**Akademia Górniczo-Hutnicza**

**w Krakowie**

Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji



**Sterownik Kotła Centralnego Ogrzewania**

**Kierunek, rok studiów:**

Informatyka, IV rok

**Przedmiot:**

Systemy czasu rzeczywistego

**Prowadzący:**

dr inż. Michał Turek

**Autorzy:**

Jakub Tokaj

Aleksander Żarnowski

# Wizja projektu

Celem projektu jest stworzenie modelu systemu czasu rzeczywistego, używając narzędzia IBM Rhapsody.

W ramach projektu ma powstać produkt, symulujący działanie sterownika kotła centralnego ogrzewania. Wzorem produktu finalnego jest urządzenie firmy JUMAR - Regulator temperatury REG-02, którego dokumentacja dostępna jest pod adresem <http://www.ju-mar.eu/myfiles/Manual/Instrukcja%20REG-02.pdf>.

Regulator firmy JUMAR przeznaczony jest do regulacji temperatury wody w kotle grzewczym opalanym paliwem stałym przy użyciu wentylatora i zmiany jego prędkości obrotowej. Dzięki dobowemu zegarowi możliwe jest obniżanie temperatury w okresie mniejszego zapotrzebowania na energie cieplną.W skład produktu REG-02 wchodzą:

* jednostka sterująca
* tachometr
* czujnik temperatury wody w kotle grzewczym
* wyświetlacz
* zegar
* pompa centralnego ogrzewania
* wejście do termostatu

Urządzenie firmy JUMAR pozwala na ustalenie:

* zadanej temperatury wody w kotle grzewczym (1-99 °C)
* maksymalnych obrotów wentylatora (30-99 %)
* szybkości przyrostu temperatury (1-99 °C/h) - aby energia była w jak największym stopniu przekazana wodzie grzewczej, a nie wydmuchana w komin
* minimalnych obrotów wentylatora (5-30 %) - wartość do której zmniejsza się prędkość obrotowa wentylatora po rozgrzaniu wody do wartości zadanej
* histerezy (1-5 °C) - wartości o jaką musi spaść temperatura wody w kotle grzewczym, aby uruchomić pełną moc wentylatora
* pilnowania kotła przed wychłodzeniem - wartość typu true/false - gdy przy pracy wiatraka na maksymalnych obrotach przez 30 minut nie wzrośnie temperatura wody, wentylator przejdzie w stan obrotów minimalnych
* godzin początku i wyłączenia obniżenia temperatury (0-23) - pozwala na obniżenie temperatury wody grzewczej w okresie np. nocnym
* wartości obniżenia temperatury według zegara (0-20 °C) - wartość o jaka obniży sie docelowa temperatura wody w kotle grzewczym w okresie obniżenia temperatury
* wartość obniżenia temperatury według termostatu pokojowego (0-20 °C) - wartość o jaka obniży sie docelowa temperatura wody w kotle grzewczym w gdy termostat prześle informację o osiągnięciu temperatury ustawionej na nim jako docelowa
* ręczne włączenie lub wyłączenie wentylatora

Postanowiliśmy dodatkowo wzbogacić nasz projekt o termostat pokojowy, za pomoc którego można informować urządzenie, że temperatura w pomieszczeniu jest zgodna z ustawieniami termostatu. Nie znając dokładnie budowy wewnętrznej urządzenia stworzyliśmy dodatkowe 3 moduły:

* wyświetlacz LCD - odpowiada za sterowanie wyświetlaniem odpowiednich danych, obsługę menu
* CPU - jednostka sterująca wentylatorem - na podstawie sygnałów z sensorów decyduje z jaką prędkością powinien działać wentylator
* dispatcher - odpowiada za komunikację pomiędzy czujnikami dostępnymi w urządzeniu a wyświetlaczem i CPU, centralna jednostka w urządzeniu

# Opis wymagań stawianych systemowi

Po przeanalizowaniu dokumentacji regulatora REG-02 oraz wzięciu pod uwagę naszych pomysłów, stworzyliśmy następującą listę funkcjonalności:

* ustawianie temperatury wody w kotle - w trybie pracy normalnej oraz o obniżonej wartości
* regulacja szybkości przyrostu temperatury
* ustawianie normalnej oraz minimalnej prędkości obrotowej wentylatora
* pilnowanie kotła przed wychłodzeniem
* ustawianie czasu początku i wyłączenia okresu obniżonej temperatury
* włączanie obniżonej temperatury na podstawie termostatu pokojowego
* ustawianie poziomu wewnętrznego sprzężenia regulatora
* sterowanie pompą centralnego ogrzewania

# Przypadki użycia

|  |  |
| --- | --- |
| **Przypadek użycia** | **Ustawienie temperatury wody** |
| **Krótki opis** | Zmiana zadanej wartości temperatury wody grzewczej |
| **Warunki wstępne** | Wyświetlacz pokazuje aktualną temperaturę wody |
| Przepływ główny:   1. Użytkownik wciska *Plus*/*Minus*, aby zwiększyć/zmniejszyć zadaną wartość temperatury wody, 2. System zmienia wartość oraz od razu ją zapamiętuje. | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Przypadek użycia** | **Włączenie wentylatora** |
| **Krótki opis** | Użytkownik chce włączyć wentylator. |
| **Warunki wstępne** | Wentylator jest włączony |
| Przepływ główny:   1. Użytkownik wciska przycisk *Fan*. 2. System włącza wentylator. 3. System zapal diodę FAN\_LED - sygnalizującą pracę wentylatora 4. System gasi diodę FAN\_OFF\_LED - sygnalizującą włączenie wentylatora. | |

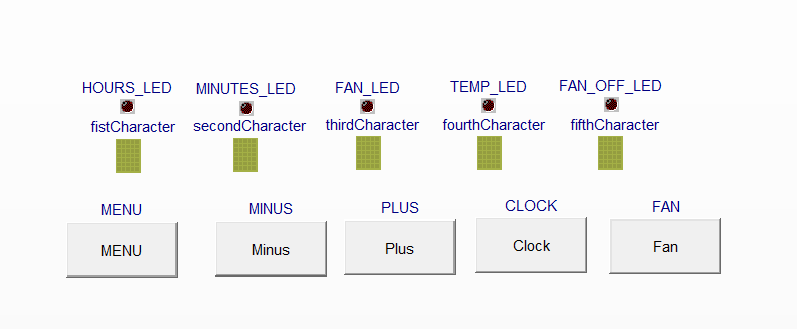
|  |  |
| --- | --- |
| **Przypadek użycia** | **Wyłączenie wentylatora** |
| **Krótki opis** | Użytkownik chce wyłączyć wentylator. |
| **Warunki wstępne** | Brak |
| Przepływ główny:   1. Użytkownik wciska przycisk *Fan*. 2. System wyłącza wentylator. 3. System gasi diodę *FAN\_LED* - sygnalizującą pracę wentylatora 4. System gasi diodę *FAN\_OFF\_LED* - sygnalizującą włączenie wentylatora. | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Przypadek użycia** | **Zmiana obrotów wentylatora** |
| **Krótki opis** | Użytkownik chce zmienić maksymalne obroty wentylatora |
| **Warunki wstępne** | Wyświetlacz pokazuje aktualną temperaturę wody |
| Przepływ główny:   1. Użytkownik raz wciska przycisk *MENU* 2. System wyświetla wartość parametry Po 3. Użytkownik wciskając przycisk *Plus* lub *Minus* zwiększa lub zmniejsza ustawioną wartość maksymalnych obrotów wentylatora | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Przypadek użycia** | **Ustawienie zegara** |
| **Krótki opis** | Użytkownik chce zmienić aktualnie ustawioną godzinę lub minutę |
| **Warunki wstępne** | Wyświetlacz pokazuje aktualną temperaturę wody |
| Przepływ główny:   1. Użytkownik wciska przycisk *Clock.* 2. System zapala diodę *MINUTES\_LED* informującą, że obecnie ustawianą wartością są minuty. 3. Użytkownik wciskając przycisk *Plus* lub *Minus* 4. System zwiększa lub zmniejsza liczbę minut. 5. Użytkownik wciska drugi raz przycisk *Clock.* 6. System zapala diodę *HOURS\_LED* informującą o ustawianiu godzin. 7. Użytkownik wciskając przycisk *Plus* lub *Minus* 8. System zwiększa lub zmniejsza liczbę godzin. | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Przypadek użycia** | **Ustawienie parametrów** |
| **Krótki opis** | Użytkownik chce zmienić ustawienie pozostałych dostępnych parametrów |
| **Rozszerza** | Zmiana obrotów wentylatora |
| Przepływ główny:   1. Następne wciśnięcia przycisku MENU powoduje przejście do ustawień kolejnych parametrów:  * minimalne obroty wentylatora * godzina początku obniżenia temperatury * godzina wyłączenia obniżenia temperatury * wartość obniżenia temperatury według Zegara * wartość obniżenia temperatury według termostatu pokojowego * pilnowanie kotła przed wychłodzeniem * szybkość przyrostu temperatury * histereza * powrót do pokazywania aktualnej temperatury wody w kotle  1. Użytkownik wciska *Plus* lub *Minus.* 2. System zwiększa lub zmniejsza wartość parametru. | |

# Interfejs użytkownika

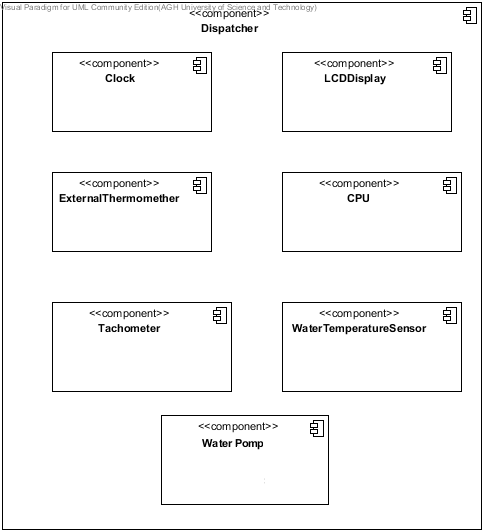


# Architektura systemu

System zbudowany jest z 8 modułów:

* Dispatcher
* LCDDisplay
* CPU
* Clock
* ExternalThermomether
* Tachometer
* WaterTemperatureSensor
* WaterPump

Centralnym elementem systemu jest Dispatcher rozporządzający tym, gdzie kolejne zdarzenia mają trafić. Jest pośrednikiem w łączności między czujnikami, sterownikiem wyświetlacza oraz jednostką sterującą wiatrakiem. CPU na podstawie ustawionych parametrów zmienia tryb pracy wiatraka - zmniejsza lub zwiększa jego prędkość obrotową, oraz włącza lub wyłącza pompę wodną. Sterownik wyświetlacza otrzymując kolejne zdarzenia wyświetla wartości parametrów, lub przesłane z czujników na wyświetlaczu.

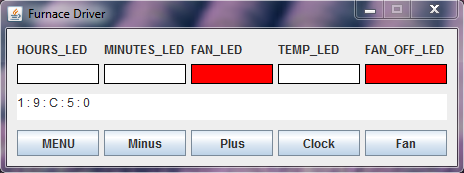


# Integracja ze środowiskiem zewnętrznym

W celu pokazania działania systemu zintegrowaliśmy go z zewnętrzną aplikacją napisaną w języku Java.

Dodane zostało prawdziwe GUI stworzone w Java SWING, na którym wyświetlane są odpowiednie informację z systemu oraz, przez przyciski, umożliwiona jest interakcja z systemem.

W odróżnieniu od interfejsu użytkownika z trybu Animation Rhapsody, tak stworzone GUI może byc używane w aplikacji produkcyjnej.



Dodatkowo w celu zasymulowania prawdziwej pracy systemu, zaimplementowany został interfejs czujnika temperatury. Implementacja symuluje pracę prawdziwego czujnika temperatury, i z jej pomocą możemy łatwo sprawdzić działanie systemu.

# Testy

Główny przypadek testowy.

Odczytanie temperatury, oraz parametrów nastawy pieca do sterowania wentylatorem.

W naszym systemie, mamy wiele parametrów dzięki którym regulujemy pracę wentylatora. CPU - rdzeń systemu, włącza lub wyłącza wentylator w zależności od odczytu z czujników: temperatury, godziny i termostatu.

Poniżej przedstawiona została analiza zmiennych systemu które mają wpływ na ten przypadek użycia.

Oznaczenia:

* MAXTEMP - ustawiona na piecu temperatura
* ACTTEMP - temperatura zmierzona przez czujnik
* HC - wartość histerezy
* HC\_ON - czy histereza jest włączona
* HN - godzina początku okresu w którym temperatura ma być obniżona
* HR - godzina końca okresu w którym temperatura ma być obniżona
* CLOCK\_HR - aktualna godzina
* OF - czy jest włączona funkcja pilnowania pieca
* THERMO - wskazanie z termostatu
* -C - wartość obniżenia temperatury w okresie nocnym
* -c - wartość obniżenia temperatury przy pozytywnym wskazaniu termostatu
* CH - wartość szybkości przyrostu temperatury

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **MAXTEMP** | **ACTTEMP** | **HC** | **HC\_ON** | **HN** | **HR** | **CLOCK\_HR** | **OF** | **THERMO** | **-C** | **-c** | **CH** | **FAN\_ON** |
| 41 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | off |
| 42 | 42 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 2 | on |
| 43 | 43 | 2 |  | 2 | 2 | 2 |  |  | -2 | -2 | 98 |  |
| 44 | 44 | 3 |  | 22 | 22 | 22 |  |  | -19 | -19 | 99 |  |
| 45 | 45 | 4 |  | 23 | 23 | 23 |  |  | -20 | -20 | -1 |  |
| 46 | 46 | 5 |  | 24 | 24 | 24 |  |  | -21 | 1 | 0 |  |
| 47 | 47 | 6 |  | -1 | -1 | -1 |  |  | 1 | -21 | 100 |  |
| 48 | 48 | 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 49 | 49 | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50 | 50 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -1 | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | err |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 100 | 100 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Wartości wypisane na czerwono - sytuacja błędna

Po analizie zmiennych systemu, wyróżnione zostały następujące przypadki testowe.

Wartości przypadków testowych:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Attribute** | **TestCase1** | **TestCase2** | **TestCase3** | **TestCase4** |
| MAXTEMP | 41 | 50 | 45 | 48 |
| ACTTEMP | 50 | 48 | 47 | 45 |
| HC | 5 | 3 | 0 | 4 |
| HC\_ON | 1 | 1 | 0 | 1 |
| HN | 22 | 12 | 16 | 1 |
| HR | 6 | 12 | 23 | 1 |
| CLOCK\_HR | 16 | 12 | 18 | 12 |
| OF | 1 | 1 | 0 | 1 |
| THERMO | 1 | 0 | 1 | 0 |
| -C | 0 | 10 | 15 | 12 |
| -c | 0 | 10 | 10 | 8 |
| CH | 50 | 30 | 45 | 38 |
| FAN\_ON | 0 | 1 | 0 | 0 |

Dla każdego przypadku testowego przeprowadziliśmy test systemu, przy testach tworzyliśmy i analizowaliśmy Animated Sequence Diagramy (diagramy były zbyt duże by umieścić je w dokumentacji - znajdują się w projekcie).

Z analizy diagramów sekwencji wynika, iż działanie systemu było poprawne i zgodne z oczekiwaniami. Po inicjalizacji systemu i czujników, czujniki wykonały i przesłały aktualne pomiary do CPU. CPU obliczył na podstawie danych, zegara, oraz ustawionych parametrów jaki stan powinien mieć aktualnie wentylator, i wysłał odpowiedni event do tachometru.