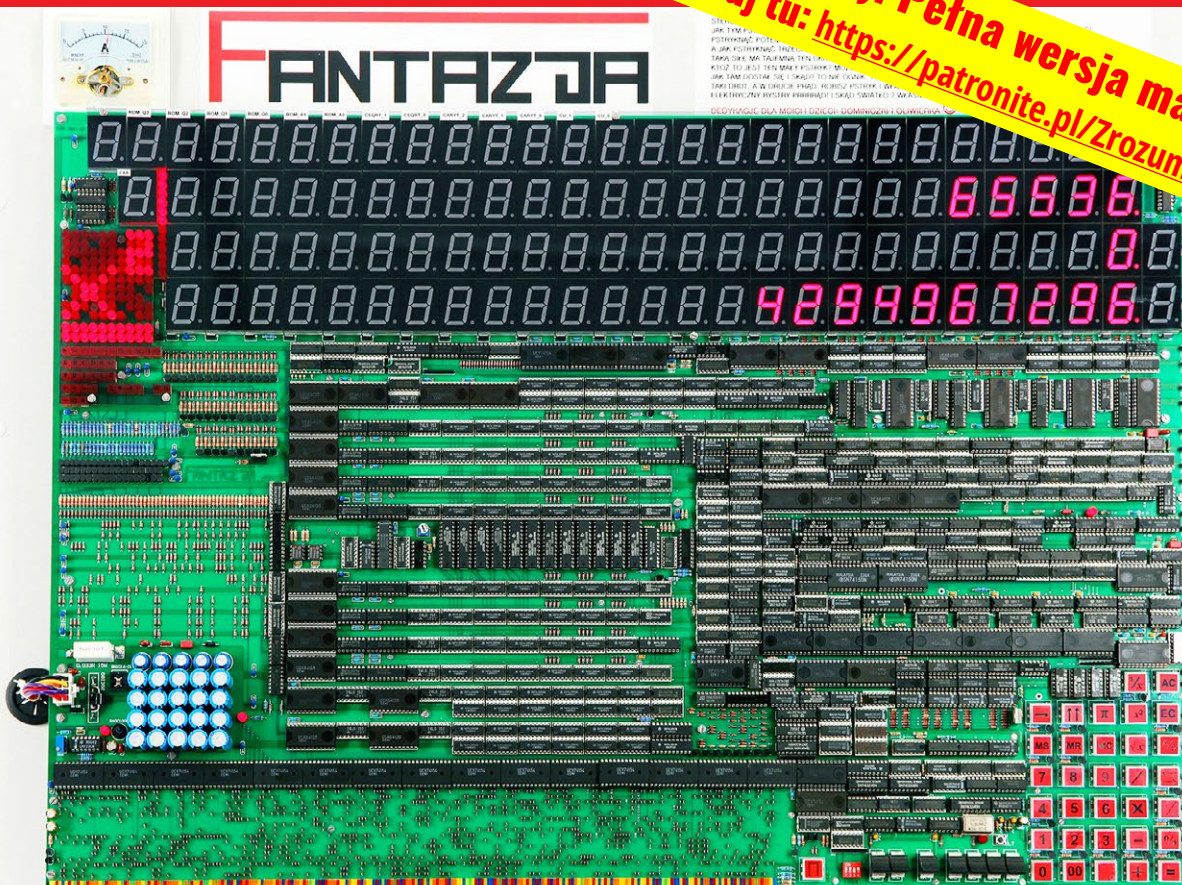


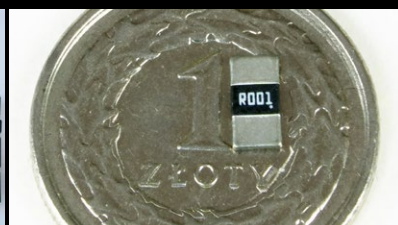
7/2024 Lipiec (19)

piotr-gorecki.pl



Kalkulator na układach TTL, czyli rozgrzewka przed...

- Powerbank – działanie i możliwości • DH0924 i histereza magnetyczna
- Dokładny pomiar małych rezystancji • Sondy oscyloskopowe – dlaczego są niezbędne?
- Pomiary prądu, co to jest bocznik i jak go zrobić? • Mikroprocesorowa ośla łączka
- Podstawy automatyki – softstarty • Czujniki gazów • Klawiatura / myszka USB w STM32



Zawartość numeru 7/2024

22

TECHNIKA CYFROWA



Kalkulator na układach TTL, czyli rozgrzewka przed...

Artykuł jest wstępem, prologiem do cyklu obszernych publikacji na temat aktualnie tworzonego przeze mnie komputera na układach TTL. Opowiada historię mojego niekonwencjonalnego wyboru, dzięki, któremu zacząłem podążać indywidualną drogą w swym elektronicznym świecie.

3

Słowo wstępne – lipiec

4

Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników

13

Rozwiązania Łamigłówek maj 2024

20

Łamigłówki elektroniczne lipiec 2024

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA

38



Dokładny pomiar małych rezystancji

MIERNICTWO

43



DHO924 i histereza magnetyczna

MIKROPROCESORY

47



Klawiatura / myszka USB w STM32

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA

51



Wspólnie projektujemy: Częstościomierz, część 6

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA

58



Wspólnie projektujemy: Wykorzystanie lamp gazowanych

MIERNICTWO

65



Sondy oscyloskopowe – dlaczego są niezbędne?

ZASILANIE

71



Powerbank – działanie i możliwości

MIKROPROCESORY

78



Mikroprocesorowa ośla łączka, część 2

ELEKTRONIKA UŻYTKOWA

85



Podstawy automatyki – softstarty

MIERNICTWO

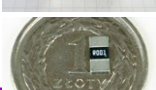
88



Czujniki gazów, część 1

PYTANIA I ODPOWIEDZI

92



Pomiary prądu, co to jest bocznik i jak go zrobić?

Zrozumieć **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

Słowo wstępne – lipiec



Witam!

Zapraszam do lektury lipcowego numeru czasopisma, gdzie projektem okładowym jest niecodzienny kalkulator Rafała Wiśniewskiego. Niezwykle oryginalny, bo zrealizowany „na piechotę”, bez mikroprocesora, na układach scalonych TTL. Projekt powstał jakiś czas temu, ale mnóstwo osób nadal o nim nie słyszało. Oczywiście nie zachęcam do naśladowania, ale naprawdę warto zapoznać się z artykułem i pomyśleć nad własnym podejściem do elektroniki.

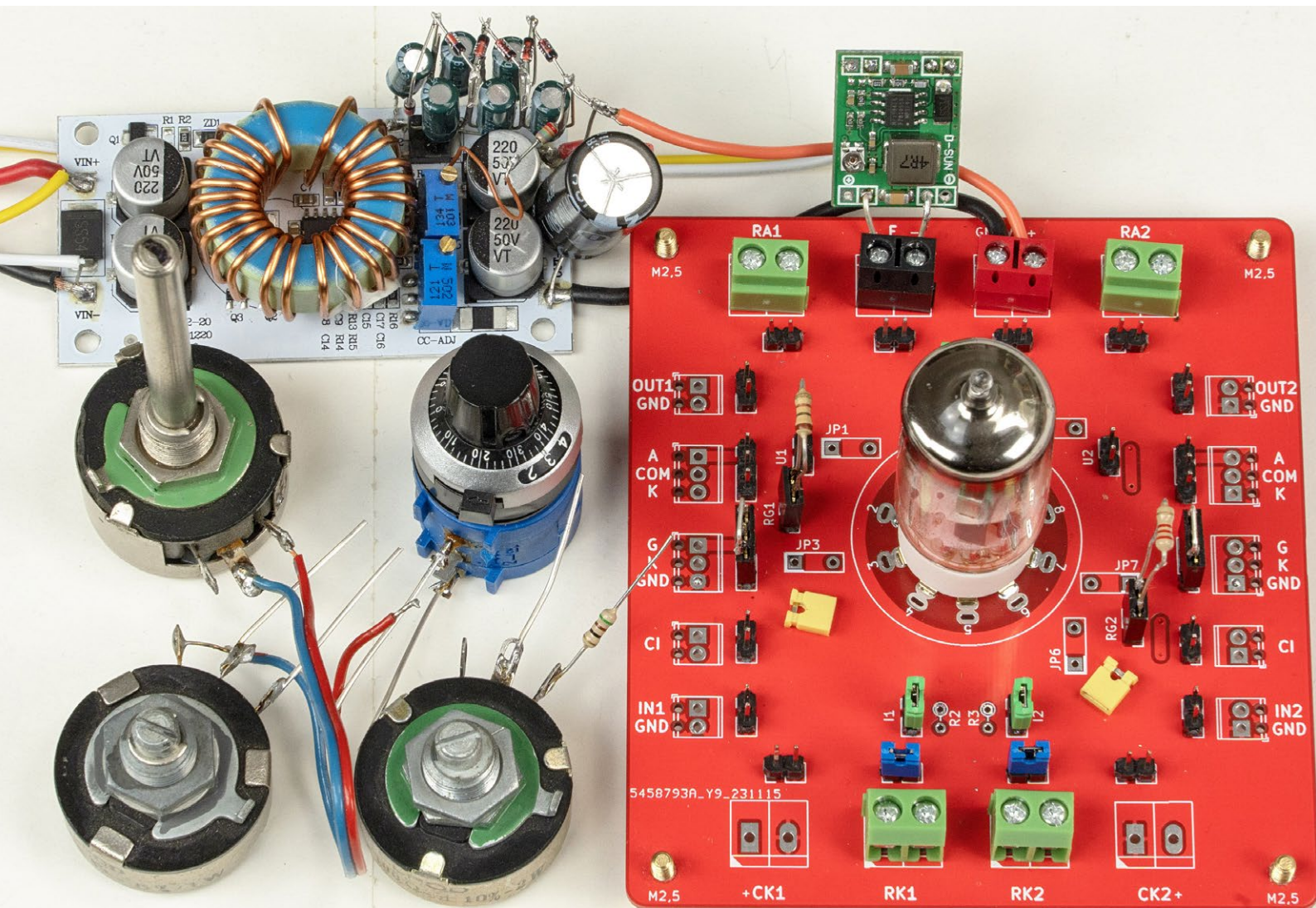
Nie będę tu streszczał zawartości numeru lipcowego. Mam nadzieję, że i Ty znajdziesz w nim wiele cennych informacji. Chciałbym natomiast napisać o swoich planach. Poniższa fotografia przedstawia nową wersję uniwersalnego stanowiska do testów lamp – triod. Projekt planuję jako artykuł okładowy następnego numeru.

W następnym wydaniu będzie rozwiązanie konkursu dotyczącego wyposażenia pracowni elektronika. Zapowiada się niezwykle interesująca, praktyczna seria artykułów „warsztatowych”, w tym dotycząca lutownic o zaskakujących parametrach, a to w związku z nawiązaniem współpracy z firmą YATO. Otrzymane modele do testów mocno mnie zaskoczyły. Szczegóły za miesiąc.

Zacząłem też intensywne prace nad planowaną od dawna Radiową Oślą Łączką. Zadanie polegające na przystępnym i zrozumiałym przedstawieniu zagadnień „radiowych” jest naprawdę bardzo trudne. Między innymi dlatego, że przeszkadzają powszechne fałszywe wyobrażenia. Dlatego zaczynam nietypowo, od rozprawienia się z fałszywymi wyobrażeniami na temat... prawa Ohma.

Pozdrawiam serdecznie!

Piotr Górecki



Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników



W tej rubryce przedstawiane są fragmenty listów Czytelników dotyczące naszego wspólnego czasopisma. Jeżeli jesteś Patronem, wyślij „Wiadomość” ze strony głównej [mojego profilu Patronite](#). Jeżeli z sobie znanych powodów nie masz jeszcze konta Patronite, możesz przysłać e-mail na adres: kontakt@piotr-gorecki.pl. Także i Ty możesz mieć realny wpływ na postać i zawartość czasopisma albo po prostu podzielić się opinią co do czasopisma, strony internetowej oraz na dowolne tematy związane z szeroko pojętą elektroniką.

Poniżej fragmenty ostatnio nadesłanych listów.

Witam,

Panie Piotrze, od jakiegoś czasu śledzę Pana twórczość i staram się choć trochę „zrozumieć elektronikę”, oderwać się czasami od komputera (moja codzienna praca) i porobić coś manualnie, jak za starych dobrych lat: 25–30 lat temu było to modelarstwo.

Nie będę ukrywał, że czasem przebiega mi przez głowę myśl, czy nie dało by się jeszcze przebranżowić i ograniczyć choć trochę patrzenie w monitor... I tutaj rodzi mi się mnóstwo pytań odnośnie elektroniki i możliwości pracy w branży, przyszłości.

Takim może słowem wstępu... w czasach kiedy moje roczniki wybierały się na studia, modne były stosunki europejskie, ekonomie, psychologię. Po 10 latach okazało się, że to świetny sposób na bycie bezrobotnym, patrząc na obecny, szeroko reklamowany jako eldorado, rynek IT myślę, że tutaj może być podobnie za jakiś czas, a do łask wrócą „manualne” zawody, usługi od spawacza czy szewca po... no właśnie, elektronika?

Jak Pan widzi przyszłość branży i miejsce elektronika czy nawet elektryka za kilka lat?

Jakie widzi Pan możliwości rozwoju i pracy pod kątem sztucznej inteligencji?

Ścieżek jest zapewne wiele, od pracy gdzieś w fabryce przy taśmie po własny warsztat, serwis, a może i jakąś małą, własną manufakturę czy biznes opierający się na podzespołach z Chin – czy możliwe jest wtedy życie i zarobki na poziomie np. takiego programisty?

Wiele z tych tematów mógłbym rozwinąć, ale nie wiem, czy będzie miał Pan czas na ścianę tekstu. Bardzo ciekawią mnie jednak Pana przemyślenia, bo mi coś podpowiada, że manualna praca może wrócić do łask (co chyba i dzisiaj widać po usługach: fryzjera, mechanika, stolarza itp.). Może byłoby to ciekawym

tematem na odcinek na YouTube, a może nawet serię odcinków?

Pozdrawiam

Piotr

Piotr poruszył bardzo interesujący problem! Być może jeden z filmów poświęcę takiemu tematowi, choć w kolejce czekają inne, „bardziej merytoryczne”. A na razie zachęcam i Piotra, i wszystkich innych zainteresowanych tematem – przedstawcie swój punkt widzenia i swoją opinię! Zapraszam!

Dzień dobry,

zwracam się do Pana z ogromną prośbą o pomoc w sprawie: jakim max. napięciem wejściowymysterować TDA7294. Jestem amatorem i chcę synowi zbudować wzm. Ale nigdzie nie mogę znaleźć tego parametru. Za pomoc będę bardzo Panu wdzięczny.

Pozdrawiam

Adam

Trzeba zacząć od końca. Od napięcia zasilania wzmocniacza. Jest symetryczne, przypuśćmy, że wynosi ± 35 V. Druga sprawa to wzmocnienie – typowo, według karty katalogowej, rezystory sprzężenia zwrotnego mają 22 kiloomy i 0,68 kilooma, więc wzmocnienie wynosi około 33 razy. A to znaczy, że na wejście dla pełnegoysterowania trzeba podać sygnał zmienny o amplitudzie 1 V (międzyszczykowej 2 V), czyli o wartości skutecznej około 0,71 V, czyli około 0 dBu.

Dzień dobry,

w czerwcowym numerze ZE pisze Pan o zamiarze zainteresowania się tematem EMC. Kilka lat temu chciałem zobaczyć w których miejscach przetwornica

emituje zakłócenia. Wydawało mi się to proste; pętla o średnicy około dwóch centymetrów na końcu ekranowanego przewodu powinna załatwić sprawę. To oczywiście działało, ale zakłócenia bardzo utrudniały lokalizację źródła. Jak wyeliminować zakłócenia? Oczywiście ekranowaniem. No tak, ale pętla z ekranowanego przewodu z pewnością nie jest rozwiązaniem. A gdyby ekran przeciąć tak, aby przechodząca przez pętlę składowa magnetyczna pola indukowała napięcie, a szczelina w ekranie była na tyle mała, aby nie zbierała zakłóceń z całego wszechświata? Pętla powinna być niewielka, aby umożliwiała w miarę dokładną lokalizację. W konsekwencji użyty kabel powinien być cienki – standardowy RG58 nie przyda się. Użyłem przewodu z piankowym dielektrykiem podarowanego przez kolegę, który zajmuje się magią. Czyli układami wysokiej częstotliwości. Naprawdę wysokiej.

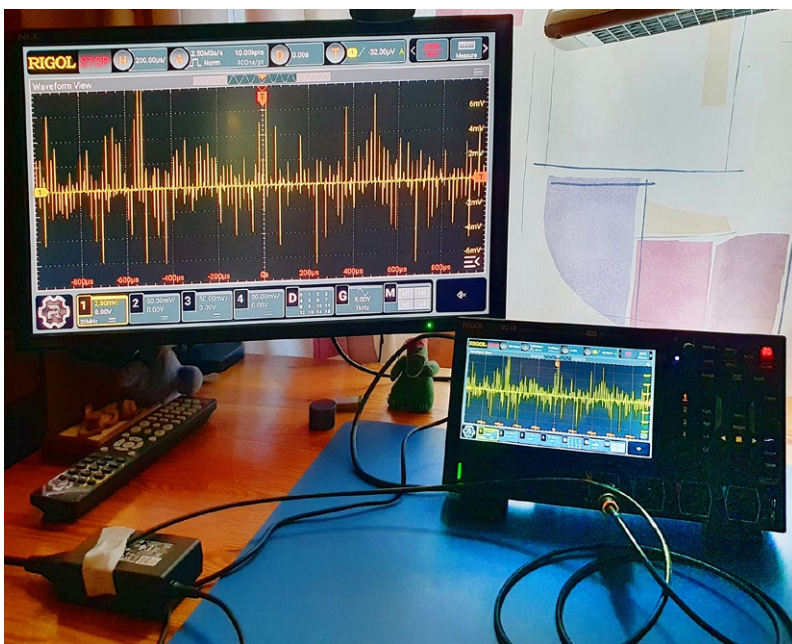
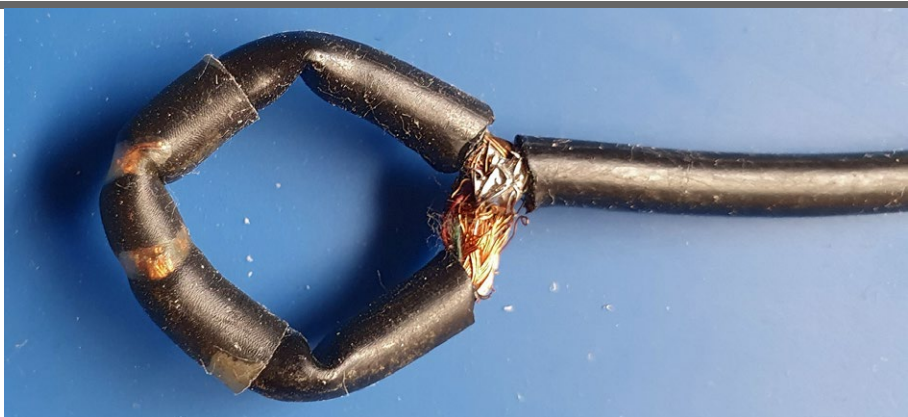
Zrobiłem to tak: odizolowałem przewód ekranowany zdejmując izolację zewnętrzną oraz izolację żyły środkowej i zlutowałem wszystko razem. Niecałe 3 cm od końca zdjęłem izolację zewnętrzną i usunąłem około milimetra opłotu, bardzo uważając, aby nie uszkodzić izolacji żyły środkowej. Trzeba to zrobić starannie, aby przerwa była jak najwęższa, a przy tym aby żaden z drucików opłotu nie spowodował zwarcia. Aby ustabilizować druciki opłotu naniosłem kilka kropli kleju, po czym założyłem w miejsce przecięcia opłotu fragment izolacji zewnętrznej usunięty z tego miejsca. W końcu na całość założyłem niewielki kawałek rurki termokurczliwej. Potem, z grubszą 25 mm od miejsca przecięcia opłotu, usunąłem izolację zewnętrzną i przylutowałem tu koniec przewodu z połączonym opłotem i żyłą wewnętrzną. Rezultat widać na fotografii 1. Na fotografii 2 pokazałem efekt przyklejenia plasterkiem tak zbudowanej sondy do zasilacza oscyloskopu DHO924 S (można tu też zobaczyć rezultat podłączenia wyjścia HDMI oscyloskopu do zewnętrznego monitora).

Prawdziwa zabawa zaczyna się jednak dopiero przy własnoręcznie zbudowanej przetwornicy – można zobaczyć skąd emitowane są zakłócenia, a przy okazji rozbudować wyobraźnię, jak układu się pole wokół przewodu. Ale tego opisać się nie da, trzeba to dotknąć własną ręką i zobaczyć własnymi oczyma.

Pozdrawiam serdecznie

Paweł Pawłowicz

Paweł przysłał też dwie fotografie. Jeżeli chodzi



o mnie, to temat pomiaru zakłóceń czeka w kolejce. Jak na razie czeka zakupiony w tym celu analizator TinySA i oscyloskopy o zasilaniu bateryjnym. Temat jest ogromnie ważny, ale najdelikatniej mówiąc niełatwy, niemniej w miarę możliwości warto poeksperymentować.

Dzień dobry,

wykorzystuję jako zasilacz chińską przetwornicę z małym wyświetlaczem, trzema małutkimi przyciskami i z małutkim pokręteł – RD DPH3205 :) Zaleta to precyzyjne nastawy i wskazania napięcia oraz prądu. Niestety trzeba do niej dołożyć swoje źródło zasilania – ja dałem stary zasilacz od Xboxa. Także napędzam przetwornicę przetwornicą, jest to razem dość nieporęczne.

Widzę na zdjęciach z artykułów, że używa Pan kilku różnych zasilaczy, m.in. Korada z pamięcią programów. Zastanawiam się właśnie nad dwoma typami – klasyczny z dwoma pokrętłami: napięcie i prąd, czy taki z pamięcią i jednym pokręteł z koniecznością przełączenia między napięciem i prądem. Do drugiej opcji trzeba trochę dopłacić, pytanie czy warto?

1. Czy pamięć nastaw jest w ogóle przydatna?

2. Czy obsługa jednym pokręteł napięcia i prądu nie jest kłopotliwa, niewygodna?

3. Na pewno zaletą jest dodatkowy przycisk on/off, odłączający jedynie wyjście zasilacza, a nie cały zasilacz. Podczas włączania klasycznego zasilacza, mając na wyjście podpięty układ, można coś sobie uszkodzić, ze względu na to, że przez krótki moment po włączeniu, zasilacz musi ustalić napięcie na wyjściu i do tego czasu ewentualna szpilka napięciowa może wyrządzić krzywdę. Osobiście nie uszkodziłem nic w ten sposób, choć zdarzało mi się włączać i wyłączać zasilacz głównym wyłącznikiem bez odpinania zasilanego układu.

Liczę się z tym, że w natłoku obowiązków i wiadomości mój dość mało istotny mail może nie doczekać się odpowiedzi, choć przyznam, że kilka maili już z sukcesem udało mi się z Panem wymienić, co mnie zawsze bardzo cieszyło.

Serdecznie pozdrawiam

Wojciech Kamiński

Wojciech poruszył bardzo ważną kwestię! Jakości zasilania oraz wygody obsługi zasilaczy. Jeżeli chodzi o jakość zasilania, to jeśli tylko finanse pozwalają, należy kupić zasilacz z klasycznym, ciężkim transformatorem. A nie z przetwornicą impulsową. Przy zakupie warto się upewnić, czy to aby nie jakaś „wersja impulsowa”.

Jeżeli chodzi o pokręta, to kwestia gustu, przyzwyczajęń i potrzeb. Mnie pasuje jedno pokrętko, dość duża rozdzielczość nastawiania „cyfrowego” i kilka pamięci. Dla mnie ważna jest rozdzielczość i dokładność pomiaru prądu (minimum 1 mA, lepiej 0,1 mA).

Korad KA3005 z ciężkim transformatorem to ekonomiczny, sprawdzony model zasilacza, który może pełnić rolę zasilacza laboratoryjnego. Kupując zasilacz do pracowni trzeba zwrócić uwagę na jego masę (wagę) – czym cięższy, tym lepszy.

Planuję kolejne artykuły i filmy na temat rozmaitych zasilaczy do pracowni elektronika. Temat wyboru fabrycznego zasilacza do pracowni jest na liście „do zrobienia”. A na razie zapraszam Czytelników: może i Ty zechcesz w e-mailu (kontakt@piotr-gorecki.pl) podzielić się opinią i doświadczeniami dotyczącymi zasilaczy? Zapraszam!

Szanowny Panie,

od czasu upadku EdW i późniejszego Pańskiego zaangażowania w dalsze szerzenie wiedzy, jestem stałym obserwatorem Pańskiego kanału na YouTube oraz strony Internetowej.

Chciałbym zacząć prenumeratę czasopisma oraz wspierać Pana finansowo, ale niestety nie posiadam konta na Patronite i jeśli nie jest to konieczne nie odczuwam potrzeby jego tworzenia. Nie lubię podawać jakichkolwiek danych bankowych na stronach, na których nie jest to bezwzględnie konieczne.

Proszę więc o informację, czy jest możliwe wsparcie w innej formie, np. przez przelewy na konto bankowe. Ustawiłbym w takim przypadku automatyczne, cykliczne przelewy.

Z poważaniem

Miłosz

Tak, jest to możliwe. Zainteresowani niech śmiało napiszą do mnie e-mail (kontakt@piotr-gorecki.pl).

Dzień dobry,

czy zostając patronem mam dostęp do czasopisma tylko od numeru bieżącego, a wydania archiwalne muszę sobie dokupić?

Z góry bardzo dziękuję za odpowiedź.

Pozdrawiam

Grzegorz

Nowy Patron otrzymuje gratis jeden numer poprzedni (z poprzedniego miesiąca) oraz numer „zerowy” z grudnia 2022. Wszystkie szczegóły na stronach: <https://patronite.pl/post/48548/numery-biezace-i-archiwalne-nie-tylko-dla-patronow>
<https://piotr-gorecki.pl/n11-poprzednie-numery-ze/>

Dzień dobry,

(...) Bardzo podoba mi się ta forma wydawania czasopisma, no i oczywiście zawartość merytoryczna. Takiego pisma zdecydowanie brakowało. Na pewno będę zgłaszać się po kolejne numery.

Jako początkujący elektronik mam pomysł na cykl artykułów. Chodzi mi o analizę i dokładny opis przykładowych schematów działających urządzeń. Na przykład pokazany jest schemat wzmacniacza lampowego PP i dokładny opis działania oraz do czego służą poszczególne elementy i z czym się wiąże zmiana ich wartości. Szukałem czegoś podobnego na Internecie i niestety nie znalazłem. Wszędzie pokazuje się działanie elementów na małych fragmentach układu, a to nie daje pełnego obrazu, zwłaszcza dla początkujących.

Nie wiem czy to dobry pomysł i czy Czytelnicy byliby zainteresowani. Mam nadzieję, że tak.

Pozdrawiam

Tomasz

Co o tym sądzisz? Jakie konkretnie układy, schematy należałoby omówić?

Dzień dobry,

przeczytałem Pana cykl wykładów o kondensatorach i odświeżyłem sobie nieco wiedzę ze szkoły. Bardzo przydatna seria, choć temat oczywiście nie został wyczerpany.

Po przeczytaniu artykułów wpadłem (zapewne nie ja jeden) na pomysł wymiany elektrolitycznych kondensatorów

w zwrotnicy kolumny na polipropylenowe kondensatory rozruchowe.

Wiem, że niektórzy słyszą napisy na kablach i kondensatorach, ale czy jakieś konkretne parametry kondensatorów rozruchowych są przeciwwskazaniem do ich stosowania zamiast dedykowanych kondensatorów audio? (Pomijam bipolarne elektrolity bo te za pewne są zdecydowanie gorsze...)

Pozdrawiam

Cezary

Odpisałem, że na pewno warto spróbować, a jeszcze lepiej porównać różne wersje. Można wykorzystać polipropylenowe przeciwzakłócenio-we (są naprawdę dobre), a można kupić coś niedrogiego na Aliexpress. Ja kupowałem w tych sklepach:

<https://pl.aliexpress.com/item/1005004913177682.html>

<https://pl.aliexpress.com/item/1005004404344791.html>

W ZE było kilka artykułów o ślepych testach audio <https://piotr-gorecki.pl/y018-uklady-do-slepych-testow-a-paratury-audio/> <https://piotr-gorecki.pl/o035-jak-przeprowadzic-wiarogodne-slepe-testy/>

Otrzymałem odpowiedź:

Dzień dobry,

dziękuję za szybką odpowiedź i za link do kondensatorów na aliexpresie. Są zdecydowanie tańsze od tego, co chciałem kupić na Allegro (...). Jedyne różnice to mniejsze napięcie przebicia, ale dla kolumny Tonsila Subsat 200 napięcie 250 V wystarczy z zapasem. Testów porównawczych raczej nie przeprowadzę, bo stanowisko pomiarowe mam w dość odległych planach, a słuchowo pewnie nie odróżnię.

Przeczytałem linki i pomyśl z „ocieplaczem” lampowym jako załączanym elementem toru. Wydaje się to rozsądną alternatywą dla absurdalnych pomysłów „superwzmacniaczy” lampowych. Wzmacniacze lampowe to pozostałość po latach 60., gdy wzmacniacze tranzystorowe o „niemierzalnych” zniekształceniach przegrywały 100 na 100 we wszelkich testach odsłuchowych z dobrymi wzmacniaczami lampowymi o zdecydowanie większych THD, węższym paśmie, gorszych szumach etc.

Zjawisko w latach 70. wyjaśnił i opisał Fin Ottala i nadał mu nazwę TIM (Transient Intermodulation Distortion). Pan Ottala opisał też szczegółowo, jak zredukować te zniekształcenia do poziomu niesłyszalnego (w badanych wzmacniaczach dochodziły do 100% !) i dziś dobrze wykonane wzmacniacze mają te zniekształcenia całkowicie niesłyszalne. I w każdym aspekcie brzmienie (dobrych!) wzmacniaczy tranzystorowych jest bardziej bliskie oryginału niż wzmacniaczy lampowych.

Ale wzmacniacze lampowe wnoszą swoje zniekształcenia które ludzie odczuwają jako „ocieplenie”.

Jeśli ktoś to lubi i chce mieć na stałe to OK, ale gdy ktoś wmawia Klientowi, że wzmacniacz lampowy ma

lepsze parametry od tranzystorowego i dlatego musi kosztować 10 czy 100 razy więcej, to delikatnie mówiąc wprowadza klienta w błąd.

Gdyby był Pan zainteresowany artykułem na temat zniekształceń TIM (przyczyny, pomiary, przeciwdziałanie) to mogę coś w miarę rzetelnego napisać, bo dawno, dawno temu na ten temat popełniłem pracę magisterską :)

Pozdrawiam

Cezary

Propozycja artykułu jest znakomita – bardzo chętnie poczytamy o zniekształceniach TIM i o zbyt małej szybkości wzmacniaczy. A gdyby Autor e-maila lub ktoś inny przeprowadził testy brzmienia kondensatorów, a warto, to zapraszam do opisanie ich w naszym wspólnym czasopiśmie ZE.

Dzień dobry,

Panie Piotrze chciałbym zaproponować tematykę projektu, taką trochę wbrew trendom, czyli odbiornik radiowy na fale długie. Powody:

1. Cały czas mamy solidny działający nadajnik.

2. Przeciwstawienie się trendom, ~90% radiowej chińszczyzny ma tylko fale średnie, na których nic w kraju nie ma do słuchania.

3. Taki odbiornik mógłby na europejskich wyjazdach stanowić off-line'owy łącznik z krajem.

Mógłby to być jeden odbiornik, lub może nawet seria odbiorników, np.

– prosty,

– wypasiony, (znaczy o możliwie najlepszej czułości i selektywności), taki do „badania” granic zasięgu :-),

– odbiornik bez strojenia, na stałe zestrojony na 225 kHz, czyli Warszawa 1.

Niestety, poza sentymentem do „starej dobrej” radiofonii i pomysłem niewiele mogę pomóc, bo radiówka nie jest moją mocną stroną.

Pozdrawiam serdecznie

Marcin

Odpisałem, że to dobry pomysł i że myślę o tym w kontekście „Radiowej Osłej Łączki”. Przede wszystkim o odbiorniku detektorowym, bez zasilania, ale i o innych, bardziej rozbudowanych. Marcin napisał:

O odbiorniku detektorowym nie wspominałem, bo miałem na myśli bardziej praktyczne rozwiązania, ale faktycznie odbiornik detektorowy jest najbardziej „czarodziejsko/magiczny” i chyba przez to oraz swoją prostotę ma duży walor edukacyjny.

W części teoretycznej artykułu można by też nawiązać do popularnych na przełomie wieków pasywnych sygnalizatorów dzwonienia telefonu z ledami (tu i tu korzystamy tylko z energii fal EM).

Pozdrawiam

Marcin

Radiowa Ośła Łączka pomału rusza. Ale nie zaczynamy od odbiorników radiowych. Radiową Ośłą Łączkę zaczynamy od... rozprawienia się z prawem Ohma.

Dzień dobry,

czy są jacyś poważni polscy producenci układów scalonych? Do roku 1994 mieliśmy CEMI (<https://pl.wikipedia.org/wiki/CEMI>), a teraz to nie wiem?

Trendy w dzisiejszych niepewnych czasach są chyba takie, że powoli odwracamy się od globalizmu w stronę własnej produkcji (a przynajmniej takie powinny chyba być?).

Ewentualnie, czy jest jakaś „ścieżka” technologiczna (od prostszych układów do coraz bardziej skomplikowanych), którą moglibyśmy przejść, żeby dorobić się własnego mikroprocesora? Tacy np. Rosjanie produkują własne ARM-y (https://en.wikipedia.org/wiki/Baikal_CPU choć jako „fabless” lub https://en.wikipedia.org/wiki/ELVEES_Multicore) pomimo światowych sankcji gospodarczych. To chyba my, z w miarę swobodnym dostępem do czołowych zachodnich uniwersytetów, dotacjami na naukę itp, powinniśmy nie być gorsi?

Z wyrazami szacunku

Przemysław

Witam,

jestem stałym czytelnikiem (...) czas leci i są zmiany. Nie zawsze na lepsze. U mnie zeszły rok zleciał na nowej pasji (krótkofalarstwo). Nauka podstaw, przygotowania do egzaminu i otrzymanie licencji. Dopiero w grudniu ub. roku dołączyłem do grona patronów ZE. Kilka razy próbowałem pobrać pismo, ale się nie udało. Dopiero na dniach przysiadłem i przy pomocy administratora platformy dzisiaj udało mi się zalogować i pobrać ZE (...)

(...) Dziękuję, otrzymałem linki do zaległych numerów ZE i więcej. Ostatnio zajmuję się zasilaczami do nadajników krótkofalowych. Potrzeba 20–30 A przy 13,8 V. Podkręciłem kilka zasilaczy serwerowych, ale mam problemy z zakłóceniami przy odbiorze na niskich pasmach HF. Próbuje różnych filtrów na zasilaniu i wyjściu. Równocześnie zacząłem budować zasilacz liniowy. Jak będę miał sukcesy, mogę się podzielić opisami ze zmagani z zasilaczami serwerowymi. Na obudowy wykorzystuję panele z szaf 19, w przeciwieństwie do Pana Andrzeja Pawluczuka z ZE 5/24 gotowe fabryczne. Do sprzętu krótkofalarskiego wykorzystuję ramy szaf serwerowych 19". Dzięki nim całość jest stabilna i można umieścić całość na półce lub w segmencie meblowym. Można wykorzystać do pracowni na zasilacze, sprzęt pomiarowy stosując ramy 10".

Pozdrawiam

Bogdan

Temat zasilaczy serwerowych jest bardzo interesujący! Zapraszam Autora do napisania artykułu o swoich doświadczeniach, począwszy od kwestii ich włączania. Wskazówki są tu: <https://piotr-gorecki.pl/x030>

Witam,

zainteresowałem się trochę elektroniką i elektryką i powiem, że robię postępy. Na razie tworzę proste układy elektroniczne i zbudowałem trójfazową rozdzielnicę elektryczną, z której jestem bardzo zadowolony. Stworzyłem też prosty tester akumulatora, który chyba działa. Uczę się trochę z akademii YouTube'a i zauważyłem że prowadzi pan ciekawe wykłady z elektroniki. W szkole tak nie uczą. Proszę o jakieś proste układy elektroniczne do nauki, np. radio.

Pozdrawiam

Leszek

Oczywiście zachęciłem do lektury czasopisma „Zrozumieć Elektronikę”, gdzie jest sporo prostych układów, w tym radio:

<https://piotr-gorecki.pl/y104-interesujace-uklady-stereofoniczne-radio-fm/>

Ale przede wszystkim odesłałem na moją stronę <https://piotr-gorecki.pl>, gdzie jest mnóstwo materiałów, w tym „Praktyczny Kurs Elektroniki”.

Leszek napisał potem:

Trochę przeglądałem Pana stronę. Podpatruję schematy na YouTube i trochę przeglądam Pana stronę i uczę się lutować proste układy elektroniczne. Proste układy są łatwe i działają, natomiast skomplikowane są trudne i czasem nie działają. (...) Zlutowałem kilka tych testerów i jeden pokazuje, że akumulator jest w 100% naładowany, że wszystkie diody świecą, a powinna świecić tylko dioda zielona. W innym świeci się tylko zielona i żółta. Lutowałem wg takiego samego schematu. Proszę o jakieś wskazówki, aby mogło to normalnie działać. (...)

Co do wskaźnika naładowania, to wskazówki są w numerze czerwcowym w artykule o elektryzacji pojazdu dziecka (i w filmie <https://youtu.be/57FTIrUn3lQ>).

Dzień dobry,

Panie Piotrze, proszę o radę. Zrobiłem system grzania wody przez 24 rury solarowe. Przez kolektor odbiorczy pompowany jest glikol, a przez wymiennik woda, czyli dwie pompki obiegowe (230 V), każda pobiera ok 30 W mocy elektrycznej. Czyli woda nagrzewa się w wymienniku (a nie w zbiorniku) i pompowana jest do górnej części zbiornika, gdzie dzięki rozwarstwieniu utrzymuje się przez kilka godzin. System działa już trzeci sezon. Ale może zdarzyć się wyłączenie prądu w czasie nasłonecznienia i glikol w kolektorze może zagotować się.

Chciałbym tego uniknąć. Zasilanie poprzez UPS z akumulatorem trochę mija się z celem, bo w nocy nie ma potrzeby zasilania układu.

Wydaje się, że sensowne byłoby zasilanie tylko z panelu PV. Ale wszystkie rozwiązania, które znalazłem bazują na ładowaniu akumulatora.

Korzystanie tylko z energii elektrycznej panelu PV zapewnia wytwarzanie energii właśnie wtedy, kiedy świeci słońce, czyli kiedy potrzebna jest cyrkulacja.

W czasach kiedy Pan prowadził EdW, prezentowane były różne projekty przetwornic, a nawet cały cykl o śledzeniu punktu mocy max. W numerze 5/2016 Pan Michał Stach przedstawił projekt przetwornicy, ale o mocy ok. 10 W. No i oczywiście potrzebny byłby konwerter 12/230 V, który również wymagałby jakiegoś zapasu mocy. Zatem potrzebuję rozwiązania (urządzenie komercyjne lub projekt do wykonania), które zapewni zasilanie pomp obiegowych z panelu PV.

Z góry dziękuję za zainteresowanie się moim problemem. Serdecznie pozdrawiam

Marian z Torunia

W tej kwestii chyba niewiele mogę pomóc, bo wygląda na to, że Autor e-maila ma w tej, interesującej wielu, dziedzinie większe doświadczenie praktyczne niż ja. Generalnie są trzy drogi: zakup fabrycznego falownika, wykorzystanie jakiegoś używanego UPS-a (z „pseudosinusoidą”) oraz realizacja własnego falownika z tranzystorami MOSFET lub IGBT. Falownik może dać „czysty sinus”. UPS-y zwykle dają przebieg schodkowy i jest kwestia, czy z uwagi na dużą zawartość harmonicznych silnik nie będzie buczał i się grzał – a to byłoby najprostsze i najtańsze rozwiązanie. Potem otrzymałem informację:

Bardzo dziękuję za odpowiedź. Za Pana radą zapukałem do Voltpolska. Niestety, rozwiązanie, które mają, zapewnia zasilanie o mocy do 4 kW.

Wygląda na to, że trzeba będzie zakasać rękawy. Wyszperałem w starych zakupach EGS002. Dam znać, gdy coś się urodzi.

(...) mam starego UPS-a (SC-420). Eksperymentowałem z nim kiedyś. Daje przebieg łamany (tzw. modyfikowaną sinusoidę), taki jakby podwójny prostokąt, podobny do sygnału TV „super sandcastle”.

Działa na nim wiele urządzeń indukcyjnych, m.in. lutownica transformatorowa, silnik indukcyjny, ale obawiam się, że to rozwiązanie może być dostateczne na doraźne potrzeby. U mnie pompy powinny działać niezawodnie przez lata, i nie spędzać mi snu z powiek.

Mam również inwerter Voltpolska Sinus Pro 500E, on byłby dobrym rozwiązaniem, trzeba by tylko dopasować zasilanie z panelu PV. Muszę rozeznać, jaki panel byłby optymalny do przyjętego rozwiązania i poekspe-

rymentować. Tymczasem system działa zasilany siecią energetyczną. Pozdrawiam

Marian

Jeśli chodzi o EGS002, moduł daje czystą sinusoidę, ale realizacja całości jest dość trudna.

Na dużo łatwiejsze wygląda wykorzystanie Sinus Pro 500E, bo tam chyba wystarczy przetwornica obniżająca napięcie panelu FV do 12 woltów. Potrzebny prąd będzie dość duży, więc raczej nie będą to panele „12-woltowe”, tylko panele o wyższym napięciu i przetwornica. Albo kilka mniejszych paneli i kilka niedużych przetwornic obniżających, pracujących równolegle.

Temat jest bardzo atrakcyjny – jeśli Autor się do tego „dotknie”, to bardzo chętnie widziałbym opis sukcesów i porażek jako artykuł w „Zrozumieć Elektronikę”!

Dzień dobry,

czy może mi Pan doradzić jak zbudować układ (może użyć gotowego modułu, płytki), który będzie zasilany z baterii 7,4 V, po zwarcu styku „start” da na wyjściu 1 impuls 5 V / 20 mA o czasie między 20 a 50 ms (regulowany). Ten jeden impuls będzie niezależnie od tego jak długo będzie naciśnięty styk „start”. Następny impuls Start będzie możliwy dopiero po naciśnięciu (rozwarciu) przycisku „reset”. Bardzo proszę o jakąkolwiek sugestię, poradę.

Pozdrawiam i gratuluję świetnych filmów na YouTube.

Z poważaniem

Jarek

Odpisałem, że prawdopodobnie potrzebny byłby stabilizator 5 V LDO i jakiś prosty układ CMOS (prawdopodobnie wystarczą 4 bramki NAND „ze szmitem”, czyli CMOS 4093 albo 74HC132).

Niestety, ja mam zbyt mało czasu, żeby się tym zająć, ale jeżeli sprawa nie jest pilna, to można byłoby to przedstawić jako zadanie konkursowe w moim czasopiśmie (w najbliższym numerze). Autor powinien tylko dokładnie opisać, co to ma być i jak ma działać. Między innymi zakres napięć zasilania (od ... do) i sprecyzowanie funkcji. Czy mają być dwa przyciski? Czy (drugi?) przycisk „reset” rzeczywiście ma coś rozwierać? Może przydałby się jakiś rysunek.

Czekam na takie sprecyzowanie szczegółów – wtedy zadanie mogłoby się ukazać w cyklu „Wspólnie projektujemy”. Zapraszam też innych. Może i Ty zechcesz zaproponować jakiś niezbyt skomplikowany układ do zaprojektowania i zrealizowania?

Niezbyt skomplikowany i niezbyt trudny, żeby w rozwiązaniu mogło wziąć udział więcej osób. Poniżej pokrewna prośba, ale nieporównanie trudniejsza.

W grę wchodzi temat ogromnie ważny i popularny, a mianowicie odnawialne źródła energii. Zaczęło się od komentarza do mojego filmu na YT, gdzie pojawiła się propozycja, bym odpłatnie zaprojektował pewien układ. Potem przyszedł e-mail:

Witam serdecznie,

temat dotyczy sterownika do przydomowej (tzw. poziomej) elektrowni wiatrowej o mocach od 500 W do 5 kW (być może w przyszłości do 10 kW) – czyli w uproszczeniu zespołu elementów, które umożliwią pobieranie mocy w sposób proporcjonalny do mocy generowanej przez wiatr w danym momencie. Same turbiny w 99,9% przypadków są prądnicami trójfazowymi o wzbudzeniu magnesami stałymi (neodymowymi) o nominalnych napięciach międzyfazowych (w zależności od modelu) 12, 24, 48, 96 i 220VAC. Idealny sterownik generowałby na wyjściu napięcie stałe (ale regulowane) w zakresach 25–30 VDC oraz 48–60 VDC w celu ładowania niskonapięciowych magazynów energii zbudowanych z ogniw kwasowych, li-ion oraz lifepo4, które co do zasady mają właśnie takie napięcia. Sterowanie odbiorem mocy mogłoby się opierać na częstotliwości (wynikającej z obrotów turbiny) bądź na wzroście napięcia, który jest liniowo zależny od obrotów (przynajmniej tak wynika z moich pomiarów wykonanych na kilkunastu modelach turbin).

Moc oddawana po stronie DC (a dokładnie jej ilość) mogłaby polegać na wypełnieniu impulsów przetwornicy. Być może warto by się zastanowić nad modularnością takiego systemu tak, żeby dobierać odpowiednie moduły do układu w zależności od mocy turbiny, jej nominalnego napięcia pracy oraz napięcia wyjściowego. Ważnym czynnikiem jest również zdolność 2–3-stopniowego wyhamowania elektrowni w przypadku przekroczenia zadanego napięcia (z reguły jest to około 30% powyżej nominalu) za pomocą podpięcia obciążenia np. oporowego (grzałka w bojlerze lub grzałka powietrzna).

Układ może być zbudowany albo od podstaw, albo z wykorzystaniem gotowych modułów istniejących na rynku (w tym alibaba/aliexpres/allegro, itp.) oraz możliwy do wykonania/poskładania dla średnio ogarniętego, ale w miarę manualnie sprawnego zjadacza chleba. Przy czym koszt podzespołów nie powinien przekroczyć 1500 zł dla turbiny 2 kW, bo to granica opłacalności pomiędzy dobrym sterownikiem odzyskującym 90% mocy możliwej do odzyskania (jaki mam nadzieję byłby Pan w stanie zaprojektować), a tanim chińskim, ale mającym sprawność odbioru około 50% i często powodującym nadmierne wyhamowanie poprzez odbiór mocy z koła zamachowego, jakim jest wirujące śmigło.

Mam nadzieję, że dość jasno opisałem wstępne założenia. Jeśli jest Pan zainteresowany to po pierwsze, jestem skłonny zapłacić za taki projekt (oczywiście po uzgodnieniu jego kosztu) oraz po drugie, wyrażam bezterminową zgodę na jego publikację w Pana czasopiśmie oraz w serwisie YT i na każdym innym polu wykorzystania na jakim kiedykolwiek będzie Pan publikował dla szerszego grona odbiorców – przy czym jestem w stanie rozpropagować Pana omówienie takiego projektu w postaci filmu na Pana kanale YT po wszelkich znanych mi forach/grupach/komunikatorach, na których wymieniają się swoimi doświadczeniami ludzie zainteresowani instalacją lub już użytkujący swoje turbiny – być może powstałaby z tego jakaś seria artykułów w czasopiśmie i filmów na YT, co zapewne zwiększy Panu oglądalność – i posłuży rozpowszechnieniu wiedzy.

Pozdrawiam serdecznie

Wojciech

Temat jest bardzo interesujący! Jednak jest to zadanie dla zespołu specjalizowanych konstruktorów na kilka miesięcy pracy. W sumie chodzi o zaprojektowanie zaawansowanego, specjalizowanego kontrolera MPPT.

Jednak z kilku względów nie nadają się tu kontrolery MPPT do fotowoltaiki, choć podstawowa zasada działania, czyli szukania punktu maksymalnej mocy, jest ta sama. Żeby to był dobry kontroler, trzeba przeprowadzić mnóstwo praktycznych, długotrwałych testów i opracować algorytm odpowiedni dla danej turbiny (o określonych parametrach). Spróbuję opublikować w czasopiśmie artykuł lub artykuły na ten temat. Autor propozycji odpisał:

Dzień dobry,

chyba za bardzo profesjonalnie Pan do tego podszedł! To ma być proste rozwiązanie operujące na zasadzie np.:

- zakres napięcia <35 V → działanie A (np. brak obciążenia),*
- zakres napięcia 35–45 V → działanie B (np. przełączenie na przetwornicę step UP,*
- zakres napięcia 45–55 V → działanie C (np. połączenie bezpośrednie do baterii),*
- zakres napięcia 55–65 V → działanie D (np. przełączenie na przetwornicę step DOWN),*
- zakres napięcia >65 V → działanie E (włączenie pierwszego stopnia hamowania) (...).*

Odpowiedziałem, że takie proste rozwiązanie niestety nie zadziała. Autor podchodzi do zagadnienia w sposób zdroworozsądkowy i niewątpliwie ma cenne doświadczenie praktyczne. Prosty sterownik nie będzie miał optymalnych właściwości,

a chodzi o to, żeby wykorzystać mizerne w sumie ilości energii uzyskiwane z turbiny. Niestety, praktyczne właściwości turbin wiatrowych są bardzo specyficzne. Tak łatwo się nie da zrobić dobrego sterownika!

Wyjaśnienie przyczyn jest dość skomplikowane. Najprościej biorąc problem w tym, że przy jakimś danym wietrze można uzyskać praktycznie dowolne napięcie. Napięcie zależy od obrotów, a obroty od obciążenia, czyli w sumie od poboru prądu wyjściowego. Chodzi o sterownik (przetwornicę impulsową), który tak reguluje pobór prądu, żeby „wyciągnąć” z prądnicy maksimum energii, żeby nic się nie marnowało. A mamy tu co najmniej dwa zmienne parametry: napięcie i prąd, czyli jakąś moc. Celem jest stworzenie kontrolera MPPT, czyli sterownika, który pozwoli uzyskać maksymalną moc elektryczną dostępną przy danym wietrze. A wtedy napięcie to nie wszystko. Nie tylko trzeba mierzyć napięcie, ale także i moc, a do tego jakoś szukać punktu mocy maksymalnej przy danym wietrze, a ten często zmienia prędkość. Oznacza to, że punkt maksymalnej mocy wędruje po charakterystyce systemu, i to dużo szybciej, niż w systemach fotowoltaicznych (m.in. dlatego do wiatraków nie nadają się kontrolery FV).

Ten interesujący, ważny, ale niełatwy temat zgłosiłem też do **Michała Stacha** z Kamionki Małej (znanego wszystkim Czytelnikom dawnej EdW), który od dawna zajmuje się praktycznie tematem fotowoltaiki i turbin wiatrowych. Przedstawił on bardzo prostą propozycję mostka i akumulatora bez żadnego kontrolera:

Dzień dobry,

przeczytałem od początku i same założenia są już dyskusyjne. Wiatr nie jest laminarnym przepływem powietrza, a co za tym idzie, wymienione fazy pracy turbiny nachodzą na siebie. Przez większą część roku i tak wieje na tyle słabo, że pracujemy na początku charakterystyki i należy umiejętnie przechodzić z biegu luzem na podbieranie energii. Natomiast wszyscy przechodzą do skrajności jaką jest awaryjne hamowanie (marnowanie) energii. Z wieloletniej obserwacji wynika, że wichury owszem, kończą żywot turbin, ale poprzez zawalenie się całej konstrukcji z masztem, albo przez uderzenie innym niesionym obiektem w łopatkę.

Na początek można zaproponować użycie mostka 3 F 100 A i obciążenia w postaci aku na napięcie połowy znamionowego turbiny.

Wbrew pozorom nie jest to takie głupie rozwiązanie: do napięcia aku turbina kręci się luzem (słaby wiatr). Później obciążana jest prądowo (średnie i silne wiatry), a przy nowym (pojemnym) aku nie rozkręci się ponad bezpieczną wartość. Do tego warto dodać power log-

ger aby przekonać się jak tej energii jest mało :(

Moja turbina loguje się tutaj: <https://pvmonitor.pl/user.php?idinst=10843#/wi0>.

Pozdrawiam

Michał Stach

Autor pierwotnej propozycji zna praktyczne problemy dotyczące turbin wiatrowych i gromadzenia energii, dlatego napisał:

Dzień dobry,

metoda z akumulatorem jest jak najbardziej OK, ale pod warunkiem, że jest to akumulator kwasowy, który z założenia nie nadaje się do długotrwałej pracy cyklicznej – przy lifepo4 to już nie jest takie proste

Drugą wadą jest to, że akumulatory kwasowe wydzielają wodór, co niekoniecznie powinno się dziać w domu. Tak, wiem, można stosować odpowietrzanie z wyrzutem na zewnątrz – miałem i działa.

Co do kwestii napięciowego sterowania odbiorem mocy, to ono jak najbardziej działa i to znacznie lepiej, niż wersja z akumulatorem (przerobiłem obie).

Co do wykresu produkcji – nie od dziś wiadomo, że 200 m potrafi wiele zmienić w warunkach wiatrowych i oczywistym jest, że nie wszędzie turbina ma sens – powiedziałbym, że sens ma może w 10% gospodarstw domowych.

Mój aktualny sterownik (własnej konstrukcji, choć wzorowany na innych) wykorzystuje sterowanie jak najbardziej napięciowe w 9 zakresach pracy (plus wolny bieg oraz 3 zakresy hamowania), a zaczynałem od 3 zakresów pracy, jednak jest to „ulep”, który nie nadaje się do masowego rozpowszechnienia i powielenia ze względu na dość amatorskie rozwiązania wewnątrz. A zainteresowanych jest bardzo dużo.

Pozdrawiam

Wojciech

Akumulatory to kolejny ważny i naprawdę niełatwy temat. Do intensywnej pracy cyklicznej nie nadają się typowe, najpopularniejsze akumulatory AGM (nazywane zwykle żelowymi), a nadają się akumulatory mokre, mało u nas popularne. A z nowocześniejszymi LiFePO4 sprawa jest złożona. One nadają się do pracy cyklicznej (liczba cykli pracy jest wielokrotnie większa niż w kwasowych), tylko są delikatne i wymagają starannej kontroli. A Michał Stach napisał jeszcze:

(...) Nie wiem, co tutaj dalej radzić...

W teorii można zaproponować obwód z 10. komparatorami i układ dyskryminacji na diodach. Będzie to działać, ale do profesjonalnego rozwiązania daleko.

(...) turbina nie jest stabilnym źródłem zasilania (...)

wiele kontrolerów i inwerterów wiatrowych wymaga zewnętrznego zasilania, chociażby z aku.

Rozrysowałem kiedyś projekt kontrolera wiatrowego opartego na generatorze piły i komparator sterowany napięciem z wiatromierza, a do tego obwód awaryjnego zatrzymania/hamowania na tyrystorze. Wstępnie wyszło mi około 1000 zł, więc odłożyłem projekt na lepsze czasy. Poza tym testy z mostkiem 3 F pokazały, że gra może być nie warta przysłowiowej świeczki. Ale może warto byłoby wrócić do tego projektu?

Obawiam się jeszcze jednego, co słusznie Pan zauważył. Taki projekt roboczogodzinowo to kilkadziesiąt tysięcy zł. Zleceniodawca nie pokryje takich kosztów (...).

Pozdrawiam

Michał Stach

Mój punkt widzenia jest podobny: pracy mnóstwo, a efekt na pewno będzie słabszy, niż wskazywałyby koszty robocizny i elementów. Moim zdaniem – nie ma szans na znaczący sukces. I zleceniodawca za pewne nie będzie zadowolony. Michał napisał też:

(...) Zastanawiam się mocno nad tematem, bo **po-mysł tego typu kontrolera pojawia się nie pierwszy raz. Jednak nikt takiego nie uruchomił, a przynajmniej nie oferuje.** Były różne projekty, w tym przystawek pozwalających dołączyć turbinę do inwertera PV. Jedne działały lepiej, a inne gorzej. Jeśli pomysłodawca dysponuje budżetem na projekt, można by spróbować od wersji 100 W, bo jakoś nie wyobrażam sobie konstruowania od razu wersji 10 kW. Sprawdziałem dzisiaj

w TME triaki na 100 A kosztują po 300 zł... Nie byłby to jednak szybki i tani projekt.

Pozdrawiam

Michał

Warto mieć na uwadze, że gdyby to było możliwe, realne do zrealizowania względnie tanim kosztem, to Chińczycy już by oferowali tego rodzaju niedrogie kontrolery. Wygląda, że dobrych, tanich rozwiązań nie ma. Potrzebne są kontrolery MPPT, ale specjalizowane, dedykowane do turbin wiatrowych. Takie dobre kontrolery nie mogą być tanie. W praktyce będą nieopłacalne.

Zaproponowałem Michałowi, że jeżeli chce coś dobrego zrobić w tej kwestii, to zamiast pracować nad tego rodzaju sterownikiem bez realnej nadziei na sukces, niech raczej opisz swoje dotychczasowe doświadczenia z poprzednich lat. To będzie bardzo cenne i zainteresuje wielu. Michał odpisał:

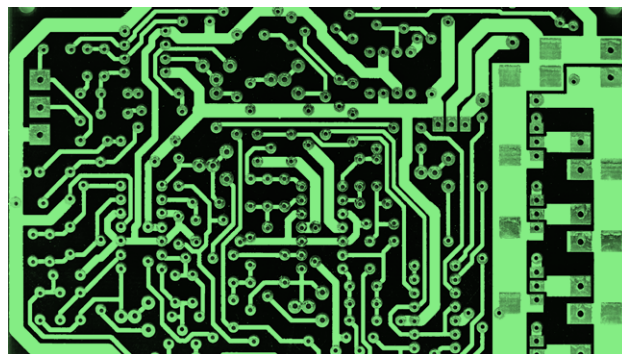
(...) *Dobrze, tak zrobimy, na pewno skorzysta z tego większa liczba osób. Proszę też zainteresować Czytelników tym kontrolerem: <https://pl.aliexpress.com/item/1005005639758735.html> (...)*

Pozdrawiam

Michał

Temat odnawialnych źródeł energii jest bardzo ważny i interesujący. Ale jest trudny i... zazwyczaj nieopłacalny. Warto się tym zajmować, choćby dla ciekawości. Będziemy to robić na łamach ZE, ale ze świadomością licznych ograniczeń.

Rozwiązania Łamigłówek maj 2024



Poniżej przedstawione są rozwiązania łamigłówek, zamieszczonych w numerze majowym (5/2024). Aktualnie ani dla Autorów nadesłanych łamigłówek, ani dla uczestników, którzy je prawidłowo rozwiążą, nie przewiduje się honorariów ani upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie.

Rozwiązanie – Zagadka 2405
Rozwiązanie – Co to jest? 2405

Rozwiązanie – Policz 2405
Rozwiązanie – Co tu nie gra? 2405

Rozwiązanie – Zagadka 2405

W maju postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

*Przed laty powszechnie używane były latarki na baterię „płaską”, czyli 3R12 o napięciu nominalnym 4,5 V. Przykład na **fotografii obok**. Osoby młodsze może nigdy takiej nawet nie miały w rękach, ponieważ dziś bezwzględnie królują latarki z diodami LED. Poniższe zadanie konkursowe nie dotyczy oświetlania, tylko pewnego fundamentalnego problemu praktycznego:*

Dlaczego w takich latarkach powszechnie stosowano żarówki 3,5-woltowe, a nie 4,5-woltowe?

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca maja. Oto rozwiązanie konkursu.

W czasach stosowania latarek na baterie 3R12 były produkowane tylko żarówki E10 o parametrach: 2,5 V/0,3 A, 3,5 V/0,2 A, 6,3 V/0,3 A.

Ze względu na to, że napięcie baterii w krótkim czasie obniżało się poniżej 4,5 V stosowanie żarówki 3,5 V było optymalne pod względem jasności. Ja stosowałem jeszcze żarówkę 2,5 V po spadku napięcia tej baterii do ok. 3 V.

Andrzej Kubiak

Dzień dobry,
stosowano żarówki 3,5 V a nie 4,5 V ponieważ napięcie 4,5 V baterii 3R12 występowało tylko gdy była ona nowa. Po niedługim czasie napięcie spadało wraz



fot. Grzegorz W. Tężycki
CC BY-SA 4.0 DEED

z rozładowywaniem baterii, co powodowało szybkie gaśnięcie żarówek 4,5 V. Zastosowanie żarówek 3,5 V powodowało, że latarka mogła świecić o wiele dłużej. Podniesione napięcie o 1 V nie szkodziło żarówce, a bateria mogła rozładować się bardziej i nie powodowało to spadku jasności (nie mocno).

Pozdrawiam

Emil Kucharski

(...) Tak, pamiętam te latarki, szczególnie u mojej babci, gdzie nie było prądu i było to oprócz stacjonarnych lamp naftowych mobilne źródło światła. Po-
stanowiłem przeprowadzić eksperyment praktyczny. Na próżno szukałem w swoich obszernych zbiorach żarówki o napięciu nominalnym 3,5 V choć kiedyś, gdy byłem dzieckiem, miałem ich sporo. Zakupiłem więc kilka takich żarówek o napięciu 3,5 V i prądzie 200 mA. Ustawiłem zasilacz na 3,5 V i podłączyłem żarówkę – pobór prądu wyniósł około 230 mA, czyli moc elektryczna wyniosła około 800 mW. Później zwiększyłem napięcie do 4,5 V, czyli o niecałe 30% więcej. Pobór prądu wyniósł w granicach 260 mA, czyli o 13% więcej, moc elektryczna wyniosła niecałe 1,2 W – czyli zwiększyła się o 50%. Choć nie mam luksomierza, empirycznie stwierdziłem, że przy zasilaniu napięciem 4,5 V jasność włókna wolframowego żarówki według mnie podniosła się dwukrotnie. Więc żarówka zasilana zwiększonym napięciem, usytuowana w odbłyśniku w tej latarce na pewno wytwarzała o wiele mocniejszy, skuteczniejszy strumień światła i co ważne nie nagrzewała się aż tak nadmiernie. Oczywiście odbywało się to kosztem krótszej pracy baterii – lecz zawsze jest coś za coś. Dane, które przedstawiłem potwierdzają, a w zasadzie dają zarys nieliniowości charakterystyki żarówek, ale to już zupełnie inna historia...

Pozdrawiam serdecznie

Rafał Wiśniewski

(...) Przychodzi mi do głowy kilka pomysłów.

Może żarówki 3,5 V były popularniejsze i nie opłacało się robić 4,5 V?

Może przy wyższym napięciu żarówka świeci jaśniej (ale krócej), a jasność była tutaj kluczowa?

A może – i to jest wg mnie najbardziej prawdopodobna przyczyna – dobór żarówki uwzględnia spadek napięcia na wewnętrznej rezystancji baterii pod obciążeniem. Ta bateria ma 4,5 V bez obciążenia, a do jakiej wartości spadnie to napięcie, gdy będzie obciążona żarówką o tej mocy i tym napięciu znamionowym? Tym bardziej, jeśli mówimy o bateriach dostępnych w czasach PRL-u. Może jest to właśnie około 3,5 V?

Ta zagadka jest bardzo dobra, bo zwraca uwagę na pewien często pomijany, ale ogromnie ważny fakt. Wszystkie używane przez nas symbole są jedynie modelami, lepiej lub gorzej imitującymi rzeczywistość. Tak samo jest w przypadku baterii. Baterię w uproszczeniu traktujemy jak źródło napięciowe (ma na zaciskach jakieś niezmiennie napięcie, a prąd przepłynie taki, jaki pobierzemy), podczas gdy każda bateria ma jakąś rezystancję wewnętrzną. Czasem bardzo niską (akumulator rozruchowy w samochodzie, czy nowoczesne baterie litowo-jonowe), czasem istotną. Pomi-
jam spadek napięcia na skutek rozładowania czy inne zjawiska, wpływające na faktyczne napięcie baterii w danych warunkach pracy.

Ta nieidealność dotyczy w elektronice w zasadzie wszystkiego i trzeba o niej pamiętać – czasem już na etapie schematu ideowego, czasem dopiero na etapie przechodzenia od idei do fizycznej realizacji (i np. projektowania płytki, prowadzenia na niej masy, umieszczania niektórych elementów bardzo blisko innych – np. kondensatorów odsprężających blisko układów scalonych, a innych – wprost przeciwnie, np. dobrze jest nie umieszczać kondensatorów elektrolitycznych blisko elementów, które się nagrzewają, itd.).

Pozdrawiam serdecznie

Circuit Chaos ✉

Drogi Czytelniku!

Czy może w rubryce „Łamigłówek” zostanie zamieszczona także jakaś zagadka Twojego autorstwa?

Śmiało możesz nadesłać propozycję łamigłówek i jej rozwiązania!

Rozwiązanie – Co to jest? 2405



W maju postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

Na fotografii przedstawione są układy scalone. Zadanie konkursowe brzmi:

Co to za układy?

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca maja. Oto nadesłane rozwiązania.

Dzień dobry,

układ MCY74750 jest to syntetyzer częstotliwości (PLL). Układ MCY 74751 jest programowalnym dzielnikiem przeznaczonym do pracy w układzie pętli fazowej PLL i dostosowanym do współpracy z klawiaturą lub mikrokomputerem.

Pozdrawiam

Mirosław Kaszowski

Układy po prawej stronie to MCY74751. Internet twierdzi: „MCY74751 – programowalny dzielnik, do pracy w pętli fazowej PLL. Może współpracować z klawiaturą lub mikrokomputerem. Obudowa DIP28. Układ opisany w nowościach ITE z maja 1989 r. Poszukiwany do kolekcji!”. 88 na obudowie wskazuje na rok produkcji 1988. Wspomniane nowości ITE (strona 47 PDF-a):

https://www.elenota.pl/datasheet_download/164144/MCY7716

Znajduje się tutaj też schemat blokowy.

Po lewej stronie MCY74750. We wspomnianym katalogu jest napisane: „MCY 74750N/J Układ syntetyzera częstotliwości /PLL/”, ale w sekcji „W przygotowaniu”. Czy to oznacza, że na zdjęciu widzimy bardzo rzadkie prototypy, które nigdy nie weszły do masowej produkcji? Wskazuje na to też fakt opisanie ich ołówkiem zamiast nadruku.

Circuit Chaos

Witam, układy, które są przedstawione na fotografii, jak łatwo można się domyślić, pochodzą z ITE, które w tamtym czasie, czyli przed rokiem 1990 było włączone do CEMI. Układ MCY 75451 to uniwersalny programowalny dzielnik częstotliwości. Natomiast MCY 75450 to syntezer częstotliwości. Jego ceramiczna obudowa i napisany model bodajże długopisem na pozłacanej płytce moim zdaniem świadczy o tym, że to prototyp do testów przed wdrożeniem do produkcji. Osobiście nie posiadam takich układów i nie kojarzę abym kiedykolwiek się z nimi zetknął.

Pozdrawiam serdecznie

Rafał Wiśniewski ✉

Rozwiązanie – Policz 2405

W maju postawione zostało następujące zadanie konkursowe: Do posiadanego zasilacza 24-woltowego chcemy dorobić przystawkę – regulowany stabilizator z kostką LM317. Do dokładnego ustawienia potrzebnego napięcia należałoby wykorzystać potencjometr wieloobrotowy. My chcemy wykorzystać zwykły, pojedynczy potencjometr P1, 1 kΩ, a dla poprawienia dokładności ustawiania napięcia wyjściowego podzielimy cały zakres napięć wyjściowych (od 1,25 V do około 22 woltów) na trzy podzakresy. Planujemy to zrobić jak najprościej, trochę nieintuicyjnie, bo za pomocą przełącznika trzypozycyjnego S1 z pozycją neutralną w środku (co daje nietypową kolejność zakresów). Chcemy wykorzystać schemat pokazany na rysunku obok.

Bardzo praktyczne zadanie konkursowe brzmi:

Zaproponuj wartości rezystorów RA, R1, R2.

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca maja. Oto rozwiązanie konkursu.

(...) RA przyjmujemy 240 Ω, zgodnie z sugestią producenta LM317. $U_{out} = 1,25 \cdot (1 + (P1 + R1 + R2) / RA)$
 stąd $R1 + R2 = ((U_{out} - 1,25) \cdot RA) / 1,25 - P1$
 $R1 + R2 = ((22 - 1,25) \cdot 240 / 1,25) - 1000 = 2984 \Omega$;
 $R1 + R2 = 3000 \Omega$
 $U_{low-min} = 1,25 \cdot (1 + 0 / 240) = 1,25 V$
 $U_{low-max} = 1,25 \cdot (1 + 1000 / 240) = 6,46 V$
 $U_{low-max} = U_{mid-min} = 6,46 V$
 $U_{mid-min} = 1,25 \cdot (1 + (P1 + R1) / RA)$
 stąd $R1 = ((U_{mid-min} - 1,25) \cdot RA) / 1,25 - P1$
 $R1 = ((6,46 - 1,25) \cdot 240 / 1,25) - 0 = 1000 \Omega$
 $R1 + R2 = 3000 \Omega$ stąd $R2 = 3000 - 1000 = 2000 \Omega$
 $U_{high-min} = 1,25 \cdot (1 + (P1 + R1 + R2) / RA)$
 $U_{high-min} = 1,25 \cdot (1 + (0 + 1000 + 2000) / 240) = 16,88 V$
 $U_{high-max} = 1,25 \cdot (1 + (1000 + 1000 + 2000) / 240) = 22,08 V$
 Rezystory: RA = 240 Ω, R1 = 1000 Ω, R2 = 2000 Ω

Pozdrawiam

Andrzej Kubiak

Korzystając z noty aplikacyjnej LM317 znajdziemy tam zależność na wartość napięcia wyjściowego VO

$$VO = VREF(1 + R2/R1) + IADJR2$$

Dla uproszczenia pominiemy składnik IADJR2, VREF = 1,25 V. W naszym przypadku R1 to RA, natomiast R2 ze wzoru u nas jest sumą P1 + R1 + R2.

W pierwszej kolejności należy określić wartość rezystora RA. Wartość tego rezystora określa minimalny prąd obciążenia IO(MIN). W danych katalogowych jest podane, że wartość tego prądu powinna się zawierać w przedziale 3,5–10 mA dla LM317. Znajdąc wartość tego prądu można obliczyć wartość rezystora RA.

$RA = 1,25 / IO(MIN)$

Przyjąłem wartość rezystora RA = 178 Ω (1%).

Chcąc wyliczyć R2 na podstawie podanego wzoru (przy założonej wartości napięcia VO = 22 V) można go przekształcić wyprowadzając zależność na R2. Można również podstawić do wzoru na VO wartość RA i R2 (należy przyjąć wartość) i obliczyć wartość napięcia. Jeżeli wartość VO z obliczeń wyjdzie za mała należy zwiększyć R2, jeżeli za duża – zmniejszyć R2. W tym przypadku przyjąłem na podstawie prostych wyliczeń wartość R2 = 3 kΩ. Tej wartości rezystora R2 odpowiada wartość maksymalna napięcia VO = 22,32 V.

Na wartość R2 w naszym przypadku składa się potencjometr P1 oraz dwa rezystory. Dla P1 = 1 kΩ wartość pozostałych rezystorów wynosi 2 kΩ. Przyjąłem po 1 kΩ dla każdego rezystora.

Dla tak obliczonych wartości rezystorów można obliczyć zakresy napięć dla poszczególnych pozycji przełącznika S1:

górna pozycja, tylko P1: 1,25 – 8,27 V,

dolna pozycja, P1 + R1: 8,27 – 15,29 V,

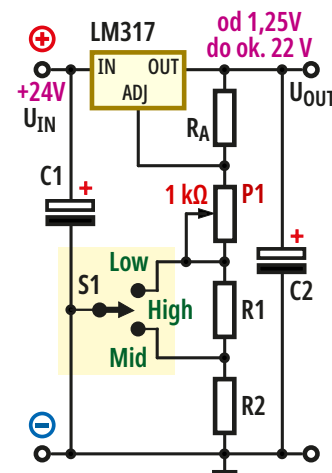
środkowa pozycja, P1 + R1 + R2: 15,29 – 22,32 V

Należy zwrócić uwagę, że rezystory R1 i R2 powinny mieć jednakową wartość, aby zakresy napięć były ze sobą spójne, czyli „górne” napięcie jednego zakresu było „dolną” wartością następnego, wyższego zakresu.

Ze względu na wartość napięcia wyłączenia LM317 (dropout voltage), która w zależności od wartości prądu IO i temperatury zawiera się w przedziale 1,5–2,25 V, może się okazać, że wybrana wartość RA = 178 Ω jest za mała. Dla maksymalnego ustawienia napięcia (środkowa pozycja S1), może wystąpić wyłączenie LM317 (układ przestanie prawidłowo pracować) ze względu na zbyt niskie napięcie VI – VO. Dlatego może się okazać, że lepiej będzie wybrać RA = 182 Ω, co daje wartość maksymalną napięcia równą 21,85 V. Przy tak małej wartości napięcia wejściowego VI = 24V, a tym samym niewielkim zapasie napięcia dla maksymalnych ustawień, najlepszym praktycznym rozwiązaniem będzie umieszczenie w miejsce stałego rezystora RA rezystora wieloobrotowego, np. typu helitrim o wartości 200 Ω lub 500 Ω. Za jego pomocą można ustawić dokładnie potrzebną wartość rezystora RA tak, aby układ pracował prawidłowo w całym zakresie regulacji napięcia i obciążenia.

Podsumowując: RA = 178 Ω/182 Ω, R1 = R2 = 1 kΩ.

Tadeusz Suszał



(...) Założmy pierwszy podzakres (LOW):

$$LOW = 1,25 V \dots 9 V$$

To założenie nie jest przypadkowe. Różnica napięć wynosi 7,75 V, czyli nieco ponad jedną trzecią całego zakresu. Ta sama różnica (plus / minus przybliżenia wartości elementów) będzie zachowana także dla pozostałych zakresów.

Przy potencjometrze skręconym na minimum (0Ω) wejście ADJ będzie zwarte do masy, więc na wyjściu zawsze będziemy mieli 1,25 V. Policzmy RA dla skrajnie maksymalnego położenia potencjometru:

$$1,25 V \times (1 + 10 k\Omega \div RA) = 9 V$$

$$RA = 10 k\Omega \div (9 V \div 1,25 V - 1) = 1,6129 k\Omega$$

Najbliższa wartość z szeregu E24: 1,6 kΩ.

Liczmy maksymalne napięcie dla tej wartości:

$$VL2 = 1,25 V \times (1 + 10 k\Omega \div 1,6 k\Omega) = 9,0625 V$$

Teraz zakres MID. Założmy, że chcemy na nim uzyskać minimalnie 8 V – dobrze jest mieć pewne pokrycie między zakresami, żeby nie mieć dziur, gdy wartości elementów nie będą idealne (a nigdy nie są).

Liczmy R1 dla minimalnej wartości potencjometru:

$$1,25 V \times (1 + (0 \Omega + R1) \div 1,6 k\Omega) = 8 V$$

$$R1 = (8 V \div 1,25 V - 1) \times 1,6 k\Omega = 8,64 k\Omega$$

Najbliższa wartość z szeregu E12: 8,2 kΩ

Liczmy zakres napięć dla tej wartości:

$$VM1 = 1,25 V \times (1 + (0 \Omega + 8,2 k\Omega) \div 1,6 k\Omega) = 7,65625 V$$

$$VM2 = 1,25 V \times (1 + (10 k\Omega + 8,2 k\Omega) \div 1,6 k\Omega) = 15,46875 V$$

W przybliżeniu: VM1 = 7,7 V, VM2 = 15,5 V

Teraz zakres trzeci. Chcemy uzyskać minimalną wartość napięcia 14 V. Liczmy R2:

$$1,25 V \times (1 + (0 \Omega + 8,2 k\Omega + R2) \div 1,6 k\Omega) = 14 V$$

$$R2 = (14 V \div 1,25 V - 1) \times 1,6 k\Omega - 8,2 k\Omega = 8,12 k\Omega$$

Weźmy najbliższą wartość 8,2 kΩ, podstawmy i wyliczmy zakres HIGH:

$$VH1 = 1,25 V \times (1 + (0 \Omega + 8,2 k\Omega + 8,2 k\Omega) \div 1,6 k\Omega) = 14,0625 V$$

$$VH2 = 1,25 V \times (1 + (10 k\Omega + 8,2 k\Omega + 8,2 k\Omega) \div 1,6 k\Omega) = 21,875 V$$

W przybliżeniu: VH1 = 14 V, VH2 = 21,9 V

Reasumując: RA = 1,6 kΩ, R1 = 8,2 kΩ, R2 = 8,2 kΩ

Zakres LOW: 1,25 V...9,1 V,

Zakres MID: 7,7 V...15,5 V

Zakres HIGH: 14 V...21,9 V

Realnie pewnie nie osiągniemy 21,9 V, bo katalog wymaga, żeby minimalna różnica napięć między wejściem a wyjściem LM317 wynosiła 3 V. Dlatego w tym skrajnie wysokim zakresie układ może przestać regulować (może będzie te 22 V, ale zacznie spadać pod obciążeniem? Nie sprawdzałem).

Wyliczenia nie uwzględniły pomijalnie niskiego prądu Iadj, czyli płynącego przez pin ADJ. W tym przypadku, gdy i tak stosujemy zapewne zwykłe rezystory, a napięcie regulujemy potencjometrem, nie ma potrzeby go uwzględniać.

Ja jednak nie użyłbym tak zaprojektowanego układu. Dlaczego? Po pierwsze, przechodzenie między zakresami (LOW na MID i MID na LOW) z samej natury działania tego przełącznika spowoduje chwilowe przełączenie na zakres najwyższy (HIGH), co może uszkodzić wiele zasilanych układów. Oczywiście można zasilany układ odłączać na czas przełączania wyjść, ale gwarantuję, że prędzej czy później o tym zapomnimy.

Po drugie, przełączniki są elementami zawodnymi. Styki się utleniają, potrafią nie łączyć, mieć jakąś rezystancję. Spotkał się z tym każdy, kto ma radio z klawiaturą, która „wariuje” – wciska jeden przycisk, a radio rejestruje drugi (to wynik zastosowania kodowania numeru przycisku rezystorami i wpływ rezystancji styku na sumaryczną wartość rezystancji). Jeśli niepewność styku miałaby spowodować pojawienie się na wyjściu zbyt niskiego napięcia, to trudno – zazwyczaj nie spowoduje to uszkodzeń. Ale w tym przypadku niepewność styku spowoduje pojawianie się na wyjściu napięcia zbyt wysokiego. Jeśli użyjemy takiego zasilacza do zasilenia drogiej elektroniki, potrzebującej np. 5 V, to możemy się niemiłe (i kosztownie) zaskoczyć.

Problem nie jest wyłącznie teoretyczny. Przykład uszkodzenia wynikającego z niepewnego styku objawił mi się dosłownie kilka dni temu pod postacią lodówki turystycznej, która w jednym z ustawień mocy zaczęła wydawać z siebie... demoniczny śmiech. Okazało się, że jeden ze styków w przełączniku mocy nie kontaktował, przez co zasilacz podawał zbyt niskie napięcie zasilające wentylator (i moduł Peltiera). Krótką historię, diagnozę i naprawę (wyczyszczenie przełącznika) przedstawiłem na filmie:

<https://www.youtube.com/watch?v=zQ8D5BoGgjk>

W tym przypadku zasilacz, nie dostając właściwego sygnału z wyłącznika (spodziewał się dostać albo masę, albo konkretną rezystancję, a dostał przerwę), podawał napięcie niższe niż minimalne wymagane do poprawnej pracy. Nic się trwale nie uszkodziło. Co by się jednak stało, gdyby zaczął podawać napięcie znacząco wyższe od maksymalnego?

Problem jest szerszy i dotyczy zjawiska „fail-safe”, tłumaczonego na polski jako „uszkodzenie w kierunku bezpiecznym”. Z tego samego powodu uważam na przetwornice impulsowe. Niech przebiję się tranzystor w przetwornicy step-down – na wyjściu otrzymamy napięcie bliskie zasilającemu. Niech przebiję się w step-up – wejście zostanie zwarte. Zdarzyło mi się to w przetwornicy SEPIC i gdybym zapobiegawczo nie umieścił na wejściu bezpiecznika, to szkody mogłyby być duże.

Circuit Chaos

Dzień dobry, to bardzo praktyczne i z elektronicznego życia wzięte zadanie. Można je rozwiązać matematycznie lub intuicyjnie. Wzór ma następującą postać:
 $V_{out} = 1,25 \times (1 + R_0/R_A) + I_{adj} \times R_A$.

Rozwiązanie matematyczne: Możemy wykorzystać prostszą wersję wzoru. Człon $I_{adj} \times R_A$ znikomo zmieni napięcie – prąd wypływający z nóżki I_{adj} stabilizatora maksymalnie może mieć wartość tylko 100 uA. Uproszczony wzór: $V_{out} = 1,25 \times (1 + R_0/R_A)$. Wartość 1,5 V też zależy od wielu czynników takich jak: rozrzut parametrów danego stabilizatora, temperatura pracy, itd.

Podział zakresów napięcia wyjściowego V_{out} : napięcie maksymalne ma wynosić 22 V i mają być trzy zakresy. Podzielmy 22 V / 3 (będziemy mieli w miarę proporcjonalnie rozłożone zakresy regulacji). W zaokrągleniu 7,5 V. Chcemy otrzymać następujące zakresy regulacji: LOW 1,25–7,50 V MID 7,50–15,00 V HIGH 15,00–22,00 V. Przekształcamy i obliczamy wartość rezystora R_A : $R_A = R_0 \times (1,25/V_{out} - 1,25)$. Za wartość R_0 wstawiamy stałą wartość potencjometru P_1 , która wynosi 1 kΩ, a za napięcie V_{out} 7,5 V (ze względu na to, iż na zakresie LOW znamy na ten moment tylko wartość rezystancji potencjometru). Wartość rezystora R_A wynosi 200 Ω. Teraz sprawdzimy, czy prąd płynący przez R_A jest wystarczająco większy od prądu I_{adj} i czy możemy go zaniedbać: $I_{RA} = 1,25 \text{ V} / 200 \text{ Ω} = 6,25 \text{ mA}$. Prąd ten jest ponad 60 razy większy od prądu I_{adj} , w związku z czym możemy go spokojnie zaniedbać. Teraz zajmijmy się obliczeniem rezystorów R_1 i R_2 . Przekształcamy wzór i obliczamy wartość R_1 i R_2 . $R = R_A \times (V_{out} - 1,25/1,25)$. Dla obliczenia wartości R_1 podstawiamy napięcie V_{out} 15 V (MID). Wyliczona wartość wynosi 2,2 kΩ – jednak jest to wartość szeregowego połączenia P_1 i R_1 . Musimy zatem odjąć od tak wyliczonej wartości rezystancję potencjometru w wysokości 1 kΩ. Zatem wartość rezystora R_1 wyniesie 1,2 kΩ. Dla rezystora R_2 trzeba podstawić napięcie V_{out} 22,00 V (HIGH). Obliczona wartość wyniesie 3,3 kΩ, lecz tak jak poprzednio jest to wartość szeregowej rezystancji: $P_1 + R_1 + R_2$. Podobnie jak poprzednio musimy odjąć od tej wartości rezystancję potencjometru P_1 i rezystancję R_1 . W takim razie wartość R_2 wyniesie 1,1 kΩ.

Podejście intuicyjne gdy ma się jakieś doświadczenie jest o wiele prostsze: Znając maksymalne napięcie wyjściowe V_{out} i spoglądając na wzór, na te napięcie oraz znając wartość rezystancji potencjometru możemy dążyć do tego aby stosunek R_0 i R_A był co najwyżej pięć – wtedy dodając jeden i mnożąc przez napięcie referencyjne uzyskamy V_{out} w granicach 1/3 maksymalnej wartości. Gdy wyjdzie nam wartość R_A w setkach omów, możemy być pewni, że prąd płynący przez tę rezystancję będzie sporo wyższy od prądu I_{adj} . A teraz rezystancje: R_1 i R_2 , znając wartość rezystancji potencjometru w wysokości 1 kΩ, możemy przyjąć wartości tych rezystorów też równe 1 kΩ. W takim przypadku dosyć proporcjonalnie rozłożą

się nam zakresy regulacji napięcia wyjściowego. Warto zwrócić uwagę, że proporcjonalność zakresów napięć wyjściowych uzyskamy też przy innych wartościach tych samych rezystancji, jednak trzeba pamiętać, aby rezystancja R_A była na tyle mała, aby przez nią płynął odpowiednio duży prąd w stosunku do prądu I_{adj} . Również aby zachować maksymalną proporcjonalność zakresów, należy rezystancję R_A wyliczyć bezpośrednio ze wzoru. Trzeba też zwrócić uwagę na minimalny prąd obciążenia stabilizatora – zastosować taki dzielnik, aby płynący przez niego prąd miał wartość co najmniej 4 mA.

Końcowe wnioski: Na proporcjonalność zakresów regulacji oraz ich maksymalne napięcia wyjściowe będą miały wpływ różne czynniki, takie jak tolerancje zastosowanych rezystorów oraz potencjometru. Trzeba zdawać sobie sprawę, że takie zwykłe potencjometry mogą mieć nawet 20% tolerancję, co przyczyni się do znaczących odchyłek w stosunku do obliczonych wartości. Spoglądając na schemat nie wiemy, jaki będzie maksymalny prąd obciążenia. Gdy napięcie wejściowe będzie wynosić 24 V, a chcemy uzyskać maksymalne napięcie stabilizowane w wysokości 22 V, to analizując kartę techniczną LM317 i wykres Dropout voltage, przekonamy się, że maksymalny prąd obciążenia może wynieść około 1A.

Wykonanie w ten sposób przełącznika zakresów napięć też jest bardzo ryzykowne. Przypuśćmy, że będziemy zasilali jakieś urządzenie napięciem około 7,5 V na zakresie LOW i będziemy potrzebować troszkę wyższego napięcia, przełączymy na kolejny zakres, który w tym przypadku będzie HIGH. Spowoduje to, że na urządzenie zostanie podane maksymalne napięcie w wysokości około 22 V i z pewnością je poważnie uszkodzi. Więc takie nieintuicyjne przełączanie zakresów jest bardzo niebezpieczne. Nawet gdy zastosujemy przełącznik trzypozycyjny i trzeci skrajny zacisk wyjściowy pozostawimy niepodłączony to i tak przy przełączeniu na MID uzyskamy napięcie 15 V, które zapewne też w poważny sposób uszkodzi nam podłączone urządzenia. Idea przełączania zakresów napięć przedstawiona na schemacie jest bardzo ryzykowna. Każdy ma wryte przyzwyczajenia do różnych czynności, co skutkuje automatycznym ich wykonywaniem i nieangażowaniem do tego celu reflektora uwagi. Uważam, że mało kto będzie pamiętał o takiej prostej czynności jak wstępne skręcenie potencjometru na minimum przy każdorazowym przełączaniu zakresu na wyższy poziom przy podłączonym cały czas urządzeniu do zasilacza – nawet gdy wmontujemy przełącznik LOW-MID-HIGH. Intuicyjnym rozwiązaniem w tym przypadku jest potencjometr wieloobrotowy lub dwa zwykłe potencjometry (jeden do zgrubej regulacji, a drugi do precyzyjnej regulacji napięcia) w związku z czym całkowicie można, a nawet trzeba, zrezygnować z przełącznika zakresów.

Pozdrawiam serdecznie

Rafał Wiśniewski ✉

Rozwiązanie – Co tu nie gra? 2405

W maju postawione zostało następujące zadanie konkursowe: Pokazaną **obok fotografię** można znaleźć w ofertach wielu chińskich sklepów na platformie Aliexpress. A konkretnie w reklamach i opisach nagrzewnic indukcyjnych. Fotografia niewątpliwie robi wrażenie, ale też budzi pytania i wątpliwości. Pytanie konkursowe jest takie:

Co tu nie gra?

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca maja. Oto rozwiązanie konkursu.

Kolor czerwony stalowego klucza, jeżeli jest faktycznie podgrzany, wskazuje temperaturę 850–900°C. Ale chyba nie jest, bo nie dałoby się go utrzymać gołą ręką. Gdyby nagrzewnica wytwarzała temperaturę do jego podgrzania powinna wytwarzać przynajmniej taką temperaturę jak wyżej. Kolor czystej miedzi nie pasuje do tej temperatury gdyż powinien być również czerwony (rozżarzony). Poza tym z praktyki pamiętam, że stal do takiej temperatury można rozgrzać tylko w bezpośrednim płomieniu, a nie nagrzewnicą powietrza pokazaną na zdjęciu.

Andrzej Kubiak

Dzień dobry,

na zdjęciu, czy raczej fotomontażu, nie gra to, że czerwony jest tylko kawałek klucza. Dlaczego tylko ten kawałek a drugi koniec ktoś trzyma normalnie ręką? To metal przewodzi ciepło tylko do pewnej granicy? to jakiś dziwny stop chiński? Normalnie nagrzałby się cały ten klucz, a nie tylko kawałeczek. :)

Pozdrawiam Panie Piotrze!

Emil K.

(...) Po pierwsze, nie gra trzymanie klucza gołą ręką. Chyba że trzymająca osoba nie ma czucia w tej ręce.

Po drugie, klucz nagrzewa się w środku tej cewki, a nie na zewnątrz – ale to jestem w stanie wybaczyć, może właśnie się nagrzał i został wyciągnięty.

Po trzecie, nie widzę odstępów między zwojami cewki. Czyżby była zwarta?

Samo nagrzanie klucza takim małym modułem do tak wysokiej temperatury jest według mnie możliwe. Bawiłem się kiedyś czymś takim. Cewka nawinięta z drutu 1mm² w izolacji w zasadzie od razu zaczęła się topić. Tu jest rurka miedziana, być może z przepływem wody, który wymusza chłodzenie.

Circuit Chaos



Efekt przedstawiony na zdjęciu niewątpliwie robi wrażenie. Lecz jest to tylko wrażenie, bo to zwykły fotomontaż. Przedstawiona tu nagrzewnica indukcyjna, której działanie opiera się najprawdopodobniej na zjawisku rezonansu, nie jest w stanie dać fizycznie takiego efektu i to co najmniej z dwóch powodów:

1) Największe skupienie linii sił pola magnetycznego występuje w środku cewki, a nie na jej obrzeżach. Indukcja takiego pola maleje wraz z odległością od jego źródła (jest odwrotnie proporcjonalna od odległości).

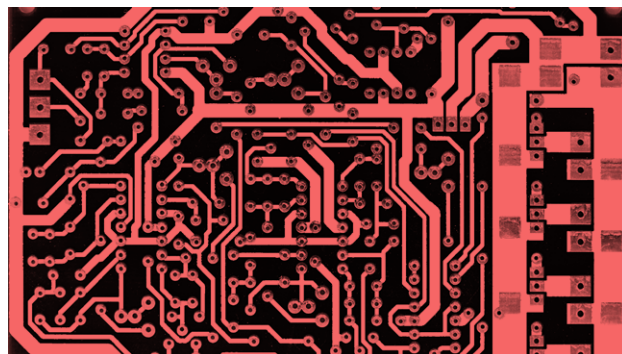
2) Na zdjęciu widać wskaźniki prądu i napięcia. Proszę zwrócić uwagę na moc pobieraną przez tę nagrzewnicę. Na moje oko jest to około 20...30 W. Przy tak małej mocy [nie można] uzyskać tak spektakularnego efektu [niezależnie od] dobroci elementów rezonansowych: kondensatora i cewki (...) i ich oporności dynamicznej (...) być może przy bardzo wysokich napięciach i prądach rezonansowych udałoby się uzyskać taki rezultat. Lecz wróćmy na ziemię. Tego typu nagrzewnica najprawdopodobniej rozgrzeje do czerwoności metalowy drut o maksymalnej średnicy 2...3 mm pod warunkiem, że będzie on umieszczony wewnątrz cewki gdzie będą się indukować największe prądy wirowe. Myślę, że więcej nie da się „wydusić”, nawet gdy pokazana cewka jest chłodzona wodą, tak jak sugeruje to zdjęcie.

Pozdrawiam serdecznie

Rafał Wiśniewski ✉

Łamigłówki elektroniczne

lipiec 2024



W tej rubryce przedstawiane są łamigłówki związane z elektroniką, także te nadsyłane przez Czytelników. Po pierwsze, możesz nadesłać rozwiązanie jednej lub wszystkich zaproponowanych niżej łamigłówek. Po drugie, proszę i serdecznie zachęcam także Ciebie: zaproponuj tu innym Czytelnikom krzyżówkę, zagadkę lub dowolną inną trudniejszą lub łatwiejszą łamigłówkę, która ma związek z elektroniką! Aktualnie ani dla Autorów nadesłanych łamigłówek, ani dla uczestników, którzy je prawidłowo rozwiążą, nie przewiduje się honorariów ani upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie i Internecie.

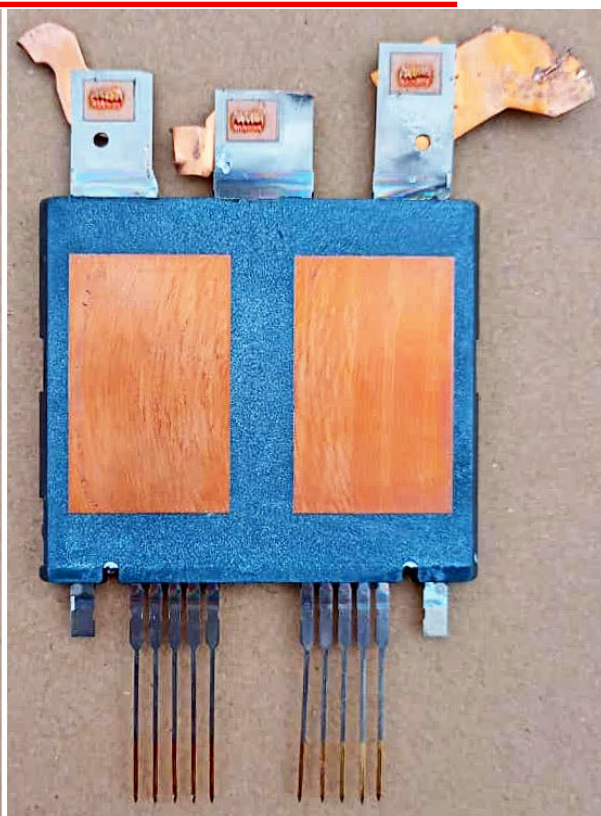
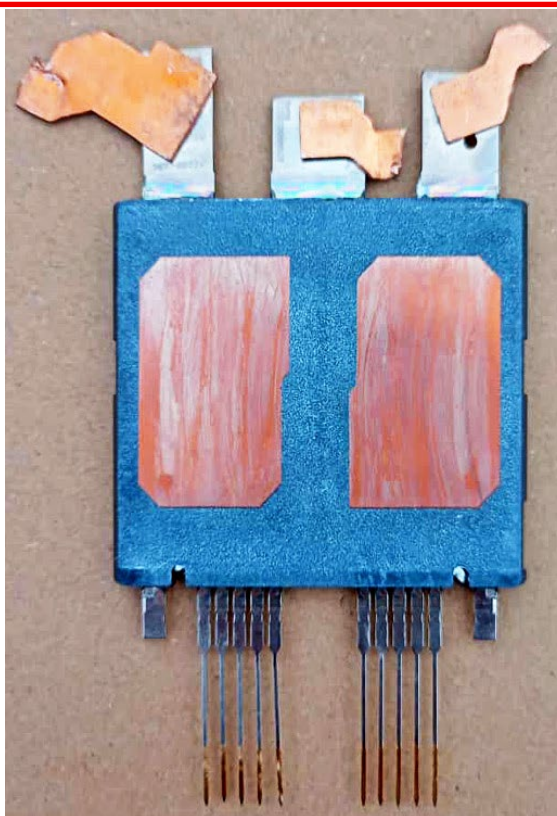
Propozycje krzyżówek, zagadek oraz wszelkich innych łamigłówek należy nadsyłać e-mailem na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl, dodając w treści e-maila następujące, podpisane imieniem i nazwiskiem oświadczenie: ***Oświadczam, że załączona łamigłówka nie była nigdzie publikowana, jest moim dziełem, posiadam doń pełne prawa autorskie i niniejszym udzielam nieodpłatnej licencji na jej wykorzystanie w czasopiśmie „Zrozumieć Elektronikę” oraz na stronach internetowych prowadzonych przez Piotra Góreckiego.***

Co to jest? 2407
Jak odpowiesz? 2407

Policz 2407
Usterka 2407

Co to jest? 2407

Na **fotografii obok** pokazany jest pewien element elektroniczny (dwie strony jakiegoś elementu).
Pytanie konkursowe brzmi:
Co to jest?



Autorem tego zadania konkursowego jest **Artur Lewiński z Wołomina**

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lipca 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Jak odpowiesz? 2407

Jeden z Czytelników w e-mailu zapytał:
Czy to prawda, że kondensatory elektrolityczne z czasem zwiększają swoją pojemność?
Niezmienne zadanie konkursowe jest takie:

Jak odpowiesz na postawione pytanie?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lipca 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Policz 2407

Film na moim kanale YT dotyczący zasilaczy i ładowarek USB wzbudził duże zainteresowanie. Krótki film z konieczności nie zawiera wszystkich informacji związanych z zasilaniem za pomocą łącza USB. Między innymi nasuwa się pytanie o ograniczenia związane z kablami i stykami w złączach. Odpowiedź nie jest prosta, a wręcz przeciwnie. Jednak warto nie tyle *obliczyć* (to jest niemożliwe), tylko *wstępnie, z grubsza oszacować*, jakie mogą być straty napięcia i straty mocy w kablu połączeniowym USB. Pytanie konkursowe jest takie:



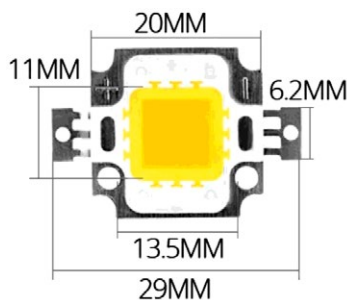
Spróbuj oszacować, jakie mogą być straty napięcia i straty mocy w złączu USB (kablu i stykach)?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lipca 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Usterka 2407

Na **rysunku obok** pokazany jest 10-watowy moduł COB LED. W tym module zawarte są trzy łańcuchy po trzy diody, dlatego do zasilania potrzebne będzie napięcie zasilania 10...12 V. Hobbysta elektronik jest świadomy faktu, że prąd diody LED silnie zależy od napięcia zasilania. Dlatego planuje wykorzystać precyzyjny regulowany stabilizator napięcia z kostką LM317 i potencjometrem montażowym, a napięcie potrzebne dla posiadanego egzemplarza modułu ustawi potencjometrem, aby moc wynosiła katalogowe 10 watów.

Niezmienne pytanie konkursowe jest takie:

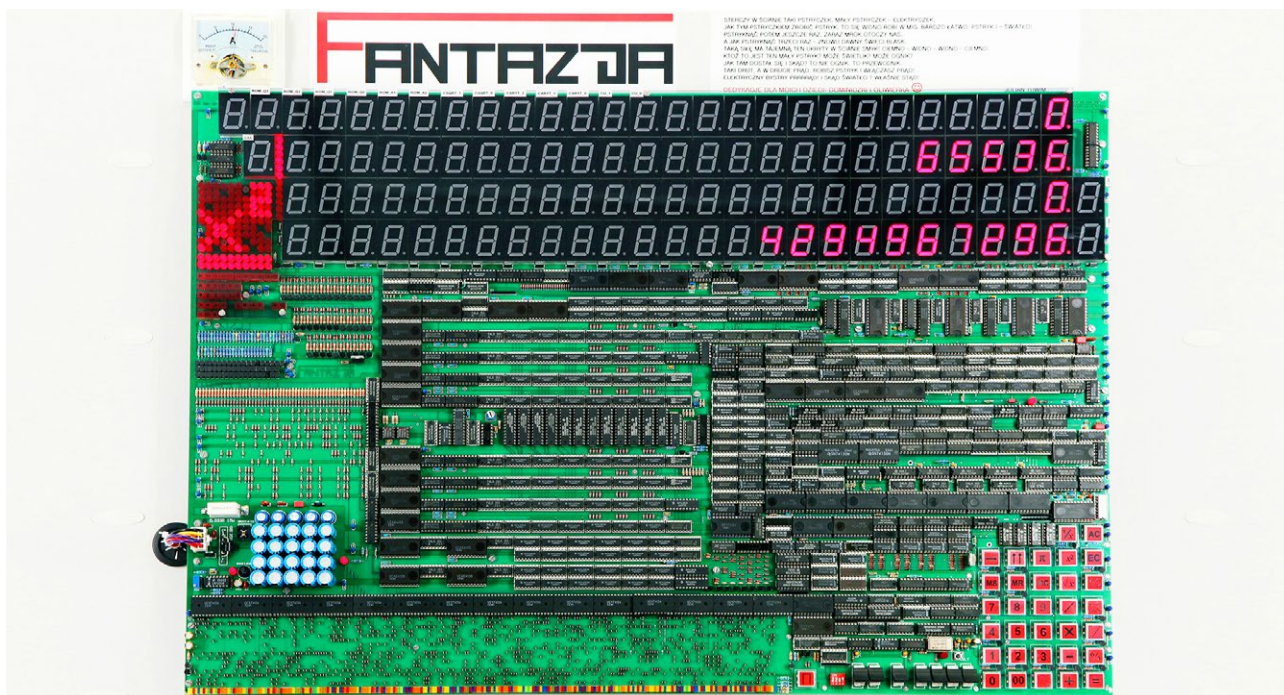


Chip	COB Chip
Power	10W
Voltage	10-12V
Lumen	90-110LM/W
Material	Aluminum
Color	Warm White

Czy w tych zamierzeniach widzisz jakąś usterkę?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lipca 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Drogi Czytelniku!
Czy może w tej rubryce zostanie zamieszczona
także jakaś łamigłówka Twojego autorstwa?
Śmiało możesz nadesłać propozycję łamigłówki i jej rozwiązania!



Kalkulator na układach TTL, czyli rozgrzewka przed...

Artykuł jest wstępem, prologiem do cyklu obszernych publikacji na temat aktualnie tworzonego przeze mnie komputera na układach TTL. Opowiada historię mojego niekonwencjonalnego wyboru, dzięki, któremu zacząłem podążać indywidualną drogą w swym elektronicznym świecie.

Lekka nutka filozofii
Opis koncepcji urządzenia

Omówienie składowych bloków funkcjonalnych
Podsumowanie, nieuniknione błędy oraz wnioski

Lekka nutka filozofii

Nazywam się *Rafał Wiśniewski*. W maju bieżącego roku minęło właśnie 10 lat od pomysłu, a w zasadzie od spontanicznej myśli, która zmieniła moje elektroniczne życie o 180 stopni. Po latach porównuję to do wymyślanego modelu wszechświata, który był w idealnej symetrii, w idealnej równowadze termodynamicznej i ni stąd, ni zowąd nagle ten poukładany ład za pośrednictwem przypadku, wiru destabilizacji zaczął przekształcać się w strukturę chaosu. Ale ten chaos był tylko pozorny, bo z niego powstał kierunek zmian, a w zasadzie nowa droga stworzenia, która dąży do elektronicznej nieskończoności – cokolwiek to znaczy...

Osobiście cieszę się, że doznałem takiego olśnienia. Olśnienia, które uczyniło mnie szczęśliwym i spełnionym w płaszczyźnie dziedziny, jaką jest elektronika.

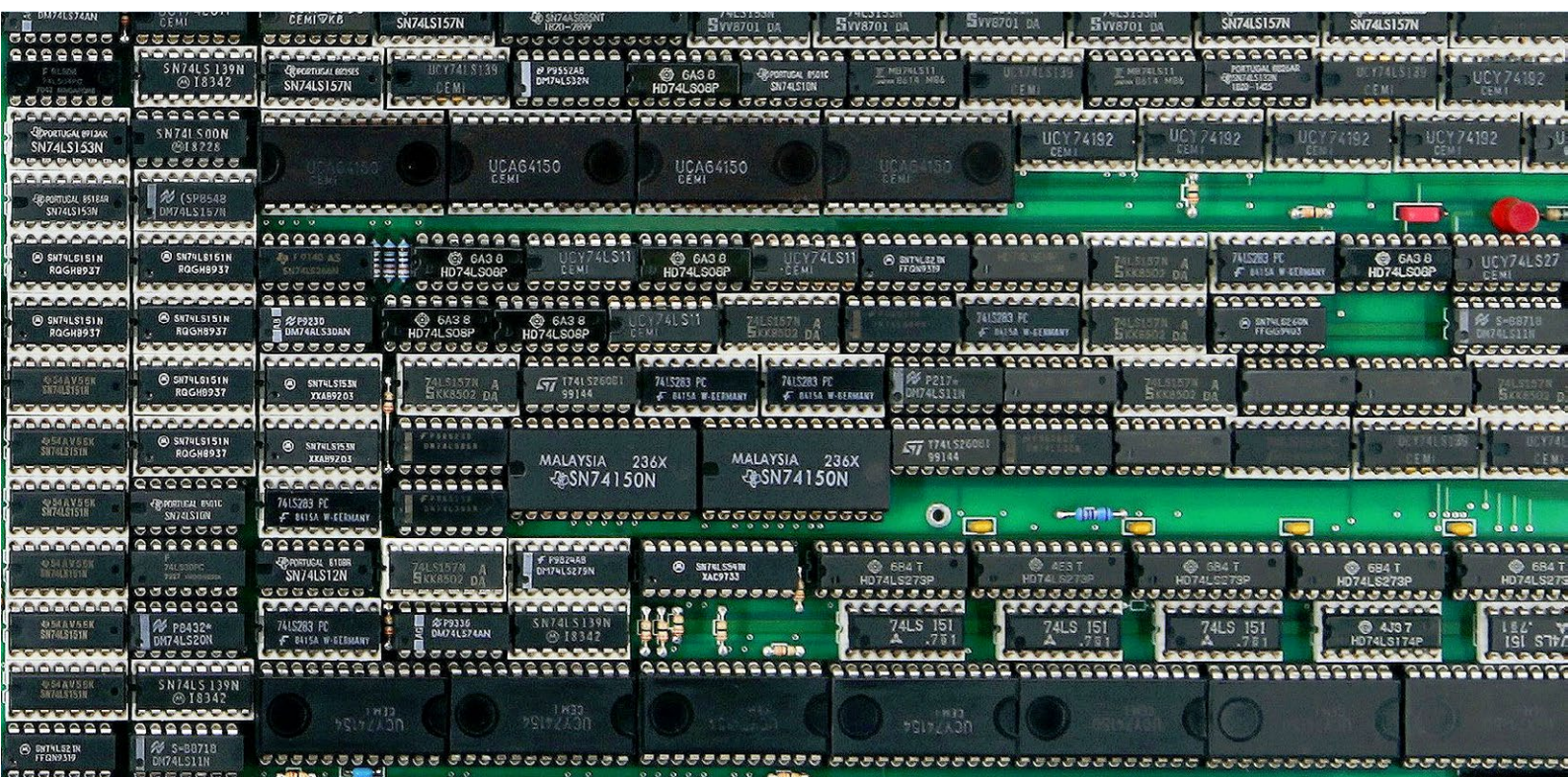
Bardzo zapragnąłem być wolnym człowiekiem w dziedzinie, z którą utożsamiam się od dawien dawna. Co to znaczy wolnym? Trudne pytanie, niekiedy nawet retoryczne, lecz w moim mniemaniu to stan, w którym nie muszę mieć narzuconej woli świata, mody, sugestii innych osób. To stan, w którym jestem artystą, nie patrzę na ekonomię, nie patrzę na poświęcony czas, nie szukam za wszelką cenę poklasku i docenienia. Nie patrzę też na to, że już niemal wszystko wymyślono i to na wiele różnych możliwych sposobów. To wszystko jest bez znaczenia, to wszystko jest nieistotne. Istotne jest jedynie to, że wolność absolutnego wyboru na tej płaszczyźnie jest bezcenna. Nie da się tego kupić ani stworzyć z niczego. To trzeba poczuć, zachłysnąć się tym i utożsamiać się z tym bez względu na wszystko. Wtedy można powiedzieć, że jest się wolnym człowiekiem w swojej dziedzinie.

To wszystko spowodowało, że wróciłem do bez troskiego dzieciństwa, w którym poznawałem się z elektroniką i uczyłem się jej. Wymyślałem i budowałem najprzeróżniejsze urządzenia – z różnym skutkiem, ale to tylko uczyło pokory i powodowało jeszcze większą chęć poznawczą. Mam wiele sentymentalnych wspomnień z tamtego okresu, które na zawsze wyrwały tęsknotę w moim umyśle, tęsknotę do projektowania, tworzenia i budowania urządzeń elektronicznych po swojemu, w całym znaczeniu tego słowa.

Zapewne to wszystko i jeszcze więcej zmien nych spowodowało, a w zasadzie zrodziło ten impuls, który poczułem ponad 10 lat temu. Za pragnąłem stworzyć kalkulator, kalkulator na kultowych układach TTL. Kalkulator w stylu retro bez użycia jakichkolwiek specjalizowanych ukła dów. Wszystko na podstawowych funkto rach logicznych... Pamiętam do dzisiaj jak kotłowało mi się wtedy w głowie. Jak nie przespałem tej pierwszej nocy, próbując pojąć jak działa kalku lator, jak i na jakiej zasadzie wykonuje działania matematyczne. Pochłonięto mnie to całkowicie, oprócz pracy w hurtowni budowlanej prowadzi łem równolegle firmę naprawiającą sprzęt RTV, z której całkowicie zrezygnowałem i zawiesiłem działalność. Już mnie to nie satysfakcjonowało, naprawa sprzętów nie przynosiła mi radości jak kiedyś. Radością i sensem stało się projektowa nie, tworzenie i konstruowanie ponad wszyst ko... I tak jest do dzisiaj!

Opis koncepcji urządzenia

Prezentowane urządzenie jest niekonwencjo nalnym kalkulatorem, który nie zawiera żadnego specjalizowanego układu scalonego, takiego jak mi kroprocesor, CPLD, FPGA, itd. Nie ma również typowej wyspecjalizowanej pamięci RAM ani ROM. Cała logika sterująca zbudowana jest z podstawowych układów cyfrowych w technologii TTL takich jak bramki logiczne, bufory, multiplexery, różnego ro dzaju dekodery, przerzutniki, liczniki, rejestry prze suwające, dzielniki częstotliwości, komparatory i su matory. W zarysie prezentuje to **fotografia 1**. Mniej więcej jedna piąta wymienionych układów logicz nych tworzy zaprojektowany przeze mnie procesor z 59 instrukcjami, w których może znajdować się od jednej do kilkunastu funkcji wykonawczych, które mogą być warunkowane jedną z 40 funkcji warun kowych. Nietypową pamięć RAM wykonałem na 99 sztukach czterobitowych uniwersalnych rejestrów przesuwających 74LS194, co sumarycznie daje 396 bitów – **fotografia 2**. Natomiast pamięć ROM jest pamięcią diodową o łącznej pojemności 3840 bitów (**fotografia 3**). Kalkulator składa się z czterech re jestrów: rejestry wprowadzania wartości A i B, któ re w trybie standardowym są 12-cyfrowe, rejestru pamięci M, który również jest 12-cyfrowy oraz reje stru wartości W, który jest 24-cyfrowy (dzięki temu np. mnożenie dwóch liczb 12-cyfrowych zawsze da maksymalny wynik 24-cyfrowy bez przepełnienia). Skonstruowany przeze mnie kalkulator działa na za sadzie trójpodziału władzy: władza ustawodawcza,



Fotografia 1

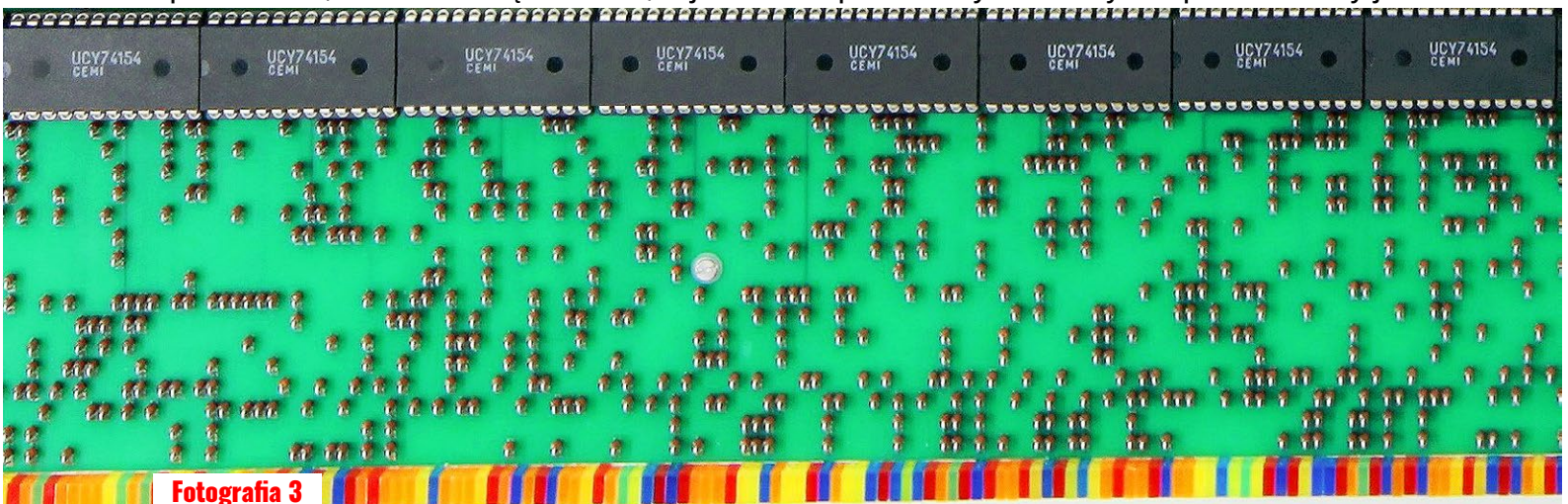


czyli pamięć ROM, władza wykonawcza, czyli logika dekodująca instrukcję oraz władza sądownicza, czyli logika warunkująca zdekodowaną instrukcję.

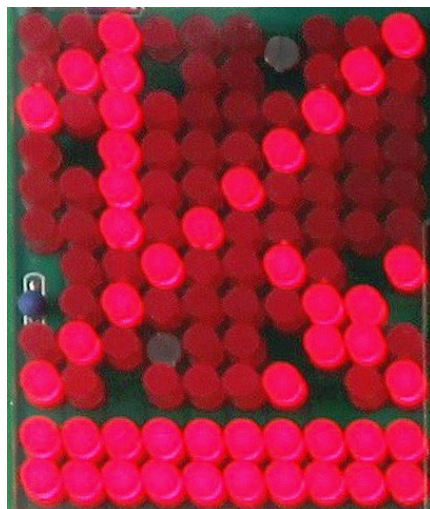
Kalkulator ten realizuje następujące funkcje: niezależne wprowadzanie w aktywnym rejestrze (A lub B): cyfr od 0 do 9, ciągu 00, załączanie punktu dziesiętnego, cofanie wprowadzonych wartości, wyświetlanie liczby PI, zmianę znaku liczby, wprowadzanie obliczonego wyniku z rejestru W do aktywnego rejestru, zamianę argumentów w rejestrach wprowadzania, kopiowanie aktywnego rejestru wprowadzania do rejestru pamięci M, kopiowanie rejestru M do aktywnego rejestru wprowadzania, kasowanie błędu ERROR, rejestru

M i całego urządzenia. Urządzenie to obsługuje następujące działania: dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, potęga kwadratowa, dzielenie przez odwrotność, pierwiastek kwadratowy i kompleksowe działania na procentach. Kalkulator prawidłowo obsługuje wszystkie działania na liczbach ujemnych i zgłasza wyjątki błędu ERROR takie jak: pierwiastek kwadratowy z liczby ujemnej, dzielenie przez zero oraz w przypadku działań na procentach takich jak dodawanie lub odejmowanie, gdy wystąpi przepełnienie.

Każde wybrane działanie matematyczne obrazowane jest na matrycy diod LED, która wyświetla odpowiedni symbol. Przykład przedstawiony jest

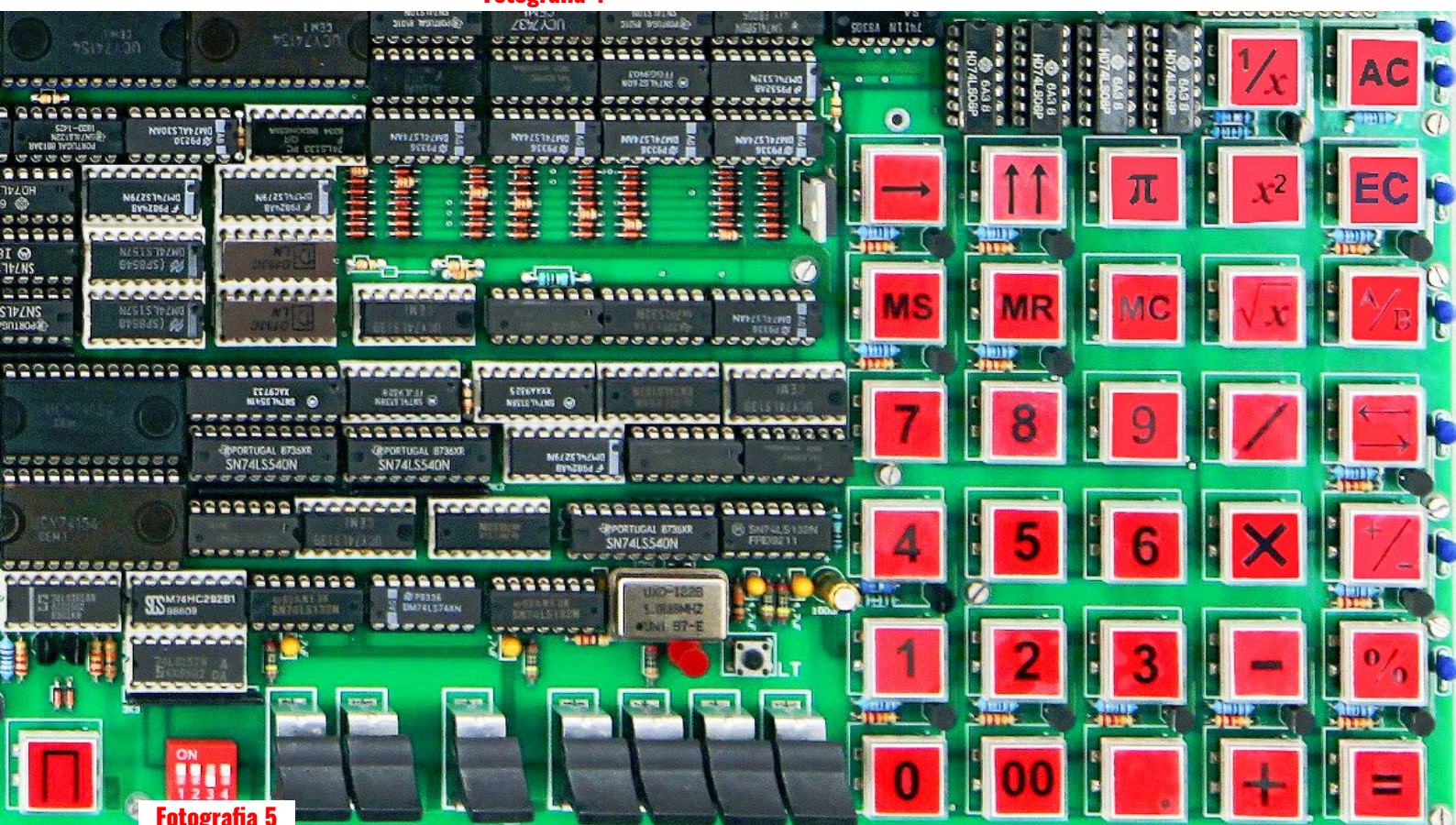


na **fotografii 4**. Klawiatura składa się z 33 przycisków – **fotografia 5**, które są w pełni interaktywne (te, które są podświetlone są aktywne, reagują na daną sytuację w czasie rzeczywistym, np. nie można wprowadzić zera do aktywnego rejestru wartości, gdy nie ma włączonego punktu dziesiętnego lub nie ma już wprowadzonej przynajmniej jednej cyfry większej od zera).

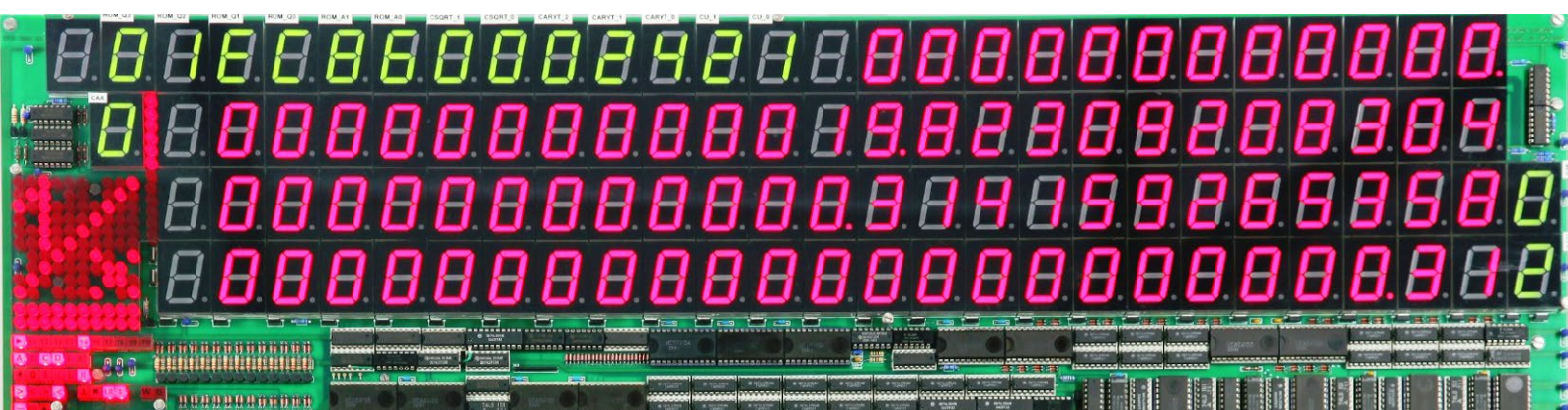


Fotografia 4

Kalkulator ten ma tryb podglądu przetwarzających się algorytmów w czasie rzeczywistym, co jest bardzo cenną funkcją (**fotografia 6**). Z tego powodu rejestry wprowadzania wartości A i B są wtedy 24-cyfrowe. Tryb ten może być automatyczny, czyli ze zwolnioną prędkością zegara obserwujemy przetwarzające się instrukcje (trybów ustawień prędkości jest 16) lub ręczny, gdzie przeznaczonym do tego przyciskiem podajemy pojedyncze impulsy zegarowe do sekwencera.



Fotografia 5



Fotografia 6

Tryb, o którym mowa oprócz tego, że na wyświetlaczach rejestrów obrazuje przetwarzający się algorytm, uruchamia jeszcze dodatkowo 16 wyświetlaczy, które dla odróżnienia są w kolorze zielonym (pozostałe „robocze” wyświetlacze są czerwone).

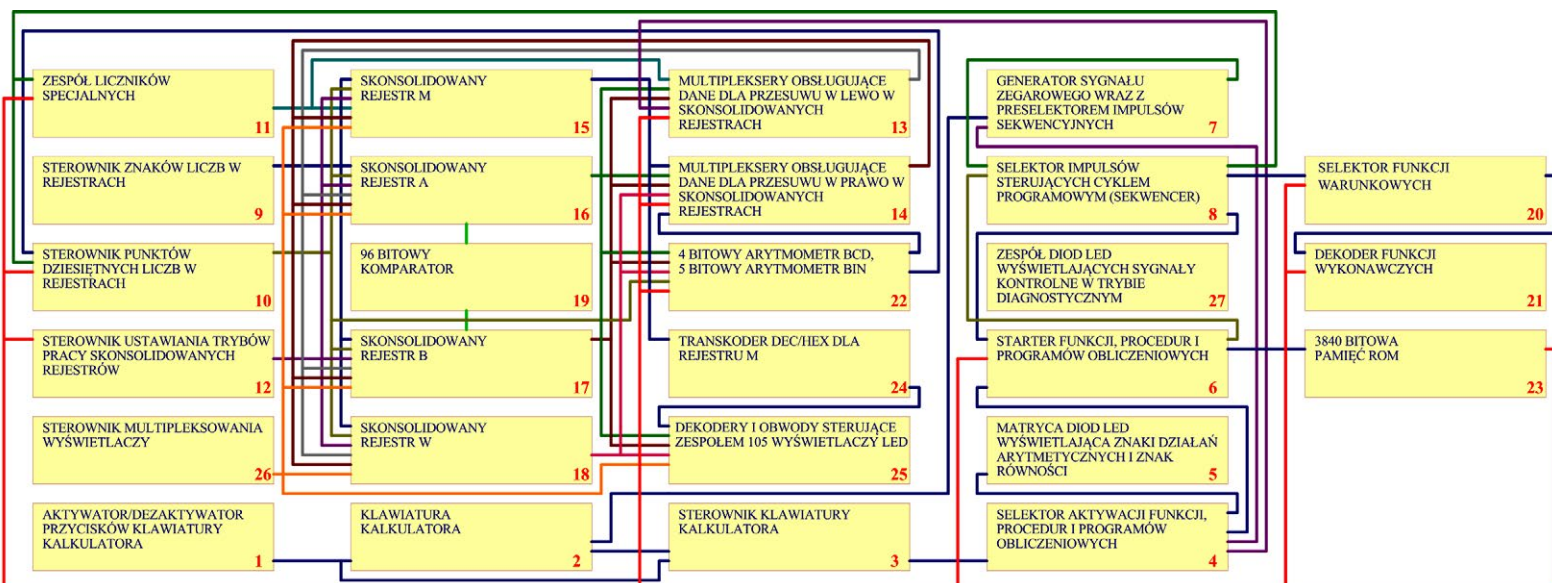
Wyświetlają one następujące informacje: dane wyjściowe ROM wraz z aktywnym w danej chwili ich adresem – wszystko to w kodzie szesnastkowym, wartości dziesiętne trzech liczników specjalnych (licznik pozostałych cyfr do policzenia pierwiastka kwadratowego, licznik pozostałych przesunięć w częściowej operacji arytmetycznej takiej jak dodawanie lub odejmowanie, licznik uniwersalny używany w algorytmach do różnych funkcji), wartości dziesiętne trzech liczników argumentów (licznik ilości powtarzanych dodawań dla mnożenia, dwa liczniki powtarzanych odejmowań dopóki $A \geq B$ dla dzielenia i pierwiastkowania).

Oprócz tego uaktywnia się również 36 diod LED „diagnostycznych”, które wyświetlają chwilowy stan obwodów zaangażowanych w przetwarzający się algorytm. Są to między innymi sygnały z sekwencera, sygnały uruchomionych bieżących wariantów, sygnały egzekwowania instrukcji, sygnały obsługujące pamięć ROM, sygnały relacji między wartościami liczb rejestrów A i B oraz między ich punktami dziesiętnymi, sygnały z arytmometru oraz sygnały załączonych funkcji pomocniczych. Również w tym trybie uaktywnia się 240 diod LED w pięciu kolorach, diody te sprzężone są bezpośrednio z kolumnami pamięci ROM. Ich kolory obrazują, jaki typ instrukcji wykonywany jest w danej chwili – mogą to być standardowe instrukcje (kolor żółty), instrukcje resetowania (kolor zielony), instrukcje ładowania równoległego (kolor pomarańczowy), instrukcje skoku (kolor niebieski) oraz instrukcje warunkowe (kolor czerwony).

Omówienie składowych bloków funkcjonalnych

Dla lepszego zrozumienia budowy i działania tego dość skomplikowanego urządzenia, warto przeanalizować schemat blokowy, który bardzo uprościłem, pokazany jest on na **rysunku 7**. Składa się on z 27 modułów, które bardzo ogólnikowo opiszę:

- Aktywator/dezaktywator przycisków klawiatury kalkulatora.** Obwody zawarte w tym module mają za zadanie w czasie rzeczywistym wygaszać, a co za tym idzie wyłączać odpowiednie przyciski bądź grupy przycisków. Są to warstwy warunkowe nadrzędne o priorytetach 0 i 1, które chronią przed różnymi anomaliami takimi jak np. minus zero, wprowadzenie zera lub ciągu zer, jako pierwszych, doprowadzenie do przepełnienia rejestrów wprowadzania, czego konsekwencją byłoby wyrzucenie najstarszej cyfry oraz wielu innych niewłaściwości, których w sumie jest szesnaście.
- Klawiatura kalkulatora.** Moduł ten ma zadanie wykrywać interakcje ze światem zewnętrznym i wstępnie przygotować zakodowany sygnał załączonego klawisza do dalszej obróbki. Robocza klawiatura jest multipleksowana, podzielona jest na dwie grupy (grupa A zawiera 15 klawiszy, grupa B składa się z 16 klawiszy). Niezależnym klawiszem jest nadrzędny klawisz AC, który resetuje całe urządzenie. Również do tego modułu należy przycisk LT, który testuje wszystko, co świeci pod filtrem z pleksi. Poczwórny mikroprzełącznik, który ustawia częstotliwość zegara w trybie standardowym (wybór szesnastu prędkości zegara od 310 Hz do 1,25 MHz). Przełączniki, które ustawiają urządzenie w tryb diagnostyczny automatyczny (kolejne cztery przełączniki umożliwiają w tym trybie wybór szesnastu prędkości zegara od 0,002 Hz do 155 Hz), lub krokowy ręczny – w tym trybie aktywny jest klawisz CLK dzięki któremu



Rysunek 7

możemy podawać pojedyncze sygnały zegarowe bezpośrednio do sekwencera.

3. **Sterownik klawiatury kalkulatora.** Moduł ten wytwarza wszystkie sygnały sterujące multipleksowaną klawiaturą kalkulatora. Obwody w nim zawarte zapobiegają błędom w przypadku naciśnięcia więcej niż jednego przycisku, gdy wciśniemy jakiegokolwiek przycisk pozostałe automatycznie są dezaktywowane. Sygnałem wyjściowym tego modułu jest impuls aktywujący pięciobitowy adres załączonego przycisku.
4. **Selektor aktywacji funkcji, procedur i programów obliczeniowych.** Podstawową funkcją tego modułu jest zdekodowanie pięciobitowego adresu załączonego przycisku oraz sterownie matrycą diod LED, obrazującą wykonywane działanie matematyczne.
5. **Matryca diod LED wyświetlająca znaki działań arytmetycznych i znak równości.** Moduł ten ma za zadanie graficzne wyświetlanie symboli działań takich jak: dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, pierwiastkowanie, potęgowanie kwadratowe, dzielenie przez odwrotność, symbol procentów przy dodawaniu, odejmowaniu, mnożeniu i dzieleniu. Matryca ma organizację – 10 na 10, lecz efektywnie użytych jest w niej 88 diod (pozostałe 12 nie jest potrzebne ze względu na to, iż nie biorą one udziału w projekcji znaku). Znak równości to dwa wiersze diod LED po 10 sztuk.
6. **Starter funkcji, procedur i programów obliczeniowych.** Najważniejszym zadaniem tego modułu jest kompleksowe sterowanie pamięcią ROM. Również w tym module następuje załadowanie adresu początkowego wybranego algorytmu do odpowiedniego obszaru w pamięci stałej, w której razem zaimplementowanych jest piętnaście algorytmów.
7. **Generator sygnału zegarowego wraz z pre-selektorem impulsów sekwencyjnych.** Moduł ten jest sercem urządzenia, dzięki generatorowi kwarcowemu i dzielnikowi częstotliwości wytwarza impulsy zegarowe o odpowiednich częstotliwościach, związanych z uruchomionym trybem pracy kalkulatora. Podzespół ten wytwarza dwanaście sygnałów sekwencyjnych, które są przetwarzane w kolejnym module.
8. **Selektor impulsów sterujących cyklem programowym (sekwencer).** Jest to bardzo ważna jednostka zarządzająca pracą całego urządzenia. Jest to dość skomplikowany moduł, który obsługuje cztery procedury sterujące:

PROCEDURA STARTOWA – Procedura ta uruchamiana jest na początku każdego przetwarzanego algorytmu w urządzeniu. Jej zadanie polega na

załadowaniu adresu początkowego wybranego algorytmu do licznika pamięci ROM, przełączeniu multipleksera obsługującego ładowane dane dla licznika pamięci ROM w tryb pobierania danych z ośmiobitowego rejestru, podwójnej inkrementacji licznika BDP (aktywne tylko w przypadku działania na procentach i uruchomionej procedurze programu obliczeniowego), aktywacji wariantu A (wykonywanie algorytmów), resetowaniu sekwencera. Procedura startowa uruchamiana jest tylko raz w całym przetwarzaniu wybranego algorytmu.

PROCEDURA STANDARDOWA – Procedura ta zawsze jest uruchamiana po procedurze startowej. Jej zadanie polega na wpisaniu danych LSB z pamięci ROM do ośmiobitowego rejestru, wykonaniu bieżącej linijki programu, inkrementacji licznika pamięci ROM (przejsie do następnej linijki programu), resetowaniu sekwencera. Procedura standardowa wykonywana jest wiele razy podczas przetwarzania wybranego algorytmu.

PROCEDURA SKOKU – Procedura skoku może wystąpić praktycznie w każdym miejscu wykonywanego algorytmu jeden bądź wiele razy. Jej zadanie polega na wpisaniu danych LSB z pamięci ROM do ośmiobitowego rejestru (w tym przypadku jest to ośmiobitowy adres pamięci ROM), wykonaniu bieżącej linijki programu (w tym przypadku jest to instrukcja skoku, co w konsekwencji uruchamia wariant E), wpisaniu danych z ośmiobitowego rejestru do licznika pamięci ROM (skok do zaadresowanej komórki pamięci ROM), resetowaniu sekwencera. Po wykonaniu wszystkich kroków w tej procedurze następuje automatyczne przełączenie na procedurę standardową.

PROCEDURA PĘTLI INSTRUKCJI PROGRAMU – Procedura pętli instrukcji programu może wystąpić praktycznie w każdym miejscu wykonywanego algorytmu jeden bądź wiele razy. Jej zadanie polega na wpisaniu danych LSB z pamięci ROM do ośmiobitowego rejestru, wykonaniu bieżącej linijki programu (w tym przypadku może to być aktywacja pętli CU, która uruchomi wariant C lub aktywacja pętli CARYT, która uruchomi wariant C i D), inkrementacji licznika pamięci ROM (przejsie do następnej linijki programu, instrukcja w niej zawarta będzie powtarzana do momentu osiągnięcia zera przez licznik CU lub CARYT), aktywacji wariantu B (wykonywanie aktywnej pętli), resetowaniu sekwencera, wykonaniu bieżącej linijki programu objętej aktywną pętlą, tak długo aż stan liczników CU lub CARYT zmniejszanych w kolejnym kroku nie osiągnie zera, zresetowaniu wariantów B, C, ewentualnie D wraz z przejściem do następnej linijki programu, kolejnym zresetowaniu sekwencera. Po wykonaniu wszystkich kroków w tej

procedurze następuje automatyczne przełączenie na procedurę standardową.

9. **Sterownik znaków liczb w rejestrach.** Moduł ma za zadanie zarządzać znakami „minus” w czterech rejestrach urządzenia.

10. **Sterownik punktów dziesiętnych liczb w rejestrach.** Moduł ten kompleksowo steruje położeniem punktów dziesiętnych we wszystkich czterech rejestrach urządzenia. Liczniki binarne punktów dziesiętnych ADP i BDP mogą zliczać w górę i w dół, ładować dane równoległe krzyżowo pomiędzy sobą lub z liczników punktów MDP lub WDP albo z zaprogramowanych wartości. Licznik MDP obsługuje równoległe ładowanie danych z licznika ADP lub BDP. Natomiast licznik WDP może zliczać w górę i w dół oraz ładować dane równoległe z arytmometru albo z zaprogramowanych wartości. Wszystkie liczniki mogą być niezależnie resetowane.

11. **Zespół liczników specjalnych.** Moduł ma za zadanie obsługiwać algorytmy, które potrzebują wykonać jakąś instrukcję n razy. Podzespół ten składa się z trzech skonsolidowanych liczników BCD: sześciobitowego licznika CU, którego maksymalny stan to 25; dwunastobitowego licznika CARYT, którego maksymalny stan to 120 oraz z sześciobitowego licznika CSQRT, którego maksymalny stan to 22. Również w tym module znajdują się trzy czterobitowe liczniki BCD: CAA, CAB i CAW.

12. **Sterownik ustawiania trybów pracy skonsolidowanych rejestrów.** Moduł ma za zadanie ustawiać odpowiednie poziomy logiczne na wejściach trybu pracy wszystkich skonsolidowanych czterech rejestrów urządzenia: A, B, M i W. Istnieją cztery możliwości przygotowania skonsolidowanych rejestrów do pracy: blokada, przesuw danych w lewo lub w prawo oraz ładowanie danych równoległe. W moim urządzeniu istnieje dwadzieścia kombinacji przygotowania składowych skonsolidowanych rejestrów do pracy.

13. **Multipleksery obsługujące dane dla przesuwu w lewo w skonsolidowanych rejestrach.** Moduł ma za zadanie dostarczać odpowiednie dane do wejść szeregowych SL skonsolidowanych trzech rejestrów urządzenia: A, B i W. W tym przypadku istnieje 13 kombinacji dostarczania danych do składowych skonsolidowanych rejestrów.

14. **Multipleksery obsługujące dane dla przesuwu w prawo w skonsolidowanych rejestrach.** Moduł ma za zadanie dostarczać odpowiednie dane do wejść szeregowych SR skonsolidowanych czterech rejestrów urządzenia: A, B, M i W. W tym przypadku istnieje również 13 kombinacji dostarczania danych do składowych skonsolidowanych rejestrów.

Należy nadmienić, że kolejna, dwudziesta siódma kombinacja dostarcza do składowych skonsolidowanych rejestrów dane do wejść szeregowych SL i SR. Natomiast ostatnie dwie kombinacje: 28 i 29 służą do ładowań równoległych, więc stany na wejściach szeregowych nie mają znaczenia.

15. **Skonsolidowany rejestr M.** Moduł ma za zadanie dekodować położenie punktu dziesiętnego MDP na wyświetlaczach; zapamiętywać wprowadzane dane MBR odpowiedzialne za aktywację wyświetlaczy; zapamiętywać wprowadzane dane M odpowiedzialne za wartości dziesiętne pierwszych dwunastu cyfr (LSB); prezentować na kolejnych dwunastu wyświetlaczach (MSB) wartości specjalne odczytywane ze strategicznych modułów kalkulatora w trybie krokowym ręcznym lub automatycznym; kontrolować na bieżąco czy wartość wprowadzonej liczby M jest różna od zera dla przedziału pierwszych dwunastu cyfr LSB.

16. **Skonsolidowany rejestr A.** Moduł ma za zadanie na bieżąco dekodować położenie punktu dziesiętnego ADP na wyświetlaczach lub ewentualnie zamrozić jego lokalizację; zapamiętywać wprowadzane dane ABR odpowiedzialne za aktywację wyświetlaczy; zapamiętywać wprowadzane dane A odpowiedzialne za wartości dziesiętne cyfr lub ewentualnie zamrozić wyświetlaną wartość; odczytywać stan znaku „minus” AZ i ewentualnie zamrozić jego status na wyświetlaczu; przełączać pomiędzy trybem 12- a 24-cyfrowym; kontrolować na bieżąco czy wartość wprowadzonej liczby A jest różna od zera dla przedziału pierwszych dwunastu cyfr LSB.

17. **Skonsolidowany rejestr B.** Moduł ma za zadanie na bieżąco dekodować położenie punktu dziesiętnego BDP na wyświetlaczach lub ewentualnie zamrozić jego lokalizację; zapamiętywać wprowadzane dane BBR odpowiedzialne za aktywację wyświetlaczy; zapamiętywać wprowadzane dane B odpowiedzialne za wartości dziesiętne cyfr lub ewentualnie zamrozić wyświetlaną wartość; odczytywać stan znaku „minus” BZ i ewentualnie zamrozić jego status na wyświetlaczu; przełączać pomiędzy trybem 12- a 24-cyfrowym; kontrolować na bieżąco czy wartość wprowadzonej liczby B jest różna od zera dla przedziału pierwszych dwunastu cyfr LSB.

18. **Skonsolidowany rejestr W.** Moduł ma za zadanie na bieżąco dekodować położenie punktu dziesiętnego WDP na wyświetlaczach; zapamiętywać wprowadzane dane WBR odpowiedzialne za aktywację wyświetlaczy; zapamiętywać wprowadzane dane W, odpowiedzialne za wartości dziesiętne cyfr.

Należy dodać, że wszystkie wyjścia równoległe skaskadowanych składowych rejestrów liczb i aktywacji wyświetlaczy oraz wyjścia dekodowników 1 z 12 lub 1 z 24 podłączone są do wejść 12- lub 24-bitowych multiplexerów, na których wyjściach powstają szeregowo informacje podawane w danej chwili na odpowiedni wyświetlacz (dla punktu dziesiętnego i aktywacji wyświetlaczy jest to po jednym wyjściu, natomiast dla danych BCD są to cztery wyjścia).

19. 96-bitowy komparator. Moduł ten ma za zadanie porównywać na bieżąco wartość bezwzględną wprowadzonych liczb rejestrów A i B. Moduł ten przyspiesza algorytmy, które badają relację między wartościami rejestrów, np. kontynuuj odejmowanie $A-B$ dopóty $A \geq B$, gdyby nie komparatory trzeba by było badać czy powstało przepełnienie na ostatniej cyfrze MSB – gdyby było, świadczyłoby to o tym, że $A < B$. Więc trzeba by było przywrócić poprzedni stan rejestrów poprzez operację $A+B$.

20. Selektor funkcji warunkowych. Moduł ma za zadanie zezwalać na wykonanie bieżącej przygotowanej instrukcji w przetwarzanym algorytmie pod warunkiem spełnienia aktywnej jednej z czterdziestu funkcji warunkowych, (gdy instrukcja nie jest warunkowana – „sygnał” instrukcji przechodzi transparentnie). Moduł również na bieżąco monitoruje stan dwóch warunków: $CU=0?$ oraz $CARYT=0?$ w ewentualnej uaktywnionej którejś procedurze pętli instrukcji programu w sekwencerze.

21. Dekoder funkcji wykonawczych. Gdy z selektora funkcji warunkowych sygnał zezwala na dotrzenie do wejścia strobojującego dekodera 1 z 64 – nastąpi wykonanie instrukcji, która przez dodatkową logikę wyjściową może zawierać od jednej do kilkunastu funkcji. Moduł ten dekoduje 59 instrukcji.

Podsumowując działanie dwóch ostatnich modułów należy stwierdzić, że w pierwszej fazie cyklu dane z pamięci ROM ustawiają i przygotowują niezbędne obwody urządzenia oraz przygotowują bieżącą instrukcję przetwarzanego algorytmu do wykonania. Odnosząc się do analogii z bronią palną: w powyższym etapie broń zostaje załadowana i przygotowana jest do strzału. Natomiast w drugiej fazie cyklu następuje próba wykonania bieżącej instrukcji w przetwarzanym algorytmie. Gdy instrukcja nie podlega warunkowaniu lub warunek, który ją obejmuje zostaje spełniony wtedy następuje wykonanie bieżącej instrukcji. W przeciwnym wypadku warunek obejmujący instrukcję nie zostaje spełniony, w związku z czym bieżąca instrukcja nie zostaje wykonana. Na tym etapie – odnosząc się do broni

palnej – następuje wystrzał pocisku z wycelowanej broni do odpowiedniego miejsca na tarczy składowej się z 59 pól (dekoder instrukcji). O tym, do którego miejsca na tarczy zostaje wycelowana broń decyduje instruktor, czyli pamięć ROM :) Selektor funkcji warunkowych zdecydował jaki nabój zostanie załadowany – w przypadku ostrej amunicji pozostaje ślad na tarczy (instrukcja została wykonana), w przypadku ślepego pocisku tarcza zostaje nienaruszona (brak wykonania instrukcji).

22. 4-bitowy arytmometr BCD, 5-bitowy arytmometr BIN. Moduł ma za zadanie wykonywać dwie podstawowe operacje arytmetyczne: dodawanie (ADD) oraz odejmowanie (SUB). Arytmometr BCD operuje na wartościach dziesiętnych cyfr z rejestrów: A, B, W. Natomiast arytmometr BIN operuje na wartościach dwójkowych z liczników punktów dziesiętnych: ADP, BDP, WDP. Arytmometr BCD realizuje następujące funkcje: $A+B=W$, $A-B=W$, $B-A=W$, $A+B=A$, $A-B=A$, $B+W=W$. Z kolei arytmometr BIN: $ADP+BDP=WDP$, $ADP-BDP=WDP$, $0-WDP=WDP$. W tym przypadku dzieje się to w zamkniętym zapętłonym zbiorze 24-elementowym (wartości od 0 do 23).

23. 3840-bitowa pamięć ROM. Moduł jest pamięcią stałą, zbudowaną z elementów dyskretnych, pojedynczy bit w stanie wysokim reprezentuje dioda przełączająca, diod tych jest około 1100 szt. Pamięć ma ośmiobitowe adresowanie oraz szesnastobitowe wyjścia danych. Jej organizacja to 240 na 16 bitów, gdzie pierwsze osiem bitów, licząc od LSB, ustawia multiplexery punktów dziesiętnych, multiplexery skonsolidowanych rejestrów, tryb pracy skonsolidowanych rejestrów, multiplexery arytmometru, w komórkach tych mogą się też znajdować 6-bitowe adresy funkcji warunkowych, 8-bitowe adresy skoków oraz dane w postaci BCD dla liczników specjalnych. Reasumując, dane te są argumentami wejściowymi dla funkcji instrukcji wykonawczych. Kolejny obszar jest 6-bitowym kodem instrukcji wykonawczej, ostatni 2-bitowy obszar kończąc na bicie MSB służy do warunkowania instrukcji wykonawczych. W pamięci tej znajduje się piętnaście algorytmów:

- DIG (wpisywanie cyfr od 0 do 9 lub ciągu 00 do aktywnego rejestru),
- MS (kopiowanie aktywnego rejestru do rejestru M),
- MR (kopiowanie rejestru M do aktywnego rejestru),
- WRC (przeniesienie zawartości rejestru W do aktywnego rejestru),
- AB (zamiana krzyżowa zawartości rejestrów A i B),
- BK (cofanie ostatniej wprowadzonej cyfry w aktywnym rejestrze),

- PI (załadowanie liczby PI do aktywnego rejestru),
- ADD/SUB (dodawanie lub odejmowanie arytmetyczne rejestrów A i B),
- MUL (mnożenie arytmetyczne rejestrów A i B),
- DIV (dzielenie arytmetyczne rejestrów A i B),
- SQRT (pierwiastkowanie kwadratowe aktywnego rejestru),
- X2 (podnoszenie do kwadratu aktywnego rejestru),
- 1/X (dzielenie przez odwrotność aktywnego rejestru),
- +%-% (przeniesienie zawartości rejestru W zawierającego wynik działania: $[(B/100) \times A]$ do rejestru B),
- ACW (pozycjonowanie ku prawej stronie wyniku w rejestrze W poprzez pozbywanie się niepotrzebnych zer z lewej i prawej strony).

Stworzony język maszynowy, który koduje wszystkie instrukcje jest mojego autorstwa.

24. Transkoder DEC/HEX dla rejestru M. Moduł ma za zadanie przekształcać wartość powyżej 9DEC na znaki heksadecymalne, tj. A, B, C, D, E, F. W normalnym trybie na wejścia podawane są sygnały do 9DEC, więc konwersja nie występuje, jednak w trybie diagnostycznym niektóre sygnały wejściowe przyjmują wartość do 15DEC. W związku z tym, że sygnały powyżej 9DEC przyjmują wartość dwucyfrową konieczne jest ich przekształcenie na wartość HEX. Dzięki takiemu rozwiązaniu czterobitowa wartość zawsze znajdzie się tylko na jednym wyświetlaczu.

25. Dekodery i obwody sterujące zespołem 105 wyświetlaczy LED. Moduł ma zadanie całkowite dekodowanie sygnałów ze skonsolidowanych rejestrów: A,B,W oraz częściowo ze skonsolidowanego rejestru M na kod wyświetlania cyfr lub znaków na wyświetlaczach siedmiosegmentowych. Moduł podzielony jest na pięć podstawowych zbiorów zbudowanych z wyświetlaczy LED: zbiór podstawowy rejestru M zawiera 13 wyświetlaczy, natomiast zbiór specjalny zawiera ich 17, zbiory rejestrów: A, B i W zawierają po 25 sztuk. Wszystkie wyświetlacze są multipleksowane.

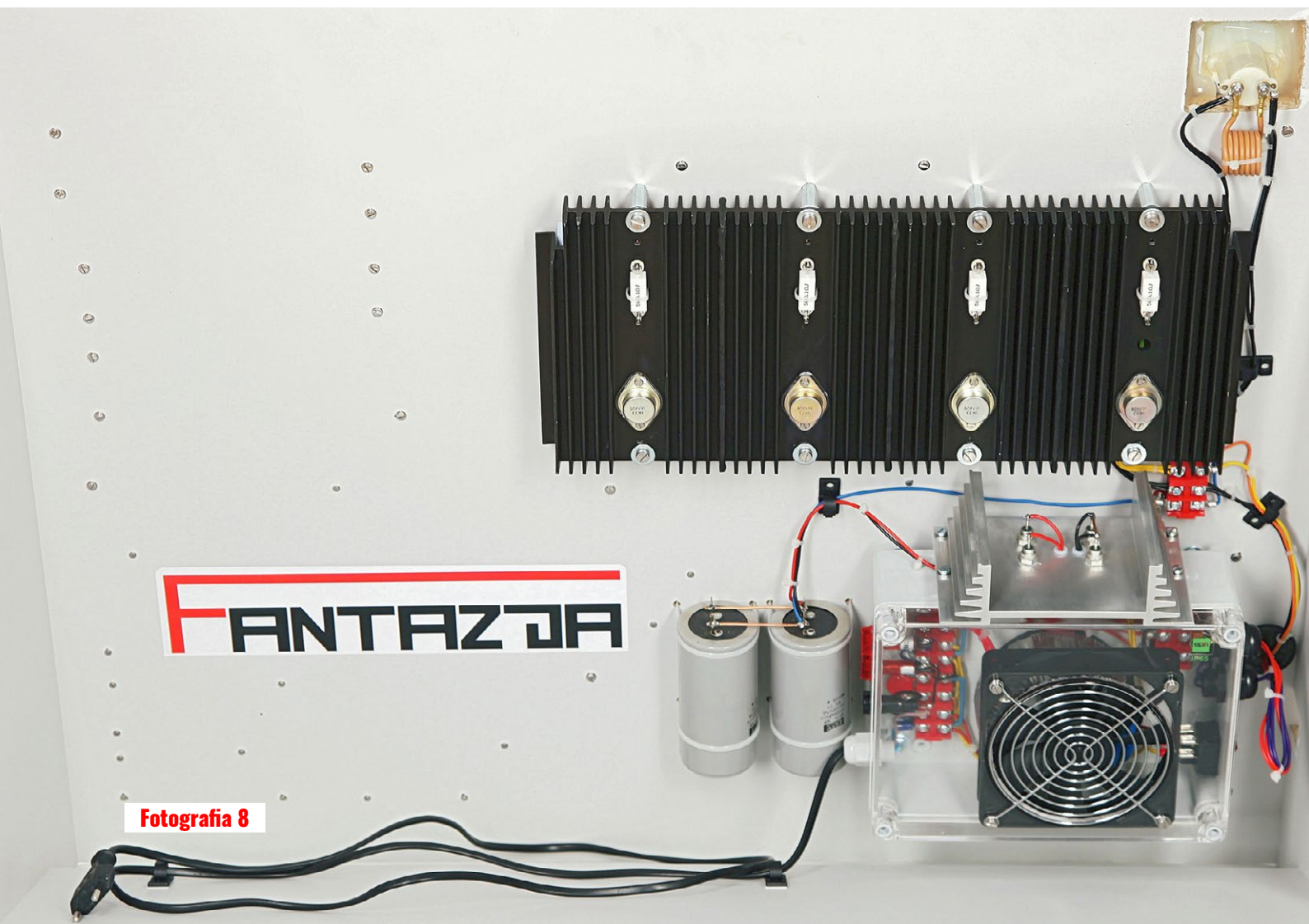
26. Sterownik multipleksowania wyświetlaczy. Moduł ma za zadanie wytworzyć odpowiednie impulsy sterujące, które z odpowiednią częstotliwością sekwencyjnie załączają kolumny wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED. Moduł ten też zawiera obwód, który usuwa całkowicie efekt poświaty tzw. duszków, dzięki odpowiednio dobranym czasom wyświetlania bieżącej i ładowanej kolejnej cyfry. Znajdują się tu również obwody wyłączania wyświetlaczy w przypadku ewentualnej awarii generatora, co jest bardzo ważne ze względu na specyficzne sterowanie elementami mocy.

27. Zespół diod LED wyświetlających sygnały kontrolne w trybie diagnostycznym. Moduł ma za zadanie wyświetlanie sygnałów kontrolnych, które obrazują poprawną pracę urządzenia.

Całe urządzenie napędzane jest zasilaczem linowym, dającym jedno napięcie +5 V (**fotografia 8**). Zasilacz ten oparty jest na kostce LM723 i to jest jeden z dwóch analogowych układów scalonych zastosowanych w tym projekcie. Użyty transformator jest transformatorem toroidalnym o napięciu znamionowym 9 V, jego wydajność prądowa to 18 A. Napięcie zbijane jest do odpowiedniej wartości na czterech równolegle połączonych tranzystorach mocy BDP 491, przedstawionych na **fotografii 9**. Urządzenie pobiera do 12 A prądu (pobierany prąd jest cały czas wskazywany na wbudowanym wskaźnikowym amperomierzu), w pierwszych testach zauważyłem, że po ponad dwugodzinnej ciągłej pracy transformator bardzo się przegrzewa, więc musiałem dodać aktywne chłodzenie w postaci wentylatora z zasilacza ATX i problem minął całkowicie. Od strony sieciowej urządzenie zabezpieczone jest dwoma warystorami i oczywiście bezpiecznikiem topikowym. Natomiast od strony wtórnej zabezpieczeń jest kilka. Zabezpieczenie nadprądowe opiera się na obwodach w kostce LM723 i ogranicza z grubsza prąd do 18 A. Zabezpieczenia nadnapięciowe oparte są na bardzo szybkich dwukierunkowych transilach – jest ich razem sześć sztuk i są rozmieszczone w różnych miejscach urządzenia. Dodatkowym elementem, który przy okazji niweluje bardzo krótkie przepięcia jest filtr EMI serii BNX.

Podsumowanie, nieuniknione błędy oraz wyciągnięte wnioski

Planowałem, że projekt ten ukończę w ciągu roku, jednak czas ten wydłużył się prawie sześciokrotnie – nauczyłem się wtedy determinacji i bezwzględnego „trwania przy swoim”. Pierwsza wersja urządzenia miała być tylko czterodziałaniowym kalkulatorem, bez możliwości podglądania algorytmów. Jednak od tego pomysłu odwiódł mnie mój serdeczny przyjaciel Pan Piekarski z Warszawy, który nadał temu urządzeniu prym bardziej dydaktyczny. Muszę przyznać, że uwielbiam duże projekty, robione na podstawowych „cegiełkach” elektroniki – dzięki temu wiem jak to wszystko dokładnie działa, widząc każdy obwód z osobna. Tak jak wspominałem, mam straszny sentyment do elektroniki retro i dlatego cały ten projekt zrobiony jest w tym stylu. Każdy zastosowany tu element nie jest zbyt nowoczesny, użyłem dużo polskich układów i tranzystorów jeszcze z CEMI, duże kondensatory elektrolityczne są



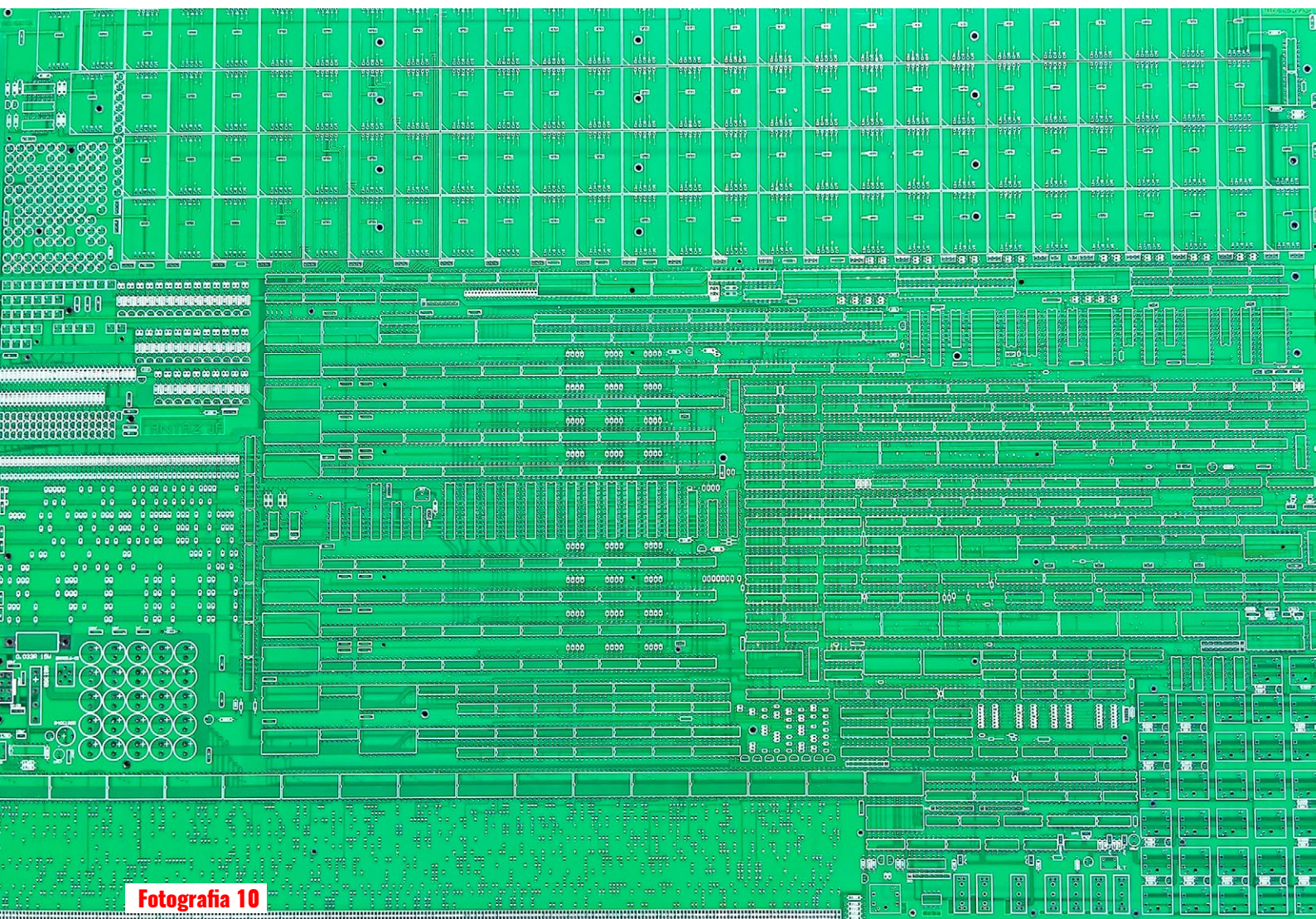
Fotografia 8



Fotografia 9

z Elwy, przez te wszystkie lata szukałem stylowych elementów i kiedy nadarzała się okazja kupowałem je na różnych aukcjach i w sklepach internetowych. Pierwsza wersja projektu miała powstać na sześciu płytkach dwustronnych o łącznej po-

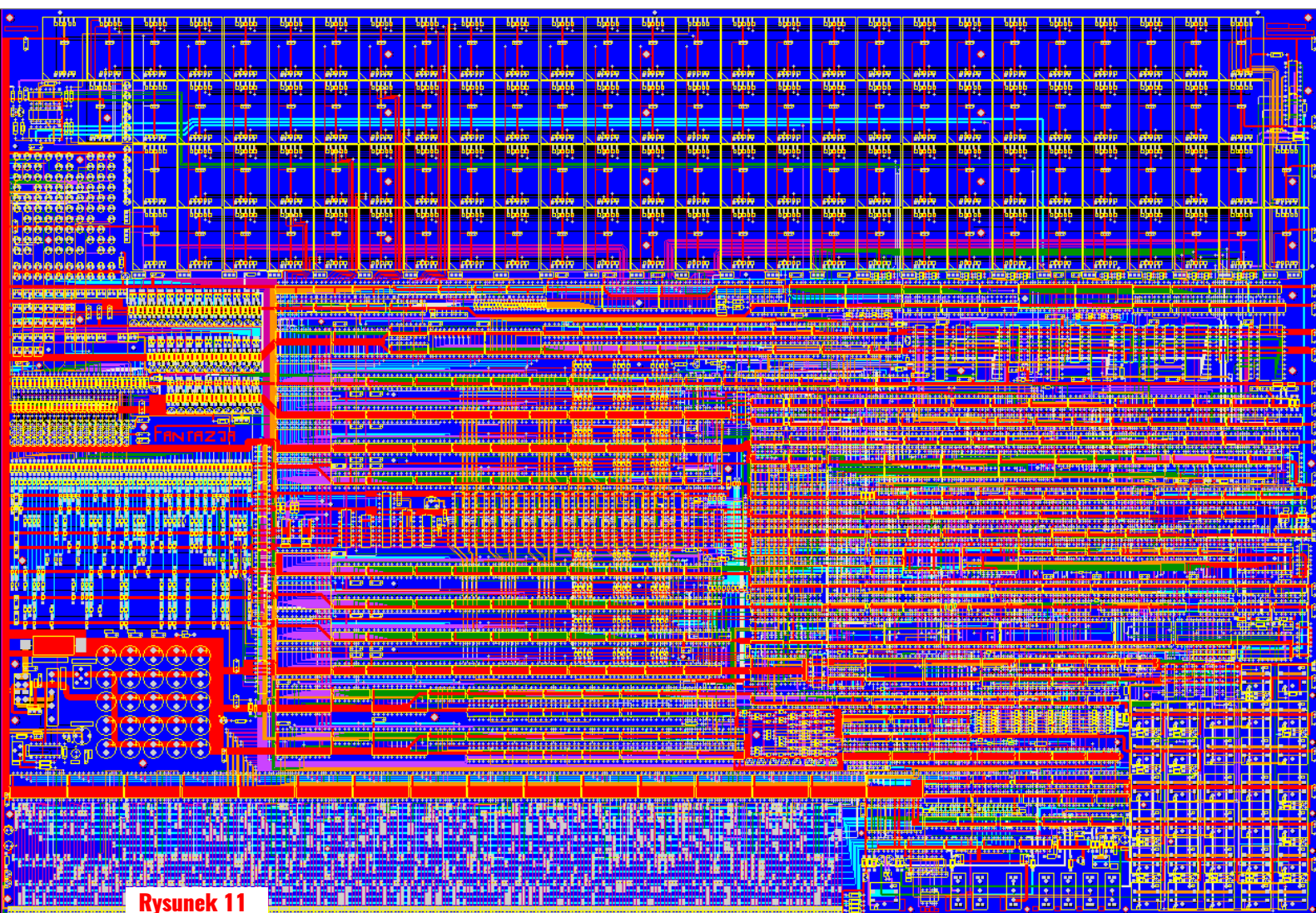
wierzchni ponad 1,5 m² – nawet zaprojektowałem te płytki... Jednak zdałem sobie sprawę, że wiele strategicznych połączeń okazało się zbyt długimi, a na elementy kondycjonujące sygnały nie było już fizycznie miejsca. Musiałem zmienić koncepcję



Fotografia 10

i postanowiłem jeszcze raz zaprojektować PCB, ale tym razem jedną ośmiowarstwową o wymiarach 720 mm na 500 mm i grubości 2 mm – **fotografia 10**. Tę płytkę i również te poprzednie projektowałem ręcznie, bez użycia auto routera. Topologia tej płytki jest następująca: warstwa zasilania, sześć warstw sygnałowych (im bardziej wymagający sygnał tym niższa warstwa) i wylewka masy na samym dole – **rysunek 11**. W związku z tym, że płytka ta była bardzo droga z racji zamówienia jednej sztuki musiałem wyeliminować jak najwięcej możliwych błędów. Poświęciłem ogromną ilość czasu na bardzo dogłębne przeanalizowanie każdego zaprojektowanego modułu, obwodu i połączeń między nimi, czego skutkiem było sporządzenie bardzo dokładnej, szczegółowej dokumentacji technicznej na prawie tysiącu stronach A4. Opłacił się ten pomysł, bo dzięki temu wyeliminowałem ponad 30 błędów różnej maści. Nie korzystałem z żadnej symulacji komputerowej do sprawdzania obwodów – zasadę działania różnych bloków i modułów wyobrażałem sobie w pamięci

z uwzględnieniem jak największej ilości możliwych pozornych problemów. Nie będąc do końca pewnym niektórych zastosowanych rozwiązań przenosiłem je na płytkę stykową o ile nie były zbyt skomplikowane. Po sporządzeniu dokumentacji elektronicznej przyszedł czas na skrupulatne sprawdzenie zaimplementowanych algorytmów. Tu też krok po kroku sprawdzałem każdą instrukcję, każdą funkcję, różne zależności, itd. Również w tym przypadku powstała opasła dokumentacja, dzięki której udało mi się wyeliminować kilka błędów. Dopiero po tych zabiegach i poprawieniu wszystkich błędów na płycie zdecydowałem się ją zamówić. Płytkę zamówiłem w Chinach przez polską firmę pośredniczącą z Gdańska (laminat FR4, podwójna zielona soldermaska, warstwa opisowa od strony TOP, grubość miedzi we wszystkich warstwach 35 μm). Płytkę otrzymałem po miesiącu od zamówienia i rozpoczął się ręczny montaż kilku tysięcy elementów, co potwierdza **fotografia 12**. Wszystkie elementy są przewlekane, nie ma żadnego elementu SMD, to też był jeden z moich postulatów.

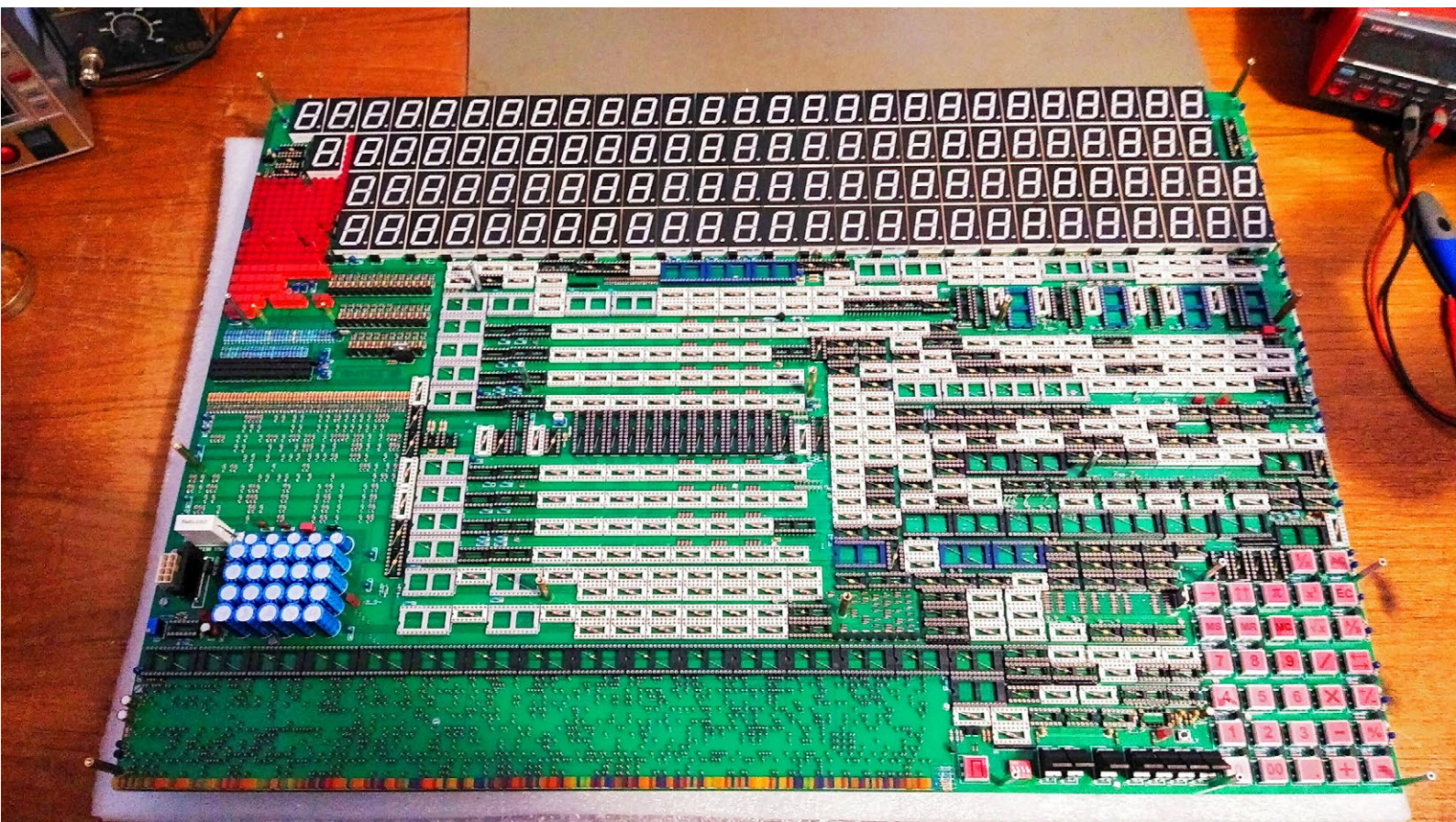


Rysunek 11

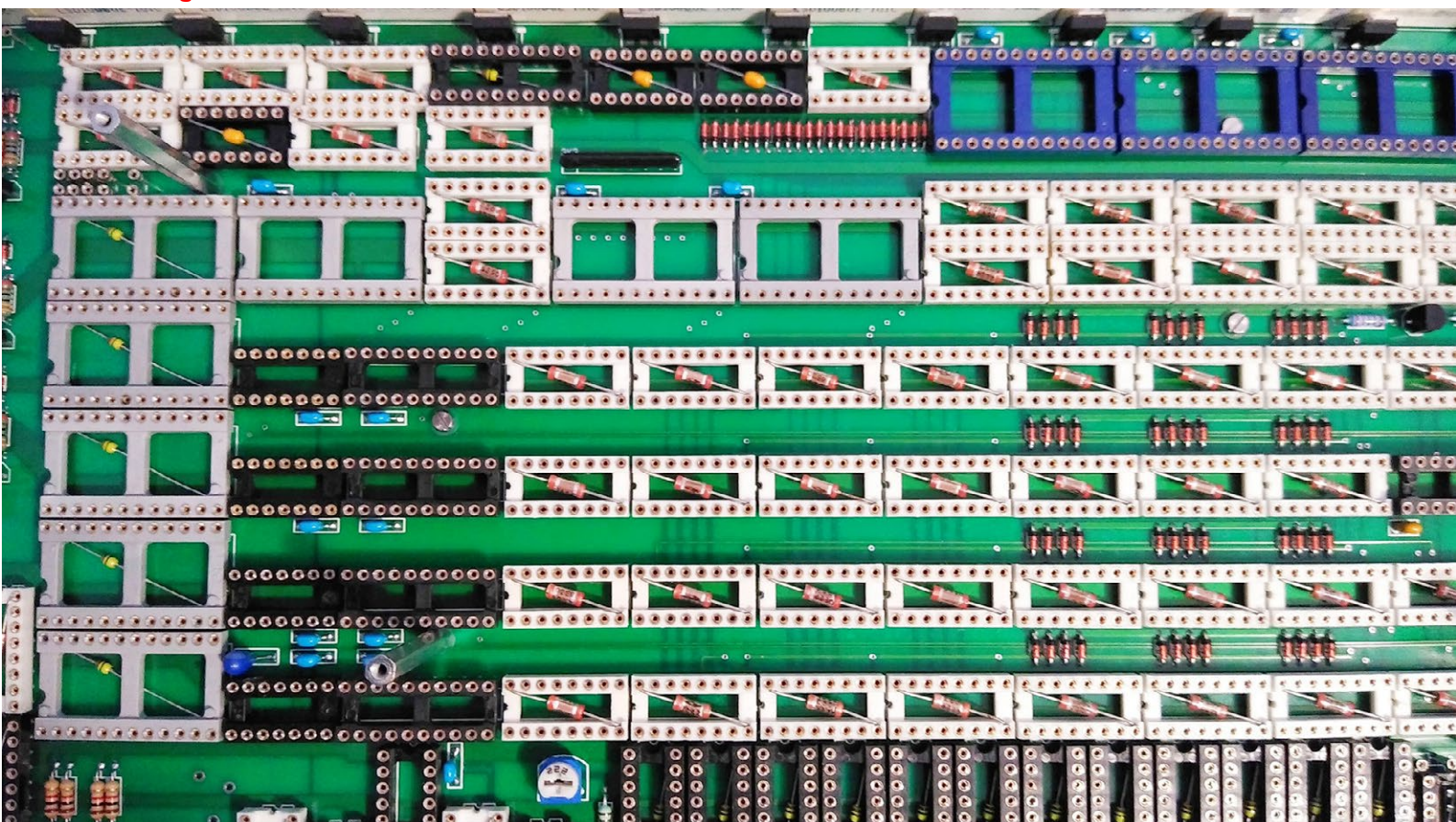
Pod wszystkie układy scalone są wlutowane podstawki – praktycznie każda z nich ma wbudowany kondensator odsprężający (**fotografia 13**). Zdecydowana większość elementów jest na stronie TOP, natomiast około 200 sztuk znajduje się po stronie BOTTOM – głównie tranzystorów sterujących wyświetlaczami, co przedstawia **fotografia 14**. Montaż zajął mi prawie trzy miesiące i, powiem szczerze, przy takich gabarytach płytki i ilości wlutowanych elementów płytka stawała się coraz cięższa i trzeba było bardzo uważać, aby jej nie uszkodzić. Na etapie montażu też pojawiło się kilka problemów z elementami, które musiałem szlifować o ułamki milimetra, aby dobrze osadziły się w swoich miejscach. Z racji tego, że miałem do polutowania około 16000 punktów lutowniczych zużyłem prawie 0,5 kg cyny! Przyszedł w końcu upragniony czas na uruchamianie... Ze względu na to, że wszystkie układy miały swoje podstawki, (co okazało się być też wielkim atutem) uruchamiałem ten projekt etapami. Tu dała o sobie znać kolejna niedogodność, a mianowicie w niektórych miejscach tak zagęściłem układy scalone, że nie

mogłem ich wstawić w podstawki. Okazało się, że każdy układ DIP jest trochę dłuższy w porównaniu ze swoją podstawką – pozostało szlifowanie około stu sztuk układów...

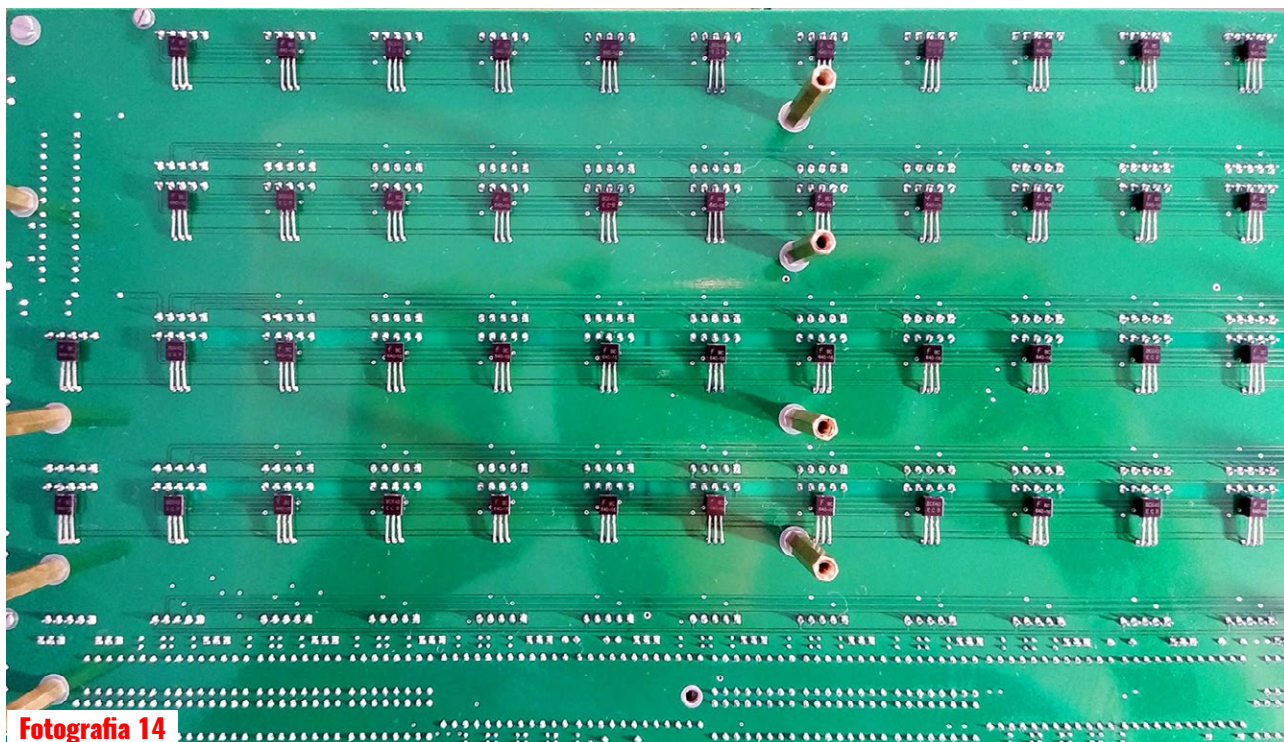
Uruchamianie szło całkiem sprawnie i coraz więcej bloków urządzenia zaczynało działać prawidłowo. Gdy udało mi się uruchomić urządzenie w całości przyszedł czas na finalne testy. Niestety kilka błędów się ujawniło, czego zresztą się spodziewałem, bo przecież nic nie jest idealne... Przy niektórych obwodach musiałem zmienić wartości rezystorów, w innych miejscach je dolutować. Musiałem również dolutować w paru newralgicznych miejscach kilka kondensatorów o pojemności pojedynczych nanofaradów, aby zdławić niepożądane szpilki. Lecz dwa błędy okazały się bardziej skomplikowane... Jeden związany był z obliczeniami procentowymi, a drugi z algorytmem pierwiastka kwadratowego. Z racji tego, że zostawiłem sobie furtki w postaci niewykorzystanych funkcyj logicznych (intuicja podpowiedziała mi, żeby ich wejść nie podłączać do warstw zasilających) problemy były do opanowania.



Fotografia 12

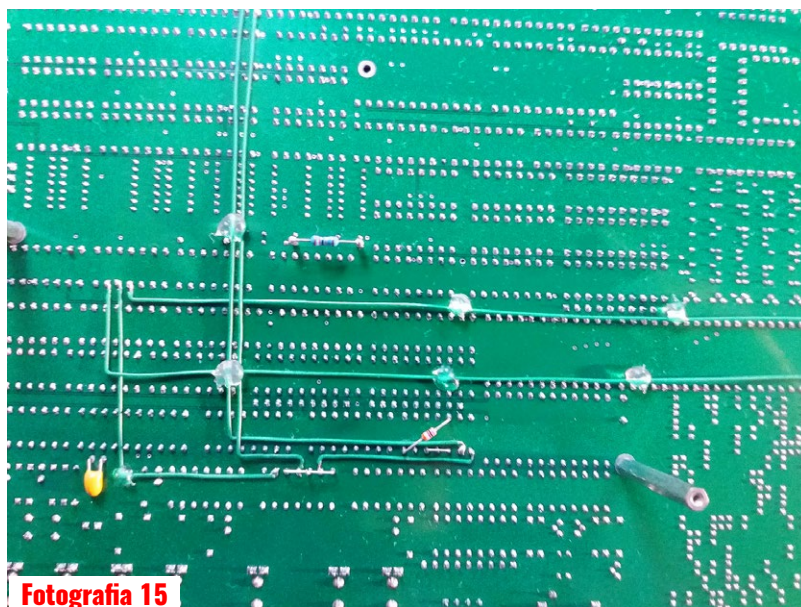


Fotografia 13



Fotografia 14

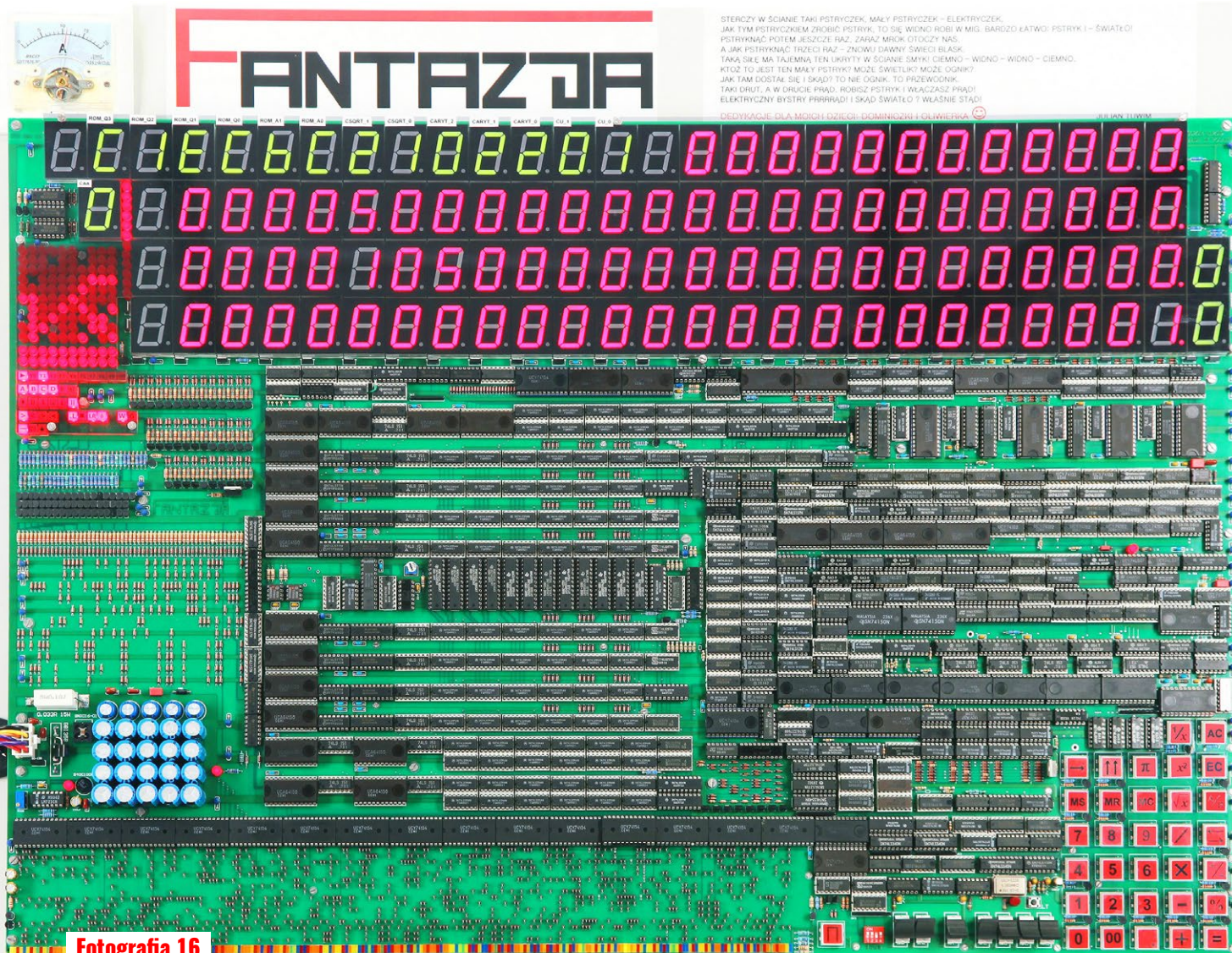
Aby wyeliminować pierwszy błąd wykorzystałem trzy bramki NOT, dwie AND i jedną NOR i od strony druku wykonałem odpowiednie połączenia kynarem z innymi obwodami (**fotografia 15**). Przy drugim błędzie było o wiele więcej zachodu, gdyż błąd dotyczył skrojonego na miarę algorytmu. Dzięki temu, że urządzenie ma tryb diagnostyczny mogłem znaleźć dokładną przyczynę. Okazało się, że porównywanie relacji między rejestrami wartości A i B nie było w tym miejscu gdzie potrzeba. Po bardzo wnikliwej, długiej analizie musiałem zastosować następujące zmiany: w pięciu instrukcjach zmodyfikować ich warunkowanie, w jednej zmienić



Fotografia 15

dane BCD dla licznika CU w dwóch zmienić adresy skoków, dwie scalić w jedną. Dzięki temu scaleniu otrzymałem wolną kolumnę w pamięci ROM, do której podłączyłem dodatkową logikę, która warunkuje w odpowiednim miejscu jedną z instrukcji skoku. Konsekwencją tej przebudowy było wylutowanie 14 diod z odpowiednich kolumn pamięci ROM i wlutowanie dodatkowych 22 diod od strony druku. Musiałem też przesunąć siedem instrukcji o jedno miejsce do przodu, a jedną kolumnę podłączyć o 15 miejsc dalej. Przesunięcia te zrealizowałem dodatkową podstawką na jednym z dekodów pamięci ROM (fizycznie ją zmodyfikowałem lutując siedem pinów dekodera o jedno miejsce dalej). Do-

datkowa logika zawiera jeden przerzutnik typu D, jedną bramkę OR i AND oraz jedną diodę przełączającą. Podobnie jak poprzednio tu też od strony druku wykonałem połączenia kynarem do odpowiednich obwodów urządzenia. Operacja okazała się pełnym sukcesem, w związku z czym algorytm działa prawidłowo. Ironią losu było to, że sytuacja dotycząca błędnie liczonego pierwiastka śniła mi się kilka razy w ciągu tych lat pracy nad kalkulatorem. Chciałbym też podkreślić, że ten błąd ujawniał się tylko w niektórych pierwiastkowanych liczbach – w dokumentacji dotyczącej algorytmów przeanalizowałem bardzo dokładnie przykład na $\sqrt{2}$, a tu ten błąd nie występował... Przyszedł w końcu czas



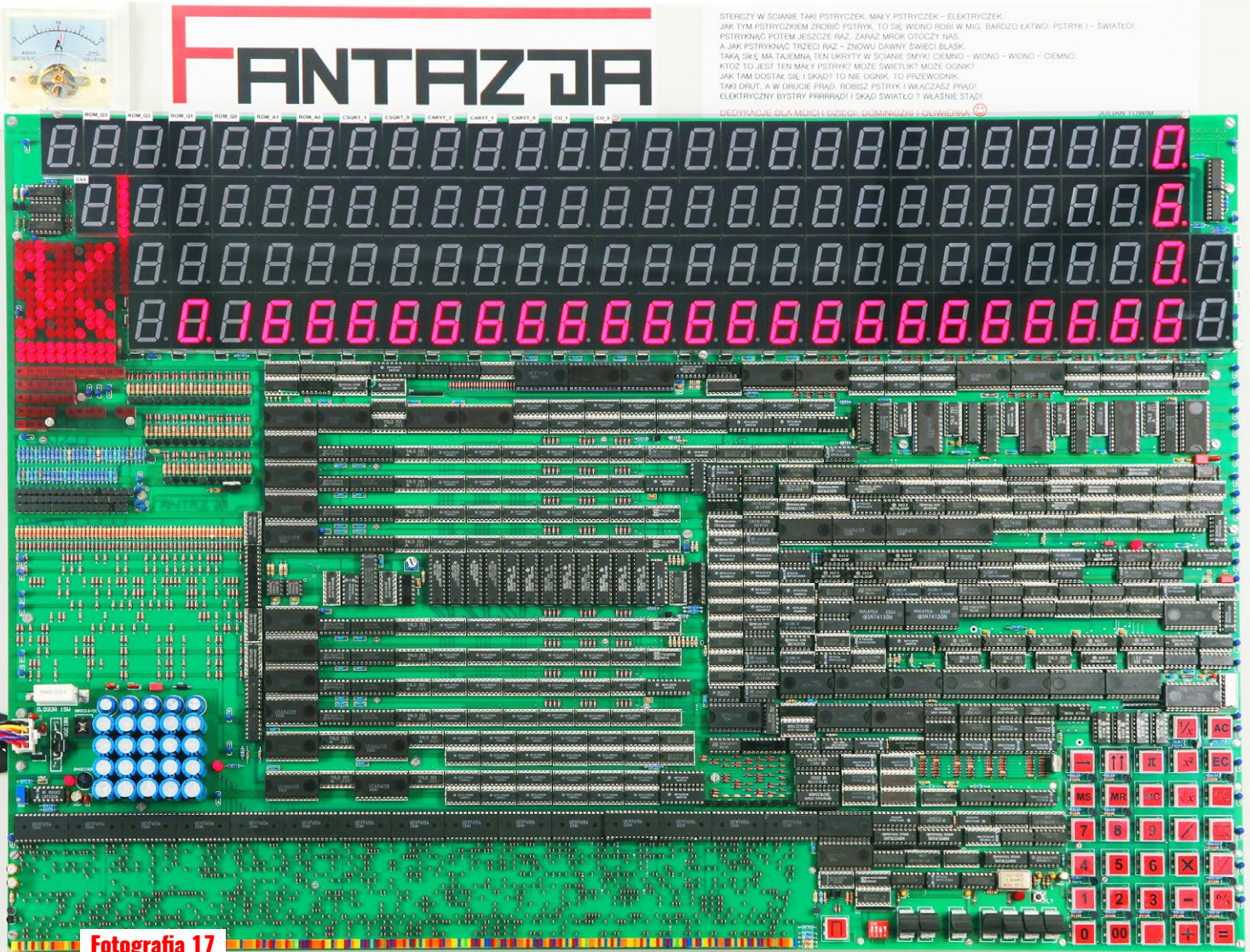
Fotografia 16

na osadzenie płyty PCB wraz z układami zasilającymi na jakimś stojanie. Zaprojektowałem stojan z płyty meblowej, wykonawstwo wraz z wywierceniem około setki otworów powierzyłem znajomemu stolarzowi. Już na bardzo wczesnym etapie zaplanowałem na PCB ponad sześćdziesiąt otworów M2 i M3, dzięki którym po zastosowaniu metalowych gwintowanych tulejek dystansowych przykręciłem ją do frontowej płyty stojana. Po przeciwnej stronie czołowej płyty stojana przykręciłem plastikową transparentną obudowę z obwodami sieciowymi zawierającymi m.in. transformator toroidalny wraz z mostkiem Graetza na diodach Schottky w stylowych metalowych obudowach DO4, potężny radiator z tranzystorami mocy oraz obsadziłem dwa wielkie kondensatory po 10000 μ F każdy. Tu też, aż wstyd się przyznać, w pierwszej wersji zasilacza zamówiłem transformator na specjalne zamówienie o napięciu nominalnym 5,5 V (tak, żeby wytracać jak najmniej mocy na tranzystorach) i wszystkimi możliwymi sposobami nie mogłem uzyskać stabi-

lizacji na wyjściu, zabrakło dosłownie 1,5 V, które sumarycznie gubiłem na każdym przewodzie i elementach półprzewodnikowych – trochę zgubiła mnie myśl, że przecież na tak prostym obwodzie nie da się pomylić...

Kalkulator ten składa się z: 477 układów scalonych i z takiej samej ilości podstawek, 370 rezystorów, 7 drabinek rezystorowych, 165 kondensatorów, 1678 diod przełączających, 4 diod prostowniczych, 6 transili, 400 diod LED, 105 wyświetlaczy 1" LED, 270 tranzystorów, 33 podświetlanych przycisków, 7 przełączników i kilkunastu innych elementów (**fotografia 16, fotografia 17**). Zastosowanych elementów mechanicznych, takich jak śruby, dystanse, podkładki, nakrętki jest około 250 sztuk.

Zdaje sobie sprawę, że jest to projekt karkołomny i mało kto w dzisiejszych czasach podejmuje się w pojedynkę takich zadań i to w dodatku typowo hobbyistycznie. Jednak elektronika jest moją życiową pasją od niepamiętnych czasów i cały czas mnie inspiruje.



STERCZY W ŚCIANIE TAKI PSTRYK, MAŁY PSTRYK – ELEKTRYCZKA.
JAK TYM PSTRYKIEM ZROBIĆ PSTRYK, TO SIĘ WIENO ROBI W MIE. BARDOZO ŁATWO: PSTRYK I – ŚWIATŁO!
PSTRYKNĄC POTEM JESZCZE RAZ, ZARAZ MROK OTOCZY NAS.
A JAK PSTRYKNĄC TRZECI RAZ – ZNOWU DAWNY ŚWIECI BLASK.
TAKĄ SKŁ MA TAKIEMĄ TEN UKRYTY W ŚCIANIE ŚWIĘTO – WIENO – WIENO – CIEMNO.
KTOŻ TO JEST TEN MAŁY PSTRYK? MOŻE ŚWIEŁKO? MOŻE OGNIK?
JAK TAM DOSTĄC SIĘ I SKĄD? TO NIE OGNIK, TO PRZEWODNIK.
TAKI DŁUT, A W DŁUCIE PRĄD, ROBISZ PSTRYK I WŁĄCZASZ PRĄD!
ELEKTRYCZNY DYSTYK PRĄDĄD I SKĄD ŚWIATŁO? WŁĄCZAJE SIĘ JĄD!
DEDYKACJA DLA MOICH DZIECI: DOMINIKU I OLIEWIA! 🤖

Fotografia 17

Tym projektem chciałbym udowodnić, że nawet nie mając żadnego wykształcenia elektronicznego i pracując w zupełnie innej branży, można osiągać swoje zamiary przez samodoskonalenie i zdobywanie niezbędnej wiedzy. I przede wszystkim trzeba ciężką, systematyczną pracą dążyć uparcie do postawionego sobie celu. Spróbowałem policzyć ile godzin zajął mi ten projekt – wyszło prawie 6000, z czego połowa to żmudna nauka na własnych błędach i ciągłe zmienianie koncepcji. Tu muszę podziękować za nieskończoną cierpliwość swojej żonie Monice...

Moim marzeniem jest w dalszym ciągu zarażanie entuzjazmem i dzielenie się zdobytą wiedzą teoretyczną oraz praktyczną na bazie tego urządzenia z różnymi osobami, czującymi w dziedzinie elektroniki takie samo pozytywne zakręcenie jak ja.

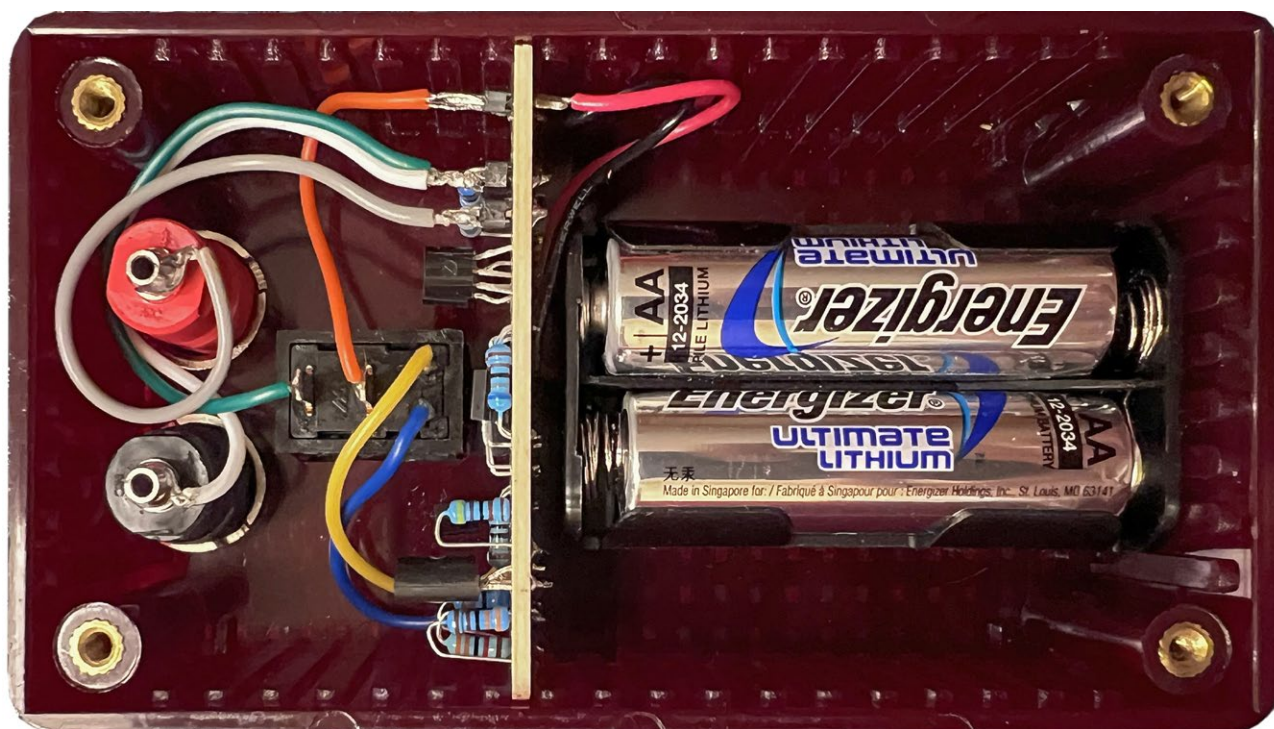
Niedawno miałem przyjemność zaprezentowania tego projektu we Wrocławiu, na konferencji „Hardware Design Masterclasses”, którą organizował Rafał Stępień, gdzie byłem jednym z prelegentów:

<https://doktortronik.pl/hardware-design-masterclasses-2024-podsumowanie/>.

Uzupełnieniem tego artykułu jest **film**, w którego drugiej części Autor obszernie wyjaśnia okoliczności powstania oraz działanie swojego kalkulatora.

Rafał Wiśniewski
rafi8112@interia.pl





Dokładny pomiar małych rezystancji

W majowym numerze ZE znalazł się opis prostej przystawki, przeznaczonej do pomiaru małych ($<2\ \Omega$) rezystancji, w założeniu – oporności styków przełączników i przekaźników. Poniżej przedstawiona jest praktyczna realizacja i rozwinięcie tego interesującego projektu.

Tak się składa, że jakieś trzy lata temu postanowiłem zrobić sobie miliomierz o tym samym zakresie, do 1...2 omów. Projekt zakładał użycie dwóch precyzyjnych wzmacniaczy operacyjnych, jednego w obwodzie źródła prądowego i drugiego w roli wzmacniacza pomiarowego. Na popularnym portalu nabyłem nawet w tym celu niedrogo przewody pomiarowe Kelvina. Od tego czasu projekt dzielił losy dziesiątek innych moich projektów, czyli leżał w szufladzie i czekał. Pomysł właśnie przedstawiony w ZE urzekł mnie prostotą – zawiera bowiem kilkakrotnie mniej elementów niż mój, a prostota w elektronice jest sztuką.

Z ciekawości zmontowałem proponowany układ w pająku. Wyniki okazały się tak dobre, że nabyłem specjalnie kilka sztuk TLV431 w wersji B, tj. o lepszej, 0,5-procentowej dokładności.

Trochę większym problemem było znalezienie precyzyjnych rezystorów do obwodu pomiaru prądu: ostatecznie poddałem się i kupiłem po kilkanaście sztuk zwyczajnych, 0,6-watowych rezystorów metalizowanych renomowanego producenta o nominałach $10\ \Omega$ i $2,4\ \Omega$, o tolerancji 1% i współczynniku TCR 50 ppm, z których wybrałem egzemplarze najbliższe wartości napięcia odniesienia mojego egzemplarza TLV431.

Powstał model, widoczny na **fotografii tytułowej** oraz na **fotografii 1**.

Oryginalny projekt Piotra Góreckiego pozostawiłem niemal bez zmian, dodałem natomiast nieco bardziej rozbudowany obwód pomiaru napięcia baterii, przedstawiony na załączonym schemacie, pokazanym na **rysunku 2**.

W prezentowanej wersji przystawka ma tylko jedną diodę LED, wbudowaną fabrycznie w wyłącznik kołyskowy. Spełnia ona trzy funkcje: świeci, sygnalizując włączenie przystawki, nie świeci, jeśli po włączeniu okaże się, że napięcie baterii jest za niskie, oraz gaśnie przy prawidłowym napięciu baterii, jeśli rezystancja pomiędzy wejściami pomiarowymi jest mniejsza niż około 2 Ω .

Układ pomiarowy oparłem na identycznym układzie TLV431, rezystor R5 tworzy rodzaj sprzężenia zwrotnego powodując, że dioda LED nie przygasa, tylko gaśnie bardziej „zdecydowanie” po osiągnięciu krytycznego napięcia baterii. Dla wartości elementów na schemacie, wbudowana w przełącznik czerwona LED gaśnie przy napięciu baterii poniżej ok. 2,28 V.

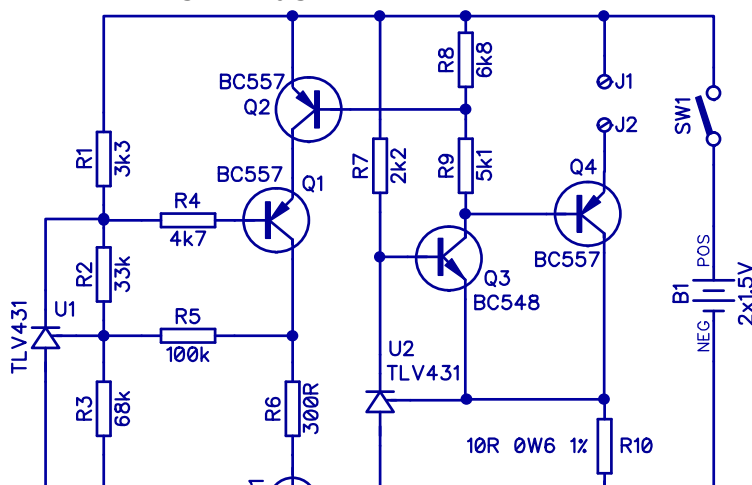
Przystawka zasilana jest dwoma litowymi bateriami AA i oprócz obudowy jest to jej najdroższy element. Wybrałem je nie tyle ze względu na pojemność, ile na znikomy prąd samorozładowania, dzięki czemu przyrząd będzie „na chodzie” nawet po kilku latach oczekiwania na użycie, spędzonych w szufladzie.

Ponieważ szczerze nie cierpię płytek uniwersalnych, wykonałem odręcznie proste PCB. Wszystkie elementy to tradycyjne THT. Rezystory R10 i R11 zamontowałem wyżej nad płytką, na dość długich wyprowadzeniach, aby podgrzanie ich



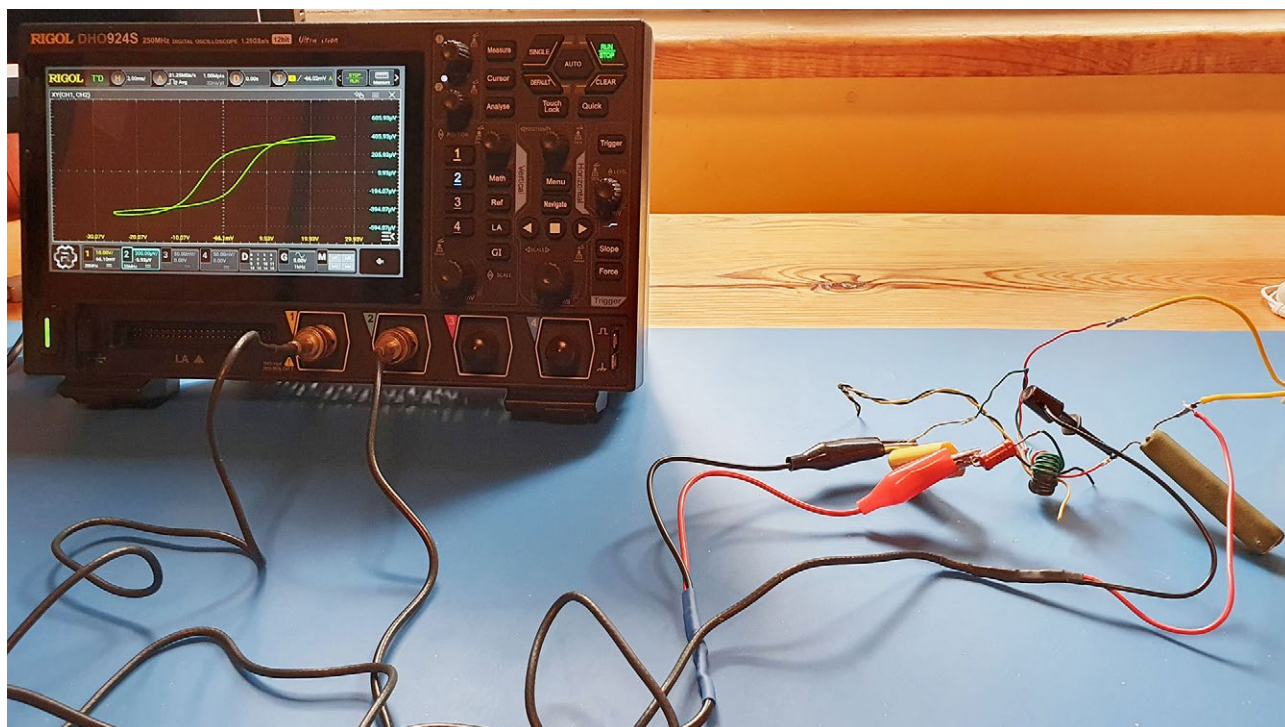
Fotografia 1

Obudowa to pasujący idealnie do tego celu poliwęglanowy Hammond 1591B – mieści z zapasem koszyk na baterię, gniazda laboratoryjne, wyłącznik i oczywiście elektronikę. Swoją drogą polecam obudowy tej kanadyjskiej firmy, nie są może najtańsze, ale bardzo solidne, estetyczne i dostępne w ogromnej gamie.



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

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



DH0924 i histereza magnetyczna

Przedstawiony sposób zobrazowania histerezy ferromagnetyków świadczy o tym, że proces pomiaru nie ogranicza się do podłączenia końcówek sondy i odczytania wyniku. Przyrząd pomiarowy nie jest dziurką od klucza umożliwiającą podglądanie Absolutu. Bo tak naprawdę widzimy tylko cienie na ścianie jaskini...

Co z tym zrobić?

Jak działa oscyloskop cyfrowy

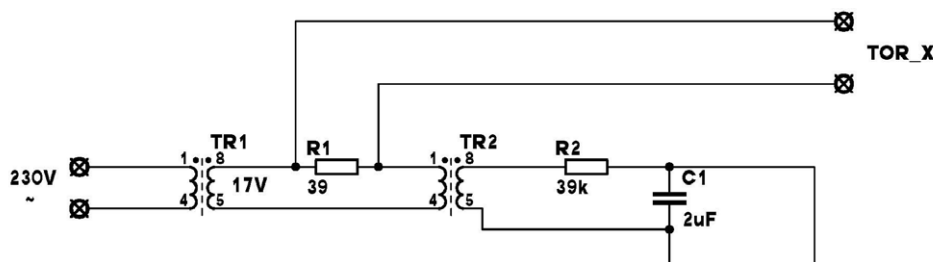
Dlaczego to tak strasznie szumi?

Wszystko jasne, ale sukcesu brak

Po co to wszystko – obliczanie parametrów rdzenia

Układ został zbudowany według schematu pokazanego na **rysunku 1** i został zmontowany „w pa-jaku”, co jest widoczne na **fotografii tytułowej**. Tor X oscyloskopu podłączono do rezystora R1, spadek napięcia na nim jest proporcjonalny do prądu w uzwojeniu, a więc do wartości pola magnetycznego. Tor Y podłączono do kondensatora całkujące-

indukcji w rdzeniu. Jak widać na fotografii zostało to zrobione bez zachowania staranności, aby spróbować wycisnąć ostatnie poty z Rigola.



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



Klawiatura / myszka USB w STM32

W ZE 2/2024 opisałem jak obsłużyć klawiaturę/mysz USB pracującą w trybie PS/2 przez mikrokontroler. Teraz pokażę jak obsłużyć je przez HOST USB wbudowany w liczne STM32.

Co będzie potrzebne?

ZE jest pierwszym krajowym czasopismem poruszającym tę tematykę. Także w Internecie próżno szukać informacji na ten temat. Dlaczego tak jest? HOST USB nie jest łatwy do zaimplementowania od strony programowej, ale HAL od STM-a przejmuję na siebie skomplikowane zadania, dając do dyspozycji użytkownika proste funkcje. Dlaczego więc próżno szukać informacji o implementacji HOST-a? Pewnie dlatego, że najpopularniejsza platforma, czyli Arduino, oparta zwykle na AVR nie może obsłużyć urządzeń USB ponieważ AVR nie mają HOST-a. Tylko nieliczne AVR mają USB ale tylko DEVICE. Drugi powód to mity, że USB jest trudne. Prawda jest taka, że trudne jest wszystko czego się nie rozumie.

Zestaw pokazowy

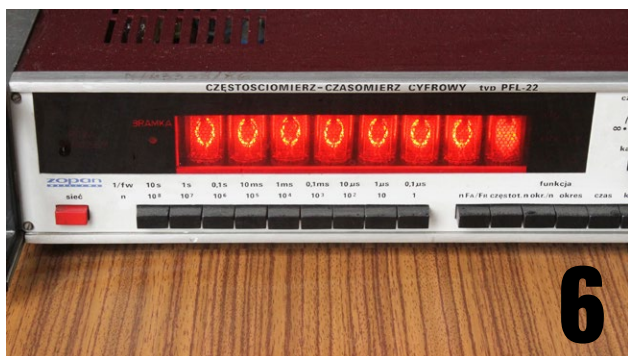
ne w użyciu są płytki DISCOVERY / NUCLEO z zamontowanymi gniazdami USB dla HOST-a. W przykładzie posłużyłem się NUCLEO-L496ZG, ale w materiałach dodatkowych znajduje się projekt dla KA-NUCLEO-F411CE. Korzystając ze wskazówek zawartych w artykule można zaimplementować obsługę klawiatury i myszy USB w każdym mikrokontrolerze STM32, który ma wbudowanego HOST-a.

Zestaw pokazowy

Do uruchomienia klawiatury / myszki potrzebna będzie przejściówka USB pokazana na **fotografii 1**.



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



6



Wspólnie projektujemy: Częstościomierz, część 6

Symulacja stopnia wejściowego w LTSpice
Rzeczywiste testy stopnia wejściowego

Rozwiązanie dla niskich częstotliwości
Wnioski

W poprzedniej części był analizowany wariant zaproponowany przez naszego Czytelnika, oparty na linearyzowanych bramkach logicznych. Nadszedł czas na pełniejsze eksperymenty i dokładne badania.

W zakamarkach szuflady udało mi się w końcu odnaleźć tranzystory J-FET o symbolu BF245, takie właśnie zostały zaproponowane w nadesłanym rozwiązaniu (**fotografia 1**). Zbudowany układ zadziałał, choć istniała obawa, że eksperyment zakończy się niepowodzeniem. Te egzemplarze były wyprodukowane przez naszą rodzimą Cemi i pomimo że wy-

glądały na nieużywane nie miałem gwarancji, że są sprawne. Postanowiłem również wypróbować inne tranzystory, gdyż wspomniane BF245 są trudno dostępne a szukanie ścisłych zamienników również nie gwarantuje dostępności. Bez

problemów natomiast można zakupić tranzystory bardziej współczesne. Pamiętając, że BF245 jest tranzystorem polowym złączowym z kanałem zubożonym, wystarczy wyszukać coś podobnego. Mój wybór padł na J111 (**fotografia 2**), a istotną w jego wyborze cechą było to, że występuje w obudowie TO92 (tak jak BF245, ma nawet identycznie rozmieszczone wyprowadzenia). Dodatkowym jego atutem jest to, że występuje w bibliotece elementów programu LTSpice. Finalnie okazało się, że wybór był słuszny, gdyż rzeczywiste testy pokazały, że układ ma lepsze parametry.



Fotografia 1

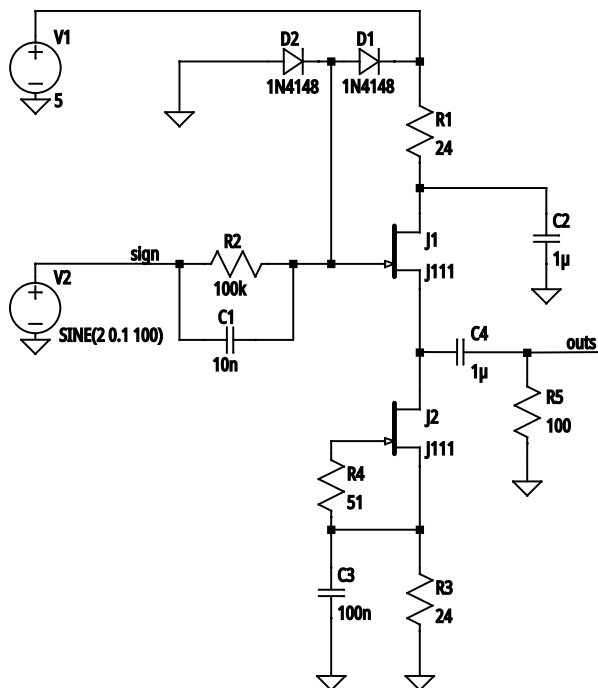


Fotografia 2

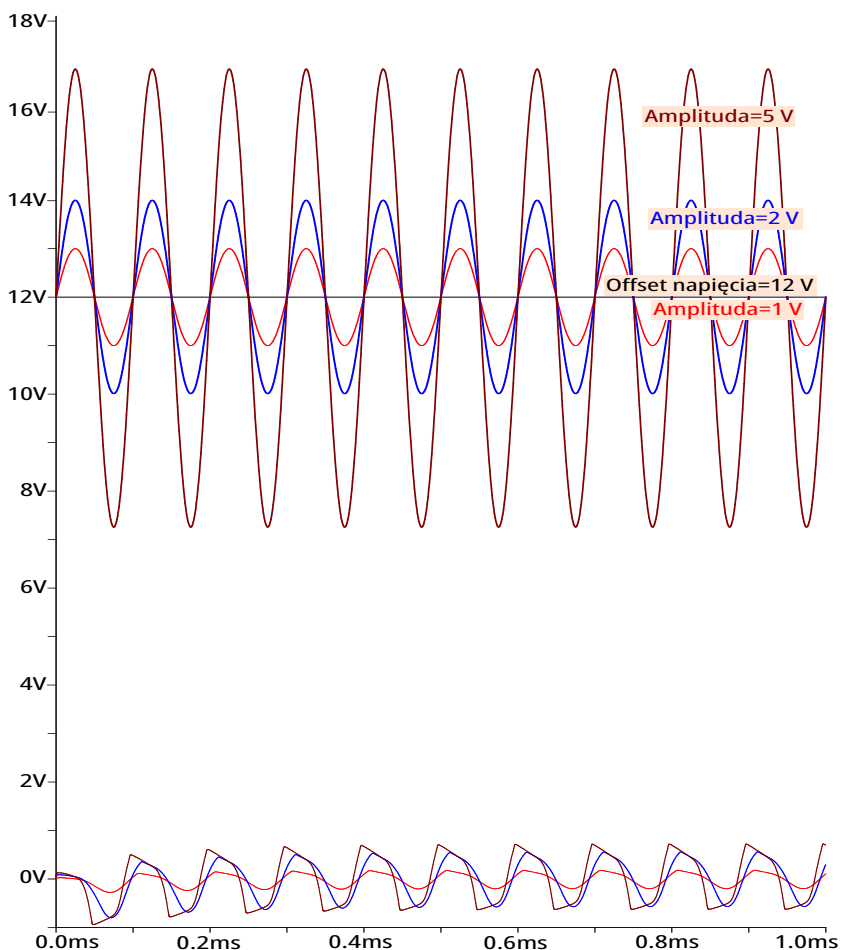
Symulacja stopnia wejściowego w LTSpice

W stosunku do oryginalnego rozwiązania, wprowadziłem kilka modyfikacji, wynikających głównie z dostępności rzeczywistych elementów. Układ „wklepany” do programu LTSpice pokazuje **rysunek 3**. Jest to stopień wejściowy częstotliwościomierza. Moim celem jest sprawdzenie, jak się on zachowuje dla różnych częstotliwości i różnych wartości offsetu napięcia w mierzonym sygnale. W pierwszej kolejności sprawdziłem usuwanie stałego offsetu. **Rysunek 4** przedstawia w jednym układzie współrzędnych sygnał wejściowy o dużej wartości offsetu napięcia i różnych amplitudach wraz z sygnałem odpowiedzi układu na podany sygnał.

Analogiczne działania symulacyjne dotyczyły sygnału wejściowego bez stałego offsetu. Wynik symulacji widać na **rysunku 5**. Zachowanie się stopnia wejściowego jest satysfakcjonujące, gdyż z sygnału wejściowego została usunięta składowa stała napięcia oraz uzyskany wynik nadaje się do dalszego przetwarzania (przez zespół linearyzowanych bramek). Kolejne symulacje miały na celu sprawdzenia zachowania się stopnia wejściowego przy stałej amplitudzie i offsecie (zdecydowałem się na dodanie wartości stałej napięcia dla czytelności rysunków) i zmienianych częstotliwościach

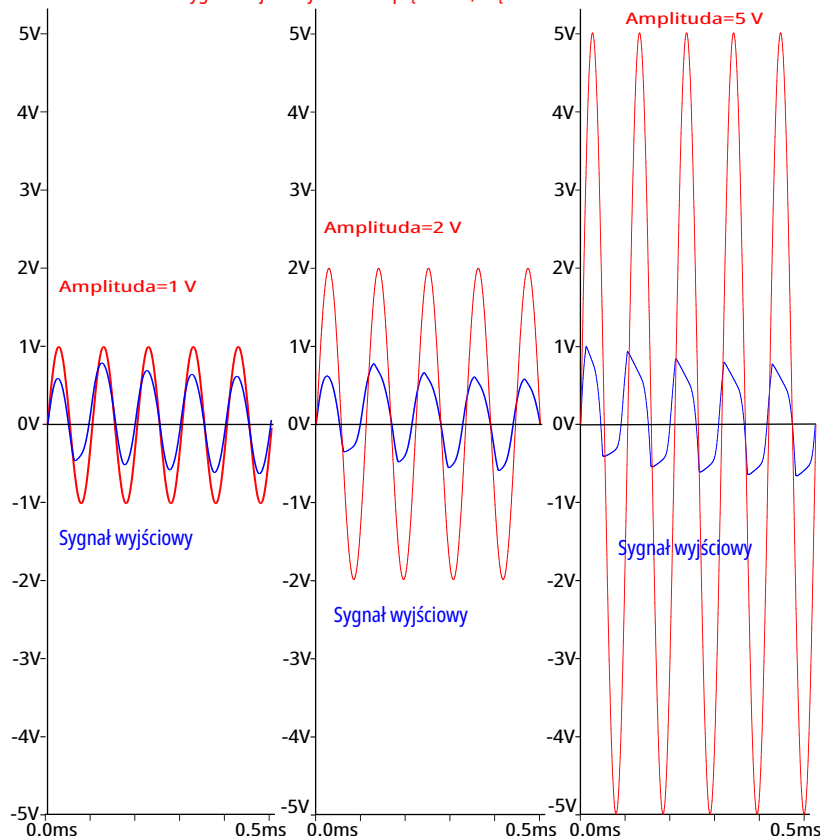


Rysunek 3



Rysunek 4

Sygnał wejściowy: offset napięcia=0 V, częstotliwość=20MHz



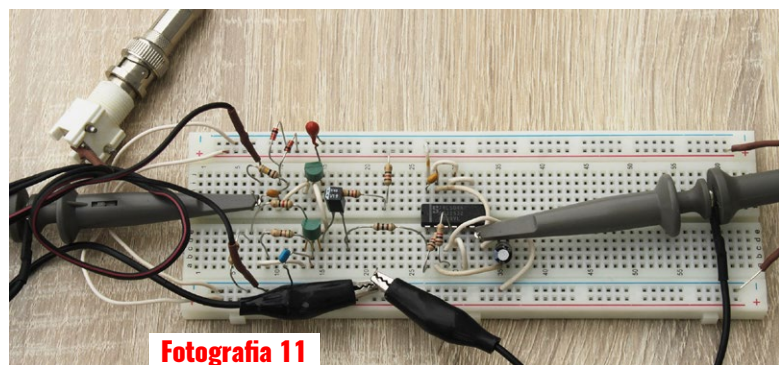
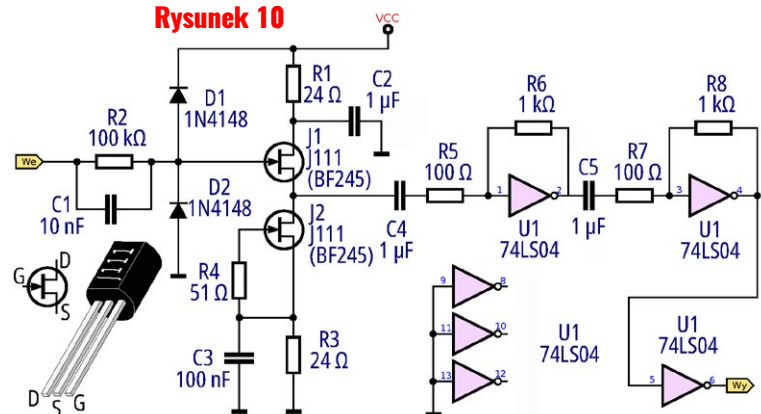
Rysunek 5

przebiegu wejściowego – **rysunki 6...9**. Daje się tu zauważyć spadek amplitudy na wyjściu, co może stwarzać problemy w dalszym przetwarzaniu.

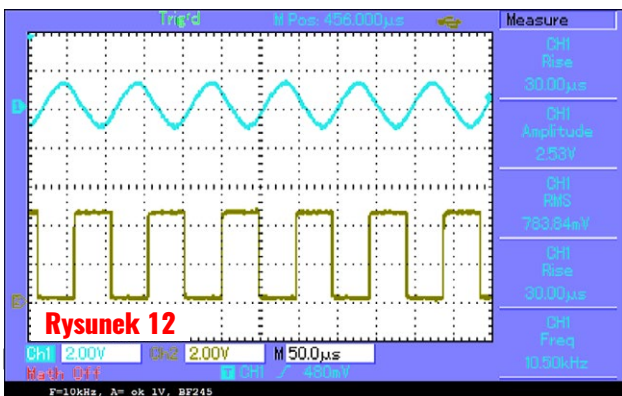
Rzeczywiste testy stopnia wejściowego

Sama symulacja to jest sprawdzenie jedynie pewnego, trochę wyidealizowanego modelu, a z drugiej strony, dotyczyła jedynie fragmentu stopnia wejściowego, więc należy sprawdzić działanie całości. Do schematu zadane go dla programu symulującego został dodany wzmacniacz zbudowany na bazie linearyzowanych bramek logicznych (negatory z układu 74LS04, istotne jest, aby był z serii LS). Nowe rozwiązanie pokazuje **rysunek 10** (tu warto pamiętać, że wyprowadzenia D i S tranzystora mogą być zamienione między sobą, co nie wpływa na jego pracę). W pierwszej kolejności sprawdziłem zachowanie się układu (**fotografia 11**), gdzie zostały zastosowane tranzystory BF245. Na jego wejście został podany sygnał z generatora funkcyjnego, który ma możliwość zmiany częstotliwości od 0,1 Hz do 3 MHz, amplitudy oraz stałego offsetu. Całość w pewnych granicach wartości mierzonego sygnału zachowuje się akceptowalnie. **Rysunek 12** pokazuje sygnał wejściowy (niebieski)

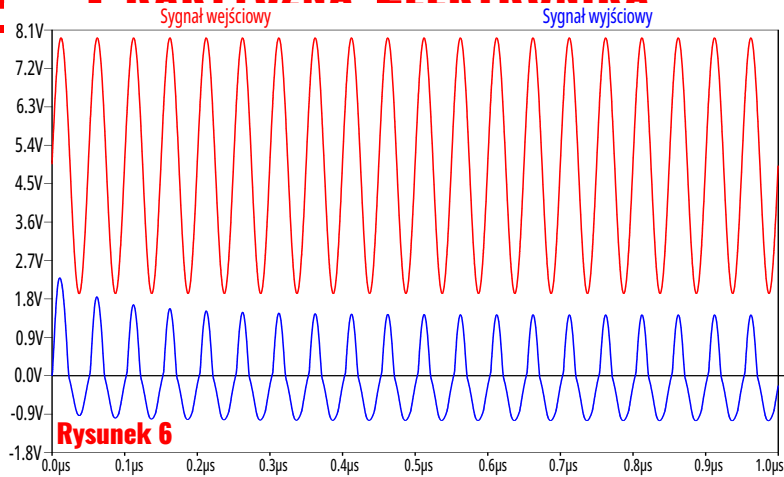
Rysunek 10



Fotografia 11

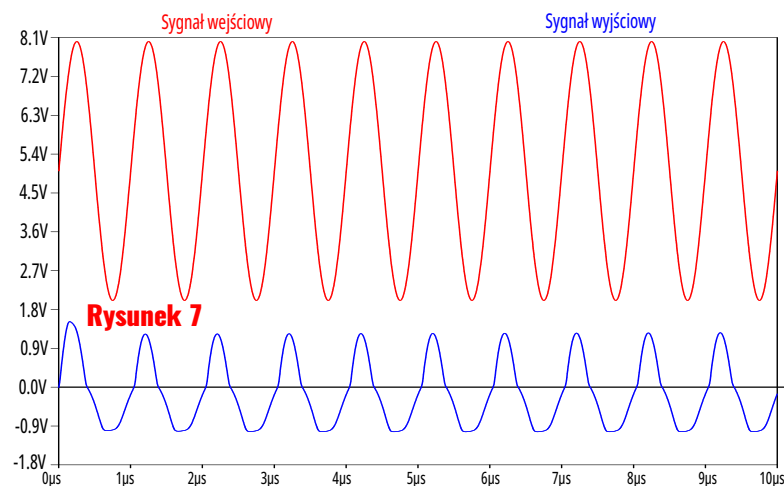


Rysunek 12



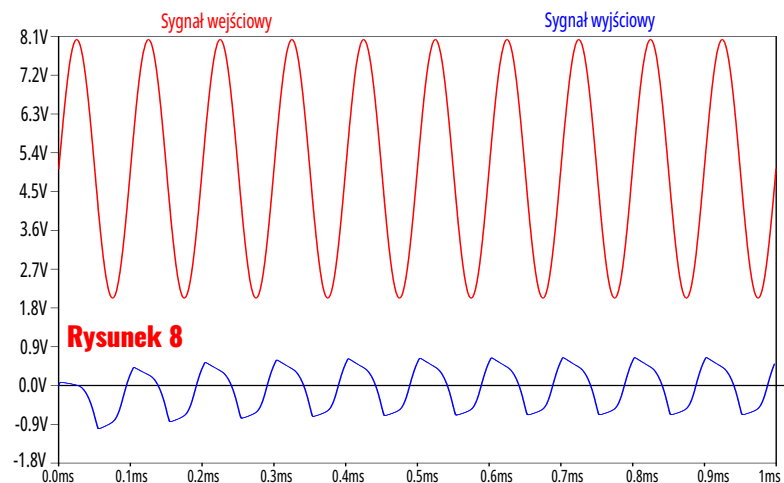
Rysunek 6

Sygnał wejściowy: amplituda = 3V, offset = 5V, częstotliwość = 20MHz



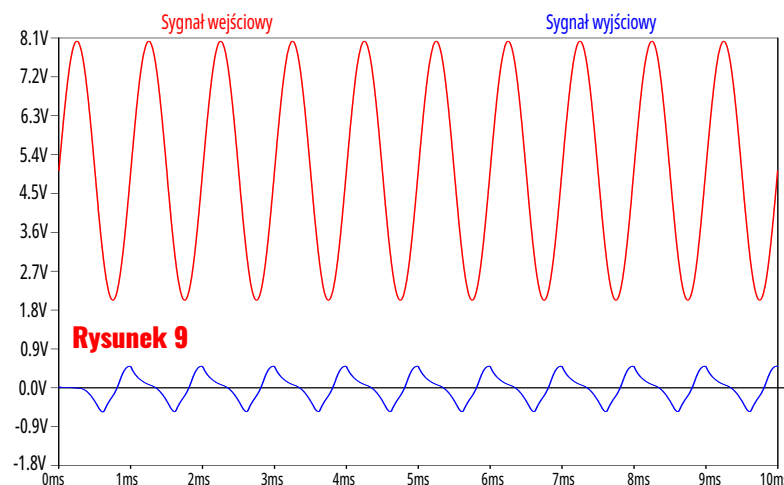
Rysunek 7

Sygnał wejściowy: amplituda = 3V, offset = 5V, częstotliwość = 1MHz



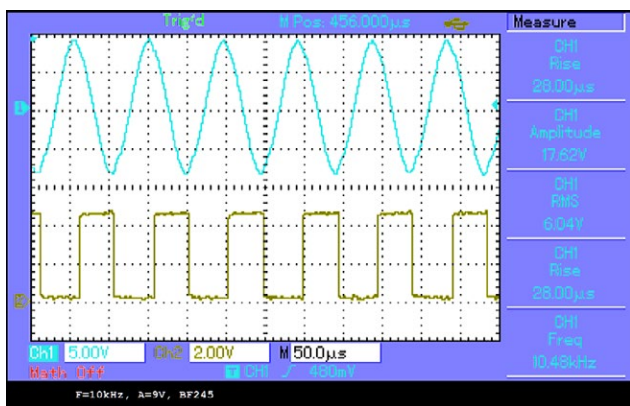
Rysunek 8

Sygnał wejściowy: amplituda = 3V, offset = 5V, częstotliwość = 10kHz

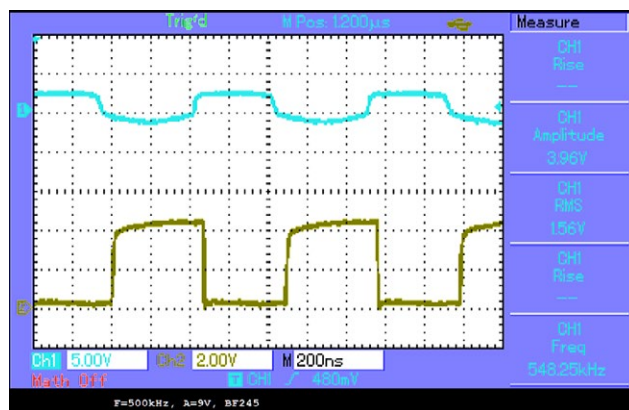


Rysunek 9

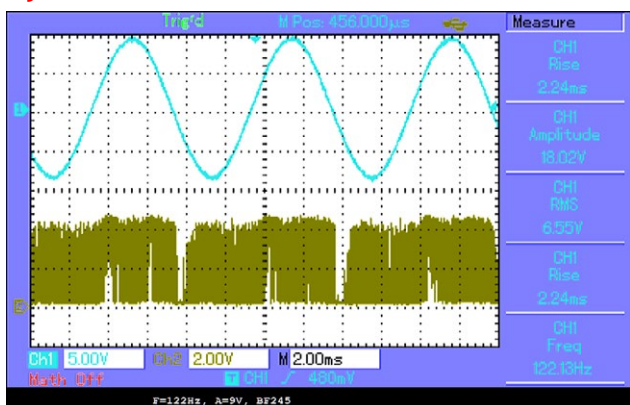
Sygnał wejściowy: amplituda = 3V, offset = 5V, częstotliwość = 1kHz



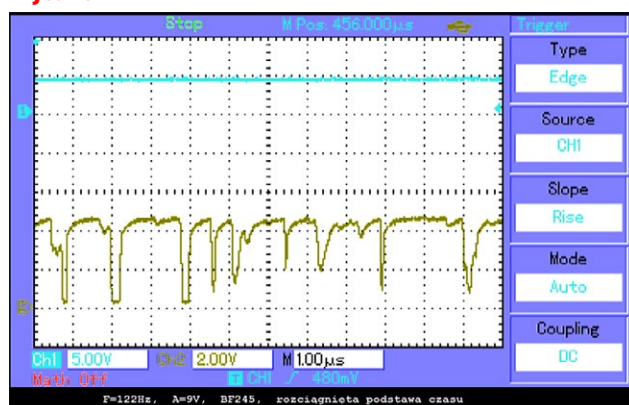
Rysunek 13



Rysunek 14



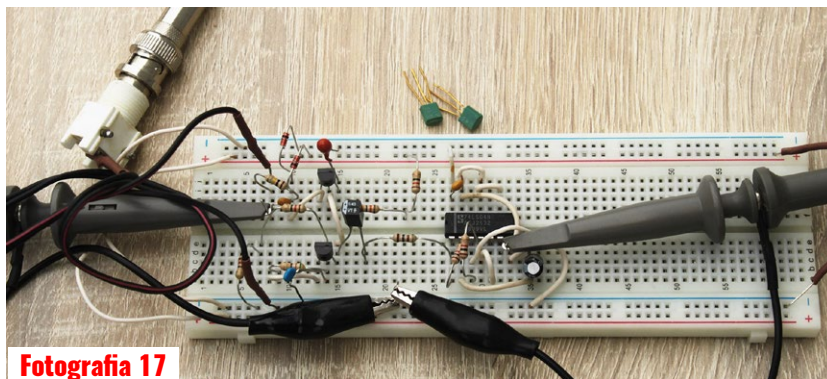
Rysunek 15



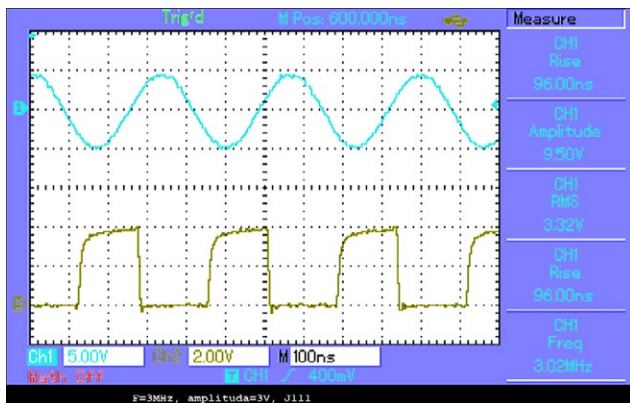
Rysunek 16

i wyjściowy (żółty) dla częstotliwości około 10 kHz i niewielkiej amplitudy sygnału wejściowego, **rysunek 13** z kolei prezentuje przebiegi dla znacząco większej amplitudy sygnału mierzonego. Daje się jednak dostrzec, że dla wyższych częstotliwości układ zaczyna zachowywać się dziwnie, jak pokazuje to **rysunek 14** lub generuje się jakiś szum na wyjściu (**rysunek 15**) i w wersji rozciągniętej podstawy czasu (**rysunek 16**). Wymiana tranzystorów na współczesne J111 (**fotografia 17**) rozwiązuje wiele z tych problemów i daje lepsze rezultaty. To rozwiązanie dobrze się sprawdza od czę-

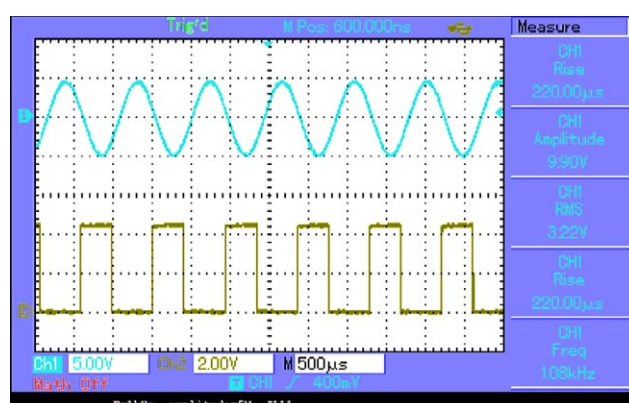
stotliwości 3 MHz (**rysunek 18**, dla większych częstotliwości nie sprawdzałem) aż do częstotliwości 1 kHz (**rysunek 19**). Jednak przy częstotliwościach rzędu kilkuset Hz (i mniej) działanie tego stopnia



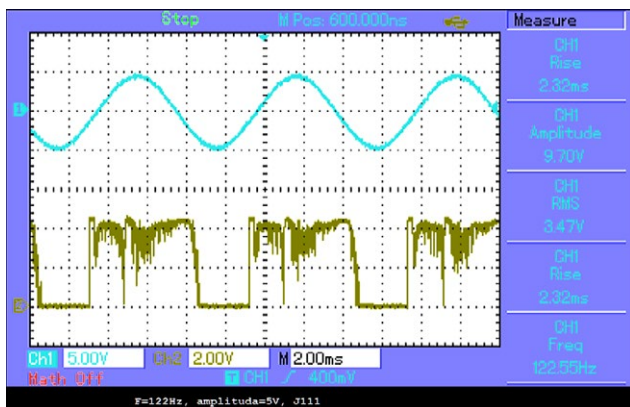
Fotografia 17



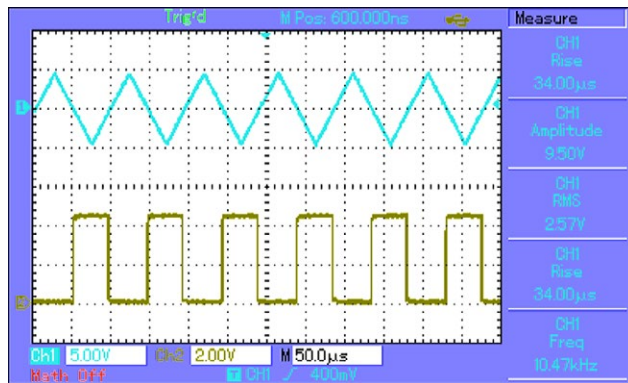
Rysunek 18



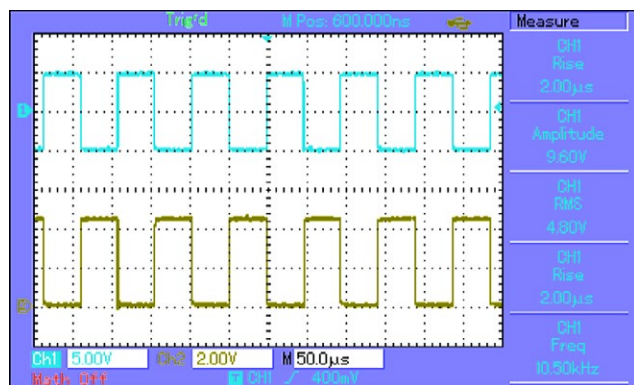
Rysunek 19



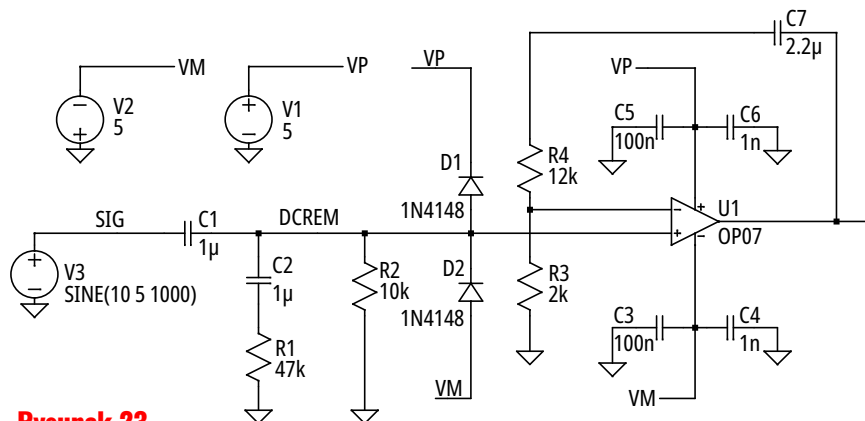
Rysunek 20



Rysunek 21



Rysunek 22



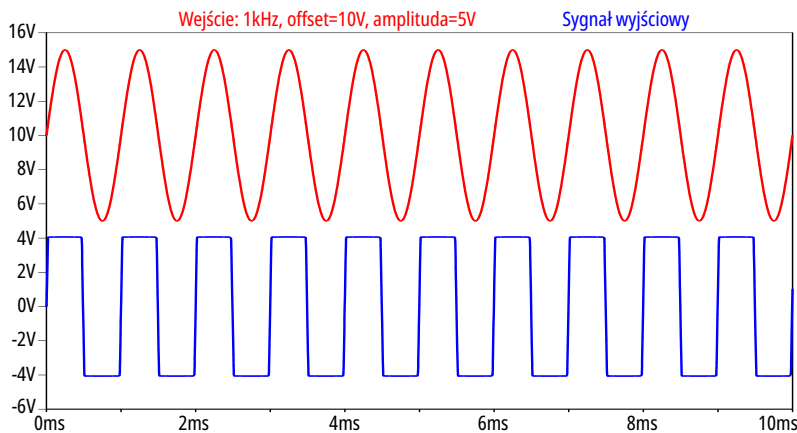
Rysunek 23

wejściowego staje się nieakceptowalne, układ generuje fałszywe przebiegi, które w znaczący sposób będą wpływać na końcowy rezultat (**rysunek 20**), który przeradza się w szum przy częstotliwościach kilkudziesięciu Hz.

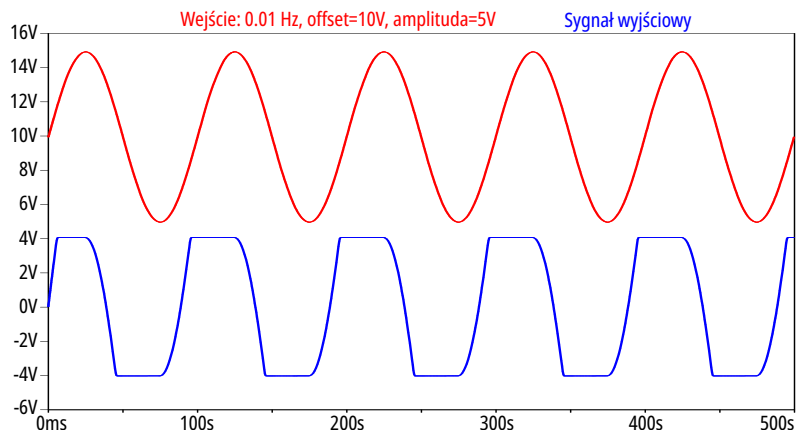
Przedstawione testy związane były z sygnałem sinusoidalnym. Przy innych kształtach działanie nie odbiegało od wariantu z wymuszeniem sinusoidalnym, jak pokazują **rysunki 21 i 22**.

Rozwiązanie dla niskich częstotliwości

Można uznać, że wariant oparty na linearyzowanych bramkach nie radzi sobie z częstotliwościami poniżej 1 kHz. Aby móc przetwarzać sygnał z tego zakresu, postanowiłem sprawdzić rozwiązanie bazujące na wzmacniaczach operacyjnych. Ta częstotliwość nie wymaga stosowania zaawansowanych wzmacniaczy, więc do eksperymentów zastosowałem tani i popularny układ OP07. Schemat dla symulatora widać na **rysunku 23** (był on omówiony w artykule *Wspólnie projektujemy częstotliwościomierz, cz. 4*). Symulację działania dla skrajnych częstotliwości (0 Hz...1 kHz) przedstawiają **rysunki 24 i 25**. Rezultaty są zadowalające, więc można sprawdzić koncepcję w układzie fizycznym. Układ z symulatora został wzbogacony o komparator, dający na wyjściu przebieg akceptowalny przez układy logiczne.



Rysunek 24



Rysunek 25

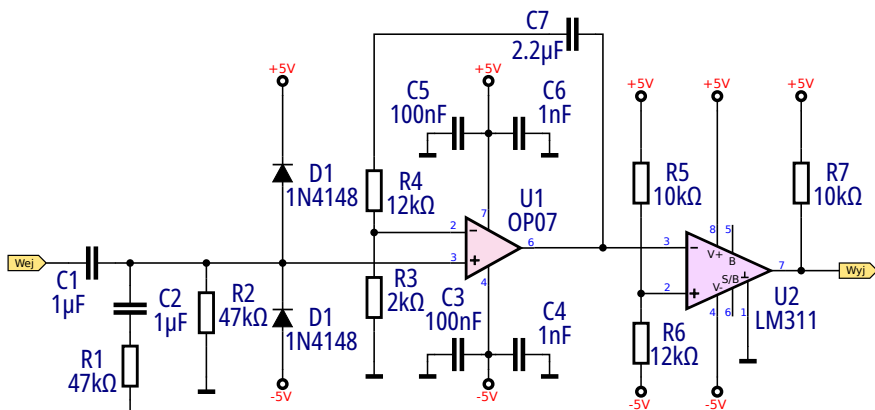
Jego schemat pokazuje **rysunek 26**. W tej realizacji (**fotografia 27**) został wykorzystany wspomniany wyżej OP07 oraz komparator LM311. Wybór komparatora nie jest krytyczny. Tu istotnym kryterium było to, aby taki znajdował się w „szufladzie” oraz żeby był pojedynczy (większość detali znajdujących się w zapasach jest podwójnym lub poczwórnym komparatorem). Przy wyborze wzmacniacza operacyjnego należy zwrócić uwagę na jego pasmo przenoszenia – musi być kilkukrotnie większe niż zakładane 1 kHz.

Zachowanie się układu było zgodne z przewidywaniami symulacji, dobrze sobie radził z częstotliwością 10 kHz (**fotografia 28**). Sprawdziłem również reakcję układu na różne kształty sygnału o częstotliwości około 1 kHz dla sinusoidalnego (**fotografia 29**), trójkątnego (**fotografia 30**) oraz prostokątnego (**fotografia 31**). Skrajnie niskie częstotliwości również zostały przez układ poprawnie przetworzone na standard cyfrowy, najmniej ile dało się uzyskać z dostępnego generatora to 0,07 Hz (**fotografia 32**).

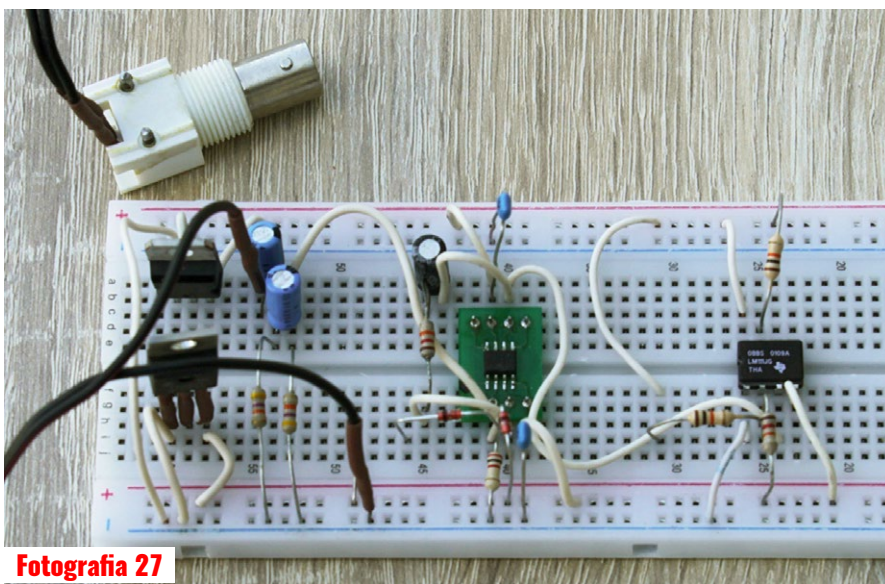
Tak całkiem „poza konkursem” sprawdziłem zachowanie się chyba najbardziej rozpoznawalnego wzmacniacza operacyjnego $\mu A741$. Muszę przyznać, że nie spodziewałem się tak dobrej reakcji wzmacniacza. Właściwie nie ustępował wcześniej zastosowanemu OP07,

który zaczął „wymiękać” przy częstotliwości około 12 kHz (wypełnienie impulsu prostokątnego z komparatora zaczęło mocno odbiegać od 50% aby przy około 15 kHz przestać reagować na sygnał wejściowy). Starszek $\mu A741$ „wymiękł” przy częstotliwości około 9 kHz.

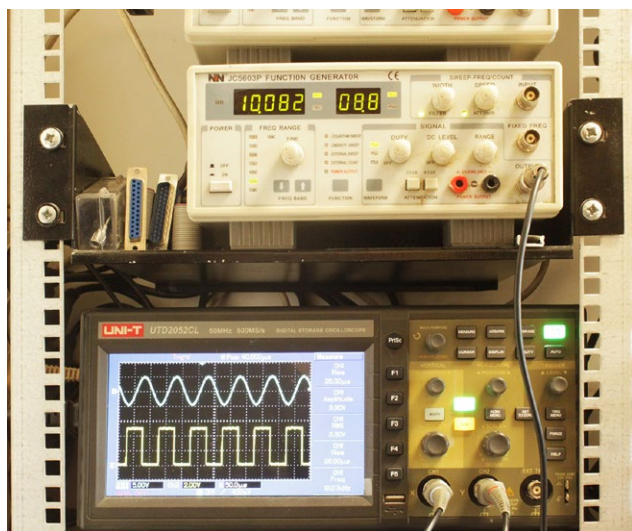
Dysponuję jeszcze trochę ulepszonym rozwiązaniem z linearyzowanymi bramkami, ale będzie to tematem kolejnej części.



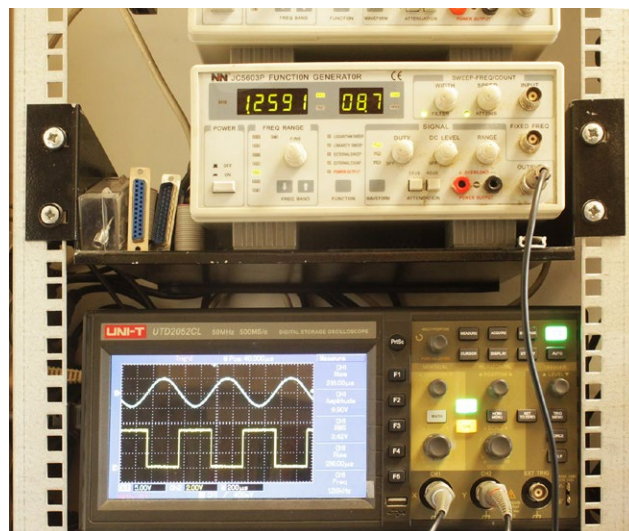
Rysunek 26



Fotografia 27



Fotografia 28

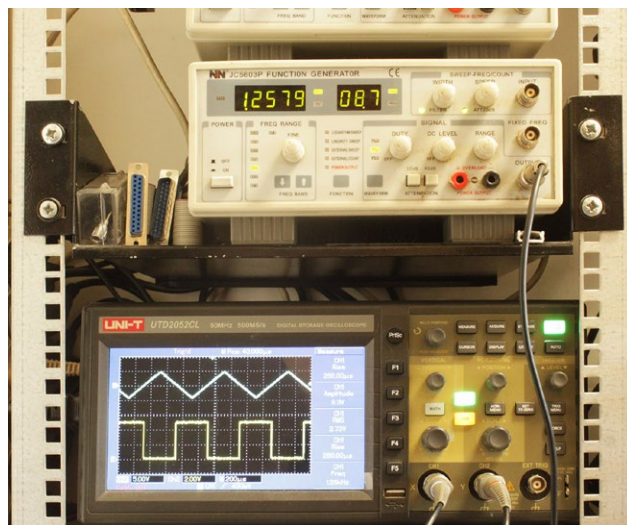


Fotografia 29

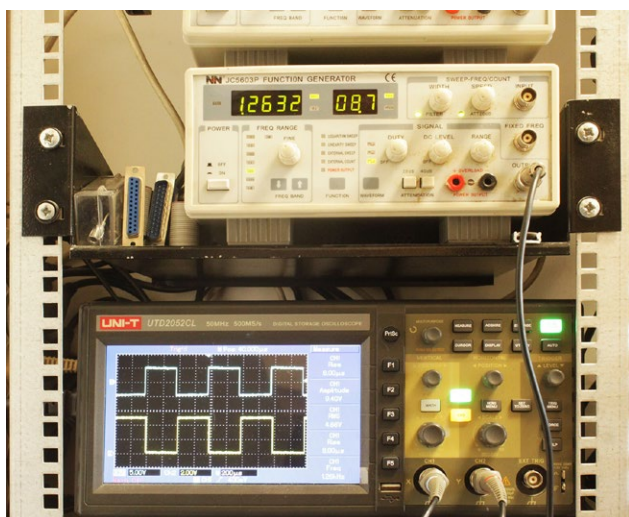
Wnioski

Tak całkiem nieoczekiwanie pojawiła się potrzeba wyboru układu wejściowego (jednego z dwóch zaproponowanych) w zależności od częstotliwości mierzonego sygnału. Można to oczywiście realizować „ręcznie” poprzez zastosowanie choćby przełącznika typu isostat. Możliwym rozwiązaniem jest użycie klasycznego przekaźnika. Może być on sterowany z mikrokontrolera lub być elementem autonomicznym. „Punkt krytyczny” to częstotliwość między 1 kHz a 10 kHz: dla większych – w torze przetwarzania ma znaleźć się wariant oparty na linearyzowanych bramkach logicznych, dla mniejszych – rozwiązanie bazujące na wzmacniaczach operacyjnych. W związku z tym pojawia się poniższe zadanie konkursowe.

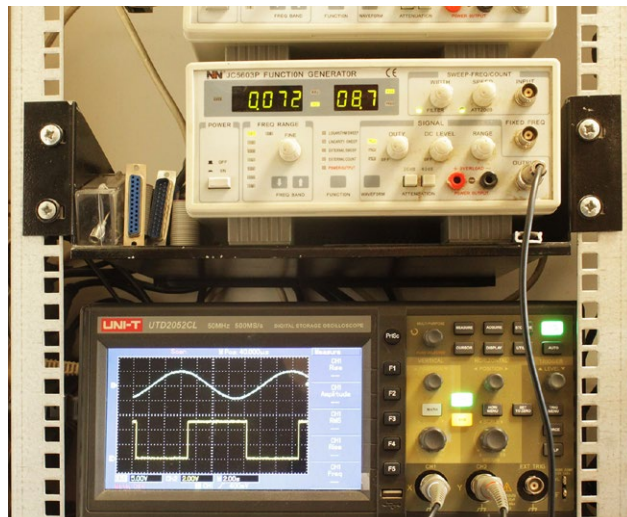
Andrzej Pawluczuk
apawluczuk@vp.pl



Fotografia 30



Fotografia 31



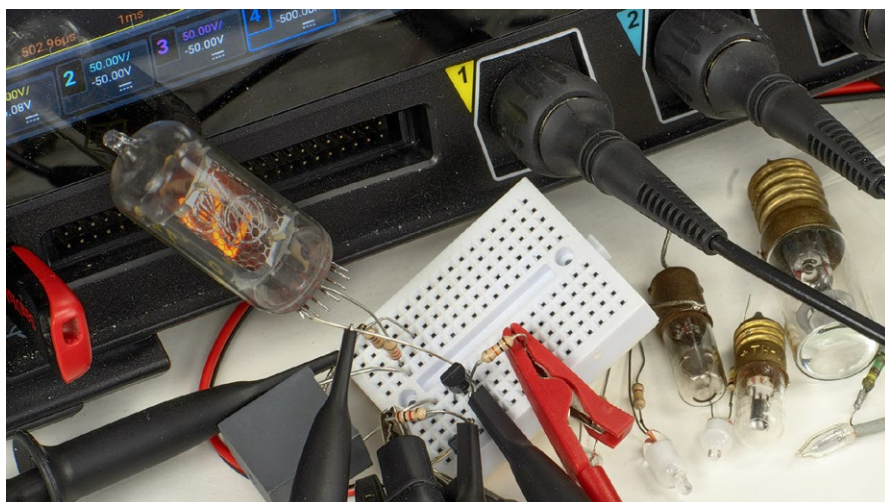
Fotografia 32

Zadanie konkursowe YK035 brzmi:
Zaproponuj autonomiczne sterowanie przekaźnika
aby wybrać odpowiedni wariant sprzętowy stopnia wejściowego.

Do udziału w zadaniu zapraszam doświadczonych, a także mniej zaawansowanych i początkujących. Propozycje schematów można **nadsyłać do końca sierpnia 2024 roku** na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Uwaga! Aktualnie nie są przewidziane nagrody, więc udział bierzesz tylko dla własnej satysfakcji.

Jeżeli nie chcesz, żeby przy omawianiu nadesłanych rozwiązań pojawiło się Twoje nazwisko, tylko ewentualnie imię czy pseudonim, napisz o tym wyraźnie w treści e-maila z rozwiązaniem.



Wspólnie projektujemy: Wykorzystanie lamp gazowanych

Projektem okładowym kwietniowego numeru ZE był zegar z kultowymi lampami Nixie w roli wielce atrakcyjnych wyświetlaczy cyfrowych. W tamtym numerze przedstawione było też zadanie konkursowe.

W numerze ZE 4/2024 postawione było zadanie konkursowe YK015:

Zaproponuj wykorzystanie dowolnych lamp gazowanych: przede wszystkim cyfrowych Nixie, ale też neonówek, świetlówek, dekatronów, gazotronów, ignitronów, tyratronów, itp.

Konkurs jest zamknięty, a oto dalsze informacje na temat tego zadania.

Okazuje się, że duża część młodszych elektroników ma niepotrzebne obawy i fałszywe wyobrażenia na temat lamp gazowanych, a w szczególności na temat wyświetlaczy Nixie.

Otóż popularne, nieduże lampy (wyświetlacze) Nixie wymagają zasilania dość wysokim napięciem. Najczęściej proponuje się zasilanie napięciem 170 woltów, bo to odpowiada informacjom z katalogów.

Dla wielu istotnym problemem są kwestie:

1. Czy to jest napięcie bezpieczne?
2. Skąd wziąć odpowiedni zasilacz?

Napięcie rzędu 170 woltów nie jest bezpieczne, więc eksperymentów nie mogą podejmować osoby niepełnoletnie, jeśli nie są pod opieką wykwalifikowanych opiekunów. Dobre informacje są takie, że najczęściej wykorzystujemy zasilacze, których wyjście jest oddzielone od sieci, więc nie grozi porażenie śmiertelnie groźnym napięciem 230V AC.

Można wykorzystać przetwornice impulsowe zasilane bezwzględnie bezpiecznym napięciem, na przykład 12V, które wytworzą potrzebne napięcie około 170 V. Napięcie stałe, które jest znacznie mniej groźne, niż napięcie przemienne o tej samej wartości. W tym, lipcowym numerze czasopisma znajduje się artykuł [Przetwornice do zasilania układów lampowych 2](#), który pokazuje możliwości przeróbki tanich, popularnych modułów na „przetwornice wysokonapięciowe”. Można też kupić gotowe moduły przetwornic przeznaczonych do zasilania lamp Nixie. Można również wykorzystać klasyczny zasilacz transformatorowy z ewentualnym powielaczem napięcia.

Oczywiście, przy kontakcie z układami zasilanymi napięciem wyższym niż 50...60V, zawsze wymagana jest duża ostrożność.

NIEBEZPIECZENSTWO
DANGER

Uwaga! Uwaga! Uwaga!

Energia elektryczna może spowodować śmierć lub kalectwo.
Osoby niedoświadczone i niepełnoletnie
mogą wykonać tego rodzaju eksperymenty wyłącznie
pod opieką wykwalifikowanych opiekunów, np. nauczycieli.

Co istotne, wielu młodych elektroników niepotrzebnie ma obawy dotyczące sposobu i warunków sterowania wyświetlaczy Nixie. Wydaje im się, że do zaświecania poszczególnych cyfr wyświetlacza potrzebne są specjalizowane sterowniki wysokonapięciowe.

Te niepotrzebne wyobrażenia wynikają z doświadczenia, ale doświadczenia niezwiązanego z lampami Nixie. Otóż w większości przypadków, jeżeli napięcie zasilające wynosi 170 V, to sterownik czy element sterujący też musi wytrzymać co najmniej 170 woltów.

W większości przypadków tak właśnie jest, ale ze sterownikami lamp Nixie jest inaczej: nie potrzeba elementów wysokonapięciowych – tranzystorów.

Nixie – dlaczego sterownik niskonapięciowy?

Cyfrowy wskaźnik Nixie to lampka gazowana, odmiana neonówki. Neonówki, która ma jedną wspólną elektrodę dodatnią – anodę oraz kilka lub kilkanaście katod mających kształt znaków, które będą wyświetlane. **Fotografia 8** (z Wikipedii, Autor: Sergei Frolov, Soviet Digital Electronics Museum, CC-BY-SA 4,0) pokazuje budowę wnętrza lampy Nixie z odczytem czołowym. (Fotografia ma numer 8, a nie numer 1, ponieważ jest to rozwiązanie konkursu z numeru z kwietniowego.)

Szklana bańka jest wypełniona gazem i po odpowiednim zasileniu pomarańczowym światłem świeci gaz w otoczeniu jednej z katod.

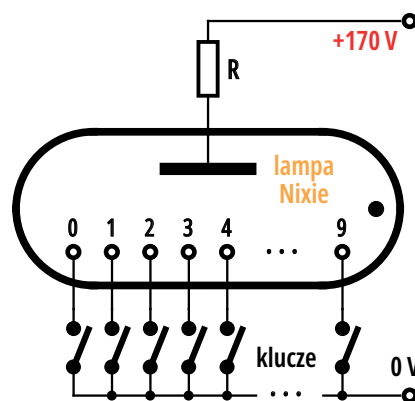
Wiadomo, że przy małym napięciu zasilania gaz jest neutralny, nie zawiera nośników prądu, więc lampka taka w ogóle nie przewodzi prądu i nie świeci. Dopiero napięcie wyższe od napięcia zapłonu (napięcia progowego) zaświeca lampkę. Zasada działania polega na tym, że odpowiednio duże napięcie powoduje rozrywanie atomów czy cząstek gazu na jony dodatnie i ujemne, czyli w gazie pojawia się wiele nośników prądu. Zjawisko to ma charakter lawinowy – po zapłonie liczba nośników wzrasta i prąd mógł-

by osiągnąć bardzo dużą wartość. Dużą, wręcz niebezpieczną dla lampy.

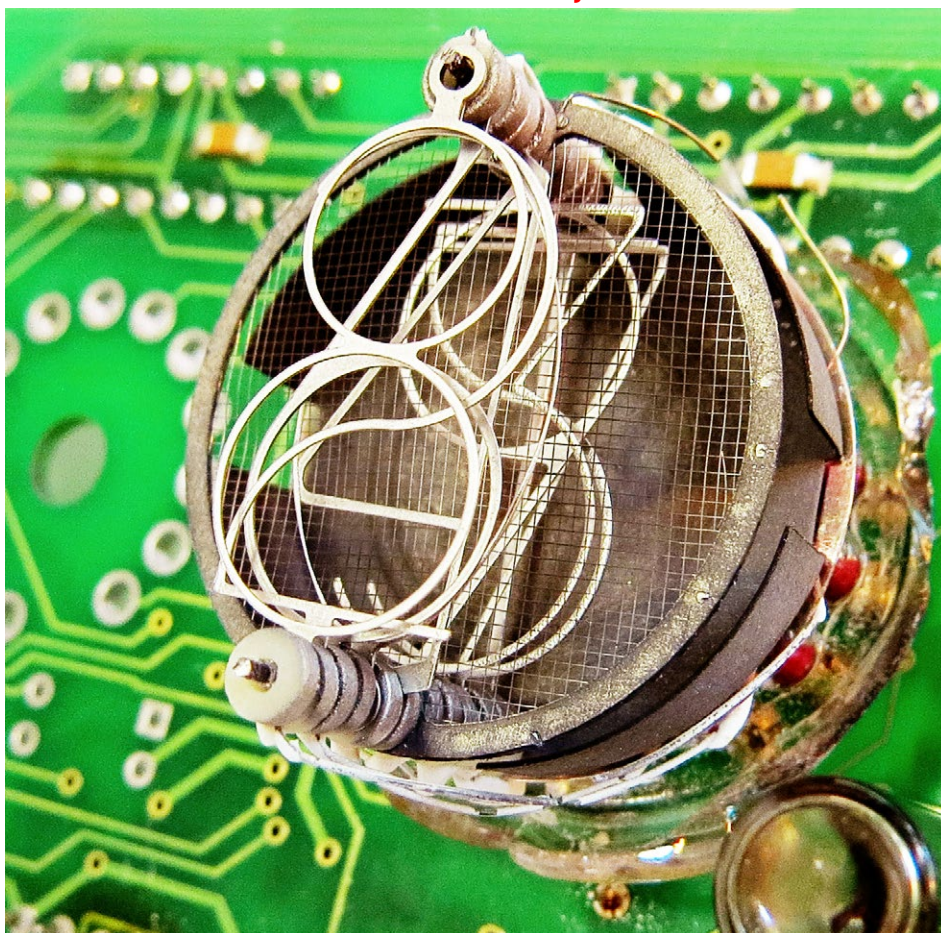
Dlatego we wszelkich lampach gazowanych (neonówkach i świetlówkach) trzeba ograniczać prąd pracy. W małych neonówkach i wskaźnikach Nixie ograniczenie prądu zapewnia zwyczajny rezystor.

Wystarczy mały, popularny rezystor. Wprawdzie napięcie zasilania jest dość duże, ale podczas pracy na tym rezystorze występuje niewielka część napięcia zasilania, a prąd jest niewielki, rzędu 2 miliamperów dla niedużych lamp Nixie.

Rysunek 9 przedstawia w uproszczeniu zasadę sterowania cyfrowego wskaźnika Nixie. Pojedynczy rezystor ograniczający jest włączony w obwodzie anody, natomiast zaświecanie poszczególnych znaków zapewniają, ogólnie biorąc, klucze. Zasada jest taka, że w danej chwili powinien być włączony tylko jeden z kluczy (lub żaden).



Rysunek 9



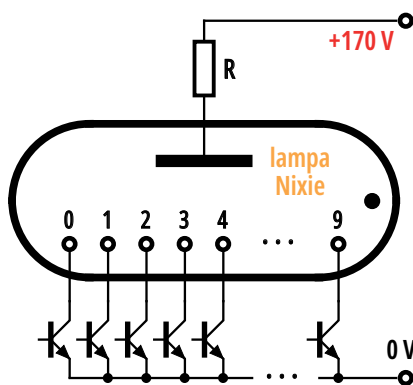
Fotografia 8

Tymi kluczami zwykle są tranzystory NPN, jak pokazuje **rysunek 10**. Albo pojedyncze, albo zawarte w jakimś układzie scalonym.

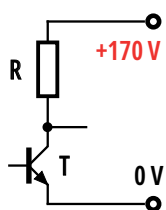
I tu niespodzianka! W przypadku pokrewnego układu pracy według **rysunku 11**, tranzystory muszą mieć dopuszczalne napięcie emiter – kolektor co najmniej równe 170 V. Natomiast **w układzie z lampami Nixie, według rysunku 10, można zastosować tranzystory o znacznie niższym napięciu maksymalnym!**

Starsi wiekiem elektronicy wiedzą, że w rodzinie TTL były co najmniej dwa układy scalone, przeznaczone do współpracy z lampami Nixie: 7441 oraz 74141. I w kartach katalogowych tych kostek można znaleźć informacje, że na wyjściu pracują tranzystory niskonapięciowe. **Rysunek 12** to drobne fragmenty karty katalogowej dekodera 74141. Znajdujemy tu informację, że maksymalne napięcie w stanie wyłączenia wyjścia nie powinno przekraczać 60 V. A z innych materiałów katalogowych można się domyślić, że diody Zenera włączone na wyjściu mają napięcie przebicia około 70 woltów.

Dziś rzadko wykorzystywane są energożerne kostki 7441 i 74141. Zamiast nich powszechnie stosuje się pojedyncze tranzystory według rysunku 11, bez żadnych diod Zenera. Bez problemu można też zastosować MOSFET-y małej mocy.



Rysunek 10



Rysunek 11

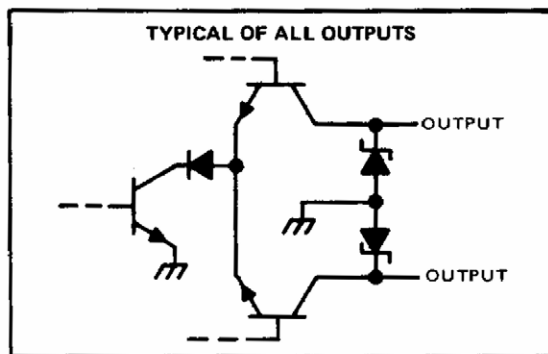
A teraz pomału przechodzimy do praktyki. Sterowanie wyświetlaczami Nixie okazuje się zaskakująco proste. W roli kluczy z rysunku 10 można zastosować tranzystory bipolarne według rysunku 11.

Ja w ramach tego artykułu chciałem tylko udowodnić, że niepotrzebne są do tego tranzystory wysokonapięciowe. Można takowe wykorzystać, ale z powodzeniem można też zastosować „zwykłe”, niskonapięciowe. Aby to wykazać, z pokazanego na **fotografii 13** woltomierza V628, wymontowałem jedną lampę i przeprowadziłem stosowne testy.

TYPE SN74141 BCD-TO-DECIMAL DECODER/DRIVER

recommended operating conditions

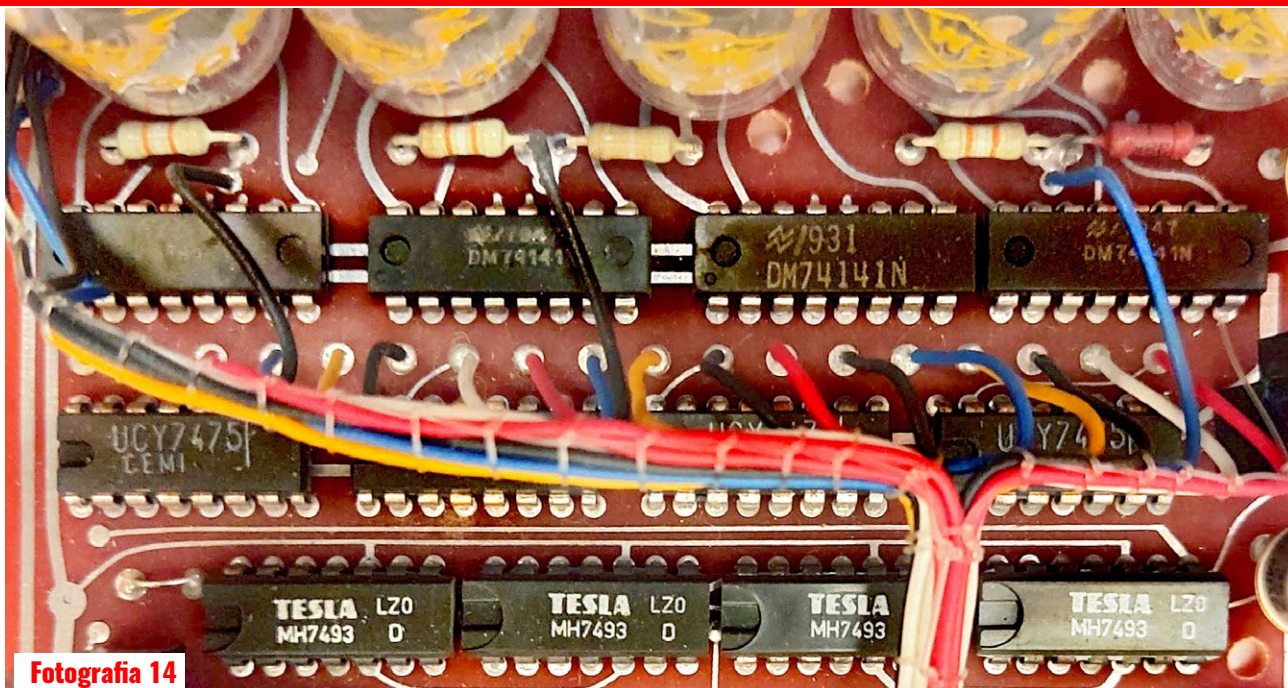
	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.75	5	5.25	V
Off-state output voltage			60	V
Operating free-air temperature, T_A	0		70	°C



Rysunek 12



Fotografia 13



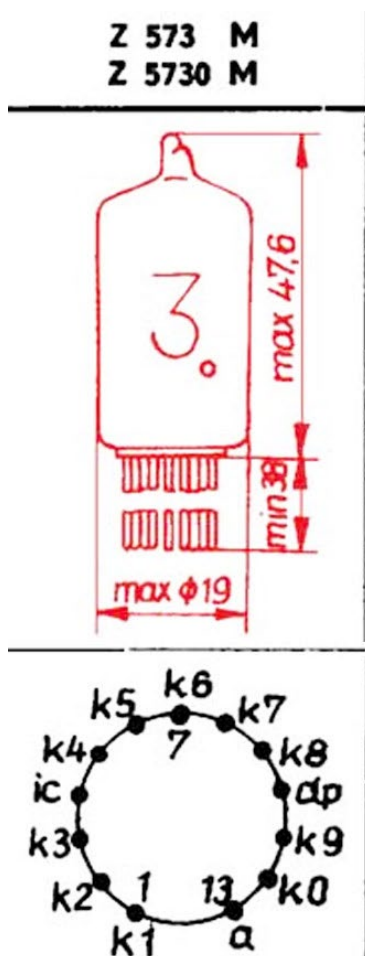
Fotografia 14

W tym woltomierzu sterownikami lamp są układy scalone 74141, co widać na **fotografii 14**.

Ja w ramach testów zaświeceł jedną z cyfr wytutowanej lampy za pomocą tranzystora.

Poniższy **rysunek 15** to fragment karty katalogowej użytej lampy Nixie. W polskim woltomierzu V628 zastosowano lampy Z5730M produkcji

RFT (NRD = DDR), stąd niemiecki opis. Większość zawartych tu informacji ma małe znaczenie praktyczne. Najważniejsze są dane wyróżnione zieloną podkładką. Maksymalne napięcie zasilania to 170 woltów. Minimalny prąd pracy to 1,5 mA, maksymalny 2,5 mA, czyli prąd pracy powinien wynosić około 2 miliamperów.



Rysunek 15

Symbol	0 bis 9
Leserichtung	Dezimalzeichen: rechts
Höhe der Symbole in mm	seitlich 13
Betrachtungsabstand (max.) in m	≈ 8
Kennwerte	
Anodenzündspannung U_{zo} in V	150
Anodenbrennschpannung U_{Bo} in V	140
Anodenlöschspannung U_{Lo} in V	120
Grenzwerte (absolut)	
Betriebsspannung U_b min in V	170
Katodenstrom I_k min in mA	1,5
I_k max in mA	2,5
Katodenspitzenstrom I_{ks} max in mA	12
Umgebungstemperatur δ_{amb} min in °C	- 50 1)
δ_{amb} max in °C	+ 70
Fassung	Einbau 2)
Kolbenabmessungen	Draht 7 vorn
max. Höhe in mm	47,6
max. Durchmesser in mm	19

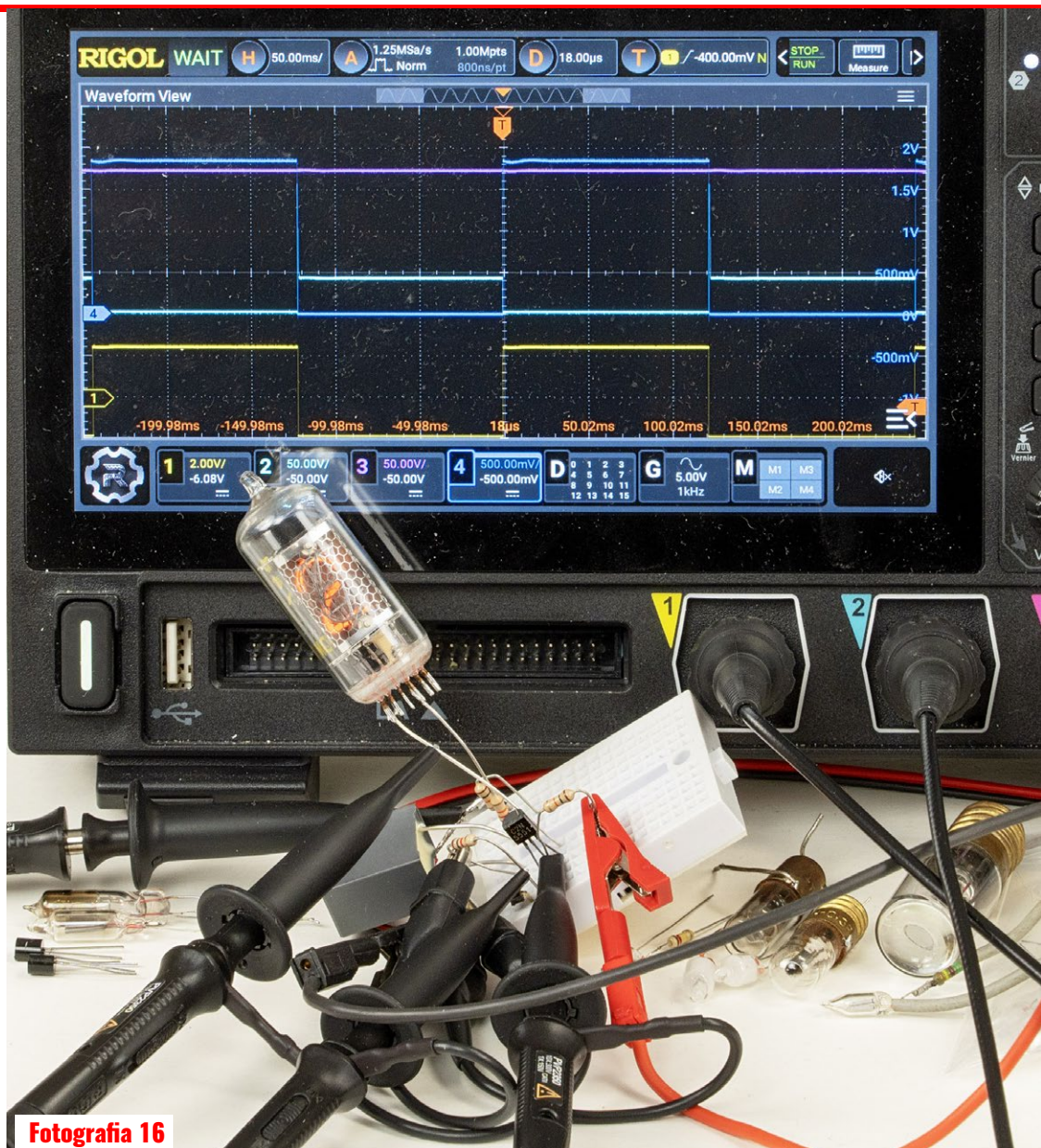
Fotografia 16 została wykonana podczas testu. Na bazę tranzystora (przez rezystor 1 kΩ) podawany jest przebieg prostokątny z niewidocznego tu generatora. Trzy kanały oscyloskopu mierzą napięcia w układzie, a jeden kanał – spadek napięcia na rezystancji 1 kiloom, włączonej w emiterze tranzystora NPN, czyli mierzony jest tu prąd emitera.

Rysunek 17 wskazuje, że wszystko jest w porządku. Przebieg niebieski pokazuje zmiany napięcia bazy w skali 2 V/dz – tu poziomem zerowym jest znacznik z cyferką 1.

Linia zielona to niezmiennie napięcie zasilające 170 V (skala 50 V/dz). Przebieg czerwony to zmiany napięcia na kolektorze (skala 50 V/dz). Przebieg pomarańczowy to zmiany napięcia na rezystorze emiterowym, czyli jest to prąd emitera (w skali 500 mV/dz czyli 0,5 mA/dz). Dla tych trzech przebiegów poziom zerowy napięcia pokazuje pomarańczowy znacznik z cyferką 4.

Najważniejszy jest przebieg czerwony – pokazuje, że w chwili zatkania tranzystora (2N5551), napięcie na kolektorze wzrasta zaskakująco mało!

Napięcie zasilania wynosi 170 woltów, a napięcie na kolektorze tranzystora wzrasta do mniej niż 50 woltów! Niemożliwe? Możliwe z uwagi na specyficzne właściwości lampy wskaźnikowej Nixie.



Fotografia 16



Rysunek 17

Gdy tranzystor zostaje wyłączony, prąd przestaje płynąć i lampa gaśnie. A jeżeli gaśnie, to w gazie giną nośniki prądu i ogromnie rośnie jej rezystancja. Tworzy się dzielnik napięcia zawierający rezystor anodowy, lampę i (zatkany) tranzystor.

Pierwszy test i rysunek 17 zrealizowałem, gdy w układzie pracował tranzystor 2N5551, który ma dopuszczalne napięcie U_{CE} równe 180 woltów. Potem sprawdziłem, że układ równie dobrze pracuje z popularnym tranzystorem BC557, który według katalogu ma dopuszczalne napięcie $U_{CE} = 45$ V.

Co bardzo ważne dla tego artykułu, celowo **sprawdziłem też działanie z tranzystorem BC548, który ma dopuszczalne napięcie U_{CE} tylko 25 V. Układ pracował równie dobrze!**

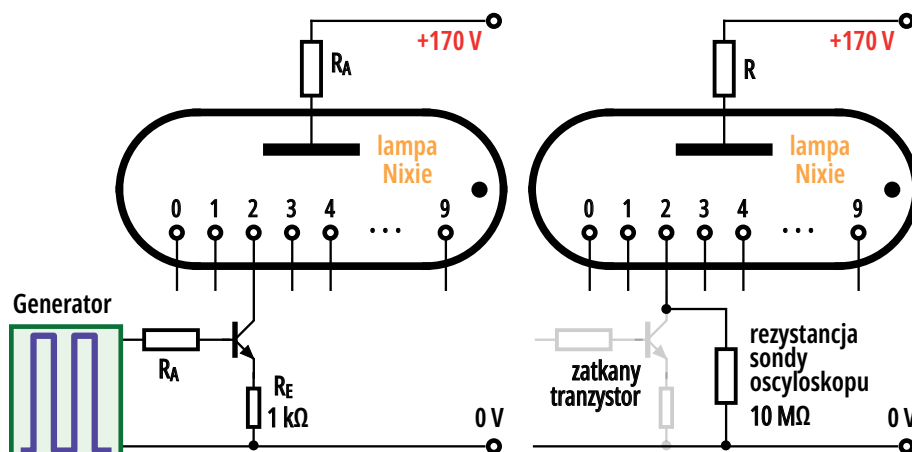
Tranzystory BC548B są od lat najpopularniejsze wśród polskich hobbystów. W praktyce do sterowania lampami Nixie należy raczej stosować też bardzo popularne BC547 lub BC546. **Nie ma potrzeby stosowania tranzystorów wysokonapięciowych!** I to jest najważniejszy wniosek tego artykułu.

Tylko dla najbardziej dociekliwych

Podane informacje mogą wydać się jasne, a wręcz oczywiste. Układ jest przecież dziecinnie prosty, a elementy – wręcz prymitywne...

W rzeczywistości wcale nie jest to takie proste, jak sugeruje rysunek 17! Owszem, **naprawdę do sterowania lampami Nixie nie trzeba tranzystorów wysokonapięciowych**, ale szczegóły są tajemnicze i interesujące!

Otóż po pierwsze, można się słusznie zastanawiać, skąd bierze się napięcie niecałe 50 V na kolektorze tranzystora w układzie z **rysunku 18**, jeżeli lampa



Rysunek 18

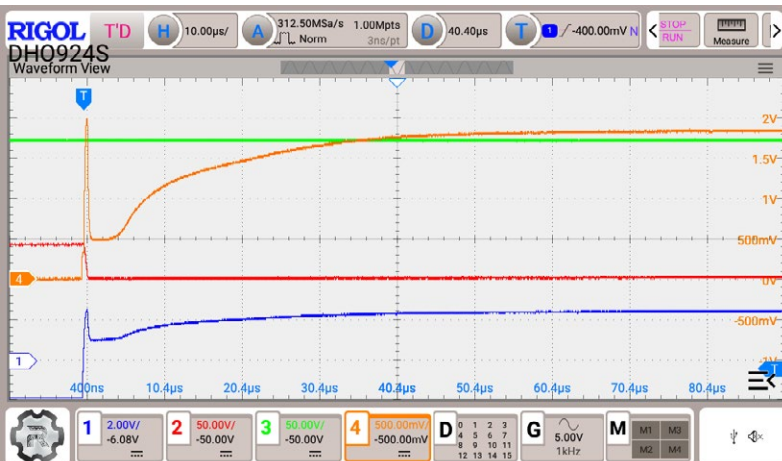
Rysunek 19

zgasa i nie przewodzi prądu? Jeżeli nie przewodzi i stanowi rozwarcie, to napięcie na kolektorze powinno być równe zero!

A nie jest. To akurat można wyjaśnić bardzo łatwo. Otóż, jak pokazuje pochodzący z katalogu rysunek 15, napięcie zapłonu lampy to 150 V. W układzie testowym do kolektora tranzystora włączona jest sonda (o tłumieniu 10:1 o rezystancji 10 megaomów). I to właśnie zgodnie z **rysunkiem 19**, przez rezystancję sondy płynie znikomo mały prąd, niecałe 5 mikroamperów, co daje wskazanie napięcia prawie 50 woltów. A dlaczego akurat tyle? To wynika z właściwości lampy Nixie, która ma „garbatą” charakterystykę, zawierającą też odcinek o ujemnej rezystancji dynamicznej. Gdyby rezystancja sondy oscyloskopu była znacząco różna, napięcie byłoby nieco inne, ale podobne. To akurat jest proste.

Ale są bardziej tajemnicze szczegóły. Fotografia 16 i rysunek 17 są zrobione przy rozciągnięciu czasowym 50 ms na działkę. Natomiast przebiegi na **rysunku 20** i na **rysunku 21** pokazują momenty włączania i wyłączania tranzystora w tym samym układzie, ale w rozciągnięciu odpowiednio 10 μ s i 1 μ s na działkę.

Jak widać, w momentach przełączania przebiegi są zaskakujące. Głównie „z winy” lampy Nixie, a po części wskutek przyjętego sposobu pomiaru.



Rysunek 20



Rysunek 21

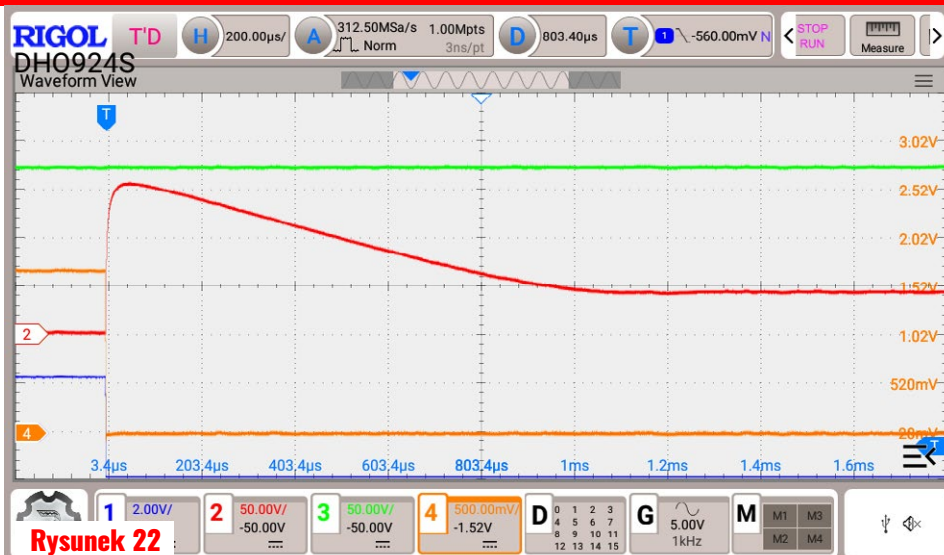
A na koniec jeszcze bardziej interesujące porównanie. Na rysunku 17 lewo widać (czerwone) szpilki napięcia na kolektorze w momentach wyłączenia. **Rysunek 22** prezentuje w rozciągnięciu 200 $\mu\text{s}/\text{dz}$ przebiegi z rysunku 17 i 21 w układzie z wysokonapięciowym tranzystorem **2N5551**. Widać wyraźnie, że przy wyłączaniu na kolektorze pojawia się krótki impuls napięcia o wielkości ponad 150 woltów!

Rysunek 23 oraz **fotografia 24** pokazują przebieg w układzie z 25-woltowym tranzystorem **BC548**. Impuls jest mniejszy i wyraźnie spłaszczony. Spłaszczenie to efekt (niegroźnego, odwracalnego) chwilowego przebiecia niskonapięciowego tranzystora!

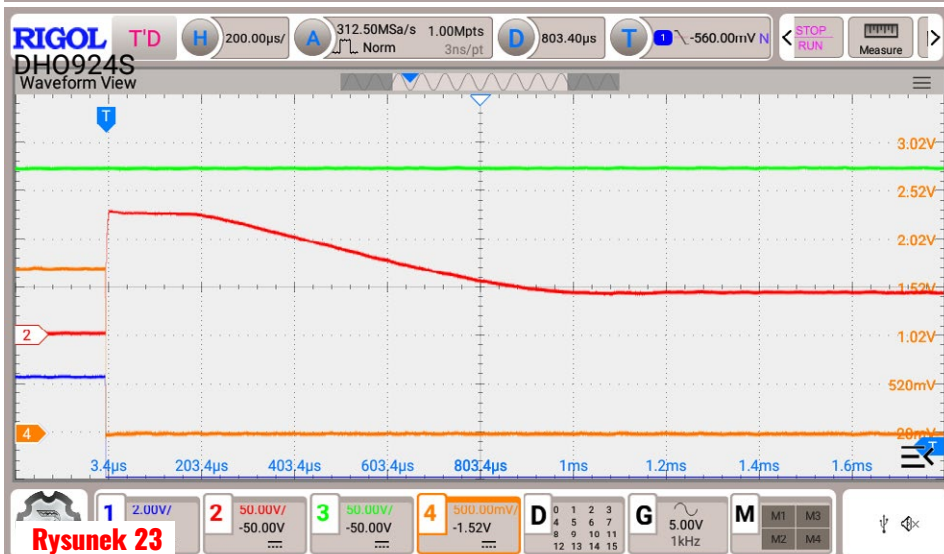
Niniejszy artykuł jest zachętą do eksperymentów z lampami gazowanymi, których działanie nie tylko robi duże wrażenie, ale jest wynikiem interesujących zjawisk fizycznych.

Analizę szczegółów pozostawiam najbardziej zaawansowanym Czytelnikom, a w razie zainteresowania, do tych szczegółów mogę wrócić w oddzielnym artykule, ewentualnie przy omawianiu neonówek i innych lamp wyładowczych.

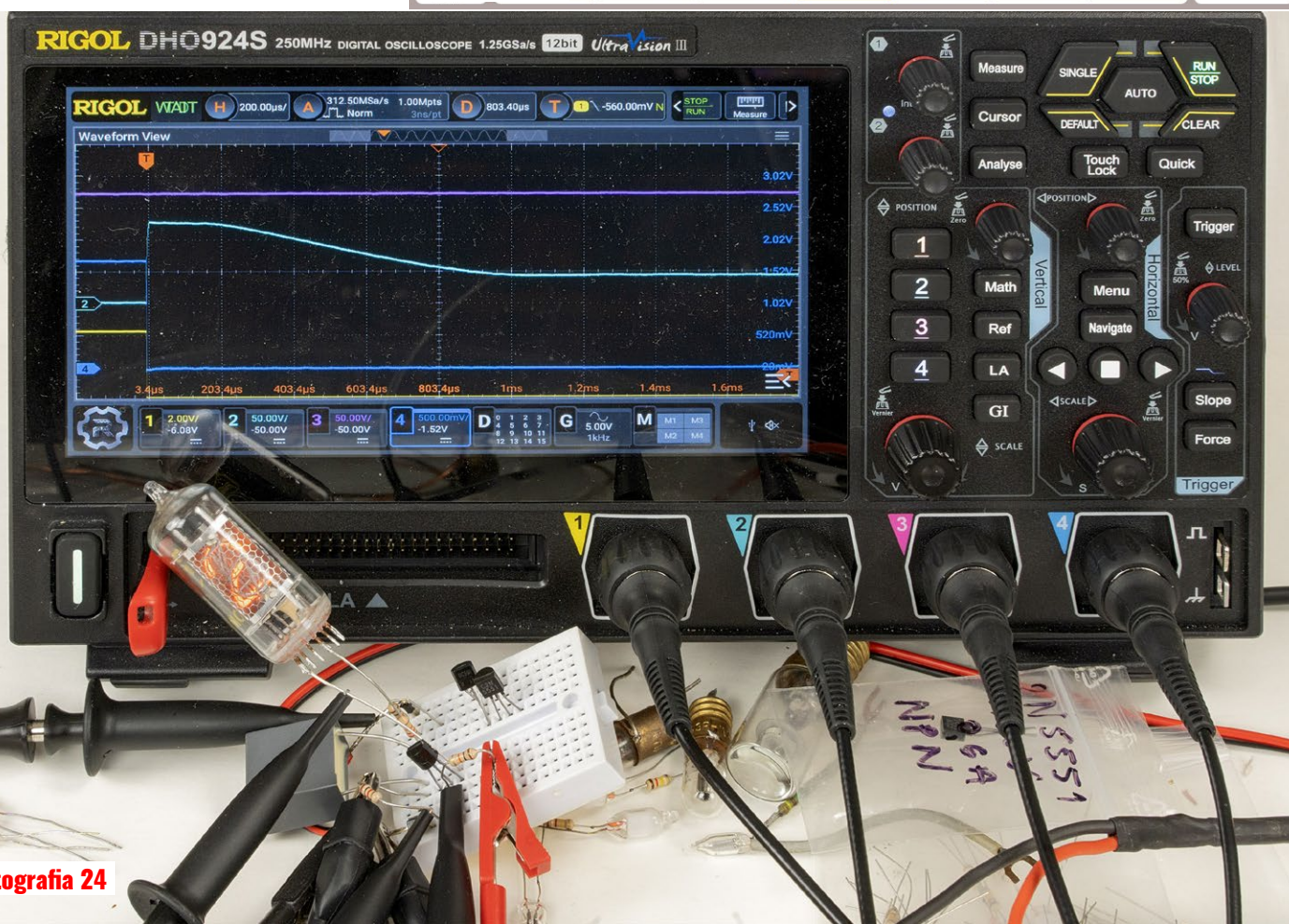
Piotr Górecki



Rysunek 22



Rysunek 23



Fotografia 24



Sondy oscyloskopowe – dlaczego są niezbędne?

Artykuł przedstawia najważniejsze, fundamentalne informacje i wyjaśnienia, dlaczego podczas pomiarów powszechnie wykorzystywane są sondy tłumiące 10:1 oraz 100:1, a nie sondy 1:1 czy zwykłe kawałki kabla. To tylko elementarz i uproszczone podejście – dalsze wyjaśnienia podane są w następnym artykule.

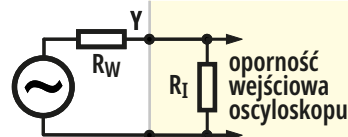
Redukcja pojemności

Cieszymy się, że z upływem czasu oscyloskopy cyfrowe są coraz tańsze i mają coraz szersze pasmo. Wydaje się, że są to wręcz idealne przyrządy z uwagi na cyfrowe przetwarzanie, kursory, cyfrowe wyniki pomiarów napięć, częstotliwości i czasu. Niestety, dość często uzyskiwane wyniki pomiarów są niewiarygodne. Bardzo niewiarygodne.

Niewiarygodne są przede wszystkim wtedy, gdy dołączenie oscyloskopu zmienia sytuację w badanym układzie. Owszem, oscyloskop pokazuje przebiegi jak najbardziej prawdziwe, ale występujące w układzie po dołączeniu tam oscyloskopu, a nie pokazuje przebiegów występujących podczas normalnej pracy tego układu.

Wnioski praktyczne

Wszystko zależy od tego, na ile dołączenie oscyloskopu zmienia sytuację w układzie. Można to zilustrować bardzo uproszczonym przykładem, pokazanym na **rysunku 1**. Badany obwód zawsze ma jakąś, mniejszą lub większą, oporność wewnętrzną R_W . A oscyloskop ma jakąś oporność wejściową R_I . Nie ulega wątpliwości, że dołączenie oscyloskopu tworzy dzielnik napięcia. Oscyloskop pokazuje napięcie z takiego dzielnika, które zawsze jest mniejsze, niż napięcie w punkcie Y występujące tam podczas normalnej pracy układu, bez dodatkowego obciążenia opornością wejściową R_I oscyloskopu.



Rysunek 1

Najogólniej biorąc, wypadkowa oporność wejściowa R_I oscyloskopu powinna być dużo, a wręcz wielokrotnie większa, niż oporność wewnętrzna badanego układu czy obwodu. Wtedy błąd będzie znikomy.

Wiadomo że ogólnie biorąc, oscyloskopy nie mają wysokiej dokładności. Nawet te cyfrowe, na pozór bardzo dokładne. Błąd pomiaru amplitudy zwykle wynosi 2...4%. A to prowadzi do wniosku, że aby nie pogorszyć dokładności pomiaru, oporność wejściowa oscyloskopu powinna być kilkadziesiąt razy, najlepiej co najmniej 100 razy większa od wypadkowej oporności wewnętrznej R_W badanego obwodu.

Początkującym wydaje się, że problemu nie ma, bo przecież wejścia prawie wszystkich oscyloskopów mają dużą rezystancję wejściową, równą 1 MΩ.

Tak, **rezystancja** wejściowa z reguły wynosi 1 megaom, ale tylko rezystancja. A jaka jest **impedancja**, czyli oporność dla przebiegów zmiennych?

Przecież każdy oscyloskop, oprócz rzeczywiście dość dużej rezystancji, ma też jakąś **pojemność wejściową** – w lepszych oscyloskopach nieco ponad 10 pF, w gorszych nawet ponad 25 pF.

Przykładowo nadal dość popularny 100-megahercowy Rigol DS1102E ma nominalną pojemność wejściową około 18 pF, jak pokazuje **rysunek 2** (niektóre specyfikacje podają 15 pF). Przy tolerancji ± 3 pF jego wejście może więc mieć okrągłe 20 pikofarów. Podobną pojemność mają inne popularne oscyloskopy.

SELECTION INPUT 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

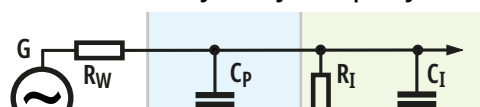
Inputs	
Input Coupling	DC, AC, GND
Input Impedance	1MΩ±2% 18pF±3pF
Probe Attenuation Factors	1X, 5X, 10X, 50X, 100X, 500X, 1000X
Maximum Input Voltage	400V (DC+AC Peak, 1MΩ input impedance) 40V (DC+AC Peak) ^[1]
Time delay between	500ns

Rysunek 2

Wydaje się, że te 20 pF to niewiele. Na pozór niewiele, ale... jaka jest reaktancja, a tym samym impedancja przy częstotliwości 100 MHz?

Ze wzoru $X_C = 1 / (2\pi fC)$ łatwo obliczyć, że dla pojemności 20 pF przy 1 kHz jej reaktancja wyniesie 8 MΩ, a przy 10 kHz wyniesie 800 kΩ. Przy dalszym wzroście częstotliwości będzie maleć i przy 1 MHz wyniesie 8 kΩ, a przy 100 MHz tylko 80 omów!

Tak! W tym 100-megahercowym oscyloskopie przy górnej częstotliwości granicznej 100 MHz impedancja wejściowa wynosi tylko 80 Ω! To nie wszystko: jeżeli dołączymy do wejścia oscyloskopu kabel w roli sondy, to do pojemności



W pierwszym przybliżeniu możemy przyjąć, że metr kabla ma pojemność około 80...100 pF, zależnie od rodzaju tego kabla. Równolegle do rezystancji wejściowej oscyloskopu $R_I = 1$ MΩ, dołączona będzie więc pojemność co najmniej 100 pF. A pojemność 100 pF już przy częstotliwości 1 MHz będzie mieć reaktancję 1,6 kilooma, a przy 100 MHz tylko 16 omów! A przy górnej częstotliwości 250-megahercowego DHO924 mniej niż 7 omów!

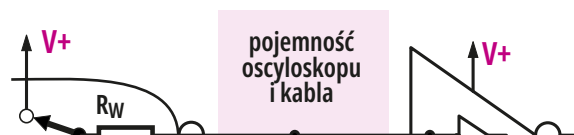
Wygląda na to, że impedancja oscyloskopu z taką sondą przy wysokich częstotliwościach będzie czystą reaktancją pojemnościową o znikomej wartości, a o rezystancji $R_I = 1$ MΩ można wtedy zapomnieć.

Pierwszym problemem jest fałszowanie wyników pomiaru przez stworzenie dzielnika zasygnalizowanego na rysunku 1, ponieważ oprócz rzeczywiście dużej rezystancji R_I przy wysokich częstotliwościach mamy też zaskakująco, żałośnie małą reaktancję pojemnościową X_C .

Drugi problem to fakt, że podczas takiego pomiaru, **do badanego obwodu dołączamy stosunkowo dużą sumaryczną pojemność kabla i oscyloskopu. Jak to wpłynie na działanie tego obwodu?**

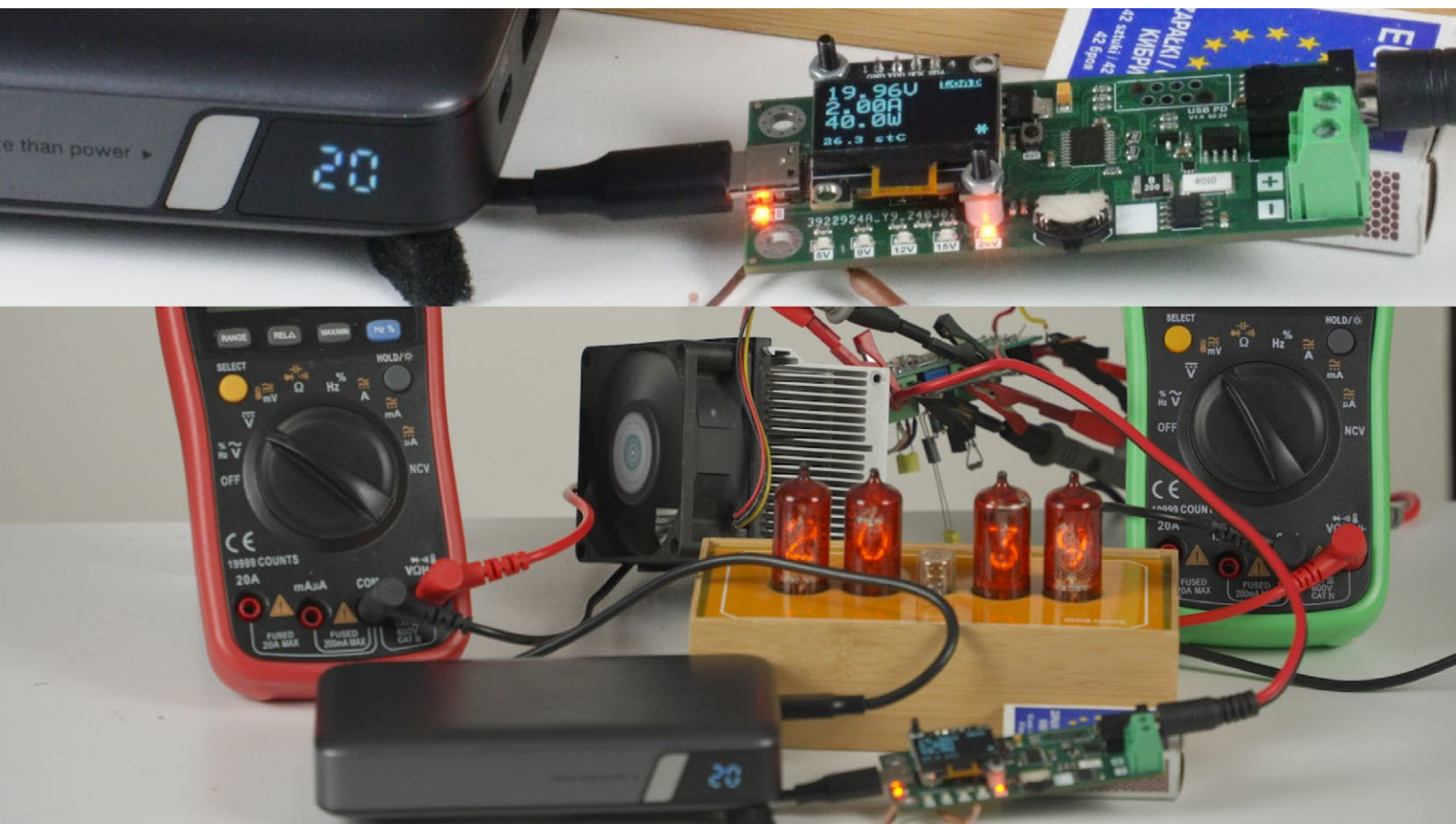
Jeżeli jest to na przykład obwód zasilania, to dołączenie pojemności 100 pF nie ma żadnego znaczenia. Ale jeżeli będzie to na przykład obwód generatora z rezonatorem kwarcowym albo obwodem LC, to dołączenie pojemności 100 pF na pewno zakłóci jego działanie, a w wielu przypadkach wręcz uniemożliwi prawidłową pracę. Nawet jeśli oscyloskop coś zmierzy, nie będą to przebiegi występujące tam podczas normalnej pracy.

Coraz rzadziej badamy delikatne układy analogowe, coraz częściej cyfrowe, gdzie występują dość silne impulsy o dużej częstotliwości. Wtedy też może powstać poważny problem, ponieważ zgodnie z uproszczonym **rysunkiem 4** dołączenie pojemności kabla + oscyloskopu 100 pF dodaje się do pojemności tam istniejących i zwiększa stałą RC, a to znacząco opóźnia sygnał cyfrowy, zależnie od wartości rezystancji wyjściowej R_W (i wydajności prądowej źródła impulsów). Dołączenie kabla oscyloskopu w istotny sposób zmienia sytuację w układzie i może spowodować błędy w działaniu po dołączeniu oscyloskopu. A w najlepszym przypadku wystąpią znaczące błędy pomiaru czasów i opóźnień w porównaniu z tymi, które tam występują podczas normalnej pracy.



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

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



Powerbank – działanie i możliwości

Poniższy artykuł jest uzupełnieniem i rozszerzeniem wiadomości podanych w filmie o tym samym tytule, dostępnym na moim kanale YT. Artykuł zawiera wszystkie najważniejsze informacje na temat urządzeń typu Powerbank oraz pokazuje niektóre z bardzo interesujących możliwości ich wykorzystania.

[Możliwości powerbanków](#)
[Oscylloskopy i powerbank](#)

[Praktyczne testy powerbanku UGREEN PB720](#)
[Podsumowanie](#)

Określenie **powerbank**, które chyba na razie nie ma dobrego polskiego odpowiednika, najczęściej kojarzy się ze smartfonem, jako rezerwowe źródło zasilania, znakomicie przedłużające czas nieprzerwanej pracy smartfona w warunkach polowych, gdzie nie ma dostępu do sieci energetycznej.

Współpraca ze smartfonem to najpopularniejszy sposób wykorzystania powerbanku. Warto jednak wiedzieć o innych atrakcyjnych możliwościach.

W tym artykule krótko omówię możliwość wykorzystania powerbanku do zasilania nowoczesnego oscylloskopu, co wcale nie jest ciekawostką, bo przy niektórych pomiarach może mieć ogromne znaczenie praktyczne.

Przedstawię też podstawowe informacje o budowie powerbanków. Dla niektórych może to być ciekawostka, dla innych zachęta do realizacji własnego powerbanku czy „niskonapięciowego upeesa”.



Fotografia 1

Fotografia 1 to kadr z filmu *Powerbank - działanie i możliwości*, który jest uzupełnieniem i wprowadzeniem do tego artykułu. Film pokazuje praktyczny test możliwości baterijnego zasilania profesjonalnego czterokanałowego oscyloskopu.

Możliwość całkowitego oddzielenia oscyloskopu od sieci energetycznej to w wielu przypadkach ogromna zaleta! Pozwala zredukować poziom zakłóceń związanych z siecią. Co prawda mogą przy tym wystąpić pewne zagrożenia, związane z bezpieczeństwem. Zależy to od sytuacji, a w szczególności od tego, jakie potencjały będą występować na masie oscyloskopu. Nieco szerzej omawiam to w dalszej części artykułu.

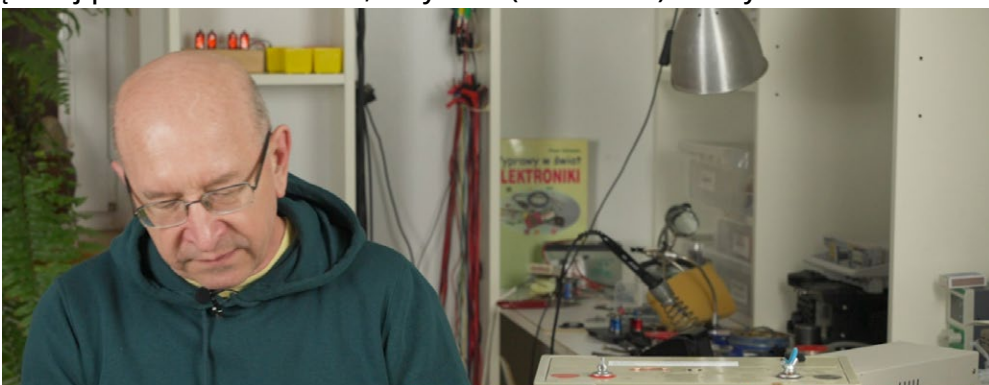
Na **fotografii 2** pokazane jest stanowisko testowe podczas pomiaru wydajności prądowej powerbanku. Daje on napięcie 20 woltów, a prąd wynosi 5 amperów, więc rzeczywiście jest to powerbank o mocy wyjściowej 100 watów!

Fotografia 3 przedstawia tani moduł, który (bez akumulatorów) kupiłem kiedyś za około 20 złotych. To jest przykład bardzo prostego powerbanku. Jego budowa jest krótko omówiona w filmie. Mam nadzieję, że infor-



Fotografia 2

do budowy których można wykorzystać najrozmaitsze gotowe moduły. Co istotne, oprócz akumulatorów Li-Ion i Li-Poly, do budowy podobnych magazynów energii można wykorzystać także inne akumulatory, w szczególności bardzo popularne 12-woltowe, nazywane (niesłusznie) żelowymi.

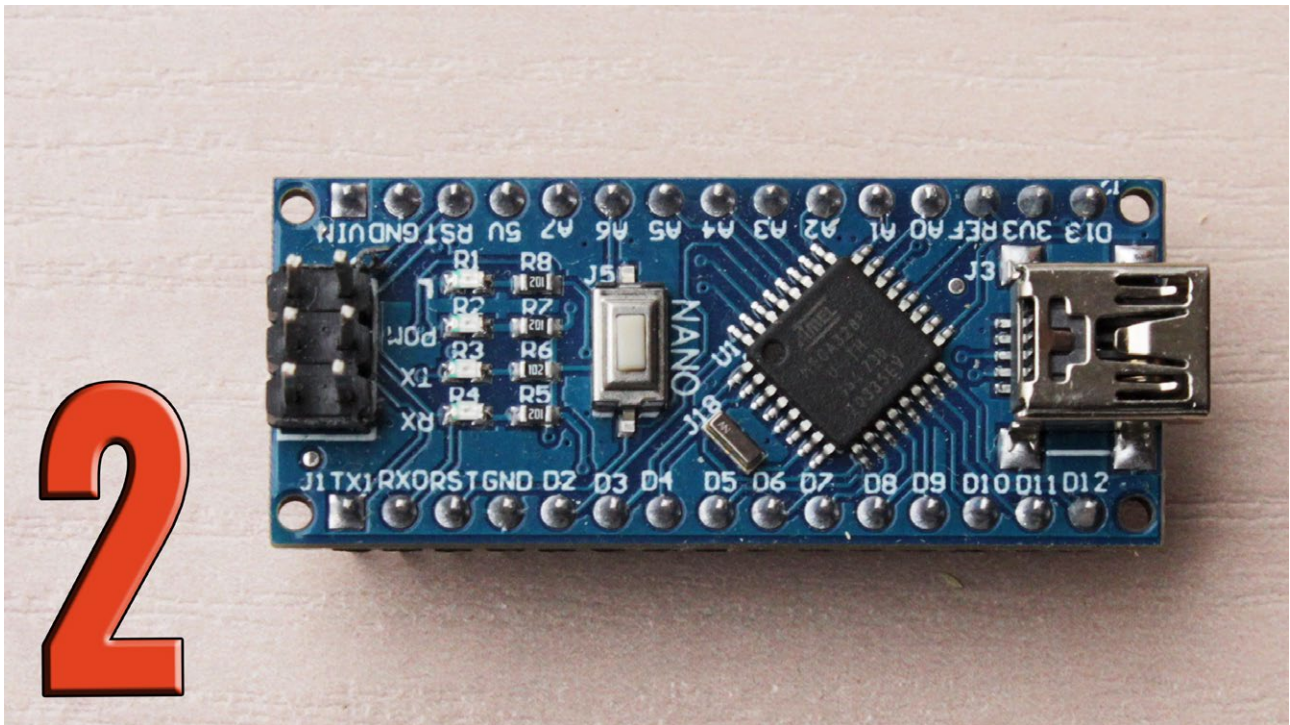


Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

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



Fotografia 3



Mikroprocesorowa ośła łączka, część 2

Programowanie mikrokontrolerów „na sucho” nie ma sensu, toteż kiedyś trzeba zacząć. Jednak wcześniej koniecznością staje się podjęcie pewnej decyzji dotyczącej platformy sprzętowej oraz narzędziowej.

Co wybrać?

Oprogramowanie narzędziowe

Rozważania sprzętowe

Moduły

Wybór

Zaczynamy

Początki techniki mikroprocesorowej, która zaczęła gwałtownie się rozwijać w latach 70. ubiegłego wieku, nie należały do prostych. Do naszego kraju ta nowoczesna gałąź elektroniki dotarła w następnej dekadzie. Z punktu widzenia polskiego hobbysty zabawa w mikroprocesory była dużym wyzwaniem. Poczynając od dostępu do elementów, poprzez odpowiednią literaturę i kończąc na niezbędnych narzędziach (do wspomaganie tworzenia oprogramowania), wszędzie piętrzyły się problemy i bariery. Komputery PC dopiero zaczynały pojawiać się u nas, nie każdy miał do nich dostęp, więc pozostawało „ręczne” generowanie kodu dla procesora. Zaopatrzenie w komponenty jakoś dało się rozwiązać, weekendowe giełdy w stolicy ściągały wszystkich fanów z całego kraju. Drugim wręcz bezcennym elementem była literatura.

Nawet ta polskojęzyczna była wydawana w małych nakładach a niezbędne informacje opisujące procesory generalnie krążyły pod postacią ręcznie przepisywanych książek. Pomimo że już wtedy istniało wiele mikroprocesorów wytwarzanych przez różnych producentów, nasza krajowa rzeczywistość determinowała dostępne dla hobbystów modele. Największą popularnością cieszyły się procesory Z80, następne były procesory z rodziny 8080 (Intel) i w niewielkim stopniu procesory 6800 (Motorola). Nie istniał problem wyboru procesora. Obecnie realia zmieniły się do tego stopnia, że wybór typu procesora do ćwiczeń i eksperymentów staje się kłopotliwy. Zmieniło się również podejście do tematyki. W czasach pionierskich oddzielnie były produkowane mikroprocesory, oddzielnie pamięci do przechowywania programu

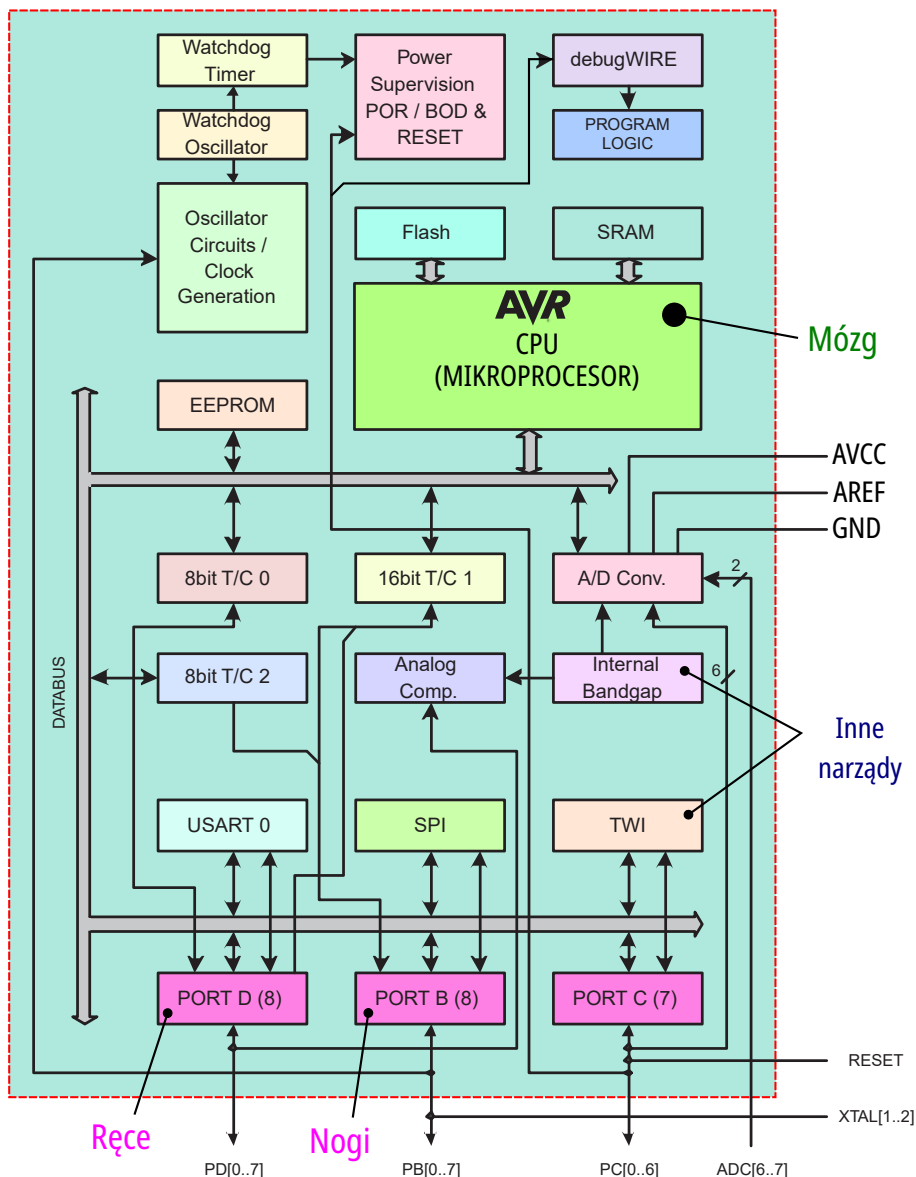
i danych, porty równoległe, kontrolery do obsługi transmisji szeregowej czy układy czasowo-licznikowe – takie podstawowe układy peryferyjne, cegiełki budujące całość. Przemysł elektroniczny bardzo szybko zauważył, że każde urządzenie bazujące na mikroprocesorach ma w dużej mierze powtarzające się składniki. Powstała koncepcja scalenia tych elementów w jednej strukturze i tak powstał element nazwany mikrokomputerem, który z czasem zmienił swoją nazwę na mikrokontroler.

Zapewne część Czytelników dostrzeżęła, że używam określeń: mikroprocesor czy mikrokontroler (mikrokomputer). Mikroprocesor jest elementem składowym mikrokontrolera. Do pełnego zrozumienia można posłużyć się następującą analogią: mikrokontroler jest ciałem człowieka a jego ważnym elementem jest mózg. To on „myśli, kalkuluje i podejmuje decyzje” i ma elementy z nim współpracujące: ręce, nogi, uszy czy usta. Mózg sam z siebie niewiele może zrobić, może jedynie „myśleć”. Nogi samodzielnie również niewiele robią. Dopiero współpraca między mikroprocesorem (mózgiem) a elementami peryferyjnymi (rękami, nogami i innymi narządami) daje pożądane efekty (**rysunek 1** symbolicznie pokazujący mikrokontroler ATMEGA328). Tworząc program dla mikrokontrolera w rzeczywistości tworzymy program dla mikroprocesora (inna nazwa to CPU – ang. central processing unit) zawartego w tym mikrokontrolerze, program zawsze dotyczy mikroprocesora.

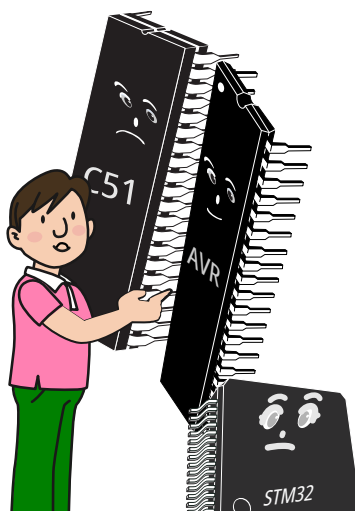
Co wybrać?

W porównaniu z minionymi latami, obecnie wykorzystuje się mikrokontrolery. Mikroprocesory (jak przykładowo różne odmiany PENTIUM) są również produkowane, ale te są stosowane do budowy komputerów, a naszym zamiarem jest budowa jedynie niewielkich urządzeń do „zabawy”, wyposażenia warsztatowego w różne

Mikrokontroler ATMEGA328



Rysunek 1



Długo zastanawiałem się nad wyborem odpowiedniej rodziny procesorów na potrzeby „mikroprocesorowej oślej łączki” bo na świecie produkowanych jest ich całe mnóstwo. Zrozumiałem jest, że chciałem zaproponować mikrokontroler w miarę prosty, posiadający bezpłatne oprogramowanie narzędziowe IDE. Obecnie w naszym kraju do rozważenia przede wszystkim są: mikrokontrolery z rodziny C51, AVR lub STM32. Żartobliwie mówiąc, przez dziecięcą wyliczankę „entli-

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

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



Podstawy automatyki – softstarty

Dzisiejszym odcinkiem zaczynamy drugi dział cyklu, dotyczący techniki napędowej. W jaki sposób można regulować prędkość obrotową silnika elektrycznego? Czy falownik to poprawna nazwa? Czym jest układ łagodnego startu? Odpowiedzi na te pytania Czytelnicy znajdą w najbliższych odcinkach.

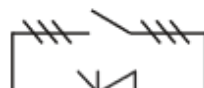
[Dlaczego softstart?](#)
[Budowa softstartu](#)

[Nastawy softstartu](#)

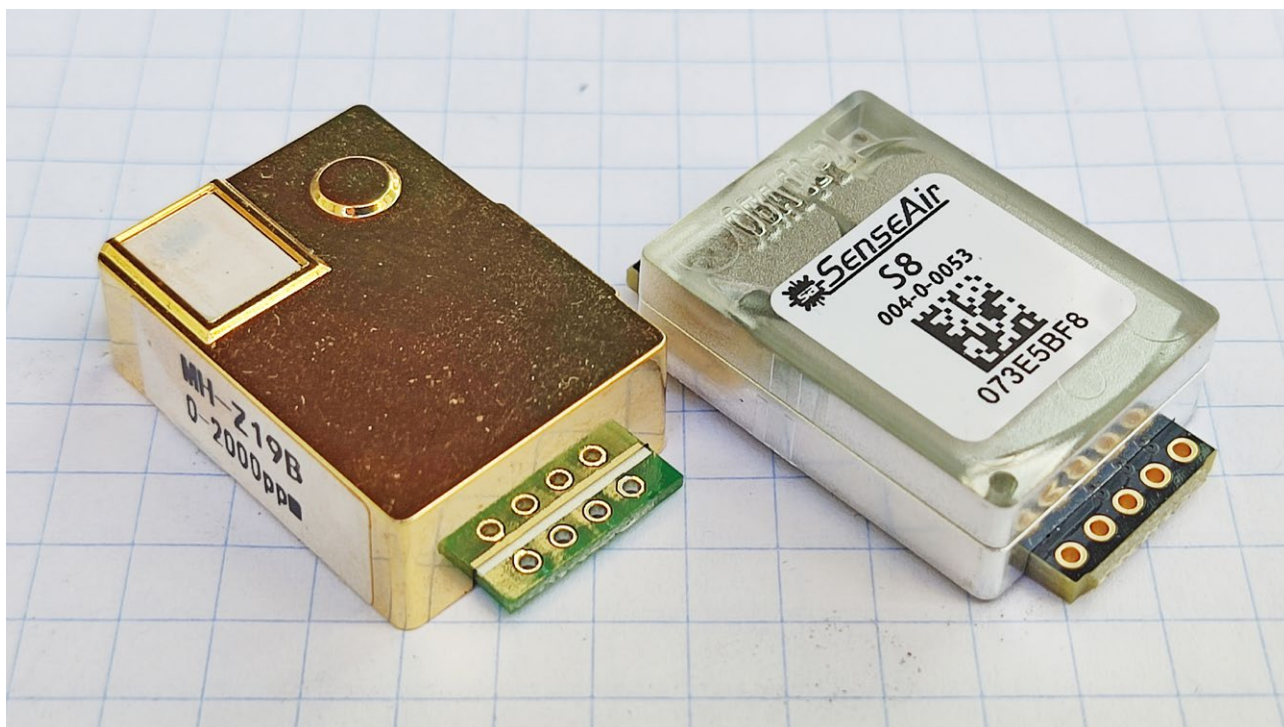
Dlaczego softstart?

Jak już wspomniano w poprzedniej części, prosta regulacja prędkości obrotowej silników prądu zmiennego to zmiana napięcia zasilającego. Ponadto rozruch silników pod obciążeniem w niektórych przypadkach (np. pompy, wentylatory) jest rozruchem ciężkim. Trzecim aspektem, który musimy wziąć pod uwagę, jest uderzenie prądowe przy rozruchu silników AC dla rozruchów ciężkich i silników dużej mocy, sięgający nawet 5-7-krotności prądu znamionowego. A tak duży przepływ prądu powoduje znaczny spadek napięcia w sieci, co może nawet skutkować nieudanym rozruchem napędu. Celem zminimalizowania takich przeciążeń zaczęto przy

starty – układy miękkiego startu. Pomimo takiej nazwy, mogą być one również stosowane do zatrzymywania urządzeń, np. zmniejszając skoki ciśnienia, które mogą powstać w układach hydraulicznych przy nagłym zatrzymaniu pompy. Układy miękkiego startu są budowane również dla transformatorów (dla zminimalizowania uderzenia prądu magnesyjnego). Softstarty są stosowane tam, gdzie nie jest wymagany duży moment rozruchowy. Ogólny, uproszczony schemat urządzenia przedstawia **rysunek 1** (źródło: www.pomiarywelektryce.pl).



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



Czujniki gazów część 1

Od wielu lat mamy do czynienia z różnymi czujnikami gazów i oparów. Co istotne, powszechnie dostępne są niedrogie moduły czujników, które może wykorzystać także hobbysta, najprościej w systemie Arduino. Oto pierwszy z serii artykułów, omawiających ich budowę, historię i sposoby wykorzystania.

Kontrola jakości powietrza
Nie takie to proste wcale jest...

Trochę historii
Czujniki rezystancyjne

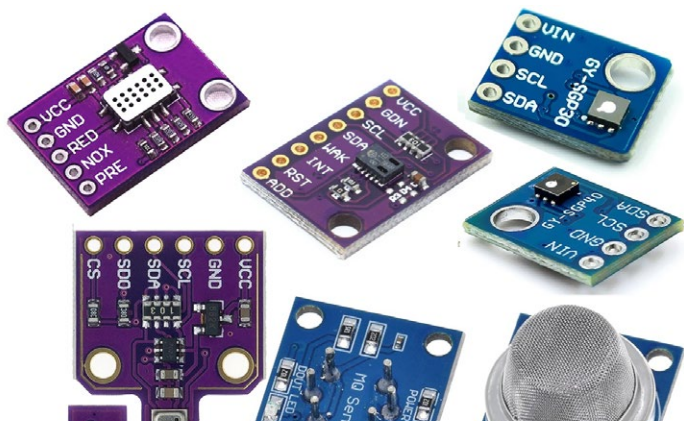
Wielu z nas chciałoby mieć kontrolę nad jakością powietrza w mieszkaniu. Ja już ponad 30 lat temu interesowałem się kwestią kontroli składu powietrza, szczególnie w sypialni. Chciałem mieć nad tym kontrolę, aby z jednej strony zapewnić odpowiednią wentylację, czyli świeże powietrze, a z drugiej strony,

żeby z tą wentylacją nie przesadzić i niepotrzebnie nie marnować energii i nie wyziewać pomieszczeń.

Niestety, wtedy na przełomie lat 80./90. gdy budowaliśmy trzyrodzinny dom, nie były dostępne elektroniczne sposoby pomiaru właściwości powietrza. Z pierwotnych planów w ścianie sypialni została dziura (na planowany wyciąg), która zresztą później została trwale zamurowana. Dopiero po wielu latach powszechnie dostępne i niedrogie stały się różne interesujące czujniki (które można też dołączyć do płytek Arduino). Na życzenie Czytelników mogę je omówić w cyklu artykułów.

Kontrola jakości powietrza

Dziś powszechnie dostępne są gotowe czujniki jakości powietrza, oznaczane AQS (Air Quality Sensors). Niektóre oznaczane są IAQ (Indoor Air Quality), czyli zgodnie z tym skrótem powinny mierzyć

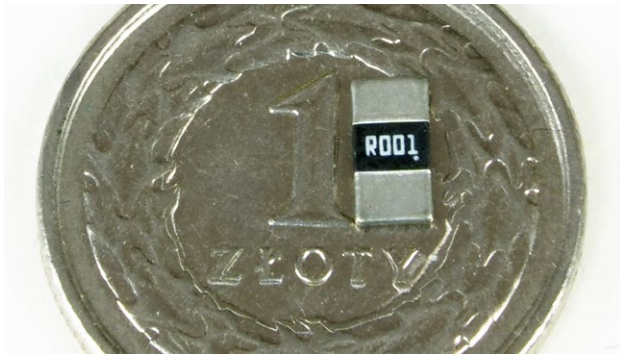


Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

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 Mecenatów oraz innych Czytelników za pomocą kanałów podanych na stronie: [Zapytaj, odpowiedz](#).

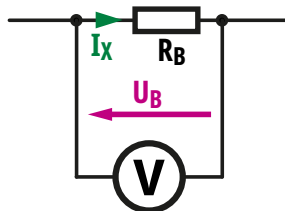


Pomiary prądu, co to jest bocznik i jak go zrobić?

Dzień dobry, [w filmie] (...) wspomniał Pan o boczniku. (...) jak dobiera się boczniki? Jaka jest zasada stosowania bocznika? W prostowniku na wyjściu jest zastosowany bocznik – jak on wpływa na napięcie na wyjściu? Czy obniża napięcie? Czy bocznik jest rezystorem? (...) Dziękuję, Stefan

Po pierwsze trzeba przypomnieć, że **bocznik to po prostu rezystor**. Ale rezystor o małej, a często o bardzo małej, rezystancji. W każdym razie rezystor.

Jeżeli w jakimś obwodzie chcemy zmierzyć wartość prądu, włączamy w ten obwód właśnie rezystor o jakiejś małej rezystancji R i mierzymy na nim spadek napięcia U według **rysunku 1**. Napięcie mierzymy bezpośrednio, bo mamy do dyspozycji różne woltomierze, natomiast prąd mierzymy najczęściej pośrednio, w tym przypadku jako spadek napięcia na niewielkiej rezystancji. Wartość płynącego tam prądu obliczamy z oczywistej zależności: $I = U_B / R_B$.



Rysunek 1

Co ważne, w roli boczników można wykorzystywać najróżniejsze rezystory, byle miały odpowiednie parametry. O parametrach za chwilę, ale najpierw ważna uwaga. Otóż w wielu źródłach, w tym w polskiej Wikipedii, znajdziemy sugestie – patrz poniższy **rysunek 2** – że bocznik to rezystor o **specjalnej konstrukcji**. Owszem, **niektóre** boczniki rzeczywiście mają **specjalną** konstrukcję. Na przykład są boczniki do pracy przy bardzo dużych prądach, rzędu setek, a nawet tysięcy amperów – omówię je w dalszej części artykułu. Są też boczniki przeznaczone do pomiaru prądów o wysokiej częstotliwości – takie boczniki z konieczności muszą mieć specjalną konstrukcję!

Ale boczniki najczęściej wykorzystywane są do pomiaru niezbyt dużych prądów stałych i prądów przemiennych o częstotliwości sieci 50 Hz. Wtedy specjalna konstrukcja nie jest potrzebna!

Bardzo dobra wiadomość jest taka, że do takich „łatwych” pomiarów można wykorzystywać niemal dowolne rezystory o małej rezystancji.

Rysunek 2

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

WIKIPEDIA
Wolna encyklopedia

Szukaj

Utwórz konto Zaloguj się

28 języków

Artykuł **Dyskusja** Czytaj Edytuj Edytuj kod źródłowy Wyświetl historię Narzędzia

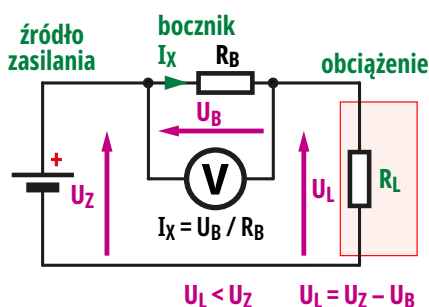
Bocznik – specjalny **opornik** pozwalający na **pomiar** dużych wartości **prądu**. Stosowany do pomiarów **prądu stałego** i **zmiennego** (w zależności od stosowanego **miernika**). Bocznik może być wewnętrzny lub zewnętrzny. Wewnętrzny jest zabudowany w **mierniku**, stosowany do pomiaru mniejszych prądów rzędu kilku, kilkunastu **amperów**, zaś zewnętrzny wykorzystywany jest do pomiaru prądu od kilkunastu amperów (15 A) do kilku tysięcy amperów.



Podstawowa zasada jest oczywista: **czym mniejsza wartość rezystancji R_B bocznika, tym lepiej**. Lepiej, bo włączenie w obwód małej, albo wręcz znikomo małej rezystancji praktycznie nic nie zmienia – układ „nie widzi” dodanej bardzo małej rezystancji.

I tu jest odpowiedź na pytanie, czy bocznik obniża napięcie na wyjściu? Otóż w zasadzie tak, bo na boczniku występuje spadek napięcia U_B , o wielkości $U_B = I_X \times R_B$

Dlatego, jak pokazuje **rysunek 3**, napięcie U_L na obciążeniu jest mniejsze od napięcia zasilania U_Z właśnie o spadek napięcia U_B . Tak, ale jeżeli rezystancja R_B jest bardzo mała, to i spadek napięcia U_B jest bardzo mały, nieznaczący. Tak, tylko po pierwsze muszą one mieć odpowiednio małą rezystancję, często poniżej 0,1 oma.



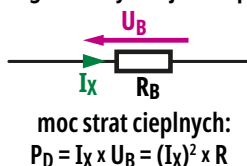
Rysunek 3

Po drugie, muszą mieć odpowiednio dużą obciążalność, czyli potocznie mówiąc – moc.

Praktyczny problem w tym, że wśród elektroników najpopularniejsze są rezystory o rezystancjach w zakresie od 1 oma do 10 megaomów, a do roli boczników zwykle potrzebne są rezystory o wartościach poniżej 0,1 oma. Takie rezystory były i są mało popularne.

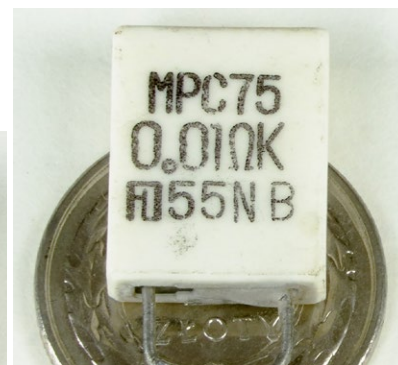
A jeżeli chodzi o obciążalność, czyli moc strat, to w układzie z rysunków 1 i 3 prąd I_X płynący przez rezystancję bocznika R_B powoduje nie tylko powstanie spadku napięcia U_B , ale też wydzielenie w rezystorze R_B mocy strat w postaci ciepła. Jak przypomina **rysunek 4**, tę moc liczymy według szkolnych wzorów: $P = I \times U = I^2 \times R$

straty mocy, czyli zamiana energii elektrycznej na ciepło



Rysunek 4

Najpopularniejsze miniaturowe rezystory mają obciążalność, czyli dopuszczalną moc strat, ćwierć wata (**fotografia 5**) lub jeszcze mniej.



Taki mały rezystor mógłby służyć jako bocznik, ale jest problem z mocą strat. Przykładowo rezystor 0,1 Ω, o obciążalności 0,25 wata, zgodnie z (przekształconym) wzorem $P = I^2 \times R$, może służyć jako bocznik do pomiaru prądu o maksymalnej wartości 1,58 A, bo przy takim prądzie napięcie U_B wyniesie 0,158 wolta i wydzieli się w nim 0,25 wata mocy strat. Przy większym prądzie przeciążymy rezystor, co oczywiście grozi jego spalaniem.

Natomiast rezystor 0,1 Ω o obciążalności 5 W (**fotografia 6**) bez ryzyka przegrzania może mierzyć prąd do 7,07 ampera. Przy takim prądzie spadek napięcia U_B wyniesie 0,707 V. Tu dość duży jest i spadek – strata napięcia – ponad pół wolta, i moc strat pięć watów. Rezystor będzie się mocno grzał!

Dobrym rozwiązaniem jest wykorzystanie bocznika o znacznie mniejszej rezystancji. 5-watowy rezystor MPC75 z **fotografii 7** ma rezystancję 0,01 oma (10 mΩ) i może być bocznikiem do pomiaru prądów do 22 amperów. Wtedy wystąpi na nim spadek napięcia 0,22 V i oczywiście też mocno będzie się grzał.

Przykładowo jeżeli zastosujemy rezystor 0,01 Ω o obciążalności 1 W, to może on posłużyć do pomiaru prądów do 10 amperów! Właśnie przy prądzie 10 A na takim rezystorze wystąpi spadek napięcia 0,1 V i wydzieli się moc strat 1 W.

Jeżeli natomiast analogicznie w roli bocznika wykorzystalibyśmy rezystor o wartości 1 milioma (0,001 Ω) o obciążalności 1 wata, to mógłby on służyć do pomiaru prądów do 31,6 A!

Czym mniejsza rezystancja R_B , tym mniejsza moc strat ($P = I^2 \times R$) i tym mniej taki bocznik zmienia sytuację w układzie. Tym bardziej, że przecież przewody połączeniowe też mają jakąś rezystancję, zwykle od jednego do nawet kilkunastu miliohmów, co pokazane jest w filmie **Q026, będącym uzupełnieniem tego artykułu**. Przy wyborze rezystancji bocznika R_B warto trzymać się „okrągłych” wartości rezystancji, bo wtedy odczyt woltomierza mierzącego U_B bardzo łatwo przeliczyć na wartość prądu – wystarczy „przesunąć przecinek”.

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

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

ZROZUMIEĆ **ELEKTRONIKĘ** z Piotrem Góreckim

ZE 7/2024

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, Szymon Burian,
Rafał Kozik, Jacek Kosecki, Sławomir Skrzyński, Tadeusz Suszał**

**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.