

Especificação formal e prototipação de controlador de sistema de bombeamento de água

Gabriela Moreira Mafra

Universidade do Estado de Santa Catarina

`gabrielamoreiramafra@gmail.com`

23 de Julho de 2020

Estação de bombeamento de água

- Várias bombas de água abastecem uma reserva
- Bombas podem ser ativadas e desativadas com um custo associado.
- Nível da água da reserva deve se manter nos limites estabelecidos.
- As bombas tem particularidades.

Algoritmo proposto

Para obter o algoritmo, é feita uma simulação do ambiente, onde o fluxo de água é simulado a partir da capacidade das bombas, e um algoritmo genético faz a seleção do controlador ótimo.

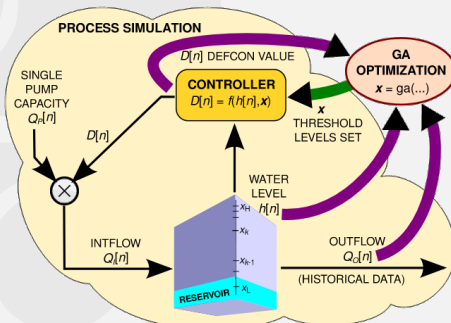


Figure: Método de obtenção do algoritmo. Fonte: (1)

```

graph TD
    Start([Start]) --> Init[org=lastorg  
oEp=lastoEp]
    Init --> Dec1{Any oEp pump  
is starting  
or stopping?}
    Dec1 -- Yes --> LoopStart(( ))
    Dec1 -- No --> Count[Count Active pumps]
    Count --> I0_1[i=0]
    I0_1 --> Dec2{i=0 < Defcon}
    Dec2 -- Yes --> Dec3{i >= 0 su i < 3}
    Dec3 -- Yes --> Box1[oEp++  
oEp-3]
    Box1 --> Dec4{P[i].St==OFF}
    Dec4 -- Yes --> Box2[P[i].St=OFF]
    Box2 --> Iplus[i++]
    Iplus --> Dec5{i >= PumpSu}
    Dec5 -- Yes --> End([lastorg=org  
lastoEp=oEp])
    Dec5 -- No --> Dec2
    Dec2 -- No --> LoopStart
    LoopStart --> I0_2[i=0]
    I0_2 --> Dec6{i--}
    Dec6 --> Dec7{ActiveDefcon}
    Dec7 -- Yes --> Dec8{i >= 0 && i < 3}
    Dec8 -- Yes --> Box3[oEp++  
oEp-3]
    Box3 --> Dec9{P[i].St==OFF}
    Dec9 -- Yes --> Box4[P[i].St=OFF]
    Box4 --> Dec10{i==0}
    Dec10 -- Yes --> End
    Dec10 -- No --> Dec6
    Dec7 -- No --> Dec10
  
```

[illegible]

Gabriela M. Mafra

Objetivos

- Especificar o algoritmo de controle proposto em (1) usando a linguagem TLA⁺ ;
- Gerar código executável em Elixir a partir dessa especificação, usando a ferramenta proposta em (Mafra 2019);
- Adicionar módulo de comunicação com protocolo MQTT para receber dados de sensores;
- Simular o envio de dados de sensores, verificando se as reações do controlador estão de acordo com o esperado para o algoritmo.

Benefícios da Especificação em TLA⁺

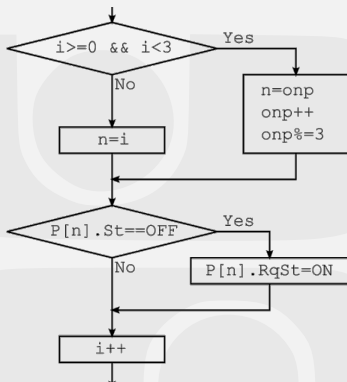


Figure: Especificação da priorização de bombas a serem ativadas em ANSI C. Fonte: (1)

- As bombas 0, 1 e 2 devem ter uso revezado
- As bombas 3 e 4 só devem ser usadas em emergências
- Controlado por contadores

Benefícios da Especificação em TLA⁺ (Continuação)

$$\begin{aligned} \text{activate}(p) &\triangleq \wedge \text{states}[p] = \text{"OFF"} \\ &\wedge \text{requestedStates}' = [\text{requestedStates} \text{ EXCEPT } ![p] = \text{"ON"}] \\ &\wedge \text{UNCHANGED } \langle \text{ofp} \rangle \\ &\wedge \text{IF } (p \geq 0 \wedge p < 3) \\ &\quad \text{THEN } \wedge \text{onp} = p \\ &\quad \quad \wedge \text{onp}' = (p + 1) \% 3 \\ &\quad \text{ELSE } \wedge \forall i \in 0 \dots 2 : \text{states}[i] \notin \{\text{"OFF"}\} \\ &\quad \quad \wedge \text{onp}' = \text{onp} \end{aligned}$$

Figure: Especificação da priorização de bombas a serem ativadas em TLA⁺. Fonte: autora

Geração de código e Comunicação

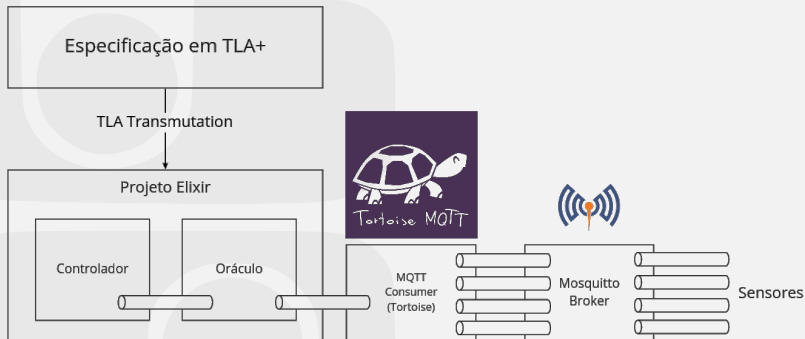


Figure: Processo de geração de código e adição do módulo de comunicação. Fonte: autora

Resultado

Demonstração

- Raspberry Pi 2B V1.1 (Controlador + Broker)
- Sensores simulados com `mosquitto_pub` de outro computador

Considerações Finais

Usar métodos formais é uma forma mais adequada de especificar algoritmos

- Explicita propriedades
- Possibilita verificações

Ainda mais vantajoso quando se pode obter um protótipo.

Considerações Finais

Usar métodos formais é uma forma mais adequada de especificar algoritmos

- Explicita propriedades
- Possibilita verificações

Ainda mais vantajoso quando se pode obter um protótipo.

Trabalhos Futuros

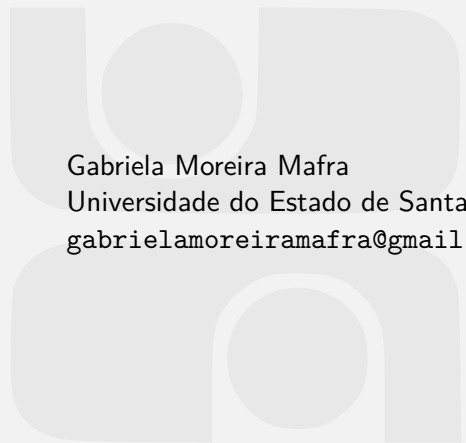
- Verificar propriedades complexas
- Propor essa abordagem de especificação para mais sistemas, principalmente distribuídos.

Referências

- [1]BORKOWSKI, D.; WETULA, A.; BIEń, A. Design, optimization, and deployment of a waterworks pumping station control system. *ISA Transactions*, v. 51, n. 4, p. 539 – 549, 2012. ISSN 0019-0578. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019057812000316>>
- [Mafra 2019]MAFRA, G. M. *Tradução automática de especificação formal modelada em TLA+ para linguagem de programação*. 69 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2019.



Obrigada!



Gabriela Moreira Mafra
Universidade do Estado de Santa Catarina
gabriellamoreiramafra@gmail.com