Pushdown Automata(PDA)
الأوتومات الدفعي

Pushdown Automata(PDA)
الأوتومات الدفعي

- يعتبر الأوتومات الدفعي طريقة لتنفيذ الـ CFG بنفس الطريقة التي يصمم بها الـ DFA للقواعد المنظمة. يمكن للـ DFA أن يتذكر كمية محددة من المعلومات، بعكس الـ a الذي يمكنه أن يتذكر كمية لانهائية من المعلومات.
- الـDFA ببساطة هو NFA معزز بذاكرة كدسة خارجية تدعم العمل بمبدأ أخر القيم المدخلة هي أول القيم المخرجة LIFO. وبذلك يمكن للـPDA أن يخزن كمية غير محدودة من المعلومات في الكدسة. أي أنه يمكن للـPDA دفع عنصر إلى قمة الكدسة أو سحب عنصر من أعلى الكدسة. ولكي نقرأ العنصر أعلى الكدسة لا بد من سحبه منه وبالتالي فقدانه.
- يعتبر الـPDA أقوى من الـFA لأن الـDFA يقبل جميع اللغات التي يقبلها الـFA، والعكس غير صحيح.
-
-

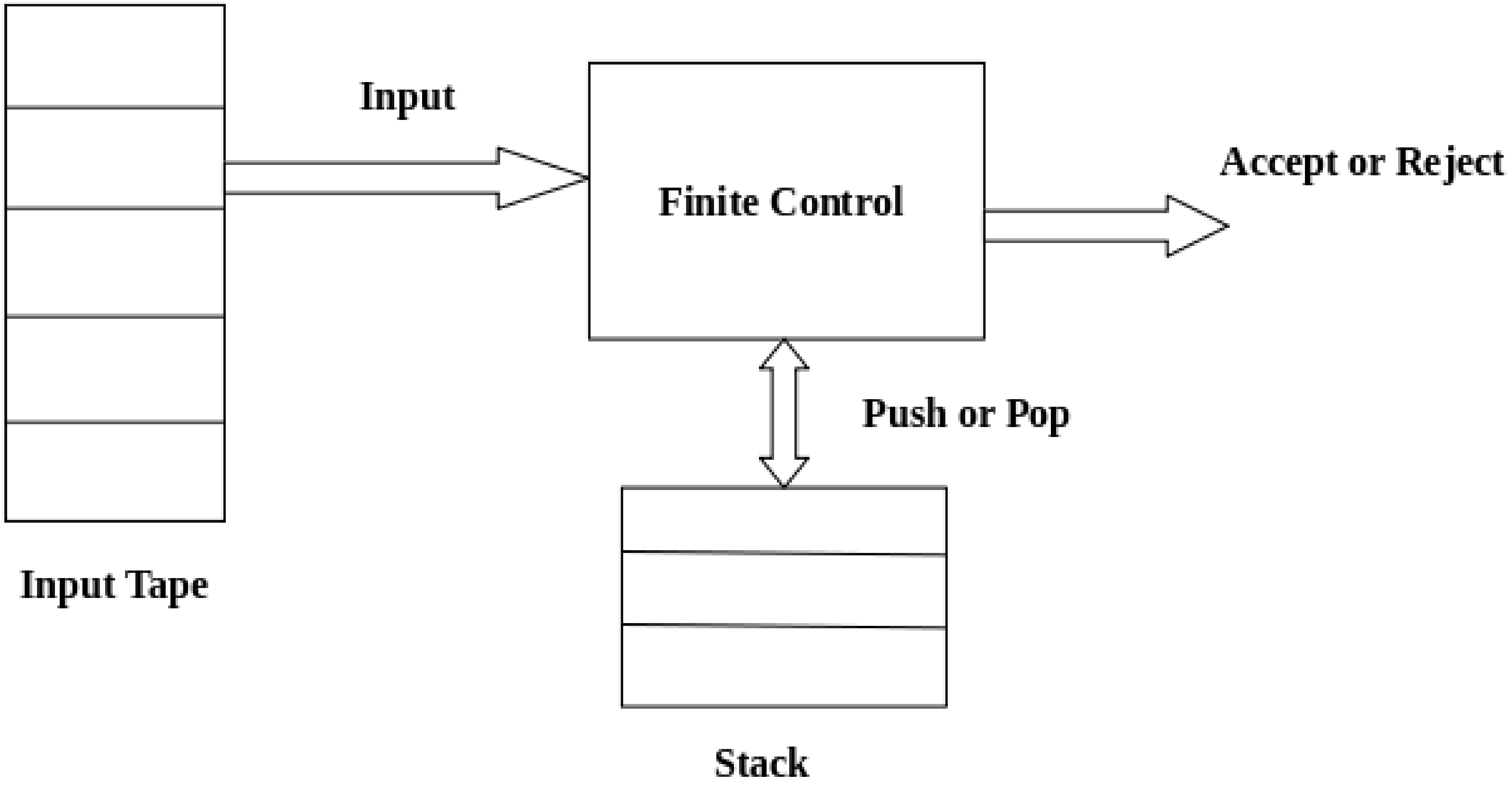


Fig: Pushdown Automata

مركبات الـDFA

- **دفق الدخل Input tape: الذي يقسم إلى العديد من الخلايا أو الرموز. وأول عناصر الدخل هو للقراءة فقط** read-only ويتحرك اتجاه القراءة من اليسار إلى اليمين مع قراءة رمز وحيد في كل مرة.
- **التحكم المنتهي Finite control: يملك مجموعة مؤشرات تشير إلى الرمز الحالي المتوقعة قراءته.**
- **الكدسة Stack: هو الهيكلية التي يمكننا دفع أو إزالة العناصر منها أو إليها من جانب واحد. وهو افتراضياً بحجم لانهائي ويستخدم لتخزين العناصر مؤقتاً.**

التعريف الصوري للـPDA
Formal definition of PDA

- نقصد بذلك عناصر اللغة المكونة من سبع مركبات (سباعية)هي:
- P = (Q, ∑, Γ , δ, q0 ,Z ,F),
- **Q**: مجموعة منتهية من الحالات
- **∑**: مجموعة الدخل
- **Γ**: رمز الكدسة الذي يمكن أن يدفع pushed أو أن يسحب popped من الـstack.
- **δ : تخطيط التابع الذي يستخدم للانتقال من الحالة الحالية** current state إلى الحالة التالية next state.
- **q0: الحالة الابتدائية** the initial state
- **Z: رمز البداية في** Γ.
- **F: مجموعة الحالات النهائية** final states.

وصف الحالة اللحظية
Instantaneous Description (ID)

- وصف الحالة اللحظية ID هو تدوين عام للكيفية التي يحسب بها ال PDA سلسلة الدخل input string ويتخذ من خلال ذلك القرار بأن هذه السلسلة مقبولة أو مرفوضة accepted or rejected.
- **وصف الحالة اللحظية هو ثلاثية (q, w, α) حيث:**
- **q** تصف الحالة الحالية current state.
- **w** تصف الدخل المتبقي remaining input.
- **α تصف محتوى الكدسة** stack contents، قمة الكدسة إلى اليسار top at the left.
-

تدوينات الباب الدوار Turnstile Notation:

- الرمز ⊢ يصف تدوين الباب الدواروبمثل حركة أو انتقال واحد one move .
- الرمز *⊢ يصف تتالي أو سلسلة من النقلات أو الانتقالات sequence of moves.
- **مثال:**
- $(p, b, T) \vdash (q, w, \alpha)$
- تعني أنه أثناء الانتقال من الحالة p إلى q، يتم استخدام واستهلاك رمز الدخل 'b' ويجري تمثيل قمة المكدس 'T' top of the stack بسلسلة جديدة α.

مثال 1 1 Example:

- صمم PDA لقبول اللغة $\{a^n b^{2n} \mid n>=1\}$.
-

- **الحل: نلاحظ أنه في هذه اللغة أنه يتوجب أن يلي عدد** n من أحرف الـa، عدد مقداره 2n من أحرف الـb. وبالتالي علينا أن نطبق منطق بسيط جداً وهو إذا قرأنا ’a‘ واحدة فإننا سندفع زوج من أحرف الـa في الكدسة stack . وحالما نقرأ حرف ’b‘ وحيد فإننا نسحب حرف ’a‘ واحد من الكدسة stack .
-

- ويمكننا وصف الحالة اللحظية ID كما يلي :

1. $\delta(q0, a, Z) = (q0, aaZ)$
2. $\delta(q0, a, a) = (q0, aaa)$

- والآن عندما نقرأ حرف b، سوف نغير الحالة من q0 إلى q1 ونبدأ بسحب أحرف الـ’a’ الموافقة وبالتالي

1. $\delta(q0, b, a) = (q1, \varepsilon)$

-

- سيتم تكرار عملية سحب 'b’ حتى تتم قراءة جميع الرموز. مع ملاحظة أن عملية السحب تحصل في الحالة q1 فقط.

1. $\delta(q1, b, a) = (q1, \varepsilon)$

- بعد قراءة جميع رموز الـb، يجب أن تكون جميع رموز a قد تم سحبها. وهكذا عند قراءتنا ε كرمز دخل عندها لا يجب أن يكون أي هنالك أي رمز في الكدسة stack. وبالتالي يجب أن يكون الانتقال كما يلي:

1. $\delta(q1, \varepsilon, Z) = (q2, \varepsilon)$

- حيث يمكننا وضع التعبير التالي:
- PDA = $(\{q0, q1, q2\}, \{a, b\}, \{a, Z\}, \delta, q0, Z, \{q2\})$

- ونلخص وصف الحالة اللحظية ID كما يلي:

1. $\delta(q0, a, Z) = (q0, aaZ)$
2. $\delta(q0, a, a) = (q0, aaa)$
3. $\delta(q0, b, a) = (q1, \varepsilon)$
4. $\delta(q1, b, a) = (q1, \varepsilon)$
5. $\delta(q1, \varepsilon, Z) = (q2, \varepsilon)$

-

- ويمكننا محاكاة هذا الأوتومات الدفعي لسلسلة الدخل التالية "aaabbbbbb" كما يلي:

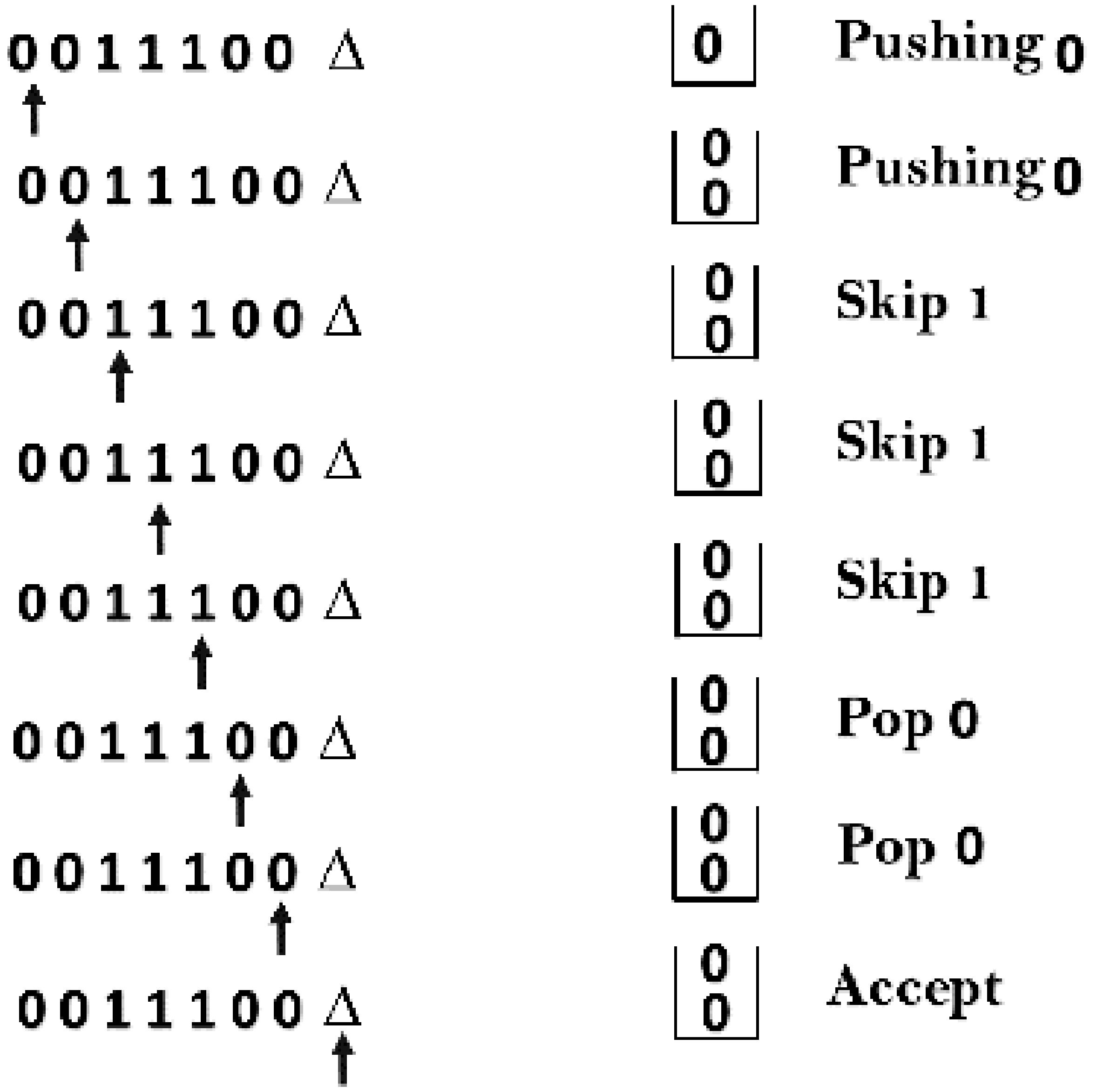
1. $\delta q0$ (, aaabbbbbb, Z) $\vdash \delta(q0, aabbbbbb, aaZ)$
2. $\vdash \delta(q0, abbbbbb, aaaaZ)$
3. $\vdash \delta(q0, bbbbbb, aaaaaaZ)$
4. $\vdash \delta(q1, bbbbb, aaaaaZ)$
5. $\vdash \delta(q1, bbbb, aaaaZ)$
6. $\vdash \delta(q1, bbb, aaaZ)$
7. $\vdash \delta(q1, bb, aaZ)$
8. $\vdash \delta(q1, b, aZ)$
9. $\vdash \delta(q1, \varepsilon, Z)$
10. $\vdash \delta(q2, \varepsilon)$
11. ACCEPT

1. $\delta(q0, a, Z) = (q0, aaZ)$
2. $\delta(q0, a, a) = (q0, aaa)$
3. $\delta(q0, b, a) = (q1, \varepsilon)$
4. $\delta(q1, b, a) = (q1, \varepsilon)$
5. $\delta(q1, \varepsilon, Z) = (q2, \varepsilon)$

مثال 2 2 Example:

- صمم PDA يقبل اللغة $\{0^n1^m0^n \mid m, n>=1\}$.
- **الحل: في هذا الـ**PDA، يتكرر الرمز 0 n مرة يليها تكرار الرمز 1 m مرة ومن ثم يتكرر الرمز 0 n مرة. وبالتالي فإن منطق تصميم هذا الأوتوماتا الدفعي سيكون كما يلي:
- ادفع جميع الأصفار في الكدسة.
- لا تقم بأية فعالية عند قراءة الواحد
- وعند قراءة الصفر ثانيةً نقوم بسحب صفر من الكدسة.
- ادفع جميع الأصفار إلى الـ stack ابتداءً من ظهور الصفر الأول. مع مصادفتنا لأول 1 على الدخل، لاتقم بأية فعالية حتى قراءة 0 من الدخل، عندها إبدأ بسحب صفر واحد (one 0) من الـstack.

على سبيل المثال:


0011100 Δ
0
Pushing 0
0
0
Pushing 0
0011100 Δ
0
0
Skip 1
0011100 Δ
0
0
Skip 1
0011100 Δ
0
0
Skip 1
0011100 Δ
0
0
Pop 0
0011100 Δ
0
0
Pop 0
0011100 Δ
0
0
Accept
0011100 Δ

- السيناريو بوصف الحالة اللحظية الـ**ID** Instantaneous Description كما يلي:

1. $\delta(q0, 0, Z) = \delta(q0, 0Z)$
2. $\delta(q0, 0, 0) = \delta(q0, 00)$
3. $\delta(q0, 1, 0) = \delta(q1, 0)$
4. $\delta(q1, 1, 0) = \delta(q1, 0)$
5. $\delta(q1, 0, 0) = \delta(q1, \varepsilon)$
6. $\delta(q0, \varepsilon, Z) = \delta(q2, Z)$ (ACCEPT state)

-

• محاكاة الـ PDA لسلسلة الدخل "0011100".

1. $\delta(q0, 0011100, Z) \vdash \delta(q0, 011100, 0Z)$
2. $\vdash \delta(q0, 11100, 00Z)$
3. $\vdash \delta(q0, 1100, 00Z)$
4. $\vdash \delta(q1, 100, 00Z)$
5. $\vdash \delta(q1, 00, 00Z)$
6. $\vdash \delta(q1, 0, 0Z)$
7. $\vdash \delta(q1, \varepsilon, Z)$
8. $\vdash \delta(q2, Z)$
9. ACCEPT

قبول الأوتومات الدفعي PDA Acceptance

هنالك مقاربتان لكي تعد اللغة مقبولة عند استخدام الـ Pushdown automata:
1- القبول وفقاً للحالة النهائية: نقول أن الـ PDA يقبل سلسلة الدخل من النظر إلى وصوله إلى إحدى الحالات النهائية بعد قراءة مجمل سلسلة الدخل.

ليكن لدينا الـ PDA التالي: $P = (Q, \sum, \Gamma, \delta, q0, Z, F)$

اللغة التي يقبلها بالنظر إلى الحالة النهائية هي:

$$L(PDA) = \{w \mid (q0, w, Z) \vdash^* (p, \varepsilon, \varepsilon), q \in F\}$$

2-القبول بوجود كدسة فارغة Empty Stack: المشعر هو فراغ الكدسة بعد إتمام قراءة سلسلة الدخل

ليكن لدينا الـ PDA التالي: $P = (Q, \sum, \Gamma, \delta, q0, Z, F)$.
يمكننا تعريف اللغة المقبولة باستخدام الكدسة الفارغة كما يلي:

$$N(PDA) = \{w \mid (q0, w, Z) \vdash^* (p, \varepsilon, \varepsilon), q \in Q\}$$

تكافؤ القبول وفقاً للحالة النهائية والقبول بوجود كدسة فارغة

إذا كانت $L = N(P1)$ لـ PDA ما P1، عندها فإنه هنالك PDA P2 يعطى بـ $L = L(P2)$. وهذا يعني أن اللغة التي يقبلها بطريقة الكدسة الفارغة سوف يقبلها حتما بطريقة الحالة النهائية.

- إذا كانت هنالك لغة $L = L\ (P1)$ لـ PDA P1 عندها فإنه هنالك PDA P2 يعطى بـ$L = N(P2)$ وهذا يعني أن اللغة التي يقبلها بطريقة الحالة النهائية هي التي يقبلها بحالة الكدسة الفارغة.

Example:

- If L = N(P1) for some PDA P1, then there is a PDA P2 such that L = L(P2). That means the language accepted by empty stack PDA will also be accepted by final state PDA.
- If there is a language L = L (P1) for some PDA P1 then there is a PDA P2 such that L = N(P2). That means language accepted by final state PDA is also acceptable by empty stack PDA.
-

المطلوب بناء PDA يقبل اللغة L المعرفة على {0, 1} باستخدام الكدسة الفارغة بحيث يتم قبول جميع السلاسل الصفرية والواحدية بحيث يكون عدد الأصفار ضعف عدد الواحدات.

الحل: Solution

هنالك مرحلتين لتصميم هذا الـPDA :

- إذا أتت الواحدات قبل الأصفار If 1 comes before any 0's
- إذا أتت الأصفار قبل الواحدات If 0 comes before any 1's.

سنصمم الجزء الأول (الواحدات قبل الأصفار). المنطق هو قراءة واحد وحيد ودفع واحدين في الكدسة. وبعد ذلك عند قراءة صفرين نقوم بسحب واحدين من الكدسة. يمكننا إعطاء δ بالعلاقات التالية:

1. $\delta(q0, 1, Z) = (q0, 11, Z)$ تمثل Z فراغ الكدسة
2. $\delta(q0, 0, 1) = (q0, \varepsilon)$

سنصمم الجزء الثاني (الأصفار قبل الواحدات). المنطق هو قراءة صفر وحيد ودفعه في الكدسة. وبعد ذلك نغيير الحالة من q0 إلى q1..مع ملاحظة أن الحالة q1 تشير إلى قراءة أول صفر وأنه يتوجب علينا بعد ذلك قراءة الصفر الثاني.

نبدأ بـ q1، إذا ورد علينا واحد عندها سنسحب صفراً POP 0. وبكوننا في q1، إذا قرأنا صفراً نقوم ببساطة بقراءة الصفر الثاني ونتابع. وتكون δ تعطى كما يلي:

1. $\delta(q0, 0, Z) = (q1, 0Z)$
2. $\delta(q1, 0, 0) = (q1, 0)$
3. $\delta(q1, 0, Z) = (q0, \varepsilon)$ (indicate that one 0 and one 1 is already read, so simply read the second 0)
4. $\delta(q1, 1, 0) = (q1, \varepsilon)$

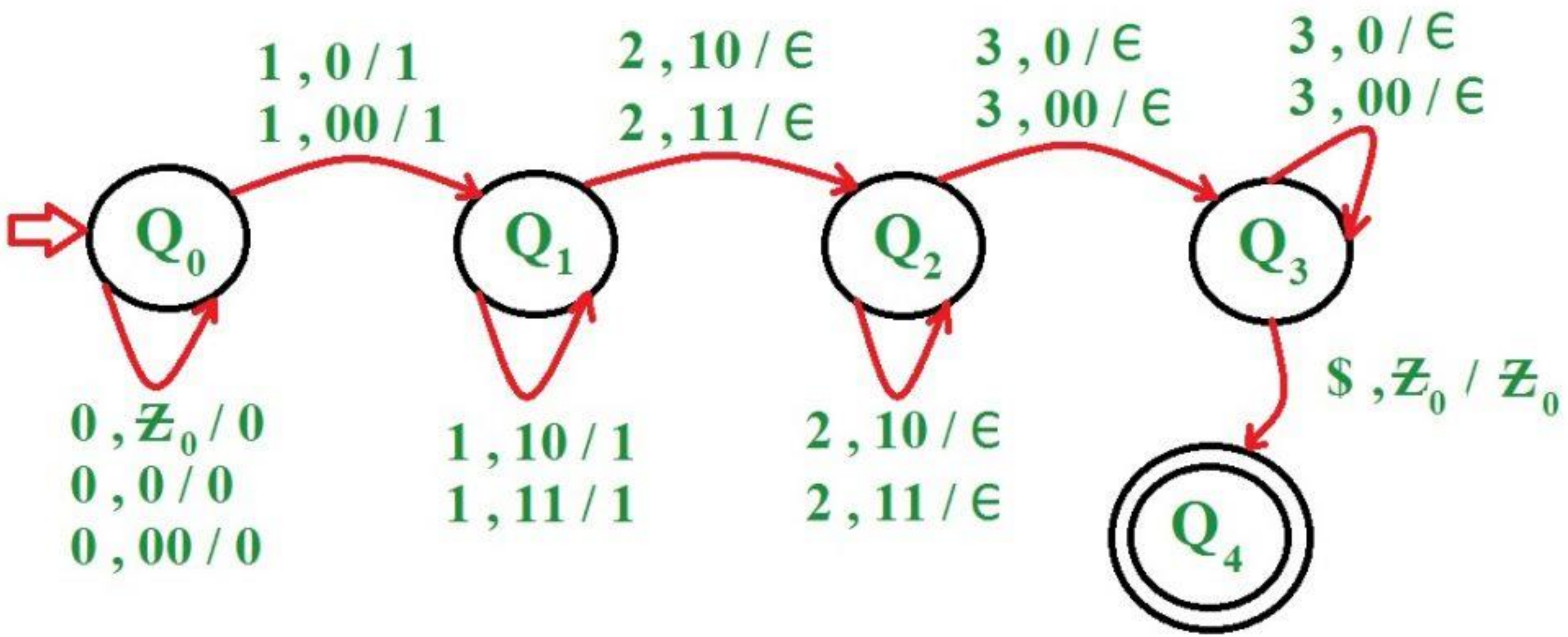
ويصبح الـ PDA النهائي كما يلي:

1. $\delta(q0, 1, Z) = (q0, 11Z)$
2. $\delta(q0, 0, 1) = (q1, \varepsilon)$
3. $\delta(q0, 0, Z) = (q1, 0Z)$
4. $\delta(q1, 0, 0) = (q1, 0)$
5. $\delta(q1, 0, Z) = (q0, \varepsilon)$
6. $\delta(q0, \varepsilon, Z) = (q0, \varepsilon)$ ACCEPT state

المطلوب إنشاء PDA للغة $L = \{0^n1^m2^m3^n \mid n>=1, m>=1\}$
المقاربة المستخدمة للـ PDA في هذه الحالة.
1- يجري بدايةً دفع الأصفار إلى الـstack.
2- بعدها ندفع الواحدات إلى stack.
3-بعد ذلك من أجل كل 2 تظهر على الدخل، نسحب 1 من الـstack. فإذا كان لايزال هنالك 2's متبقية وكانت قمة الكدسة تحمل 0 عندها يمكننا الاستنتاج أن السلسلة غير مقبولة من هذا الـPDA.
أما إذا أصبح الـstack خالياً من الـ 2's وكانت قمة الكدسة تحوي 0 عندها يجري سحب 0 من الـstack مع ورود كل 3 على الدخل.
فإذا انتهت سلسلة الدخل مع فراغ stack عندها يعلن قبول السلسلة من قبل الـ PDA وخلاف ذلك يعلن رفضها.
الخطوة الأولى: دفع كل صفر من سلسلة الدخل في الـstack. ومع ظهور الواحد يجري أيضاً دفعه إلى الـstack أيضاً، ومن ثم ننتقل إلى الحالة التالية.
الخطوة الثانية: دفع كل واحد من سلسلة الدخل في الـstack. ومع ظهور الإثنين 2 يجري أيضاً سحب 1 من الـstack، ومن ثم ننتقل إلى الحالة التالية.
الخطوة الثالثة: عند ظهور 2 في سلسلة الدخل نسحب 1 من الـstack. فإذا تم سحب جميع الواحدات من الـstack وتم استقبال 3 عندها يتم سحب 0 من الـstack وننتقل للحالة التالية.
الخطوة الرابعة: عند ظهور 3 في سلسلة الدخل نسحب 0 من الـstack. فإذا انتهت سلسلة الدخل وترافق ذلك مع فراغ الـstack ، عندها ننتقل للحالة النهائية ونعتبر السلسلة خاضعة للقواعد.

Examples:

```
Input : 0 0 1 1 1 2 2 2 3 3 Result : ACCEPTED
Input : 0 0 0 1 1 2 2 2 3 3 Result : NOT ACCEPTED
```



المطلوب بناء PDA للغة $L = \{0^n1^m \mid n >= 1, m >= 1, m > n+2\}$

المقاربة المستخدمة للـ PDA في هذه الحالة.

1- يجري بدايةً دفع الأصفار إلى الـstack.

2- وعند الانتهاء من دفع الأصفار يتم تجاهل واحدين (11). بعدها مع ورود كل واحد إلى stack كدخل، نسحب 0 من الـstack، وعند فراغ الـstack وبقاء 1 أو أكثر في الـstack يجري إهمال هذه الواحدات.

الخطوة الأولى: دفع جميع الأصفار الواردة من سلسلة الدخل في الـstack، حتى ورود واحد (1) عندها يتم تجاهله، ومن ثم ننتقل إلى الحالة التالية.

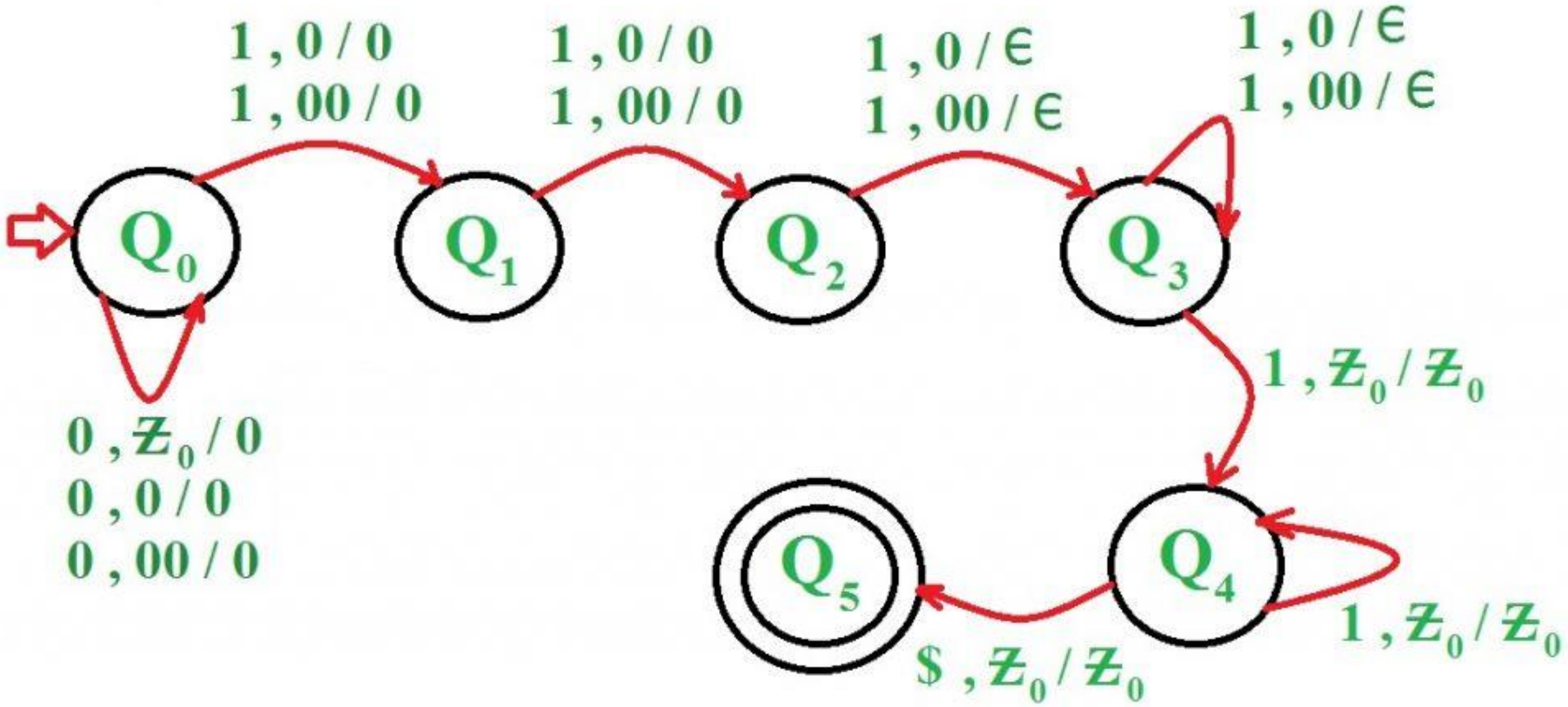
الخطوة الثانية: مع ورود 1 نتجاهله وننتقل إلى الحالة التالية.

الخطوة الثالثة: مع ورود 1 نسحب 0 من قمة الكدسة، وننتقل إلى الحالة التالية.

الخطوة الرابعة: مع ورود 1 نسحب 0 من قمة الـstack. فإذا كان الـstack فارغاً، عند استقبال نتجاهل الـ1. وننتقل إلى الحالة التالية.

الخطوة الرابعة: مع ورود 1 نتجاهله. فإذا انتهت سلسلة الدخل نذهب إلى الحالة النهائية.

```
Input : 0 0 0 1 1 1 1 1 1 Result : ACCEPTED
Input : 0 0 0 0 1 1 1 1 Result : NOT ACCEPTED
```



عرّف PDA للغة $L=\{a^nb^n \mid n > 0\}$ باستخدام الحالة النهائية.

الحل: M = where $Q = \{q0, q1, q2, q3\}$ and $\sum = \{a, b\}$ and $\Gamma = \{ A, Z \}$ and $F=\{q3\}$ and δ is given by:

$$\delta(q0, a, Z) = \{ (q1, AZ) \}$$
$$\delta(q1, a, A) = \{ (q1, AA) \}$$
$$\delta(q1, b, A) = \{ (q2, \varepsilon) \}$$
$$\delta(q2, b, A) = \{ (q2, \varepsilon) \}$$
$$\delta(q2, \varepsilon, Z) = \{ (q3, Z) \}$$

جدول يبين كيفية عمل الـPDA مع السلسلة aaabbb:

Row	State	Input	δ (transition function) used	Stack (Leftmost symbol represents top of stack)	State after move
0	q0	aaabbb		Z	
1	q0	***a***aabbb	δ(q0,a,Z)={(q1,AZ)}	AZ	q1
2	q1	a***a***abbb	δ(q1,a,A)={(q1,AA)}	AAZ	q1
3	q1	aa***a***bbb	δ(q1,a,A)={(q1,AA)}	AAAZ	q1
4	q1	aaa***b***bb	δ(q1,b,A)={(q2, ε)}	AAZ	q2
5	q2	aaab***b***b	δ(q2,b,A)={(q2,ε)}	AZ	q2
6	q2	aaabb***b***	δ(q2,b,A)={(q2,ε)}	Z	q2
7	q2	ε	δ(q2,ε,Z)={(q3,ε)}	Z	q3

توضيح: في البداية حالة الأوتوماتا الابتدائية هي q0 والرمز في الكدسة هو Z والدخل aaabbb كما هو مبين في

row 0. بقراءتنا للرمز a (المبين بالخط المعلم في row 1)، ستتغير الحالة إلى q1 وستدفع الرمز A إلى الكدسة.

وبورود رمز a التالي (المبين في row 2) سيجري دفع الرمز A في الكدسة والبقاء في الحالة q1.

وبعد قراءة a ثلاث مرات ستصبح الكدسة AAAZ وفي قمتها الرمز A.

وبعد قراءة b (كما في row 4) سيتم سحب A والانتقال إلى الحالة q2 . وستصبح الكدسة AAZ.

وعند الانتهاء من قراءة جمميع رموز b ستصبح الحالة q2 وسيصبح محتو الكدسة Z.

وفي row 7، عند رمز الدخل ε و Z في الكدسة، سيتم الانتقال إلى q3.

وبوصولنا إلى الحالة النهائية q3 بعد معالجة الدخل، سيتم قبول الدخل. ويطلق على هذا النمط من القبول، القبول باعتبار الحالة النهائية*acceptance by the final state*. .

Next, we will see how this automata works for aab:

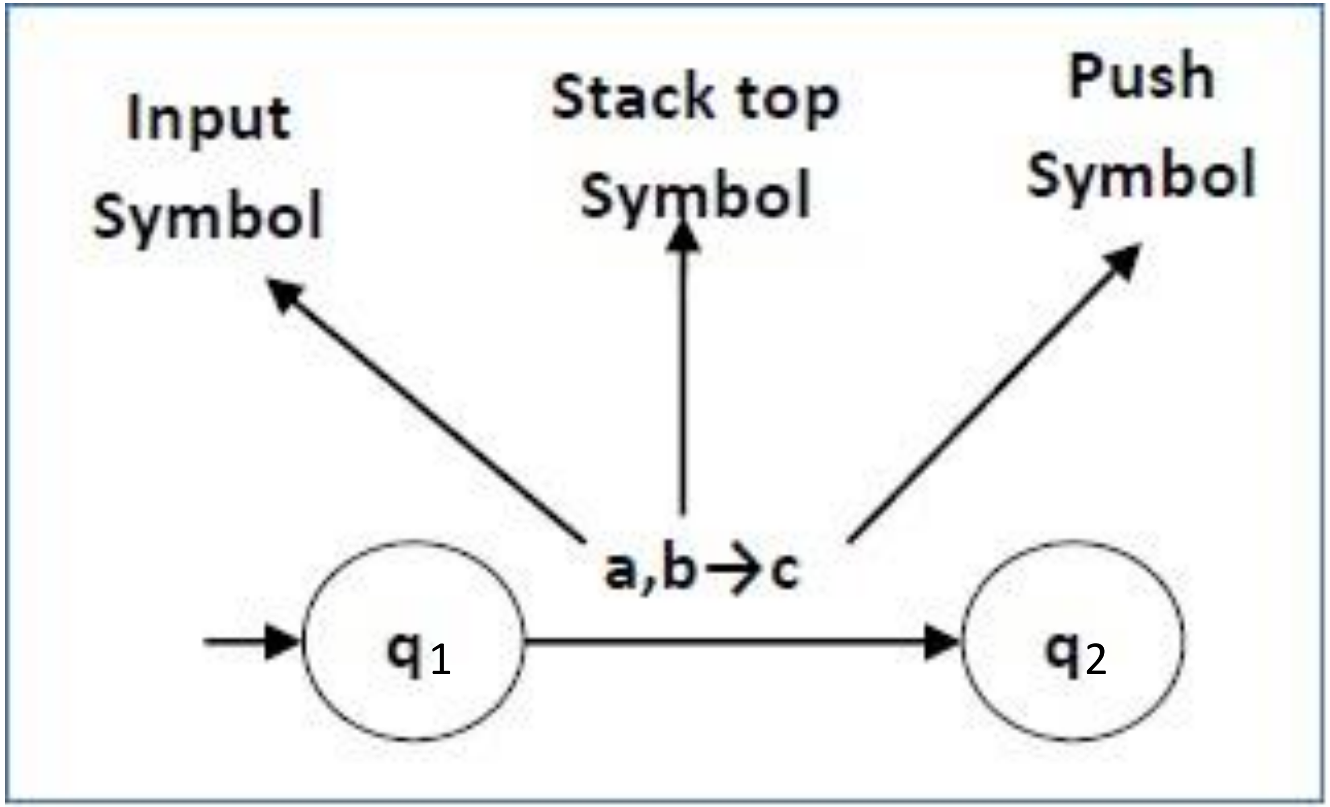
Row	State	Input	δ (transition function) used	Stack (Leftmost symbol represents top of stack)	State after move
0	q0	aab		Z	
1	q0	***a***ab	δ(q0,a,Z)={(q1,AZ)}	AZ	q1
2	q1	a***a***b	δ(q1,a,A)={(q1,AA)}	AAZ	q1
3	q1	aa***b***	δ(q1,b,A)={(q2,ε)}	AZ	q2
4	q2	ε		AZ	

كما هو واضح من الصف الرابع، تمت معالجة كامل سلسلة الدخل والـPDA في الحالة q2. و q2 ليست حالة نهائية، الـPDA لا يقبل سلسلة الدخل aab.

لنناقش السؤال المعتمد على ذلك:

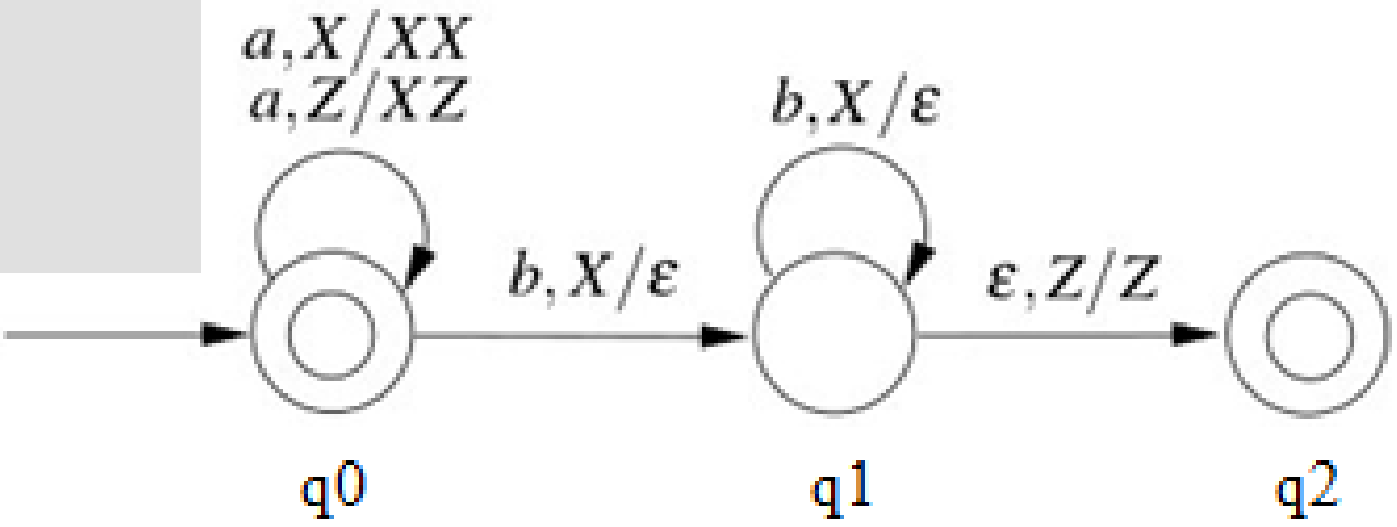
السؤال الأول: بفرض أن مخطط الانتقال للـ PDA هو المعطى أعلاه، وأن أبجدية الدخل هي: {a, b} = ∑ input alphabet وأن أبجدية الكدسة هي{X, Z} = Γ stack alphabet. حيث Z هو رمز البداية للـstack. و L تشير إلى اللغة التي يقبلها الـPDA.

يبين الشكل التالي الانتقال في الـ PDA من الحالة q_1 إلى الحالة q_2، عند ورود العلام – $a,b \rightarrow c$



المخطط أعلاه يشرح هذا المفهوم كما يلي: عندما نكون في الحالة q1 وجاء رمز من سلسلة الدخل هو a مثلاً، وكانت في قمة الكدسة الرمز b، عندها فسيتم سحب pop b من الكدسة وسندفع بـ c في قمة الكدسة وننتقل إلى الحالة q2.

$Q = \{q0, q1, q2\}$ and
$\Sigma = \{a, b\}$ and
$\Gamma = \{X, Z\}$ and
$Z_0 = Z$
$F=\{q0,q2\}$ and δ is given by :
$\delta(q0, a, Z) = \{(q0, XZ)\}$
$\delta(q0, a, X) = \{(q0, XX)\}$
$\delta(q0, b, X) = \{(q1, \varepsilon)\}$
$\delta(q1, b, X) = \{(q1, \varepsilon)\}$
$\delta(q1, \varepsilon, Z) = \{(q2, Z)\}$



مثال: Palindrome القراءة باتجاهين

Let $L_{wwr} = \{ww^R \mid w \text{ is in } (0+1)^*\}$

CFG for L_{wwr} : $(\{P\},\{0,1,\varepsilon\},P,S)$

$S ==> 0S0 \mid 1S1 \mid \varepsilon$

PDA for L_{wwr} :

$P := (Q, \sum, \Gamma, \delta, q0, Z0, F)$

$= (\{q0, q1, q2\}, \{0,1\}, \{0,1,Z0\}, \delta, q0, Z0, \{q2\})$

1. $\delta(q0,0, Z0)=\{(q0,0Z0)\}$
2. $\delta(q0,1, Z0)=\{(q0,1Z0)\}$

دفع الرمز الأول في الكدسة

3. $\delta(q0,0, 0)=\{(q0,00)\}$
4. $\delta(q0,0, 1)=\{(q0,01)\}$
5. $\delta(q0,1, 0)=\{(q0,10)\}$
6. $\delta(q0,1, 1)=\{(q0,11)\}$

نمو الـ stack من خلال دفع الرموز فيه (w-part)

7. $\delta(q0,\varepsilon\ 0)=\{(q1, 0)\}$
8. $\delta(q0, \varepsilon, 1)=\{(q1, 1)\}$
9. $\delta(q0, \varepsilon, Z0)=\{(q1, Z0)\}$

التبديل إلى نموذج السحب (الحدود بين w و w_R)

10. $\delta(q1,0, 0)=\{(q1, \varepsilon)\}$
11. $\delta(q1,1, 1)=\{(q1, \varepsilon)\}$

تقليص الـ stack من خلال سحب الرموز المطابقة (w_R-part)

12. $\delta(q1, \varepsilon, Z0)=\{(q2, Z0)\}$

الوصول إلى حالة القبول acceptance state

1. $\delta(q0,0, Z0)=\{(q0,0Z0)\}$
2. $\delta(q0,1, Z0)=\{(q0,1Z0)\}$

3. $\delta(q0,0, 0)=\{(q0,00)\}$
4. $\delta(q0,0, 1)=\{(q0,01)\}$
5. $\delta(q0,1, 0)=\{(q0,10)\}$
6. $\delta(q0,1, 1)=\{(q0,11)\}$

7. $\delta(q0,\varepsilon\ 0)=\{(q1, 0)\}$
8. $\delta(q0, \varepsilon, 1)=\{(q1, 1)\}$
9. $\delta(q0, \varepsilon, Z0)=\{(q1, Z0)\}$

10. $\delta(q1,0, 0)=\{(q1, \varepsilon)\}$
11. $\delta(q1,1, 1)=\{(q1, \varepsilon)\}$

12. $\delta(q1, \varepsilon, Z0)=\{(q2, Z0)\}$