

074

**ZESPÓŁ INTELIGENTNYCH SYSTEMÓW MOBILNYCH**

Nazwa ONB/ZNB

A

Główny wykonawca

**Prof. Andrzej Masłowski**

Wykonawcy:

Mgr inż. Adam Andrzejuk

Mgr inż. Piotr Szykarczyk

Mgr inż. Lech Szumilas

**MOBILNY ROBOT INTERWENCYJNO-INSPEKCYJNY****ETAP VI**

WYKONANIE PROTOTYPÓW ELEKTRONICZNYCH PODSYSTEMÓW ROBOTA

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

KBN

KIEROWNIK ZESPOŁU  
Inteligentnych Systemów/Mobilnych  
z.uz  
.....  
prof. dr. hab. inż. Andrzej Masłowski.....

Pracę zakończono dnia 20.12.1997

Nr arch. 7489

Nr zlecenia

1719C, 9651C

## Analiza deskrytorowa

Roboty interwencyjne, roboty inspekcyjne, roboty mobilne.

## Abstrakt

Praca zawiera opis wykonanych w niniejszym etapie prototypów podsystemów robota interwencyjno-inspekcyjnego.

## Tytuły poprzednich sprawozdań

- I. Opracowanie szczegółowych założeń.
- II. Przeprowadzenie analizy oferty rynkowej producentów elementów i podzespołów robota.
- III. Opracowanie dokumentacji wstępnej prototypu robota interwencyjno-inspekcyjnego.
- IV. Zakupy dostępnych w ofercie handlowej elementów i podsystemów robota interwencyjno inspekcyjnego

## Rozdzielnik

Egz. 1 .....

Egz. 2 .....

Egz. 3 .....

## SPIS TREŚCI

	str.
<b>WSTĘP .....</b>	<b>3</b>
<b>KOMPUTER ROBOTA MOBILNEGO.....</b>	<b>3</b>
<b>KOMPUTER PULPITU STEROWNICZEGO.....</b>	<b>6</b>
<b>PODSYSTEM ZBIERANIA INFORMACJI Z CZUJNIKÓW ODLEGŁOŚCI .....</b>	<b>8</b>
<b>PODSYSTEM ZBIERANIA INFORMACJI Z KAMER.....</b>	<b>8</b>
<b>PODSYSTEM KOMUNIKACJI RADIOWEJ.....</b>	<b>10</b>
<b>PODSYSTEM ZASILANIA .....</b>	<b>11</b>
<b>PODSYSTEM STEROWANIA.....</b>	<b>12</b>
<b>PODSYSTEM WIZUALIZACJI .....</b>	<b>13</b>
<b>PODSYSTEM NAPĘDU ROBOTA I MANIPULATORA .....</b>	<b>15</b>

## 1. WSTĘP

W niniejszym zadaniu badawczym projektu wykonano następujące prototypy podsystemów elektronicznych mobilnego robota interwencyjno-inspekcyjnego:

- a) komputer robota,
- b) komputer pulpitu,
- c) podsystem zbierania informacji z czujników odległości,
- d) podsystem zbierania informacji z kamer,
- e) podsystem komunikacji radiowej,
- f) podsystem zasilania,
- g) podsystem sterowania,
- h) podsystem wizualizacji.

Wszystkie podsystemy zostały wykonane zgodnie z założeniami projektu i zgodnie z dokumentacją wstępną. W dniu 3.12.97 roku odbyło się spotkanie z przedstawicielami jednostek antyterrorystycznych pracujących obecnie na robotach interwencyjnych produkcji zachodniej. Na spotkaniu tym zaprezentowana została budowa poszczególnych podsystemów robota. Zaproponowane rozwiązania znalazły uznanie wśród przyszłych użytkowników systemu, którzy ocenili je jako wybiegające w przyszłość i w wielu przypadkach przewyższające znane im konstrukcje.

## 2. KOMPUTER ROBOTA MOBILNEGO

Jako komputer pokładowy robota mobilnego zastosowano komputer przemysłowy [Rys. 2.1] firmy Or Industrial Computers o następujących danych technicznych.

PCB	Wielowarstwowa FR4	
Rozmiar	3U, 8TE	
Wymiary	PCB1: 100 x 160 mm PCB2: 111.76 x 160 mm	
Waga	ok. 500 g	
Pobór prądu	max 3.5 A/5V, 0.06A/12V	
Temperatura	przechowywanie:	-55°C +100°C
	praca:	-40°C +85°C
Szok termiczny	przechowywanie:	+/-20°C / min
	praca:	+/-10°C / min
Wilgotność względna	przechowywanie:	do 95%
	praca:	do 95%
Wibracje	Spektrum	5 do 500 Hz
	Przyspieszenie	2 g
Wstrząs	Amplituda	20 g
	Trwanie	6ms
Procesor	Pentium 133 MHz	
Cache RAM	Jeden chip	8 Kbyte dla instrukcji 8 Kbyte dla danych
DRAM	16 MB, 40/+85	

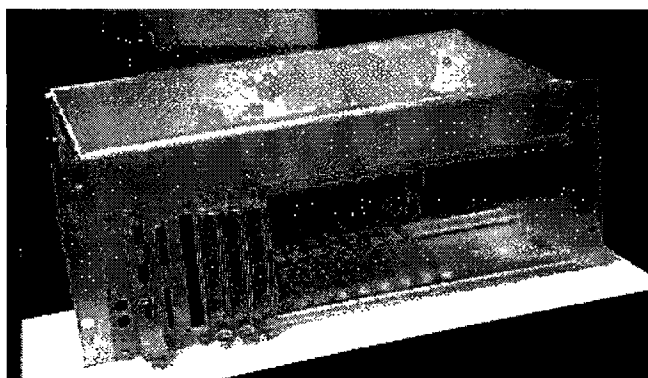
DUAL PORTED SRAM	64 Kbyte (buforowane bateryjne)
Flash BIOS	256 Kbyte : AWARD POWER BIOS SCSI BIOS VGA BIOS Moduł Ethernet BOOT Silicon Disk Power Managment
Flash Disk	Możliwość zainstalowania do 16 Mb dysku
EEPROM	EEPROM na każdym PCB
DMA	Dwa sterowniki kompatybilne z Intel 8237A ze zwiększoną szybkością transferu
Timer	Sterownik kompatybilny z Intel 8254
Interrupt	Dwa sterowniki kompatybilne z Intel 82C59A
RTC	Kompatybilny z Motorola MC146818 z własną baterią
LTH	
Extension Bus	A(62+36) - pin PCB ISA bus A(64+40) - pin PC104 (AMPRO) A(98+22) - pin PCB PCIbus A(2 x 64) - PMC Mezzanine
Klawiatura	Kompatybilna z IBM PC/AT ze złączem PS/2
Watchdog	Z dwoma wybieralnymi obiegami czasowymi
NMI-Timer	Timer programowalny przez użytkownika
VME Bus Interface 821/297	W pełni zgodny z ANSI/IEEE STD-1014 oraz IEC
Video	Tryby transferu: A24/A16, D8/D16 VGA, oraz wyświetlacze LCD i CRT (zegar do 65 MHz) Rozdzielczość CRT do 1024 X 768, 16/256 kolorów
FDD	3.5", 1.44 Mb
HDD	IDE dysk 2.5", 1.0Gb
Szeregowy I/O	Dwa kanały kompatybilne z async. 16550 Prędkość transmisji do 115.2 Kbaud
Równoległy I/O ECP i	Jeden dwukierunkowy port IEEE 1284 obsługujący tryby EPP

Na robocie interwencyjno-inspekcyjnym konieczne jest zastosowanie 31 wyjść cyfrowych obsługujących sterowanie poszczególnymi stopniami swobody manipulatora (2x8 bitów), wybór jednego z czterech typów broni (4), włączanie reflektora (1), włączanie jednej z czterech kamer CCD (4) oraz sterowanie parametrami kamer takimi jak zoom, ostrość i przesłona (6).

Ze względu na niezawodność i bezpieczeństwo pracy systemu zrezygnowano z multipleksowania wyjść i zastosowano płytę bazową VMIO-10 o następujących parametrach technicznych:

PCB	Wielowarstwowa FR4
Rozmiar	3U, 8TE
Wymiary	PCB: 100 mm x 160 mm x 17 mm
Waga	125 g
Pobór prądu	max 0.29 A/5V

Temperatura	przechowywanie: -55°C +100°C praca: -40°C +85°C
Wilgotność względna	0-95% (bez kondensacji)
Przestrzeń adresowa	256 słów
Baza adresowa	wybierana przez jumpery
Czas dostępu do danych	max. 375 ns
VME Bus Interface	W pełni zgodny ze specyfikacją VMEbus, Tryby transferu: A24/A16, D8



*Rys. 2.1 Komputer robota mobilnego  
/wolne miejsca przeznaczone są na dodatkowe zasilacze, przetwornice, multiplekser i  
inne dodatkowe wyposażenie/*

Każda płyta bazowa może zostać zaopatrzona w 4 specjalizowane moduły wejść lub wyjść cyfrowych oraz wejść analogowych. Jako moduły wyjść cyfrowych zastosowano cztery płyty nakładkowe typu VMIO-17 będące 8 kanałowymi opto-izolowanymi wyjściami cyfrowymi o następujących parametrach technicznych:

PCB	Wielowarstwowa FR4
Wymiary	PCB: 109 mm x 24.5 mm x 15 mm
Waga	25 g
Pobór prądu	max 0.015 A/5V
Temperatura	przechowywanie: -55°C +100°C praca: -40°C +85°C
Wilgotność względna	0-95% (bez kondensacji)
Czas przetwarzania danych	wł. : 10 us, wył.: 50 us
Napięcie przełączania	80V
Prąd maksymalny	0.5 A (7 A peak)
Izolacja	500 V

Ze względu na konieczność odczytu stanu enkoderów (2) oraz wyłączników krańcowych manipulatora (16) potrzebne było wyposażenie robota w 3 nakładkowe, ośmio-kanałowe wejścia cyfrowe typu VMIO-16 o poniższych parametrach technicznych:

PCB	Wielowarstwowa FR4
Wymiary	PCB: 109 mm x 24.5 mm x 15 mm
Waga	25 g

Pobór prądu	max 0.02 A/5V
Temperatura	przechowywanie: -55°C +100°C praca: -40°C +85°C
Wilgotność względna	0-95% (bez kondensacji)
Czas przetwarzania danych	250 us
Napięcie przełączania	12V
Prąd maksymalny	20 mA
Częstotliwość przełączania	1 kHz
Izolacja	500V

Ze względu na to, że położenie manipulatora określane będzie za pomocą czujników potencjometrycznych (8), pomiar odległości od przeszkód dokonywany będzie przez czujniki ultradźwiękowe (8) pomiar siły ścisku chwytaka (1) oraz centryczne ustawienie chwytaka (2), a także podsystem pomiaru stanu naładowania akumulatorów (1) wymagane jest zastosowanie 20 przetworników analogowo-cyfrowych. W tym celu komputer robota został zaopatrzony w dwie 16-kanalowe płyty nakładkowe typu VADC-20. Poniżej znajdują się parametry techniczne przetwornika:

PCB	Wielowarstwowa FR4
Rozmiar	3U, 8TE
Wymiary	PCB: 100 x 175 mm x 18 mm
Waga	ok. 140 g
Pobór prądu	max 0.2 A/5V
Temperatura	przechowywanie: -55°C +100°C praca: -25°C +85°C
Wilgotność względna	0-95% (bez kondensacji)
Przestrzeń adresowa	256 słów
Czas dostępu do danych	max. 200 ns
VME Bus Interface	W pełni zgodny ze specyfikacją VMEbus, Tryby transferu: A16, D16
Zakres napięć wejściowych	wybijany przez jumpery: +10V, +/- 5V, +/-10V
Czas konwersji	max. 25us
Max. napięcie przełączania	35 V
Min napięcie przełączania	7 V
Max prąd wyjściowy	2 A (14 A peak)

### 3. KOMPUTER PULPITU STEROWNICZEGO

Podobnie jak w przypadku robota mobilnego, do pulpitu sterowniczego zastosowano komputer przemysłowy firmy Or jednakże o nieco zmienionej konfiguracji i parametrach. Różnice wynikają z możliwości przyszłego rozwoju systemu i zastosowania dodatkowych kart peryferyjnych. Poniżej zamieszczone są parametry techniczne komputera:

PCB	Wielowarstwowa FR4
Rozmiar	6U, 8TE
Wymiary	160.93 x 233.35 mm
Waga	ok. 500 g

Pobór prądu	max 4.8 A/5V, 0.03A/12V
Temperatura	przechowywanie: -55°C +100°C praca: -40°C +85°C
Szok termiczny	przechowywanie: +/-20°C / min praca: +/-10°C / min
Wilgotność względna	przechowywanie: do 95% praca: do 95%
Wibracje	Spektrum 5 do 100 Hz Przyspieszenie 2 g
Wstrząs	Amplituda 20 g Trwanie 6ms
Procesor	Pentium 133 MHz
Cache RAM	16 Kbyte cache I 256 Kbyte cache II
DRAM	16 MB, 40/+85
Flash BIOS	256 Kbyte : AWARD POWER BIOS SCSI BIOS VGA BIOS Moduł Ethernet BOOT Silicon Disk Power Managment
Flash Disk	Możliwość zainstalowania do 8 Mb dysku
DMA zwiększoną Timer	Dwa sterowniki kompatybilne z Intel 8237A ze szybkością transferu Sterownik kompatybilny z Intel 8254
Interrupt	Dwa sterowniki kompatybilne z Intel 82C59A
RTC	Kompatybilny z Motorola MC146818 z własną baterią
LTH	
SCSI	Kontroler PCIbus Ultra Fast-20 SCSI zgodny z SCSI-2 (prędkość transmisji do 20 Mbyte/s)
Klawiatura	Kompatybilna z IBM PC/AT ze złączem PS/2
Watchdog	Aktywuje reset programowy
NMI-Timer	Timer programowalny przez użytkownika
VME Bus 64 bit	64 bit PCI na VME, zakres transferu do 60 Mbytes
Video	VGA, oraz wyświetlacze LCD i CRT (zegar do 80 MHz) Rozdzielczość CRT do 1024 X 768, 16/256 kolorów
FDD	3.5", 1.44 Mb
HDD	IDE dysk 2.5", 1.0Gb
Szeregowy I/O	Dwa kanały kompatybilne z async. 16550 Prędkość transmisji do 115.2 Kbaud
Równoległy I/O	Dwa dwukierunkowe porty IEEE 1284 obsługujące tryby
ECP i	EPP
EIDE/ATAPI	Interfejs PCIbus EIDE/ATAPI dla 2 urządzeń. Obsługuje
tryby	0-4 PIO, oraz 0-2 DMA z maksymalną transmisją 16
Mbyte/s.	
PC/104	Złącze rozszerzające
PMC/PCI	Złącze rozszerzające, 33 MHz do 132 Mbyte/sek

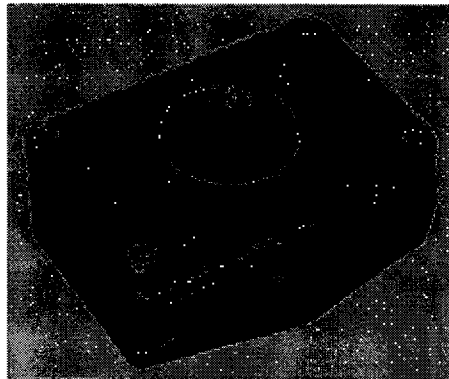


Komputer został ponadto wyposażony w jedną płytę nakładkową VMIO-20 zawierającą 16 wejść analogowych przeznaczonych do obsługi joysticka sterowania robota, oraz 2 płytki nakładkowe VMIO-17 zawierające 16 wyjść cyfrowych przeznaczonych do obsługi lampek sygnalizacyjnych pulpitu sterowniczego.

#### 4. PODSYSTEM ZBIERANIA INFORMACJI Z CZUJNIKÓW ODLEGŁOŚCI

Podsystem zbierania informacji z otoczenia składa się z 8 ultradźwiękowych czujników odległości [Rys. 4.1] o następujących parametrach technicznych:

Napięcie zasilania:	24 V
Zakres pomiarowy:	0.2m - 10m
Zakres napięć wyjściowych	0-10 V



Rys. 4.1. Ultradźwiękowy czujnik odległości

Czujniki połączone są sekwencyjnie tzn. zbocze opadające zegara sterującego dany czujnik powoduje włączenie kolejnego czujnika. Metoda taka eliminuje możliwość wzajemnego zakłócania się czujników, jednakże wydłuża całkowity czas pomiaru wokół robota do  $4\mu s \times 8 = 32 \mu s$ . Napięcie wyjściowe z czujnika jest proporcjonalne do zmierzonego dystansu od przeszkody. Jest ono przetwarzane przez moduł VMIO-20, a następnie programowo interpretowane graficznie na monitorze pulpitu sterowniczego.

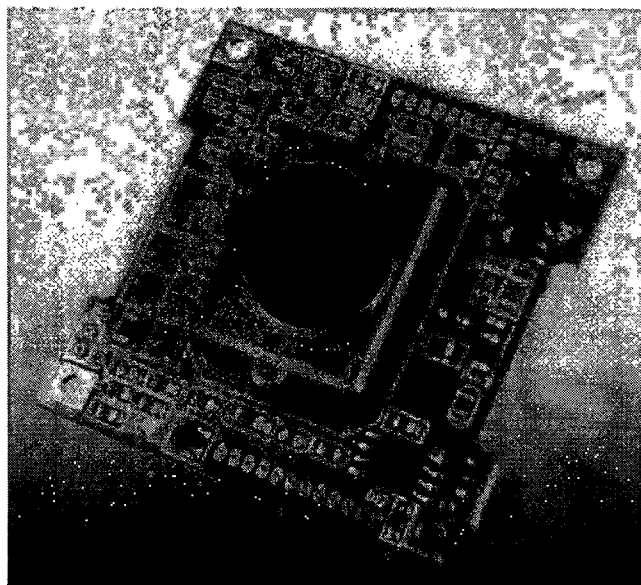
#### 5. PODSYSTEM ZBIERANIA INFORMACJI Z KAMER

Robot mobilny wyposażony jest w cztery kolorowe kamery cyfrowe. Kamera celownicza - umieszczona na manipulatorze, a także kamera manipulacyjna - umieszczona na chwytaku, zaopatrzone są w obiektywy o zmiennej ogniskowej, natomiast kamery służące do kierowania robotem interwencyjno-inspekcyjnym mają obiektywy o tak dobranej ogniskowej, aby w odległości 1m pole widzenia wynosiło ok. 1.5m. Jako kamerę celowniczą oraz manipulacyjną zastosowano kamery TRI-Q 2012A [Rys. 5.1] firmy BISCHKE natomiast jako kamery jezdne zastosowano moduły FPCC 38/4.3. [Rys. 5.2] W kamerze celowniczej zastosowano obiektyw MOTORZOOM 8-120 mm z możliwością ręcznej regulacji zbliżenia i ostrości oraz automatycznej lub ręcznej regulacji przesłony. W kamerze manipulacyjnej zastosowany został

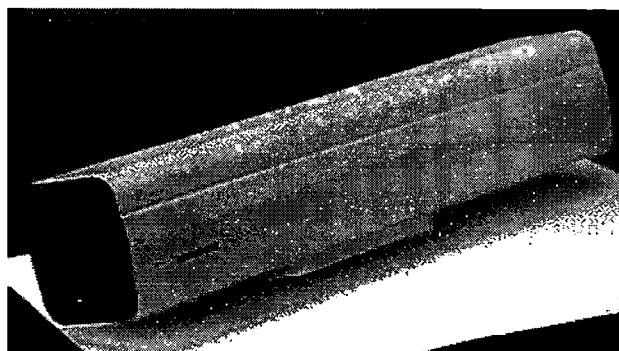
MOTORZOOM 8-64 mm z identycznymi jak wyżej parametrami regulacyjnymi. Kamery TRI-Q są kamerami trój-widmowymi tzn. przy wystarczającym oświetleniu przekazują obraz kolorowy, w przypadku niedostatecznego oświetlenia przełączają się w tryb pracy czarno-białej, natomiast w przypadku braku oświetlenia istnieje możliwość doświetlenia obiektu w podczerwieni. Wszystkie kamery zabudowane są w szczelnych obudowach aluminiowych [Rys. 5.3] wyposażonych w grzałki o mocy 2.5W z termostatem [Rys. 5.4]. Rozwiązanie takie eliminuje efekt zaparowania obiektywu lub szyby w obudowie.



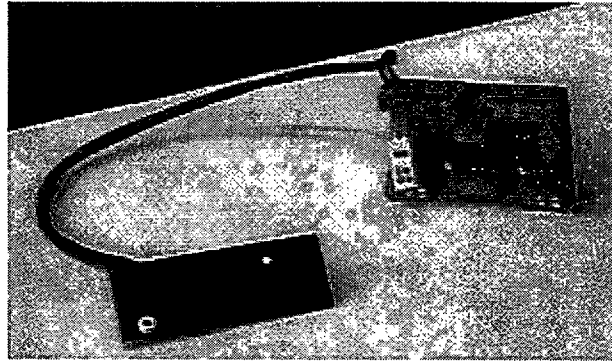
*Rys 5.1 Kamera CCD TRI-Q z obiektywem o ogniskowej 8-120 mm*



*Rys. 5.2 Moduł kamery FPCC*



*Rys. 5.3 Obudowa aluminiowa*



*Rys 5.4 Grzałka*

Z każdą kamerą sprzężony jest reflektor halogenowy o mocy 50 W. Wybór jednej z czterech kamer, ustawienie jej parametrów regulacyjnych (zoom, ostrość i przesłona), włączenie lub wyłączenie reflektora, a także wybór transmisji radiem lub kablem odbywa się zdalnie na pulpicie sterującym. Dane te przekazywane są do komputera robota i wykonywane przez multiplekser. Pulpit sterowniczy wyposażony jest w monitor kolorowy Trinitron SSM-14N1E/14N1U firmy SONY o przekątnej ekranu 14 cali.

## **6. PODSYSTEM KOMUNIKACJI RADIOWEJ**

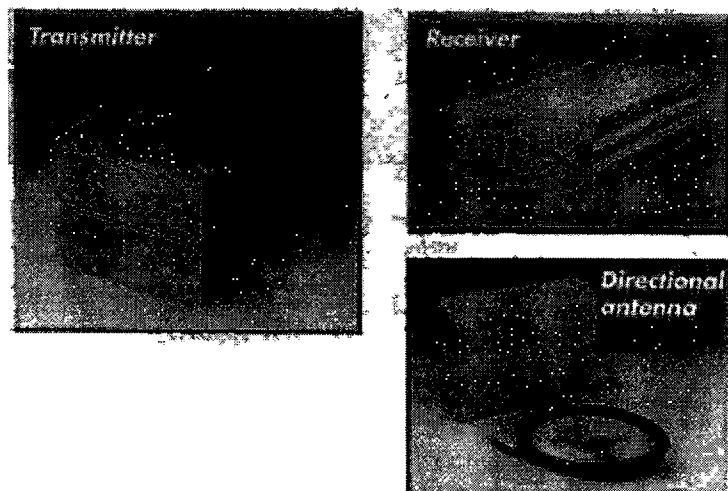
W projektowanym robocie interwencyjno-inspekcyjnym są dwa tory transmisji radiowej: tor transmisji danych oraz tor transmisji sygnału video. Wszystkie dane mogą być również przekazywane drogą kablową.

Komunikacja między komputerami zachodzi drogą kablową przez typową skrętkę przy wykorzystaniu modemów kablowych, lub drogą radiową. Zastosowane modemy radiowe [Rys. 6.1] pracują w technologii FHSS, polegającej na nieustannej zmianie częstotliwości nadawania w bardzo szerokim paśmie częstotliwości, co eliminuje możliwość przechwycenia lub zakłócenia informacji. Zasięg modemów zależy od panujących warunków wynosi ponad 100m w terenie zamkniętym i ok. 1km w terenie otwartym. Dane te zawierają informację odnośnie sterowania robota, a także dane o aktualnej konfiguracji manipulatora, odległości robota od przeszkód, siły zacisku chwytaka, stanu naładowania akumulatorów i innych danych ułatwiających operatorowi sterowanie robotem.



*Rys. 6.1. Modem do radiowej transmisji danych*

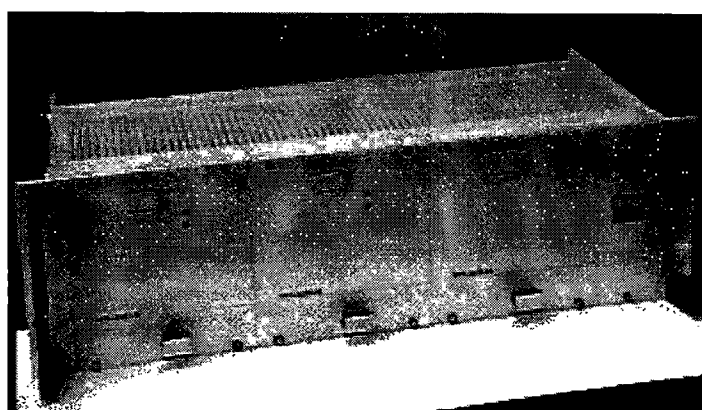
Obraz z kamer przekazywany jest do pulpitu sterowniczego drogą kablową (kabel koncentryczny o impedancji 75 Ohm), bądź też drogą radiową [Rys. 6.2] w czasie rzeczywistym na odległość ok. 100m w terenie zamkniętym i ok. 1km w terenie otwartym (zależnie od panujących warunków). Funkcja scrambling zapobiega przechwyceniu obrazu przez osoby niepowołane.



Rys. 6.2. Modem do radiowej transmisji video

## 7. PODSYSTEM ZASILANIA

Pulpit sterowniczy robota przystosowany jest do zasilania napięciem 220V z sieci lub z generatora spalinowego. Napięcie to jest przetwarzane przez zasilacz impulsowy na wartości +12V, -12V, +5V wymagane do zasilania komputera oraz układów elektronicznych pulpitu sterowniczego.

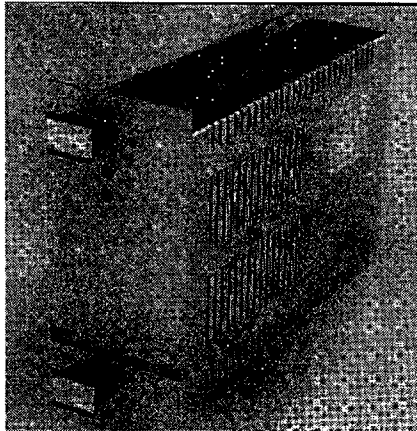


Rys. 7.1 Zasilacz 220V/24V 1500W

Robot mobilny jest przystosowany do zasilania kablowego napięciem 220V, które jest przetwarzane na napięcie 24V w zasilaczu o mocy 1500W [Rys. 7.1]. Jednocześnie robot posiada zasilanie akumulatorowe, które jest podstawowym źródłem zasilania automatycznie w chwili zaniku napięcia 220V oraz pomocniczym źródłem zasilania w

przypadku dużego obciążenia zasilacza sieciowego. W robocie zastosowano 2 szeregowo połączone 12V akumulatory żelowe do pracy cyklicznej o pojemności 110Ah każdy. Jak wynika ze wstępnych obliczeń pojemność zastosowanych akumulatorów wystarczy na pracę robota przez ok. 2 godziny. Podczas kablowego zasilania robota, akumulatory są automatycznie doładowywane do napięcia określonego przez producenta.

Zasilanie komputera oraz dodatkowych urządzeń elektronicznych odbywa się z przetwornicy 24V/ +12V, -12V i +5V. [Rys. 7.2] Wszystkie zasilacze mają wymiary w standardzie EURO.

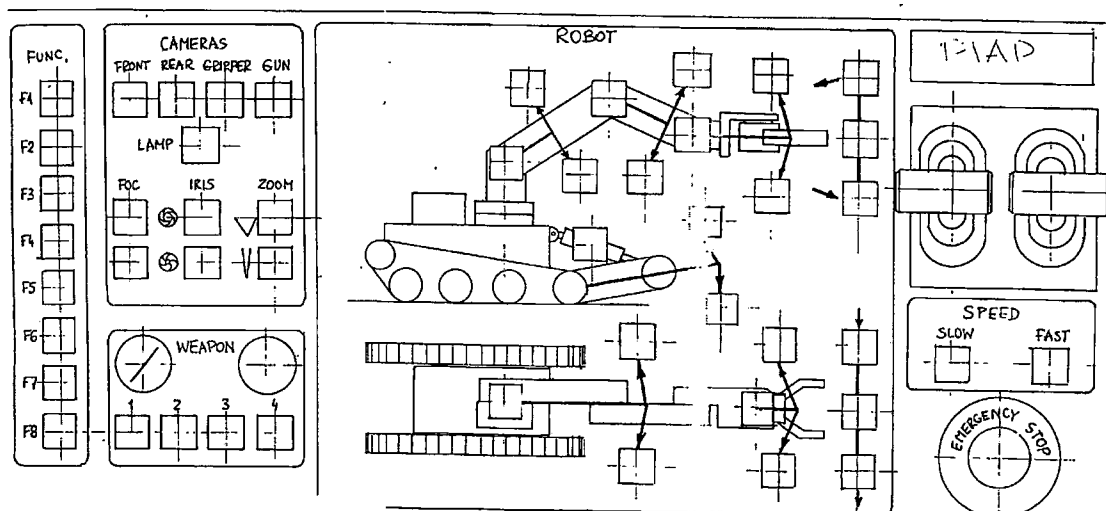


Rys. 7.2 Przetwornica 24V/12,-12,+5 V

## 8. PODSYSTEM STEROWANIA

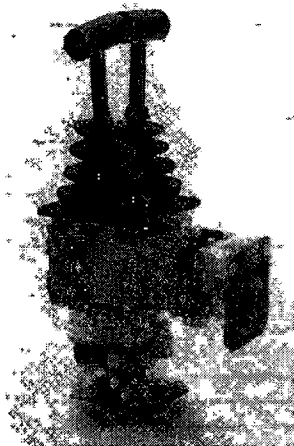
Rys.8.1 przedstawia widok pulpitu sterowniczego. Jako przyciski zastosowano zintegrowane z diodami LED wyłączniki astabilne firmy Klöckner Moeller. Dane z przełączników przetwarzane są przez procesor klawiatury PC i przekazywane do komputera pulpitu. Do sterowania prędkością i kierunkiem jazdy robota służy dwudźwigniowy joystick [Rys. 8.2]. Dane otrzymywane z joysticka przekazywane są przez przetwornik analogowo cyfrowy do komputera pulpitu, gdzie są przetwarzane i przesyłane do komputera robota. Stopień wychylenia manetki decyduje o prędkości robota, natomiast różnica wychyleń między dźwigniami - o jego kierunku. W celu ułatwienia sterowania robota wprowadzono dwa zakresy prędkości maksymalnych odpowiadających pełnemu wychyleniu dźwigni: prędkość operacyjną (małą) i dojazdową (dużą). Sterowanie manipulatora odbywa się poprzez naciśnięcie jednego z dwu przełączników odpowiadających danemu stopniowi swobody manipulatora. W celu zabezpieczenia urządzenia przed przypadkowym włączeniem sterowania manipulatora, każdy stopień swobody posiada dodatkowy wyłącznik blokujący lub zezwalający na jego sterowanie.

Do wyboru jednej z kamer CCD, ustawienia jej parametrów oraz włączenia reflektora służą przełączniki umieszczone w sekcji kamer. Wybór jednej z czterech broni realizowany jest po przekręceniu kluczyka zabezpieczającego i przez jednoczesne naciśnięcie przełącznika bezpieczeństwa (w koszyku) i odpowiedniego przełącznika danej broni



Rys. 8.1 Widok pulpitu sterowniczego

Na pulpicie umieszczono dodatkowe 8 przełączników funkcyjnych, którym mogą być przyporządkowane inne funkcje systemu (np. wejście do menu ekranowego, wybór jednej z dostępnych opcji lub bezpośrednie uaktywnienie funkcji autonomicznego powrotu robota do operatora, wyłączenia czujników odległości lub testu wskaźników)



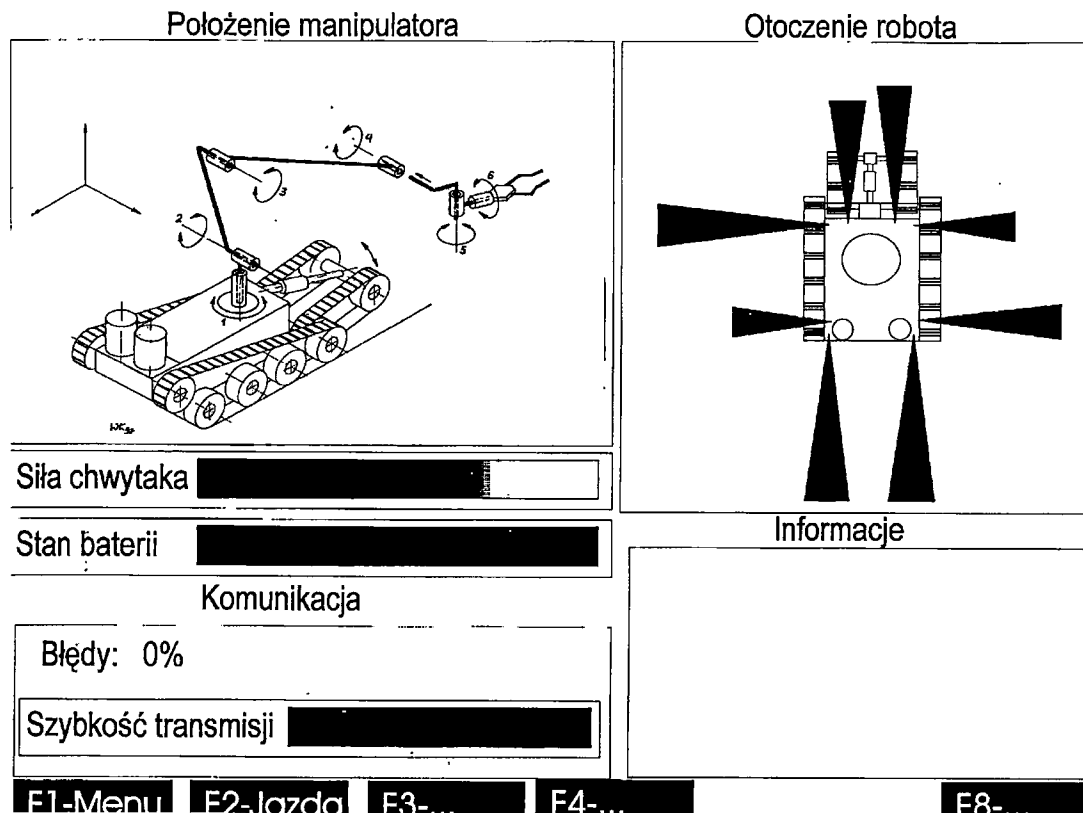
Rys 8.2 Joystick sterujący

## 9. PODSYSTEM WIZUALIZACJI

Podsystem wizualizacji składa się z różnokolorowych diod sygnalizacyjnych LED potwierdzających włączenie lub wyłączenie danego przełącznika na pulpicie (bądź aktywację danej funkcji), kolorowego monitora o przekątnej 14' do wizualizacji obrazu przekazywanego przez jedną z czterech kamer, oraz 9' monitora komputerowego.

Na monitorze przekazującym obraz z kamer dostępna jest dodatkowo informacja tekstowa opisująca która z kamer jest aktualnie włączona.

Przykładowy obraz na monitorze komputera przedstawiony jest na poniższym rysunku 9.1



Rys. 9.1 Wizualizacja danych na monitorze pulpitu

Obraz na monitorze komputera podzielony jest na kilka sekcji. W pierwszej z nich znajduje się przestrzenny rysunek kinematyki manipulatora robota. Na podstawie danych otrzymywanych z czujników potencjometrycznych umieszczonych na manipulatorze, wizualizacja konfiguracji manipulatora jest stale uaktualniana. W przypadku niewystarczającej czytelności takiego rozwiązania, sekcja ta będzie zawierała dwa widoki manipulatora: z góry i z boku.

Druga sekcja przedstawia w sposób graficzny zakres odległości od przeszkód. Dane te otrzymywane są z 8 ultradźwiękowych czujników odległości umieszczonych wokół robota.

Poniżej znajdują się graficzne wskaźniki określające siłę zacisku szczęk chwytaka 0-600N (otrzymywane z czujnika siły umieszczonego w chwytaku), stan naładowania akumulatorów robota, prędkość komunikacji radiowej oraz procent błędów podczas tej transmisji. Pojawienie się błędów przesyłu danych nie będzie powodowało oczywiście utraty sterowania robota lecz będzie wskaźnikiem informującym o zbliżaniu się do końca zasięgu modemów radiowych.

W prawym dolnym rogu ekranu znajduje się pole tekstowe w którym wyświetlane są komunikaty dla operatora.

Na samym dole ekranu umieszczone są pola graficzne wyboru jednej z 8 funkcji dodatkowych. Pierwsze pole zawiera menu w którym osoby uprawnione będą mogły zmienić parametry sterujące robota np. zdefiniować maksymalną prędkość operacyjną i dojazdową.

## **10. PODSYSTEM NAPĘDU ROBOTA I MANIPULATORA**

Do napędu bazy mobilnej zastosowane są dwa silniki prądu stałego o mocy 1 kW każdy. Dane otrzymane z joysticka przetwarzane są w przetworniku analogowo-cyfrowym i analizowane w komputerze pulpitu sterującego, który generuje następnie impulsy sterujące do komputera pokładowego robota. Sterowanie to, przez przetwornik cyfrowo-analogowy przekazywane jest do specjalizowanych wzmacniaczy silników.

W przypadku manipulatora i opuszczanej przedniej gąsienicy zastosowano pięć 200W silników prądu stałego oraz trzy 80W, sterowanych w trybie „włącz-wyłącz”. Prędkość obrotowa silników jest tak dobrana aby uzyskać optymalną prędkość poszczególnych stopni swobody. Prędkość ta zostanie dokładnie określona w etapie badań tego podsystemu. Aby zapobiec przed uszkodzeniem silników zastosowany został elektroniczny układ łagodnego rozruchu i hamowania.