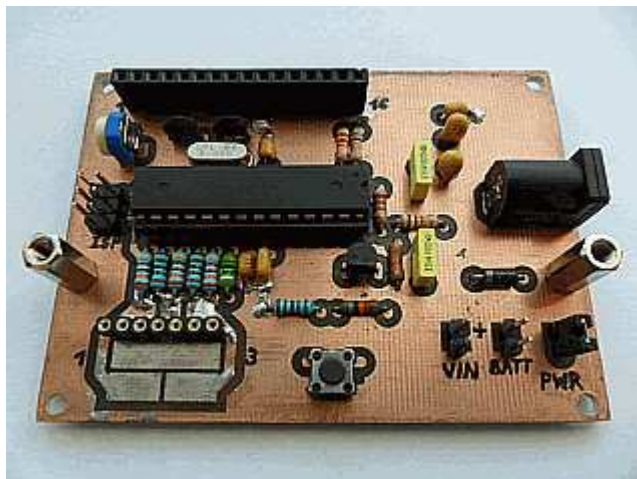


AVRtest 1.05

© 2018 by RomanWorkshop

<http://romanworkshop.blutu.pl/>

Tester elementów elektronicznych



Jest to uniwersalny tester elementów elektronicznych, pozwalający także na pomiar ich parametrów elektrycznych (dokładność nie zawsze jest dobra). Umożliwia sprawdzanie następujących części: rezystory i potencjometry, kondensatory, cewki, diody, tranzystory, tyrystory i triaki.

Wszystkie informacje są prezentowane na wyświetlaczu LCD 2x16 znaków. Obsługa testera odbywa się przy użyciu tylko jednego przycisku (mikrostyku) S2 (TEST). Ogromną zaletą jest automatyczna detekcja rozmieszczenia wyprowadzeń w sprawdzanym elemencie (np. katoda-anoda dla diody, kolektor-baza-emiter dla tranzystora), niezależnie od sposobu jego

podłączenia do punktów testowych TP1-TP3 (CON3). Badanie elementu zwykle trwa ok. 2s, jedynie pomiar dużych pojemności i indukcyjności może po-trwać dłużej.

Sercem testera jest popularny mikrokontroler ATmega168 lub ATmega328 (ten drugi zapewnia większe możliwości i lepszą dokładność pomiarów). Oba układy mają identyczny rdzeń, różnią się jedynie ilością pamięci. Zamieszczony program sterujący jest zmodyfikowaną przeze mnie wersją oryginalnego oprogramowania, którego autorem jest Karl-Heinz Kübbeler (<https://github.com/svn2github/transistortester>). Modyfikacje dostosowują program sterujący do specyficznych właściwości mojej wersji testera, a także poprawiają wygodę jego obsługi. Wprowadzone zmiany dotyczą: wartości zaprogramowanego spadku napięcia na diodzie D1 (wynosi 300 mV przy prądzie do 100 mA), wartości progowych podczas testowania napięcia zasilania DC (baterii), a także wyłączenia automatycznego wznowiania pomiarów (wyniki poprzedniego pomiaru znikają dopiero po naciśnięciu przycisku S2). Mój program sterujący wyróżniłem, zmieniając ciąg tekstowy z jego wersją na **"Version 1.12k(R)"**. W archiwum z projektem oprócz wsadów pamięci FLASH i EEPROM, znajdują się też pliki "Makefile" z opcjami, które zostały użyte do kompilacji źródeł programu sterującego, oddzielnie w wersji dla ATmega168 i ATmega328.

Przy okazji testów wykryłem w oryginalnym oprogramowaniu błąd, który polegał na dwukrotnym wyświetlaniu wartości napięcia strat kondensatorów "Vloss", ale tylko na wyświetlaczach LCD 2x16 znaków. Autor bardzo szybko dodał do repozytorium poprawkę "remove of double Vloss output for 2-line display". Ponadto wykryłem też drobny błąd w dokumentacji, który również został szybko poprawiony ("correction of capacity limit for ESR measurement"). Muszę napisać, że autor bardzo szczegółowo odpowiadał na zadawane pytania i wyjaśnił mi wszystkie kwestie.

Drugim ważnym układem testera jest źródło napięcia odniesienia, o wartości jak najbardziej zbliżonej do 2.5V oraz dużej stabilności temperaturowej. Tą rolę pełni popularna regulowana dioda Zenera TL431A (U3), o wystarczającej stabilności 50ppm/°C. Występuje ona w kilku wersjach (oznaczanych literą za numerem "431"), które różnią się głównie zakresem napięcia referencyjnego: "A" ("AI"/"AC") = 2.47-2.52V, "B" = 2.48-2.50V, "C"/"I" = 2.44-2.55V. Jak widać najlepiej byłoby użyć wersji "B", ale jest ona bardzo rzadko spotykana. Dlatego spośród kilku układów w wersji "A" wybrałem taki, o wartości napięcia referencyjnego 2.49V.

Kolejnym kluczowym układem jest źródło napięcia zasilania, o wartości jak najbardziej zbliżonej do 5V. W tej roli użyłem popularnego stabilizatora napięcia LM1117-5.0 (U2) typu LDO (Low Drop-Out). Jego napięcie wyjściowe V_{out} może wynosić 4.95-5.05V. Spośród kilku egzemplarzy wybrałem taki, o wartości napięcia $V_{out}=4.99V$. Oczywiście dobrze by było, gdyby źródło zasilania miało większą stabilność temperaturową, ale wśród zwykłych stabilizatorów nie ma takich układów.

Precyzyjne rezystory R12/R13 (tolerancja 1% lub lepsza), tworzą dzielnik napięcia o stosunku podziału 1:10. Służy on do pomiaru zewnętrznego, dodatniego napięcia stałego o wartości 0-49V podawanego na złącze CON6 (VIN). Należy przy tym pamiętać o prawidłowym podłączeniu jego polaryzacji (pomyłka spowoduje uszkodzenie mikrokontrolera). W tym dzielniku rezystancja wejściowa wynosi $R_{in}=200k$, a impedancja wyjściowa $Z_{out}=18k$. W praktyce pomiar napięcia działał dobrze z takim dzielnikiem. Natomiast nota katalogowa mikrokontrolera ATmega168/328 mówi, że wbudowany w niego przetwornik ADC współpracuje prawidłowo jedynie ze źródłami napięcia, o impedancji wyjściowej Z_{out} do 10k. Aby spełnić to wymaganie, należy zmienić wartości rezystorów R12/R13 na odpowiednio 90k/10k. Wtedy rezystancja wejściowa zmniejszy się do $R_{in}=100k$, a impedancja wyjściowa do $Z_{out}=9k$. Nietypową wartość rezystora 90k można uzyskać łącząc szeregowo rezystory precyzyjne, o wartościach 15k+75k lub 22k+68k.

Rezystory R3/R4 tworzą dzielnik napięcia zasilania VCC (baterii), od którego zależy dokładność pomiarów tego napięcia przez mikrokontroler. Dlatego powinny one mieć wartości rezystancji, jak najbardziej zbliżone do nominalnych (najlepiej użyć rezystorów o tolerancji 1%).

Po wlutowaniu wszystkich elementów w typowej kolejności, nie wkładamy jeszcze mikrokontrolera w podstawkę tylko mierzymy rezystancję na złączu CON6, która powinna wynosić 200k (lub 100k, jeśli R12/R13=90k/10k). Podłączamy źródło zasilania, włączamy przełącznik S1 (POWER) i sprawdzamy, czy między masą (piny 8 i 22) i następującymi pinami podstawki, występuje odpowiednie napięcie oraz czy ma prawidłową polaryzację: 1/2/7/20 = +5V, 27 = +2.5V. Przy wciśniętym przycisku S2 (TEST) napięcie na pinie 2 podstawki powinno spaść do 0V.

Następnie przy wyłączonym zasilaniu wkładamy mikrokontroler w podstawkę, włączamy zasilanie i programujemy go odpowiednim wsadem przez złącze CON5 (ISP), przy użyciu dowolnego programatora ISP (In-System Programming). Złącze to zawiera sygnały rozmieszczone w standardowy sposób zalecany przez firmę Atmel, a pokazany na schemacie ideowym. Trzeba przy tym pamiętać, że na płytce złącze CON5 jest odwrócone o 180 stopni (do góry nogami).

Kolejnym krokiem jest ustawienie odpowiednich wartości fuse i lock bitów, które dla mikrokontrolera ATmega168/328 powinny wynosić: FL (Fuse Low) = \$F7, FH (Fuse High) = \$DF/\$D9, FE (Fuse Extended) = \$F9/\$FF, LB (Lock Bits) = \$FF.

Po zaprogramowaniu mikrokontrolera właściwym wsadem (ten dla ATmega168 działa również na ATmega328), należy odłączyć programator (zakłóca pomiary). Następnie trzeba potencjometrem P1 ustawić odpowiedni kontrast na wyświetlaczu LCD tak, aby znaki były dobrze widoczne. Kolejnym krokiem jest przeprowadzenie kalibracji testera, podczas której zmierzone wartości korygujące jego pracę, zostaną zapisane w pamięci EEPROM mikrokontrolera. Kalibrację trzeba wykonywać po każdej zmianie w sprzęcie testera, np. łącz testowych TP1-TP3 lub kabli łączących je z płytą.

Tester można zasiląć napięciem stałym DC=7-12V z zasilacza lub z baterii/akumulatorów, ale nie z tych dwóch źródeł jednocześnie. Dioda D1 zabezpiecza tester przed odwrotnym podłączeniem napięcia zasilania (występuje na niej spadek 300mV przy prądzie do 100mA). Napięcie zasilania przed diodą to DC, a po diodzie VCC. Modelowy tester z niebieskim wyświetlaczem LCD z podświetleniem przy napięciu DC=9V, pobierał prąd od 34.5mA w stanie spoczynku do 40mA przy mierzeniu małych rezystancji/indukcyjności (bez wyświetlacza LCD było to, odpowiednio: od 18.5 do 24mA). Tester nie ma funkcji automatycznego wyłączania zasilania, ani usypiania mikrokontrolera.

Tester zmontowałem na płytce dwustronnej o wymiarach 82x60 mm (6 przelotek), wykonanej metodą transferu chemicznego. W rogach płytki znajdują się cztery otwory montażowe o średnicy 3 mm, dzięki którym tester można przykręcić do obudowy lub zamontować w nich jakieś nóżki w przypadku braku obudowy. Dwa dodatkowe otwory 3 mm na środku płytki służą do przymocowania tulejek dys-tansowych (wysokość 11-12 mm), do których można przykręcić wyświetlacz LCD. Płytkę jest tak zaprojektowana, aby tester mógł być używany zarówno po zamontowaniu w obudowie, jak i bez niej. Ponadto na płytce znajdują się pola, które służą do testowania elementów SMD (trzeba je pocyno-

wać). Tester można również zmontować na płycie jednostronnej (3 zworki) o takich samych wymiarach, ale bez pól do badania elementów SMD.

Spis elementów:

REZYSTORY:

R1 - 22kΩ
R2, R3 - 10kΩ
R4 - 3.3kΩ
R5-R7 - 680Ω/1%
R8-R10 - 470kΩ/1%
R11 - 2.2kΩ
R12 - 180kΩ/1% (90kΩ/1%)
R13 - 20kΩ/1% (10kΩ/1%)

KONDENSATORY:

C1 - 10uF/16V
C2 - 100nF/16V
C3-C5 - 100nF
C6 - 10uF/10V
C7 - 1nF
C8, C9 - 22pF
C10 - 100nF/63V

POTENCJOMETRY:

P1 - 10kΩ (stojący)

CEWKI:

L1 - 10uH (dławik)

DIODY:

D1 - 1N5817

REZONATORY:

X1 - kwarcowy 8 MHz (niski)

UKŁADY SCALONE:

U1 - ATmega168 lub 328
U2 - LM1117-5.0
U3 - TL431A

PRZELĄCZNIKI:

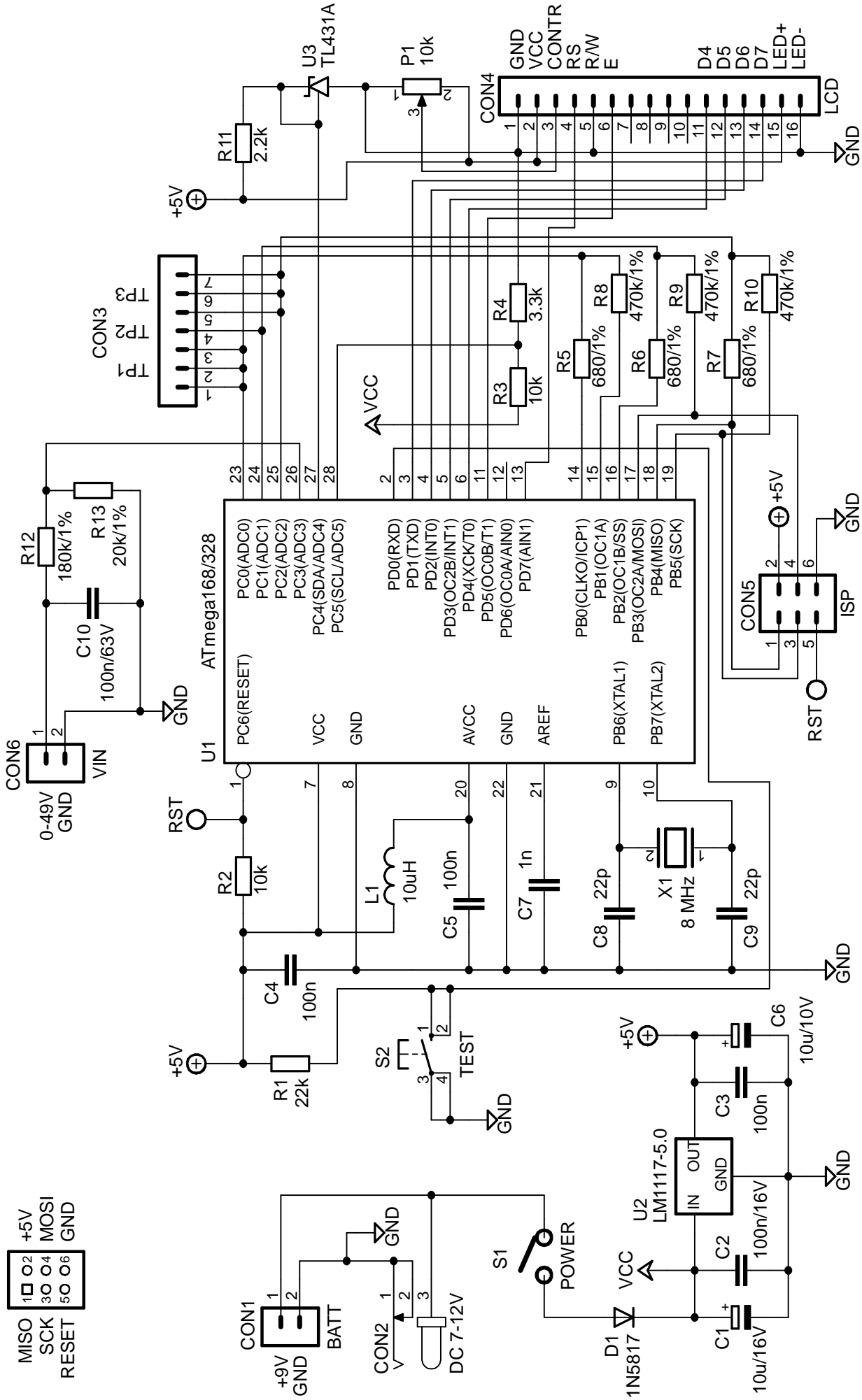
S1 - 2 pozycje, 1 sekcja (ON/OFF)
S2 - mikroprzełącznik

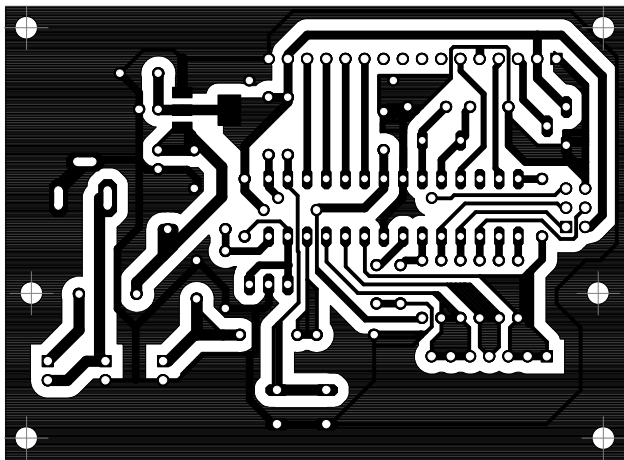
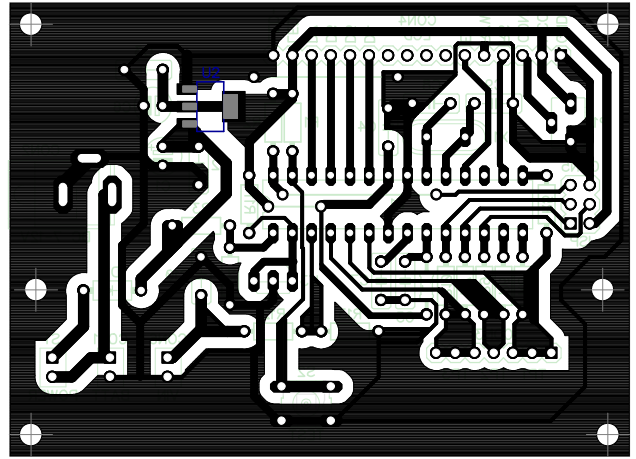
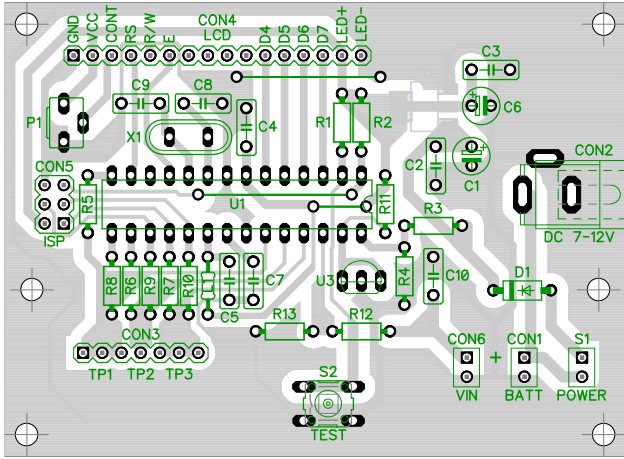
ZŁĄCZA:

CON1, CON6, S1 - goldpin 2x1 (męskie)
CON2 - gniazdo zasilania DC-Jack
CON3 - precyzyjne SIP7 (żeńskie)
CON4 - goldpin 16x1 (żeńskie),
wysokość 8-9 mm nad PCB.
CON5 - goldpin 3x2 (męskie)

INNE:

U1 - podstawka DIP28 zwykła (wąska)
CON4 - wyświetlacz LCD 2x16 znaków z przylutowaną
listwą kołkową goldpin 16x1, o wysokości
9 mm nad PCB.
2x tuleja dystansowa z gwintem wewnętrznym M2-M3,
wysokość 11-12 mm nad PCB.
4x śruba M2-M3, długość gwintu 4-6 mm





Obsługa testera elementów elektronicznych

Wstęp

1. Kalibracja testera

1.1 ATmega168 i ATmega328

1.2 ATmega328

2. Testowanie elementów

2.1 Rezystory i potencjometry

2.2 Kondensatory

2.3 Cewki

2.4 Diody

2.5 Tranzystory

2.6 Tyristory i triaki

3. Pomiar zewnętrznego napięcia

3.1 ATmega168 i ATmega328

3.2 ATmega328

4. Pomiar zewnętrznej częstotliwości

(tylko ATmega328 po modyfikacji testera)

5. Generator częstotliwości (tylko ATmega328)

6. Generator szerokości impulsu PWM

(tylko ATmega328)

7. Pomiar pojemności i ESR kondensatorów

(tylko ATmega328)

8. Pomiar rezystorów/cewek (tylko ATmega328)

9. Pomiar kondensatorów (tylko ATmega328)

10. Korekcja pomiaru dużych pojemności

(tylko ATmega328)

11. Enkoder obrotowy (tylko ATmega328)

12. Wyświetlanie danych kalibracyjnych

(tylko ATmega328)

13. Rysunki

14. Rysunki z testów elementów

Wstęp

Poniższy opis powstał na podstawie praktycznych doświadczeń i obserwacji, podczas użytkowania modelowego testera elementów elektronicznych, wyposażonego zarówno w mikrokontroler ATmega168, jak i ATmega328. Jest on szczegółowym uzupełnieniem oryginalnej dokumentacji w języku angielskim, która jest dołączona do archiwum z projektem. Wszystkie rysunki z zawartością wyświetlacza LCD zostały wygenerowane programowo, ale pokazują one rzeczywiste treści i wyniki pomiarów wyświetlane przez modelowy tester.

Tuż po włączeniu testera i przed każdym testem elementu inicjowanym przyciskiem S2 (TEST), w pierwszej linii wyświetlacza pojawia się napis z aktualną wartością napięcia zasilania DC (baterii). Jeśli napięcie DC >7.0V, to napis ten będzie podobny do **"Bat. 9.0V OK"** (rys. 1), informując o prawidłowym napięciu zasilania. Jeśli napięcie DC=6.3-7.0V, to napis ten będzie podobny do **"Bat. 7.0V weak"** (rys. 2), informując o niskim napięciu zasilania, ale umożliwiającym poprawne działanie testera. Jeśli tester jest zasilany z baterii 9V, to należy ją jak najszybciej wymienić na nową. Jeśli napięcie DC<6.3V, to napis ten będzie podobny do **"Bat. 6.2V empty!"** (rys. 3), informując o nieprawidłowym napięciu zasilania. Jeśli tester jest zasilany z baterii 9V, to należy ją natychmiast wymienić na nową.

Ponieważ użyty stabilizator U2 jest typu LDO (Low Drop-Out), tester może poprawnie pracować przy minimalnym napięciu zasilania DC=6.3V. Jednak bateria 9V o takim napięciu wyjściowym nie nadaje się do dalszej eksploatacji, gdyż jest zbyt rozładowana i nie zapewnia odpowiedniej wydajności prądowej.

W drugiej linii wyświetlacza pojawia się napis podobny do **"VCC=5.00V"** (rys. 1), z aktualną wartością napięcia wyjściowego ze stabilizatora +5V. Po chwili napis ten zmieni się na **"Testing..."** (rys. 4), a następnie jeśli punkty testowe TP1-TP3 były puste, na wyświetlaczu pojawi się napis **"No, unknown, or damaged part"** (rys. 5). Taki napis pojawi się również, jeśli testowany element nie zostanie rozpoznany lub jest uszkodzony.

Podczas testowania niektórych elementów mogą być mierzone dodatkowe parametry, które nie mieszczą się na wyświetlaczu LCD. Wtedy na ostatniej pozycji w drugiej linii wyświetlacza pojawia się znak **"+"** plus, sygnalizujący obecność takich wartości. Po upływie 8s zostaną one automatycznie pokazane w drugiej linii wyświetlacza. Można też wyświetlić je szybciej, naciskając przycisk S2.

W przypadku użycia mikrokontrolera **ATmega328** program sterujący testera, pozwala na włączenie specjalnego menu z dodatkowymi funkcjami. Aby włączyć to menu, należy dłużej przytrzymać wciśnięty przycisk S2, gdy na wyświetlaczu widnieje napis **"No, unknown, or damaged part"** (rys. 5). Po tym pojawi się nowy napis **"Selection: Transistor"** (rys. 24), który jest pierwszą pozycją menu. Pozostałe pozycje menu są następujące: **"Frequency"** (rys. 25), **"f-Generator"** (rys. 26), **"10-bit PWM"** (rys. 27), **"C+ESR@TP1:3"** (rys. 28), **"1-[]-ww-3"** (rys. 29), **"1-[]-3"** (rys. 30), **"C(uF)-correction"** (rys. 31), **"Rotary encoder"** (rys. 32), **"Selftest"** (rys. 33), **"Voltage"** (rys. 34) oraz **"Show data"** (rys. 35).

Krótkie naciśnięcia przycisku S2 powodują wyświetlanie kolejnych pozycji menu w drugiej linii wyświetlacza. Po wyświetleniu ostatniej pozycji, pojawia się pierwsza i tak w kółko. Aby włączyć funkcję, której odpowiada aktualnie wyświetlona pozycja menu, należy dłużej przytrzymać wciśnięty przycisk S2. Aby wyjść z menu i wykonać test elementu, trzeba wybrać i włączyć pozycję **"Transistor"** (rys. 24).

1. Kalibracja testera

W przypadku mikrokontrolera ATmega168 kalibrację można wykonać tylko jednym sposobem, opisanym w [punkcie 1.1](#). Natomiast w przypadku ATmega328 można to zrobić również z poziomu menu, co zostało opisane w [punkcie 1.2](#). Nieskalibrowany tester można rozpoznać po pojawiającym się na wyświetlaczu znaku "_" kursora (rys. 5a).

W przypadku **ATmega168** napis przypominający o wykonaniu pierwszej kalibracji nie zostanie wyświetlony. W przypadku **ATmega328** po chwili oczekiwania na wyświetlaczu pojawi się napis **"Not calibrated!"** (rys. 16).

Podczas kalibracji nie wolno dotykać punktów testowych TP1-TP3, ani podłączonych do nich przewodów pomiarowych.

1.1 ATmega168 i ATmega328

Trzeba zewrzeć wszystkie trzy punkty testowe TP1-TP3 i nacisnąć przycisk S2. Gdy pojawi się napis **"Selftest mode... ?"** (rys. 6), należy w ciągu 2s nacisnąć przycisk S2. Po tym zostaną zmierzone i wyświetlone rezystancje połączeń między punktami testowymi TP1/TP3, TP2/TP3 i TP1/TP2 (muszą być mniejsze niż 0.9 oma). W drugiej linii wyświetlacza pojawi się napis podobny do **"R0=.34 .34 .34Ω"** (rys. 7), a następnie **"Isolate probes!"** (rys. 8). Wtedy trzeba w ciągu 60s rozłączyć wszystkie punkty testowe, a po chwili pojawią się zmierzone wartości wewnętrznej rezystancji wyjść portów mikrokontrolera, np. **"Ri_Hi=22.7Ω Ri_Lo=20.8Ω"** (rys. 9). Rezystancja ta jest również mierzona bezpośrednio przed każdym testem elementu (bez wyświetlania wyników). Następnie zostaną zmierzone i wyświetlone pojemności montażowe, występujące między punktami testowymi TP1/TP3, TP2/TP3 i TP1/TP2 (muszą być mniejsze niż 190pF). Na wyświetlaczu pojawi się napis podobny do **"C0=34 34 35pF OK"** (rys. 10).

W przypadku **ATmega328** tak naprawdę jest mierzonych sześć wartości pojemności montażowych - trzy podczas ładowania (0-5V) i trzy podczas rozładowywania (5-0V). Można to sprawdzić po zakończeniu kalibracji testera, wyświetlając dane kalibracyjne (patrz [punkt 12](#)).

W przypadku **ATmega328** zostaną również zmierzone i wyświetlone pojemności montażowe, uwzględniane przy dokładnych pomiarach małych pojemności (<100pF) i indukcyjności (<100uH) metodą "SamplingADC". Będą to kolejno napisy podobne do: **"C0samp 1:2 37.54 37.72pF"**, **"C0samp 1:3 37.31 37.42pF"**, **"C0samp 2:1 37.35 37.48pF"**, **"C0samp 2:3 37.05 37.15pF"**, **"C0samp 3:1 37.51 37.61pF"**, **"C0samp 3:2 37.48 37.56pF"** (rys. 17-22). Ostatni napis wyświetla się bardzo szybko i może nie być widoczny.

Po pojawieniu się w pierwszej linii wyświetlacza napisu **"1-||-3 >100nF"** (rys. 11), należy w ciągu 15s podłączyć do punktów testowych TP1/TP3 kondensator, o pojemności od 100nF do 20uF. Musi to być dobrej jakości kondensator foliowy (MKT) lub tantalowy (absolutnie nie elektrolityczny). Jego pojemność zostanie zmierzona i pokazana w drugiej linii wyświetlacza. Następnie zostaną zmierzone i wyświetlone wartości, korygujące pracę wewnętrznego komparatora analogowego mikrokontrolera. Na wyświetlaczu pojawi się napis podobny do **"REF_C=3 REF_R=-12"** (rys. 12). Dopiero po jego wyświetleniu kondensator można odłączyć od punktów testowych TP1/TP3.

W przypadku **ATmega328** w pierwszej linii wyświetlacza pojawi się napis **"1-||-3 10-30nF(L)"** (rys. 23). Wtedy, należy w ciągu 40s podłączyć do punktów testowych TP1/TP3 kondensator, o pojemności od 10nF do 30nF. Musi to być dobrej jakości kondensator foliowy (MKT). Jego pojemność zostanie zmierzona i pokazana w drugiej linii wyświetlacza. Ten kondensator będzie później używany do pomiarów małych indukcyjności (<100uH) metodą "SamplingADC". Pomiar małych indukcyjności polega na równoległym połączeniu tego kondensatora z mierzoną cewką (patrz [punkt 2.3](#)).

1.2 ATmega328

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję **"Selftest"** (rys. 33), co spowoduje rozpoczęcie kalibracji. Gdy pojawi się napis **"Short probes!"** (rys. 36), trzeba w ciągu 30s zewrzeć wszystkie trzy punkty testowe TP1-TP3. Po tym zostaną zmierzone i wyświetlone rezystancje połączeń między punktami testowymi TP1/TP3, TP2/TP3 i TP1/TP2 (muszą być mniejsze niż 0.9 oma). W drugiej linii wyświetlacza pojawi się napis podobny do **"R0=.34 .34 .34Ω"** (rys. 37), a następnie **"Isolate probes!"** (rys. 8). Pozostałe czynności są takie same, jak te opisane w [punkcie 1.1](#). Różnica polega na tym, że po zakończeniu kalibracji i wyświetleniu napisu **"Version 1.12k(R) Test End"** (rys. 13), następuje automatyczny powrót do menu.

Po zakończeniu kalibracji zostanie wyświetlony napis **"Version 1.12k(R) Test End"** (rys. 13), zawierający przy okazji wersję oprogramowania sterującego. Wersję można też sprawdzić szybciej, zwierając wszystkie trzy punkty testowe TP1-TP3 i naciskając przycisk S2. Gdy pojawi się napis **"Selftest mode... ?"** (rys. 6) nie naciskamy przycisku S2, a po 2s pojawi się napis **"Version 1.12k(R) Testing..."** (rys. 14) i rozpocznie się pomiar rezystancji między punktami testowymi TP1/TP2 oraz TP2/TP3.

Jeśli skalibrowany tester zmierzy rezystancję poniżej -0.2 oma lub pojemność poniżej -20pF, względem ustalonego podczas kalibracji poziomu zera dla tych wielkości, to automatycznie zresetuje się on i będzie wymagał ponownej kalibracji. Można to rozpoznać po pojawiającym się na wyświetlaczu znaku **"_"** kursora (rys. 5a).

2. Testowanie elementów

2.1 Rezystory i potencjometry

Jednocześnie można testować do dwóch rezystorów lub jeden potencjometr (monofoniczny). Maksymalna wartość mierzonej rezystancji wynosi 50M. Maksymalna rozdzielczość pomiaru wynosi 0.01 oma dla rezystancji poniżej 10 omów (rys. 39).

W przypadku **ATmega328** i przy podłączeniu jednego rezystora do punktów testowych TP1/TP3, tester przechodzi do specjalnego trybu pomiaru rezystorów/cewek. Jest to sygnalizowane przez pojawienie się napisu **"[RL]"** na końcu pierwszej linii wyświetlacza (rys. 39a). W tym trybie są wykonywane ciągłe pomiary rezystancji/indukcyjności między punktami testowymi TP1/TP3. Jeśli żaden rezystor/cewka nie jest do nich podłączona, to w drugiej linii wyświetlacza pojawia się **"?"** pytajnik (rys. 29a). Aby wyjść z tego trybu, należy nacisnąć (czasem dłużej) przycisk S2.

2.2 Kondensatory

Przed testowaniem kondensatorów, należy je dokładnie rozładować (w przeciwnym razie można uszkodzić tester). Podczas badania kondensatorów tantalowych, zmiana sposobu podłączenia ich wyprowadzeń do punktów testowych (polaryzacja) ma wpływ na wynik pomiaru. Trzeba też pamiętać, że pojemność kondensatorów elektrolitycznych mocno zależy od ich temperatury i napięcia pracy. Jednocześnie można testować jeden kondensator, o pojemności od 25pF do 100mF z maksymalną rozdzielczością 1pF.

W przypadku **ATmega328** pojemność poniżej 100pF jest mierzona z rozdzielczością 0.01pF.

Dla kondensatorów o pojemności powyżej 5nF jest mierzone ich napięcie strat "Vloss", wyświetlane tylko jeśli jego wartość >0% (rys. 53). Dla kondensatorów o pojemności powyżej 20nF dodatkowo jest mierzona ich rezystancja szeregową ESR (Equivalent Serial Resistance) (rys. 52).

W przypadku **ATmega328** i przy podłączeniu jednego kondensatora do punktów testowych TP1/TP3, tester przechodzi do specjalnego trybu pomiaru kondensatorów. Jest to sygnalizowane przez pojawienie się napisu **"[C]"** na końcu pierwszej linii wyświetlacza (rys. 48a). W tym trybie są wykonywane ciągłe pomiary pojemności między punktami testowymi TP1/TP3. Jeśli żaden kondensator nie jest do nich podłączony, to w drugiej linii wyświetlacza pojawia się bardzo mała wartość pojemności montażowej (rys. 30a). Aby wyjść z tego trybu, należy nacisnąć (czasem dłużej) przycisk S2.

2.3 Cewki

Jednocześnie można testować jedną cewkę (rezystancja poniżej 2.1k), o indukcyjności od 10uH do 20H z maksymalną rozdzielczością 10uH.

W przypadku **ATmega328** oprócz rezystancji i indukcyjności cewki (rys. 56a), są mierzone dodatkowe parametry: częstotliwość rezonansowa oraz dobroć cewki (rys. 56b).

W przypadku **ATmega328** pomiar indukcyjności poniżej 100uH jest możliwy w specjalnym trybie, który uruchamia się automatycznie gdy razem z testowaną cewką, zostanie połączony równolegle kondensator 10-30nF (użyty podczas kalibracji). Cewka połączona równolegle z kondensatorem tworzy obwód rezonansowy LC, generujący określoną częstotliwość. Na podstawie jej wartości oraz pojemności kondensatora jest obliczana dość dokładnie indukcyjność badanej cewki. Wtedy w pierwszej linii wyświetlacza pojawia się zmierzona rezystancja cewki, w drugiej linii indukcyjność (wyrażona w uH), następnie napis "if", pojemność kondensatora (wyrażona w nF) oraz znak "+" plus, sygnalizujący obecność dodatkowych wartości, które nie zmieściły się na wyświetlaczu (rys. 56c). Po ich pokazaniu w drugiej linii wyświetlacza, pojawia się zmierzona częstotliwość rezonansowa obwodu LC oraz dobroć cewki (rys. 56d).

W przypadku **ATmega328** i przy podłączeniu jednej cewki do punktów testowych TP1/TP3, tester przechodzi do specjalnego trybu pomiaru rezystorów/cewek. Jest to sygnalizowane przez pojawienie się napisu "[RL]" na końcu pierwszej linii wyświetlacza (rys. 56a). W tym trybie są wykonywane ciągłe pomiary rezystancji/indukcyjności między punktami testowymi TP1/TP3. Jeśli żaden rezystor/cewka nie jest do nich podłączona, to w drugiej linii wyświetlacza pojawia się "?" pytajnik (rys. 29a). Aby wyjść z tego trybu, należy nacisnąć (czasem dłużej) przycisk S2.

2.4 Diody

Jednocześnie można testować do dwóch diod. Wszystkie typy diod mogą być sprawdzane: zwykłe/prostownicze, Shottky, germanowe, Zenera (napięcie do 4.5V), świecące LED (w tym dwukolorowe), podczerwone (IR - Infra-Red), ultrafioletowe (UV - Ultra-Violet). Ponadto można badać diody w mostkach prostowniczych, złącza baza-kolektor i baza-emiter w tranzystorach bipolarnych (NPN/PNP) oraz diody zabezpieczające w tranzystorach bipolarnych i MOSFET. Dla pojedynczych diod są mierzone następujące parametry: spadek napięcia (U_f), pojemność w kierunku zaporowym (C) oraz prąd wsteczny (I_r), wyświetlany tylko jeśli jego wartość $>0nA$. Typ diody można rozpoznać po wartości napięcia U_f , które zwykle jest inne dla danego typu (wartości przybliżone): 300mV - Shottky, 500mV - germanowe, 700mV - zwykłe/prostownicze, <1.7 - podczerwone IR, 1.7-2.8V - świecące LED, $>2.8V$ - ultrafioletowe UV.

W przypadku **ATmega168** pojemność diod Shottky i germanowych nie będzie zmierzona, ze względu na ich znaczny prąd wsteczny. Wtedy zostanie wyświetlony napis "C=0fF" (rys. 64).

W przypadku **ATmega328** pojemność diod jest mierzona metodą "SamplingADC" i pokazywana w dodatkowej, drugiej linii wyświetlacza jako dwie wartości oddzielone znakiem "-" minus (rys. 62b). Pierwsza wartość pojemności jest mierzona podczas zmiany napięcia z 0V do 5V (ładowanie), a druga podczas zmiany napięcia z 5V do 0V (rozładowywanie). Niekiedy mogą pojawiać się ujemne wartości pojemności (rys. 65b), dotyczy to zwłaszcza diod Shottky i germanowych.

Po wykryciu dwóch testowanych diod w lewym-górnym rogu wyświetlacza pokaże się napis "2*" z symbolem diody, a w drugiej linii pojawią się zmierzone wartości napięcia U_f obydwu diod (rys. 67). Pierwsza wartość dotyczy diody, której symbol znajduje się po lewej stronie, a druga wartość dotyczy diody z symbolem po prawej stronie. Prąd wsteczny (I_r) nie będzie w ogóle mierzony.

W przypadku **ATmega168** pojemność nie będzie w ogóle mierzona.

W przypadku **ATmega328** pojemność nie będzie mierzona tylko dla diod Zenera oraz dwóch diod połączonych równolegle w przeciwnych kierunkach (anody z katodami).

Dwukolorowa dioda LED z trzema wyprowadzeniami zostanie wykryta, jako dwie diody połączone ze sobą anodami lub katodami (rys. 67). Dwie diody połączone równolegle w przeciwnych kierunkach (anody z katodami), też zostaną wykryte jako dwie diody. Można je rozpoznać po tym, że dwa skrajne numery punktów testowych pokazane obok symboli diod, są jednakowe (rys. 70). W identyczny sposób zostanie wykryta pojedyncza dioda Zenera o napięciu do 4.5V. Można ją rozpoznać po tym, że jedna wartość napięcia U_f jest znacznie wyższa (rys. 71).

Aby ustalić położenie anody w diodzie Zenera, należy wziąć pod uwagę tylko pierwszy symbol diody (po lewej stronie) oraz umieszczone obok niego numery punktów testowych. Pierwszemu numerowi (po lewej stronie symbolu diody) odpowiada pierwsza wartość napięcia U_f , a drugiemu numerowi odpowiada druga wartość tego napięcia. Anoda diody Zenera znajduje się w punkcie testowym o numerze, któremu odpowiada napięcie U_f o wartości ok. 700mV. Druga wartość napięcia U_f zależy od nominalnego napięcia badanej diody Zenera, ale zawsze jest znacznie wyższa.

Po wykryciu trzech testowanych diod w lewym-górnym rogu wyświetlacza pokaże się napis "3*" z symbolem diody, a w drugiej linii pojawią się zmierzone wartości napięcia U_f tylko dwóch diod (rys. 74). Pierwsza wartość dotyczy diody, której symbol znajduje się po lewej stronie, a druga wartość dotyczy diody z symbolem po prawej stronie. Prąd wsteczny (I_r) i pojemność (C) nie będą w ogóle mierzone. Dwie diody połączone szeregowo w tym samym kierunku (anoda pierwszej z katodą drugiej) zostaną wykryte, jako trzy diody (rys. 74). W tym wypadku pierwsza dioda znajduje się między punktami testowymi TP1/TP2, druga między TP2/TP3, a trzecia (bez wyświetlonego symbolu) została wykryta między punktami TP1/TP3.

Po wykryciu czterech lub więcej diod, zostanie wyświetlony napis "**part unknown or damaged**" z liczbą wykrytych diod, umieszczoną przed symbolem diody (rys. 38). Jedna dioda połączona szeregowo z dwiema diodami połączonymi równolegle w przeciwnych kierunkach (anody z katodami), zostanie wykryta jako cztery diody. Identyczny rezultat daje połączenie szeregowe zwykłej diody z diodą Zenera. Dwie diody Zenera połączone szeregowo w tym samym kierunku (anoda pierwszej z katodą drugiej), zostaną wykryte jako pięć diod. Te same diody połączone szeregowo, ale w przeciwnych kierunkach (anodami lub katodami), zostaną wykryte jako sześć diod.

2.5 Tranzystory

Jednocześnie można testować jeden tranzystor. Wszystkie typy tranzystorów mogą być sprawdzane: bipolarne NPN/PNP, MOSFET/JFET/IGBT (kanał N/P) o napięciu bramki do 5V, germanowe, Darlingtona. Należy pamiętać, że tranzystory z wbudowanymi rezystorami mogą nie być w ogóle wykryte, a wartości ich parametrów nie zostaną prawidłowo zmierzone.

Dla tranzystorów bipolarnych są mierzone następujące parametry: wzmocnienie prądowe (B), prąd kolektora lub emitera (I_c/I_e) oraz napięcie baza-emiter (U_{be}) (rys. 75/75a). Ponadto są również mierzone: prąd odcięcia kolektora (I_{CE0}) przy zerowym prądzie bazy oraz szczytkowy prąd kolektora (I_{CEs}) przy bazie utrzymanej na poziomie emitera. Prądy te są wyświetlane tylko, jeśli ich wartość $>1\mu A$. Tranzystory Darlingtona można rozpoznać po wyższym wzmocnieniu prądowym (ponad 1k) i napięciu U_{be} (ponad 1V) (rys. 77/77a).

Dla tranzystorów MOSFET są mierzone: pojemność (C), napięcie (V_t) i rezystancja załączenia (R_{DS}) ich bramki (rys. 79/79a). Tranzystory MOSFET ze wzbogaconym kanałem N/P są oznaczane napisem "**E-MOS**", a z kanałem zubożonym "**D-MOS**". Ponadto dla tranzystorów bipolarnych i MOSFET jest wykrywana wbudowana w nie dioda zabezpieczająca, a także mierzone jest jej napięcie U_f (rys. 78/78a/78b).

Dla tranzystorów JFET są mierzone: prąd źródła (I) oraz napięcie bramki (V_g) (rys. 81). Tranzystory JFET są tak bardzo symetryczne, że tester nie zawsze ustali właściwe położenie ich wyprowadzeń D (Drain) i S (Source). Po jednym teście może to być "**123=DGS**", a po kolejnym już "**123=SGD**".

W przypadku **ATmega168** tranzystory UJT (Uni-Junction Transistor) są rozpoznawane jako dwie diody, a tranzystory PUT (Programmable Uni-junction Transistor) jako tranzystory bipolarne.

W przypadku **ATmega328** dla rozpoznawanych prawidłowo tranzystorów UJT i PUT, są wykonywane dodatkowe testy przy użyciu metody "SamplingADC".

2.6 Tyrystory i triaki

Jednocześnie można testować jeden tyrystor/triak. Tylko tyrystory/triaki małej mocy (o dużej czułości) zostaną prawidłowo wykryte i zbadane, ze względu na niską wartość prądu testowego (ok. 6mA). Dla tyrystorów/triaków jest mierzone ich napięcie przewodzenia (U_f) (rys. 82).

Należy pamiętać, że pozostałe tyrystory/triaki mogą nie być w ogóle wykryte albo mogą być rozpoznane, jako tranzystor NPN lub dioda. Co ciekawe, tyrystor BTP128-550 jest wykrywany jako dwie, połączone szeregowo diody ze wspólną katodą wraz z rezystorem między ich anodami. Litera "**R**" na ostatniej pozycji w pierwszej linii wyświetlacza, sygnalizuje obecność wartości jego rezystancji, która nie zmieściła się na pierwszym ekranie (rys. 83). Po upływie 28s zostanie ona automatycznie wyświetlona na drugim ekranie (rys. 83a). Można też wyświetlić ją szybciej, naciskając przycisk S2. W przypadku ATmega328 litera "**R**" jest zastąpiona jednozna-

kowym symbolem rezystora (rys. 83b), następnie w drugiej linii wyświetlacza jest pokazywana zmierzona pojemność diody (rys. 83c), a na końcu ekran z wartością rezystancji (rys. 83d). Nie posiadam żadnego wystarczająco czułego triaka do przetestowania, ale po jego wykryciu na wyświetlaczu pojawi się napis "**Triac**" zamiast "**Thyrist**". Reszta informacji na ekranie jest identyczna, jak w przypadku tyrystora.

3. Pomiar zewnętrznego napięcia

W przypadku mikrokontrolera ATmega168 tryb pomiaru zewnętrznego napięcia można włączyć tylko jednym sposobem, opisanym w [punkcie 3.1](#). Natomiast w przypadku ATmega328 można to zrobić również z poziomu menu, co zostało opisane w [punkcie 3.2](#). Przy pomiarach dodatniego napięcia stałego o wartości 0-49V podawanego na złącze CON6 (VIN), należy pamiętać o prawidłowym podłączeniu jego polaryzacji (pomyłka spowoduje uszkodzenie mikrokontrolera).

3.1 ATmega168 i ATmega328

Włączenie trybu pomiaru zewnętrznego napięcia, następuje przez wciśnięcie i trzymanie przycisku S2 w czasie, gdy na wyświetlaczu są pokazywane wartości napięcia zasilania DC (baterii) i napięcia wyjściowego ze stabilizatora +5V, np. "**Bat. 9.0V OK VCC=5.00V**" (rys. 1).

Po tym w drugiej linii wyświetlacza pojawi się napis podobny do "**Vext=0mV**" (rys. 15) z aktualną wartością mierzonego napięcia. Puszczanie przycisku S2 spowoduje wyjście z trybu pomiaru napięcia i rozpoczęcie testu elementu.

3.2 ATmega328

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję "**Voltage**" (rys. 34), co spowoduje rozpoczęcie ciągłego pomiaru napięcia. Na wyświetlaczu pojawi się napis "**Voltage Vext=0mV**" (rys. 34a) z aktualną wartością mierzonego napięcia. Aby wyjść z trybu pomiaru napięcia i powrócić do menu, trzeba przez 7s trzymać wciśnięty przycisk S2.

4. Pomiar zewnętrznej częstotliwości (tylko ATmega328 po modyfikacji testera)

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję "**Frequency**" (rys. 25), co spowoduje rozpoczęcie ciągłego pomiaru częstotliwości o wartości do ok. 3.75 MHz, podawanej na pin PD4 (6) mikrokontrolera. Na wyświetlaczu pojawi się napis "**f=0Hz**" (rys. 25a) z aktualną wartością mierzonej częstotliwości. Maksymalna rozdzielczość pomiaru wynosi 0.001 mHz dla częstotliwości poniżej 10 Hz. Dodatkowo dla częstotliwości poniżej 25 kHz, po wykonaniu zwykłego pomiaru jest również mierzona szerokość impulsu (T) (minimum 10us), na podstawie której jest obliczana nowa wartość częstotliwości, wyświetlana na kolejnym ekranie (rys. 25b). Aby wyjść z trybu pomiaru częstotliwości i powrócić do menu, należy nacisnąć przycisk S2.

Ponieważ pin PD4 mikrokontrolera jest używany również do sterowania wyświetlaczem LCD, aby mierzyć częstotliwość trzeba dodać do testera obwód zbudowany z kilku elementów biernych. Jest to szczegółowo opisane w dołączonej do archiwum, oryginalnej dokumentacji testera w języku angielskim (strona 13). Moja wersja testera nie jest przystosowana do pomiaru częstotliwości bez wykonania tej modyfikacji. Najprostszym sposobem jest podłączenie badanego sygnału przez rezystor 470 omów połączony szeregowo z kondensatorem 100nF, do pinu PD4 mikrokontrolera albo do pinu D4 (11) złącza CON4 (LCD), np. bezpośrednio do płytki wyświetlacza LCD.

5. Generator częstotliwości (tylko ATmega328)

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję "**f-Generator**" (rys. 26), co spowoduje rozpoczęcie generowania sygnału o wybranej częstotliwości z zakresu 1Hz-2MHz i ze stałym wypełnieniem 50%. Na wyświetlaczu pojawi się napis "**f-Generator >1Hz+.00Hz**" (rys. 26a) z aktualnie ustawioną wartością częstotliwości. Krótkie

naciśnięcia przycisku S2 powodują zwiększanie najbardziej znaczącej cyfry tej wartości, a dłuższe naciśnięcia powodują dodanie do niej kolejnej cyfry.

Mimo możliwości ustawienia dowolnej wartości częstotliwości wyjściowej, tester nie jest w stanie wygenerować każdej z nich. Dlatego za wartością ustawionej częstotliwości po znaku "+" / "-" plus/minus pokazuje się wartość częstotliwości, która jest dodawana/odejmowana do/od aktualnie ustawionej. Na przykład ustawienie częstotliwości wyjściowej na 45.555kHz, spowoduje odjęcie od niej 100Hz i w rezultacie wygenerowanie częstotliwości 45.455kHz (rys. 26b). Wszystkie wartości częstotliwości powyżej 2MHz również będą odejmowane. Ustawienie częstotliwości wyjściowej na 195.5kHz, spowoduje dodanie do niej 4.5kHz i w rezultacie wygenerowanie częstotliwości 200kHz (rys. 26c).

Sygnal wyjściowy jest dostępny na pinie PB2 (16) mikrokontrolera i trafia przez rezystor 680 omów do punktu testowego TP2. Masa dla tego sygnału jest podłączona przez rezystor 680 omów do punktów testowych TP1 i TP3. Aby wyjść z trybu generatora częstotliwości i powrócić do menu, należy dłużej przytrzymać wciśnięty przycisk S2.

6. Generator szerokości impulsu PWM (tylko ATmega328)

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję **"10-bit PWM"** (rys. 27), co spowoduje rozpoczęcie generowania sygnału o wybranym wypełnieniu z zakresu 0-99% i ze stałą częstotliwością 7812.5Hz (częstotliwość rezonatora kwarcowego X1 podzielona przez 1024). Na wyświetlaczu pojawi się napis **"10-bit PWM 50.0%"** (rys. 27a) z aktualnie ustawioną wartością wypełnienia. Krótkie naciśnięcia przycisku S2 powodują zwiększanie tej wartości o 1%, a dłuższe naciśnięcia o 10%. Ustawiana wartość wypełnienia sygnału dotyczy szerokości dodatniego impulsu. Ustawienie wartości wypełnienia na 0% (rys. 27b) powoduje generowanie krótkich, dodatnich impulsów o szerokości 125ns (wypełnienie 0.1%). Aby wyjść z trybu generatora PWM i powrócić do menu, należy dłużej przytrzymać wciśnięty przycisk S2.

7. Pomiar pojemności i ESR kondensatorów (tylko ATmega328)

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję **"C+ESR@TP1:3"** (rys. 28), co spowoduje rozpoczęcie ciągłych pomiarów pojemności i rezystancji szeregowej ESR między punktami testowymi TP1/TP3. Jeśli żaden kondensator nie jest do nich podłączony, to na wyświetlaczu pojawia się napis **"C+ESR@TP1:3"** (rys. 28a). Jednocześnie można testować jeden kondensator, o pojemności od ok. 900nF do 50mF. Po podłączeniu odpowiedniego kondensatora na wyświetlaczu pojawią się zmierzone wartości jego pojemności i rezystancji szeregowej ESR (rys. 28b). Aby wyjść z trybu pomiaru pojemności/ESR kondensatorów i powrócić do menu, należy nacisnąć (czasem dłużej) przycisk S2.

Ponieważ napięcie testowe wynosi tylko ok. 300mV w większości przypadków kondensatory mogą być badane w obwodzie (bez ich wylutowywania). Oczywiście wcześniej należy odłączyć napięcie zasilania od tego obwodu i poczekać na rozładowanie się wszystkich, umieszczonych w nim kondensatorów.

Dodatkowe informacje na temat testowania kondensatorów, znajdują się w [punkcie 2.2](#).

8. Pomiar rezystorów/cewek (tylko ATmega328)

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję **"1-[]-ww-3"** (rys. 29), co spowoduje rozpoczęcie ciągłych pomiarów rezystancji/indukcyjności między punktami testowymi TP1/TP3. Jeśli żaden rezystor/cewka nie jest do nich podłączona, to w drugiej linii wyświetlacza pojawia się **"?"** pytajnik (rys. 29a). Aby wyjść z trybu pomiaru rezystorów/cewek i powrócić do menu, należy nacisnąć (czasem dłużej) przycisk S2.

Dodatkowe informacje na temat testowania rezystorów/cewek, znajdują się w punktach [2.1/2.3](#).

9. Pomiar kondensatorów (tylko ATmega328)

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję **"1-||-3"** (rys. 30), co spowoduje rozpoczęcie ciągłych pomiarów pojemności między punktami testowymi TP1/TP3. Jeśli żaden kondensator nie jest do nich podłączony,

to w drugiej linii wyświetlacza pojawia się bardzo mała wartość pojemności montażowej (rys. 30a). Aby wyjść z trybu pomiaru kondensatorów i powrócić do menu, należy nacisnąć (czasem dłużej) przycisk S2. Dodatkowe informacje na temat testowania kondensatorów, znajdują się w [punkcie 2.2](#).

10. Korekcja pomiaru dużych pojemności (tylko ATmega328)

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję "**C(uF)-correction**" (rys. 31), co spowoduje wyświetlenie aktualnie ustawionej wartości korygującej pomiar dużych pojemności (rys. 31a). Krótkie naciśnięcia przycisku S2 powodują zmniejszanie, a dłuższe naciśnięcia zwiększanie tej wartości o 0.1%. Wartość korygującą można ustawiać w zakresie od -2.0% do 8.0%. Wartości dodatnie powodują zmniejszanie, a wartości ujemne zwiększanie wyników pomiaru dużych pojemności. Do ustalenia konkretnej wartości korygującej, muszą być użyte kondensatory dobrej jakości (z parametrem Vloss do 0.1%) o pojemności powyżej 50uF.

Aby zapisać aktualnie ustawioną wartość korygującą i powrócić do menu, należy dłużej przytrzymać wciśnięty przycisk S2. Zapisana wartość korygująca wpływa na wyniki pomiaru kondensatorów o pojemności od ok. 900nF w trybie "**C+ESR@TP1:3**" (patrz [punkt 7](#)) oraz o pojemności powyżej 40uF w pozostałych trybach. Dodatkowe informacje na temat testowania kondensatorów, znajdują się w [punkcie 2.2](#).

11. Enkoder obrotowy (tylko ATmega328)

Ta funkcja służy do testowania enkoderów obrotowych. Przed jej włączeniem, należy podłączyć wszystkie trzy wyprowadzenia enkodera do punktów testowych TP1-TP3. Następnie w menu trzeba wybrać i włączyć pozycję "**Rotary encoder**" (rys. 32), co spowoduje wyświetlenie napisu "**Rotary encoder turn!**" (rys. 32a). Wtedy należy poruszyć (nie za szybko) pokrętkę enkodera.

Po udanym teście w drugiej linii wyświetlacza zostanie pokazane przez ok. 2s, rozmieszczenie przełączników badanego enkodera (rys. 32b). Tester wykrywa wspólne wyprowadzenie obu przełączników oraz to, czy w pozycji indeksowanej są one rozłączone (znak "o") lub załączone (znak "C"). W drugiej linii wyświetlacza są również pokazywane przez ok. 0.5s, przejściowe stany przełączników enkodera między pozycjami indeksowanymi (bez wyświetlania znaku "o" lub "C"). Aby wyjść z trybu testowania enkoderów obrotowych i powrócić do menu, należy nacisnąć przycisk S2.

12. Wyświetlanie danych kalibracyjnych (tylko ATmega328)

W menu trzeba wybrać i włączyć pozycję "**Show data**" (rys. 35), co spowoduje wyświetlenie kolejnych ekranów zawierających: wersję oprogramowania sterującego i wartości kalibracyjne zerowej rezystancji między punktami testowymi (rys. 35a), wartości kalibracyjne wewnętrznej rezystancji wyjść portów mikrokontrolera (rys. 9), wartości kalibracyjne zerowej pojemności między punktami testowymi (rys. 35b), wartości korygujące pracę wewnętrznego komparatora analogowego mikrokontrolera (rys. 12), wartości kalibracyjne zerowej pojemności między punktami testowymi, uwzględniane przy dokładnych pomiarach małych pojemności i indukcyjności metodą "SamplingADC" (rys. 17-22).

Kolejne ekrany są wyświetlane automatycznie co 15s. Można też wyświetlać je szybciej, naciskając przycisk S2. Po wyświetleniu wszystkich ekranów następuje powrót do menu.

13. Rysunki



Rysunek 1



Rysunek 2

```
Bat. 6.2V empty!  
UCC=5.00V
```

Rysunek 3

```
No, unknown, or  
damaged part
```

Rysunek 5

```
Selftest mode...  
?
```

Rysunek 6

```
Isolate probes!
```

Rysunek 8

```
C0=34 34 35pF  
OK
```

Rysunek 10

```
REF_C=3  
REF_R=-12
```

Rysunek 12

```
Version 1.12k(R)  
Testing...
```

Rysunek 14

```
Not calibrated!
```

Rysunek 16

```
C0samp 1:3  
37.31 37.42pF
```

Rysunek 18

```
C0samp 2:3  
37.05 37.15pF
```

Rysunek 20

```
Bat. 9.0V OK  
Testing...
```

Rysunek 4

```
No, unknown, or  
damaged part_
```

Rysunek 5a

```
Selftest mode...  
R0=.34 .34 .34Ω
```

Rysunek 7

```
Ri_Hi=22.7Ω  
Ri_Lo=20.8Ω
```

Rysunek 9

```
1-III-3 >100nF  
0nF
```

Rysunek 11

```
Version 1.12k(R)  
Test End
```

Rysunek 13

```
Bat. 9.0V OK  
Uext=0mV
```

Rysunek 15

```
C0samp 1:2  
37.54 37.72pF
```

Rysunek 17

```
C0samp 2:1  
37.35 37.48pF
```

Rysunek 19

```
C0samp 3:1  
37.51 37.61pF
```

Rysunek 21


```
C0smp 3:2  
37.48 37.56pF
```

Rysunek 22

```
1-III-3 10-30nF(L)  
52pF
```

Rysunek 23

```
Selection:  
Transistor
```

Rysunek 24

```
Selection:  
Frequency
```

Rysunek 25

```
f=0Hz
```

Rysunek 25a

```
f=24.99430kHz  
T=40.00913μs
```

Rysunek 25b

```
Selection:  
f-Generator
```

Rysunek 26

```
f-Generator  
>1Hz+.00Hz
```

Rysunek 26a

```
f-Generator  
>45.555kHz-.10kH
```

Rysunek 26b

```
f-Generator  
R195.500kHz+4.5k
```

Rysunek 26c

```
Selection:  
10-bit PWM
```

Rysunek 27

```
10-bit PWM  
50.0%
```

Rysunek 27a

```
10-bit PWM  
.0%
```

Rysunek 27b

```
Selection:  
C+ESR@TP1:3
```

Rysunek 28

```
C+ESR@TP1:3
```

Rysunek 28a

```
C=1.03μF  
ESR=.00Ω
```

Rysunek 28b

```
Selection:  
1-CD-WW-3
```

Rysunek 29

```
1-CD-WW-3 [RL]  
?
```

Rysunek 29a

```
Selection:  
1-III-3
```

Rysunek 30

```
1-III-3 [C]  
.04pF
```

Rysunek 30a

Rysunek 31

Rysunek 31a

Rysunek 32

Rysunek 32a

Rysunek 32b

Rysunek 33

Rysunek 34

Rysunek 34a

Rysunek 35

Rysunek 35a

Rysunek 35b

Rysunek 36

Rysunek 37

Rysunek 38

14. Rysunki z testów elementów

Poniżej znajdują się rysunki przedstawiające zawartość wyświetlacza LCD, podczas testowania poszczególnych elementów elektronicznych. Zawartość tych ekranów jest inna dla testera z mikrokontrolerem ATmega168 i ATmega328. W nawiasie podano wartości testowanych elementów, zmierzone multimetrem uniwersalnym UNIT M890G lub UT70B.

Testowany element	ATmega168	ATmega328
Rezystor 1/1% (1.0)	 Rysunek 39	 Rysunek 39a

Rezystor 10/5% (10.0)	1- \square -3 10.0 Ω Rysunek 40	1- \square -3 [RL] 10.0 Ω Rysunek 40a
Rezystor 100/5% (99.7)	1- \square -3 99.5 Ω Rysunek 41	1- \square -3 [RL] 99.5 Ω Rysunek 41a
Rezystor 1k/1% (1.000k)	1- \square -3 1002 Ω Rysunek 42	1- \square -3 [RL] 1002 Ω Rysunek 42a
Rezystor 10k/1% (9.99k)	1- \square -3 10.00k Ω Rysunek 43	1- \square -3 [RL] 10.001k Ω Rysunek 43a
Rezystor 100k/1% (100.0k)	1- \square -3 100.1k Ω Rysunek 44	1- \square -3 [RL] 100.1k Ω Rysunek 44a
Rezystor 1M/1% (1.001M)	1- \square -3 1012k Ω Rysunek 45	1- \square -3 [RL] 1009k Ω Rysunek 45a
Rezystor 10M/1% (9.99M)	1- \square -3 10.15M Ω Rysunek 46	1- \square -3 [RL] 10.05M Ω Rysunek 46a
Potencjometr 1k/10% helitrim (1.044k)	1- \square -2- \square -3 1021 Ω 32.9 Ω Rysunek 47	1- \square -2- \square -3 1019 Ω 32.9 Ω Rysunek 47a
Kondensator 33pF (32pF)	1-III-3 31pF Rysunek 48	1-III-3 [C] 33.01pF Rysunek 48a
Kondensator 470pF (449pF)	1-III-3 465pF Rysunek 49	1-III-3 [C] 467pF Rysunek 49a
Kondensator 1nF (988pF)	1-III-3 1019pF Rysunek 50	1-III-3 [C] 1023pF Rysunek 50a
Kondensator 10nF (9.86nF)	1-III-3 10.21nF Rysunek 51	1-III-3 [C] 10.20nF Rysunek 51a
Kondensator 100nF (97.7nF)	1-III- \square -3 100.9nF ESR=.46 Ω Rysunek 52	1-III- \square -3 [C] 101.2nF ESR=.33 Ω Rysunek 52a

Kondensator 1uF (1.012uF)	<div>1-III-3 Uloss=.1% 1038nF ESR=.04Ω</div> <div>Rysunek 53</div>	<div>1-III-c3-3 [C] 1042nF ESR=.02Ω</div> <div>Rysunek 53a</div>
Kondensator 10uF tantalowy (9.60uF)	<div>1-III-3 Uloss=.3% 9851nF ESR=.83Ω</div> <div>Rysunek 54</div>	<div>1-III-c3-3 [C] 10.01μF ESR=.83+</div> <div>Rysunek 54a</div> <div>1-III-c3-3 [C] Uloss=.4%</div> <div>Rysunek 54b</div>
Kondensator 100uF elektrolityczny (110uF)	<div>1-III-3 Uloss=3.0% 100.6μF ESR=.68Ω</div> <div>Rysunek 55</div>	<div>1-III-c3-3 [C] 100.4μF ESR=.64+</div> <div>Rysunek 55a</div> <div>1-III-c3-3 [C] Uloss=3.0%</div> <div>Rysunek 55b</div>
Cewka 47uH (3.1 oma)	<div>1-c3-ww-3 3.4Ω L=.05mH</div> <div>Rysunek 56</div>	<div>1-c3-ww-3 [RL] 3.2Ω L=.05mH +</div> <div>Rysunek 56a</div> <div>1-c3-ww-3 [RL] 3969kHz Q=8.7</div> <div>Rysunek 56b</div> <div>1-c3-ww-3 3.2Ω 43.5μH if 16nF +</div> <div>Rysunek 56c</div> <div>1-c3-ww-3 3.2Ω 190.6kHz Q=4.4</div> <div>Rysunek 56d</div>
Cewka 100uH (1.6 oma)	<div>1-c3-ww-3 1.8Ω L=.09mH</div> <div>Rysunek 57</div>	<div>1-c3-ww-3 [RL] 1.7Ω L=.08mH +</div> <div>Rysunek 57a</div> <div>1-c3-ww-3 [RL] 3346kHz Q=4.2</div> <div>Rysunek 57b</div>

<p>Cewka 1mH (22.4 oma)</p>	<p>1-CD-WW-3 22.8Ω L=1.00mH</p> <p>Rysunek 58</p>	<p>1-CD-WW-3 [RL] 22.5Ω L=1.00mH +</p> <p>Rysunek 58a</p> <p>1-CD-WW-3 [RL] 912.7kHz Q=4.1</p> <p>Rysunek 58b</p>
<p>Cewka 10mH (83.5 oma)</p>	<p>1-CD-WW-3 82.7Ω L=10.2mH</p> <p>Rysunek 59</p>	<p>1-CD-WW-3 [RL] 82.0Ω L=10.2mH +</p> <p>Rysunek 59a</p> <p>1-CD-WW-3 [RL] 272.1kHz Q=7.6</p> <p>Rysunek 59b</p>
<p>Cewka 19mH (85.7 oma)</p>	<p>1-CD-WW-3 84.5Ω L=19.6mH</p> <p>Rysunek 60</p>	<p>1-CD-WW-3 [RL] 85.0Ω L=20.2mH +</p> <p>Rysunek 60a</p> <p>1-CD-WW-3 [RL] 183.3kHz Q=7.7</p> <p>Rysunek 60b</p>
<p>Cewka 36mH (78.6 oma)</p>	<p>1-CD-WW-3 77.4Ω L=34.7mH</p> <p>Rysunek 61</p>	<p>1-CD-WW-3 [RL] 77.8Ω L=35.0mH +</p> <p>Rysunek 61a</p> <p>1-CD-WW-3 [RL] 139.3kHz Q=15.8</p> <p>Rysunek 61b</p>
<p>Dioda 1N4148 uniwersalna</p>	<p>1-W-3 Uf=703mV C=0pF</p> <p>Rysunek 62</p>	<p>1-W-3 Uf=703mV +</p> <p>Rysunek 62a</p> <p>1-W-3 1.0pF-.80pF00-5V</p> <p>Rysunek 62b</p>
<p>Dioda 1N4003 prostownicza</p>	<p>1-W-3 Ir=2nA Uf=657mV C=19pF</p> <p>Rysunek 63</p>	<p>1-W-3 Ir=2nA Uf=655mV +</p> <p>Rysunek 63a</p> <p>1-W-3 Ir=2nA 15pF-12pF00-5V</p> <p>Rysunek 63b</p>

<p>Dioda 1N5817 Shottky</p>	<p>1-M-3 Ir=.81μA Uf=259mV C=0fF</p> <p>Rysunek 64</p>	<p>1-M-3 Ir=.90μA Uf=254mV +</p> <p>Rysunek 64a</p> <p>1-M-3 Ir=.90μA .13nF-54pF00-5V</p> <p>Rysunek 64b</p>
<p>Dioda AAP153 germanowa</p>	<p>1-M-3 Ir=1.9μA Uf=524mV C=0fF</p> <p>Rysunek 65</p>	<p>1-M-3 Ir=2.4μA Uf=518mV +</p> <p>Rysunek 65a</p> <p>1-M-3 Ir=2.4μA 17pF--10pF00-5V</p> <p>Rysunek 65b</p>
<p>Dioda LED zielona</p>	<p>1-M-3 Uf=1.98V C=2pF</p> <p>Rysunek 66</p>	<p>1-M-3 Uf=1.98V +</p> <p>Rysunek 66a</p> <p>1-M-3 2.5pF-2.3pF00-5V</p> <p>Rysunek 66b</p>
<p>Dioda LED czerwono-zielona ze wspólną katodą</p>	<p>2*M 1-M-2-M-3 Uf=1.80V 1.97V</p> <p>Rysunek 67</p>	<p>2*M 1-M-2-M-3 Uf=1.79V 1.97V +</p> <p>Rysunek 67a</p> <p>2*M 1-M-2-M-3 19pF-15pF00-5V</p> <p>Rysunek 67b</p>
<p>Dwie diody 1N4148 połączone szeregowo katodami</p>	<p>2*M 1-M-2-M-3 Uf=694mV 693mV</p> <p>Rysunek 68</p>	<p>2*M 1-M-2-M-3 Uf=703mV 699mV +</p> <p>Rysunek 68a</p> <p>2*M 1-M-2-M-3 2.0pF-1.5pF00-5V</p> <p>Rysunek 68b</p>
<p>Dwie diody 1N4148 połączone szeregowo anodami</p>	<p>2*M 1-M-2-M-3 Uf=694mV 694mV</p> <p>Rysunek 69</p>	<p>2*M 1-M-2-M-3 Uf=699mV 699mV +</p> <p>Rysunek 69a</p> <p>2*M 1-M-2-M-3 1.7pF-.83pF00-5V</p> <p>Rysunek 69b</p>

Dwie diody 1N4148 połączone równolegle katody z anodami	<div>2*M 1-M-3-M-1</div> <div>Uf=699mV 699mV</div> <div>Rysunek 70</div>	<div>2*M 1-M-3-M-1</div> <div>Uf=708mV 685mV</div> <div>Rysunek 70a</div>
Dioda Zenera 2.7V	<div>2*M 1-M-3-M-1</div> <div>Uf=2.63V 743mV</div> <div>Rysunek 71</div>	<div>2*M 1-M-3-M-1</div> <div>Uf=2.62V 743mV</div> <div>Rysunek 71a</div>
Dioda Zenera 3.9V	<div>2*M 1-M-3-M-1</div> <div>Uf=3.17V 772mV</div> <div>Rysunek 72</div>	<div>2*M 1-M-3-M-1</div> <div>Uf=3.16V 767mV</div> <div>Rysunek 72a</div>
Dioda Zenera 4.3V	<div>2*M 1-M-3-M-1</div> <div>Uf=3.79V 830mV</div> <div>Rysunek 73</div>	<div>2*M 1-M-3-M-1</div> <div>Uf=3.79V 836mV</div> <div>Rysunek 73a</div>
Dwie diody 1N4148 połączone szeregowo katoda z anodą	<div>3*M 1-M-2-M-3</div> <div>Uf=694mV 694mV</div> <div>Rysunek 74</div>	<div>3*M 1-M-2-M-3</div> <div>Uf=694mV 699mV</div> <div>Rysunek 74a</div>
Tranzystor BC547B bipolarny NPN	<div>NPN 123=CBE</div> <div>B=267 Ic=2.4mA +</div> <div>Rysunek 75</div>	<div>NPN 123=CBE</div> <div>B=270 Ic=2.5mA +</div> <div>Rysunek 75b</div>
	<div>NPN 123=CBE</div> <div>Ube=652mV</div> <div>Rysunek 75a</div>	<div>NPN 123=CBE</div> <div>Ube=653mV</div> <div>Rysunek 75c</div>
Tranzystor BC557A bipolarny PNP	<div>PNP 123=CBE</div> <div>B=157 Ic=6.1mA +</div> <div>Rysunek 76</div>	<div>PNP 123=CBE</div> <div>B=152 Ic=6.1mA +</div> <div>Rysunek 76b</div>
	<div>PNP 123=CBE</div> <div>Ube=699mV</div> <div>Rysunek 76a</div>	<div>PNP 123=CBE</div> <div>Ube=696mV</div> <div>Rysunek 76c</div>
Tranzystor 2SA936 (A936) Darlingtona PNP	<div>PNP 123=ECB</div> <div>B=42.9k Ie=5.3mA +</div> <div>Rysunek 77</div>	<div>PNP 123=ECB</div> <div>B=42.8k Ie=5.3mA +</div> <div>Rysunek 77b</div>
	<div>PNP 123=ECB</div> <div>Ube=1.23V</div> <div>Rysunek 77a</div>	<div>PNP 123=ECB</div> <div>Ube=1.22V</div> <div>Rysunek 77c</div>

Tranzystor BF199 (F199) bipolarny NPN z diodą	NPN -M- 123=CEB B=106 I _e =5.9mA + Rysunek 78	NPN -M- 123=CEB B=103 I _e =6.0mA + Rysunek 78c
	NPN -M- 123=CEB U _{be} =792mV + Rysunek 78a	NPN -M- 123=CEB U _{be} =786mV + Rysunek 78d
	NPN -M- 123=CEB 1-M-2 U _f =894mV Rysunek 78b	NPN -M- 123=CEB 1-M-2 U _f =889mV Rysunek 78e
Tranzystor BS170 MOSFET-N z diodą	N-E-MOS 123=DGS C=47pF U _t =2.7V + Rysunek 79	N-E-MOS 123=DGS C=45pF U _t =2.7V + Rysunek 79c
	N-E-MOS 123=DGS RDS=3.3Ω + Rysunek 79a	N-E-MOS 123=DGS RDS=3.4Ω + Rysunek 79d
	N-E-MOS 123=DGS 1-M-3 U _f =655mV Rysunek 79b	N-E-MOS 123=DGS 1-M-3 U _f =659mV Rysunek 79e
Tranzystor VP0300M MOSFET-P z diodą	P-E-MOS 123=SGD C=144pF U _t =4.4V+ Rysunek 80	P-E-MOS 123=SGD C=142pF U _t =4.4V+ Rysunek 80c
	P-E-MOS 123=SGD RDS=22Ω + Rysunek 80a	P-E-MOS 123=SGD RDS=20Ω + Rysunek 80d
	P-E-MOS 123=SGD 1-M-3 U _f =613mV Rysunek 80b	P-E-MOS 123=SGD 1-M-3 U _f =605mV Rysunek 80e
Tranzystor 2SK68A (K68A) JFET-N	N-JFET 123=DGS I=.15mA@U _g =.11V Rysunek 81	N-JFET 123=DGS I=.16mA@U _g =.12V Rysunek 81a
Tyrystor CV12E	Therist. 123=CAG U _f =.76V Rysunek 82	Therist. 123=CAG U _f =.76V Rysunek 82a

<p>Tyristor BTP128-550</p>	<div data-bbox="421 201 941 309"> <p>2*M 1-M-2-M-3 R Uf=777mV 527mV</p> </div> <div data-bbox="604 311 751 344"> <p>Rysunek 83</p> </div> <div data-bbox="421 376 941 483"> <p>2*M 1-C3-3 77.5Ω</p> </div> <div data-bbox="596 486 759 519"> <p>Rysunek 83a</p> </div>	<div data-bbox="979 116 1500 219"> <p>2*M 1-M-2-M-3 Q Uf=777mV 513mV +</p> </div> <div data-bbox="1155 226 1318 259"> <p>Rysunek 83b</p> </div> <div data-bbox="979 291 1500 394"> <p>2*M 1-M-2-M-3 Q .15nF-.008F50-5V</p> </div> <div data-bbox="1155 400 1318 434"> <p>Rysunek 83c</p> </div> <div data-bbox="979 465 1500 568"> <p>2*M 1-C3-3 81.2Ω</p> </div> <div data-bbox="1155 575 1318 609"> <p>Rysunek 83d</p> </div>
----------------------------	--	---