



Conversão de NFA- ϵ em expressão regular

- NFA- ϵ $N = \langle \Sigma, S, s_0, \delta, F \rangle$.
- GNFA $G = \langle \Sigma, S', s_{ini}, \delta', s_{fim} \rangle$, onde:
 - Σ : alfabeto de entrada;
 - $S' \cup \{s_{ini}, s_{fim}\}$: conjunto finito de estados;
 - $s_{ini} \in S'$: estado inicial;
 - $\delta' : (S' - \{s_{fim}\}) \times \mathcal{R}^* \rightarrow S' - \{s_{ini}\}$: função de transição que associa um estado e uma expressão regular a outro estado;
 - $s_{fim} \in S'$: estado final;
 - \mathcal{R}^* : conjunto de todas as expressões regulares sobre o alfabeto Σ .
- Enquanto $|S'| > 2$:
 - $s_r \leftarrow s \in S'$, tal que $s \neq s_{ini}$ e $s \neq s_{fim}$;
 - $S' \leftarrow S' - \{s_r\}$; e
 - $\delta'(s_i, \mathcal{R}_{i,r}(\mathcal{R}_{r,r})^*\mathcal{R}_{r,j} \cup \mathcal{R}_{i,j}) \leftarrow s_j, \forall s_i \in S' - \{s_{fim}\}$ e $s_j \in S' - \{s_{ini}\}$, onde:

$$\begin{cases} \delta(s_i, \mathcal{R}_{i,r}) = s_r \\ \delta(s_r, \mathcal{R}_{r,r}) = s_r \\ \delta(s_r, \mathcal{R}_{r,j}) = s_j \\ \delta(s_i, \mathcal{R}_{i,j}) = s_j. \end{cases}$$

$$\mathcal{L}_1 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w|_{01} > 0 \text{ ou } |w|_{10} > 0\}$$

$$\mathcal{L}_2 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ representa um número binário ímpar (sem zeros à esquerda)}\}$$

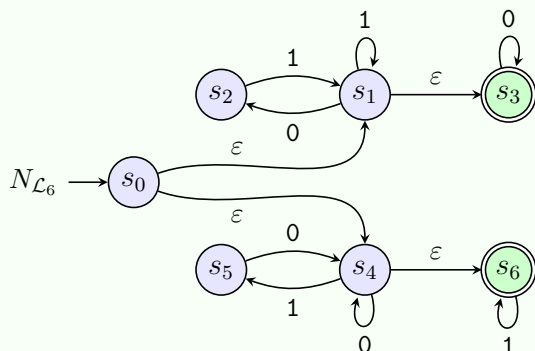
$$\mathcal{L}_3 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ representa um número binário e } w \pmod{3} = 1\}$$

$$\mathcal{L}_4 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ representa um número binário e } w \geq 7\}$$

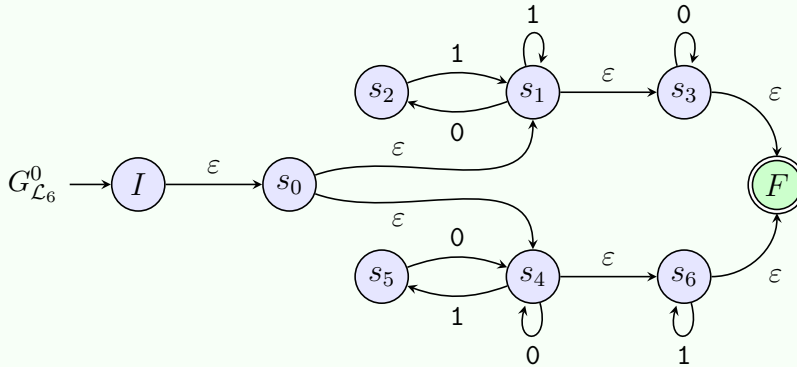
$$\mathcal{L}_5 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ contém } 001 \text{ ou } 110\}$$

$$\mathcal{L}_6 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ não contém } 001 \text{ ou não contém } 110\}$$

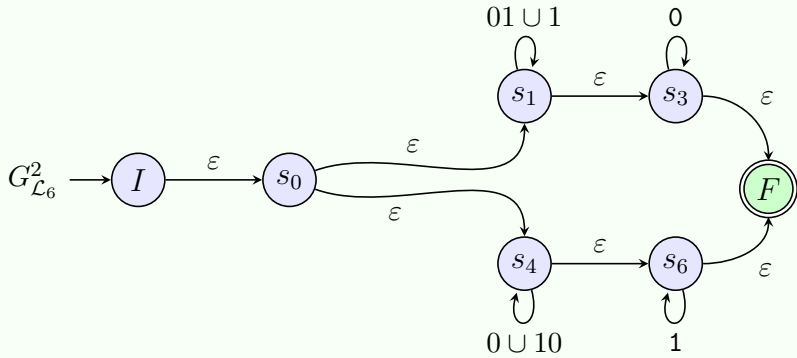
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_6 :



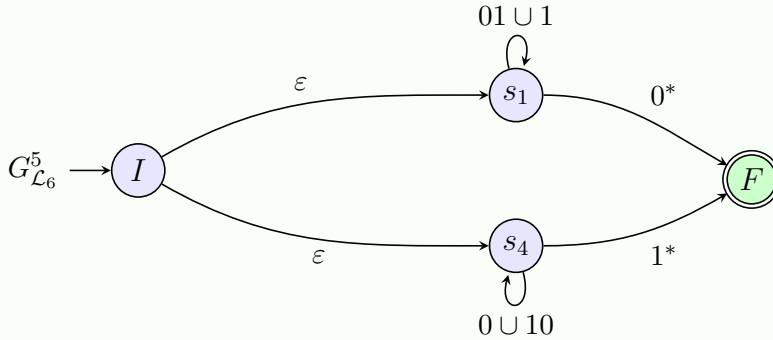
- GNFA $G_{\mathcal{L}_6}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_6}$:



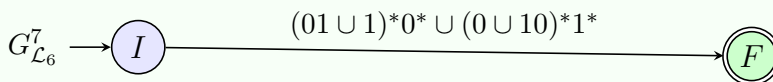
- GNFA $G_{\mathcal{L}_6}^2$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_6}^0$ após a exclusão dos estados s_2 e s_5 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_6}^5$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_6}^2$ após a exclusão dos estados s_0 , s_3 e s_6 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_6}^7$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_6}^5$ após a exclusão dos estados s_1 e s_4 :

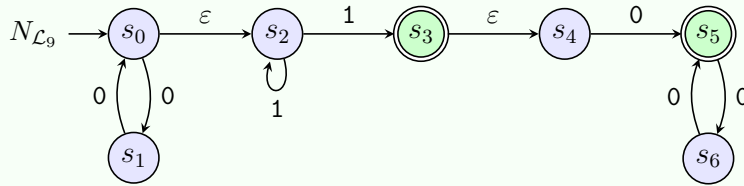


$\mathcal{L}_7 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid \text{todo } 0 \text{ em } w \text{ é adjacente à esquerda e à direita a um } 1\}$

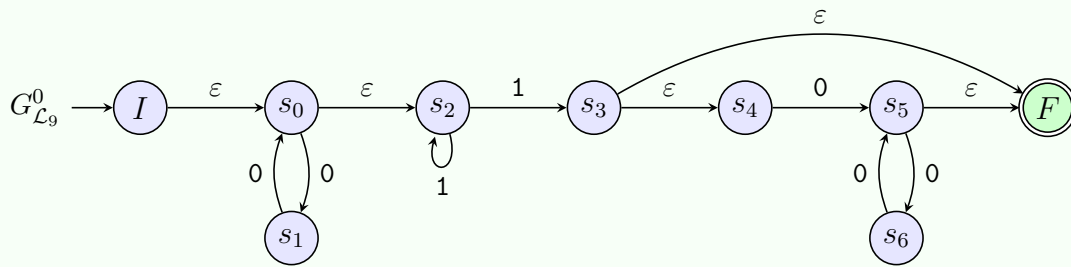
$\mathcal{L}_8 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ contém as subcadeias } 01 \text{ e } 10\}$

$\mathcal{L}_9 = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w = xyz, \text{ com } x \in \{0\}^*, |x| = 2k, y \in \{1\}^+ \text{ e } z \in \{0\}^*, |z| = 0 \text{ ou } |z| = 2k' + 1\}$

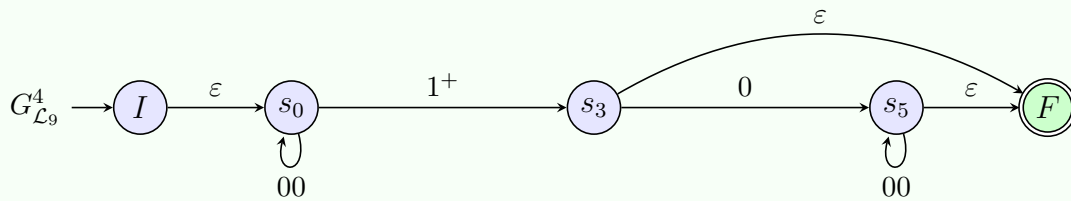
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_9 :



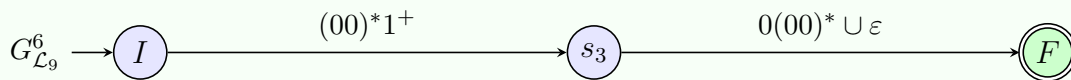
- GNFA $G_{\mathcal{L}_9}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_9}$:



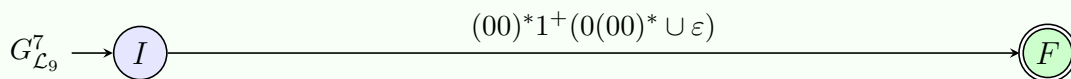
- GNFA $G_{\mathcal{L}_9}^4$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_9}^0$ após a exclusão dos estados s_1, s_2, s_4 e s_6 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_9}^6$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_9}^4$ após a exclusão dos estados s_0 e s_5 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_9}^7$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_9}^6$ após a exclusão do estado s_3 :

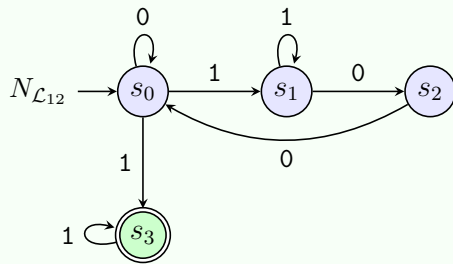


$\mathcal{L}_{10} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w = x0y0z \text{ com } |y| = 2k \text{ ou } w = x1y1z \text{ com } |y| = 2k' + 1; x, y, z \in \Sigma^*; k, k' \in \mathbb{N}\}$

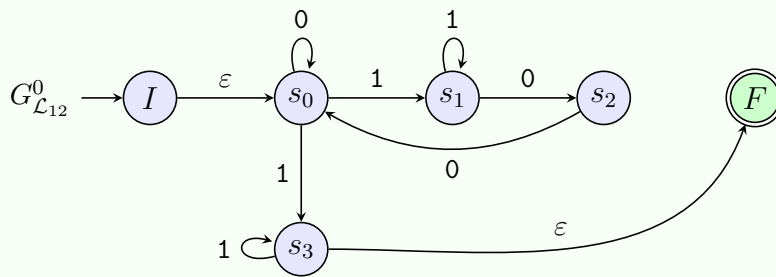
$\mathcal{L}_{11} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid \text{pelo menos um 0 em } w \text{ não é seguido de 1}\}$

$\mathcal{L}_{12} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ não contém 101 e termina com 1}\}$

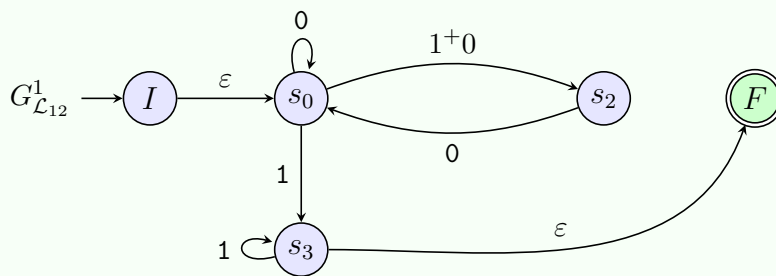
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{12} :



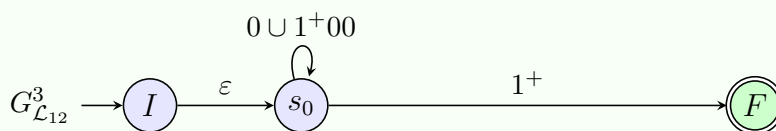
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{12}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_{12}}$:



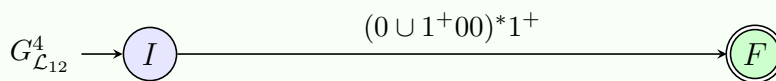
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{12}}^1$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{12}}^0$ após a exclusão do estado s_1 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{12}}^3$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{12}}^1$ após a exclusão dos estados s_2 e s_3 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{12}}^4$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{12}}^3$ após a exclusão do estado s_0 :

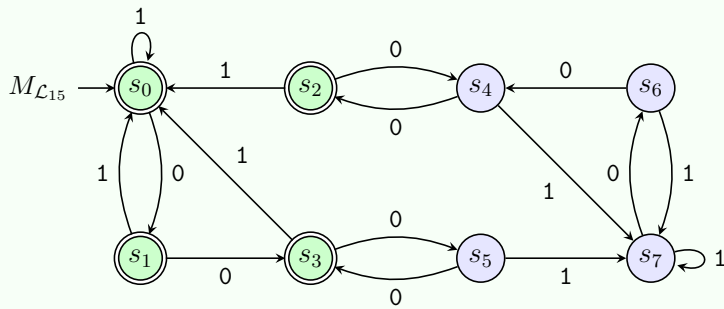


$\mathcal{L}_{13} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w| \geq 3 \text{ e o terceiro e o penúltimo símbolos de } w \text{ não são } 1\}$

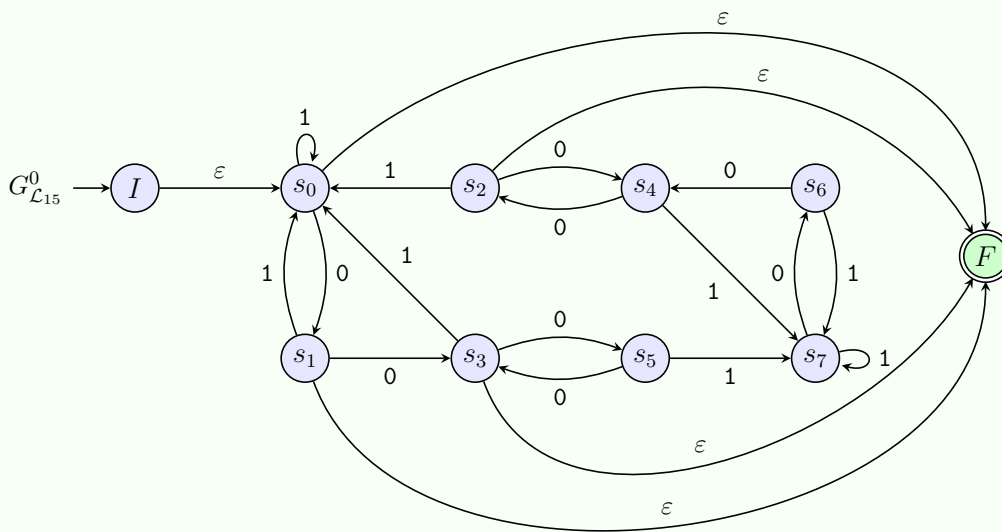
$\mathcal{L}_{14} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ contém uma quantidade par da subcadeia } 010\}$

$\mathcal{L}_{15} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ contém uma quantidade par da subcadeia } 000\}$

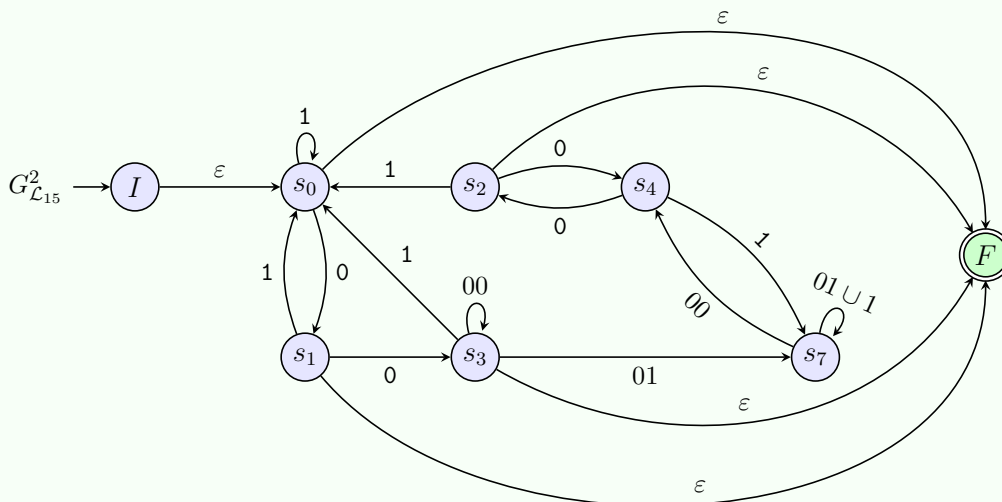
- DFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{15} :



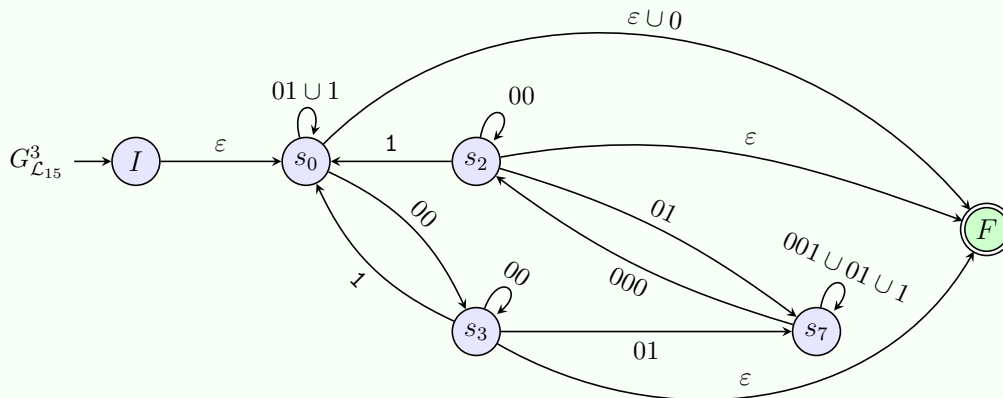
- GNFA $G_{L_{15}}^0$ obtido a partir do DFA $M_{L_{15}}$:



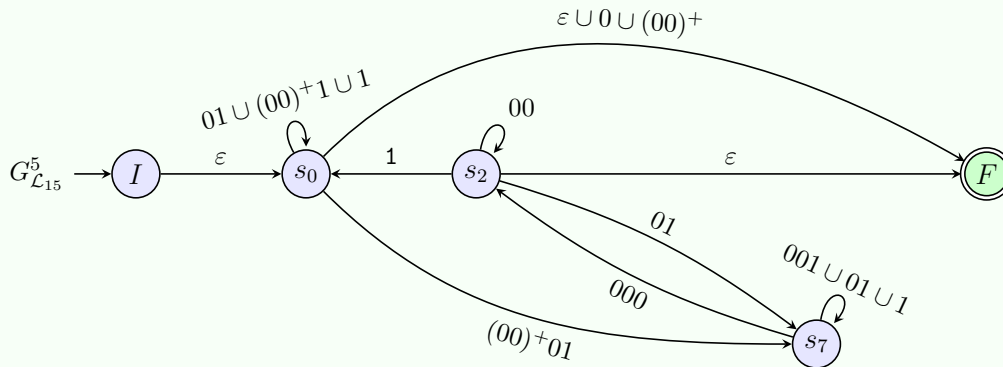
- GNFA $G_{L_{15}}^2$ obtido a partir do GNFA $G_{L_{15}}^0$ após a exclusão dos estados s_5 e s_6 :



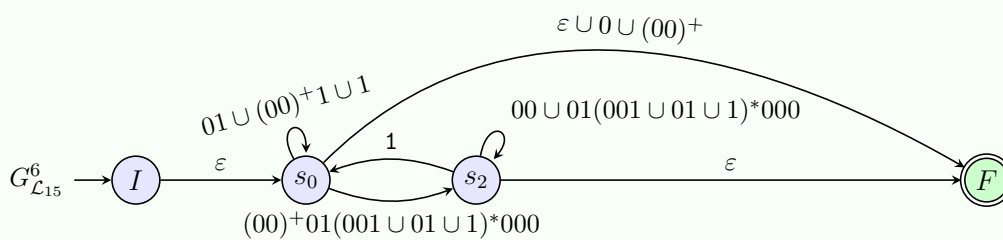
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^4$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^2$ após a exclusão dos estados s_1 e s_4 :



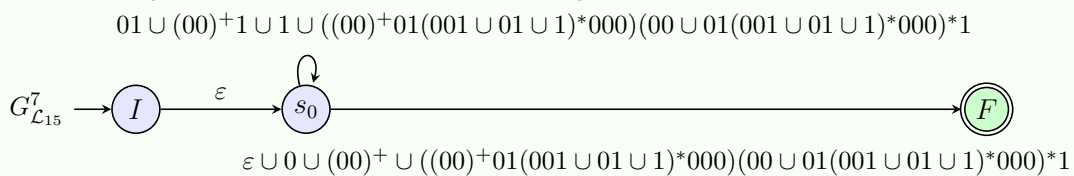
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^5$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^4$ após a exclusão do estado s_3 :



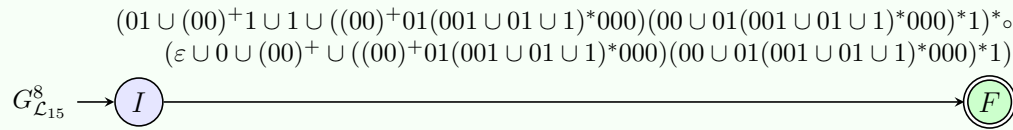
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^6$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^5$ após a exclusão do estado s_7 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^7$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^6$ após a exclusão do estado s_2 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^8$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{15}}^7$ após a exclusão do estado s_0 :



$$\mathcal{L}_{16} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid |w|_0 \pmod{3} = 1\}$$

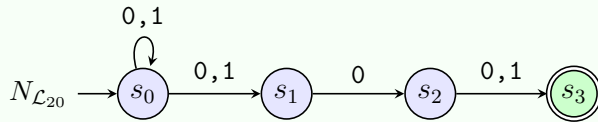
$$\mathcal{L}_{17} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid |w|_0 \geq 3 \text{ e } |w|_1 \leq 2\}$$

$$\mathcal{L}_{18} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid |w|_0 \geq 3 \text{ ou } |w|_1 = 2, \text{ e } w \text{ não contém } 11\}$$

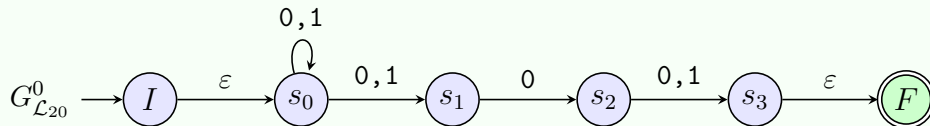
$$\mathcal{L}_{19} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid w \text{ contém exatamente uma ocorrência de } 00 \text{ ou de } 11\}$$

$$\mathcal{L}_{20} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid |w| \geq 3 \text{ e o penúltimo símbolo é } 0\}$$

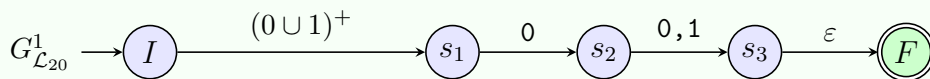
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{20} :



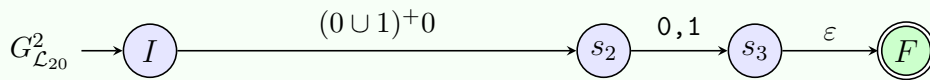
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_{20}}$:



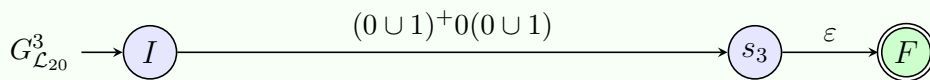
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^1$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^0$ após a exclusão do estado s_0 :



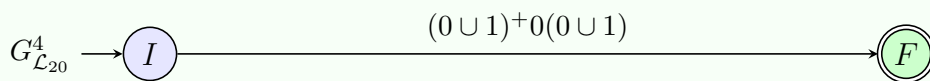
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^2$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^1$ após a exclusão do estado s_1 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^3$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^2$ após a exclusão do estado s_2 :

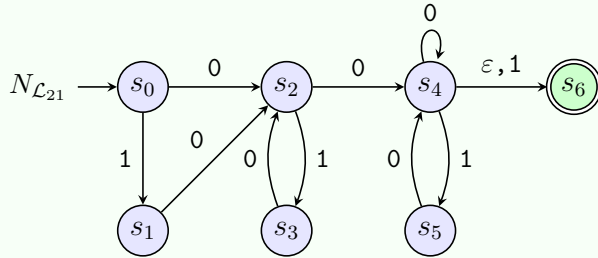


- GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^4$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{20}}^3$ após a exclusão do estado s_3 :

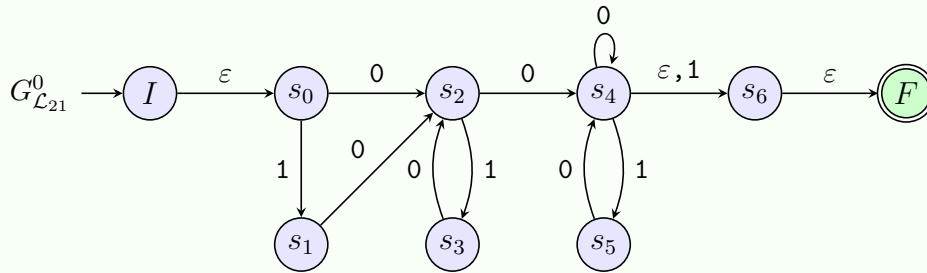


$$\mathcal{L}_{21} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w|_{00} \geq 1 \text{ e } |w|_{11} = 0\}$$

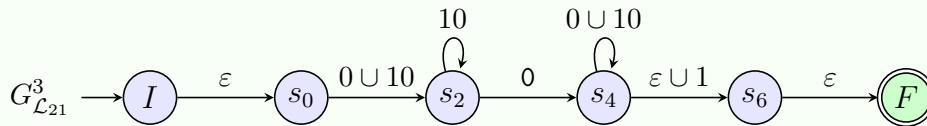
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{21} :



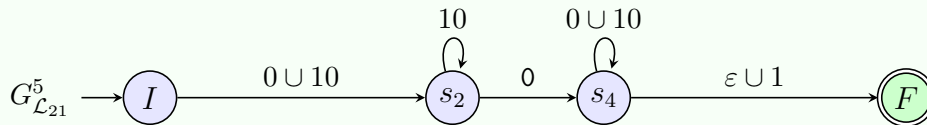
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_{21}}$:



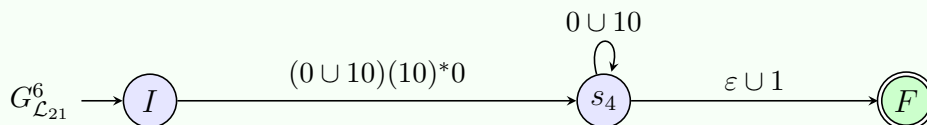
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^3$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^0$ após a exclusão dos estados s_1 , s_3 e s_5 :



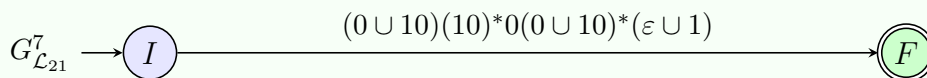
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^5$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^3$ após a exclusão dos estados s_0 e s_6 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^6$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^5$ após a exclusão do estados s_2 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^7$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{21}}^6$ após a exclusão do estados s_4 :



$$\mathcal{L}_{22} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w| \geq 2 \text{ e os dois primeiros símbolos de } w \text{ são iguais aos dois últimos}\}$$

$$\mathcal{L}_{23} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ não começa com } 10, \text{ mas termina com } 10\}$$

$$\mathcal{L}_{24} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ contém pelo menos um } 0 \text{ e pelo menos dois } 1\text{'s}\}$$



$$\mathcal{L}_{25} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w = 0u \text{ e } |w| \text{ é par ou } w = 1u' \text{ e } |u'| \text{ é par, com } u, u' \in \Sigma^*\}$$

$$\mathcal{L}_{26} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w|_0 + |w|_1 = 2k + 1, k \in \mathbb{N} \text{ e } w \text{ não contém } 10\}$$

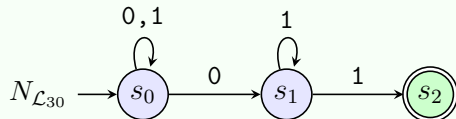
$$\mathcal{L}_{27} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w = xyz, x, z \in \{0\}^*, y \in \{1\}^+; |x|_0 + |z|_0 = 2k, |y|_1 = 2k' + 1, k, k' \in \mathbb{N}\}$$

$$\mathcal{L}_{28} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w = xcycz, c \in \Sigma, x, y, z \in \Sigma^*; |x| = 2k + 1, |z| = 2k', k, k' \in \mathbb{N}; |y| = 2\}$$

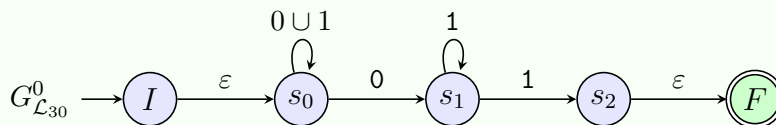
$$\mathcal{L}_{29} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ contém uma, duas ou três ocorrências do símbolo } 0\}$$

$$\mathcal{L}_{30} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w = u01^n, u \in \Sigma^*, n \in \mathbb{N}^+\}$$

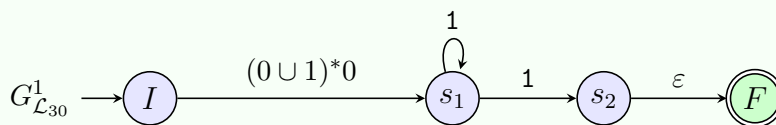
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{30} :



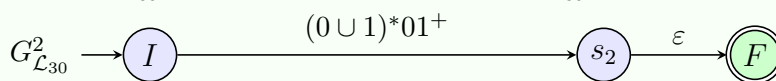
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{30}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_{30}}$:



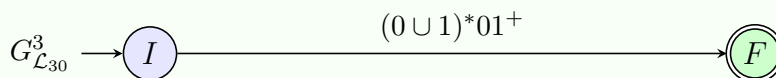
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{30}}^1$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{30}}^0$ após a exclusão do estado s_0 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{30}}^2$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{30}}^1$ após a exclusão do estado s_1 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{30}}^3$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{30}}^2$ após a exclusão do estado s_2 :

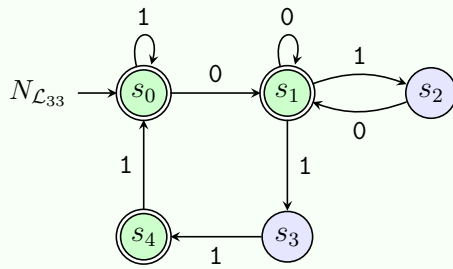


$$\mathcal{L}_{31} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ não começa com } 0 \text{ e não termina com } 000\}$$

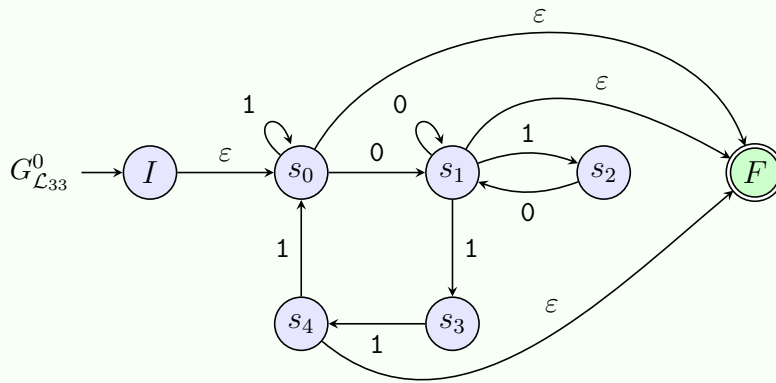
$$\mathcal{L}_{32} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w = uc, u \in \Sigma^*, c \in \Sigma, |u|_c \leq 2\}$$

$$\mathcal{L}_{33} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ não contém } 0110 \text{ e não termina com } 01\}$$

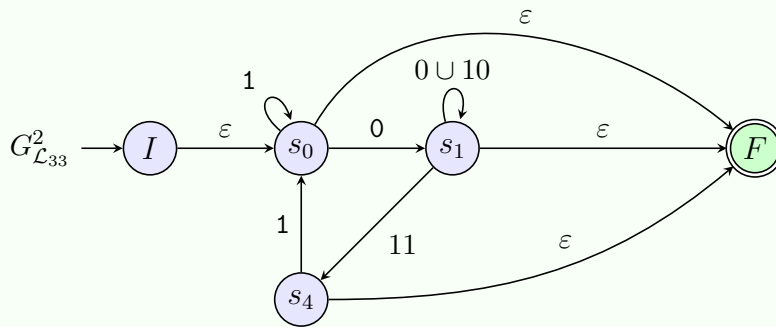
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{33} :



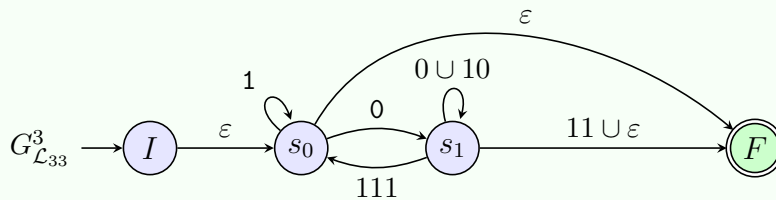
- GNFA $G_{L_{33}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{L_{33}}$:



- GNFA $G_{L_{33}}^2$ obtido a partir do GNFA $G_{L_{33}}^0$ após a exclusão dos estados s_2 e s_3 :

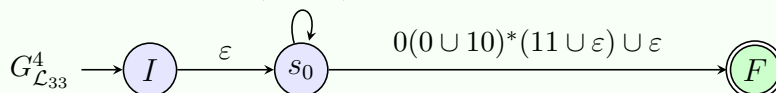


- GNFA $G_{L_{33}}^3$ obtido a partir do GNFA $G_{L_{33}}^2$ após a exclusão do estado s_4 :

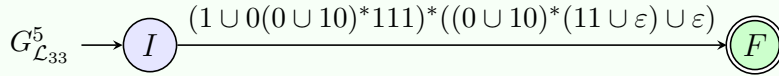


- GNFA $G_{L_{33}}^4$ obtido a partir do GNFA $G_{L_{33}}^3$ após a exclusão do estado s_1 :

$$1 \cup 0(0 \cup 10)^*111$$

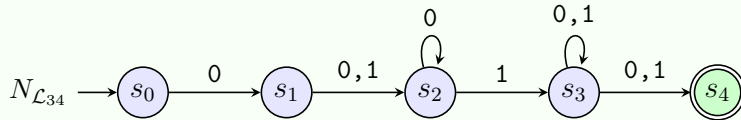


- GNFA $G_{\mathcal{L}_{33}}^5$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{33}}^4$ após a exclusão do estado s_0 :

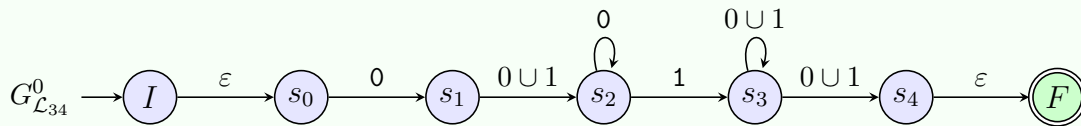


$\mathcal{L}_{34} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w| \geq 4, \text{ começa com } 0 \text{ e contém pelo menos um } 1 \text{ do terceiro ao penúltimo}\}$

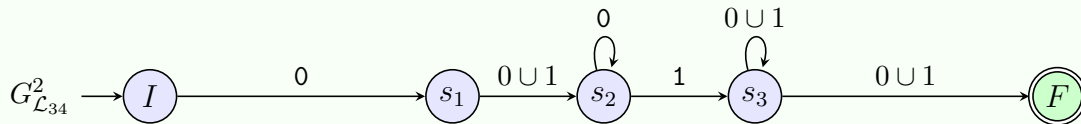
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{34} :



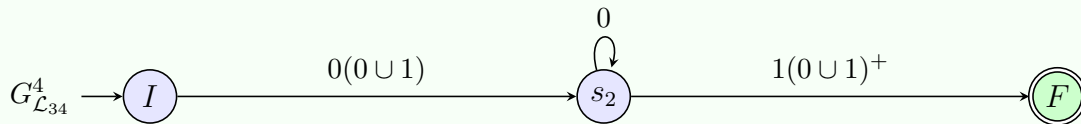
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{34}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_{34}}$:



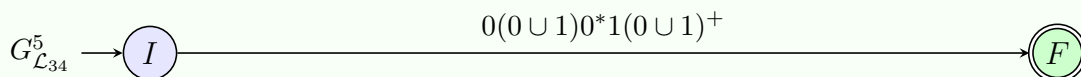
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{34}}^2$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{34}}^0$ após a exclusão dos estados s_0 e s_4 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{34}}^4$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{34}}^2$ após a exclusão dos estados s_1 e s_3 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{34}}^5$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{34}}^4$ após a exclusão do estado s_2 :



$\mathcal{L}_{35} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w| = 2k + 1, k \in \mathbb{N}, w \text{ termina com } 1 \text{ e contém pelo menos mais um } 1\}$

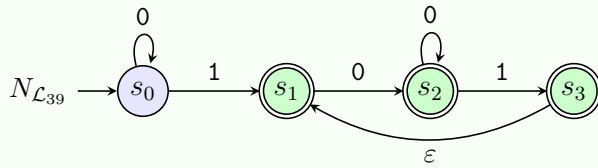
$\mathcal{L}_{36} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w| = 2k, k \in \mathbb{N}, w \text{ não contém } 11\}$

$\mathcal{L}_{37} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w = u11, u \in \Sigma^* \text{ e todo } 0 \text{ em } u \text{ é seguido de um par de símbolos distintos}\}$

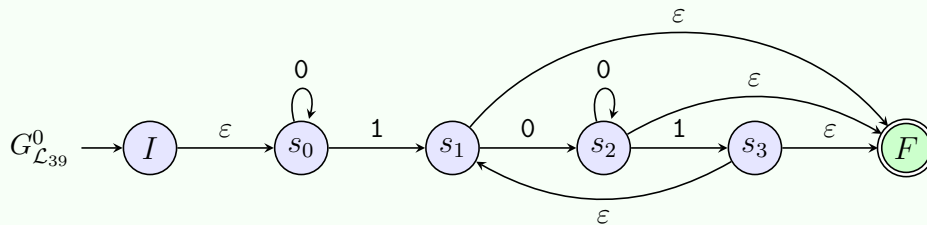
$\mathcal{L}_{38} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ contém os símbolos } 0 \text{ e } 1, \text{ mas não contém } 00\}$

$\mathcal{L}_{39} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ contém pelo menos um } 1, \text{ mas não contém } 11\}$

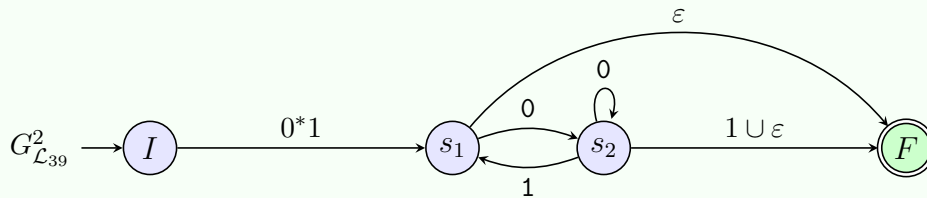
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{39} :



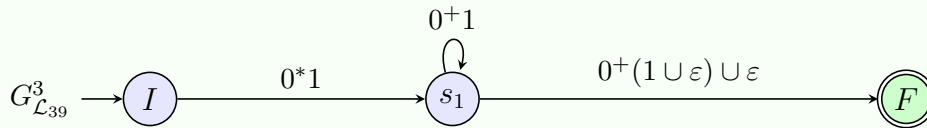
- GNFA $G_{L_{39}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{L_{39}}$:



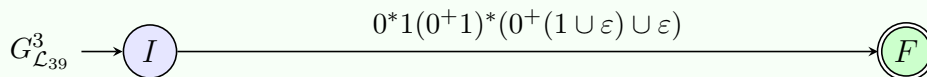
- GNFA $G_{L_{39}}^2$ obtido a partir do GNFA $G_{L_{39}}^0$ após a exclusão dos estados s_0 e s_3 :



- GNFA $G_{L_{39}}^3$ obtido a partir do GNFA $G_{L_{39}}^2$ após a exclusão do estado s_2 :



- GNFA $G_{L_{39}}^4$ obtido a partir do GNFA $G_{L_{39}}^3$ após a exclusão do estado s_1 :



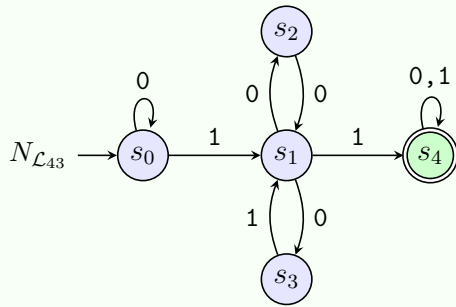
$\mathcal{L}_{40} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid w \text{ contém } 00, \text{ mas não contém } 011\}$

$\mathcal{L}_{41} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid w \text{ contém pelo menos um } 00, \text{ mas não contém } 11\}$

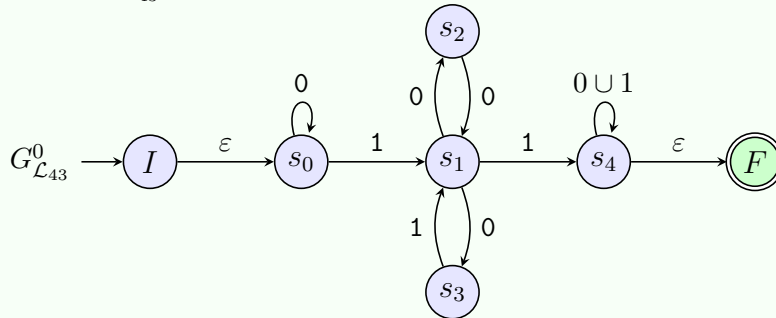
$\mathcal{L}_{42} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid w \text{ começa com } 0 \text{ e contém } 010 \text{ ou } w \text{ começa com } 1 \text{ e contém } 101\}$

$\mathcal{L}_{43} = \{w \in \Sigma^* = \{0, 1\}^* \mid w \text{ contém dois } 1\text{'s separados por uma quantidade par de símbolos}\}$

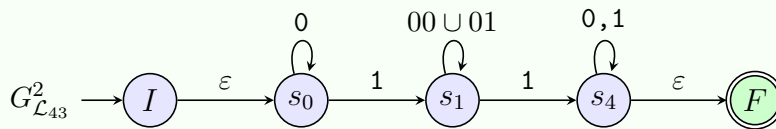
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{43} :



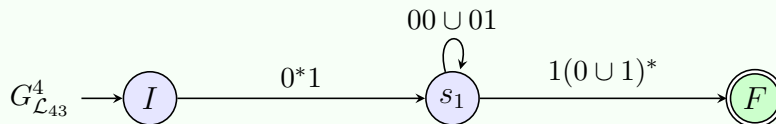
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{43}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_{43}}$:



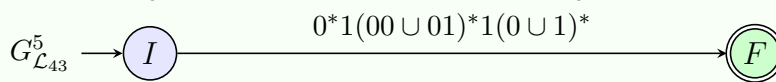
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{43}}^2$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{43}}^0$ após a exclusão dos estados s_2 e s_3 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{43}}^4$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{43}}^2$ após a exclusão dos estados s_0 e s_4 :

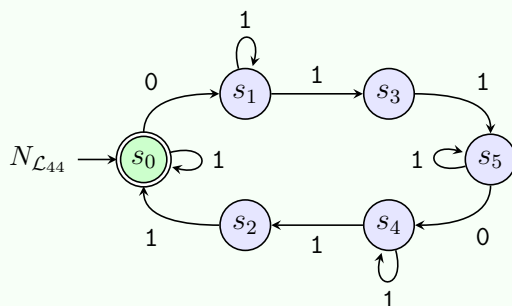


- GNFA $G_{\mathcal{L}_{43}}^5$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{43}}^2$ após a exclusão do estado s_1 :

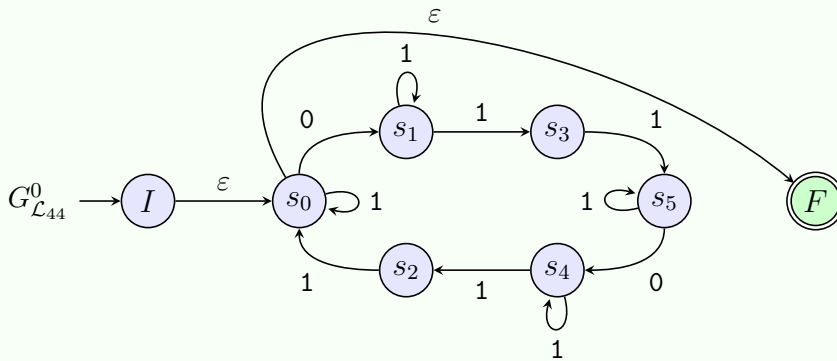


$\mathcal{L}_{44} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w|_0 = 2k, k \in \mathbb{N}, \text{ e cada } 0 \text{ é seguido de pelo menos dois } 1\text{'s consecutivos}\}$

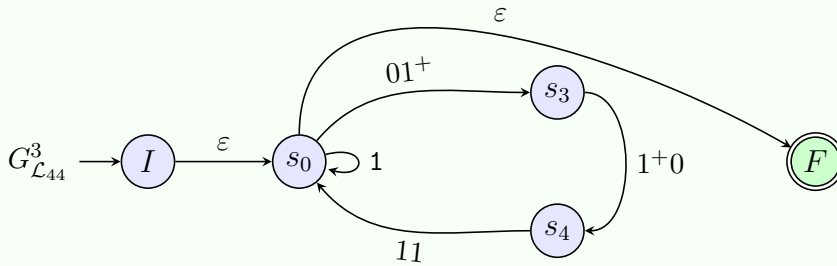
- NFA que reconhece a linguagem \mathcal{L}_{44} :



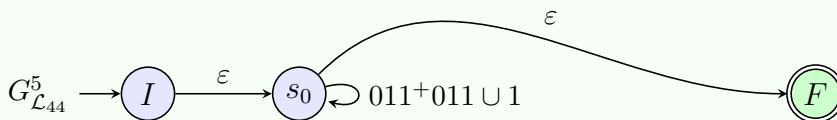
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{44}}^0$ obtido a partir do NFA $N_{\mathcal{L}_{44}}$:



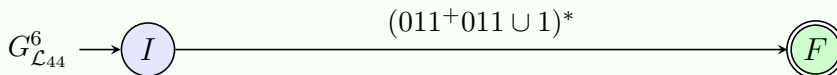
- GNFA $G_{\mathcal{L}_{44}}^3$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{44}}^0$ após a exclusão dos estados s_1 , s_2 e s_5 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{44}}^5$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{44}}^3$ após a exclusão dos estados s_3 e s_4 :



- GNFA $G_{\mathcal{L}_{44}}^6$ obtido a partir do GNFA $G_{\mathcal{L}_{44}}^5$ após a exclusão do estado s_0 :



$\mathcal{L}_{45} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w| = 2k, k \in \mathbb{N}, \text{ e } w \text{ começa com 1 ou termina com 11}\}$

$\mathcal{L}_{46} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid w \text{ é diferente de } 0, 00, 1, 11 \text{ e } 010\}$

$\mathcal{L}_{47} = \{w \in \Sigma^* = \{0,1\}^* \mid |w|_0 = 2k \text{ e } |w|_1 = 3k', k, k' \in \mathbb{N}\}$