الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الدوائر الرقمية

Digital circuits

المحاضر: حسام يونسو

تخصص برمجة – كلية العلوم

المحاور

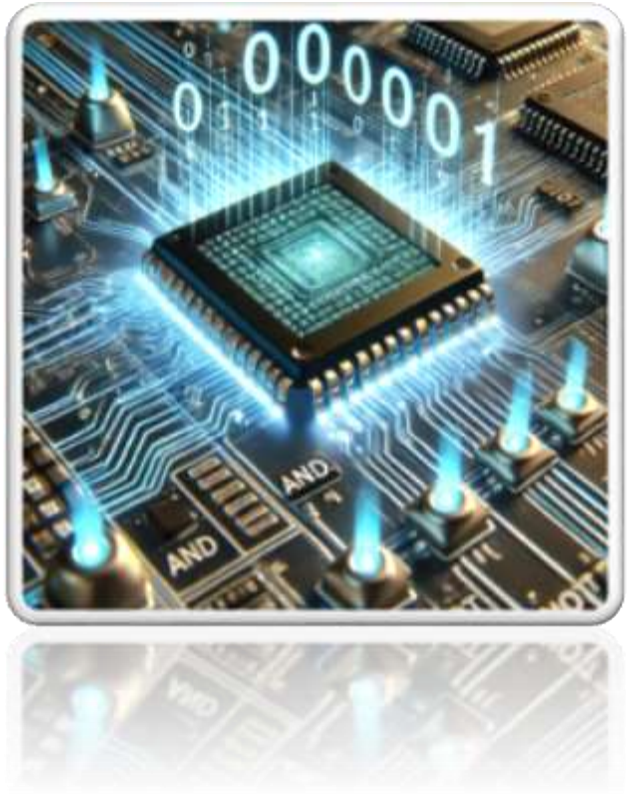
- المخرجات المتوقعة من الدرس
- المقدمة
- أهمية دراسة الدوائر الرقمية
- الأنظمة العددية
- تحويل الأنظمة
- الجبر البولياني (Boolean Algebra)
- البوابات المنطقية
- الدوائر وأنوعها
  - § الأجهزة القابلة للبرمجة
  - § تصميم الأنظمة الرقمية
- الخاتمة والأسئلة
- مراجع علمية للمادة

المَخرجات المتوقعة من الدرس

من خلال دراسة هذا الموضوع، سيتمكن الطالب من **فهم الدوائر الرقمية وأساسياتها**، بما في ذلك كيفية عملها وأهميتها في الأنظمة الإلكترونية الحديثة. كما سيكتسب مهارات **إتقان الأنظمة العددية وتحويلاتها**، مثل النظام الثنائي والعشري والسداسي عشري، مع القدرة على التحويل بينها بسهولة. بالإضافة إلى ذلك، سيتعلم الطالب **استيعاب الجبر البولياني والبوابات المنطقية**، مما يمكنه من تصميم الدوائر المنطقية باستخدام العمليات الأساسية مثل AND وOR وNOT.

وأخيرًا، سيكون قادرًا على **التمييز بين الدوائر التوافقية والتتابعية**، وفهم كيفية عمل كل منها واستخداماتها المختلفة في تصميم الأنظمة الرقمية.

المقدمة



تعريف الدوائر الرقمية: الدوائر الرقمية هي نوع من الأنظمة الإلكترونية التي تُستخدم لمعالجة المعلومات باستخدام إشارات رقمية. الإشارات الرقمية تكون إما 0 أو 1، وتُعرف باسم النظام الثنائي. هذه التقنية تُعد الأساس لكل الأنظمة الحاسوبية والهواتف الذكية والأجهزة الإلكترونية الأخرى. تعتمد هذه الدوائر على مبادئ الجبر البولياني لتشغيل الأوامر المختلفة وتنفيذ الوظائف المطلوبة.

لماذا نستخدم الدوائر الرقمية؟ لأنها أسرع وأكثر دقة وتقلل من الأخطاء مقارنة بالدوائر التناظرية، بالإضافة إلى إمكانية برمجتها بسهولة لتلبية متطلبات متنوعة.

أهمية دراسة الدوائر الرقمية

- تُمكّن المتعلمين من بناء أنظمة عملية لحل المشكلات.
- توفر مهارات في البرمجة والتحكم المنطقي.
- تساعد على الابتكار في تصميم الأنظمة الإلكترونية المتطورة.

الأنظمة العددية

تلعب **الأنظمة العددية** دورًا أساسيًا في عالم الحوسبة والبرمجة، حيث تُستخدم لتمثيل البيانات ومعالجتها بطرق مختلفة.

تُعتبر هذه الأنظمة اللبنات الأساسية لفهم كيفية عمل الأجهزة الرقمية والبرمجيات، إذ تعتمد على طرق مختلفة لتمثيل الأرقام، مثل النظام الثنائي الذي يُستخدم في الحواسيب، والنظام العشري الذي نستخدمه في حياتنا اليومية.

إضافة إلى ذلك، تُستخدم الأنظمة الثمانية والسداسية العشرية في التطبيقات البرمجية لتسهيل قراءة القيم الثنائية المعقدة. يساعد تعلم التحويل بين هذه الأنظمة على فهم العمليات الرياضية والمنطقية التي تُجرى داخل أجهزة الحاسوب، مما يجعلها موضوعًا أساسيًا في دراسة علوم الحاسب والبرمجة.

النظام الثنائي (Binary)

النظام الثنائي (Binary): هو النظام الذي يُستخدم في الحواسيب والدوائر الرقمية. يعتمد على رقمين فقط هما 0 و1. يتم تخزين البيانات ومعالجتها باستخدام هذا النظام لأنه يتوافق مع الحالة الثنائية (تشغيل/إيقاف) في الإلكترونيات الرقمية.

أهميته: يُعد الأساس لجميع العمليات الرقمية مثل الحسابات ومعالجة النصوص والبيانات.

التطبيق العملي: الحرف 'A' يُمثل 01000001 بالنظام الثنائي.

النظام الثنائي (Binary)

Character	Binary Code	Character	Binary Code	Character	Binary Code	Character	Binary Code	Character	Binary Code
A	01000001	Q	01010001	g	01100111	w	01110111	-	00101101
B	01000010	R	01010010	h	01101000	x	01111000	.	00101110
C	01000011	S	01010011	i	01101001	y	01111001	/	00101111
D	01000100	T	01010100	j	01101010	z	01111010	0	00110000
E	01000101	U	01010101	k	01101011	!	00100001	1	00110001
F	01000110	V	01010110	l	01101100	"	00100010	2	00110010
G	01000111	W	01010111	m	01101101	#	00100011	3	00110011
H	01001000	X	01011000	n	01101110	$	00100100	4	00110100
I	01001001	Y	01011001	o	01101111	%	00100101	5	00110101
J	01001010	Z	01011010	p	01110000	&	00100110	6	00110110
K	01001011	a	01100001	q	01110001	'	00100111	7	00110111
L	01001100	b	01100010	r	01110010	(	00101000	8	00111000
M	01001101	c	01100011	s	01110011	)	00101001	9	00111001
N	01001110	d	01100100	t	01110100	*	00101010	?	00111111
O	01001111	e	01100101	u	01110101	+	00101011	@	01000000
P	01010000	f	01100110	v	01110110	,	00101100	_	01011111

النظام العشري (Decimal)

Decimal	Binary
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

النظام العشري (Decimal): هو النظام الذي نستخدمه في حياتنا اليومية ويتكون من الأرقام من 0 إلى 9.

يُستخدم لعرض النتائج النهائية في الأجهزة الرقمية حيث يتم تحويل القيم الثنائية إلى النظام العشري لسهولة القراءة من قبل البشر.

التطبيق العملي: الرقم 30 في العشري يتم تخزينه في الحاسوب كثنائي 11110.

النظام الثماني (Octal)

النظام الثماني (Octal): يتكون من الأرقام من 0 إلى 7 ويُستخدم كطريقة مختصرة لتمثيل الأعداد الثنائية الطويلة.

لماذا يُستخدم؟ لتبسيط التعبير عن القيم الثنائية وتقليل الأخطاء في البرمجة.

التطبيق العملي: العدد الثنائي 110110 يُكتب 66 في النظام الثماني.

3-bit Binary Number	Octal Number
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

النظام السداسي عشري (Hexadecimal)

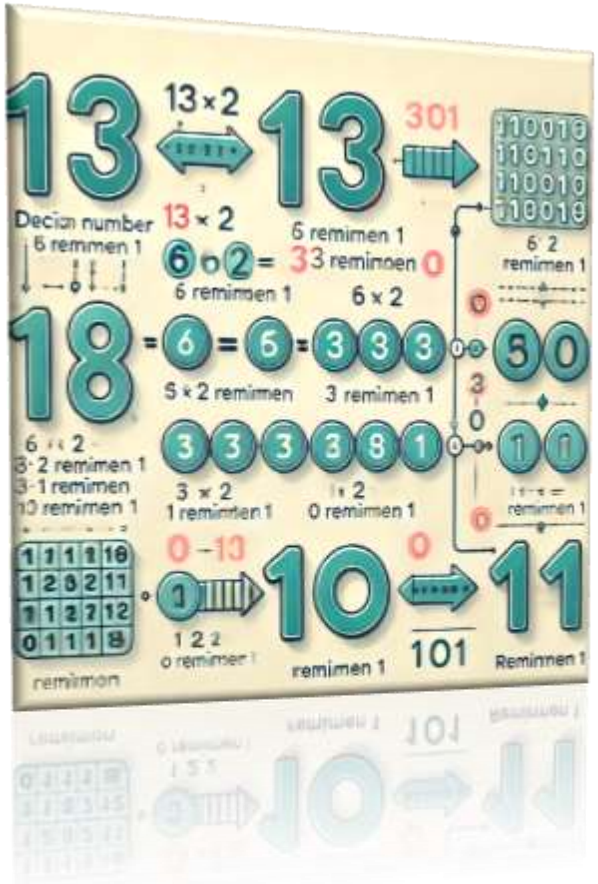
Binary	Hexadecimal
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

النظام السداسي عشري (Hexadecimal): يحتوي على 16 رمزًا (0-9 وA-F) ويُستخدم بشكل واسع في البرمجة وخاصة في تمثيل العناوين في الذاكرة والقيم اللونية.

لماذا يُستخدم؟ يُبسط قراءة وكتابة الأعداد الثنائية الكبيرة لأنه يُمثل كل 4 بتات برمز واحد.

التطبيق العملي: الرقم الثنائي 110110101101 يُكتب D6D في النظام السداسي عشري.

تحويل الأنظمة



تحويل الأنظمة: يتم التحويل بين الأنظمة العددية باستخدام العمليات الرياضية مثل القسمة المتكررة أو الجمع المضاعف.

مثال عملي: لتحويل العدد 13 من عشري إلى ثنائي:

13 ÷ 2 = 6 (الباقي 1)

6 ÷ 2 = 3 (الباقي 0)

3 ÷ 2 = 1 (الباقي 1)

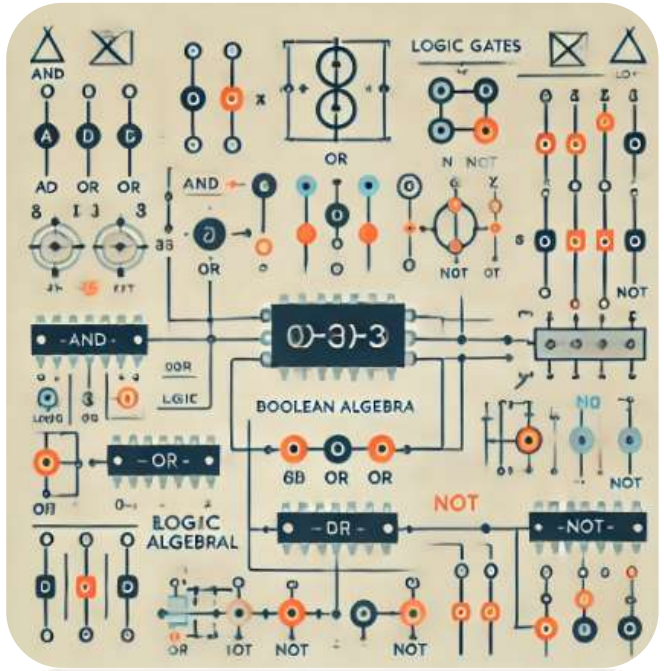
1 ÷ 2 = 0 (الباقي 1)

النتيجة = 1101.

كويز (1)

- 1- ما هي الدوائر الرقمية؟
- 2-لماذا نستخدم النظام الثنائي في الحواسيب؟
- 3-ما هو النظام الثنائي؟
- 4- ما فائدة تعلم الدوائر الرقمية؟

الجبر البولياني (Boolean Algebra)



الجبر البولياني (Boolean Algebra): الجبر البولياني هو الأساس الرياضي الذي تعتمد عليه الدوائر الرقمية.

يستخدم رموزًا مثل AND وOR وNOT لتمثيل العمليات المنطقية.

بوابة AND

AND: إذا كان أحد المدخلات يساوي 0، فإن المخرج يكون دائمًا 0، بغض النظر عن قيمة المدخل الآخر.

- يُنتج المخرج 1 فقط عندما تكون جميع المدخلات 1.

AND

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

```
let A = true;
let B = false;

if (A && B) {
  console.log("1 :الناتج");
} else {
  console.log("0 :الناتج");
}
```

تمثيل رياضي:

- إذا كان هناك مدخلين AAA و BBB، فإن الناتج يُعبر عنه رياضيًا كالتالي:
- $Q = A \times B$
- حيث تشير (x) إلى عملية الضرب المنطقي.

بوابة OR

OR: إذا كان أحد المدخلات يساوي **1** أو كلاهما **1**، فإن الخرج يكون **1**.

- يكون الخرج **0** فقط إذا كان كلا المدخلين **0**.

- إذا كان هناك مدخلان A و B، فإن الناتج يُعبر عنه رياضيًا كالتالي:

- Q=A+B

- حيث تشير علامة الجمع (+) إلى عملية الجمع المنطقية.

OR

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

```
let A = false;
let B = true;

if (A || B) {
  console.log("1 :الناتج");
} else {
  console.log("0 :الناتج");
}
```

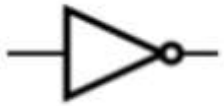
بوابة NOT

NOT: تعكس قيمة الإدخال (إذا كان 0 يصبح 1 والعكس صحيح).

- البوابة NOT تأخذ قيمة إدخال واحدة فقط وتُخرج القيمة المعاكسة لها.
- تُستخدم كثيرًا لنفي أو عكس نتيجة منطقية.

إذا كان الإدخال هو AAA، فإن الإخراج يُعبر عنه رياضيًا كالتالي: $\overline{A} = Q$

حيث تشير العلامة ¯ إلى العكس المنطقي أو النفي.



NOT

INPUT	OUTPUT
A	
0	1
1	0

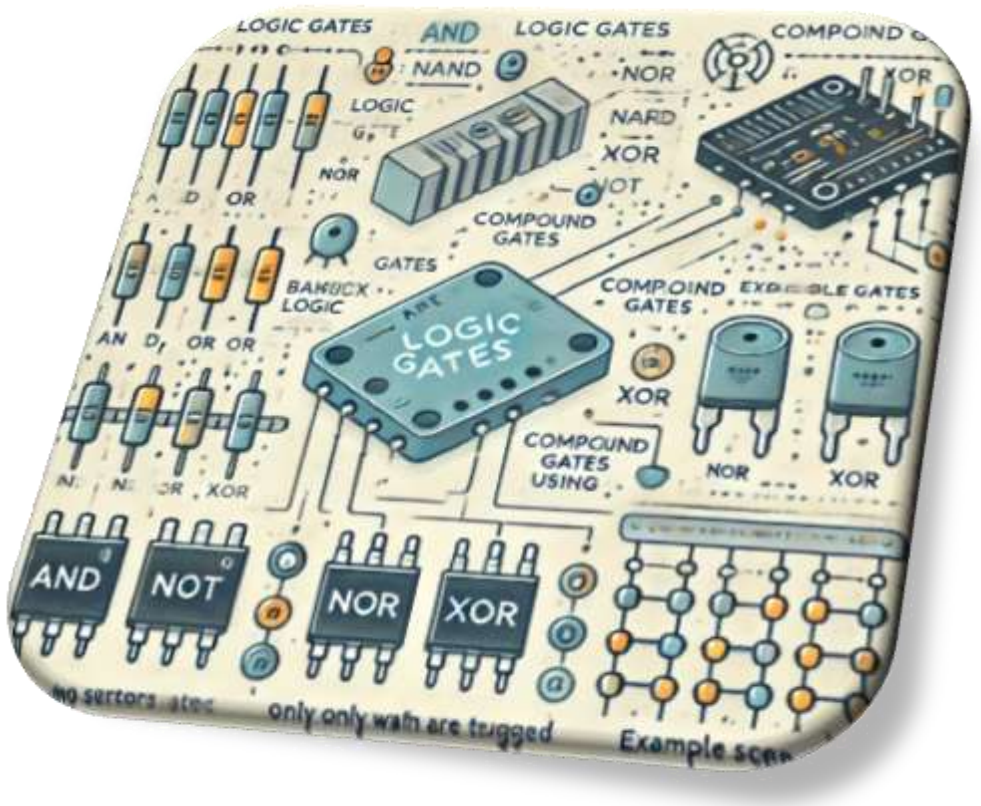
```
let A = true;

if (!A) {
  console.log("1 :الإخراج");
} else {
  console.log("0 :الإخراج");
}
```

البوابات المنطقية (Logic Gates)

البوابات المنطقية (Logic Gates): البوابات المنطقية هي العناصر الأساسية في تصميم الدوائر الرقمية. أنواعها:

- **البوابات الأساسية:** AND, OR, NOT.
- **البوابات المركبة:** NAND, NOR, XOR, XNOR.

مثال عملي: يُستخدم بوابة AND في أجهزة الإنذار بحيث تعمل فقط عند تفعيل مستشعرين معًا.



بوابة NAND

البوابة المنطقية **NAND** هي اختصار لـ **NOT AND**، أي أنها تعكس ناتج البوابة **AND**.

وظيفة بوابة NAND:

- تُنتج **0** (FALSE) **فقط إذا كانت جميع المدخلات 1 (TRUE)**.
- تُنتج **1** (TRUE) **في أي حالة أخرى**.
- البوابة **NAND** تُعطي عكس ناتج **AND**.
- إذا كان كلا المدخلين **1**، تُخرج **0**.
- في جميع الحالات الأخرى، تُخرج **1**.

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

```
let A = 1;
let B = 1;

if (!(A && B)) {
  console.log("1 :الإخراج");
} else {
  console.log("0 :الإخراج");
}
```

بوابة NOR

البوابة المنطقية **NOR** هي اختصار لـ **NOT OR**، أي أنها **عكس البوابة OR**.

وظيفة بوابة NOR:

- تُخرج **1** فقط عندما تكون جميع المدخلات **0**.
- تُخرج **0** إذا كان أحد المدخلات أو كلاهما **1**.

تُعتبر من البوابات الأساسية والمهمة في تصميم الدوائر الرقمية والمعالجات.

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

```
let A = 0;
let B = 0;

if (!(A || B)) {
  console.log("1 :الإخراج");
} else {
  console.log("0 :الإخراج");
}
```

بوابة XOR

البوابة المنطقية **XOR**، والتي تُعرف باسم **OR الحصرية** (**Exclusive OR**)، تُستخدم في المنطق الرقمي لتنفيذ عمليات حصرية بين المدخلات.

وظيفة بوابة XOR:

- تُخرج **1 (TRUE) إذا كان أحد المدخلات فقط يساوي 1 (TRUE).**
- تُخرج **0 (FALSE) إذا كان المدخلان متساويين** (كلاهما 0 أو كلاهما 1).

XOR

INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

```
let A = 1;
let B = 0;

if ((A || B) && !(A && B)) {
  console.log("1 :الإخراج");
} else {
  console.log("0 :الإخراج");
}
```

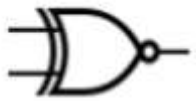
بوابة XNOR

البوابة المنطقية **XNOR** هي اختصار لـ **Exclusive NOR**،
وتُعرف أيضًا باسم **التكافؤ المنطقي (Equivalence Gate)**.

- تُعتبر **عكس بوابة XOR**.

وظيفة بوابة XNOR:

- تُخرج **1 (TRUE) إذا كان المدخلان متساويين** (كلاهما 0 أو كلاهما 1).
- تُخرج **0 (FALSE) إذا كان المدخلان مختلفين**.



XNOR

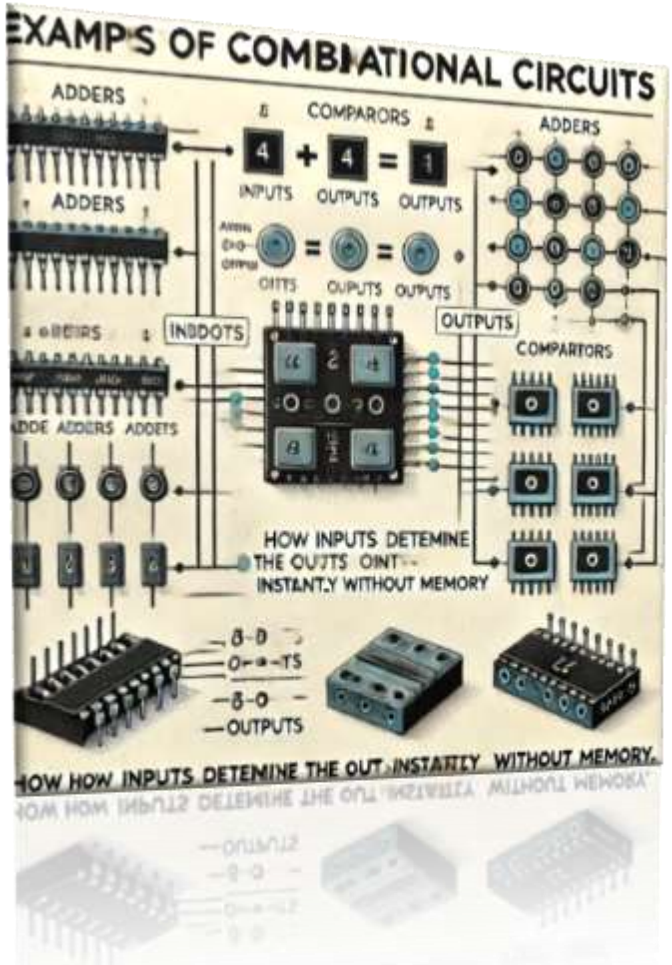
INPUT		OUTPUT
A	B	
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

```
let A = 1;
let B = 1;

if ((A && B) || (!A && !B)) {
  console.log("1 :الإخراج");
} else {
  console.log("0 :الإخراج");
}
```

كويز (2)

- 1- ما هو الجبر البولياني؟
- 2- ما هي البوابات المنطقية الأساسية؟
- 3- اذكر مثالًا عمليًا على استخدام بوابة منطقية؟
- 4- ما هي أنواع البوابات المنطقية المركبة؟

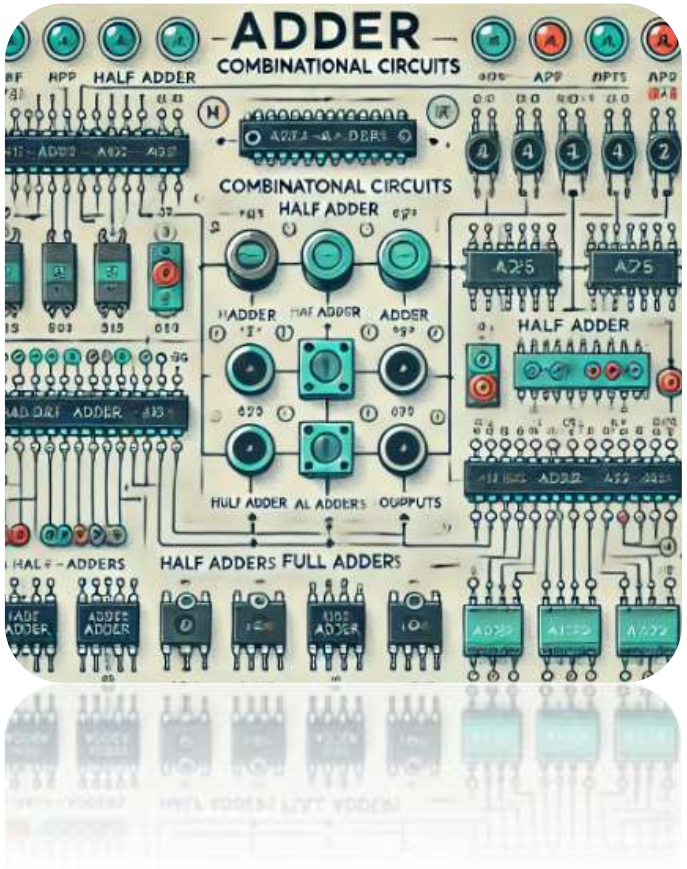
الدوائر التوافقية (Combinational Circuits)



الدوائر التوافقية (Combinational Circuits): هذه الدوائر تُنتج مخرجات تعتمد فقط على المدخلات الحالية. أمثلتها:

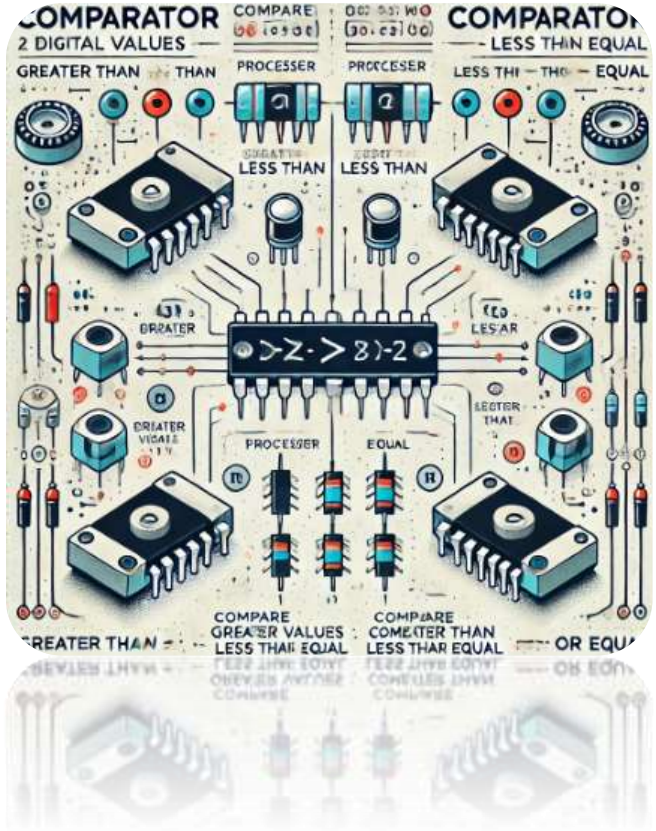
- **المجمعات (Adders).**
- **المقارنات (Comparators).**

المجمعات (Adders)



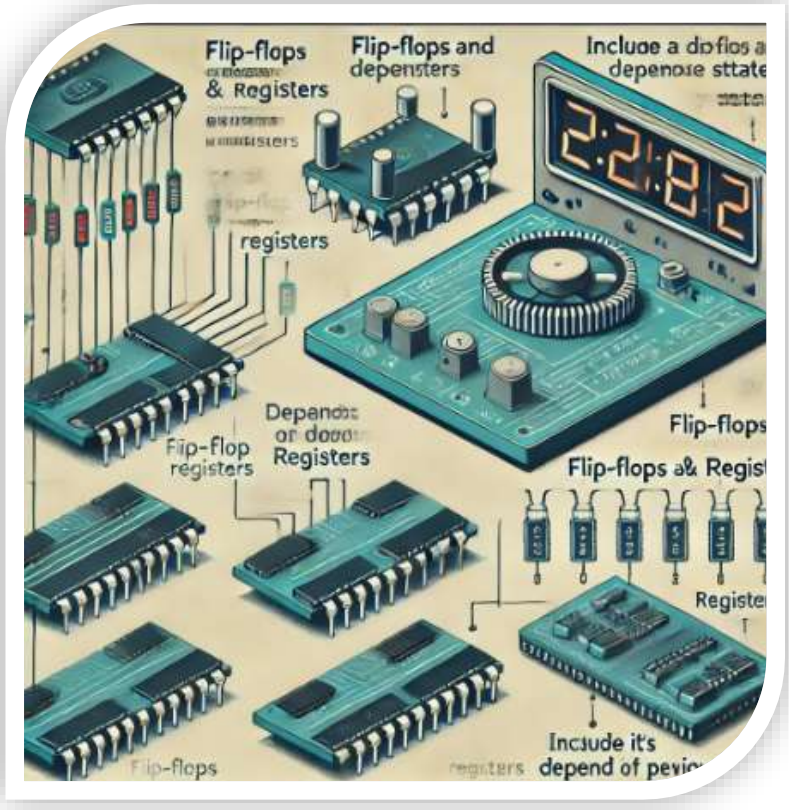
المجمعات أو **Adders** هي دوائر منطقية تُستخدم في العمليات الحسابية الرقمية، وخاصة **الجمع**. تُعتبر جزءًا أساسيًا من وحدات المعالجة المركزية (**CPU**) والآلات الحاسبة وأجهزة الحاسوب الرقمية.

المقارنات (Comparators)



المقارنات هي دوائر منطقية تُستخدم لمقارنة قيمتين ثنائيتين أو أكثر لتحديد العلاقة بينهما (أكبر، أصغر، أو متساوي). تُستخدم بشكل شائع في الأنظمة الرقمية والمعالجات لاتخاذ القرارات بناءً على المدخلات.

الدوائر التتابعية (Sequential Circuits)



الدوائر التتابعية (Sequential Circuits): تخزن هذه الدوائر البيانات وتُستخدم عندما تعتمد المخرجات على الحالات السابقة.

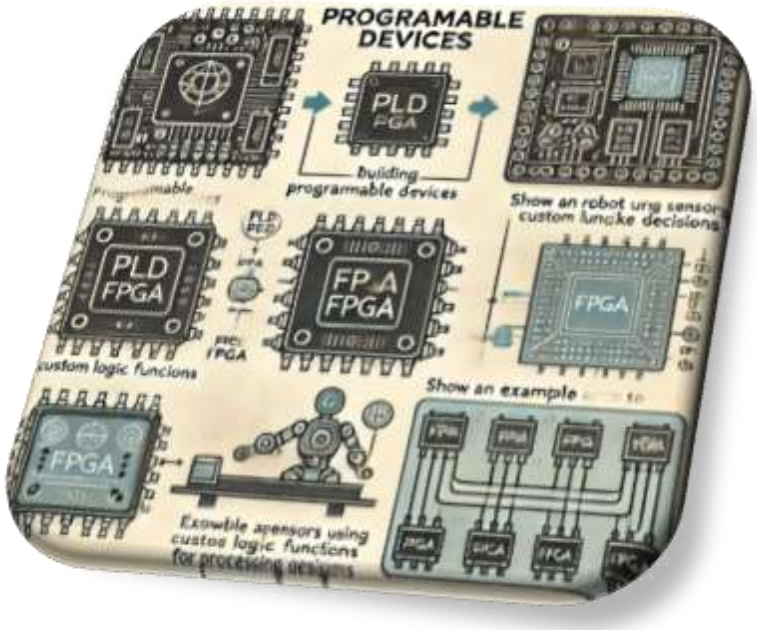
- أمثلتها:
  - **القلابات (Flip-Flops):** تُخزن بت واحد وتُستخدم في بناء العدادات.
  - **المسجلات (Registers):** تخزن مجموعات بيانات متعددة.
  - **تطبيق عملي:** تصميم ساعة رقمية تعرض الوقت بدقة.

الأجهزة القابلة للبرمجة (PLD و FPGA)

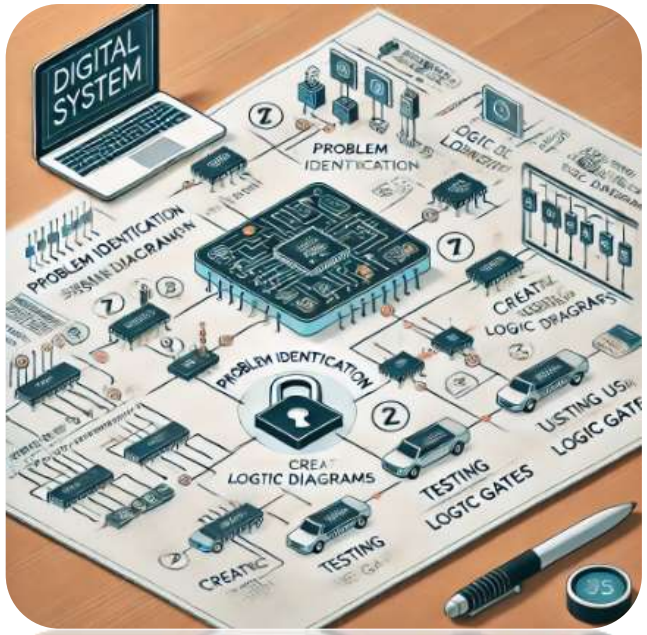
الأجهزة القابلة للبرمجة (PLD و FPGA):

- **PLD (الأجهزة المنطقية القابلة للبرمجة):** تُستخدم في بناء وظائف منطقية مخصصة.
- **FPGA (المصفوفات المنطقية القابلة للبرمجة):** مرنة للغاية وتُستخدم في التصميمات المعقدة مثل الأنظمة المدمجة.

تطبيق عملي: تصميم روبوت قادر على اتخاذ قرارات بناءً على المدخلات الحسية.



تصميم الأنظمة الرقمية



تصميم الأنظمة الرقمية: خطوات التصميم تشمل:

- تحديد المشكلة أو الحاجة.
- إنشاء المخططات المنطقية.
- استخدام برامج المحاكاة مثل Logisim لاختبار الأداء قبل التنفيذ.

تطبيق عملي: بناء نظام أمان يعتمد على قفل رقمي.

التطبيقات العملية

التطبيقات العملية:

- تصميم آلة حاسبة إلكترونية.
- تطوير أنظمة إشارات المرور.
- تصميم وحدات التحكم في الروبوتات.

الخطوة التالية

الدوائر الرقمية ليست مجرد مكونات إلكترونية، بل هي أساس **الأنظمة الذكية الحديثة**. باستخدامها، يمكن تطوير حلول فعالة في مجالات متعددة مثل **الطب، الصناعة، والذكاء الاصطناعي.**

الخطوة التالية هي التعمق في دراسة البرمجة المدمجة (Embedded Systems) واستخدام التقنيات الحديثة مثل **الذكاء الاصطناعي (AI)** و**إنترنت الأشياء (IoT)** لتعزيز الأداء وتحسين جودة الحياة اليومية.

كويزات (3)

1. ما هو الهدف الأساسي من استخدام الدوائر الرقمية؟

- A) تخزين المعلومات باستخدام إشارات تناظرية.
- B) معالجة المعلومات باستخدام إشارات رقمية.
- C) تقليل الحاجة إلى الإلكترونيات.
- D) استبدال الأنظمة التناظرية بالكامل.

2. أي من التالي يُعد مثالاً على بوابة منطقية أساسية؟

- A) NAND.
- B) NOR.
- C) AND.
- D) XOR.

3. ما هو دور القلابات (Flip-Flops) في الدوائر التتابعية؟

- A) تخزين مجموعة من البيانات المتعددة.
- B) تخزين بت واحد فقط.
- C) تنفيذ العمليات الحسابية.
- D) مقارنة القيم الثنائية.

4. أي من الأجهزة التالية يُستخدم لتصميم وظائف منطقية مخصصة؟

- A) المسجلات (Registers).
- B) المصفوفات المنطقية القابلة للبرمجة (FPGA).
- C) القلابات (Flip-Flops).
- D) المجمعات (Adders).

الأجوبة (كويز 1)

- 1 - الدوائر الرقمية هي أنظمة إلكترونية تستخدم إشارات 0 و1 لمعالجة البيانات، وهي أساس الحواسيب والهواتف الذكية.
- 2 - لأنه يعمل بحالتين فقط (0 و1) مثل تشغيل وإيقاف، مما يجعله مناسبًا للإلكترونيات الرقمية.
- 3 - النظام الثنائي هو نظام عددي يستخدم رقمين فقط هما 0 و1، ويُستخدم في الحواسيب لتخزين ومعالجة البيانات.
- 4 - تساعد في حل المشكلات.
  - تُعلم البرمجة والمنطق.
  - تُشجع الابتكار في الإلكترونيات.

الأجوبة (كويز 2)

- 1- الجبر البولياني هو أساس رياضي يُستخدم في الدوائر الرقمية، ويعتمد على العمليات المنطقية مثل AND وOR وNOT.
- 2- البوابات المنطقية الأساسية هي AND وOR وNOT.
- 3- تُستخدم بوابة AND في أجهزة الإنذار، حيث تعمل فقط إذا تم تفعيل مستشعرين معًا.
- 4- تشمل البوابات المنطقية المركبة: NAND وNOR وXOR وXNOR.

الأجوبة (كويز 3)

- **1- الإجابة:** معالجة المعلومات باستخدام إشارات رقمية.
- **2- الإجابة:** AND
- **3- الإجابة:** تخزين بت واحد فقط.
- **4- الإجابة:** المصفوفات المنطقية القابلة للبرمجة (FPGA).

المراجع

- **اسم الكتاب:** الدوائر الرقمية
- **رابط الكتاب الإلكتروني:** kez8noor-book.com/dp
- **مؤلف الكتاب:** أ.دياب عابدين دياب طه

- **مراجع:** 80PBK3Vykj8https://www.youtube.com/watch?v=

شكرا لكم