

# Generator arbitralny



## SFG-830

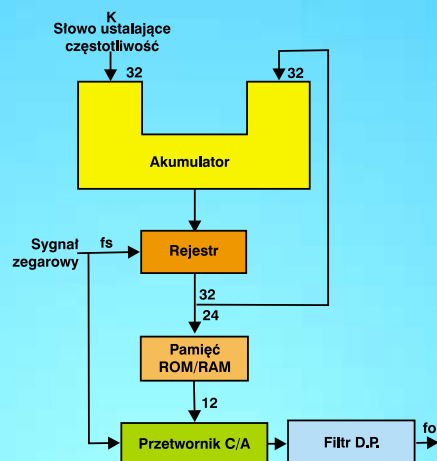
*Generatory arbitralne, to przyrządy nowej generacji, rozwijające się m.in. dzięki nowym technologiom i rozwinięciu wcześniej stosowanych technik. Zapewniają zupełnie nową jakość w dziedzinie pomiarów, nie tylko wskutek swoich parametrów, ale również dzięki swym walorom funkcjonalnym.*

Nie mam pewności, czy określenie generator arbitralny jest najwłaściwsze. Wynika ono bowiem z przejęcia angielskiego terminu *arbitrary generator*. Poprawniejsze (słownikowo) byłoby użycie wyrazu arbitralny, ale tytułowa nazwa - zdaje się - przyjęła się już w slangu technicznym, więc przy niej pozostaniemy.

Czym charakteryzuje się ów tajemniczy przyrząd? Każdy, nawet począt-

kujący elektronik, zapewne spotkał się z generatorem funkcyjnym. Początkowo przyrządy te były konstruowane z wykorzystaniem elementów dyskretnych, z których budowano elementarne bloki, takie jak: generator VCO, integrator, zespół komparatorów, układ kształtujący (najczęściej diodowy), wtórnik wyjściowy. Takie bloki, odpowiednio połączone, umożliwiały stosunkowo łatwe wytworzenie sygnału prostokątnego, piłokształtnego i sinusoidalnego. Dużym atutem była możliwość płynnej regulacji częstotliwości za pomocą napięcia, a to z kolei pozwalało stosunkowo łatwo realizować układy modulacją częstotliwości. W miarę rozwoju technologii, powstało wiele odmian scalonych generatorów funkcyjnych, działających zapewne z powodzeniem do dzisiaj w wielu pracowniach.

Omawiany tu generator SFG-830 posiada wszystkie wymienione wyżej cechy, chociaż działa na zupełnie innej zasadzie. Technika cyfrowa, wkraczająca dosłownie wszędzie, dała i tu znać o sobie. Wszystkie rodzaje sygnałów wyjściowych generowane są



Rys. 1.

w tym przyrządzie metodami syntezy częstotliwości, przy czym zastosowano nową technikę, nazwaną: *Direct Digital Synthesis* (DDS), którą zilustrowano na rys. 1. Daje ona możliwość uzyskania niezwyklej wręcz rozdzielczości częstotliwości. Kształty generowanych przebiegów są zapisane jako 12-bitowe słowa w pamięci ROM lub RAM. Możliwość wykorzystania RAM-u od razu nasuwa skojarzenie, że mogą w tej pamięci być zapisywane kształty określone przez użytkownika. I tak jest w istocie. Jest to właśnie wyróżniająca cecha gene-

ratorów arbitralnych. W każdym takcie zegara systemowego jest wyliczany odpowiedni adres komórki pamięci, zawierającej dyskretną wartość sygnału wyjściowego. Wyliczenie to uwzględnia adres poprzedni i specjalny współczynnik  $k$ , ustalający generowaną częstotliwość. To od niego zależy rozdzielczość częstotliwości. W SFG-830 długość słowa  $k$  wynosi 32 bity, a ponieważ krok częstotliwości opisany jest zależnością  $Df=f_s/2^k$ , to przy zastosowanym zegarze systemowym uzyskano parametry, jak w tab. 1. Odczytane z pamięci 12-bitowe słowo jest podawane na przetwornik cyfrowo-analogowy. Niepożądane pozostałości jego działania eliminuje filtr dolnoprzepustowy, za którym jest jeszcze dołączony wzmacniacz wyjściowy i tłumik o regulowanym tłumieniu.

W rzeczywistości budowa generatora jest nieco bardziej złożona, lecz dokładne jej omówienie przekroczyłyby ramy tego artykułu. Można tu jedynie powiedzieć, że generowanie przebiegu sinusoidalnego, prostokątnego i trójkątnego przebiega nieco odmiennymi torami. Dodatkowo, jako jeden z domyślnych kształtów, „zaszyty” jest też przebieg piłokształtny. Rozbudowa układu, związana jest również z możliwością uzyskiwania modulacji amplitudy, częstotliwości i fazy, a także liniowego lub logarytmicznego wobulowania częstotliwości wyjściowej za pomocą wewnętrznej fali trójkątnej lub piłokształtnej. Nie trzeba chyba dodawać, że generator wyposażony jest również standardowo w interfejs RS232 oraz opcjonalnie w GPIB (zgodny z normą IEEE488.2 i SCPI). W instrukcji szczegółowo omówiono składnię rozkazów przesyłanych do generatora, umożliwiających jego zdalną obsługę. Zawarto także przykładowe procedury napisane w języku C, które mogą stanowić inspirację do napisania własnych procedur, uwzględniających potrzeby użytkownika. Dzięki temu, w stosunkowo prosty sposób można zbudować stanowisko pomiarowe o całkiem sporych możliwościach.

Wymiary i waga generatora (214x89x370mm, 5kg) kwalifikują go zdecydowanie do klasy przyrządów laboratoryjnych. Potwierdza to również fakt zastosowania 11-cyfrowego pola odczytowego, złożonego z 7-segmentowych wyświetlaczy LED o wysokości 11 mm. Konstruktorzy zdecydowali się na takie rozwiązanie, nawet mimo konieczności wyświetlania informacji tekstowych. Literki, siłą

**Tab. 1. Parametry generatora SFG-830.**

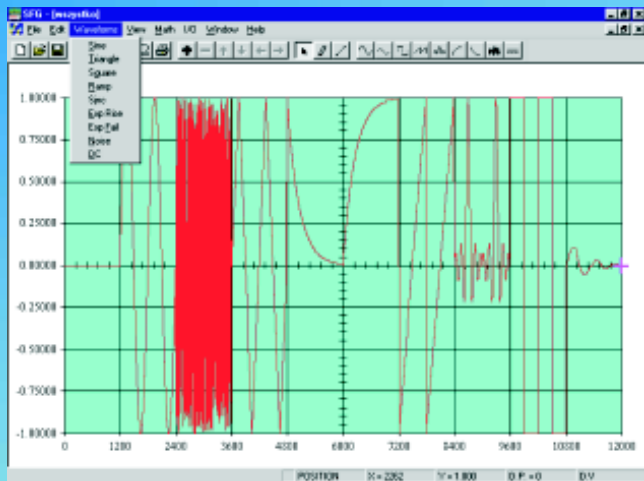
Generowane przebiegi	sinus, trójkąt, piła, prostokąt, definiowany przez użytkownika, prostokąt TTL (synchronizacja)	
Zakres częstotliwości	sinus, prostokąt	20mHz÷30MHz
	trójkąt	100mHz÷100kHz
	piła	10mHz÷100kHz
Rozdzielczość częstotliwości	sinus, prostokąt	20 mHz
	trójkąt, piła	10 mHz
Dokładność częstotliwości	±10 ppm	
Długoterminowa stabilność częstotliwości	±5 ppm/rok	
Amplituda	zakres	10mV÷10VPP (50 Ohm) w 8 zakresach ponadto musi być spełniony warunek: $ V_{AC\ peak} + V_{DC} <5V$
	rozdzielczość	3 cyfry
Offset DC	zakres	±5V (50 Ohm) ponadto musi być spełniony warunek: $ V_{AC\ peak} + V_{DC} <5V$
	rozdzielczość	3 cyfry
Przebieg sinusoidalny	harmoniczne	DC÷100kHz: -50dBc 0,1MHz÷1MHz: -40dBc 1MHz÷10MHz: -30dBc 10MHz÷30MHz: -25dBc
Przebieg prostokątny	czas narastania/opadania zbocza	≤15ns
	asymetria	±1% okresu +4ns
Przebieg trójkątny i piłokształtny	liniowość	±0,1% pełnego zakresu wyjściowego
Przebieg użytkownika	zakres próbkowania	42.949600MHz/N, gdzie N=8,10,12,...,215
	liczba próbek	12000
Wobulacja	typ	liniowa lub logarytmiczna
	zakres częstotliwości	200mHz÷30MHz
	czas przemiatania	0,01s÷100s
Modulacja	AM	sygnałem zewnętrznym, sygnałem wewnętrznym (sinus, trójkąt, piła, prostokąt)
	częstotliwość modulująca	10mHz÷10kHz (przebiegiem wewnętrznym), ≤50kHz (przebiegiem zewnętrznym)
	napięcie modulujące	±5V (100% modulacja)
	impedancja wejścia zewnętrznego sygnału modulującego	100 kΩ
	FM	sinus, trójkąt, piła, prostokąt
	częstotliwość modulująca	10mHz÷10kHz
	dewiacja	30mHz (100kHz dla przebiegu trójkątnego i piłokształtnego)
	zakres zmiany fazy dla modulacji PSK	360 stopni
	częstotliwość modulująca	20Hz÷10kHz

rzeczy są nieco koślawe, ale nie pojawiają się zbyt często, więc można się do nich przyzwyczaić, tym bardziej, że wyświetlane znaki są bardzo wyraźne, niezależnie od oświetlenia zewnętrznego.

Na płycie czołowej oprócz wyświetlacza, znajduje się jeszcze wyłącznik zasilania, gniazdo BNC przeznaczone dla przebiegu wyjściowego i takie samo dla sygnału synchronizacji (poziom TTL) oraz klawiatura. Z tyłu natomiast umieszczono gniazdo BNC dla zewnętrznego sygnału modulującego (modulacja AM) oraz wyjściowe gniaz-

do sygnału modulującego, gdy do modulacji wykorzystywany jest jeden z wewnętrznych przebiegów. Na gnieździe wyjściowym (na płycie czołowej) występuje wtedy przebieg zmodulowany. Również z tyłu, poniżej wentylatora znajduje się 25-pinowe, żeńskie gniazdo interfejsu RS232. Niestety na wyposażeniu standardowym nie ma kabla łączącego generator z komputerem. Jest to pewne utrudnienie, gdyż gniazda 25-pinowe we współczesnych komputerach PC już nie występują, więc i zdobycie odpowiedniego kabla nie jest łatwe.





Rys. 2.

Mimo dość „groźnie“ wyglądającej płyty czołowej, obsługa generatora jest prosta, a to za sprawą bardzo czytelnie napisanej instrukcji obsługi. Klawiatura jest podzielona na cztery, wyraźnie oznakowane sekcje. Pierwsza z nich służy do wyboru rodzaju generowanego przebiegu oraz jego parametrów, takich jak: częstotliwość, amplituda, przesunięcie (*offset*) i faza (dla przebiegów z modulacją PSK). Po wybraniu danego parametru, można dalej ustalać jego wartość krokowo za pomocą klawiszy strzałek lub bezpośrednio wprowadzić ją z klawiatury numerycznej. Wartość kroku jest oczywiście ustalana dowolnie przez użytkownika. Dla amplitudy można określić jednostkę:  $V_{pp}$ ,  $V_{RMS}$ , dBm, a dla częstotliwości: Hz, kHz, MHz.

W sekcji „sweep/modulate“ dokonuje się wyboru rodzaju modulacji oraz jej parametrów, takich jak np.: częstotliwość nośnej, głębokość modulacji (AM), dewiacja (FM), przesunięcie fazy (PSK). Dla sygnału wobulowanego ustala się: czas trwania wobulacji, częstotliwość początkową i końcową oraz charakter przestrajania - liniowy lub logarytmiczny, przebiegiem piłokształtnym lub trójkątnym. We wszystkich przypadkach wybiera się także kształt fali nośnej. Nie może nim być jednak przebieg zdefiniowany przez użytkownika.

W ostatniej sekcji klawiatury zawarto blok numeryczny oraz klawisze wprowadzania jednostek, sterownia interfejsami, a także inicjowania procedury programowania własnego kształtu. Trzeba przyznać, że ostatnia z wymienionych czynności jest zajęciem dla tylko osoby cierplivej, najlepiej na długie, zimowe wieczory. Trudno sobie wyobrazić, by komuś udało się wprowadzić dane o 12000

próbek zwłaszcza, że wewnętrzne oprogramowanie nie daje możliwości np. ich blokowego kopiowania, przenoszenia itp. Irytujące jest również to, że nie można płynnie przechodzić po kolejnych danych, trzymając cały czas naciśnięty klawisz strzałki. Każde przejście musi być zaznaczone kliknięciem.

Zdając sobie sprawę ze wszystkich tych niedogodności, producent na szczęście dostarcza w standardowym wyposażeniu program do „generowania“ odpowiedniego kształtu, za pomocą myszki, na ekranie komputera PC. Dane tak utworzonego przebiegu są następnie transmitowane poprzez jeden z interfejsów do generatora. Program pracujący w środowisku Windows 95/98 nie wymaga żadnej instalacji, jedynie przekopiowania do własnego foldera. Nie rzuca on swymi możliwościami „na kolana“, ale wystarcza do ręcznego utworzenia dowolnego kształtu. Na pewno jest to łatwiejsze niż w przypadku ręcznego wprowadzania danych. Na rys. 2 widać ekran roboczy podczas tworzenia przykładowego przebiegu.

Dużym ułatwieniem dla użytkownika jest udostępnienie w programie kilku rodzajów standardowych przebiegów. Są to: sinus, trójkąt, prostokąt, piła,  $\sin(x)/x$ , rosnąca i opadająca krzywa wykładnicza, szum oraz wartość stała. Trzeba jednak pamiętać o cyfrowym pochodzeniu szumu. Wartości chwilowe, choć wygenerowane pseudolosowo, powtarzają się w najlepszym przypadku co 12000 taktów zegara próbkującego. Jak w większości okienkowych programów, można poprzez schowek kopiować lub przenieść fragmenty tworzonych kształtów. Ponadto istnieje możliwość wykonywania na fragmentach danych, operacji matematycznych, takich jak dodawanie, odejmowanie, mnożenie, a także korzystania z inwersji, odbicia lustrzanego oraz ustalenia wartości bezwzględnej. Program jest bardzo dokładnie (powiedziałbym nawet, że aż za bardzo) opisany w oddzielnej instrukcji. Podczas prób brakowało mi w nim jednak kilku elementów, jak np. powiększanie wybranego przebiegu, czy przesuwania go za pomocą łapki, jak

w wielu programach graficznych. Przydałoby się również możliwość edycji wartości numerycznych, gdyż ruchy myszki nie zawsze są wystarczająco precyzyjne, a poprawianie danych w generatorze, jak już pisałem wyżej, nie jest zbyt wygodne.

Na zakończenie trzeba wspomnieć o jeszcze jednej właściwości generatora SFG-830. Nie wiem, czy zaliczyć ją do zalet, czy wad. Producent udostępnił szereg procedur kalibrujących. Wyregulować i sprawdzić można dosłownie wszystko. Podane są nawet oznaczenia elementów, którymi „podkreca“ się wybrane parametry. Część regulacji dokonuje się programowo, korzystając z klawiatury i udostępnionych kodów dla poszczególnych procedur, bez rozkręcania obudowy. Niestety, wszystko to stwarza możliwość wręcz destrukcyjnego rozkalibrowania przyrządu. Dla podkreślenia powagi sytuacji wymienię choćby kilka parametrów, na które ma wpływ użytkownik. Są to np. tłumienie wartości dodatnich i ujemnych (niezależnie), amplituda dla każdego rodzaju przebiegu, offset, symetria fali prostokątnej, wzmocnienie stałoprądowe w poszczególnych trybach pracy. Wszystko to odbywa się czasami w kilkudziesięciu podzakresach, a parametry zapisywane są jako 11-bitowa dana ze znakiem.

Podczas testowania generatora odniosłem bardzo pozytywne wrażenie związane z jego funkcjonalnością. Dech w piersi zapierały również parametry techniczne. To naprawdę duża przyjemność, gdy można ustawić np. częstotliwość 123456,78Hz.

Co do przydatności własnych przebiegów w pomiarach, poza typowymi, nie mam już tak jednoznacznej opinii, ale taki jest ogólnoswiatowy trend, więc coś w tym musi być. Jedno z możliwych zastosowań, jakie mi się nasuwa, to symulowanie prawie dowolnej odpowiedzi układu na zadane wymuszenie. Przydałoby się do tego jednak jeszcze, gdyby własny przebieg mógł być generowany jednorazowo, np. pod wpływem jakiegoś sygnału wyzwającego lub po wyzwoleniu ręcznym z klawiatury. Ale to jest tylko takie moje marudzenie. Sprzęt jest naprawdę rewelacyjny.

**Jarosław Doliński**  
jdolin@optimus.waw.pl

#### Dodatkowe informacje

Przyrząd do testów w redakcji udostępniła firma NDN, tel./fax. (22) 641-15-47, (22) 641-61-96, e-mail: ndn@ndn.com.pl., www.ndn.com.pl