

CS441/CS241 Automata Theory and Formal Languages



خريف 2024

د. عدنان محمود عبدالله الشريف

adnan.sherif@uot.edu.ly



1

آلة تورينغ Turing Machine

- يمكن استخدام آلة تورينغ للتعرف على جميع أنواع اللغات، كما يمكن استخدامها لحل عمليات حسابية ومنطقية.
- مثال 1: عملية جمع رقمين صحيحين، قبل البدء في وصف الآلة يجب ان نحدد كيفية تمثيل الرقمين على الشريط. يمكن كتابة الأرقام الصحيحة باستخدام رمز وليكن الرمز 1 وعدد مرات ظهور هذا الرمز يدل على العدد (الرقم 3 يمكن تمثيله على الشريط بـ 111 ينما الرقم 5 يمكن تمثيله بـ 11111)
يمكن الان تخيل الشريط يحتوي على عددين يفصلهما رمز غير 1 وليكن 0 على سبيل المثال
111011111
يمثل القيمة 5+3 وعلينا الان وصف آلة تورينغ تقوم بحساب النتيجة وكتابتها على الشريط 8
11111111

2

آلة تورينغ Turing Machine

• مثال 1 (تابع)

يمكن إنجاز هذه العملية على المراحل التالية:

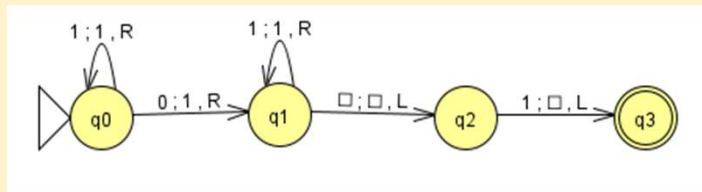
- (q_0) قراءة الرقم الأول وإعادة كتابته على الشريط الى ان نصل الى الرمز 0 نكتب مكان الصفر 1 وننتقل على اليمين والى الحالة التالية (q_1)
- (q_1) يتم قراءة الرقم التالي وكتابة نفس الرقم الى ان نصل الى الخانة الفارغة وعندها الانتقال الى حالة الجديدة (q_2) بعد الحركة على اليسار.
- (q_2) يتم قراءة اخر 1 وتغييره الى فراغ لان هذا الرقم تم استبداله بـ 0 وعليه الانتقال الى حالة القبول (q_3) بعد الحركة على اليسار.

آلة تورينغ Turing Machine

• مثال 1 (تابع)

$$TM = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, B, F) = (\{q_0, q_1, q_2, q_3\}, \{0, 1\}, \{0, 1, \sqcup\}, \delta, q_0, \sqcup, \{q_3\})$$

حيث



$$\begin{aligned} \delta(q_0, 1) &= (q_0, 1, R) \\ \delta(q_0, 0) &= (q_1, 1, R) \\ \delta(q_1, 1) &= (q_1, 1, R) \\ \delta(q_1, \sqcup) &= (q_2, \sqcup, L) \\ \delta(q_2, 1) &= (q_3, \sqcup, L) \end{aligned}$$

آلة تورينغ Turing Machine

• مثال 1 (تابع)

لتوضيح عمل الآلة السابق تعريفها يمكن ان نعرض تتابع الآلة للعملية $2+3$ حيث يمكن تمثيل هذه العملية على الشريط 110111

$q_0 110111 \vdash 1 q_0 10111 \vdash 11 q_0 0111 \vdash 111 q_1 111 \vdash 1111 q_1 11$
 $\vdash 11111 q_1 1 \vdash 111111 q_1 \sqcup \vdash 111111 q_2 1 \sqcup \vdash 111111 \sqcup q_3 \sqcup$

آلة تورينغ Turing Machine

• مثال 2 : عرف آلة تورينغ تقوم بمقارنة عددين صحيحين a و b تنتهي عند الحالة

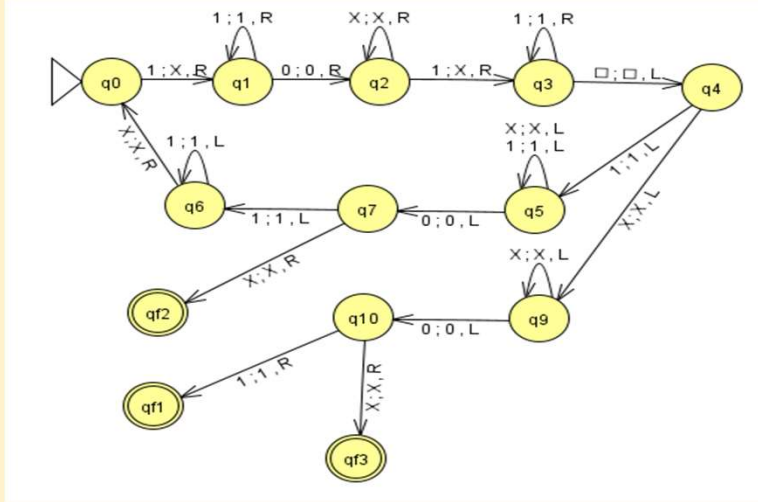
$$q_{f_1} \text{ if } a > b$$

$$q_{f_2} \text{ if } a < b$$

$$q_{f_3} \text{ if } a = b$$

الحل: يمكن تمثيل الرقمين على الشريط بنفس الطريقة التي تم استخدامها في المثال السابق. كما يمكن اتباع نفس فكرة المثال للتعرف على اللغة $L = \{a^n b^n | n \geq 0\}$ (راجع الدرس السابق مثال رقم 1)

آلة تورينغ Turing Machine



• مثال 2 (تابع)

07/12/2024

CS441/CS241 Automata Theory and Formal Languages

7

7

تنوع آلة تورينغ Turing Machine Variations

- لاحظ العلماء من خلال دراسة واستخدام آلة تورينغ انه من الممكن تبسيط العمليات لوصف العمليات بإجراء بعض التحويلات عليها.
- من اهم هذه التحويلات التي سوف نقوم بدراستها:
 - إضافة امكانية عدم تحريك الراس بعد القراءة والكتابة.
 - تغيير الشريط بحيث يكون مغلق من البداية.
 - استخدام اكثر من شريط ورأس كتابة في نفس الوقت.
- جميع التحويلات الهدف منها تبسيط الإجراءات (البرامج) الخاصة بالآلة ولا تنقص من دقة وإمكانيات الآلة الاصلية.

07/12/2024

CS441/CS241 Automata Theory and Formal Languages

8

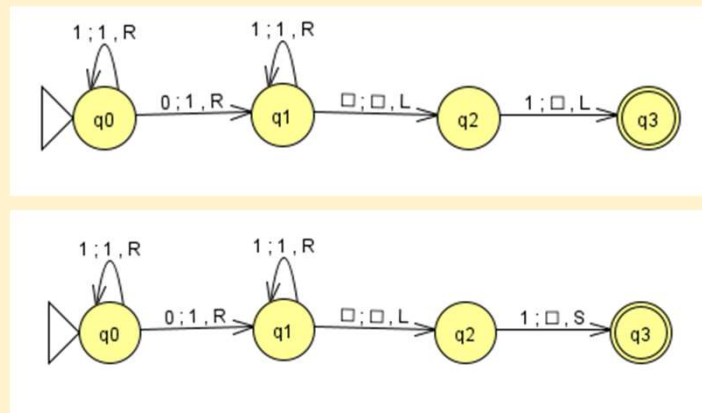
8

تنوع لآلة تورينغ Turing Machine Variations

- إضافة امكانية عدم تحريك الراس بعد القراءة والكتابة.
- عند دراستنا لآلة تورينغ لاحظنا أن بعد كل قراءة وكتابة على الشريط علينا الانتقال الى اليمين (R) او الى اليسار (L).
- يمكن إضافة حالة أخرى بحيث تصبح المجموعة $D = \{L, R, S\}$ حيث S تشير الى ان الآلة بعد القراءة والكتابة تبقى في نفس الخانة ولا تتحرك.
- يمكن الاستفادة من هذه الإضافة في عدم تحريك الراس عندما لا يكون هناك ضرورة لذلك على سبيل المثال الحركة الأخيرة على اليسار في المثال رقم 1 غير ضرورية ويمكن استبدالها بـ S

تنوع لآلة تورينغ Turing Machine Variations

- إضافة امكانية عدم تحريك الراس بعد القراءة والكتابة.



تنوع آلة تورينغ Turing Machine Variations

- تغيير الشريط بحيث يكون مغلق من البداية.
- عند دراستنا لآلة تورينغ التقليدية افترضنا ان الشريط مفتوح من الطرفين أي ان الشريط يمتد من البداية والنهاية دون قيد وعند الحركة على الشريط بعد او قبل الرموز المكتوبة على الشريط يتم إضافة فراغ ويستمر في القراءة.
- التغيير هو ان الشريط مغلق من البداية أي انه لا يمكن تخطي المكتوب على بداية الشريط بالحركة الى اليسار.
- كما درسنا في الأمثلة السابقة عندما تكون هناك حاجة للعودة الى بداية المدخلات وفي حالة الشريط مفتوح في البداية يتم العودة الى ان نصل الى خانة فارغة. يمكن ان نعوض عن هذا بان نضع رمز مميز للدلالة على بداية الشريط وليكن (#).

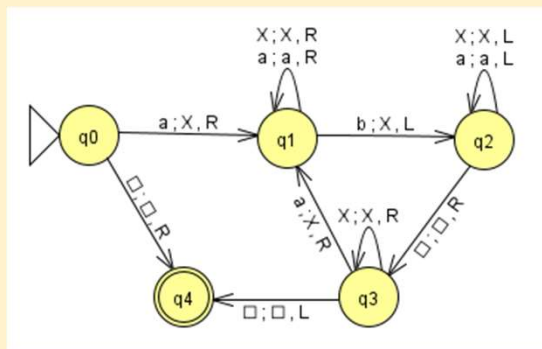
07/12/2024

CS441/CS241 Automata Theory and Formal Languages

11

11

تنوع آلة تورينغ Turing Machine Variations



- تغيير الشريط بحيث يكون مغلق من البداية.

- مثال: عندما درسنا في الدرس السابق آلة تورينغ للتعرف على سلاسل اللغة L حيث $L = \{a^n b^n | n \geq 0\}$

نلاحظ ان الانتقال من q_2 الى q_3 يعتمد على الوصول الى الخانة الفارغة قبل بداية السلسلة لان الشريط مفتوح من الطرفين.

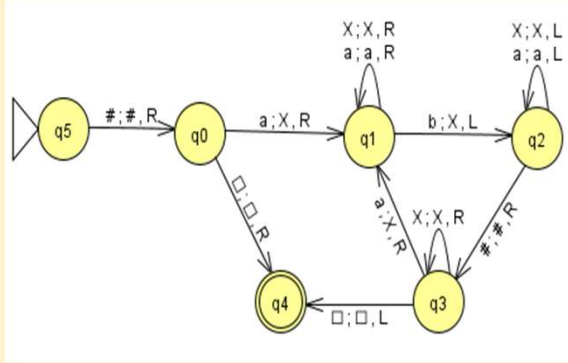
07/12/2024

CS441/CS241 Automata Theory and Formal Languages

12

12

تنوع آلة تورينغ Turing Machine Variations



- تغيير الشريط بحيث يكون مغلق من البداية. (مثال)
- يمكن إجراء تغيير بسيط على الآلة لتعمل على شريط مقفل من البداية بوضع رمز جديد وليكن # عند بداية الشريط
- يمكن الآن تغيير البداية لتتخطى هذا الرمز الجديد واستخدامه في الانتقال من q_2 إلى q_3 عند العودة على الشريط.

07/12/2024

CS441/CS241 Automata Theory and Formal Languages

13

13

تنوع آلة تورينغ Turing Machine Variations

- استخدام أكثر من شريط ورأس كتابة في نفس الوقت.
- يمكن تعريف آلة تورينغ بأكثر من شريط واحد وتعمل هذه الآلة مثل بنفس الطريقة ولكن الانتقال من حالة إلى أخرى يعتمد على الرموز المقروءة على كل شريط.
- إذن التغيير الرئيسي في تعريف الآلة هي الدالة δ حيث تم تعريفها في السابق :

$$\delta: (Q \times \Gamma) \rightarrow (Q \times \Gamma \times D)$$

لتصبح في حالة أكثر من شريط

$$\delta: (Q \times \Gamma^n) \rightarrow (Q \times \Gamma^n \times D^n)$$

حيث n عدد الأشرطة التي تعمل عليها الآلة .

نلاحظ أنه في هذه الحالة الانتقال من حالة إلى أخرى يعتمد على ما تم قراءته على كل شريط والكتابة تكون على كل شريط كما أن الحركة ممكن أن تكون مستقلة لكل رأس على الشريط.

07/12/2024

CS441/CS241 Automata Theory and Formal Languages

14

14

تنوع آلة تورينغ Turing Machine Variations

- استخدام أكثر من شريط وراس كتابة في نفس الوقت.
- مثال: عرف آلة تورينغ لجمع رقمين بالنظام الثنائي () بحيث تستخدم الآلة 3 اشرطة. الشريط الأول والثاني به الأرقام المطلوب جمعها بشرط ان تكون بنفس الطول (نفس عدد الخانات). والشريط الثالث به ناتج الجمع عند الانتهاء من العملية.

تنوع آلة تورينغ Turing Machine Variations

• الحل

