

Jerzy MIKULSKI
Krzysztof ZYCH
Dariusz BOGACKI

ELEMENTY KOMPUTEROWEGO SYSTEMU STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Streszczenie. W stacyjnych systemach sterowania ruchem kolejowym zastosowanie nowoczesnej techniki cyfrowej może występować na poziomie zależnościowym (zastąpienie przekaznikowych urządzeń zależnościowych systemem komputerowym) bądź na poziomie sterowania urządzeniami zewnętrznymi.

Celem prezentowanej pracy było opracowanie specjalizowanych kart rozszerzających do komputera, umożliwiających jego współpracę z urządzeniami wykonawczymi w komputerowym systemie sterowania ruchem kolejowym oraz algorytmów obsługi tych kart.

Zagadnienie było rozpatrywane pod kątem możliwości zastosowania układów wielkiej skali integracji i mikrokomputerów jednoukładowych, a jako rozwiązanie końcowe przyjęto tę ostatnią wersję.

ЭЛЕМЕНТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛКАМИ И СИГНАЛАМИ

Резюме. В системах телеуправления стрелками и сигналами употребление современной цифровой техники может быть на уровне зависимости или на уровне управления внешними устройствами.

В статье представлено способ обработки специальных расширяющих модулей к компьютеру, которые дают возможность сотрудничества с устройствами в компьютерной системе телеуправления стрелками и сигналами а также алгоритмов этих модулей.

Вопрос был рассмотрен в возможностях употребления схемы интеграции на высоком уровне и односхемных микрокомпьютеров. Как конечное решение принято последний вариант.

ELEMENTS OF COMPUTER SYSTEM RAILWAY TRAFFIC CONTROL

Summary. Application of advanced digital-circuit engineering in railway traffic control system for station can take place in either a interlocking level (replacement of relay equipment by computer system) or a control level for external equipment.

A goal of the presented paper was to develop specialized extender cards enabling the computer to work with executive units in a computer controlled railway traffic system and to elaborate algorithms for servicing these cards.

The problem has been considered bearing in mind a possible application of highly integrated systems or single-chip microcomputers. The latter has been accepted as a final solution.

W stacyjnych systemach sterowania ruchem kolejowym zastosowanie nowoczesnej techniki cyfrowej może występować na poziomie zależnościowym (zastąpienie przekaźnikowych urządzeń zależnościowych systemem komputerowym) bądź na poziomie sterowania urządzeniami zewnętrznymi [1].

Sterowanie urządzeniami zewnętrznymi za pomocą mikrokomputera wymaga podzielenia obiektu sterowanego na moduły. Moduły urządzeń zewnętrznych należy następnie tak połączyć z modułami sterującymi, aby dane rozwiązanie można było zastosować na dowolnej stacji. Ponadto wymagane jest, aby były zachowane wszystkie normy dotyczące bezpiecznego sterowania ruchem pociągów.

Do ważniejszych wymagań techniczno-ruchowych dla komputerowych urządzeń sterowania ruchem kolejowym należy zaliczyć:

- możliwość sterowania ruchem na stacji z jednego centralnego stanowiska,
- dostosowanie do współpracy ze stosowanymi obecnie na liniach kolejowych urządzeniami blokady liniowej,
- wydawanie poleceń nastawczych powinno odbywać się za pomocą klawiatury (konstrukcja klawiatury i sposób jej obsługi powinny eliminować możliwość popełnienia omyłek w obsłudze).

Ogólna struktura systemu jest przedstawiona na rys.1.

System składa się z trzech poziomów:

- kontroli i zdalnego sterowania;
- zależnościowego;
- sterowania urządzeniami wykonawczymi.

Ważną cechą systemu musi być możliwość jego rozbudowy o nowe moduły (konieczne na przykład przy rozbudowie stacji).

Uniwersalne rozwiązanie powinno zakładać:

- możliwość montażu na każdej stacji;
- możliwość adaptacji systemu przy rozbudowie stacji.

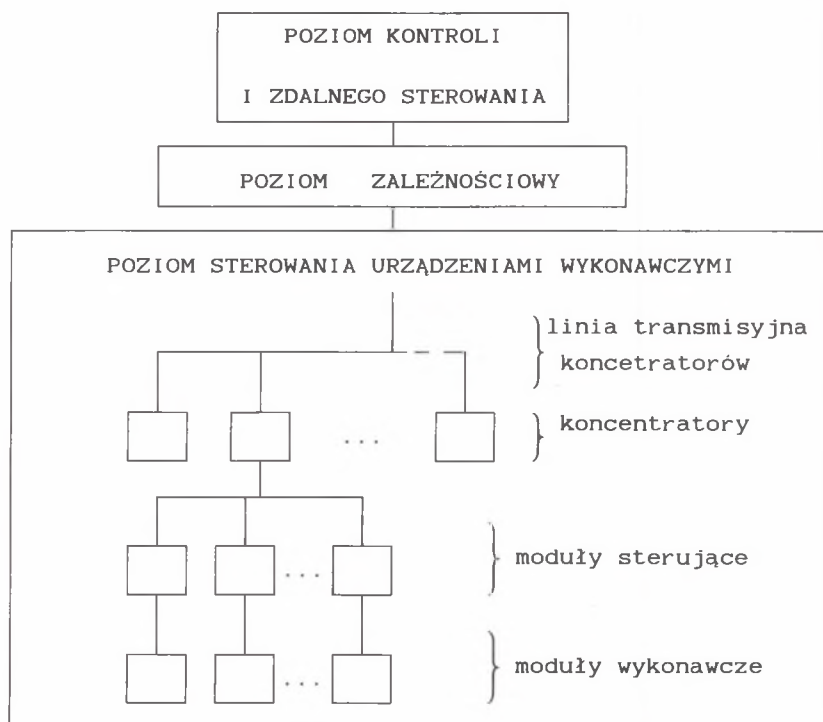
Realizacja obu warunków jest możliwa do spełnienia przy zastosowaniu systemu, który jest zbudowany modułowo. Ewentualna rozbudowa stacji wiązałaby się wówczas z dodawaniem nowych modułów. Trzeba zauważyć, że z rozbudową stacji związana jest modyfikacja oprogramowania. Zasadniczo mikrokomputerowy system sterowania powinien składać się z jednego komputera centralnego, dwóch komputerów zależnościowych, modułów sterujących i wykonawczych [1]. Rozbudowa takiego systemu odbywa się na poziomie modułów sterujących i wykonawczych.

Modułowa budowa systemu na poziomie sterowania urządzeniami zewnętrznymi może być realizowana według dwóch wariantów:

1. Każde urządzenie zewnętrzne posiada moduł wykonawczy. Moduły wykonawcze jednego typu urządzeń (np. tarcz manewrowych) podłączone są do jednego modułu sterującego (steruje on tylko tym rodzajem urządzeń). Wynika z tego, że każdy moduł sterujący posiadający n wyjść steruje n urządzeniami zewnętrznymi. Ewentualna rozbudowa stacji wiązałaby się z dodawaniem tylu modułów sterujących, ile jest potrzebnych do obsłużenia każdej grupy urządzeń sterowania ruchem kolejowym.

2. Każdy moduł sterujący obsługuje po jednym urządzeniu z każdej grupy (czyli steruje semaforem, tarczą ostrzegawczą, tarczą manewrową, powtarzaczem, zwrotnicą, odcinkiem izolowanym). Wynika z tego, że jeden moduł sterujący obsługuje 6 urządzeń zewnętrznych. Ewentualna rozbudowa stacji wiązałaby się z dodawaniem modułów sterujących (o liczbie modułów decyduje najliczniejsza grupa urządzeń zewnętrznych).

Schematy ideowe budowy obu systemów pokazano na rys. 2 i 3.

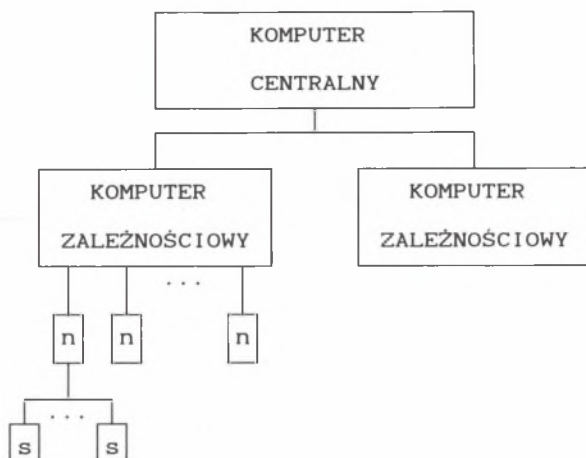


Rys.1. Ogólna struktura systemu zależnościowego

Fig.1. A general structure of the interlocking system

W pamięciach EPROM modułów sterujących pierwszego rozwiązania umieszczone są programy obsługi tylko jednej grupy urządzeń zewnętrznych. Oznacza to, że moduł sterujący na przykład semaforami posiada program obsługi jedynie semafora. W drugim rozwiązaniu pamięci EPROM modułów sterujących są bardziej rozbudowane, ponieważ sterowanie wszystkimi rodzajami urządzeń wymaga instalacji programów obsługujących wszystkie urządzenia sterowania ruchem kolejowym.

Ponadto w pierwszym systemie, po dobudowaniu 6 różnych modułów sterujących (wynika to z różnych typów urządzeń zewnętrznych - patrz podział modułów), możliwe jest sterowanie n urządzeniami z każdej grupy (n - liczba wyjść modułu sterującego). W drugim modelu sterowanie n urządzeniami każdej grupy wymaga dołączenia n modułów sterujących.



Rys.2. Budowa systemu z wykorzystaniem różnych modułów sterujących

n - różne moduły sterujące

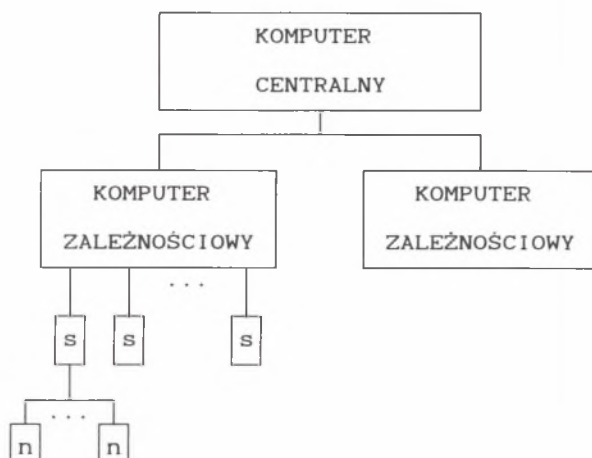
s - identyczne urządzenia wykonawcze

Fig.2. A design of the system with different control modules

n - different control modules

s - identical output devices

Porównanie budowy obu systemów wykazało przewagę modelu opartego na modułach sterujących różnego typu (wariant I). Schemat budowy modelu z wykorzystaniem różnych modułów został pokazany na rys.2. Komputer centralny zbiera informacje o stanie wszystkich urządzeń przekazując informacje dyżurnemu na planie świetlnym. Komputer ten, w oparciu o informacje z komputerów zależnościowych (wykluczających przebiegi sprzeczne w obrębie głowy), wyklucza przebiegi niemożliwe do zrealizowania. Komputery zależnościowe wydają polecenia do modułów sterujących.



Rys.3. Budowa systemu z wykorzystaniem identycznych modułów sterujących

s - identyczne moduły sterujące

n - różne urządzenia wykonawcze

Fig.3. A design of the system with identical control modules

s - identical control modules

n - different output devices

Na stanowisku komputera centralnego i zależnościowego można zastosować komputery PC (w wersji przemysłowej), ponieważ posiadają one wystarczającą moc obliczeniową i wysoką niezawodność, konieczną z uwagi na dużą liczbę informacji oraz częste komunikowanie się obu komputerów.

Kolejnym stopniem w hierarchii systemu jest poziom modułów sterujących. Urządzeniami, które można zastosować, są komputery jednoukładowe serii MCS48. Mikrokomputery jednoukładowe są układami scalonymi zawierającymi w sobie wszystkie bloki funkcjonalne (jednostkę sterującą, pamięć, układy wejścia - wyjścia) tworzące mikrokomputer zdolny do samodzielnego działania. Mają one wiele zalet w stosunku do mikrokomputerowych układów wieloukładowych, szczególnie w zastosowaniach, które wymagają małych systemów. Te zalety, to: małe wymiary, wysoka niezawodność wynikająca z mniejszej ilości elementów w układzie i niska cena.

Komunikacja między komputerem sterującym a zależnościowym może odbywać się na zasadach transmisji szeregowej lub równoległej w zależności od odległości między nimi. Moduł sterujący poprzez magistralę komunikuje się z jednostką nadrzędną. Otrzymuje on rozkazy inicjujące pracę programu, natomiast wystawia na magistralę danych sygnały potwierdzenia wykonania danego rozkazu lub/i sygnały awarii. Z drugiej strony, będąc elementem obsługującym pracę urządzenia zewnętrznego, wystawia nakazy wykonania rozkazu oraz przeprowadza kontrolę ich wykonania. Ogólną budowę modułu sterującego przedstawiono na rys.4.

Opis działania poszczególnych modułów, a w konsekwencji opis działania algorytmów komputerowej realizacji procesu sterowania urządzeniami zewnętrznymi wymaga wprowadzenia usystematyzowanego wektorowego opisu procesów sterowania na bazie modelu matematycznego zaczerpniętego z [2], [6].

Wszystkie cztery typy sygnałów (zgłoszenie rozkazu, wykonanie rozkazu, sterowanie danym urządzeniem, kontrola stanu urządzenia) tworzą odpowiednie wektory. Każdy wektor składa się z elementów (odpowiadających sygnałom), których liczba zależy od typu obsługiwanego urządzenia.

System zbudowany jest z sześciu różnych modułów sterujących urządzeniami zewnętrznymi na stacji. Są to następujące moduły: semafora, tarczy manewrowej, tarczy ostrzegawczej, semafora powtarzającego, zwrotnicy, obwodu torowego.

Komunikacja z komputerem nadrzędnym odbywa się poprzez przyjęcie odpowiedniego stanu przez wektor zgłoszenia rozkazu oraz przez ustawienie odpowiedniego stanu w wektorze awaryjnopotwierdzającym. Kontrola stanu urządzenia polega na sprawdzaniu stanu wektora kontrolnego, natomiast sterowanie danym urządzeniem wymaga ustawienia odpowiedniego stanu w wektorze sterującym .

W celu poprawnego sterowania i kontrolowania urządzeniami zewnętrznymi konieczne jest, aby mikrokomputer sprawdzał stan wektora kontroli oraz ustawiał wektor sterujący. Wszystkie sygnały sterujące i kontrolne mogą przyjmować stan 0 lub 1. Z tych sygnałów składają się wektory sterujące i kontrolne. "Różnica wartości" między odpowiednimi wektorami: sterującym i

kontrolnym (wektory te mogą przyjąć tylko określone stany; inne stany będą uznawane za niedozwolone) powoduje wygenerowanie sygnału awarii.



Rys.4. Ogólna budowa modułu sterującego

Fig.4. A general structure of the control module

Zabezpieczenie modułów sterujących przed błędami realizowane jest na dwóch poziomach:

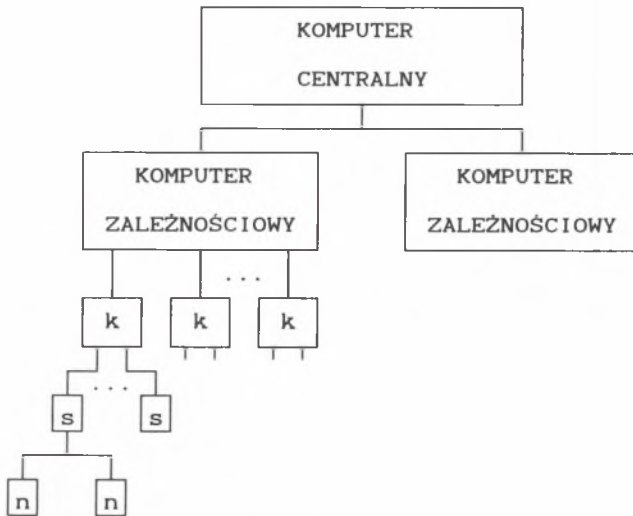
- na poziomie sprzętowym przez zastosowanie układu czasowego 8253 pełniącego funkcję "Watch-doga" adresowanego okresowo po zakończeniu każdego cyklu pracy modułu,
- na poziomie oprogramowania przez zastosowanie wszechstronnych testów programowych, których zadaniem jest kontrola prawidłowości działania mikroprocesora (test instrukcji na stałych danych i porównanie wyniku z wzorcem), pamięci RAM (test bajtów 55h, AAh) oraz pamięci EPROM (sprawdzanie prawidłowości sum kontrolnych).

Mikrokomputer jednoukładowy, będący ogniwem pośredniczącym między komputerami zależnościovymi a urządzeniami wykonawczymi, po otrzymaniu zgłoszenia rozkazu ze strony komputera nadrzędnego rozpoczyna wykonywanie tego polecenia według programu zawartego w pamięci EPROM. W czasie gdy brak jest zgłoszenia, znajduje się on w stanie ciągłego sprawdzania stanu swoich wejść (kontrola stanu wejść przez przepytanie).

W komunikacji między komputerami zależnościami a komputerami sterującymi wymagane jest stosowanie koncentratorów jako urządzeń pośredniczących (rys.5). Koncentratorami stosowanymi w systemie sterowania mogą być komputery PC zawierające dodatkowo tak zwane "karty rozszerzające" (w wersji przemysłowej 12), których podstawowymi elementami są komputery jednokładowe. Każda "karta rozszerzająca" jest umieszczona pod innym adresem, który pozwala na jednoznaczne jej określenie w przestrzeni adresowej przez jednostkę nadrzędną. Adres ten przekazywany jest z komputera centralnego (uwzględniając rodzaj obsługiwanego urządzenia) do komputera zależnościowego, który wybiera właściwy dla danego urządzenia koncentrator. Zadaniem koncentratora jest natomiast dokonanie identyfikacji właściwego modułu sterującego. Karty rozszerzające w zależności od przeznaczenia mogą być wyposażone w programy obsługi: semafora wjazdowego, semafora wyjazdowego, zwrotnicy, tarczy ostrzegawczej, powtarzacza, tarczy manewrowej, odcinka izolowanego.

Po otrzymaniu rozkazu od jednostki centralnej dla określonego urządzenia komputer zależnościowy wysyła rozkaz do odpowiedniego koncentratora. Koncentrator przekazuje rozkaz do modułu sterującego o podanym adresie, a sam cały czas sprawdza sekwencyjnie stan swoich wejść. Moduł urządzenia zewnętrznego wysyła polecenia sterujące, a po czasie potrzebnym na zadziałanie urządzenia przeprowadza kontrolę wykonania rozkazu. W zależności od tego, czy urządzenie zadziałało poprawnie czy nie, mikrokomputer jednokładowy wystawia na magistralę danych sygnały potwierdzenia lub/i awarii. Sygnały te odczytywane przez koncentrator są przesyłane wraz z adresem urządzenia do komputera zależnościowego.

Komputer zależnościowy po sekwencyjnym zebraniu informacji ze wszystkich koncentratorów o stanie urządzeń zewnętrznych przekazuje je do jednostki centralnej. Informacje o pracy urządzeń są przedstawiane dyżurnemu poprzez wygenerowanie odpowiednich sygnałów świetlnych na pulpicie lub na ekranie monitora [3], [5].



Rys.5. Szczegółowa budowa systemu

- k - koncentratory
- s - moduły sterujące
- n - urządzenia wykonawcze

Fig.5. A detailed structure of the system

- k - concentrators
- s - control modules
- n - output devices

Liczba "kart rozszerzających" obsługiwanych przez koncentrator zależy od obszaru przestrzeni adresowej dla urządzeń wejścia/wyjścia. W przypadku wykorzystania jako koncentratora komputera PC możliwa jest bezpośrednia obsługa 1024 urządzeń, ponieważ komputer ten posiada 10 linii adresowanych, jednakże część z nich jest przeznaczona do obsługi urządzeń peryferyjnych (monitory, drukarki itp.). W celu obsługi większej liczby urządzeń wskazane jest zwiększenie liczby koncentratorów. Możliwe jest również wspólne adresowanie pamięci i urządzeń wejścia/wyjścia koncentratora.

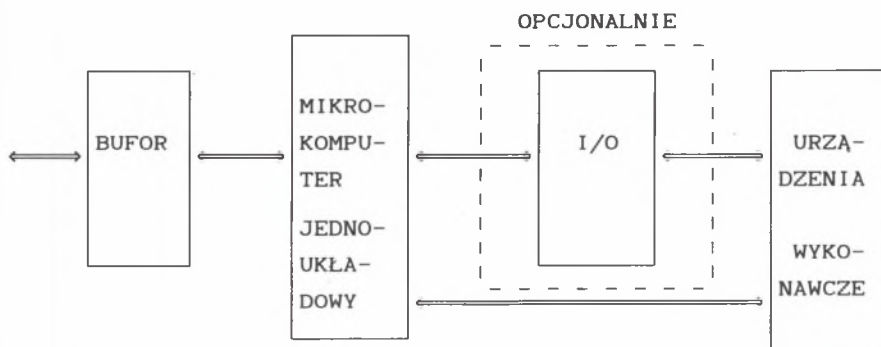
Jak zostało opisane wcześniej, mikrokomputery jednoukładowe są wykorzystywane do sterowania i kontrolowania urządzeń zewnętrznych. W tym celu konieczne jest połączenie urządzeń

wykonawczych z urządzeniami sterującymi. Schemat połączenia przykładowego urządzenia wykonawczego przedstawiono na rys.6 (na schemacie pominięto układy dopasowujące).

Komunikacja z koncentratorem (sygnały rozkazowe i awaryjno-potwierdzające) odbywa się za pośrednictwem bufora. Bufor stosowany jest w celu odseparowania (i wzmocnienia sygnałów) linii danych wyjściowych komputera jednokładowego od magistrali danych koncentratora.

W przypadku większej liczby sygnałów sterujących i kontrolnych niezbędne jest zastosowanie urządzeń wejścia/wyjścia (lub ekspanderów).

Opisany model mikrokomputerowego systemu sterowania urządzeniami zewnętrznymi na stacji jest tylko próbą ogólnego przedstawienia jego budowy. Bardziej szczegółowo opracowana została budowa najniższego poziomu sterowania. Możliwe jest wykorzystanie na tym poziomie mikrokomputerów jednokładowych. Algorytmy, według których działają urządzenia na stacji [4], opisują dokładnie poszczególne etapy ich pracy. Ewentualne



Rys.6. Schemat połączenia mikrokomputera z urządzeniem wykonawczym

Fig.6. A scheme of connecting the microcomputer with executive unit

uszkodzenie jakiegoś obiektu sterowanego jest sygnalizowane wygenerowaniem sygnału awarii. Realizowany program ma możliwość rozróżniania sygnałów alarmowych (do każdego sygnału awaryjnego przypisany jest inny wskaźnik sygnalizacji awarii).

Poruszony problem wymaga, oczywiście, dalszego opracowania i szczegółowej analizy. Konieczne jest przeanalizowanie działania pracy komputera zależnościowego i centralnego z uwzględnieniem komunikacji między nimi, jak również między komputerem zależnościowym a komputerami jednoukładowymi. Po szczegółowym opracowaniu tego modelu, jak również po jego gruntownym przetestowaniu i zbadaniu, możliwe jest jego zastosowanie na kolei.

LITERATURA

- [1] Mikulski J. Technika mikrokomputerowa na poziomie zewnętrznych urządzeń sterowania ruchem, ZN Pol.Śl., ser. Transport, z.19, Gliwice 1992.
- [2] Mikulski J., Zych K.: Model matematyczny układu torowego. Materiały konferencji: Modelowanie procesów przewozowych i ładunkowych w transporcie, Zakopane 1992.
- [3] Mikulski J., Zych K.: Uniwersalny plan stacji kolejowej, Materiały konferencji: Modelowanie procesów przewozowych i ładunkowych w transporcie, Zakopane 1992.
- [4] Mikulski J., Zych K., Bogacki D.: Przystosowanie komputera IBM PC do współpracy z zewnętrznymi urządzeniami sterowania ruchem kolejowym, Praca BW-758/RT/92 (opracowanie wewnętrzne).
- [5] Mikulski J., Zych K.: Projektowanie uniwersalnego planu świetlnego stacji (w niniejszym zeszycie).
- [6] Mikulski J., Zych K.: Model sieciowy układu torowego (w niniejszym zeszycie).

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Wpłynęło do Redakcji 22.10.1993 r.

Abstract

Application of advanced digital-circuit engineering in railway traffic control system for station can take place in either a interlocking level (replacement of relay equipment by computer system) or a control level for external equipment.

A goal of the presented paper was to develop specialized extender cards enabling the computer to work with executive units in a computer controlled railway traffic system and to elaborate algorithms for servicing these cards.

The problem has been considered bearing in mind a possible application of highly integrated systems or single-chip microcomputers. The latter has been accepted as a final solution.

To control external equipment with computer, the controlled plant has to be divided into modules. The modules of the controlled plant shall be then combined with control modules in such a way to make the system applicable at any railway station. Furthermore, it is necessary to observe all standards on railway traffic safety.

The important features of the system shall include a possible assembly at each railway station and extension with new modules necessary in case of station development. It should be noted that an extension of the station is associated with software modification.

The computer control system shall comprise, basically, a central computer, slave computers, control and executive modules.

Two solutions have been taken into consideration :

- executive modules for one type of equipment are interconnected with one control unit (each external unit is provided with its executive module),
- each control module operates one executive unit from a given group of control equipment.

The memories of the control modules in the first solution contain service program for only one group of external units,

whereas the second solution requires to enter software drivers for all units. A comparison of both systems showed that the system based on different control modules is better.