

Cykl wykładów z podstaw elektroniki  
(23.11.2005)

## Wykład 1: Projektowanie obwodów zasilania.

Pomysł, autorstwo i prowadzenie: Andrzej Uramek, 132895@student.pwr.wroc.pl

Abstrakt:

Projektując każde urządzenie elektroniczne musimy się zmierzyć z problemem jego zasilenia. W niniejszej pracy omówione zostanie bateryjne zasilanie urządzeń elektronicznych na przykładzie projektowania zasilania do robota mini-sumo.

### 1. Określenie wymagań energetycznych.

Dobierając parametry wymaganego źródła zasilającego musimy przede wszystkim przeanalizować projekt pod względem wymagań energetycznych jego istotnych podzespołów. W przypadku robota mini-sumo są to:

1. silniki
2. mikrokontroler
3. czujniki

Pozostałe podukłady elektroniczne pobierają znikomą moc w porównaniu z powyższymi dlatego zostały pominięte.

Musimy więc przyjrzeć się powyższym podzespołom od strony energetycznej – zwykle będą interesowały nas 2 parametry:

- a. napięcie zasilania ( oraz dopuszczalne wahania tego napięcia)
- b. pobierana moc (średnia oraz szczytowa)

ad. 1:

Silniki zwykle są najbardziej energożernym podzespołem w naszym układzie, dlatego to one będą one w głównej mierze determinowały jak bardzo wydajnym źródłem zasilania musimy dysponować. Aby zmaksymalizować sprawność, zwykle nie stabilizujemy napięcia zasilającego silniki ( lub stabilizujemy impulsowo), a więc liczymy się z wahaniami napięcia rzędu 5%-15% (dla napięć niestabilizowanych). Zwykle takie wahania nie są żadną przeszkodą i w pełni je akceptujemy. Gdybyśmy jednak z pewnych względów potrzebowali napięcie stabilizowane, należałoby skonstruować specjalny stabilizator impulsowy ( ale o nich może w którymś z następnych wykładów), charakteryzujący się wysoką sprawnością ( 80-90%).

Stabilizatory liniowe do silników odradzam ze względu na ich niską sprawność oraz konieczność chłodzenia.

Przykładowe parametry silników:

- $U_z=7V$ , pobór prądu: średnio 200mA, ale przy max. obciążeniu 500mA. ( te dobraliśmy do naszego robota ze względu na łatwiejsze uzyskanie niskich napięć – potrzeba mniej akumulatorów łączyć szeregowo)
- $U_z=15V$ ,  $I_z=80mA$  średnio, 350mA max. (przy takim napięciu warto przemyśleć zastosowanie przetwornicy DC-DC typu step-up, wymaga to jednak sporej wiedzy przy ich projektowaniu)

ad.2.

Mikrokontroler cechuje się dość małym poborem prądu, natomiast absolutnie niezbędne jest stabilizowanie jego napięcia zasilającego. Typowo mikrokontrolery są zasilane z 5 V lub 3.3 V. W związku z tym należy dobrać stabilizator na odpowiednie napięcie i go odpowiednio podłączyć (patrz niżej). Wybieramy Atmega8 o zasilaniu z 5 V.

ad.3.

Czujniki – należy być ostrożnym, gdyż może wydawać się, że czujniki są mało istotnym pod względem poboru energii elementem w robocie, a tymczasem...

..czujniki sharp GP2Dxx – są to czujniki bazujące na podczerwieni, i rzeczywiście – ich średni pobór energii jest mały: typowo 35 mA@5V, natomiast w szczycie potrafią pobrać aż 200 mA ( a gdy mamy tych czujników kilka sprawa zaczyna być bardzo istotna). My zakładamy, że zastosujemy 2 takie czujniki.

Po określeniu wymagań poszczególnych podzespołów zbieramy razem te dane i dochodzimy do wniosku, że potrzebujemy:

1. napięcia 7 V (niestabilizowane) o wydajności 1 A (choć podczas normalnej jazdy zużycie będzie na poziomie 0.4A).
2. napięcia 5 V (stabilizowane), średni pobór prądu: 200mA (z dużym zapasem na resztę elektroniki), szczytowy: 600mA

## 2. Dobór akumulatorów:

Zasadniczo spotykamy się z czterema typami akumulatorów. Dla pogłębienia wiadomości polecam notę firmy Unitorde (obecnie wchłoniętej przez Texas Instruments): Portable Power- A Designer's Guide to Battery Management <http://focus.ti.com/general/docs/lit/getliterature.tsp?baseLiteratureNumber=slup107&fileType=pdf>.

W celu pobieżnego pogłębienia wiadomości można przeczytać wstęp o bateriach w katalogu Elfy.

1. Litowo-polimerowe (Li-Pol) – 3.7 V na ogniwo, najdroższe, najłżejsze, mają dużą wydajność prądową (np. 8 C), ale należy bardzo uważać przy ładowaniu (polecam lekturę <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=209187>) i nigdy nie zostawiać ładowarki bez kontroli.
2. Litowo-jonowe (Li-Ion) – 3.7 V na ogniwo, niezbyt duża wydajność prądowa, lżejsze niż nikielowe. Uwaga: Baterie litowe ulegają zniszczeniu przy ich rozładowaniu poniżej 2.5 V, charakteryzują się również spadkiem napięcia w miarę rozładowywania (mniej więcej od 4.2 do 3 V)
3. Nikielowo-kadmowe (Ni-Cd): 1.2 V na ogniwo, duża wydajność prądowa (chwilowo 8-10 C), duża waga, mały koszt, efekt pamięci.
4. Nikielowo-wodorkowe (Ni-MH): 1.2 V na ogniwo, mniejsza wydajność prądowa niż Ni-Cd (3-5 C), ale za to większa pojemność przy tej samej wadze.

Baterie nikielowe mają płaską charakterystykę rozładowania, przez około 80% pojemności trzymają 1.25 V.

Przy pobieraniu dużych prądów z akumulatorów należy wziąć pod uwagę ich rezystancję wewnętrzną. Np. Typowa bateria Ni-Cd ma  $R_{we}=150\text{ m}\Omega$ . Co przy pięciu ogniwach połączonych szeregowo daje  $0.75\text{ }\Omega$ . Czyli przy poborze prądu rzędu 1 A, na samych bateriach mamy spadek 0.75V.

W związku z tym nie warto stosować na przykład super sprawnych (i super drogich) mostków do sterowania silnikami, jeśli i tak większość energii będziemy tracili na ogniwach. Często lepiej kupić po prostu lepsze baterie. Typowe charakterystyki baterii można odnaleźć na stronach dobrych producentów: np. <http://www.gpbatteries.com>. Przy wysokich wymaganiach prądowych odradzam baterie nieznanymi producentów.

## 3. Stabilizatory.

Stabilizatory dzielimy na impulsowe i liniowe. Tutaj omówię tylko te ostatnie ze względu na prostotę ich zastosowania.

Potrafia one tylko obniżyć napięcie zasilające, natomiast dzięki nim otrzymujemy napięcie stabilizowane, charakteryzujące się bardzo małymi tętnieniami (np. z napięcia 10V +/-2V możemy otrzymać napięcie 5 V +/-5mV).

Typowe stabilizatory to L78xx, gdzie xx=05,06,08,09,12,15.. to napięcie wyjściowe.

Istnieją również stabilizatory serii L79xx, które stabilizują napięcia ujemne.

Uwaga: Do poprawnej pracy tych stabilizatorów niezbędne jest napięcie wejściowe wyższe o min. 2 V (a najlepiej 3 V – zależy to od poboru prądu, po szczegóły odsyłam do noty aplikacyjnej – można ją znaleźć np. na stronie <http://elenota.iel.ele.polsl.gliwice.pl>). Jest tam też schemat jak należy poprawnie podłączyć stabilizator.

Jeśli dysponujemy napięciem wejściowym wyższym o jedynie 1.5-2 V (oczywiście w najgorszym przypadku, czyli dla napięcia 15V +/-3V będzie to 12 V) od napięcia stabilizowanego, to nie możemy zastosować powyższego stabilizatora. Możemy natomiast użyć stabilizatora typu low-dropout (LDO). Charakteryzują się one tym, że działają już przy różnicy między napięciem wejściowym a wyjściowym rzędu 0.8-1V. Konieczne jest

jednak dokładne przeanalizowanie noty katalogowej ( a zwłaszcza charakterystyki dropout voltage =f(output current) ), czy przy spodziewanym poborze prądu stabilizator będzie działał prawidłowo. Do roboty użyjemy stabilizatora LDO typu LM-1084-5. ( dostępny np. w [www.semiconductors.com.pl](http://www.semiconductors.com.pl) )

Drugim istotnym parametrem stabilizatora jest maksymalna moc na nim wydzielona. Wyliczamy ją oczywiście z zależności  $(V_{in}-V_{out}) \cdot I_{out}$  dla najgorszego przypadku. Typowo, dla mocy rzędu 1W (czasem 1.5W) nie musimy stosować radiatorów, przy większych mocach należy dokonać dokładnych obliczeń i zdecydować o konieczności jego użycia. Jak to liczyć? Na początek polecam: Thermal Resistance Calculation z Infineon:

<http://www.infineon.com/upload/Document/AN077.pdf>

Uwaga: Przy stabilizatorach należy zwykle dołączyć spore elektrolity – najlepiej jak największy przy wejściu i mniejszy na wyjściu. Dodatkowo zwykle dołącza się kondensatory ceramiczne ( o czym poniżej).

Przy stabilizatorach typu LDO kondensatory elektrolityczne są niezbędne ( bardzo wskazane jest żeby były tantalowe, nie mogą to być kondensatory typu LOW-ESR, co można poznać po odpowiednim napisie na obudowie). Natomiast nie można dołączać do ich wyjścia zbyt dużej ilości kondensatorów ceramicznych – może to spowodować niestabilność układu. Więcej informacji można uzyskać z:

<http://www.national.com/nationaledge/jul02/article.html> . Ostrzegam jednak że do pełnego zrozumienia powyższego artykułu należy być mocno zaawansowanym w teorii obwodów. Dlatego jeśli to nie jest konieczne, lepiej stosować standardowe stabilizatory (typu LM78xx, LM317).

#### 4. Kondensatory.

Bardzo ważne zagadnienie – gdybym nie wytłumaczył dość jasno to gorąco polecam sięgnąć do dodatkowej literatury.

Układy elektroniczne często pobierają moc impulsowo. A co za tym idzie ze źródła zasilania pobiera się czasem mały prąd a czasem całkiem spory: np. średnio 500mA, ale impulsowo 3A – wiemy już że akumulator ma dość dużą rezystancję wewnętrzną, a w związku z tym taki pobór prądu powoduje gwałtowne skoki napięć na nim. Może to powodować ( i często powoduje) niestabilne działanie układów – np. resety mikrokontrolera. Aby się przed tym zabezpieczyć stosujemy stabilizatory i przede wszystkim: kondensatory. Dlaczego?

W teorii ( np. obwodów): kondensator zmniejsza impedancję źródła zasilania.

Po inżyniersku: kondensator magazynuje ładunek przy stałym poborze prądu, aby go oddać przy impulsowym poborze prądu (działa jak układ całkujący).

Po ludzku: Kondensator stanowi źródło, w którym jest zmagazynowana energia. I gdy nagle potrzebujemy pociągnąć dużo prądu, to popłynie on najpierw z tego źródła ( bo kondensator może szybko reagować na zmiany w poborze prądu ), a z baterii dopiero po jakimś czasie (bo bateria dość słabo reaguje na szybkie zmiany w poborze prądu). Natomiast gdy już bateria już wreszcie zacznie dostarczać ten prąd, to może go dostarczyć dużo i przy okazji naładuje też ten kondensator, który się przed chwilą szybko rozładował.

Istnieje bardzo wiele typów kondensatorów – natomiast w elektronice cyfrowej zwykle używamy dwóch rodzajów:

1. elektrolityczne – o dużej pojemności ( typowo stosuje się 10uF-10mF), ale wymagają określonej polaryzacji.
2. ceramiczne – o stosunkowo małej pojemności (typowo 1nF-1uF ), ale polaryzacja może być dowolna, a także mają niską indukcyjność pasożytniczą.

Co to oznacza?

Elektrolit jest dużym źródłem z energią, który pozwala na zmagazynowanie sporej ilości energii ( która jest oczywiście zależna od pojemności  $E=CU^2/2$ ), natomiast charakteryzuje się słabszymi właściwościami impulsowymi (oczywiście i tak o niebo lepiej od baterii, ale zawsze mogłoby być lepiej). Natomiast ceramiczne bardzo dobrze sprawują się w zastosowaniach impulsowych. Zatem co wybrać? Więcej energii, czy lepsze tłumienie zakłóceń impulsowych? Najlepiej wybrać oba rozwiązania i stosować oba typy kondensatorów.

Często przy układach o niezbyt dużych poborach prądu stosujemy jeden kondensator elektrolityczny (włutowujemy go przy doprowadzeniach zasilania), np. 100uF i po jednym kondensatorze ceramicznym 10-100nF na każdy układ scalony (jak najbliżej wyprowadzeń zasilania danego układu scalonego). W zależności od poboru

prądu można dość dowolnie te liczby modyfikować. W naszym projekcie robota mini-sumo oczywiście trzeba zastosować więcej elektrolitów, gdyż mamy do czynienia z dużymi prądami.

### 5. Pierwszy schemat ! Wskaźnik poziomu rozładowania baterii

Schemat powinien mówić sam za siebie. Opiszę więc tylko cel zastosowania niektórych komponentów. LM393- komparator, jak widać do doprowadzeń jego zasilania (nóżki 4 i 8) jest dołączony kondensator ceramiczny 100nF. Porównuje on napięcie odniesienia równe 1.25 V wytwarzane za pomocą scalonego źródła napięcia odniesienia LM385 z napięciem z dzielnika rezystorowego R9 i R10. Dzielnik ten jest zbocznikowany kondensatorem, aby wyeliminować wpływ gwałtownych wahań napięcia zasilającego (całkuje występujące tam impulsy). Gdy napięcie na dzielniku jest wyższe niż 1.25 V (Ubat jest wystarczająco duże), to na wyjściu komparatora występuje stan wysoki. W przeciwnym razie (bateria się rozładowała) wystąpi tam stan niski i zapali się czerwona dioda.

