

Produkcja robi to inaczej

Programowanie produkcyjne pamięci i mikrokontrolerów kieruje się nieco innymi zasadami niż programowanie laboratoryjne. Produkcją rządzi przede wszystkim wydajność, więc podstawowym kryterium przy doborze programatora nie jest jego uniwersalność i maksymalne pokrycie spektrum produkowanych na świecie układów programowalnych. Decydującego znaczenia w kontekście wielkości produkcji nabiera czas programowania pojedynczego układu. Wartość iloczynu wielkości produkcji i czasu programowania jest podstawowym parametrem, który implikuje metodę programowania i rodzaj stosowanego urządzenia.

Na linii produkcyjnej mamy w zasadzie do wyboru trzy podstawowe metody:

- Programowanie ręczne poza układem docelowym.
- Programowanie automatyczne poza układem docelowym.
- Programowanie w systemie docelowym (ISP – In-System Programming).

Pierwsza jest realizowana w trybie „off-line” poza główną linią produkcyjną w formie wstępnego przygotowania zaprogramowanych układów. Druga podobnie, chociaż istnieją w bardzo ograniczonym obszarze zastosowań rozwiązania do programowania automatycznego „on-line” w ciągu produkcyjnym. Trzecia, jest realizowana w fazie bezpośrednio poprzedzającej testowanie zmontowanej już płytki. W ostatnim przypadku typowa jest integracja procesów programowania i testowania oraz ich realizacja z poziomu komputera nadrzędnego za pośrednictwem odpowiedniego urządzenia sprzągającego.

Jeszcze nie tak dawno wydawało się, że programowanie ISP całkowicie wyeliminuje tradycyjne programatory. Jednak coraz bardziej skomplikowane aplikacje oraz duże pojemności współcześnie stosowanych pamięci Flash spowodowały, że programatory skutecznie bronią się przed ofensywą re-

latywnie wolnych, choć z każdym rokiem coraz szybszych, opartych o transmisję szeregową rozwiązań ISP. Trend pokazany na **rysunku 1** wskazuje na zastępowanie, przy mniejszych wolumenach produkcji, programowania ręcznego programowaniem w systemie docelowym i stałego udziału w rynku programowania automatycznego „off-line”.

Łatwo zauważyć, że nadchodzi globalna automatyzacja procesu programowania w czasie produkcji. Spójrzmy więc na przykładzie wybranych urządzeń oferowanych przez firmę WG na to, co jest dostępne na rynku i spróbujmy dać odpowiedź co, gdzie i kiedy stosować.

Ręcznie w wielu gniazdach

Oczywistym jest, że przy małych i średnich wolumenach produkcji zakup automatu programującego nie ma sensu. Jesteśmy skazani na ręczne operacje lub – o ile to możliwe realizację programowania w systemie docelowym. Na początek zajmijmy się jednak typową sytuacją – mamy pewną liczbę układów scalonych do zaprogramowania.

W najprostszej sytuacji, gdy pojemność pamięci jest mała, czas jej programowania i weryfikacji (t_{pv}) jest znacząco krótszy od czasu obsługi (t_o) pojedynczego układu (tzn. czasu potrzebnego na wyjęcie układu z opakowania, umieszczenie go w podstawce, usunięcie po zaprogramowaniu z podstawki, zapakowanie do dalszej produkcji i chwilę oddechu operatora) wystarczy tradycyjny programator z jedną podstawką. Sytuacja zmienia się, gdy czasy t_{pv} i t_o są porównywalne. Na jednogniazdowym programatorze operator ma beczynne przestoje, musi czekać na zaprogramowanie układu. Wyjściem jest zwielokrotnienie gniazd programujących poprzez użycie kilku programatorów jednogniazdowych lub jednego programatora wielogniazdowego. Szacunkową liczbę gniazd (n) potrzebnych dla jak najlepszego wykorzystania czasu operatora

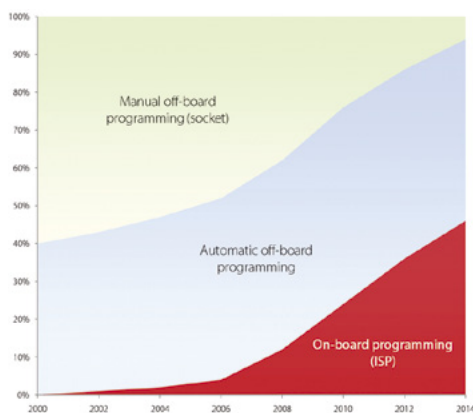
można oszacować jako $n = \lceil t_{pv}/t_o \rceil + 1$. Jasno widać, że czas programowania z punktu widzenia optymalizacji wydajności powinien być jak najkrótszy, czyli programator możliwie szybki.

W przypadku, gdy chcemy ze względu na możliwość różnych konfiguracji produkcji stosować kilka jednogniazdowych programatorów alternatywnie do programatora wielogniazdowego, to dobrze jest, gdy oprogramowanie nadzorujące może jednocześnie obsłużyć kilka (typowo 8) takich urządzeń. Korzystne jest też, gdy urządzenie i oprogramowanie są łatwe w obsłudze i mogą być nadzorowane przez średnio wykwalifikowany personel. Stosowanie na produkcji programatorów ręcznych zazwyczaj wskazuje na krótkie serie produkcyjne różnych produktów, czyli częstą zmianę typów programowanych układów. W takich przypadkach programator powinien być uniwersalny, z wyjątkiem może tylko sytuacji programowania pamięci NAND Flash wielkiej pojemności, gdzie warto zastosować ultraszybkie rozwiązanie dedykowane.

Wymagania te spełniają w pełni produkty BeeProg2 i BeeHive204 firmy Eltec sterowane z komputera nadrzędnego przez USB, obsługujące ponad 60 tysięcy układów programowalnych! Bazujący na tym samym rozwiązaniu pojedynczego programatora tzw. site'a, najbardziej zaawansowany produkt BeeHive208 jest 8-podstawkowym rozwiązaniem obsługiwanym dodatkowo z poziomu wyświetlacza „touch screen”. Korzystna na produkcji jest bowiem praca programatora bez nadzoru komputera jako urządzenia autonomicznego z buforową pamięcią danych, wyświetlaczem i klawiaturą. Wszystkie wymienione programatory firmy Eltec mają na panelu czołowym złącza interfejsów ISP pozwalające na wielokanałowe programowanie w układów systemie docelowym. Stanowią tym samym kompletne rozwiązanie problemu programowania podczas produkcji mało- i średnioseryjnej. Jeśli jednak jesteśmy w obszarze produkcji wielkoseryjnej to powinniśmy programować...

Automatycznie poza układem

Aby uzmysłowić problem, który stawia przed nami masowa produkcja, weźmy pod lupę gorący temat – programowanie pamięci NAND Flash. Przyjmijmy realne wielkości, tzn. że czas programowania i weryfikacji $t_{pv} = 10$ minut dla pojemności 1 G×8 bitów w typowym jednogniazdowym programatorze, a produkcja miesięczna wynosi 48 tys.



Rysunek 1. Trendy w programowaniu układów

sztuk. Wówczas miesięcznie potrzeba 1 tys. pełnych dniówek tylko na proces programowania i weryfikacji. Zakładając dalej, że będziemy programować w 16 gniazdach jednocześnie, bez żadnych przerw i przestojów, to potrzebujemy ponad 60 dniówek, czyli pełny miesiąc pracy na trzy zmiany. Oczywistym jest więc, że przy produkcji masowej najrozsądniejszymi rozwiązaniami są:

- Zastosowanie układów zaprogramowanych przez producenta (to jednak eliminuje konieczność użycia programatora).
- Zastosowanie jak najszybszych programatorów.
- Zwielokrotnienie liczby gniazd programujących i ewentualnie praca wielozmianowa.
- Automatyzacja procesu programowania.
- Programowanie „off-line” poza linią produkcyjną.

Ostatni punkt wymaga dodatkowego uzasadnienia. Są bowiem rozwiązania do programowania „on-line” na linii technologicznej, w których układy zapisywane na bieżąco są podawane do maszyny montażowej „pick&place”. Wymagane, przykładowe 10 minut na programowanie, to jednak zbyt dużo, by nie powodować spowolnienia produkcji. Rozwiązania „on-line” są więc ograniczone tylko do pewnych typów układów o niedużej pojemności pamięci. Urządzenia

te, chociaż dziś mogą być wystarczające, to jutro dla wchodzących do produkcji nowych typów programowanych układów mogą okazać się wąskim gardłem linii technologicznej. Ich możliwość adaptacji i rozbudowy jest bowiem bardzo ograniczona. Dlatego sugerujemy zastosowanie rozwiązań „off-line”.

Kluczem jest szybkość i dlatego renomowani producenci programatorów wprowadzają kolejne generacje coraz szybszych urządzeń. W kontekście pamięci NAND Flash technologia FlashStream firmy BPM Microsystems bije wszystkich na głowę. W ręcznych czterogniazdowych programatorach BPM2800F (i oczywiście w automatach) stosuje się specjalizowany koprocesor *FlashStream Vector Engine*, który przyspiesza czas programowania w porównaniu z klasycznymi metodami programowania o rząd wielkości. Biorąc pod uwagę przedstawione szacunkowe obliczenia jednoznacznie widać, że przy masowym programowaniu NAND Flash'y dopiero ultraszybkie programatory są w stanie rozwiązać problem.

Poza szybkością istotnymi czynnikami, które należy wziąć pod uwagę przy doborze produkcyjnych urządzeń technologicznych są:

- Jakość i niezawodność urządzenia ze szczególnym uwzględnieniem trwałości podstawek.



Fotografia 2. Autonomiczny programator BeeHive208 firmy Eltec

- Wsparcie techniczne ze strony producenta i dostępność lokalnego serwisu.
- Czas reakcji na uszkodzenie maszyny lub błąd algorytmu.
- Strategia, procedury i koszty dopisywania algorytmów programowania dla nowych układów.

Trzeba też zdać sobie sprawę, że automat programujący może być wąskim gardłem procesu produkcji, ponieważ często pracuje on na rzecz kilku linii produkcyjnych. Przestój w wyniku awarii może zatrzymać całą fabrykę! Dlatego też nie mogą to być urządzenia najtańsze, pochodzące od niezna-

REKLAMA



www.wg.com.pl

Programatory warte swojej ceny



- **Uniwersalne i dedykowane** (>60 tys. układów)
- **Jedno i wielopodstawkowe**
- **Szybkość i najwyższa jakość**
- **Programowanie w podstawce i „isp”**
- **Renomowana marka EU (20 lat na rynku)**
- **Uaktualnienia gratis**
- **Długi „support” starych modeli**

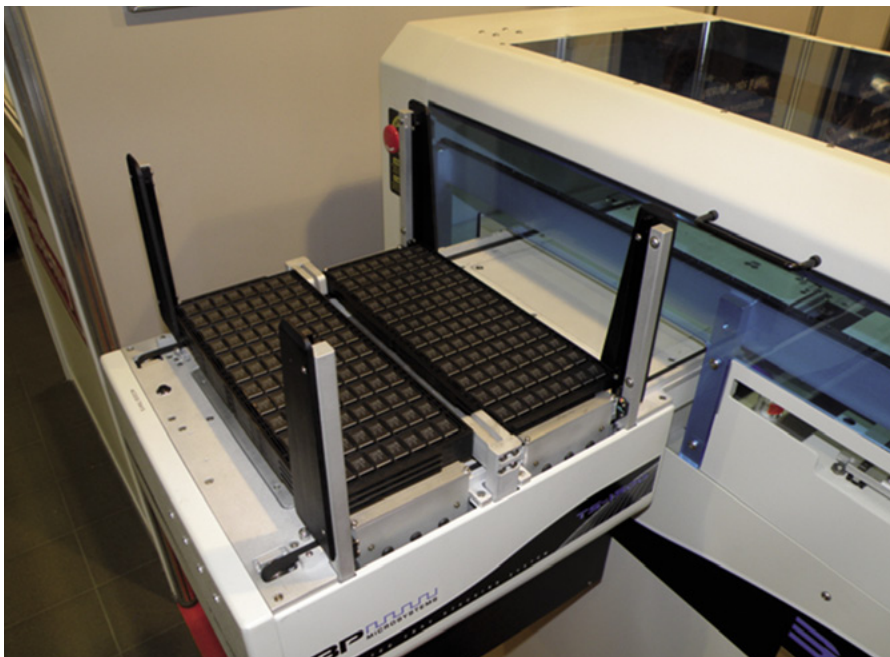
nych wytwórców. Dla celów produkcyjnych należy brać pod uwagę tylko renomowanych producentów urządzeń. Tylko tacy są w stałym kontakcie z producentami półprzewodników i mają dostęp do specyfikacji nowych algorytmów programowania. Statystyki mówią, że ponad 80% układów ma modyfikowane parametry programowania w okresie swojego „życia” i należy zakładać, że będą niezbędne aktualizacje algorytmów ich programowania.

Czym więc jest automat programujący? Po pierwsze, to sterowany komputerowo manipulator „pick&place” z dodatkowym oprzyrządowaniem zapewniającym pobieranie układów z opakowań, umieszczanie ich w podstawkach, ich pobieranie po zaprogramowaniu z podstawek i umieszczanie w opakowaniach. Po drugie, to kilka jedno- lub wielogniazdowych programatorów zwanych „site’ami” sterowanych z komputera nadrzędnego. Opcjonalne oprzyrządowanie dodatkowe (fotografie 3, 4) obejmuje:

- automatyczne podajniki układów z tub, tacek i taśm,
- automatyczne urządzenia etykietujące lub laserowo oznaczające zaprogramowane układy,
- automatyczne pakowarki układów w tuby, tacki i taśmy.

Praca wszystkich tych podzespołów jest zsynchronizowana i sterowana z poziomu komputera nadrzędnego. Oprogramowanie programatora jest więc kolejnym czynnikiem decydującym o wygodzie użytkownika urządzenia. Oprócz sterowania powinno ono zapewnić też istotne w produkcji statystyki, raporty z wykonanych operacji i diagnostykę.

Przykładem kompletnego rozwiązania z „górną półki” jest automatyczna stacja



Fotografia 3. Automatyczny podajnik tacek współpracujący z automatem BPM3000

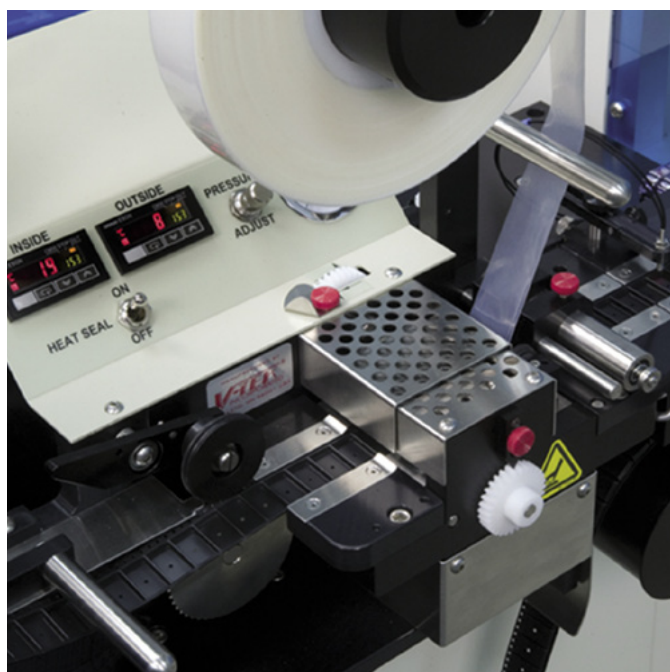
programująca BPM4800 (fotografia 5) firmy BPM Microsystems. Obsługuje ona mikrokontrolery i pamięci implementując dla tych ostatnich technologię FlashStream. Maszyna jest modułowa umożliwia rozbudowę do maksimum jedenastu czteropodstawkowych site’ów. Dostępne są dowolne konfiguracje akcesoriów wejściowych i wyjściowych (tuby, tacki, taśmy) i oznaczanie układów laserem.

W firmie BPM Microsystem dostępne są różne co do wielkości i maksymalnej ilości site’ów automaty. Są produkowane w wariantach uniwersalnych lub szybkich, dedykowanych do programowania pamięci Flash. Najpopularniejszym w Pol-

sce jest rekomendowany do pamięci Flash BPM3000FS.

Najmniejszym automatem nabiurkowym jest dwusite’owy HELIX (fotografia 6). HELIX obsługuje tylko układy podawane z tub lub tacek.

Oferta automatów jest na tyle duża, że każdorazowo dobór automatu do potrzeb produkcyjnych wymaga obliczeń szacunkowych czasów programowania, analizy typów i liczby programowanych układów w perspektywie przyszłych potrzeb. Bardzo pomocny jest w tym zakresie konsultant – doświadczony, lokalny dystrybutor, który może we współpracy z klientem takich oszacowań dokonać.



Fotografia 4. Automatyczna pakowarka układów w taśmy firmy V-TEK we współpracy z programatorem



Fotografia 5. Automat programujący 8 generacji firmy BPM Microsystems



Rysunek 6. Automat HELIX – widok podajników układów z tub, głowicy „pick & place” oraz 2 site’ów

W układzie wraz z testowaniem

Na podstawie powyższego, ogólnego opisu automatów łatwo się domyśleć, że nie są one rozwiązaniem dla produkcji mała, a nawet średnioseryjnej. Potwierdzają to ich ceny, które rozpoczynają się od około 90 tys. USD. Tak więc w najtrudniejszej sytuacji są firmy mające produkcję średniej wielkości, za dużą do ręcznego programowania i za małą, aby pokryć koszt zakupu i w pełni wykorzystać możliwości automatu. Mogą oczywiście zlecić programowanie na zewnątrz w tzw. „programming house” lub szukać zautomatyzowanego rozwiązania programowania w systemie docelowym już po zmontowaniu pakietu. W najprostszej wersji ten drugi wariant może być realizowany przez mikrokontroler. W tym rozwiązaniu



Rysunek 7. Programator ISP firmy Algorcraft

krótki, nieskomplikowany program, wpisany wcześniej do pamięci mikrokontrolera wczytuje dane z zewnątrz np. przez interfejs szeregowy i następnie zapisuje pamięć Flash. Są to jednak rozwiązania dedykowane do konkretnej aplikacji. Sposobem uniwersalnym jest natomiast wprowadzenie standardowych linii sygnałowych przeznaczonych do programowania pamięci Flash na specjalne złącze ISP na pakiecie i sprzęgnięcie przez to złącze pakietu z komputerem za pośrednictwem przystosowanego do tego celu standardowego programatora np. firmy Eltec lub innego specjalizowanego modułu zwanego programatorem ISP. Trzeba przy tym zdawać sobie sprawę, że programowanie ISP zawsze wymaga dostosowania pakietu do takiej operacji na etapie projektowania tzn. zapewnienia odpowiedniego interfejsu i złącza oraz takiego zaprojektowania układu, aby po włączeniu zasilania nie było konfliktów elektrycznych na liniach sygnałowych w trakcie programowania.

Przykładem programatora ISP jest WriteNow firmy Algorcraft (fotografia 7). W najbogatszej konfiguracji jedno urządzenie pozwala na programowanie w 8 kanałach tj. 8 płytek jednocześnie. Współpracuje z komputerem nadrzędnym poprzez interfejs RS232, USB lub LAN. Może

też pracować jako urządzenie wolnostojące. Niewątpliwą zaletą programowania ISP i rozwiązania Algorcraft jest możliwość integracji procesów programowania i testowania, a tym samym współpracy programatora ISP z automatycznymi testerami. Dzięki otwartemu interfejsowi programowemu API WriteNow jest przygotowany do programowej integracji z systemami testującymi, a taką adaptację może wykonać sam użytkownik dzięki nieskomplikowanemu protokołowi komunikacyjnemu.

Do programowania w systemie docelowym można też dojść od drugiej strony tzn. od strony testowania.

W tym miejscu nie sposób nie wspomnieć o technologii „Boundary-Scan”, w której za pośrednictwem popularnego złącza JTAG można nie tylko testować zmontowane pakiety, lecz również programować pamięci Flash. Partner firmy WG Electronics *JTAG Technology* oferuje kompletne rozwiązania do testowania i programowania w układzie docelowym tj. kontrolery „Boundary-Scan” i kompletne oprogramowanie do obsługi. Warto też wspomnieć, że interfejs JTAG może być wykorzystywany do programowania niedużych ilości mikrokontrolerów z użyciem adapterów USB-JTAG wykorzystywanych do uruchamiania oprogramowania lub w specjalizowanych własnych rozwiązaniach.

Co, gdzie i kiedy?

Szukając rozwiązania problemu programowania produkcyjnego należy przede wszystkim przeprowadzić analizę swoich potrzeb i w tym celu wziąć pod uwagę:

- typy programowanych układów,
- czasy programowania układów,
- przewidywane liczby układów do zaprogramowania,
- perspektywy produkcyjne na przyszłość.

Szacunkowe obliczenia pozwalają ocenić, ile czasu trzeba poświęcić miesięcznie na programowanie, ile gniazd jest potrzebne i na ile zmian trzeba pracować. Praktycznie, jeśli tylko potrafimy obsłużyć proces pojedynczymi programatorami wielogniazdowymi to zastosowanie automatów jest ekonomicznie nieuzasadnione. O ich zakupie należy myśleć wtedy, gdy produkcja roczna wynosi co najmniej kilkaset tysięcy sztuk. Poniżej, należy szukać możliwości zautomatyzowania procesu w rozwiązaniach ISP i integracji z procesem testowania.

Myślę, że jesteśmy w stanie w tym temacie pomóc. Zapraszamy do korzystania z naszych konsultacji.

Tadeusz Górnicki
WG Electronics Sp. z o.o.