ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991
Seria: INFORMATYKA z. 15 Nr kol. 1044

Mirosław SKRZEWSKI
Wojciech MIELCZAREK

TRANSIWER LOKALNEJ SIECI KOMPUTEROWEJ LOKAL-SM

Streszczenie. W artykule przedstawiono układ transiwera[x] przeznaczony dla lokalnej sieci komputerowej LOKAL-SM. Konstrukcję transiwera oparto wyłącznie na krajowych elementach małej skali integracji jako alternatywne rozwiązanie dla specjalizowanych, w tym czasie jeszcze niedostępnych, układów scalonych (Intel 82502, AmD 7996). Układ ten spełnia wszystkie wymagania określone w normie IEEE-802.3. W sposób oryginalny rozwiązano układ detektora kolizji oraz układ detektora ważności sygnału.

1. Wstęp

Transiwer umożliwia odbiór jak również wysłanie informacji z/do złącza sieci lokalnej, wykrywanie kolizji oraz zapewnia seperację galwaniczną między łączem sieci (kablem koncentrycznym) a kablem interfejsu transiwer-kontroler sieci lokalnej[xx] [1].

Układy elektryczne transiwera zapewniają uzyskanie określonych w normach Ethernet V.2.0 oraz IEEE-802.3.wartości parametrów od strony łącza sieci, i tak:

- oporność wejściowa $R_{we} \geqslant 100$ kΩ,
- pojemność wejściowa $C_{we} \leqslant 4$ pF łącznie z pojemnością złącza kabla koncentrycznego sieci,
- prąd wyjściowy w stanie wysokim $J_{wy1} = 0 \div 9$ mA (0 mA wartość nominalna),
- prąd wyjściowy w stanie niskim $J_{wyo} = 72 \div 90$ mA (82 mA wartość nominalna),
- czas narastania opadania sygnału w kablu $t_r = t_f = 25 \pm 5$ ns,
- zmiana szerokości impulsów między sygnałem na złączu kabla a sygnałem na złączu interfejsu transiwera $\Delta\tau \leqslant 15$ ns w całym dopuszczalnym zakresie amplitud sygnału w torze,
- czas ustalania układu odbioru sygnału 5x (czas trwania bitu),
- czas wykrywania kolizji (sytuacja, gdy nadaje więcej niż jedna stacja) 9x (czas trwania bitu).

---

[x] Nazwa "transiwer" odpowiada angielskiemu transceiver" i oznacza układ nadawczo-odbiorczy.

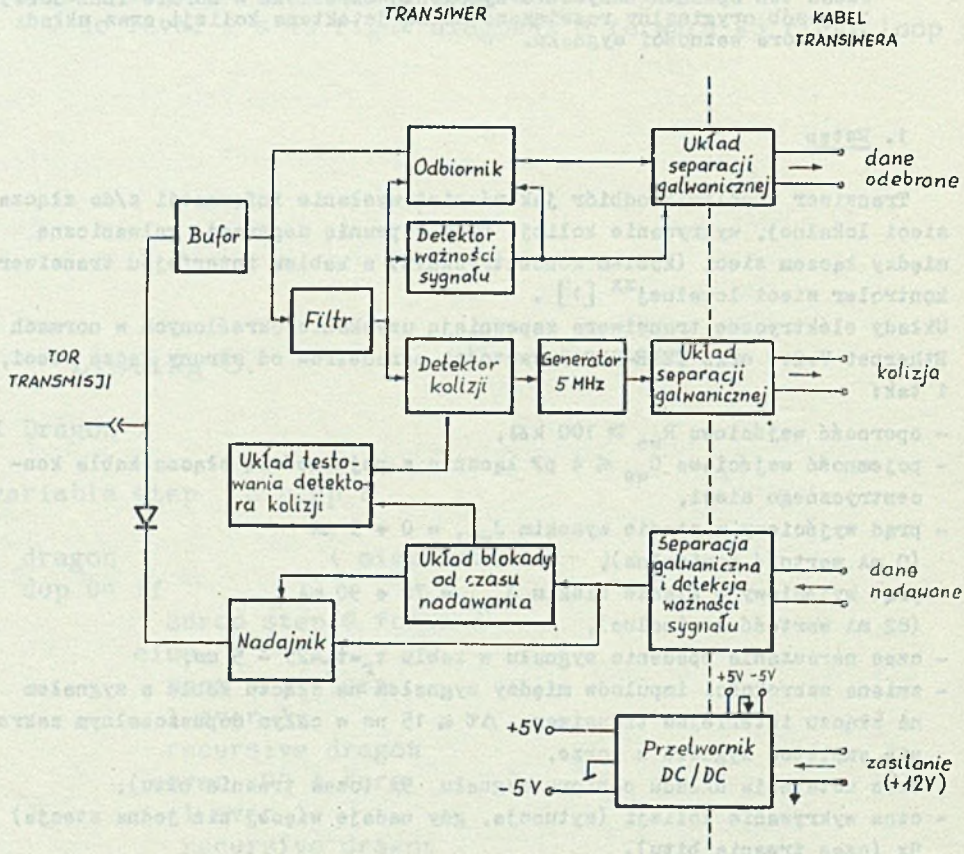
[xx] Kabel interfejsu transiwer-kontroler nazwano dalej "kabel transiwera".

Czas trwania bitu w sieci LOKAL-SM wynosi 200 ns przy szybkości transmisji 5 Mbitów/s.

2. Rozwiązanie transiwera

Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy transiwera, w którym wyróżniono następujące bloki:

- bufor wejściowy,
- układ odbiornika sygnału z detektorem ważności,
- układ detektora kolizji,
- układ nadajnika sygnału z układem blokady nadawania,
- układy seperacji galwanicznej,
- przetwornik DC/DC.



Rys. 1. Schemat blokowy transiwera

Fig. 1. Transceiver block diagram

Przyjęto, że tor odbioru sygnału w transiwerze powinien spełniać następujące wymagania:

- oporność wejściowa $\geqslant 100$ kΩ,
- pojemność wejściowa < 1 pF,
- symetryczne czasy propagacji dla narastającego i opadającego zbocza sygnału wejściowego,
- stałość czasów propagacji przy zmianach amplitudy sygnału wejściowego od $\pm$ 1 V do $\pm$ 0.25 V i zmianach czasu narastania/opadania od 20 ns do 30 ns,
- bezbłędny odbiór sygnałów przy szybkości transmisji 5 Mbitów/s, bez wprowadzania inwersji poziomów odbieranego sygnału.

2.1. Część odbiorcza układu transiwera

1. Bufor wejściowy

Część odbiorcza układu transiwera (rys. 2) zawiera na swoim wejściu wtórnik źródłowy z tranzystorem polowym w celu uzyskania wymaganej pojemności i rezystancji wejściowej. Aby zwiększyć obciążalność wtórnika zastosowano na jego wyjściu bufor złożony z tranzystorów bipolarnych.

2. Filtr

Ważnym elementem części odbiorczej jest układ wyznaczania wartości średniej (filtr dolnoprzepustowy) odebranego sygnału, który współpracuje z odbiornikiem, detektorem ważności sygnału oraz detektorem ważności sygnału. Prosta realizacja takiego układu oparta na filarze RC o odpowiednio dużej stałej czasowej napotyka na trudności związane z koniecznością szybkiej reakcji na zmianę wartości średniej. Problem ten ilustruje przedstawione poniżej wymaganie stawiane detektorowi kolizji.

Sygnały wysyłane przez nadajnik w tor w stanie wysokim odpowiadają napięciu 0 V do -0.225 V (nominalnie 0 V) i napięciu -1.8 V do -2.25 V w stanie niskim (nominalnie -2.05 V). Maksymalne tłumienie sygnału w torze wynosi 8.5 dB[x], co oznacza, że w najgorszym przypadku w stanie kolizji do nadającego transiwera dotrze napięcie:

$$U_{odb} = 0.3758\ U_{nad},$$

co da przykładowo wartość:

- 0.677 V dla wysyłanej wartości - 1.8 V,
- 0.845 V dla wysyłanej wartości - 2.25 V.

---

[x] Maksymalne tłumienie odcinka kabla o długości 500 m wg normy Ethernet V2.0

Jeżeli współczynnik wypełnienia sygnału przesyłanego torem jest bliski 0.5, to podanym powyżej wartościom poziomu sygnału odpowiadać będzie wartość średnia odpowiednio -0.338 V i -0.423 V. Przyjmując, że nominalna zmiana wartości średniej spowodowana kolizją wynosi -0.3 V, możemy założyć wymaganą dokładność filtracji (maksymalną amplitudę składowej zmiennej na wyjściu filtru) równą 0.1 V. Z obliczeń przeprowadzonych dla prostego, jednobiegunowego filtru RC o stałej czasowej RC = 2 s (10 x (czas trwania bitu)) wynika, że stan ustalony wartości średniej zostanie osiągnięty po czasie około 30 x (czas trwania bitu) i dojście do wartości quasi-ustalonej w przypadku kolizji wymaga czasu 20 x (czas trwania bitu), przy czym ten ostatni jest czasem liczonym od momentu wystąpienia kolizji.
Amplituda składowej zmiennej na wyjściu filtru wynosi około 13% wartości międzyszczytowej sygnału wejściowego. Norma Ethernet V 2.0 ogranicza jednak czas reakcji detektora kolizji do wartości nie przekraczającej 9 x (czas trwania bitu), co oznacza, że prosty filtr RC nie spełnia nałożonych wymagań.
Uzyskanie założonej dokładności filtracji i wymaganego czasu odpowiedzi filtru prowadzi do złożonych układów filtrów wyższych stopni (na przykład 4-biegunowego filtru Bessela). W sieci LOKAL-SM detektor kolizji rozwiązano jako filtr nieliniowy dolnoprzepustowy, w którym stała czasowa zależy od amplitudy zmian sygnału wejściowego. Stosunek stałych czasowych dla małych i dużych zmian sygnału przekracza 4. Filtr zaprojektowano jako układ RC, przy czym rezystancję filtru stanowią elementy nieliniowe (diody). Wartość średnia sygnału wyznaczana jest z dokładnością lepszą od 0.1 V w czasie około 7x (czas trwania bitu).

3. Odbiornik sygnału

Odbiornik sygnału zrealizowany został jako układ komparatora z histerezą, porównujący sygnał wejściowy z jego wartością średnią. Pozwala to na poprawny odbiór (odtworzenie czasu trwania) impulsów o pochylonych zboczach i zmiennej amplitudzie. Układ odbiornika wprowadza zmianę czasu trwania impulsu nie przekraczającą 5 ns w pełnym zakresie zmian amplitudy sygnału wejściowego.

4. Detektor ważności sygnału

Jako sygnał ważny przyjmuje się ciąg impulsów ujemnych o amplitudzie nie mniejszej niż 0.6 V. Układ detektora bada wartość średnią sygnału i odblokowuje bramkę B1, jeżeli wartość ta przekroczy -0.3 V.

5. Detektor kolizji

Wystąpienie kolizji powoduje wzrost wartości średniej sygnału do poziomu z zakresu - 1.34 V do - 1.9 V (dla nominalnej amplitudy -2.05 V wysyłanego sygnału wartość średnia wynosi około - 1 V). Fakt ten wykorzystano przy konstrukcji detektora kolizji, który zrealizowano jako układ komparatora z histerezą (strefa histerezy około 0.1 V) badającego wartość średnią sygnału. Detektor reaguje na przekroczenie wartości około - 1.2 V.

Czas reakcji na wystąpienie kolizji nie przekracza wartości 5 x (czas trwania bitu). Sygnałem kolizji jest fala prostokątna o częstotliwości 5 MHz, wysyłana do układu sterownika, generowana przez oddzielny układ.

2.2. Cześć nadawcza układu transiwera

Zadaniem układu nadajnika sygnału (rys. 3) jest wymuszenie w segmencie toru o długości 500 m (zamkniętym terminatorami o impedancji falowej 50 Ω) wymaganych poziomów sygnałów w czasie transmisji, przy zachowaniu w stanie nieaktywnym wymaganych wartości rezystancji i pojemności wejściowej transiwera jako całości. Dodatkowo wymagane jest maksymalne ograniczenie zmian czasu trwania impulsów (nie większych od 4 ns przy nadawaniu fali prostokątnej o wypełnieniu 0.5) i utrzymywanie określonych normą wartości prądów w torze, również w obecności przynajmniej jednego równocześnie działającego nadajnika.

1. Nadajnik sygnału

Nadajnik zrealizowano jako układ złożony z dwóch sił prądomotorycznych o wartościach J_1 = 82 mA i J_2 = 0 mA przełączanych kluczem S_1 sterowanym sygnałem nadawanym. Dioda D4 włączona w szereg z wyjściem nadajnika zapewnia wymagane parametry układu w stanie nieaktywnym ($R_{wy} > 1$ MΩ, $C_{wy} < 1$ pF).

2. Układ blokady od czasu nadawania

Zadaniem układu jest zablokowanie możliwości pracy nadajnika po przekroczeniu czasu wymaganego na wysłanie ramki o maksymalnej długości. Układ blokady od czasu nadawania jest przewidziany jako zabezpieczenie łącza sieci na wypadek awarii sterownika (przejście w stan ciągłego nadawania ramki. Przednie zbocze tego sygnału pobudza uniwibrator U2 odmierzający dopuszczalny czas nadawania (20 ms).

3. Detektor ważności sygnału odbieranego z kabla transiwera

Detektor ważności sygnału odbieranego z kabla transiwera sprawdza, czy wartość międzyszczytowa U_{pp} odebranego sygnału jest większa od 1.1 V (wartość przyjęta za minimalną) oraz czy jego współczynnik wypełnienia zawiera się w granicach $0.25 \leq \gamma \leq 0.75$.
W przypadku spełnienia obu wymienionych warunków sygnał odebrany z kabla transiwera wprowadzony zostaje do nadajnika transiwera, jeżeli natomiast któryś z warunków nie jest dpełniony, to sygnał traktowany jest jako "nieważny" i nie jest dalej transmitowany. Detekcję wartości międzyszczytowej zrealizowano w tradycyjnym układzie (diody D2, D3 i kondensatory C2, C3), którego wyjście podłączono do odwracającego wejścia komparatora K5. Na drugie wejście komparatora podano napięcie około 1.1 V, odpowiadające minimalnej wartości napięcia międzyszczytowego. Wyjście komparatora K2 blokuje bramkę B4 w sytuacji, gdy $U_{pp} < 1.1$ V.
Czas ustalania napięcia na wyjściu detektora wartości międzyszczytowej wynosi około 3 x (czas trwania bitu).

Szybkie rozładowanie kondensatora C3 po zaniku sygnału zrealizowano za pośrednictwem klucza S2 sterowanego sygnałem wyjściowym z uniwibratora U1.

W celu sprawdzenia wartości współczynnika wypełnienia wykorzystano fakt, że w sygnale o określonej wartości międzyszczytowej i wartości średniej równej zero współczynnik wypełnienia bezpośrednio determinuje amplitudę sygnału. I tak przy wartości międzyszczytowej sygnału wyjściowego z odbiornika K4, równej około 3.6 V, na wyjściu kondensatora C4 blokującego składową stałą współczynnikowi $\gamma = 0.25$ odpowiada amplituda (część dodatnia) 2.7 V, a współczynnikowi $\gamma = 0.75$ - amplituda (część ujemna) -2.7 V. i przekroczenie podanych wartości progowych powoduje zanik sygnału na wyjściu jednego z komparatorów K6, K7 i tym samym odcięcie (za pośrednictwem uniwibratorów U3, U4 oraz bramki B4) sygnału od nadajnika transiwera. Komparatory K1, K2, K3, K4 zrealizowano jako układy z histerezą o wartości odpowiednio: 0.3 V, 0.2 V, 1.1 V, -1.2 V.

2.3. Układ testowania detektora kolizji

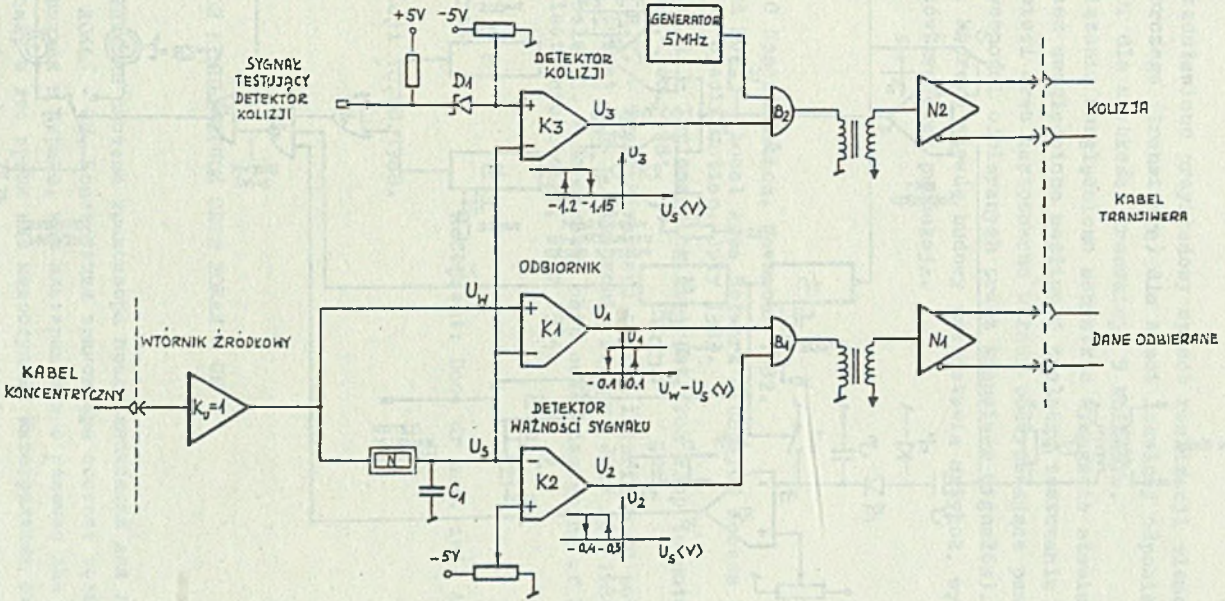
Zadaniem układu jest sprawdzenie po zakończeniu nadawania każdej ramki działania detektora kolizji oraz wymuszenie wysłania krótkiego sygnału kolizji o czasie trwania około 5 x (czas trwania bitu). Testowaniem objęty jest układ detektora i generatora sygnału kolizji. Impuls wyjściowy uniwibratora U5 poprzez diodę D1 zmienia wartość napięcia odniesienia komparatora na dodatnią i wymusza zmianę na jego wyjściu odpowiadającą wykryciu kolizji. Poprawne odebranie przynajmniej jednej ramki w połączeniu z powyższym testem pozwala na upewnienie się, że cały tor odbioru sygnału jest w pełni sprawny, ponieważ układ wyznaczania wartości średniej wykorzystywany jest zarówno przez detektor kolizji, jak i odbiornik sygnału.

2.4. Układy separacji galwanicznej dla nadawania i odbioru

Transiwer z jednej strony przyłączony jest do kabla koncentrycznego, z drugiej zaś wymienia informacje z kontrolerem stacji sieci za pośrednictwem kabla transiwera. Wymaga się przy tym separacji galwanicznej pomiędzy kontrolerem stacji sieci a układem transiwera. W sieci LOKAL-SM zapewniono pełne odizolowanie poszczególnych części łącza, umieszczając transformatory impulsowe na styku transiwer-kabel transiwera.

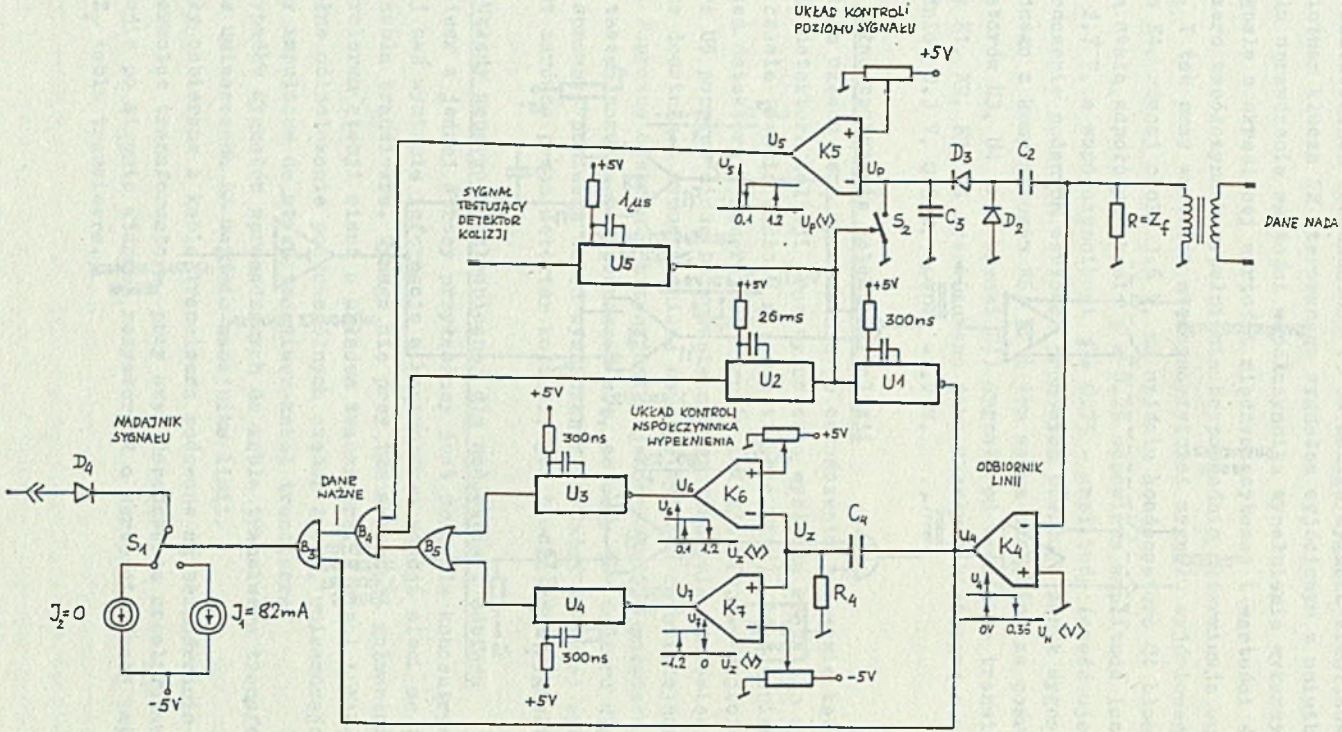
W przypadku sygnałów wprowadzanych do kabla transiwera transformatory impulsowe umieszczono na wejściu nadajnika linii.

Sygnały odbierane z kabla transiwera podawane są bezpośrednio na uzwojenie pierwotne transformatora, przy czym dopasowanie zrealizowano przez umieszczenie po stronie wtórnej rezystora R o wartości równej impedancji falowej Z_f kabla transiwera.



Rys. 2. Schemat logiczny części odbiorczej transiwera

Fig. 2. The receiving section of the transceiver. Logic diagram



Rys. 3. Schemat logiczny części nadawczej transiwera

Fig. 3. The sending section of the transceiver. Logic diagram

3. Podsumowanie

W artykule przedstawiono przykładowy sposób realizacji elementów układu nadawczo-odbiorczego (transiwera) dla sieci lokalnej odpowiadającej normie IEEE-802.3, dla szybkości transmisji 5 Mbitów/s.
W omówionym rozwiązaniu uwzględniono wszystkie wymagania stawiane transiwerowi, jak również uwzględniono możliwość zdalnego testowania transiwera przez kontroler sieci oraz zastosowano układy podwyższające pewność transmisji (badanie ważności odbieranych przez transiwer sygnałów). Modelowy układ transiwera, którego zasadę budowy przedstawia artykuł, wykonano w całości z elementów krajowej produkcji.

LITERATURA:

[1] Ethernet V2.0 Specification. November 1982.
[2] IEEE Standard 802.3 - Local Area Network - CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specification. July 1983.
[3] Mason J., Shaw G. - Implementing Ethernet from soup to nuts. - Data Communications, Dec. 1981.
[4] Balakrishnan R.V. - Transceiver and serial interface IC put personal computers on budget LAN. - Electronic Design, July 26, 1984.
[5] Haung H., Moseley G. - Manchester chip eases designing of Ethernet systems. - Electronic Design, July 1984.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Adam Wolisz

Wpłynęło do Redakcji 10.08.1988.

ТРАНСИВЕР ЛОКАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ЛОКАЛ - СМ

Р е з ю м е

В статье представлена система трансивера предназначенная для локальной сети компьютерной ЛОКАЛ - СМ. Конструкция трансивера состоит только из интегральных схем имеющихся в стране, как альтернативное решение для специализированных конструкций, в это время еще недоступных интегральных схем (Интель 82502, АмД 7996). Сконструированная система выполняет все требования указанные в стандарте IEEE-802.3. Совсем новое решение представляет собой система детектора колизии и система детектора важности сигнала.

THE LOKAL-SM LAN TRANSCEIVER CIRCUIT

S u m m a r y

In the paper transceiver circuit for Ethernet type local area network is described. All parameters of transceiver are in accordance with requirements presented in IEEE-802.3 standard. Oryginal solutions are collision detector circuit based on the method of determining average value of transmitted signal and noise filter, that checks the level and duty cycle of the signal transmitted from controller to transceiver.