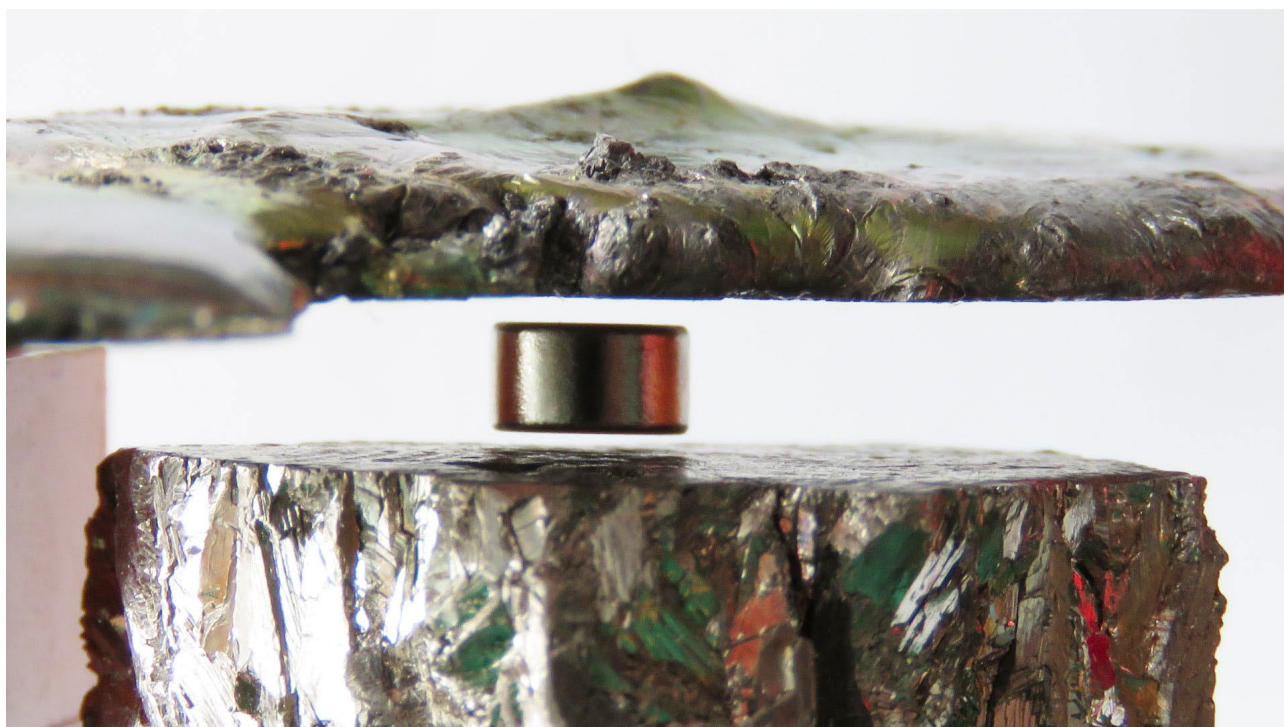
Parametrem najbardziej „widowskim” jest remanencja ( $B_r$ ), czyli indukcja, jaka pozostaje po namagnesowaniu. Wyrażana jest najczęściej w gaussach, w tym przypadku w kilogaussach (kGs), a tutaj podana jest także w teslach (T). Najsłabsze magnesy neodymowe N30 tej firmy mają remanencję typowo 10,9 kGs, minimalnie 10,6 kGs.

Drugi najważniejszy parametr to siła koercji ( $H_c$ ), z reguły wyrażana w erstedach (Oe), a raczej kiloerstedach (kOe), a w tej tabeli też wyrażona w (kilo) amperach na metr. Ten producent podaje tylko,

#### N Series — N Grade (Work Temp $\leq 80^\circ\text{C}$ )

NO.	Grade	Remanence (Br)		Intrinsic Coercive Force (Hc)		Maximum Energy Product (BH) max		Work Temp $^\circ\text{C}$				
		Nom kGs	Min	Nom T	Min	Nom MGOe	Min		Nom kJ/m <sup>3</sup>	Min		
01	N30	10.9	10.6	1.09	1.06	$\geq 12$	$\geq 955$	30	28	239	223	$\leq 80$
02	N35	12.0	11.8	1.20	1.18	$\geq 12$	$\geq 955$	35	33	279	263	$\leq 80$
03	N38	12.6	12.3	1.26	1.23	$\geq 12$	$\geq 955$	38	36	303	287	$\leq 80$
04	N40	12.9	12.6	1.29	1.26	$\geq 12$	$\geq 955$	40	38	318	302	$\leq 80$
05	N42	13.1	12.9	1.31	1.29	$\geq 12$	$\geq 955$	43	40	342	318	$\leq 80$
06	N45	13.6	13.3	1.36	1.33	$\geq 12$	$\geq 955$	45	43	358	342	$\leq 80$
07	N48	14.0	13.7	1.40	1.37	$\geq 12$	$\geq 955$	48	45	383	358	$\leq 80$
08	N50	14.3	13.9	1.43	1.39	$\geq 12$	$\geq 955$	50	47	398	374	$\leq 80$
09	N52	14.5	14.2	1.45	1.42	$\geq 12$	$\geq 955$	52	49	414	390	$\leq 80$

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Lewitacja magnesu neodymowego nad bizmutem

Czy wiedziałeś, że diamagnetyczna woda w ciele żaby pozwala jej na lewitację w silnym polu magnetycznym? Ty też możesz zrealizować eksperyment demonstrujący siłę diamagnetyzmu. Sprawdź, jak zmusić magnes do lewitacji nad bizmutem i na co uważać podczas prób.

## Nieudane eksperymenty

### Przykłady udanej lewitacji

### Lewitacja z wykorzystaniem bizmutu

## Opis realizacji

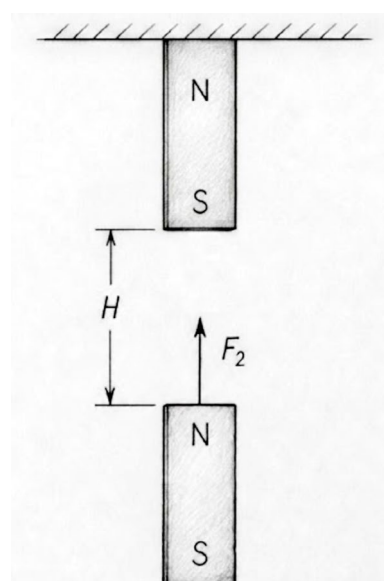
### eksperymentu

### Ostrzeżenie

## Nieudane eksperymenty

Chyba każdy z nas w dzieciństwie eksperymentował z magnesami, obserwując, jak się przyciągają i odpychają. Być może próbowaliśmy nawet ustawić je tak, aby jeden z nich zawisł w powietrzu. Jeśli ta sztuka nam się nie udała, to winą za nasze niepowodzenie należy obarczyć Samuela Earnshawa. To właśnie ten naukowiec w 1842 roku sformułował twierdzenie, które w dużym uproszczeniu mówi: stabilna lewitacja statyczna samych magnesów stałych jest niemożliwa.

wodzenie spotka nas także wtedy, gdy zechcemy wykorzystać siłę przyciągania. Spójrzmy na **rysunek 1**. Zmieniając odległość  $H$ , możemy sprawić, że siła grawitacji  $F_1$  zostanie idealnie zrówno-



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Czy to Gian Romagnosi jest ojcem elektromagnetyzmu?

Mówi się, że dzisiejsza cywilizacja oparta jest na elektryczności. Jednak ściślej biorąc, oparta jest na zjawiskach elektromagnetycznych, czyli będących połączeniem elektryczności oraz magnetyzmu. Czy znasz fascynującą historię elektromagnetyzmu i czy wiesz, jak brzmi odpowiedź na tytułowe pytanie?

## Gian Domenico Romagnosi

### Co tak naprawdę ustalił Romagnosi?

## Dalsze losy informacji Romagnosiego

Ogólnie biorąc **elektryczność** dotyczy zjawisk, związanych z istnieniem, ruchem i oddziaływaniem ładunków elektrycznych. Nie obejmuje ani kwestii fal radiowych – elektromagnetycznych, ani nawet tak na pozór prozaicznego zagadnienia, jak praktyczne, najpopularniejsze dziś sposoby wytwarzania energii elektrycznej. Wszystko to obejmuje i wyjaśnia dopiero **elektromagnetyzm**, zajmujący się zagadnieniami dotyczącymi współzależności zjawisk elektrycznych i magnetycznych. Dziś dużo o tym wiemy, ale nadal zrozumienie i zaakceptowanie pewnych aspektów tej współzależności oraz „harmonii elektromagnetyzmu” napotyka na ogromne przeszkody.

Dlatego naprawdę warto spojrzeć na elektromagnetyzm z perspektywy historycznej. W poprzednich artykułach tego cyklu przedstawiłem **początki elektryczności**, zwłaszcza począwszy od roku 1600. Przełomowy był rok 1800, gdy Volta przedstawił swoją baterię galwaniczną i gdy ruszyła lawina eksperymentów oraz prób wyjaśnienia **tajemniczych zjawisk dotyczących elektryczności**. W tamtych czasach uważano, że jest kilka rodzajów elektryczności. Panowało przekonanie, że elektryczność jest jakimś fluidem, subtelną, niewykrywalną substancją. W środowisku naukowym trwała dyskusja, czy jest jeden elektryczny fluid, czy dwa (szklany i żywiczny).

Nie było przyrządów pomiarowych i panowały bardzo dziwne wyobrażenia o naturze i właściwościach elektryczności. Wczesne próby zbadania zależności rządzących elektrycznością były nieudane. Opisywałem to w artykule o pracach Barlowa i pierwszych pracach Ohma, co omówiłem w **innym artykule cyklu**. **Rysunek 1** pokazuje strony tytułowe wcześniejszych artykułów z kategorii historycznej.

W latach 1826 i 1827 Georg Simon Ohm, na podstawie dokładniejszych badań, prawidłowo określił zależność między prądem i napięciem elektrycznym w metalowych drutach – przewodnikach. Jak pisałem o tym w **kolejnym artykule**, przed kilkanaście lat jego prace nie były doceniane, ale w końcu potwierdzono jego główne wnioski. Powstało i upowszechniło się prawo Ohma, które dość dobrze opisywało zależności w zdecydowanej większości ówczesnych obwodów elektrycznych.

Najpierw były to linie telegraficzne, potem linie energetyczne, na których upowszechnienie duży wpływ miał sprytny samouk Edison. Edisonowi, który był bardzo słabo wykształcony, do obliczeń dotyczących jego sieci energetycznych prądu stałego wystarczyło praktycznie tylko prawo Ohma i garść innych elementarnych informacji i zależności. Nie wiele więcej wiedzy potrzebne było też elektrykom, którzy mieli związek z sieciami prądu zmiennego oraz z niezbyt długimi liniami telegraficznymi, a potem też telefonicznymi.

Na początku drugiej połowy XIX wieku wydawało się, że prawo Ohma i ściśle związane z nim wyobrażenia przepływu fluidu(-ów) to nie tylko fundament, ale też wyczerpujące wytłumaczenie elektryczności. Tak też sądzili najwięksi naukowcy tamtych czasów. Ale wtedy nie było elektroniki i prawie nikt nie miał pojęcia o czymś takim jak elektromagnetyzm...

Dziś wiemy, że nawet wśród naukowców dominowały wtedy bardzo uproszczone i w sumie fałszywe wyobrażenia. Dziś prawo Ohma mówiące o proporcjonalności prądu i napięcia dotyczy tylko drobnego wycinka elektroniki, a ogromna część elementów

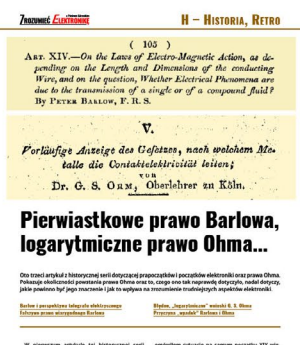
elektrycznych rażąco nie spełnia prawa Ohma. A podstawy elektroniki, w tym techniki radiowej, nie mają nic wspólnego z Ohmem i wyobrażeniami współczesnych mu naukowców, a nawet są z nimi zdecydowanie sprzeczne.

Fundamentów współczesnej cywilizacji absolutnie nie położył Ohm, ambitny nauczyciel, który chciał zabłysnąć w środowisku za pomocą swojej książki „Die galvanische Kette...” i dzięki niej stać się wykładowcą akademickim, profesorem i tym sposobem dorównać swojemu bratu, Jakubowi, z powodzeniem zajmującemu się matematyką.

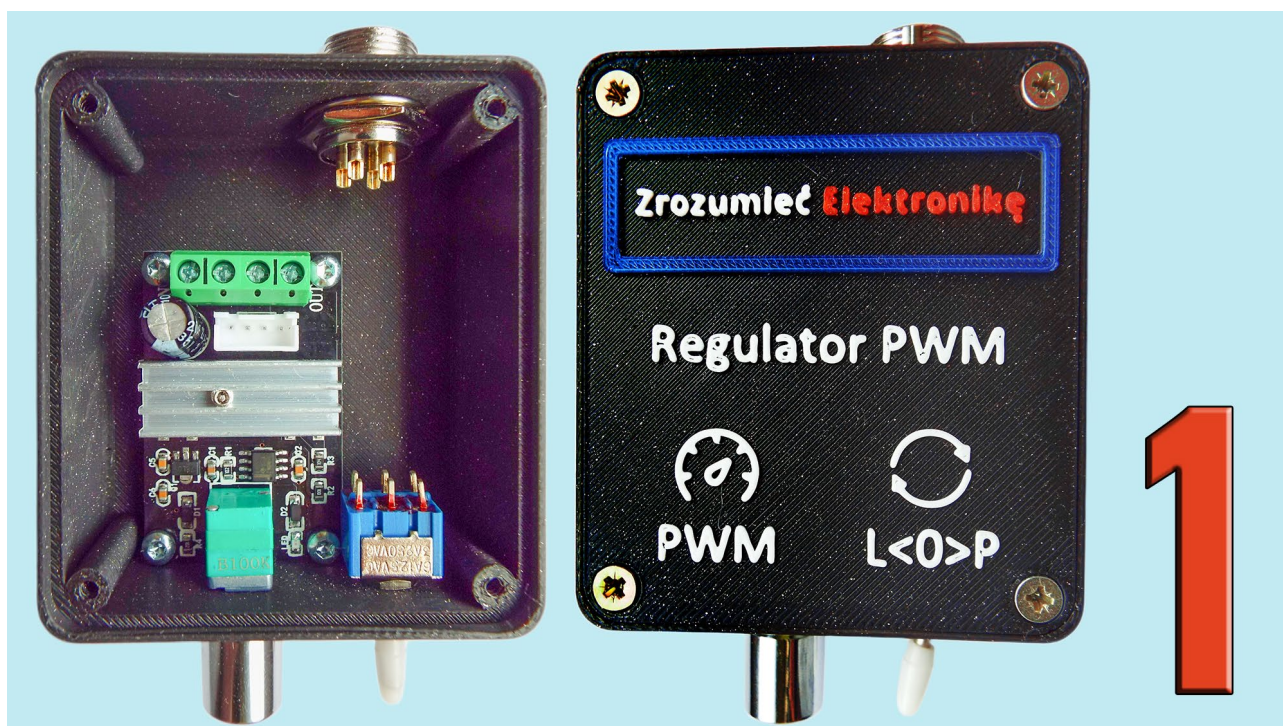
Fundamenty nie tylko elektroniki, ale też współczesnej elektrotechniki położyli inni, w szczególności syn ubogiego kowala, samouk należący do specyficznej, maleńkiej grupy religijnej. Człowiek, który mając 13 lat był gościem roznoszącym gazety, który potem zdobył zawód... introligatora. Człowiek, który praktycznie nie znał matematyki, natomiast miał nieprzeciętny, wyjątkowy umysł i był znakomitym eksperymentatorem.

To on na początku lat 30. XIX wieku w pełni powiązał magnetyzm z elektrycznością i odkrył zjawisko indukcji elektromagnetycznej, co też otworzyło drogę do rozwoju techniki radiowej. O tym zasłużonym geniuszu opowiem w innym artykule.

A w tym i następnym artykule opowiem o początkach elektromagnetyzmu – o wydarzeniach wcześniejszych, głównie z początku lat 20. XIX wieku. Ale opowieść o początkach elektromagnetyzmu należałoby zacząć jeszcze wcześniej. Otóż przez stulecia **elektryczność** oraz **magnetyzm** uważano za **dwa zupełnie różne, oddzielne zjawiska**. I nie chodzi o „wyobrażenia panujące wśród pospólstwa”, tylko o poglądy ówczesnych najlepszych naukowców. Nieakceptowalny był dla nich pomysł, że magnetyzm jest powiązany z elektrycznością. Taka idea była wtedy absolutnie obca i jej pojawienie się najpierw zostało zignorowane, a potem, co zaskakujące, spotkało się z niechęcią, a nawet sprzeciwem przedstawicieli ówczesnego środowiska naukowego!



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Druk 3D – wykorzystanie kreatorów, część 1

Do budowanych układów elektronicznych, każdemu elektronikowi oprócz podzespołów, potrzebne są też różnego rodzaju obudowy. Można kupić liczne gotowe obudowy, ale nie zawsze odpowiadają one konkretnym potrzebom. W dobie drukarek 3D obudowy takie można samodzielnie zrealizować na różne sposoby.

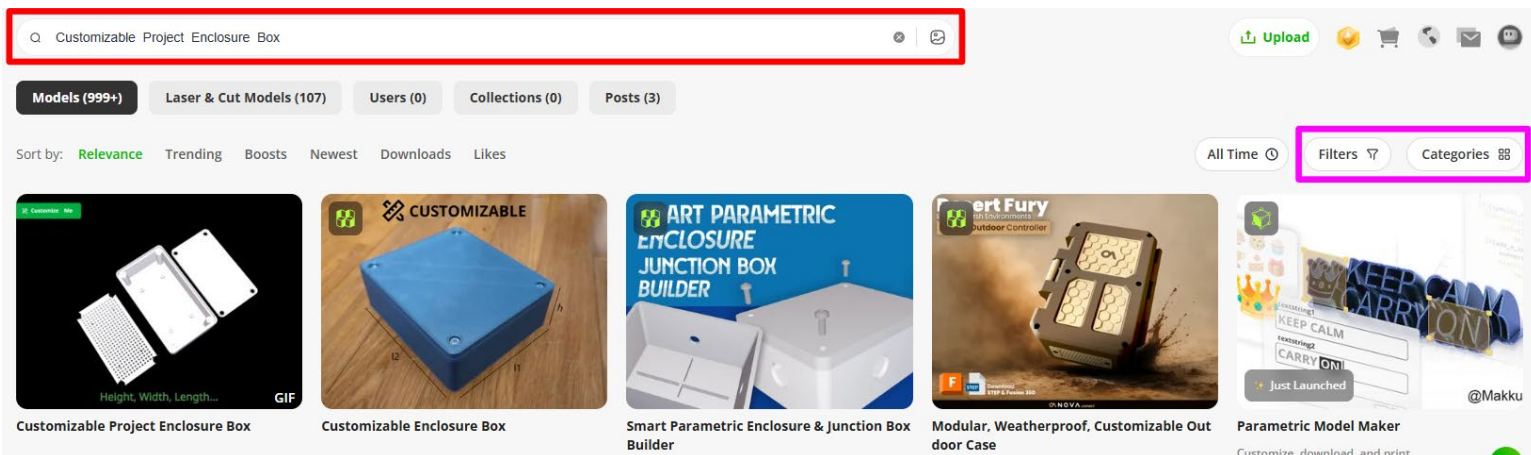
Wybór projektu  
Edycja on i offline

Rodzaje śrub  
Wymiary płytki drukowanej

Projektowanie obudowy zwykle wymaga utworzenia projektu od podstaw w odpowiednim programie CAD 3D. Do tego potrzebne są umiejętności projektowania w tego rodzaju programie. Projektowanie „od zera” dla wielu osób jest zbyt trudne. Jednak w wielu przypadkach wystarczające może okazać się skorzystanie z modyfikowalnych projektów dostępnych na platformie <https://makerworld.com>. Poniższy artykuł jest pierwszą częścią materiału, pokazującego szczegółowo i z przykładami, jak wykorzystać modyfikowalne projekty. W tym artykule podane są informacje wstępne, reszta jest w drugiej części.

## Wybór projektu

Na platformie <https://makerworld.com> i na innych stronach znajdziemy niezliczoną ilość projektów – modeli 3D z różnych dziedzin. Nas najbardziej interesują projekty związane z elektroniką i techniką, w tym różnego rodzaju obudowy. W portalu tym dostępna jest wyszukiwarka pozwalająca na przeszukiwanie jego zasobów z filtrami ustawień oraz wybór kategorii, jaka nas interesuje. W filtrach ustawień możemy wybrać parametr **Customizable** czyli projekty, które możemy modyfikować. Kolejne warte zwrócenia uwagi opcje do wyboru to model



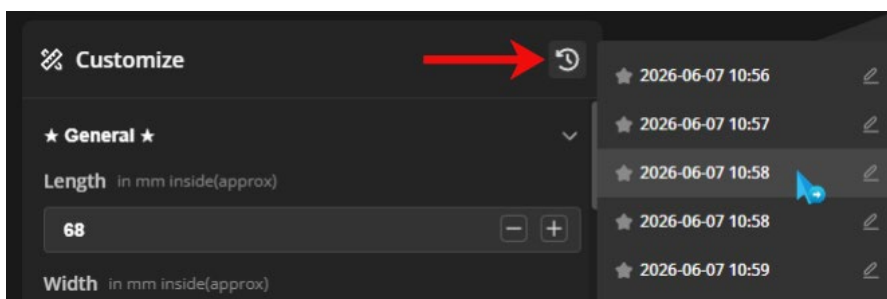
Rysunek 1

posiadanej drukarki 3D, średnica dyszy drukującej, a także ustawienia koloru wydruku jeśli nasza drukarka obsługuje druk wielokolorowy. Ustawienia **Categories** pozwalają wybrać kategorię, jaka nas interesuje, na przykład **Hobby & DIY** -> **Electronics**.

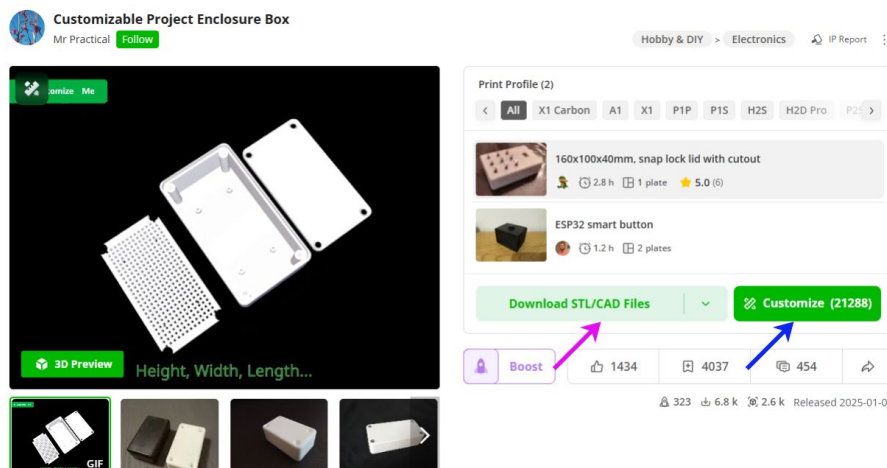
Opisywane ustawienia widzimy na **rysunku 1**, gdzie czerwona ramka to pole wprowadzania haseł wyszukiwania. Natomiast różowa ramka to ustawienia filtrów i kategorii. Po wpisaniu w polu wyszukiwania hasła „customizable project enclosure box” i zatwierdzeniu klawiszem enter możemy przeglądać wyszukane dla naszych potrzeb projekty.

### Edycja on i offline

Wyszukane projekty typu „customizable” możemy edytować w większości przypadków w trybie online, w oknie przeglądarki internetowej. Jest to wygodne, ale minusem tego rozwiązania jest to, że odświeżenie strony z edytowanym projektem, brak połączenia z internetem, a nawet chwilowe uśpienie komputera spowoduje utratę wprowadzonych w projekcie modyfikacji. Mimo tego dostępny jest, wskazany czerwoną strzałką na **rysunku 2**, przycisk przywracania historii edycji projektu, który rozwija historię modyfikacji projektu. Dostępne jest pięć ostatnich zmian. Historia ta jest uaktualniana po



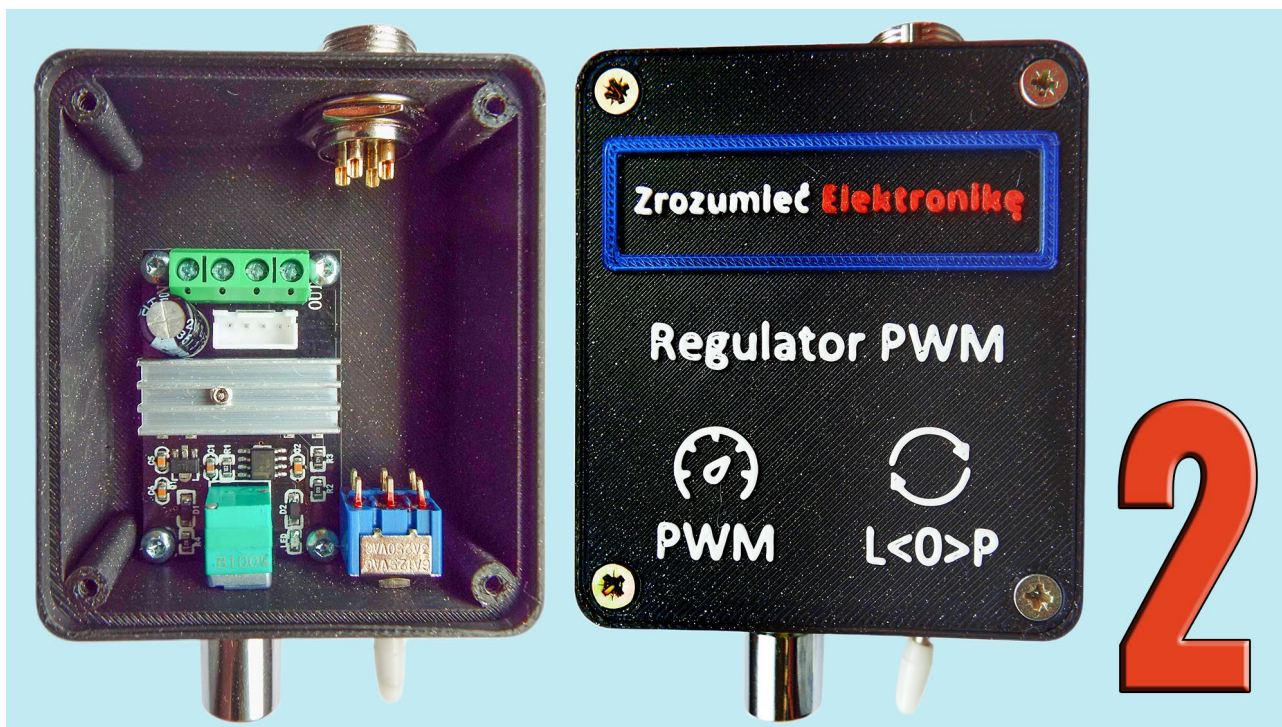
Rysunek 2



Rysunek 3

by wrócić. Jednak odświeżenie strony lub utrata połączenia z internetem spowoduje również utratę tej historii zmian. Aby edytować projekt, wystarczy w wybranym projekcie kliknąć zielony przycisk **Customize**, wskazany niebieską strzałką na **rysunku 3**. Przycisk ten dostępny jest tylko dla edytowalnych projektów. Przed tym przyciskiem mamy jeszcze wskazany różową strzałką zielony przycisk **Download STL/CAD Files**, który w przypadku niektórych edytowalnych projektów pozwala na pobranie na dysk komputera pliku \*.scad, który możemy edytować w darmowym

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Druk 3D – wykorzystanie kreatorów, część 2

Do budowanych układów elektronicznych, każdemu elektronikowi oprócz podzespołów, potrzebne są też różnego rodzaju obudowy. Można kupić liczne gotowe obudowy, ale nie zawsze odpowiadają one konkretnym potrzebom. W dobie drukarek 3D obudowy takie można samodzielnie zrealizować na różne sposoby.

## Modyfikacja obudowy Napisy

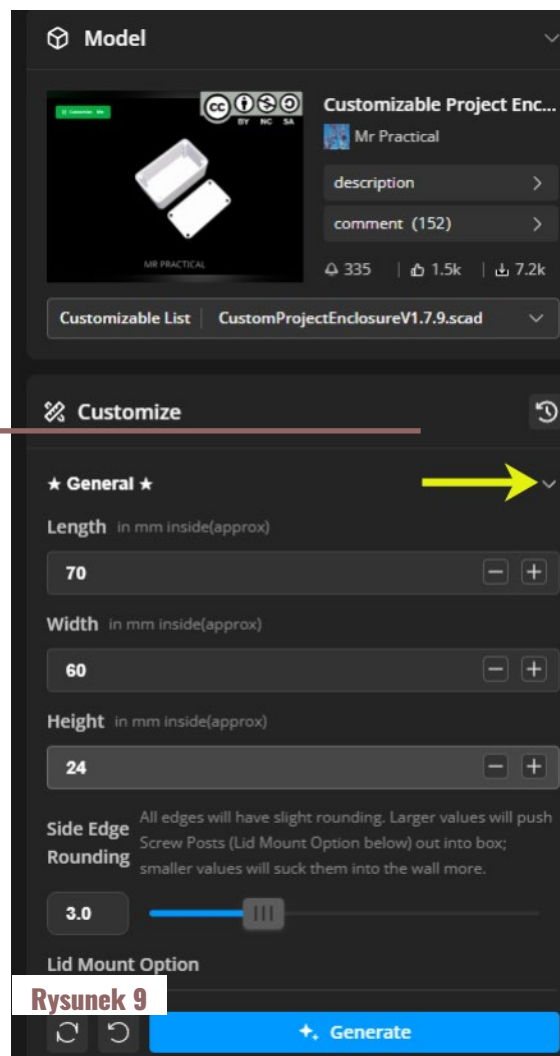
To jest druga część materiału. W części pierwszej przedstawione zostały rozmaite informacje wstępne, a poniżej przedstawione są szczegółowo wszystkie kroki realizacji obudowy za pomocą kreatora.

## Modyfikacja obudowy

Gdy klikniemy na przycisku **Customize** z rysunku 3 (z pierwszej części artykułu), otworzy się nowa zakładka w przeglądarce internetowej. Po lewej stronie przeglądarki mamy panel edycji, a w nim rozwijaną listę parametrów obudowy widoczną na **rysunku 9**. Zwróćmy uwagę na znacznik wykazany żółta strzałką. Kliknięcie go rozwija i zwiija poszczególne para-

## Podsumowanie

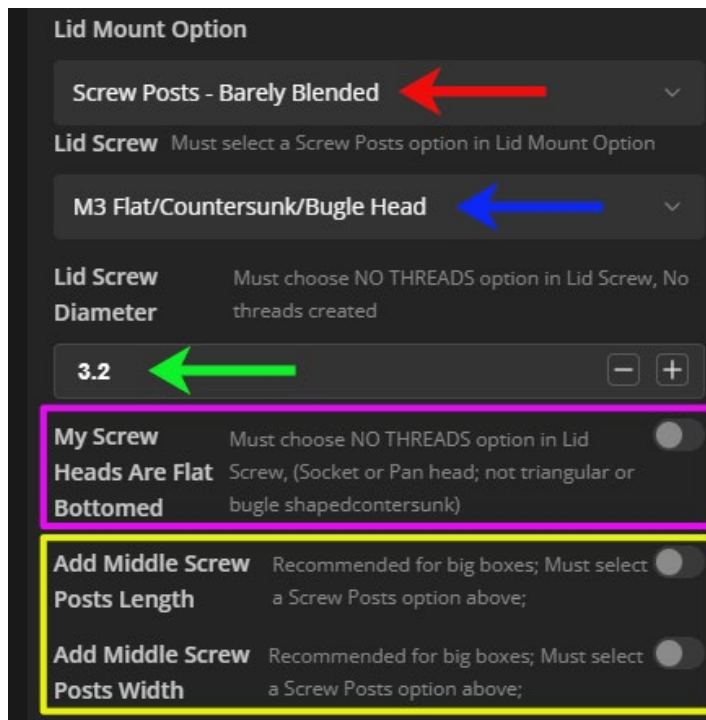
metry modyfikowaliśmy w niej obudowy. Dzięki temu nie trzeba przewijać długiej listy parametrów. Pierwsza kategoria parametrów obudowy to **General** i w niej definiujemy wymiary



naszej obudowy. Wymiary te są wymiarami wewnątrz obudowy. Grubość ścianek obudowy wynosi 3 mm. Wymiary zewnętrzne obudowy będą więc większe o 6 mm od zdefiniowanych wymiarów ponieważ mamy w każdej z osi X, Y, Z po dwie ścianki o grubości 3 mm. Ja u siebie zdefiniowałem wymiary wewnętrzne obudowy na 70 × 60 × 24 mm i suwakiem widocznym na rysunku 9, zmniejszyłem promień krawędzi obudowy do 3,0 mm. Wprowadzając wymiary z wartością po przecinku należy używać kropki zamiast przecinka, który nie jest akceptowany. Klikając niebieski przycisk **Generate** otrzymamy podgląd obudowy ze zmodyfikowanymi parametrami. Wprowadzone zmiany możemy w razie potrzeby cofnąć, tak jak to pokazałem na rysunku 2 (z pierwszej części artykułu).

Kolejne parametry obudowy zawarte w sekcji General to widoczne na **rysunku 10** parametry **Lid mount option**, które odpowiadają za sposób mocowania pokrywy obudowy. Ja wybrałem domyślny parametr **Screw Posts - Barely Blended**, wskazany czerwoną strzałką, który definiuje mocowanie pokrywy za pomocą śrub do słupków dystansowych połączonych w narożnikach z korpusem obudowy. Z kolei parametry **Screw Posts - Super Island** i **Screw Posts - Island** wygenerują słupki dystansowe przesunięte nieco w głąb korpusu obudowy. Użycie tych dwóch parametrów zmniejsza w pewnym stopniu dostępną przestrzeń wewnątrz obudowy. Z kolei parametr **Screw Posts - Fully Merged** w większym stopniu łączy słupki dystansowe z korpusem. Jednak tu mogą pojawić problemy, ponieważ stożkowe pogłębienia w pokrywie obudowy mogą przeciąć krawędzie zaokrąglonych narożników pokrywy obudowy, jak to pokazałem na **rysunku 11**. Na tego rodzaju defekt ma również wpływ rozmiar użytych w projekcie śrub do mocowania pokrywy. Inne opcje mocowania pokrywy to możliwość jej wklejenia (**No Screws or Snaps (glue instead)**) jak również mocowania na zatrzask – parametry **Snap Lock**. Zatrzask ten może być ciasny, luźny, umożliwiając demontaż pokrywy jak również uniemożliwiający demontaż pokrywy.

Parametr Lid Screw, wskazany na rysunku 10 niebieską strzałką, to rozmiary śrub pokrywy. Rozmiary śrub zaczynające się od oznaczeń 6-32, 8-32 to są śruby w systemie calowym i nie należy ich



**Rysunek 10**

jest niemożliwe. Próba użycia śrub metrycznych do gwintu calowego najprawdopodobniej doprowadzi do uszkodzenia otworów w słupkach dystansowych. Na liście dostępnych rodzajów śrub mamy śruby metryczne M3 i M4 z pogłębieniem stożkowym i płaską główką **M3 Flat/Countersunk/Bugle Head**, wskazane niebieską strzałką. Główki tego rodzaju śrub chowają się w stożkowym pogłębieniu, dzięki czemu nie wystają nad pokrywę obudowy. Śruby metryczne z parametrem **Socket or Pan Head** to śruby z płaską główką typu gniazdkowego. Wybrałem śruby z główką stożkową chowającą się w pokrywie obudowy. Wybranie śrub M3 lub M4 spowoduje, że w otworach słupków dystansowych zostanie wydrukowany gwint metryczny! Osobiście mam obawy o wytrzymałość i precyzję drukowanego gwintu w tak małym rozmiarze. Możemy też z rozwijanej listy Lid Screw wybrać parametr **NO THREADS**, czyli otwory bez gwintu. Wydrukowane zostaną gładkie otwory w słupkach dystansowych. Wraz z parametrem NO THREADS należy włączyć znajdujący się niżej parametr **My Screw Heads Are Flat Bottomed** z różowej ramki rysunku 10, czyli wybieramy główki śrub z płaską powierzchnią, która będzie przylegała do pokrywy obudowy.

Parametr **Lid Screw Diameter**, wskazany zieloną strzałką, defi-

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**

# ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

**ZE 8/2026**

**piotr-gorecki.pl**



Wydawca: Zrozumieć Elektronikę sp. z o.o. ul. Nadarzyn 23A 05-230 Kobyłka

Redaktor Naczelny: Piotr Górecki

e-mail: [kontakt@piotr-gorecki.pl](mailto:kontakt@piotr-gorecki.pl)

Redakcja techniczna: Ewa Górecka-Dudzik ([ewa@piotr-gorecki.pl](mailto:ewa@piotr-gorecki.pl))

Stali współpracownicy: Andrzej Pawluczuk, Tadeusz Suszał, Karol Świerc,  
Mateusz Ostrycharz, Paweł Pawłowicz, Rafał Kozik, Szymon Burian, Jacek Kosecki

Inicjatywa **Zrozumieć Elektronikę** realizowana jest  
dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez  
konto autorskie Patronite: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>

Uwaga! Ani autorzy artykułów, ani wydawca nie biorą odpowiedzialności za ewentualne szkody będące wynikiem eksperymentów inspirowanych treścią czasopisma i strony internetowej.

Osoby, które chciałyby przeprowadzić eksperymenty związane z treścią artykułów powinny mieć odpowiednie kwalifikacje BHP dotyczące elektryczności oraz świadomość ryzyka.

Osoby niepełnoletnie i niedoświadczone mogą przeprowadzić takie działania jedynie pod opieką wykwalifikowanych opiekunów, np. nauczycieli.

Projekty przedstawiane w czasopiśmie mogą być wykorzystane jedynie do własnych potrzeb, a ich wykorzystanie do innych celów, zwłaszcza zarobkowych, wymaga zgody Autora.

Wszystkie materiały zamieszczane w czasopiśmie są własnością ich twórców, więc przedruk czy umieszczenie na stronach internetowych wymaga pisemnej zgody Autora.