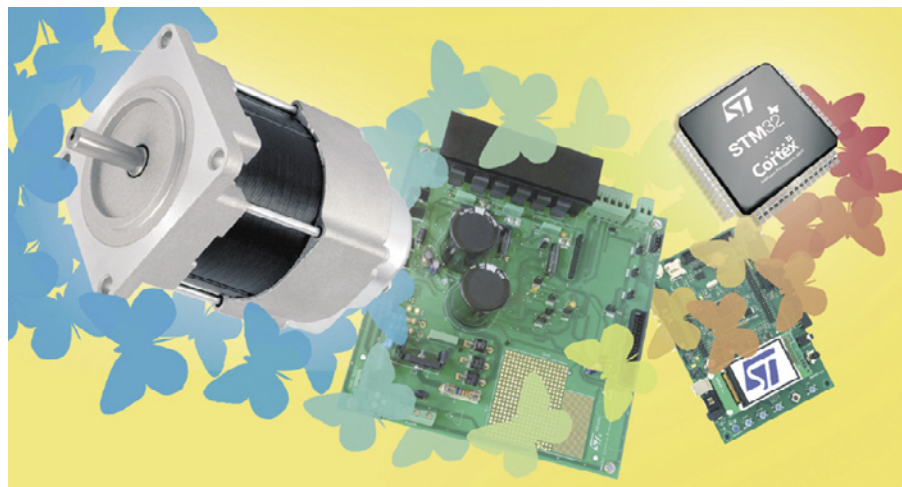




Motor Control

w wydaniu STMicroelectronics

Inteligentne napędy stają się codziennością już nie tylko w aplikacjach przemysłowych. Coraz częściej wyspecjalizowane mikrokontrolery, wspomagane przez wysokonapięciowe tranzystory mocy i inne podzespoły, realizują wszystkie funkcje sterowania silnikami elektrycznymi, także stałoprądowymi. Mikrokontrolery szybko zdobywają kolejny obszar aplikacji, do niedawna „klasycznie” elektrycznych.



zaowocowało wprowadzeniem do produkcji wielu typów jednoukładowych sterowników silników, które zapewniały ich miękki start i regulację obrotów. Z czasem okazało się, że wymagania odbiorców są większe (jak np. regulacja i stabilizacja momentu obrotowego, minimalizacja drgań osi silnika przy niskich obrotach itp.), a producenci silników wprowadzają do sprzedaży wiele nowych – pod względem wymaganego sposobu sterowania – ich wersji. Zjawiska te wymusiły pierwsze, nieśmiało próby zastępowania wyspecjalizowanych sterowników mikrokontrolerami, czego jednym z prekursorów była firma STMicroelectronics, która jako jedna z pierwszych przedstawiła notę aplikacyjną, w której fazowym sterownikiem silnika elektrycznego był mikrokontroler z rodziny ST62 (AN863 z października 1996 roku i wiele innych). Mikrokontrolerowe sterowniki silników można było stosunkowo łatwo – na drodze pro-

gramowej – zaadaptować do zmieniających się wymagań aplikacji.

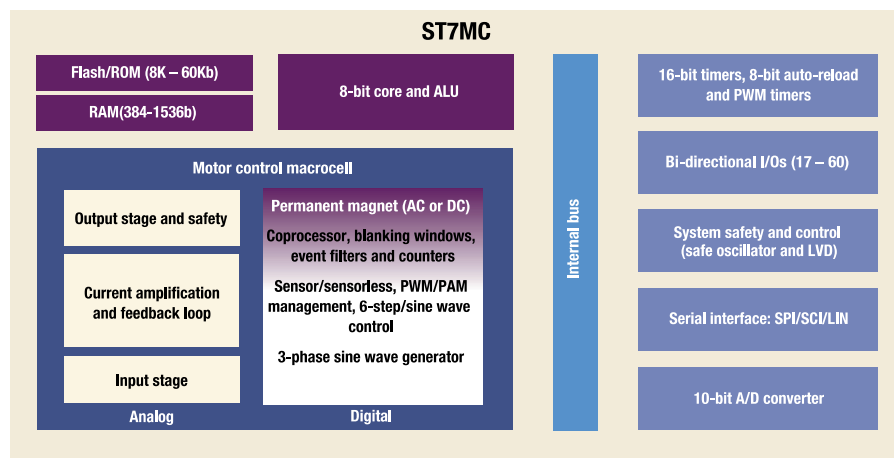
Typowe zadania realizowane przez sterowniki silników elektrycznych

Apetyt rośnie w miarę jedzenia: rosnące wymagania użytkowników urządzeń z wbudowanymi silnikami elektrycznymi dość szybko „skonsumowały” zasoby sprzętowe i moc obliczeniową oferowaną przez standardowe

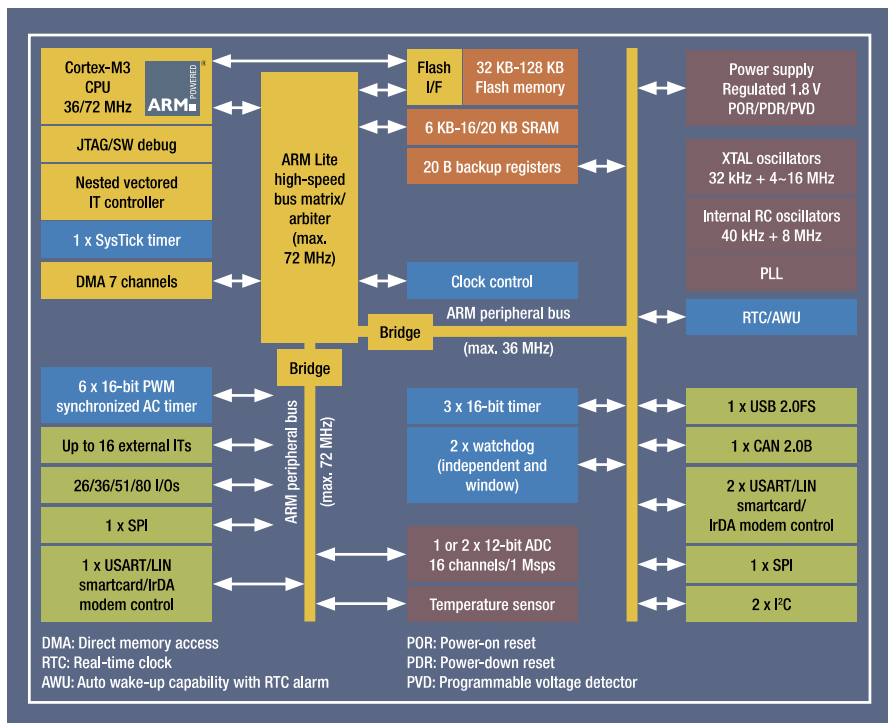


Tematyka *motor control* jest bardzo szeroka, dotyczy bowiem zarówno silników krokowych zasilanych impulsowo, komutatorowych i bezkomutatorowych silników stałoprądowych, jak i różnorodnych silników zasilanych napięciem zmiennym. Producenci półprzewodników dostrzegali potencjał tego rynku dawno temu, co

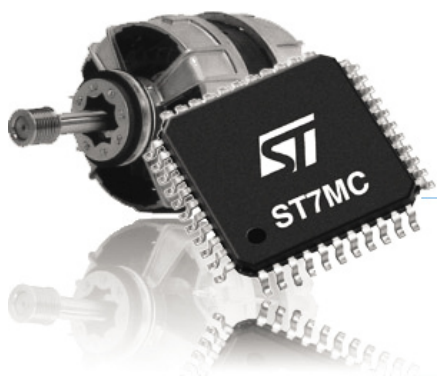
Dla zainteresowanych
Budowa i zasady działania silników elektrycznych zostały szczegółowo przedstawione w książce „Silniki elektryczne w praktyce elektronika”, której autorem jest współpracownik EP Jacek Przepiórkowski. Książka ukazała się nakładem Wydawnictwa BTC w roku 2007. Jest dostępna m.in. w sklepie sklep.avt.pl pod numerem katalogowym KS-270000.



Rys. 1. Schemat blokowy mikrokontrolera ST7MC



Rys. 2. Schemat blokowy mikrokontrolera STM32



konieczność zminimalizowania strat energii i drgań mechanicznych, wymagana precyzyjna regulacja i stabilizacja parametrów pracy silników, wymagana elektroniczna detekcja przeciążenia itp. spowodowały, że producenci mikrokontrolerów wdrożyli do produkcji specjalne ich wersje, wyposażone w sprzętowe peryferia ułatwiające sterowanie i monitorowanie pracy silników elektrycznych.

Niezbędne 32 bity

Do realizacji prostych algorytmów sterujących pracą silników elektrycznych, takich jak PWM

Gdzie można spotkać aplikacje motor control?

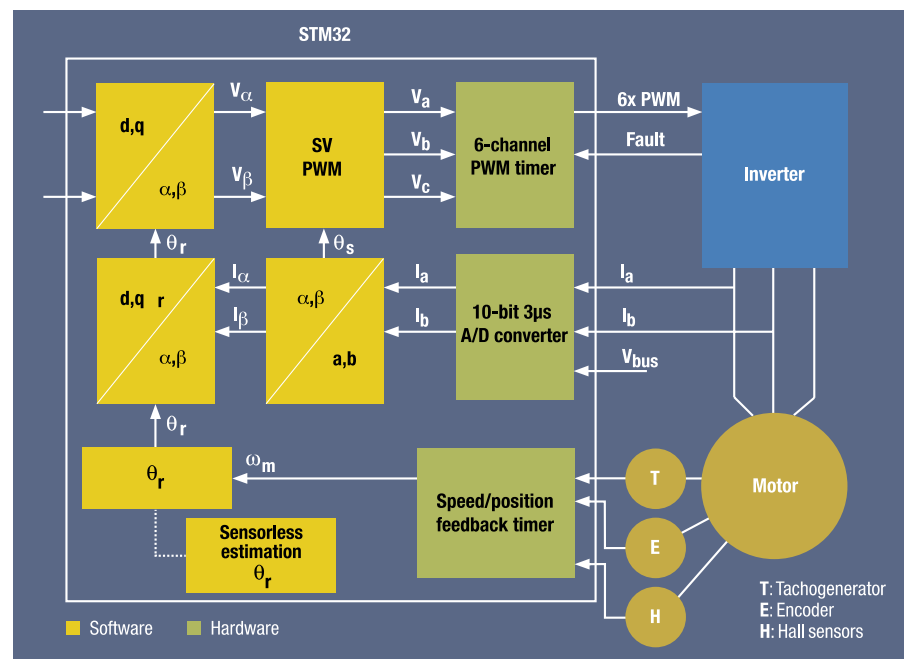
Według tegorocznego raportu magazynu **Appliance Magazine**, do roku 2011 liczba użytkowanych na świecie pralek zwiększy się o 7,5% (z 51,8 do 55,7 mln sztuk), liczba lodówek zwiększy się o 13,6% (z 55 do 62,5 mln), a liczba zmywarek o 13%. We wszystkich wymienionych aplikacjach stosowane są silniki elektryczne, konsumujące niebagatelne ilości energii. Poza istotnym dla ekologii aspektem – minimalizacji strat energii podczas sterowania pracą silnika – duże znaczenie dla środowiska ma możliwość zwiększenia żywotności silników sterowanych elektronicznie – do środowiska trafia mniej śmieci. „Inteligentne” sterowniki zmniejszają ryzyko mechanicznego lub elektrycznego przeciążenia silników, minimalizują udary elektryczne i mechaniczne oraz amplitudy drgań, korzystnie wpływając na trwałość silników.



mikrokontrolery. Niezbędna we współczesnych konstrukcjach dbałość o minimalizację zakłóceń EMI emitowanych przez napędy do sieci zasilającej i otoczenia (jak choćby dokuczliwy do niedawna problem silnej 3-harmonicznej, charakterystyczny dla sterowania fazowego),

Mikrokontroler z motor control, czyli z czym?

Mikrokontrolery przeznaczone do stosowania w aplikacjach tego typu są zazwyczaj wyposażane w wielokanałowe generatory PWM z możliwością programowego ustalania czasu martwego (*dead-time*), przetworniki A/C o krótkim czasie konwersji i szybką jednostką centralną (czasami nawet DSP).



Rys. 3. Schemat blokowy 3-fazowego sterownika z wektorową regulacją momentu obrotowego z mikrokontrolerem z rodziny STM32



(dla silników AC lub DC) lub załączanie fazowe, wystarczają najprostsze mikrokontrolery 8-bitowe (jak choćby wspomniany ST62T10). Parametry i cechy użytkowe najprostszych regulatorów nie są możliwe do zaakceptowania we współczesnych aplikacjach, co spowodowało, że coraz powszechniej są stosowane bardziej zaawansowane sterowniki umożliwiające m.in. sterowanie nowoczesnych silników bezszczotkowych BLDC (*BrushLess DC motor*) w konfiguracjach ze sprzężeniem zwrotnym (tzw. pętla V/f) lub otwartą pętlą sprzężenia. Programowa realizacja algorytmów sterowania wymaga nieco większej mocy obliczeniowej niż uprzednio, ale radzą sobie z nimi wszystkie współczesne mikrokontrolery 8-bitowe.

Udoskonalone, powszechnie dziś stosowane, wektorowe algorytmy sterowania pracą silników elektrycznych (opracowany w 1971 roku przez Feliksa Blaschke z firmy Siemens), zwłaszcza w konfiguracjach bezczujnikowych oraz skomplikowane od strony obliczeniowej sposoby sterowania – jak na przykład DTC (*Direct Torque Control*) – zmusiły producentów do tworzenia wyspecjalizowanych rodzin mikrokontrolerów 8-bitowych, które wyposażano w specjalne bloki sprzętowe ułatwiające realizację skomplikowanych algorytmów sterowania. Przykładem takich mikrokontrolerów są układy z serii ST7MC (od *Motor Control* – rys. 1), dla których producent przygotował przykładową aplikację trzyfazowego regulatora SV-PWM.

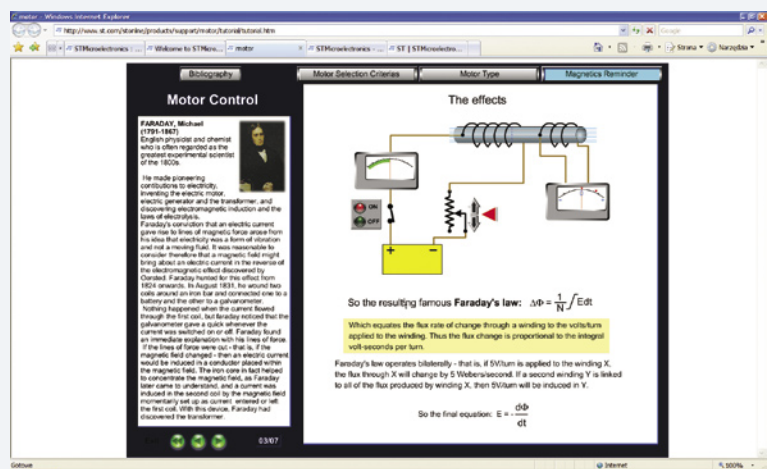
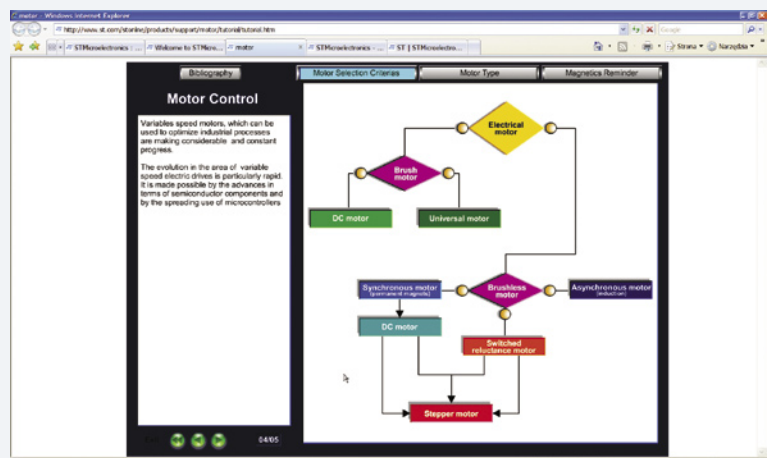
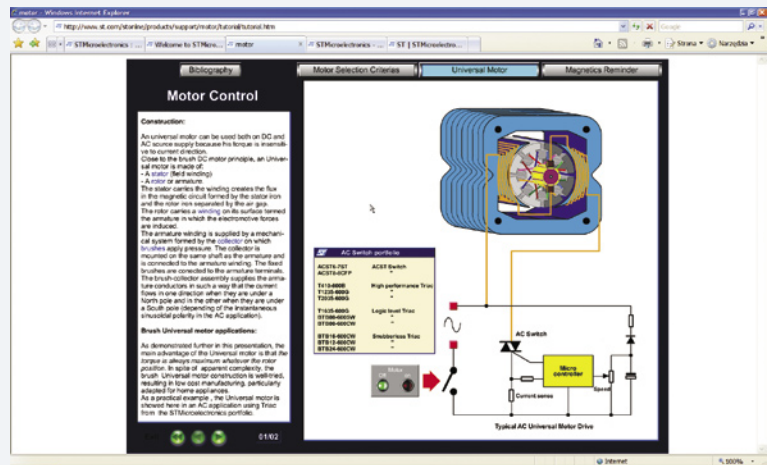
Takie rozwiązania, aczkolwiek skuteczne, powodują specjalizację mikrokontrolerów, co w dobie liczenia kosztów i związaną z nim unifikacją spowodowało, że producent dość szybko poszukiwał alternatywnego rozwiązania. Są nim 32-bitowe mikrokontrolery z rdzeniami:

- ARM7TDMI – rodzina STR750,
- ARM Cortex M3 – rodzina STM32.

Jak wielokrotnie sygnalizowaliśmy w EP, era mikrokontrolerów wyposażonych w rdzenie

O silnikach co nieco

Pod adresem <http://www.st.com/stonline/products/support/motor/tutorial/tutorial.htm> jest dostępny krótki, interaktywny przewodnik po podstawach elektromagnetyzmu, zasadach działania silników elektrycznych, ich charakterystykach itp. Warto obejrzeć!

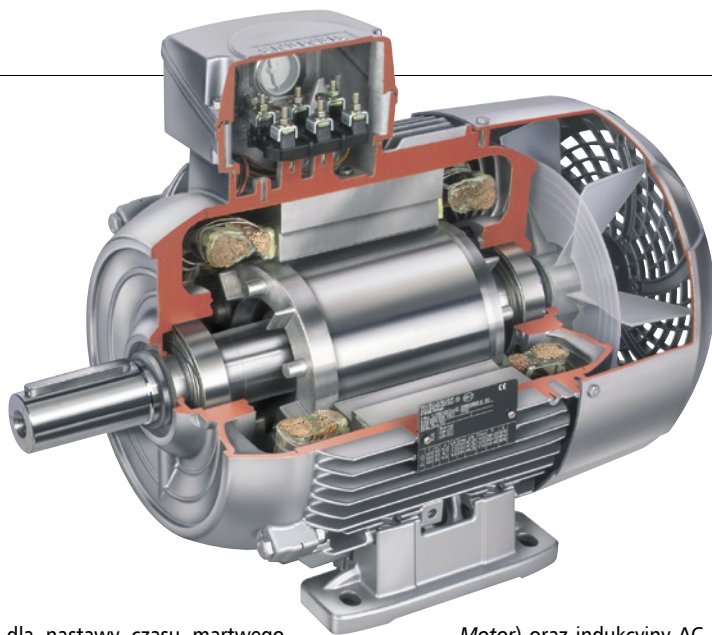


ARM7TDMI powoli się kończy, zajmiemy się więc przybliżeniem możliwości mikrokontrolerów z rodziny STM32.

Układy te wyposażono w szybkie jednostki centralne Cortex M3, które wyposażono w deterministyczny, do tego szybki, hierarchiczny kontroler przerwań. Duża prędkość wykonywania programów, sprzętowe wsparcie wykonywania prostych instrukcji DSP oraz wbudowane zaawansowane peryferia – jak na przykład sześć

16-bitowych generatorów PWM oraz wielokanałowy przetwornik A/C o krótkim czasie konwersji (rys. 2) – pozwalają wykonać sterowniki realizujące praktycznie dowolne, spośród współcześnie stosowanych, algorytmy sterowania pracą silników.

Atutem timerów-generatorów PWM zastosowanych w mikrokontrolerach STM32 jest duża rozdzielczość pozycjonowania zbroczy, dochodząca do ok. 14 ns. Podobną rozdzielczość



uzyskano dla nastawy czasu martwego – pozwala to zminimalizować straty energii w stopniach mocy, niezależnie od rodzaju zastosowanych elementów wykonawczych (zazwyczaj tranzystorów). Wbudowany kontroler DMA pozwala z kolei szybko (praktycznie jednocześnie) modyfikować ustawienia wszystkich kanałów PWM, co ma znaczenie dla stabilności pracy sterowanych silników.

Na rys. 3 pokazano schemat blokowy 3-fazowego sterownika z wektorową regulacją momentu obrotowego i regulacją prędkości obrotowej wykonanego na mikrokontrolerze z rodziny STM32. Na rysunku rozdzielono zadania realizowane programowo od zadań obsługiwanych przez wbudowane w mikrokontroler bloki sprzętowe.

Nie tylko mikrokontrolery

Mikrokontrolery będące „mózgami” sterowników silników nie są jedynymi elementami półprzewodnikowymi niezbędnymi do budowania takich urządzeń. Firma STMicroelectronics wyraźnie stawia na kompleksowe obsłużenie aplikacji *motor control*, co widać po jej ofercie produkcyjnej, w ramach której są dostępne także:

- bipolarne tranzystory mocy (także ESBT – *Emitter Switched Bipolar Transistors* i Darlingtony), tranzystory mocy FET i moduły IGBT,
- scalone, jedno- i wielofazowe sterowniki silników elektrycznych (krokowych, bezkomutatorowych itp.),
- scalone mostki H oraz mostki trzyczasowe,
- półprzewodnikowe układy gasikowe minimalizujące przepięcia w stopniach mocy,
- wysokonapięciowe klucze mocy.

Wybierz STM32, będzie Ci łatwiej!

Z myślą o konstruktorach zamierzających w praktyce ocenić możliwości mikrokontrolerów STM32 jako sterowników silników elektrycznych, firma STMicroelectronics przygotowała zestaw ewaluacyjny STM3210B-MCKIT, oparty na płycie ewaluacyjnej STM3210B-EVAL (opisaliśmy ją w EP4/2008).

Zestaw służy do analizy działania dwóch wersji oprogramowania, obsługujących silniki: trzyczasowy PMSM (*Permanent Magnet Synchronous*

Motor) oraz indukcyjny AC (nie wchodzi w skład zesawu). Zaimplementowano algorytm sterowania wektorowego bez konieczności stosowania czujników rotora. Producent przygotował i bezpłatnie udostępnił bibliotekę napisaną w języku C o nazwie *Field Oriented Control Software Library*, w której zaimplementowano wszystkie funkcje niezbędne do sterowania pracą silnika. Opis tej biblioteki znajduje się m.in. w dokumentach:

- UM0483, „*STM32F103xx AC induction motor IFOC software library V2.0*”,
- TN0063, „*Overview of the STM32F103xx ACIM and PMSM motor control software libraries release 2.0*”.

Podsumowanie

Bez wątpienia mikrokontrolery szybko zdominują różnorodne aplikacje „napędowe”, w czym pomagają między innymi inicjatywy takie jak firmy STMicroelectronics, która zainteresowanym inżynierom dostarcza przykłady kompletnych rozwiązań sprzętowo-programowych.

Poszerzanie rynku aplikacyjnego mikrokontrolerów znajdzie zapewne odbicie w ich cenach: kolejne dziesiątki (pewnie już wkrótce setki) milionów sprzedanych sztuk umożliwią dalszą obniżkę cen, co spowoduje jeszcze powszechniejsze aplikowanie mikrokontrolerów, coraz częściej 32-bitowych. Biorąc dodatkowo pod uwagę oszczędności coraz droższej energii i inne proekologiczne aspekty stosowania mikrokontrolerów, należy dopingować producentów półprzewodników do dalszego ich doskonalenia – obszarów „bez-mikrokontrolerowych” jest w naszym życiu coraz mniej, ale możliwości kreacyjne ludzkiej wyobraźni są nieograniczone...

Andrzej Gawryluk, EP

Dodatkowe informacje...

...na temat rozwiązań motor control oferowanych przez firmę STMicroelectronics są dostępne pod adresem:

<http://www.st.com/motorcontrol>

R E K L A M A

„Jestem zadowolony z mojej nowej pracy. Znalazłem ją w ogłoszeniach na portalu AutomatykaOnLine”

www. **AutomatykaOnLine** .pl
WORTAL AUTOMATYKI PRZEMYSŁOWEJ

Wortal AutomatykaOnLine jest źródłem cennych informacji z zakresu automatyki. Codziennie aktualizowane wiadomości gospodarcze. Nowinki techniczne. Baza wiarygodnych podwykonawców. Informacje o produktach. Ogłoszenia pracodawców i poszukujących pracy. Forum wymiany doświadczeń. Rozwiązania techniczne. Twój partner w biznesie.

Wortal AutomatykaOnLine
ul. Puławska 303, 02-785 Warszawa, tel./fax: 046 857 73 72, e-mail: redakcja@automatykaonline.pl