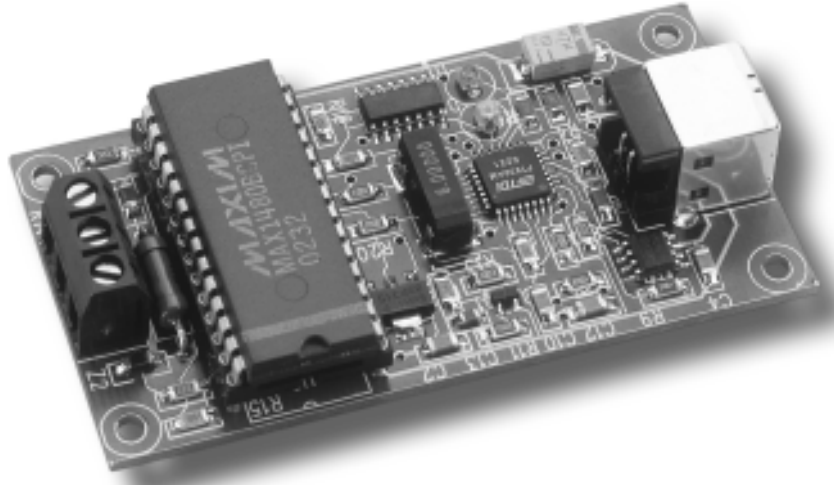


Konwerter USB<->RS485 z separacją galwaniczną

AVT-5098



Przedstawiamy kolejną aplikację interfejsu USB, który - dzięki układowi firmy FTDI - można łatwo zastosować w dowolnym, także samodzielnie budowanym urządzeniu.

Rekomendacje: projekt szczególnie interesujący dla tych, którzy muszą korzystać z kablowej transmisji danych na znaczne odległości (np. do tworzenia minisieci), a także automatyków wykorzystujących w swoich systemach interfejs RS485.

Konwerter USB<->RS485 jest kolejnym projektem zrealizowanym z użyciem układu FT8u232. Zastosowałem w nim starszą wersję (oznaczoną sufiksem AM), ponieważ jej udoskonaloną odmianę (oznaczoną sufiksem BM) firma FTDI wprowadziła już w trakcie wykonywania płytki drukowanej. Na szczęście producent zapewnia utrzymanie dostaw wersji AM - właśnie dla potrzeb już opracowanych rozwiązań. Nie ma więc potrzeby natychmiastowej aktualizacji projektu.

Opisywanej w EP10/2002 aplikacji Ft8u232 (był to konwerter RS232C) można było zarzucić powielanie rozwiązań tanich i powszechnie dostępnych na rynku wyposażenia komputerowego. Jednak jej celem było przede wszystkim samodzielne przetestowanie układu i poznanie jego możliwości.

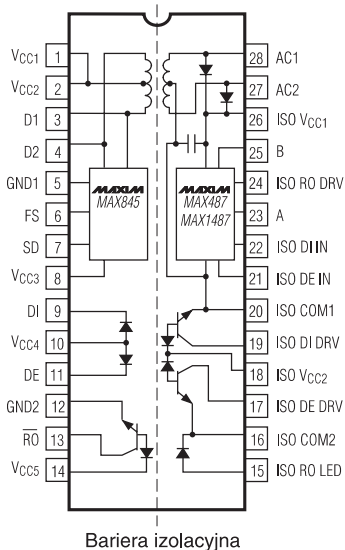
Projekt prezentowany w tym artykule może stać się korzystną cenowo alternatywą dla innych rozwiązań przy kompletowaniu elektronicznego warsztatu.

RS485 - dla przypomnienia

Protokół transmisji szeregowej RS485 był już niejednokrotnie opisywany na łamach EP (łącznie z konwerterami RS232<->RS485). Nie ma więc potrzeby jego szczegółowego objaśnienia. W skrócie - dla odświeżenia wiedzy - przyto-

czymy tylko podstawowe cechy tego interfejsu:

- Zamiast sygnału niesymetrycznego (napięcie względem masy stosowanego w RS232C), używany jest sygnał symetryczny (napięcie różnicowe w parze przewodów), znacznie bardziej odporny na wszelkiego rodzaju zakłócenia. W związku z tym możliwe jest realizowanie połączeń na znacznie większe odległości i osiągnięcie dużo większych szybkości transmisji.
- Transmisja może mieć charakter półduplexowy (nadawanie i odbiór naprzemiennie po jednej parze przewodów) albo pełnoduplexowy (nadawanie i odbiór jednocześnie z użyciem dwóch par przewodów).
- Do linii może być dołączonych wiele nadajników/odbiorców (w przypadku półduplexu są to przełączane układy nadawczo-odbiorcze). Nie ma jednak żadnego mechanizmu samoczynnie zapobiegającego konfliktom przy jednoczesnym uruchomieniu dwóch lub więcej nadajników. Zadanie to spoczywa na odpowiednio opracowanym protokole komunikacji. Może on być różny dla różnych zastosowań. Najbardziej popularny i najprostszy jest model *master-slave*: jeden z układów pełni rolę nadrzędną i kolejno wywołuje pozostałe układy, czekając na ich odpo-



Rys. 1. Schemat blokowy izolowanego interfejsu RS485 typu MAX1480

wiedź. Taki system często spotykamy w rozwiązaniach akwizycji danych pomiarowych obsługiwanych przez centralny komputer PC.

- Tor transmisyjny nie posiada wydzielonej linii sygnału zegarowego - transmisja przebiega w sposób asynchroniczny, przy zastosowaniu takich samych formatów ramek jak w przypadku RS232C.
- Dla sygnału różnicowego nie jest wymagane połączenie mas oddalonych urządzeń. Obwody wejściowo-wyjściowe interfejsu linii „tolerują” znaczny poziom napięcia wspólnego w parze różnicowej. Jednak są przypadki występowania znacznie wyższych niż dopuszczalne różnic napięcia pomiędzy potencjałami mas. Może to wystąpić np. przy połączeniu urządzeń zasilanych z różnych faz sieci energetycznej, umieszczonych w osobnych, niezależnie uziemionych budynkach itp. W takich przypadkach należy stosować interfejsy izolowane.

Kilka słów o zastosowanym układzie interfejsu

W projekcie zastosowałem galwanicznie izolowany interfejs RS485. Nawet jeśli nie będziemy się dołączać do rozległej sieci z dużą różnicą między potencjałami mas, używanie konwertera przy rozmaitych pracach warszta-

towych wiąże się zawsze z ryzykiem narażenia portu komputera na uszkodzenie (większe wartości napięć, przepięcia przy rozmaitych przełączeniach itp.), co zazwyczaj pociąga za sobą znaczne koszty i kłopoty.

Aby jak najbardziej uprościć układ, wybrałem scalony konwerter MAX1480. Jego schemat blokowy przedstawiono na rys. 1. W jednej obudowie układu zawarto znane z rozwiązań tradycyjnych obwody:

- przetwornicę napięcia DC/DC (MAX845, transformator, diody prostownicze),
- blok interfejsu RS485 (MAX487),
- separatory sygnałów zbudowane w oparciu o szybkie transoptory.

Układ MAX1480 jest przeznaczony do łączności półdupleksowej, którą zazwyczaj stosujemy we własnych systemach mikroprocesorowych oraz w amatorskich, niewielkich sieciach akwizycji danych i sterowania. Jest on produkowany w 3 odmianach: A, B, C. Wersja A zapewnia największą szybkość przesyłu - 2,5 Mb/s i dużą szybkość przełączania nadawanie/odbiór (200 ns). Wersja B (użyta w prototypie) jest przystosowana do linii transmisyjnych gorszej jakości. Dzięki ograniczeniu stromości zboczy przebiegów maleją generowane zakłócenia, a zwłaszcza odbicia związane z niedopasowaniem linii. Następuje to kosztem ograniczenia maksymalnej szybkości transmisji (250 kb/s) i przełączania (35 μs). Wersja ta jest najbardziej dogodna w zastosowaniach warsztatowych i eksperymentalnych. Wersję C dobieramy w szczególnym przypadku, gdy przy ograniczonej szybkości transmisji (250 kb/s) zależy nam na przyspieszonym (500 ns) przełączaniu nadajnik/odbiornik.

Poszczególne wersje układów zachowują zgodność wyprowadzeń, można więc zastosować na płycie dowolny, zgodny z potrzebami. Inne są jednak wymagane wartości rezystorów zewnętrznych dla każdej wersji układu - sama wymiana układu w podstawce nie wystarczy więc dla uzyskania innej szybkości pracy.

Jeszcze słowo o kosztach. Cena układu MAX1480 może wydawać się wygórowana, jednak gdy policzymy łączną wartość elementów

niezbędnych do dyskretnej realizacji takich układów, to okaże się, że inwestycja jest bardzo opłacalna - nie uwzględniając nawet uproszczenia płytki i montażu.

Budowa konwertera

Schemat konwertera przedstawiono na rys. 2. Podłączenie do magistrali USB oraz podstawowe otoczenie układu Ft8u232AM jest identyczne jak w konwerterze RS232 (EP10/2002), nie będziemy więc go ponownie opisywać. Jedyna istotniejsza różnica to zasilanie obwodu zerowania powielacza częstotliwości (R8, C12) z głównego wejścia zerującego, a nie napięciem zasilania (co zawsze zapewnia wymagane przez układ opóźnienie startu powielacza w stosunku do momentu uruchomienia oscylatora).

Nowości pojawiają się w opisie współpracy z MAX1480.

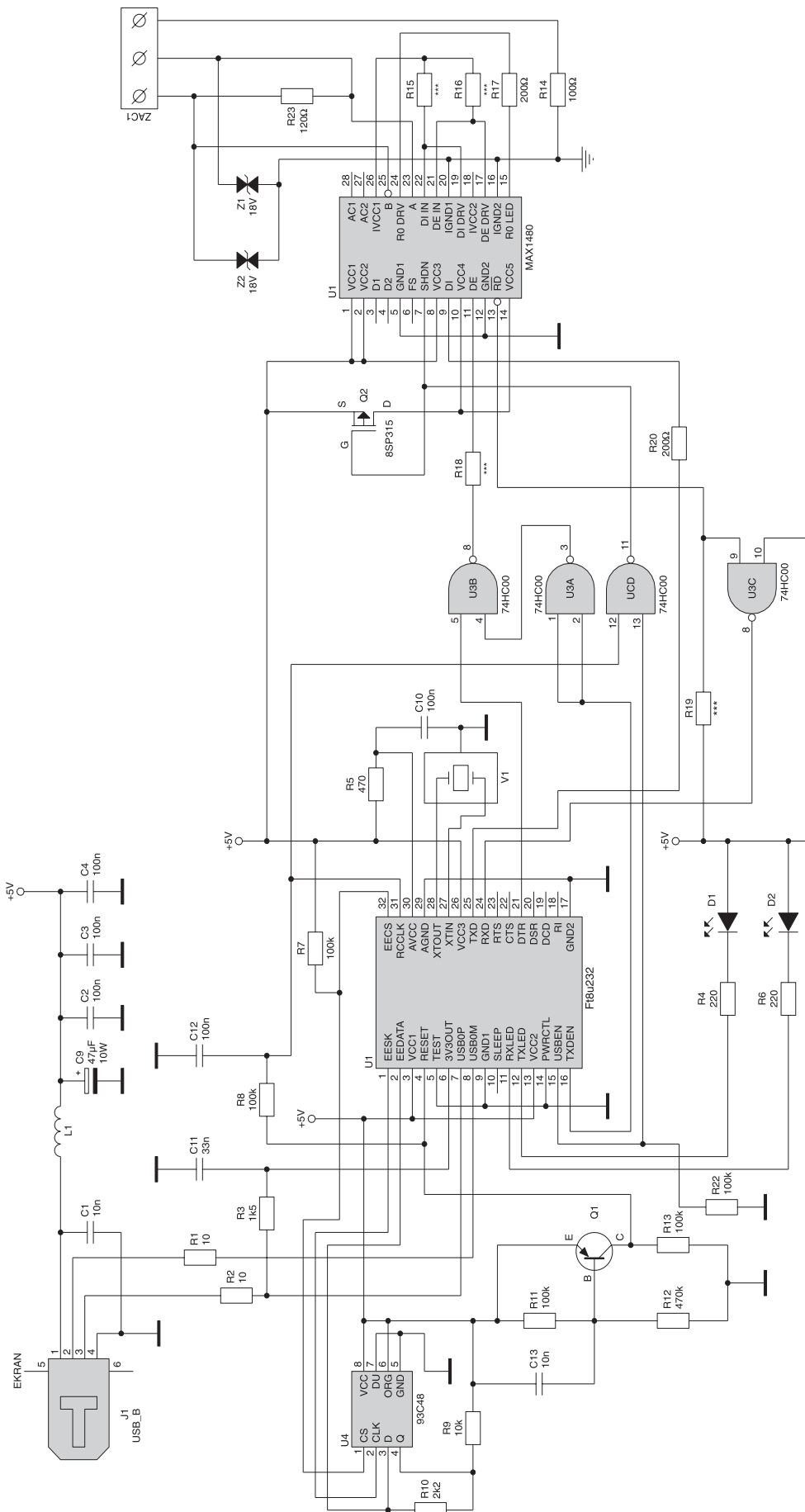
Przełączanie nadawanie/odbiór

Specjalnie dla potrzeb półdupleksowej transmisji RS485, układ Ft8u232 wyposażono w wyjście TXDEN. Przyjmuje ono poziom wysoki, jeśli w buforze nadajnika znajdują się niewysłane jeszcze znaki (bajty). Ułatwia to programową obsługę transmisji, zwłaszcza w aspekcie wykrycia końca nadawania.

Obsługa sesji komunikacyjnej RS485 z poziomu *mastera* przebiega następująco:

- przełączenie interfejsu na nadawanie,
- wysłanie komunikatu zaadresowanego do określonego układu *slave*,
- przełączenie interfejsu na odbiór,
- przyjęcie i interpretacja odpowiedzi, ewentualnie zgłoszenie przekroczenia czasu oczekiwania (timeout) w przypadku jej braku.

Gdy *masterem* jest komputer PC, pojawiają się często problemy z przełączeniem kierunku. Wynika to z nie w pełni spójnej współpracy systemowego sterownika (w przypadku systemu Windows) z nowoczesnymi UART-ami, wyposażonymi we własny bufor FIFO. Od strony programowej wysłanie pakietu danych jest zakończone w momencie przesłania ostatnich bajtów do UART-a. Jeśli



w tym momencie zostaje wydana komenda przełączenia kierunku (używa się do tego zazwyczaj jednej z linii kontrolnych RTS lub DTR), to może się zdarzyć, że wyłączymy nadajnik RS485 przed całkowitym opróżnieniem sprzętowego bufora UART-a - wysłany pakiet danych będzie niekompletny. W przypadku konwertera zagrożenie jest podwójne, bo wysyłane dane są dodatkowo buforowane w samym Ft8u232. TXDEN zabezpiecza przed taką nieprawidłowością działania, utrzymując tryb nadawania aż do zakończenia wysyłania ostatniego bajtu z bufora.

Należy jednakże pamiętać (informuje o tym producent w nocie aplikacyjnej), że mechanizm ten nie jest do końca dopracowany: czasami może występować „obcinanie” ostatniego bitu stopu. Usterka ta została usunięta w wersji BM, natomiast w przypadku AM zaleca się stosowanie dodatkowego obwodu opóźniającego RC na wyjściu TXDEN. Na schemacie nie jest on zaznaczony, ale płytką drukowaną jest przystosowana do wlotowania dodatkowych elementów (pomiędzy TXDEN a bramką U3A).

Inny aspekt przełączania kierunku wiąże się z zastosowaniem układu MAX1480B. Nie możemy w tym przypadku polegać jedynie na samoczynnym włączeniu nadajnika w momencie napełnienia bufora nadawczego. Czas reakcji przełącznika kierunku jest znaczny i przy większych szybkościach transmisji możemy utracić początek komunikatu. Dlatego przewidziano także oddzielne sterowanie kierunkiem za pomocą linii DTR w celu odpowiednio wczesnego przełączenia interfejsu. Sygnały DTR i TXDEN są zsumowane w brankach US3A i B, co pozwala na ich kontrolę programową, a jednocześnie samoczynnie zapewnia prawidłowe zakończenie nadawania, nawet jeśli wyłączymy DTR zbyt szybko.

Rys. 2. Schemat izolowanego konwertera USB<->RS485

Linie TxD oraz RxD

W związku z zastosowaniem transoptorów, konieczne jest odpowiednie dopasowanie poziomów napięć w linii RxD. Dla linii TxD sprawa jest prosta - poziom aktywny (niski) powoduje zapalenie diody LED transoptora nadawczego dołączonego do linii przez rezystor R20 (wydajność prądowa wyjść Ft8u232 jest do tego celu wystarczająca). Natomiast sygnał RxD wymaga odwrócenia fazy za pomocą bramki U3C (dla poziomu nieaktywnego linii odbiorczej transoptor odbiornika jest włączony i na jego wyjściu (RD) występuje poziom niski, z kolei poziom aktywny linii powoduje wyłączenie transoptora i rezystor R19 wymusza poziom wysoki - odwrotnie niż dla standardowego UART-u).

Zasilanie

Konwerter jest przewidziany do zasilania z magistrali USB, co radykalnie zwiększa dogodność jego użytkowania. Wiąże się z tym jednak konieczność zapewnienia wydajności prądowej powyżej 100 mA gwarantowanej przez USB oraz zastosowania dodatkowych obwodów wyłączających.

Układ MAX 1480 posiada wejście *shutdown* powodujące praktycznie wyłączenie układu (pobór prądu spada do 0,2 μ A). Jednak w wersji A obwód *shutdown* nie odcina zasilania szybkich transoptorów separujących (pobierających ok. 10 mA). Dlatego zastosowano dodatkowy tranzystor MOSFET-P do wyłączania zasilania VCC4 i VCC5. Ten system wyłączenia interfejsu działa podczas:

- zerowania (niski poziom podany przez R8 z RESET na RCCLK i bramkę U3D),

- enumeracji (wyjście USBEN przyjmuje poziom wysoki po zakończeniu konfigurowania Ft8u232 przez hosta - zanim to nastąpi bramka U3D otrzymuje poziom niski, podtrzymywany dodatkowo przez dołączenie rezystora R22 do masy, ze względu na wysoką impedancję USBEN podczas zerowania),
- trybu uśpienia (zamiast wyjścia SLEEP zostało wykorzystane wyprowadzenie RCCLK, które w tym przypadku pracuje jako wyjście wymuszające poziom niski).
Jednocześnie należy pamiętać, że:
- konwerter musi być podłączany wyłącznie do huba posiadającego własne zasilanie (w przeciwnym przypadku nie otrzyma więcej niż 100 mA),
- w układzie nie możemy tym razem pominąć pamięci EEPROM - w deskrypcje urządzenia musimy wpisać maksymalną wartość pobieranego prądu.

Dołączenie konwertera do linii transmisyjnej

Od strony linii układ zawiera tylko kilka elementów. Poza rezystorami zasilania transoptorów separujących są to:

- R14 - rezystor ograniczający prąd w przypadku zwarcia przewodu sygnałowego z ekranem,
- Z1, Z2 - transile małej mocy (nazwa handlowa *Transguard*) eliminujące przepięcia szpilkowe,
- R23 - terminator linii.

Montaż terminatorów zależy od przestrzennej konfiguracji naszej sieci. Powinny one być wstawione na końcach linii transmisyjnej, w celu eliminacji (poprzez dopasowanie impedancji falowej) odbić sygnału. Wlutujemy go więc, jeśli komputer z podłączonym konwerterem będzie skrajnym elementem sieci. Przy zastosowaniu MAX1480B i użyciu niewielkich szybkości (np. typowych w układach z mikrokontrolerami: 19200 lub 57600 baud), można próbować zestawić połączenie w ogóle bez terminatorów.

Jerzy Szczesiul, AVT
jerzy.szczesiul@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/luty03.htm> oraz na płycie CD-EP2/2003B w katalogu PCB.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 10R 0805
R3: 1,5k Ω 1206
R4, R6: 220 Ω 1206
R5: 470 Ω 1206
R7, R8, R11, R13, R22: 100k Ω 1206
R9: 10k Ω 1206
R10, R16: 2,2k Ω 1206 (R16 dla MAX1480B)
R12: 470k Ω 1206
R14: 100 Ω 1206
R15, R19: 3k Ω 1206 (dla MAX1480B)
R17, R20: 200 Ω 1206
R18: 510 Ω (dla MAX1480B)
R23: 120 Ω 0,5W przewlekany
Wartości rezystorów R15, R16, R18 i R19 zależą od typu MAX1480.
W przypadku stosowania wersji A lub C należy wlutować rezystory zgodnie z notą katalogową.

Kondensatory

C1, C13: 10nF 0805
C2, C3, C4, C10, C12: 100nF 1206
C9: tantalowy 47 μ F/10V 7343
C11: 33nF 1206

Półprzewodniki

D1, D2: diody LED
Q1: PNP bipolarny SMD - np. BC857
Q2: MOSFET-P SMD np. BSP171 - jego parametry znacznie przekraczają potrzeby, ale dzięki temu otrzymujemy bardzo małą rezystancję przewodzenia.
U1: Ft8u232AM
U2: MAX1480B
U3: 74HC132 (odmiana HC jest istotna ze względu na wymagania dla zasilania transoptorów wydajność prądową wyjść)
U4: 93C46
Z1, Z2: transile *Transguard* 18V 1206

Różne

J1: gniazdo USB typu B
ZAC1: zacisk śrubowy do druku ew. podstawka precyzyjna DIL 28/600

Obwód opóźniający RC nieuwzględniony na schemacie

R21: 2,2k Ω 1206
R24: 47nF 1206 (na płycie błędnie opisany jako rezystor).
Wartości te zostały przyjęte szacunkowo - być może dokładniejszy test konwertera wykaże konieczność ich zmiany.