



„Horacy” Artur Jureczko

44-122 Gliwice, ul. Kochanowskiego 25a/27

Regon: 276731920

NIP: 631-215-95-64

Internet: www.yuko.com.pl

e-mail: yuko@yuko.com.pl

tel: 783314473 fax: 327390403

Konwerter Ethernet / RS 232

typ **ETS-01**

1. Opis ogólny

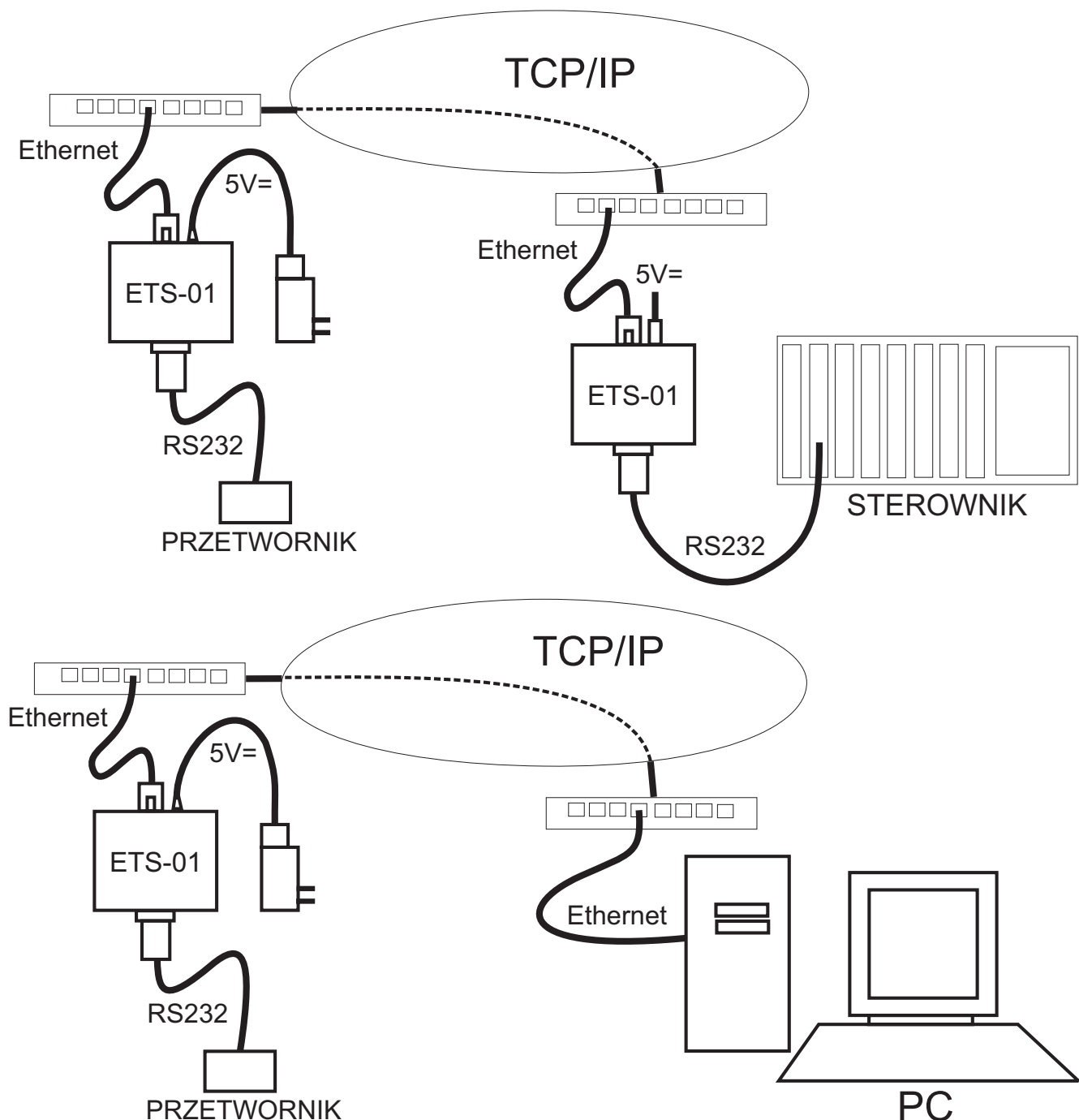
Konwerter typu ETS-01 jest urządzeniem umożliwiającym instalację w dowolnym miejscu sieci Internet asynchronicznego interfejsu szeregowego RS232 i komunikację pomiędzy urządzeniami dołączonymi do tego interfejsu, a dowolnym innym hostem znajdującym się w sieci Internet. Dostępne jest również oprogramowanie umożliwiające utworzenie w komputerze PC wirtualnego portu szeregowego i dostęp do interfejsu szeregowego konwertera ETS dołączonego w dowolnym miejscu sieci tak jak do lokalnego portu COM tego komputera. Dwa konwertery ETS dołączone do sieci umożliwiają przezroczystą transmisję danych pomiędzy portami szeregowymi urządzeń dołączonymi do tych konwerterów.

W konwerterze ETS-01 dostępne są dwa interfejsy:

1. **Ethernet 10/100Base-T** służący do dołączenia do sieci
2. **interfejs szeregowy RS232** do przyłączenia urządzeń końcowych.

Dane do/z portu szeregowego konwertera ETS transmitowane są w trybie Full Duplex poprzez interfejs Ethernet z wykorzystaniem właściwości protokołu TCP/IP do odległego komputera lub drugiego konwertera ETS.

Sygnaly sterujące dostępne na złączu interfejsu RS232 są generowane lokalnie i **nie są** przenoszone poprzez sieć.



Rys 1. Przykładowe wykorzystanie konwerterów ETS

Urządzenie skonstruowane jest w postaci niewielkiego pudełka zawierającego złącze DB9M interfejsu RS232, złącza RJ45 interfejsu Ethernet, wskaźniki stanu i trybu pracy oraz przełączniki umożliwiające konfigurację. Całość zasilana jest z zewnętrznego zasilacza. Obudowa konwertera przystosowana jest do przykręcenia do ściany.

Konwerter ETS może być wykorzystane wszędzie tam, gdzie istnieje konieczność podłączenia na dużą odległość urządzeń z interfejsem szeregowym, a jest możliwość wykorzystania do tego sieci Internet.

2. Parametry techniczne

2.1. Interfejs sieciowy

- **Typ:** 10Base-T/100Base-TX DTE z autodetekcją trybu pracy
- **Używane protokoły:** TCP, IP, UDP, ICMP, ARP
- **Wskaźniki:** Link, Speed/Data

2.2. Interfejs szeregowy RS232

- **Złącze:** DB9M
- **Parametry transmisji:** asynchroniczna, Full Duplex
- **Szybkość transmisji:** 1200..230400 bps
- **Wskaźniki:** IN (RxD), OUT (TxD)
- **Sterowanie transmisją:** None, XON/XOFF, RTS/CTS
- **Linie sterujące:** RTS, CTS

2.3. Zasilanie

- **Napięcie zasilające:** 5V prądu stałego, stabilizowanego, 200 mA

3. Opis działania

Urządzenie ETS-01 jest funkcjonalnie konwerterem asynchronicznego interfejsu szeregowego RS232 na interfejs sieciowy typu Ethernet. Na złączu DB9M dostępne są sygnały wybranego interfejsu szeregowego. Na złączu RJ45 wyprowadzone są sygnały standardowego interfejsu 10Base-T / 100Base-TX. Parametry trybu pracy interfejsu sieciowego (10/100 Mbps, Half/Full Duplex) ustalane są automatycznie za pomocą standardowego protokołu autonegociacji.

Urządzenie wyposażone jest w wskaźniki LED informujące o stanie połączenia i przepływie danych w interfejsie sieciowym Ethernet.

Urządzenie zasilane jest z zewnętrznego źródła napięcia stałego 5V.

Transmisja danych do/z interfejsu szeregowego odbywa się przy pomocy standardowych protokołów sieci Internet. Dzięki temu możliwe jest dołączenie urządzenia w dowolnym miejscu Internetu i transmisję danych z interfejsu szeregowego poprzez interfejs sieciowy i dalej poprzez Sieć do drugiego takiego samego urządzenia lub do komputera.

Konfiguracja urządzenia przeprowadzana jest przy pomocy specjalizowanego oprogramowania dostarczanego wraz z urządzeniem. W czasie konfiguracji określone są standardowe parametry sieciowe: adresy IP hosta i bramki oraz maskę podsieci i numer używanego portu sieciowego. Możliwe jest skonfigurowanie urządzenia w trybie uzyskiwania adresu z serwera DHCP. Konfiguruje się również parametry transmisji interfejsu szeregowego: szybkość transmisji oraz strukturę znaków i ewentualnie kontrolę przepływu. Dodatkowo, w celu optymalizacji transmisji można określić dodatkowe parametry takie jak rozmiar buforów i czasy reakcji. W parze współpracujących ze sobą urządzeń ETS trzeba jedno z nich określić w czasie konfiguracji jako serwer a drugie jako klient.

Konwertery ETS nie przenoszą stanu sygnałów sterujących interfejsu RS232, chociaż sygnały RTS i CTS dostępne są na złączu. Mogą być one wykorzystywane lokalnie do sterowania przepływem danych.

Transmisja danych pomiędzy końcowymi interfejsami szeregowymi odbywa się z opóźnieniem wynikającym z samej zasady działania konwerterów, oraz w większym stopniu, z właściwości sieci.

Typowe wykorzystanie konwerterów ETS przedstawione jest na Rys.1. W układzie z parą urządzeń ETS, po odpowiedniej konfiguracji, możliwa jest przeźroczysta transmisja danych pomiędzy ich interfejsami szeregowymi. W tej konfiguracji nie ma potrzeby używania żadnego dodatkowego oprogramowania. W układzie, w którym wykorzystuje się jeden konwerter ETS sterowany z komputera dołączonego do sieci, konieczne jest używanie specjalizowanego oprogramowania w tym komputerze. Można w tym celu wykorzystać jeden z dostępnych systemów tworzenia wirtualnych portów COM lub stworzyć na bazie dostępnych bibliotek swoją aplikację.

Konwerter ETS został skonstruowany w oparciu o technologię opracowaną przez firmę WIZnet. Firma ta dostarcza również oprogramowanie użytkowe i diagnostyczne. Najnowsze wersje tego oprogramowania dostępne są poprzez stronę internetową tej firmy (<http://www.wiznet.co.kr>).

4. Instalacja

4.1. Zasilanie

Zewnętrzne źródło stałego napięcia stabilizowanego 5V np. zasilacz sieciowy, należy dołączyć do złącza oznaczonego „5V” wtykiem 5,5 x 2,1 mm (+ w środku).

4.2. Interfejs szeregowy

Standardowy Interfejs RS 232 opisano obszernie w oddzielnej publikacji (<http://www.yuko.com.pl/v24b11.pdf>).

Sygnały interfejsu szeregowego wyprowadzone są na złącze DB9M zgodnie z tabelą poniżej.

Nr styku DB9M	Sygnal RS 232
1	
2	RxD (I)
3	TXD (O)
4	
5	GND
6	
7	RTS (O)
8	CTS (I)
9	

Tab. 1. Opis złącza DB9 interfejsu szeregowego

- (I) - sygnał wejściowy do konwertera,
(O) - sygnał wyjściowy

Tryb pracy portu szeregowego tzn. szybkość i strukturę znaku określa się programowo podczas konfiguracji urządzenia, jak to jest opisane w rozdz. 5.2.2.

Sygnaly sterujące w porcie szeregowym konwertera (RTS/CTS) są generowane i interpretowane lokalnie w konwerterze i ich stany nie są przesyłane poprzez sieć.

W przypadku ustawienia, w procesie konfiguracji programowej, trybu **Flow CTS/RTS**, sygnał **RTS** jest ustawiany w stan aktywny po otrzymaniu z sieci pierwszego znaku wyjściowego. Znaki będą transmitowane z portu szeregowego tylko w stanie aktywnym sygnału **CTS**. Po wysłaniu ostatniego znaku sygnał **RTS** powraca do stanu spoczynkowego. W przypadku ustawienia, innego trybu niż **Flow CTS/RTS**, sygnał **RTS** jest zawsze w stanie nieaktywnym, a sygnał **CTS** jest nieistotny.

4.3. Interfejs Ethernet

Port Ethernetu 10Base-T/100Base-TX automatycznie wykrywa konfigurację przewodów w kablu łączącym konfigurując odpowiednio linie danych do połączenia na wprost lub z przeplotem, tzn. jako urządzenie typu DCE lub DTE. Oznacza to, że aby uzyskać poprawne połączenie można użyć kabla „prostego” lub „z przeplotem” do połączenia zarówno z urządzeniem sieciowym DCE (switch, hub, router) jak i z końcowym urządzeniem DTE np. z komputerem.

Tryb pracy interfejsu: szybkość 10/100 Mbps, Half/ Full Duplex określane są poprzez standardowe procedury autonegocjacji/autodetekcji i nie może być ustawione w konwerterze ETS na stałe. Powoduje to, że w przypadku połączenia konwertera do urządzenia z interfejsem pracującym w takim samym trybie zostanie wynegocjowana najwyższa możliwa szybkość transmisji (najczęściej 100 Mbps) i Full Duplex. W przypadku połączenia z urządzeniem pracującym w jednym trybie (tzn. z wyłączoną autonegocjacją lub np. ze

starszymi urządzeniami pracującymi jedynie w 10Mbps Half Duplex) taki sam tryb pracy zostanie ustawiony w interfejsie konwertera ETS.

W złączu RJ45 zamontowane są dwa wskaźniki LED:

- zielony** - zapalony wskazuje poprawność połączenia w interfejsie Ethernet,
żółty - zapalony szybkość 100 Mbps, zgaszony 10 Mbps. Migotanie żółtego wskaźnika następuje w czasie nadawania i odbioru ramek Ethernet.

5. Konfiguracja programowa

5.1. Program konfiguracyjny

Do konfiguracji i testowania konwertera ETS używany jest program „**Generation Tool**” producenta układu elektronicznego zastosowane w konwerterze i dostarczane razem z konwerterem lub pobrane z witryny www.wiznet.co.kr, gdzie dostępne są najnowsze wersje.

W czasie pisania tej instrukcji najnowsza wersja programu instalacyjnego „**Generation Tool**” jest nazwana **WIZ1x0_105SR_install.exe**. Po uruchomieniu tego programu zostanie zainstalowany program „**Generation Tool**”. Program ten służy do konfiguracji konwertera ETS. Może być uruchamiany pod kontrolą systemu operacyjnego Windows 98/2000/XP/VISTA.

5.2. Procedura konfiguracji

Aby skonfigurować lub zmienić parametry konfiguracyjne konwertera ETS należy podłączyć go do zasilania, oraz za pomocą odpowiedniego kabla sieciowego do sieci Ethernet **w tym samym segmencie (VLAN-ie)**, w którym włączony jest komputer z zainstalowanym oprogramowaniem konfiguracyjnym. W tym samym czasie można podłączyć i skonfigurować wiele konwerterów ETS. Pojedynczy konwerter można podłączyć również bezpośrednio do komputera za pomocą kabla „prostego” lub „z przeplotem” jak to opisano w rozdziale 6.3.

Po uruchomieniu programu „**Generation Tool**” na ekranie komputera wyświetlone zostanie okno umożliwiające sterowanie procesem konfiguracji.

UWAGA ! Program powinien być uruchamiany przez użytkownika z uprawnieniami administratora.

5.2.1. Wyszukiwanie

W pierwszej fazie należy uruchomić procedurę wyszukiwania dostępnych konwerterów. Następuje to po wybraniu operacji „**Serach**”. Po zakończeniu wyszukiwania adresy Ethernet MAC wszystkich dostępnych konwerterów zostaną wyświetlone w okienku „**Board list**”. Adresy te są niepowtarzalne i jednoznacznie identyfikują poszczególne konwertery.

Konwertery już wcześniej skonfigurowane (z wpisanymi statycznymi adresami IP) można wyszukać po zaznaczeniu opcji „**Direct IP serch**” i wpisaniu adresu IP szukanego konwertera.

5.2.2. Konfiguracja

Każdy ze znalezionych konwerterów konfigurowany jest indywidualnie. Wybór konwertera do konfiguracji następuje przez zaznaczenie w okienku „Bard list” odpowiedniej pozycji.

W zakładce „Network” należy wpisać odpowiednie adresy IP, maskę, i numer portu, zgodnie z parametrami sieci, w której będzie docelowo pracował konwerter. Parametry te udostępni administrator tej sieci. Numer portu jest w zasadzie dowolny, większy niż 1024 i taki sam dla wszystkich konwerterów działających w systemie. Zalecane jest używanie portu 3000. W przypadku, gdy konwerter komunikuje się w ramach tego samego segmentu sieci lokalnej (VLAN-u), do parametru „Gateway” można wpisać dowolny nieistniejący adres np 0.0.0.0.

Możliwe jest ustawienie konwertera w tryb uzyskiwania adresu IP z serwera DHCP jeśli taki jest dostępny w sieci, co nastąpi po zaznaczeniu opcji „Enable DHCP mode”. Należy uwzględnić fakt, że dynamiczne adresy IP mogą powodować problemy z identyfikacją konwerterów w czasie ich eksploatacji.

Dla każdego konwertera należy wybrać jedną z opcji „Client”, „Server” lub „Mixed”. Tryb pracy „Mixed” oznacza, że konwerter, w razie potrzeby, może pełnić funkcję serwera, lub klienta.

W konfiguracji sieci, w której dwa konwertery współpracują ze sobą, jeden powinien pełnić funkcję serwera, a drugi klienta. Możliwe są więc następujące kombinacje ustawień konwerterów:

„Server” - „Client”

„Server” - „Mixed”

„Mixed” - „Client”

„Mixed” - „Mixed”

W układzie, gdzie z jednym lub kilkoma konwerterami współpracuje komputer, tryb pracy konwertera należy ustawić zgodnie z zaleceniami programu instalującego wirtualny port COM (patrz rozdz. 6).

Przy ustawieniu trybu „Server”, parametr „Server IP” jest nieistotny i może być ustawiony na 0.0.0.0.

Uaktywnienie opcji „**Enable Serial Debug Mode**” powoduje wysyłanie poprzez linię TXD portu szeregowego komunikatów o stanie konwertera. Jest to użyteczne w czasie uruchamiania i testowania systemu, ale zakłóca transmisję przy normalnej pracy.

W zakładce „Serial” określone są parametry portu szeregowego. Należy wpisać lub wybrać odpowiednie wartości. W przypadku wybrania Flow CTS/RTS należy zapewnić współpracę odpowiednich sygnałów w interfejsie szeregowym.

W zakładce „Option” można określić dodatkowe parametry: czas, po którym nastąpi rozłączenie sesji przy braku transmisji w porcie szeregowym, rozmiary buforów itd. W większości przypadków wszystkie pola w tej zakładce mogą zostać niewypełnione.

Operacja Setting powoduje wpisanie ustawionych parametrów do wybranego konwertera. Wpis ten jest trwały i

obowiązuje aż do zmiany w kolejnym procesie konfiguracji. Wpisaną konfigurację każdego konwertera można sprawdzić przez ponowne uruchomienie „Serach” i wyświetlenie jej przez wybranie odpowiedniego konwertera z okienka „Board list”.

6. Wirtualny port COM

Najwygodniejszym sposobem zapewnienia komunikacji pomiędzy portem RS232 konwertera ETS a programami działającymi w komputerze z systemem Windows, jest utworzenie w tym komputerze wirtualnego portu COM i połączenie go z portem RS konwertera.

Należy zaznaczyć, że wszystkie parametry wirtualnego portu COM (szybkość, struktura znaku itd.) są ignorowane. Ważne są parametry nadane w czasie programowej konfiguracji (rozdz. 5.2.2.)

Istnieje wiele programów tworzących wirtualne porty COM w systemie Windows i łączące je ze zdalnymi urządzeniami poprzez Ethernet. Poniżej przedstawiono 3 darmowe programy, których współpracę z konwerterem ETS przetestowano.

Przed zmianą programu na inny (innej firmy), należy bardzo dokładnie odinstalować poprzedni. Czasami standardowe procedury odinstalowujące pozostawiają fragmenty sterowników, które zakłócają pracę nowych. Dlatego zalecamy, aby na jednym komputerze instalować zawsze sterowniki tej samej firmy.

6.1. COM Port Redirector

Program **COM Port Redirector** firmy **Lantronix** tworzy wirtualny port szeregowy COM o wybranym numerze (od 1 do 255) i wiąże go z podanym adresem IP.

UWAGA ! Przy konfiguracji wirtualnego portu, po otwarciu funkcji „**Port Settings**”, należy zaznaczyć opcję „**Raw Mode**”

Przy wybraniu **Advanced - Run As Service**, Wirtualny COM będzie instalowany przy starcie systemu Windows.

Konwerter powinien mieć ustawiony tryb „Server” lub „Mixed” i podłączony do sieci lub bezpośrednio do komputera poprzez interfejs Ethernet

6.2. HW Virtual Serial Port

Program **HW Virtual Serial Port** firmy **HW Group** tworzy wirtualny port szeregowy COM o wybranym numerze (od 1 do 200) i wiąże go z podanym adresem IP.

Dla tego programu należy skonfigurować konwerter ETS jako „Server” lub „Mixed”.

Po zainstalowaniu i uruchomieniu programu należy zalogować się - hasło: admin.

- W zakładce „**Settings**” musi być odznaczone: „TCP Server Mode” oraz „NVT Enabled”.
- W zakładce „**Advanced**” należy pozostawić wszystkie dane niezmiennione.

- W zakładce „Virtual Serial Port” należy wpisać nr wirtualnego portu COM, IP i nr portu konwertera ETS (te same, które użyto w procesie konfigurowania konwertera). Następnie należy kliknąć „Create COM”.

Wirtualny port będzie istniał (nawet po zakończeniu programu) aż do kliknięcia „Delete COM”.

Dokładniejszy opis programu jest na str.: http://www.hw-group.com/products/hw_vsp/index_en.html

6.3. Virtual Serial Port Emulator

Program **Virtual Serial Port Emulator** (VSPE) firmy **Eterlogic** tworzy bardzo rozbudowany system wirtualnych i rzeczywistych portów COM w sieci i powiązań między nimi. Pozwala na łączenie, powielanie, przemapowanie wirtualnych i rzeczywistych portów COM. Można np. używać rzeczywistego portu COM na innym komputerze sieci, lub połączyć dwa rzeczywiste porty COM w sieci, tak aby dane z jednego były przekazywane bezpośrednio na drugi.

W programie VSPE tworzy się tzw. „urządzenia”. Są to wirtualne porty COM różnych typów, porty UDP, porty TCP różnych typów. W trakcie ich tworzenia określa się połączenia z innymi „urządzeniami” i rzeczywistymi portami COM.

Najprostszym sposobem komunikacji z konwerterem ETS jest utworzenie dwóch „urządzeń”:

- „Connector” - wirtualny port COM
- „TcpClient” - port TCP do komunikacji z ETS

W tym przypadku ETS powinien być skonfigurowany jako „server”, lub „mixed”.

Można także użyć innego „urządzenia”: „TcpServer”. Wtedy **do jednego wirtualnego portu COM można będzie podłączyć jednocześnie wiele konwerterów ETS**. Wszystkie konwertery muszą być skonfigurowane jako „client”, lub „mixed”. Dane z każdego konwertera będą przesyłane do wirtualnego COMa, a dane z COMa do wszystkich konwerterów jednocześnie.

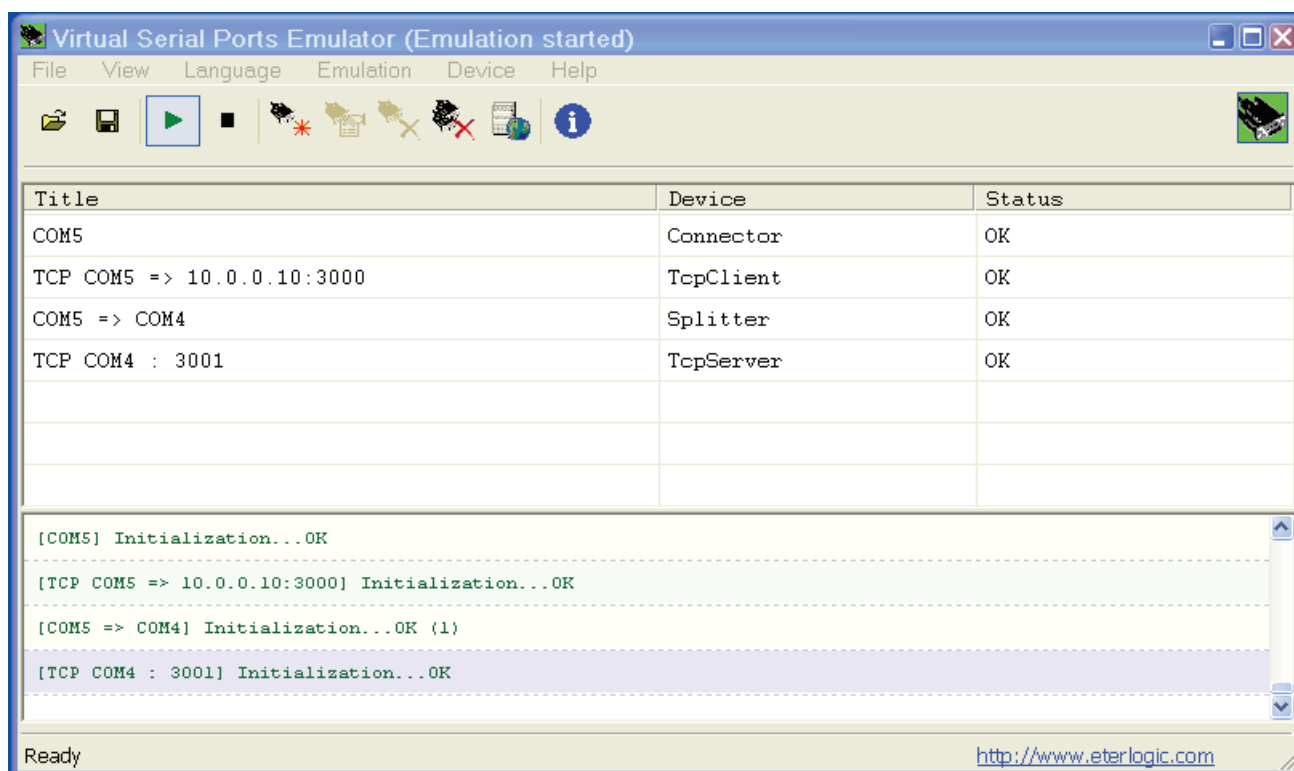
Możliwe jest także połączenie **jednego konwertera ETS z kilkoma komputerami**. Wprowadzie ETS może komunikować się, w danym czasie, tylko z jednym komputerem, ale ten komputer może pośredniczyć w wymianie danych z innymi komputerami. Na rys.2 przedstawiono konfigurację programu VSPE dla takiego komputera. W tym przypadku ETS powinien być skonfigurowany jako „server”, lub „mixed”. Oczywiście, na komputerze pośredniczącym, także można używać wirtualny portu COM (COM4) do komunikacji z ETS. W komputerach satelickich wystarczy zainstalować:

- „Connector” - wirtualny port COM
- „TcpClient” - port TCP do komunikacji z komputerem pośredniczącym.

W takim systemie dane z konwertera ETS będą przesyłane do wszystkich komputerów (pośredniczącego i satelickich), a dane z wszystkich komputerów będą przesyłane do ETS.

Program VSPE może utworzyć, na komputerze na którym działa, serwer HTTP, za pomocą którego można nim sterować ze zdalnego komputera. Tak więc całym systemem na wielu komputerach można sterować z jednego miejsca.

Szczegółowa **instrukcja programu VSPE** znajduje się na stronie: <http://www.eterlogic.com/help/vspe/index.html>



Rys 2. Przykładowa konfiguracja programu VSPE dla komputera pośredniczącego

UWAGA ! Darmowa wersja programu VSPE działa tylko w 32-bitowych wersjach systemu Windows.

7. Testowanie

Skonfigurowany konwerter można przetestować przy wykorzystaniu jednego z dostępnych systemów tworzenia wirtualnych portów COM opisanych wyżej. System taki tworzy wirtualny port szeregowy COM o wybranym numerze i wiąże go z podanym adresem IP.

Po uruchomieniu dowolnego programu do transmisji w porcie szeregowym np. **Hyperterminal** z Windows (**Start** → **Programy** → **Akcesoria** → **Komunikacja** → **HyperTerminal**) i wybraniu w tym programie utworzonego wirtualnego portu COM, można port szeregowy konwertera ETS wykorzystywać jak standardowy port COM komputera. Można zewrzeć styki 2 i 3 złącza RS232 i sprawdzić, czy znaki przechodzą przez konwerter i wyświetlają się w oknie Hyperterminala.

Innym sposobem testowania jest połączenie dwóch skonfigurowanych konwerterów ETS bezpośrednio lub poprzez sieć i wykorzystanie portów szeregowych obu konwerterów do połączenia dwóch komputerów, lub dwóch portów COM tego samego komputera. Dla każdego portu COM należy otworzyć okno Hyperterminala. Znaki pisane jednym w oknie Hyperterminala powinny pojawiać się w drugim i odwrotnie.

Przy ustawionej opcji „Enable serial debug mode” z portu szeregowego konwertera ETS wyprowadzane są komunikaty informujące o zmianie stanu połączenia.

8. Eksploatacja

W czasie instalacji i eksploatacji konwerterów ETS należy uwzględnić ich specyficzne właściwości wynikające z zastosowanych technologii.

Opóźnienie pomiędzy wysłaniem i odebraniem znaków na obu końcach zestawu komunikacyjnego zawierającego konwertery ETS jest sumą czasu potrzebnego do przeniesienia znaków poprzez protokoły sieciowe oraz opóźnienia wprowadzanego przez sieć. Może to stanowić problem w systemach, w których krytyczne są czasy reakcji urządzeń na komunikaty. Zmierzony czas przeniesienia znaku pomiędzy portem szeregowym konwertera ETS a warstwą aplikacji przy braku opóźnień w sieci wynosi ok. 5 ms i jest uzależniony od wydajności używanej aplikacji.

W przypadku gdy konwerter pracuje w trybie „Server”, może współpracować z kilkoma komputerami, bez zapisywania w nim nowej konfiguracji, jednak nie jednocześnie. Np jeżeli na jednym z komputerów w programie HW Virtual Serial Port (rozdz. 6.2) uruchomimy „Create COM”, to zablokuje to dostęp do konwertera innym komputerom. Wprowadzenie sam proces podłączania nie wykaże błędów, ale żadna transmisja przez konwerter nie przejdzie. Dopiero użycie „Delete COM” na podłączonym komputerze, pozwoli na podłączenie innego komputera.

W przypadku, gdy komunikacja z konwerterem ETS następuje poprzez sieć rozległą, urządzenie pełniące funkcję serwera musi posiadać publiczny adres IP. Klient może posiadać adres prywatny.

Spis treści

1. Opis ogólny
2. Parametry techniczne
 - 2.1. Interfejs sieciowy
 - 2.2. Interfejs szeregowy RS232
 - 2.5. Zasilanie
3. Opis działania
4. Instalacja
 - 4.1. Zasilanie
 - 4.2. Interfejs szeregowy
 - 4.3. Interfejs Ethernet
5. Konfiguracja programowa
 - 5.1. Program konfiguracyjny
 - 5.2. Procedura konfiguracji
 - 5.2.1. Wyszukiwanie
 - 5.2.2. Konfiguracja
6. Wirtualny port COM
 - 6.1. COM Port Redirector
 - 6.2. HW Virtual Serial Port
 - 6.3. Virtual Serial Port Emulator
7. Testowanie
8. Eksploatacja