

Dokumentacja - Winda

Filip Jędrzejewski

2 Czerwca 2024

1 Opis modelowanego systemu

Winda to system transportu pionowego, który głównie umożliwia przemieszczanie się osób między różnymi poziomami budynku. Działanie windy opiera się na kilku kluczowych elementach:

1. **Panel przycisków:** Pasażerowie wybierają piętro docelowe, naciskając odpowiedni przycisk na panelu (w windzie lub poza nią - przyciski na poszczególnych piętrach).
2. **Sterowanie:** Sygnały z przycisków są przekazywane do sterownika windy, który analizuje żądania i podejmuje decyzje dotyczące ruchu kabiny.
3. **Silnik:** Silnik elektryczny porusza kabiną windy w odpowiednim kierunku.
4. **Kabina:** Kabina windy porusza się w szybie windowym przewożąc pasażerów.
5. **Drzwi:** Drzwi kabiny i drzwi zewnętrzne (piętra) otwierają się i zamykają automatycznie, umożliwiając bezpieczne wejście i wyjście pasażerów.
6. **Wyświetlacz:** Wyświetlacz informuje pasażerów o aktualnym położeniu kabiny.

Cykl działania przykładowej windy:

1. Pasażer naciska przycisk, wskazując piętro docelowe.
2. Sterownik windy odbiera sygnał i analizuje go, uwzględniając aktualne położenie kabiny i inne żądania.
3. Sterownik wysyła polecenie do silnika, aby rozpocząć ruch w odpowiednim kierunku.
4. Silnik napędza kabinę poruszającą się w szybie windowym.
5. Gdy kabina osiągnie żądane piętro, sterownik wysyła polecenie do silnika, aby zatrzymać windę.

6. Sterownik wysyła polecenie do drzwi kabiny i drzwi piętra, aby się otworzyły.
7. Pasażerowie wchodzą lub wychodzą z windy.
8. Po określonym czasie lub po naciśnięciu przycisku zamknięcia drzwi, sterownik wysyła polecenie zamknięcia drzwi.
9. Po zamknięciu drzwi, winda jest gotowa do przyjęcia kolejnego żądania (cykl się powtarza).

2 Spis komponentów

2.1 Komponenty typu data

2.1.1 ElevatorState

Kod:

```
data ElevatorState
  properties
    Data_Model::Enumerators => ("Idle", "MovingUp", "MovingDown",
                                "DoorOpening", "DoorClosing");
    Data_Model::Data_Representation => Integer;
    Data_Size => 4 Bytes;
end ElevatorState;

data implementation ElevatorState.impl
end ElevatorState.impl;
```

ElevatorState to enumerator, który reprezentuje możliwe stany windy. Komponent ten jest używany do śledzenia aktualnego stanu windy w systemie. W podanym modelu zdefiniowano pięć stanów:

- **Idle:** winda jest bezczynna, nie porusza się i ma zamknięte drzwi.
- **MovingUp:** Winda porusza się w górę.
- **MovingDown:** Winda porusza się w dół.
- **DoorOpening:** Drzwi windy są otwierane.
- **DoorClosing:** Drzwi windy są zamykane.

2.1.2 ElevatorAction

Kod:

```
data ElevatorAction
end ElevatorAction;
```

```
data implementation ElevatorAction.impl
  subcomponents
    targetFloor: data FloorNumber;
    direction: data MotorCommand;
end ElevatorAction.impl;
```

`ElevatorAction` jest typem danych służącym do przekazywania informacji o żądanej akcji windy. W implementacji `ElevatorAction.impl`, widzimy, że składa się z dwóch subkomponentów:

- **targetFloor:** Określa piętro docelowe, na które winda ma się udać.
- **direction:** Określa kierunek ruchu windy

2.1.3 FloorNumber

Kod:

```
data FloorNumber
  properties
    Data_Model::Data_Representation => Integer;
    Data_Size => 4 Bytes;
end FloorNumber;

data implementation FloorNumber.impl
end FloorNumber.impl;
```

`FloorNumber` to typ danych reprezentujący numer piętra w budynku. W kontekście windy, `FloorNumber` jest używany do określania piętra docelowego, aktualnego piętra windy oraz do wyświetlania informacji o piętrze na panelu sterowania i wyświetlaczu w kabinie.

2.1.4 ButtonType

Kod:

```
data ButtonType
  properties
    Data_Model::Enumerators => ("CallUp", "CallDown", "Cabin");
    Data_Model::Data_Representation => Integer;
    Data_Size => 4 Bytes;
end ButtonType;

data implementation ButtonType.impl
end ButtonType.impl;
```

ButtonType to enumerator definiujący rodzaje przycisków obecnych w systemie windy. Ten typ danych jest używany w połączeniu z typem **FloorNumber** w strukturze **ButtonPress**, aby jednoznacznie określić, który przycisk został naciśnięty i na którym piętrze. Zawiera trzy wartości:

- **CallUp:** Przycisk wywołania windy na wyższe piętro, umieszczony na zewnątrz kabiny.
- **CallDown:** Przycisk wywołania windy na niższe piętro, umieszczony na zewnątrz kabiny.
- **Floor:** Przycisk wyboru konkretnego piętra, znajdujący się wewnątrz kabiny windy.

2.1.5 ButtonPress

Kod:

```
data ButtonPress
  properties
    Data_Size => 8 Bytes;
end ButtonPress;

data implementation ButtonPress.impl
  subcomponents
    floor: data FloorNumber;
    button_type: data ButtonType;
end ButtonPress.impl;
```

ButtonPress to struktura reprezentująca zdarzenie naciśnięcia przycisku w windzie. Zawiera ona dwa elementy:

- **floor:** Przechowuje numer piętra, na którym przycisk został naciśnięty (lub na jakie ma się udać).
- **button_type:** Określa rodzaj naciśniętego przycisku (góra, dół lub piętro).

Te informacje są kluczowe dla systemu sterowania windą, ponieważ umożliwiają mu określenie, na które piętro winda powinna się udać i w jakim kierunku.

2.1.6 MotorCommand

Kod:

```
data MotorCommand
  properties
    Data_Model::Enumerators => ("Up", "Down", "Stop");
    Data_Model::Data_Representation => Integer;
    Data_Size => 4 Bytes;
```

```
end MotorCommand;
```

```
data implementation MotorCommand.impl  
end MotorCommand.impl;
```

`MotorCommand` to enumerator definiujący możliwe polecenia sterujące dla silnika windy. Kontroler silnika interpretuje to polecenie i steruje silnikiem windy zgodnie z nim. Zawiera trzy wartości:

- **Up:** Polecenie ruchu windy w górę.
- **Down:** Polecenie ruchu windy w dół.
- **Stop:** Polecenie zatrzymania windy

2.1.7 DoorCommand

Kod:

```
data DoorCommand  
  properties  
    Data_Model::Enumerators => ("Open", "Close");  
    Data_Model::Data_Representation => Integer;  
    Data_Size => 4 Bytes;  
end DoorCommand;
```

```
data implementation DoorCommand.impl  
end DoorCommand.impl;
```

`DoorCommand` to enumerator określający możliwe polecenia dla drzwi windy. Zawiera dwie wartości:

- **Open:** Polecenie otwarcia drzwi windy.
- **Close:** Polecenie zamknięcia drzwi windy.

2.1.8 DoorState

Kod:

```
data DoorState  
  properties  
    Data_Model::Enumerators => ("Opened", "Closed", "Opening", "Closing");  
    Data_Model::Data_Representation => Integer;  
    Data_Size => 4 Bytes;  
end DoorState;
```

```
data implementation DoorState.impl  
end DoorState.impl;
```

`DoorState` to enumerator reprezentujący możliwe stany drzwi windy. Zawiera on cztery wartości:

- **Opened:** Drzwi są całkowicie otwarte.
- **Closed:** Drzwi są całkowicie zamknięte.
- **Opening:** Drzwi są w trakcie otwierania.
- **Closing:** Drzwi są w trakcie zamykania.

2.2 Komponenty typu thread

2.2.1 ButtonPanelThread

Kod:

```
thread ButtonPanelThread
  features
    button_press_in: in event data port ButtonPress;
    button_data_out: out data port ButtonPress;
  properties
    SEI::MIPSBudget => 15.0 mips;
end ButtonPanelThread;

thread implementation ButtonPanelThread.impl
end ButtonPanelThread.impl;
```

`ButtonPanelThread` jest wątkiem odpowiedzialnym za obsługę panelu przycisków w windzie. Jego głównym zadaniem jest odczytywanie sygnałów z przycisków i przekazywanie informacji o naciśnięciach do `ButtonPanelController`. Wątek `ButtonPanelThread` jest kluczowym elementem systemu windy, ponieważ umożliwia pasażerom komunikowanie swoich żądań do systemu.

2.2.2 ElevatorLogicThread

Kod:

```
thread ElevatorLogicThread
  features
    button_data_in: in data port ButtonPress;
    action_data_out: out data port ElevatorAction;
  properties
    SEI::MIPSBudget => 15.0 mips;
end ElevatorLogicThread;

thread implementation ElevatorLogicThread.impl
end ElevatorLogicThread.impl;
```

`ElevatorLogicThread` jest wątkiem odpowiedzialnym za podejmowanie podstawowych decyzji dotyczących działania windy. Jego głównym zadaniem jest analiza żądań pasażerów (`ButtonPress`) i generowanie akcji (`ElevatorAction`) w odpowiedzi na te żądania. Wątek ten bierze pod uwagę aktualny stan windy (np. piętro, kierunek ruchu) oraz informacje o naciśniętych przyciskach, aby zdecydować, na które piętro winda powinna się udać.

2.2.3 ElevatorLogicTransformThread

Kod:

```
thread ElevatorLogicTransformThread
  features
    action_data_in: in data port ElevatorAction;
    motor_state_in: in data port ElevatorState;
    motor_state_out: out data port MotorCommand;
    floor_data_out: out data port FloorNumber;
    door_command_out: out data port DoorCommand;
  properties
    SEI::MIPSBudget => 15.0 mips;
end ElevatorLogicTransformThread;

thread implementation ElevatorLogicTransformThread.impl
end ElevatorLogicTransformThread.impl;
```

`ElevatorLogicTransformThread` jest wątkiem odpowiedzialnym za przekształcanie akcji windy (`ElevatorAction`) na konkretne polecenia sterujące dla silnika (`MotorCommand`) i drzwi (`DoorCommand`). Dodatkowo, wątek ten wysyła informację do kontrolera wyświetlacza (`DisplayController`).

2.2.4 MotorControlThread

Kod:

```
thread MotorControlThread
  features
    motor_state_in: in data port MotorCommand;
    motor_state_out: out data port ElevatorState;
    motor_command_out: out data port MotorCommand;
  properties
    SEI::MIPSBudget => 10.0 mips;
end MotorControlThread;

thread implementation MotorControlThread.impl
end MotorControlThread.impl;
```

`MotorControlThread` jest wątkiem odpowiedzialnym za bezpośrednie sterowanie silnikiem windy. Odbiera on polecenia od `MotorController`, które określają, czy silnik ma się poruszać w górę, w dół, czy też zatrzymać. Na podstawie

tych poleceń, wątek generuje odpowiednie sygnały sterujące dla silnika i monitoruje jego stan.

2.2.5 DisplayThread

Kod:

```
thread DisplayThread
  features
    floor_data_in: in data port FloorNumber;
    display_output: out data port FloorNumber;
  properties
    SEI::MIPSBudget => 5.0 mips;
end DisplayThread;

thread implementation DisplayThread.impl
end DisplayThread.impl;
```

`DisplayThread` jest wątkiem odpowiedzialnym za aktualizację wyświetlacza windy. Odbiera on informację o aktualnym piętrze od `DisplayController` i wyświetla ją na panelu w kabinie windy. Wątek ten działa w sposób ciągły, aktualizując wyświetlacz za każdym razem, gdy winda zmienia piętro. Jego zadaniem jest informowanie, za pomocą wyświetlacza (`Display`), pasażerów o aktualnym położeniu windy.

2.2.6 CabinControlThread

Kod:

```
thread CabinControlThread
  features
    door_command_in: in data port DoorCommand;
    door_state_in: in data port DoorState;
    door_open: out event port;
    door_close: out event port;
  properties
    SEI::MIPSBudget => 5.0 mips;
end CabinControlThread;

thread implementation CabinControlThread.impl
end CabinControlThread.impl;
```

`CabinControlThread` jest wątkiem odpowiedzialnym za sterowanie drzwiami kabiny windy. Odbiera on polecenia od `CabinController`, które określają, czy drzwi mają być otwarte czy zamknięte. Wątek ten generuje odpowiednie sygnały sterujące dla mechanizmu drzwi. Działanie tego wątku jest kluczowe dla bezpieczeństwa i wygody pasażerów, zapewniając prawidłowe funkcjonowanie drzwi windy.

2.3 Komponenty typu process

2.3.1 ButtonPanelController

Kod:

```
process ButtonPanelController
  features
    receive_button_press: in data port ButtonPress;
    send_button_data: out data port ButtonPress;
  end ButtonPanelController;

process implementation ButtonPanelController.impl
  subcomponents
    buttonPanelThread: thread ButtonPanelThread.impl;
  connections
    c1: port receive_button_press -> buttonPanelThread.button_press_in;
    c2: port buttonPanelThread.button_data_out -> send_button_data;
  end ButtonPanelController.impl;
```

ButtonPanelController jest procesem odpowiedzialnym za zarządzanie panelem przycisków w windzie. Jego głównym zadaniem jest odbiór informacji o naciśniętych przyciskach z panelu i przekazanie tych danych do kontrolera logiki windy (ElevatorLogicController). Ten proces umożliwia pasażerom wybór piętra docelowego.

2.3.2 ElevatorLogicController

Kod:

```
process ElevatorLogicController
  features
    receive_button_data: in data port ButtonPress;
    receive_motor_state_data: in data port ElevatorState;
    send_floor_data: out data port FloorNumber;
    send_door_command: out data port DoorCommand;
    send_action: out data port MotorCommand;
  end ElevatorLogicController;

process implementation ElevatorLogicController.impl
  subcomponents
    logicThread: thread ElevatorLogicThread.impl;
    transformThread: thread ElevatorLogicTransformThread.impl;
  connections
    c1: port receive_button_data -> logicThread.button_data_in;
    c2: port receive_motor_state_data -> transformThread.motor_state_in;
    c3: port logicThread.action_data_out -> transformThread.action_data_out;
    c5: port transformThread.floor_data_out -> send_floor_data;
```

```

        c6: port transformThread.door_command_out -> send_door_command;
        c7: port transformThread.motor_state_out -> send_action;
end ElevatorLogicController.impl;

```

ElevatorLogicController jest centralnym procesem odpowiedzialnym za logikę sterowania windą. Odbiera on informacje o naciśniętych przyciskach oraz aktualny stan windy. Na podstawie tych danych, podejmuje decyzje dotyczące kierunku ruchu windy, piętra docelowego oraz stanu drzwi, wysyłając odpowiednie polecenia do kolejnych komponentów.

2.3.3 DisplayController

Kod:

```

process DisplayController
  features
    receive_floor_data: in data port FloorNumber;
    display_output: out data port FloorNumber;
end DisplayController;

process implementation DisplayController.impl
  subcomponents
    displayThread: thread DisplayThread.impl;
  connections
    c1: port receive_floor_data -> displayThread.floor_data_in;
    c2: port displayThread.display_output -> display_output;
end DisplayController.impl;

```

DisplayController jest procesem odpowiedzialnym za zarządzanie wyświetlaczem windy. Jego głównym zadaniem jest odbieranie informacji o aktualnym piętrze od ElevatorLogicController i przekazywanie ich do wątku DisplayThread, który zajmuje się fizyczną aktualizacją wyświetlacza.

2.3.4 CabinController

Kod:

```

process CabinController
  features
    receive_door_command: in data port DoorCommand;
    receive_door_state: in data port DoorState;
    door_open: out event port;
    door_close: out event port;
end CabinController;

process implementation CabinController.impl
  subcomponents
    cabinThread: thread CabinControlThread.impl;

```

```

        connections
            c1: port receive_door_command -> cabinThread.door_command_in;
            c2: port receive_door_state -> cabinThread.door_state_in;
            c3: port cabinThread.door_open -> door_open;
            c4: port cabinThread.door_close -> door_close;
    end CabinController.impl;

```

CabinController jest procesem odpowiedzialnym za zarządzanie drzwiami kabiny windy. Zapewnia, że drzwi otwierają się i zamykają tylko w odpowiednich momentach, na przykład gdy winda jest zatrzymana na piętrze, oraz że drzwi są bezpiecznie zamknięte podczas jazdy windy.

2.3.5 MotorController

Kod:

```

process MotorController
    features
        receive_motor_command: in data port MotorCommand;
        send_motor_state: out data port ElevatorState;
    end MotorController;

    process implementation MotorController.impl
        subcomponents
            motorThread: thread MotorControlThread.impl;
        connections
            c1: port receive_motor_command -> motorThread.motor_state_in;
            c2: port motorThread.motor_state_out -> send_motor_state;
        end MotorController.impl;
    end MotorController.impl;

```

MotorController jest procesem pełniącym rolę pośrednika między logiką sterowania windą, a silnikiem. Jego głównym zadaniem jest odbieranie poleceń ruchu i przekazywanie ich do wątku MotorControlThread, który bezpośrednio steruje silnikiem.

2.4 Komponenty typu bus

2.4.1 CANBus

Kod:

```

bus CANBus
    properties
        SEI::GrossWeight => 0.075kg;
        SEI::BandWidthCapacity => 1.0 Mbps;
    end CANBus;

    bus implementation CANBus.impl
    end CANBus.impl;

```

CANBus jest magistralą komunikacyjną typu CAN (Controller Area Network). Służy ona do wymiany danych między różnymi komponentami systemu windy. Magistrala CAN zapewnia niezawodną i szybką komunikację w czasie rzeczywistym, co jest kluczowe dla prawidłowego działania systemu windy.

2.4.2 HWConnection

Kod:

```
bus HWConnection
  properties
    SEI::GrossWeight => 0.075kg;
    SEI::BandWidthCapacity => 1000.0 Mbps;
end HWConnection;

bus implementation HWConnection.impl
end HWConnection.impl;
```

HWConnection reprezentuje magistralę sprzętową, która umożliwia szybką komunikację między procesorem (CPU) a pamięcią RAM (RAM). Jest to wewnętrzne połączenie o wysokiej przepustowości, które służy do przesyłania informacji między tymi dwoma komponentami systemu.

2.5 Komponenty typu memory

2.5.1 RAM

Kod:

```
memory RAM
  features
    hwcAccess: requires bus access HWConnection;
  properties
    SEI::GrossWeight => 0.025kg;
end RAM;

memory implementation RAM.impl
end RAM.impl;
```

RAM to komponent reprezentujący pamięć operacyjną systemu windy. Jest to miejsce, w którym przechowywane są dane tymczasowe, instrukcje programu oraz zmienne wykorzystywane przez procesor (CPU) podczas działania windy.

2.6 Komponenty typu processor

2.6.1 CPU

Kod:

```

processor CPU
  features
    canBusAccess: requires bus access CANBus;
    hwcAccess: requires bus access HWConnection;
  properties
    SEI::MIPSCapacity => 144.4 mips;
    SEI::GrossWeight => 0.05kg;
end CPU;

processor implementation CPU.impl
end CPU.impl;

```

CPU to centralny element obliczeniowy systemu windy, odpowiedzialny za wykonywanie instrukcji oprogramowania sterującego windą. Jest to kluczowy komponent, który przetwarza dane wejściowe z różnych czujników i przycisków, podejmuje decyzje dotyczące ruchu windy (kierunek, prędkość, zatrzymanie) oraz steruje innymi urządzeniami, takimi jak: silnik, drzwi i wyświetlacz.

2.7 Komponenty typu device

2.7.1 ButtonPanel

Kod:

```

device ButtonPanel
  features
    button_press: out data port ButtonPress;
    bus_access: requires bus access CANBus;
end ButtonPanel;

device implementation ButtonPanel.impl
end ButtonPanel.impl;

```

ButtonPanel jest urządzeniem, które reprezentuje panel przycisków wewnątrz i na zewnątrz windy. Zadaniem tego panelu jest umożliwienie pasażerom wydawanie poleceń windzie, takich jak wybór piętra docelowego czy wezwanie windy na dane piętro.

2.7.2 Cabin

Kod:

```

device Cabin
  features
    door_state: out data port DoorState;
    door_open: in event port;
    door_close: in event port;
end Cabin;

```

```
device implementation Cabin.impl
end Cabin.impl;
```

Cabin reprezentuje kabinę windy, czyli przestrzeń, w której przebywają pasażerowie podczas jazdy.

2.7.3 Motor

Kod:

```
device Motor
  features
    motor_state_in: in data port ElevatorState;
    motor_state_out: out data port ElevatorState;
end Motor;

device implementation Motor.impl
end Motor.impl;
```

Motor to urządzenie, które reprezentuje silnik elektryczny napędzający windę. Silnik ten jest odpowiedzialny za ruch kabiny w górę i w dół szybu windowego.

2.7.4 Display

Kod:

```
device Display
  features
    display_input: in data port FloorNumber;
end Display;

device implementation Display.impl
end Display.impl;
```

Display jest urządzeniem odpowiedzialnym za prezentowanie informacji pasażerom windy. Jego głównym zadaniem jest wyświetlanie aktualnego piętra, na którym znajduje się kabina.

2.7.5 ElevatorController

Kod:

```
device ElevatorController
  features
    action_receive: in data port MotorCommand;
    motor_command: out data port MotorCommand;
    motor_state_receive: in data port ElevatorState;
    motor_state_send: out data port ElevatorState;
    bus_access: requires bus access CANBus;
  properties
```

```

        SEI::GrossWeight => 0.5kg;
        Period => 100ms;
        Dispatch_Protocol => Sporadic;
end ElevatorController;

```

```

device implementation ElevatorController.impl
end ElevatorController.impl;

```

ElevatorController to urządzenie pełniące rolę głównego sterownika sprzętowego windy. Ten komponent jest kluczowy dla prawidłowego działania windy, ponieważ integruje logikę sterowania z fizycznymi elementami windy, takimi jak silnik i drzwi.

2.8 Komponenty typu system

2.8.1 ElevatorSystem

Kod:

```

system implementation ElevatorSystem.impl
  subcomponents
    button_panel: device ButtonPanel.impl;
    cabin: device Cabin.impl;
    motor: device Motor.impl;
    elevatorController: device ElevatorController.impl;
    display: device Display.impl;

    cpu: processor CPU.impl;
    ram: memory RAM.impl;
    can_bus: bus CANBus.impl;
    hwc: bus HWConnection.impl;

    buttonPanelController: process ButtonPanelController.impl;
    elevatorLogicController: process ElevatorLogicController.impl;
    displayController: process DisplayController.impl;
    cabinController: process CabinController.impl;
    motorController: process MotorController.impl;

  connections
    -- ButtonPanel connections
    c1: bus access button_panel.bus_access -> can_bus;
    c2: port button_panel.button_press -> buttonPanelController.receive_1;

    -- ElevatorController connections
    c3: bus access elevatorController.bus_access -> can_bus;

```

```

c4: port elevatorController.motor_command -> motorController.receive;
c5: port motorController.send_motor_state -> motor.motor_state_in;
c6: port motor.motor_state_out -> elevatorController.motor_state_rec;
c7: port elevatorController.motor_state_send -> elevatorLogicControll;
c8: port elevatorLogicController.send_action -> elevatorController.a

-- CPU connections
c9: bus access cpu.hwcAccess -> hwc;
c10: bus access cpu.canBusAccess -> can_bus;

-- RAM connection
c11: bus access ram.hwcAccess -> hwc;

-- Process connections
c12: port buttonPanelController.send_button_data -> elevatorLogicCont;
c13: port elevatorLogicController.send_floor_data -> displayControll;
c14: port elevatorLogicController.send_door_command -> cabinControll;
c15: port cabin.door_state -> cabinController.receive_door_state;

-- Cabin connections
c16: port cabinController.door_open -> cabin.door_open;
c17: port cabinController.door_close -> cabin.door_close;

-- Display connection
c18: port displayController.display_output -> display.display_input;

properties
-- Bindings
Actual_Processor_Binding => (reference(cpu)) applies to buttonPanelC
Actual_Processor_Binding => (reference(cpu)) applies to elevatorLogi
Actual_Processor_Binding => (reference(cpu)) applies to displayContr
Actual_Processor_Binding => (reference(cpu)) applies to cabinControll
Actual_Processor_Binding => (reference(cpu)) applies to motorControll

end ElevatorSystem.impl;

```

`ElevatorSystem` reprezentuje cały system windy jako całość. Jest to komponent typu system, który integruje wszystkie elementy składowe windy. Model `ElevatorSystem` definiuje hierarchiczną strukturę systemu windy, określając zależności i połączenia między poszczególnymi komponentami, co umożliwia analizę i weryfikację poprawności działania całego systemu.

3 Schemat systemu

