

Projektowanie oszczędnych układów elektronicznych (2)

Dobór źródeł zasilania dla urządzeń mobilnych



Wybór odpowiedniej wartości napięcia zasilającego i rodzaju baterii ma zasadnicze znaczenie dla czasu pracy zasilanego nią urządzenia.

Takie decyzje należy podjąć już na etapie formułowania założeń projektowych, ponieważ od nich zależy dobór elementów i przyjętych rozwiązań układowych. Jednak po wykonaniu wstępnego projektu urządzenia można precyzyjnie oszacować jego potrzeby zasileniowe.

W artykule zawarto wiele praktycznych porad ułatwiających optymalne zaprojektowanie obwodu zasilania o dużej sprawności.

Wybór źródła i napięcia zasilania

Przez ostatnie kilkadziesiąt lat najczęściej stosowanym przez projektantów źródłem zasilania była nieśmiertelna baterijka 9 V. Obecnie odchodzi ona do lamusa, i słusznie, bo bateria 6F22 (lub jej alkaliczny odpowiednik 6LR61) jest chyba najdroższym i najmniej efektywnym źródłem zasilania urządzeń elektronicznych.

Podstawowe parametry najczęściej używanych baterii i akumulatorów zestawiono w tabeli 3.

Pominięto w niej celowo zwykle baterie węglowo-cynkowe ze względu na niską jakość dostępnych na rynku produktów. Główną wadą tych baterii jest wylewanie się żrącej zawartości do wnętrza zasilanego urządzenia.

Trudno jest podać jednoznaczną wskazówkę, który rodzaj ogniwa jest najlepszy do konkretnego zastosowania. Należy brać pod uwagę nie tylko parametry techniczne, ale także koszty, wymiary i masę ogniwa. Decyzja bateria czy akumulator też nie jest łatwa. Akumulatory zapewnią mniejszy koszt eksploatacji urządzenia, lecz wymagają większej inwestycji początkowej (zakup akumulatorów i ładowarki). Jeżeli ładowanie ma się odbywać bez demontażu akumulatorów, to trzeba rozbudować urządzenie o odpowiedni układ kontroli ładowania. Przy bateriach jednorazowych upraszcza się układ zasilania, mają one większą pojemność przy tej samej masie i gabarytach oraz lepiej znoszą pracę w szerokim zakresie temperatury otoczenia.

Jeżeli chcemy maksymalnie wykorzystać pojemność baterii/akumulatorów, to przy projektowaniu układu zasilającego należy brać pod uwagę nie tylko napięcie znamionowe, ale także spadek napięcia podczas rozładowania baterii. Przykładowo, pakiet 4 paluszków alkalicznych ma napięcie początkowe 6 V, a końcowe 3,6 V. W przypadku akumulatorów, zasilany układ musi tolerować także odpowiednio wyższe napięcie, występujące podczas ładowania.

Zakres zmian napięcia może wynosić nawet $-30...+20\%$, czyli jest znacznie szerszy niż przy zasilaniu sieciowym. Oznacza to konieczność stabilizacji napięcia zasilającego układ elektroniczny. Najprostszym rozwiązaniem jest stabilizacja obniżająca napięcie baterii. Szczegółowa analiza parametrów ogniwa i zależności energetycznych prowadzi do następujących wniosków praktycznych:

1. Przy tej samej procentowej sprawności energetycznej stabilizatora liniowego, niższe napięcie powoduje zmniejszenie bezwzględnej wartości strat mocy. Przykładowo, dla obu stabilizatorów z rysunku 5 sprawność wynosi $\eta=55,6\%$. Dla $U_{bat}=9\text{ V}$ i $U_{wy}=5\text{ V}$ straty mocy w stabilizatorze wynoszą 200 mW, natomiast dla $U_{bat}=6\text{ V}$ i $U_{wy}=3,3\text{ V}$ straty mocy będą wynosić 135 mW (przy takim samym obciążeniu 50 mA). W praktyce prąd obciążenia przy

Tabela 3. Parametry baterii i akumulatorów

| | Napięcie nominalne ogniwa | Napięcie rozładowania ^{*1)} | Tolerowanie niskiej temperatury | Rezystancja wewnętrzna ^{*3)} | Tolerowanie dużych obciążeń |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Bateria alkaliczna | 1,5 V | 0,9...1 V | Dobre | 0,2–0,6 Ω | Dobre |
| Bateria litowa LiMnO ₂ | 3 V | 2,8...2,9 V | Bardzo dobre | 2–3 Ω | Słabe ^{*4)} |
| Bateria litowa LiSOCl ₂ | 3,6 V | 3,5...3,4 V | Bardzo dobre | 1–2 Ω | Słabe ^{*4)} |
| Akumulator żelowy | 2 V | 1,7...1,8 V | Dobre | 0,015 Ω | Bardzo dobre |
| Akumulator NiCd | 1,2 V | 1,1...1 V ^{*2)} | Słabe | 0,15 Ω | Bardzo dobre |
| Akumulator NiMH | 1,2 V | 1,1...1 V ^{*2)} | Słabe | 0,7 Ω | Średnie |
| Akumulator Li-Ion ^{*5)} | 3, V | 2,9...3 V | Słabe | 0,3 Ω | Dobre |

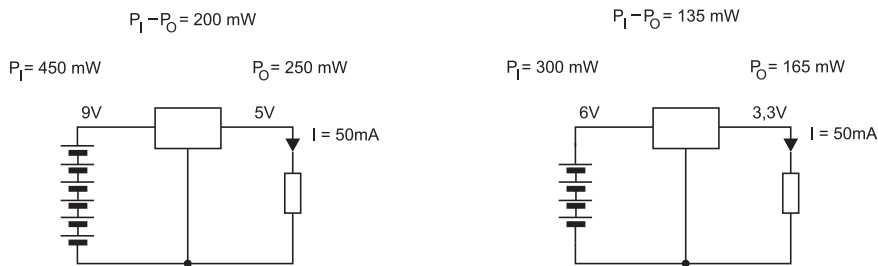
*1) Wartość uśredniona. Napięcie końcowe zależy od stosunku prądu rozładowania do pojemności ogniwa. Producenci zwykle podają pojemność i napięcie graniczne dla prądu 0,1 C.

*2) Co ok. 10 cykli ładowania zaleca się rozładowanie ogniwa do napięcia 1 V.

*3) Zależy od stanu naładowania i od temperatury. Ogniwa różnych producentów mogą mieć odmienne parametry.

*4) Typowy prąd obciążenia $<2\text{ mA}$ dla baterii pastylkowych. Produkowane są też baterie w wersjach wysokoprądowych, przeznaczonych do aparatów fotograficznych (np. „Lithium Photo”).

*5) Nowa generacja – akumulatory litowo-polimerowe mają podobne parametry elektryczne, lecz większą trwałość. Podawane przez niektórych producentów bardzo duże wartości pojemności akumulatorów Li-Po są raczej chwytym reklamowym, chociaż może być ona szybko osiągnięta w miarę rozwoju technologii.



Rysunek 5. Straty mocy w stabilizatorze dla różnego napięcia we/wy

3,3 V będzie mniejszy, czyli straty mocy zmniejszą się jeszcze bardziej.

- Zależnie od rodzaju, ogniwa charakteryzują się określoną rezystancją wewnętrzną z przedziału 0,015...3,0 Ω . Im więcej ogniw jest połączonych szeregowo, tym większa jest rezystancja wewnętrzna całego pakietu. Na **rysunku 6** przedstawiono dla porównania charakterystyki rozładowania dwóch ogniw dla stosunkowo małego prądu ciągłego, na który nałożone są krótkie impulsy prądowe o wartości 0,5 A (podobny jest pobór prądu dla telefonu komórkowego czy przetwornicy impulsowej). Pojedynczy akumulator Li-Ion będzie pracował znacznie dłużej niż trzy połączone szeregowo akumulatory NiMH. Przy impulsowym poborze prądu bardzo ważny jest dobór odpowiednich kondensatorów blokujących. Powinny to

być kondensatory niskoimpedancyjne (Low ESR lub tantalowe). Zalecane jest dołączenie równolegle kondensatora poliestrowego o pojemności 0,47...2,2 μF .

- Typowe dla starszych układów cyfrowych napięcie zasilające 5 V jest kłopotliwe w przypadku zasilania bateryjnego ze stabilizatorem obniżającym. Uwzględniając końcowe napięcie rozładowania i spadek napięcia na stabilizatorze, do uzyskania 5 V należy zastosować minimum 6 ogniw alkalicznych (9 V) lub 6 akumulatorów NiCd/NiMH (7,2 V). Sprawność takiego zasilacza będzie mała ze względu na dużą różnicę U_{bat} i U_{wy} . Ewentualnie można użyć akumulatora żelowego (6 V), jeżeli jego duże rozmiary i ciężar nie są krytyczne, albo dwóch ogniw litowych (bateria litowa – fotograficzna 6 V).
- Napięcie zasilania o wartościach 3,3 i 3,6 V także jest kłopotliwe ze względu na do-

bór baterii. Należy bowiem użyć czterech ogniw alkalicznych lub NiMH – nie można zastosować pojedynczych akumulatorów Li-Ion ani baterii litowych. Przy baterii o napięciu 6 V lub więcej, duża różnica między U_{bat} i U_{wy} powoduje spadek sprawności stabilizatora liniowego. Optymalnym napięciem dla układów elektronicznych zasilanych bateryjnie jest 2,7 lub 3,0 V. Umożliwia to zastosowanie prawie wszystkich rodzajów ogniw wymienionych w tabeli 3: pojedynczych ogniw litowych LiSOCl₂ lub akumulatorów Li-Ion (3,6 V), trzech ogniw alkalicznych (4,5 V), trzech lub czterech ogniw akumulatorów NiCd, lub NiMH (odpowiednio: 3,6 V; 4,8 V), przy czym zachowana jest wówczas wystarczająca dla stabilizatora różnica napięcia pomiędzy U_{bat} i U_{wy} . Napięcie zasilania niższe niż 2,7 V jest rzadziej stosowane ze względu na mniejszą swobodę w doborze elementów elektronicznych i rozwiązań układowych. Na przykład popularne procesory z rdzeniem ARM mają rdzeń zasilany napięciem 1,8 V, ale wymagają zewnętrznego zasilania 3,3 V. Wprawdzie oferta układów analogowych i cyfrowych z napięciem zasilania 2,7...5,5 V jest bogata, lecz tylko nieliczne pracują przy niższej wartości napięcia.

- Zazwyczaj układy zasilane bateryjnie powinny poprawnie pracować w szerokim

R K L A M A

Altium Designer

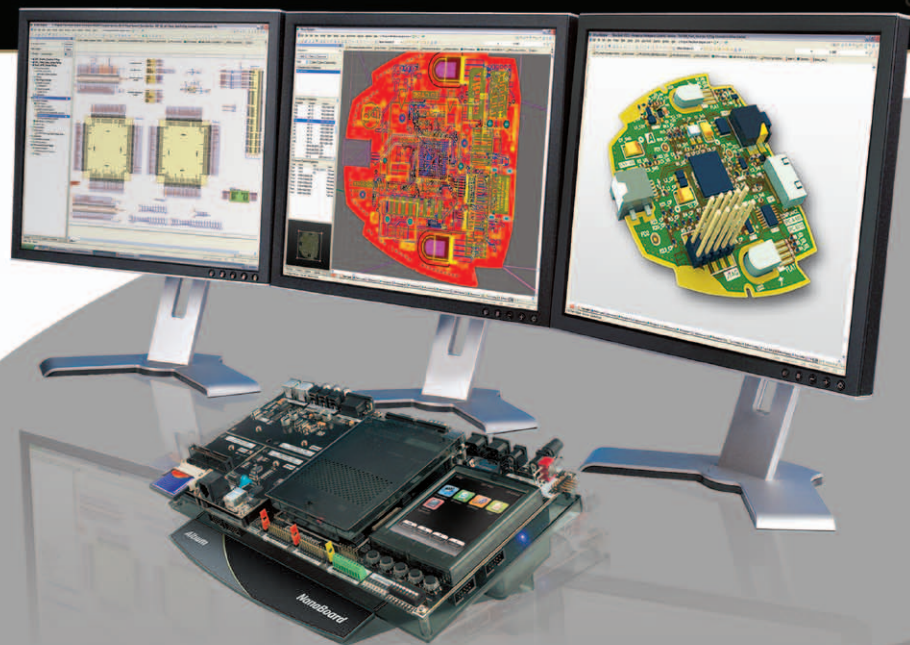
Zostań Pionierem! Wyprzedź Pozostałych

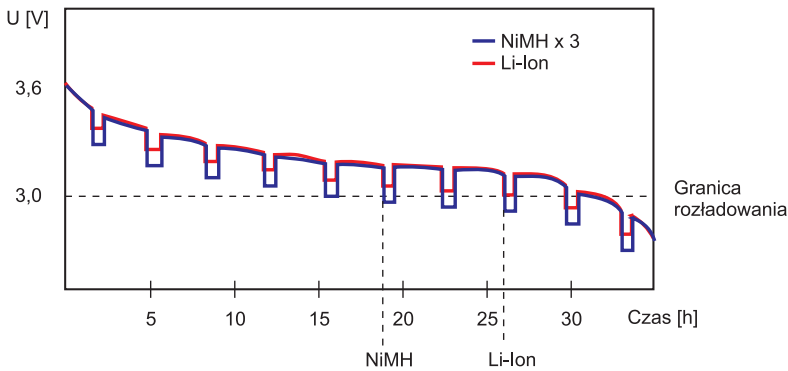
Altium oferuje narzędzia, które ułatwiają realizację złożonych projektów urządzeń elektronicznych.

Otrzymujesz najnowsze technologie i cały potencjał, abyś mógł swobodnie realizować swoje pomysły.

Teraz oferujemy większe możliwości za niższą cenę.

Sprawdź nasze promocje.





Rysunek 6. Zależność czasu pracy ogniw od rezystancji wewnętrznej przy impulsowym rozładowaniu

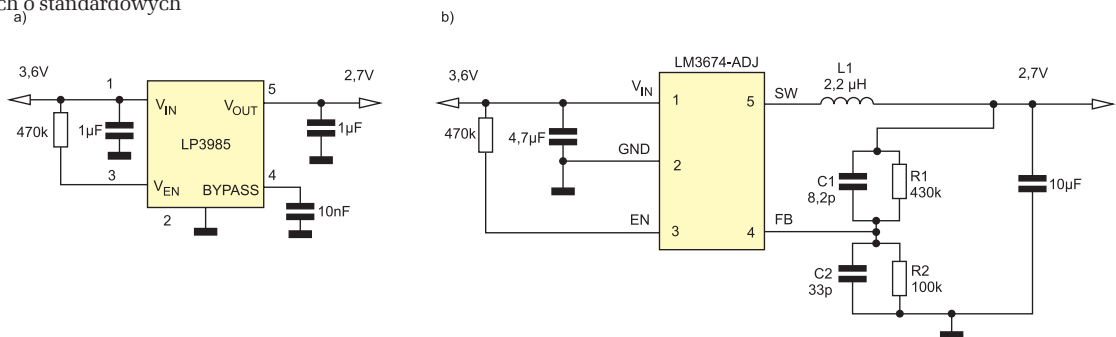
przedziale temperatury. Niestety, jedynym akumulatorem, który może być ładowany przy ujemnej temperaturze otoczenia, jest akumulator żelowy. Akumulatory pozostałych rodzajów nie powinny być ładowane zarówno przy bardzo niskiej, jak i bardzo wysokiej temperaturze otoczenia. Może to mieć znaczenie na przykład w urządzeniach bezobsługowych, ładowanych z baterii słonecznych. Gdy ładowanie nie jest konieczne, to optymalnym rozwiązaniem są baterie litowe, dobrze znoszące niską i wysoką temperaturę pracy. Dodatkową zaletą baterii litowych jest płaska charakterystyka rozładowania. Jeżeli pobór prądu jest niewielki, to napięcie baterii nie zmienia się więcej niż o 5% w całym cyklu rozładowania, wskutek czego można zrezygnować ze stabilizatora napięcia. Niestety wadą baterii litowych jest ich wysoka cena.

6. Pojemność baterii należy dobrać odpowiednio do przewidywanego poboru prądu (średniego i maksymalnego). Znamionowe pojemności baterii i akumulatorów są zwykle podawane dla prądu 0,1 C lub 0,05 C (gdzie C [mAh], I [mA]). Im mniejszy pobór prądu w stosunku do pojemności, tym lepsze będzie wykorzystanie baterii. Należy z dużą ostrożnością podchodzić do rekordowo dużych pojemności akumulatorów NiMH i NiCd, podawanych przez dalekowschodnich producentów. Nawet jeżeli te tysiące mAh są prawdziwe, to zwykle tylko przy pierwszych kilku ładowaniach. Po 5...10 cyklach ładowania/rozładowania pojemność tych akumulatorów potrafi zmniejszyć się 2-krotnie. Pojemność baterii alkalicznych o standardowych rozmiarach można znaleźć w danych katalogowych jedynie nielicznych producentów baterii. Większość producentów nie publikuje tych danych, co też powinno skłonić do zastanowienia się przy zakupie najtańszych baterii.

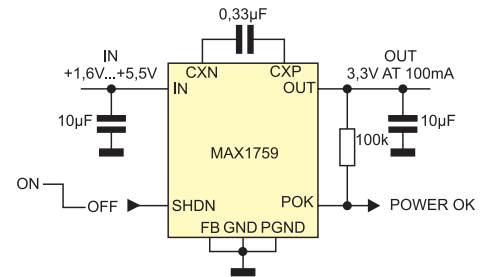
Stabilizator obniżający napięcie – liniowy czy impulsowy?

Wybór wcale nie jest łatwy, bo obieguje opinia o dużo wyższej sprawności stabilizatorów impulsowych jest prawdziwa tylko dla określonych warunków pracy. Przyjmijmy następujące założenia projektowe zasilacza: ogniwo Li-Ion (3,6 V), napięcie wyjściowe 2,7 V, prąd obciążenia zmieniający się w przedziale od 15 do 100 mA. Na **rysunku 7** przedstawiono schematy dwóch realizacji układowych stabilizatora:

- a) Układ z liniowym stabilizatorem „low-drop” typu LP3985-2.7. Sprawność układu zmienia się od 75% (przy znamionowym napięciu wejściowym 3,6 V) do 90%, przy rozładowanej baterii (3,0 V). Maksymalny spadek napięcia na stabilizatorze wynosi 70 mV przy prądzie 100 mA, czyli margines napięcia przy stabilizacji jest wystarczający nawet przy napięciu rozładowanego ogniwa wynoszącym 2,9 V. Pobór prądu przez stabilizator nie przekracza 200 μ A, co wpływa w niewielkim stopniu na sprawność zasilacza.
- b) Stabilizator impulsowy „step down” o dużej sprawności z układem LM3674-ADJ. Sprawność (odczytana z wykresu w karcie katalogowej) zależy od prądu obciążenia i wynosi 75% przy 15 mA i 95% przy 100 mA. Dla 100 mA wymagany minimalny spadek napięcia na stabilizatorze wynosi ok. 0,6 V, co oznacza minimalne napięcie ogniwa 3,3 V (dla obciążenia 15 mA spadek napięcia wynosi 0,1 V). Pobór prądu przez stabilizator wynosi 350 μ A.



Rysunek 7. Schematy układów ze stabilizatorem liniowym i impulsowym



Rysunek 8. Przetwornica pojemnościowa ze stabilizacją napięcia

W przedstawionym przykładzie stabilizator impulsowy jest gorszym wyborem niż stabilizator liniowy. W zasilaczu impulsowym jest więcej elementów, co nie przekłada się na jego lepsze parametry. Wręcz przeciwnie, nie pozwala on na pełne wykorzystanie pojemności ogniwa zasilającego. Jeżeli z tego samego ogniwa 3,6 V chcemy uzyskać napięcie wyjściowe 1,8 V przy prądzie obciążenia wynoszącym 120 mA, to korzystniejszy jest stabilizator impulsowy. Stabilizator liniowy będzie miał sprawność od 50% (przy $U_{wb} = 3,6$ V) do 60% (przy 3,0 V), natomiast przetwornica impulsowa z LM3674 zapewni sprawność 95% w całym przedziale napięć wejściowych od 3,6 do 3,0 V. Można wtedy zastosować układ o ustalonym napięciu (LM3674-1.8), co eliminuje elementy zewnętrzne R1, R2, C1, C2.

Stosowanie zasilaczy impulsowych obniżających napięcie jest celowe dla stosunkowo dużych prądów obciążenia oraz przy odpowiednio dużej różnicy między napięciem wejściowym i wyjściowym. Podawaną przez producentów zasilaczy impulsowych „sprawność do 98%” należy traktować bardzo ostrożnie, ponieważ dotyczy ona stosunkowo wąskiego zakresu napięć wejściowych i wyjściowych oraz prądów obciążenia.

Przy prądach obciążenia rzędu 1 mA lub mniej lepiej sprawdzają się stabilizatory liniowe. Wybierając stabilizator do zastosowań mikroprądowych, należy zwracać uwagę na jego prąd polaryzacji (*quiescent current*). Jeżeli prąd obciążenia wynosi przykładowo 0,5 mA, to zastosowanie stabilizatora z prądem polaryzacji 200 μ A znacznie pogorszy sprawność układu stabilizacji. Przy obciążeniu 50 mA ten sam stabilizator może być dobrym wyborem. Nowoczesne stabilizatory małej mocy „low-drop” mają prądy polaryzacji od 1 μ A (przy maksymalnym prą-

dzie wyjściowym 10...20 mA) do kilkudziesięciu μA (przy prądzie maksymalnym 50...100 mA).

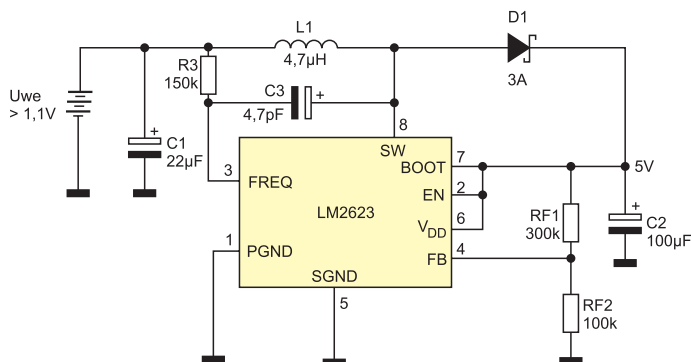
Stabilizatory podwyższające napięcie

Stabilizatory podwyższające napięcie dają konstruktorom dodatkowe możliwości. Napięcia zasilające rzędu 2...5 V mogą być uzyskiwane nawet z pojedynczego ogniwa o napięciu 1,5 V. Podobnie jak dla przetwornic obniżających, istnieją „niewygodne” kombinacje napięcia baterii i wyjściowego. O ile nie jest trudne uzyskanie napięcia 5 V, to na przykład z baterii litowej lub Li-Ion (3,6 V), trudno będzie uzyskać napięcia niższe od 4,5 V przy zachowaniu dużej sprawności przetwarzania. Stosując przetwornice podwyższające, należy pamiętać o bilansie mocy. Na przykład: $U_{\text{bat}} = 3 \text{ V}$, $U_{\text{wy}} = 5 \text{ V}$, $I_{\text{wy}} = 20 \text{ mA}$, $\eta = 80\%$. Z obliczeń wynika, że $P_{\text{wy}} = 100 \text{ mW}$, a $P_{\text{we}} = 125 \text{ mW}$. Średni prąd pobierany z baterii będzie wynosił 41,7 mA dla 3 V oraz 56,8 mA dla baterii rozładowanej do 2,2 V (prawie 3-krotna wartość I_{wy}).

Układy podwyższające napięcie mogą być budowane w konfiguracji kondensatorowej pompy ładunkowej albo przetwornicy indukcyjnej. Układy kondensatorowe są prostsze w budowie, ale mogą być stosowane przy niewielkich prądach obciążenia, zwykle do 10...20 mA. Typowym przedstawicielem tej grupy jest układ LM2660 (zmodernizowana wersja popularnego niegdyś ICL7660), który może pracować w kon-

figuracji podwajacza napięcia lub generatora napięcia ujemnego. Układ ten nie stabilizuje napięcia wyjściowego. Może pracować przy napięciu wejściowym z przedziału 1,5...5,5 V. Przy obciążeniu do 10 mA jego sprawność wynosi 96%. Bardziej zaawansowanym układem jest MAX1759, w którym zintegrowano kondensatorowy podwajacz i stabilizator napięcia (rysunek 8). Cenną zaletą tego układu jest możliwość pracy z napięciami baterii wyższymi albo niższymi od napięcia wyjściowego – układ samoczynnie przełącza się z trybu pracy podwajacza do trybu stabilizatora obniżającego. Sprawność przetwarzania zmienia się od 90 do 50% i jest najniższa dla $U_{\text{we}} = U_{\text{wy}}$.

Scalone przetwornice indukcyjne podwyższające napięcie są bardzo rozpowszechnione, jednak w większości są to układy dużej mocy, o prądach wyjściowych od jednego do kilkunastu amperów. Przykładem jest przetwornica „step up” dedykowana do energooszczędnych urządzeń bateryjnych LM2623 (rysunek 9). Przetwornica startuje już przy napięciu wej-



Rysunek 9. Impulsowy stabilizator podwyższający napięcie

ściowym 1,1 V, a po starcie dopuszczalne jest napięcie minimalne 0,8 V. Umożliwia to zasilanie przetwornicy nawet z pojedynczego ogniwa 1,5 V. Dla prądów 10...300 mA sprawność przetwarzania zmienia się od 75 do 90%, zależnie od różnicy napięcia między U_{we} i U_{wy} .

Stabilizacja dla $U_{\text{we}} = U_{\text{wy}}$

Najtrudniejszym zadaniem jest realizacja przetwornicy w przypadku, gdy napięcie baterii jest zbliżone do napięcia wyjściowego. Aby uzyskać napięcie stabilizowane 3,0 V z baterii 3 V (2,2 V w stanie rozładowania), można zastosować kilka rozwiązań układowych:

1. Przetwornica transformatorowa – pozwala na dowolne kombinacje napięć we/wy, ale wykonanie odpowiedniego transformatora

R
E
K
L
A
M
A

ponadto oferujemy panele dotykowe, obudowy i wiele innych rozwiązań

fronty foliowe

klawiatury silikonowe

klawiatury membranowe

klawiatury pojemnościowe

HORIZON

TECHNOLOGIES

www.horizontech.pl

Horizon Technologies Sp. z o.o. 66-400 Gorzów Wielkopolski ul. Walczaka 25
tel. 95 782 12 11 faks 95 782 12 14 e-mail: biuro@horizontech.pl

Zasilacze do pracy równoległej serii RSP

- moc od 1000 do 3000W
- szeroki zakres napięcia wejściowego
- możliwość pracy równoległej
- wbudowana funkcja PFC
- zabezpieczenia: przeciwzwarciowe, przepięciowe, przeciążeniowe, termiczne
- możliwość sterowania napięciem wyjściowym
- kompensacja spadku napięcia wyjściowego
- zdalne włączanie/wyłączanie
- szeroki zakres temperatury pracy
- dodatkowe wyjście standby
- 3 lata gwarancji

Automatyka Sp. z o.o.

Elmark Automatyka Sp. z o.o.
 ul. Bukowińska 22 lok 1B, 02-703 Warszawa
 tel. 022 541 84 60; fax. 022 541 84 61
 elmark@elmark.com.pl
www.meanwell.elmark.com.pl

jest kłopotliwe. Takie rozwiązanie nadaje się do urządzeń produkowanych seryjnie, wtedy transformatory można zamówić u wyspecjalizowanego producenta. Przetwornice transformatorowe (w konfiguracji „flyback” lub przeciwsobnej) nadają się do układów o poborze prądu powyżej 50 mA.

- Przetwornice podwyższające dopuszczają pracę przy napięciu wejściowym równym wyjściowemu, ale sprawność przetwarzania jest wtedy mała.
- Przetwornica podwyższająca z 3 V na 3,6...4,0 V plus stabilizator liniowy. Można zastosować opisany wcześniej LM2623 z dodatkowym stabilizatorem, lecz trudno będzie uzyskać wypadkową sprawność większą niż 60%.
- Jeżeli bateria 3 V składa się z dwóch ogniw po 1,5 V, to lepszym rozwiązaniem będzie połączenie ich równolegle i zastosowanie przetwornicy podwyższającej z 1,5 V na 3 V (np. układy o schematach z rys. 8 albo rys. 9).
- Zastosowanie nowoczesnego układu przetwornicy podwyższająco/obniżającej, na przykład serii TPS63000 (Texas Instruments). Na **rysunku 10** przedstawiono schemat aplikacyjny układu TPS63001 o ustaloną napięciu wyjściowym 3,3 V. Sprawność przetwarzania zależy od prądu obciążenia. Dla napięcia wejściowego z przedziału 2,4...4,2 V sprawność zmienia się od 70% przy obciążeniu 1 mA do 93% dla 200 mA. Stabilizator dynamicznie dostosowuje tryb przetwarzania do aktualnych wartości napięcia wejściowego i prądu obciążenia, wyposażony jest w układ miękkiego startu, zabezpieczenia termiczne i prądowe. Wejście PS/SYNC służy do aktywowania specjalnego trybu pracy „Power Save”, umożliwiającego zwiększenie sprawności przetwarzania przy małych prądach obciążenia. Zastosowanie dzielnika rezystorowego na wejściu FB umożliwi zmianę napięcia wyjściowego. Stabilizator zużywa na własne potrzeby tylko 40 μ A, a prąd w stanie wyłączenia „shutdown” wynosi 0,1 μ A. Podobne układy (tzw. *buck-boost converters*) oferują także inni producenci, na przykład Maxim IC (MAX8625) i Linear Technology (LTC3440).

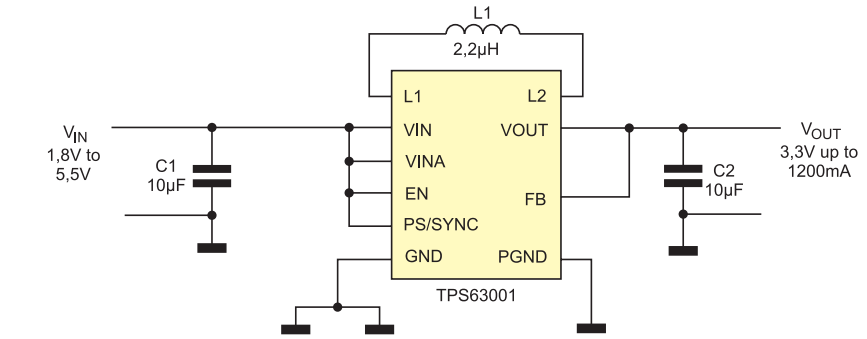
Zmienny prąd obciążenia

W wielu urządzeniach (np. zdalnego sterowania, pomiarowych, akwizycji danych) występują duże zmiany poboru prądu. W stanie czuwania pobór jest rzędu μ A, natomiast podczas krótkich okresów pełnej aktywności może to być na przykład 50 mA lub więcej. Trudno jest zbudować stabilizator, który zapewni dużą sprawność w tak różnych warunkach pracy.

Niektóre możliwe rozwiązania układowe najlepiej przedstawić na przykładach.

Przykład 1: Rozdzielone obwody zasilania.

Założenia: W sterowniku modelu samolotu energooszczędny mikrokontroler AVR typu ATmega48PA steruje urządzeniami wykonawczymi



Rysunek 10. Stabilizator obniżająco/podwyższający serii TPS63000

o dużym chwilowym poborze prądu (serwomechanizmy, elektromagnesy itp.). Częstotliwość sygnału zegarowego CPU wynosi 8 MHz, zasilanie jest bateryjne 4,8 V (4xNiCd). Mikrokontroler może pracować przy napięciu zasilania 1,8...5,5 V, czyli praktycznie napięcie zasilania nie musi być stabilizowane. Jednak po uważnym przestudiowaniu charakterystyk ATmega48PA zauważymy, że pobór prądu w stanie aktywnym wynosi 2,0 mA dla Vcc=3 V oraz 4,2 mA dla Vcc=5 V (tryb zegara: wewnętrzny oscylator RC 8 MHz). Stabilizator pozwoli dwukrotnie obniżyć pobór prądu. Do zasilania mikrokontrolera można zastosować obniżający stabilizator liniowy 2,7 lub 3,0 V o prądzie wyjściowym 10 mA, który zapewni niewielkie straty mocy, także w stanie uśpienia CPU. Podzespoły wykonawcze, niewymagające stabilizacji napięcia, mogą być zasilane bezpośrednio z baterii. Jeżeli układ wykonawczy wymaga stabilizacji, to można dla niego przeznaczyć osobny stabilizator low-drop z wejściem sterującym Enable. Wtedy jeden element umożliwi załączanie/wyłączanie obciążenia, stabilizację napięcia i ograniczenie prądu. Przy dużych wartościach prądu pobieranego przez elementy wykonawcze należy zadbać o odpowiednie zabezpieczenia przeciążeniowe. **Ogniwa pracujące przy prądzie zwarcia mogą się nagrzać do bardzo wysokiej temperatury, a nawet eksplodować!** Dotyczy to szczególnie baterii litowych i alkalicznych. Akumulatory litowo-jonowe zwykle mają zabezpieczenia wbudowane w pakiet przez producenta. Najbardziej odporne są akumulatory NiCd używane przez modelarzy.

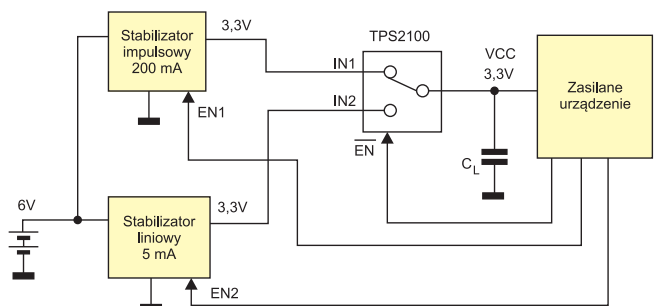
Przykład 2: Przełączanie stabilizatorów.

Założenia: Rejestrator danych wyposażony w mikrokontroler z rdzeniem ARM STM32F103x jest zasilany z baterii „Lithium Photo” 6 V. W stanie wyłączenia (STOP) mikrokontroler pobiera prąd 20 μ A, a w trybie oszczędnym z obniżoną częstotliwością zegara – ok. 3 mA. W trybie pełnej aktywności pobór prądu wynosi 40 mA dla mikrokontrolera (sygnał zegarowy o częstotliwości 72 MHz) oraz 30 mA dla układów peryferyjnych urządzenia. Podczas pracy dodatkowego modułu

łącności bezprzewodowej, natężenie łącznego prądu chwilowego wynosi do 150 mA. Urządzenie jest wyposażone w przełączane stabilizatory: w stanie czuwania i oszczędnym pracuje stabilizator liniowy, natomiast w stanie pełnej aktywności następuje przełączenie zasilania na stabilizator impulsowy. Stosunkowo wysokie napięcie baterii umożliwi pracę stabilizatora impulsowego z dużą sprawnością. Należy zadbać, aby przełączanie nie spowodowało przeciążeń lub chwilowych zaników napięcia zasilania. Można użyć do tego celu na przykład multiplexera zasilania TPS2100 (**rysunek 11**). Układ ten jest wyposażony w tranzystor kluczujący NMOS dla wejścia IN1, a PMOS dla wejścia IN2 oraz w obwody sterujące zapewniające płynne przełączenie zasilania bez zaniku napięcia. Dopuszczalne prądy obciążenia i prądy polaryzacji wynoszą odpowiednio 500 mA/16 μ A dla wejścia IN1 oraz 10 mA/1,5 μ A dla IN2. Mikrokontroler może włączyć/wyłączyć odpowiedni stabilizator oraz przełączać źródło zasilania za pomocą sygnałów sterujących EN1, EN2 i /EN. Multiplexer TPS2100 jest wyposażony w układy monitorujące napięcia na wejściach i automatyczne przełączanie zasilania, co w niektórych przypadkach umożliwia uproszczenie sterowania do jednego tylko sygnału EN1. Podczas przełączania zasilanie jest podtrzymywane przez kondensator C_L. Jego pojemność powinna być dobrana zgodnie z zaleceniami podanymi w karcie katalogowej TPS2100.

Po zaprojektowaniu zasilacza możemy przejść do szczegółowego projektu zasilanego układu. W następnym artykule omówimy zasady doboru elementów elektronicznych do zastosowań mikroprądowych.

Jacek Przepiórkowski



Rysunek 11. Przełączanie źródeł zasilania za pomocą układu TPS2100