

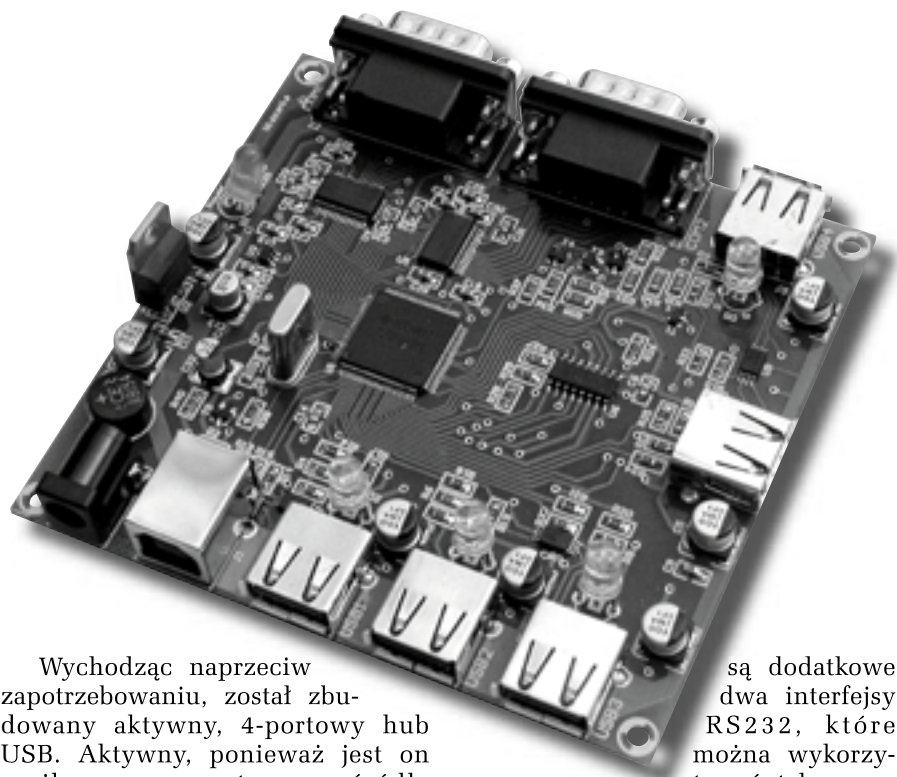
4-portowy hub USB z dwoma interfejsami RS232

AVT-589

Przez długie lata podstawowym interfejsem komunikacyjnym, stosowanym w komputerach i systemach mikroprocesorowych, był RS232C.

Lata jego świetności powoli się kończą – od pewnego czasu skutecznie wypiera go nowy, bardzo konkurencyjny interfejs USB. Rosnąca w szybkim tempie liczba urządzeń z interfejsem USB stwarza także popyt na huby USB, umożliwiające zwiększenie liczby dostępnych portów USB w komputerze.

Rekomendacje: hub powinien zainteresować wszystkich użytkowników komputerów PC, dla których zbyt mała liczba dostępnych portów USB staje się niewygodna w codziennej pracy.



Wychodząc naprzeciw zapotrzebowaniu, został zbudowany aktywny, 4-portowy hub USB. Aktywny, ponieważ jest on zasilany z zewnętrznego źródła napięcia, a nie z portu USB hosta. Proponowany hub USB jest zgodny ze starszym interfejsem USB 1.1, który charakteryzując się mniejszą prędkością w porównaniu z wersją 2.0, z powodzeniem może być wykorzystywany do komunikacji z klawiaturami, myszkami, itp. Nie będzie się natomiast nadawał do obsługi urządzeń wymagających dużych prędkości przesyłania danych, takich jak dyski lub skanery. Przedstawiony w niniejszym artykule hub USB ma dodatkowy, piąty port USB, który zasadniczo jest przeznaczony tylko do przyłączenia kolejnego, np. identycznego huba. Dzięki temu liczba dodatkowych portów USB rozszerza się do 8. Port ten jest pozbawiony układów odpowiedzialnych za nadzór doprowadzonego do niego napięcia zasilającego. Do tego portu można wprawdzie podłączyć urządzenie z interfejsem USB, ale w przypadku awarii może nastąpić uszkodzenie huba USB lub dołączonego do tego portu urządzenia. Niewątpliwie atrakcyjność prezentowanego huba USB podnio-

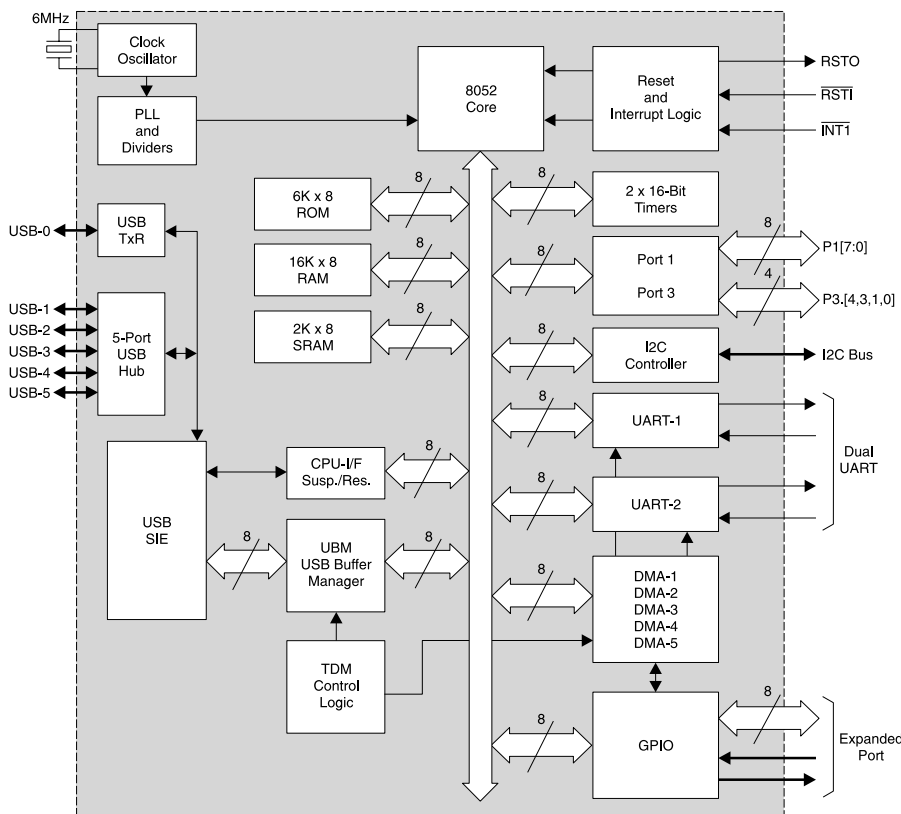
są dodatkowe dwa interfejsy RS232, które można wykorzystywać tak samo, jak porty COM1 i COM2, w jakie standardowo są wyposażone komputery. Dołączając przez dodatkowy, piąty port huba USB drugi podobny układ, zyskuje się nie tylko 8 portów USB, ale także 4 porty COM. Sterowaniem pracą całego huba zajmuje się kontroler TUSB5052 produkcji Texas Instruments. Wybrane parametry huba przedstawiono w tab. 1.

Kontroler TUSB5052

Hubem USB steruje kontroler TUSB5052, będący mostem między USB i podwójnymi układami UART (RS232). Kontroler ten zawiera niezbędną do komunikowania się z hostem (komputerem) logikę. Dodatkowo, kontroler ma wbudowany 5-portowy hub USB, w którym jeden dodatkowy port jest pozbawiony układów nadzoru napięcia i prądu zasilania. Port ten jest przeznaczony do przyłączenia szeregowo kolejnego aktywnego huba USB. Wbudowany w TUSB5052 mikrokontroler 8052 posiada 16 kB pamięci RAM, do której ładowany jest program ob-

Tab. 1. Wybrane parametry huba USB

- ✓ Interfejs USB kompatybilny z USB 1.1
- ✓ 4 porty USB o wydajności do 500 mA każdy
- ✓ Piąty, dodatkowy port USB do przyłączenia kolejnego aktywnego huba USB
- ✓ Zasilanie z zewnętrznego zasilacza wtyczkowego o napięciu wyjściowym 10..16 V
- ✓ Wszystkie porty mogą pracować w trybach Full-Speed oraz Low-Speed
- ✓ Dwa porty COM (RS232)
- ✓ Automagiczne wykrywanie zwarcia obwodów zasilających porty USB PORT1..PORT4
- ✓ Optyczna sygnalizacja stanu portu USB PORT1..PORT4
- ✓ Kontroler sterujący z wbudowanym rdzeniem mikrokontrolera 8052
- ✓ Ładowanie programu sterującego kontrolerem poprzez interfejs USB
- ✓ Poprawna praca z Windows 98, 2000 oraz XP



Rys. 1. Schemat blokowy kontrolera TUSB5052

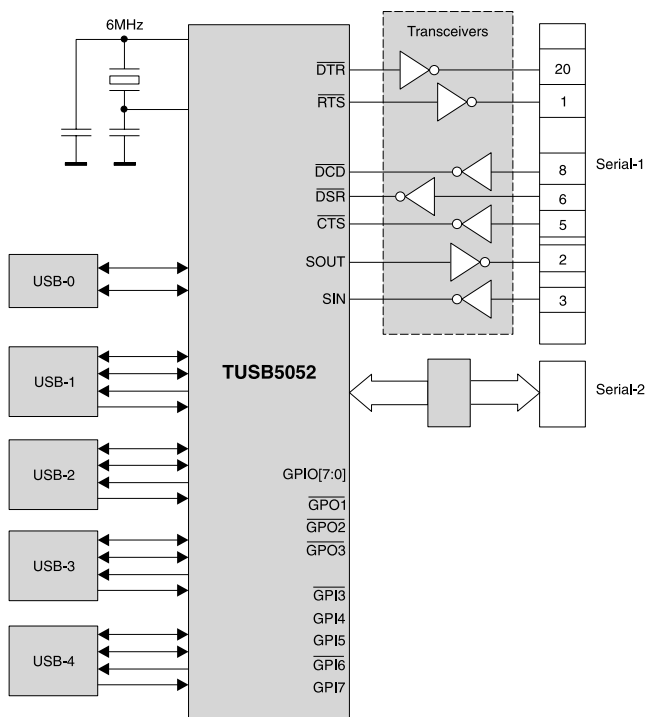
sługujący kontroler z hosta (bepośrednio przez interfejs USB) lub z zewnętrznej pamięci EEPROM. Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy kontrolera TUSB5052. Widać na nim znane już bloki, jak hub USB, mikrokontroler 8052 z przeznaczonymi dla niego peryferiami, a także pętlę PLL i bloki potrzebne do poprawnej obsługi interfejsu USB. Zintegrowany mikrokontroler posiada 6 kB pamięci ROM, w której znajduje się Bootloader umożliwiający załadowanie programu użytkowego poprzez interfejs USB lub z pamięci EEPROM dołączonej do interfejsu I²C. Pamięć RAM o wielkości 256 bajtów przeznaczona jest na dane wewnętrzne programu użytkowego. Pamięć SRAM o wielkości 2 kB jest przeznaczona na bufor danych. Mikrokontroler posiada porty P1 oraz P3, dwa układy UART i wiele innych peryferii typowych dla mikrokontrolerów. Wbudowane, pełnowartościowe układy UART umożliwiają zarówno sprzętową, jak i programową kontrolę przepływu danych. Układy UART można konfigurować w taki sam sposób, jak to się robi w przypadku tradycyjnych mikrokontrolerów. Można wybrać długość

ramki danych, liczbę bitów stopu, prędkość transmisji oraz bity parzystości. Konfiguracji dokonuje się z poziomu systemu operacyjnego. Wbudowane układy UART posiadają linie sygnałowe sterują-

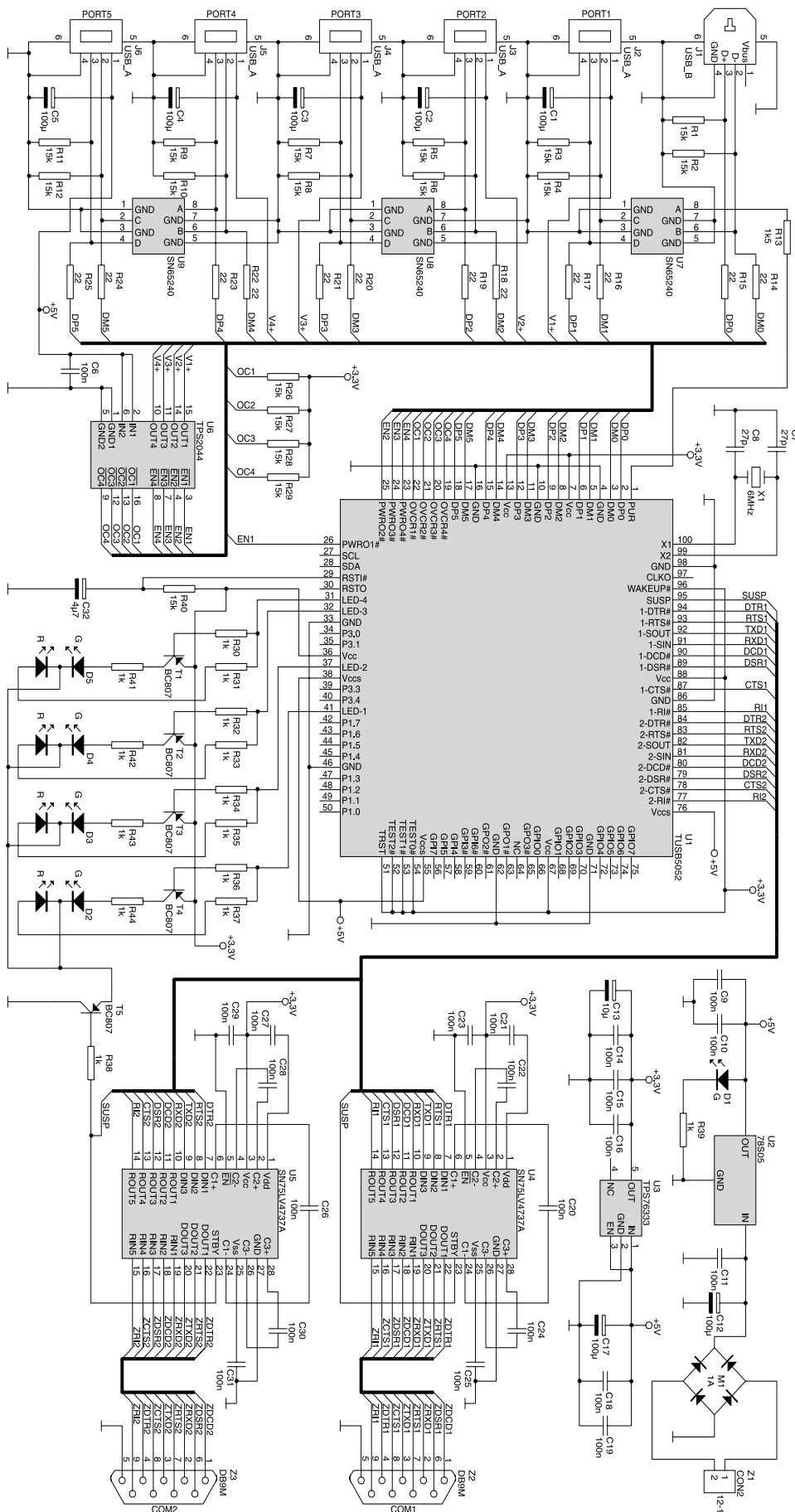
ce przepływem informacji (!CTS, !RTS, !DSR, !DTR, !RI i !DCD). W przedstawionym urządzeniu wybrano ładowanie programu do kontrolera poprzez interfejs USB, czyli z hosta. Rozwiązanie takie znacznie uprościło uruchomienie huba po jego zmontowaniu, gdyż dzięki niemu wyeliminowano dodatkową, zewnętrzną pamięć EEPROM przeznaczoną na program użytkowy. Pamięć taka musiałaby być programowana niezależnie.

Opis działania układu

Na rys. 2 został przedstawiony w uproszczeniu schemat blokowy huba USB z dwoma interfejsami RS232. Układ sterujący jest tak-towany rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 6 MHz, która jest powielana przez pętlę PLL do częstotliwości 48 MHz. Układ sterujący realizuje funkcję 5-portowego huba USB oraz dwóch konwerterów USB-<->RS232. Na rys. 3 pokazano schemat ideowy huba. Porty DM0 i DP0 układu sterującego TUSB5052 przeznaczone są do przyłączenia huba USB do hosta. Rezystor R13 dołączony do linii DP0 informuje host, że hub USB jest w stanie obsługiwać szybkie transmisje USB. Dodatkowe cztery porty huba zostały wyprowa-

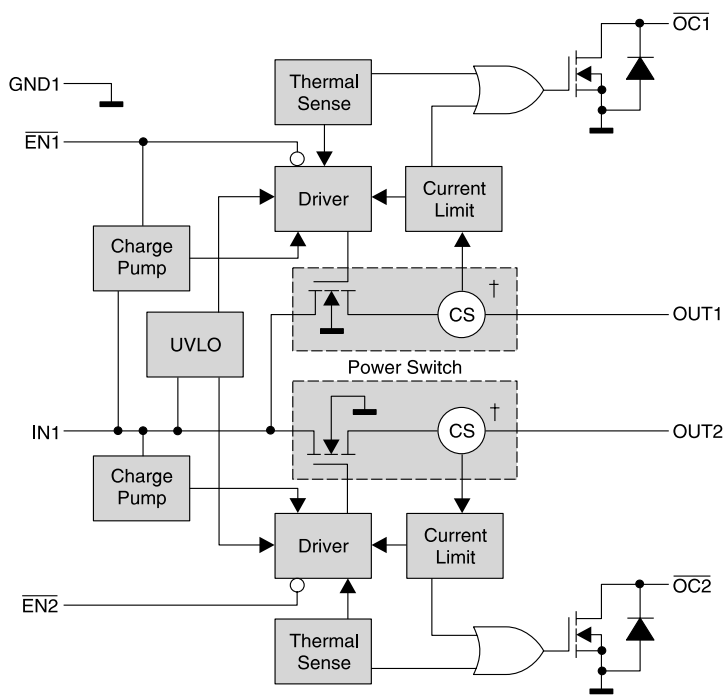


Rys. 2. Uproszczony schemat blokowy 4-portowego huba USB



Rys. 3. Schemat ideowy huba USB

dzony na gniazda J2..J5. Są to pełnowartościowe porty USB przeznaczone do podłączenia dowolnych urządzeń z interfejsem USB. Wyposażone zostały w kontrolę napięcia i prądu. Piąty port wyprowadzony na gniazdo J6 (PORT5), jak wspomniano wcześniej, nie zawiera układów kontroli napięcia oraz prądu i jest przeznaczony do przyłączenia kolejnego np. identycznego huba USB. Dostarczaniem napięcia i kontrolą prądu do gniazd J2..J5 (dodatkowych portów PORT1..PORT4) zajmuje się układ U6. Na rys. 4 przedstawiono schemat blokowy dwóch z czterech kluczy prądowych układu TPS2044. W układzie tym oprócz bloków zabezpieczeń, wyróżnić można blok sterowania tranzystorami wyjściowymi, pompy ładunkowe wytwarzające wyższe napięcie przeznaczone do zasilania bramek tranzystorów wyjściowych oraz blok UVLO monitorujący napięcie wejściowe. Spadek napięcia na wejściu poniżej 2 V spowoduje wyłączenie danego klucza. Dzięki blokowi UVLO gwarantowana będzie poprawna praca dołączonych do portów USB urządzeń. Wyjścia PWROx sterujące włączaniem zasilania w poszczególnych portach USB (PORT1..PORT4) układu U1 zostały dołączone do wejść !ENx układu U6. Umożliwiają one załączenie napięcia na poszczególnych wyjściach OUTx, z których jest ono doprowadzone wprost do odpowiednich gniazd J2..J5 (do gniazd J2..J5 dostarczane jest napięcie 5 V). Obwody CS (Current Sense) układu U6 są czujnikami prądowymi współpracującymi z ogranicznikami prądowymi. Każdy z czterech kluczy prądowych zawartych w TPS2044 może dostarczyć do 500 mA prądu. Przeciążenie danego klucza jest sygnalizowane stanem niskim na odpowiadającym mu wyjściu !OCx. Wyjścia te zostały dołączone do wejść !OVCRx

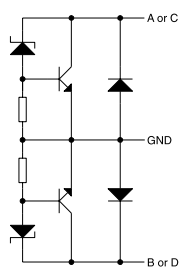


Rys. 4. Schemat blokowy kluczy prądowych układu TPS2044

układu U1. O zaistnieniu przeciążenia informowany jest układ U1, dzięki czemu może on wyłączyć przeciążony klucz, zapobiegając jego uszkodzeniu. Chronione jest jednocześnie urządzenie dołączone do danego portu USB. O przeciążeniu danego portu informowany jest także system operacyjny, co ma dla jego poprawnej pracy duże znaczenie. Rezystory R26..R29 podciągają wyjścia !OCx do dodatniego napięcia 3,3 V, gdyż są to wyjścia typu otwarty dren. Wyprowadzenia wszystkich transceiverów DMx oraz DPx zostały (poprzez rezystory R16..R25) dołączone bezpośrednio do złącz J1..J6. Dodatkowe rezystory zabezpieczają transceivery przed uszkodzeniami spowodowanymi przepięciami. Zabezpieczenie transceiverów huba USB ma duże znaczenie, gdyż awaria choćby jednego portu USB będzie wymagać wymiany kosztownego układu U1. Uszko-

dzenia transceiverów mogą być spowodowane przepięciami lub ładunkami statycznymi. Ponieważ same rezystory mogą okazać się niewystarczającymi zabezpieczeniami, zastosowane zostały dodatkowo tłumiki przepięć U7..U9. Budowa wewnętrzna takiego tłumika jest pokazana na rys. 5. Jego głównym zadaniem jest niedopuszczenie do wzrostu napięcia na linach transceiverów powyżej ustalonej wartości (typowo 7 V). Jeżeli napięcie wzrośnie powyżej napięcia przebicia diody Zenera, załączany jest tranzystor, który zwiera linie do masy. W skład jednego układu SN65240 wchodzi cztery tłumiki. Napięcia dostarczane do gniazd J2..J6 są dodatkowo filtrowane przez kondensatory C1..C5. Napięcie doprowadzone

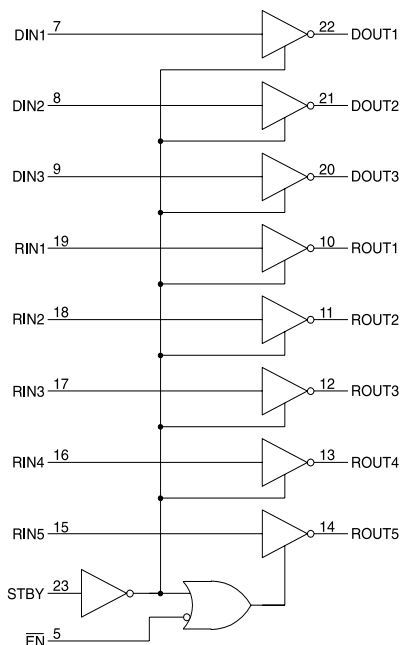
do gniazda J6 (PORT5) pochodzi wprost z zasilacza, tak więc dołączając do tego portu urządzenia inne niż huby USB, należy mieć na uwadze, że ten port nie posiada układów nadzoru prądu oraz napięcia zasilania. Elementy R40 i C32 odpowiedzialne są za poprawne włączenie napięcia zasilającego. Dołączenie wejść !TEST0..!TEST2 do masy, a wejścia TRST do napięcia 3,3 V konfiguruje kontroler U1 do pracy z rezonatorem kwarcowym 6 MHz z włączoną wewnętrzną pętlą PLL powielającą częstotliwość rezonatora do 48 MHz. Wejście !WAKEUP zostało dołączone do napięcia 3,3 V, co zezwala na możliwość uśpienia huba USB przez hosta. W przypadku dołączenia tego wejścia do masy, hub byłby zawsze w stanie aktywnym. Wyjścia LED-1..LED-4 sterują dwukolorowymi diodami LED poprzez tranzystory T1..T4. Sygnalizują one stan portów PORT1..PORT4 huba USB. W przypadku „uśpienia” huba, w celu ograniczenia do minimum pobieranego przez niego prądu, diody sygnalizacyjne D2..D5 są wyłączane poprzez tranzystor T5 sterowany sygnałem SUSP. W tab. 2 zostały przedstawione tryby pracy diod LED. Przykładowo, gdy hub USB nie jest podłączony do hosta, diody sygnalizacyjne migają na przemian kolorem czerwonym i zielonym. W przypadku dołączenia huba do hosta, gdy do dodatkowych portów PORT1..PORT4 nie ma dołączonych urządzeń z interfejsem USB, diody D2..D5 świecą kolorem czerwonym. W przypadku dołączenia urządzenia do dodatkowego portu, dioda przyporządkowana danemu portowi zmienia



Rys. 5. Schemat tłumików przepięć układu SN65240

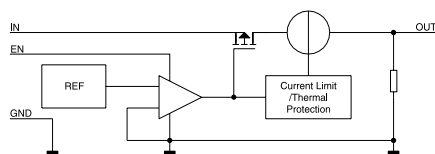
Tab. 2. Tryby pracy dwukolorowych diod LED						
Zasilanie portu	Urządzenie włączone	Urządzenie dołączone	Sygnal SUSP	Wyjście LEDn	Kolor	Port SUSPEND
Nie	X	X	0	Zmiana stanu na przeciwny	Czerwony/ zielony	Nie
Tak	X	Nie	0	1	Czerwony	Nie
Tak	Tak	Tak	0	0	Zielony	Nie
Tak	Nie	Tak	0	Zmiana stanu na przeciwny	Czerwony/ zielony	Nie
X	X	X	1	Brak zmiany	Wyłączone	Nie
Tak	Tak	Tak	1	Wysoka impedancja	Wyłączone	Tak
Tak	Tak	Tak	0	Wysoka impedancja	Czerwony i zielony	Tak

gdzie: X - dowolny stan, n - numer wyjścia LED (1..4)



Rys. 6. Uproszczony schemat blokowy konwerterów napięć SN75LV4737A

swój kolor na zielony. W tabeli 2 znajduje się opis znaczenia wszystkich stanów świecenia, jakie mogą przyjąć dwukolorowe diody LED. Rezystory R30, R32, R34, R36, R38 ograniczają prąd baz tranzystorów sterujących. Linie komunikacyjne dwóch interfejsów RS232 zostały przyłączone poprzez konwertery napięć U4 i U5 odpowiednio do gniazd Z2 i Z3 typu D9M (męskie). Uproszczony schemat blokowy układów U4 i U5 przedstawiono na **rys. 6**. W jego skład wchodzi 8 inwerterów, logika zezwalania na pracę i tryb *Suspend* (uśpienia) oraz pojemnościowa przetwornica napięć. Przetwornica wytwarza potrzebne napięcia -15 V oraz +15 V, typowe dla interfejsu RS232. Kondensatory C20..C31 są potrzebne do poprawnej pracy przetwornic układów U4 oraz U5. Wejście zezwolenia !EN konwerterów zostało na stałe dołączone do masy, natomiast wejście STBY do wyjścia SUSP, co w przypadku uśpienia huba będzie powodować także wyłączenie konwerterów U4 i U5. Dużą zaletą konwerterów SN75LV4737A jest możliwość pracy już przy napięciu 3,3 V, coraz częściej wykorzystywanego do zasilania układów cyfrowych. Napięcie z zasilacza zewnętrznego jest prostowane przez mostek M1 oraz stabilizowane na poziomie 5 V przez układ U2. Na-



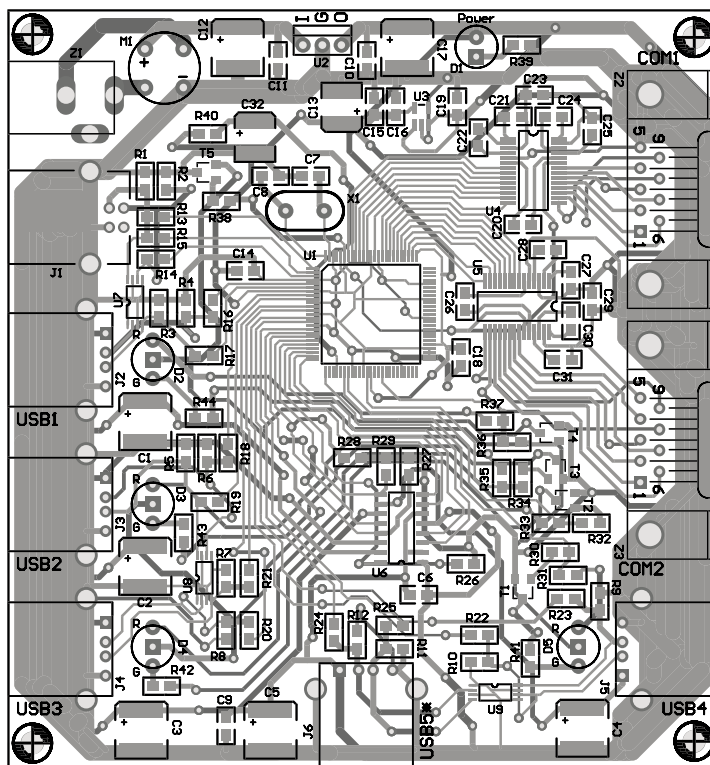
Rys. 7. Schemat blokowy układu stabilizatora TPS76333

pięcie 5 V służy głównie do zasilania portów wyjściowych USB oraz kontrolera U1, który także jest zasilany napięciem 3,3 V. Stabilizator U3 stabilizuje napięcie na poziomie 3,3 V. Jest ono niezbędne dla układów U1 oraz U4 i U5. Stabilizator U3 jest stabilizatorem *Low-Drop* o wydajności prądowej do 150 mA. Na **rys. 7** przedstawiono schemat blokowy układu stabilizatora U3. Jak widać, ma on wbudowane zabezpieczenie przed przeciążeniem oraz przegrzaniem. Jego napięcie wyjściowe jest wewnętrznie ustalone przez dzielnik. Dioda D1 jest wskaźnikiem napięcia zasilającego hub USB. Rezystor R39 ogranicza prąd diody D1, natomiast kondensatory C9..C19 filtrują napięcie zasilające układu.

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy aktywnego huba USB przedstawiono na **rys. 8**. Hub został zbudowany w większości z elementów SMD, pozwalają-

cych na zmniejszenie jego rozmiarów. Montaż huba należy rozpocząć od wlutowania układów scalonych, przy czym największy problem może być z wlutowaniem układu U1. Jego obudowa (TQFP-100) charakteryzuje się odstępem wyprowadzeń wynoszącym jedynie 0,5 mm. By przewidziewo zamontować układ U1, proponuję sprawdzony pomysł, który polega na wcześniejszym, delikatnym pocynowaniu punktów lutowniczych, do których będzie lutowany. Następnie układ należy przykleić, zwracając baczną uwagę na polaryzację oraz dopasowanie nóżek do punktów lutowniczych. Do przyklejenia U1 można wykorzystać kleje, których czas schnięcia jest dłuższy niż wszelkiego rodzaju „kropelek”. Dłuższy czas schnięcia umożliwi dokładne spozycjonowanie wlutowywanego układu (możliwość skorygowania położenia). Oczyszczonym z cyny grotem lutownicy należy kolejno delikatnie przygnieść końcówki układu do punktów lutowniczych. Cyna zawarta na punktach lutowniczych połączy nóżki układu ze ścieżkami płytki. W przypadku powstania zwarcia, można posłużyć się taśmą rozlutowującą. Z układem U1 należy obchodzić się bardzo delikatnie, ponieważ łatwo można doprowa-



Rys. 8. Schemat montażowy aktywnego huba USB



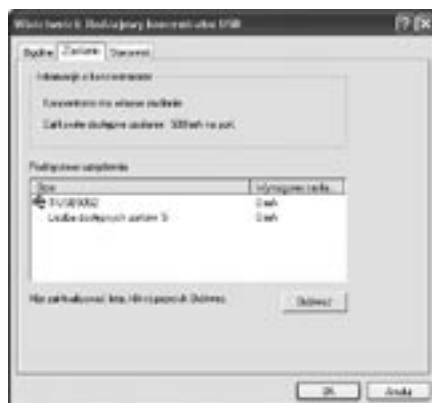
Rys. 9. Okno przewodnika instalacyjnego sterowników układu TUSB5052



Rys. 10. Okno menedżera urządzeń systemu Windows po zainstalowaniu sterowników TUSB5052

dzie do skrzywienia wyprowadzeń, a w konsekwencji spowodować zwarcia. Podczas lutowania U1 pomocna może być pasta lutownicza, ale jej dużą wadą jest niewątpliwie wysoka cena. Z wlutowaniem pozostałych elementów SMD nie powinno być problemu, przy czym należy mieć na uwadze, że układy U3, U4, U5, U7, U8 i U9 także posiadają niewielki rozstaw wyprowadzeń. Montaż należy zakończyć wlutowaniem elementów przewlekanych (gniazda, mostek prostowniczy itp.). Po zakończeniu montażu należy dokładnie sprawdzić, czy nie wystąpiły jakieś zwarcia na płycie drukowanej huba. Mogą być one później trudne do odszukania lub mogą spowodować uszkodzenie któregoś z układów urządzenia. Ponieważ dołączone do huba urządzenia mogą pobierać znaczny prąd (z każdego z 4 dodatkowych portów do 500 mA), potrzebne będzie wyposażenie stabilizatora U2 w niewielki radiator. Ze znalezie-

niem odpowiedniej obudowy dla przedstawionego huba USB nie powinno być problemów. Na rynku jest dostateczny ich wybór. Do zasilania huba USB będzie potrzebny zasilacz o dużej wydajności prądowej. Dobrym rozwiązaniem będzie zastosowanie zasilacza wtyczkowego o napięciu 12..16 VDC lub 8..12 VAC oraz wydajności prądowej nie mniejszej niż 2 A. Po dołączeniu samego zasilania do huba USB (bez połączenia go z komputerem) powinna świecić dioda D1, natomiast diody D2..D5 powinny migać na przemian kolorem zielonym i czerwonym. Jest to prawidłowe zachowanie się huba USB przy braku połączenia z komputerem. Hub należy podłączyć do hosta dowolnym przewodem USB-A/USB-B. Po dołączeniu huba USB do komputera oraz dołączeniu zasilania, urządzenie jest wykrywane w systemie. Należy wtedy zainstalować odpowiednie sterowniki, które można ściągnąć ze strony www.ti.com po uprzednim zarejestrowaniu się. Odpowiednie sterowniki są dostępne w samorozpakowujących się plikach „TUSB5052 9x Driver Installation Files Setup.exe” (dla Windows 9x) oraz „TUSB5052 2K Driver Installation Files Setup.exe” (dla Windows 2000 oraz XP). Po uruchomieniu jednego z tych plików uruchamia się przewodnik instalacyjny, który jest typowy dla większości programów przeznaczonych dla systemu Windows (rys. 9). Poprawne zakończenie instalacji nie oznacza, że zostały zainstalowane potrzebne sterowniki. Po prostu zostały one rozpakowane i umieszczone w katalogu „Program Files->Texas Instruments->TI TUSB5052 Win2K Driver Installation



Rys. 11. Okno właściwości rodzaju wtyczkowego koncentratora USB

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1..R12, R26..R29, R40: 15k Ω (SMD)
R13: 1,5k Ω (SMD)
R14..R25: 22 Ω (SMD)
R30..R39, R41..R44: 1k Ω (SMD)

Kondensatory

C1..C5, C12, C17: 100 μ F/16V (SMD)
C6, C9..C11, C14..C16, C18..C31: 100nF (SMD)
C7, C8: 27pF (SMD)
C13: 10 μ F/16V (SMD)
C32: 4,7 μ F/16V (SMD)

Półprzewodniki

U1: TUSB5052 (SMD)
U2: 78S05
U3: TPS76333 (SMD)
U4, U5: SN75LV4737A (SMD)
U6: TPS2044 (SMD)
U7, U8, U9: SN65240 (SMD)
T1..T5: BC807 (SMD)
D1: LED 5mm GREEN
D2..D5: LED 5mm dwukolorowa RED/GREEN
X1: kwarc 6MHz
M1: mostek okrągły 1,5A

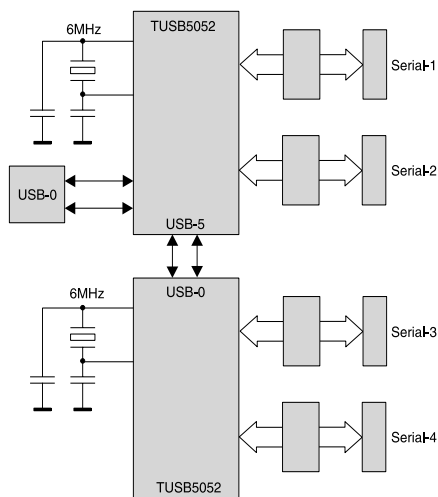
Różne

Z1: złącze zasilające do druku
Z2, Z3: złącze DB9M kątowe do druku
J1: gniazdo USB typu B
J2..J6: gniazdo USB typu A
Radiator

Files Setup” dla sterowników pod Windows 2000 lub XP. W tym katalogu znajdują się potrzebne do zainstalowania sterowniki oraz plik umpf5052.i51, który jest programem sterującym mikrokontrolerem 8052 zawartym w układzie TUSB5052. Plik ten jest ładowany poprzez interfejs USB do 16 kB pamięci RAM układu TUSB5052.



Rys. 12. Okno właściwości portu szeregowego COM3 po zainstalowaniu sterowników układu TUSB5052



Rys. 13. Przykład połączenia dodatkowego huba USB z wykorzystaniem portu PORT5

Po wykryciu huba przez system Windows należy podać przy instalacji sterowników ścieżkę do plików sterowników, które zostały umieszczone w katalogu „TI TUSB5052 Win2K Driver Installation Files Setup” (dla Windows 2000 lub XP). Po poprawnym zainstalowaniu

sterowników hub USB jest gotowy do pracy. Diody D2..D5 powinny zaświecić się kolorem czerwonym (jeśli do portów PORT1..PORT4 nie podłączono żadnego urządzenia). Na **rys. 10** zaznaczono urządzenia zainstalowane po przyłączeniu huba USB do komputera. Rodzajowy koncentrator USB odpowiedzialny jest za obsługę portów USB huba. Właściwości tego urządzenia przedstawiono na **rys. 11**. Jak widać, każdy port huba można obciążyć prądem do 500 mA. Widać też, że dostępnych jest 5 portów, z których, jak wspomniano, jeden jest pozbawiony układów nadzoru prądu oraz napięcia. Zainstalowane zostają także sterowniki obsługujące dwa interfejsy RS232, którym zostały przypisane oznaczenia COM3 oraz COM4. Na **rys. 12** przedstawiono okno z właściwościami portu COM3. Jak widać, możliwe jest tu ustawienie wszystkich parametrów związanych z interfejsem RS232. Sterownik TIUSB5052 odpowiedzialny jest za

zainstalowanie mikrokontrolerem 8052 zawartym w układzie TUSB5052. Po przyłączeniu urządzenia do jednego z portów USB PORT1..PORT4, przyporządkowana mu dioda LED (jeśli wszystko jest w porządku) zmienia kolor z czerwonego na zielony. Diody sygnalizacyjne D2..D5 są bardzo pomocne przy diagnostyce i wykrywaniu awarii huba. Do zinterpretowania sygnalizowanych przez nie zdarzeń będzie pomocna tabela 2. Na **rys. 13** przedstawiono przykład połączenia dodatkowego huba z wykorzystaniem portu PORT5. W tym przypadku zostały połączone ze sobą dwa huby USB, takie jak przedstawiony w artykule. Próby wykazały, że opisany w artykule hub pracuje poprawnie nie tylko z USB 1.1, ale także gdy jest dołączony do USB 2.0.

Marcin Wiązania
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-EP9/2004B w katalogu PCB.