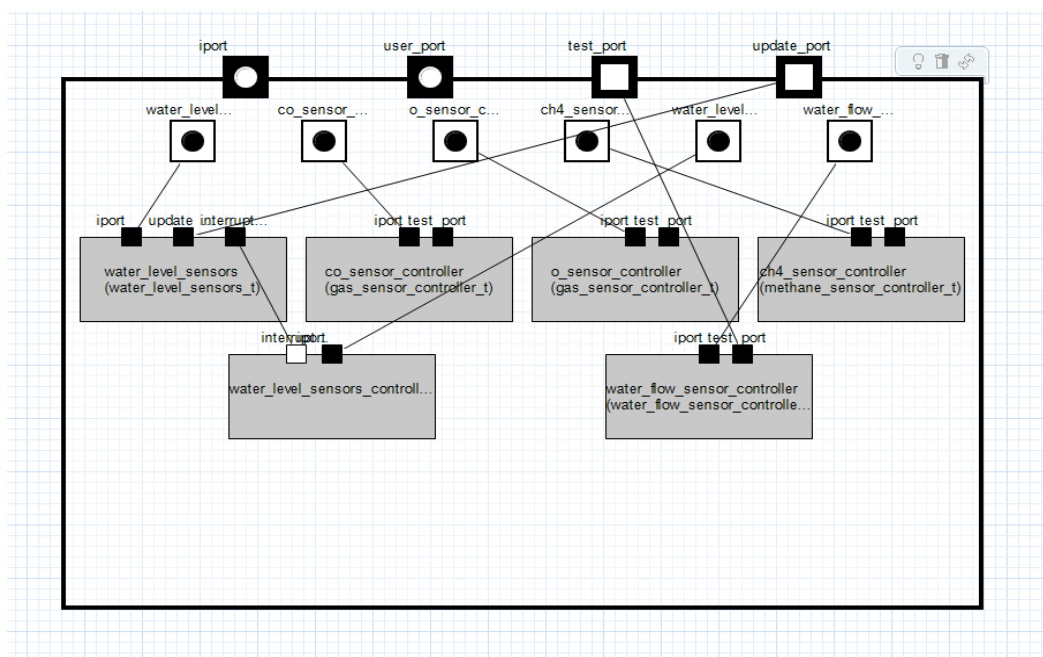


Programiranje u realnom vremenu
Projektni zadatak

Student : Jovan Đukić 3016/2017

ROOM

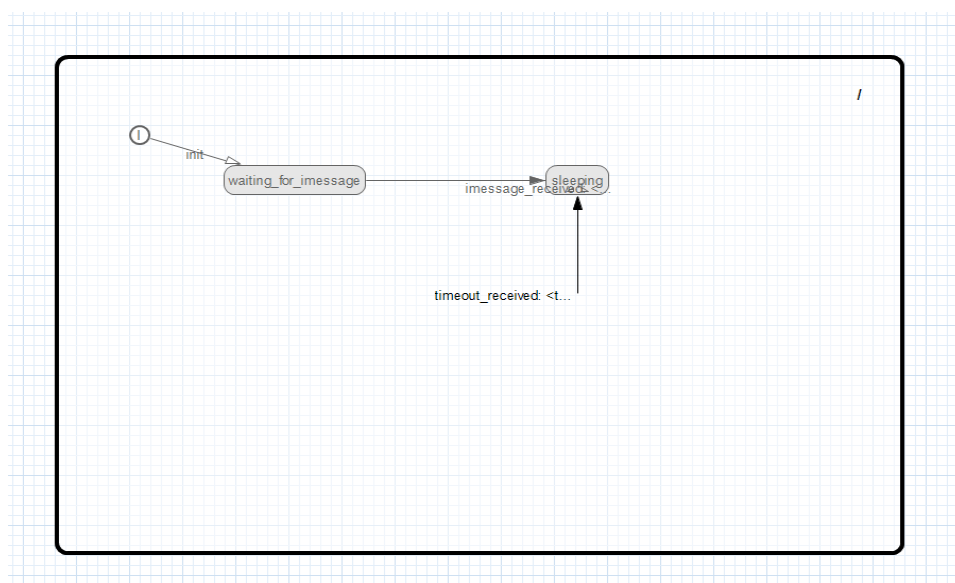
Sistem se može predstaviti sledećom slikom.



Slika 1. ROOM najviši nivo

Sa slike se može videti da se sistem sastoji iz pet aktera i oni su: akter koji kontrološe senzor za nivo metana, akter koji kontroliše senzor za nivo ugljen-monoksida, akter koji kontroliše senzor za protok vazduha, akter koji kontroliše senzor za protok vode I akter koji kontroliše senzore za nivo vode.

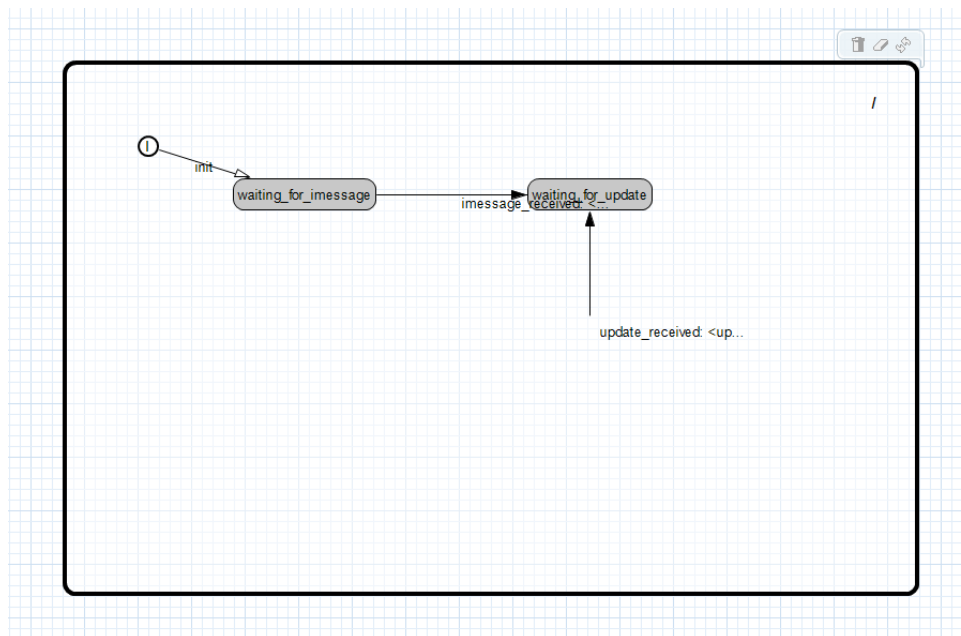
Akteri koji kontrolisu gasove (metan, ugljen-monksid i vazduh) imaju isto ponasanje. Ono je dato na sledecoj slici.



Slika 2. Ponašanje aktera koji kontrolišu gasove

Svaki od ovih aktera nakon što primi inicijalizacionu poruku prelazi u stanje **sleeping**. U tom stanje na kraju svake periode (tačnije na svaku primljenu **timeout** poruke), proverava senzor koji mu je dodeljen i primenjuje odgovarajuće akcije (uključivanje/isključivanje alarma i/ili pumpe).

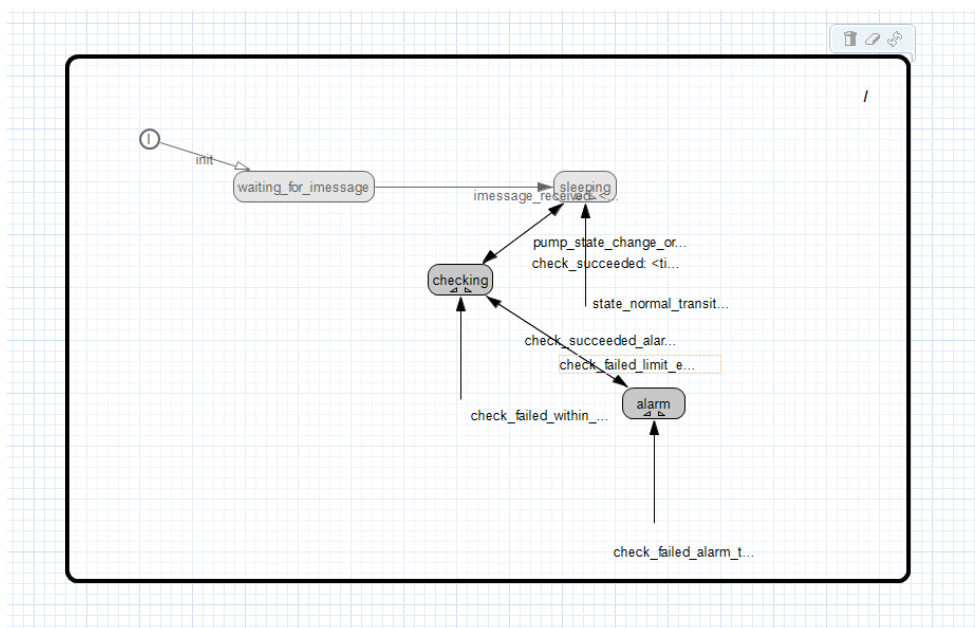
Ponašanje aktera koji prati nivo vode je dato na sledećoj slici.



Slika 3. Ponašanje akter koji kontrološe senzore za nivo vode

Ovaj akter nakon što primi inicijalizacionu poruku prelazi u stanje **waiting_for_update** u kojem čeka prekid od senzora koji detektuju nivo vode. Kada detektuje prekid, proverava koji senzor je generisao prekid i pali/gasi pumpu.

Ponašanje aktera koji proverava ispravnost pumpe dato je na sledećoj slici.



Slika 4. Ponašanje aktera koji proverava ispravnost pumpe

Nakon što primi inicijalizacionu poruku prelazi u stanje ***sleeping*** u kojem čeka promenu stanja pumpe ili promenu vrednosti senzora za protok vode. Nakon što detektuju promenu prelazi u naredno stanje koje se zove ***checking*** u kojem u N iteraciji proverava da li se sistem stabilizovao, odnosno da li je senzor za protok vode daje odgovarajuće vrednosti ili da li je pumpa vraćena u pređašnje stanje. Ukoliko se sistem stabilizuje vraća se u prethodno stanje u kojem čeka novu promenu. U suprotnom prelazi u stanje ***alarm*** u kojem uključuje alarm. U ovom stanju ostaje sve dok sistem ne pređe u stabilno stanje.

Pristup pumpi i alarmu je realizovan preko zaštićenih objekata koji vode računa o sinhronizaciji.

Vremenske specifikacije

Svi akteri opisani u prethodno poglavlju su realizovani kao procesi. Svi senzori rade po principu A/D konvertora i očitavaju se sa periodom od $150ms$. Očitavanje senzora je realizovano tehnikom koja se zove **period displacement**. Svakom senzoru je potrebno $50ms$ da sprovede A/D konverziju, što znači da svaki proces mora da završi tekuću aktivaciju za najkasnije $100ms$. Odavde možemo da zaključimo da su vremenski parametri za procese koji kontrolišu senzore za protok vazduha i nivo ugljen-monoksida sledeći :

$$T_O = 150ms$$

$$D_O = 100ms$$

$$T_{CO} = 150ms$$

$$D_{CO} = 100ms$$

Proces koji kontroliše nivo metana ima malo strožije zahteve. Prilikom računanja vremenskih parametara mora da se uzme u obzir jedno pogrešno očitavanje. Maksimalno vreme reakcije ovog proces, odnosno vreme za koje more da ugasi pumpu ukoliko detektuje prekoračenje nivoa metana, je $400ms$. Takođe, potrebno je obezbediti dovoljno vremena da senzor konvertuje vrednost koja će se očitati u narednoj iteraciji. Shodno tome možemo izračunati vremenske parametre iz sledećih nejednačina :

$$2 \cdot T_{CH_4} + D_{CH_4} \leq 400ms$$

$$T_{CH_4} - D_{CH_4} \geq 50ms$$

Najrelaksiraniji slučaj jeste kada se ove dve nejednakosti pretvore u jednakosti. Onda dobijamo sledeće vremenske parametre za ovaj proces :

$$T_{CH_4} = 150ms$$

$$D_{CH_4} = 100ms$$

Senzor koji kontroliše protok vode je malo drugačiji. Prilikom detekcije promene (promene stanja pumpe ili vrednosti očitane sa senzora za protok vode) zbog inercije pumpe potrebno je sačekati $900ms$ da bi se stanje stabilizovalo. Ovo je potrebno odraditi kroz N iteracija. Ukoliko se detektuje kvar potrebno je uključiti alarm u roku od $300ms$. Prema toma vremenski parametri ovog procesa moraju da zadovolje sledeće nejednakosti:

$$t_{WF} + N \cdot T_{WF} + D_{WF} \leq 900ms + 300ms$$

$$N \cdot T_{WF} \geq 900ms$$

t_{WF} je vreme koje protekne pre nego što process detektuje promenu u sistemu. Najgori slučaj jeste kada je ovo vreme jednako periodu. Kao i u prethodni slučajevima, najrelaksiraniji pristup jeste kada se ove nejednakosti pretvore u jednakosti. Tada dobijama sledeće vremenske parametre za ovaj proces :

$$T_{WF} = 150ms$$

$$D_{WF} = 100ms$$

$$N = 6$$

Proces koji kontrolira nivo vode je modelovan kao sporadični proces. Međutim, značajne promene nivoa vode se dešavaju svakih $5000ms$, a na njih je potrebno odreagovati u roku od $200ms$. Stoga, vremenski parametri ovog procesa su sledeći :

$$T_{WL} = 5000ms$$

$$D_{WL} = 200ms$$

Sledeći korak je provera da li su procesi rasporedivi. Ovo će biti sprovedeno korišćenjem **Response Time Analysis** metodom.

Vremenski parametri, izmerena najgora vremena izvršavanja, resursi koji oni koriste i prioriteta dodeljeni procesima po **DMPO** šemi dati su u sledećoj tabeli:

Senzor	T	D	WCET	Resursi	P
<i>CH4</i>	$150ms$	$100ms$	$0,2ms$	<i>Alarm, Pumpa</i>	5
<i>CO</i>	$150ms$	$100ms$	$0,2ms$	<i>Alarm</i>	4
<i>O</i>	$150ms$	$100ms$	$0,2ms$	<i>Alarm</i>	3
<i>WF</i>	$150ms$	$100ms$	$0,3ms$	<i>Alarm</i>	2
<i>WL</i>	$5000ms$	$200ms$	$0,2ms$	<i>Pumpa</i>	1

Međutim, zbog pojednostavljenja računa uzeće se da je nagore vreme izvršavanja svakog proces $1ms$.

Najgore vreme izvršavanja kritičnih regiona pomoću kojih se kontrolišu alarm i pumpa dato je u sledećoj tabeli:

Uređaj	C	Koriste
<i>Alarm</i>	$0,033ms$	<i>CH4, CO, O, WF</i>
<i>Pumpa</i>	$0,066ms$	<i>CH4, WF, WL</i>

Međutim, zbog pojednostavljenja računa uzeće se da je nagore vreme izvršavanja svakog proces $1ms$.

RTA analiza se sprovodi iterativno korišćenjem sledeće rekurentne formule sve dok se vremena odziva iz tekuće i prethodne iteracije ne izjednače.

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left(\left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil \right) \cdot C_j$$

Odnosno, vreme odziva se računa kao suma najgoreg vremena izvršavanja i -tog procesa, vremena provedenog u blokadi i -tog procesa zbog zauzetog resursa i vremena tokom kojeg i -ti proces trpi interferenciju od proces većeg prioriteta. Vreme provedeno u blokadi i -tog procesa zbog čekanja na resurs dobija se iz sledeće formule:

$$B_i = \sum usage(k, i) C_k$$

Funkcija **usage** ima vrednost 1 ukoliko postoji bar jedan process većeg prioriteta od i -tog procesa koji koristi dati resurs i bar jedan proces istog ili manjeg prioriteta od i -tog procesa

koji koristi dati resurs. Drugi član proizvoda predstavlja najgore vreme izvršavanja kritične sekcije dodeljenje resursu. U ovom sistemu postoje dva resursa, alarm i pumpa.

Na osnovu prethodnih jednačina potrebno je izračunati vremena odziva datih procesa i videti da li su izračunata vremena manja od rokova koje dati procesi moraju da ispune.

CH4

Ovaj proces koristi oba resursa. Međutim ne postoji proces višeg prioriteta sa kojim ih deli. Stoga, vreme koje ovaj proces provede u blokadi je $0ms$.

$$B_{CH_4} = 0ms$$

$$R_{CH_4}^0 = 1ms + 0ms = 1ms$$

CO

Ovaj proces delim alarm sa jednim procesom višeg prioriteta i jednim procesom nižeg prioriteta.

$$B_{CO} = 1 \cdot 1ms = 1ms$$

$$R_{CO}^0 = 1ms + 1ms = 2ms$$

$$R_{CO}^1 = 2ms + \left\lceil \frac{2ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms = 3ms$$

$$R_{CO}^2 = 2ms + \left\lceil \frac{3ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms = 3ms$$

O

Ovaj proces delim alarm sa dva procesa višeg prioriteta i jednim procesom nižeg prioriteta.

$$B_O = 1 \cdot 1ms$$

$$R_O^0 = 1ms + 1ms = 2ms$$

$$R_O^1 = 2ms + \left\lceil \frac{2ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{2ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms = 4ms$$

$$R_O^2 = 2ms + \left\lceil \frac{4ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{4ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms = 4ms$$

WF

Ovaj proces delim alarm sa tri procesa višeg prioriteta, ali ne postoji proces nižeg prioriteta koji takođe koristi alarm. Stoga, vreme koje ovaj proces provede u blokadi je $0ms$.

$$B_{WF} = 0ms$$

$$R_{WF}^0 = 1ms + 0ms = 1ms$$

$$R_{WF}^1 = 1ms + \left\lceil \frac{1ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{1ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{1ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms = 4ms$$

$$R_{WF}^2 = 1ms + \left\lceil \frac{4ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{4ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{4ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms = 4ms$$

WL

Ovaj proces delim pumpu sa jednim procesom višeg prioriteta, ali ne postoji proces nižeg prioriteta koji takođe koristi pump. Stoga, vreme koje ovaj proces provede u blokadi je 0ms.

$$B_{WL} = 0 \cdot 1ms = 0ms$$

$$R_{WL}^0 = 1ms + 0ms = 1ms$$

$$R_{WL}^1 = 1ms + \left\lceil \frac{1ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{1ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{1ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{1ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms$$

$$R_{WL}^1 = 5ms$$

$$R_{WL}^2 = 1ms + \left\lceil \frac{5ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{5ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{5ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms + \left\lceil \frac{5ms}{150ms} \right\rceil \cdot 1ms$$

$$R_{WL}^2 = 5ms$$

Sva vremena odziva su manja od predviđenih rokova. Stoga, može se zaključiti da sistem jeste rasporediv.