

Sesión 16:

E7, Especificación puente de un sólo sentido

Guillermo Román
guillermo.roman@upm.es



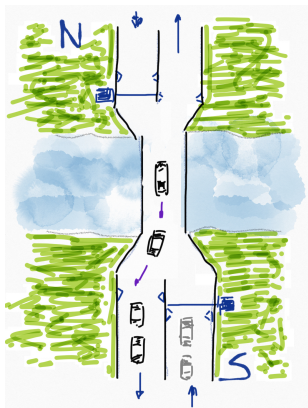
POLITÉCNICA

Concurrencia

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA/ GRADO EN MATEMÁTICAS E INFORMÁTICA/
DOBLE GRADO EN ING. INFORMÁTICA Y ADE
Universidad Politécnica de Madrid
<http://babel.upm.es/teaching/concurrencia>

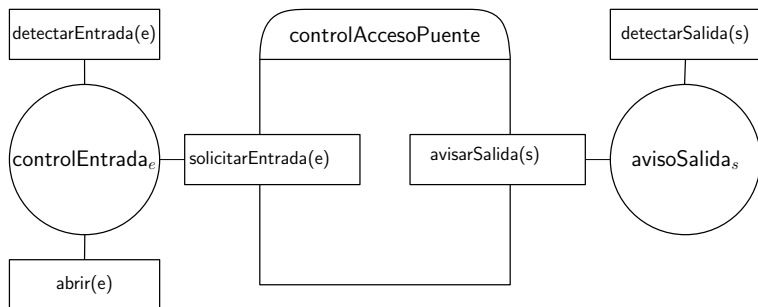
Abril 2020

ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido



- El recurso compartido forma parte de un programa concurrente que gestiona los accesos y salidas de coches de un puente de un solo carril
- dos entradas (N y S)
- dos salidas (N y S)
- una barrera controla el acceso a cada una de las entradas
- un sensor detecta cuándo abandona un coche el puente por alguna de sus dos salidas
- se dispone de una librería con métodos para detectar coches en cada una de las entradas y salidas y para accionar las barreras de las entradas

E7: Acceso a un puente de un solo sentido



- tenemos dos procesos para controlar las entradas N y S, y
- dos procesos para avisar de los coches que salen por las salidas N y S.
- El proceso de la entrada *e* ejecuta en bucle la secuencia `detectarEntrada(e); solicitarEntrada(e); abrir(e);`
- El proceso que gestiona la salida *s* ejecuta en bucle la secuencia `detectarSalida(s); notificarSalida(s);`

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

especificación del recurso para completar

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: Lado[e]:

ACCIÓN notificarSalida: Lado[e]:

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente =$

INICIAL:

INVARIANTE:

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y con acceso explícito

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado[e]*

ACCIÓN notificarSalida: *Lado[e]*

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: *Lado* = $N \mid S$

TIPO: *ControlAccesoPuente* =

INICIAL:

INVARIANTE:

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y con acceso explícito

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado[e]*

ACCIÓN notificarSalida: *Lado[e]*

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: *Lado* = $N \mid S$

TIPO: *ControlAccesoPuente* = $(crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL:

INVARIANTE:

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y con acceso explícito

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado[e]*

ACCIÓN notificarSalida: *Lado[e]*

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: *Lado* = $N \mid S$

TIPO: *ControlAccesoPuente* = $(crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL: $self.crNS = 0 \wedge self.crSN = 0$

INVARIANTE:

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y con acceso explícito

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL: $self.crNS = 0 \wedge self.crSN = 0$

INVARIANTE:

CPRE: $(e = S \wedge self.crNS = 0) \vee (e = N \wedge self.crSN = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y con acceso explícito

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL: $self.crNS = 0 \wedge self.crSN = 0$

INVARIANTE:

CPRE: $(e = S \wedge self.crNS = 0) \vee (e = N \wedge self.crSN = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y con acceso explícito

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL: $self.crNS = 0 \wedge self.crSN = 0$

INVARIANTE:

CPRE: $(e = S \wedge self.crNS = 0) \vee (e = N \wedge self.crSN = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST: $(e = N \wedge self.crNS = self^{pre}.crNS + 1 \wedge self.crSN = 0) \vee$
 $(e = S \wedge self.crSN = self^{pre}.crSN + 1 \wedge self.crNS = 0)$

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y con acceso explícito

C-TAD ControlAccesoPuede

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado[e]*

ACCIÓN notificarSalida: *Lado[e]*

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: *Lado* = $N \mid S$

TIPO: *ControlAccesoPuede* = (*crNS*: $\mathbb{N} \times$ *crSN*: \mathbb{N})

INICIAL: $\text{self.crNS} = 0 \wedge \text{self.crSN} = 0$

INVARIANTE:

CPRE: $(e = S \wedge \text{self.crNS} = 0) \vee (e = N \wedge \text{self.crSN} = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST: $(e = N \wedge \text{self.crNS} = \text{self}^{pre}.crNS + 1 \wedge \text{self.crSN} = 0) \vee$
 $(e = S \wedge \text{self.crSN} = \text{self}^{pre}.crSN + 1 \wedge \text{self.crNS} = 0)$

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST: $(s = S \Rightarrow \text{self.crNS} = \text{self}^{pre}.crNS - 1 \wedge \text{self.crSN} = 0) \wedge$
 $(s = N \Rightarrow \text{self.crSN} = \text{self}^{pre}.crSN - 1 \wedge \text{self.crNS} = 0)$

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 1: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y con acceso explícito

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL: $self.crNS = 0 \wedge self.crSN = 0$

INVARIANTE: $self.crNS = 0 \vee self.crSN = 0$

CPRE: $(e = S \wedge self.crNS = 0) \vee (e = N \wedge self.crSN = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST: $(e = N \wedge self.crNS = self^{pre}.crNS + 1 \wedge self.crSN = 0) \vee$
 $(e = S \wedge self.crSN = self^{pre}.crSN + 1 \wedge self.crNS = 0)$

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST: $(s = S \Rightarrow self.crNS = self^{pre}.crNS - 1 \wedge self.crSN = 0) \wedge$
 $(s = N \Rightarrow self.crSN = self^{pre}.crSN - 1 \wedge self.crNS = 0)$

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 2: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y *pattern matching*

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado[e]*

ACCIÓN notificarSalida: *Lado[e]*

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL:

INVARIANTE: $self.crNS = 0 \vee self.crSN = 0$

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 2: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y *pattern matching*

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado[e]*

ACCIÓN notificarSalida: *Lado[e]*

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: *Lado* = $N \mid S$

TIPO: *ControlAccesoPuente* = $(crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL: *self* = $(0, 0)$

INVARIANTE: *self.crNS* = 0 \vee *self.crSN* = 0

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 2: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y *pattern matching*

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado[e]*

ACCIÓN notificarSalida: *Lado[e]*

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL: $self = (0, 0)$

INVARIANTE: $self.crNS = 0 \vee self.crSN = 0$

CPRE: $(e = S \wedge self.crNS = 0) \vee (e = N \wedge self.crSN = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 2: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y *pattern matching*

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (crNS: \mathbb{N} \times crSN: \mathbb{N})$

INICIAL: $self = (0, 0)$

INVARIANTE: $self.crNS = 0 \vee self.crSN = 0$

CPRE: $(e = S \wedge self.crNS = 0) \vee (e = N \wedge self.crSN = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST: $self^{pre} = (ns, sn) \wedge ((e = N \wedge self = (ns + 1, 0) \vee$
 $(e = S \wedge self = (0, sn + 1))$

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 2: Usar dos números para controlar los coches que van en cada dirección y *pattern matching*

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado*[*e*]

ACCIÓN notificarSalida: *Lado*[*e*]

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: *Lado* = *N* | *S*

TIPO: *ControlAccesoPuente* = (*crNS*: $\mathbb{N} \times$ *crSN*: \mathbb{N})

INICIAL: self = (0, 0)

INVARIANTE: self.*crNS* = 0 \vee self.*crSN* = 0

CPRE: (*e* = *S* \wedge self.*crNS* = 0) \vee (*e* = *N* \wedge self.*crSN* = 0)

solicitarEntrada(e)

POST: self^{*pre*} = (*ns*, *sn*) \wedge ((*e* = *N* \wedge self = (*ns* + 1, 0) \vee
(*e* = *S* \wedge self = (0, *sn* + 1))

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST: self^{*pre*} = (*ns*, *sn*) \wedge ((*s* = *S* \wedge self = (*ns* - 1, 0) \vee
(*s* = *N* \wedge self = (0, *sn* - 1))

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 3: Usar una función para controlar los coches que van en cada dirección

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado[e]*

ACCIÓN notificarSalida: *Lado[e]*

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: *Lado* = $N \mid S$

TIPO:

TIPO: *ControlAccesoPuente* =

INICIAL:

INVARIANTE:

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 3: Usar una función para controlar los coches que van en cada dirección

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: *Lado*[*e*]

ACCIÓN notificarSalida: *Lado*[*e*]

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: *Lado* = $N \mid S$

TIPO: *Sentido* = $NS \mid SN$

TIPO: *ControlAccesoPuente* = $(Sentido \rightarrow \mathbb{N})$

INICIAL:

INVARIANTE:

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 3: Usar una función para controlar los coches que van en cada dirección

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $Sentido = NS \mid SN$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (Sentido \rightarrow \mathbb{N})$

INICIAL: $\forall i \in Sentido \bullet self(i) = 0$

INVARIANTE:

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 3: Usar una función para controlar los coches que van en cada dirección

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $Sentido = NS \mid SN$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (Sentido \rightarrow \mathbb{N})$

INICIAL: $\forall i \in Sentido \bullet self(i) = 0$

INVARIANTE: $self(NS) = 0 \vee self(SN) = 0$

CPRE:

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 3: Usar una función para controlar los coches que van en cada dirección

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $Sentido = NS \mid SN$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (Sentido \rightarrow \mathbb{N})$

INICIAL: $\forall i \in Sentido \bullet self(i) = 0$

INVARIANTE: $self(NS) = 0 \vee self(SN) = 0$

CPRE: $(e = S \wedge self(NS) = 0) \vee (e = N \wedge self(SN) = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE:

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 3: Usar una función para controlar los coches que van en cada dirección

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $Sentido = NS \mid SN$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (Sentido \rightarrow \mathbb{N})$

INICIAL: $\forall i \in Sentido \bullet self(i) = 0$

INVARIANTE: $self(NS) = 0 \vee self(SN) = 0$

CPRE: $(e = S \wedge self(NS) = 0) \vee (e = N \wedge self(SN) = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST:

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 3: Usar una función para controlar los coches que van en cada dirección

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $Sentido = NS \mid SN$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (Sentido \rightarrow \mathbb{N})$

INICIAL: $\forall i \in Sentido \bullet self(i) = 0$

INVARIANTE: $self(NS) = 0 \vee self(SN) = 0$

CPRE: $(e = S \wedge self(NS) = 0) \vee (e = N \wedge self(SN) = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST: $(e = N \wedge self = self^{pre} \oplus \{NS \mapsto self^{pre}(NS) + 1\}) \vee$
 $(e = S \wedge self = self^{pre} \oplus \{SN \mapsto self^{pre}(SN) + 1\})$

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST:

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 3: Usar una función para controlar los coches que van en cada dirección

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $Sentido = NS \mid SN$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (Sentido \leftrightarrow \mathbb{N})$

INICIAL: $\forall i \in Sentido \bullet self(i) = 0$

INVARIANTE: $self(NS) = 0 \vee self(SN) = 0$

CPRE: $(e = S \wedge self(NS) = 0) \vee (e = N \wedge self(SN) = 0)$

solicitarEntrada(e)

POST: $(e = N \wedge self = self^{pre} \oplus \{NS \mapsto self^{pre}(NS) + 1\}) \vee$
 $(e = S \wedge self = self^{pre} \oplus \{SN \mapsto self^{pre}(SN) + 1\})$

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST: $(s = N \wedge self = self^{pre} \oplus \{SN \mapsto self^{pre}(SN) - 1\}) \vee$
 $(s = S \wedge self = self^{pre} \oplus \{NS \mapsto self^{pre}(NS) - 1\})$

Ejercicio: acceso a un puente de un solo sentido

solución 4: Usar el lado y el número de coches

C-TAD ControlAccesoPuente

OPERACIONES

ACCIÓN solicitarEntrada: $Lado[e]$

ACCIÓN notificarSalida: $Lado[e]$

SEMÁNTICA

DOMINIO:

TIPO: $Lado = N \mid S$

TIPO: $ControlAccesoPuente = (lado : Lado \times nCoches : \mathbb{N})$

INICIAL: $self.nCoches = 0$

INVARIANTE: Cierto

CPRE: $e = self.lado \vee self.nCoches = 0$

solicitarEntrada(e)

POST: $self.lado = e \wedge self.nCoches = self^{pre}.nCoches + 1$

CPRE: Cierto

notificarSalida(s)

POST: $self.lado = self^{pre}.lado \wedge self.nCoches = self^{pre}.nCoches - 1$