



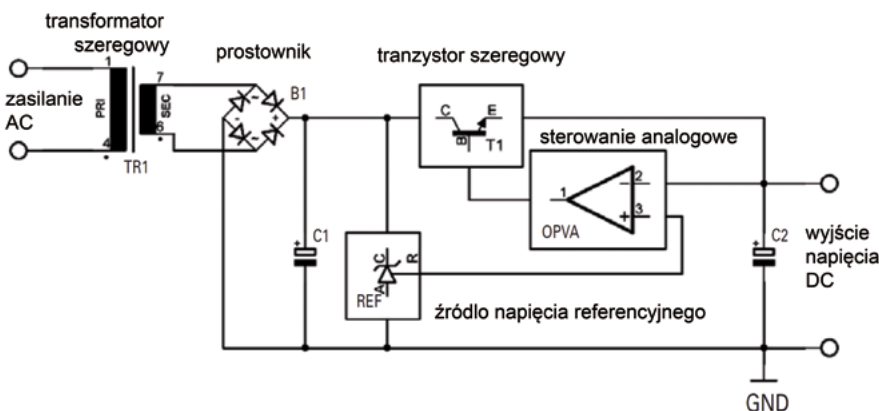
Zasilacze arbitralne Hamega – HM8143 i HMP4040

Zasilacz laboratoryjny to przyrząd, którego funkcjonalność nie zmieniała się chyba od czasu opracowania pierwszej konstrukcji, jeszcze lampowej. Jego zadaniem, do niedawna jedynym, było dostarczanie stabilizowanego napięcia lub prądu. Choć podstawowe przeznaczenie współczesnych zasilaczy nadal pozostało takie samo, to nowe funkcje otwierają znacznie szersze możliwości zastosowań.

Dodatkowe informacje:
 NDN, 02-784 Warszawa, ul. Janowskiego 15,
 tel./faks: 22-641-15-47, tel.: 22-641-61-96,
 e-mail: ndn@ndn.com.pl, www.ndn.com.pl

Rozwiązania układowe stabilizowanych zasilaczy laboratoryjnych zmieniły się na przestrzeni lat tak na tyle, że współczesne urządzenia praktycznie niczym nie przypominają ich poprzedników, stabilizatorów liniowych. Powodem takiego stanu rzeczy jest, jak to zwykle bywa, rozwój technologii. W tym przypadku decydowały nie tyle elementy półprzewodnikowe, co ferromagnetyczne. To dzięki nim możliwa stała się praktyczna realizacja różnego rodzaju przetwornic.

Stabilizatory liniowe stosowane są obecnie przede wszystkim w aplikacjach szczególnie wrażliwych na tętnienia, wymagających szybkiej regulacji i dobrze radzących sobie z nagłymi zmianami obciążenia. Brak transformatora impulsowego korzystnie wpływa na emisję zakłóceń EMI. Ich wadą jest natomiast niewielka sprawność i trudność uzyskiwania dużych zakresów regulacji napięciowej, co wy-



Rysunek 1. Schemat blokowy stabilizatora szeregowego

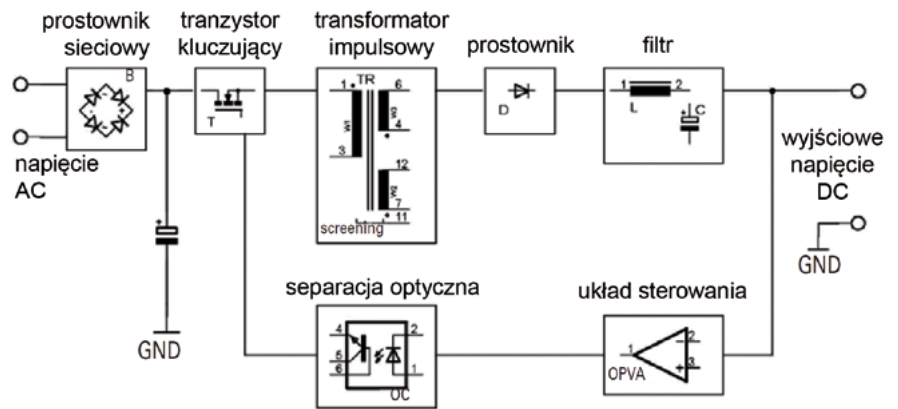


nika ze strat mocy na tranzystorze szeregowym przy dużych prądach obciążenia. Schemat blokowy stabilizatora szeregowego przedstawiono dla przypomnienia na **rysunku 1**.

Dużo większą sprawnością rzędu 70...95% odznaczają się zasilacze impulsowe. Cecha ta pozwala znacznie zmniejszyć rozmiary zasilaczy przy zachowaniu tych samych parametrów technicznych. Regulacja napięcia, w przeciwieństwie do stabilizatorów liniowych, nie wiąże się ze zmianą punktu pracy tranzystora szeregowego a jedynie zmianą współczynnika wypełnienia przebiegu sterującego. Wielkość zastosowanych podzespołów w dużym stopniu zależy od częstotliwości pracy przetwornicy. Kondensator umieszczony za prostownikiem wejściowym pełni dwie funkcje. Jego zadaniem jest nie tylko filtrowanie tętnień, ale przede wszystkim służy on do magazynowania energii, która jest przekazywana dalej do obciążenia. Energia ta, jak wiadomo jest proporcjonalna do kwadratu napięcia, i dlatego pojemność nie musi być bardzo duża. Schemat blokowy zasilacza impulsowego przedstawiono na **rysunku 2**.

Zasilacze arbitralne HMP4040 i HM8143 – podobieństwa i różnice

Stosunkowo niedawno pojawiła się na rynku nowa klasa zasilaczy laboratoryjnych, umożliwiających programowanie kształtu napięcia wyjściowego. Cecha ta upoważnia do nazwania tych przyrządów zasilaczami arbitralnymi. Polaryzacja napięcia wyjściowego jest jednak stała, mamy więc do czynienia z napięciami zmiennymi, ale nie przemiennymi. Dwa przykładowe kształty napięcia uzyskane w zasilaczu HM8143, przedstawiono na

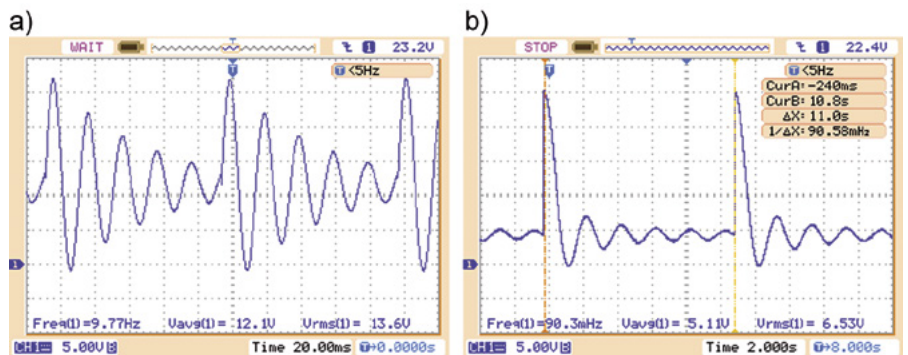


Rysunek 2. Schemat blokowy zasilacza impulsowego

rysunku 3. Oczywiście przebieg arbitralny jest tylko funkcją dodatkową, zwykle przyrządy te będą pracowały jako klasyczne stałonapięciowe lub stałoprądowe zasilacze laboratoryjne.

W artykule zostaną opisane dwa arbitralne zasilacze laboratoryjne Hamega: HM8143 i HMP4040. HM8143 to zasilacz z dwiema sekcjami o regulowanych parametrach

(0...30 V/0...2 A) i jedną sekcją dla napięcia 5 V/2 A. Zasilacz HMP4040 ma natomiast 4 sekcje o napięciu regulowanym w zakresie od 0 do 32 V i natężeniu prądu regulowanym w zakresie od 0 do 10 A. Z prostego wyliczenia wynikałoby dość znaczna moc całkowita, jednak urządzenie to może dostarczyć co najwyżej 384 watów łącznej mocy wyjściowej.

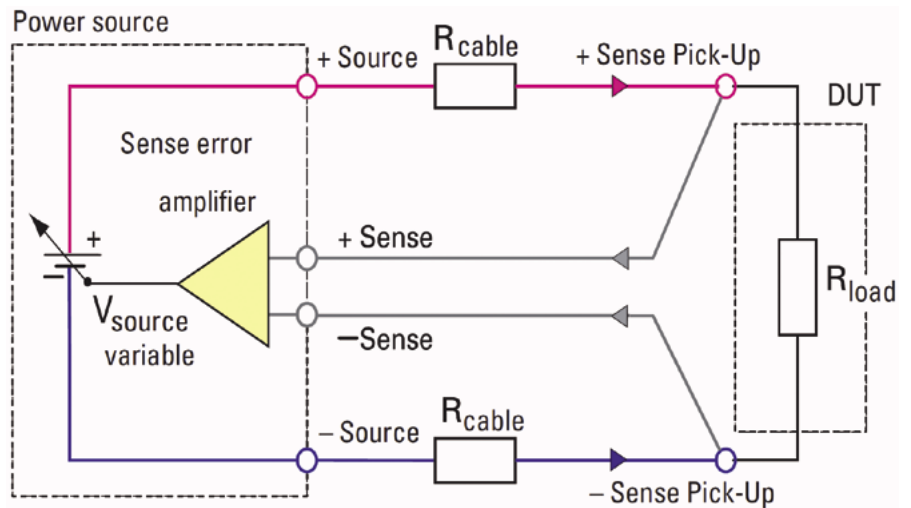


Rysunek 3. Przykładowe kształty przebiegów wyjściowych uzyskiwanych w zasilaczu HM8143

Czuwa nad tym inteligentna funkcja *Power Management* ograniczająca zbyt pochopnie nastawy użytkownika. Inna funkcja - *Overvoltage Output Protection (OVP)* - niezależnie od napięć ustawionych pokrętkami regulacyjnymi nie dopuszcza do przekroczenia parametrów maksymalnych. Jeśli na przykład OVP dla któregoś kanału jest ustawiony na 10 V, to zwiększając napięcie wyjściowe za pomocą pokrętła regulacji kanał ten zostanie odłączony w chwili przekroczenia 10 V. Ponowne włączenie kanału jest możliwe dopiero po zmniejszeniu napięcia do wartości 10 V lub mniejszej.

W obu zasilaczach wyjścia wyprowadzono na płytę czołową w postaci gniazd bananowych. Każda sekcja (oprócz 5-woltowej w zasilaczu HM8143) ma 4 takie gniazda. Dwa prądowe „+” i „-” oraz dwa „SENSE” (rysunek 4). Te ostatnie są wykorzystywane do pomiaru napięcia występującego bezpośrednio na obciążeniu, minimalizują spadek napięcia na przewodach prądowych łączących wyjście zasilacza z jego obciążeniem. Przy prądzie 10 A i oporności kabla równej 0,1 Ω spadek napięcia jest na nim równy 1 V.

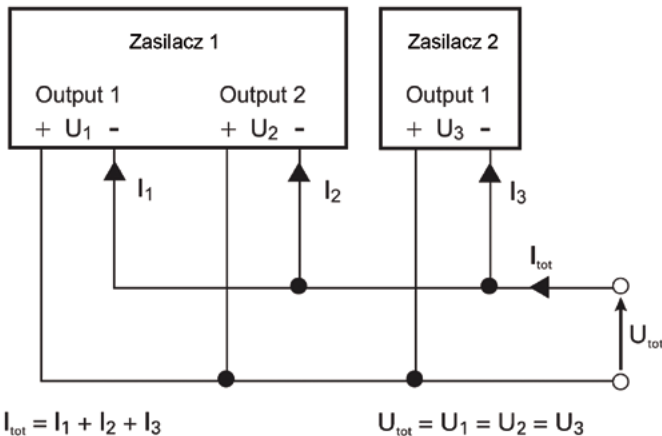
W zasilaczach HM8143 i HMP4040 wszystkie sekcje są od siebie galwanicznie odizolowane, nie mają wspólnej masy. Pozwala to łączyć je szeregowo lub równoległe w celu



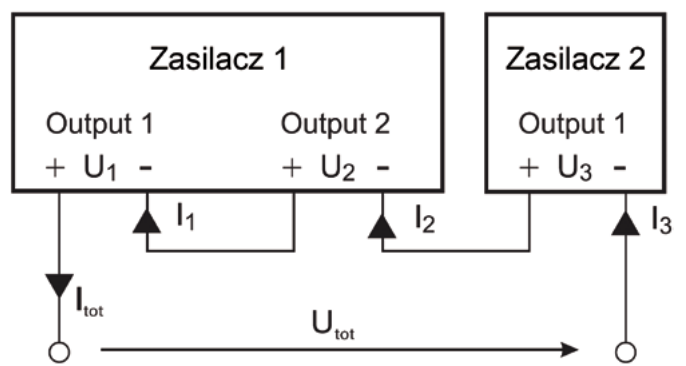
Rysunek 4. 4-przewodowa konfiguracja wyjść zasilaczy HM8143 i HMP4040

zwiększenia napięcia i/lub prądu. Przykładowo, dysponując zasilaczem HM8143 o wydajności prądowej pojedynczej sekcji równej 2 A można przy równoległym połączeniu dwóch sekcji zwiększyć prąd płynący przez obciążenie do 4 A. Dysponując kilkoma zasilaczami można uzyskać jeszcze większe prądy wyjściowe. Przykładową konfigurację dla takiego przypadku pokazano na rysunku 5. W analogiczny sposób zasilacze są konfiguro-

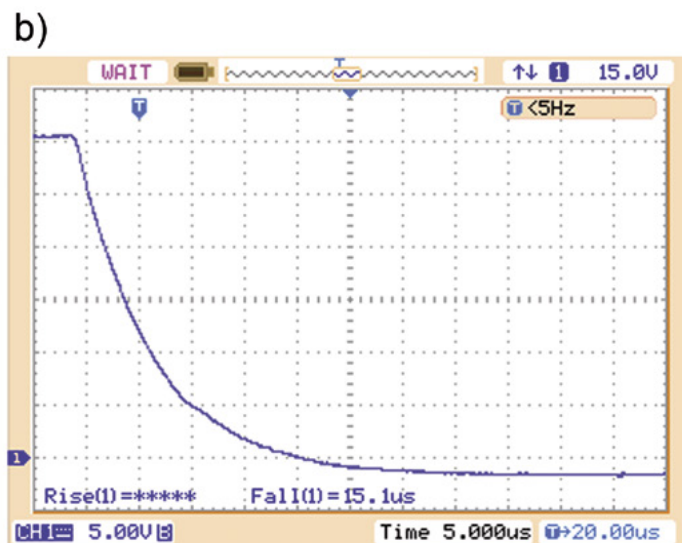
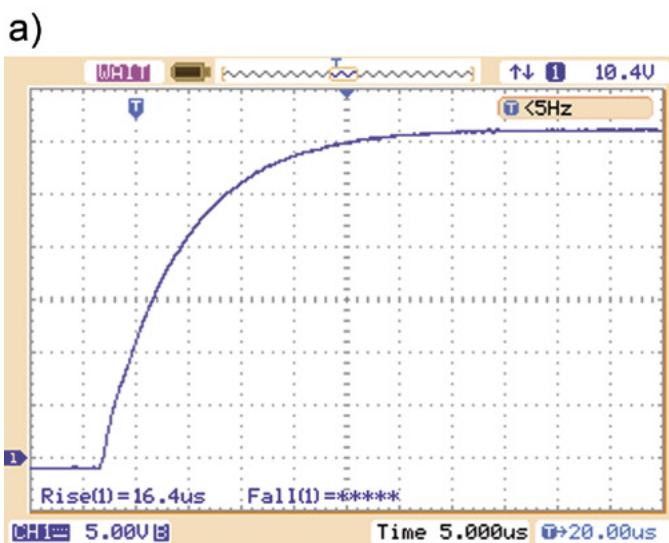
wane w celu zwiększenia całkowitego napięcia wyjściowego (rysunek 6). Galwaniczna separacja każdej sekcji zasilacza umożliwia ponadto uzyskiwanie napięć dodatnich i ujemnych względem wspólnego punktu odniesienia. Trzeba jednak pamiętać, że sekcja pierwsza jest wyróżniona. Jej masa elektryczna jest połączona z masą urządzenia, a w zasilaczu HM8143 tylko w kanale pierwszym może być zastosowany przebieg arbitralny.



Rysunek 5. Równoległe połączenie zasilaczy



Rysunek 6. Szeregowe połączenie zasilaczy



Rysunek 7. Przebiegi wyjściowe zasilacza podczas a) włączenia wyjścia, b) wyłączenia wyjścia

Tabela 1. Najważniejsze parametry techniczne zasilaczy HM8143 i HMP4040		
	HM8143	HMP4040
Napięcia/prądy wyjściowe	2×0...30 V/0...2 A 5 V/2 A	4×0...32 V/0...10 A
Całkowita moc wyjściowa		384 W
Rozdzielczość regulacji	10 mV/1 mA	1 mV 0,2 mA dla I < 1 A 1 mA dla I ≥ 1 A
Dokładność regulacji	±3 na najmniej znaczącej cyfrze (typowo ±2)	
Dokładność pomiaru	±3 na najmniej znaczącej cyfrze (typowo ±2)	<0,05% + 2 mV <0,05% + 1 mA dla I < 500 mA (typ. ±0,5 mA) <0,05% + 2 mA dla I ≥ 500 mA (typ. ±2 mA)
Tętnienia	<5 mV _{RMS} (3 Hz...300 kHz) <=1000 μV (3 Hz...300 kHz) na wyjściu 5 V	<150 μV _{RMS} 1 mA _{RMS} dla 3 Hz < f < 100 kHz 1,5 mV _{RMS} dla 3 Hz < f < 20 MHz
Czas regeneracji napięcia dla zmian obciążenia 10...90%	45 μs w zakresie ±1 mV wartości nominalnej 16 μs w zakresie ±100 mV wartości nominalnej	<100 μs w oknie ± 10 mV
Maksymalne krótkotrwałe odchylenie napięcia	800 mV	
Czas regeneracji napięcia dla obciążenia 50% podstawowego i 10% zmian tego obciążenia	30 μs w zakresie ±1 mV wartości nominalnej 10 μs w zakresie ±100 mV wartości nominalnej	
Maksymalne krótkotrwałe odchylenie napięcia	120 mV	
Tętnienia na wyjściu 5 V	<=100 μV (3 Hz...300 kHz)	
Kompensacja rezystancji kabli zasilających (SENSE)	do 300 mV	
Czas regeneracji	<100 μs	<100 μs
Liczba punktów przebiegu arbitralnego	Max 4096	128
Rozdzielczość przebiegu arbitralnego	12 bitów	
Czas trwania przebiegu arbitralnego	100 μs...60 s	10 ms...60 s
Liczba powtórzeń przebiegu arbitralnego	1...255 lub praca ciągła	1...255 lub praca ciągła
Napięcie modulujące	0...10 V	
Dokładność	1% pełnego zakresu	
Pasma sygnału modulującego (-3 dB)	>50 kHz	
Slew rate	1 V/μs	
Wyzwalanie przebiegu arbitralnego	Poziomy TTL	ręczne z klawiatury lub przez interfejs
Maksymalne napięcie CH1+CH3	30 V	
Napięcie względem ziemi	max. 150 V	max. 150 V
Wyświetlacz	4×4 cyfry, 7-segmentowy LED	240×128 LCD graficzny
Interfejsy	USB/RS232 (HO820), IEEE-488 (opcja)	
Napięcie zasilające	115...230 V ±10% 50/60 Hz, CAT II	115...230 V ±10% 50/60 Hz, CAT II
Pobór mocy	ok. 300 VA	<550 VA
Wymiary	285×75×365 mm	285×125×365 mm
Masa	ok. 9 kg	ok. 10 kg
Temperatura pracy	5...40°C	5...40°C
Wilgotność względna	5...80% (bez kondensacji)	5...40°C

Regulacja napięć i prądów w standardowym trybie pracy zasilaczy HMP4040 i HM8143 jest realizowana niezależnie dla każdego kanału. Regulowany parametr jest wybierany przyciskami *Voltage* lub *Current* występującymi w każdej sekcji. Czasami zachodzi jednak potrzeba współbieżnej regulacji napięcia lub prądu w wybranych sekcjach zasilacza. Jest to możliwe po uaktywnieniu funkcji „Track” (w zasilaczu HM8143 jest to oczywiście tylko sekcja 1 i 3). Zmiana napięcia lub prądu zachodzi wówczas we wskazanych kanałach z tym samym krokiem, niezależnie od wartości początkowej. Jeśli więc napięcie w pierwszej sekcji ustawiono przykładowo na 5 V, a w sekcji 3 na 7,5 V, to po naciśnięciu przycisku *Track* i zmianie napięcia w sekcji 1 na 8 V automatycznie zostanie również zmienione napięcie w sekcji 3 na 10,5 V. Ta sama zasada obowiązuje dla regulacji natężenia prądu.

Bezpieczeństwo

Parametry zasilaczy, w połączeniu z możliwością łączenia ich w różnych konfiguracjach układowych, narzucają konieczność zachowania odpowiednich warunków bezpieczeństwa. Pamiętajmy, że mamy do czynienia z napięciami stałymi, które mogą znacznie przekroczyć wartości bezpieczne. Wyjście każdej sekcji zasilacza HMP4040 jest niezależnie dołączane (**rysunek 7a**) lub odłączane (**rysunek 7b**) od obciążenia przyciskami *CH1...CH4*. Oba zasilacze mają ponadto możliwość jednoczesnego włączenia/wyłączenia wszystkich kanałów przyciskiem *Output*. Jest to jednak operacja sterowana ręcznie przez użytkownika. Oba zasilacze są przystosowane do pracy ze stabilizacją napięcia (CV) lub ze stabilizacją prądu (CC). Zwiększając napięcie przy stałej oporności obciążenia rośnie prąd pobierany z zasilacza. Po przekroczeniu ustawionego ogra-

niczenia prądowego dalsze zwiększanie napięcia nie powoduje już żadnego skutku, zasilacz bowiem przechodzi w tryb stabilizacji prądu. Jeśli ograniczenie prądu będzie ustawione „wysoko”, to duży prąd płynący z zasilacza może być przyczyną niebezpiecznych sytuacji, np. może spowodować zapalenie się obciążenia. Aby zwiększyć bezpieczeństwo pracy zasilaczy HMP4040 i HM8143 zastosowano w nich bezpiecznik elektroniczny uaktywniany przyciskiem *Fuse*, który jest dostępny na płycie czołowej przyrządów. Jego działanie polega na wyłączeniu wybranych kanałów po przekroczeniu ustawionego natężenia prądu. Ponowne włączenie kanału jest możliwe po usunięciu przyczyny wzrostu prądu (np. zwarcia). Na **rysunku 8** przedstawiono wykres pokazujący czas reakcji bezpiecznika elektronicznego w zasilaczu HM8143. Powstał on w wyniku przeprowadzenia eksperymentu, w którym



do wyjścia zasilacza dołączono obciążenie wymuszające przepływ prądu o natężeniu większym od progu zadziałania bezpiecznika elektronicznego. Początkowy impuls o czasie trwania ok. 150 μ s wynika ze stanu nieustalonego po włączeniu sekcji zasilacza. Po tym czasie natężenie prądu osiąga stałą wartość powodując jednocześnie uruchomienie bezpiecznika. Z wykresu można odczytać, że odłączenie obciążenia następuje po ok. 47 milisekundach od zaistnienia przyczyny zadziałania bezpiecznika elektronicznego. Czas reakcji bezpiecznika elektronicznego w zasilaczu HMP4040 jest regulowany w zakresie od 0 do 250 ms.

Arbitralność

Jak już wiemy, HMP4040 i HM8143 są zasilaczami arbitralnymi. Generowanie przebiegu wyjściowego jest jednak zrealizowane inaczej w każdym z tych przyrządów.

W zasilaczu HMP4040 kształt napięcia lub prądu wyjściowego jest programowany za pomocą elementów regulacyjnych dostępnych na płycie czołowej. W nieulotnej pamięci przyrządu mogą być zapisane 3 takie przebiegi. Są one aktywowane po wpisaniu ich do dowolnego kanału zasilacza i wystartowaniu procedury generującej, co następuje po uruchomieniu odpowiedniego polecenia menu. Przebieg arbitralny składa się maksymalnie ze 128 punktów. Jest także charakteryzowany liczbą powtórzeń zawierającą się w przedziale 0...255. Wybranie wartości 0 oznacza, że przebieg jest generowany w sposób ciągły, bez limitu powtórzeń.

Uzyskanie przebiegu arbitralnego w zasilaczu HM8143 jest możliwe wyłącznie przez przesłanie go jednym z dostępnych interfejsów komunikacyjnych z komputera. Dane są przesyłane znakowo i mają charakter komend określających wartość napięcia lub prądu i czas trwania tego stanu. Czasy nie są jednak dowolne, mogą przybierać 16 wartości. W pewnym zakresie można je modyfikować metodą powtarzania, trzeba jednak mieć na względzie, że przebieg składa się maksymalnie z 4096 punktów. Przebieg jest aktywowany po przesłaniu z komputera odpowiedniej komendy i oczywiście po włączeniu kanału. Metoda wprowadzania przebiegów wydaje się pozornie dość żmudna, ale w praktyce, przy wykorzystaniu na przykład dowolnego arkusza kalkulacyjnego, można dosłownie w ciągu kilku minut zdefiniować

naвіть najbardziej skomplikowany kształt napięcia lub prądu (rysunek 3).

Zasilacz HM8143 ma jeszcze jedną, niespotykaną w klasycznych konstrukcjach funkcję. Jest nią możliwość modulacji napięcia lub prądu wyjściowego przebiegiem zewnętrznym.

Częstotliwość modulująca zawiera się w przedziale od DC do ok. 50 kHz, a sygnał modulujący jest wzmacniany 3-krotnie.

Sztuczne obciążenie

Zasilacz HM8143 w podstawowym trybie pracuje jako źródło napięciowe lub prądowe, ale może być też wykorzystywany jako sztuczne obciążenie. Przechodzi do takiego trybu automatycznie, gdy jego zaciski wyjściowe zostaną dołączone do zasilacza zewnętrznego o napięciu wyższym, niż ustawione w HM8143. Prąd z zasilacza zewnętrznego będzie wpływał do zasilacza HM8143, w którym zostanie uruchomione ograniczenie prądowe (CC), a na wskaźniku prądu zostanie wyświetlony znak minus. Regulując nastawę prądu zasilacza HM8143 można symulować zmianę rezystancji obciążenia, a tym samym zmianę natężenia

prądu wypływającego z zasilacza zewnętrznego.

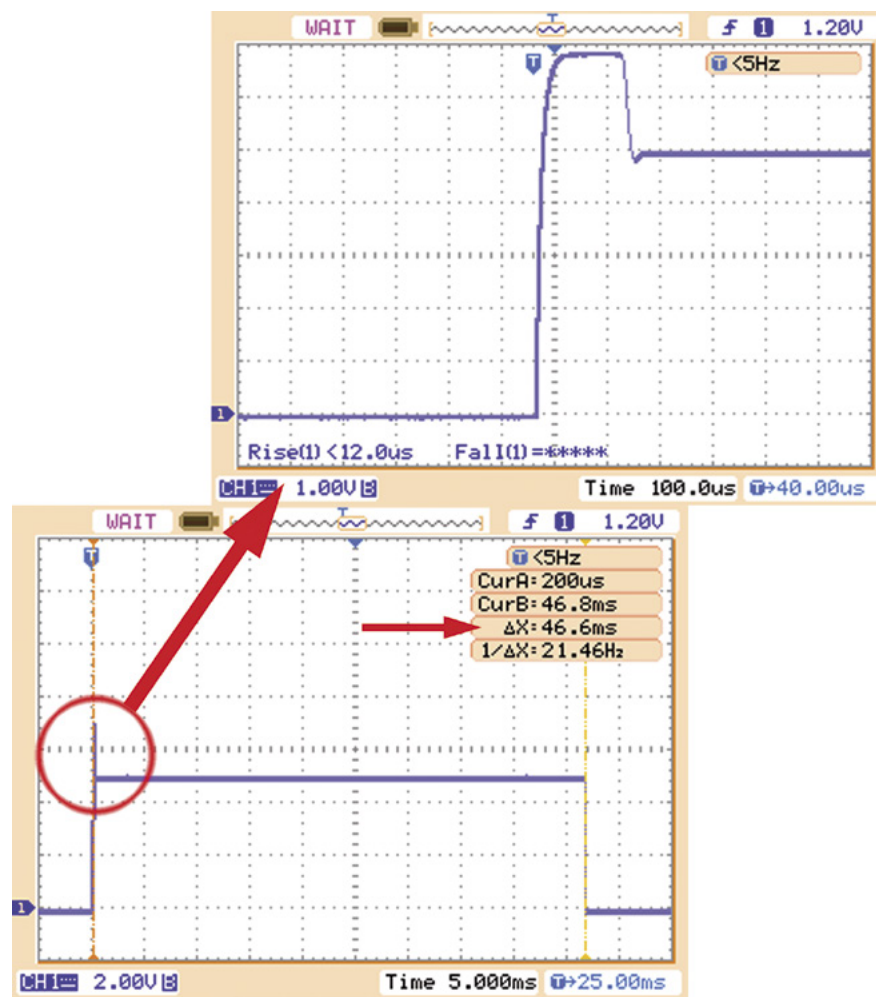
Zdalne sterowanie

Oba zasilacze mogą być sterowane zdalnie przekazywanymi komendami, np. za pośrednictwem komputera. Są standardowo wyposażone w interfejs RS232 i USB. W zasilaczu HMP4040 może być opcjonalnie dodany interfejs Ethernetowy i IEEE 488.2/GPIB. Komendy przekazywane do zasilacza HMP4040 stanowią zestaw SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) zgodny ze standardem IEEE-488.2. Dzięki możliwości pracy zdalnej urządzenia te mogą być stosowane na zautomatyzowanych stanowiskach pomiarowych.

Marka gwarancją jakości

Hameg to marka znana użytkownikom sprzętu pomiarowego. Obecny związek z koncernem Rohde&Schwarz jeszcze bardziej podnosi prestiż tej firmy. Znajduje to potwierdzenie w jakości wyrobów. Zasilacze HM8143 i HMP4040 są wykonane perfekcyjnie. Są to przyrządy o doskonałych parametrach zarówno technicznych, jak i użytkowych. Najważniejsze z nich zestawiono w tabeli 1.

Jarosław Doliński, EP



Rysunek 8. Reakcja bezpiecznika elektronicznego na przeciążenie