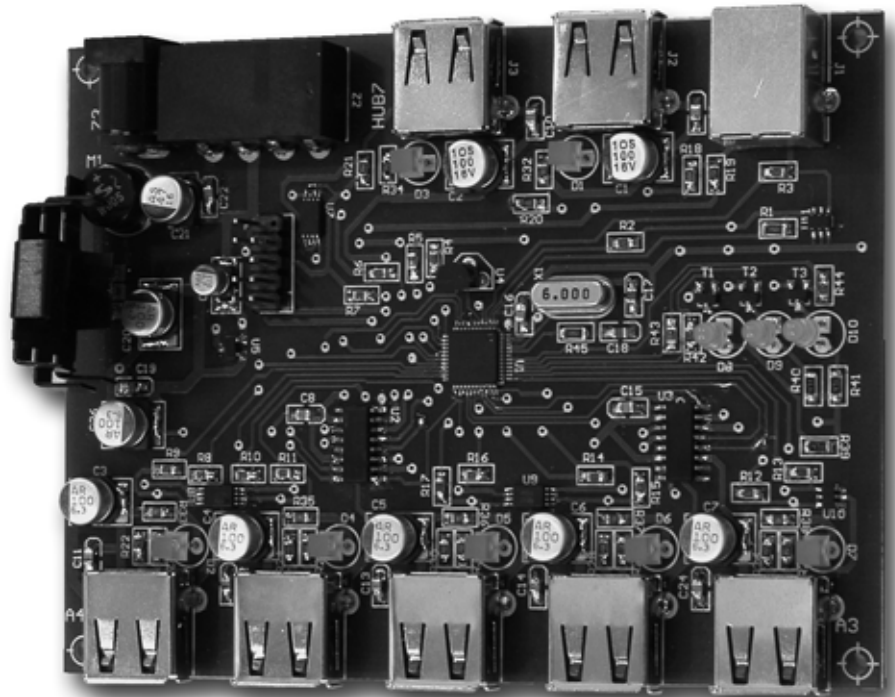


7-portowy hub USB

AVT-551

W starszych płytach liczba portów USB nie przekraczała dwóch. Większość współczesnych komputerów jest już wyposażona w kilka portów. Ponadto zauważa się znaczny przyrost liczby urządzeń przeznaczonych do podłączenia do portów USB. Z pewnością trend ten będzie utrzymany, gdyż dużą zaletą USB jest zastosowanie w tym interfejsie mechanizmu PnP oraz dość duża szybkość transmisji danych. W artykule przedstawiamy układ, za pomocą którego można łatwo zwiększyć liczbę dostępnych portów - hub USB.

Rekomendacje: hub opracowany z myślą o użytkownikach komputerów wyposażonych w niewielką liczbę portów USB oraz użytkowników komputerów korzystających z wielu urządzeń zewnętrznych.



Najprostszą możliwością zwiększenia liczby portów USB jest zastosowanie *huba*. Dostępne na rynku *huby* USB można podzielić na pasywne (zasilane z portu USB), które mogą mieć do 4 portów oraz aktywne (zasilane z zewnętrznego zasilacza), w których liczba portów może być większa od czterech. Aby sprostać problemowi braku portów USB, zbudowany został aktywny *hub* USB, udostępniający użytkownikowi 7 portów zgodnych z USB 1.1. Niewątpliwie dużą zaletą prezentowanego *huba* jest możliwość wbudowania go w miejsce napędu 5,25 cali. Jeżeli *hub* będzie zamontowany w komputerze, do jego zasilania jest wykorzystywany zasilacz komputerowy. Wybrane parametry *huba* przedstawione zostały w **tab. 1**.

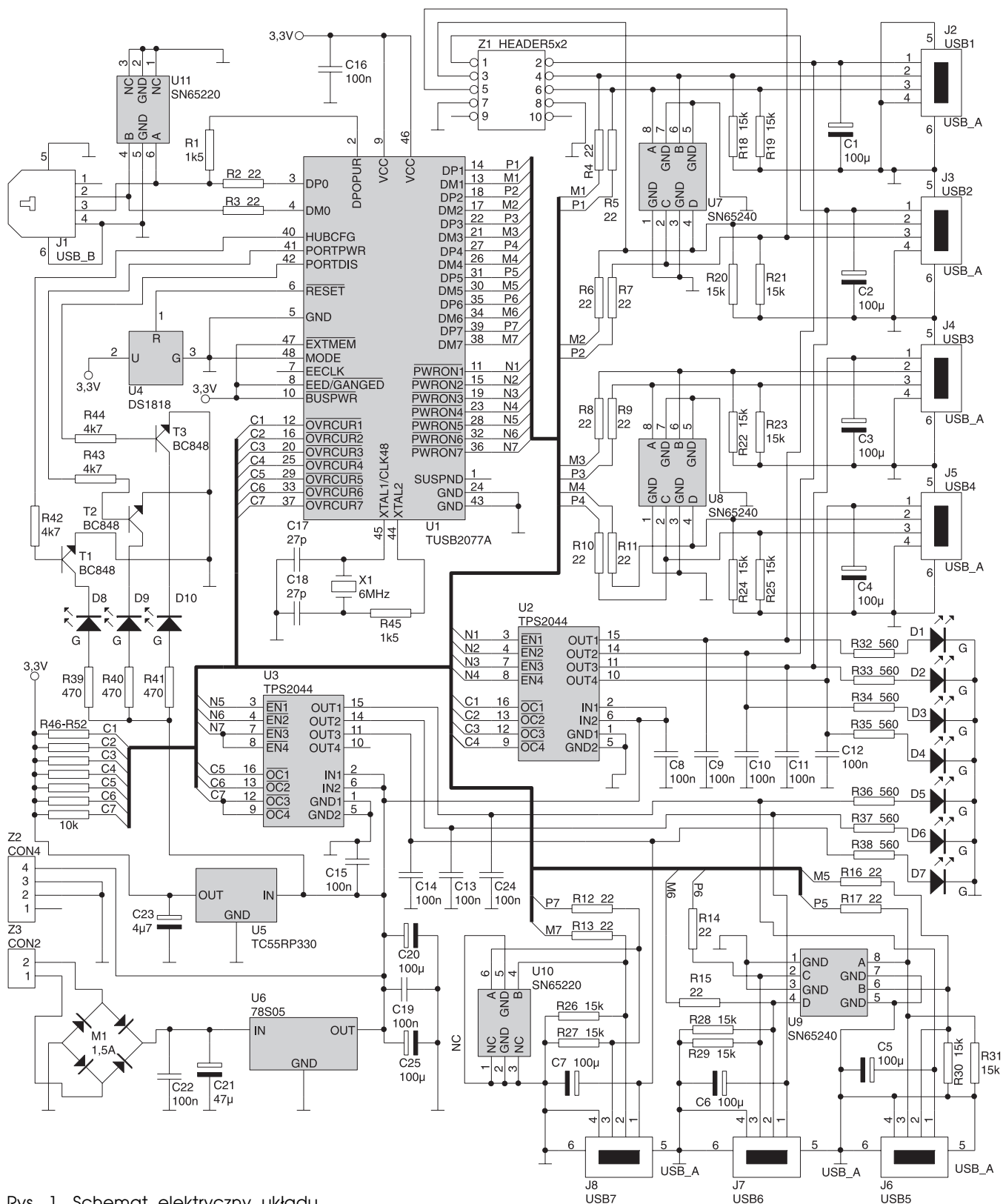
Opis działania układu

Schemat elektryczny układu pokazano na **rys. 1**. Jego „sercem” jest układ U1 firmy Texas Instruments. Budowę tego interesującego układu przedstawia schemat blokowy na **rys. 2**. W skład TUSB2077A wchodzi: jeden port

upstream do podłączenia *huba* z komputerem, siedem portów *downstream* służących do podłączenia dowolnych urządzeń USB, pętla PLL, jednostka zarządzająca zasilaniem portów, sterująca oraz inne bloki widoczne na schemacie blokowym. Budowa układu U1 umożliwia wybór źródła zasilania: *hub* może być zasilany z portu nadrzędnego lub dodatkowego zasilacza. Przy zasilaniu *huba* z portu USB nie dałoby się uzyskać więcej niż 4 portów, przy czym obciążalność każdego takiego portu wynosi maksymalnie 100 mA. Dla układu wybrano zasilanie zewnętrzne, dzięki czemu można było uzyskać siedem dodatkowych portów o wydajności prądowej do 500 mA na port. Wydajność prądowa portów będzie zależała z dużej mierze od wydajności prądowej zastosowanego zasilacza. Końcówka !EXTMEM informuje *hub* o dołączonej pamięci EEPROM, w której zawarte będą informacje dotyczące urządzenia. Do prawidłowego działania *huba* pamięć nie jest wymagana, dlatego końcówka !EXTMEM podłączona została do dodatniego na-

Tab. 1. Wybrane cechy huba USB opisanego w artykule

- X interfejs USB kompatybilny z USB 1.1,
- X 7 portów USB,
- X zasilanie z zewnętrznego lub komputerowego zasilacza,
- X wszystkie porty mogą pracować w trybach *full-speed* oraz *low-speed*,
- X automatyczne wykrywanie zwarcia obwodów zasilających portu,
- X możliwość pracy jako urządzenie wbudowane w miejsce napędu 5,25 cali lub jako oddzielne urządzenie,
- X zasilanie 10...16 VDC,
- X optyczna sygnalizacja na każdym z portów USB,
- X trzy diody informują o pracy *huba*,
- X brak potrzeby instalacji sterowników.

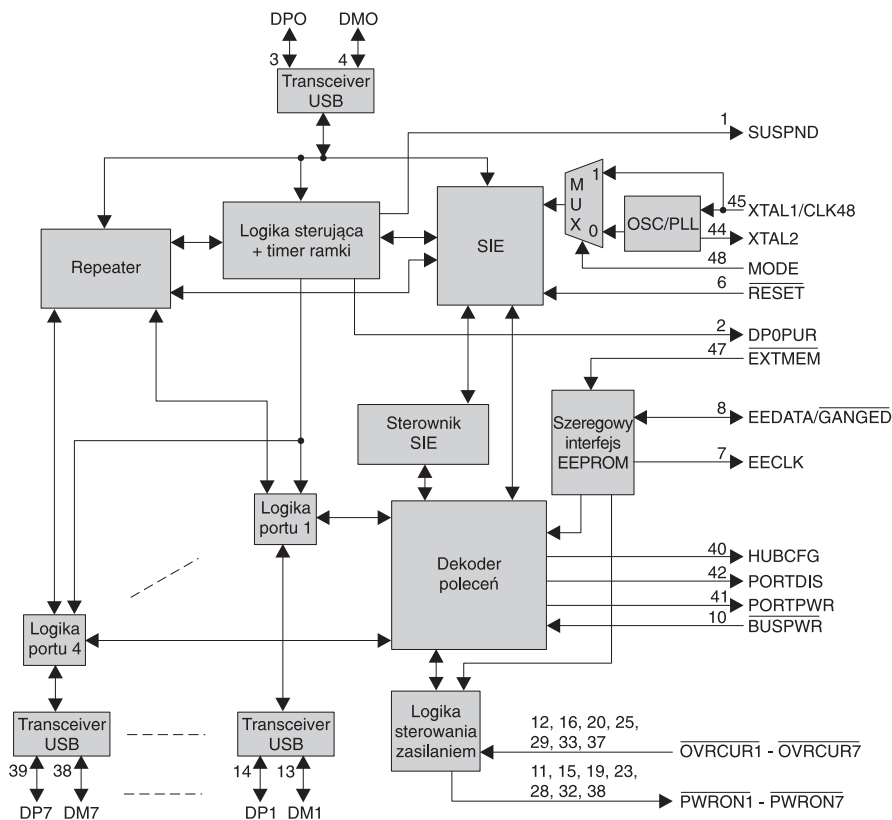


Rys. 1. Schemat elektryczny układu

pięcia. Końcówka EED\GANGED, gdy jest dołączony EEPROM, jest linią danych dla pamięci. Natomiast gdy brak jest tej pamięci, linia ta określa sposób zarządzania zasilaniem zwielokrotnionych portów USB. Przy poziomie niskim na tej końcówce *hub* będzie

sterował wspólnie zasilaniem wszystkich portów. W tym przypadku awaria (np. przeciążenie lub zwarcie) zasilania jednego portu będzie skutkowało wyłączeniem zasilania wszystkim portom. Przy poziomie wysokim na końcówce EED\GANGED, *hub* będzie

sterował indywidualnie zasilaniem każdego portu. Awaria zasilania jednego z portów nie będzie wpływać na zasilanie pozostałych portów. *Hub* będzie dalej działał poprawnie z portami, które nie mają awarii. W *hubie* wybrane zostało indywidualne sterowanie



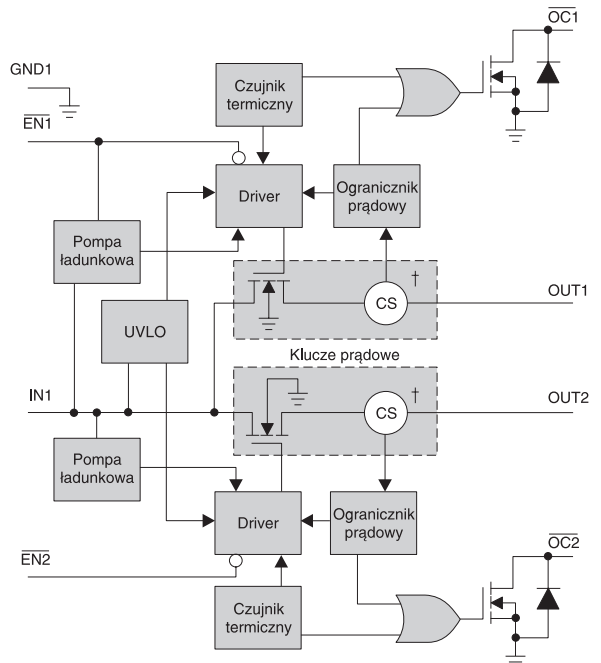
Rys. 2. Schemat blokowy układu TUSB2077A

zasilaniem każdego z portów. O zaletach takiego sterowania nie trzeba chyba przekonywać. Układ U1 jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości stabilizowanej rezonatorem kwarcowym X1, jego częstotliwość jest powielana do 48 MHz. Powielacz częstotliwości jest uaktywniany poziomem niskim na wejściu MODE. Wyjścia układu sterujące tranzystorami T1...T3 sygnalizują, poprzez diody D8...D10, pracę *huba*. Rezystory R42...R44 ograniczają prąd baz tranzystorów, natomiast R39...R41 ograniczają prąd płynący przez diody LED. Poziom wysoki na wyjściu HUBCFG (załączona LED D8) wskazywać będzie, że *hub* został skonfigurowany. Dioda D9 sterowana sygnałem z wyjścia PORTPWR wskazuje swym świeceniem czy wszystkie porty są zasilane. Przy braku zasilania na jakimkolwiek z portów, dioda jest wygaszona. Sygnał z wyjścia PORTDIS sterujący diodą D10 zapali ją, gdy wszystkie porty są sprawne. Jeżeli którykolwiek port jest niesprawny, dioda D10 zostaje wyłączona. Układ U4 jest specjalistycznym układem zerującym dostosowanym do zasilania

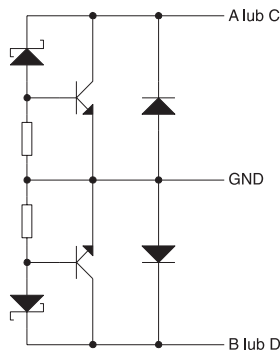
napięciem 3,3 V, z którego zasilany jest także układ U1. Wyjścia sterujące włączaniem zasilania w poszczególnych portach USB !PWRONx zostały dołączone do wejść !ENx układów U2 oraz U3. Układy U2, U3 są kluczami prądowymi (także produkcji TI). Układy te są poczwórnymi kluczami prądowymi, które zawierają dodatkowe zabezpieczenia przeciążeniowe oraz termiczne.

Na rys. 3. przedstawiono schemat blokowy dwóch z czterech kluczy zawartych w TPS2044. W kluczach prądowych U2 i U3, oprócz wspomnianych bloków zabezpieczeń, wyróżnić można blok sterowania tranzystorami wyjściowymi, pompy ładunkowe wytwarzające podwyższone napięcie, które jest przeznaczane do zasilania bramek tranzystorów wyjściowych, blok monitorujący napięcie wejściowe UVLO. Spadek napięcia

na wejściu poniżej 2 V powoduje wyłączenie danego klucza. Dzięki blokowi UVLO gwarantowana jest poprawna praca dołączonych do portów USB urządzeń. Napięcie wyjściowe załączane jest poprzez N-kanalowy MOSFET, którego rezystancja w stanie włączenia nie przekracza 135 mΩ. Elementy CS (*current sense*) są czujnikami prądowymi współpracującymi z ogranicznikami prądowymi. Każdy z czterech kluczy prądowych zawartych w TPS2044 może dostarczyć prąd o natężeniu do 500 mA. Przeciążenie danego klucza sygnalizowane jest poziomem niskim na wyjściach !OCx, które zostały dołączone do wejść !OVRCURx układu U1. Zaistnienie przeciążenia jest sygnalizowane układowi U1, dzięki czemu może wyłączyć przeciążony klucz. O przeciążeniu danego portu informowany jest także system operacyjny, co ma dla jego poprawnej pracy duże znaczenie. Ponieważ wyjścia !OCx są typu otwarty dren, potrzebne okazały się dodatkowe rezystory podciągające R46...R52. Wyprowadzenia wszystkich transceiverów DMx oraz DPx zostały poprzez rezystory dołączone bezpośrednio do złącz J1...J9. Dodatkowe rezystory (ograniczające prąd) zabezpieczają transceivery przed uszkodzeniami spowodowanymi przepięciami. Zabezpieczenie transceiverów *huba* ma duże znaczenie,



Rys. 3. Schemat blokowy dwóch z czterech kluczy zawartych w układzie TPS2044



Rys. 4. Schemat półprzewodnikowego ogranicznika napięcia

gdyż awaria choć jednego portu USB będzie wymagać wymiany kosztownego układu U1. Uszkodzenia transceiverów mogą być spowodowane przepięciami czy ładunkami statycznymi. Bardzo łatwo może dojść do uszkodzenia portu USB podczas podłączania urządzeń. Może okazać się, że same rezystory są niewystarczające do zabezpieczenia, zastosowane zostały dodatkowo ograniczniki napięcia U7...U11. Schemat takiego układu pokazano na rys. 4. Jeżeli napięcie wzrośnie powyżej napięcia przebicia diody Zenera włączany jest tranzystor, który zwiera linię do masy. W skład układów U7...U9 wchodzi cztery ograniczniki, natomiast U10 i U11 posiadają po dwa takie ograniczniki. Do linii zasilających porty USB dołączono diody LED poprzez rezystory ograniczające R32...R38. Diody te spełniają rolę wskaźników napięć na wyjściach portów. W przypadku zwarcia lub przeciążenia wiadomo, który port USB przestał działać. Wskutek dołączenia rezystora R1 dołączony do linii DP0 komputer jest informowany, że *hub* jest w stanie obsługiwać szybkie transmisje USB. *Hub* może być zasilany z zasilacza komputerowego poprzez złącze Z2 (5 V) lub z zasilacza zewnętrznego przez złącze Z3. Napięcie zasilacza zewnętrznego jest prostowane przez mostek M1 oraz stabilizowane przez U6. Napięcie 5 V służy głównie do zasilania portów wyjściowych. Stabilizator U5 ma napięcie wyjściowe 3,3 V, które jest niezbędne do zasilania układów U1 oraz U4. Dodatkowe złącze Z1 (dołączone bezpośrednio do złącz USB J2, J3) może służyć do

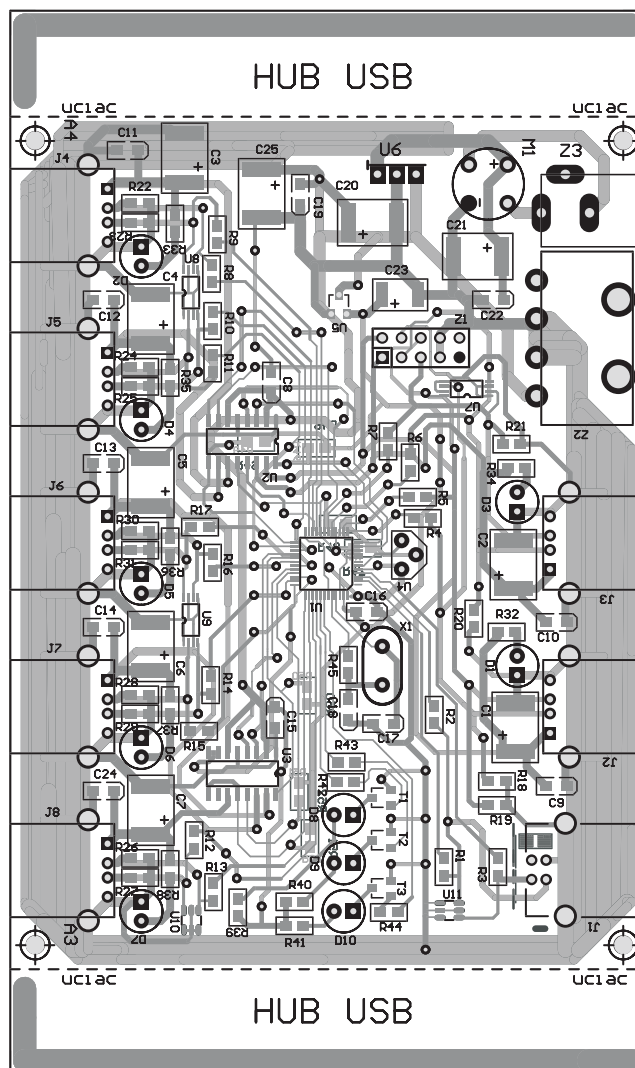
podłączenia "śledzia" z gniazdami portów USB w przypadku montażu *huba* w komputerze.

Montaż i uruchomienie

Urządzenie należy zmontować na płytce drukowanej, której schemat montażowy pokazano na rys. 5. Przed montażem elementów trzeba zdecydować, czy *hub* będzie pracował jako zewnętrzny czy wewnętrzny umieszczony w komputerze. Jeżeli będzie montowany w obudowie zewnętrznej, płytkę można przyciąć w oznaczonych miejscach. Montaż należy rozpocząć od wlotowania układów scalonych, przy czym największe kłopoty mogą być z wlotowaniem układu U1, który na bardzo mały rozstaw wyprowadzeń. Aby prawidłowo wlotować U1 proponuję sprawdzony sposób, który polega na wcześniejszym delikatnym ocynowaniu punktów

lutowniczych płytki, do których będzie lutowany układ. Następnie należy przykleić U1 zwracając uwagę na prawidłowe zorientowanie układu oraz dopasowanie nóżek do punktów lutowniczych. Oczyszczonym z cyny grotem lutownicy należy przysięgnąć kolejno końcówki układu do punktów lutowniczych. Z wlotowaniem pozostałych elementów SMD nie powinno być problemu, przy czym rezystory R46...R52 należy zamontować od strony „lutowania”. Montaż należy zakończyć wlotowaniem elementów przewlekanych.

Po zakończeniu montażu, należy sprawdzić czy nie powstały jakieś zwarcia, które mogą być później trudne do odszukania. Diody LED (jeżeli będą montowane) można wmontować tak, aby znajdowały się bezpośrednio nad złączami USB. Złącze Z1 najlepiej

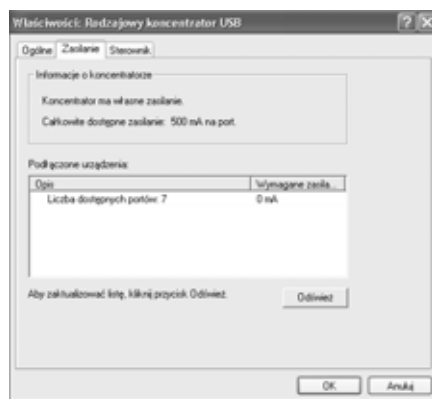


Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej



Rys. 6. Po dołączeniu huba do PC system operacyjny automatycznie wykrywa jego obecność jako *Rodzajowy koncentrator USB*

zamontować z wyjątkiem stykiem 9. Niektóre gniazda dostępnych śledzi mają zaślepiony otwór 9, aby zabezpieczyć przed odwrotnym włożeniem wtyku. Jeżeli *hub* będzie pracował jako zewnętrzny, nie należy montować złącza Z2. Ponieważ dołączone do *huba* urządzenia mogą pobierać znaczny prąd, potrzebne będzie wyposażenie stabilizatora U6 w niewielki radiator. Jeżeli *hub* będzie montowany wewnątrz obudowy komputera, to należy zamontować gniazdo Z2, natomiast nie należy montować elementów Z3, M1, C21, C22 oraz U6. Wtyk zasilacza komputerowego będzie dołączony bezpośrednio do gniazda Z2. Aby umożliwić montaż płytki w miejscu na napęd 5,25 cali, zaprojektowane zostały dodatkowe ścianki boczne, które powinny być przyłutowane do nieobciążonych boków płytki *huba*. Na CD-EP11/2003B przedstawiono wygląd płytek bocznych: lewej i prawej. Do płytek bocznych należy dodatkowo przykleić lub przyłutować nakrętki, dzięki czemu *hub* można przykręcić w obudowie komputera. Płytę czołową do *huba* można wykonać z zaślepki otworu 5,25 cali, wyjętej z obudowy. W zaślepce należy wykonać pięć prostokątnych otworów na gniazda USB oraz otwory na diody LED. Diody D8...D10 można doprowadzić do płyty czołowej kilkudziesięciometrowymi przewodami. Tak wykonaną płytę czołową należy przykleić do przyłutowanych



Rys. 7. Okno właściwości huba w systemie Windows

wcześniej bocznych ścianek. W przypadku montażu *huba* w komputerze dwa dodatkowe porty będą znajdować się wewnątrz obudowy komputera. Gniazda te można wyprowadzić na zewnątrz obudowy odpowiednim przewodem lub stosując złącza USB montowane na śledziu. Ponieważ dostępne w handlu śledzie USB są zakończone różnymi gniazdami, to przy podłączaniu do *huba* należy zadbać o prawidłowe położenie wtyku śledzia w złączu Z1. Styki 1, 3, 5, 7 złącza Z1 dotyczą gniazda J2, natomiast styki 2, 4, 6, 8 dotyczą gniazda J1.

Jeżeli *hub* będzie pracował jako zewnętrzny, potrzebny będzie zasilacz o odpowiedniej wydajności prądowej. Dobrym rozwiązaniem będzie zastosowanie zasilacza wtyczkowego o napięciu 12...16 VDC lub 8...12 VAC oraz wydajności prądowej nie mniejszej niż 1 A.

Po dołączeniu *huba* do komputera oraz dołączeniu zasilania, jest on wykrywany w systemie. System WIN-XP wykrywa go jako *Rodzajowy koncentrator USB* (rys. 6). W przypadku nieprawidłowej pracy *huba* należy sprawdzić jakość przyłutowania układu U1. Właściwości zainstalowanego *huba* (rys. 7) potwierdzają, że pracuje on w trybie z własnym zasilaniem, a maksymalna obciążalność prądowa wynosi 500 mA.

Po skonfigurowaniu *huba* przez system powinny zaświecić wszystkie diody dołączone do linii zasilających portów USB. Dołączając urządzenie z interfejsem USB kolejno do każdego z siedmiu portów można spraw-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R45: 1,5kΩ
R2...R17: 22Ω
R18...R31: 15kΩ
R32...R38: 560Ω
R39...R41: 470Ω
R42...R44: 4,7kΩ
R46...R52: 10kΩ

Kondensatory

C1...C7, C20, C25: 100µF/16V
C8...C16, C19, C22, C24: 100nF
C17, C18: 27pF
C21: 47µF/16V
C23: 4,7µF

Półprzewodniki

D1...D10: LED 3mm zielone
M1: mostek okrągły 1,5A
T1, T2, T3: BC848
U1: TUSB2077A
U2, U3: TPS2044
U3, U8: TLC272
U4: DS1818
U5: TC55RP330
U6: 78S05 TO-220 lub 78T05 TO-220
U7, U8, U9: SN65240
U10, U11: SN65220

Różne

X1: kwarc 6MHz (przewlekany)
Z1: goldpin 2x10
Z2(*): komputerowe złącze zasilające (męskie) lutowane do druku
Z3: złącze zasilające do druku
J1: gniazdo USB typu B
J2...J8: gniazdo USB typu A
Radiator

Elementów oznaczonych (*) nie należy montować w przypadku zasilania układu zewnętrznym zasilaczem.

Elementy U4, U6, X1 oraz złącza są elementami przeznaczonymi do montażu przewlekane.

dzić czy działają one prawidłowo. *Hub* nie musi być podłączany jedynie do USB 1.1. Próby wykazały, że pracuje on prawidłowo także wtedy, gdy jest dołączany do USB 2.0.

Marcin Wiązania, AVT
marcin.wiazania@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: pcb.ep.com.pl oraz na płycie CD-EP11/2003B w katalogu PCB.

Tab. 2. Układ wyprowadzeń złącza Z1

Pin	Sygnal	Pin	Sygnal
1	+5V	2	+5V
3	DM2	4	DM1
5	DP2	6	DP1
7	GND	8	GND
9	NC	10	NC