

Układy scalone sekwencerów zasilania

Zwykle w urządzeniach zasilanych pojedynczym napięciem wystarczy zadbać o wydajność źródła zasilania oraz jedynie zmierzyć jego wartość za pomocą np. komparatora po to, aby powyżej pewnego progu gwarantującego poprawne działanie urządzenia włączyć przełączniki wyjściowe wzmacniacza m.cz. lub uruchomić układ procesorowy. Trudniej, jeśli układ scalony, taki jak procesory DSP, pamięć, FPGA, mikroprocesor lub inny wymaga zasilania kilkoma napięciami. Co ważne, te napięcia muszą być załączane w określonej kolejności, aby nie spowodować uszkodzenia układu. Takie systemy zasilania wykonuje się albo na bazie komponentów dyskretnych (np. z użyciem stabilizatorów napięcia z wejściem zezwalającym na załączenie) lub specjalizowanych układów scalonych, albo łącząc obie te techniki.

Przy zasilaniu urządzenia pojedynczym napięciem byłoby idealnie, gdyby po włączeniu zasilania kształt napięcia za stabilizatorem był – niezależnie od zastosowanego typu – zawsze taki sam. Niestety, jest to możliwe tylko „na papierze”, ponieważ nawet przy zastosowaniu tych samych komponentów, będą się one różniły ze względu na tolerancję ich wykonania. O ile ma to mniejsze znaczenie w wypadku układów scalonych, o tyle na pewno dotyczy kondensatorów pracujących w filtrze zasilania. Dlatego – jak wspomniano we wstępie – stosuje się układy komparatorów, które pozwalają na uruchomienie układu dopiero po osiągnięciu przez napięcie zasilające pewnej „bezpiecznej” wartości.

Układy scalone wzmacniaczy mocy audio zasilanie napięciem symetrycznym zwykle są niewrażliwe na sekwencję załączania napięcia zasilającego. Mają wbudowane odpowiednie obwody, które zabezpieczają je nawet przy uszkodzeniu jednej połówki napięcia. Z kolei wzmacniacze operacyjne mają połączenie z masą poprzez oporniki polaryzujące o rezystancji rzędu kilkudziesięciu kiloom lub więcej, przez które płynie niewielki prąd raczej niemający możliwości uszkodzenia obwodów półprzewodnikowych. Sekwencja załączania napięcia zasilającego będzie miała znacznie większe znaczenie dla układów, w których komponenty półprzewodnikowe są bezpośrednio połączone z masą. W takich układach może dojść do uszkodzenia, bo zgodnie z zamierzeniami projektantów układu scalonego, prąd powinien przepływać od napięcia dodatniego do napięcia ujemnego, a nie od któregoś z nich do masy. Po załączeniu napięć zasilających, jeśli jedno z nich pojawi się wcześniej niż drugie, prąd będzie „próbował” płynąć zgodnie z zamierzeniami konstruktorów, ale nie będzie to możliwe, ponieważ odpowiednie napięcie jeszcze nie będzie załączone. Jeśli impedancja wyjściowa jeszcze niedziałającego zasilacza (stabilizatora) jest niewielka, to prąd może wypływać z lub wpływać do jego wyjścia i wówczas nie powinno być problemu, bo zasilany układ scalony zwykle może „począkać” na pojawienie się drugiej połówki napięcia. Niestety, zwykle wyjścia większości stabilizatorów napięcia pozostają w stanie wysokiej impedancji, jeśli ten nie osiągnie znamionowych warunków pracy. I dlatego, jeśli tylko jedno ze źródeł napięcia zasilacza symetrycznego jest aktywne, to przepływ prądu w normalnym kierunku zostaje zablokowany, a napięcie na wyprowadzeniu stabilizatora pozostającym w stanie wysokiej impedancji ma tendencję do podążania w stronę funkcjonującego źródła napięcia, co odwraca polaryzację wewnętrznych obwodów układu scalonego w odniesieniu do wyprowadzenia masy. W wielu wypadkach w takiej sytuacji wewnętrzne złącza zostają spolaryzowane w kierunku przewodzenia, a prąd przepływa przez nie w kierunku masy. W związku z tym, że jest to zupełnie niezamierzona i często przypadkowa droga przepływu prądu, to może

on spowodować zjawisko prądu lawinowego i przepalenie złącza lub co najmniej narażenie go na przeciążenia powodujące skrócenie czasu funkcjonowania układu lub uszkodzenie.

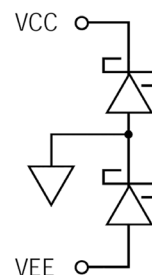
Systemy zasilane dwoma napięciami o przeciwnej polaryzacji

Systemy zasilane pojedynczym napięciem dodatnim i pojedynczym napięciem ujemnym mogą być łatwo zabezpieczone przed uszkodzeniem poprzez zastosowanie nieskomplikowanego obwodu zbudowanego z komponentów dyskretnych, pokazanego na **rysunku 1**. W jego budowie zastosowano diody Schottky włączane w obwód zasilania, który załączy się wcześniej, niż złącza krzemowe wewnątrz chronionego obwodu scalonego i dzięki temu będzie on przewodził znaczącą część prądu. Diody użyte w tym zabezpieczeniu muszą mieć niewielkie napięcie przewodzenia w najgorszym przypadku prądu zasilania. Na przykład, jeśli ten typ zabezpieczenia zastosowano do ochrony 8-wyjściowej karty I/O, w której każde wyprowadzenie może przewodzić prąd rzędu 200 mA, wówczas diody Schottky użyte w zabezpieczeniu muszą gwarantować napięcie progowe rzędu 0,5 V przy prądzie 1,6 A. W większości wypadków taki prąd nigdy nie popłynie, jednak stosowanie komponentów przewidzianych do pracy w najgorszych warunkach jest dobrą praktyką konstruktorów i daje margines bezpieczeństwa.

Pokazane na rys. 1 zabezpieczenie powinno być stosowane dla źródła zasilania, a nie dla pojedynczych komponentów. Nadaje się do urządzeń, w których napięcie zasilające może wystąpić w przypadkowej kolejności. Jeśli zasilacz został tak zaprojektowany, że jedno z napięć zawsze występuje pierwsze, to odpowiadająca mu dioda Schottky jest zbędna. Z drugiej strony, zastosowanie dwóch diod chroni układy, nawet wówczas, jeśli jeden ze stabilizatorów ulegnie uszkodzeniu.

Zasilanie wieloma napięciami

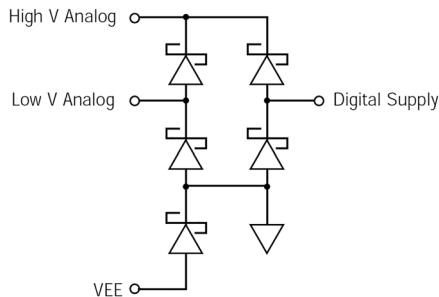
Układy scalone, zwłaszcza te wykonane w technice mieszanej analogowo – cyfrowej, mogą być zasilane więcej niż jednym napięciem i nie mamy tu na myśli napięcia referencyjnego dla przetwornika A/C lub C/A. Raczej chodzi o napięcie rzędu 1,8...2,5 V do zasilania CPU, napięcie 2,7...5 V do zasilania portów I/O oraz dla przykładu, napięcie symetryczne np. ± 15 V do zasilania obwodów analogowych.



Rysunek 1. Diodowy obwód zabezpieczający

WYBÓR KONSTRUKTORA

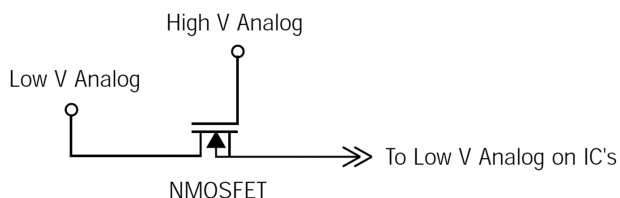
Niekiedy zwłaszcza bloki analogowe wymagają większej liczby napięć, często znacznie różniących się od siebie wartością (np. ± 12 V do zasilania stopnia wejściowego oraz ± 48 V do zasilania stopnia mocy),



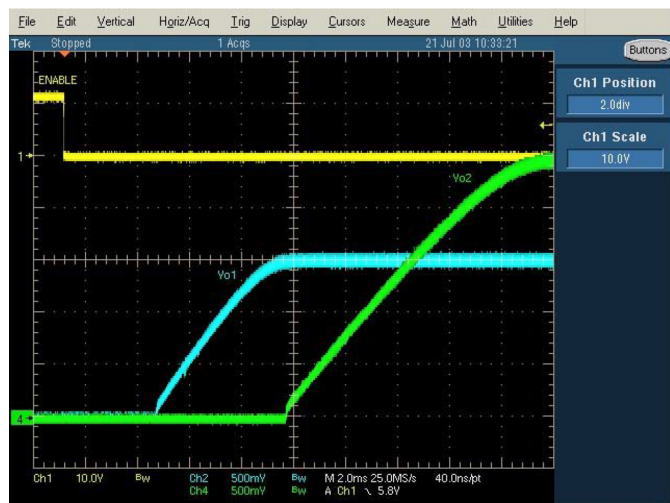
Rysunek 2. Rozbudowany, diodowy obwód zabezpieczający

polaryzacją, obciążalnością i współczynnikiem stabilizacji. Stosując takie układy konstruktor musi zatroszczyć się o zachowanie poprawnej polaryzacji oraz o kolejność ich załączania i wyłączania. Problem może być złożony i zależy od właściwości zastosowanych układów scalonych. Na przykład, jeśli układ analogowy jest zasilany dwoma napięciami, jednym wyższym a drugim niższym, wtedy napięcie niższe w żadnej sytuacji nie powinno być większe od wyższego, nawet w bardzo krótkim przedziale czasu, ponieważ może dojść do odwrotnej polaryzacji komponentów półprzewodnikowych w strukturze układu, co doprowadzi do ich uszkodzenia. Również niskie napięcie zasilające obwody cyfrowe nie powinno być doprowadzone wcześniej, niż wysokie napięcie zasilające obwody analogowe. Niektóre układy scalone tolerują pojawienie się napięcia zasilającego część cyfrową przed napięciem zasilającym część analogową, ale nie jest to regułą.

Jednym ze sposobów zasilania takich układów scalonych jest zastosowanie rozwiązania układowego, w którym napięcia są załączane oraz wyłączane w określonej i zamierzonej sekwencji. Tę technikę zasilania wieloma napięciami nazywa się sekwencjonowaniem napięć, natomiast układy scalone umożliwiające uzyskanie poprawnej sekwencji załączania i wyłączania napięć zasilających – sekwencerami napięć zasilających.



Rysunek 3. Transzystor MOSFET zezwalający na załączenie niższego napięcia po zasilaniu wyższym



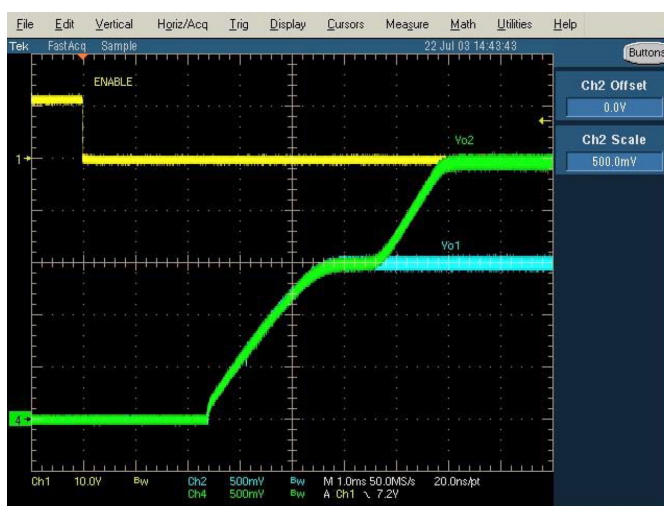
Rysunek 4. Załączenie sekwencyjne napięć zasilających, jedno po drugim



Rysunek 5. Tryb proporcjonalny – wszystkie napięcia zasilające osiągną punkt regulacji w tym samym czasie

W celu uzyskania poprawnej sekwencji można posłużyć się obwodem zbudowanym z diod Schottky, pokazanym na **rysunku 2**. Nie zastąpi on wyspecjalizowanego układu scalonego, ale na pewno jest tani i łatwy w budowie. Prąd przewodzenia diod i ich napięcie progowe powinny być dobrane zgodnie z regułą „najgorszego przypadku”. W niektórych zastosowaniach, zwłaszcza przy ograniczonej wydajności prądowej źródła niższego napięcia, można użyć tranzystora MOSFET włączonego jak na **rysunku 3**. Prezentowany obwód – włączony w szereg z wejściem zasilania – może być stosowany do zabezpieczenia przed sytuacją, w której niższe napięcie wystąpi przed wyższym. Aby układ pracował poprawnie, rezystancja przewodzenia tranzystora MOSFET $R_{DS(on)}$ musi być wystarczająco niska przy napięciu U_{GS} występującym pomiędzy niskonapięciową i wysokonapięciową częścią obwodu i przy maksymalnym prądzie, który popłynie przez kanał tranzystora. Jeśli różnica napięcia pomiędzy drenem a źródłem nie jest zbyt wysoka, to należy użyć tranzystora o niskim napięciu bramki.

Nieskomplikowane obwody nie zawsze są jednak w stanie sprostać wymaganiom aplikacji. W takich sytuacjach używa się wspomnianych wcześniej układów scalonych sekwencerów zasilania. Mogą one załączać zasilacze, stabilizatory, przetwornice DC/DC, tranzystory klucze i inne. Zanim jednak zastosuje się odpowiedni układ scalony lub obwód sekwencjonujący, trzeba poznać podstawowe sposoby załączania napięć zasilających. Rozróżniamy trzy metody:



Rysunek 6. Tryb jednoczesny – zbocza napięć zasilających są nachylone pod tym samym kątem („schodek” na oscylogramie powstał w wyniku działania konkretnego układu scalonego – nie jest wymagany)

1) Sekwencyjną (*sequential*), gdy napięcia są załączane jedno po drugim, w określonej kolejności (**rysunek 4**). Na przykład, napięcie rdzenia, który powinien być zasilony przed włączeniem układów peryferyjnych i przetworników A/C. Przy wyłączeniu napięcia zwykle kolejność zanikania napięć powinna być odwrotna.

2) Proporcjonalną (*ratiometric*), gdy wszystkie napięcia zasilające osiągają wartość znamionową w tym samym czasie (**rysunek 5**). Zbocza napięć pokazane na oscylogramie mają różne czasy narastania, aby punkt regulacji został osiągnięty w przybliżeniu w tym samym czasie. Po wyłączeniu napięcia głównego zbocza opadające obu napięć mają różne nachylenia, aby napięcia zasilające osiągnęły poziom masy w przybliżeniu w tym samym czasie.

3) Jednoczesną (*simultaneous*), gdy zbocza narastające wszystkich napięć zasilających są nachylone pod tym samym kątem (**rysunek 6**). Na przykład, po tym jak napięcie zasilające rdzenia osiągnie wartość nominalną, to napięcie zasilające układy peryferyjne nadal rośnie z tym samym nachyleniem zbocza i osiąga po pewnym czasie swój punkt regulacji. Kolejność jest odwracana przy wyłączeniu zasilania.

Danych na temat wymaganej sekwencji napięć zasilających należy szukać w karcie katalogowej danego procesora czy układu FPGA.

Sekwencery napięć zasilających

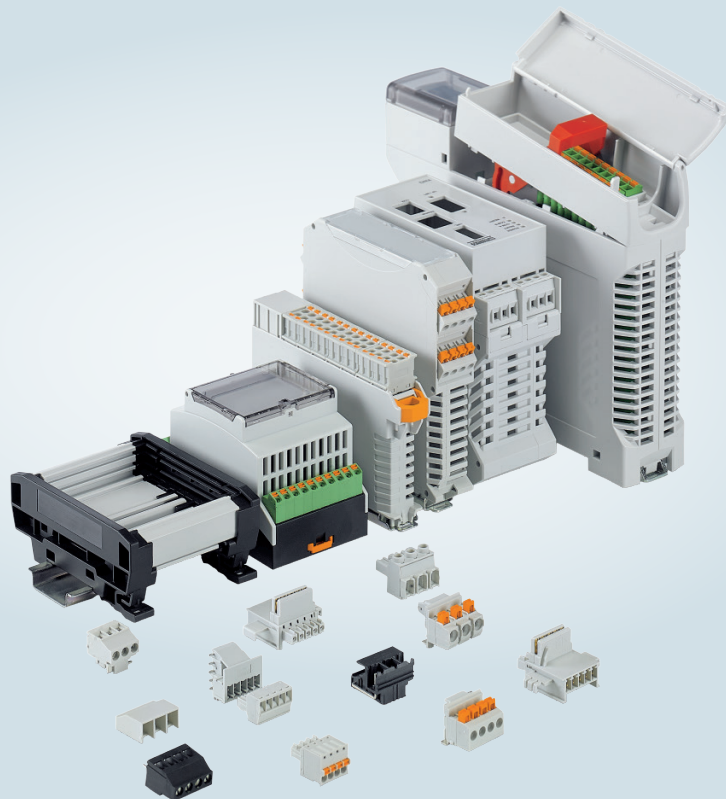
Najwygodniejszą metodą dostępną dla wykonania sekwencera napięcia jest zastosowanie specjalizowanego układu scalonego. Są one produkowane przez wielu producentów układów scalonych i dostępne w ich ofercie lub w ofercie ich dystrybutorów. W ramach artykułu zasygnalizujemy, gdzie należy szukać tych układów, ponieważ trudno pokazać pełną ofertę firm, które oferują sekwencery o różnym stopniu komplikacji – programowane za pomocą komponentów zewnętrznych lub z użyciem systemu nadrzędnego – hosta, np. mikrokontrolera. Znajdują one zastosowanie w wielu aplikacjach, w tym na płytach głównych naszych komputerów PC.

Analog Devices

Firma Analog Devices wytwarza dwa rodzaje układów sekwencjonujących zasilanie – analogowe i cyfrowe (**tabela 1**) różniące się zasadą działania. W budowie pierwszych zastosowano komparatory

Tabela 1. Wybrane sekwencery/monitory zasilania Analog Devices

Typ układu	Liczba wejść/ możliwość łączenia w kaskady	Liczba wyjść	Sterowanie FET/ wyjście Enable
AD5100	4	4	Enable
ADM1060	7/Tak	9	Enable/driver
ADM1062	10/Tak	10	Enable/driver
ADM1063	10/Tak	10	Enable/driver
ADM1064	10/Tak	10	Enable/driver
ADM1065	10/Tak	10	Enable/driver
ADM1066	12/Tak	10	Enable/driver
ADM1067	10/Tak	10	Enable/driver
ADM1068	8/Tak	8	Enable/driver
ADM1069	8/Tak	8	Enable/driver
ADM1085	1/Tak	1	Enable
ADM1086	1/Tak	1	Enable
ADM1087	1/Tak	1	Enable
ADM1166	12/Tak	10	Enable/driver
ADM1168	8/Tak	8	Enable/driver
ADM1169	8/Tak	8	Enable/driver
ADM1184	4/Tak	4	Enable
ADM1185	4/Tak	4	Enable
ADM1186	4/Tak	4	Enable
ADM6819	2/Tak	1	Driver FET
ADM6820	2/Tak	1	Driver FET



Szukasz odpowiedniej obudowy?

Znajdziesz ją u nas!

Nieważne jakiego typu elektroniczne urządzenie do montażu na szynie DIN projektujesz. W naszym portfolio znajdziesz najszerszy wybór obudów oraz niezawodnych i wygodnych w obsłudze złącz do PCB. Możliwość doboru kolorów, otworowania, nadruków, etykiet – stwórz wyróżniające się urządzenie ze standardowego produktu!

Dodatkowe informacje dostępne pod numerem telefonu **071 39 80 410** lub odwiedź: www.phoenixcontact.pl/obudowy

REKLAMA



WYBÓR KONSTRUKTORA

i funkcjonujące w oparciu o nie układy czasowe, natomiast w drugich przetworniki A/C oraz bloki cyfrowe.

Przykładem rozwiązania analogowego jest 4-kanalowy układ monitorujący ADM1186. Sam układ jest zasilany napięciem z zakresu 2,7...5,5 V. Napięcie monitorowane jest podawane na wejścia VIN1...VIN4 i kontrolowane przez 4 komparatory. Do ich wejść referencyjnych jest doprowadzone wspólne napięcie odniesienia o wartości 0,6 V. Dzielniki rezystorowe ustalają wartość napięcia zadziałania. Układ ma 4 wyjścia typu otwarty dren OUT1...OUT4, które mają niedużą obciążalność i przez to mogą być użyte do załączania kluczy lub stabilizatorów napięcia. W wielu aplikacjach przyda się też wyjście PWRGD sygnalizujące, że wszystkie napięcia monitorowane (wejściowe) mają wartości powyżej ustalonych progów załączenia. Maszyna stanów, zależnie od poziomu na wejściu UP/DOWN, umożliwia załączenie uruchomienie sekwencji załączającej lub wyłączającej. W stanie WAIT START narastające zbocze sygnału na wejściu UP/DOWN wyzwala sekwencję załączającą. W stanie POWER-UP DONE opadające zbocze sygnału na wejściu UP/DOWN wyzwala sekwencję wyłączającą.

Tabela 2. Wybrane sekwencery/monitory zasilania Linear Technology

Typ układu	Liczba wyjść	Opis	Uwagi
LTC2923	3	Kontrolowanie napięcia	Kontrola dwóch napięć bez szeregowych tranzystorów FET lub trzecz z użyciem FET
LTC2924	6	Sekwencjonowanie napięć	Poczwórny sekwencer zasilania
LTC2925	4	Kontrolowanie napięcia	Załączanie 3 napięć bez FET lub 4 z użyciem FET
LTC2926	3	Kontrolowanie napięcia	Załączanie napięcia za pomocą MOSFET
LTC2928	4	Sekwencjonowanie i monitorowanie	Wielokanalowy sekwencer oraz układ kontrolujący napięcie
LTC2974	4	PMBus, EEPROM, rejestrowanie awarii; kontrolowanie, sekwencjonowanie, regulowanie napięć, czujnik temperatury oraz układy monitorowania prądów i napięć. Możliwość łączenia w kaskady.	Poczwórny, cyfrowy zarządca zasilania z pamięcią EEPROM
LTC2977	8	PMBus, EEPROM, rejestrowanie awarii; kontrolowanie, sekwencjonowanie, regulowanie napięć, czujnik temperatury oraz układy monitorowania prądów i napięć. Możliwość łączenia w kaskady.	8-kanalowy system zarządzania zasilaniem z PMBus
LTC3880	2	Tryb Burst, pomiar różnicowy, PolyPhase, interfejs I ² C, EEPROM, A/C, DCR czujnik prądu, sekwencjonowanie, regulowanie, kontrola napięć. Synchronizacja zewnętrzna.	2-wyjściowy, cyfrowy zarządca systemu zasilającego (PolyPhase)
LTC3883	1	Tryb Burst, pomiar różnicowy, PolyPhase, interfejs I ² C, EEPROM, A/C, DCR czujnik prądu, sekwencjonowanie, regulowanie, kontrola napięć. Synchronizacja zewnętrzna.	1-kanalowy, cyfrowy zarządca systemu zasilającego

Przedstawicielem rodziny cyfrowych układów sekwencjonujących jest ADM1169. Ten 8-wejściowy układ umożliwia budowanie konfigurowalnych, wielokanalowych obwodów sekwencjonowania zasilania i zawiera 12-bitowy przetwornik A/C i 8-kanalowy przetwornik C/A. Mogą one być używane do wykonania pętli sprzężenia zwrotnego umożliwiającego regulowanie napięcia poprzez zmianę parametrów pętli lub napięcia referencyjnego dostarczanego przez przetwornik C/A.

Linear Technology

Ofertę Linear Technology zdecydowaliśmy się opisać zaprezentować tuż po Analog Devices, ponieważ firma Analog Devices kupiła LT. Zapewne – jak w wypadku zakupu National Semiconductors przez Texas Instruments – oferta LT zostanie „wchłonięta” przez AD, co może spowodować zastąpienie jednych układów drugimi, opracowanie nowych wersji i inne działania. Skrócony wykaz sekwencerów zasilania firmy LT umieszczono w tabeli 2.

Tabela 3. Wybrane scalone sekwencery zasilania Maxim Integrated

Typ układu	Liczba wejść	Opis	Uwagi
MAX34462	16	I ² C/SMBus, PMBus. 16-kanalowy sekwencer i monitor zasilania	Regulowanie, monitorowanie, sekwencjonowanie
MAX34451	12	I ² C/SMBus, PMBus. 12-kanalowy sekwencer i monitor zasilania	Regulowanie, monitorowanie, sekwencjonowanie
MAX34460	12	I ² C/SMBus, PMBus. 12-kanalowy monitor i sekwencer	Monitorowanie i sekwencjonowanie
MAX34461	16	I ² C/SMBus, PMBus. 16-kanalowy monitor i sekwencer	Monitorowanie i sekwencjonowanie
MAX34440	6	I ² C/SMBus, PMBus. 6-kanalowy zarządca zasilania z rejestrowaniem zdarzeń.	Monitorowanie i sekwencjonowanie
MAX34441	5	I ² C/SMBus, PMBus. 5-kanalowy zarządca zasilania z rejestrowaniem zdarzeń i kontrolerem wentylatora.	Monitorowanie i sekwencjonowanie
MAX16065	12	I ² C/SMBus, PMBus, JTAG. 12-kanalowy zarządca zasilania z rejestrowaniem zdarzeń.	Monitorowanie i sekwencjonowanie
MAX16066	8	I ² C/SMBus, PMBus, JTAG. 8-kanalowy zarządca zasilania z rejestrowaniem zdarzeń.	Monitorowanie i sekwencjonowanie
MAX16052	1	Sekwencer, kontroler.	Sekwencjonowanie
MAX16053	1	Sekwencer, kontroler.	Sekwencjonowanie
MAX16046	12	I ² C/SMBus, PMBus, JTAG. 12-kanalowy, programowany zarządca zasilania z rejestrowaniem zdarzeń.	Monitorowanie, sekwencjonowanie i kontrola
MAX16047	12	I ² C/SMBus, PMBus, JTAG. 12-kanalowy, programowany zarządca zasilania z rejestrowaniem zdarzeń.	Monitorowanie, sekwencjonowanie i kontrola
MAX16048	8	I ² C/SMBus, PMBus, JTAG. 8-kanalowy, programowany zarządca zasilania z rejestrowaniem zdarzeń	Monitorowanie, sekwencjonowanie i kontrola
MAX16049	8	I ² C/SMBus, PMBus, JTAG. 8-kanalowy, programowany zarządca zasilania z rejestrowaniem zdarzeń	Monitorowanie, sekwencjonowanie i kontrola

Układ LTC2924 został opracowany do sterowania kluczami tranzystorowymi zbudowanymi w oparciu o MOSFET'y z kanałem N lub układy scalone stabilizatorów z wejściami załączającymi. Może bezpośrednio sterować 4 kanałami zasilacza, ale można za jego pomocą zbudować zasilacz o maksymalnej liczbie 6 kanałów zasilających. Wymaga przy tym niewielkiej liczby komponentów zewnętrznych, jedynie dwóch rezystorów sprzężenia zwrotnego na pojedynczy, kontrolowany kanał oraz jednego rezystora do ustalenia histerezy. W strukturę wbudowano przetwornicę (pompa ładunku) generującą napięcie dla zewnętrznych układów logicznych i do załączania MOSFET'ów. Regulowanie odstępu czasowego pomiędzy załączeniem napięcia zasilającego i początkiem sekwencji osiąga się za pomocą pojedynczego kondensatora dołączonego do wejścia TMR. Drugi kondensator ustala opóźnienie

zadziałania detektora poprawności napięcia wyjściowego danego kanału zasilającego. Błędy napięcia oraz błędy sekwencji napięć są sygnalizowane za pomocą wyjścia FAULT. Komparatory wbudowane w układ mają dokładność 1%. Układy LTC2924 mogą być łączone w kaskady w celu sterowania większą liczbą kanałów.

Innym przedstawicielem układów do sekwencjonowania napięć zasilających jest 4-kanałowy LTC2984. Jego podstawową aplikację pokazano na. Może on pełnić nie tylko rolę układu sekwencjonującego, ale również nadzorcy poprawności napięcia zasilającego oraz może generować sygnał zerowania systemu lub mikroprocesora. Podobnie jak poprzedni układ, również i ten może być łączony w kaskady w celu zwielokrotnienia liczby kanałów. Do poprawnej pracy układ wymaga jedynie kilku komponentów zewnętrznych. Wyjścia mogą sterować wejściami zezwalającymi stabilizatorów

Tabela 3. c.d.

Typ układu	Liczba wejść	Opis	Uwagi
MAX16050	5	4-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX16051	6	6-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX16025	2	Miniaturowy sekwencer/monitor z wyj. otwarty dren	Sekwencjonowanie
MAX16026	2	Miniaturowy sekwencer/monitor z wyj. push-pull	Sekwencjonowanie
MAX16027	3	Miniaturowy sekwencer/monitor z wyj. otwarty dren	Sekwencjonowanie
MAX16028	3	Miniaturowy sekwencer/monitor z wyj. push-pull	Sekwencjonowanie
MAX16029	4	Miniaturowy sekwencer/monitor z wyj. otwarty dren	Sekwencjonowanie
MAX16030	4	Miniaturowy sekwencer/monitor z wyj. push-pull	Sekwencjonowanie
MAX16041	2	2-kanałowy sekwencer/kontroler	Sekwencjonowanie
MAX16042	3	3-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX16043	4	4-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6889	8	I ² C/SMBus. Programowany, 8-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6890	6	I ² C/SMBus. Programowany, 6-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6891	4	I ² C/SMBus. Programowany, 4-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6892	8	8-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6893	6	6-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6894	4	4-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6877	3	3-kanałowy sekwencer/monitor	Monitorowanie, sekwencjonowanie i kontrola
MAX6878	2	2-kanałowy sekwencer/monitor	Monitorowanie, sekwencjonowanie i kontrola
MAX6879	2	2-kanałowy sekwencer/monitor	Monitorowanie, sekwencjonowanie i kontrola
MAX6880	3	3-kanałowy sekwencer	Sekwencjonowanie

Tabela 3. c.d.

Typ układu	Liczba wejść	Opis	Uwagi
MAX6881	3	3-kanałowy sekwencer	Sekwencjonowanie
MAX6882	2	2-kanałowy sekwencer	Sekwencjonowanie
MAX6883	2	2-kanałowy sekwencer	Sekwencjonowanie
MAX6895	1	1-kanałowy sekwencer/monitor z wyjściem otwarty dren	Sekwencjonowanie
MAX6896	1	1-kanałowy sekwencer/monitor z wyjściem otwarty push-pull	Sekwencjonowanie
MAX6897	1	1-kanałowy sekwencer/monitor z wyjściem otwarty dren	Sekwencjonowanie
MAX6898	1	1-kanałowy sekwencer/monitor z wyjściem otwarty dren	Sekwencjonowanie
MAX6899	1	1-kanałowy sekwencer/monitor z wyjściem otwarty push-pu	Sekwencjonowanie
MAX6876	4	I ² C/SMBus. 4-kanałowy sekwencer, monitor, rejestrator i kontroler	Monitorowanie, sekwencjonowanie i kontrola
MAX6870	6	I ² C/SMBus. 6-kanałowy sekwencer/monitor z A/C	Sekwencjonowanie
MAX6871	4	4 I ² C/SMBus. -kanałowy sekwencer/monitor z A/C	Sekwencjonowanie
MAX6872	6	I ² C/SMBus. Programowany, 6-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6873	4	I ² C/SMBus. Programowany, 4-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6874	6	I ² C/SMBus. Programowany, 6-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6875	4	I ² C/SMBus. Programowany, 4-kanałowy sekwencer/monitor	Sekwencjonowanie
MAX6741	2	Kontroler zasilania z wyjściem otwarty dren	Sekwencjonowanie
MAX6744	2	Kontroler zasilania z wyjściem push-pull	Sekwencjonowanie
MAX6391	2	2-kanałowy nadzorca zasilania	Sekwencjonowanie
MAX6392	2	2-kanałowy nadzorca zasilania	Sekwencjonowanie
MAX6819	2	Sekwencer z opóźnieniem 200 ms	Sekwencjonowanie
MAX6820	2	Sekwencer z regulowanym opóźnieniem	Sekwencjonowanie

Tabela 4. Układy sekwencerów z oferty Texas Instruments

Typ układu	Liczba wejść	Liczba wyjść	Opis	Uwagi
LM3880		3	Sekwencer	Sekwencjonowanie
LM3880-Q1		3	Sekwencer	Sekwencjonowanie
LM3880Q-Q1		3	Sekwencer	Sekwencjonowanie
LM3881		3	Sekwencer	Sekwencjonowanie
UCD90120A	13	12	12-kanalowy sekwencer i monitor ze wsparciem dla ACPI	Sekwencjonowanie i monitorowanie
UCD90124A	12	12	12-kanalowy sekwencer i monitor systemu z kontrolerem wentylatora i funkcją ACPI	Sekwencjonowanie i monitorowanie
UCD90160	16	16	16-kanalowy sekwencer ze wsparciem dla ACPI	
UCD9080	8	8	Sekwencer i monitor	Sekwencjonowanie i monitorowanie
UCD9081	8	8	Sekwencer i monitor z rejestrowaniem zdarzeń	Sekwencjonowanie i monitorowanie
UCD9090	11	10	10-kanalowy sekwencer i monitor systemu	Sekwencjonowanie i monitorowanie
UCD9090-Q1	11	10	10-kanalowy sekwencer i monitor systemu	Sekwencjonowanie i monitorowanie
UCD90910	10	10	10-kanalowy sekwencer i monitor systemu z 10-kanalowym kontrolerem wentylatorów	Sekwencjonowanie i monitorowanie

lub bramkami tranzystorów MOSFET z kanałem N. Dokładność pomiaru napięcia wynosi 1,5%.

Maxim-Dallas

Firma Maxim Integrated oferuje ogromną liczbę układów, od nieskomplikowanych do bardzo rozbudowanych, programowanych za pomocą interfejsu szeregowego (tabela 3).

Przykładem układów sekwencjonujących, 1-kanalowych są MAX1652 z wyjściem typu otwarty dren i bliźniaczy MAX1653 mający wyjście push-pull. Oba należą do rodziny niewielkich układów monitorowania napięcia zasilającego z możliwością budowania sekwencjonowania źródeł napięcia zasilającego. Układy mają możliwość regulowania progu i czasu opóźnienia zadziałania za pomocą komponentów zewnętrznych. Mogą być łączone w kaskady dla potrzeb bardziej rozbudowanych aplikacji. Wejście pomiarowe o dużej impedancji (IN) z progiem wyzwolenia 0,5 V (dokładność 1,8%) pozwala na ustalenie progu zadziałania za pomocą zewnętrznego dzielnika rezystancyjnego. Wyjście (OUT) jest ustawione, gdy napięcie wejściowe przewyższa o 0,5 V ustalony próg. Czas opóźnienia do zmiany wyjścia jest programowany kondensatorem. Wyjście układu MAX16052 jest typu otwarty dren, natomiast MAX1652 jest typu push-pull.

Dla odmiany, układ MAX34462 jest bardzo rozbudowany i może monitorować lub sekwencjonować aż 16 napięć. Układ stale mierzy napięcia wejściowe i sprawdza czy mieszczą się one w dopuszczalnych granicach. Jeśli wystąpi błąd, to układ wyłącza system zasilania w ustalony sposób. MAX34462 może włączać i wyłączać napięcia wyjściowe w dowolnie zaprogramowanej kolejności. Zawiera 16 niezależnych przetworników C/A, które cyfrowo ustalają kształty napięć w poszczególnych kanałach wyjściowych oraz czujnik temperatury. Po skonfigurowaniu funkcjonuje autonomicznie i nie wymaga żadnej interwencji hosta. Komunikacja ze „światem zewnętrznym” odbywa się za pomocą interfejsu szeregowego kompatybilnego z I²C i SMBus. Nastawy są zapisywane we wbudowanej w strukturę pamięci nieulotnej. Aby ułatwić zastosowanie, w strukturę sekwencera wbudowano funkcje logiczne.

Texas Instruments

Firma Texas Instruments oferuje ogromną liczbę układów przeznaczonych do systemów zasilania. W ostatnich latach oferta tego producenta znacznie powiększyła się na skutek zakupu innych firm. Wybrane układy z oferty Texas Instruments zawiera tabela 4.

Układ UCD90124A jest 12-kanalowym monitorem/sekwencerem napięcia lub prądu wyposażonym w interfejsy PMBus oraz I²C. W jego strukturze umieszczono 12-bitowy przetwornik A/C, który służy do monitorowania 12 wejść napięcia. 26 linii GPIO może być użytych do załączania źródeł napięcia, generowania sygnałów zerowania i/lub przerwań, łączenia układów w kaskady lub

innych funkcji potrzebnych w aplikacji. 12 z tych linii ma funkcjonalność PWM. Dzięki temu UCD90124A może sterować silnikami wentylatorów, precyzyjnie „dostrajać” kontrolowane napięcie lub realizować inne funkcje, do których typowo znajduje zastosowanie PWM. Zakres częstotliwości wynosi 15,259 kHz...125 MHz. Ciekawą funkcją układu jest możliwość uzyskania specyficznych stanów wyjść sterujących dołączonymi źródłami zasilania za pomocą trzech wejść GPIO. Ta funkcjonalność nosi nazwę *Pin-Selected Rail States* i pozwala na sprzętowo załączenie lub wyłączenie dowolnego wyjścia sterującego. Funkcja przydaje się przy realizowaniu trybów niskiego poboru energii zgodnie ze specyfikacji ACPI (*Advanced Configuration and Power Interface*). Do konfigurowania układu służy autorskie oprogramowanie *TI Fusion Digital Power*. Maksymalne napięcie, które może być monitorowane i sterowane wynosi 12 V. Pomiaru są wykonywane przez wspomniany wcześniej przetwornik A/C co 400 μs. Układ nie wymaga dołączenia zewnętrznego źródła napięcia referencyjnego. Generowane sekwencje napięć mogą być zależne od czasu, stanu innych wyjść lub sterowane za pomocą wejść GPIO. W związku z przeznaczeniem do systemów mikroprocesorowych układ wyposażono w programowany timer Watchdog oraz interfejsy JTAG i I²C/SMBus/PMBus.

Niejako na przeciwnym biegunie jest nieskomplikowany w aplikacji układ LM3880, niewymagający hosta do sterowania, umieszczony w niewielkiej, 6-wyprowadzeniowej obudowie SOT-23. Układ ma skromne możliwości, ponieważ nie ma funkcji monitorowania i sygnały wyjściowe pojawiają się w pewnych odstępach czasowych, niezależnie od tego, czy napięcie załączane jest obecne, czy też nie. Taką dodatkową kontrolę trzeba dobudować sobie „na zewnątrz” wykorzystując w tym celu wejście ENABLE do sterowania załączanymi zasilaczami. Pomimo miniaturowej obudowy układ ma aż trzy wyjścia, które są załączane i wyłączane zgodnie z sekwencją wybraną w pamięci EEPROM. Poszczególne wyjścia są załączane/wyłączane w wybranych odstępach czasu, od 2...120 ms.

Podsumowanie

W artykule jedynie zasygnalizowano problem sekwencjonowania zasilania i wskazano wybrane rozwiązania układowe. Należy go traktować w roli wskazówki do samodzielnego poszukiwania rozwiązań najlepiej pasujących do aplikacji.

Jacek Bogusz, EP

Bibliografia:

- <http://goo.gl/a7Hxg7> • <http://goo.gl/OCxxnk> • <http://goo.gl/77HN88>
- <http://goo.gl/Lk6ca8> • <http://goo.gl/Amxc42> • <http://goo.gl/GtxTCK>