

## Tema 10

Autómatas Finitos No-determinísticos  
con transiciones- $\Lambda$  (NFA- $\Lambda$ )

Dr. Luis A. Pineda  
ISBN: 970-32-2972-7

## NFA- $\Lambda$

- Motivación & concepto
- Definición
- Cerradura- $\Lambda$  de un conjunto de estados
- Función de transición aumentada
- Los NFA- $\Lambda$  son NFA
- Los FA son NFA- $\Lambda$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Motivación

- Si  $M_1$  &  $M_2$  aceptan  $L_1$  &  $L_2$  existen máquinas  $M_u$ ,  $M_i$  &  $M_d$  que aceptan:
  - $L(M_u) = L_1 \cup L_2$
  - $L(M_i) = L_1 \cap L_2$
  - $L(M_d) = L_1 - L_2$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

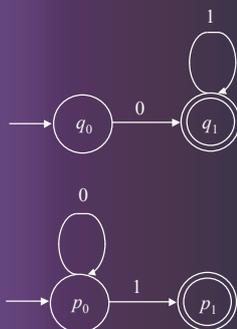
## Motivación

- Pero qué tal las máquinas  $M_c$  &  $M_k$  de la definición inductiva de las ER?
  - $L(M_u) = L_1 \cup L_2$
  - $L(M_c) = L_1 L_2$
  - $L(M_k) = L_1^*$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Primero: unión & concatenación

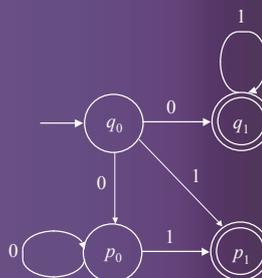
- $\Sigma = \{0, 1\}$
- $L_1 = 01^* = \{0\}\{1\}^*$
- $L_2 = 0^*1 = \{0\}^*\{1\}$



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## La unión, otra vez...

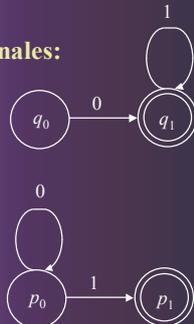
- $L_1 \cup L_2 = 01^* + 0^*1 = \{0\}\{1\}^* \cup \{0\}^*\{1\}$



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Unión

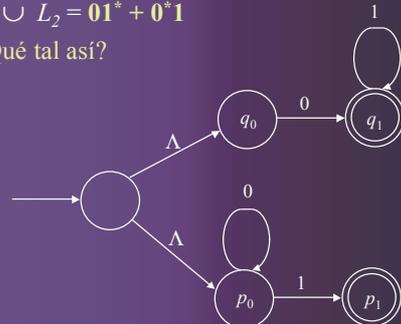
- $L_1 \cup L_2 = 01^* + 0^*1$
- Las estructuras originales:



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Unión

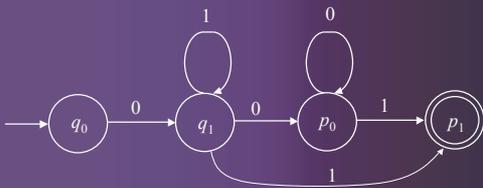
- $L_1 \cup L_2 = 01^* + 0^*1$
- ¿Qué tal así?



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## La concatenación

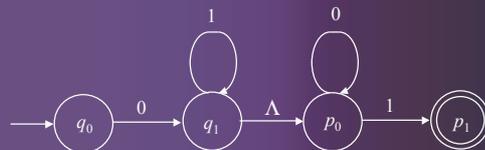
- $L_1L_2 = 01^*0^*1$



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Concatenación

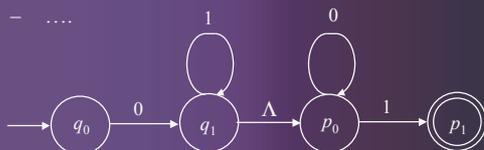
- $L_1L_2 = 01^*0^*1$
- ¿Qué tal así?:



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Cadenas correspondientes

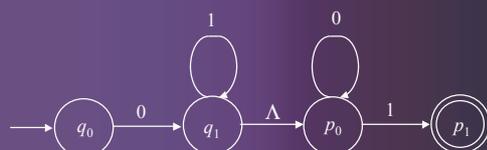
- Pero ahora se acepta un conjunto mucho más grande de cadenas (las que incluyen a  $\Lambda$ ):
  - 01 & 0 $\Lambda$ 1
  - 0101 & 01 $\Lambda$ 01
  - ....



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Cadenas correspondientes

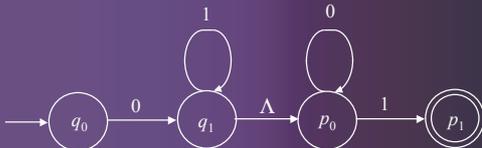
- $\Lambda$  nunca aparece en la cadena de entrada
- Si la máquina está en un estado con una transición- $\Lambda$ :
  - Puede leer un símbolo de  $\Sigma$  que esté en la cinta
  - Puede moverse (espontáneamente) al estado al que se llega a través de la transición- $\Lambda$ !



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Cadenas correspondientes

- Para toda cadena con transiciones- $\Lambda$  hay una cadena correspondiente sin transiciones- $\Lambda$ :
  - 01 corresponde a  $0\Lambda 1$
  - 0101 corresponde a  $01\Lambda 01$
- La cadena con transiciones- $\Lambda$  sólo existe en las transiciones del NFA- $\Lambda$  (en la cinta nunca hay  $\Lambda$ 's)!



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## NFA- $\Lambda$

- Proveen un nivel adicional de expresividad
- Permiten expresar abstracciones (especificaciones) de modo simple y directo!
- Da a los FA la expresividad que tienen las expresiones regulares directamente!

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## NFA con transiciones- $\Lambda$ : NFA- $\Lambda$

- Un autómata FA no-determinístico con transiciones- $\Lambda$  (NFA- $\Lambda$ ) es una quinteta:
 
$$(Q, \Sigma, q_0, A, \delta),$$
 donde
  - $Q$  es un conjunto finito (de estados)
  - $\Sigma$  es una alfabeto
  - $q_0 \in Q$  (el estado inicial)
  - $A \subseteq Q$  (el conjunto de estados aceptores)
  - La función de transición:
 
$$\delta: Q \times (\Sigma \cup \{\Lambda\}) \rightarrow 2^Q$$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Funciones de transición

- Función de transición para DFA:
 
$$\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$$
- Función de transición para NFA:
 
$$\delta: Q \times \Sigma \rightarrow 2^Q$$
- Función de transición para NFA- $\Lambda$ 

$$\delta: Q \times (\Sigma \cup \{\Lambda\}) \rightarrow 2^Q$$
- Extendemos el codominio con  $\Lambda$ !

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Función de transición aumentada para NFA- $\Lambda$

- $\delta^*(q, x)$  denota el conjunto de estados a los que llega la máquina a partir del estado  $q$  leyendo la cadena  $x$
- Pero ahora la cadena  $x \in \Sigma^*$  puede corresponder a muchas cadenas con transiciones- $\Lambda$ !

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Función de transición aumentada para NFA- $\Lambda$

- Debemos asegurarnos que se llega al conjunto correcto de estados a partir de  $q$  con  $x$ , independientemente de las transiciones- $\Lambda$  que haya en la trayectoria de estados de  $q$  a  $\delta^*(q, x)$
- ¿Cómo podemos incluir esta condición en la definición de  $\delta^*$  para los NFA- $\Lambda$ ?

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Cerradura- $\Lambda$ de un conjunto de estados

- Cerradura- $\Lambda$  (de un conjunto de estados): El conjunto de estados al que se llega con transiciones- $\Lambda$  desde un estado (o conjunto de estados)

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Cerradura- $\Lambda$ de un conjunto de estados

- Sea  $M = (Q, \Sigma, q_0, A, \delta)$  un NFA- $\Lambda$ , &  $S$  un subconjunto de  $Q$ . La cerradura- $\Lambda$  de  $S$  es el conjunto  $\Lambda(S)$  como sigue:
  - Todo elemento de  $S$  pertenece a  $\Lambda(S)$
  - Para todo  $q \in \Lambda(S)$ , todo miembro de  $\delta(q, \Lambda)$  está en  $\Lambda(S)$
  - Ningún otro miembro de  $Q$  está en  $\Lambda(S)$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

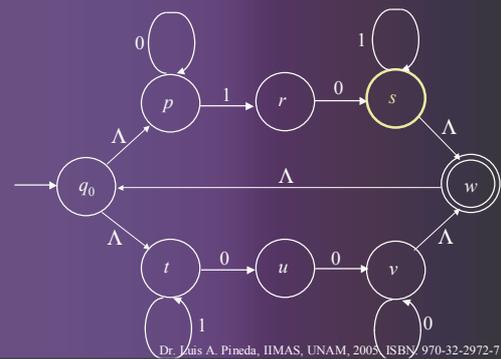
## Cálculo de $\Lambda(S)$ para un $S$ dado

- Sea  $S$  un conjunto de estados de un NFA- $\Lambda$
- Sea  $T = S$  donde  $T$  es el conjunto  $\Lambda(S)$ 
  - Para todo  $q \in T$  incluir en  $T$  todo  $\delta(q, \Lambda)$  que no esté incluido en  $T$
  - Repetir hasta que no sea posible incluir más estado en  $T$ !

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Cálculo de $\Lambda(\{s\})$ :

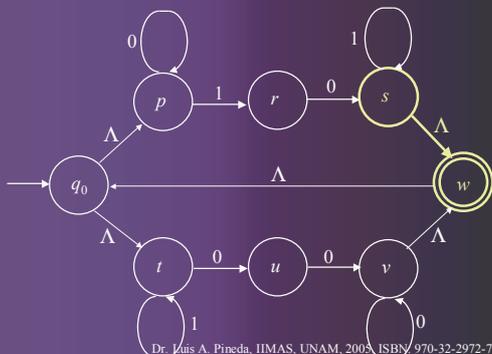
$$T = \{s\}$$



## Cálculo de $\Lambda(\{s\})$ :

$$\delta(s, \Lambda) = \{w\}$$

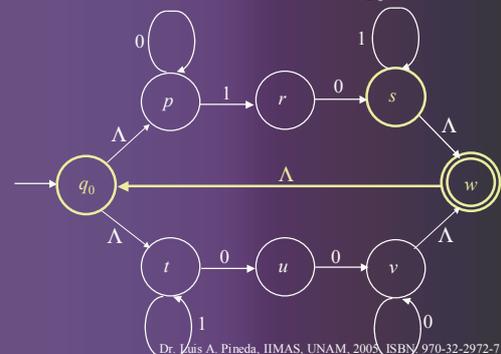
$$T = \{s, w\}$$



## Cálculo de $\Lambda(\{s\})$ :

$$\delta(w, \Lambda) = \{q_0\}$$

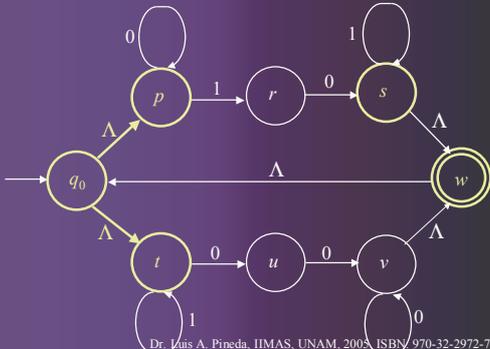
$$T = \{s, w, q_0\}$$



### Cálculo de $\Lambda(\{s\})$ :

$$\delta(q_0, \Lambda) = \{p, t\}$$

$$T = \{s, w, q_0, p, t\}$$

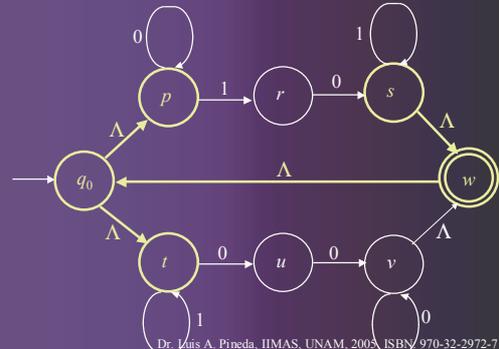


Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Cálculo de $\Lambda(\{s\})$ :

$$\delta(p, \Lambda) = \delta(t, \Lambda) = \emptyset$$

$$T = \{s, w, q_0, p, t\}$$



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### $\delta^*$ NFA- $\Lambda$

- $\Lambda(S)$  calcula la función de transición aumentada para trayectorias iniciadas en el conjunto de estados  $S$  que tienen transiciones- $\Lambda$ !
- Si  $\delta^*(q, y)$  es el conjunto de estados que se pueden alcanzar desde  $q$  con la cadena  $y$  incluyendo transiciones- $\Lambda$ , entonces el conjunto de estados que se pueden alcanzar leyendo un símbolo adicional  $a$  es:

$$\bigcup_{r \in \delta^*(q, y)} \delta(r, a)$$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Cerradura- $\Lambda$ de $S$

- La cerradura- $\Lambda$  de

$$\bigcup_{r \in \delta^*(q, y)} \delta(r, a)$$

incluye también cualquier otro estado que se pueda alcanzar mediante una o más transiciones- $\Lambda$ , por lo que:

$$\delta^*(q, ya) = \Lambda \left( \bigcup_{r \in \delta^*(q, y)} \delta(r, a) \right)$$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### $\delta^*$ NFA- $\Lambda$

- Sea  $M = (Q, \Sigma, q_0, A, \delta)$  un NFA- $\Lambda$
- La función de transición aumentada:

$$\delta^*: Q \times \Sigma^* \rightarrow 2^Q$$

se define como sigue:

- Para todo  $q \in Q$ ,  $\delta^*(q, \Lambda) = \Lambda(\{q\})$ .
- Para todo  $q \in Q$ ,  $y \in \Sigma^*$  &  $a \in \Sigma$ :

$$\delta^*(q, ya) = \Lambda \left( \bigcup_{r \in \delta^*(q, y)} \delta(r, a) \right)$$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

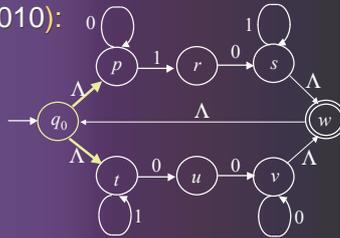
### Lenguaje aceptado por un NFA- $\Lambda$

- Una cadena  $x$  se acepta por  $M$  si  $\delta^*(q_0, x) \cap A \neq \emptyset$
- El lenguaje reconocido por  $M$  es el conjunto  $L(M)$  de todas las cadenas aceptadas por  $M$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

Cálculo de:  $\delta^*(q_0, 010)$ :

$$\delta^*(q_0, \Lambda) = \Lambda(\{q_0\}) = \{q_0, p, t\}$$



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

Cálculo de:  $\delta^*(q_0, 010)$ :

$$\delta^*(q_0, \Lambda) = \{q_0, p, t\}$$

$$\begin{aligned} \delta^*(q_0, 0) &= \Lambda\left(\bigcup_{r \in \delta^*(q_0, \Lambda)} \delta(r, 0)\right) \\ &= \Lambda(\delta(q_0, 0) \cup \delta(p, 0) \cup \delta(t, 0)) \\ &= \Lambda(\emptyset \cup \{p\} \cup \{u\}) \\ &= \Lambda(\{p, u\}) \\ &= \{p, u\} \end{aligned}$$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

Cálculo de:  $\delta^*(q_0, 010)$ :

$$\delta^*(q_0, 0) = \{p, u\}$$

$$\begin{aligned} \delta^*(q_0, 01) &= \Lambda\left(\bigcup_{r \in \delta^*(q_0, \Lambda 0)} \delta(r, 1)\right) \\ &= \Lambda(\delta(p, 1) \cup \delta(u, 1)) \\ &= \Lambda(\{r\} \cup \emptyset) \\ &= \Lambda(\{r\}) \\ &= \{r\} \end{aligned}$$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

Cálculo de:  $\delta^*(q_0, 010)$ :

$$\delta^*(q_0, 01) = \{r\}$$

$$\begin{aligned} \delta^*(q_0, 010) &= \Lambda\left(\bigcup_{r \in \delta^*(q_0, \Lambda 01)} \delta(r, 0)\right) \\ &= \Lambda(\delta(r, 0)) \\ &= \Lambda(\{s\}) \\ &= \{s, w, q_0, p, t\} \end{aligned}$$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### El lenguaje aceptado por un NFA- $\Lambda$

- Una cadena  $x$  se acepta por  $M$  si  $\delta^*(q_0, x) \cap A \neq \emptyset$
- $A = \{w\}$
- $\delta^*(q_0, 010) = \{s, w, q_0, p, t\}$
- $\delta^*(q_0, x) \cap A = \{w\} \neq \emptyset$

– Aceptando 010:



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Los NFA- $\Lambda$ son NFA

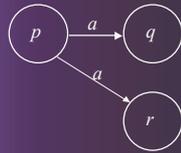
- Si  $L \subseteq \Sigma^*$  se acepta por el NFA- $\Lambda$   $M = (Q, \Sigma, q_0, A, \delta)$  existe un NFA  $M_1 = (Q_1, \Sigma, q_1, A_1, \delta_1)$  que también acepta a  $L$
- $M_1$  es el NFA *sin* transiciones- $\Lambda$  que corresponde al NFA- $\Lambda$   $M$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Eliminando transiciones- $\Lambda$



es equivalente a:



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Eliminando transiciones- $\Lambda$

- Mediante  $\delta^*$  se puede determinar el conjunto de estado alcanzados a partir de cualquier estado de un NFA- $\Lambda$  (incluyendo transiciones- $\Lambda$ ) para cualquier cadena de cualquier longitud
- Estos estados incluyen aquellos que se pueden alcanzar con cadenas de longitud unitaria:  $|x| = 1$ .
- Estas cadenas corresponden a los símbolos del alfabeto!
- Podemos evitar las transiciones- $\Lambda$  substituyendolas por las transiciones sobre los símbolos del alfabeto correspondientes

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Eliminando transiciones- $\Lambda$

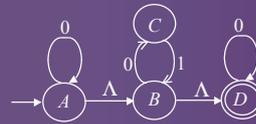
- Para encontrar el NFA correspondiente:
  - Dada la tabla de transición del NFA- $\Lambda$
  - Calcular  $\delta^*$  del NFA- $\Lambda$  para todos los estados, para todos los símbolos del alfabeto (cadenas de longitud 1). Esto es, calcular para todo  $q_i$ 

$$\delta^*(q_i, \Lambda) = \Lambda(\{q_j\}) \ \&$$

$$\delta^*(q_i, \Lambda a) \text{ para todo } a \in \Sigma$$
  - El resultado de este proceso es la función de transición del NFA!

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

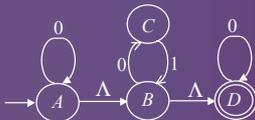
## Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

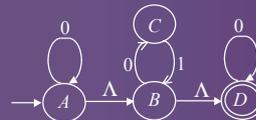
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$
A	{B}	{A}	$\phi$
B	{D}	{C}	$\phi$
C	$\phi$	$\phi$	{B}
D	$\phi$	{D}	$\phi$



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

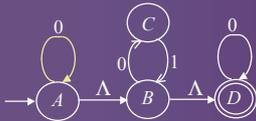
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$	$\delta^*(q, 0)$	$\delta^*(q, 1)$
A	{B}	{A}	$\phi$		
B	{D}	{C}	$\phi$		
C	$\phi$	$\phi$	{B}		
D	$\phi$	{D}	$\phi$		



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

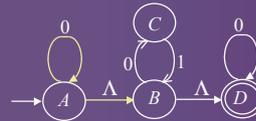
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$	$\delta^*(q, 0)$	$\delta^*(q, 1)$
A	{B}	{A}	$\phi$	{A}	
B	{D}	{C}	$\phi$		
C	$\phi$	$\phi$	{B}		
D	$\phi$	{D}	$\phi$		



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

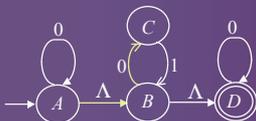
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$	$\delta^*(q, 0)$	$\delta^*(q, 1)$
A	{B}	{A}	$\phi$	{A, B}	
B	{D}	{C}	$\phi$		
C	$\phi$	$\phi$	{B}		
D	$\phi$	{D}	$\phi$		



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

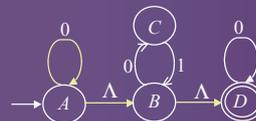
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$	$\delta^*(q, 0)$	$\delta^*(q, 1)$
A	{B}	{A}	$\phi$	{A, B, C}	
B	{D}	{C}	$\phi$		
C	$\phi$	$\phi$	{B}		
D	$\phi$	{D}	$\phi$		



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

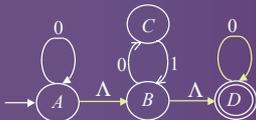
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$	$\delta^*(q, 0)$	$\delta^*(q, 1)$
A	{B}	{A}	$\phi$	{A, B, C, D}	
B	{D}	{C}	$\phi$		
C	$\phi$	$\phi$	{B}		
D	$\phi$	{D}	$\phi$		



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

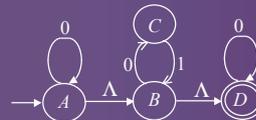
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$	$\delta^*(q, 0)$	$\delta^*(q, 1)$
A	{B}	{A}	$\phi$	{A, B, C, D}	
B	{D}	{C}	$\phi$		
C	$\phi$	$\phi$	{B}		
D	$\phi$	{D}	$\phi$		



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

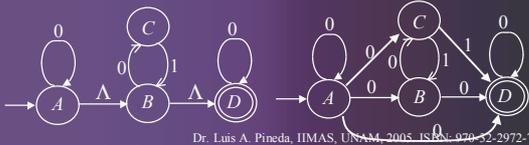
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$	$\delta^*(q, 0)$	$\delta^*(q, 1)$
A	{B}	{A}	$\phi$	{A, B, C, D}	$\phi$
B	{D}	{C}	$\phi$	{C, D}	$\phi$
C	$\phi$	$\phi$	{B}	$\phi$	{B, D}
D	$\phi$	{D}	$\phi$	{D}	$\phi$



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

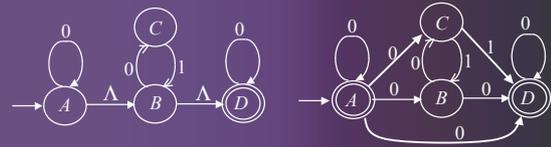
$q$	$\delta(q, \Lambda)$	$\delta(q, 0)$	$\delta(q, 1)$	$\delta^*(q, 0)$	$\delta^*(q, 1)$
$A$	$\{B\}$	$\{A\}$	$\emptyset$	$\{A, B, C, D\}$	$\emptyset$
$B$	$\{D\}$	$\{C\}$	$\emptyset$	$\{C, D\}$	$\emptyset$
$C$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\{B\}$	$\emptyset$	$\{B, D\}$
$D$	$\emptyset$	$\{D\}$	$\emptyset$	$\{D\}$	$\emptyset$



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Reducción de NFA- $\Lambda$ a NFA

Si se pueden alcanzar estados aceptores mediante transiciones- $\Lambda$  a partir del estado inicial, entonces el estado inicial también es aceptor!



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Los NFA- $\Lambda$ s son NFAs

- Si  $L \subseteq \Sigma^*$  se acepta por un NFA- $\Lambda$   $M = (Q, \Sigma, q_0, A, \delta)$  existe un NFA  $M_1 = (Q_1, \Sigma, q_1, A_1, \delta_1)$  que también acepta  $L$

- Este el caso si y sólo si:  $\delta_1^*(q, y) = \delta^*(q, y)$

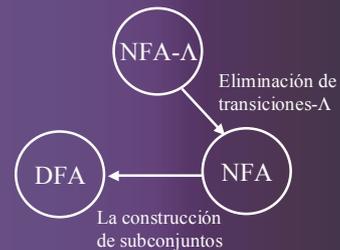
- $Q_1 = Q$  & los estados aceptores:

$$A_1 = \begin{cases} A \cup \{q_0\} & \text{Si } \Lambda(\{q_0\}) \cap A \neq \Phi \text{ en } M \\ A & \text{de otro modo} \end{cases}$$

- La prueba es por inducción!

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## La familia de FA



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Los FAs son NFA- $\Lambda$ s

- Lo que sabemos hasta ahora:
  - $L$  se puede reconocer por un FA
  - $L$  se puede reconocer por un NFA
  - $L$  se puede reconocer por un NFA- $\Lambda$

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

## Los FAs son NFA- $\Lambda$ s

- Los siguientes tres enunciados son equivalentes:
  - Para todo NFA existe un FA equivalente (la construcción de subconjuntos)
  - Para todo NFA- $\Lambda$  existe un NFA equivalente (eliminando transiciones- $\Lambda$ )
  - Para todo FA existe un NFA- $\Lambda$  equivalente!

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### El NFA- $\Lambda$ equivalente a un DFA

- Sea  $L$  un lenguaje aceptado por un a DFA  
 $M = (Q, \Sigma, q_0, A, \delta)$
- Construimos un NFA- $\Lambda$  equivalente:  
 $M_1 = (Q, \Sigma, q_0, A, \delta_1)$ 
  - Con el mismo conjunto de estados
  - El mismo alfabeto
  - El mismo estado inicial
  - El mismo conjunto de estados aceptores!

Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### El NFA- $\Lambda$ equivalente a un DFA

- La función de transición  $\delta_1$  es de tipo:  
 $\delta_1: Q \times (\Sigma \cup \{\Lambda\}) \rightarrow 2^Q$   
 como sigue (para todo  $q \in Q$  &  $a \in \Sigma$ ):  
 $\delta_1(q, \Lambda) = \phi$   
 $\delta_1(q, a) = \{\delta(q, a)\}$
- El NFA- $\Lambda$  trivial sin transiciones no-determinísticas o transiciones- $\Lambda$ !

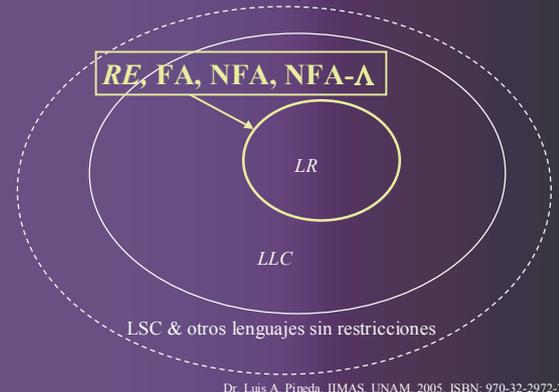
Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### La familia de los FAs



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7

### La cuarta descripción de los LR



Dr. Luis A. Pineda, IIMAS, UNAM, 2005. ISBN: 970-32-2972-7