

Wykład 9.

Tranzystory bipolarne – pobierają prąd wyjściowy i wykorzystują go, aby otrzymać znacznie większy, proporcjonalny prąd przepływający między kolektorem a emiterem. W większości tranzystorów zysk jest 100x(ogólnie między 35-100), jeśli puścimy 10 mA przez bazę to otrzymamy do 1A z kolektora do emitera. Jeśli zmniejszymy do 1 mA to tylko 100 mA będzie przepływać przez tranzystor. Ma to sens kiedy tranzystory są wzmacniaczami, niewielkie zmiany mają duży wpływ na końcowy rezultat.

Na tej podstawie można już stwierdzić, że tranzystor jest elementem sterowanym: zmieniając prąd bazy, czyli ilość odprowadzanych elektronów, regulujemy prąd kolektora. Stosunek tych dwóch prądów to wzmocnienie prądowe oznaczane grecką literą β (beta), wielkość ta nie posiada jednostki i może wynosić od kilkunastu do kilku tysięcy:

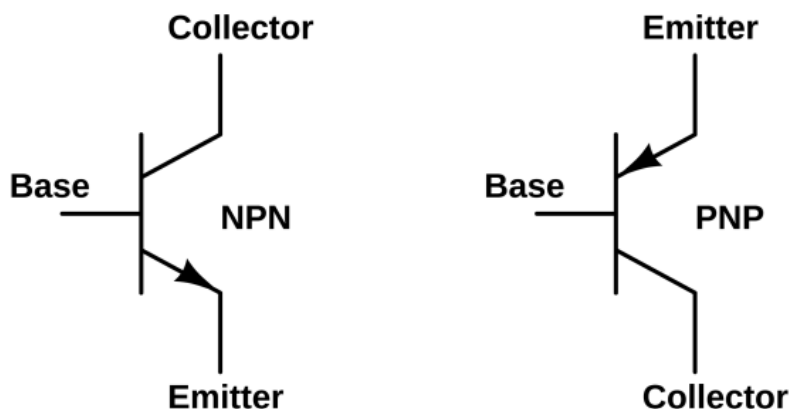
$$\beta = \text{prąd kolektora} / \text{prąd bazy},$$

co zapisuje się jako: $\beta = I_c / I_b$

NPN zacznie przewodzić, gdy do bazy przyłożymy napięcie dodatnie względem emitera, czyli przy standardowym podłączeniu na bazę podamy wysoki potencjał (plus z baterii).

PNP zacznie przewodzić, gdy do bazy przyłożymy napięcie ujemne względem emitera, czyli przy standardowym podłączeniu na bazę podamy niski potencjał (masę, minus z baterii).

W tranzystorach **NPN** strzałka na emiterze skierowana jest na zewnątrz układu, natomiast w przypadku **PNP** kieruje ona do wewnątrz symbolu. Strzałka ta wskazuje kierunek, w którym prąd płynie między emiterym i bazą.



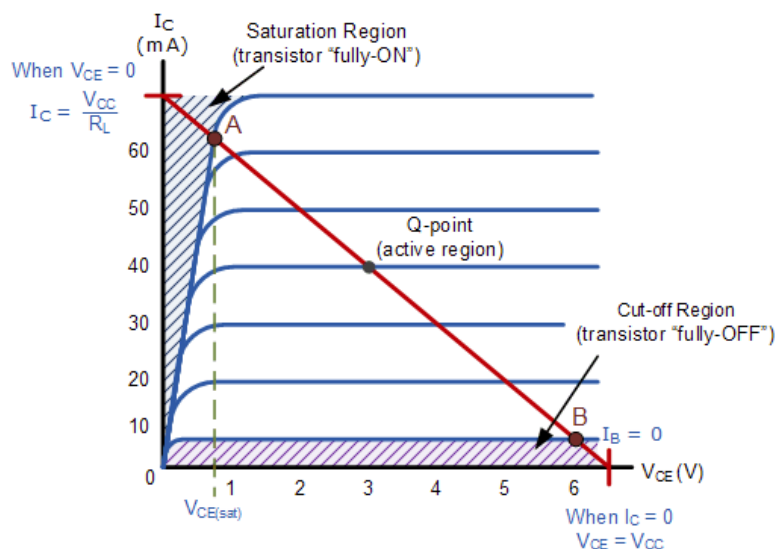
Wadą jest to, że w AVR wyjścia cyfrowe są tylko na kilkadziesiąt miliamperów, więc maks jaki można wyciągnąć to 1A(przy 100x), jeśli chcemy więcej potrzeba lepszego tranzystora lub kilku połączonych.

Tranzystory Darlingtona – dwa połączone bipolarnie tranzystory (NPN lub PNP). Emiter jednego jest połączony z bazą drugiego. Mogą być to dwa indywidualnie połączone lub już wyprodukowany połączony. Zysk wynosi od 1,000x do 10,000x.

W zależności od punktu pracy tranzystor może znajdować się w czterech stanach:

- **Stan aktywny**, w którym prąd kolektora jest β razy większy od prądu bazy.
- **Stan nasycenia**, w którym prąd bazy jest na tyle duży, że obwód kolektora nie jest w stanie dostarczyć prądu β razy większego. Napięcie kolektor-emiter spada wtedy do niewielkiej wielkości.
- **Stan zatkania**, w którym złącze baza-emiter nie jest spolaryzowane lub jest spolaryzowane zaporowo. Prąd kolektora spada wtedy do bardzo małej wartości.
- **Stan inwersyjny**, w którym emiter spolaryzowany jest w kierunku zaporowym, a kolektor w kierunku przewodzenia. Wzmocnienie prądowe tranzystora w tym stanie jest niewielkie.

Przy pracy tranzystora jako **przełącznik** wykorzystuje się przejście między stanem nasyconym (tranzystor włączony) a zatkany (tranzystor wyłączony). Taki tryb pracy tranzystora jest stosowany w niektórych układach impulsowych oraz cyfrowych.



MOSFET - tranzystor polowy krzemowo-tlenkowy - nowszy typ tranzystora. Przepuszczają prąd przez kanał krzemu, który zotał pozytywnie lub negatywnie naładowany. Różnica polega na tym, że ilość prądu, która może przejść przez kanał zależy od pola elektrycznego, które jest nakładane na krzem poprzez napięcie na metalowej bramce. Brama nie dotyka warstwy krzemu, izolowany jest cienką warstwą metalu, co tłumaczy nazwę.

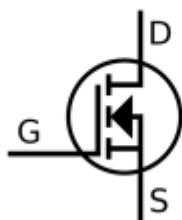
Przyłożenie napięcia do bramki tworzy pole elektryczne, które rozciąga się przez izolator i kanał, co tworzy cienką „warstwę inwersyjną” w kanale, który przewodzi prąd.

N-kanałowy MOSFET – dodatnie napięcie z bramki do źródła pozwala na przejście prądu z drenu do źródła.

P-kanałowy MOSFET – ujemne napięcie od bramki do źródła przepuszcza prąd, od źródła do drenu.

W tym sensie N-MOSFET jest podobny do NPN i na odwrót.

N-Channel MOSFET



P-Channel MOSFET



Różnice MOSFET vs bipolarne.

W przeciwieństwie do tranzystorów bipolarnych MOSFET-y są urządzeniami o sterowanym napięciu, podczas podłączania do styku I/O AVR nie trzeba dołączać rezystora bazowego(połączyć pin AVR bezpośrednio bramki). Małe tranzystory.

MOSFET mają mały wpływ na prąd przy włączaniu i wyłączaniu i prawie żaden, gdy już działają.

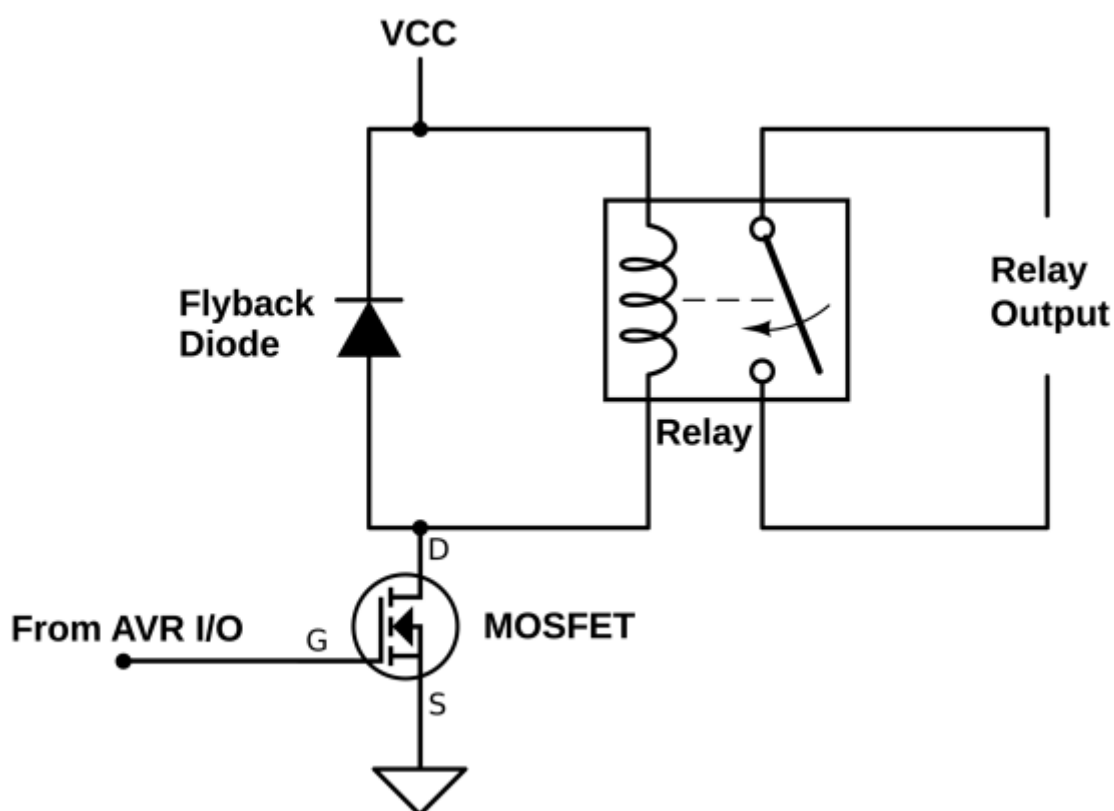
Tranzystory MOSFET nie mają spadku napięcia, gdy są włączone.

Nawet MOSFET przełączający małe sygnały ma tylko kilka omów rezystancji po włączeniu. Marnuje się mniej energii na podgrzewanie tranzystora.

Przy używaniu cyfrowego I/O AVR to ograniczamy się do wyjścia 0V lub 5V(na przykład). To jest zazwyczaj za dużo jak na tranzystor. Trzeba ograniczyć prąd płynący do bazy. Można to obliczyć za pomocą prawa Ohma, jest jeden szczegół, ponieważ negatywnie i pozytywnie naładowane warstwy tranzystorów mają już napięcie istnieje minimalne napięcie między bazą, a emiterym (0,7V dla zwykłych i 1,4V dla Darlingtona). Trzeba to pokonać zanim zaczną płynąć prąd. Następnie wzór to $V = I \times R$.

Mosfet są zaprojektowane do szybkiego włączania i wyłączania, przy napięciu bramki od 2V do 4V. Są idealnym przełącznikiem dla PWM.

Przełącznik elektromagnetyczny - przełącznik, który jest otwierany i zamykany przez elektromagnes. Przekłada się prąd przez cewkę z drutu, drut pociągnie kawałek metalu w kontakcie z innym kawałkiem i przełącznik się zamknie. Włączają i wyłączają się stosunkowo powoli, powodując kliknięcie gdy fizycznie się otwierają i zamykają. Nie przydatne dla PWM. Wymagają dużego prądu, więc potrzeba czegoś jak MOSFET. Jednak jako, że są elektromagnesami tworzą pola elektromagnetyczne, przy włączaniu zwijają się i wytwarzają napięcie zwrotne, które może być duże. Może ono usmażyć MOSFET i AVR, jeśli nie damy jakiegoś rozładowania. Potrzebują diody równoległej, aby je rozładować.



Rzadko używane w AVR, wykorzystywane tam gdzie naprawdę są fizycznymi przełącznikami. Do włączania suszarki do włosów lub reflektora. Trzeba kontrolować dużo prądu przemiennego przy wysokim napięciu.

Solid State Relays (półprzewodniki) i triaki ?

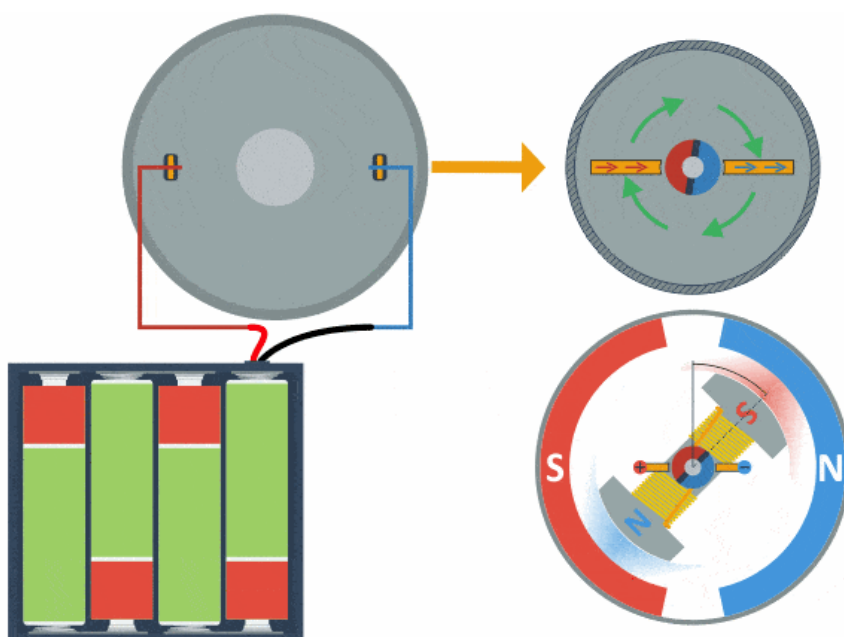
Triaki to rezystory ale dla prądu przemiennego, nie dla stałego.

SSR – to triaki ale mają dodatkowy obwód, który pozwala odizolować stronę sterującą od napięcia sieciowego AC. Większość ma diodę led, więc włączanie pralki dla AVR wygląda jak miganie led.

Optoizolator (znany również jako sprzęgacz optyczny, transoptor i optoizolator) to urządzenie półprzewodnikowe, które wykorzystuje krótką optyczną ścieżkę transmisyjną do przesyłania sygnału elektrycznego między obwodami lub elementami obwodu, jednocześnie utrzymując je elektrycznie odizolowane od siebie. Komponenty te są stosowane w wielu różnych systemach komunikacji, sterowania i monitorowania, które wykorzystują światło, aby zapobiec wpływaniu wysokiego napięcia elektrycznego na układ o niższej mocy, odbierający sygnał.

Wykład 10

Silnik DC - silnik prądu stałego. Ma napięcie na dwóch wejściach, naprzemiennie ładuje dwa wewnętrzne elektromagnesy i wykorzystuje uzyskaną siłę elektromagnetyczną do obracania wału. Przy odwróconym napięciu silnik obraca się w drugą stronę. Jeśli dostanie więcej napięcia będzie obracał się szybciej.

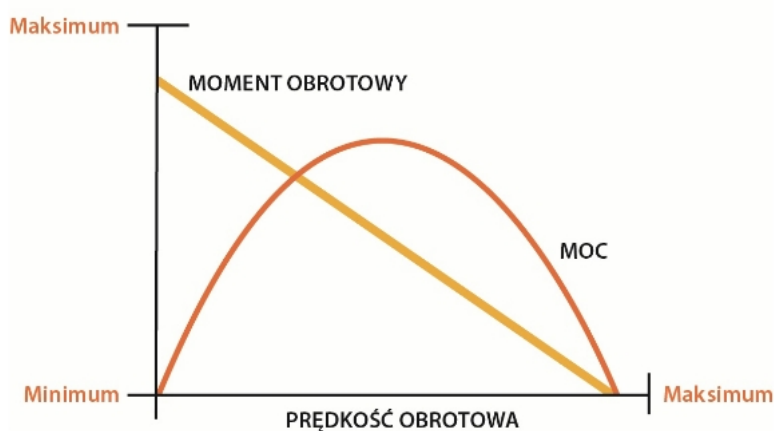


Moment obrotowy i prędkość obrotowa.

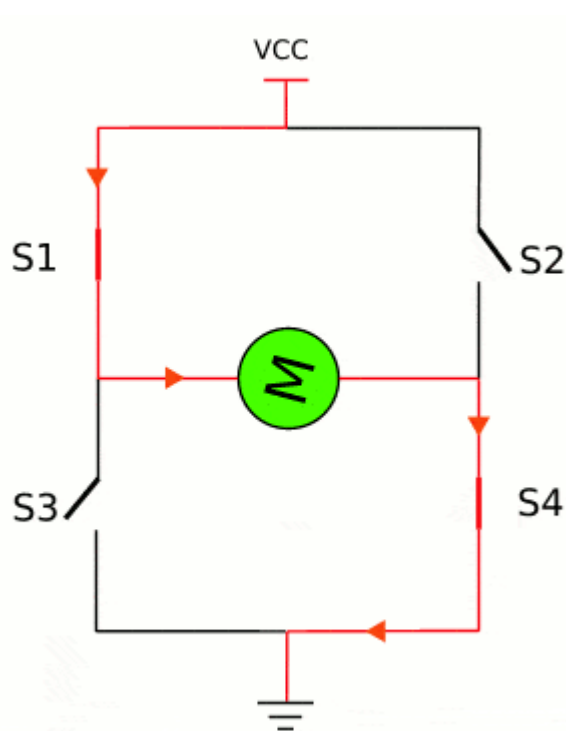
Sterowanie prędkością obrotową silnika prądu stałego jest bardzo proste — wystarczy do tego regulacja napięcia prądu zasilającego silnik. Im wyższe to napięcie, tym większą prędkość może osiągnąć silnik. Napięcie, a więc prędkość obrotowa silników, może być określane za pomocą techniki modulacji czasu trwania impulsu (PWM). Technika ta polega na sterowaniu mocą silnika poprzez modulowanie napięcia zasilającego go prądu — jego

naprzemienne włączanie i wyłączanie. Prędkość obrotowa silnika zależy od stosunku czasu, w którym silnik jest zasilany, i czasu, w którym napięcie wynosi 0 V. Stosunek ten określamy mianem cyklu roboczego. Naprzemienne włączanie i wyłączanie napięcia odbywa się tak szybko, że wydaje się, iż silnik po prostu łagodnie zwalnia. Korzystanie z tego rozwiązania powoduje nie tylko spadek prędkości obrotowej silnika, ale również proporcjonalny spadek generowanego momentu obrotowego. Moment obrotowy i prędkość są wielkościami odwrotnie proporcjonalnymi — wzrost prędkości obrotowej wiąże się ze spadkiem momentu obrotowego, a wzrost momentu obrotowego powoduje spadek prędkości.

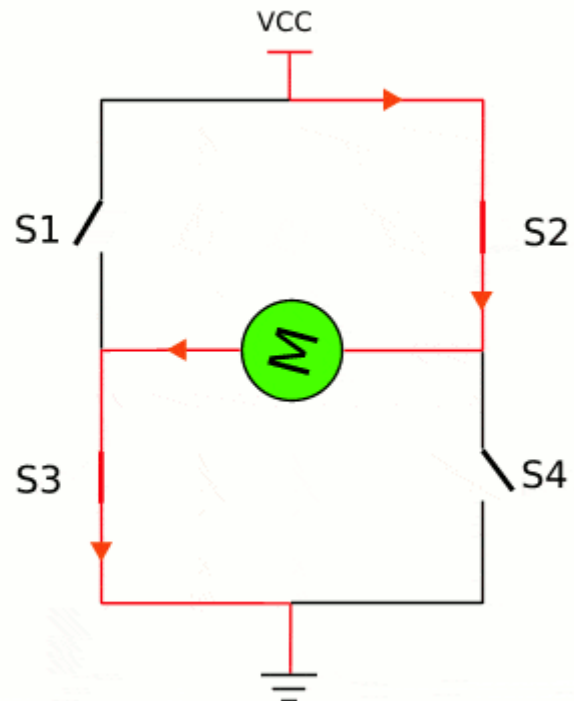
ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY MOMENTEM OBROTOWYM,
SZYBKOŚCIĄ OBROTOWĄ I MOCĄ



Mostek H.



Obwód A



Obwód B

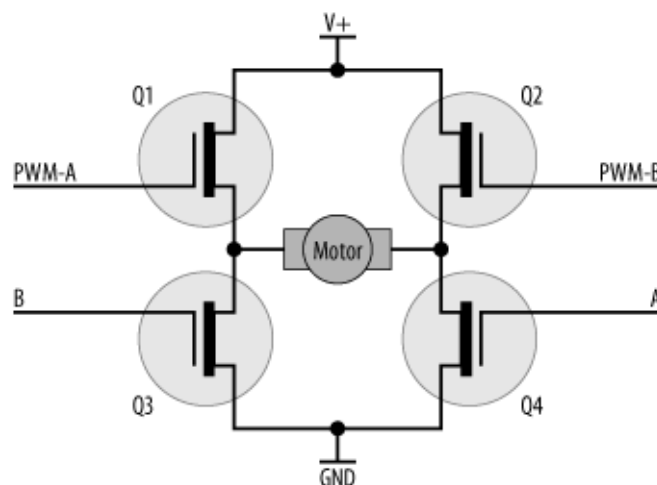
Przez zamknięcie S1 i S3 zamykamy obwód jak na obwodzie A wtedy silnik kręci się w jedną stronę. Kiedy zamkniemy obwód na S2 i S3 prąd będzie przepływał w drugą stronę i silnik będzie się kręcił w przeciwnym kierunku. Używa się do tego również PWM. np. S1 = PWMA, S4 = A, S2 = B, S3 = PWMB.

Sterowanie prędkością za pomocą PWM.

Napięcie 12V.

Przy 10% cyklu, efektywne analogowe napięcie wyjściowe wynosi 1,2V. Samo 1,2V może nie wystarczyć do uruchomienia silnika, ale my używamy całych 12V, czyli maksymalne napięcie. Czas trwania impulsów daje równoważną prędkość 1,2V. Stosując jednak pełną amplitudę dla 12V zapewniamy, że silnik się obróci. Jest to zaleta PWM. Aby kontrolować prędkość zmieniamy cykle PWM, a nie amplitudę.

Korzystając z PWM, można uzyskać bardzo niskie prędkości silnika i bardzo dokładną kontrolę. Impulsy mogą powodować szarpnięcie silnika, jeśli ogólna częstotliwość jest niska, ale wybierając wysoką częstotliwość, szarpnięcie jest uśredniane.



Serwomotor.

Serwosilniki istnieją od dawna i są wykorzystywane w wielu aplikacjach. Są małe, ale mają dużo mocy i są energooszczędne. Funkcje te pozwalają na używanie ich do sterowania zdalnie sterowanymi lub radiowymi samochodzikami, robotami i samolotami. Silniki serwo są również stosowane w aplikacjach przemysłowych, robotyce, produkcji na linii, farmacji i usługach gastronomicznych.

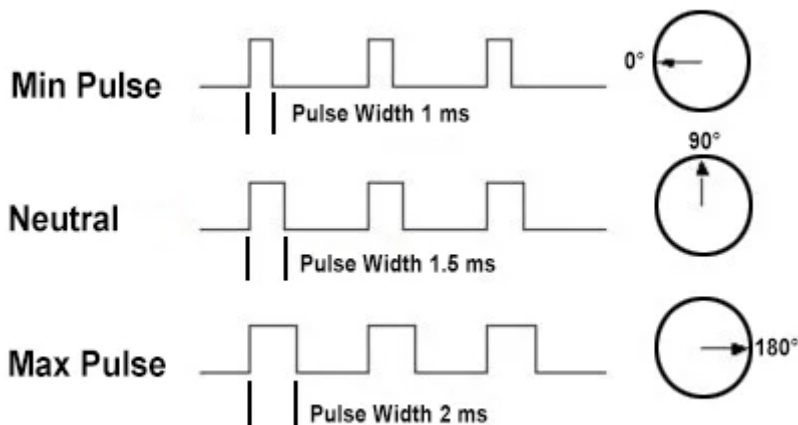
Obwód serwo jest wbudowany bezpośrednio w jednostkę silnikową i ma ustawiany wał, który zwykle jest wyposażony w koło zębate. Silnik sterowany jest sygnałem elektrycznym, który określa liczbę obrotów wału.

Wewnątrz znajduje się dość prosta konfiguracja: mały silnik prądu stałego, potencjometr i obwód sterujący. Silnik jest przymocowany za pomocą kół zębatach do koła sterującego. Gdy silnik się obraca, rezystancja potencjometru zmienia się, więc obwód sterujący może precyzyjnie regulować ruch i kierunek.

Gdy wał silnika znajduje się w pożądanym położeniu, energia dostarczana do silnika jest zatrzymywana. Jeśli nie, silnik obraca się we właściwym kierunku. Żądana pozycja jest wysyłana za pomocą impulsów elektrycznych przez przewód sygnałowy. Prędkość silnika jest proporcjonalna do różnicy między jego rzeczywistą pozycją a pożądaną pozycją. Więc jeśli silnik znajduje się w pobliżu żądanej pozycji, obraca się powoli, w przeciwnym razie obraca się szybko. Nazywa się to kontrolą proporcjonalną. Oznacza to, że silnik będzie pracował tak mocno, jak to konieczne do wykonania zadania, bardzo sprawny mały facet.

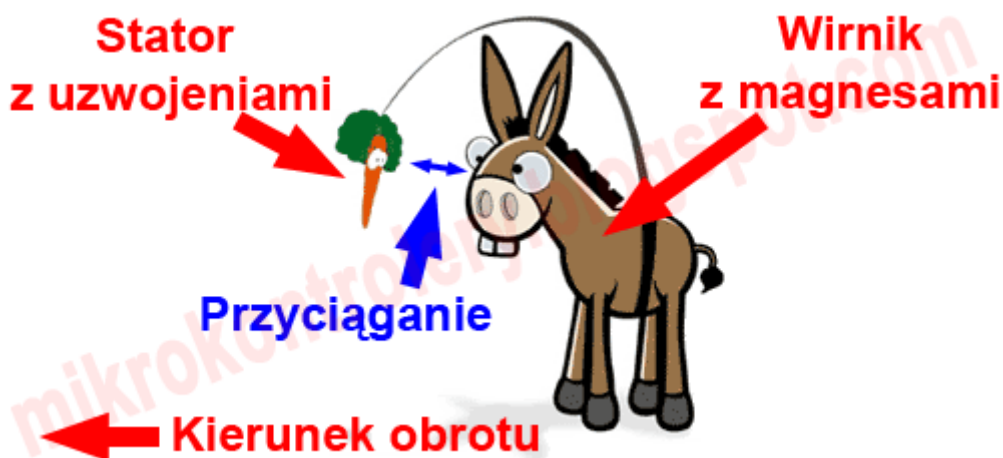
Serwa są kontrolowane przez wysyłanie impulsu elektrycznego o zmiennej szerokości lub modulacji szerokości impulsu (PWM) przez przewód sterujący. Występuje minimalny puls, maksymalny puls i częstotliwość powtarzania. Silnik serwo może zwykle obracać się tylko o 90 ° w dowolnym kierunku, co daje łączny ruch o 180 °. Położenie neutralne silnika definiuje się jako położenie, w którym serwo ma taką samą potencjalną rotację w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara lub przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. PWM wysłany do silnika określa pozycję wału i na podstawie czasu trwania impulsu wysłanego za pomocą drutu sterującego; wirnik obróci się do żądanej pozycji. Silnik serwo spodziewa się zobaczyć impuls co 20 milisekund (ms), a długość

impulsu określa, o ile silnik się obraca. Na przykład impuls 1,5 ms spowoduje obrócenie silnika w położenie 90 °. Krótszy niż 1,5 ms przesunie go w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara w kierunku pozycji 0 °, a dłuższy niż 1,5 ms spowoduje obrócenie serwa w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara w kierunku pozycji 180 °.



Silnik BLDC (BrushLess Direct Current motor) jak wskazuje angielska nazwa jest silnikiem bezszczotkowym prądu stałego. Oznacza to, że nie występuje w nim mechaniczny komutator.

Jednakże silnik BLDC bez komutatora nie będzie działać, dlatego też w zastępstwie mechanicznego stosuje się komutator elektroniczny. Jak każdy inny silnik DC, także i silnik BLDC działa na zasadzie przyciągania się pola magnetycznego magnesów i elektromagnetycznego generowanego przez uzwojenia silnika. W uproszczeniu zasada jest mniej więcej taka jak zasada działania poniższego "naturalnego urządzenia ciągnącego":



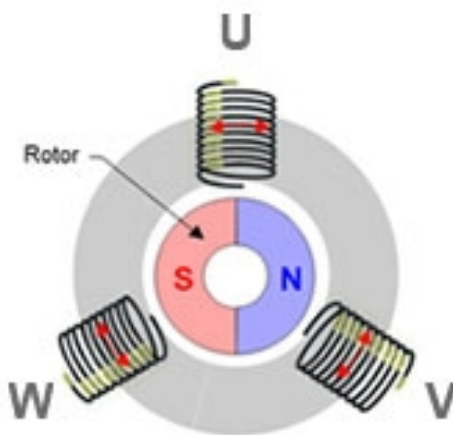
Innymi słowy silnik BLDC, musi w jakiś sposób wytwarzać wirujące (przemieszczające się po okręgu) pole elektromagnetyczne, ciągnąc za sobą wirnik wyposażony w magnesy.

Aby wytworzyć wirujące pole magnetyczne, na stojanie (statorze) powinniśmy umieścić co najmniej dwa uzwojenia ustawione do siebie pod pewnym kątem. Silniki BLDC mogą mieć różne ilości uzwojeń (faz). Spotykane są silniki dwu-, trzy-, cztero-, a nawet pięciofazowe. Jednakże to właśnie silniki trójfazowe, są bardzo ekonomicznym kompromisem, pomiędzy parametrami mechanicznymi, a kosztami ich budowy wraz ze sterownikiem.

Silnik trójfazowy może być połączony (wewnątrz) w gwiazdę lub trójkąt. Wyciągając silnik z dysku twardego najprawdopodobniej trafisz na silnik połączony w gwiazdę.

Największą sprawność uzyska silnik, gdy kąty ustawienia cewek uzwojeń będą dzieliły 360° na równe części. Skoro mamy więc trzy uzwojenia (fazy), to silnik powinien mieć je ustawione co:

$$360^\circ / 3 = 120^\circ$$



Działanie silnika bezszczotkowego opiera się na sekwencyjnym zasilaniu cewek, które powodują ciągłą zmianę kierunku wytwarzanego przez siebie pola magnetycznego. Pole to oddziałuje na rotor, który jest wyposażony w magnesy stałe i wprawia go w ruch obrotowy. Za każdym razem równolegle zasilane są dwie z trzech cewek, które wprawiają rotor w ruch obrotowy. Powoduje on indukowanie się siły elektromotorycznej w uzwojeniach. W tym momencie pojawia się rola układu sterującego, który na podstawie pomiarów indukowanego napięcia umożliwia określić odpowiedni moment dla rozpoczęcia kolejnej sekwencji.