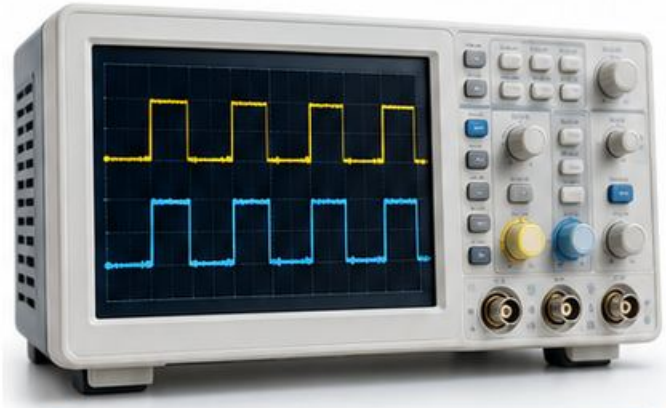
Praktyczne karty analizy

30 kart odczytu przebiegów z oscyloskopu, które przyspieszą twoją analizę

Rozpoznaj różnicę. Sprawdź przyczynę. Wybierz następny test.

PWM, bramki MOSFET-ów i IGBT, tętnienia, zegar, sprzężenie i falownik.
Dwa przebiegi dydaktyczne na każdej karcie pomagają rozdzielić podobne objawy.



Oscyloskop



MOSFET



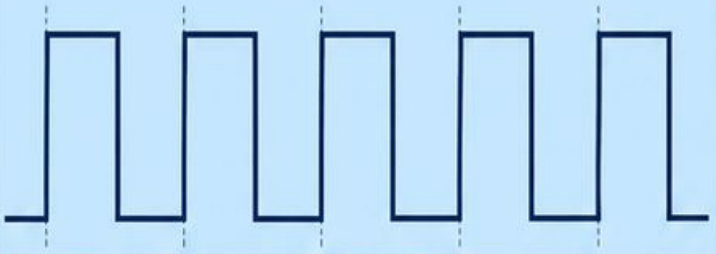
IGBT



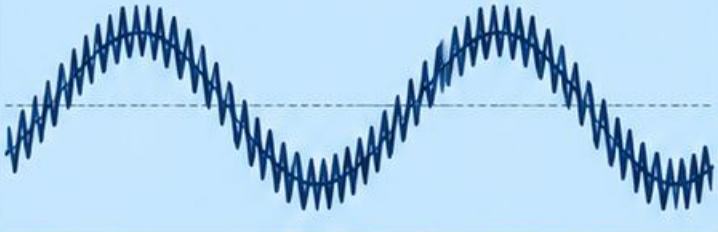
Kondensator



Sterownik



PWM – przebieg dydaktyczny

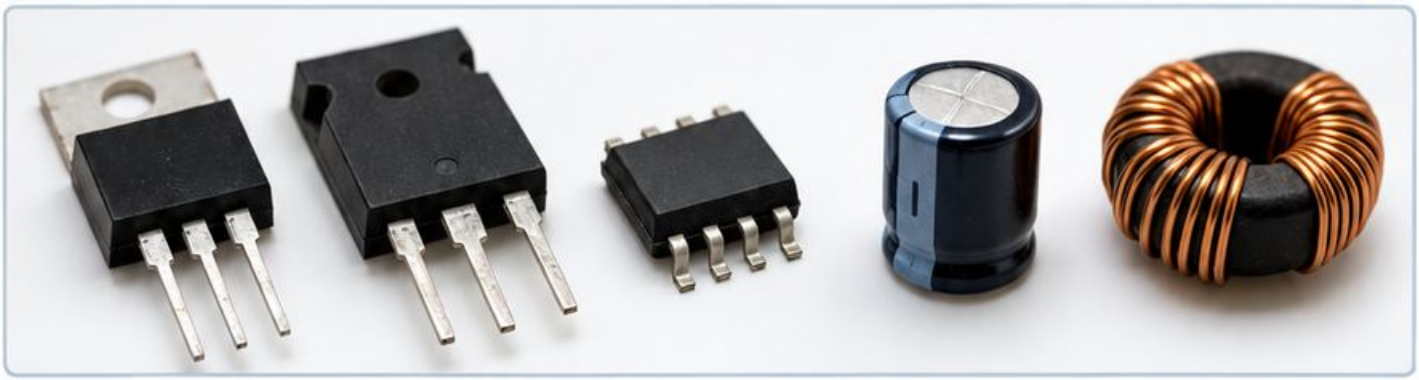


Tętnienia – przebieg dydaktyczny

Rozpoznaj różnicę. › **Sprawdź przyczynę.** › **Wybierz następny test.**

Warunki pomiaru, właściwe odniesienie, interpretacja i granice metody.

Jak korzystać z kart i warunki bezpiecznej pracy



1 1. Ustal punkt i metodę

Przygotuj stanowisko po odłączeniu źródeł, kontrolowanym rozładowaniu i potwierdzeniu braku napięcia. Pomiar roboczy wykonuj według procedury, z osłonami i kompletnymi zabezpieczeniami.

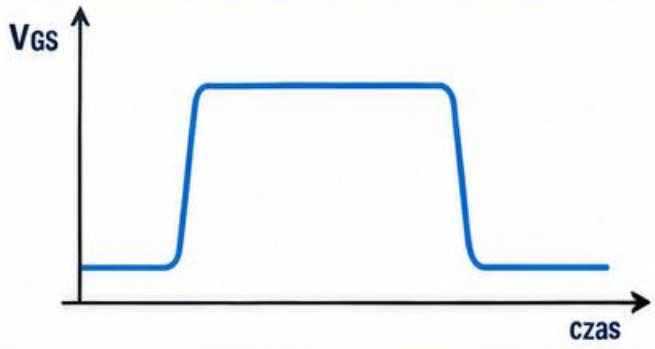
2 2. Sprawdź tor pomiarowy

Dobierz zakres różnicowy, napięcie wspólne, pasmo, przepięcia i szybkość zmian. Sonda różnicowa również ma ograniczenia. Zachowaj uziemienie oscyloskopu; nie zwieraj odmiennych odniesień masami kanałów.

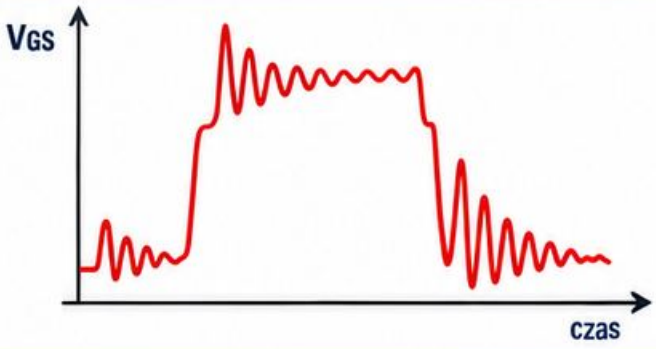
3 3. Zapisz ustawienia

Notuj punkt, odniesienie, tłumienie, sprzężenie, pasmo, próbkowanie, wyzwalanie, wejście i obciążenie. Po zmianie długości rekordu ponownie sprawdź próbkowanie.

A. Przebieg prawidłowy (przykład)



B. Przebieg nieprawidłowy (przykład)



Przebiegi A i B są porównaniami dydaktycznymi, bez skali liczbowej.
Nie ustanawiają uniwersalnej normy. Nie każdy rysunek przedstawia stan dobry i zły.

MOSFET: VGS względem źródła. IGBT: VGE względem emitera.
High-side może pływać względem ziemi. UPS ma wiele źródeł energii.

Najpierw oceń jakość pomiaru, potem korelację i hipotezę.
Wynik potwierdź kolejnym testem; po odłączeniu sprawdzaj podejrzane elementy.

PWM — częstotliwość

Odstępy między impulsami zmieniają się. Najpierw ustal, czy sterownik przewiduje stałą częstotliwość, modulację czy pomijanie impulsów.



Sterownik PWM



Wyjście sterownika

Przebieg A

Równe odstępy w pokazanym fragmencie.



Przebieg B

Odstępy zmienne w pokazanym fragmencie.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Wyjście sterownika mierz względem jego powrotu, metodą różnicową lub izolowaną odpowiednią dla potencjału obwodu. Nie zakładaj, że jest połączony z PE.

Ustawienie początkowe

Użyj sprzężenia DC i wyzwalania zboczem. Pokaż kilka pełnych okresów, sprawdź próbkowanie oraz pasmo przy aktualnej długości rekordu.

Interpretacja

Porównaj kolejne okresy, nie tylko średnią częstotliwość automatyczną. Zmienność może być celowa; oceniaj ją przy zapisanym obciążeniu i trybie.

Następny test

Sprawdź dokumentację modulacji oraz VCC.
Przy niestabilności przejdź do korelacji z obciążeniem i sygnałami zabezpieczeń.

Zmienność przewidziana → tryb pracy. Nieprzewidziana → dalsza korelacja.

Karta 02 • Odczyt przebiegu

PWM – wypełnienie

Szerokość impulsu zmienia się mimo podobnego okresu.
Ustal, czy to prawidłowa regulacja, czy ograniczanie pracy.



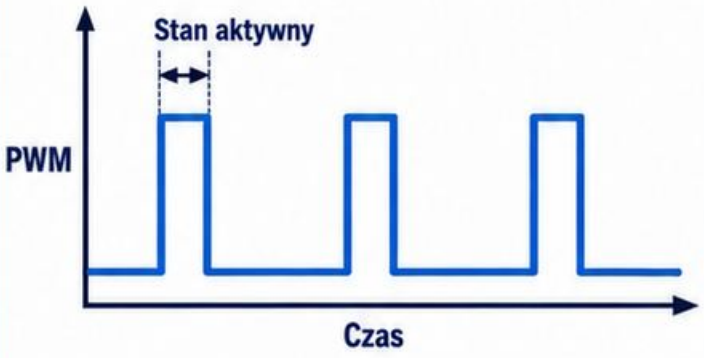
Sterownik PWM



Element pomiaru prądu

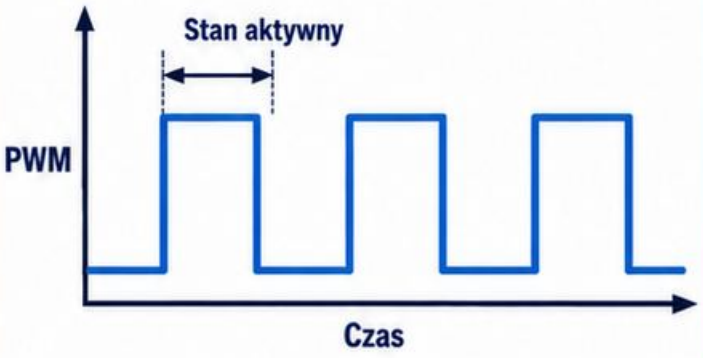
Przebieg A

Impuls aktywny krótszy przy porównywalnym okresie.



Przebieg B

Impuls aktywny dłuższy przy porównywalnym okresie.



Punkt i odniesienie

Mierz wyjście względem powrotu sterownika właściwą sondą różnicową lub systemem izolowanym. Stan aktywny odczytaj z dokumentacji, nie z samego poziomu napięcia.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC, stabilne wyzwalanie i skalę obejmującą kilka okresów. Próg pomiaru szerokości dobierz do kształtu sygnału oraz specyfikacji metody.

Interpretacja

Wypełnienie określa udział czasu aktywnego w okresie. Nie oznacza bezpośrednio tej samej mocy w różnych topologiach i warunkach wejścia.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

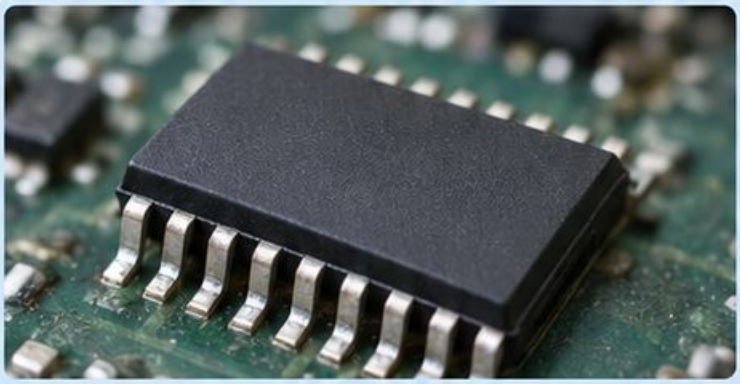
Porównaj zmianę z obciążeniem, wejściem i CS. Nie zwiększaj wypełnienia przez omijanie ograniczenia prądu lub sprzężenia.

Zmiana zgodna z regulacją → obserwacja.
Ograniczanie → przyczyna sygnału.

Karta 03 • Odczyt przebiegu

PWM — praca pakietowa

Grupy impulsów są rozdzielone ciszą. Może to być tryb oszczędny albo cykliczna próba uruchomienia uszkodzonego obwodu.



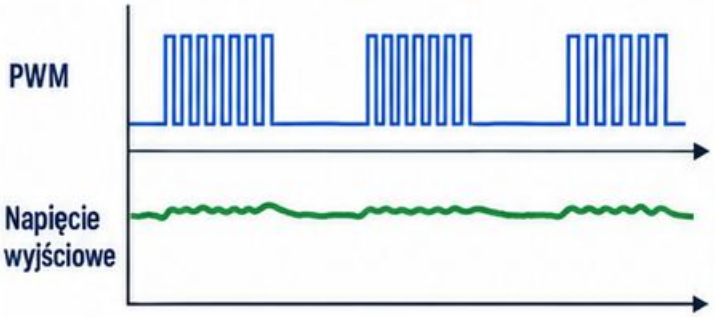
Sterownik



Kondensator wyjściowy

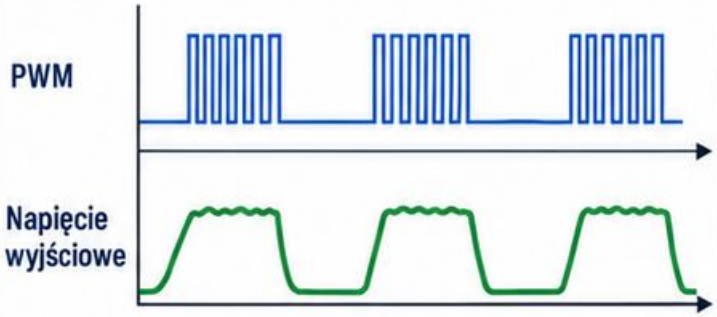
Przebieg A

Pakiety przy napięciu wyjścia utrzymanym w wymaganym zakresie.



Przebieg B

Pakiety z dużym zanikiem napięcia wyjścia.



Punkt i odniesienie

PWM oceniaj względem powrotu sterownika, wyjście między jego zaciskami. Dobierz niezależnie metodę różnicową lub izolowaną dla każdego pomiaru.

Ustawienie początkowe

Użyj dłuższego rekordu obejmującego kilka grup i sprzężenia DC. Wyzwalaj na początku pakietu; sprawdź, czy próbki nadal rozróżniają pojedyncze impulsy.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Interpretacja

Sama paczka nie rozstrzyga przyczyny. Zależność od lekkiego obciążenia może wskazywać burst; utrata wyjścia wymaga oceny startu i ochrony.

Następny test

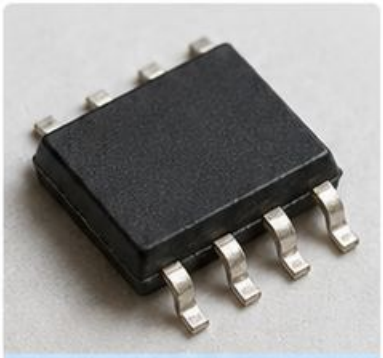
Porównaj VCC oraz warunki obciążenia,
Sprawdź dopuszczalny tryb producenta,
nie wymuszaj ciągłej pracy zmianą kompensacji.

Wyjście zgodne → tryb możliwy.
Wyjście zanika → diagnostyka rozruchu.

Karta 04 • Odczyt przebiegu

PWM — rozruch

Pierwsze impulsy wyglądają inaczej niż praca ustalona. Oceniaj całą sekwencję zamiast pojedynczego zrzutu przypadkowego momentu.



Sterownik



Kondensator VCC

Punkt i odniesienie

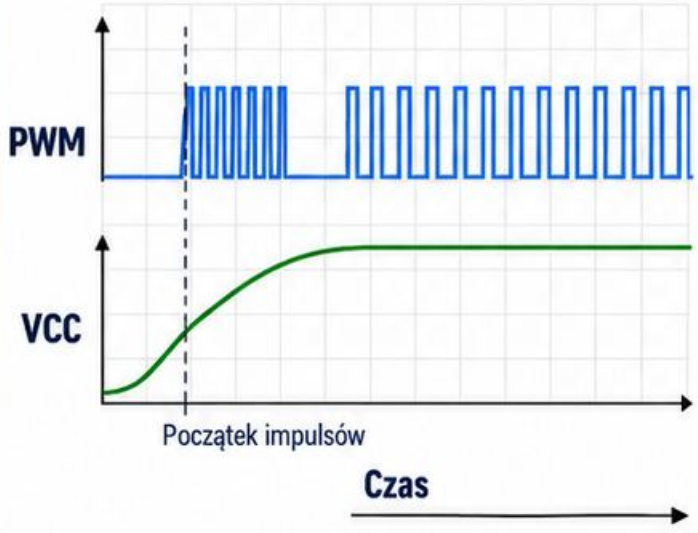
Mierz PWM oraz VCC względem odpowiedniego powrotu sterownika, bez łączenia punktów niezgodnych z konstrukcją. Wybierz bezpieczne kanały różnicowe lub izolowane.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC, pojedyncze wyzwolenie i zapis przed zdarzeniem. Rekord powinien obejmować narastanie VCC, pierwsze impulsy oraz przejście do pracy.

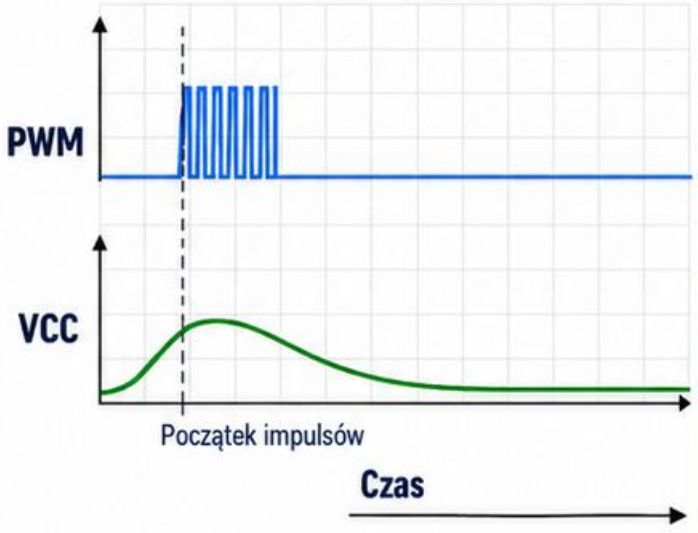
Przebieg A

Paczka startowa przechodzi w pracę ustaloną.



Przebieg B

Paczka startowa kończy się i nie przechodzi w pracę.



Interpretacja

Krótka pierwsza paczka może wynikać z soft-startu, zbyt słabego podtrzymania albo zabezpieczenia. Porównaj kolejność VCC i zaniku impulsów.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

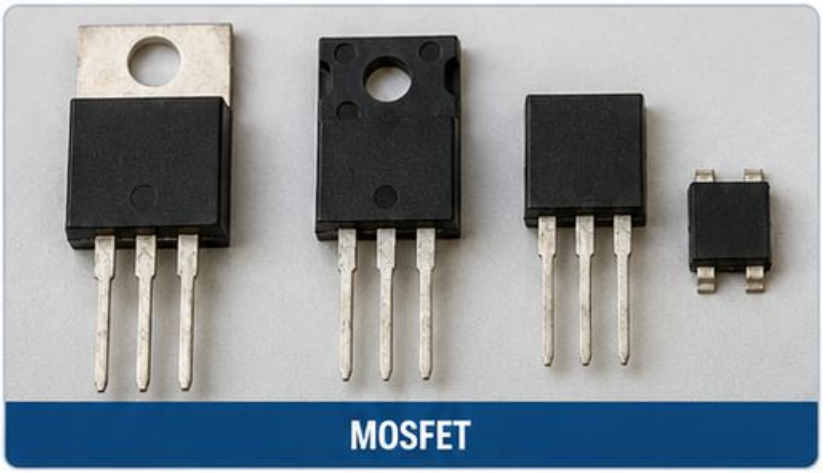
Sprawdź tor pomocniczy oraz sygnały ochrony. Po odłączeniu, kontrolowanym rozładowaniu i potwierdzeniu braku napięcia oceń podejrzane elementy.

VCC zanika pierwsze → podtrzymanie. VCC stabilne → sterowanie lub ochrona.

Karta 05 • Odczyt przebiegu

MOSFET – amplituda V_{GS}

Amplituda bramki wydaje się niska.
Najpierw potwierdź, że rejestrowane napięcie rzeczywiście jest V_{GS}, a nie napięciem względem obudowy.



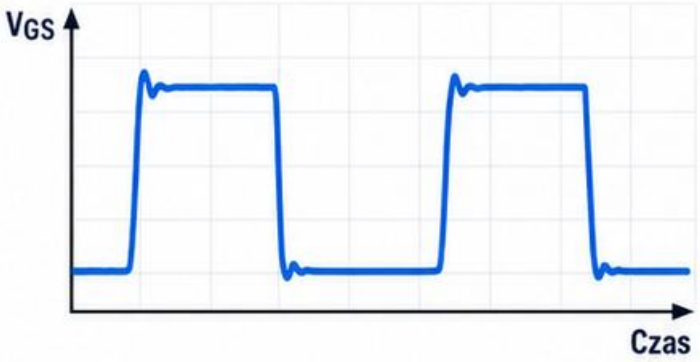
MOSFET



Sterownik bramki

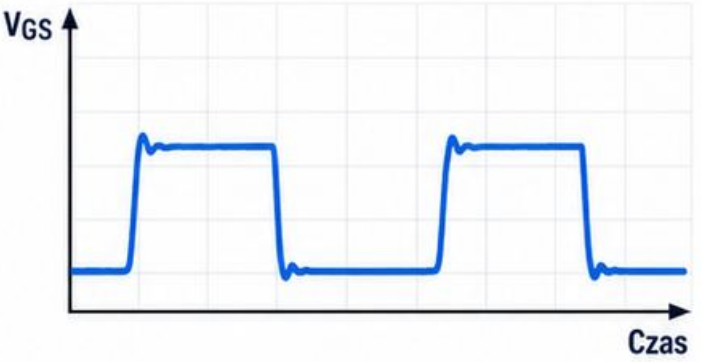
Przebieg A

Wyższy poziom załączenia w przykładzie.



Przebieg B

Niższy poziom załączenia w przykładzie.



Punkt i odniesienie

Mierz bramka–źródło konkretnego MOSFET-a.
Dla high-side źródło może zmieniać potencjał; sonda musi spełniać zakres wspólny i wymagania szybkości zmian.

Ustawienie początkowe

Wybierz DC, prawidłowe tłumienie sondy i skalę pokazującą oba poziomy oraz szczyty.
Nie ukrywaj przeregulowań przez obcięty zakres.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Interpretacja

Porównaj z warunkami, dla których producent określa rezystancję kanału.
Vth nie oznacza pełnego wysterowania; granice V_{GS} sprawdzaj osobno.

Następny test

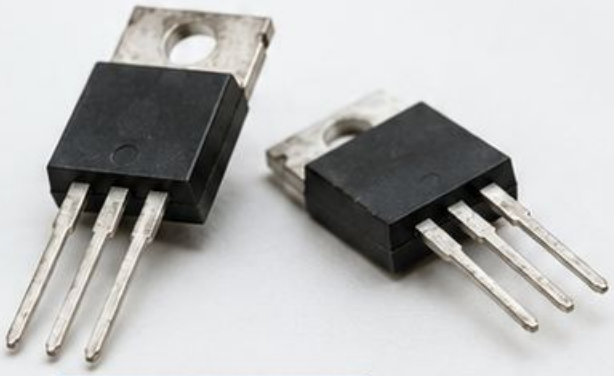
Sprawdź zasilanie sterownika, obciążenie bramki i zgodność MOSFET-a.
Nie podnoś napięcia sterowania bez analizy dopuszczalnych parametrów.

Złe odniesienie → korekta metody.
Rzeczywiście małe V_{GS} → tor sterowania.

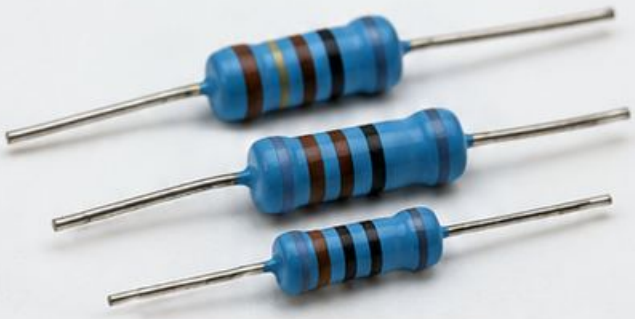
Karta 06 • Odczyt przebiegu

MOSFET – czas narastania

Wolne zbocze może zwiększać straty, ale również wynikać z obciążenia sondą lub niewystarczającego pasma pomiaru.



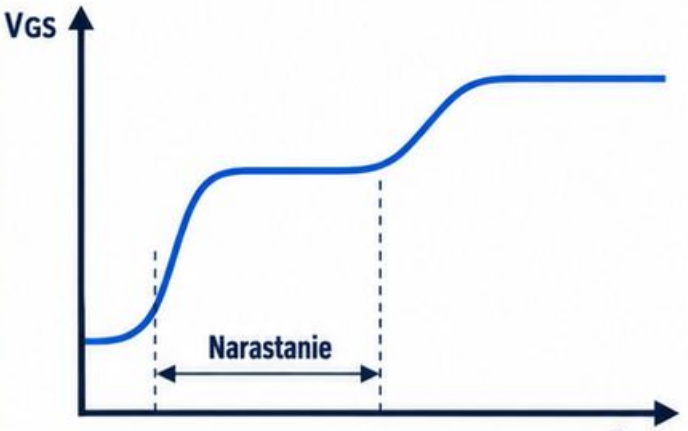
MOSFET



Rezystor bramkowy

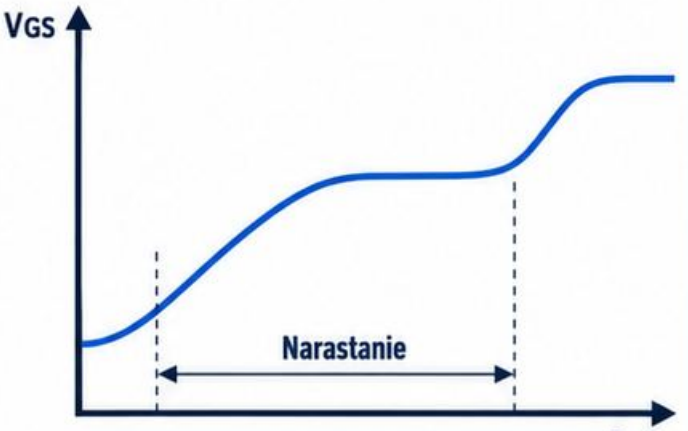
Przebieg A

Krótsze narastanie przy tych samych warunkach porównania.



Przebieg B

Dłuższe narastanie przy tych samych warunkach porównania.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.

Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Oceniaj VGS między bramką a źródłem właściwą metodą różnicową lub izolowaną. Sprawdź pojemność wejściową sondy i pasmo całego toru.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC oraz wyzwalanie na narastaniu. Powiększ zbocze, zachowując informację o poziomach; kryteria czasu narastania zapisz zgodnie z metodą.

Interpretacja

Porównuj ten sam tranzystor, obciążenie i temperaturę. Plateau Millera może być elementem przełączania, nie automatycznym dowodem awarii.

Następny test

Po bezpiecznym odłączeniu sprawdź rezystor, sterownik i zasilanie. Nie zmniejszaj rezystancji na próbę; oceń ryzyko oscylacji oraz przepięć.

Pasmo niewystarczające → pomiar. Zbocze rzeczywiście wolne → sterowanie.

Karta 07 • Odczyt przebiegu

MOSFET — czas opadania

Powolne wyłączanie może wynikać z toru rozładowania bramki.
Nie zakładaj, że przyczyna jest taka sama jak przy wolnym narastaniu.



MOSFET

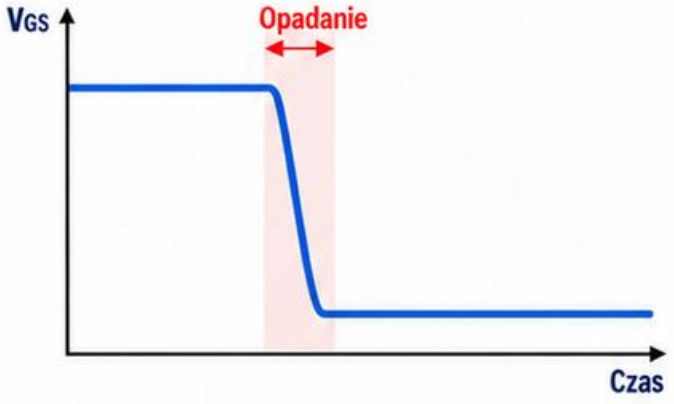


Sterownik



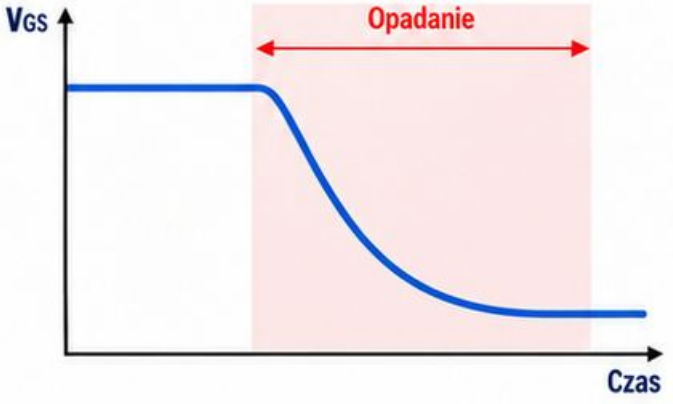
Rezystor bramkowy

Przebieg A



VGS szybko osiąga stabilny poziom wyłączenia.

Przebieg B



VGS opada wolniej i później osiąga poziom wyłączenia.

Punkt i odniesienie

Mierz bramka–źródło, także dla pływającego high-side, odpowiednim systemem różnicowym lub izolowanym. Sprawdź oba zakresy i dopuszczalne szczyty.

Ustawienie początkowe

Wybierz DC i wyzwalanie zboczem opadającym. Powiększ cały proces od poziomu załączenia do stabilnego wyłączenia, bez ukrywania części końcowej.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Interpretacja

Sprawdź zdolność sterownika do odbierania ładunku, oddzielną gałąź wyłączania oraz wpływ Millera. Sam czas VGS nie opisuje wszystkich strat klucza.

Następny test

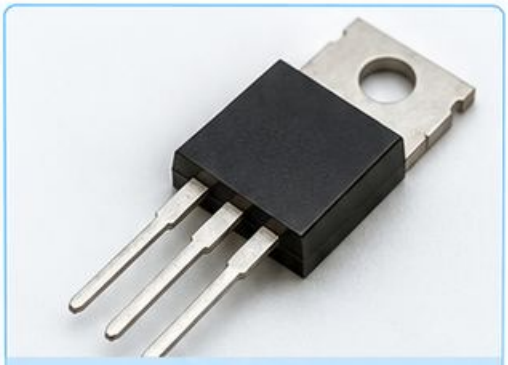
Po odłączeniu i potwierdzonym rozładowaniu oceń rezystory, diody oraz połączenia. W układzie mostkowym sprawdź również rzeczywisty czas martwy.

Wolne opadanie → tor rozładowania i obciążenie bramki.

Karta 08 • Odczyt przebiegu

MOSFET – oscylacje bramki

Dzwonienie przy zboczu może pochodzić z rezonansu toru albo z sondowania. Rozdziel te możliwości przed zmianą elementów.



MOSFET



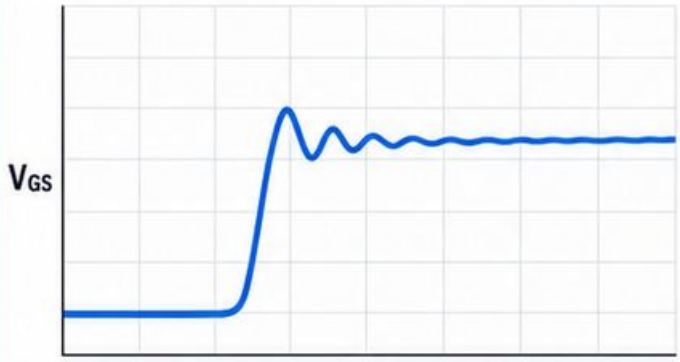
Rezystor bramkowy



Odsprzęganie

Przebieg A

Małe oscylacje po zboczu w przykładzie.



Przebieg B

Większe oscylacje i przeregulowanie w przykładzie.



Punkt i odniesienie

Mierz V_{GS} względem źródła właściwą metodą. Uwzględnij napięcie wspólne, pasmo i zalecaną geometrię pomiaru, bez odłączania uziemienia oscyloskopu.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC i wyzwalanie na tym samym zboczu. Zachowaj porównywalną skalę, próbkowanie oraz pasmo obu zapisów; nie wygładzaj automatycznie wyniku.

Interpretacja

Oceń dodatnie i ujemne szczyty według granic MOSFET-a. Wzrost V_{GS} podczas planowego wyłączenia może wymagać oceny niepożądanego załączenia.

Następny test

Powtórz poprawnym sondowaniem, potem sprawdź rezystor, odsprzęganie i zgodność zamiennika. Nie dobieraj tłumienia przypadkową zmianą wartości.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Zmiana po korekcie metody → artefakt. Trwała → układ.

Karta 09 • Odczyt przebiegu

IGBT — impuls sterujący

IGBT otrzymuje impuls, ale jego obecność nie potwierdza prawidłowego wysterowania. Sprawdź poziomy, czas i odniesienie emitera.

IGBT

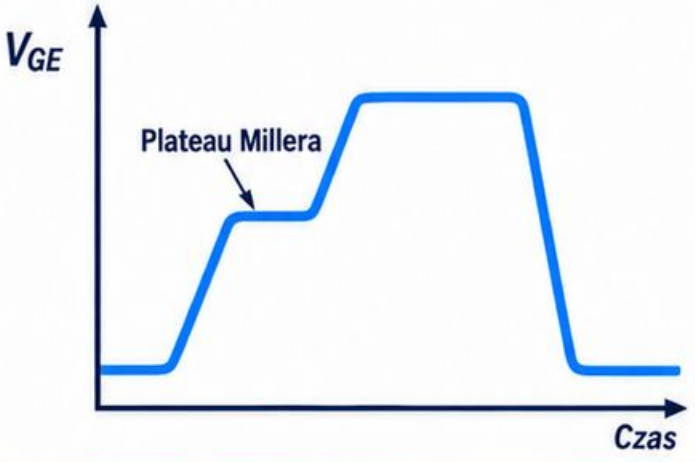


Sterownik bramki



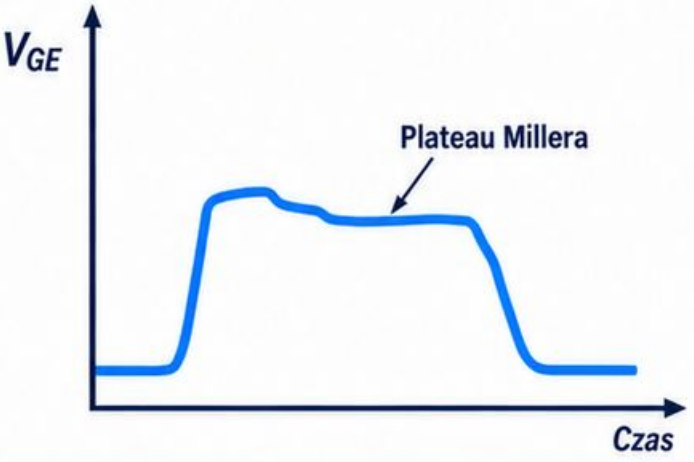
Przebieg A

Impuls o pełnym poziomie sterowania w przykładzie.



Przebieg B

Impuls z obniżonym poziomem i zniekształconym plateau.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Mierz bramka–emiter właściwą sondą różnicową lub systemem izolowanym. Emiter górnego klucza może mieć szybko zmienny potencjał względem ziemi.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC, wyzwalanie zboczem i skalę pokazującą pełny impuls. Sprawdź napięcie wspólne, pasmo oraz prawidłowe tłumienie sondy.

Interpretacja

Poziom i kształt porównuj z wymaganiami konkretnego IGBT i sterownika. Plateau Millera nie jest tym samym co zakłócenie; zależy od warunków przełączania.

Następny test

Sprawdź zasilanie sterownika i tor bramki po bezpiecznym odłączeniu. Nie stosuj napięć zalecanych dla innej technologii tranzystora.

Impuls obecny → parametry i warunki → ocena sterowania.

Karta 10 • Odczyt przebiegu

IGBT — wyłączenie

Opadanie VGE i zanik prądu IGBT nie są tym samym zdarzeniem.
Sam zapis bramki nie potwierdza zakończenia przewodzenia.



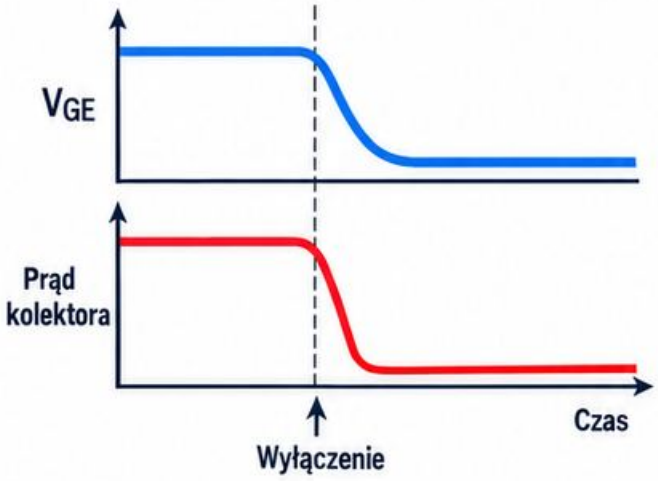
IGBT



Sterownik

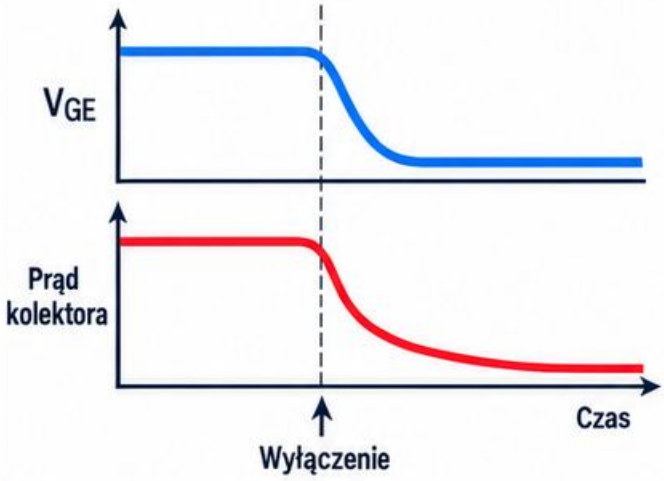
Przebieg A

Prąd zanika po opadnięciu VGE w przykładzie.



Przebieg B

Dłuższy ogon prądu po opadnięciu VGE w przykładzie.



Punkt i odniesienie

VGE mierz względem emitera właściwą metodą izolowaną lub różnicową. Prąd oceniaj odpowiednim czujnikiem bez naruszania ochrony; uwzględnij opóźnienia kanałów.

Ustawienie początkowe

Wyzwalaj na wyłączeniu i zapisz oba sygnały. Sprawdź zerowanie, pasmo oraz wyrównanie czasowe torów przed porównaniem ich momentów.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Interpretacja

Ogon prądowy może być właściwością IGBT i zależeć od warunków. Dłuższy zapis nie dowodzi awarii bez porównania typu, obciążenia i temperatury.

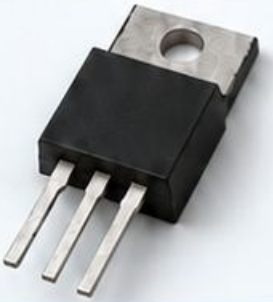
Następny test

Sprawdź wymagania strat i czasu martwego. Nie skracaj go na podstawie samego niskiego VGE; przy przekroczeniu parametrów przerwij próbę.

VGE niskie → prąd jeszcze oceniany → bezpieczna sekwencja.

Półmostek — czas martwy

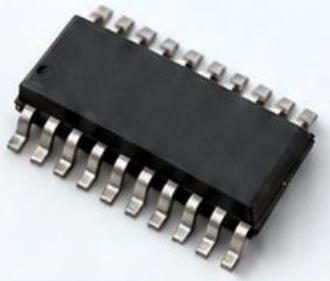
Pozorna przerwa między impulsami bramek nie zawsze oznacza bezpieczne zakończenie przewodzenia obu kluczy. Sprawdź sekwencję oraz opóźnienia pomiaru.



Klucz górny



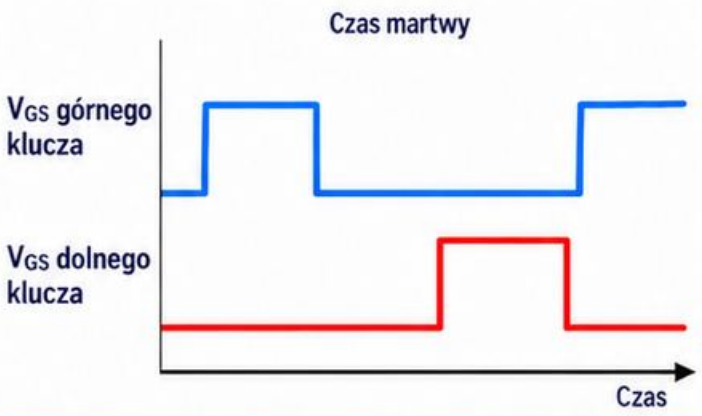
Klucz dolny



Sterownik

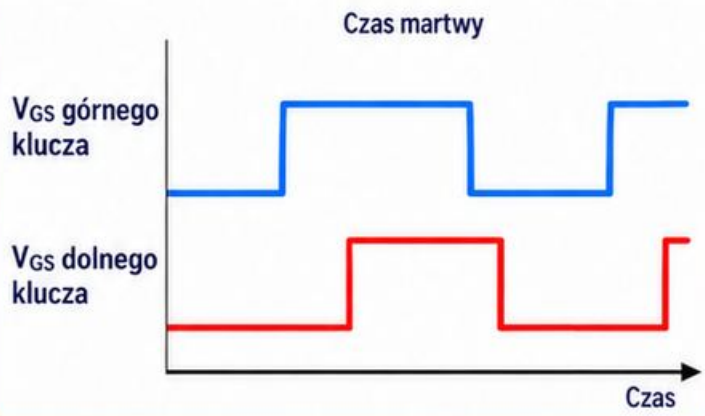
Przebieg A

Widoczny odstęp między impulsami w przykładzie.



Przebieg B

Nakładanie impulsów w przykładzie.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Każde V_{GS} mierz względem własnego źródła niezależną, właściwą metodą różnicową lub izolowaną. Nie łącz źródeł masami kanałów.

Ustawienie początkowe

Ustaw wspólną podstawę czasu, DC i stabilne wyzwalanie. Sprawdź opóźnienia torów; porównuj tę samą sekwencję przy określonym obciążeniu.

Interpretacja

Nakładanie wymaga natychmiastowej oceny sterowania. Sam odstęp V_{GS} nie wyznacza zakończenia prądu ani wymaganego minimum czasu martwego.

Następny test

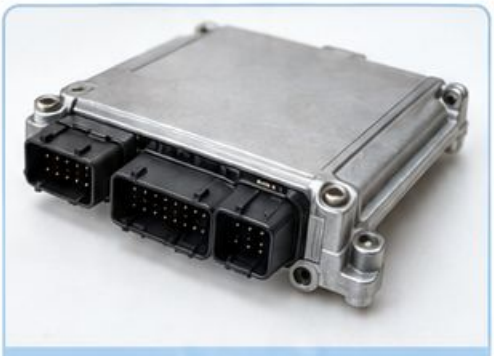
Sprawdź dokumentację kluczy i sterownika, ich opóźnienia oraz warunki pracy.
Nie wymuszaj zwarcia skrośnego w celu potwierdzenia.

Nakładanie → przerwanie próby. Odstęp → ocena wymaganego marginesu.

Karta 12 • Odczyt przebiegu

Mostek — asymetria

Jedna gałąź ma inny przebieg. Ustal, czy to rzeczywista różnica sterowania, czy nieporównywalne odniesienia i warunki.



Sterownik



Gałąź A



Gałąź B

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

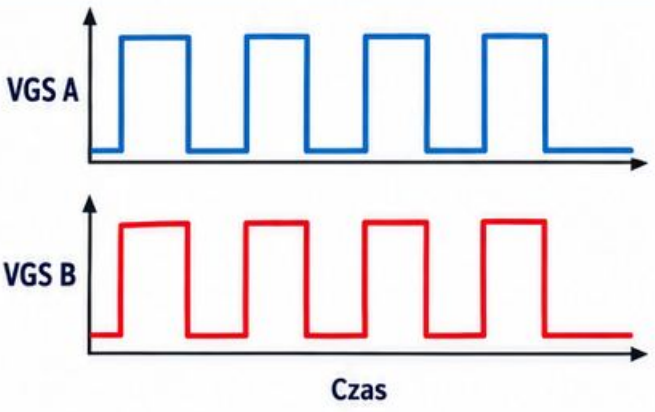
Punkt i odniesienie

Porównuj VGS właściwych kluczy względem ich własnych źródeł. Dla IGBT użyj VGE względem emitera oraz odpowiednich parametrów metody.

Ustawienie początkowe

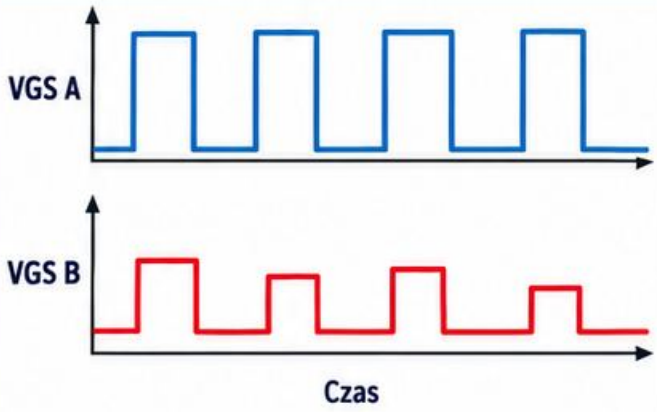
Użyj DC, zgodnych skal i wspólnego wyzwalania. Zapisz obciążenie oraz tryb; sprawdź tłumienie i przesunięcie czasowe kanałów.

Przebieg A



Przebiegi porównywalne w pokazanych warunkach.

Przebieg B



Wyraźna różnica amplitudy lub czasu w przykładzie.

Interpretacja

Symetria geometryczna nie gwarantuje identycznej funkcji gałęzi. Różnicę oceniaj względem topologii i sekwencji, nie wyłącznie wyglądu dwóch impulsów.

Następny test

Po bezpiecznym odłączeniu sprawdź elementy obu torów, zasilanie i zgodność zamienników. Potem potwierdź różnicę niezależnym pomiarem.

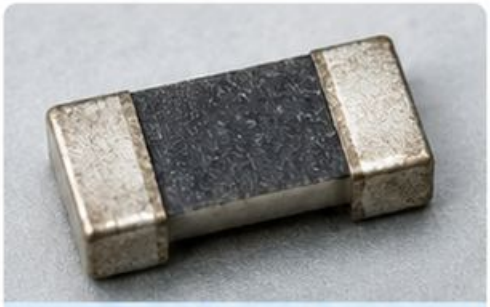
Różnica przewidziana → topologia.

Nieprzewidziana → tor sterowania.

Karta 13 • Odczyt przebiegu

CS — narastanie

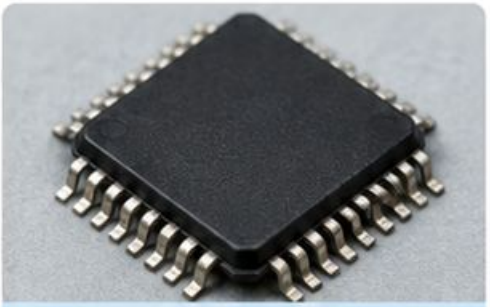
Stromość sygnału prądu zmienia się. Może odzwierciedlać pracę stopnia mocy albo błąd toru pomiarowego.



Rezystor pomiarowy



Filtr CS



Sterownik

Przebieg A

Łagodniejsze narastanie sygnału w przykładzie.



Przebieg B

Bardziej strome narastanie sygnału w przykładzie.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

CS mierz względem powrotu określonego dla wejścia sterownika, właściwą metodą różnicową lub izolowaną. Nie używaj przypadkowego punktu mocy jako odniesienia.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC i wyzwalanie związane z przełączaniem. Pokaż cały czas przewodzenia; sprawdź pasmo i wpływ sondy na mały sygnał.

Interpretacja

Stromość może zależeć od wejścia, indukcyjności i obciążenia. Nie przeliczaj CS na prąd bez znajomości czujnika, wzmocnienia oraz ewentualnej kompensacji.

Następny test

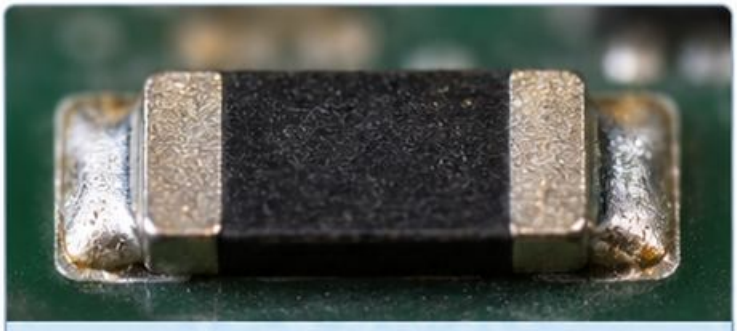
Sprawdź rzeczywiste przeciążenie i zgodność toru pomiarowego. Po odłączeniu oceń bocznik, filtr i luty; nie podnoś progu ochrony.

Wzrost rzeczywisty → stopień mocy.
Błąd skali → tor CS.

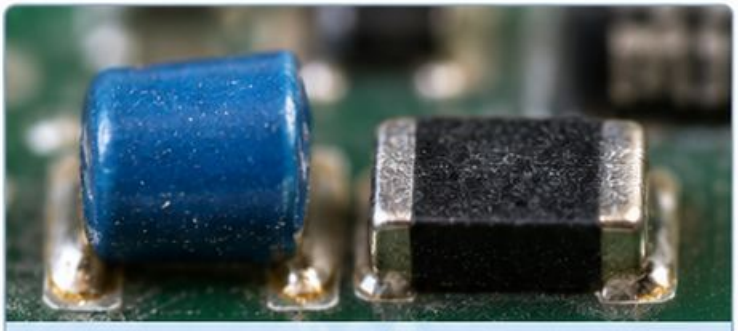
Karta 14 • Odczyt przebiegu

CS — zakłócenie zbocza

Wąska szpilka na początku impulsu może przedwcześnie ograniczać sterowanie. Wyklucz jednak rzeczywisty szybki wzrost prądu.



Rezystor pomiarowy



Filtr CS

Przebieg A

Narastający sygnał z małą szpilką początkową.



Przebieg B

Narastający sygnał z dużą szpilką początkową.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.

Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Mierz CS względem właściwego powrotu sterownika, metodą odpowiednią dla izolacji i potencjału obwodu. Sprawdź wpływ pojemności oraz pętli pomiarowej.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC, wyzwalanie przełączaniem i skalę rozdzielającą początek impulsu. Zachowaj pasmo potrzebne do oceny szpilki oraz wystarczające próbkowanie.

Interpretacja

Sprawdź w nocie działanie filtru i blankingu. Nie każdy impuls poza początkiem jest tym samym zjawiskiem; porównaj moment zatrzymania PWM.

Następny test

Po odłączeniu oceń filtr, bocznik i połączenia. Nie zwiększaj filtrowania na próbę, bo możesz opóźnić wykrywanie niebezpiecznego prądu.

Artefakt → poprawa metody.
Rzeczywisty impuls → CS i stopień mocy.

Karta 15 • Odczyt przebiegu

VCC – cykl UVLO

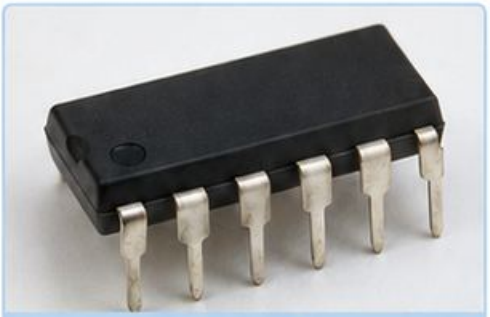
VCC wielokrotnie rośnie i opada. Rozróżnij brak podtrzymania od sekwencji ponownego startu po działaniu zabezpieczenia.



Kondensator VCC



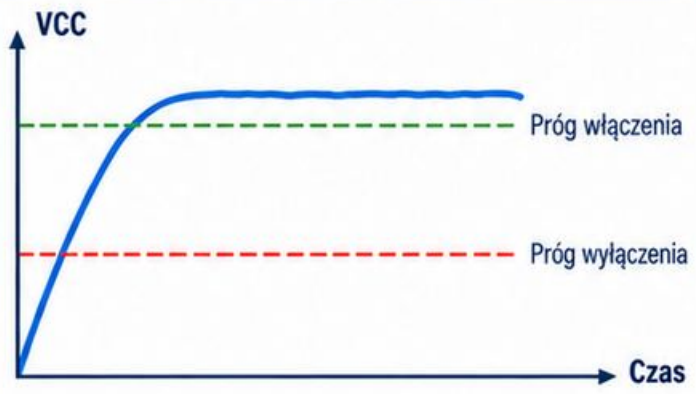
Dioda pomocnicza



Sterownik

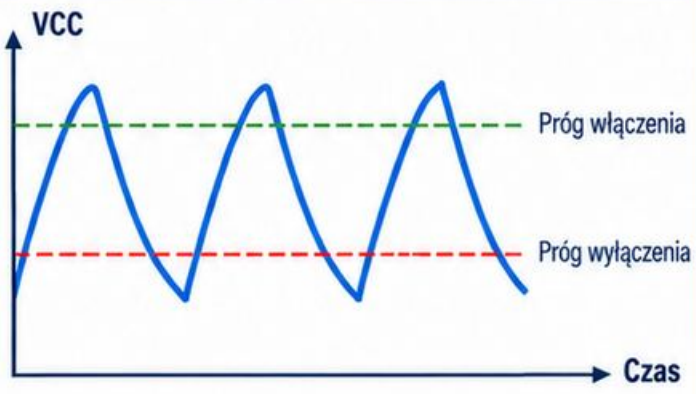
Przebieg A

VCC osiąga start i pozostaje w zakresie pracy.



Przebieg B

VCC przekracza próg startu, potem spada poniżej wyłączenia.



Punkt i odniesienie

Mierz VCC względem powrotu sterownika właściwą metodą różnicową lub izolowaną. Progi i ich tolerancje odczytaj dla konkretnego typu.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC, pojedyncze wyzwolenie i rekord obejmujący kilka prób. Skala musi pokazać oba progi bez wymyślonego wspólnego napięcia wzorcowego.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.

Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Interpretacja

Cykliczny przebieg jest zgodny z ponawianiem rozruchu, lecz nie identyfikuje przyczyny. Zabezpieczenie może zatrzymać impulsy przed spadkiem VCC.

Następny test

Porównaj czas zaniku przełączania. Po odłączeniu, rozładowaniu i potwierdzeniu braku napięcia zbadaj podtrzymanie, obciążenie VCC oraz wyjście.

Spadek VCC pierwszy → podtrzymanie.
Impulsy zanikają pierwsze → ochrona.

Karta 16 • Odczyt przebiegu

VCC — tętnienia

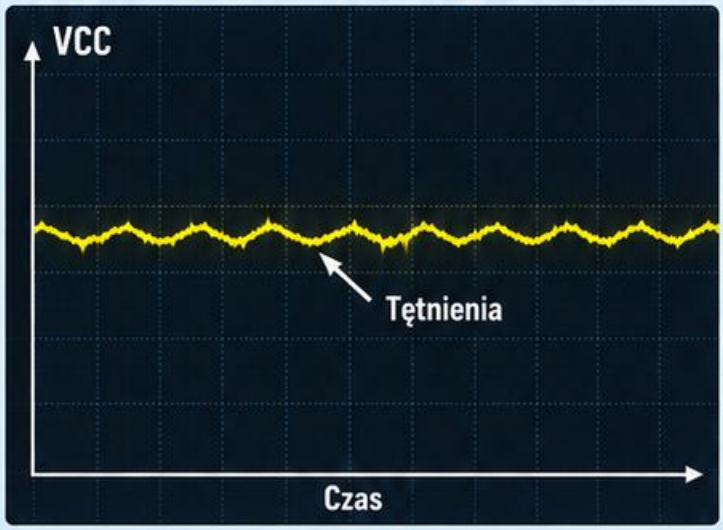
Wahania zasilania sterownika mogą wpływać na przełączanie. Odróżnij wolne zapady od krótkiego szumu i błędu sondowania.



Kondensator VCC | Dioda pomocnicza

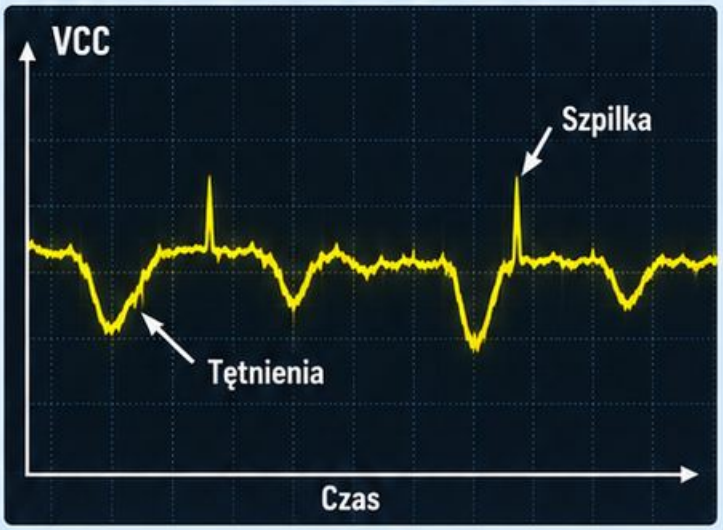
Przebieg A

Mniejsze wahania VCC w pokazanych warunkach.



Przebieg B

Większe wahania i minima VCC w pokazanych warunkach.



Punkt i odniesienie

VCC mierz względem powrotu sterownika właściwą metodą różnicową lub izolowaną. Dobierz zakres wspólny i różnicowy także dla stanu rozruchu.

Ustawienie początkowe

Najpierw DC dla poziomu i szczytów. Powiększenie tętnień lub AC stosuj świadomie, zapisując sprzężenie i pasmo; nie ukrywaj składowej stałej w interpretacji.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Interpretacja

Porównaj minimum z progiem wyłączenia, a maksimum z warunkami pracy konkretnego układu. Odczyt średni może nie ujawnić zagrożenia.

Następny test

Po odłączeniu i potwierdzonym rozładowaniu sprawdź kondensator, diodę oraz połączenia. Powtórz metodą o ograniczonym wpływie sondy.

Rzeczywiste minima → podtrzymanie.
Zmiana metody usuwa szpilki → artefakt.

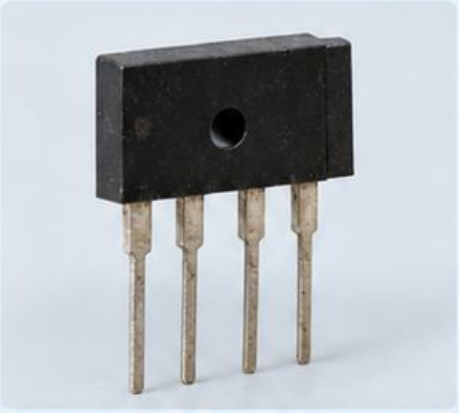
Karta 17 • Odczyt przebiegu

Szyna DC — tętnienia wolne

Szyna ma prawidłową średnią, ale duży spadek między doładowaniami. Rozpoznaj prostowanie i ewentualny aktywny PFC przed oceną.



Kondensator szyny



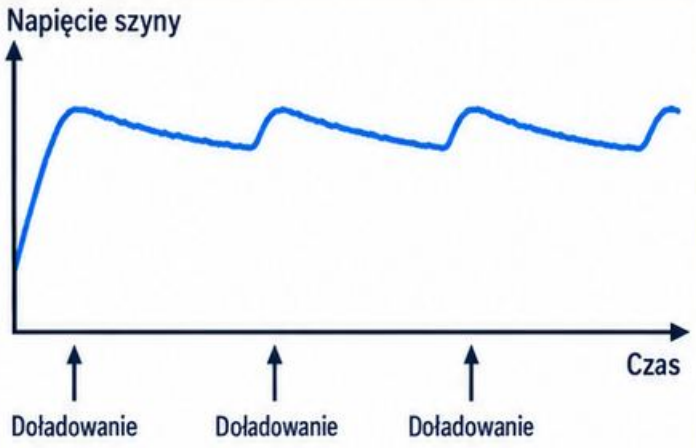
Mostek



Dławik PFC

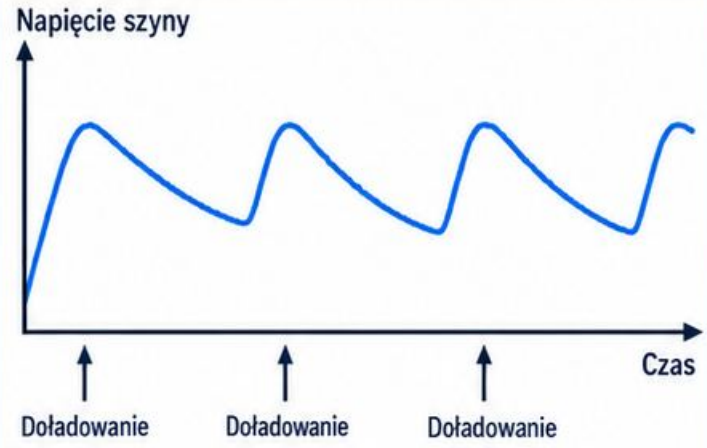
Przebieg A

Mniejszy spadek między doładowaniami w przykładzie.



Przebieg B

Większy spadek między doładowaniami w przykładzie.



Punkt i odniesienie

Mierz między biegunami właściwego kondensatora sondą różnicową lub systemem izolowanym o wymaganym napięciu wspólnym i dopuszczalnych przepięciach.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC i podstawę czasu obejmującą kilka wolnych cykli. Zapisz wejście, obciążenie i stan PFC; sprawdź zakres oraz skalę szczytów.

Interpretacja

Porównanie wymaga tych samych warunków. Głębszy spadek może pochodzić z pojemności, prostownika lub większego poboru; sam wykres nie wskazuje elementu.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

Po odłączeniu sprawdź prostowanie, połączenia i kondensator właściwą metodą. Nie stosuj jednej oczekiwanej wartości szyny do każdej topologii.

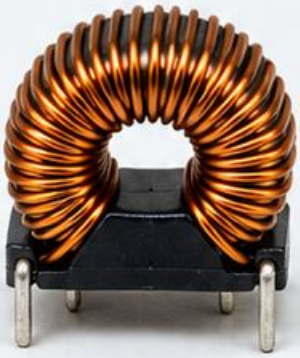
Brak doładowań → prostownik.
Duży spadek → magazyn energii i pobór.

Wyjście – tętnienia przełączania

Okresowe wahania wyjścia mogą odpowiadać przełączaniu, ale ich amplituda zależy również od sposobu pomiaru i obciążenia.



Kondensator wyjściowy



Dławik



Prostownik

Przebieg A

Mniejsze okresowe tętnienia w przykładzie.



Przebieg B

Większe okresowe tętnienia w przykładzie.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Mierz między właściwymi zaciskami wyjścia metodą odpowiednią dla izolacji. Dla małego sygnału uwzględnij szum, pojemność i czułość toru.

Ustawienie początkowe

Sprawdź DC przed powiększeniem. Następnie zastosuj sprzężenie i pasmo wymagane specyfikacją tętnień, zapisując obciążenie, skalę i położenie pomiaru.

Interpretacja

Porównuj amplitudę przy identycznym paśmie i punkcie. Wartość RMS nie jest amplitudą szczyt–szczyt; ograniczenie pasma może usuwać część treści sygnału.

Następny test

Po odłączeniu i potwierdzonym rozładowaniu sprawdź filtr, prostownik i połączenia. Poprawna pojemność nie wyklucza nadmiernej ESR.

Metoda zgodna → ocena amplitudy. Metoda inna → ujednolicenie.

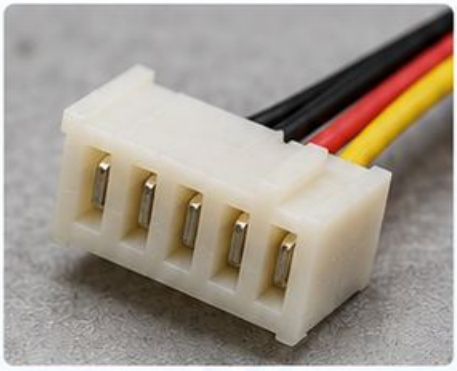
Karta 19 • Odczyt przebiegu

Wyjście – piki

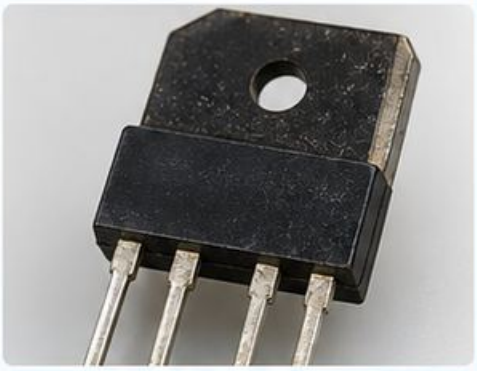
Krótkie piki mogą zakłócać odbiornik, lecz duża pętla sondowania może je również dodawać. Nie oceniaj ich z przypadkowego zrzutu.



Kondensator wyjściowy



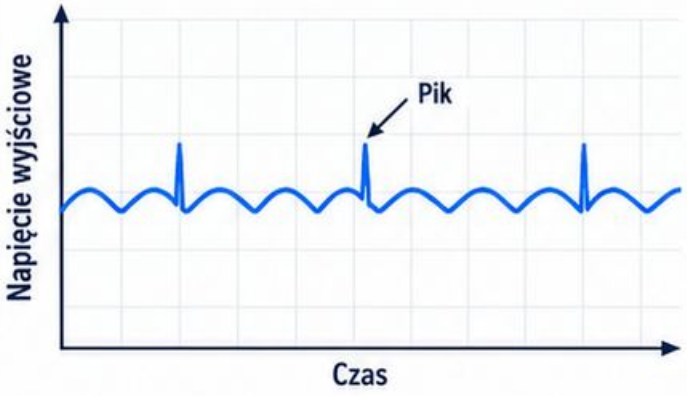
Złącze



Prostownik

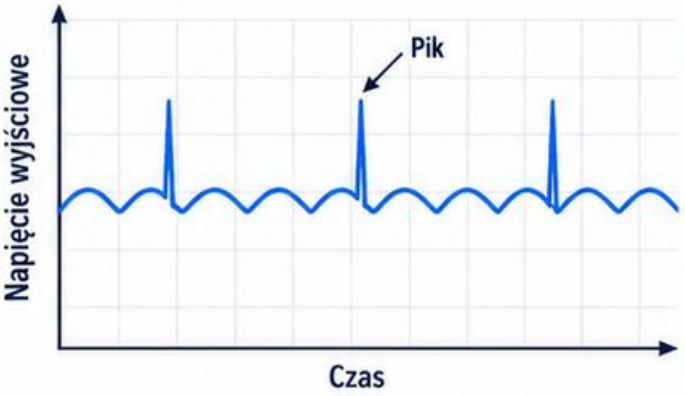
Przebieg A

Zapis z mniejszymi pikami w przykładzie.



Przebieg B

Zapis z większymi pikami w przykładzie.



Punkt i odniesienie

Mierz wyjście względem jego właściwego powrotu odpowiednią sondą. Sprawdź dopuszczalne napięcia i zalecaną geometrię pomiaru małych zakłóceń.

Ustawienie początkowe

Ustaw próbkowanie i pasmo zdolne uchwycić zdarzenie. Wyzwalanie szerokością lub poziomem zastosuj według możliwości przyrządu, zapisując próg bez fałszywej uniwersalnej granicy.

Interpretacja

Powtarzalność czasowa względem przełączania pomaga wskazać źródło, ale nie dowodzi rzeczywistej amplitudy. Porównaj poprawne metody sondowania przy niezmienionym obciążeniu.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

Jeżeli pik pozostaje, sprawdź prostowanie, filtr i połączenia po odłączeniu. Nie wygładzaj go funkcją uśredniania, zanim ocenisz pojedyncze zdarzenia.

Pik zależy od metody → artefakt. Pik trwały → obwód.

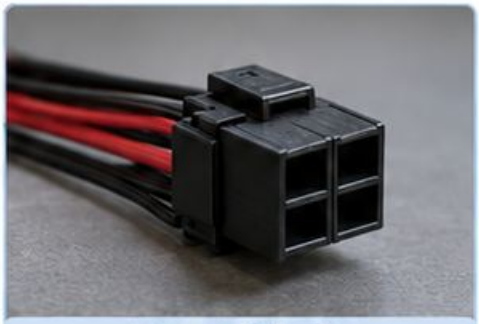
Karta 20 • Odczyt przebiegu

Wyjście — skok obciążenia

Napięcie zapada po wzroście poboru. Rozdziel odpowiedź zasilacza od strat przewodów i warunków niezgodnych z jego specyfikacją.



Wyjście



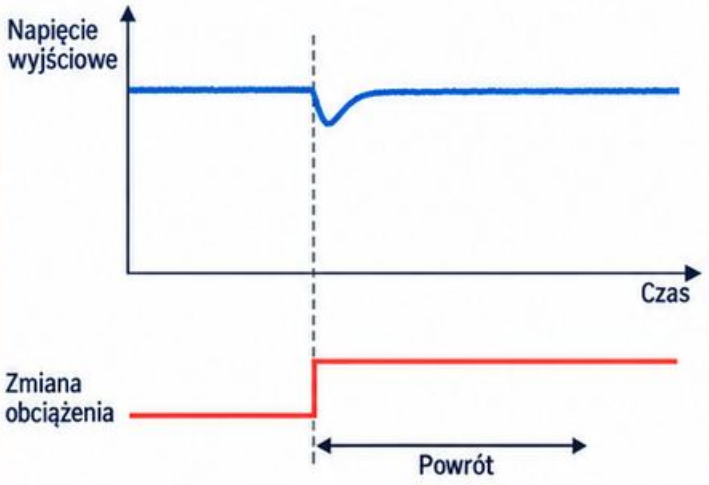
Złącze odbiornika



Obciążenie testowe

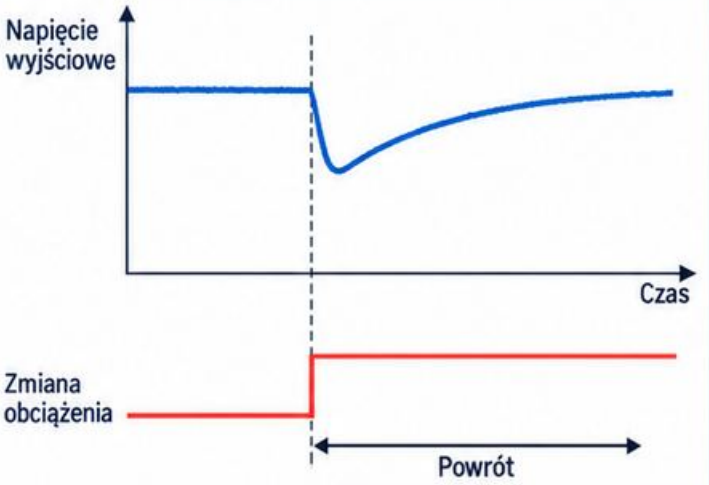
Przebieg A

Mniejszy zapad i szybszy powrót w przykładzie.



Przebieg B

Większy zapad lub wolniejszy powrót w przykładzie.



Punkt i odniesienie

Mierz między zaciskami wyjścia właściwą metodą, a następnie przy odbiorniku. Zachowaj tę samą zmianę prądu oraz warunki wejścia.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC i wyzwalanie związane ze zmianą obciążenia. Zapisz poziomy, szybkość zmiany oraz pasmo; pokaż stan przed zdarzeniem i pełny powrót.

Interpretacja

Porównaj z wymaganiem odbiornika, nie z idealnie płaską linią. Praca w ograniczeniu prądu nie jest zwykłą odpowiedzią małosygnałową.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

Sprawdź połączenia, kondensatory i regulację po bezpiecznym odłączeniu. Nie zmieniaj kompensacji ani pojemności na próbę.

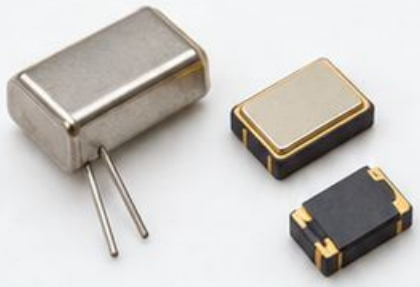
Zapad lokalny → połączenia.
Zapad źródła → energia i regulacja.

Karta 21 • Odczyt przebiegu

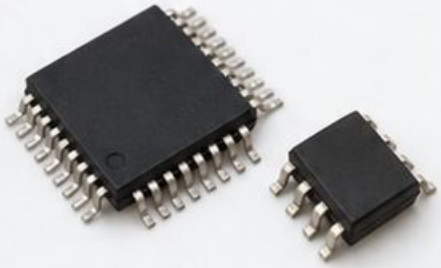
Zegar — brak oscylacji

Płaska linia może oznaczać brak zegara albo zatrzymanie obwodu przez sondę. Najpierw wybierz właściwy punkt obserwacji.

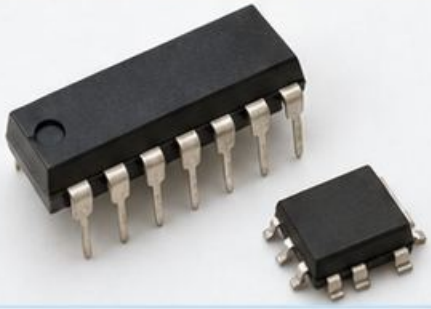
Oscylator



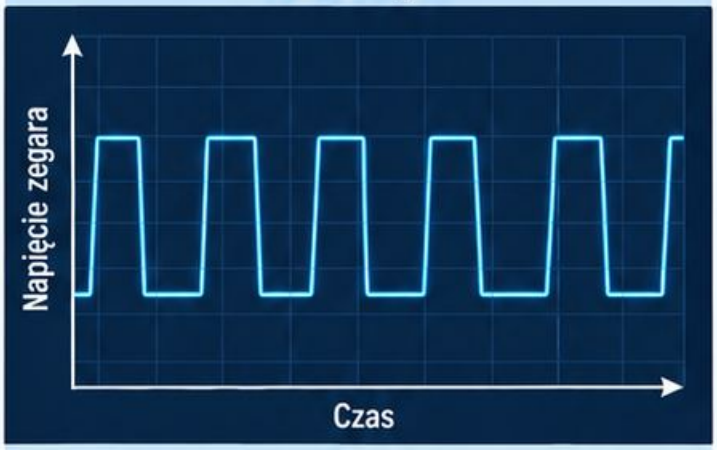
Wyjście buforowane



Układ logiczny



Przebieg A



Widoczne okresowe oscylacje w przykładzie.

Przebieg B



Brak widocznych oscylacji w przykładzie.

Punkt i odniesienie

W dokumentacji znajdź dopuszczony punkt, najlepiej buforowane wyjście. Mierz względem jego powrotu metodą odpowiednią dla izolacji i małej pojemności wejściowej.

Ustawienie początkowe

Sprawdź pasmo, tłumienie oraz DC. Ustaw skalę czasu zgodną z oczekiwaną częstotliwością, poziom wyzwalania wewnątrz amplitudy i właściwe próbkowanie.

Interpretacja

Płaski przebieg wymaga wykluczenia złej skali, braku kontaktu, braku zasilania i obciążenia sondą. Nie zakładaj, że rezonator ma dawać idealny prostokąt.

Następny test

Sprawdź zasilanie, reset i warunki startu. Nie sonduj dowolnie węzła rezonatora ciężką sondą ani nie wymieniaj go na podstawie jednego zrzutu.

Punkt obciążony → właściwa metoda.
Brak zegara trwały → warunki startu.

Karta 22 • Odczyt przebiegu

Zegar — niestabilny okres

Zbocza nie wypadają w tym samym miejscu. Przyczyną może być rzeczywista zmienność, wyzwalanie, szum lub ograniczenia akwizycji.



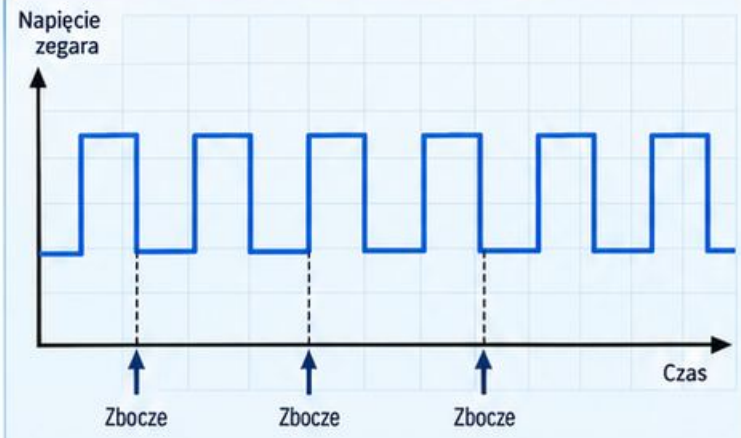
Oscylator



Kondensator zasilania

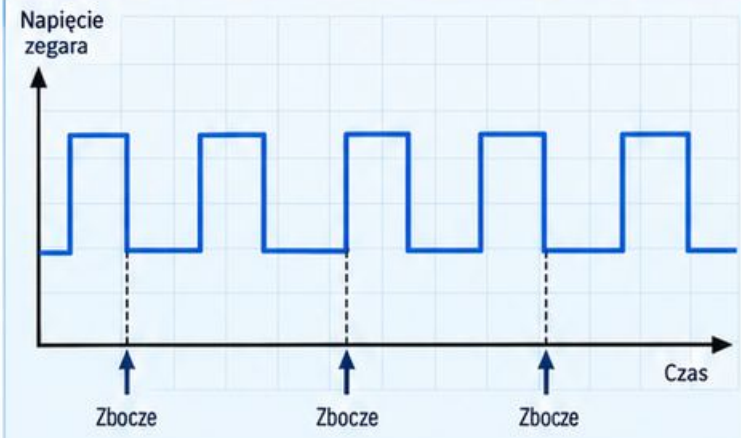
Przebieg A

Okresy zbliżone w pokazanym fragmencie.



Przebieg B

Okresy bardziej zróżnicowane w pokazanym fragmencie.



Punkt i odniesienie

Mierz w punkcie dopuszczonym przez dokumentację, względem właściwego powrotu. Ogranicz obciążenie obwodu i sprawdź pasmo oraz szum toru.

Ustawienie początkowe

Ustaw stabilne wyzwalanie na wybranym zboczu i odpowiedni poziom. Pokaż kolejne okresy; sprawdź próbkowanie, pamięć i wpływ interpolacji.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Interpretacja

Szeroki ślad przy persystencji nie identyfikuje samodzielnie jittera źródła. Szum amplitudy i wyzwalania mogą pozornie przesuwać moment przecięcia progu.

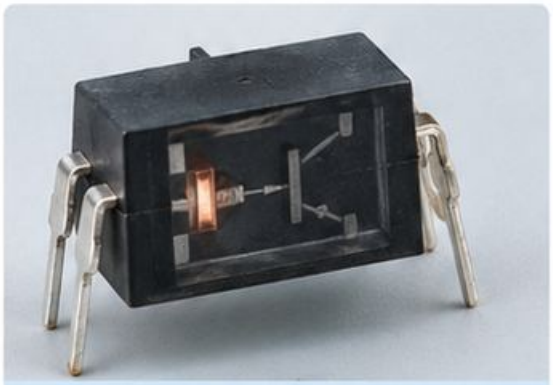
Następny test

Porównaj z zasilaniem i inną zatwierdzoną metodą. Do oceny jittera stosuj procedurę oraz statystykę odpowiednią dla wymagania.

Błąd akwizycji → korekta.
Zmienność trwała → zegar i zasilanie.

Sprzężenie – odpowiedź na zmianę

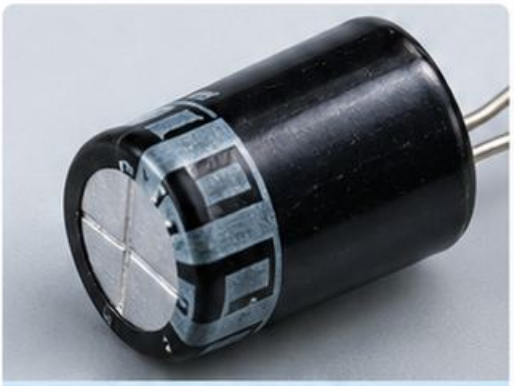
Zmiana obciążenia powinna wywołać działanie regulacji. Porównaj wyjście i sygnał sprzężenia, zachowując rozdział potencjałów.



Transoptor



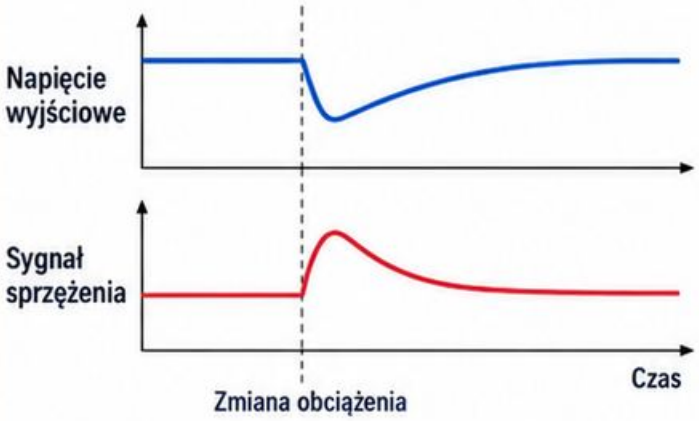
Układ odniesienia



Kondensator wyjściowy

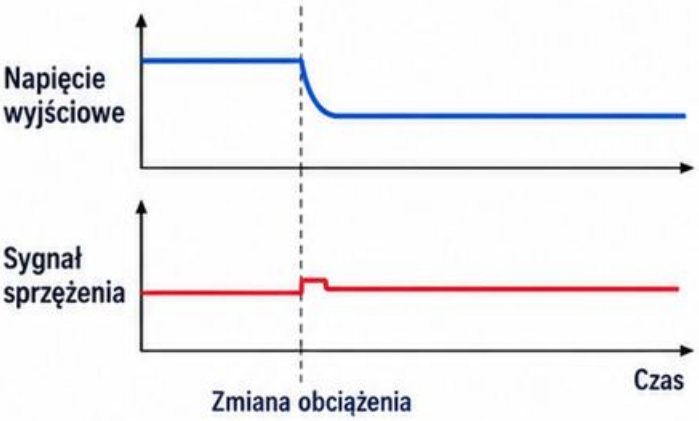
Przebieg A

Po zmianie sprzężenie reaguje i wyjście wraca w przykładzie.



Przebieg B

Po zmianie reakcja sprzężenia jest ograniczona lub zanika.



Punkt i odniesienie

Wyjście oceniaj względem jego powrotu, a sygnał sprzężenia względem odniesienia właściwego dla wybranego punktu. Nie łącz stron transoptora masami kanałów.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC i wspólny zapis zdarzenia. Sprawdź opóźnienia oraz pasmo kanałów; zapisuj skalę sygnału sprzężenia niezależnie od napięcia wyjścia.

Interpretacja

Kierunek sygnału zależy od punktu i architektury. Brak oczekiwanej reakcji może wynikać z polaryzacji, nasycenia albo przerwy toru.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.

Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

Po odłączeniu sprawdź dzielnik, układ odniesienia i transoptor. Sama sprawna dioda transoptora nie potwierdza przekazywania sygnału.

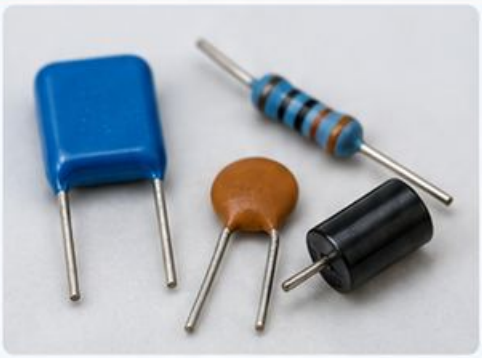
Reakcja niewłaściwa → warunki i tor.
Reakcja zgodna → dynamika pętli.

Sprzężenie – oscylacje

Powtarzalne wahania wyjścia mogą wskazywać niestabilność pętli, ale podobny objaw daje cykliczna ochrona albo zmienne obciążenie.



Transoptor



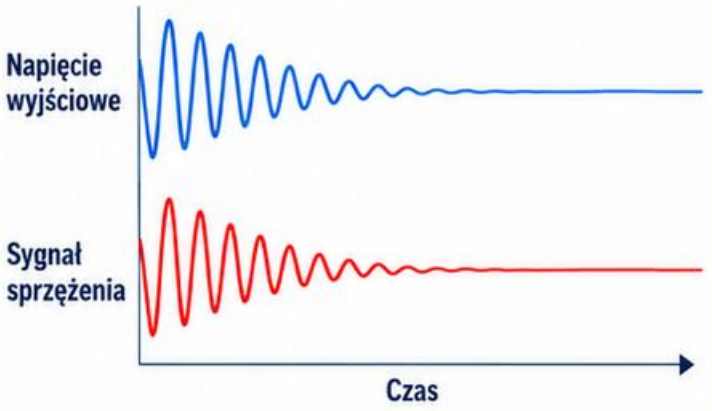
Elementy kompensacji



Kondensator wyjściowy

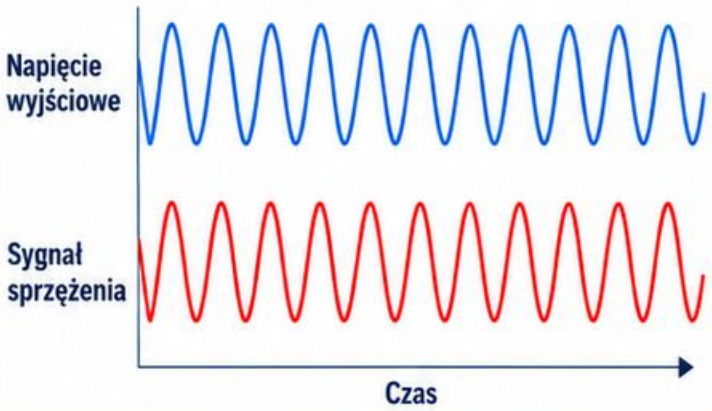
Przebieg A

Zaburzenie zanika po zmianie warunków w przykładzie.



Przebieg B

Zaburzenie utrzymuje się okresowo w przykładzie.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.

Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Każdy sygnał mierz względem własnego właściwego powrotu, odpowiednią metodą izolowaną lub różnicową. Zachowaj barierę między stronami.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC, długi rekord dla wolnych wahań i wystarczające próbkowanie. Zapisz obciążenie oraz wejście; rozdziel oscylację od szumu przełączania.

Interpretacja

Tłumiona odpowiedź i podtrzymane oscylacje wymagają różnych ocen. Sam wykres nie wyznacza zapasu fazy ani nie rozstrzyga przyczyny.

Następny test

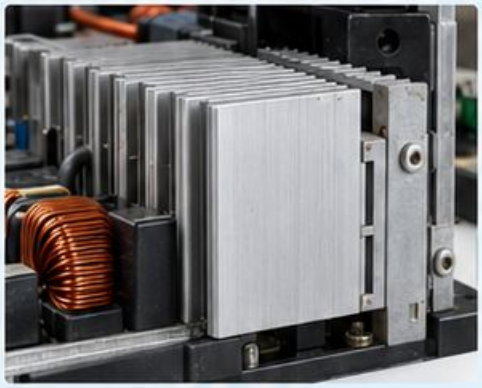
Sprawdź obciążenie, VCC i ochronę, potem zgodność kompensacji oraz kondensatorów po odłączeniu. Nie dostrajaj pętli przypadkową zmianą wartości.

Cykliczna ochrona → przyczyna. Oscylacja pętli → ocena dynamiki.

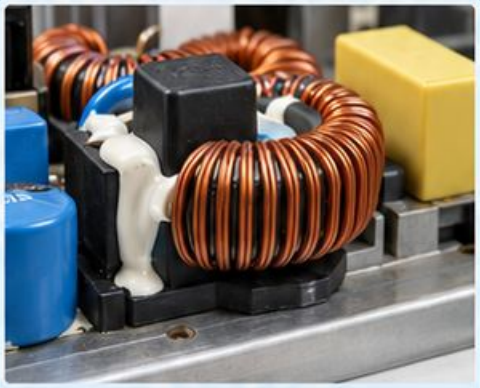
Karta 25 • Odczyt przebiegu

Falownik — sinusoida

Odczyt RMS wygląda dobrze, ale wyjście może być zniekształcone.
Najpierw ustal, jaki przebieg przewiduje konkretny tryb UPS-a.



Falownik



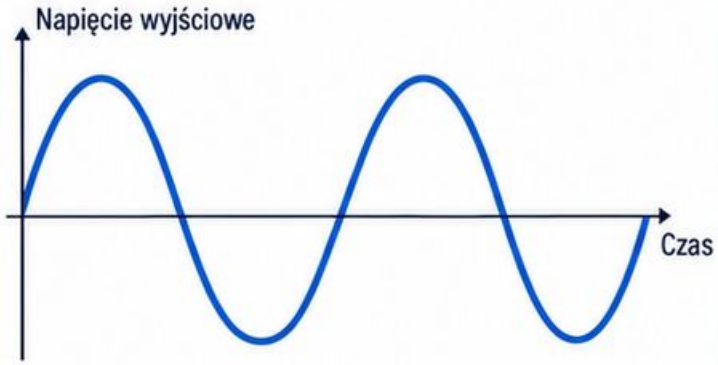
Filtr wyjściowy



Złącze wyjścia

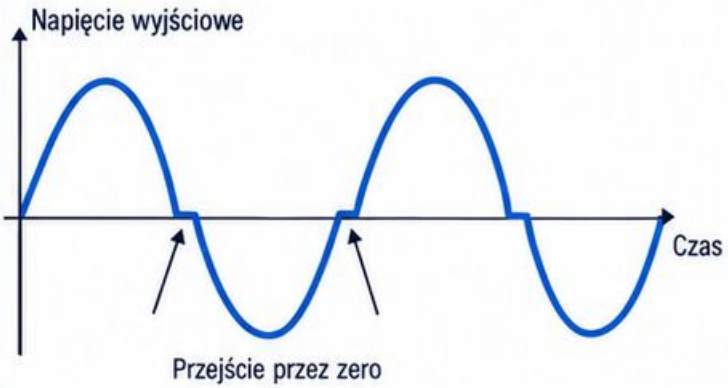
Przebieg A

Przebieg zbliżony do sinusoidy w przykładzie.



Przebieg B

Przebieg z odkształceniem przy przejściu przez zero.



Punkt i odniesienie

Mierz między właściwymi zaciskami wyjścia sondą różnicową lub systemem izolowanym odpowiednim dla napięć i przepięć.
Nie zakładaj odniesienia do PE.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC dla oceny składowej stałej i skalę obejmującą kilka okresów. Sprawdź pasmo, zakres i próbkowanie; zapisz obciążenie oraz tryb.

Interpretacja

Zniekształcenie oceniaj według wymaganej topologii i warunków. Nie każdy UPS ma sinusoidę w każdym trybie; RMS nie opisuje kształtu.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.

Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

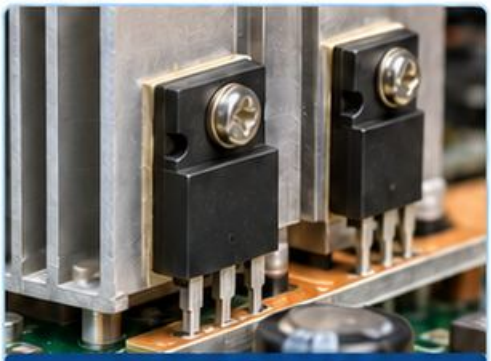
Następny test

Sprawdź obciążenie, filtr i symetrię sterowania.
Nie omijaj zabezpieczeń i nie wykonuj improwizowanej zmiany źródła.

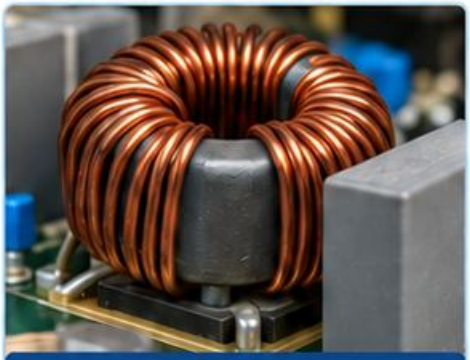
Kształt zgodny z trybem → ocena wymagań.
Niezgodny → falownik i filtr.

Falownik — modulacja

Na węźle przełączającym widać PWM, choć na wyjściu oczekiwane jest napięcie o wolniejszym przebiegu. Rozróżnij miejsce pomiaru.



Klucz falownika



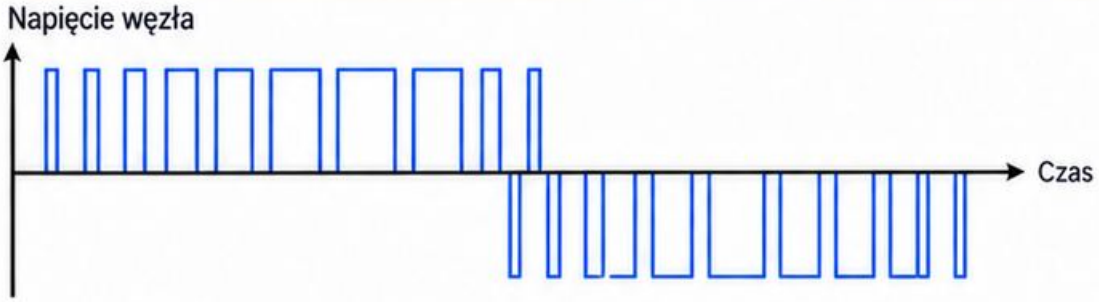
Filtr



Wyjście

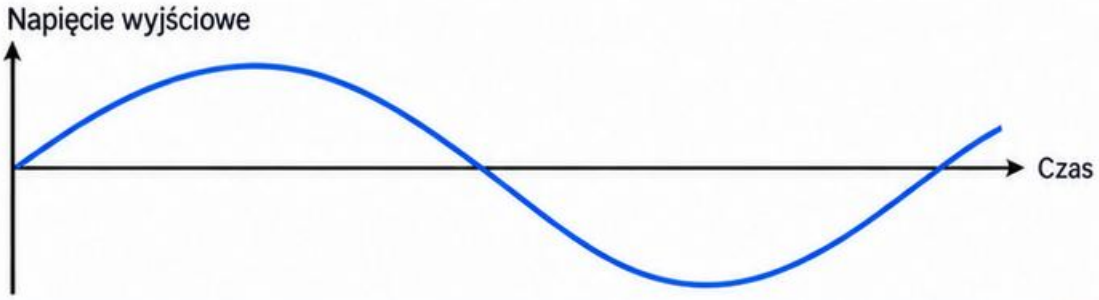
Przebieg A

Widoczna modulacja PWM przed filtrem w przykładzie.



Przebieg B

Wolniejszy przebieg po filtrze w przykładzie.



Punkt i odniesienie

Węzeł oceniaj względem odniesienia wynikającego z topologii, wyjście między właściwymi zaciskami. Użyj systemu różnicowego lub izolowanego odpowiedniego dla obu pomiarów.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC i dwa widoki czasu: modulację oraz przebieg po filtracji. Sprawdź próbkowanie, aby szybkie impulsy nie tworzyły fałszywej obwiedni.

Interpretacja

To dwa różne punkty funkcjonalne, nie automatycznie stan dobry i zły. Kształt i poziomy zależą od topologii oraz metody modulacji.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.
Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

Sprawdź zgodność miejsca pomiaru z wymaganiem. Przy błędzie wyjścia oceń filtr, sterowanie i obciążenie po bezpiecznym odłączeniu.

Punkt przed filtrem → modulacja. Punkt wyjścia → wynik filtracji.

Karta 27 • Odczyt przebiegu

Falownik – brak połówki

Wyjście traci dodatnią lub ujemną część okresu. Przed diagnozą klucza wyklucz błąd zakresu, sprzężenia i punktu odniesienia.



Falownik



Sterownik



Filtr

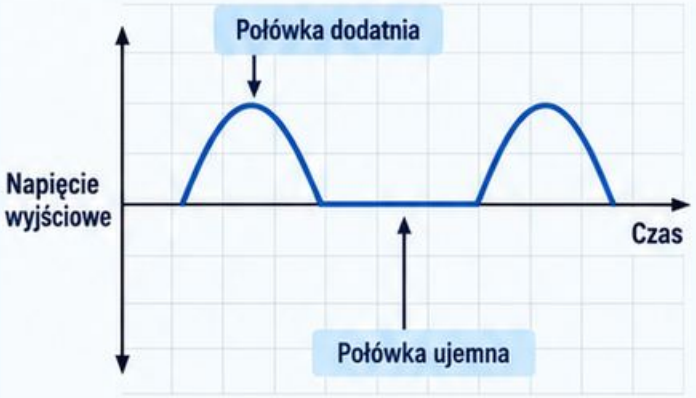
Przebieg A

Obie połówki obecne w przykładzie.



Przebieg B

Jedna połówka nieobecna w przykładzie.



Punkt i odniesienie

Mierz między właściwymi zaciskami wyjścia metodą różnicową lub izolowaną o wymaganym zakresie wspólnym. Nie łącz wyjścia z ziemią dla wygody.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC, środek zakresu i skalę pokazującą obie polaryzacje. Wyzwalaj stabilnie; zapisz kilka pełnych okresów oraz warunki obciążenia.

Interpretacja

Potwierdzona utrata połówki może wynikać ze sterowania, gałęzi mocy lub pomiaru prądu. Sam kształt nie wskazuje konkretnego tranzystora.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami.

Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

Przerwij próbę przy niebezpiecznej składowej stałej lub przeciążeniu.
Po odłączeniu, rozładowaniu i potwierdzeniu braku napięcia sprawdź obie gałęzie.

Błąd akwizycji → korekta. Połówka rzeczywiście znika → stopień mocy.

Karta 28 • Odczyt przebiegu

Falownik — przejście między trybami

Odbiornik resetuje się podczas zmiany trybu UPS-a. Zapis musi obejmować chwilę przejścia, nie tylko stan przed i po.



Wyjście UPS



Panel trybu



Odbiornik

Przebieg A

Przejście z mniejszym zaburzeniem w przykładzie.



Przebieg B

Przejście z przerwą lub większym zaburzeniem w przykładzie.



Punkt i odniesienie

Mierz między właściwymi zaciskami wyjścia bezpiecznym systemem różnicowym lub izolowanym. Uwzględnij wiele źródeł energii i możliwe zmiany potencjału podczas przejścia.

Ustawienie początkowe

Ustaw DC, pojedyncze wyzwolenie i zapis przed zdarzeniem. Sposób wywołania zmiany trybu musi być zatwierdzony; dobierz rekord do oczekiwanego czasu.

Interpretacja

Dopuszczalność przerwy zależy od topologii, trybu i wymagań odbiornika. Nie przyjmuj jednego czasu przełączenia dla wszystkich UPS-ów.

Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Następny test

Porównaj z dokumentacją urządzenia oraz obciążeniem. Nie wymuszaj manewrów bypassu ani odłączeń baterii poza procedurą serwisową.

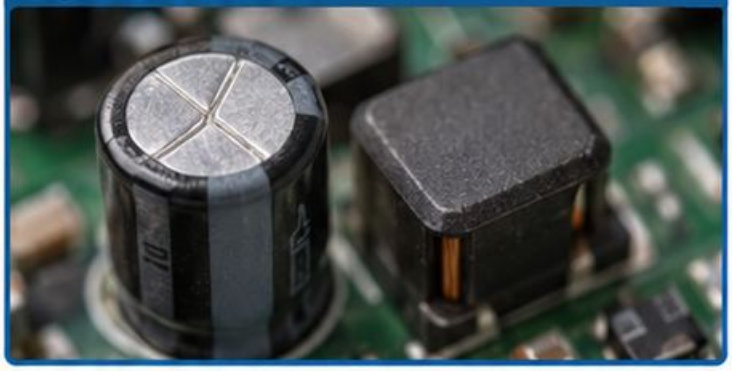
Zgodność UPS → wymagania odbiornika. Niezgodność → sekwencja przełączenia.

Karta 29 • Odczyt przebiegu

Reset — wyzwalanie pojedyncze

Restart występuje rzadko i znika z ekranu przy zwykłym podglądzie. Zaplanuj wyzwolenie na zdarzeniu, które poprzedza utratę pracy.

Wyjście zasilania

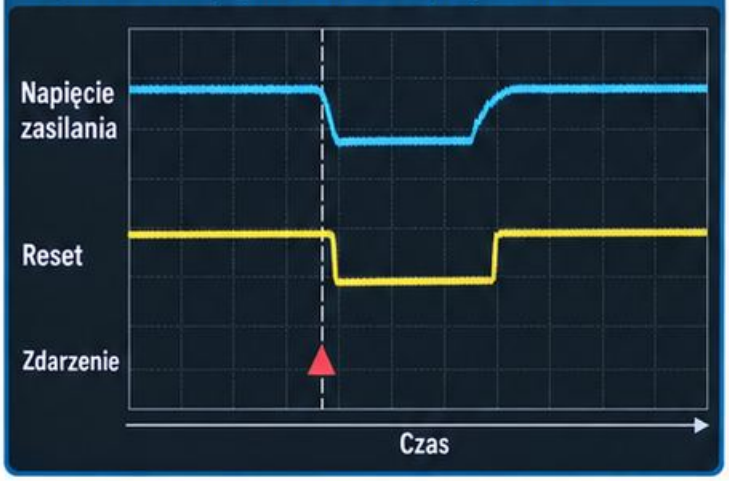


Sygnał resetu



Przebieg A

Zapad zasilania poprzedza reset w przykładzie.



Przebieg B

Reset zmienia stan przy stabilnym zasilaniu w przykładzie.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Zasilanie mierz względem jego powrotu, reset względem właściwego odniesienia logicznego. Dobierz niezależnie bezpieczne kanały, zachowując izolację między domenami.

Ustawienie początkowe

Użyj Single, właściwego zbocza lub warunku impulsu i zapisu przed wyzwoleniem. Poziom dobierz do specyfikacji oraz spodziewanego zdarzenia, nie dowolnej wartości.

Interpretacja

Kolejność pomaga rozdzielić tor energii od sterowania. Uwzględnij opóźnienia sond i znaczenie aktywnego poziomu resetu; korelacja nie dowodzi całej przyczyny.

Następny test

Sprawdź wskazany tor i warunki odbiornika. Zachowaj rekord wraz z ustawieniami, obciążeniem i czasem obserwacji.



Karta 30 • Odczyt przebiegu

Zakłócenie – artefakt sondowania

Po zmianie sposobu pomiaru szpilka zmienia amplitudę. Może być artefaktem, ale każda metoda musi zachować wymagane bezpieczeństwo.



Element badany



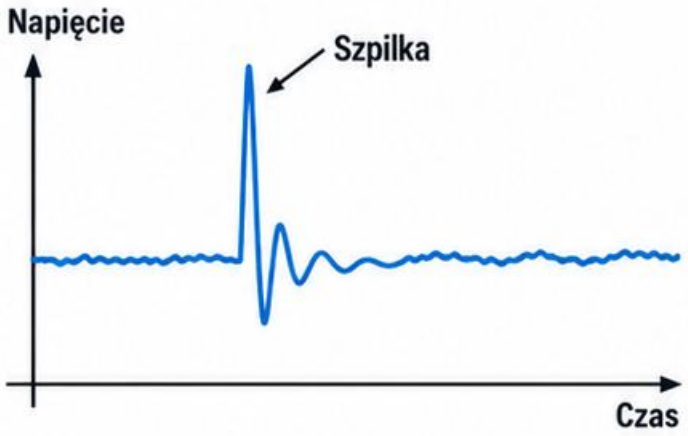
Sonda



Dokumentacja pomiaru

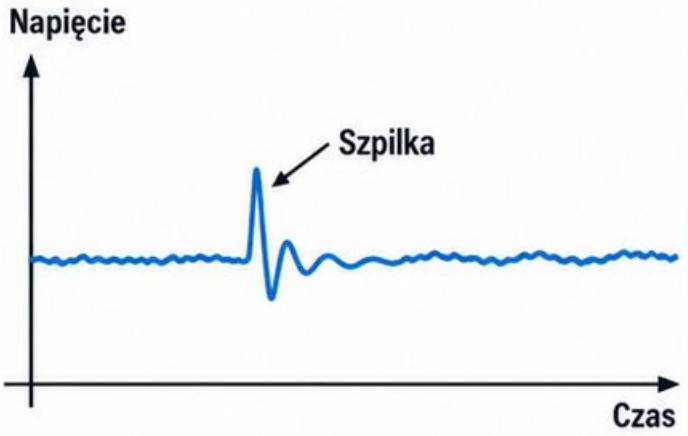
Przebieg A

Większa szpilka w pierwszym zapisie przykładowym.



Przebieg B

Mniejsza szpilka po poprawie metody w przykładzie.



Pracuj według procedury, z zabezpieczeniami. Sprawdź zakresy, pasmo i przepięcia.

Punkt i odniesienie

Wybierz właściwe punkty i sondę różnicową lub system izolowany, gdy wymaga tego obwód. Nie odłączaj uziemienia oscyloskopu ani nie zwieraj odniesień.

Ustawienie początkowe

Zapisz tłumienie, pasmo, próbkowanie i sprzężenie. Porównaj dwie dopuszczone geometrie lub metody przy niezmienionych warunkach pracy i tym samym punkcie.

Interpretacja

Zmiana zależna od pętli i obciążenia sondy wskazuje wpływ pomiaru. Nie dowodzi całkowitego braku rzeczywistego zakłócenia; potrzebne jest potwierdzenie niezależną właściwą metodą.

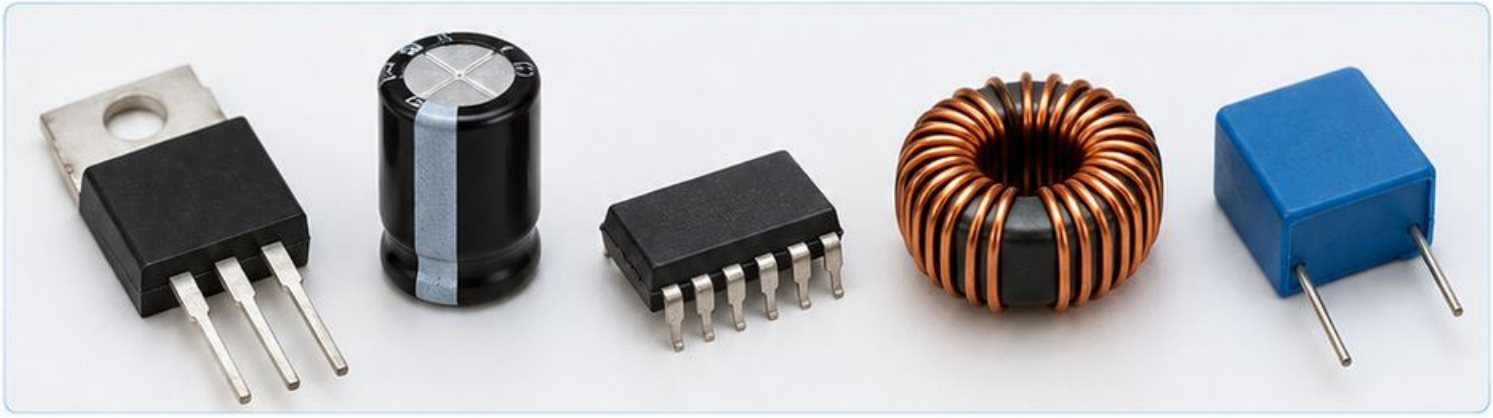
Następny test

Oddziel artefakt od pozostałego sygnału. Ocenę zgodności wykonuj przy paśmie i punkcie wymaganych specyfikacją, bez ukrywania pojedynczych zdarzeń uśrednianiem.

Decyzja — **Wpływ metody → korekta. Sygnał trwały → dalsza diagnostyka.**

Źródła — część 1

Dobór metody i granic pomiaru oparto na dokumentacji producentów. Parametry konkretnego urządzenia zawsze wymagają jego własnej instrukcji i pełnej identyfikacji.



Sygnał PWM — sterowanie



PWM

Sygnał na bramce — ładowanie



VGE

Tektronix — Floating Measurements Selection Guide: odniesienia pływające, metody różnicowe i ograniczenia bezpieczeństwa.

Tektronix — Probing Techniques for Accurate Voltage Measurements on Power Supplies: wpływ sondowania, szum i pomiary zasilania.

Texas Instruments UCx84x: przykład funkcji PWM, CS i UVLO; nie uniwersalna pinologia ani wspólne progi.

Infineon AN-944: ładunek bramki i zależności sterowania MOSFET-ów.

Infineon — przełączanie IGBT: VGE, plateau Millera i zachowanie prądu przy wyłączaniu.

Fluke — pomiar pojemności: przygotowanie odizolowanego elementu po kontrolowanym rozładowaniu.

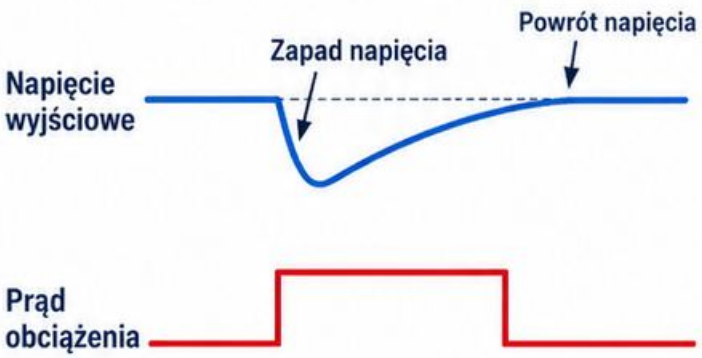
Wykres bez skali służy rozpoznaniu cechy, nie ocenie zgodności liczbowej. Porównuj dane przy zapisanym wejściu, obciążeniu i temperaturze.

Źródła — część 2

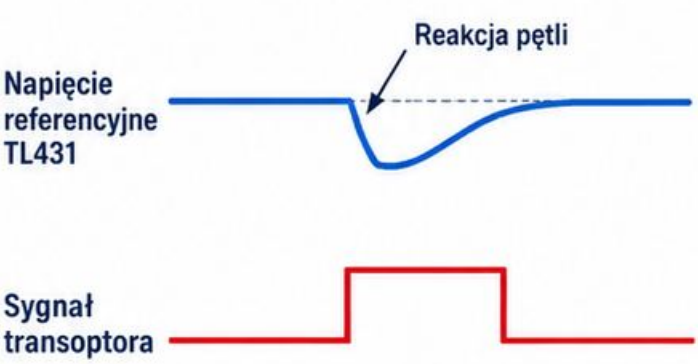
Identyfikacja elementów (przykłady)



Odpowiedź na zmianę obciążenia



Pętla sprzężenia TL431



Źródła

7	Texas Instruments — odpowiedź na zmianę obciążenia: zależności zapadu, ograniczeń prądu i powrotu napięcia.
8	Texas Instruments — pętla TL431: polaryzacja, transoptor i dynamika sprzężenia.
9	Texas Instruments — pomiar jittera w dziedzinie czasu: wpływ toru pomiarowego na interpretację zmian okresu.
10	Texas Instruments — wsparcie dotyczące oscylatora MSP430: przykład zatrzymania oscylacji przez obciążenie sondą.
11	Tektronix — pomiary falowników PWM: punkt przed filtrem, wyjście i trudności akwizycji sygnału modulowanego.
12	Tektronix — funkcje oscyloskopu: wyzwalanie, rekord i rejestracja zdarzeń pojedynczych.

Źródła przypisano do kart w dokumentacji produktu. Przykłady różnych konstrukcji nie uprawniają do przenoszenia między nimi poziomów, pinów ani progów.

Zachowuj oryginalny rekord wraz z ustawieniami. Przy wyniku niejednoznacznym zapisz ograniczenie metody i test, który może je rozstrzygnąć.