Analysis of Sequential Systems

تحليل الأنظمة المتسلسلة

الترجمة:

- التحليل يعني وصف ماذا تفعل الدائرة المعطاة.
- مخرجات الدائرة المتسلسلة المعتمدة على النبضات (Clocked Sequential Circuit) تتحدد بواسطة:
    1. المدخلات
    2. حالة الفليب-فلوبات الحالية (الذاكرة)

خطوات التحليل:

1. إيجاد معادلات مدخلات الفليب-فلوب (Flip-Flop Input Equations).
2. إيجاد معادلات المخرجات.
3. إنشاء جدول الحالة لكل قيم المدخلات والحالات.
4. رسم مخطط الحالة (State Diagram).

🔍 الشرح المبسّط:

الدائرة المتسلسلة تختلف عن الدائرة التوافقية لأنها تعتمد على المدخل الحالي + الحالة السابقة.
لذلك يجب تحليلها بخطوات محددة:

- نعرف ماذا يدخل للفليب-فلوب
- نعرف ماذا يخرج
- نحدد الحالة التالية
- نرسم الرسم البياني للحالات

⭐ الشريحة 3

Example 1

دائرة تحتوي على فليب-فلوبين من نوع **D الحافة الهابطة** يعملان على.

🔍 الشرح:
فليب-فلوب D هو الأبسط:
الحالة التالية D = قيمة مدخله عند نبضة الساعة.

⭐ الشريحة 4

أسئلة تحليل المثال 1

الترجمة:

- هل هي دائرة متسلسلة؟ ✔ نعم
- نوع الذاكرة؟ D ✔ فليب-فلوب
- عدد متغيرات الحالة؟ q1 و q2 ✔ متغيران
- المدخلات؟ x: ✔ مدخل واحد
- المخرجات؟ z: ✔ مخرج واحد

🔍 الشرح:

كل فليب-فلوب يمثل بت واحد من الحالة، لذلك لدينا حالتان q1 و q2.
المدخل الوحيد x يؤثر على الحالة التالية وبعض المخرجات.

⭐ الشريحة 5

هل هي Moore أم Mealy؟

✔ إنها **Moore**

معادلات الدائرة:

- $D1 = q1\ q'2 + x\ q'1$
- $D2 = x\ q1$
- $z = q'2$

الحالة التالية:

- $q1^* = D1$
- $q2^* = D2$

🔍 الشرح:

- المخرج يعتمد فقط على الحالة (q1, q2)، **دائرة مور**. وليس على المدخل x.
- لذلك $z = q'2$ يعتمد فقط على q2 وليس x.
- تحدد معادلات D ماذا سيُخزن في الفليب-فلوب في الدورة القادمة.

⭐ الشريحة 7

Example 2

دائرة مور أخرى ولكن بفليب-فلوب نوع **JK**.

⭐ الشريحة 8

أسئلة تحليل المثال 2

- نوع الذاكرة؟ ✔ JK
- متغيرات الحالة؟ ✔ A و B
- مدخل واحد: x
- مخرج واحد: z

🔍 الشرح:

لا يخزن القيمة مباشرة، بل JK الفليب-فلوب:

- J=1 و K=0 ⟶ يضع 1
- J=0 و K=1 ⟶ يضع 0
- J=K=1 ⟶ يعكس الحالة

⭐ الشريحة 9

معادلات مدخلات JK والمخرج:

- $JA = x$
- $KA = x\,B'$
- $JB = KB = x + A'$
- $z = A + B$

✔ النموذج: **Moore**

معادلات الحالة التالية:

$(q^* = J\,q' + K'\,q)$

ثم تم اشتقاق:

- $A^* = x\,A' + x'\,A + A\,B$
- $B^* = x\,B' + A'\,B' + x'\,A\,B$

🔍 **الشرح:**

تم تطبيق جدول عمل JK من A إلى A*.
لفهم كيف تنتقل الحالة من المعادلات تبدو معقدة لكنها نتيجة تبسيط بوابات منطقية.

⭐ الشريحة 10–14

سأقوم بشرحها عند الطلب لأنها عبارة عن جداول ومخططات.

⭐ الشريحة 15–17

Example 3

نموذج **Mealy** باستخدام فليب-فلوب D.

الترجمة:

- $D1 = x\,q1 + x\,q2$
- $D2 = x\,q'1\,q'2$
- $z = x\,q1$

✔ الحالة التالية:
$q1^* = D1$
$q2^* = D2$

🔍 **الشرح:**

- **المخرج يعتمد على الحالة**: دائرة ميلي يعني: **المدخل AND**.
- هنا $z = x\,q1$ يعتمد مباشرة على x.

⭐ الشريحة 18–20

(جداول حالات)

⭐ الشريحة 21–23

Example 4 – Mealy

معادلات:

- DA = xA + xB
- DB = xA′
- y = x′ (A + B)

🔍 الشرح:

يعتمد على y المخرج:

- الحالة A + B
- المدخل x (موجود x′ لأن)

⭐ الشريحة 24–25

Example 5 – Moore

معادلات:

- DA = A ⊕ x ⊕ y
- A* = DA

🔍 الشرح:

نموذج مور يعني أن المخرج يعتمد فقط على الحالة A.

⭐ التمارين (الشريحة 26–34)

يطلب:

- رسم دائرة الحالة
- إكمال التتبع الزمني

- ملء جدول الحقيقية
- متابعة الحالات حتى بدون معرفة المدخل (أي استخدام الحالات الثابتة)

✅ تمرين 1 — الحل الكامل

المعطى (من ملف التمرين):

- متغيرات الحالة: (q_1,q_2) (00,01,10,11 :مرمَّزة كزوج بتات).
- مدخل واحد: (x).
- جدول الحالة (الحالة التالية) (q^*) والمخرج (z)) كما في الصورة:

الحالة الحالية (q_1q_2)	عندما (q^*) (x=0)	عندما (q^*) (x=1)	عندما (z) (x=0)	عندما (z) (x=1)
00	00	10	0	1
01	00	00	0	0
10	11	01	1	1
11	10	10	1	0

(هذا الجدول مأخوذ من صفحة التمارين بالملف).

---

1) جدول الانتقال (مختصر)

بصيغة "الحالة الحالية ← الحالة التالية / إخراج":

- من 00:
  - إذا (x=0) → 00، (z=0).
  - إذا (x=1) → 10، (z=1).
- من 01:
  - إذا (x=0) → 00، (z=0).
  - إذا (x=1) → 00، (z=0).
    (أي أن 01 دائما تذهب إلى 00 والمخرج دائمًا 0)
- من 10:
  - إذا (x=0) → 11، (z=1).
  - إذا (x=1) → 01، (z=1).
- من 11:
  - إذا (x=0) → 10، (z=1).
  - إذا (x=1) → 10، (z=0).
    (أي أن 11 دائمًا تذهب إلى 10، لكن المخرج يختلف حسب (x))

---

2) مخطط الحالة (وصف نصّي)

- تبقى 00 x=0 دائرة حول الحالة **00** عليها سهم يعود إلى نفسها معنونة بـ `0/0` (أي: عند ويخرج 0). من 00 سهم إلى 10 معنونه `1/1`.
- في الجدول كلتا الحالتين تذهب إلى 00 و) `x/0` من 01 سهم إلى 00 معنونه z=0).
- من 10 سهم إلى 11 معنونه `0/1`، وسهم إلى 01 معنونه `1/1`.
- من 11 سهم إلى 10 معنونه `0/1` و`1/0` (يمكن وضع تسميتين على نفس القوس لأن حالتي مختلفة z كلاهما يذهبان إلى 10 لكن x=1 أو x=0).

هذا يتطابق مع الرسم الموجود في الشريحة؛ الوصف أعلاه يمكنك تحويله بسهولة إلى رسم دوائري للحالات).

---

3) التتبع الزمني (Timing Trace)

المطلوب: افترض الحالة الابتدائية (q_1q_2 = 00). مدخل السلسلة:
[
x = 0;;;1;;;0;;;0;;;1;;;1;;;1;;;0
]
(ثماني نبضات — نفس السلسلة في الشريحة).

ثم نحدّث الحالة إلى ،(x التي تعتمد على الحالة الحالية و) (z) نحسب عند كل نبضة: قيمة المخرج (q^*).

أجريت الحساب خطوة-بخطوة وصححتها حسابياً؛ النتائج كالتالي:

(زمن (خطوات	(x)	الحالة قبلِ النبضة (q1q2)	(z) الحالة بعد النبضة	المخرج (q1q2)
0	0	00 (| 00	0	بداية)
10	1	00	1	1
11	1	10	0	2
10	1	11	0	3
01	1	10	1	4
00	0	01	1	5
10	1	00	1	6
11	1	10	0	7	

ملاحظة: بعد آخر نبضة الحالة النهائية تصبح 11 (موجودة في عمود "بعد النبضة" في السطر الأخير).

سلاسل الإشارات (مستخرجة من الجدول أعلاه):

- تسلسل الحالات قبل كل نبضة (قبل التطبيق):
  `10 ,00 ,01 ,10 ,11 ,10 ,00 ,00`
- تسلسل القيم (q_1) قبل النبضات: `0,0,1,1,1,0,0,1`

- قبل النبضات: (q_2) تسلسل القيم `0,0,0,1,0,1,0,0`
- لكل نبضة: (z) تسلسل المخرجات `0,1,1,1,1,0,1,1`

(يمكنك ملاحظة أن هذه النتائج متوافقة مع الحل/الرسم الموجود في الشريحة).

---

4) شرح مختصر لخطوات الحساب (لماذا هذه القيم)

- في جدول الحالة: ذلك يعطي **الحالة التالية** و **قيمة** (x) نأخذ الحالة الحالية وننظر إلى عمود **المخرج** في نفس الصف.
- مثال: في الخطوة الثانية (عندما كانت الحالة 10 و (x=0)) حسب الجدول 10 مع — ثم انتقلنا للحالة 11 في (z=1) لذا سجلنا .(z=1) والمخرج (q^*=11) يعطي (x=0) الخطوة التالية.

تمرين 2

جدول الانتقال (المأخوذ من الشريحة):

الحالة (q)	إذا (x=0) → (q^*), (z)	إذا (x=1) → (q^*), (z)
A	A , 1	B , 1
B	D , 1	C , 1
C	D , 0	C , 0
D	A , 0	B , 0

وصف مخطط الحالة (نصّي):

- مع تسمية 0/1؟ (في الشريحة يظهر 0/?) لكن الجدول يبيّن عند (A→A) له حلقة عنده A بعلامة A→B على نفسها معنونة `0/1`، وسهم A لذلك حلقة — z=1 ويعطي A يبقى x=0 `1/1`.
- روابط بين B,C,D (كما في الرسم بالشريحة تماثل الجدول).

سلسلة المدخل x (المستخدمة في الشريحة):
(13 نبضة) `0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 1 0`

التتبع الزمني (من الحالة الابتدائية q = A):

- حالات قبل كل نبضة (قبل تطبيق x):
  `A, A, B, D, B, D, B, C, C, D, B, D, A`
- لكل نبضة: z مخرجات
  `1 ,0 ,1 ,0 ,0 ,0 ,1 ,0 ,1 ,0 ,1 ,1 ,1`
- الحالة النهائية (بعد آخر نبضة): `A`

(تفصيل خطوات الانتقال خطوة-بـخطوة متوفر لو تريد رسم جدول خطوة بخطوة).

تمرين 3

جدول الانتقال (مأخوذ من الشريحة):

(الرموز q1q2: 00,01,10,11)

إذا الحالة	إذا (x=0) → (q^*), (z)	إذا (x=1) → (q^*), (z)
00	01 , 0	00 , 1
01	10 , 0	11 , 0
10	00 , 1	00 , 1
11	01 , 1	01 , 0

سلسلة (x) ((8 نبضات) 1 0 0 0 1 1 0 1 من الشريحة):
البدء من الحالة: 00.

التتبع الزمني (الحالات قبل كل نبضة):
01 ,00 ,10 ,01 ,11 ,01 ,00 ,00

قيمة المخرج z لكل نبضة:
0 ,0 ,1 ,0 ,0 ,0 ,0 ,1

الحالة النهائية (بعد آخر نبضة): 11

تمرين 4

جدول الانتقال (مأخوذ من الشريحة):

إذا الحالة	إذا (x=0) → (q^*), (z)	إذا (x=1) → (q^*), (z)
A	A , 0	B , 0
B	C , 0	B , 0
C	A , 0	D , 0
D	C , 1	B , 1

سلسلة (x) من الشريحة):
1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 (14 نبضة)
البداية: الحالة A.

التتبع الزمني (الحالات قبل كل نبضة):
A, B, B, C, D, C, D, C, D, C, A, B, C, D

قيمة المخرج z لكل نبضة:
0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1

الحالة النهائية: B

تمرين 5

جدول الانتقال (مأخوذ من الشريحة):

(ثلاث حالات فقط: A,B,C)

الحالة إذا	(x=0) → (q^*), (z) إذا	(x=1) → (q^*), (z)
A	B , 0	C , 1
B	C , 0	A , 0
C	A , 1	B , 0

سلسلة (x) (من الشريحة):
0 1 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 (12 نبضة)
البداية: الحالة A.

التتبع الزمني (الحالات قبل كل نبضة):
A, B, C, B, A, C, B, C, A, B, C, B

قيمة المخرج z لكل نبضة:
0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0

الحالة النهائية: C