

Sterowniki silników krokowych firmy TRINAMIC, część 2

Komunikacja z procesorem nadrzędnym może odbywać się za pośrednictwem łącza szeregowego lub 8-bitowej szyny równoległej. Układ może współpracować z enkoderem inkrementalnym, możliwa jest też synchroniczna praca kilku układów TMC453 w jednym systemie napędowym. Kontroler posiada 84 rejestry funkcyjne, ale po zapisaniu rejestrów konfiguracyjnych tylko 4 rejestry robocze wystarczają do sterowania silnikiem. Poszczególne bloki funkcjonalne kontrolera TMC453 są przedstawione na **rys. 8**.

- Interfejs komunikacyjny: kontroler posiada interfejs równoległy oraz szeregowy, używane zamiennie. Wybór interfejsu zależy od stanu wejścia IIC_EN (czytanego w czasie zerowania układu). Interfejs równoległy ma 8-bitowy port z multipleksowaniem adres/dane i zatrząskiem adresu (jak w mikrokontrolerach 8051). Przepływem danych sterują sygnały ALE, WE, CS i OE (piny NWE_SCL, NCS, NOE). Interfejs szeregowy jest zbliżony do standardu I2C z liniami transmisyjnymi SDA i SCL (pin NWE_SCL). W trybie komunikacji szeregowej stan linii AD0...AD7 portu równoległego determinuje adres SLAVE układu TMC453.
- Generator trajektorii ruchu: umożliwia zdefiniowanie dowolnych trajektorii ruchu, np. trapezowa, trójkątna, paraboliczna, typu S i różnych ich kombinacji. Po włączeniu zasilania jest automatycznie predefiniowana trajektoria trapezowa. Zdefiniowanie własnej trajektorii wymaga zapisania wartości ponad 20 rejestrów, ale do pracy silnika według tej trajektorii wystarczy operowanie na 4 rejestrach ruchu.
- Rejestr poleceń: rejestr kolejki rozkazów do wykonania. Polecenia przesyłane przez procesor nadrzędny są wpisywane do rejestru i następnie wykonywane w kolejności zapisu. Każdy rozkaz to 32-bitowe słowo składające się z pola kodu rozka-



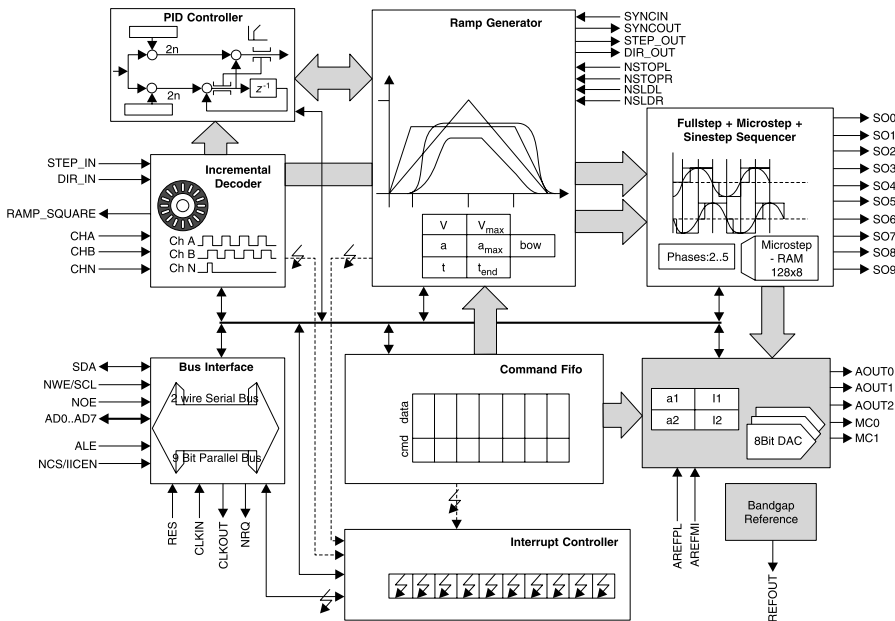
Niemiecka firma TRINAMIC Microchips oferuje szeroką gamę specjalizowanych układów scalonych - sterowników silników krokowych. Właściwości tych układów są na tyle interesujące, że zasługują na szersze omówienie.

zu i pola danych. Niektóre rozkazy mogą być wykonane po spełnieniu określonego warunku. Taki system umożliwia realizację przez kontroler zadań w czasie rzeczywistym bez angażowania procesora nadrzędnego – procesor wysyła „pakiet” poleceń wtedy gdy dysponuje wolną mocą obliczeniową, następnie polecenia są wykonywane przez kontroler TMC453 z uwzględnieniem krytycznych zależności czasowych.

- Generator sekwencji sterujących: wytwarza sekwencje sterujące uzwojeniami silnika dla stopnia mocy. Układ ma bardzo duże możliwości konfiguracji, w zależności od ilości uzwojeń silnika i typu stopnia mocy. Poza standardowymi sekwencjami sterowania pełnokrokowego, półkrokowego i mikrokrokowego, użytkownik może zdefiniować własną sekwencję sterującą o długości do 128 słów. Przy pracy mikrokrokowej kontroler stosuje sinusoidalny przebieg prądu w uzwojeniach, ale istnieje możliwość zdefiniowania innego kształtu obwiedni prądu i zapisania go w pamięci 128x8 bitów. Dziewięć wyjść cyfrowych może

być odpowiednio skonfigurowanych do sterowania różnych rodzajów stopni mocy.

- Blok analogowego sterowania silnikiem: składa się z trzech przetworników DAC buforowanych wzmacniaczami operacyjnymi i źródła napięcia referencyjnego. Blok ten współpracuje z generatorem sekwencji sterujących i umożliwia generowanie różnych wartości prądu uzwojeń.
- Interfejs enkodera różnicowego: umożliwia pracę napędu w trybie z zamkniętą pętlą sprzężenia zwrotnego. Sygnały z enkodera są przetwarzane na informację o aktualnej pozycji, prędkości, kierunku.
- Regulator proporcjonalny (PID Controller): w połączeniu z enkoderem umożliwia bardzo precyzyjną regulację pozycji i jej korygowanie. Regulator monitoruje trajektorię ruchu i wprowadza poprawki, gdy wartości rzeczywiste różnią się od zadanych. Powyższy opis jest z konieczności bardzo skrótowy i nie wyczerpuje wszystkich możliwości układów TMC428 i TMC453. Warto zauważyć, że korzystanie z tych kontrolerów zmienia filozofię oprogramowania dla



Rys. 8.

silników krokowych. Poprzez wpisywanie wartości do odpowiednich rejestrów programista określa parametry obiektu – czyli mamy do czynienia jakby z programowaniem w języku wysokiego poziomu. Nawet niewielka znajomość szczegółowych procedur programowania silników pozwala na stworzenie wyrafinowanego napędu o dużych możliwościach.

Kontroler „all-in-one” typu TMC222

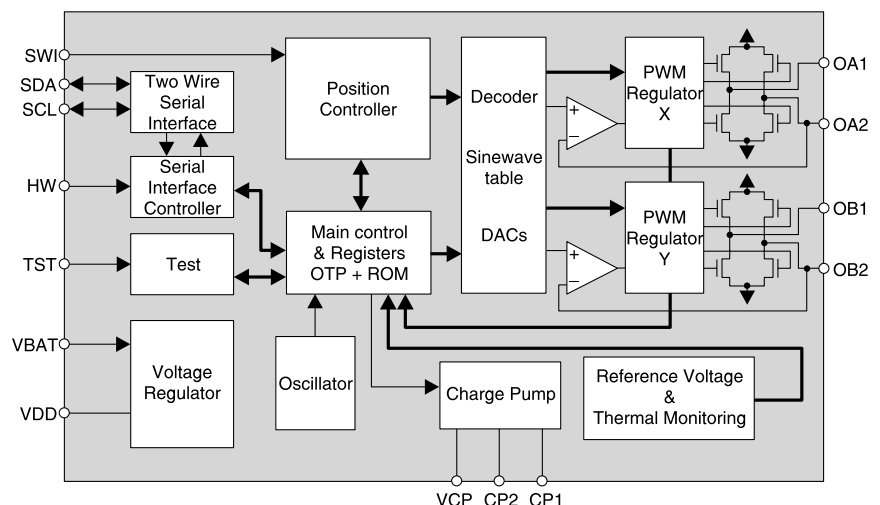
Kontroler TMC222 zawiera procesor sterujący o możliwościach niewiele ustępujących pojedynczej sekcji TMC428 oraz stopień mocy - dwa mostki H o prądzie wyjściowym 800 mA i napięciu zasilania 8...29 V. Przy pomocy TMC222 i kilku elementów zewnętrznych można zbudować inteligentny kontroler pozycjonujący do silnika krokowego. Parametry konfiguracyjne zdefiniowane przez użytkownika mogą być przechowywane w pamięci RAM lub zapisane na stałe w pamięci OTP-ROM. Schemat blokowy układu przedstawia rys. 9.

- Interfejs szeregowy: 2-przewodowy, zgodny z I2C. Adres SLAVE układu zależy od stanu wejścia HW (najmłodszy bit) i wartości wpisanej do OTP-ROM (4 bity). Daje to możliwość podłączenia 32 układów TMC222 do wspólnej szyny. Maksymalna szybkość transferu danych wynosi 350 kbps.
- Blok sterowania i rejestrów: zawiera zestaw adresowanych rejestrów (RAM), decydujących o trybie pracy kontrolera. Po włączeniu zasilania lub programowym resetie następuje

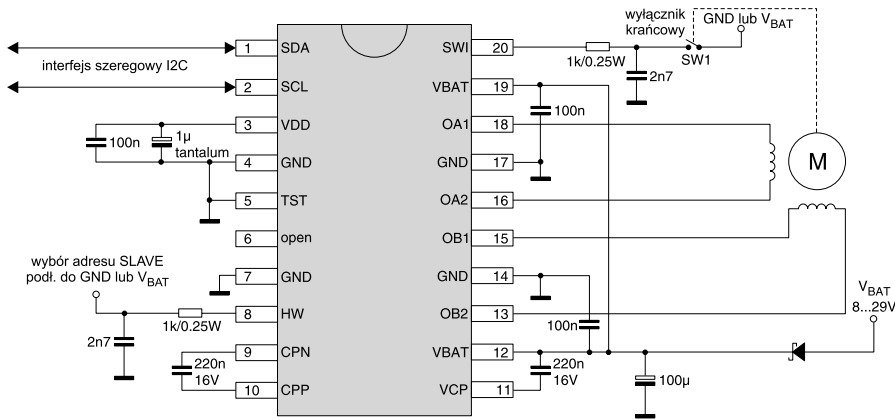
- przepisanie zawartości pamięci OTP-ROM do odpowiednich rejestrów. Dzięki temu nie trzeba po każdym uruchomieniu systemu wpisywać ponownie parametrów konfiguracyjnych. Programowanie pamięci OTP odbywa się poprzez interfejs szeregowy. Do programowania nie są wymagane żadne zmiany układowe ani specjalny programator, ale raz wpisane parametry nie mogą być już zmienione. Oczywiście w czasie pracy można wielokrotnie modyfikować zawartość rejestrów konfiguracyjnych RAM, lecz nie można zmienić np. przypisanego do układu adresu SLAVE.
- Generator zegarowy: wewnętrzny generator 4 MHz ±10% dostarcza sygnałów taktujących dla wszystkich pozostałych bloków kontrolera. Dokładność generatora decyduje m.in.

Pojawienie się układów takich jak opisane powyżej sygnalizuje pewną tendencję współczesnej elektroniki: dzięki specjalizowanym układom scalonym konstruktor systemu nie musi wglębiać się w najdrobniejsze szczegóły projektu. Korzystając z odpowiednich układów można na przykład zbudować urządzenia wykorzystujące komunikację USB lub TCP/IP praktycznie bez znajomości protokołów komunikacyjnych. Teraz możemy zrobić to samo z układami napędowymi. Być może za parę lat publikacje elektroniczne będą zawierać wyłącznie opisy takich „klocków” do budowy różnych urządzeń?

- o prędkości obrotowej silnika. Jest to jedyna wada układu, bo nie ma możliwości zastosowania zewnętrznego kwarcu. Jednak uwzględniając przeznaczenie kontrolera do układów pozycjonujących – nie jest to krytyczny parametr.
- Kontroler pozycji: realizuje funkcje przemieszczenia od pozycji aktualnej do zadanej (według trajektorii trapezowej). Użytkownik może określić parametry trajektorii (prędkość minimalną i maksymalną). Rejestry/liczniki pozycji aktualnej i docelowej są 16-bitowe. Poza przemieszczeniem z pozycji bieżącej X do zadanej Y, kontroler realizuje także funkcję poszukiwania pozycji zerowej (przy pomocy wejścia czujnika krańcowego lub zderzaka w skrajnym położeniu) oraz funkcję przemieszczenia do predefiniowanej pozycji parkingowej.
- Dekoder i regulator prądu uzwojeń: generuje sekwencje impulsowe do



Rys. 9.



Rys. 10.

sterowania prądem uzwojeń. Wbudowane przetworniki DAC i układ regulacji prądu uzwojeń (metodą kluczowania prądu PWM) umożliwiają pracę w trybie pełnokrokowym, półkrokowym i mikrokrokowym (do 16 mikrokroków). W trybie pracy mikrokrokowej uzwojenia silnika sterowane są według obwiedni sinusoidalnej, odpowiednie wartości prądu są stabelaryzowane i przechowywane w pamięci ROM. Użytkownik może określić mak-

symalną wartość prądu roboczego uzwojeń oraz prądu podtrzymania w zakresie od 59 do 800 mA (z rozdzielczością 4-bitową).

- Bloki zasilania: kontroler ma wewnętrzny stabilizator +5 V do zasilania części cyfrowej oraz powielacz napięcia z pompą ładunkową doysterowania bramek górnych tranzystorów mostka.
- Zabezpieczenia: wbudowane układy monitorujące powodują wyłączenie silnika w przypadku nad-

miernego wzrostu temperatury, spadku napięcia zasilania, zwarcia lub przerwy w obwodach wyjściowych. Każdy stan awaryjny powoduje ustawienie odpowiednich flag alarmu w rejestrze stanu układu.

Schemat aplikacyjny kontrolera TMC222 jest bardzo prosty – wystarczy dołączyć kilka kondensatorów filtrujących zasilanie oraz 2 kondensatory pompy ładunkowej (rys. 10). Sterowanie napędem polega na wysłaniu odpowiednich rozkazów. Każdy rozkaz składa się z 1-bajтового kodu rozkazu oraz opcjonalnie do 8 bajtów danych. Kontroler reaguje na 12 różnych rozkazów, niektóre z nich powodują wysłanie przez kontroler 8 bajtów informacji:

- *GetFullStatus1* [kod hex 0x81] – kontroler odsyła zawartość rejestrów konfiguracyjnych,
- *GetFullStatus2* [0xFC] – kontroler odsyła zawartość rejestrów pozycji bieżącej, docelowej i parkingowej,
- *GetOTPPParam* [0x82] – kontroler odsyła zawartość pamięci ROM-OTP,
- *GotoSecurePosition* [0x84] – przemieszczenie napędu do pozycji parkingowej,
- *HardStop* [0x85] – natychmiastowe (awaryjne) zatrzymanie silnika,
- *ResetPosition* [0x86] – zerowanie rejestru pozycji,
- *ResetToDefault* [0x87] – przepisanie zawartości pamięci OTP do rejestrów konfiguracyjnych,
- *RunInit* [0x88] – inicjalizacja napędu, poszukiwanie punktu zerowego,
- *SetMotorParam* [0x89] – wpisanie wartości rejestrów konfiguracyjnych,
- *SetOTP* [0x90] – zapis parametrów w pamięci OTP,
- *SetPosition* [0x8B] – zapis rejestrów pozycji docelowej i parkingowej, przemieszczenie napędu do pozycji docelowej,
- *SoftStop* [0x8F] – zatrzymanie silnika z fazą łagodnego hamowania.

Po zapisaniu parametrów konfiguracyjnych w pamięci OTP, sam program roboczy sterowania silnikiem może być bardzo prosty – pozwala na realizować nawet skomplikowane funkcje napędowe przy pomocy najprostszych mikrokontrolerów 8-bitowych.

Jacek Przepiórkowski

www.silniki.pl

SILNIKI KROKOWE

- 2 fazowe hybrydowe 1.8° 1 Ncm- 30 Nm
rozmiary 25mm, 35mm, 39mm, 42mm, 56mm, 85mm, 110mm
- 3 fazowe hybrydowe 50Ncm do 6,3Nm
rozmiary 56mm, 85mm
- 5 fazowe hybrydowe 14Ncm do 6,3Nm
rozmiary 42mm, 56mm, 85mm

- układy scalone mocy dla sterowników krokowych
- stopnie sterujące i kompletne końcówki mocy
- układy kontroli ruchu dla silników krokowych

www.wobit.com.pl

P.P.H. WOBIT WITOLD OBER
61-474 POZNAŃ UL.GRUSZKOWA 4
TEL. +48 61 8350-620, -800
FAX. +48 61 8350-704, -804

Dodatkowe informacje

Więcej informacji na temat oferty firmy Trinamic można znaleźć na stronie <http://www.trinamic.com>.