

Jerzy SZRETER
Instytut Elektroniki
Politechniki Śląskiej

UNIWERSALNY PROGRAMATOR UKŁADÓW PLD

Streszczenie. W artykule przedstawiono podstawowe informacje dotyczące sposobów programowania układów logiki programowalnej (PLD) oraz koncepcję budowy uniwersalnego programatora układów PLD.

Universal PLD programmer

Summary. In this article basic information about programming of programmable logic devices (PLD) and an idea of construction of a universal PLD programmer are presented.

Универсальный программатор ПЛС

Резюме. Статья представляет главные информации о программировании программируемых логических схем (ПЛС) а также идею конструкции универсального программатора ПЛС.

1. WSTĘP

W ostatnich latach można zaobserwować dynamiczny wzrost wykorzystania układów logiki programowalnej (ang. Programmable Logic Devices - PLD) w konstrukcji urządzeń cyfrowych. Dzieje się tak dlatego, że projektowanie i realizacja układów cyfrowych na bazie układów PLD charakteryzuje się całym szeregiem niezaprzeczalnych zalet ([4],[5],[6],[10]). Jedną z tych zalet jest niewątpliwie fakt, że cały projekt może zostać opracowany, przetestowany i zrealizowany w bardzo krótkim czasie za pomocą komputera osobistego wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie i programator układów PLD.

Proces projektowania urządzenia cyfrowego realizowanego za pomocą układów PLD można podzielić na trzy zasadnicze fazy:

- opis projektu,
- kompilacja i symulacja projektu,
- programowanie i testowanie układów PLD.

Pierwsza faza - opis projektu - wykonywana jest przez projektanta i polega na szczegółowym opisanu projektowanego urządzenia. Forma tego opisu może być bardzo różna i zależy od wykorzystywanego oprogramowania - np. równania logiczne, siatka Karnaugha, tablica prawdy,

graf stanów, schemat ideowy, przebiegi czasowe, opis w specjalnym języku (zwykle dopuszczalne jest stosowanie opisu mieszanego - poszczególne fragmenty układu można opisywać różnymi metodami). Należy zwrócić uwagę, że projektowany układ może być opisywany na wysokim, abstrakcyjnym poziomie (opis działania układu, a nie jego struktury).

Druga faza realizowana jest w całości przez specjalizowane oprogramowanie wspomagające projektowanie, które wykonuje syntezę logiczną, minimalizację logiczną, symulację działania układu oraz generuje mapę połączeń dla konkretnego układu PLD. Oprogramowanie wspomagające projektowanie może także realizować cały szereg dodatkowych funkcji, z których najważniejszymi są dekompozycja (automatyczny podział projektu na kilka układów PLD, gdy jest on zbyt duży, by zmieścić się w jednym) i automatyczny wybór układu PLD odpowiedniego do realizacji opracowanego projektu (zgodnie z narzuconymi kryteriami). Oferta programów wspomagających projektowanie układów cyfrowych opierając się na strukturach PLD jest obecnie bardzo bogata i zróżnicowana - dostępne są zarówno systemy uniwersalne o bardzo dużych możliwościach (np. ABEL, CUPL, IC-Logic), jak i szereg prostszych programów firmowych związanych z układami określonego producenta (np. AMAZE, SNAP, SLICE firmy Signetics, PALASM 4 firmy AMD, OPAL firmy National Semiconductor, PLD-Shell firmy Intel).

Trzecia faza polega na zaprogramowaniu układu (układów) PLD, tak by otrzymać układy scalone realizujące określone przez projektanta funkcje. Do realizacji tej fazy niezbędny jest programator układów PLD - specjalizowane urządzenie, za pomocą którego wytwarza się odpowiednią sieć połączeń wewnętrznych układu PLD. Po zaprogramowaniu można za pomocą programatora przetestować działanie układu.

Jak wynika z przedstawionego powyżej opisu, projektowanie i konstrukcja urządzeń cyfrowych z wykorzystaniem układów PLD są możliwe, jeżeli dysponuje się dwoma zasadniczymi narzędziami: specjalizowanym oprogramowaniem wspomagającym projektowanie i programatorem układów PLD. O ile jednak oferta dostępnego na rynku oprogramowania, jak wcześniej wspomniano, jest dosyć bogata i zróżnicowana (zarówno pod względem oferowanych możliwości, jak i kosztów), o tyle wybór dostępnych na rynku programatorów jest stosunkowo niewielki, a ich ceny bardzo wysokie. Dlatego celowe wydaje się podjęcie pracy nad konstrukcją takiego urządzenia. W artykule przedstawiono zasadnicze problemy związane z konstrukcją uniwersalnego programatora układów PLD.

2. PROGRAMOWANIE UKŁADÓW PLD

Zasadniczą cechą różniącą programowalne układy logiczne od standardowych cyfrowych układów scalonych jest możliwość ingerencji w wewnętrzną strukturę układu. Istnieje wiele różnorodnych struktur układów PLD ([1],[2],[3],[6],[7],[8],[11]), których wspólną cechą jest to, że stan znacznej części połączeń wewnętrznych układu może być zmieniany przez użytkownika. Proces ustawiania odpowiedniej konfiguracji połączeń wewnętrznych jest nazywany programowaniem układu. Stan wszystkich połączeń nowego układu PLD jest jednakowy (w zależności od technologii wszystkie mogą być zwarte lub rozwarte) i układ nie realizuje wtedy żadnej

określonej funkcji. Dopiero po zaprogramowaniu układ działa w określony sposób, zależny od zaprojektowanej konfiguracji połączeń.

Produkowane obecnie programowalne układy logiczne można podzielić na dwie zasadnicze grupy: układy jednokrotnie programowalne oraz układy reprogramowalne. Bardzo często ten sam typ układu produkowany jest w obydwu wersjach. Pierwszymi układami PLD były układy jednokrotnie programowalne, które obecnie nazywane są układami IFL (ang. Integrated Fuse Logic). W układach tych programowalne połączenia mają najczęściej jedną z dwóch postaci: przepalanych bezpieczników lub połączeń dwudiodowych.

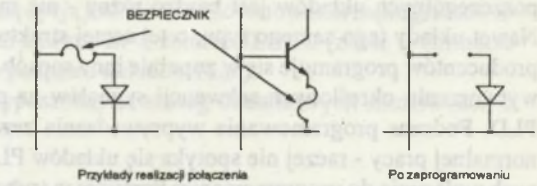
Przykładową strukturę połączenia z przepalonym bezpiecznikiem przedstawia rys. 1. Przed zaprogramowaniem wszystkie połączenia są zwarte - proces programowania polega więc na

przerwaniu zbędnych połączeń. Bezpieczniki wykonywane są ze specjalnych stopów - najczęściej spotykane są niklo-chromowe (Ni-Cr) oraz tytanowo-wolframowe (Ti-W), tak by przy odpowiednio dużym prądzie ulegały przepaleniu. Prąd ten musi być wielokrotnie większy od normalnych prądów płynących przez połączenie w czasie pracy układu - dlatego impuls programujący ma napięcie znacznie większe od standardowych napięć pracy.

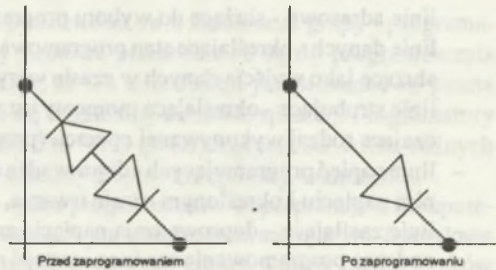
Drugim spotykanym typem połączeń przepalanych są połączenia dwudiodowe pokazane na rys. 2 (struktura takiego połączenia na płycie krzemowej jest bardzo podobna do struktury tranzystora). Charakteryzują się one mniejszymi pojemnościami niż połączenia z bezpiecznikami, dzięki czemu układy z połączeniami dwudiodowymi są szybsze (np. seria PLHS firmy Signetics). Tego typu połączenia przed zaprogramowaniem są rozwarne - programowanie polega więc w tym przypadku na stworzeniu

połączeń w pożądaných punktach. Połączenie powstaje na skutek przebicia jednej z diod (tej spolaryzowanej zaporowo) impulsem o podwyższonym napięciu.

Inny typ połączeń jednokrotnie programowalnych to stosowane przez firmę ACTEL połączenia typu PLICE Antifuse (Programmable Low-Impedance Circuit Element). Połączenie tego typu składa się z dwóch warstw przewodzących (krzem polikrystaliczny oraz warstwa n+), które rozdzielone są cienką warstwą izolującą typu ONO (oxid-nitride-oxid, czyli tlenek krzemu - azotek krzemu - tlenek krzemu). Tego typu połączenie przed zaprogramowaniem stanowi przerwę. Programowanie polega na wytworzeniu połączenia pomiędzy warstwami przewodzącymi za pomocą impulsu o podwyższonym napięciu, który powoduje przebicie



Rys. 1. Połączenie z przepalonym bezpiecznikiem
Fig. 1. Connection with lateral fuse



Rys. 2. Połączenie dwudiodowe
Fig. 2. Connection with vertical fuse

warstwy izolującej. Zaletami tego typu połączeń są: mała powierzchnia zajmowana na płycie krzemowej, niewielka rezystancja połączenia po zaprogramowaniu.

Układy reprogramowalne pozwalają na wielokrotne programowanie tego samego układu. W zależności od sposobu kasowania można wyróżnić dwa rodzaje układów reprogramowalnych: kasowane promieniami ultrafioletowymi (UV-Erasable PLD) oraz kasowane elektrycznie (EEPLD). W układach tych przepalane bezpieczniki zastąpiono tranzystorami MOS ze swobodną bramką polikrzemową (FAMOS) - takimi samymi jak w komórkach pamięci EPROM lub EEPROM. Programowanie układu polega w tym wypadku na wprowadzeniu ładunku do swobodnej bramki tranzystora - impuls programujący o podwyższonym napięciu powoduje przebicie w obszarze pomiędzy bramkami i przepływ ładunku do bramki swobodnej.

Programowanie układu PLD polega więc - w zależności od technologii jego wykonania - na wytworzeniu potrzebnych albo przerwaniu zbędnych połączeń. Sposób programowania poszczególnych układów jest bardzo różny - nie ma w tym względzie żadnych standardów. Nawet układy tego samego typu, o tej samej strukturze logicznej, ale pochodzące od różnych producentów programuje się w zupełnie inny sposób. Zawsze jednak programowanie polega na wytworzeniu określonych sekwencji sygnałów na poszczególnych wyprowadzeniach układu PLD. Podczas programowania wyprowadzenia zewnętrzne pełnią inne funkcje niż podczas normalnej pracy - raczej nie spotyka się układów PLD o specjalnych wyprowadzeniach służących wyłącznie do programowania. Przejście w tryb programowania polega zwykle na podaniu podwyższonego napięcia na określone wyprowadzenie układu.

Niezależnie od typu układu zawsze podczas programowania występują grupy wyprowadzeń o następujących funkcjach:

- linie adresowe - służące do wyboru programowanych w danym momencie połączeń,
- linie danych - określające stan programowanych połączeń w czasie programowania oraz służące jako wyjścia danych w czasie weryfikacji,
- linie strobuujące - określające momenty ustalenia danych na pozostałych liniach, wyznaczające rodzaj wykonywanej operacji (programowanie, weryfikacja) itp.,
- linie napięć programujących - doprowadza się na nie impulsy programujące o odpowiednim napięciu i określonym czasie trwania,
- linie zasilające - doprowadzają napięcie zasilania do układu (często napięcie zasilania podczas programowania ma inną wartość niż standardowe napięcie pracy układu).

Procedury programowania poszczególnych serii układów PLD są bardzo różne. Można jednak zauważyć, że programowanie układów zbliżonych do siebie technologicznie wykazuje pewne podobieństwa. Dotyczą one przede wszystkim zakresu napięć programujących oraz rzędu wielkości parametrów czasowych. Szczegółowe informacje dotyczące programowania układów PLD są niechętnie ujawniane przez producentów i rzadko pojawiają się w katalogach firmowych. (Informacje o sposobie programowania niektórych rodzin układów można znaleźć w [1],[2],[3],[8],[11]). Analiza dostępnych procedur programowania układów PLD pozwala określić zakres spotykanych napięć programujących (10 + 25V) oraz wartości parametrów czasowych przebiegów programujących (od setek nanosekund do dziesiątek milisekund).

3. PROGRAMATORY UKŁADÓW PLD

Podstawowe funkcje realizowane przez programator są następujące:

- programowanie układu,
- weryfikacja poprawności programowania,
- odczyt stanu połączeń zaprogramowanego układu,
- programowanie połączenia zabezpieczającego przed odczytem,
- kasowanie układu reprogramowalnego (EEPROM),
- sprawdzenie, czy układ jest skasowany.

Ponadto dodatkową, ale bardzo użyteczną opcją jest możliwość testowania zaprogramowanego układu za pomocą wektorów testowych zawartych w zbiorze JEDEC (zbiór w formacie JEDEC jest standardowym opisem struktury połączeń układów PLD).

Oprócz tego programator może być wyposażony w szereg dodatkowych możliwości, z których dwie najważniejsze to:

- programowanie pamięci (PROM, EPROM, EEPROM), które nie wymaga specjalnych nakładów sprzętowych, a jedynie dodatkowego oprogramowania sterującego (inne standardy zbiorów wejściowych),
- testowanie standardowych układów cyfrowych.

Spotykane na rynku programatory można podzielić na dwie zasadnicze grupy - programatory firmowe oraz uniwersalne. Programatory firmowe przeznaczone są do programowania układów tylko jednego producenta, co powoduje, że ich konstrukcja jest stosunkowo prosta (zwykle układy danego producenta programuje się w zbliżony do siebie sposób). Programatory uniwersalne pozwalają na programowanie układów PLD pochodzących od wielu różnych producentów. Ceną uniwersalności jest jednak znaczny stopień komplikacji urządzenia.

Zdecydowana większość spotykanych na rynku programatorów współpracuje z komputerem PC, który jest dla nich źródłem danych i podstawowym urządzeniem sterującym. Spotykane są również (bardzo rzadko) urządzenia autonomiczne wyposażone we własny napęd dysków elastycznych (służący do odczytywania danych o strukturze połączeń programowanego układu - zbiór JEDEC) oraz panel sterujący. Takie rozwiązanie powoduje jednak dalsze zwiększenie - i tak już wysokiego - kosztu programatora.

4. KONCEPCJA UNIWERSALNEGO PROGRAMATORA UKŁADÓW PLD

Podstawowym założeniem, jakie należy przyjąć przy projektowaniu programatora układów PLD, jest uniwersalność i elastyczność konstrukcji. Najważniejszą cechą programatora uniwersalnego jest możliwość programowania wielu rodzin układów PLD pochodzących od różnych

producentów. Dlatego pierwszoplanowym założeniem jest opracowanie takiej konstrukcji, która pozwoli na programowanie wszystkich układów, których procedury programowania są aktualnie znane oraz - z dużym prawdopodobieństwem - tych, których procedury programowania zostaną poznane w przyszłości. Aby było to możliwe, należy przyjąć następujące założenia podstawowe:

- opracowanie konstrukcji programatora w sposób, który pozwoli na rozbudowę urządzenia o możliwość programowania nowych układów wyłącznie na drodze programowej (przez dopisanie nowej biblioteki), bez ingerencji we wnętrze programatora;
- modułowość konstrukcji programatora pozwalająca na ewentualne modyfikacje urządzenia przez dodanie lub wymianę modułu. Jest to istotne, ponieważ przedstawione dalej założenia dotyczące szczegółów konstrukcyjnych powstały na podstawie analizy dostępnych procedur programowania stosunkowo niewielkiej grupy układów. Istnieje zatem możliwość, że pewna seria układów będzie wymagała parametrów (np. czasowych), których wykonany moduł nie będzie mógł zapewnić;
- opracowanie konstrukcji otwartej, tj. umożliwiającej rozbudowę programatora bez konieczności ingerencji w istniejący sprzęt (a więc wyposażenie go w odpowiednie złącza, pozostawienie pewnych rezerw w przestrzeni adresowej itp.).

Ponadto można przyjąć następujące założenia dodatkowe:

- programowanie pamięci (PROM, EPROM i EEPROM) oraz wewnętrznych pamięci EPROM mikrokomputerów jednoukładowych (np. 8748, 8751). Zwiększy to uniwersalność i funkcjonalność urządzenia, a nie wymaga dodatkowych nakładów sprzętowych (jedynie dodatkowego oprogramowania);
- możliwość testowania układów PLD za pomocą dołączonych do zbioru JEDEC wektorów testowych. Jest to użyteczna opcja pozwalająca na sprawdzenie poprawności działania zaprogramowanego układu, dostępna w większości profesjonalnych programatorów.

Po sformułowaniu podstawowych założeń projektowych można dokonać wyboru koncepcji urządzenia. W przypadku uniwersalnego programatora układów PLD są dwa podstawowe problemy mające zasadniczy wpływ na koncepcję układu:

- sposób połączenia z komputerem osobistym,
- sposób połączenia z programowanym układem.

5. WSPÓŁPRACA PROGRAMATORA Z KOMPUTEREM

Programator musi współpracować z urządzeniem, które dostarczy mu danych niezbędnych do programowania układu (zbiór w standardzie JEDEC). W przypadku zdecydowanej większości współczesnych programatorów jest to komputer osobisty. Najczęściej oprogramowanie mikrokomputera służy do sterowania wszystkimi funkcjami programatora, który pozbawiony

jest wszelkich elementów sterujących (posiada jedynie wyłącznik zasilania i kilka diod LED). Takie rozwiązanie ma następujące zalety:

- zapewnia wygodę użytkownikowi, który steruje wszystkimi funkcjami za pomocą klawiatury,
- upraszcza układ programatora, który nie musi posiadać panelu sterującego ani zajmować się jego obsługą,
- pozwala na uproszczenie obsługi i przekazywanie większej liczby informacji (jest to rozwiązanie bardziej "przyjazne" dla użytkownika).

Istnieją również programatory całkowicie autonomiczne, wyposażone w napęd dysków elastycznych, wyświetlacz alfanumeryczny LCD i rozbudowany panel sterujący. Takie rozwiązanie jest jednak bardzo kosztowne, a korzyści, które z niego płyną, wydają się być raczej niewielkie - w praktyce nie jest możliwa rezygnacja z komputera, który jest niezbędny do opracowania projektu struktury połączeń układu PLD. Dlatego wydaje się, że zdecydowanie lepsze jest pierwsze z przedstawionych rozwiązań.

Drugim istotnym problemem dotyczącym współpracy programatora z komputerem jest sposób połączenia tych urządzeń ze sobą. W tej dziedzinie spotykane są dwa zasadnicze rozwiązania, z których każde ma swoje zalety i wady.

Pierwsza możliwość to podłączenie programatora do standardowych portów zewnętrznych komputera osobistego: szeregowego (RS-232C) lub równoległego (Centronics). Niewątpliwymi zaletami takiego rozwiązania są:

- niezależnienie od typu komputera (wymagane jest jedynie oprogramowanie sterujące dostosowane do danego typu komputera),
- możliwość bezproblemowego przełączania programatora pomiędzy różnymi komputerami,
- brak ingerencji we wnętrze komputera (ma to szereg zalet, z których najważniejszą jest znaczne zmniejszenie prawdopodobieństwa uszkodzenia jednego urządzenia przez drugie w przypadku awarii któregoś z nich),
- praca programatora wyłącznie w czasie programowania układów (jeżeli część układu programatora jest ulokowana na karcie wewnątrz komputera, to pracuje ona zawsze, gdy włączony jest komputer).

Podłączenie przez standardowe złącza ma również wady:

- wolniejsza transmisja danych pomiędzy programatorem a komputerem (szczególnie w przypadku wykorzystania złącza szeregowego),
- konieczność wyposażenia programatora w odpowiedni interfejs.

Drugim spotykanym rozwiązaniem jest wykonanie pewnej części (lub nawet całości) układu programatora w postaci karty umieszczanej wewnątrz komputera osobistego. Zalety takiego rozwiązania są następujące:

- możliwość szybkiej wymiany danych z programatorem przy wykorzystaniu własnego złącza karty (dzięki bezpośredniemu dostępowi do magistral komputera transmisja może być szybsza niż przy wykorzystaniu portów we/wy),

- możliwość pewnego uproszczenia konstrukcji programatora. Można np. wykorzystać mikroprocesor komputera do sterowania układami programatora zamiast wyposażać go we własny procesor, zasiląć programator z zasilacza komputera (wiąże się to z koniecznością budowy przetwornic napięcia o odpowiedniej wydajności prądowej).

Umieszczenie części układów programatora na karcie wewnątrz komputera ma również swoje wady:

- ściśle wiąże programator z określonym typem komputera,
- powoduje, że przełączenie programatora do innego komputera jest kłopotliwe i może być czasochłonne (wymaga rozbierania komputera),
- następuje ingerencja w układ komputera, co ma szereg wad (zasadniczą jest znaczne zwiększenie prawdopodobieństwa uszkodzenia jednego urządzenia przez drugie),
- część programatora umieszczona wewnątrz komputera pracuje przez cały czas, gdy włączony jest komputer,
- mogą wystąpić problemy z odprowadzaniem ciepła z układów mocy (np. przetwornic napięcia) umieszczonych wewnątrz komputera.

W produkowanych obecnie programatorach spotykane są obydwa rozwiązania. Drugie z przedstawionych rozwiązań jest niewątpliwie tańsze, ale wydaje się, że więcej zalet ma pierwsze. Ponadto zasadnicza wada pierwszego rozwiązania - wolniejsza transmisja - nie jest tak istotna przy blokach danych, które są wymieniane przez programator z komputerem (zwykle ich długość jest rzędu kilku kilobajtów). Transmisję można przyspieszyć wykorzystując złącze równoległe. Dlatego zdecydowano się na opracowanie programatora jako całkowicie osobnego urządzenia, połączonego z komputerem przez standardowe złącza. Jako podstawowe przyjęto złącze szeregowo RS-232C (zwykle komputer osobisty wyposażony jest co najmniej w dwa takie złącza), natomiast moduł do komunikacji równoległej przewidziano jako opcjonalny.

6. POŁĄCZENIE PROGRAMATORA Z UKŁADEM PLD

Analizując procedury programowania różnych układów PLD, można stwierdzić, że programator musi dysponować następującymi liniami:

- wyjściami cyfrowymi o poziomie TTL,
- wejściami cyfrowymi o poziomie TTL,
- wejściami/wyjściami cyfrowymi o poziomie TTL,
- wyjściami o wysokim poziomie napięcia (VPP),
- wejściami o zarówno TTL-owskim, jak i wysokim poziomie napięcia,
- wejściami cyfrowymi/wyjściami o zarówno TTL-owskim, jak i wysokim poziomie napięcia.

Poszczególne serie układów wymagają różnej liczby linii określonego rodzaju, przyłączonych do odpowiednich wyprowadzeń. Topografia wyprowadzeń podczas programowania poszczególnych serii układów PLD jest bardzo różna, pojawia się więc problem połączenia odpowiednich linii programatora z wyprowadzeniami układu PLD.

Spotykane są dwa rozwiązania tego problemu. Pierwsze polega na tym, że programator wyposaża się w odpowiednią liczbę linii każdego rodzaju. Właściwe połączenie określonych linii z wyprowadzeniami programowanego układu realizuje się stosując tzw. adaptery dla poszczególnych serii układów PLD. Taki adapter stanowi najczęściej podstawka pod układ scalony, którą wkłada się albo w specjalne złącze, albo w zasadniczą podstawkę w programatorze. Pomiędzy podstawką a wtykiem wykonane są odpowiednie połączenia zapewniające prawidłowe podłączenie układu do programatora. W katalogach układów PLD można znaleźć symbole odpowiednich adapterów dla najpopularniejszych programatorów, których trzeba użyć do programowania danej serii układów.

Drugim rozwiązaniem jest taka konstrukcja programatora, by każda linia spełniała wszystkie wymagane funkcje, a więc mogła pracować jako wejście cyfrowe, wyjście o poziomie TTL lub wyjście o wysokim poziomie napięcia. Wtedy programator wyposażony jest tylko w jedną podstawkę uniwersalną dla wszystkich układów. Naturalnie takie rozwiązanie jest trudniejsze do realizacji, ale znacznie wygodniejsze dla użytkownika.

Podsumowując - zasadniczą zaletą pierwszego z opisanych rozwiązań jest uproszczenie układu programatora (ściślej stopni wyjściowych), wadą jest konieczność stosowania wielu adapterów dla różnych układów, co jest kłopotliwe i niewygodne (łatwo o pomyłkę, która najczęściej kończy się zniszczeniem układu). Drugie rozwiązanie jest trudniejsze w realizacji (bardziej skomplikowane układy wyjściowe programatora), ale ma wiele zalet:

- nie wymaga stosowania żadnych dodatkowych urządzeń zewnętrznych podłączanych do programatora,
- jest wygodne dla użytkownika,
- znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo błędnego podłączenia układu,
- pozwala na rozbudowanie programatora o możliwość programowania nowych rodzin układów PLD przez proste dołączenie biblioteki do programu sterującego (nie trzeba wykonywać adaptera).

Wydaje się, że zalety wyposażenia programatora w wielofunkcyjne linie wejścia/wyjścia są na tyle duże, że warto sięgnąć do tego rozwiązania. Pomimo że jest to rozwiązanie bardziej skomplikowane układowo, jego koszt niekoniecznie musi być wyższy. Wynika to z faktu, że każdy adapter musi być wyposażony w zamykaną podstawkę pod układ scalony, której cena jest stosunkowo wysoka. Zatem koszt kilku - kilkunastu adapterów może przewyższyć cenę dodatkowych elementów użytych w urządzeniu z liniami wielofunkcyjnymi. Dodatkową zaletą programatora z liniami wielofunkcyjnymi - zwłaszcza jeżeli jego konstrukcja jest modułowa - jest to, że konstrukcja wszystkich linii jest identyczna. Dlatego w projektowanym urządzeniu zdecydowano się przyjąć takie rozwiązanie.

Z połączeniem programatora z układem wiąże się też kwestia wyboru podstawki pod programowany układ. Jest to szczególnie istotne w przypadku urządzenia o wielofunkcyjnych liniach wejścia/wyjścia, które powinno zawierać taką podstawkę (lub zestaw podstawek), który umożliwi programowanie wszystkich układów. Przede wszystkim zdecydowano się stan-

dardowo wyposażać programator jedynie w podstawkę dla obudów typu DIP, gdyż inne obudowy - zwłaszcza jeżeli chodzi o układy PLD - są raczej rzadko stosowane. Podstawkę innego typu (np. PLCC) będzie można podłączyć do specjalnego złącza.

Pozostaje jeszcze problem, czy stosować osobną podstawkę dla każdej obudowy (tj. DIP20, DIP24, DIP28 itd.), czy zastosować jedną podstawkę uniwersalną. W tym drugim przypadku należy odpowiednio sterować liniami zasilającymi, by w zależności od liczby wyprowadzeń obudowy odpowiednio podłączyć zasilanie. Zdecydowano się na zastosowanie jednej podstawki uniwersalnej - wydaje się, że takie rozwiązanie jest wygodniejsze dla użytkownika.

Ostatnią kwestią jest rozmiar podstawki, czyli liczba linii wejścia/wyjścia programatora. Do układów PLD najczęściej stosowane są obudowy o 20 lub 24 wyprowadzeniach (rzadziej 28 i więcej). Ponieważ jednym z założeń dodatkowych była możliwość programowania pamięci (PROM, EPROM, EEPROM), optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie podstawki o 40 wyprowadzeniach (konieczne np. do programowania wewnętrznej pamięci EPROM mikrokomputerów jednoukładowych 8748 lub 8751). Musi to być podstawka uniwersalna, umożliwiająca włożenie zarówno układów w wąskiej (DIP 300), jak i szerokiej (DIP 600) obudowie.

7. PODSUMOWANIE

Podsumowując przeprowadzone powyżej rozważania można przedstawić następującą koncepcję uniwersalnego programatora układów PLD:

- sterowanie wszystkimi funkcjami programatora przez komputer osobisty za pomocą odpowiedniego oprogramowania,
- programator jako urządzenie całkowicie samodzielne połączone z komputerem przez standardowe złącza,
- komunikacja komputera z programem odbywa się przez złącze szeregowe RS-232C; wykorzystanie złącza równoległego jest opcjonalne,
- wyposażenie programatora w uniwersalne linie wejścia/wyjścia i jedną uniwersalną podstawkę DIP40 dla programowanych układów,
- konstrukcja modułowa,
- możliwość rozbudowy urządzenia.

Uniwersalny programator układów PLD zgodny z przedstawioną w niniejszym artykule koncepcją został zbudowany, uruchomiony i przetestowany. Układ działa poprawnie i spełnia wszystkie założone funkcje, co świadczy o słuszności przyjętej koncepcji. Szczegółowe rozwiązania techniczne nie zostały przedstawione, gdyż ich prezentacja znacznie przekracza ramy niniejszego artykułu.

LITERATURA

- [1] AMD 20-Pin PAL Family, Advanced Micro Devices, Sunnyvale 1984.
- [2] BiCMOS/CMOS Data Book, Cypress Semiconductor, San Jose 1990.
- [3] ERASIC Multi-Level E2PLDs, EXEL Microelectronics, San Jose 1988.
- [4] Kania D., Szreter J.: Projektowanie urządzeń cyfrowych z wykorzystaniem układów PLD, Elektronizacja 11/1992.
- [5] Kania D., Szreter J.: Programowalne układy logiczne FPLA i FPLS, Elektronizacja 7/1992.
- [6] Majewski W., Łuba T., Jasiński K., Zbierchowski B. : Programowalne moduły logiczne w syntezie układów cyfrowych, WKiŁ, Warszawa 1992.
- [7] PAL Device Data Book Bipolar and CMOS, Advanced Micro Devices, Sunnyvale 1990.
- [8] PAL-Programmable Array Logic Handbook, Monolithic Memories, Santa Clara 1983.
- [9] PLD/FPGA Design Tools, Electronic Design 11/1991.
- [10] Programmable Logic - A Basic Guide for the Designer, DATA I/O Corporation, Redmond 1986.
- [11] Semi-custom Programmable Logic Devices (PLD), Philips-Signetics, Eindhoven 1986.

Wpłynęło do Redakcji w czerwcu 1994 r.

Abstract

This paper presents main problems connected with the construction of a universal PLD programmer. The first part contains a short description of the design process with PLD and main software and hardware tools. Then there are presented types of programmable connections and some information about programming PLD devices. The main part of the paper presents basic problems arising in the construction of a universal PLD programmer and their possible solutions. There are presented advantages and disadvantages of each solution. There are two main groups of problems discussed in this paper: a connection between the programmer and the computer and a connection between the programmer and the PLD device.