

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

4/2025 Kwiecień (28)

piotr-gorecki.pl

ZROZUMIEĆ ELEKTRONIKĘ

z Piotrem Góreckim



Karty audio USB jako przyrządy pomiarowe

- Przeróbka karty USB Behringer UMC202HD • AD9850 – precyzyjny generator sygnału sin
- Mały liniowy zasilacz: Transformator i bezpieczniki • Mikroprocesorowa ośla łączka
- Stabilizowany, regulowany zasilacz liniowy 20 V/1 A • Podstawowe zjawiska falowe
- Teoria pola kontra elektrotechnika? • Jaki miernik RLC kupić? A jakiego nie kupować?



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



Karty audio USB jako przyrządy pomiarowe

To jest pierwszy z serii artykułów dotyczących możliwości wykorzystania komputerowych kart dźwiękowych w roli przyrządów pomiarowych o zadziwiająco szerokich możliwościach. Aby zainteresować tematem, w tym artykule tylko sygnalizuję możliwości i pokazuję kilka bardzo interesujących przykładów.

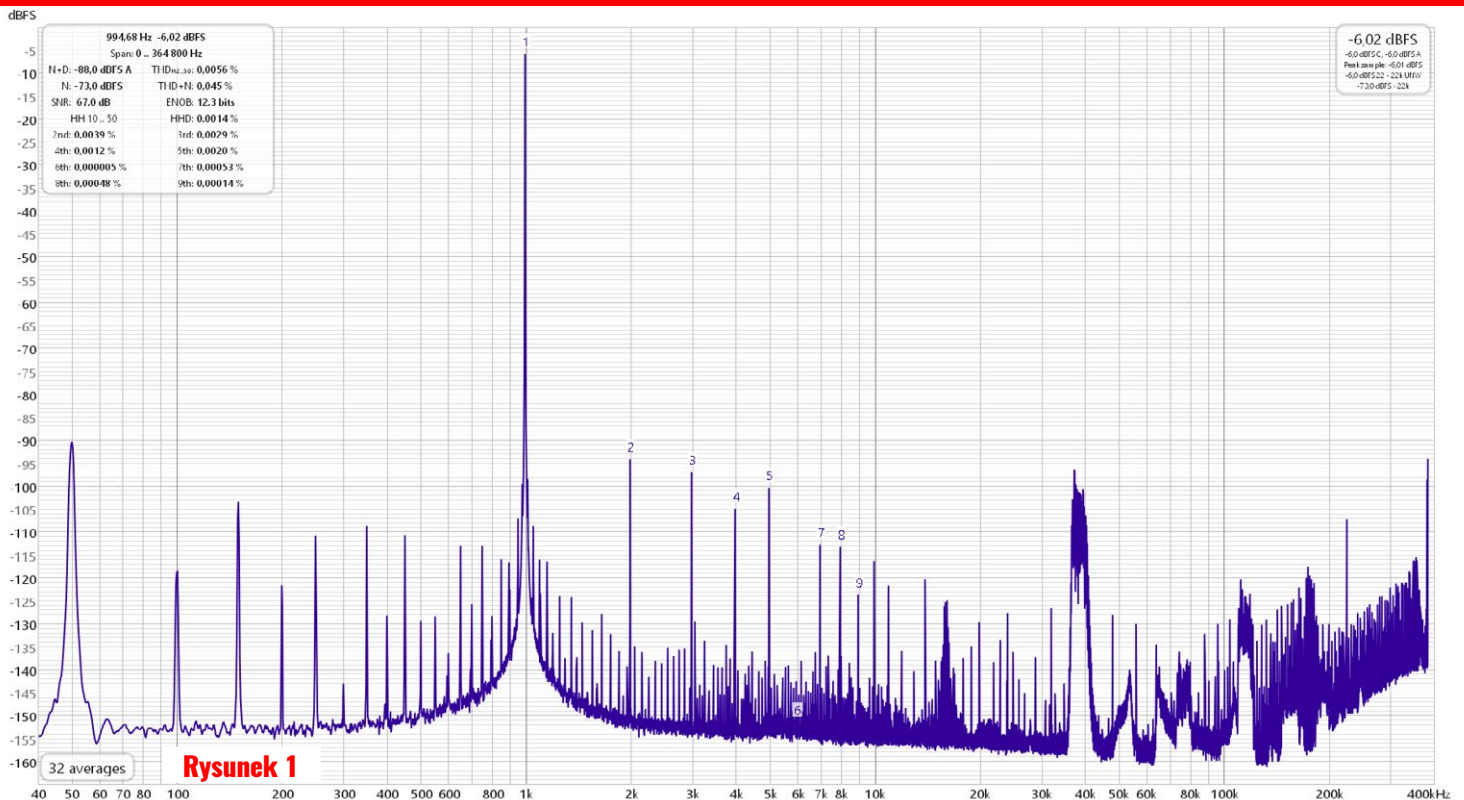
**Pasma i dynamika – zaskakująco szerokie
Oscylskopy z funkcją FFT**

**Niepotrzebne obawy – oprogramowanie
Karty wewnętrzne czy zewnętrzne USB?**

Komputerowe karty audio wykorzystujemy głównie do odtwarzania dźwięku. Ścisiej biorąc, wykorzystujemy wtedy zawarty w nich przetwornik cyfrowo-analogowy DAC. Rzadziej kart takich używamy do nagrywania dźwięku – wtedy wykorzystujemy zawarty w nich przetwornik analogowo-cyfrowy ADC. Wszystkie komputery i laptopy, a także tablety i smartfony, mają w swoim wnętrzu przetworniki ADC oraz DAC, ale dla elektronika niewątpliwie najbardziej interesujące są zewnętrzne karty audio z interfejsem USB.

Takie zewnętrzne karty mogą z powodzeniem pełnić funkcję oscylskopu i analizatora spektralnego. Mogą też być wykorzystane do zaskakująco precyzyjnych pomiarów impedancji, pojemności, indukcyjności oraz do pomiaru szumów i dynamiki.

Powyższa **fotografia wstępna** pokazuje kilka modeli zewnętrznych komputerowych kart audio USB, z których większość nabyłem właśnie na potrzeby niniejszego cyklu artykułów. Najtańsza z tych kart kosztowała mnie około trzech złotych, najdroższa ma cenę prawie 1500 złotych.



Rysunek 1

Pasmo i dynamika – zaskakująco szerokie

Każdą zewnętrzną kartę dźwiękową USB można wykorzystać do pomiarów, ale oczywiście „realne możliwości pomiarowe” zależą od parametrów zawartych w niej układów scalonych. Stopniowo będę pokazywał przykłady takiego wykorzystania, a w tym artykule podam tylko informacje wstępne, zachęcające do zainteresowania się ich wykorzystaniem do celów pomiarowych.

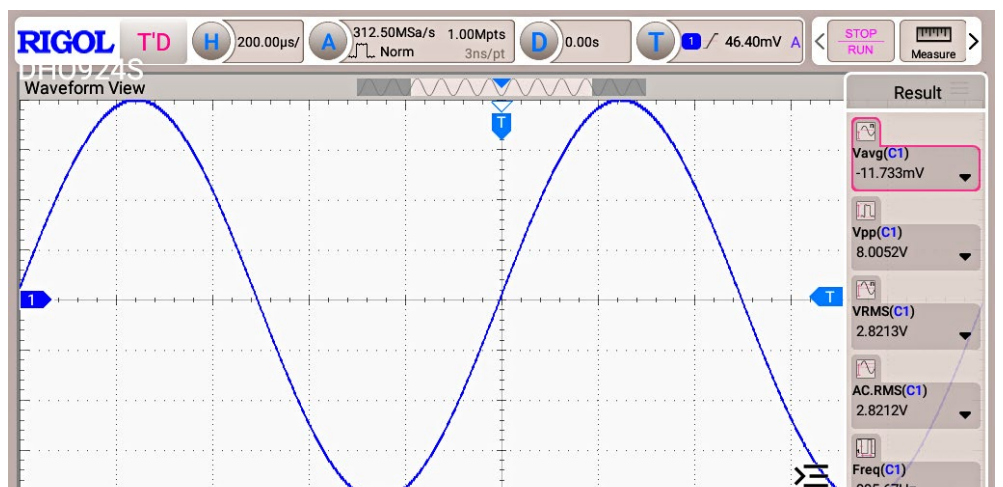
Dziś nawet tanie oscyloskopy mają pasmo od 0 Hz (prąd stały) do 100 000 kHz (100 MHz). Dlatego wielu elektroników uważa, że karty audio zupełnie nie nadają się do roli oscyloskopu właśnie z uwagi na śmiesznie wąskie pasmo audio (20 Hz...20 kHz).

Niesłusznie! Większość kart nie ma wbudowanych sprzętowych filtrów ograniczających pasmo do 20 kHz, ma natomiast możliwość wyboru wyższej częstotliwości próbkowania. Dziś tanim standardem są karty z próbkowaniem 192kHz, które pozwalają mierzyć sygnały o częstotliwościach do około 90 kiloherców. A jeśli dla kogoś to mało, to może poszukać kart audio o maksymalnej częstotliwości próbkowania 384 kHz lub 768 kHz. Karta 768 kHz teoretycznie pozwala

Fotografia tytułowa pokazuje stanowisko pomiarowe podczas pomiaru starego litewskiego generatora GRN-5. Widać też COSMOS – przyrząd, który jest niejako jedną trzecią komputerowej karty audio, bowiem zawiera tylko obwody komunikacji z komputerem, bardzo skromne obwody wejściowe oraz przetwornik ADC. Na **rysunku 1** pokazane są wyniki pomiaru sygnału 1kHz (995 Hz) o poziomie -6,02 dBFS (cokolwiek to w tym przypadku znaczy).

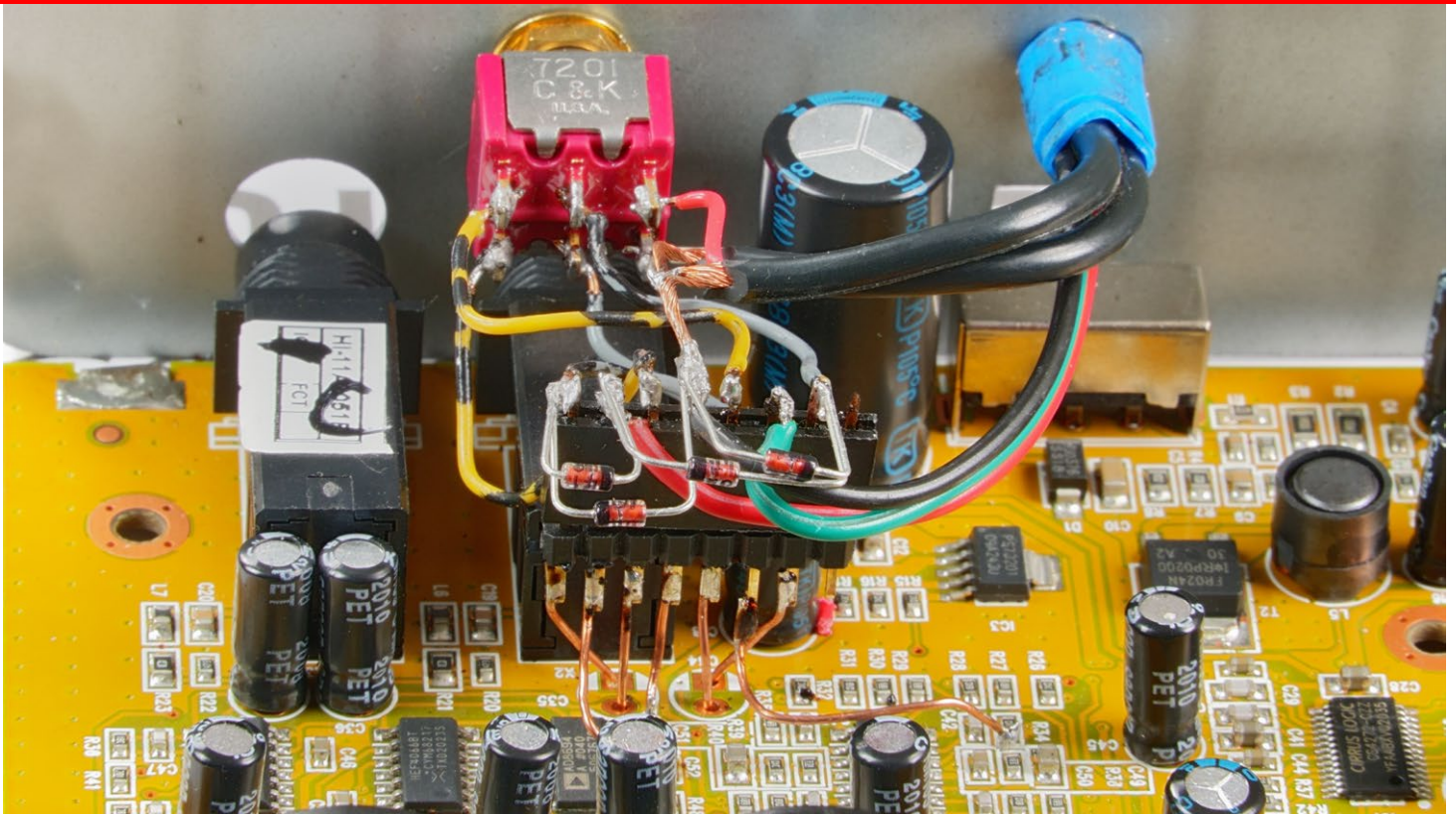
Rysunek 2 to zrzut z ekranu oscyloskopu. Okazuje się, że przy takich ustawieniach badany sygnał ma amplitudę 4 V (międzyszczytową 8 V) i potwierdza się, że częstotliwość wynosi 995 Hz.

Rysunek 1 świadczy o tym, że archaiczny „ruski” generator ma zaskakująco dobre parametry!



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Przeróbka karty USB Behringer UMC202HD

Poniższy materiał pokazuje, jak można we własnym zakresie przerobić kartę audio i uzasadnia, dlaczego może to być pożądane. Jest uzupełnieniem serii artykułów dotyczących możliwości wykorzystania komputerowych kart audio w roli wielce pożytecznych przyrządów pomiarowych o znakomitych parametrach.

[Dlaczego Behringer UMC202HD?](#)
[Budowa karty UMC202HD?](#)

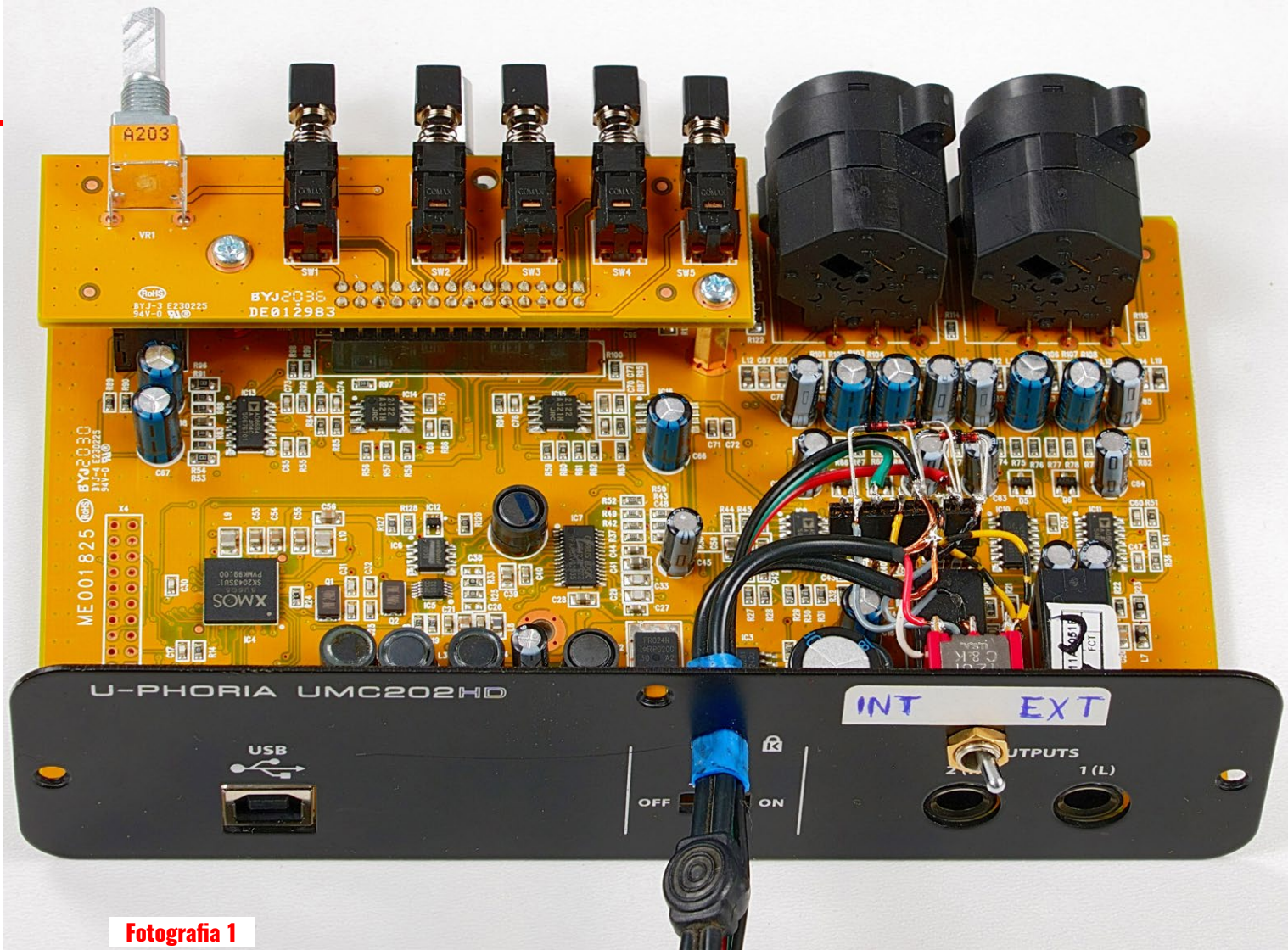
[Inne modyfikacje?](#)

W cyklu zaczynającym się od artykułu [Karty audio USB jako przyrządy pomiarowe](#) pokazuję, dlaczego zewnętrzne komputerowe karty dźwiękowe ze złączem USB mogą być znakomitymi przyrządami pomiarowymi. Wręcz rewelacyjnymi.

We wspomnianym artykule pokazałem parametry karty, a właściwie przetwornika ADC o oznaczeniu E1DA. Maksymalna częstotliwość próbkowania to 768 kHz i rozdzielczość 32 bitów. Taka naprawdę znakomita karta kosztuje dobrze ponad 1000 zł, co jest poza zasięgiem wielu hobbystów.

Jednak na początek całkowicie wystarczy kilkakrotnie tańsza karta 192 kHz 24 bity, a nawet, kosztująca kilkadziesiąt złotych, karta 96 kHz 16 bitów.

Na rynku jest dziś mnóstwo niedrogich kart 192 kHz 24 bity o cenach rzędu 200 złotych. Nie testowałem i nie przerabiałem kart chińskich o deklarowanych takich parametrach, a od niedawna tego rodzaju chińskich ofert jest nieprzeliczone mnóstwo. W tym artykule przedstawiam przyczyny, sens oraz opis przeróbki niedrogiej karty znanej marki Behringer UMC202HD, widocznej na **fotografii tytułowej**.



Fotografia 1

Fotografia 1 pokazuje, że z tyłu karty wyprowadzone są przewody (i złącza) oraz, że został dodany przełącznik, który pozwala wybrać albo oryginalną konfigurację (INT), albo konfigurację powiedzmy „skróconą” – zewnętrzną (EXT).

Rysunek 2 przedstawia złożenie i porównanie dwóch charakterystyk. Jest to poziom szumów własnych przy zwarcie wejścia. Przebieg koloru czerwonego to poziom szumów oryginalnej karty nieprzerobionej. Widzimy tu przydźwięk sieci 50 Hz i jego drugą harmoniczną 100 Hz. Widzimy znaczny prążek o częstotliwości nieco ponad 20 kHz, co może być skutkiem obecności w karcie przetwornicy im-

pulsowej wytwarzającej napięcie Phantom. Można powiedzieć, że średnie szумы w kluczowej części pasma akustycznego sięgają poziomu -146 dB.

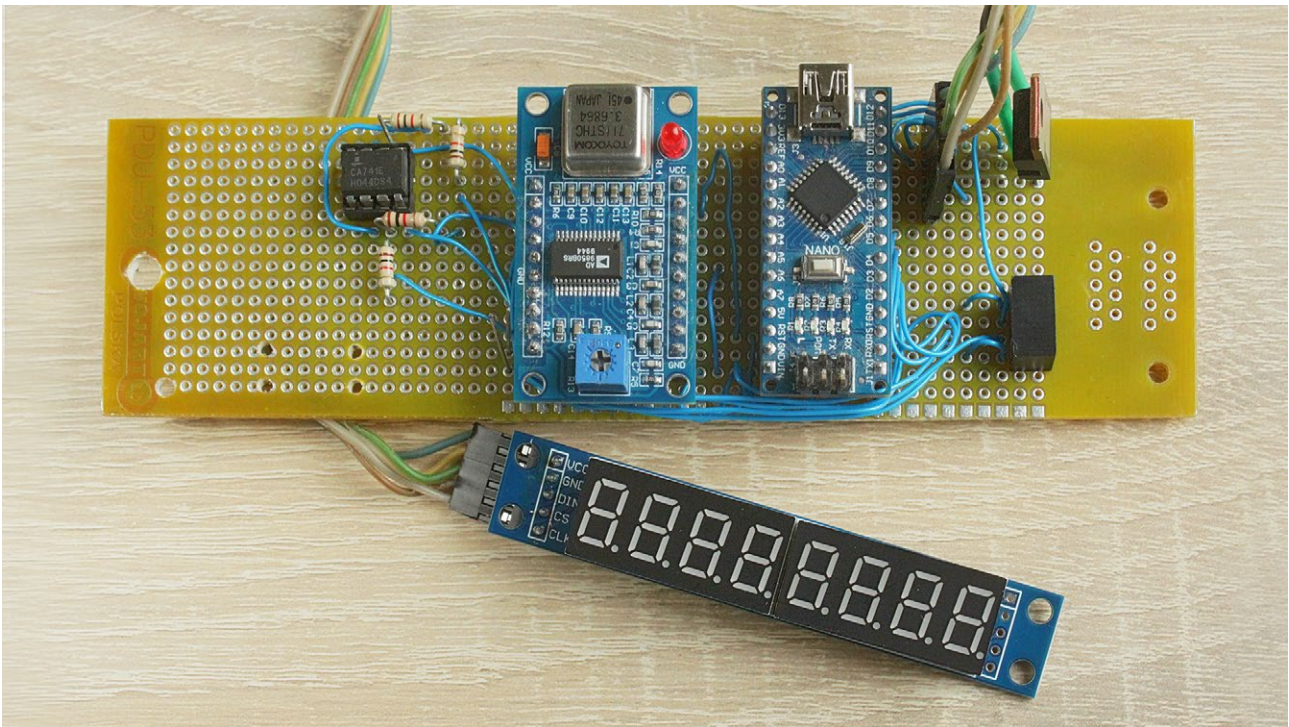
Charakterystyka zielona pokazuje poziom szumów po przeróbce, przy przełączniku w pozycji EXT. Po pierwsze znikł przydźwięk sieci i znacznie zmniejszyły się „śmieci” w górnej części pasma. Ale trzeba też zauważyć, że średni poziom szumów jest o około 2 decybele niższy! Niby 2 dB to niewiele, ale jest to zauważalna poprawa.

W każdym razie, po prostej przeróbce uzyskałem znacząco lepsze parametry karty – jest mniej „śmieci” i szумы termiczne są zauważalnie mniejsze.



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



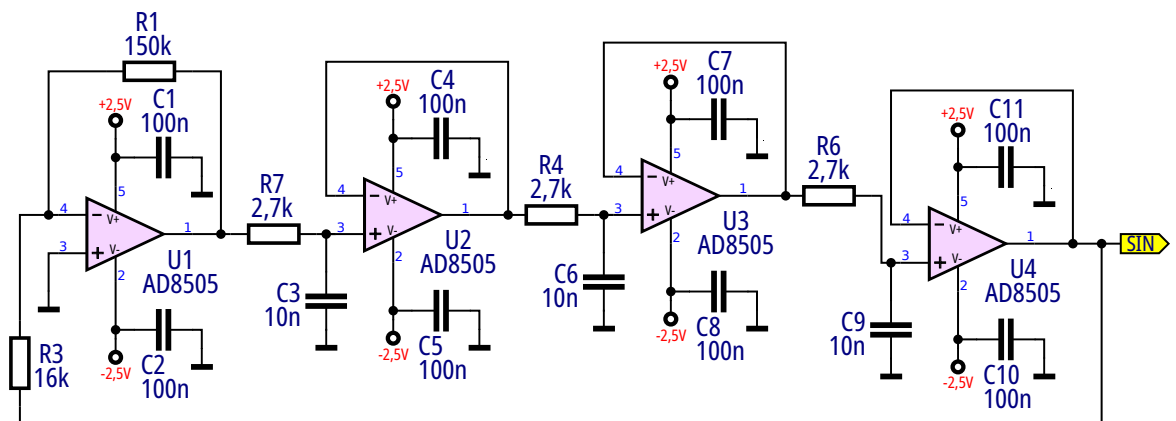
AD9850 – precyzyjny generator sygnału sin

Ostatnio pojawiła się u mnie potrzeba zbudowania generatora sygnału sinusoidalnego o dużym stopniu precyzji i stabilności generowanej częstotliwości („pływania” w czasie) jak i jej wartości. Po długich poszukiwaniach rozwiązaniem stało się zastosowanie układu AD9850.

[Układ AD9850](#)
[Moduł z układem AD9850](#)
[Schemat generatora](#)

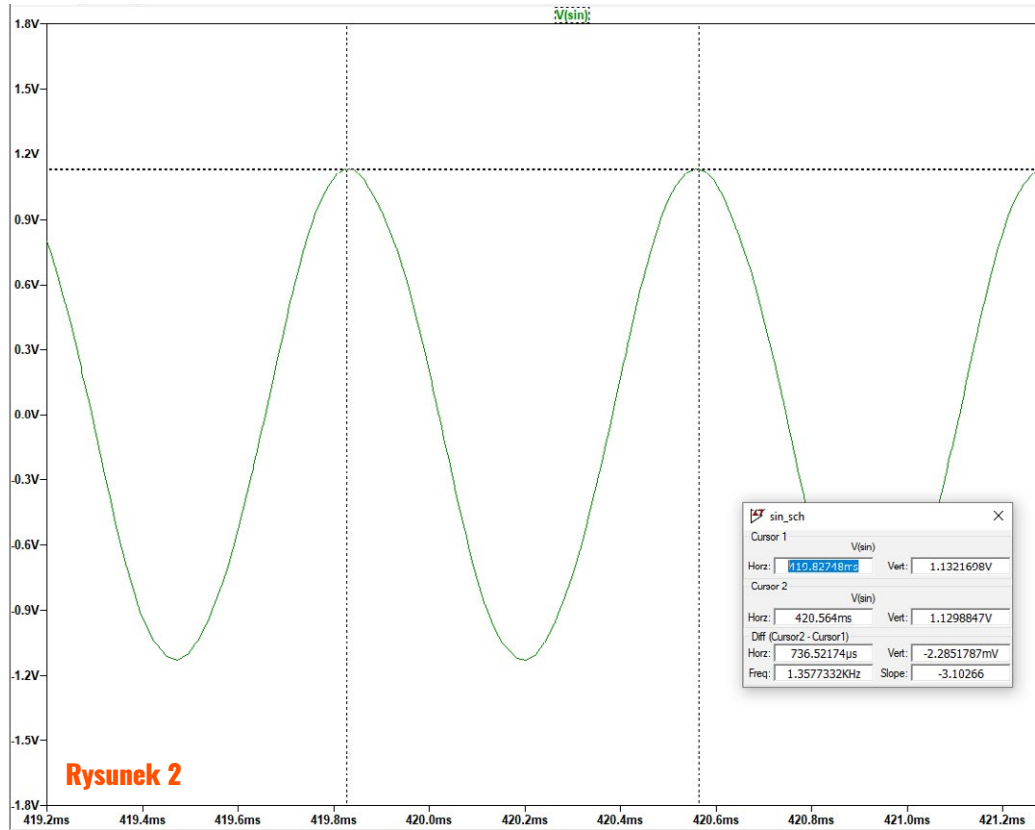
[Programowanie układu AD9850](#)
[Kwestia stabilności](#)
[Na zakończenie](#)

Jest wiele różnych rozwiązań generatorów sygnału sinusoidalnego. Wystarczy wskazać przykładowe rozwiązanie opierające się na wzmacniaczach operacyjnych, jak pokazuje rysunek 1.



Rysunek 1

Wyjściowa częstotliwość jest uzależniona od wartości zastosowanych rezystorów i kondensatorów. Dla użytych na schemacie wartości, wynik pokazany przez program symulacji LTSpice to 1,3577 kHz, **rysunek 2**. Aby zmienić częstotliwość na inną, należy zmienić wartości użytych elementów (rezystorów i kondensatorów). W tym rozwiązaniu staje się to bardzo kłopotliwe, gdyż należy zmienić wartości kilku elementów jednocześnie. Drugim, i bardziej istotnym powodem, by zrezygnować z tego rozwiązania jest potrzeba uzyskania ściśle określonej częstotliwości z dokładnością do... 0,001 Hz (tak, jednej tysięcznej Hz).



Rysunek 2

Jedyną alternatywą jest zastosowanie układów określanых jako generatory DDS (DDS – Direct Digital Synthesis – bezpośrednia synteza cyfrowa).

Układ AD9850

Zasada działania generatorów DDS jest, wbrew pozorom, bardzo prosta. Wyobraźmy sobie układ „napędzany” sygnałem taktującym o określonej częstotliwości. Wewnątrz układu te impulsy są zliczane w odpowiednim liczniku, którego stan adresuje wewnętrzną pamięć stałą z zapisaną cyfrową wartością sygnału wyjściowego (przykładowo jest stabilizowana funkcja *sin*). Teraz wystarczy tę wartość podać na przetwornik cyfrowo-analogowy i uzyskać na wyjściu oczekiwany sygnał analogowy. Aby zmieniać częstotliwość wyjściową wystarczy zmienić częstotliwość sygnału taktującego. Inne „tempo” zliczania (i finalnie pracy przetwornika cyfrowo-analogowego) zmienia częstotliwość sygnału wyjściowego. Wpisanie do takiego układu podzielnika determinuje, co który impuls wejściowy jest zliczany.

Na podobnej zasadzie działa tytułowy AD8950. Układ ten jest przewidziany do współpracy z mikrokontrolerem, który poprzez odpowiednie sygnały sterujące wpisuje do AD9850 odpowiednie dane. Aby zwiększyć jego rozdzielczość niezbędna jest duża częstotliwość sygnału taktującego, gdyż przykładowo

nerowanego przebiegu, toteż AD9850 ma wewnątrz powielacz doprowadzonej z zewnątrz częstotliwości taktującej. Jest ona pomnożona przez 2^{32} , co w zapisie dziesiętnym wynosi 4 294 967 296 (ponad 4 miliardy).

Przesyłanie danych do układu DDS może odbywać się na dwa sposoby: jako równoległe (w porcjach po 8 bitów) lub jako szeregowe (po jednym bicie). Jest ono synchronizowane sygnałem zegarowym *W_CLK*.

Układ AD9850 generuje jedynie sygnał *sin*, jako wyjście komplementarne (*IOUT* i *IOUTB*) i jest to wyjście prądowe (by uzyskać użyteczny sygnał napięciowy, który może być dalej przetwarzany, przykładowo przez wzmacniacze operacyjne, wyjścia te należy obciążyć rezystorem do masy).

Moduł z układem AD9850

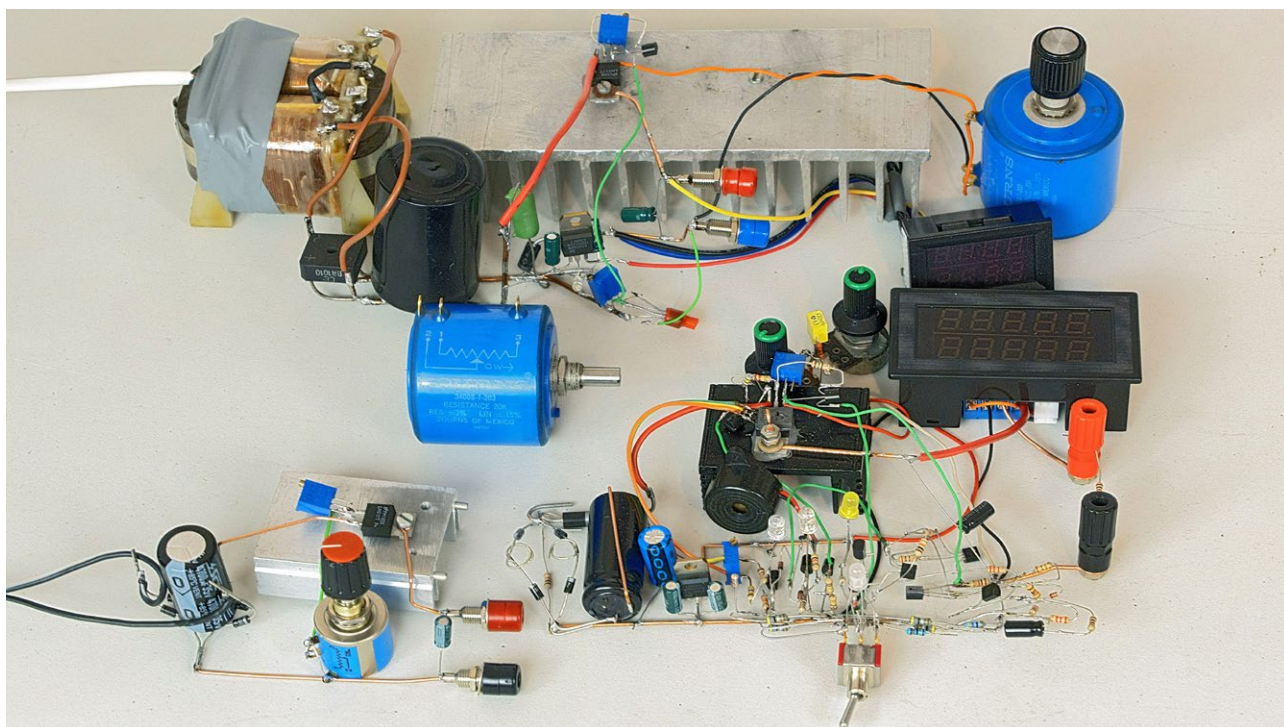
Sam układ jest produkowany w obudowie SSOP o 28 pinach (z punktu widzenia amatorskiego gęsty raster wyprowadzeń rodzi pewne problemy technologiczne), jednak występuje również w formie modułu zawierającego przedmiotowy układ (**fotografia 3**), który jest łatwo dostępny w popularnym serwisie aukcyjnym.



Fotografia 3

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Mały liniowy zasilacz: Transformator i bezpieczniki

Oto drugi artykuł z serii przedstawiającej kolejne etapy projektowania niedużego zasilacza warsztatowego. W tym artykule zajmiemy się przede wszystkim bardzo ważną sprawą wyboru transformatora i jego parametrów oraz wcale nieoczywistą kwestią doboru bezpiecznika czy może bezpieczników.

Wybór transformatora

Moc transformatora

Napięcie wyjściowe transformatora

Duży transformator 100 W

Bezpiecznik(i) i bezpieczeństwo

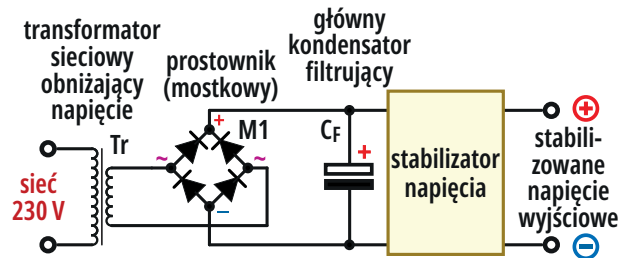
Transformatory z odzysku?

W poprzednim, wstępnym artykule serii ogólnie omówiłem możliwości i właściwości prototypów zasilaczy, pokazanych na powyższej fotografii tytułowej. Teraz pora na szczegóły. W poniższym artykule omawiam głównie sprawę wyboru transformatora.

Przypominam, że klasyczne zasilacze są zrealizowane według koncepcji z **rysunku 1**. Transformator (Tr) po pierwsze obniża napięcie z sieci z groźnych 230 woltów do kilkunastu, najwyżej kilkudziesięciu woltów. Po drugie, transformator zapewnia oddzielenie, izolację galwaniczną od sieci, bo uzwojenie wtórne jest dobrze odizolowane od pierwotnego.

Na uzwojeniu wtórnym występuje nieduże napięcie przemiennie, które trzeba wyprostować, czyli

zamienić na napięcie stałe. Prostowanie realizujemy przy użyciu diod, które przewodzą prąd w jednym kierunku, najczęściej za pomocą prostownika mostkowego (M1). Sam prostownik nie daje jeszcze „gładkiego” napięcia stałego, tylko napięcie tętniące, dlatego konieczny jest też kondensator filtrujący (C_F) o odpowiednio dużej pojemności.



Rysunek 1

Mówimy, że kondensator wygładza tętnienia. Na kondensatorze tym otrzymujemy napięcie stałe, ale niestabilizowane, w praktyce z jakimiś niedużymi tętnieniami. Dlatego dobry klasyczny zasilacz zawiera też stabilizator, czyli układ elektroniczny, który na wyjściu daje „gładkie”, dobrze stabilizowane napięcie stałe. Szczegóły będą omawiać w kolejnych artykułach, a na razie najważniejsze.

Wybór transformatora

Chcemy uniknąć zakłóceń impulsowych, więc nasz zasilacz ma zawierać klasyczny transformator sieciowy. Profesjonalny konstruktor wykorzystałby zrobiony na zamówienie transformator o potrzebnych, dokładnie obliczonych parametrach, natomiast hobbysta wykorzysta coś gotowego, w wielu przypadkach jakiś już posiadany transformator „z odzysku”.

Chcemy zrobić niewielki zasilacz do warsztatu elektronika i dużo się przy tym nauczyć. Dlatego nie musi to być duży transformator! Jeśli prąd wyjściowy ma wynosić tylko 200...500 mA, to **można wykorzystać transformator o mocy kilku watów, ale lepiej większy, kilkunastowatowy.**

Moc transformatora

W polskich transformatorach sieciowych oznaczanych literami TS... od Transformator Sieciowy (i ewentualnie jeszcze jedną lub dwiema), liczba występująca bezpośrednio po tych literach to moc nominalna. Ścisłej biorąc, jest to moc wyrażana w woltoamperach (VA), ale można uznać, że chodzi o waty (W).

W katalogu (bez problemu do znalezienia w Internecie) trzeba sprawdzić nominalne parametry transformatora, a konkretnie nominalne napięcie i nominalny prąd. Ich pomnożenie powinno dać wartość mocy nominalnej tego transformatora. Przykładowo wykorzystany przeze mnie stary transformator TS15/4 ma moc nominalną 15 watów (woltoamperów), napięcie $2 \times 15,4 \text{ V}$ i prąd $2 \times 0,5 \text{ A}$ ($30,8 \text{ V} \times 0,5 \text{ A} = 15,4 \text{ W}$). Ale nie zawsze tak jest, o czym za chwilę.

Napięcie wyjściowe transformatora

My chcemy w zasilaczu wykorzystać popularny scalony stabilizator LM317, dlatego napięcie na jego wejściu, czyli **napięcie na głównym kondensatorze filtrującym, nie może być większe niż 40 V**. Większe napięcie może uszkodzić stabilizator LM317. I to ma ścisły związek z wyborem transformatora.

Otóż w katalogu podana jest **wartość skuteczna napięcia przemiennego**, a my po wyprostowaniu na kondensatorze filtrującym uzyskamy napięcie stałe mniej

Typ transformatora	Typ rdzenia	Nap. Pierwotne	Nap. wtórne pod obciążeniem	Prąd uzw. Wtórny	Typ transformatora	Typ rdzenia	Nap. Pierwotne	Nap. wtórne pod obciążeniem	Prąd uzw. Wtórny
TS 1/001	EI 30/10	230	6,0	0,1	TS 2/029	EI 36/12,8	230	7,0	0,15
TS 1/002	EI 30/10	230	4,5	0,1				7,0	0,15
TS 1/003	EI 30/10	230	10,0	0,1	TS 2/032	EI 36/12,8	230	18,4	0,1
TS 1/004	EI 30/10	24	10,0	0,1	TS 2/033	EI 36/12,8	230	3,5	0,58
TS 2/5	EI 36/12,8	230	21,0	0,06	TS 2/034	EI 36/12,8	230	12,0	0,17
TS 2/6	EI 36/12,8	400	21,0	0,06	TS 2/035	EI 36/12,8	230	12,0	0,17
TS 2/14	EI 36/12,8	230	8,2	0,22	TS 2/036	EI 36/12,8	230	12,0	0,09
TS 2/15	EI 36/12,8	230	10,1	0,18				12,0	0,09
TS 2/16	EI 36/12,8	230	6,0	0,22	TS 2/037	EI 36/12,8	230	12,0	0,09
TS 2/18	EI 36/12,8	230	5,5	0,14				12,0	0,09
			5,5	0,14	TS 2/038	EI 36/12,8	230	15,0	0,05
TS 2/22	EI 36/12,8	230	7,7	0,2				15,0	0,05
TS 2/24	EI 36/12,8	230	25,0	0,04				15,0	0,05
TS 2/32	EI 36/12,8	230	12,0	0,1	TS 2/039	EI 36/12,8	230	10,0	0,06
			6,0	0,1				10,0	0,06
TS 2/33	EI 42/14	230	8,6	0,16				6,0	0,14
TS 2/34	EI 36/12,8	230	10,1	0,18	TS 2/040	EI 36/10,5	230	10,0	0,14
TS 2/36	EI 36/12,8	230	8,8	0,22	TS 2/041	EI 36/10,5	230	15,5	0,1
TS 2/38	EI 36/12,8	230	24,0	0,06	TS 2/042	EI 36/12,8	230	2,3	0,45
TS 2/39	EI 42/14	230	10,6	0,2				12,0	0,08
TS 2/40	EI 36/12,8	230	8,8	0,22	TS 2/043	EI 36/12,8	230	10,5	0,17
TS 2/44	EI 36/12,8	230	14,0	0,1				6,0	0,035
TS 2/46	EI 36/12,8	230	15,5	0,08	TS 2/044	EI 36/12,8	230	10,0	0,1
TS 2/55	EI 36/12,8	230	28,0	0,05				10,0	0,1
TS 2/56	EI 36/12,8	230	15,8	0,12	TS 2/045	EI 36/12,8	230	9,9	0,18
TS 2/60	EI 36/12,8	230	21,5	0,021	TS 2/046	EI 36/12,8	400	24,0	0,09
			21,5	0,021	TS 2/047	EI 36/12,8	230	10,0	0,18
TS 2/61	EI 36/12,8	230	7,0	0,18				ekran	--
TS 2/66	EI 36/12,8	230	22,0	0,04	TS 2/048	EI 36/10,5	230	8,5	0,15
			22,0	0,04	TS 2/049	EI 36/12,8	400	15,0	0,13
TS 2/67	EI 36/12,8	230	2,2	0,4	TS 2/050	EI 36/12,8	230	9,0	0,18
			7,0	0,05				9,0	0,05
TS 2/001	EI 36/12,8	230	13,8	0,06	TS 2/051	EI 36/12,8	240	24,0	0,065
			13,8	0,06	TS 2/052	EI 36/12,8	400	24,0	0,065
TS 2/002	EI 36/12,8	230	22,0	0,06	TS 2/053	EI 36/12,8	230	15,0	0,07
			8,0	0,05				15,0	0,07
TS 2/005	EI 36/12,8	230	22,5	0,03	TS 2/054	EI 36/12,8	230	15,0	0,07
			8,5	0,01				15,0	0,07
TS 2/009	EI 36/12,8	230	10,0	0,1	TS 2/055	EI 36/12,8	100	18,0	0,066
			10,0	0,1				12,0	0,066
TS 2/011	EI 36/12,8	230	12,0	0,05	TS 2/056	EI 36/12,8	230	7,0	0,35
			12,0	0,05	TS 2/057	EI 36/12,8	24	8,5	0,25
			5,0	0,16	TS 2/059	EI 36/12,8	230	24,0	0,05
TS 2/012	EI 36/12,8	230	8,5	0,11				24,0	0,03
			8,5	0,11	TS 2/060	EI 36/12,8	230	12,0	0,2
TS 2/016	EI 36/12,8	230	15,0	0,06	TS 2/062	EI 36/12,8	230	6,0	0,33
			15,0	0,06	TS 2/063	EI 36/12,8	230	25,0	0,04
TS 2/016/A	EI 36/12,8	230	15,0	0,06				6,6	0,15
			15,0	0,06	TS 2065	EI 36/12,8	380	30	0,07
TS 2/019	EI 36/12,8	400	14,0	0,08	TS 2066	EI 36/12,8	2	7	
TS 2/020	EI 36/12,8	230	13,2	0,1	TS 3/3	CP 011	230	4,2	0,35
TS 2/021	EI 36/12,8	230	6,0	0,16			zwora	4,2	0,35
			6,0	0,16	TS 3/8	CP 011	230	3,7	0,3
TS 2/022	EI 36/12,8	230	24,0	0,062			zwora	3,7	0,3
TS 2/023	EI 36/12,8	230	10,6	0,18	TS 3/13	EI 48/16	230	13,5	0,67
TS 2/024	EI 36/12,8	230	2,2	0,35	TS 3/001	CP 011	230	5,4	0,22
TS 2/025	EI 36/12,8	230	11,5	0,2			zwora	5,4	0,22
TS 2/026	EI 36/12,8	230	7,5	0,1					

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Stabilizowany, regulowany zasilacz liniowy 20 V/1 A (2)

To jest druga część artykułu przedstawiającego wersję prototypową regulowanego stabilizowanego zasilacza liniowego 20 V, 1 A z trójstopniowym ograniczeniem prądu, zrealizowaną w ramach inicjatywy „Wspólnie projektujemy warsztaty zasilacz liniowy”, ogłoszonej w numerze ZE 12/2022.

Test zasilacza

W pierwszej części artykułu opisany był projekt prostego zasilacza z liniowym stabilizatorem LM317 oraz licznymi obwodami pomocniczymi. Taki układ został zrealizowany. Poniżej przedstawione są wyniki jego testów.

Test zasilacza

Na ogół badania zasilaczy zaczynają się od analizy najbardziej podstawowych i intuicyjnych parametrów, takich jak napięcie wyjściowe oraz maksymalny prąd obciążenia. Jedną z najlepszych metod prezentacji wyników jest przedstawienie ich w formie graficznej, np. jako charakterystyki obciążeniowej $U_{WY} = f(I_{WY})$. Taka charakterystyka umożliwia ocenę zarówno stabilności napięcia wyjściowego, jak

Podsumowanie

i maksymalnej obciążalności prądowej zasilacza. Pozwala również łatwo zidentyfikować punkt, w którym napięcie zaczyna spadać (np. wskutek działania ogranicznika prądowego lub nasycenia zasilacza). Dzięki temu daje pełny obraz zachowania zasilacza w szerokim zakresie obciążeń.

Na **rysunkach 13, 14 i 15** przedstawiono charakterystyki $U_{WY} = f(I_{WY})$ dla trzech różnych zakresów ogranicznika prądu.

Do podstawowych parametrów charakteryzujących układ stabilizatora napięcia zalicza się także współczynnik stabilizacji od zmian napięcia wejściowego S_{U} oraz współczynnik stabilizacji od zmian prądu obciążenia S_{UI} (ang. Line Regulation i Load Regulation). Współczynnik stabilizacji od zmian napięcia

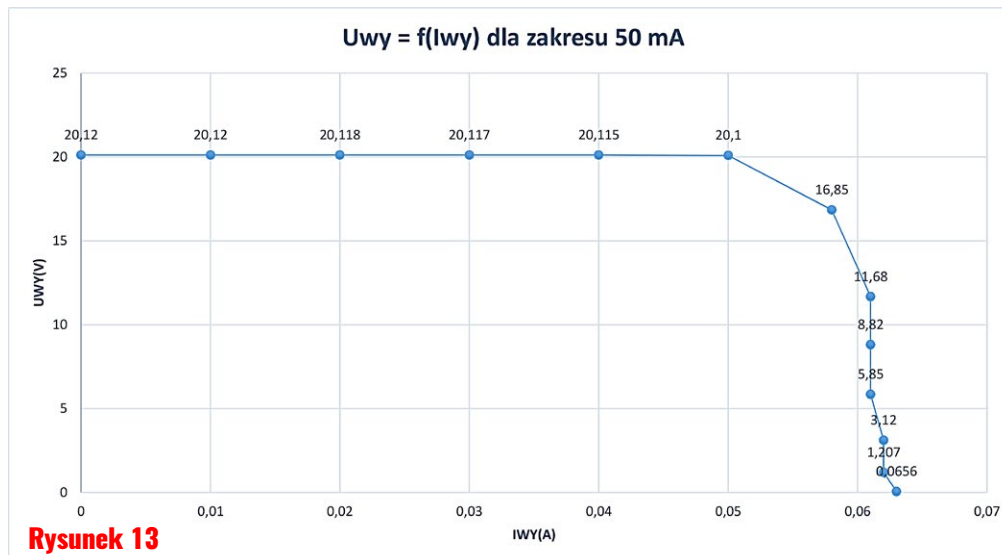
wejściowego (Line Regulation) określa, jak bardzo zmienia się napięcie wyjściowe zasilacza w wyniku zmiany napięcia wejściowego, przy stałym obciążeniu.

$$S_U = (\Delta U_{WY} / \Delta U_{WE}) \times 100\% = ((U_{WYMAX} - U_{WYMIN}) / (U_{WEMAX} - U_{WEMIN})) \times 100\%$$

gdzie:

$\Delta U_{WY} = U_{WYMAX} - U_{WYMIN}$ - zmiana napięcia wyjściowego przy odpowiadającej jej zmianie napięcia wejściowego $\Delta U_{WE} = U_{WEMAX} - U_{WEMIN}$

Zmiana napięcia wejściowego została przeprowadzona przez regulację napięcia sieciowego 230 V AC. Obciążeniem zasilacza było elektroniczne obciążenie ustawione na prąd 1 A. Napięcie wejściowe stabilizatora (U_{WE}) zmierzono za mostkiem prostowniczym i filtrem:



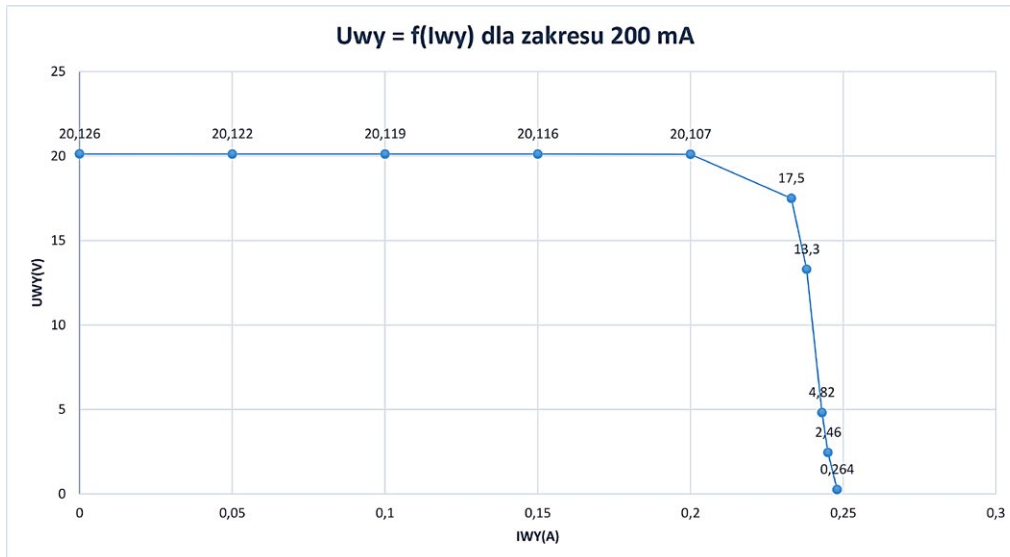
Rysunek 13

dla $U_{sieci} = 220\text{ V}$, $U_{WE} = 23,42\text{ V}$,
 dla $U_{sieci} = 230\text{ V}$, $U_{WE} = 24,67\text{ V}$,
 dla $U_{sieci} = 250\text{ V}$, $U_{WE} = 27,24\text{ V}$,

Napięcie wyjściowe U_{WY} :
 dla $U_{sieci} = 220\text{ V}$, $U_{WY} = 19,80\text{ V}$,
 dla $U_{sieci} = 230\text{ V}$, $U_{WY} = 19,97\text{ V}$,
 dla $U_{sieci} = 250\text{ V}$, $U_{WY} = 20,03\text{ V}$,
 $\Delta U_{WY} = 0,23\text{ V}$, $\Delta U_{WE} = 3,82\text{ V}$
 $S_U = (\Delta U_{WY} / \Delta U_{WE}) \times 100\% = (0,23 / 3,82) \times 100\% = 6,02\%$

Napięcie wyjściowe zmienia się w niewielkim stopniu w stosunku do napięcia wejściowego, co oznacza, że stabilizator działa poprawnie w swoim zakresie parametrów.

Zmiany napięcia wejściowego, uzyskiwane poprzez regulację napięcia sieciowego 230 V, przeprowadzono od napięcia sieci $U_{sieci} = 220\text{ V}$, ponieważ dla napięcia $U_{sieci} = 210\text{ V}$ napięcie wejściowe mierzone za mostkiem prostowniczym i filtrem wynosiło 22,14 V. Jest to zbyt niskie napięcie, które nie zapewnia minimalnej wartości Dropout Voltage wymaganej do prawidłowej pracy stabilizatora LM317. Z tego powodu ten zakres został pominięty. Pomiary wykonano wyłącznie dla jednego odczepu uzwojenia wtórnego transformatora – tego samego, który był używany pod-

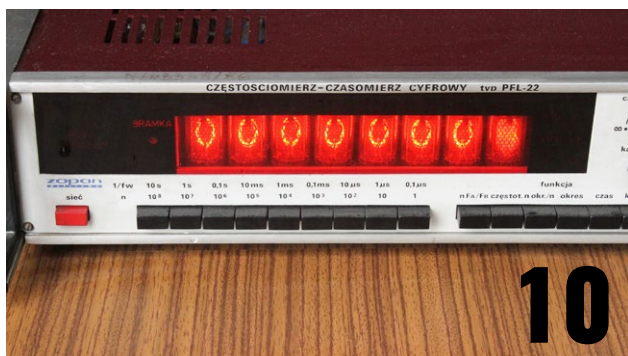


Rysunek 14



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Wspólnie projektujemy: Częstościomierz, część 10

Co mamy do dyspozycji?

Pomiary

Wzmacniacze o sprzężeniu prądowym

Aby poprawnie zliczyć impulsy w częstościomierzu, wejściowy sygnał musi zostać odpowiednio przetworzony do standardów wymaganych przez układy cyfrowe. Tu występują duże wymagania, gdyż układ musi przetworzyć małe jak i duże częstotliwości oraz radzić sobie z różnymi amplitudami sygnału.

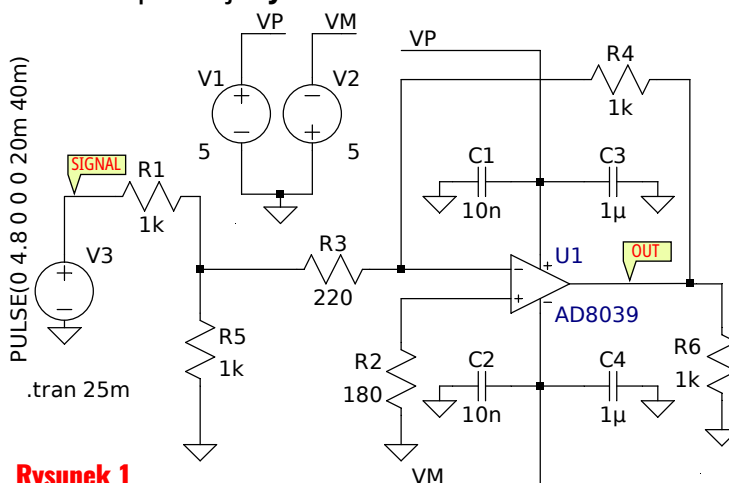
Ludzie czasem mają tendencję do komplikowania sobie wręcz wszystkiego, ale często po jakimś czasie dostrzegają, że pewne rozwiązania to brnięcie w ślepią uliczkę. Podobnie zdarzyło się też mi w trakcie prac nad częstościomierzem. Dla częstotliwości ze względnie małego zakresu wykorzystać rozwiązanie oparte na wzmacniaczach operacyjnych, aby dla wyższych bazować na układach pracujących jako linearyzowane bramki. Wystąpiło tu „więcej problemów niż zysków”, toteż moje działania zaczęły koncentrować się wokół rozwiązania bazującego wyłącznie na wzmacniaczach operacyjnych. Obecna oferta w tej grupie elementów jest bardzo szeroka i nawet ich ceny mogą zaskakiwać (pozytywnie).

Co mamy do dyspozycji?

Oferta wzmacniaczy operacyjnych jest bardzo szeroka. Można z tego wybrać takie elementy, które będą spełniały nasze kryteria. Lektura samych not katalogowych nie jest miarodajna, gdyż nie znajdziemy tam odpowiedzi na swoje pytanie. W tej sytuacji jedynie eksperyment i własne badania pozwolą wyselekcjonować potencjalnie użyteczne elementy i w następnym kroku podjąć decyzję o wyborze. Oprócz samych technicznych możliwości

wybranych elementów dosyć istotnym parametrem będzie ich cena.

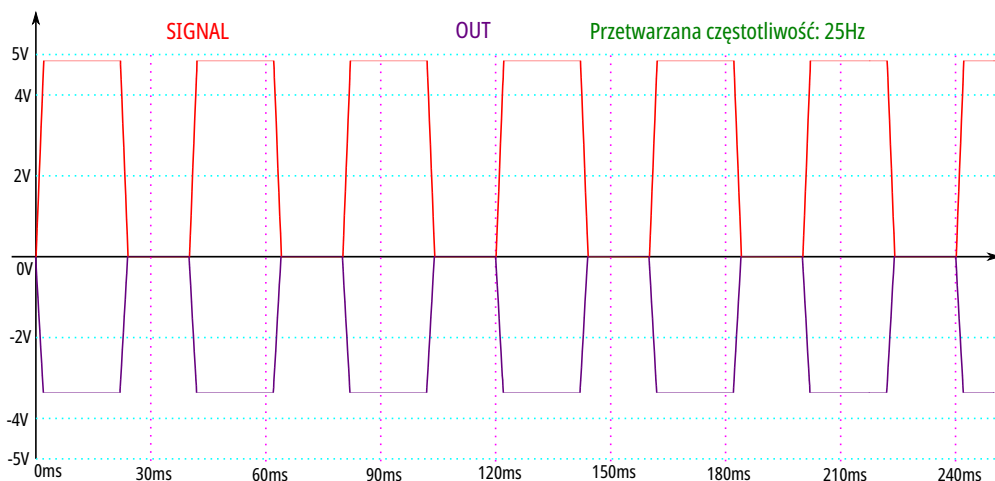
Przed przystąpieniem do pomiarów i badań, zastanowiłem się nad sposobem ich realizacji. Istotną sprawą jest posiadanie źródła sygnału o wystarczająco dużej częstotliwości i znanym kształcie generowanego sygnału. Nie bez znaczenia będzie w miarę dobra stabilność generowanego przebiegu. W tym miejscu zbyt dużego wyboru nie ma: kwarcowe generatory fali prostokątnej. Przed samą realizacją testów zrealizowałem symulację działania w programie LTSpice. Schemat układu pokazuje **rysunek 1**.



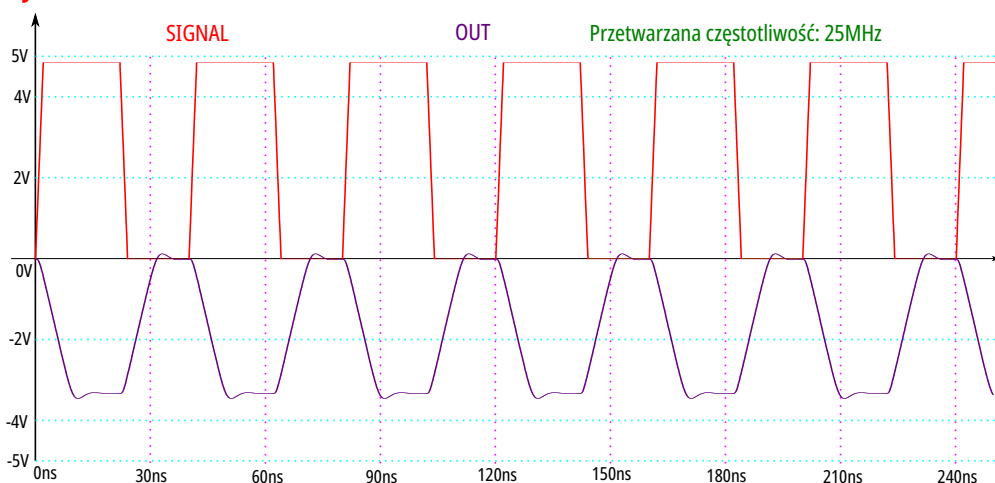
Rysunek 1

Popularne występujące „w przyrodzie” generatory mają zasilanie +5 V (jak klasyczne układy cyfrowe), toteż sygnał z generatora przechodzi przez dzielnik rezystancyjny by zmniejszyć jego amplitudę, gdyż przy zasilaniu wzmacniaczy operacyjnych +5/-5 V i sygnale o amplitudzie zbliżonej do 5 V zaobserwowanie wzmocnienia sygnału jest niemożliwe. Dalej jest wzmacniacz operacyjny w układzie odwracającym, o wzmocnieniu większym niż jeden. Z oferty programu LTSpice został wybrany układ AD9039, gdyż taki ma wystarczająco szerokie pasmo pracy.

Wynik symulacji dla małej częstotliwości (25 Hz) przedstawia **rysunek 2**, a dla częstotliwości 25 MHz **rysunek 3**. Oba rysunki mają zgodną podziałkę na osi pokazującej napięcia, co prowadzi do wniosku, że układ nie zmienia (w znaczący sposób) wzmocnienia w zależności od częstotliwości przetwarzanego sygnału.



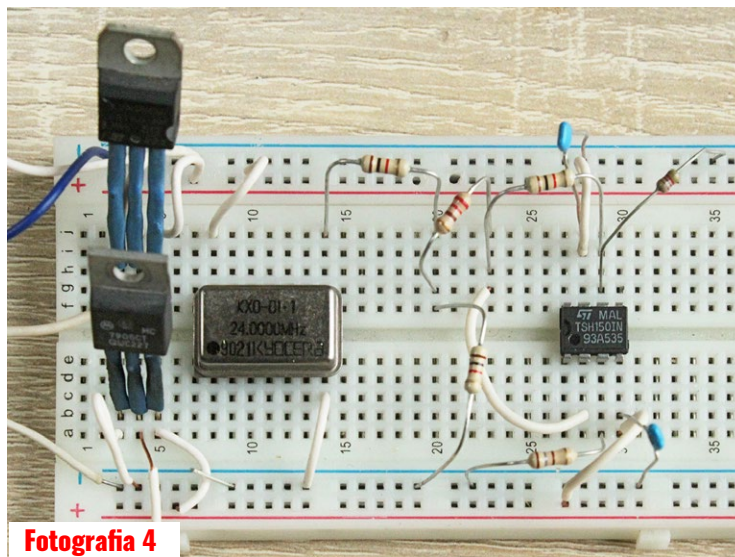
Rysunek 2



Rysunek 3

Pomiary

Do pomiarów zbudowałem niezbędne środowisko diagnostyczne, które pokazuje **fotografia 4**. Do testów zostały wybrane takie wzmacniacze operacyjne, które mają pasmo przenoszenia powyżej 100 MHz oraz możliwość zasilania wzmacniacza symetrycznym napięciem +5 V i -5 V. W danych katalogowych można odnaleźć parametr określony jako *Bandwidth* (często w notach katalogowych oznaczany jako GBW: *Gain Bandwidth*). Przykładowo pierwszy wzmacniacz operacyjny AD8009 (Analog Devices) ma *Bandwidth* = 1 GHz (**rysunek 5**). Nie można tutaj popaść w zbyt dużą euforię, gdyż ten parametr należy traktować jako iloczyn wzmocnienia oraz maksymalnej częstotliwości, jaką może on przetwarzać. Podana



Fotografia 4



ANALOG DEVICES

**1 GHz, 5,500 V/μs
Low Distortion Amplifier**

AD8009

FEATURES

Ultrahigh Speed
5,500 V/μs Slew Rate, 4 V Step, G = +2
545 ps Rise Time, 2 V Step, G = +2

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAMS

8-Lead Plastic SOIC (R-8)

5-Lead SOT-23 (RT-5)

NC 1 AD8009 8 NC

AD8009

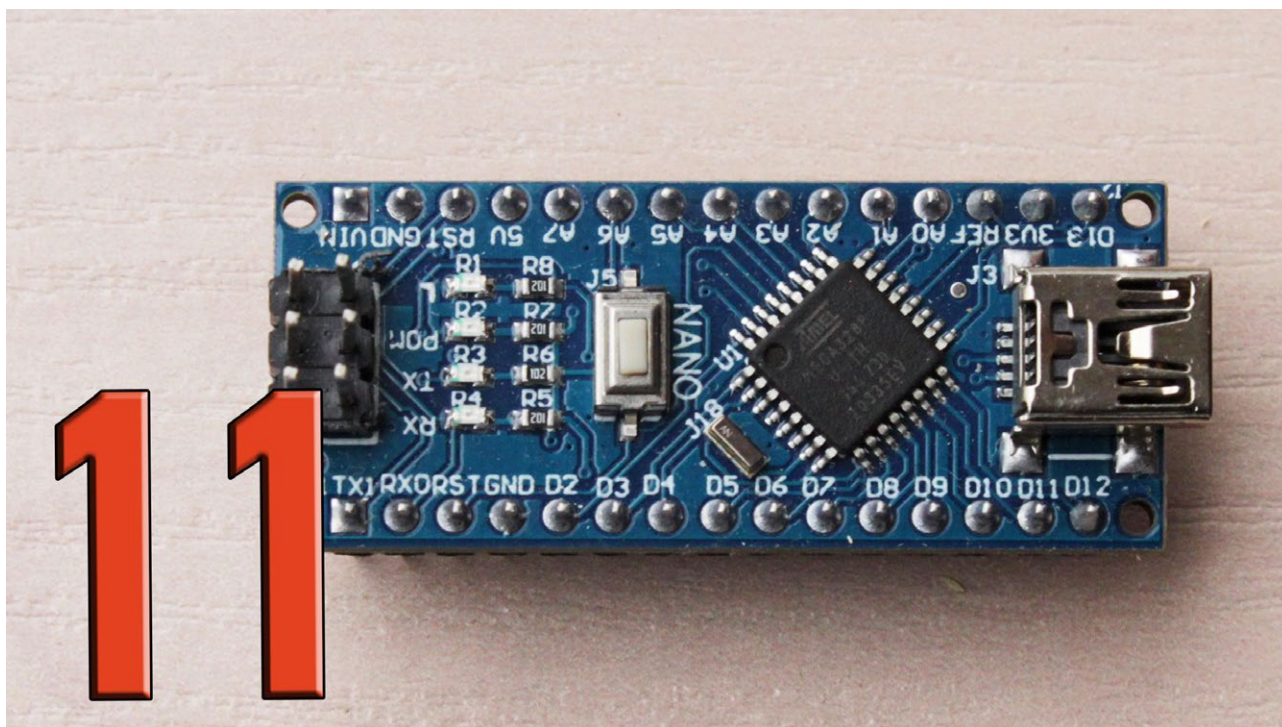
Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.

Rysunek 5
-66 dBc @ 20 MHz, Second Harmonic
-75 dBc @ 20 MHz, Third Harmonic
Third Order Intercept (3IP)
26 dBm @ 70 MHz, G = +10

with a phenomenal 5,500 V/μs slew rate that results in a rise time of 545 ps, making it ideal as a pulse amplifier.

The high slew rate reduces the effect of slew rate limiting and results in the large signal bandwidth of 440 MHz required for high resolution video graphic systems. Signal quality is main-



Mikroprocesorowa ośła łączka, część 11

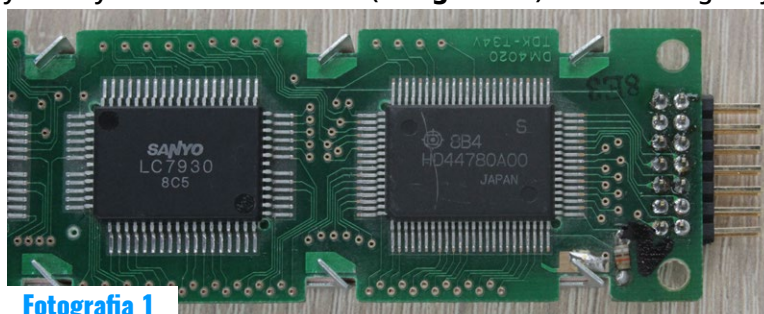
Aby zaprezentować efekt działania mikrokontrolera dotychczas był stosowany moduł wyświetlacza 7-segmentowego LED. Jego możliwości nie są porywające, gdyż jest zaprojektowany generalnie do wyświetlania cyfr. Czas zrobić kolejny krok – wyświetlić tekst.

[Przyłącze modułu LCD](#)
[Organizacja wewnętrzna HD44780](#)

[Przykład programu z interfejsem 8-bitowym](#)
[Realizacja w oprogramowaniu](#)

Bardzo popularnym sposobem prezentacji informacji wynikowej w systemach z użyciem mikrokontrolerów jest zastosowanie gotowych modułów wyświetlaczy alfanumerycznych LCD (od ang. liquid-crystal display – wyświetlacz ciekłokrystaliczny). Jest to gotowy i kompletny element zawierający własny sterownik, podzespół elektroniczny do zastosowania w systemach mikroprocesorowych (wymaga dodania potencjometru do regulacji napięcia kontrastu). Zadaniem wspomnianego sterownika jest odpowiednie zarządzanie sterowaniem pojedynczych pikseli matrycy LCD aby na ekranie został zobrazowany określony znak (plus realizacja kilku innych

dodatkowych operacji). To znacząco upraszcza tworzenie oprogramowania, gdyż przykładowo sterownik ma już zdefiniowane kształty (fonty) wszystkich znaków z zestawu ASCII. Najbardziej rozpowszechnionym rozwiązaniem jest sterownik z układem Hitachi HD44780 (**fotografia 1**) lub z nim zgodny



Fotografia 1

(jak przykładowo KS0066, **fotografia 2**). Jego elastyczność (sprzętowa modułu LCD) pozwala na obsługę wyświetlaczy jedno- lub dwuwierszowych z maksymalnie czterdziestoma znakami w jednym wierszu. Do tego dochodzi dodatkowa elastyczność w oprogramowaniu (kolejne możliwości kompilacji warunkowej bazujące na dyrektywie `#ifdef`) dając wręcz potężne narzędzie. Zanim zagłębimy się w rozwiązania w warstwie oprogramowania, koniecznością jest zapoznanie się „ze sprzętem” modułów LCD.

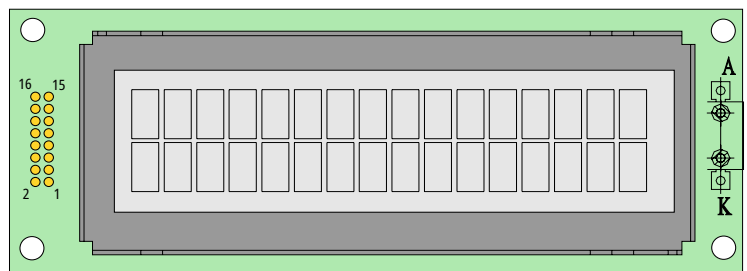
Przyłącze modułu LCD

Sama obsługa modułu wyświetlacza wymaga złącza o 14 stykach: dwa do zasilania, jedno do regulacji kontrastu oraz 11 cyfrowych/logicznych sygnałów sterujących (8 z nich to szyna danych do przesyłania kodów znaków oraz poleceń, a 3 sterują operacją zapisu/odczytu). Do tego kompletu dochodzą jeszcze dwa przeznaczone do podświetlenia (technologia LCD nie emituje światła i bazuje na świetle odbitym – w warunkach słabego oświetlenia wymaga podświetlenia). To doprowadziło do ustanowienia standardu 16-pinowego. Samo złącze (16-pinowe) występuje w dwóch wariantach: dwurzędowego (**rysunek 3, fotografia 4**, gdzie przy określonym ustawieniu można dostrzec na matrycy LCD pola znakowe – jest to wyświetlacz dwuwierszowy) lub jednorzędowego (**rysunek 5, fotografia 6**). Znaczenie styków o tym samym numerze w obu przypadkach jest identyczne. Ich funkcja jest następująca:

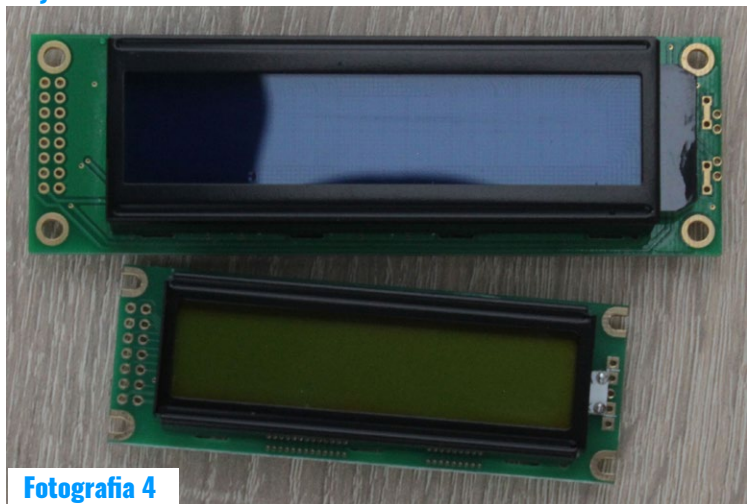
- pin 1 – *GND* – potencjał odniesienia (masa),
- pin 2 – *VDD* – zasilanie wyświetlacza (+5V),
- pin 3 – *VO* – napięcie kontrastu jako napięcie analogowe,
- pin 4 – *RS* – sygnał cyfrowy do wyboru rejestru (Register Select) jako: $RS=1$ oznacza operację dotyczącą rejestru danych, $RS=0$ oznacza operację dotyczącą rejestru poleceń,
- pin 5 – *RW* – sygnał cyfrowy (Read/Write) informujący moduł, czy dana operacja dotyczy zapisu do modułu czy odczytu z modułu ($RW=0$ oznacza zapis),
- pin 6 – *E* – sygnał wyboru (Enable) aktywujący operację zapisu lub odczytu (stanem



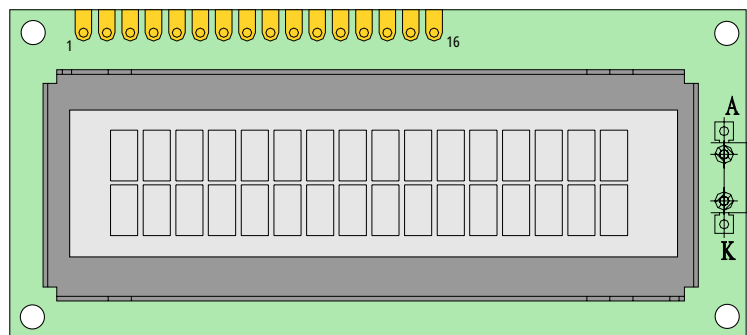
Fotografia 2



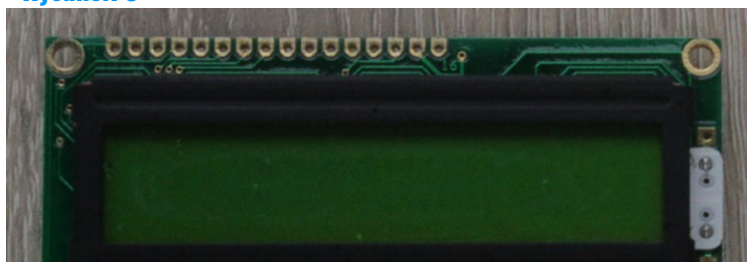
Rysunek 3



Fotografia 4



Rysunek 5



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Podstawowe zjawiska falowe

Poniższy artykuł też jest częścią Radiowej Oślej Łączki i otwiera drugi cykl artykułów omawiających te tematy. Wstępnie sygnalizuje kolejne ogromnie ważne zagadnienia. Tylko wstępnie sygnalizuje, ponieważ są one skomplikowane i trudne, a ich dobre zrozumienie wymaga zdecydowanie obszerniejszych wyjaśnień.

Fale i zjawiska falowe
Fluidy czy odkształcenie? Ohm czy Maxwell?

Najważniejsze zjawiska falowe
Sinusoida i nie tylko sinusoida...

W poprzednim artykule serii wspomniałem, że w ramach Radiowej Oślej Łączki trzeba omówić trzy najważniejsze kwestie. Do tej pory omówiłem tylko jedną: zawsze *bezzprzewodowy transfer energii elektrycznej*. Właśnie ten poprzedni artykuł, zatytułowany W oczekiwaniu na Zweisteina i Dreisteina, zawierał mocne argumenty, że to bezzprzewodowe przekazywanie energii dotyczy także prądu stałego. Do omówienia pozostają dwie ogromnie ważne kwestie: **zjawiska falowe** oraz **problem dopasowania**. W tym artykule zajmę się głównie zjawiskami falowymi, natomiast różnymi aspektami kwestii dopasowania zajmiemy się później.





Fotografia 1

Fale i zjawiska falowe

Temat fal i zjawisk falowych jest bardzo obszerny, a szczegóły są trudne. W codziennym życiu z falami mamy do czynienia zawsze i wciąż. Choćby w postaci fal akustycznych, dźwiękowych oraz w postaci fal świetlnych. Fale mechaniczne, w tym dźwiękowe pokazują, że chodzi o drgania, co z jednej strony jest jak najbardziej prawdziwe, ale też pod pewnym względem wprowadza w błąd.

Co ważne w tym artykule, w szkole jesteśmy uczeni, że światło to fala elektromagnetyczna. Tak, ale w praktyce określenie „fala elektromagnetyczna” kojarzy się nam przede wszystkim z falami radiowymi. Falami radiowymi, rozumianymi jak cykliczne, okresowe zmiany pola elektrycznego i magnetycznego. Cykliczne, a konkretnie sinusoidalne.

Fale elektromagnetyczne, mniej czy bardziej utożsamiane z falami radiowymi, kojarzymy też z antenami. Jednak elektryczności i prądu elektrycznego z falami nie kojarzymy. Mamy utrwalone wyobrażenie, że fale radiowe to coś zupełnie innego, niż prąd elektryczny i że anteny są przetwornikami. W świadomości większości z nas pokutuje zupełnie fałszywe przekonanie, że anteny są przetwornikami, że anteny nadawcze „zamieniają prąd na fale elektromagnetyczne”, a anteny odbiorcze zamieniają „fale radiowe na prąd”. Takie wyobrażenie mocno przeszkadza i wprowadza w błąd.

Fluidy czy odkształcenie? Ohm czy Maxwell?



Fotografia 2

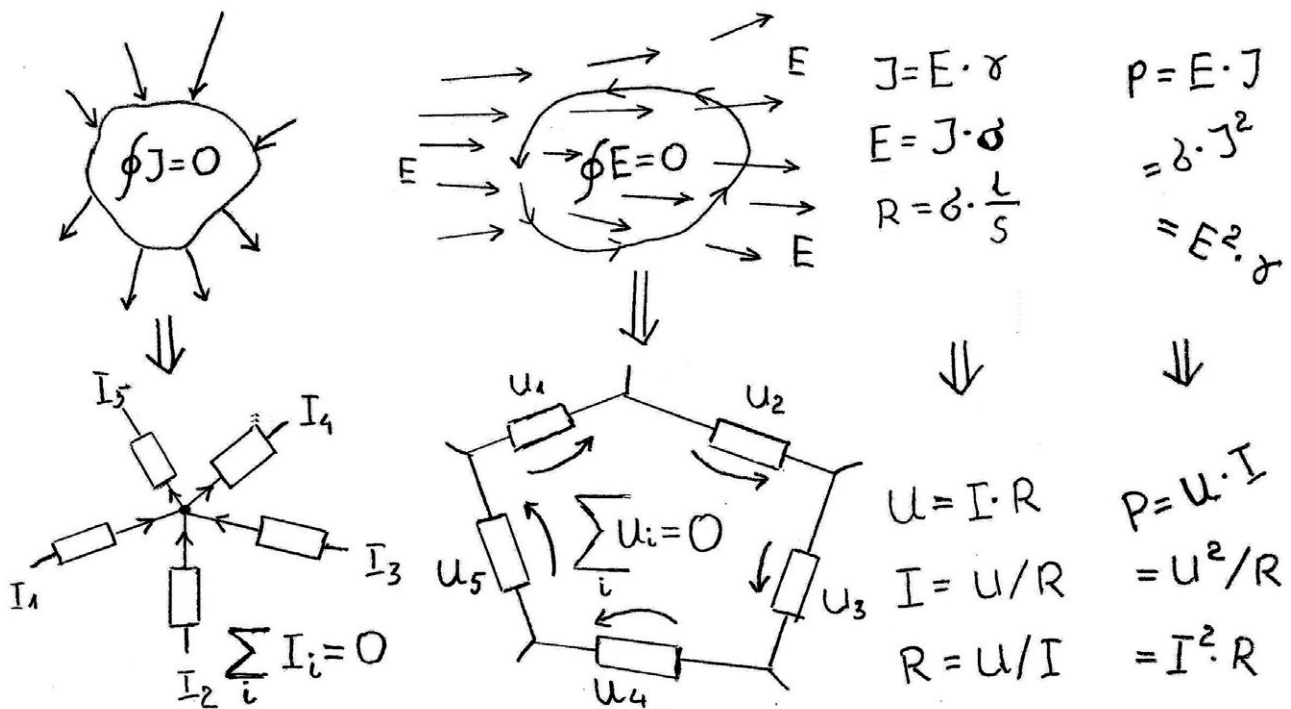
fluidom oraz pracom G. S. Ohma (fotografia 1). Także i później, w czasach Maxwella (fotografia 2), powszechnie uważano, że podstawą elektryczności jest przepływ w przewodach niewidocznych fluidów (szklanego i żywicznego), ewentualnie jednego fluidu według wyobrażeń Beniamina Franklina. I wydawało się wręcz oczywiste, że przepływ fluidu elektrycznego przenosi też energię.

Sytuację nieco skomplikowało upowszechnienie w roku 1820 przez Oersteda informacji, że przepływ prądu elektrycznego powoduje odchylenie igły kompasu. Już to mogło nasuwać niepokojący wniosek, że coś tu nie gra i że energia potrzebna do odchylenia igły magnesu przekazywana jest bezprzewodowo. Te zagadnienia próbował dokładniej zbadać w latach 30. samouk Michael Faraday, który z uwagi na brak matematycznego wykształcenia wprowadził osobliwą koncepcję „linii sił” (*lines of force*). I to on w sumie wprowadził pojęcie czegoś takiego jak pole magnetyczne i pole elektryczne.

W połowie XIX wieku eksperymentami i dziwną koncepcją Faradaya zainteresował się, bardzo dobrze wykształcony i zdolny, uczony James Clerk Maxwell. Maxwell przedstawił i opisał dziwną koncepcję Faradaya w sposób matematyczny. Przedstawił 20 równań (różniczkowych, cokolwiek to tak naprawdę znaczy), które opisywały elektryczność – między innymi wzajemne zależności między polem elektrycznym i magnetycznym.

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Teoria pola kontra elektrotechnika?

Ten artykuł to próba uzupełnienia serii artykułów Piotra Góreckiego, który materiałem o Zweisteinie i Dreisteinie zamyka wstęp do Radiowej Oślej Łączki. Poniższy materiał zawiera próbę powiązania klasycznych wyobrażeń i najważniejszych wzorów z elektrotechniki z maxwellowską teorią pola.

Czy istnieje graniczna częstotliwość „przewodowa”?

Przykład: czy każdy kabel HDMI jest długi?

Odpowiedniki praw elektrotechniki drucikowej...

I prawo Kirchoffa

Podstawą elektrotechniki „drucikowej” są: pierwsze i drugie prawo Kirchoffa, prawo Ohma i prawo Joule’a. Równocześnie podstawowe wielkości elektrotechniki to: prąd, napięcie, rezystancja i moc. Przechodząc do ujęcia „polowego” zdajemy się o tym zapominać, co robi wrażenie, że to oddzielna teoria.

Zadajmy pytanie: czy w teorii pola elektromagnetycznego są odpowiedniki wyżej wymienionych praw i wielkości. Jeśli takie znajdziemy, ułatwi to płynne przejście między tradycyjną elektrotechniką i teorią pola elektromagnetycznego.

II prawo Kirchoffa

Prawo Ohma

Prawo Joule’a

Czy istnieje graniczna częstotliwość „przewodowa”?

Ale kiedy właściwie jesteśmy zmuszeni do porzucenia elektrotechniki „drucikowej” i posługiwanie się teorią pola?

Odpowiedź jest prosta. Wtedy, kiedy obu końców drutu (przewodu lub ścieżki na płytce PCB) nie możemy traktować jako tego samego punktu, tego samego węzła obwodu elektrycznego. A ma to miejsce wtedy, kiedy długość fali elektromagnetycznej jest porównywalna z fizycznymi rozmiarami obwodu. I dlatego rozgraniczeniem jest częstotliwość z jaką mamy do czynienia. Rozmiary obwodu „są jakie są”.

A z czym wyższymi częstotliwościami musimy się zmierzyć, tym krótsza jest długość fali elektromagnetycznej. Oczywiście, wiąże się to z szybkością propagacji "informacji" w ramach rozważanego obwodu. I to obojętne, czy w grę wchodzi fizyczne rozmiary płytki PCB, długości drutów, czy ścieżek łączących poszczególne elementy, czy wtedy kiedy mamy do czynienia z dłuższym kablem, który nazwiemy linią transmisyjną.

A to wszystko wiąże się z najbardziej fundamentalnym ograniczeniem przyrody i świata, w którym żyjemy. Oczywiście z prędkością światła. Otóż „c” to nie tylko prędkość światła w próżni – „c” to jedna z fundamentalnych stałych naszej przyrody.

A jedną z jej cech (owszem, najbardziej charakterystyczną, ale tylko „jedną z”) jest to, że prędkość fali elektromagnetycznej w próżni wynosi właśnie $c=299\,792\,458$ m/s.

I aktualnie jest to wartość absolutnie dokładna, co może czasem dziwić. Przyczyna jest bardzo prosta. Na ile ta wartość była niedokładna gdy ją mierzono, to teraz „na tyle niedokładny” jest odcinek przestrzeni zdefiniowany jako jeden metr. Ale nie to jest ważne w tym artykule.

Wyjaśniłem, dlaczego rozgraniczeniem między dwiema pozornie niezależnymi teoriami elektryczności jest częstotliwość przebiegów, z którymi mamy do czynienia. Pod słowo „przebiegów” możemy wstawić: U, I, E, H lub B. Najważniejszym jest fakt, że nie ma ostrej granicy między teorią polową i elektrotechniką drucikową. A jeśli nie ma ostrej granicy, to nie ma wcale granicy!

Podstawowym argumentem, który zmusza nas do przejścia między jedną a drugą teorią jest fakt, czy elementy możemy traktować jako „elementy o stałych skupionych”, czy ujawniają się już mankamenty takiego podejścia. A problem niekoniecznie dotyczy skrajnych przypadków, które nazywamy prądem stałym (czy niskiej częstotliwości) i klasycznych obwodów w.cz, którymi posługuje się głównie technika antenowa. Przywołajmy, jeszcze w charakterze wstępu, inny przykład.

Przykład: czy każdy kabel HDMI jest długi?

W każdym domu znajdziemy (niejeden) kabel HDMI. To już standard łączenia telewizora czy monitora z różnymi „przystawkami”. Wydaje się, iż jakąś tajemnicą owiane są podstawowe wielkości i kwestie: jak tu przesyłana jest fonia, a jak sygnał wizji? Czy nadal jest rozgraniczenie na lumi-

Ale teraz też nie o to chodzi. W specyfikacji standardu HDMI odczytamy, że szybkość transmisji przekracza (w wersji HDMI 1,3) 10 Gbps. Czyli 10 miliardów bitów w ciągu jednej sekundy. Co prawda (trzeba uczciwie dodać), że to nie po jednym drucie. Także pasmo częstotliwości jest zaskakująco wąskie, jak na tak szybki transfer danych. To znaczy, że „w jednym hercu” pasma, przesyła się co najmniej kilka bitów na sekundę.

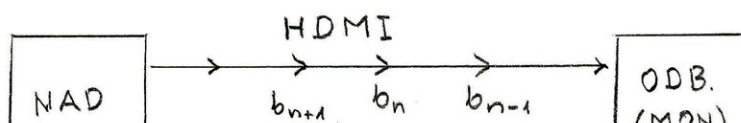
Jak to możliwe? Jak „oni” to zrobili? To bardzo ciekawa sprawa z czysto matematycznego punktu widzenia. To bardzo interesujące tematy, zasługujące na wieloczęściowe opracowania. To samo „dzieje się” w eterze, gdy oglądasz telewizję. Oczywiście cyfrową, bo innej już nie ma. Tak fantastyczne osiągnięcia przechodzą praktycznie bez echa, a w spojrzeniu „ogólnospołecznym” są w ogóle niedoceniane i lekceważone, bo na (niemal) wszystko patrzymy z punktu widzenia ekonomii.

Mnogość opcji standardu HDMI sprawia, że zanim rozpocznie się właściwa transmisja danych, urządzenia muszą się najpierw dogadać, co do szczegółów tej transmisji. Ale ta kwestia wchodzi w zasadzie bardziej na grunt informatyki. Ja wracam do głównego wątku tego artykułu.

Jeden gigaherc, to inaczej króciutki odcinek czasu – 1 nanosekunda. Światło przebędzie wtedy zaledwie 30 cm. To w próżni. Fala elektromagnetyczna w kablu, mniej więcej – 2/3 tego, czyli „circa about” 20 cm. Teraz chciałoby się powiedzieć: jak powolne jest to światło! Powolne nie tylko względem odległości międzygalaktycznych, ale i względem wielkości mojego stolika pod telewizorem. To jak to w końcu jest: czy ta prędkość światła jest ogromna, czy wręcz przeciwnie?

Zależy, jak na to patrzymy. Czyli wszystko jest względne. Ale ważniejsze jest inne pytanie. Czy w tym kablu płynie prąd, czy przesyłane jest napięcie, czy propaguje fala elektromagnetyczna? Powiedzieliśmy wyżej – nie ma ostrej granicy, czyli nie ma wcale granicy! I nie ma żadnej sprzeczności między jednym i drugim poglądem.

Bardziej ostrą granicę stanowi tak różne podejście do „obu teorii”, a my chcemy to połączyć. I dlatego zapytamy, czy znajdziemy w teorii pola odpowiedniki obu praw Kirchhoffa, Ohma i Joule’a?



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.

Skrzynka pytań i odpowiedzi

W tej rubryce przedstawiane są odpowiedzi na wybrane pytania dotyczące elektroniki, zawarte w komentarzach do postów i filmów, nadsyłane przez Patronów i Mecenasów oraz innych Czytelników za pomocą kanałów podanych na stronie: [Zapytaj, odpowiedz.](#)



Jaki miernik RLC kupić? A jakiego nie kupować?

Szanowny Panie Piotrze, dziękuję Panu za treści i formę w jakiej uczy Pan innych (w tym mnie) elektroniki. Pytanie: jaki miernik LCR warto kupić na Aliexpress? Ewentualnie dlaczego nie. (...)

Temat jest szeroki. Nie ma jednej prostej odpowiedzi, a decyzja zależy głównie od zasobów finansowych. Problem w tym, że **do różnych zastosowań optymalne są inne sposoby pomiaru i inne przyrządy. Nie ma jednego idealnego miernika LCR.** Ogólnie biorąc – czym droższy miernik RLC, tym lepsze ma parametry, a przynajmniej powinien mieć lepsze parametry. Ale są różne wyjątki.

Najprostszy jest pomiar **rezystancji** przy prądzie stałym: do tego nie trzeba miernika LCR. Wystarczy sensowny multimetr oraz metoda techniczna. Trudniej mierzyć rezystancję przy przebiegach zmiennych, w tym impulsowych, na przykład rezystancję wewnętrzną kondensatorów, oznaczaną ESR.

Jeżeli chodzi o **pojemność**, to jest kilka metod jej pomiaru. Wszystkie metody pomiarowe mają jakieś ograniczenia, wady, ale też jakieś zalety.

Najtrudniejszy okazuje się pomiar **indukcyjności**. I to nie tylko pomiar, ale też fakt, że indukcyjność większości cewek nie jest stała, lecz zależy od warunków pracy. Indukcyjność zawsze jest połączona (w szereg)

z rezystancją i ta rezystancja to nie tylko zmierzona przy prądzie stałym rezystancja drutu uzwojenia. Rezystancja cewki zależy od kilku czynników, m.in. od częstotliwości i wielkości prądu cewki. Pomiar indukcyjności najczęściej nie jest dokonywany w warunkach takich, w jakich ta cewka realnie pracuje, więc wynik prawie zawsze odbiega od rzeczywistości.

Temat pomiaru parametrów RLC okazuje się ogromnie szeroki i w ZE będę stopniowo omawiał rozmaite aspekty tego niełatwego zagadnienia. Szczerze mówiąc, należałoby zacząć od pytania, kto i do czego potrzebuje miernika LCR (RLC).

Ale pytanie jest konkretne: *jaki miernik kupić, a jakiego nie, i dlaczego?* I ma to być zapewne niedrogi, przyrząd ze sklepów Aliexpress. Zapewne ma to być w miarę uniwersalny miernik dla amatora.

Na rynku jest mnóstwo tańszych i droższych przyrządów mierzących LCR, ale **każdy hobbysta powinien mieć w swojej pracowni uniwersalny tester elementów, który także mierzy parametry LCR.**

Uniwersalne testery elementów są bardzo interesującymi przyrządami, a co ważne, potrafią też mierzyć rezystancję, pojemność i indukcyjność. Na rynku dostępnych jest mnóstwo odmian i wersji. Najpopularniejsze z dotychczasowych wersji są pokazane na powyższej **fotografii tytułowej.**

Wszystkie one mają bardzo podobną konstrukcję i identyczną zasadę działania. Wykorzystany jest w nich mianowicie mikrokontroler z rodziny ATmega i możliwości oferowane przez poszczególne jego piny. Liczne interesujące i zaskakujące szczegóły omawiam w oddzielnym artykule [Uniwersalne testery elementów](#).

Podkreślam, że na fotografii tytułowej pokazane są najpopularniejsze wersje, w większości te stare, znane od lat, których absolutnie nie polecam.

Co prawda mają one najniższą cenę, bo można je kupić za mniej niż 50 złotych, ale to pozorna oszczędność, z kilku powodów – między innymi z uwagi na źródło zasilania. **Zdecydowanie nie polecam jakichkolwiek wersji zasilanych ewidentnie już przestarzałą baterią 9-woltową!**

Na fotografii tytułowej widać też nowsze wersje, godne polecenia, zasilane wbudowanym akumulatorem litowym. Niektóre takie wersje widoczne są na **fotografii 1**. Kosztują około 100 złotych lub trochę więcej.

Na **fotografii 2** pokazana jest jedna z najnowszych, ale i najdroższych wersji, oznaczona MTT-V1. Ja niedawno zamówiłem ją w związku z tym artykułem. Jak pokazuje **rysunek 3**, regularna cena to prawie 130 złotych, a z niewielką zniżką zapłaciłem nieco ponad 120. Zamówiłem też wersję LCR-P1.

Dlaczego proponuję zakup takich najdroższych wersji?

Szczegóły są wyjaśnione w artykule [Uniwersalne testery elementów](#). Najprościej biorąc, w kolejnych wersjach takich testerów nie zmienia się zasada



Fotografia 1

Do wysyłki Zamówienie złożono dnia: 29 sty 2025
 Numer zamówienia: 3049224234911189 [Kopiuj](#) **Szczegóły zamówienia** >

SHXZ Online Store >



Rysunek 3

Wysokiej jakości nowy miernik...

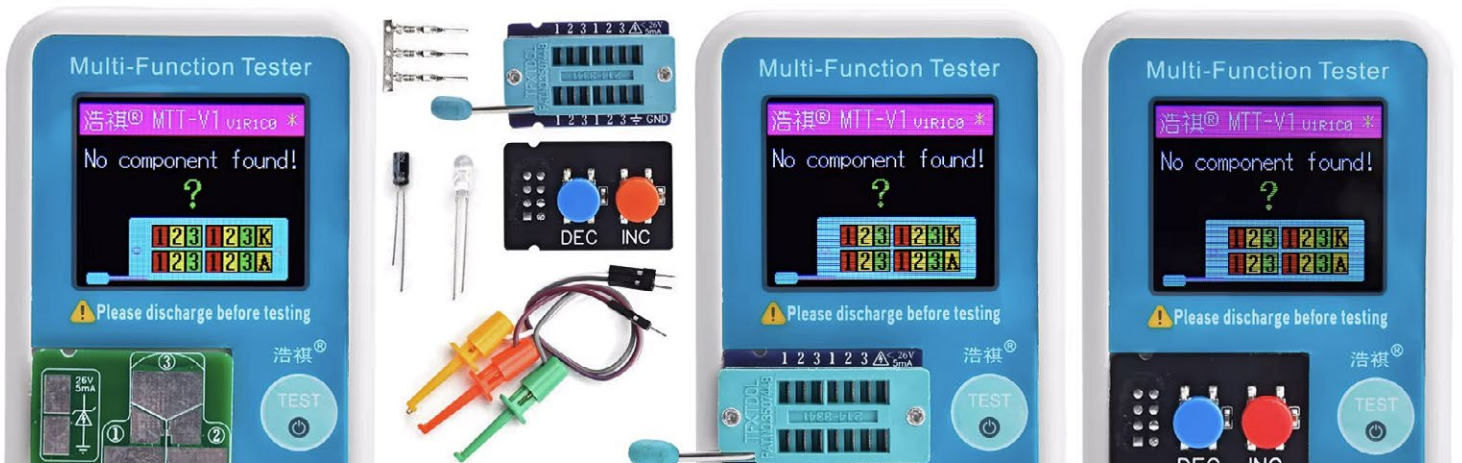
MTT-V1

128,19zł x1

Darmowe zwroty produktów ·
 Gwarancja dostawy

Suma:121,50zł

[Edytuj adres](#)



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

ZE 4/2025

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

Redakcja techniczna: Ewa Górecka-Dudzik (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>
oraz konto buycoffee.to: [buycoffee.to/ piotr-gorecki](https://buycoffee.to/piotr-gorecki)

Uwaga! Ani autorzy artykułów, ani wydawca nie biorą odpowiedzialności za ewentualne szkody spowodowane 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.