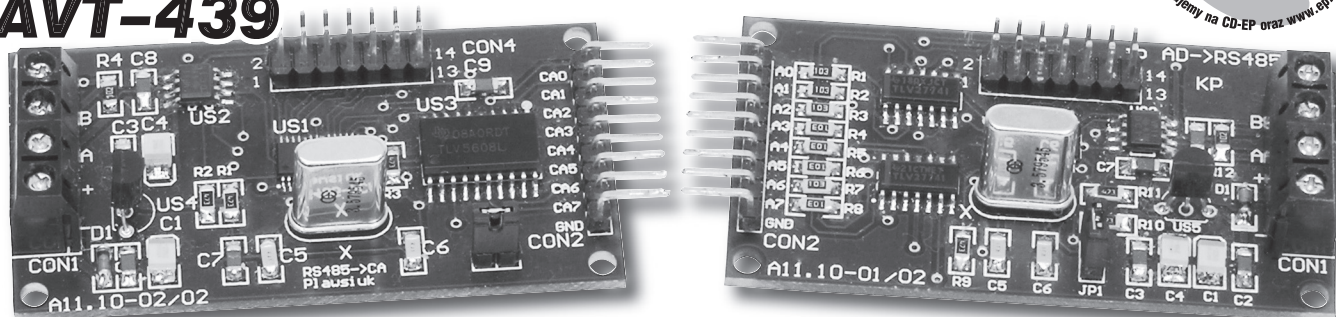


8-kanalowy przedłużacz analogowy z RS485

AVT-439



Przesyłanie sygnału analogowego na większe odległości narażone jest na powstanie dużych zakłóceń, a jeśli ma być przesyłanych kilka sygnałów, to wykonanie okablowania może okazać się kłopotliwe, a także kosztowne. W takim przypadku zamiast stosowania standardowego przewodu można zastosować konwersję sygnału analogowego na cyfrowy, przesłać go jedną linią transmisyjną, a następnie przywrócić do postaci analogowej.

W ten sposób za pomocą jednej linii transmisyjnej można przesłać kilka sygnałów analogowych.

Z jednej strony, może to uprościć wykonanie okablowania, a z drugiej może umożliwić wykorzystanie już istniejącego.

Rekomendacje: proponowane rozwiązanie nadaje się szczególnie dobrze w przypadku konieczności transmisji sygnałów analogowych stosunkowo wolnych (do ok. 300 Hz), w systemach pomiarowych o umiarkowanej rozdzielczości (10 bitów).

PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 225 x 121 mm
- Zasilanie: 5...12 V (AC lub DC)
- Liczba kanałów: 8
- Rozdzielczość próbkowania: 10 bit
- Max. częstotliwość sygnałów analogowych: 300 Hz
- Zakres napięć wejściowych: 0...1,5 V lub 0...2,5 V
- Rezystancja wejściowa kanałów analogowych: kilkakset MΩ
- Standard transmisji cyfrowej: RS485
- Prędkość transmisji w torze cyfrowym: 115200 b/s
- Zabezpieczenie poprawności transmisji: kontrola parzystości

Przedstawione urządzenie pracuje jako taki „przedłużacz”, umożliwiając przesłanie ośmiu sygnałów analogowych poprzez jedną parę przewodów, na odległość nawet kilkuset metrów. Sygnał wejściowy każdego z kanałów próbkowany jest przez przetwornik A/C o rozdzielczości 10 bitów, a następnie w postaci dyskretnej wysyłany jest przez nadajnik linii zgodny ze standardem RS485. Po stronie odbiorczej znajduje się analogiczny układ odbiornika, który kieruje strumień danych do wejścia procesora. Procesor dekoduje odebrane dane i wysyła w postaci cyfrowej do odpowiedniego kanału przetwornika C/A, również o rozdzielczości 10 bitów, który zamienia je na sygnał analogowy o takiej samej wartości jak sygnał wejściowy po stronie nadajnika. Zakres napięć wejściowych może być zmieniany w jednym z dwóch zakresów: 0...1,5 V lub 0...2,5 V, co pozwala na optymalne warunki próbkowania sygnału analogowego, w zależności od jego maksymalnej wartości. Na wejściu każdego kanału znajduje się wzmacniacz operacyjny, dzięki czemu rezystancja wejściowa ma wartość rzędu kilkuset megaomów, co z kolei nie powoduje obciążenia obwodu, do którego to wejście będzie dołączone. Oprócz przesyłania wartości analogowej sygnału podłączonego do danego wejścia, układ może służyć także do przesyłania sygnałów cyfrowych, umożliwiając przesyłanie ośmiobitowych słów, gdyż podanie odpowiedniego stanu logicznego na wejście przetwornika

A/C spowoduje „przeniesienie” tego stanu na wyjście przetwornika C/A.

Prędkość transmisji w torze cyfrowym (linii transmisyjnej) jest równa 115200 b/s, co umożliwia transmisję sygnału analogowego o częstotliwości ok. 300 Hz. Obniżenie prędkości transmitowanych danych wynika z faktu, że transmisja jest formowana w ramki zawierające dodatkowe informacje (nadmiarowe), a ponadto do przesłania informacji o jednym kanale analogowym trzeba wysłać dwa bajty danych co dodatkowo spowalnia aktualizację stanu sygnału analogowego. Ponieważ transmisja danych odbywa się zawsze w jednym kierunku możliwe jest dołączenie kilku odbiorników do jednego nadajnika i jednoczesne skierowanie sygnału w kilka miejsc, umożliwiając, na przykład, wyświetlanie danych z jednego czujnika w kilku miejscach jednocześnie.

Transmisja danych

Jak już wcześniej wspomniano, komunikacja pomiędzy modułami odbywa się z prędkością 115200 b/s. Jako zabezpieczenie poprawności danych zastosowane zostało sprawdzanie parzystości bitów i w związku z tym parametry transmisji są następujące: prędkość: 115200, parzystość: tak, bit stopu: jeden. Informacja o wartościach napięcia wszystkich wejść analogowych jest formowana w ramkę, która zawsze składa się z 19 bajtów. Struktura tej ramki jest przedstawiona **rys. 1**.

Jako pierwszy zawsze jest wysyłany bajt o wartości 0x55, następnie wysyłany jest znacznik początku

0x55	0x80	K0H	K0L	K1H	K1L	-----	K6H	K6L	K7H	K7L	0x00
------	------	-----	-----	-----	-----	-------	-----	-----	-----	-----	------

Rys. 1. Struktura ramki danych



dv:3.50V dt:3.27ms 1/dt:305.81Hz

Rys. 2. Czas reakcji wyjścia przetwornika C/A na zmianę napięcia na wejściu przetwornika A/C

transmisji, który zawsze ma wartość 0x80. W dalszej kolejności wysyłane jest 16 bajtów będących cyfrową reprezentacją napięcia zmierzonego przez kolejne wejścia przetwornika AC. Każde dziesięć bitów odpowiadające poszczególnym kanałom zostało podzielone na dwa bajty po pięć bitów w każdym. W pierwszej kolejności wysyłane jest pięć starszych bitów, a następnie pięć młodszych. Na końcu każdej ramki wysyłany jest jeden bajt zawierający same zera. Po stronie odbiorczej

procesor odbiera kolejne bajty oczekując na znacznik początku (0x80) następnie odbiera 16 bajtów i przetwarza je na postać dwubajtowych słów zawierających informację o wartości napięcia (10 bitów) i uzupełnia je o adres rejestru, pod którym ta próbka ma być zapisana w przetworniku C/A. Tak zbudowana ramka danych pozwala na prawidłowe dekodowanie dyskretnych wartości napięć nawet w przypadku, gdy odbiornik zostanie podłączony do nadajnika w trakcie wysyłania danych. W takim przypadku dane będą ignorowane do momentu pojawienia znacznika początku (0x80) i nastąpi synchronizacja modułów. W przypadku wystąpienia błędów transmisji odbiornik ignoruje bajty wysyłane przez nadajnik w danej ramce i oczekuje

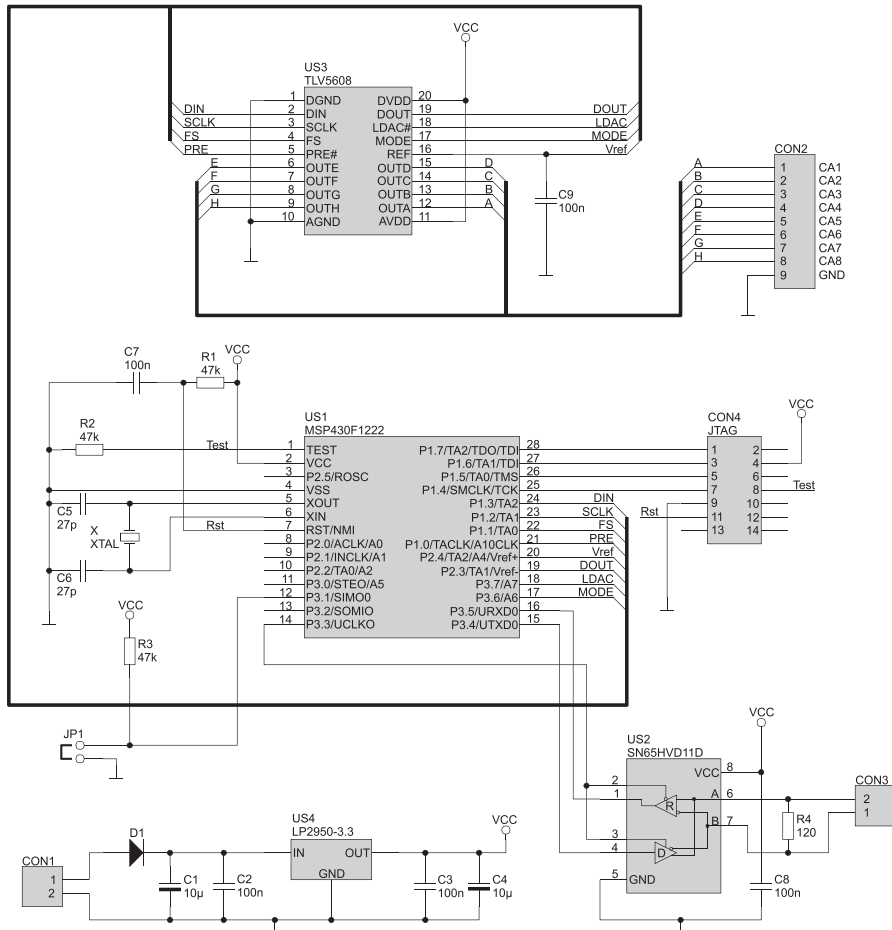
na znacznik początku następnej. W takiej sytuacji zostanie pominięta jedna próbka sygnału analogowego, ale dzięki temu nie spowoduje to ustawienia błędnej wartości napięcia, a nastąpi jedynie opóźnienie w przesłaniu wartości tego napięcia. Maksymalny czas upływający od zmiany na wejściu przetwornika A/C, a uwzględnieniu jej na wyjściu przetwornika C/A zależy od tego, w którym momencie transmi-

WYKAZ ELEMENTÓW moduł nadajnika

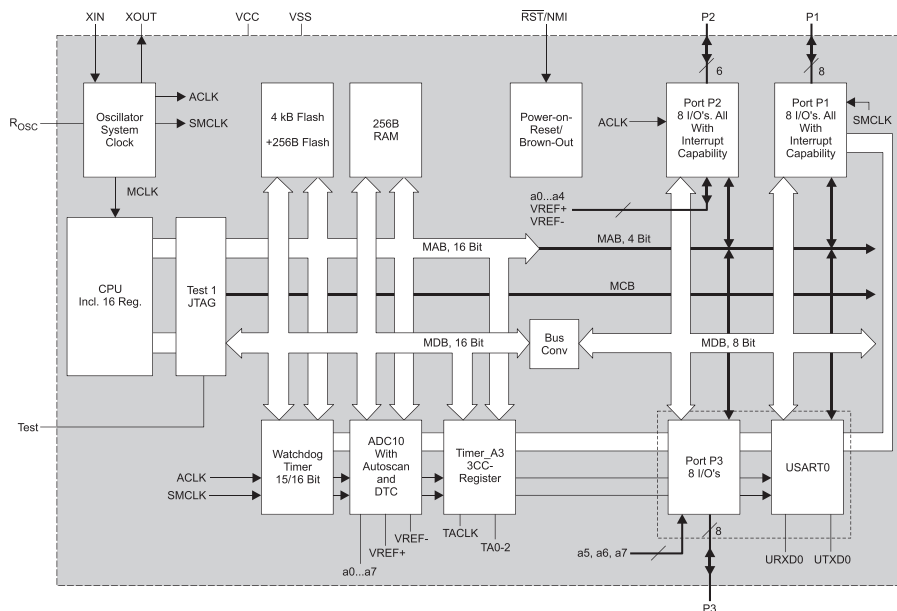
- Rezystory**
 R1...R8: 10 kΩ 1206
 R9...R11: 47 kΩ 1206
 R12: 120 Ω 1206
- Kondensatory**
 C1: 10 μF/20 V 3528
 C2, C3: 100 nF 1206
 C4: 10 μF/20 V 3528
 C5, C6: 27 pF 1206
 C7...C8: 100 nF 1206
- Półprzewodniki**
 D1: 1N4148 SOD80
 U1: MSP430F1222 zaprogramowany TSSOP 28
 U2: SN65HVD11D SO8
 U3, U4: TLV2774 SO14
 U5: LP2950 3,3 V TO92
- Inne**
 CON1, CON3: ARK2 5 mm
 CON2: Goldpin 1x9 męski kątowny
 JP1: Goldpin 1x2 męski + zworka
 X: kwarc 3,579 MHz
 JP: Brak – opis w tekście

moduł odbiornika

- Rezystory**
 R1...R3: 47 kΩ 1206
 R4: 120 Ω 1206
- Kondensatory**
 C1: 10 μF/20 V 3528
 C2, C3: 100 nF 1206
 C4: 10 μF/20 V 3528
 C5, C6: 27 pF 1206
 C7...C8: 100 nF 1206
- Półprzewodniki**
 D1: 1N4148 SOD80
 U1: MSP430F1222 zaprogramowany TSSOP 28
 U2: SN65HVD11D SO8
 U3: TLV5608 SO20
 U4: LP2950 3,3 V TO92
- Inne**
 CON1, CON3: ARK2 5 mm
 CON2: Goldpin 1x9 męski kątowny
 CON4: Brak opis w tekście
 JP1: Goldpin 1x2 męski + zworka
 X: kwarc 3,579 MHz



Rys. 3. Schemat elektryczny modułu nadawczego



Rys. 4. Schemat blokowy procesora MSP430F1222

owanej ramki ta zmiana nastąpi. Jeśli zmiana nastąpi tuż przed wysłaniem informacji o tym kanale, to wartość ta zostanie przeniesiona na wejście przetwornika w czasie kilkuset mikrosekund. W trybie ciągłym, dane wszystkich kanałów są aktualizowane co około 3 ms, czas reakcji wyjścia przetwornika C/A na zmianę napięcia na wejściu przetwornika AC przedstawia wykres pokazany na rys. 2.

Budowa i zasada działania – moduł nadajnika

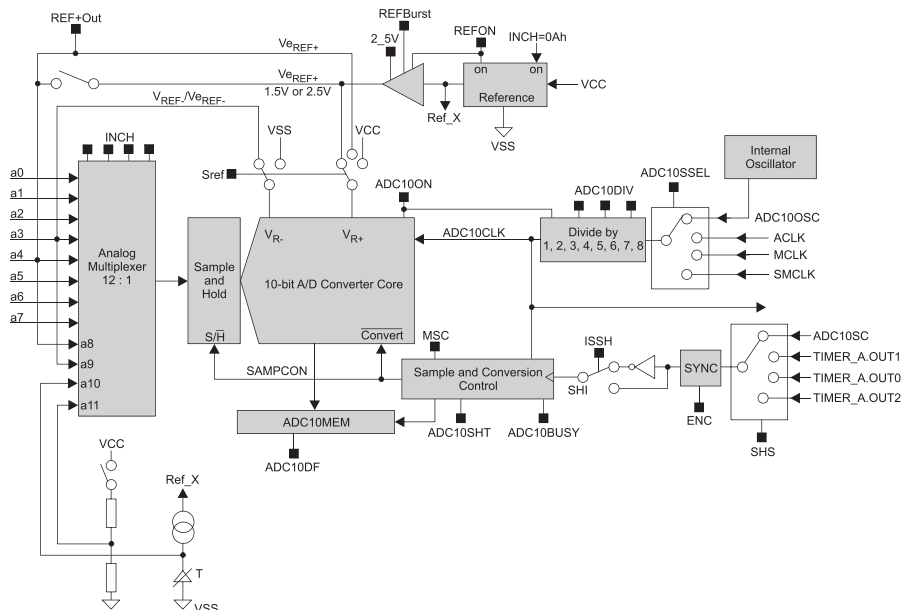
Przedłużacz składa się z dwóch bloków: nadawczego i odbiorczego. Na rys. 3 przedstawiono schemat elek-

tryczny modułu nadawczego. Najważniejszym elementem układu jest procesor firmy Texas Instruments typu MSP430F1222 (budowę wewnętrzną jest pokazana na rys. 4). Procesor ten ma 16-bitową architekturę RSC, umożliwiającą bezpośrednie operacje na danych 16 bitowych. Ponieważ procesor ma porty 8 bitowe, więc szyny danych i adresowe zostały podzielone na 16 i 8 bitowe, a komunikacja pomiędzy nimi odbywa się poprzez konwerter magistrali. Tak jak cała rodzina układów MSP430, układ MSP430F1222 znajduje zastosowanie w różnego rodzaju czujnikach i układach pomiarowych, które mogą być zasilane bateryjnie, gdyż w ukła-

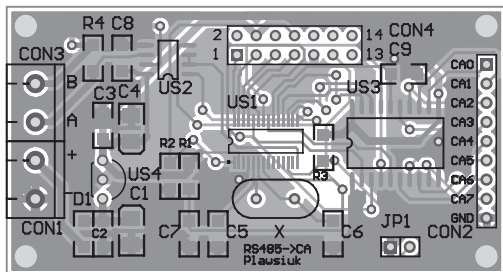
dach położony został duży nacisk na zminimalizowanie poboru prądu, a zaimplementowane sprzętowe moduły wewnętrzne sprawiają, że wiele czynności może być wykonywanych poza częścią programową. W przedstawionym układzie wykorzystany został przetwornik analogowo – cyfrowy, który ma 12 wejść, z czego osiem jest wyprowadzonych na porty procesora, a pozostałe dołączone są do wewnętrznych modułów (budowa wewnętrzna przetwornika A/C jest przedstawiona na rys. 5). I tak, za pomocą dodatkowych wejść analogowych można, zmierzyć napięcie zasilania procesora lub temperaturę. Najważniejszą zaletą przetwornika jest obecność wewnętrznego źródła napięcia odniesienia o wartości 1,5 V lub 2,5 V, które może być przełączane programowo. Dzięki temu, można wykorzystać wszystkie osiem zewnętrznych wejść analogowych do wykonywania pomiarów. W typowym przypadku, procedura pomiaru wszystkich napięć wejściowych, może być wykonana poprzez przyłączenie do przetwornika A/C kolejnych wejść analogowych, a po wykonaniu każdego pomiaru zapis tych wartości w odpowiednim buforze. Od strony programowej, taki sposób wymaga kontrolowania każdego pomiaru, przez co zajmuje czas jednostki centralnej. Aby przenieść całą procedurę pomiaru na część sprzętową, w procesorze znajduje się moduł DTC (ang. *Data Transfer Control*), który automatycznie – bez ingerencji jednostki centralnej procesora – może przenieść wynik pomiaru przetwornika A/C w dowolny obszar adresowy, na przykład do pamięci RAM lub FLASH.

W prezentowanym układzie przetwornik A/C został skonfigurowany do pracy ciągłej i samoczynnie wykonuje pomiar z kolejnych wejść analogowych, a każdy wynik pomiaru zostaje skierowany do rejestru „ADC10MEM”. Następnie moduł DTC umieszcza dane z tego rejestru pod kolejnymi adresami w pamięci RAM. W ten sposób wynik pomiaru z danego kanału analogowego zawsze znajduje się pod odpowiednim adresem w pamięci. Po wykonaniu pomiarów dla wszystkich wejść, procedura jest powtarzana, przez co aktualizowana jest zawartość bufora wyników.

Dzięki temu sam pomiar jest wykonywany całkowicie sprzętowo, a jednostka centralna, w zależności od potrzeb, pobiera z pamięci gotowe wyniki.



Rys. 5. Budowa przetwornika A/C zawartego w procesorze



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płycie nadajnika

Procesor jest taktowany z zewnętrznego rezonatora kwarcowego o częstotliwości 3,579 MHz. Zerowanie procesora przy włączeniu zasilania jest wykonywane poprzez układ RC (R10 i C7). Rezystor R9 wymusza stan niski na wejściu TEST, które służy do wewnętrznego przełączania portów <P1.7:P1.4> pomiędzy modulem interfejsu programującego JTAG, a normalnymi portami wejścia/wyjścia. Zworka JP1 służy do wyboru wartości napięcia odniesienia przetwornika A/C, dla zworki rozwartej wartość ta wynosi 2,5 V, a dla zwartej 1,5 V. Na wejściu każdego kanału analogowego zastosowany został wzmacniacz operacyjny, który zwiększa rezystancję wejściową. Zastosowane wzmacniacze umożliwiają prawidłową pracę już od napięcia zasilania równego 2,5 V. Najważniejszą cechą takiego rozwiązania jest to, że napięcie wyjściowe może osiągnąć wartość tylko nieznacznie mniejszą od napięcia zasilania wzmacniacza. W tym układzie ma to znaczenie, ponieważ pomiędzy napięciem zasilania całego układu, a największą wartością sygnału wejściowego jest różnica zaledwie 0,8 V, a zastosowane wzmacniacze w pełnym zakresie przenoszą wartość napięcia wejściowego na wyjście. Wejścia wszystkich sygnałów analogowych zostały wyprowadzona na złącze CON2.

Ponieważ transmisja cyfrowa jest zgodna ze standardem RS485, dlatego został zastosowany nadajnik/odbiornik linii w postaci układu US2, który umożliwia pracę przy napięciu zasilania równym 3,3 V.

Do zasilania wszystkich układów konwertera użyto stabilizatora typu LP2950, o napięciu wyjściowym 3,3 V. Taka wartość napięcia zasilania została zastosowana ponieważ procesor może być zasilany napięciem o maksymalnej wartości równej 3,6 V; dlatego też pozostałe układy zostały dobrane, tak aby

można było je zasilac takim napięciem.

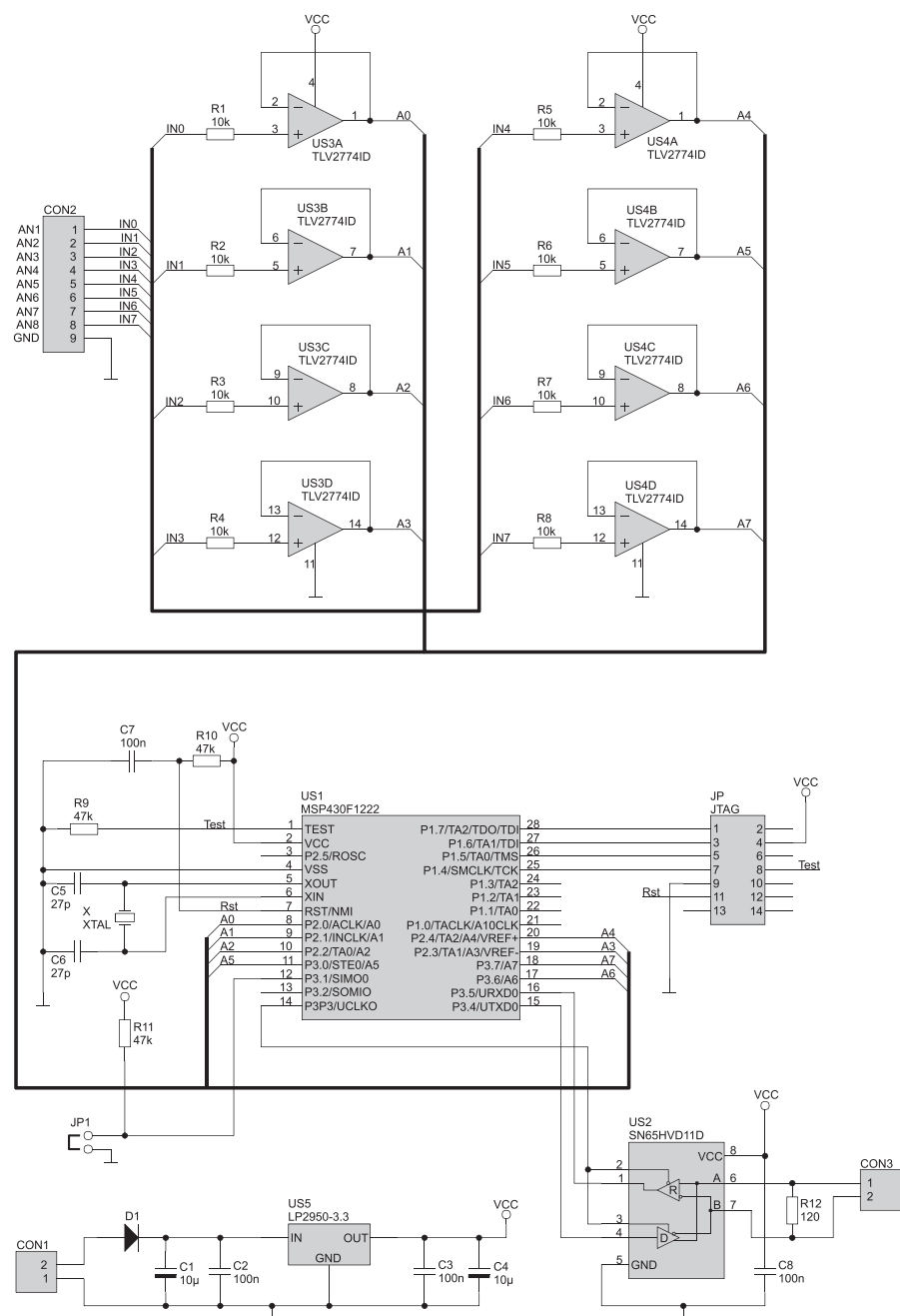
Do zabezpieczenia stabilizatora przed błędną polaryzacją napięcia zasilania, użyta została dioda D1. Złącze CON3 służy do połączenia z układem odbiornika, natomiast złącze JP stanowi połączenie z interfejsem służącym do programowania procesora i podczas normalnej pracy nie jest używane.

Montaż

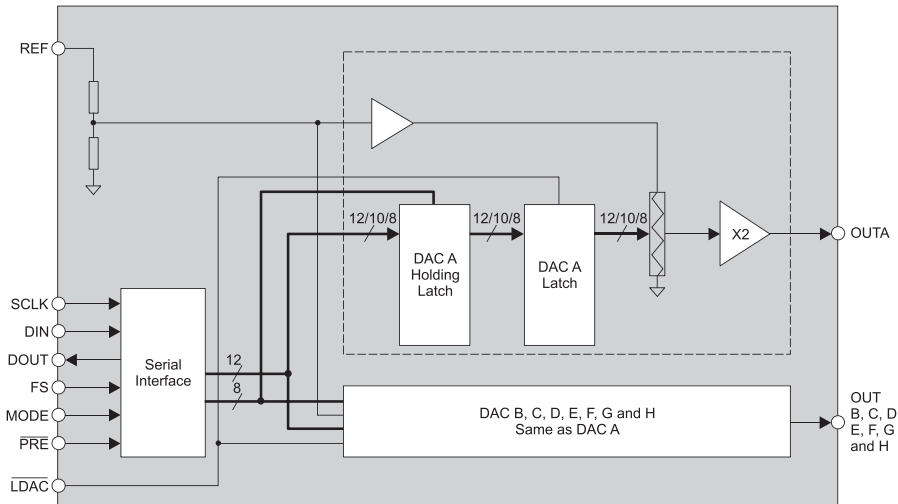
Układ nadajnika został zmontowany na płycie dwustronnej (rozmieszczenie elementów przedstawia

rys. 6). Ponieważ niemalże wszystkie elementy umieszczone są w obudowach SMD, więc podczas ich montażu należy zachować szczególną dokładność. W pierwszej kolejności należy wlutować procesor, a następnie układy U2, U3 i U4. W dalszym etapie należy wlutować rezystory i kondensatory, a na samym końcu stabilizator, rezonator kwarcowy i złącza. Złącza oznaczonego jako „JP” nie należy montować.

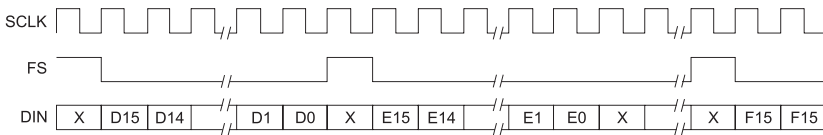
Po prawidłowym zmontowaniu nadajnik jest gotowy do pracy. Do złącza CON1 należy dołączyć napięcie zasilające o wartości 5...12 V (pobór prądu przez cały układ wy-



Rys. 7. Schemat elektryczny modułu odbiornika



Rys. 8. Budowa wewnętrzna układu TLV5608



Rys. 9. Przebiegi czasowe interfejsu szeregowego układu TLV5608

nosi około 20 mA), a do złącza CON2 należy podłączyć przewody linii transmisyjnej, do której będzie dołączony moduł odbiorczy, zwracając przy tym uwagę na oznaczenia przewodów (A–A, B–B). Do złącza CON2 należy dołączyć sygnały analogowe, które mają być przesyłane. Bardzo ważne jest, aby wartość napięcia wejściowego nie przekroczyła napięcia zasilania wzmacniaczy operacyjnych, które dla tego układu wynosi 3,3 V, gdyż może to spowodować uszkodzenie wzmacniacza.

Budowa i zasada działania – moduł odbiornika

Schemat elektryczny modułu odbiornika jest przedstawiony na rys. 7. W module tym zastosowano taki sam procesor oraz identyczne „otoczenie”. Inny jest tryb działania układu US2, gdyż w tym module został skonfigurowany do pracy jako odbiornik. Ponieważ przetwornik A/C nie jest używany, więc także wzmacniacze operacyjne nie znalazły zastosowania, zastosowany został natomiast przetwornik C/A w postaci układu US5. Układ ten posiada osiem wyjść analogowych, na których wartość napięcia jest ustalana z rozdzielczością 10 bitów, co daje możliwość ustalenia 1024 różnych poziomów. Budowa wewnętrzna układu TLV5608 jest przedstawiona na rys. 8. Na rysunku pokazany jest jeden kanał prze-

twornika, jednak w układzie znajduje się osiem takich bloków. Wszystkie kanały przetwornika zostały wprowadzone na złącze CON2. Komunikacja z procesorem odbywa się poprzez szeregowy interfejs, a zapis danych do konkretnego kanału przez jego zaadresowanie. Przebiegi czasowe sygnałów sterujących układem TLV5608 są przedstawione na rys. 9. Dane są przesyłane w postaci 16 bitowego słowa, w którym najstarsze cztery bity określają adres rejestru pod którym ma być zapisane kolejne 12 bitów stanowiące wejście danego kanału C/A. Adresy od 0 do 7 oznaczają wartości kolejnych bloków przetwornika C/A. Ponieważ przetwornik ma rozdzielczość 10 bitów, więc dwa najmłodsze bity nie są wykorzystywane.

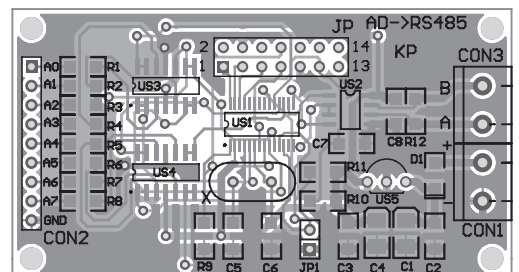
Do pracy przetwornika C/A niezbędne jest źródło napięcia odniesienia. Dzięki możliwości wprowadzenia wewnętrznego źródła procesora na zewnątrz, zostało ono wykorzystane do tego celu. Umożliwia to, analogicznie jak w nadajniku, zmianę generowanego napięcia. Pozostałe elementy modułu odbiornika mają takie same zastosowanie, jak w układzie nadajnika.

Montaż

Układ odbiorczy został zamontowany na płytce, której widok jest przedstawiony na

rys. 10. Montaż należy przeprowadzić w sposób analogiczny jak to miało miejsce w przypadku układu nadawczego, rozpoczynając od wlutowaniu procesora, a kończąc na złączach. Również w tym przypadku, złącze interfejsu JTAG (CON4) nie jest montowane. Po wlutowaniu wszystkich elementów można przejść do uruchomienia modułu odbiorczego, a następnie całego układu przedłużacza. Do złącza CON1 należy dołączyć napięcie zasilania o wartości 5...12 V, a do złącza CON3 przewody transmisyjne z układu nadawczego. Po podłączeniu napięcia zasilania do obu modułów wartość napięcia na wyjściu przetwornika C/A będzie odpowiadała wartości zmierzonej na odpowiednim wejściu przetwornika A/C w układzie nadajnika. Maksymalna wartość mierzonego napięcia wejściowego oraz wyjściowego jest ustalana w obu modułach za pomocą zworki JP1. Przy czym zwrócić można tak skonfigurować, że dla przykładu przetwornik A/C będzie mierzył napięcie w zakresie 0...1,5 V, a przetwornik C/A będzie przetwarzał je na zakres 0...2,5 V. Napięcie mierzone oraz uzyskane na wyjściu przetwornika C/A mogą się nieco od siebie różnić z uwagi na tolerancję wewnętrznego źródła napięcia odniesienia, która dla założonego napięcia 1,5 V może mieć wartość z zakresu 1,41 V...1,59 V, natomiast dla napięcia 2,5 V wartość ta może mieścić się w zakresie 2,35 V...2,65 V. Jednak, jak to wynikało z testów modelowych układów, rozbieżność ta jest znacznie mniejsza, a dodatkowo niemalże identyczna w obu układach. Zalecane jest aby wyjścia przetwornika C/A były obciążane rezystancją równą lub większą niż 10 kΩ.

Krzysztof Pławiuk, EP
krzysztof.plawiuk@ep.com.pl



Rys. 10. Rozmieszczenie elementów na płytce odbiornika