

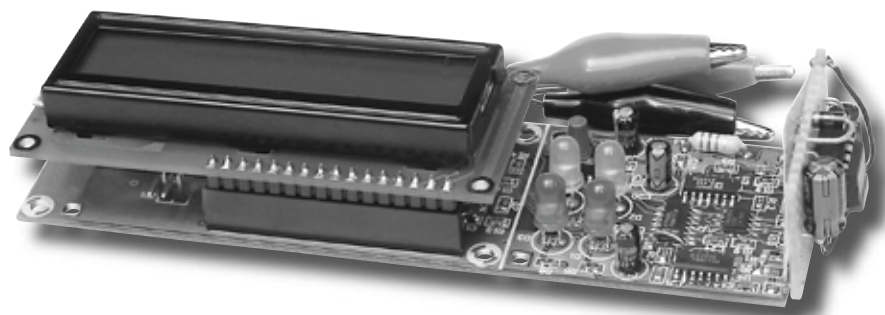
Szybki próbnik logiczny do układów LV

AVT-548

Pojawianie się nowych układów scalonych czasami wymaga stworzenia nowych narzędzi do ich testowania i uruchamiania. W przypadku układów cyfrowych takimi najtańszymi narzędziami są próbniki stanów logicznych. W artykule opisujemy próbnik stanów logicznych opracowany dla niskonapięciowych układów cyfrowych.

Rekomendacje:

nie ma chyba elektronika, który w swojej pracy nie stosuje układów cyfrowych. Dlatego opisany tu projekt zwróci uwagę każdego Czytelnika EP. Tym bardziej, że jest to pierwsza taka konstrukcja opisywana na naszych łamach.



Niskonapięciowe układy cyfrowe (LV – Low Voltage) powoli (a może właśnie szybko) przestają być nowinką i stają się chlebem powszednim techniki cyfrowej i mikroprocesorowej. Ich stosowanie ma wiele zalet, z których oszczędność energii jest chyba najważniejsza. Z oczywistych względów moc pobierana przez układy spada wraz ze spadkiem napięcia zasilającego. Ponadto komplementarne pary CMOS przy niskich napięciach zasilających przestają wykazywać wadę, polegającą na chwilowym przewodzeniu obu tranzystorów MOS w chwili przełączania. Sprawia to, że pobierana moc nie wzrasta wraz z częstotliwością pracy tak bardzo, jak w przypadku układów CMOS zasilanych „wysokimi” napięciami rzędu 5V. Dzięki tym faktom, zarówno statyczne jak i dynamiczne charakterystyki energetyczne układów LV stają się znacznie łagodniejsze niż ich 5-woltowych odpowiedników.

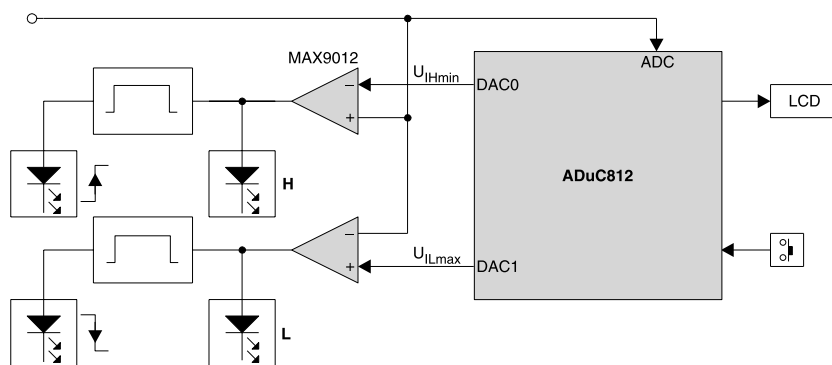
W najbliższych latach układy LV z pewnością zagospodzą na dobre także w warsztatach hobbystów. Naturalną potrzebą staje się budowa próbnika logicznego mogącego pracować z układami LV w całym zakresie stosowanych napięć zasilania, czyli ok. 1,6V..4V. Próbnik powinien w łatwy sposób dostrajać się do konkretnego napięcia zasilania badanych układów oraz być wystarczająco szybki, aby spełnić wszystkie (lub prawie wszystkie) wymagania szybkościowe jakie spotka w pra-

W najbliższych latach układy LV z pewnością zagospodzą na dobre także w warsztatach hobbystów. Naturalną potrzebą staje się budowa próbnika logicznego mogącego pracować z układami LV w całym zakresie stosowanych napięć zasilania, czyli ok. 1,6V..4V. Próbnik powinien w łatwy sposób dostrajać się do konkretnego napięcia zasilania badanych układów oraz być wystarczająco szybki, aby spełnić wszystkie (lub prawie wszystkie) wymagania szybkościowe jakie spotka w pra-



Tab. 1. Podstawowe parametry próbnika

Parametr	Wartość
Tryby pracy	CMOS LV TTL
Zakres napięć zasilania badanych układów	TTL: 5V CMOS LV: 1,6V..4,4V
Minimalna szerokość wykrywanego impulsu (szpilki)	<10 ns
Czas pomiędzy wykrywanymi szpilkami	dowolnie długi
Maksymalna częstotliwość wykrywanego przebiegu prostokątnego o wypełnieniu 50%	ok. 100 MHz
Napięcia graniczne poziomów logicznych w trybie CMOS LV	Dla napięć zasilania 1,6<Vcc<2,7V Stan niski: <0,35·Vcc Stan wysoki: >0,65·Vcc
Napięcia graniczne poziomów logicznych w trybie TTL	Dla napięć zasilania Vcc>2,7V Stan niski: <0,3·Vcc Stan wysoki: >0,7·Vcc
Sposób obsługi	Obsługa jednym przyciskiem Wskazania na diodach LED i wyświetlaczu LCD
Sposób wybierania napięcia pracy badanego układu cyfrowego	Próbkowanie - dotknięcie grotem do zasilania badanego układu i krótkie wciśnięcie przycisku
Zmiana trybu pracy	Długie wciśnięcie przycisku (ponad 1s)
Funkcje dodatkowe	Woltomierz napięcia stałego 0...5V o rozdzielczości pomiaru 0,1V



Rys. 1. Schemat blokowy próbnika

cowini przeciętnego elektronika hobbysty. Poniżej prezentuję opis próbnika, który potrafi pracować z przebiegami o częstotliwościach sięgających 100 MHz i napięciach zasilania układów LV z przedziału 1,6...4,4 V. Minimalna szerokość wykrywanego impulsu (szpilki) jest mniejsza niż 10 ns przy dowolnie długim okresie powtarzania. „Nastrojenie” próbnika na konkretne napięcie pracy odbywa się poprzez dotknięcie jego grotem do zasilania badanego układu i wciśnięcie przycisku. Ten sposób pracy pozwala na łatwe użytkowanie sondy także w bardziej skomplikowanych układach cyfrowych, gdzie często występuje kilka stref napięć zasilania. Typowy przykład – „rdzeń” urządzenia pracuje przy napięciu zasilania 3,3 V zaś porty wyjściowe zasilane są napięciem 5 V. Dodatkowo, oprócz pracy w trybie LV, próbnik umożliwia pracę z historycznymi poziomami logicznymi TTL. Wszystkie parametry urządzenia zestawione są w **tab.1**.

Opis układu

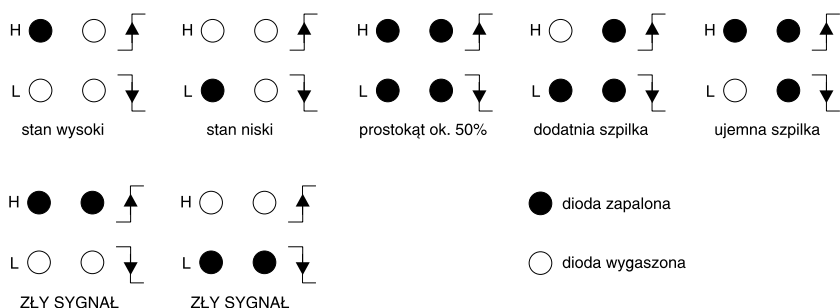
Aby zapewnić niezawodną pracę w szerokim zakresie napięć zasilania zdecydowałem, że do wykrywania stanów logicznych użyję znanego sposobu z komparatorami analogowymi. Po prostu – za stan niski uznawane będzie napięcie mniejsze od odpowiednio dobranego progu nazwanego U_{ILmax} (maksymalne napięcie jakie wejście współpracującego układu uzna jeszcze za stan niski), zaś za stan wysoki – napięcie większe od U_{IHmin} (minimalne napięcie jakie wejście współpracującego układu uzna jeszcze za stan wysoki). Oczywiście aby zapewnić dużą szybkość pracy sondy muszą to być odpowiednio szybkie komparatory. Poszukując takowych wybrałem układ MAX9012, zawierający dwa szybkie komparatory analogowe z wyjściami TTL. Deklarowany typo-

wy czas propagacji (z wejścia analogowego do wyjścia cyfrowego) wynosi dla tej kostki 5 ns. Do sygnalizacji stanów logicznych i zbczy użyłem standardowo diod LED. Wykrywanie zbczy sygnału zrealizowałem używając typowych układów cyfrowych serii ACT, które potrafią działać z impulsami o długości mniejszej od 5 ns. Aby zapewnić łatwość wytwarzania napięć progowych w obu trybach pracy oraz elastyczność konstrukcji, a także aby w prosty sposób zrealizować sterowanie sondą zastosowałem „analogowy” mikrokontroler ADuC812 firmy Analog Devices. Dzięki niemu cały blok odpowiedzialny za logikę, sterowanie przez użytkownika i wytwarzanie napięć progowych realizowany jest przy użyciu małej pojedynczej kostki. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest wręcz nieograniczona możliwość rozwijania próbnika od strony programowej (nowe tryby pracy itp.) przez czytelników.

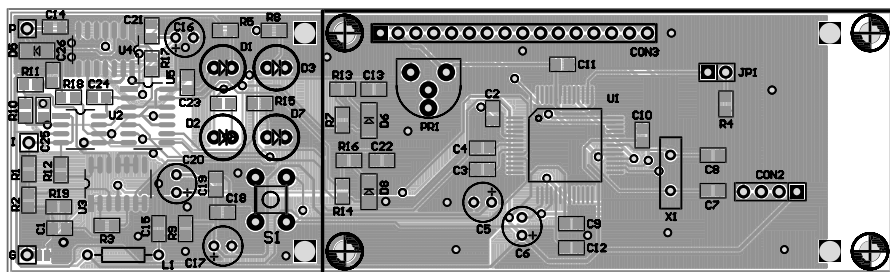
Projektując układ zdecydowałem, że sam próbnik zasilany będzie napięciem stabilizowanym 5 V. Wydawać się to może nieco paradoksalne, jednak ma to sens. Po pierwsze jak już wspominałem – w dość skomplikowanych układach, w których stosowane są układy niskonapięciowe zawsze gdzieś występuje napięcie 5 V – choćby w zasilaniu wyjściowych portów czy interfejsów. Po drugie – aby zasilac układ

niskim napięciem potrzebna jest jakakolwiek przetwornica DC/DC *step-up* potrafiąca przy napięciach wejściowych 1,5...5 V dostarczyć napięcia wyjściowego równego 5 V przy wydajności prądowej na poziomie 20 mA. Na rynku występuje bardzo wiele takich przetwornic produkowanych przez wielu wytwórców, a także gotowych modułów. W samej Elektronice Praktycznej zaprezentowano już nie jeden gotowy moduł przetwornicy, który doskonale nada się do zasilania próbnika (choćby np. w EP8/2004). Aby nie skazywać Czytelników na stosowanie określonej kostki gdy nadaje się ich wiele, celowo przyjąłem, że próbnik będzie zasilany z odrębnego (miniaturowego) modułu przetwornicy DC/DC. Dzięki temu każdy będzie mógł użyć takiego układu (lub gotowego modułu) jaki akurat ma pod ręką. Przykładowo - model zasilany jest przez układ podwyższającej przetwornicy indukcyjnej typu MAX856 zamontowany na małej płytce uniwersalnej połączonej z płytką próbnika za pomocą dwóch krótkich drutów. Po trzecie wreszcie – zasilanie napięciem 5 V pozwoliło wykonać próbnik z użyciem prostych układów przystosowanych do zasilania 5 V, bez konieczności sięgania po układy strictly niskonapięciowe.

Schemat blokowy próbnika pokazany jest na **rys.1**. Jak wspominałem głównym elementem całości są szybkie komparatory analogowe typu MAX9012, które porównują napięcie wejściowe z napięciami progowymi dla stanów wysokiego i niskiego – odpowiednio U_{IHmin} i U_{ILmax} . Komparatory te posiadają wyjścia TTL, dzięki czemu łatwo je sprzęgać z typowymi układami cyfrowymi. Ich wyjścia sterują diodami LED, które pokazują stany logiczne, oraz wejściami szybkich przerzutników monostabilnych. Przerzutniki reagują na narastające zbocza sygnałów na wyjściach



Rys. 2. Wskazania próbnika



Rys. 4. Schemat montażowy

komparatorów, a tym samym pokazują wzrost napięcia wejściowego powyżej U_{IHmin} (zbrocze narastające sygnału na wejściu próbnika) oraz jego spadek poniżej U_{ILmax} (zbrocze opadające). Zastosowanie odrębnych diod LED pokazujących zarówno zbrocze opadające jak i narastające przebiegu wejściowego (a nie jak w standardowych próbnikach jednej oznaczanej zwykle słowem PULSE) ma dwie zalety. Pierwsza to wskazywanie nieprawidłowych oscylacji w okolicach jednego z progów przełączania. Przykładowo, jeśli świeci się dioda oznaczona literą H oraz dioda wskazująca zbrocze narastające zaś pozostałe diody są wygaszone, to znaczy że na wejściu napięcie oscyluje wokół U_{IHmin} i nigdy nie spada do poziomu stanu niskiego – mamy więc w badanym układzie nieprawidłowy przebieg nie będący przebiegiem cyfrowym. Druga zaleta wynika ze sposobu ułożenia diod na płycie drukowanej próbnika. Są one ułożone tak, że – w przypadku krótkich impulsów szpilkowych – tworzą symboliczny rysunek występujących przebiegów, który łatwo pojmuje się intuicyjnie. Wszystkie możliwe wskazania próbnika wraz z ich opisem przedstawia **rys. 2**.

Napięcia graniczne poziomów logicznych wytwarzane są przez przetworniki cyfrowo-analogowe zaszyte w strukturze mikrokonwertera ADuC812 firmy Analog Devices. Zawiera on w sobie oprócz rdzenia '51 (ściślej '52 - dodatkowy Timer2) dwa przetworniki cyfrowo-analogowe i jeden analogowo-cyfrowy (8 kanałów) – wszystkie 12-bitowe. Jest on wręcz idealny do tego zastosowania, gdyż pozwala na łatwe zrealizowanie całej funkcjonalności logicznej urządzenia wraz z wybieraniem trybu pracy oraz odczytem napięcia zasilania badanego układu i wytworzeniem odpowiednich napięć progowych zgodnie z tab.1.

Mikrokontroler współpracuje z pojedynczym przyciskiem i wyświet-

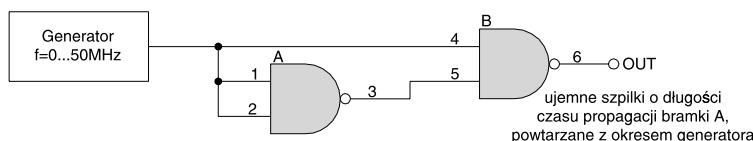
laczem alfanumerycznym LCD. Jego działanie jest proste. Napięcie z wejścia próbnika podawane jest stale na wewnętrzny przetwornik analogowo-cyfrowy. Krótkie wciśnięcie przycisku powoduje odczyt tego napięcia i wytworzenie odpowiadających mu napięć U_{IHmin} i U_{ILmax} (tab.1), a także wypisanie jego wartości na wyświetlaczu LCD. Napięcie wejściowe mierzone jest z rozdzielczością 0,1V, co jest zupełnie wystarczające w przypadku pomiaru napięć zasilania. Jak widać, duża rozdzielczość przetwornika (12 bitów) nie została tu w pełni wykorzystana.

Przytrzymanie przycisku na czas ponad ok. 1s powoduje zmianę trybu pracy próbnika – na przemian TTL lub CMOS LV, a co za tym idzie zmianę progów U_{IHmin} i U_{ILmax} . W trybie TTL progi te są stałe i wynoszą odpowiednio 2,0V i 0,8V. Niejako przy okazji realizowana jest też funkcja woltomierza napięcia stałego z zakresu 0...5V. Niezależnie od aktywności użytkownika mikrokontroler co każde 400ms odczytuje napięcie wejściowe i pokazuje je na wyświetlaczu LCD.

Schemat elektryczny znajduje się na **rys. 3**. Układ z pozoru wydaje się dość skomplikowany, jednak bliższe przyjrzenie się schematowi zdradza, że jest to w sumie prosta implementacja równie prostej idei pokazanej już na rys.1. Widać w nim wyraźnie wyodrębnioną część analogową (U2, U3) i cyfrową (U1, U4, U5). Masa próbnika także rozdzielona jest na część analogową i cyfrową, które na płycie drukowanej łączą się elektrycznie przy ujemnym biegunie zasilania. Dzięki temu w torze analogowym nie pojawiają się

krótkie „szpilki” będące wynikiem spadku napięcia na rezystancjach ścieżek masy cyfrowej w wyniku sporych prądów impulsowych, które płyną przez nie w krótkich chwilach przełączania części bloku cyfrowego. Analogowe zasilanie wytwarzane jest z zasilania części cyfrowej przez filtr, którego głównym elementem jest dławik L1.

Wejście sondy stanowi punkt I. Zgodnie z rys.1 napięcie wejściowe podawane jest na wejścia komparatorów zawartych w układzie U2 oraz – poprzez U3A i U3B – na wejście ADC0 przetwornika A/C mikrokonwertera U1. Wtórnik U3A i U3B separują wejście próbnika od reszty układu. Obecność rezystora R1 sprawia, że wejście sondy nie jest bezpośrednio obciążone pojemnością wejściową U3A. Dzięki temu nie ma ryzyka, że kilkunanosekundowe szpilki „utopia” się w tej pojemności. R2 zwiera wejście U3A do masy zmniejszając tym samym impedancję wejściową U3A do 1M i zapobiegając indukowaniu się przeróżnych zakłóceń. Stosunek podziału pasywnego dzielnika R1 R2 wynosi 100/101, co przy rozdzielczości pomiaru wynoszącej 0,1V w żaden sposób nie fałszuje wyniku. Układ U3 typu OP491 jest nowoczesnym wzmacniaczem operacyjnym typu *Rail-to-Rail* na wejściach i na wyjściach. Oznacza to, że może pracować z napięciami wejściowymi w pełnym zakresie od zera do napięcia zasilania. Taki sam jest zakres prawidłowych napięć wyjściowych. Zastosowanie takiego wzmacniacza było konieczne, ze względu na niskie pojedyncze napięcie zasilania (5V) oraz wymagany zakres napięć wejściowych w pełnej skali 0...5V. W układzie można zastosować dowolny inny wzmacniacz operacyjny o zbliżonych parametrach. Dzielnik R3 R19 potrzebny jest ze względu na fakt, że przetwornik A/C pracuje z wewnętrznym (wysokostabilnym) napięciem odniesienia równym 2,5 V, które odpowiada pełnej skali pomiarowej (wartość 4095). Dzielnik ten rozszerza za-



Rys. 5. Przykładowy układ testowy

kres napięć wejściowych przetworzonym do 5V. Kondensator C1 dodatkowo filtruje napięcie podawane na przetwornik.

Załóżmy, że układ znajduje się w trybie CMOS LV. Gdy użytkownik dotknie grotom próbnika do napięcia zasilania badanego układu i krótko wciśnie przycisk S1, procesor odczyta to napięcie i – zgodnie z tab.1 – wytworzy odpowiednie napięcia progowe dla stanów wysokiego i niskiego. Pojawiają się one na nóżkach DAC0 i DAC1 procesora. Jednocześnie informacja o wielkości napięcia zasilania trafi na wyświetlacz LCD. W przypadku, gdy próbnik ustawiony jest w tryb TTL napięcie zasilania ustalone jest na 5V, zaś progi na 0,8V i 2,0V. Kondensatory C25 i C26 filtrują napięcia progowe. Na płycie drukowanej znajdują się one w bezpośrednim sąsiedztwie U2. Dzięki nim, mimo znacznego oddalenia układu U2 od mikrokontrolera, napięcia progowe wolne są od wszelkich wahań. Dziwnie wygląda fragment układu z wtórnikiem U3C. Jego rola jest prosta – ma on na celu wstępnie spolaryzować wejścia komparatorów napięciem z zakresu zabronionego. Przy wartościach R10 i R11 jak na schemacie, napięcie to jest równe średniej arytmetycznej napięć progowych. Dzięki temu przy nie podłączonym grocie sondy nie świeci się żadna dioda.

Gdy napięcia progowe są już ustalone, można rozpocząć testowanie badanego układu. Występowanie na wejściu napięcia większego od U_{IHmin} (DAC0) powoduje, za pośrednictwem inwertera buforującego U4A, zapalenie diody LED D1. Oznacza to stan wysoki. W stanie niskim świeci się dioda D2.

Podanie na wejście przebiegu prostokątnego powoduje naprzemienne występowanie dodatnich impulsów na wyjściach obu komparatorów. Impulsy te, wyzwalaają przerzutniki monostabilne zbudowane nieco nietypowo z użyciem przerzutników D kostki U5 typu 74ACT74. Pojawienie się zbocza narastającego na wejściu CLK U5A powoduje wystawienie na wyjście Q stanu wysokiego i zapalenie diody D3. Jednocześnie na wyjściu Q pojawia się stan niski i C13 rozładowuje się poprzez R7. Po ok. 0,25s na wejściu zerującym pojawia się stan niski, co powoduje natychmiastowy powrót U5A do

stanu spoczynkowego. Po ok. 3ms wychodzi on ze stanu zerowania i może być wyzwolony przez kolejne zbocze narastające na wejściu CLK. Tak więc każde narastające zbocze przebiegu wejściowego powoduje zapalenie na czas ok. 0,25s diody D3. Analogicznie działa przerzutnik U5B z tym, że zapalana jest dioda D7 po wystąpieniu na wejściu próbnika zbocza opadającego.

Istnieje jeden powód zastosowania w układzie kostek serii ACT – jest nim ich szybkość. Minimalna długość impulsu zegarowego dla przerzutnika 74ACT74 zasilanego napięciem 5V wynosi w temperaturze pokojowej co najwyżej 5ns (zależnie od producenta). Parametry te są nieco lepsze niż parametry szybkościowe komparatorów układu MAX9012. Tak więc to właśnie komparatory ograniczają maksymalną szybkość pracy sondy. Jest ona jak na układy amatorskie wręcz imponująca. Próbnik potrafi pokazać przebieg prostokątny 50% o częstotliwości 100MHz oraz wykrywa szpilki o czasie trwania na poziomie 5...10ns.

Zakres napięć zasilania badanych układów ograniczony jest od góry jednym z wymagań jakie stawia przed konstruktorem nota katalogowa układu MAX9012. Mianowicie – aby komparator działał prawidłowo, na co najmniej jednym z jego wejść musi panować napięcie z zakresu 0...3,1V (przy zasilaniu 5V). Napięcie na wejściach pomiarowych może zmieniać się od 0 do 5V, tak więc konieczne jest, aby na wyjściach DAC0 i DAC1 stale panowało napięcie wynoszące co najwyżej 3,1V. Tak więc maksymalne napięcie pracy badanych układów wynosi dla trybu CMOS LV $3,1/0,7=4,4V$. Dolne ograniczenie – 1,6V – wybrane zostało arbitralnie. Może być ono (poprzez modyfikację programu) obniżone nawet poniżej 1V. W trybie TTL opisane wymaganie jest oczywiście spełnione automatycznie, gdyż U_{IHmin} wynosi 2V.

Programowanie mikrokontrolera ADuC812 w systemie

Mikrokontroler ADuC812 programowany jest w systemie przez łącze RS232 za pośrednictwem wewnętrznego układu UART. Podczas programowania komunikacją z PC i zapisem odebranych bajtów programu w pamięci FLASH zajmuje się wewnętrzny program ładujący, czyli bootloader. O tym, czy uruchomio-

ny zostanie bootloader czy program użytkownika decyduje stan wyprowadzenia PSEN (pin 41) w chwili włączenia napięcia zasilania. Jeśli wyprowadzenie to pozostaje nie podłączone, uruchamiany jest program użytkownika. Aby uruchomić bootloader i zaprogramować procesor należy zwrzeć je do masy przez rezystor 1k Ω , a następnie włączyć napięcie zasilające. W układzie próbnika odbywa się to za pośrednictwem zworki JP1. Złącze CON2 służy do podłączenia programatora. Może nim być dowolny układ interfejsu 5V<->RS232 PC, na przykład popularny MAX232 w swej podstawowej aplikacji. Zworka JP1 powinna być zwarta tylko na czas programowania. Podczas normalnej pracy pozostaje ona rozłączona.

Do programowania można wykorzystać specjalny program *Download.exe* dostarczany przez Analog Devices. Jest to program już nieco leciwy, napisany jeszcze pod DOS, ale doskonale spisuje się pod *commandlinem* w systemach NT. Uruchamiany jest z konsoli, poprzez podanie w wierszu poleceń kilku argumentów. Podstawowa składnia jest następująca: *download nazwa_pliku.hex /c:n /f:n.n /r*, gdzie */c:n* to numer portu, zaś */f:n.n* to częstotliwość kwarcu z jakim pracuje procesor wyrażona w megahercach. Na przykład dla portu COM1 i $f=4MHz$ wpisujemy: *download probnikLV.hex /c:1 /f:4 /r*. Oczywiście, jeśli plik **.hex* nie znajduje się w tym samym katalogu co program *download.exe* jako nazwę pliku podajemy ścieżkę dostępu do niego. Program ładujący wraz z kodem źródłowym i wynikowym oprogramowania próbnika można pobrać ze strony internetowej Elektroniki Praktycznej.

Obsługa próbnika

Sposób obsługi został już właściwie opisany, poniżej przedstawię jedynie krótkie podsumowanie.

Po włączeniu zasilania (przy rozwartej zworki JP1) próbnik uruchamia się w trybie TTL. Domyślnie przyjmuje zasilanie badanego układu równe 5V i wytwarza charakterystyczne TTL-owskie progi stanów logicznych. Jest on gotowy do badania układów zasilanych napięciem 5V.

Aby zmienić tryb pracy wciśkamy długo przycisk S1. Próbnik zmieni tryb na LV przyjmując wstępnie maksymalne napięcie zasilania badanych układów, czyli 4,4V.

Teraz dotykamy grotem do zasilania testowanego urządzenia i krótko wciskamy przycisk S1. Sonda odczyta napięcie zasilania i zapamięta je, wytwarzając zgodnie z tab.1 odpowiednie napięcia progowe. Układ jest gotowy do pracy.

Próba próbkowania napięcia spoza zakresu 1,6...4,4 V spowoduje nastroyenie się na najbliższy próbkowanemu napięciu kraniec tego przedziału. Podczas pracy na wyświetlaczu LCD stale obecne są informacje o trybie pracy, napięciu zasilania badanego układu oraz aktualna wartość napięcia na grocie próbnika (odświeżana co 400 ms).

Montaż i uruchomienie

Próbnik montujemy na dwustronnej płytce drukowanej. Schemat montażowy znajduje się na **rys. 4**. Niemal wszystkie użyte w układzie podzespoły to elementy SMD. Z ich przylutowaniem do płytki nie powinno być najmniejszych problemów. Wystarczy do tego zwyczajna lutownica, taka jak do elementów przewlekanych, cienka cyna (najlepiej 0,5 mm) i odrobina skupienia. Najwięcej problemów może sprawić przylutowanie mikrokontrolera U1 zamkniętego w obudowie PQFP52. Jest kilka wypróbowanych metod amatorskiego montażu takich elementów. Ja w układzie modelowym przylutowałem tą kostkę w sposób następujący. Przy użyciu małego pędzelka naniosłem na punkty lutownicze odrobinę kalafonii rozpuszczonej w etanolu (może być denaturat lub spirytus spożywczy). Przy nanoszeniu kalafonii proponuję zrezygnować z rozpuszczania bryłki tej substancji w niewielkiej ilości alkoholu. Zamiast tego należy postąpić podobnie jak robią to malarze malujący swe obrazy. Najpierw moczymy koniuszek pędzelka w spirytusie, a potem nabieramy na niego kalafonię (podobnie jakbyśmy nabierali farbę z palety).

Po naniesieniu kalafonii na punkty lutownicze należy odczekać kilkanaście minut aż alkohol odparuje. Następnie układamy na płytce mikrokontroler i pozycjonujemy go dokładnie w miejscu przeznaczenia. Aby podczas lutowania pozostawał stabilny, lutujemy do płytki cztery skrajne nóżki każdego z czterech rzędów wyprowadzeń. Właściwe lutowanie polega na zrobieniu swego rodzaju minifali za pomocą zwykłego grota lutownicy. W tym celu –

w obecności śladowych ilości cyny – przesuwamy grot wzdłuż rzędu wyprowadzeń dotykając nim miejsc, gdzie nóżki układu stykają się z punktami lutowniczymi. Niewielka ilość cyny oraz duża ilość topnika (zwiększenie współczynnika napięcia powierzchniowego płynnego lutowia) zapobiegają zwarciom. Nasączona topnikiem cyna ma tendencję do zbijania się w małe kulki i zwilża jedynie dane wyprowadzenie układu ze znajdującym się pod nim punktem lutowniczym. Wszelkie ewentualne zwarcia z łatwością usuniemy za pomocą specjalnej plecionki do rozlutowywania. Na koniec dokładnie oglądamy pod lupą efekt naszej pracy, badając czy nie pozostały jakiegokolwiek zwarcia. Opisana metoda jest prosta, skuteczna i przy niewielkiej wprawie daje bardzo dobre wyniki. Jedyną jej wadą jest pozostająca w okolicach przylutowanego układu spora ilość topnika.

W trakcie montażu należy pamiętać o połączeniu ze sobą mas cyfrowej i analogowej. Dokonuje się tego zwierając kropelkami cyny dwie charakterystyczne pary punktów znajdujące się po obu stronach płytki drukowanej przy minusie zasilania. Po przylutowaniu wszystkich elementów przeprowadzamy dokładną kontrolę poprawności montażu całej płytki. Jeśli wszystko jest w porządku, programujemy procesor tak jak to opisałem w części „Programowanie mikrokontrolera ADuC812 w systemie”

Prawidłowo zmontowany próbnik działa od razu poprawnie i nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych ani regulacji (oczywiście z wyjątkiem regulacji kontrastu wyświetlacza LCD). Na koniec musimy zdecydować, czy próbnik zasilany będzie napięciem 5 V czy też zastosujemy niewielką przetwornicę podwyższającą DC/DC. W tym drugim przypadku wystarczy nam jakakolwiek przetwornica podwyższająca 1,5...5 V/5 V. Ja użyłem kostki MAX856, idealnym wręcz rozwiązaniem wydaje się MAX631 (tylko 2 elementy zewnętrzne) lub np. MCP1252 firmy Microchip.

Testy szybkościowe układu przeprowadzić można dysponując odpowiednio szybkim generatorem impulsów. Powinien on umożliwiać wytwarzanie impulsów o czasie trwania na poziomie 5...10 ns i amplitudach z zakresu 1,5...5 V. Ponieważ w warsztatach amatorskich zwykle

nie znajdziemy takich urządzeń, proponuję do testów użyć prostego układu „różniczkowania cyfrowego”, jaki być może niektórzy czytelnicy mieli okazję poznawać w szkole. Przykładowy układ testowy pokazano na **rys. 5**. Wytwarza on impulsy ujemne o czasie trwania równym pojedynczemu czasowi propagacji bramki A. W celu generowania dłuższych impulsów można zamiast niej wstawić dowolną nieparzystą liczbę bramek. W ten sposób stosując np. trzy bramki wytworzymy szpilkę o czasie trwania równym trzem czasom propagacji. Konkretna długość generowanych impulsów zależy od rodziny z jakiej pochodzi zastosowany układ, napięcia zasilania, temperatury i producenta. Przy szacowaniu długości należy posłużyć się notą katalogową układu od danego producenta biorąc pod uwagę podane w niej wartości maksymalne czasów propagacji.

Arkadiusz Antoni

arkadiusz.antoniak@wp.pl

SPIS ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R3, R12, R13, R16, R19: 10 kΩ
R2, R7, R10, R11, R14: 1 MΩ
R4, R5, R6, R8, R15: 1 kΩ
R9: 1,5 Ω
R17, R18: 2,2 kΩ
PR1: 50 kΩ stojący

Kondensatory

C1, C12: 10 nF
C2...C4, C9...C11, C14, C18, C19, C21, C23, C24 : 100 nF
C5, C16, C17, C20: 10 μF/25 V
C6: 1 μF/16 V
C7, C8: 33 pF
C13, C22: 220 nF
C15: 330 nF
C25, C26: 100 pF

Półprzewodniki

U1: ADuC812
U2: MAX9012
U3: OP491 lub podobny
U4: 74ACT04
U5: 74ACT74
D1, D3: LED czerwona
D2, D7: LED zielona
D5: 5V6 zenera
D6, D8: 1N4148

Inne

X1: kwarc 4 MHz
L1: dławik 100 μH
S1: tact-switch
JP1, CON2, CON3: gólpiny kątowe