



Cleverscope CS548

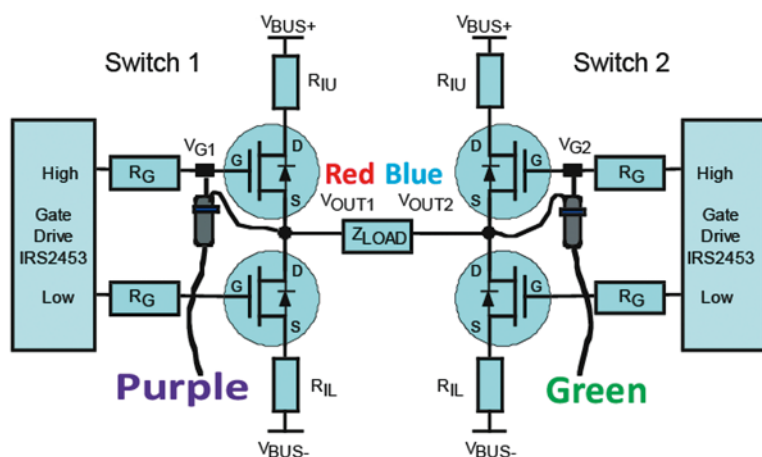
Oscyloskop z izolacją galwaniczną 2 kV lub 30 kV

Duża część inżynierów używających na co dzień stacjonarnych przyrządów pomiarowych wysokiej klasy traktuje przystawki do komputerów jako sprzęt gorszej jakości. Nawet przenośne oscyloskopy i analizatory widma będące odpowiednikami stacjonarnych modeli są uważane tylko za ich słabsze wersje. Czy jest to pogląd słuszny? W wielu przypadkach można się z nim zgodzić, ale są wyjątki.

Oscyloskop Cleverscope CS548 z pewnością nie jest tylko małą przystawką do komputera udającą oscyloskop. To dość specyficzny, wręcz

unikatowy oscyloskop o wielu zaletach, jakich nie znajdziemy w większości oscyloskopów stacjonarnych. Model CS548 jest rozwinięciem poprzednika CS448,

nad którym pracowano aż 5 lat. Należy również dodać, że oscyloskop CS448 jest z kolei kontynuatorem dobrych tradycji poprzednika CS328A. Uprawnione jest zatem stwierdzenie, że inżynierowie Cleverscope zgromadzili przez lata sporo wiedzy i doświadczeń w zakresie konstruowania oscyloskopów USB, co nie może być bez znaczenia dla prac nad kolejnymi projektami.



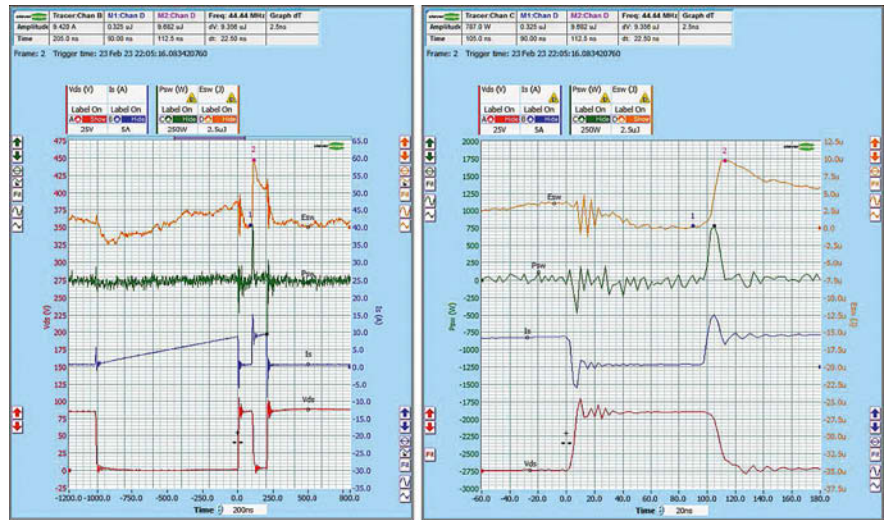
Rys. 1. Pełny mostek z tranzystorami FET z uwzględnieniem punktów dołączenia sond pomiarowych

Jak powstawał oscyloskop CS448 – protoplasta CS548

Zanim zajmiemy się oscyloskopem CS548, cofnijmy się do okresu, w którym konstruowano model CS448. Jego geneza jest niezwykle ciekawa, ale nie wyjątkowa. Przyglądając się bliżej okolicznościom powstawania niektórych przyrządów pomiarowych różnych firm, można znaleźć podobne historie. CS448 został skonstruowany w wyniku potrzeby

chwili. Wszystko zaczęło się od projektu sterownika, który miał być zastosowany w napędzie o zmiennej prędkości obrotowej (VSD – Variable Speed Drives). Istnieje kilka rozwiązań układowych tego zagadnienia, lecz nas będzie interesowało takie, w którym napęd zawiera trzy półmostki wytwarzające przebieg trójfazowy napędzający silnik. Każdy półmostek zawiera dwa przełączniki oparte na tranzystorach FET lub IGBT. Łączą one obciążenie do dodatniej lub ujemnej linii zasilającej. Schemat pełnego mostka został przedstawiony na rysunku 1. Obciążenie Z_{LOAD} jest na przemian przełączane między V_{bus+} a V_{bus-} tak, że prąd przepływa przez nie na przemian w dwóch kierunkach. Ze względu na indukcyjny charakter obciążenia, jakim jest silnik elektryczny, płynący przez niego prąd narasta lub opada względnie wolno po zmianie kierunku napięcia zasilającego. Prąd średni silnika może być regulowany współczynnikiem wypełnienia prostokątnego przebiegu kluczującego. Do zasilania nie jest konieczne napięcie sinusoidalne, zamiast niego można zastosować przebieg PWM.

Jest niemal pewne, że inżynier uruchamiający układ z rysunku 1 będzie chciał obejrzeć na oscyloskopie napięcie występujące na obciążeniu mostka. Problem polega na tym, że wejścia typowych oscyloskopów nie są przystosowane do pomiarów sygnałów różnicowych, mierzą napięcia odnoszone do masy. Można oczywiście zastosować sondę różnicową albo zmierzyć napięcia między węzłami V_{G1} i V_{G2} , używając dwóch kanałów pomiarowych i odpowiedniej funkcji matema-



Rys. 2. Precyzyjny pomiar parametrów mocy z zastosowaniem powiększania wykresów i markerów ekranowych

tycznej, ale najwygodniejszy byłby oczywiście pomiar bezpośredni. Nie jest to jednak najtrudniejszy problem do pokonania. Z czym więc możemy się zderzyć, wykonując taki pomiar?

Zauważmy, że tranzystor FET może się przełączać w czasie 10...100 ns. Im ten czas jest krótszy, tym bardziej krytyczne stają się warunki pomiaru. Załóżmy, że na liniach zasilających silnik (Z_{LOAD}) panuje napięcie 680 V, a sonda pomiarowa ma pojemność 100 pF. Przeładowanie tej pojemności spowoduje przepływ prądu:

$$i = \frac{CV}{dt} = \frac{100\text{pF} \cdot 680\text{V}}{10\text{ns}} = 6800\text{mA} = 6,8\text{A}$$

Taki prąd popłynie do sondy i zakłóci pomiar. Zastosowanie sondy różnicowej zapobiegnie temu zjawisku, ale nawet

dobre sondy mają przy wysokich częstotliwościach stosunkowo niski współczynnik tłumienia sygnałów wspólnych (CMRR). Przykładowo: sonda Tektronix P5200A ma przy 3,2 MHz CMRR=30 dB. Można przyjąć, że dla częstotliwości 3,2 MHz czas narastania wynosi $t_r = 1/(\pi f) = \text{ok. } 100\text{ ns}$. Wiele przełączników charakteryzuje się krótszymi czasami. Pomiar wspomnianą sondą da wynik zafałszowany o -30 dB w stosunku do 680 V, czyli $0,32 \times 680\text{ V} = 21,8\text{ V}$. A takie napięcie może stanowić istotną różnicę. Można jeszcze zadać pytanie, po co w ogóle mierzyć napięcie między bramkami tranzystorów FET? Na to pytanie odpowiedzą tylko ci, którym udało się już puścić z dymem kilka tranzystorów IGBT.

Istotnym parametrem omawianej konfiguracji są straty mocy przełączania w tran-

Egmont Instruments

ul. Marszałkowska 136/31, 00-004 Warszawa
tel. 228506205-07, kom. 692501750

tiepie@egmont.com.pl, <http://www.egmont.com.pl/tiepie>

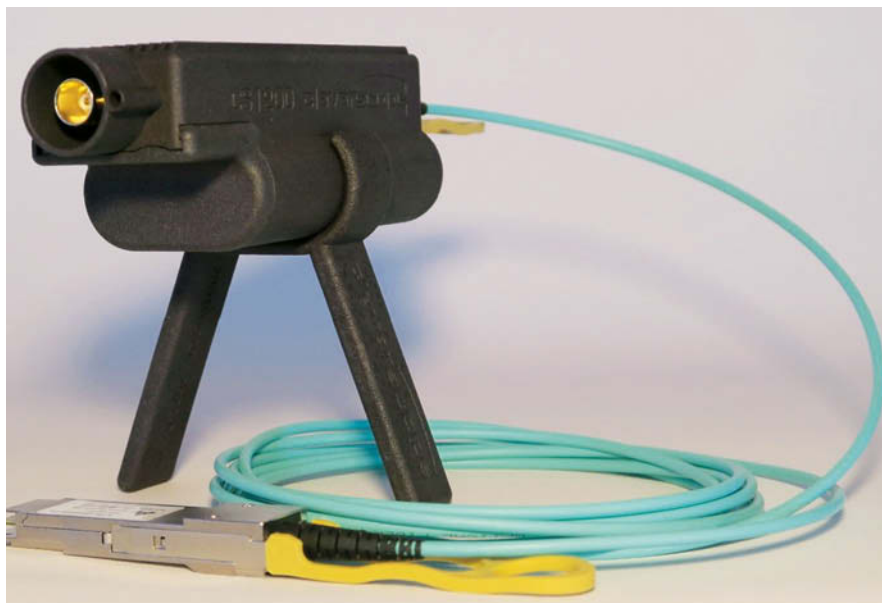


WiFiScope WS4, WS5, WS6, WS6 DIFF

przystawki oscyloskopowe DSO + generator AWG + tester EMI

- 2 lub 4 wejścia BNC
- wejścia DIFF lub SE
- próbkowanie do 1 GS/s
- streaming do 200 MS/s
- pasmo do 250 MHz
- rozdzielczość 8, 12, 14, 16 bitów
- zakresy napięć +/-200 mV ... +/-80 V
- pamięć do 256 MS/kanał
- interfejs WiFi 802.11, LAN 1Gb, USB 3.0/2.0
- funkcje: oscyloskop cyfrowy DSO, generator sygnałowy / AWG, tester EMI, analizator widma, voltomierz, data logger / rejestrator, analizator protokołów
- praca synchroniczna wielu modułów
- łącznie dostępnych 108 różnych modeli
- funkcje i parametry zależne od konkretnego modelu





Fot. 1. Optoizolowany digitizer zdalny CS1200 IsoPod

zystorach mostka. Ocena tego parametru na podstawie stopnia czerwoności, do której tranzystory te się rozgrzały, nie jest najlepszą metodą. Profesjonaliści oczywiście obliczą tę moc, mnożąc napięcie i prąd płynący przez tranzystor. Trzeba je jednak jakoś zmierzyć. Pomijając czysto techniczny aspekt pomiaru, należy zwrócić uwagę na to, że możemy mieć do czynienia z napięciami od ok. 3 V nawet do 800 V. Konieczne jest więc przyjęcie pewnej minimalnej rozdzielczości pomiaru, zapewnienie niskich szumów, a także zagwarantowanie izolacji galwanicznej układu pomia-

rowego. Po głębszej analizie konstruktorzy oscyloskopu zdecydowali się na zastosowanie wzmacniaczy ADA4817 charakteryzujących się szumami $4 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ oraz 16-bitowego przetwornika ADC ADA4937 o szumach $5,8 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ i zniekształceniach harmonicznych -102 dB . Uzyskiwana rzeczywista rozdzielczość 14-bitowa według szacunków powinna okazać się wystarczająca do pomiarów.

To jednak jeszcze nie koniec problemów. Właściwie jest to dopiero ich początek. Ze względu na to, że oscyloskop ma być przystosowany do pomiarów urzą-

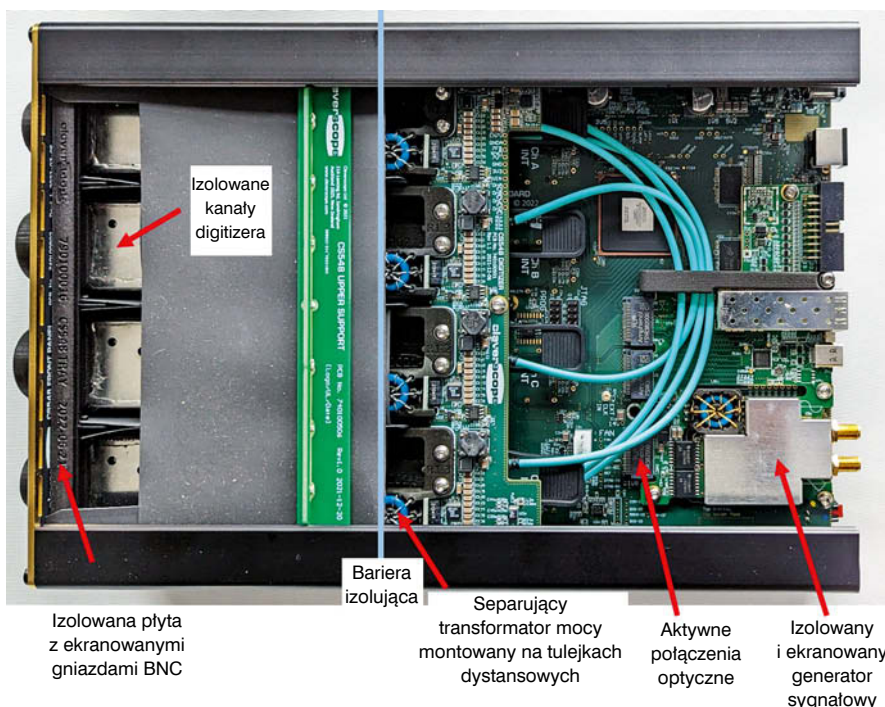
dzeń, w których występują wysokie i niebezpieczne napięcia, konieczne stało się zapewnienie separacji galwanicznej. Z kolei pomiary z użyciem czterech kanałów wymagają zastosowania szybkiego interfejsu komunikacyjnego oraz charakteryzującego się niskim jitterem generatora taktującego częścią cyfrową przyrządu. Nawet blok zasilający wymagał specjalnych rozwiązań, przede wszystkim ze względu na konieczność zapewnienia małej pojemności wnoszonej głównie przez transformator. Na koniec pozostało bardzo dokładne przemyślenie ekranowania elektroniki i odseparowania części cyfrowej od analogowej. Należy pamiętać, że w układzie występują bardzo szybkie układy cyfrowe i niezwykle czułe układy analogowe. Są to cechy, które sobie nie sprzyjają. Płyta główna oscyloskopu jest dokładnie ekranowana, a ekran jest połączony ze starannie przemyślaną płaszczyną uziemienia.

Aby możliwe było zrealizowanie wszystkich omówionych zagadnień, konstruktorzy oscyloskopu wiele uwagi skupili na doborze podzespołów, które musiały spełniać najwyższe wymagania jakościowe. Znajduje to oczywiście odbicie w cenie przyrządu, ale świadomy klient oczywiście rozumie te zależności.

Charakterystyka oscyloskopu CS548

Oscyloskop CS548 jest przeznaczony do pomiarów układów elektronicznych, w których występują wysokie napięcia dochodzące nawet do 2 kV. Standardowo jest on wyposażony w dwie izolowane wkładki CS1301 umożliwiające wykonywanie pomiarów sygnałów cyfrowych z wysokim napięciem wspólnym (1130 Vdc). Po zastosowaniu opcjonalnego optoizolowanego digitizera zdalnego CS1200 IsoPod (fot. 1) izolację podstawowych kanałów pomiarowych można zwiększyć nawet do 30 kV. Dodatkową korzyścią w pomiarach systemów wysokonapięciowych jest możliwość odsunięcia digitizera CS1200 na odległość do 30 m od oscyloskopu. Połączenie zapewnia łącznie światłowódowe.

Z uwagi na możliwość wykonywania pomiarów układów wysokonapięciowych, przyrządem tym będą zainteresowani przede wszystkim inżynierowie branży energetycznej. Inną grupę użytkowników oscyloskopu CS548 stanowią konstruktorzy układów sterowania z zastosowaniem tranzystorów MOSFET pracujących w konfiguracji mostkowej. W takich aplikacjach szczególnie ważny jest wy-



Fot. 2. Budowa wewnętrzna oscyloskopu CS548

soki współczynnik CMRR. Oscyloskop CS548 spełnia te wymagania, a izolacja galwaniczna stanowi dodatkowy atut. Współczynnik CMRR dla częstotliwości 50 MHz jest większy od 100 dB. Zachowano 14-bitową rozdzielczość próbkowania i maksymalną szybkość próbkowania równą 500 MSa/s. Inne parametry wynikające z przyjętych rozwiązań sprzętowych to: SINAD>60 dB, THD<76 dBc, drgania fazy między sygnałami lepsze niż ± 160 ps (na tych samych zakresach pomiarowych).

Oscyloskopy serii CS548 są sprzedawane w pięciu wersjach, z indywidualnie zamawianą liczbą wewnętrznych kanałów digitizerów – od 0 do 4. Jednocześnie każda z tych wersji ma 4 gniazda służące do podłączenia do 4 zdalnych digitizerów CS1200 IsoPod. Przy tym parametry pomiarowe kanałów wewnętrznych i zdalnych są takie same. Pozwala to dobrać optymalną konfigurację wynikającą z oczekiwanych wymagań technicznych i możliwości finansowych użytkownika. Parametry techniczne oscyloskopu CS548 wraz z oprogramowaniem predestynują go do zastosowań związanych z optymalizacją układów elektronicznych pod kątem zgodności elektromagnetycznej oraz pomiarów wzmocnienia/fazy i badań stabilności układów wysokonapięciowych.

Cleverscope CS548 to niewielki, można powiedzieć niepozorny przyrząd, jednak wgląd w jego konstrukcję wewnętrzną potwierdza najwyższy profesjonalizm projektantów (fot. 2).

Oprogramowanie sterujące i moduły rozszerzające

Oscyloskop CS548 jest obsługiwany przez 64-bitową wielookienkową aplikację CS302 uruchamianą na komputerze. W programie zostały zaimplementowane funkcje spotykane w oscyloskopach stacjonarnych. Są to m.in.: funkcje matematyczne, dekodowanie protokołów, przesyłanie strumieniowe, analiza widma. Oprogramowanie oscyloskopu jest przystosowane do pomiarów sygnałów mieszanych, współpracuje z Excelem, Matlabem i Scilabem. Po zastosowaniu wbudowanego izolowanego generatora sygnałów możliwe jest badanie odpowiedzi częstotliwościowej (FRA). Sygnały są generowane w zakresie częstotliwości od 0 do 65 MHz. Atrakcyjną cechą oprogra-



Fot. 3. Widok oscyloskopu CS548 od tyłu

mowania jest możliwość obsługi czterech połączonych ze sobą oscyloskopów, które mogą być traktowane jak jeden przyrząd szesnastokanałowy. Przykładowy zrzut ekranu zrobiony podczas złożonego pomiaru z użyciem modułów CS1092, CS1093, CS1302 i CS1233 został przedstawiony na rysunku 2. Część parametrów jest precyzyjnie mierzona z zastosowaniem markerów ekranowych po powiększeniu wykresu.

W celu przystosowania oscyloskopu CS548 do pomiarów przebiegów cyfrowych konieczne jest dołączenie modułów CS1301. Udostępniają one 4 izolowane kanały cyfrowe. Dołączenie dwóch takich modułów rozszerza liczbę kanałów cyfrowych do 8. W takim rozwiązaniu uzyskuje się możliwość pomiaru sygnałów cyfrowych z wysokim napięciem wspólnym dochodzącym do 1300 V.

Kolejne możliwości pomiarowe otwierają się po dołączeniu dodatkowego modułu izolowanych wejść/wyjść cyfrowych CS1302. Pozwala on generować do 4 podwójnych przebiegów impulsowych lub sygnałów PWM sterujących półmostkiem lub pełnym mostkiem. Moduł ten może być ponadto użyty do generowania arbitralnych sekwencji cyfrowych, a także pełnić funkcję izolowanego interfejsu SPI lub UART.

Kolejne moduły rozszerzające to:

- CS1303 – 4 izolowane 16-bitowe kanały analogowe przeznaczone do pomiarów 50-milivoltowych boczników prądowych;
- CS1304 – izolowany moduł pomiaru napięć zawierający 4 izolowane 16-bitowe kanały analogowe mierzące w zakresie do 2 kV. W połączeniu z modułem CS1303 można zbudować analizator mocy pracujący w czasie rzeczywistym;
- CS1305 – 8-wejściowy logger wysokiej rozdzielczości przeznaczony do rejestracji sygnałów wolnozmiennych;

W ofercie znajdują się również moduły przeznaczone do pomiarów napięcia nasycenia tranzystorów oraz wysokonapięciowych odpowiedzi częstotliwościowych. Są to:

- CS1133 – moduł przeznaczony do pomiarów miliwoltowego napięcia nasycenia występującego podczas przełączania napięć dochodzących do 3 kV w celu pomiaru strat mocy przełączania. Również ten moduł zapewnia izolację zarówno po stronie wysokiej, jak i niskiej;
- CS1070 – 50-megahercowy wzmacniacz mocy z wyjściem 36 Vpp/1 A umożliwiający wykonywanie pomiarów odpowiedzi częstotliwościowej dla dużych mocy i szerokiego pasma.

Podsumowanie

Podstawowym zastosowaniem oscyloskopu CS548 są pomiary wykonywane podczas prac uruchomieniowych wysokonapięciowych układów sterowania. Wyróżniającą cechą przyrządu jest przystosowanie do pomiarów wszystkich węzłów po stronie wysokiego napięcia. Oscyloskopem CS548 można mierzyć straty mocy przełączania w układach realizowanych na tranzystorach MOSFET lub IGBT, wykonywać pomiary EMC układów wysokonapięciowych. Inne zastosowania oscyloskopu CS548 to pomiary wzmocnienia/fazy, badanie stabilności wzmacniaczy używanych w modułach energoelektronicznych, pomiary impedancji płaszczyzn zasilania, pomiary cewek i kondensatorów.

Jarosław Doliński

Egmont Instruments

ul. Marszałkowska 136/31

00-004 Warszawa

tel. 22 850 62 05-07, kom. 692 501 750

cleverscope@egmont.com.pl

www.egmont.com.pl/cleverscope