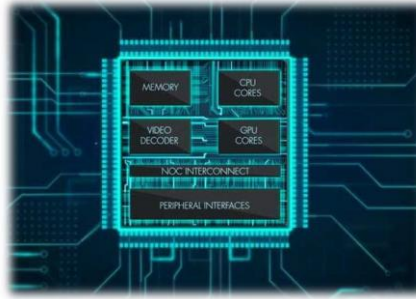


## Embedded systems Introduction

### VLSI Industry (Very large scale integration)

- هي عملية إنتاج دارات متكاملة عن طريق تجميع الآف المقاحل داخل شريحة واحدة.
- دأ ظهور تلك الدارات في سبعينيات القرن العشرين، مع بداية تطور تقنيات الاتصالات، وأشباه الموصلات المعقدة، ومن أمثلتها: المعالجات الدقيقة، ويتراوح عدد مكوناتها من 1,000، وحتى 10,000 قطعة إلكترونية.



- To facilitate this complex design and fabrication of an IC Various Automatic Tools and machines are available.
- VLSI Design Styles
- Full Custom
- Application-Specific Integrated Circuit (ASIC)
- Programmable Logic (PLD, FPGA (**Field Programmable Gate Arrays**))
- System-on-a-Chip (SoC)

### IC (Integrated Circuit)

- الدارة المتكاملة أو الدوائر الإلكترونية المتكاملة (بالإنجليزية: Integrated Circuit) تختصر إلى (IC) أو الشريحة الإلكترونية (Chip) هي دائرة إلكترونية مصغرة وهي من ضمن ما يعرف بتقنية ميكروية والتي هي بدورها جزء من الهندسة الإلكترونية، أحدث ثورة في عالم الإلكترونيات، الشريحة رقيقة من مادة السيلكون تبلغ مساحتها عدة ملليمترات ويطلق عليها ((شريحة السيلكون)) أو رقاقة السيلكون وتحتوي شريحة السيلكون على الآلاف من المكونات الإلكترونية الدقيقة جدا، مثل الترانزستورات والمقاومات والمكثفات التي تربط معا لتكون دوائر إلكترونية متكاملة، وقد تم إنتاجها لأول مرة بالولايات المتحدة في عام 1958. والشرائح الإلكترونية التي تستخدم في الوقت الحاضر، تحتوي على عشرات الألوف من المكونات المختلفة، التي تحشر في مساحة تبلغ حوالي 30 - 40 ملليمتر مربع، ويمكنها أن تخزن 64,000 وحدة من المعلومات (بيت bit) ويمكن للشرائح الحديثة المتطورة أن تقوم بمعظم العمليات التي تؤديها الحاسبة الإلكترونية ويطلق عليها (الميكروبروسيسور (المعالج الصغير) microprocessor). وإذا تم تجهيز الآلات بالميكروبروسيسور أمكن تحويلها إلى روبوت. ويمكن حاليا إنتاج المئات من هذه الرقائق دفعة واحدة، وذلك باستخدام وسائل تقنية حديثة مختلفة تشتمل على عدة عمليات دقيقة متتابعة، مثل عمليات التصوير باستخدام قوالب معينة، والحفر، وترسيب مواد كيميائية تعمل كشوائب (مثل ذرات الفسفور) داخل الشبكة البلورية لعنصر السيليكون، وذلك لتصبح الشريحة السيليكونية الواحدة في النهاية تعمل عمل أشباه الموصلات semiconductors والتي تبني منها

- الترانزستورات. وفي ختام عملية إنتاج الشرائح الإلكترونية، يتم وضع طبقة من مادة الألمنيوم يتكون منها أحجبة ثم تحفر لتكوين الروابط بالدوائر الخارجية.
- دائرة فيها كل أو بعض عناصر الدائرة غير قابلة للفصل ومتراصة كهربائياً بحيث تعتبر قابلة للتجزئة لأغراض بنوية وتجارية.
- الدوائر المتكاملة التي تخضع لهذا التعريف يمكن بناؤها باستخدام العديد من التقنيات المختلفة، بما في ذلك الترانزستور ذو الطبقة الرقيقة Thin-film Transistor وتقنية الطبقة السميكة Thick film technology و الدوائر المتكاملة الهجين Hybrid integrated circuit، وهذه الدوائر تعتبر قطعة واحدة متكاملة وتعرف بـ monolithic integrated circuit أو الدوائر المتكاملة المتجانسة

### تصنيف الدارات المتكامل

- يمكن أن نقوم بتصنيف الدارات المتكاملة بطرق عديدة، سواء عن طريق الوظيفة، أو الشركة، أو السرعة، أو نوع المنطق التي تستخدمه، لكن التصنيف الأهم لها هو حسب عدد العناصر (البوابات) التي تحتويها.
- 1. الدارات المتكاملة ذات العدد الصغير من البوابات: وتحتوي هذه الدارات أقل من 10 بوابات وتدعى هذه الدارات بـ Small scale integration, SSI " " .
- 2. الدارات المتكاملة ذات العدد المتوسط من البوابات: وتحتوي هذه الدارات من 10 إلى أقل من 100 بوابة ويرمز لها بـ Medium scale integration, MSI " " .
- 3. الدارات المتكاملة ذات العدد الكبير من البوابات: يرمز لها بـ LSI اختصاراً لـ Large scale integration، تحوي من 100 إلى 10000 بوابة.
- 4. الدارات ذات العدد الكبير جداً من البوابات: وهي تحوي على ما يزيد عن 10000 بوابة، نرسم لها بـ VLSI، " Very Large scale integration " .
- وقد ظهر حديثاً الدارات ذات العدد فوق الكبير جداً: " Ultra Large scale integration " . بالإضافة إلى wafer scale integration، و System-on-Chip (SOC).

### هنالك تصنيف آخر يقسم الدارات المتكاملة حسب نوع الكمون الذي تقبله في مدخلها، إذ تقسم إلى

- 1. الدارات الخطية، Linear Circuits: وهي الدارات التي تقبل في مدخلها كمونات متغيرة بشكل مستمر.
- 2. الدارات الرقمية، Digital Circuits: هي الدارات التي تقبل في مدخلها كمونات محددة 0 فولت أو 5 فولت مثلاً، أي الرقمين المنطقيين 0 و 1. وتعطي هذه الدارة في مخرجها قيمة محددة أيضاً. 0 أو 5 فولت أو القريب منها.

### المميزات

- حجمها صغير ويمكن أن يصل 10/1 بوصة مربعة.
- استهلاكها للطاقة الكهربائية ضعيف مقارنة بالأنواع الأخرى من العناصر.
- تكلفة أقل (رخيصة الثمن).
- تعمل الدائرة المتكاملة بكفاءة عالية ربما تصل إلى 50 مرة من كفاءة الدوائر العادية.
- تعمل بسرعة عالية حيث أن الإشارة تأخذ زمناً أقل عند انتقالها داخل الدائرة.
- عدم وجود لحامات داخلية يقلل من احتمال حدوث فصل داخلي للأطراف حيث أن المكونات تتصل ببعضها عن طريق شرائح رقيقة من المعدن.

## العيوب

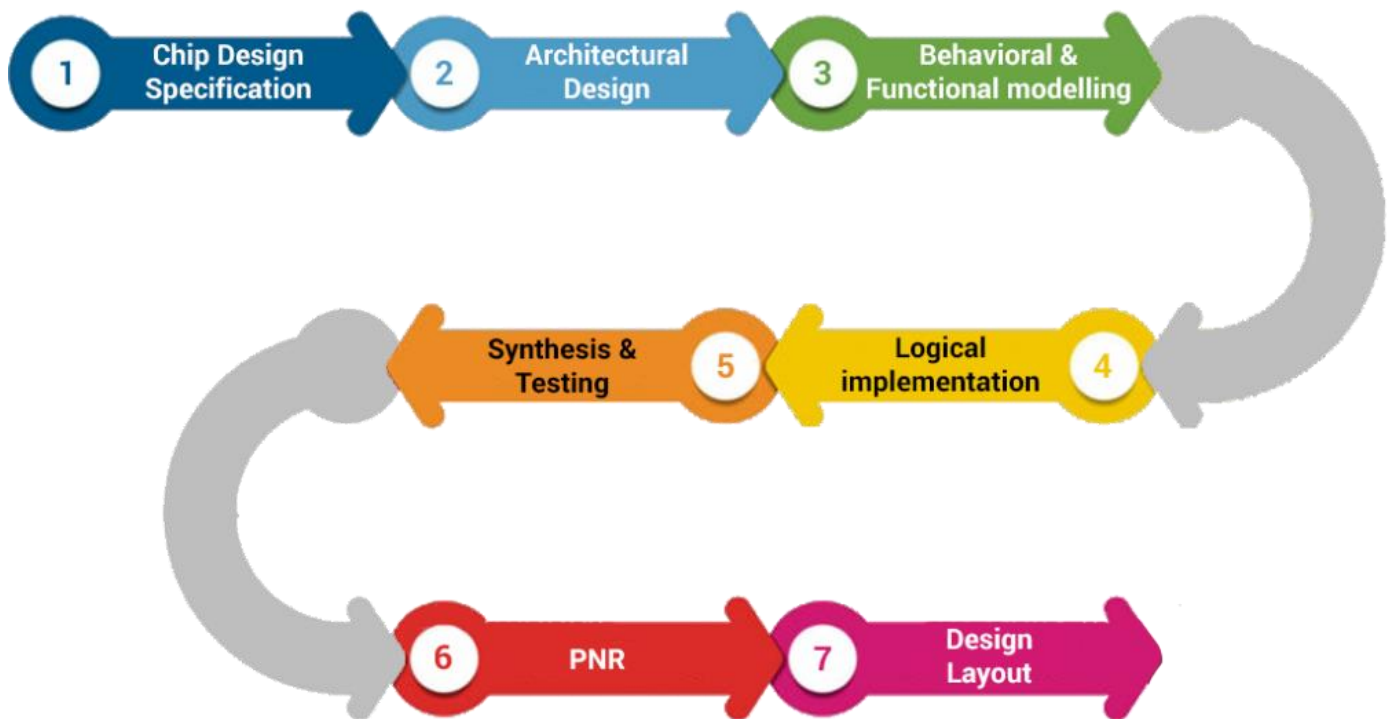
- لا تعمل بتيارات عالية بسبب صغر الحجم.
- تتأثر الدوائر المتكاملة بدرجة الحرارة ولذلك فهي تحتاج إلى وسيلة للتبريد عند العمل على قدرات عالية.
- لا يمكن تصنيع بعض المكونات داخل الدائرة المتكاملة مثل الملفات نظراً لكبر حجم الملف المصنع باستخدام طريقة تصنيع الدوائر المتكاملة وكذلك المكثفات ذات السعات الكبيرة.
- لا يمكن إصلاح الدوائر المتكاملة عند تلفها ولكن يتم إستبدالها.

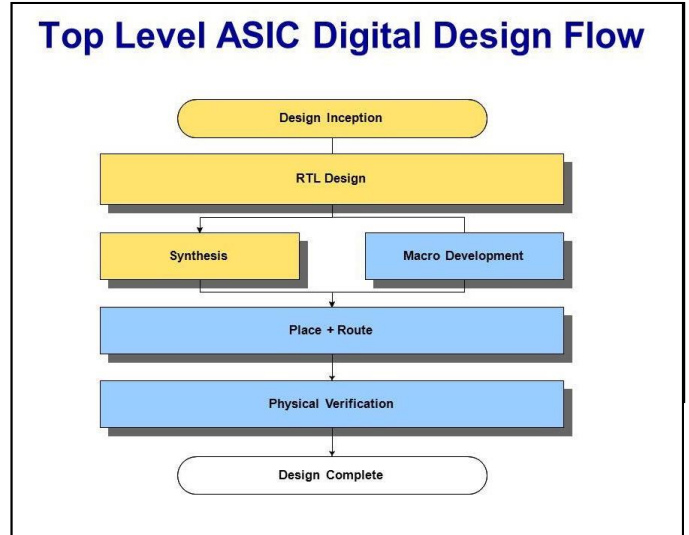
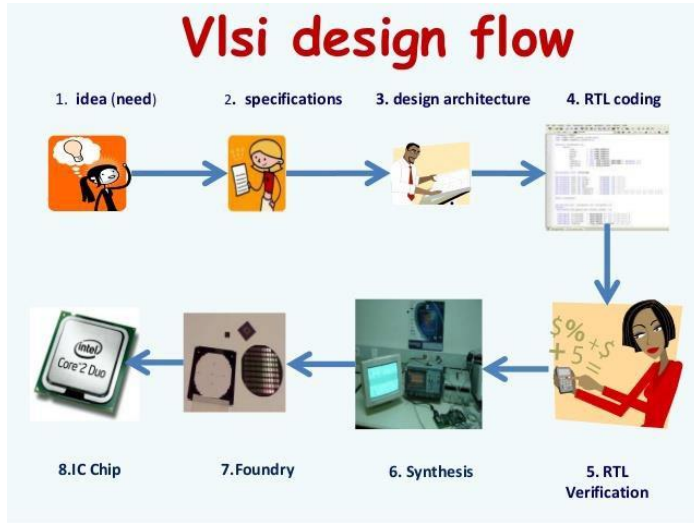
### What is a low level driver (LLD)?

- Lowest-level drivers control an I/O bus to which peripheral devices are connected. Lowest-level drivers do not depend on lower-level drivers
- Hardware bus drivers are system-supplied and usually control dynamically configurable **I/O buses** (The input/output bus or io bus is the pathway used for input and output devices to communicate with the computer processor).

### VLSI Industry (Very large scale integration)

#### VLSI Flow design





## ما هو التكامل واسع النطاق VLSI؟

- التكامل واسع النطاق "VLSI": هو عملية إنشاء دائرة متكاملة "IC" من خلال دمج الملايين من ترانزستورات "MOS" في شريحة واحدة، وبدأت في السبعينيات عندما تم اعتماد رقائق الدوائر المتكاملة "MOS" على نطاق واسع، مما أتاح تطوير تقنيات الاتصالات وأشباه الموصلات المعقدة.
- تُعد المعالجات الدقيقة وشرائح الذاكرة هي أجهزة "VLSI"، وقبل توفر تقنية "VLSI" كان لمعظم الدوائر المتكاملة مجموعة معينة من الوظائف التي يمكنهم القيام بها، كما قد تتكون الدائرة الإلكترونية من وحدة المعالجة المركزية وذاكرة القراءة فقط وذاكرة الوصول العشوائي، كما يتوفر "VLSI" لمصممي "IC" إضافة كل هذه في شريحة واحدة.
- "VLSI" هي اختصار لـ "Very-large-scale integration".
- "SDR" هي اختصار لـ "Software-defined radio".
- "MOS" هي اختصار لـ "metal-oxide-silicon transistor".
- "IC" هي اختصار لـ "Integrated circuit".

## أساسيات نظام VLSI

- "VLSI" هي المرحلة السابقة من "SSI" و"MSI"، ويتضمن ذلك الجمع بين المزيد والمزيد من الأجهزة المنطقية في منطقة أصغر خاصة في عصر تكنولوجيا النانو، كما تلعب السهولة والبساطة دوراً مهماً ويمكن القيام بذلك باستخدام "VLSI"، وهذا يتطلب مزيداً من الكفاءة في مجالات مثل هندسة النظام والمنطق وتصميم الدوائر.
- التكامل على نطاق واسع جداً "VLSI" هو المستوى الحالي لتصغير الرقائق الحاسوبية ويشير إلى الرقائق الدقيقة التي تحتوي على مئات الآلاف من الترانزستور، والتكامل على نطاق واسع "LSI" يعني الرقائق الدقيقة التي تحتوي على آلاف الترانزستورات، وكانت تكامل متوسط الحجم "MSI" تعني رقاقة تتضمن على مئات الترانزستورات وتكامل على نطاق صغير "SSI" تعني الترانزستورات في العشرات.

- و"SDR" هو راديو محدد بالبرمجيات، ويستخدم على نطاق واسع في تقنية "CDMA" و"CSMA" و"SDR" في تقنية تساعد الجهاز على ضبط أي نطاق ترددي باستخدام أدوات أقل صعوبة، ولقد كان "VLSI" و"SDR" مفيداً جداً لشركات الهاتف المحمول لتقديم خدمة أفضل مع مزيج من كليهما، حيث يقلل "VLSI" من حجم وسعر الهاتف المحمول ويزيد "SDR" من مرونة الوحدة.
- يمكن تصنيف التكنولوجيا المستخدمة يوماً بعد يوم في نوعين رئيسيين النظام العالمي للاتصالات المتنقلة "GSM" والوصول المتعدد لقسم الكود "CDMA"، كما تساعد هذه الشبكات في الوصول إلى عرض النطاق الترددي المتنوع، ولكن المشكلة في كل منهما لا يمكن الوصول إليها في نفس الوقت من نفس الهاتف أو نفس الهاتف المحمول في وقت واحد.
- يشير التكامل واسع النطاق "VLSI" إلى "IC" أو تقنية بها العديد من الأجهزة على شريحة واحدة، كما نشأ المصطلح في السبعينيات مع التكامل على نطاق صغير "SSI" و"LSI"، والعديد من المصطلحات الأخرى والتي تم تحديدها بواسطة عدد الترانزستورات أو البوابات لكل "IC"، وكما يختلف الجزء التناظري "VLSI" تماماً عن جزء المنطق الرقمي "VLSI" أو جزء ذاكرة "VLSI".
- بدأ المصممين في تجربة مصطلحات مثل "ULSI" فائقة الحجم، وفي غضون ذلك تجاهل المهندسون كل شيء وقضوا وقتهم في بناء أجهزة أفضل بدلاً من ابتكار كلمات جديدة لهم، وعادةً ما يتم استخدام "LSI" و"VLSI" كمصطلحات عامة، وفي إشارة إلى منتج أو تقنية تحتوي بشكل شخصي على أجهزة أكثر من المنتجات النموذجية في الفئة.
- كما أنّ ظهر اتجاهًا تقنيًا في الإشارات التماثلية والمختلطة نحو زيادة التعقيد، وتشتمل العديد من الأجزاء على عناصر تحكم معقدة، مثل جوهر وحدة التحكم الدقيقة "MAXQ" مع أجهزة أكثر بعدة مرات من معظم الأجزاء التماثلية.
- "MSI" هي اختصار لـ "Medium-Scale Integration".
- "SSI" هي اختصار لـ "small-scale integration".
- "LSI" هي اختصار لـ "Large scale integration".
- "ULSI" هي اختصار لـ "Ultra Large Scale Integration".
- "CDMA" هي اختصار لـ "Code-division multiple access".
- "GSM" هي اختصار لـ "Global System for Mobile".
- "CSMA" هي اختصار لـ "Carrier Sense Multiple Access".

### دارات VLSI الرقمية

- تعتمد دارات "VLSI" الرقمية في معظمها على "CMOS"، كما يتم استخدام الكتل العادية مثل المزالج والبوابات في الغالب ولكن بطريقة مختلفة، ومن العوامل المتضمنة في هذا التنفيذ:
- 1- تأخيرات الدائرة
- نظراً لأنّ هذه التقنية عبارة عن مزيج من عدد من الدوائر في منطقة صغيرة، فقد يتسبب ذلك في تأخير نقل الإشارات عبر هذه الدوائر.
- 2- الطاقة

- نظراً لاستخدام عدد الدوائر والمزائج والبوابات، فإنّه يتطلب الكثير من استهلاك الطاقة وقد يتسبب ذلك في تسخين الجهاز على السطح.

### 3- التخطيط

- يجب أن تتلاءم "1000 دائرة" في منطقة أصغر جداً، يمكن أن يكون هناك عدد من الترتيبات لذلك، والشئ المهم هو مدى كفاءة ترتيب هذه الألف من الدوائر.

### تطبيقات VLSI في نظام الاتصالات

- يتم تصنيف "VLSI" المستخدمة على نطاق واسع اليوم إلى ثلاث فئات رئيسية:
- "ANALOG"، ويتكون بشكل رئيسي من مكبر للصوت ومحول البيانات وأجهزة الاستشعار.
- تطبيق دوائر متكاملة محددة، ونظراً للعديد من التقنيات القادمة فقد مكن تصنيع الدوائر المتكاملة من دمج عدد من الدوائر في منطقة صغيرة.
- النظام على الشريحة، حيث أنّ "VLSI" تدور حول الجمع بين عدد من الدوائر، لذا فهي تشبه في مكان ما نظاماً على شريحة واحدة.

### تقنية SDR و VLSI

- تم تقديم "SDR" لأكثر من مشكلة الوصول إلى تقنيتي "GSM" و "CDMA" على هاتف واحد، حيث تعمل حقوق السحب الخاصة بطريقتين مفهوم مثالي وعملي، في المفهوم المثالي يقرأ المعالج الرقمي المحول وبرامجه ويحول البيانات إلى النموذج المطلوب، و "PRACTICAL CONCEPT" تستخدم طريقة التغير الفائق للتغلب على هذه المشكلة.
- كما يستخدم الخلط الذي يخفض التردد المستلم، ثم يتم معالجة هذا التردد المنخفض بواسطة "ADC" ثم يمكن استخدام "GSM" و "CDM" على نفس الهاتف، ومن ثم فإنّ استخدامات هذه التقنية تمنح مزايا مثل تقليل عدد العتبات وانخفاض مساحة اللوحة وتقليل التوصيلات على مستوى اللوحة والأداء العالي والمزيد من الموثوقية وخفض التكلفة، ولكن هذا أيضاً له بعض العيوب مثل هذا المشروع يمكن أن يؤدي إلى مخاطر عالية ووقت تصنيع طويل وتصميمات طويلة ومشكلة ارتفاع وتسرب الطاقة.
- "CDM" هي اختصار لـ "Customer data management".
- "ADC" هي اختصار لـ "Analog to Digital Converter".

### الإلكترونيات الدقيقة وتصميم VLSI

- يُعدّ تعليم الإلكترونيات الدقيقة نشاطاً تعاونياً متعدد التخصصات يتضمن الجهود المشتركة لمهندسي النظم ومصممي الدوائر ومهندسي الأجهزة ومطوري البرامج ومهندسي العمليات، ومع إمكانيات في تصميم تكامل واسع النطاق "VLSI" وتطوير البرمجيات من المحتمل أن تستحوذ على حصة أكبر من السوق من خلال التركيز على هذه القطاعات.
- يعمل البحث في التصميم بمساعدة الكمبيوتر "VLSI / CAD" على تطوير خوارزميات جديدة ومنهجيات التصميم، والتي تسمح لمصممي "VLSI" بتصميم دوائر متكاملة صحيحة وأسرع وأصغر وأكثر كفاءة في استخدام الطاقة، وأثبت البحث في "VLSI / CAD" أنّه أحد الأسباب المهمة لازدهار "VLSI" في السنوات الأخيرة، كما تكثر تطبيقات مثل هذا البحث في الممارسات الصناعية الحالية.

- كما يجري تطوير تطبيقات في معالجة الإشارات، حيث يتم فحص تقنيات معالجة أشباه الموصلات الصغيرة والنانوية التي تتراوح من "0.35 مايكرومتر" إلى "65 نانومتر" تقنيات معالجة "CMOS" لمختلف تطبيقات "VLSI System-On-Chip".



## VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language)

- لغة توصيف العتاد للدارات المتكاملة ذات السرعات المرتفعة جداً (بالإنجليزية: Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language اختصاراً VHDL) هي لغة برمجة قياسية صممت من قبل وزارة دفاع الولايات المتحدة حيث تستعمل في وصف، وتصميم، ومحاكاة دارات الدوائر الإلكترونية عالية السرعة. أصبحت منذ عام 1987 إحدى مقاييس جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE) وتمت مراجعتها في عام 1997.
- تتيح هذه اللغة توصيف التوازي والترابط بالإضافة للتعبير المفصل والمباشر للزمن وتسمح أيضاً بتوصيف الدارات التماثلية لكنها غالباً ما تستخدم في تصميم دارات مصفوفة البوابات المنطقية القابلة للبرمجة.
- VHDL مقتبسة من لغة Ada في المفهوم العام كالرموز والمصفوفات أحادية البعد وتركيب العبارات وبناءها وهي **غير حساسة لحالة الأحرف** (في أجهزة الكمبيوتر وكذلك في العديد من المواقع، حالة النص قد تكون حساسة لحالة الأحرف (بالإنجليزية: Case Sensitivity) كما يُمكن أن تكون غير حساسة لحالة الأحرف أو بالأحرى غير مكثثة. وفيما يلي بعض الأمثلة على حساسية حالة الأحرف، هذا وتجدر الإشارة إلى أن حساسية حالة الأحرف هذه في بعض الأحيان تكون غير مفعلة:
- المستخدمين
- الوسوم
- أمر (حوسبة) (أو الأوامر)
- أسماء المتغيرات
- النصوص المتسلسلة أو عمليات البحث ضمن النصوص الإلكترونية والتي عادة ما تكون حساسة لحالة الأحرف، حيث يتطلب العثور عليه كتابته كما هو.
- كلمات السر في العادة ما تكون حساسة لحالة الأحرف إلا في بعض المواقع القليلة جداً والتي يُمكن تجاهلها.
- هناك بعض اللغات البرمجية الحساسة هي الأخرى لحالة الأحرف ولعل أبرزها السي، السي++، الجافا، السي شارب، روبي وكذلك الإكس إم إل، في حين أن هناك لغات برمجة أخرى غير حساسة لحالة الأحرف ولا تأبه إن تمّ طباعته بشكل كبير (مثلاً A) أو بشكله الصغير (a)، ومن بين هذه اللغات هناك الأيدا، البيسيك، الفورتران، الإس كيو إل ثم باسكال. وهناك أيضاً لغات أخرى غير حساسة مثل هاسكل، برولوج ولغة غو التي تهتم بعلم الدلالة الشكلي).



- وهناك الكثير من الميزات غير موجودة في لغة Ada كمجموعة من التعليمات البوليانية التي تتضمن NAND, NOR مثلا وتمثيل العمليات الشائعة في البنية التعاودية مباشرة. وتسمح VHDL بإدخال المصفوفات في اتجاهين تصاعدي وتنازلي لأن كلا الا صطلحين يستخدم في ال Hardware، والنسخة المعدلة الأولى من ال VHDL تتضمن مجال واسع من أنواع البيانات كالنوع العددي (الصحيح والحقيقي) والمنطقي (البولياني والبتي) والنوع الحرفي والوقت ومصفوفة من النوع البتي التي تسمى الشعاع البتي والمصفوفة من نوع المحارف التي تسمى الشعاع السلسلة.
- لغة VHDL هي لغة متعددة وعامة تماماً وعلى الرغم من أنها تتطلب برنامج محاكاة لتشغيل كود البرنامج فإنه يمكنها أن تقرأ وتكتب ملفات على كمبيوتر مضيف، إن VHDL تسمح بتوصيف النظام المتزامن (الأجزاء المقدمة بواسطة سلوك عملها مع بعضها البعض بنفس الوقت) وهي غير محبة كثيراً من لغات أخرى كلغة ال Basic، pascal، c أو لغات التجميع التي تسمع على مستوى شيفرة الآلة بشكل متعاقب تعليمة واحدة كل مرة لكل بنیان. وعندما يترجم نموذج VHDL إلى بوابات وأسلاك التي تكون منظمة على جهاز منطقي قابل للبرمجة مثل مصفوفة البوابات المنطقية القابلة للبرمجة أو CPLD والعتاد الفعلي يحدد من شيفرة VHDL المنفذة كما في بعض أشكال شريحة المعالج.

## Varilog

- لغة فيريلوج الموحدة ك معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات 1364، هي لغة وصف الأجهزة (HDL) المستخدمة لنمذجة الأنظمة الإلكترونية. كما يتم استخدام هذه اللغة بشكل شائع وكبير في التصميم وأيضا التحقق من الدوائر الرقمية على مستوى نقل التسجيل للتجريد. كما يتم استخدامها أيضاً في التحقق من الدوائر التناظرية ودوائر الإشارة المختلطة، وكذلك في تصميم الدوائر الجينية. في عام 2009، تم دمج معيار Verilog (IEEE 1364-2005) في معيار System Verilog، مما أدى إلى إنشاء معيار IEEE 1800-2009. منذ ذلك الحين، أصبحت لغة فيريلوج رسميًا جزءًا من لغة نظام فيريلوج. وهو الإصدار الحالي هو IEEE القياسي 1800-2017.
- في الواقع فإن لغات وصف الأجهزة مثل لغة فيريلوج تشبه لغات برمجة البرامج لأنها تتضمن طرقًا لوصف وقت الانتشار ونقاط قوة الإشارة (الحساسية). كما انه من الجدير بالذكر هناك نوعان من عوامل التخصيص؛ تخصيص حظر (=)، وتخصيص غير معطل (>=). يسمح التعيين غير المحظور للمصممين بوصف تحديث حالة الجهاز دون الحاجة إلى الإعلان عن متغيرات التخزين المؤقتة واستخدامها. نظرًا لأن هذه المفاهيم جزء من دلالات لغة فيريلوج، في الواقع فإنه يمكن للمصممين كتابة أوصاف الدوائر الكبيرة بسرعة في شكل مضغوط ومختصر نسبيًا. في وقت تقديم فيريلوج (1984)، فلقد مثل فيريلوج تحسيتًا هائلًا للإنتاجية والتي تصب في مصلحة مصممي الدوائر الذين كانوا يستخدمون بالفعل برنامج التقاط تخطيطي رسومي وبرامج برامج مكتوبة خصيصًا لتوثيق ومحاكاة الدوائر الإلكترونية.
- الفكرة من لغة فيريلوج هو ان المصممين ارادوا بناء جملة مشابهة للغة البرمجة C، وهي لغة البرمجة التي كانت تستخدم على بالفعل على نطاق واسع في تطوير البرمجيات الهندسية. مثل C، في الواقع فإن لغة فيريلوج تعتبر حساسًا لحالة الأحرف ولديه معالج أولي أساسي (على الرغم من أنه أقل تعقيدًا من معالج C / ANSI ++). الكلمات الرئيسية لتدفق التحكم (if / else، for، while، case، إلخ) متكافئة، وأسبقية المشغل متوافقة مع C. تتضمن الاختلافات النحوية: عروض البت المطلوبة للإعلانات المتغيرة، ترسيم الكتل الإجرائية (تبدأ استخدامات Verilog / end بدلاً من الأقواس المتعرجة {})، كما انها تحمل العديد من الاختلافات الطفيفة الأخرى. إنه من الجدير بالذكر ان لغة فيريلوج تتطلب اعطاء المتغيرات حجما محددًا. في لغة C، يُستدل على هذه الأحجام من «نوع» المتغير (على سبيل المثال، قد يكون نوع العدد الصحيح 8 بت).



- مفهوم لغة فيريولوج هو عبارته عن «السلك» من قيم الإشارة (4 حالات: 0، 1، عائم، غير محدد) ونقاط قوة الإشارة (قوية، ضعيفة، إلخ). كما أنه في الواقع يسمح هذا النظام بالنمذجة المجردة لخطوط الإشارة المشتركة، بحيث تقود المصادر المتعددة شبكة مشتركة. عندما يحتوي السلك على محركات متعددة، فإنه بهذه الطريقة يتم حل قيمة السلك (المقروءة) من خلال وظيفة محركات المصدر ونقاط قوتها.
- وهي عبارته عن مجموعة فرعية من العبارات الموجودة في لغة فيريولوج والتي تكون قابلة للتجميع. كما يمكن تحقيق وحدات فيريولوج التي تتوافق مع أسلوب الترميز القابل للتركيب، والمعروف باسم RTL (مستوى نقل التسجيل)، فعلياً عن طريق برنامج التوليف. يحول برنامج التوليف خوارزمية مصدر للغة فيريولوج (المجرد) إلى netlist، وهذا الوصف في الحقيقة يعتبر وصفاً مكافئاً منطقياً يتكون فقط من العناصر الأولية المنطقية (AND، OR، NOT، flip-flops، إلخ) المتوفرة في تقنية FPGA أو VLSI محددة. كما تؤدي المعالجات الإضافية إلى netlist في النهاية إلى مخطط تصنيع الدائرة (على سبيل المثال مجموعة قناع الصورة لـ ASIC أو ملف bitstream لـ FPGA).

### FPGA (Field Programmable Gate Arrays)

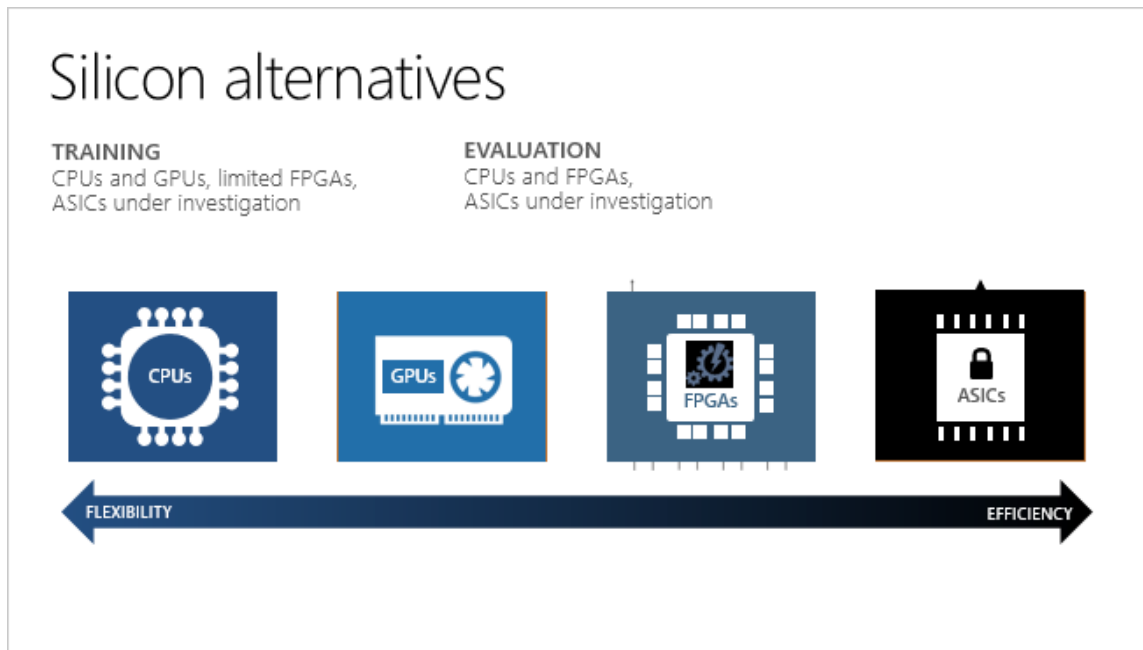
- هي دائرة متكاملة صممت ليتم بواسطتها تعديل أو تصميم أنظمة متكاملة حتى بعد عملية التصنيع دون الحاجة لإعادة تجميع النظام أو المنتج، لذلك أخذت التسمية القابلة للبرمجة في الميدان أو Field-Programmable. بشكل عام يتم التصميم في الـ FPGA باستخدام ما يسمى بلغة وصف العتاد Hardware Description Language وهي مشابهة جداً لتلك التي يتم استخدامها في تصميم الدوائر المتكاملة ذات التطبيق المحدد (Application-Specific Integrated Circuit) أو ASIC وهي دوائر متكاملة صممت لغرض معين ولا يمكن استخدامها إلا للتطبيق الذي صممت من أجله مثل دوائر ترميز الصوت والصورة، أو دوائر التحويل التناظري-الرقمي (ADC).
- تحتوي شرائح الـ FPGA على مجموعة من الوحدات المنطقية المبرمجة (Configurable Logic Blocks)، بالإضافة إلى تسلسل هرمي من التوصيلات فيما بينها، بحيث يتم توصيل هذه الوحدات بحسب ما يتطلبه التصميم. هذه الوحدات المنطقية يمكن ربطتها وبرمجتها لإنشاء بوابات منطقية أساسية مثل الـ AND و XOR إلى تنفيذ مهام معقدة في المنطق المدمج (Combinational Logic)، أو يمكن استخدام عناصر الذاكرة الموجودة في معظم أنواع الـ FPGA من عناصر Flip-Flop أساسية إلى وحدات ذاكرة متكاملة لتكوين أنظمة معقدة في المنطق التتابعي (Sequential Logic).
- شرائح الـ FPGA الحديثة تحتوي على عدد كبير من البوابات المنطقية ووحدات الذاكرة من نوع (RAM) لتصميم وتنفيذ حسابات وأنظمة رقمية معقدة. لأن معظم تصاميم الـ FPGA توظف منافذ إدخال وإخراج سريعة بالإضافة إلى نواقل بيانات ثنائية الاتجاه سريعة، فإن التحقق من توقيت البيانات خلال وقت الإعداد Setup Time ووقت الاحتفاظ Hold Time يصبح نوعاً من التحدي في عملية التصميم. عملية تخطيط أرضية الدائرة المتكاملة Floor Planning تتيح تخصيص الموارد المتاحة في شريحة الـ FPGA بحيث يتم تحقيق القيود الزمنية الخاصة بالتصميم. يمكن استخدام الـ FPGA لتصميم أي نظام يمكن تصميمه باستخدام الـ ASIC، ولكن القدرة على تحديث وظيفة النظام -أي إعادة تركيب-، وإن كان ذلك بشكل جزئي لها، تعطي ميزات في عدة تطبيقات

## ما هي تقنية الـ FPGA؟

- هي اختصار لعبارة Field programmable Gate Array أحد أنواع الدارات المتكاملة IC وتتميز بأنها قابلة لإعادة التشكيل على مستوى الهاردوير بواسطة كتل منطقية قابلة لإعادة التشكيل (البرمجة) ومجموعة من الوصلات المنطقية القابلة للبرمجة أيضاً وهذا ما يمكن المهندسين من تصميم دارتهم الرقمية الخاصة على مستوى الهاردوير.

## ما الذي يميز الـ FPGA عن المعالجات الصغيرة؟

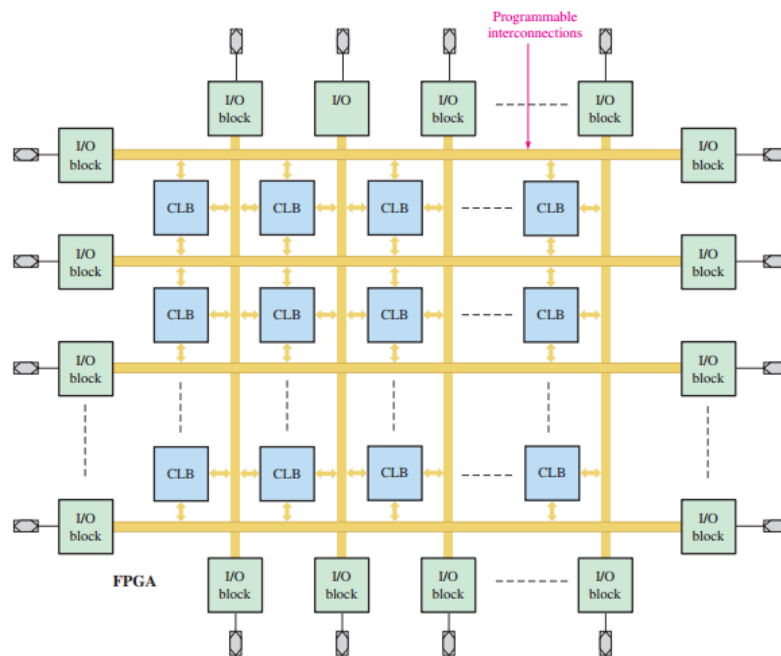
- الفرق الجوهرى الذي يميز الـ FPGA عن المعالجات هو أنها قابلة للبرمجة على مستوى الهادوير فالكتل المنطقية ليس لها أي وظيفة إذا لم يقيم المصمم بتوصيف التصميم المناسب بدءاً من التصميم البسيطة كالبوابات المنطقية وصولاً إلى الدارات الرقمية المعقدة كالمعالجات متعددة النوى باستخدام لغات توصيف العتاد HDL .
- أما المعالجات الصغيرة فهي لها تصميم ثابت على مستوى الهاردوير فهي تتكون من وحدة معالجة مركزية ووحدة تحكم ويتم برمجتها بواسطة لغات برمجة كلغة C أو ++C ويتم ترجمة البرامج إلى ملف hex وتخزينها بذاكرة flash.
- باختصار يتم التحكم بالمعالج الصغير بواسطة البرامج بوجود تصميم داخلي ثابت وأما الـ FPGA فيتم التحكم بها عبر تهيئة الكتل المنطقية لتقوم بالتصميم المطلوب على مستوى الهاردوير.
- ماهي القطاعات الرئيسية التي تستخدم فيها الـ FPGA؟
- تتميز الـ FPGA بأنها تجمع ما بين القدرة الحسابية العالية والمرونة إذا ما قورنت بالتقنيات الأخرى كالمعالجات الرسومية GPU والمعالجات متعددة النوى Multiprocessor ولذلك بدأت تدخل في مجالات وتطبيقات مختلفة كالاتصالات ومعالجة الإشارة الرقمية الرؤية الحاسوبية والتعلم العميق وتعلم الآلة الحواسيب الخارقة ووانترنت الأشياء IOT.



- تطبيقات البوابات المنطقية القابلة للبرمجة FPGA
- تعد FPGA أحد منصات تطوير الحوسبة القابلة لإعادة التشكيل Reconfigurable computing، كما أن سوق FPGA ينمو بسرعة فبحسب marketandmarkets تقدر قيمة سوق الـ FPGA بـ 9.5 بليون دولار أمريكي في عام 2023

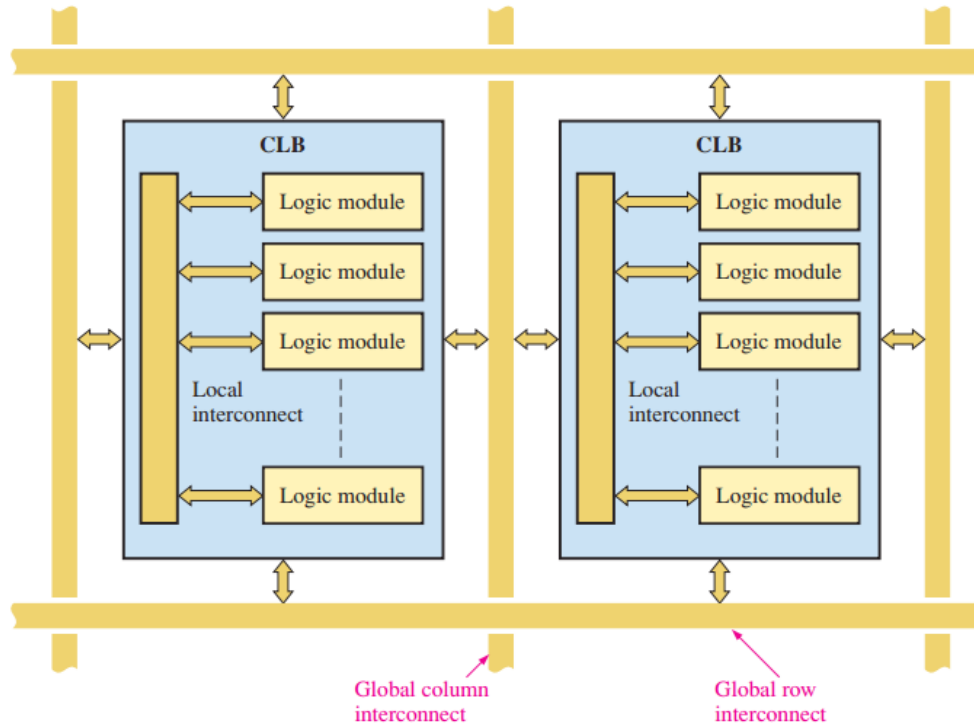
### مما تكون الـ FPGA؟

- تتكون الـ FPGA بشكل أساسي من ثلاث عناصر رئيسية:
- الكتل المنطقية القابلة للبرمجة : Configurable Logic Blocks (CLB) تقوم بتنفيذ التابع المنطقي
- الوصلات المنطقية: تقوم بوصل CLB مع بعضها لتنجيز التابع المنطقي
- وحدات الدخل والخرج : تستخدم لربط الـ FPGA بالعالم الفيزيائي (الحساسات والمحركات )



### مكونات FPGA

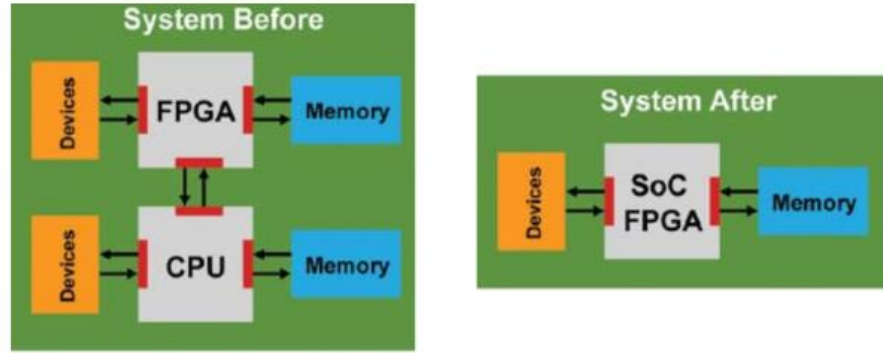
- تتكون الكتل المنطقية القابلة للبرمجة من عدد من وحدات المنطقية logic module المحاطة بمجموعة من الوصلات المحلية local connection والتي تقوم بوصل logic module مع بعضها البعض ومجموعة من الوصلات العالمية Global connection والتي تقوم بوصل الـ CLB مع بعضها.



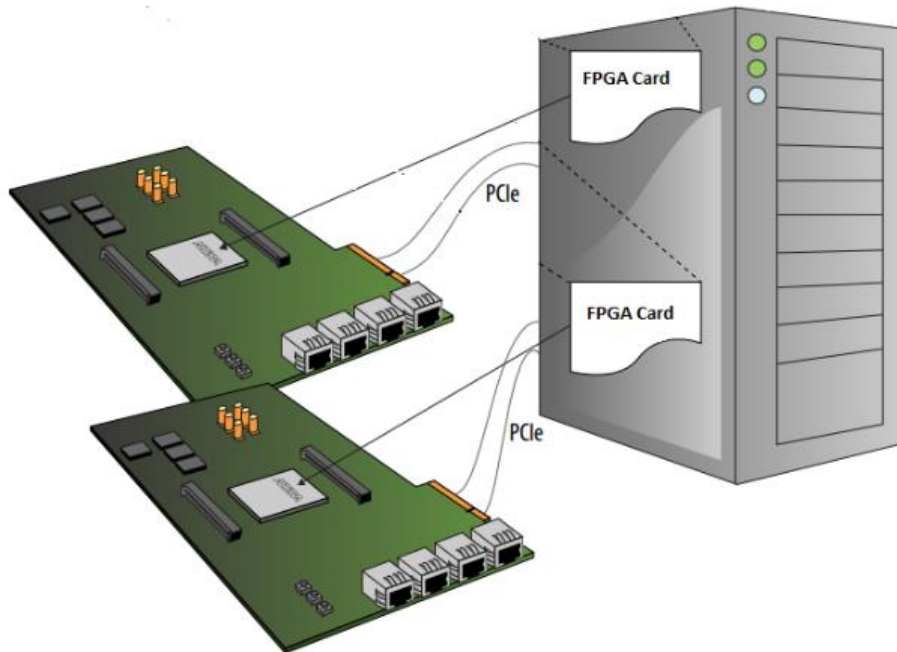
- وتعد logic module وحدة البناء الأساسية والتي تحتوي على عناصر الحوسبة والتخزين الأساسية المستخدمة في الأنظمة الرقمية.
- أما تجهيزات FPGA الحديثة فهي تحتوي على خليط غير متجانس من الكتل المختلفة مثل ذواكر مخصصة دارات ضرب عتادي DSP وحتى وحدات معالجة مركزية MPU
- تقوم الوصلات المنطقية القابلة للبرمجة بإنشاء اتصال بين الكتل المنطقية ووحدات الدخل الخرج لإكمال التصميم المنفذ من قبل المستخدم. وهي تتكون بشكل أساسي من مجموعة من مجموعة من pass transistor و tri-state buffers. بينما تستخدم وحدات الدخل والخرج I/O Block القابلة للبرمجة لربط الكتل المنطقية والوصلات المنطقية بالمكونات الفيزيائية، وتتميز بأنها أكثر تعقيداً من تلك الموجودة لدى MCU حيث أنها تدعم العديد من جهود التغذية والجهود المرجعية كما أنها تدعم العديد من سرعات النقل.

### ماهي SoC-FPGA و SoMC-FPGA ؟

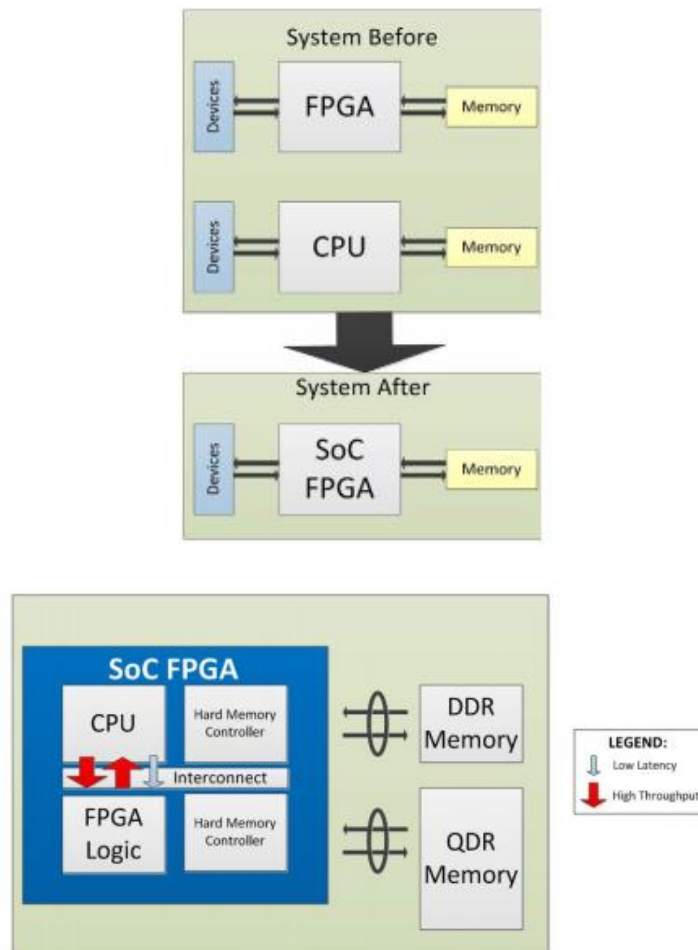
- SoC-FPGA :هي دمج معمارية كلا من المعالج وFPGA بنفس الرقاقة السيليكونية، أي دمج وظائف الإدارة عالية المستوى للمعالجات والعمليات الدقيقة في الزمن الحقيقي أو معالجة البيانات على التوازي للFPGA في جهاز واحد. مما يشكل منصة حوسبة مضمنة أكثر قوة ومرونة. ويؤدي دمج كلا التقنيتين إلى تحقيق تكامل أعلى ، واستهلاك طاقة أقل ، وحجم أصغر PCB ، واتصال أعلى بين النطاق الترددي المعالج و FPGA.



- SoMC-FPGA : وهي تقنية مشابهة لتقنية SoC-FPGA إلا أن الاختلاف الوحيد هو أن المعالج وال FPGA لا يكونوا على نفس الرقاقة السيليكونية وإنما تستخدم FPGA Card (تشبه إلى حد ما البطاقات الرسومية GPU's) كمسرعات تربط مع المعالج عبر PCIe وتستخدم هذه التقنية في مجال الحوسبة عالية الأداء وتهدف إلى تسريع عمل ال Datacenter ومعالجة البيانات بشكل متوازي.



## Soc FPGA



- **SoC FPGA devices integrate both processor and FPGA architectures into a single device. Consequently, they provide higher integration, lower power, smaller board size, and higher bandwidth communication between the processor and FPGA. They also include a rich set of peripherals, on-chip memory, an FPGA-style logic array, and high speed transceivers.**

## ARM Processor

- هو نوع من أنواع المعالجات الدقيقة الذي يتعرف على أعداد محدودة من الأوامر (مجموعة تعليمات بنية الحاسب) ويستخدم هذا المعالج بكثرة في الأجهزة ذات الإمكانيات المحدودة مثل أجهزة الهواتف المحمولة وأجهزة الحاسوب الكفي وأجهزة الألعاب المحمولة والآلات الحاسبة لقدرته على توفير استهلاك الطاقة. ويعمل هذا المعالج في حوالي 75% من معالجات الأجهزة المحدودة الإمكانيات.

## ISA، مجموعة تعليمات العمارة

- إن ISA (Instruct-Set Architecture) هي وصف مجردة لنموذج الكمبيوتر. وهي واجهة خدمة لأجهزة وبرمجيات الكمبيوتر. وهي تحدد المعلومات المطلوبة من قبل مهندس برمجة الأجهزة (مصمم وحدة المعالجة المركزية) للتصميم، بما في ذلك أنواع البيانات المدعومة
- نظام التخزين والسجلات والعمليات المقابلة (العنونة والقراءة والكتابة)
- مجموعة التعليمات وترميز مجموعة التعليمات
- نموذج المدخلات والمخرجات
- قد يختلف أداء المعالج (وحدة المعالجة المركزية) المستند إلى ISA، ولكن رمز التنفيذ المدعوم بواسطة برنامجه متوافق. هناك معماريتان شائعتان لمجموعة التعليمات تشمل CISC (كمبيوتر مجموعة التعليمات المعقدة) و RISC (كمبيوتر مجموعة تعليمات مخفضة).

## وحدة المعالجة المركزية ، وحدة المعالجة المركزية CPU

- تعتمد وحدة المعالجة المركزية (وحدة المعالجة المركزية) على تطبيق معين لأجهزة ISA، وهي تشمل بشكل عام وحدة الإدخال والإخراج ووحدة التحكم ووحدة الحوسبة ووحدة التخزين. على سبيل المثال، Cortex-M3 الذي عادة ما يقوله الجميع هو وحدة معالجة مركزية، ومجموعة التعليمات التي تنفذها هي ARMv7-M. وحدة المعالجة المركزية ل ISA مثل الرسم والجسدية. للمراسلة بين مجموعة تعليمات ARM وسلسلة Cortex-Mx

## SOC (System On Chip)

- لنأخذ عنصر التحكم الرئيسي Mate20 الساخن الأخير Kirin 980 كمثال: Huawei Kirin 980 هو معالج (SOC ، نظام على شريحة) ، والذي يعتمد على البنية الدقيقة ARM Cortex-A76 (وحدة المعالجة المركزية ، وحدة المعالجة المركزية) ، و Cortex-A76 يعتمد على بنية مجموعة التعليمات ARMv8.2-A (ISA ، بنية مجموعة التعليمات) الخاصة بشركة ARM. هنا يمكننا أن نرى أنه من ISA إلى SOC ، فإنه يعتمد على علاقات مثل قطعة أرض إلى مبنى. ISA هي الأساس ، وحدة المعالجة المركزية هي جوهر المعالجة ، و SOC هو النظام.

## SOC ، نظام على رقاقة

- SOC (System On Chip) ، عند استخدام وحدة التحكم الدقيقة ، يتحدث الجميع عادةً عن بعض الموارد ، مثل Flash و RAM و ADC و PWM و AES و Timer وما إلى ذلك. ---- تحتوي على كل ذلك لذلك سميت soc

### System on chip(SOC)

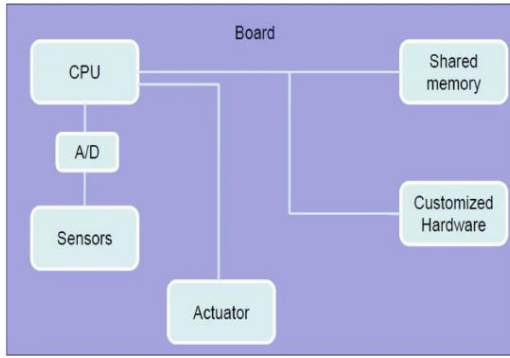
- A SOC has multiple functional units on one piece of silicon, Integrating all components of a computer or other electronic systems into a single integrated circuit (chip).
- Due to advancements in silicon technologies, it is possible to add more functionalities to the processor system on chip like Co-processors, Memories, Internal I/O devices and Interrupt circuit.
- For example, a system-on-a-chip for a sound-detecting device might include an audio receiver, an analog-to-digital converter ( ADC ), a microprocessor, memory, and the input/output logic control for a user all on a single micro-chip.
- Typically application is in the area of embedded systems.



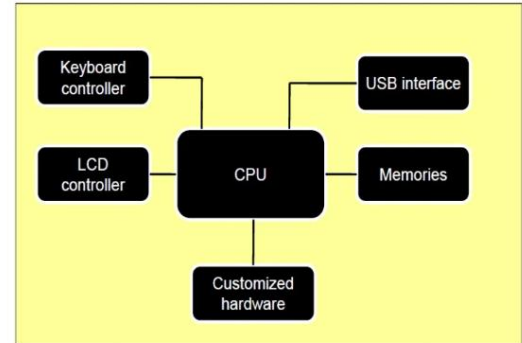


- لذلك، فإن المعالجات التي تعتمد على Cortex-M3 و Cortex-M4 لها ملحقات مختلفة أيضًا، أحد الأسباب هو أن SOC يمكنها اختيار الأجهزة الطرفية المطابقة لوحدة المعالجة المركزية. SOC هو ما نسميه غالبًا وحدة التحكم الدقيقة (MCU)

System on Board



System on chip(SOC)



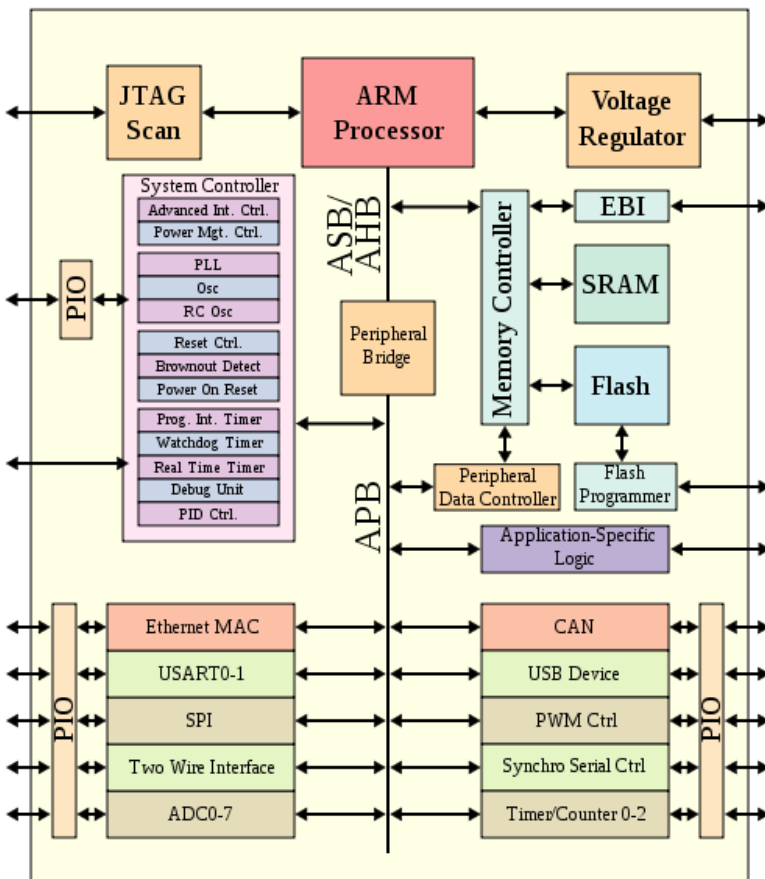
### تكوين SoC

- (1) متحكم دقيق أو معالج دقيق أو معالج DSP أساسي. تسمى بعض SoCs التي تحتوي على أكثر من معالج نواة نظام متعدد المعالجات على الرقاقة (MPSoC).
- (2) وحدة الذاكرة، والتي يمكن أن تكون ROM و RAM و EEPROM وفلاش.
- (3) مصدر الساعة.
- (4) الملحقات، بما في ذلك العدادات.
- (5) واجهات خارجية، مثل USB و FireWire و Ethernet و SPI.
- (6) محول من رقمي إلى تناظري ومحول من تناظري إلى رقمي.
- (7) دائرة إدارة التيار الكهربائي والجهد.

### خصائص SoC:

- ليس الأمر أن الشريحة التي تحتوي على معالج دقيق، وذاكرة، والأجهزة الطرفية الأخرى والدوائر هي شركة نفط الجنوب، تمامًا كما لا يمكننا تسمية 51 حاسوبًا صغيرًا أحادي

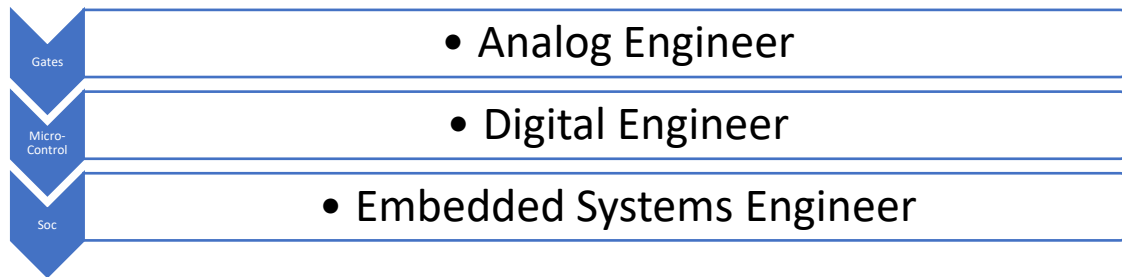
الشريحة بـ SoC. تم تصميم SoC على أساس IP (كتلة دائرة متكاملة كبيرة الحجم للغاية لها وظائف نظام معقدة ويمكن بيعها بشكل مستقل)، والتي يمكن إعادة استخدام جوهر IP لتحقيق غرض التطوير السريع.



نظرًا للتكامل العالي لشريحة SoC والأسلاك القصيرة، فإن استهلاكها للطاقة أقل أيضًا. تدمج SoC شرائح متعددة معًا ولا تحتاج إلى تكوين المزيد من الشرائح بشكل منفصل، مما يمكن أن يقلل بشكل فعال من تكاليف الإنتاج، وبالتالي فإن تكلفة استخدام حلول SoC أقل.

### تطبيق SoC:

- تطبيق SoC واسع جدًا ، والأكثر شيوعًا هو الهواتف الذكية المستخدمة في حياتنا اليومية. على سبيل المثال، معالج Apple A4 عبارة عن SoC يعتمد على بنية معالج ARM، والذي يدمج نواة معالج ARM Cortex-A8 استنادًا إلى عملية 45 نانومتر ونواة معالجة رسومات PowerVR SGX 535. ومع ذلك، في مناطق مثل الخوادم على مستوى المؤسسات و HPC، فإن SoC ليست الخيار الأفضل، ولكن SoC ستشغل سوق وحدة المعالجة المركزية التقليدية في جهاز الحوسبة بأكمله ، مثل الهاتف المحمول (الهواتف المحمولة والأجهزة اللوحية وأجهزة الاستشعار ، وما إلى ذلك) والخوادم منخفضة الجودة والتخزين وغيرها من المعدات.

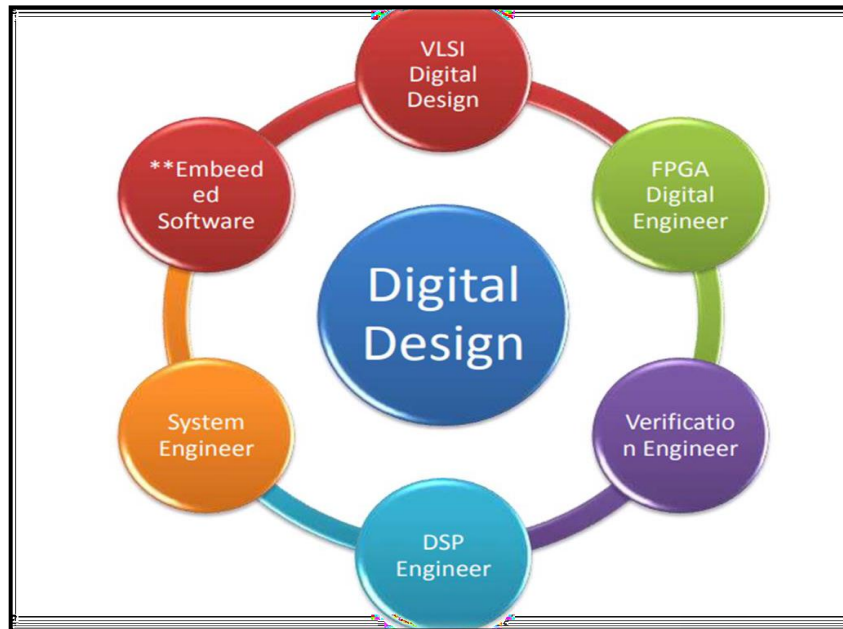


### Types of VLSI Designers

- There are various engineers required at each step of design
- VLSI industry main technical fields
- EDA
- Development Developing EDA tools which will be used for designing chips Companies like Cadence, Mentor Graphics and Synopsys are major players in this domain For People who have strong skills in C, C++, data structure and algorithms
- Semiconductor Research
- Developing next generation technology node. They mainly deal with fab and runs simulations a manufacturing process
- Design
- Logic Designer Designing logic in VHDL, Verilog or any other language Responsible for design digital parts of ASICs, FPGA design Perform logic synthesis (Converting to hardware)
- Physical Design Starts from Synthesis, Placement, Routing, Post Routing optimization, Extraction, PDV (Physical Design Verification) Checks Many sub domains Analog Design Mixed signal design Digital design implementation SRAM or memory cell development

- Verification Engineer provides pseudo inputs and trigger to verify functionality of design, (Remember they don't care about frequency here frequency is going to meet or not is job of Physical Design Engineers) Vera, OVM, VHDL, Verilog languages are used in this domain, IP verification is another area demand these days.
- Manufacturing Working on developing

## Digital Design Engineer



**Network Engineer**  
**Communication Engineer**

## Types of networks

- LANs-local area networks, linking a limited area such as a home, office or a small group of buildings
- MANs-metropolitan area networks, linking a large area such as a campus
- WANs-wide area networks, which link nationally or internationally
- WLAN-wireless local area network
- GANs-global area networks, combining all of the above with satellite mobile communication technologies
- SAN-storage/system/server/small area network
- CAN-campus/controller/cluster area network
- PAN-personal area network
- DAN-desk area network
- VoIP-voice over internet protocol network.

## Embedded systems Introduction

### ماهي الأنظمة المدمجة Embedded systems؟

**بشكل مختصر :** هو نظام يؤدي مهمة معينة يعني عبارة عن ان انت معاك متحكم controller ، المهم المتحكم دا بتكتب كود برمجي عشان يتنفذ عليه ويخليه يؤدي وظيفة معينة (بتنقل الكود من الكمبيوتر للمتحكم عن طريق حاجة اسمها Burner ) ، يعني مثلاً أنت بتكتب كود لميكروكنترولر هيتحط جوا موبايل ، فالكود بيقل للميكروكنترولر ان اول مرة المستخدم يفتح الموبايل في حياته خليه يعمل كلمة سر ، وبعد كده متعملهوش الخطوة دي وخليه اما يفتح الموبايل يظهرله انه يدخل كلمة السر السابقة علي طول.

نروح مثلاً للغسالة جواها متحكم متبرمج بحيث يخليك تنتقل للأوضاع المختلفة للغسالة ، اما تدوس علي زرار كذا تعمل كذا وو، مثلاً في البيت في نظام اطفاء حرائق فانت عامل نظام صغير مبرمج عليه كود يخلي المستخدم معاه ريموت مثلاً ، ولو داس علي زرار معين نظام الحرائق يشتغل ، مثلاً التكييف انت عامل نظام صغير مدمج جواه بحيث اما تدوس علي زرار تعلقه الدرجة ، يقوم النظام يدي امر بحاجة معينة في التكييف يخليه يرفع درجة الحرارة الدرجة الي انت عايزها ..

يعني نقدر نقول **كمبيوتر صغير** متنفذ عليه كود سوفت وير بحيث يخليه يؤدي مهمة معينة او عدد من المهمات المعينة ، بس فيه فرق بين الكمبيوتر العادي والنظام المدمج ان الكمبيوتر بيمكن المستخدم يعمل اي حاجة انما **النظام المدمج** هو حاجة متبرمجة انها تقوم بمهمة محددة او عدد من المهمات المحددة ، بس خلي بالك النظام الي انت بتعمله دا اسمه نظام **مدمج (Embedded)** ، لانه عادة مبيكنش مرئي قدامك لانك بعد ما بتبرمج عليه الكود بتحطه جوا منتج ، زي مثلاً النظام الي في الغسالة او التكييف وهكذا.

- An embedded system is a special-purpose computer system designed to perform one or a few dedicated functions, often with real-time computing constraints.
- It is usually embedded as part of a complete device including hardware and mechanical parts.
- In contrast, a general-purpose computer, such as a personal computer, can do many different tasks depending on programming.
- Embedded systems control many of the common devices in use today
- الأنظمة المضمنة (المدمجة) في أنظمة الحواسيب هي أنظمة تدمج ما بين وحدة المعالجة المركزية وذاكرة الحاسوب، بالإضافة لوحدات الإدخال والإخراج الطرفية التي تملك وظيفة محددة بنظام ميكانيكي أو كهربائي أكبر. ويكون النظام المدمج جزءاً من الجهاز الكامل الذي يتضمن عادةً أجهزة كهربائية أو إلكترونية وأجزاء ميكانيكية. بسبب كون الأنظمة المدمجة عادة ما تتحكم بالعمليات الفيزيائية للآلة التي تكون مدمجة به، وتكون غالباً تعالج بالزمن الحقيقي، تتحكم الأنظمة المضمنة في العديد من الأجهزة الشائعة الاستخدام اليوم. هي أنظمة لمعالجة المعلومات وتكون مضمنة في منتج أكبر وهي عادة ما تكون غير مرئية مباشرة للمستخدم، ويكون الهدف الأساسي من شراء المنتج، ليس الأنظمة المدمجة بحد ذاتها، بل المنتج الذي يحوي تلك الأنظمة والوظائف التي تقوم بها، والأنظمة المدمجة هي معالجات ما بعد الحواسيب الشخصية، إذ أن معالجة المعطيات لم يعد مقتصرًا على أجهزة الحاسوب ذات الوظائف العامة (General purpose systems)، بل أصبح جزء أساسي من طيف واسع من الأجهزة بحيث أصبحت تلك الأنظمة متخصصة بالقيام بوظيفة

- محددة، أمثلة على أنظمة المدمجة تشمل أنظمة معالجة المعلومات في أجهزة الاتصالات السلكية واللاسلكية، نظم النقل والمعدات في تصنيع الإلكترونيات الاستهلاكية.
- والأنظمة المدمجة مصممة لأغراض محددة، كالتحكم أو الاتصال أو التخاطب مع المستخدم من خلال واجهة تخاطبيه، وغالبا ما تقوم بوظيفتها بالزمن الحقيقي، وهي غالبا ما تكون جزء من منظومة أكبر (قد تشمل عناصر ميكانيكية والكيان الصلب hardware)
- يجتمع فيها الكيان الصلب HW مع العتاد البرمجي SW في بيئة واحدة ليحققوا التكامل المطلوب حيث يقود فيها العتاد البرمجي العتاد الصلب من أجل تنفيذ المهمة أو المهمات المطلوبة منه. وباختصار هي (أجهزة حاسوبية لأغراض خاصة ومحدودة بدقة عالية)، بخلاف الحواسيب التي هي أجهزة كمبيوتر لأغراض عامة. وتعرف أيضا بـ الأنظمة المتضمنة أو الأنظمة المضمنة.
- تحوي جميع الأنظمة المدمجة على نواة أو نوى تقوم بعملية المعالجة، قد تكون متحكم صغري أو معالجات الإشارة الرقمية digital signal processors ويعتبر الجزء الأهم من المكونات الفيزيائية للأنظمة المدمجة
- الأنظمة المدمجة هي أنظمة مصممة خصيصا للقيام بمهمة أو مهام محددة، لذلك فمن المتاح للمصممين أن يمثلوا (optimize) الأنظمة المدمجة بجعلها أصغر ما يمكن، لا تستهلك الكثير من القدرة، وتقوم بوظيفتها بوثوقية عالية.

Comparison	
Embedded Systems	General Purpose Systems
<ul style="list-style-type: none"> <li>Perform <b>ONLY</b> Few applications that are known at design-time (i.e. special purpose).</li> <li>Not programmable by end user.</li> <li>Fixed run-time requirements (additional computing power not useful).</li> <li>Criteria <ul style="list-style-type: none"> <li>Cost</li> <li>Power consumption</li> <li>Deterministic behavior</li> <li>Meeting time bounds</li> <li>Size</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Computing a lot of applications (i.e. general purpose).</li> <li>Programmable by end user</li> <li>Faster is better</li> <li>Criteria <ul style="list-style-type: none"> <li>Cost</li> <li>Average speed</li> </ul> </li> </ul>

تتسم الأنظمة المدمجة بسمات رئيسة يمكن الاعتماد عليها:

- الوثوقية: هي احتمالية عدم فشل النظام في القيام بالوظيفة الموكلة إليه.
- قابلية الصيانة: وهي تمكّنك من استعادة النظام إلى العمل، بعد حصول عطل خلال وقت قصير.

- الإتاحة: هي احتمالية أن النظام متاح في لحظة زمنية ما، ولتحقيق إتاحة عالية، يجب أن يكون كل من الوثوقية وقابلية الصيانة عاليتين.
- الأمان: أي أن فشل النظام لن يسبب أذى.
- أمن المعطيات: يكفل النظام بقاء المعلومات السرية آمنة، كما أن النظام يضمن أي نوع من الاتصالات التي بحاجة إلى تأكيد هوية.

### هي أنظمة فعالة:

- فعالة من حيث الكلفة.
- فعالة من حيث الوزن: إذ يجب أن تكون أخف ما يمكن.
- فعالة من حيث الطاقة: يجب أن تستهلك أقل قدر ممكن من الطاقة مع ضمان قيامها بوظيفتها بالشكل المطلوب.
- فعالة من حيث حجم كود البرنامج: كل التعليمات التي ستنفذ في النظام، يجب أن تكون مخزنة ضمن النظام، والأنظمة المدمجة عادة لا تحوي قرصاً صلباً.
- فعالة من حيث العمل في الزمن الحقيقي: المقصود بعبارة «العمل بالزمن الحقيقي» هو أن النظام لا يحتمل أي تأخير أي أن النظام يستجيب فوراً لأي تغير يحدث بالبيئة المحيطة بعمل مقابل لهذا التغير دون أي تأخير زمني.
- هي أنظمة تقوم بعملها خلال الزمن المحدد لإنهاء العمل.
- هي أنظمة تقوم بوظيفة محددة، أي لا تقوم بوظائف متنوعة.
- وهي أنظمة لا تستخدم - بشكل عام - وحدات التخاطب المألوفة في الحواسيب كالفأرة ولوحة الكتابة والشاشة، بل تستخدم الأزرار ودواليب تحكم وغيرها، ولذلك لا يلاحظ المستخدم وجود أي نمط للمعالجة المعطيات، ولهذا السبب، تسمى هذه الأنظمة أحياناً بالحواسيب الداخلية.
- هي أنظمة هجينة في أغلب الحالات: أي أنها تحوي أجزاء تماثلية وأجزاء رقمية، الأولى تستخدم قيم معطيات تماثلية والثانية قيم معطيات رقمية (متقطعة).
- الأنظمة المدمجة عادة ما تكون أنظمة تفاعلية: بمعنى أنها تتفاعل مع البيئة، فتبقى مستعدة لاستقبال أي معطيات جديدة من البيئة ومعالجتها ومن ثم توليد خرج مناسب، حسب البرنامج الذي زودت به، فهي دائماً في حالة تفاعل مستمر مع البيئة بوتيرة تحددها تلك البيئة.

### استخدامات الأنظمة المدمجة، غالباً ما تجد الأنظمة المدمجة في:

- في المعامل والمصانع في دارات التحكم بالروبوتات وفي المصانع النووية
- في الشوارع والطرق كدارات المراقبة ودارات تنظيم المرور
- في الأجهزة المنزلية كالغسالات، والميكروويف وأجهزة الديجيتال
- أجهزة الهواتف النقالة أو الـ PDA
- أجهزة الإنترنت المحمول والثابت
- المعدات العسكرية مثل أجهزة التحكم بالصواريخ
- أجهزة الاتصالات الحديثة مثل الأقمار الصناعية
- الأجهزة الطبية باختلاف أنواعها

### منهجية التصميم



- وضع خوارزمية للتصميم
- فهم الخوارزمية يتيح لنا التأكد من عدم إهمال أي شيء أساسي في التصميم.
- اختبار التصميم من خلال أدوات محاكاة ونمذجة برمجية قبل الشروع في تطبيقه.

وهناك إجمالاً طريقتين للتصميم:

- من الأعلى للأسفل: البدء من توصيف مجرد للنظام ومن ثم الانتقال إلى التفصيل شيئاً فشيئاً.
- من الأسفل للأعلى: البدء أولاً بالمكونات البالغة الصغر ومن ثم الانتقال إلى المكونات الأكبر.
- في الواقع نعتمد خليط من الطريقتين حسب الحاجة وما يراه المصمم مناسباً.

## Embedded Systems Design

### ▪ Embedded Systems Design Steps

1. Modeling via any modeling language (System C or even Matlab)
2. HW/SW partitioning (Determine which blocks must be H/W & which may be S/W)
3. Global Design of the S/W part
4. Unit Design of the S/W part
5. Coding.
6. Unit Testing.
7. Integration Testing.
8. Verification and Validation.
9. Maintaining.

### أهداف التصميم

- التأكد من قيام البرنامج بوظيفته، ومن عمل لوحات التخاطب بشكل صحيح.
- التأكد من الأداء الجيد للنظام كزمن التنفيذ والسرعة.
- تكاليف التصنيع.
- استهلاك القدرة.
- كيف يتم تصنيع النظام المضمن: مراحل التصنيع
- تحديد مواصفات النظام مواصفة
- تشكيل النماذج والوحدات Modeling
- التصميم المبدئي وتقسيم الوظائف Design Space Exploration And Partitioning
- مرحلة التجميع وتحسين الأداء synthesis and optimization
- مرحلة التحقق والإثبات Validations



- مرحلة التنفيذ: Implementations

### تحديد مواصفات النظام Specifications

- وتتضمن تحديد الوظائف والمهام المطلوبة من النظام مع وصف واضح ودقيق لكل وظيفة بشكل بعيد عن الغموض، ولا ينبغي أن يفرض شيئاً من حيث آلية تنفيذ تلك الوظائف أو المهام. كما يجب أن يتضمن التوصيف ذكراً لكل الشروط الوظيفية والغير الوظيفية المفروض توافرها في ذلك النظام.

### تشكيل النماذج والوحدات Modeling

- هي عملية التصور والتخيل للنظام مع إعادة ترتيب للمرحلة الأولى وفيها يتم إنشاء نموذج الكيان الصلب ونموذج الكيان البرمجي

### التصميم المبدئي وتقسيم الوظائف Design Space Exploration And Partitioning

- ولها أسلوبين
- Homogeneous: وفيها يتم تقسيم الوظائف من قبل مصمم النظام
- Heterogeneous: وفيها يتم تقسيم الوظائف في المرحلة السابقة عند تشكيل النماذج

### مرحلة التجميع وتحسين الأداء synthesis and optimization

- وفيها يتم تجميع الوظائف مع بعضها البعض ليتم اختبارها في المرحلة اللاحقة كما يتم فيها عملية تحسين للتصميم بشكل عام

### مرحلة التحقق والإثبات Validations

- وفيها يتم اختبار التصميم عن طريق إحدى بيئات المحاكاة وذلك للتأكد من سلامة التصميم والتأكد من أن النظام يقوم بالوظائف المطلوبة منه كاملة.

### مرحلة التنفيذ: Implementations

- وهي المرحلة الأخيرة من مراحل تصنيع الأنظمة المضمنة وفيها يتم بناء النظام بشكله الأخير ثم يختبر بشكل عملي قبل طرحه في الأسواق

### ماذا تحتوي الأنظمة المضمنة؟

- وحدات المعالجة المركزية
- وحدات تخزين للمعلومات
- وحدات توقيت وعد
- وحدات التحويل من الإشارات التشابهية إلى الإشارات الرقمية
- وحدات إظهار للنتائج
- وحدات إرسال واستقبال معلومات

### وحدات المعالجة المركزية وتقسّم إلى ثلاثة أقسام

### أولاً: معالجات وحيدة الهدف:

- وهي عبارة عن دائرة رقمية مصممة لتنفيذ برنامج واحد محدد خصائصها:
- تحتوي فقط على العناصر التي نحتاجها لتنفيذ البرنامج
- لا يوجد فيها ذاكرة

فوائدها:

- السرعة في الأداء
- الطاقة المنخفضة
- الحجم الصغير

### ثانياً: معالجات التطبيقات الخاصة:

- وهي عبارة عن معالجات قابلة للبرمجة تم تصميمها وتصنيعها من أجل تنفيذ مجموعة محددة من التطبيقات في حالاتها العامة فهي مزيج بين نوعين من المعالجات النوع الأول الذي رأيناه النوع الثالث الذي سنراه خصائصها:
- تمتلك ذاكرة برامج
- خط معطيات محسن: Optimized Databath
- وحدات وظائف محددة

فوائدها:

- مرنة نوعاً ما
- أداء جيد
- الحجم الصغير وطاقة منخفضة

### ثالثاً: معالجات الأهداف العامة:

- وهي عبارة عن معالجات قابلة للبرمجة تستخدم وتصنيعها من أجل تنفيذ تطبيقات مختلفة وتعرف بالمعالجات الصغيرة خصائصها:
- تمتلك ذاكرة برامج
- خط معطيات عام بالإضافة إلى وجود عدد كبير من المسجلات العامة ووجود وحدة حساب ومنطق عامة أيضاً

فوائدها:

- إنتاجها سريع وتكلفة إنتاجها منخفضة
- مرنة بشكل كبير
- وكمثال عليها معالجات البنتيوم من شركة انتل

### وحدات التوقيت والعد:

- وتشمل كافة أنواع العدادات والمؤقتان ويتم استخدامها في الأنظمة المضمنة من أجل تحقيق التزامن في عمل معين

### وحدات التحويل من الإشارات التشابهية إلى الإشارات الرقمية والرقمية إلى تشابهية:

- وهي من أهم الوحدات التي تتواجد في الأنظمة المضمنة فيها تقوم بتحويل الإشارات التشابهية إلى رقمية وبالعكس وذلك حسب متطلبات الدارات الموضوعة في النظام الرقمي

### وحدات الخرج والدخل:

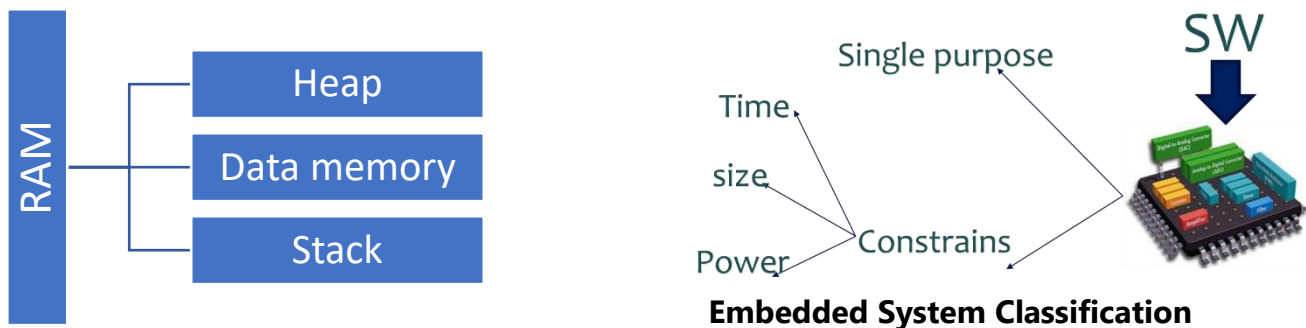
- وحدات الخرج لإظهار النتائج والرسائل وكذلك للإعلام بحالات النظام ومن أهم هذه الدارات شاشات الإظهار الكريستالية. لوحات السبع قطع. الليدات وحدات الدخل تستعمل لادخال المعطيات مثل لوحات المفاتيح والحساسات وغيرها

### وحدات إرسال واستقبال المعلومات:

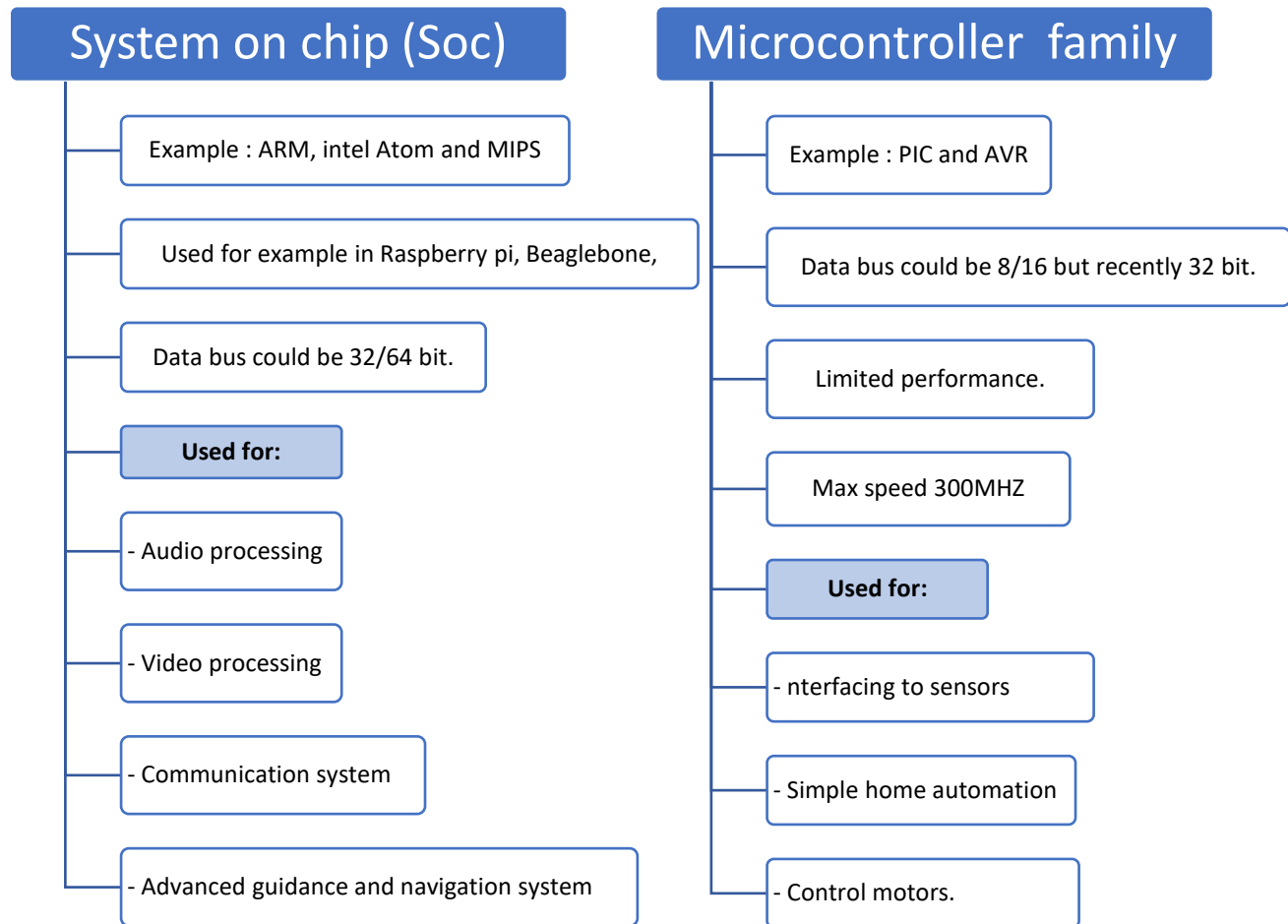
- ازدادت أهمية هذه العناصر خاصة في الآونة الأخيرة حيث أصبح العالم بأكمله يتجه نحو التقنيات اللاسلكية ومن أهم هذه الدارات مرسلات ومستقبلات البلوتوث ومرسلات ومستقبلات الإشارات الراديوية
- الفرق بين الحاسب الآلي وال Embedded systems هو وجود Constraints داخل ال Embedded systems
- أي يجب ان يكون ال power اقل ما يمكن لأننا نتعامل مع micro chip أي scale صغير ان دخل عليه power على سيحترق
- ال size يجب ان يكون اصغر ما يمكن
- هناك قيود عند كتابة الكود البرمجي لل chip حيث انها صغيرة الحجم:

- قيد المساحة flash memory
- قيد ال RAM
- قيد الوقت time حيث لا يسمح بالتأخير فيها

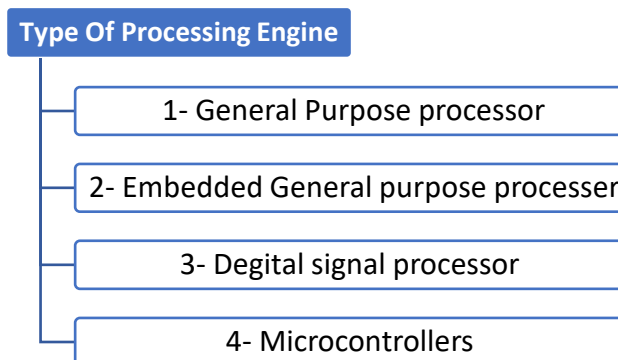
لذلك هناك دائما constraints عند كتابة الكود في ال Embedded systems تفرق بينها بين ال computers



There are two main families of embedded system platform



### Type Of Processing Engine



## 2.Embedded General Purpose Processor

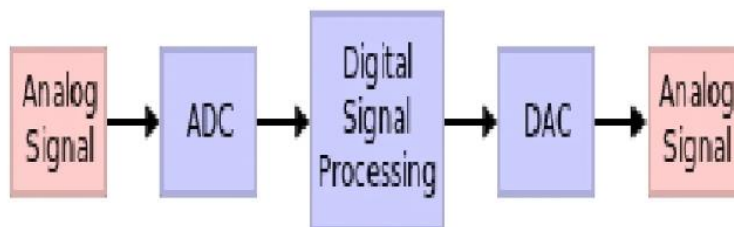
- 16/32-bit data path.
- Designed for a wide range of applications (consumer and communication).
- Limited functionality depending on the application.
- Not Flashable the program memory is external and have CASH memory and MMU.
- Usually integrated into larger dedicated systems in a SOC (System on Chip), also called core-based ASIC.
- Have main peripherals Like Timers, Ethernet, USB and GPIO
- ARM has seized the lion's share of the market.

## 1.General Purpose Processor

- CPU = ALU + Registers + Control unit
- 32 or 64-bit data path.
- Modern Processors have:
  - Advanced cache logic.
  - Built-in math co-processor capable of performing fast floating-point operations(FPU).
  - A built-in memory management unit (MMU) to provide memory protection and virtual memory for multitasking-capable.
  - Interfaces to support a variety of external peripheral devices because Microprocessor alone is useless.
  - Complex in design because these processors provide a full scale of features and a wide spectrum of functionalities.
  - These processors result in large power consumption, heat production, and large size.
  - Intel X86, Intel Pentium , AMD, PowerPC and SPARC.

## 3.Digital Signal Processor

- Like microprocessor but focus on very efficient execution of arithmetic operations.
- Digital signal processing algorithms typically require a large number of mathematical operations to be performed quickly and repeatedly on a series of data samples. Signals (perhaps from audio or video sensors) are constantly converted from analog to digital, manipulated digitally by DSP processor, and then converted back to analog form.
- Used widely in digital signal processing in communication systems such as Cell phones, Image and video processing.
- Even though DSPs are incredibly fast and powerful embedded processors,
- Examples: TI (Texas Instruments), Motorola.
- TI has been the dominant player in the DSP market for several years.



## Microcontroller

### 4. Microcontrollers

- Microcontroller = CPU + Memory + Peripherals.
- Microcontrollers are often referred to as single chip devices or single chip computers in a small size that its resources are more limited than those of a desktop personal computer.
- Included memories (RAM, ROM), I/O Ports, buses and peripherals depending on the application designed for (ADC, Timers, USART, I2C , SPI and ..).
- The workhorse of industrial electronics.
- Designed for standalone operation.
- Include a processing unit of 8-bit, 16-bit or 32-bit.

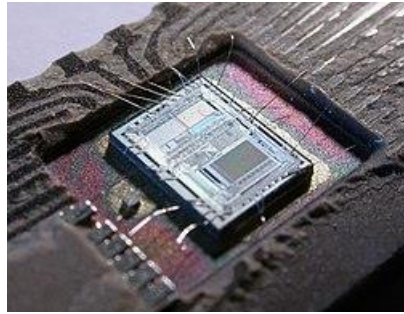
- هو حاسوب مصغر على الدوائر المتكاملة لموسفت. ويسمى حديثاً منظومة على رقاقة، ويحتوي على نواة معالج وذاكرة ووحدات الإدخال والإخراج قابلة للبرمجة. تستخدم المتحكمات الدقيقة للتطبيقات المدمجة على العكس من المعالجات المصغرة المستخدمة في الحاسوب الشخصي أو التطبيقات العامة الأخرى المؤلفة من عدة شرائح منفصلة. من استخداماته التحكم في عمليات صناعية أو متغير.
- يستخدم في العادة للقيام بمهمة محددة مثل التحكم في إشارة ضوئية وغيرها، عكس المعالج الدقيق الذي يتميز بقدرته على القيام بمهام متعددة. تعمل المتحكمات الدقيقة في الغالب وفق معمارية هارفرد. فيما يلي أبرز مكونات المتحكم الدقيق:
- وحدة معالجة مركزية وتتراوح ما بين 8 إلى 32 وحتى إلى 64 بت
- وحدات الإدخال والإخراج
- الملحقات كالمؤقتات/العدادات، الراصد (watchdog)
- ذواكر الوصول العشوائي لتخزين البيانات
- ذواكر للقراءة فقط، ذاكرة للقراءة فقط قابلة للمحو والبرمجة كهربائياً، ذاكرة وميضية
- مولد نبضات
- يمكن رؤية المتحكمات الدقيقة في كثير من الأجهزة الإلكترونية بدءاً من الألعاب الصغيرة وحتى المصانع المؤتمنة، فهي تسيطر على معظم سوق تطبيقات المعالجات. أكثر من 50% من المتحكمات الدقيقة من النوع «البسيط» وحوالي 20% منها عبارة عن معالجات إشارات رقمية عالية التعقيد (DSPs).
- بعض السيارات تحتوي على ما يزيد عن 50 وحدة من هذه المتحكمات.
- يحتوي المتحكم الدقيق على معالج دقيق والعديد من الإضافات الأخرى التي تؤدي وظائف خاصة، فإذا كنت تود بناء نظام إلكتروني بسيط باستخدام أكثر من وحدة من المتحكمات الدقيقة الاستغناء عن الكثير من العتاد.

## لتصميم المضمن

- يمكن اعتبار المتحكم الدقيق نظامًا قائمًا بذاته مع معالج وذاكرة وملحقات ويمكن استخدامه كنظام مضمن.
- معظم المتحكمات الدقيقة الآن مضمنة داخل أجهزة أخرى غير الحاسوب مثل: السيارات والجوالات والطرفيات وغيرهم.
- في حين أن بعض الأنظمة المضمنة معقدة للغاية إلا أن العديد منها يتطلب الحد الأدنى من متطلبات الذاكرة وطول البرنامج، مع عدم وجود نظام تشغيل، وسهولة البرامج. بشكل طبيعي الأنظمة المضمنة تحتوي على مفاتيح غلق وفتح، مرحلات، شاشات كريستال صغيرة، ملفات، أجهزة تردد الراديو ومجسات للبيانات مثل: مجسات الحرارة، الرطوبة ومستوى الضوء وغيرهم. عادة الأنظمة المضمنة لا تحتوي على لوحة مفاتيح، شاشة عرض، طابعات أو أي أجهزة إدخال وإخراج يمكن التعرف عليها بالحاسوب الشخصي وقد تفتقر إلى أي أجهزة من أي نوع لتفاعل الإنسان معها غير أنها تشترك في وجود المتحكم الدقيق في دوائرها.

## بيئة البرمجة

- كانت المتحكمات الدقيقة في الأساس تبرمج فقط باللغة التجميعية، ولكن لغات البرمجة ذات المستوى العالي مثل سي وبايثون وجافا سكريبت، تستخدم الآن بشكل شائع في برمجة المتحكمات الدقيقة والأنظمة المضمنة



## يتصل Microcontroller ب:

- Flash memory
- Bus
- GPIO (المتحكم في المدخلات والمخرجات)
- RAM

## General-purpose input/output (GPIO)

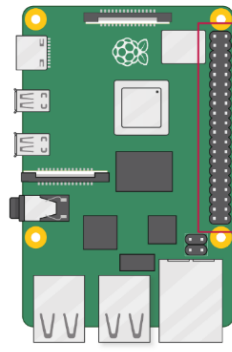
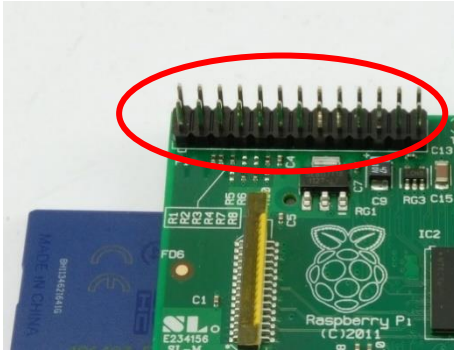
- الإدخال / الإخراج للأغراض العامة هو دبوس إشارة رقمية غير ملتزم به موجود على دائرة متكاملة أو لوحة دائرة إلكترونية يمكن استخدامه كمدخل أو إخراج أو كليهما ، ويمكن التحكم فيه بواسطة البرنامج. GPIOs ليس لها غرض محدد سلفاً وغير مستخدمة بشكل افتراضي.

## مقدمة GPIO

- GPIO هو اختصار لمنفذ الإدخال والإخراج للأغراض العامة. باختصار ، إنه الدبوس الذي يمكن التحكم فيه بواسطة STM32. يتم توصيل دبوس GPIO لشريحة STM32 بمعدات خارجية ، وذلك لتحقيق وظائف الاتصال الخارجي والتحكم وجمع البيانات. تنقسم GPIOs لرقائق STM32 إلى عدة مجموعات ، ولكل مجموعة 16 دبابيس. على سبيل المثال ، يحتوي طراز الرقاقة STM32F4IGT6 على GPIOA ، GPIOB ، GPIOC إلى GPIOI ، ما مجموعه 9 مجموعات من GPIO ، تحتوي الرقاقة على 176 دبابيس ، منها GPIO لواحد بالنسبة للجزء الأكبر ، تحتوي جميع دبابيس GPIO على وظائف الإدخال والإخراج الأساسية.
- تتمثل وظيفة الإخراج الأساسية في أن دبوس التحكم STM32 ينتج مستويات عالية ومنخفضة لتحقيق التحكم في التبديل. إذا كان دبوس GPIO متصلاً بمصباح LED ، فيمكن تشغيل وإيقاف ضوء LED ، ويتم توصيل



- الدبوس بالمرحل أو الترانزستور ، ثم يمكنك التحكم في تشغيل وإيقاف الدائرة الخارجية عالية الطاقة من خلال التابع أو الترانزستور.
- تتمثل وظيفة الإدخال الأساسية في الكشف عن مستوى الإدخال الخارجي، مثل توصيل دبوس GPIO بالمفتاح ، وتمييز ما إذا كان المفتاح يتم الضغط عليه بواسطة المستوى.
- أرجل تستخدم كمخارج أو مداخل تعرف إختصارًا بـ (GPIO) للتواصل مع القطع الإلكترونية الأخرى مثل الحساسات



3V3 power	1	2	5V power
GPIO 2 (SDA)	3	4	5V power
GPIO 3 (SCL)	5	6	Ground
GPIO 4 (GPCLK0)	7	8	GPIO 14 (TXD)
Ground	9	10	GPIO 15 (RXD)
GPIO 17	11	12	GPIO 18 (PCM_CLK)
GPIO 27	13	14	Ground
GPIO 22	15	16	GPIO 23
3V3 power	17	18	GPIO 24
GPIO 10 (MOSI)	19	20	Ground
GPIO 9 (MISO)	21	22	GPIO 25
GPIO 11 (SCLK)	23	24	GPIO 8 (CE0)
Ground	25	26	GPIO 7 (CE1)
GPIO 0 (ID_SD)	27	28	GPIO 1 (ID_SC)
GPIO 5	29	30	Ground
GPIO 6	31	32	GPIO 12 (PWM0)
GPIO 13 (PWM1)	33	34	Ground
GPIO 19 (PCM_FS)	35	36	GPIO 16
GPIO 26	37	38	GPIO 20 (PCM_DIN)
Ground	39	40	GPIO 21 (PCM_DOUT)

### ال GPIO تحتوي على أنواع اتصال مختلفة كالتالي:

- GPIO حقيقي
- I2C
- SPI
- الاتصال التسلسلي Rx و Tx
- بالإضافة إلى أن بعض الأرجل من الممكن أن تستخدم كـ PWM-Pulse Width Modulation للتحكم بالطاقة وكذلك من الممكن أن تستخدم كـ PPM-Pulse Position Modulation للتحكم بالمحرك.

### إ و امر GPIO

```

1
2 void GPIO_DeInit(GPIO_TypeDef* GPIOx);
3 void GPIO_AFIODeInit(void);
4 void GPIO_Init(GPIO_TypeDef* GPIOx, GPIO_InitTypeDef* GPIO_InitStruct);
5 void GPIO_StructInit(GPIO_InitTypeDef* GPIO_InitStruct);
6 uint8_t GPIO_ReadInputDataBit(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t GPIO_Pin);
7 uint16_t GPIO_ReadInputData(GPIO_TypeDef* GPIOx);
8 uint8_t GPIO_ReadOutputDataBit(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t GPIO_Pin);
9 uint16_t GPIO_ReadOutputData(GPIO_TypeDef* GPIOx);
10 void GPIO_SetBits(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t GPIO_Pin);
11 void GPIO_ResetBits(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t GPIO_Pin);
12 void GPIO_WriteBit(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t GPIO_Pin, BitAction BitVal);
13 void GPIO_Write(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t PortVal);
14 void GPIO_PinLockConfig(GPIO_TypeDef* GPIOx, uint16_t GPIO_Pin);
15 void GPIO_EventOutputConfig(uint8_t GPIO_PortSource, uint8_t GPIO_PinSource);
16 void GPIO_EventOutputCmd(FunctionalState NewState);
17 void GPIO_PinRemapConfig(uint32_t GPIO_Remap, FunctionalState NewState);
18 void GPIO_EXTILineConfig(uint8_t GPIO_PortSource, uint8_t GPIO_PinSource);
19 void GPIO_ETH_MediaInterfaceConfig(uint32_t GPIO_ETH_MediaInterface);

```

### System on chip (Soc)



- هو microcontroller لكن high performance
- منظومة على رقاقة (بالإنجليزية: SoC System-on-a-chip) وهي تعني ضم جميع أنظمة الحاسوب أو نظام إلكتروني على دائرة متكاملة واحدة. والتي قد تحوي معالج إشارات رقمية وتماثلية وممزوجة وموجات الراديو في رقاقة وحدة. وتستخدم غالبًا في الأنظمة المضمنة. وتختلف عن المتحكمات الدقيقة في إمكانية تشغيل إصدارات نظم تشغيل مثل لينكس وويندوز التي تحتاج رقاقة ذاكرة خارجية.

#### أنواعه:

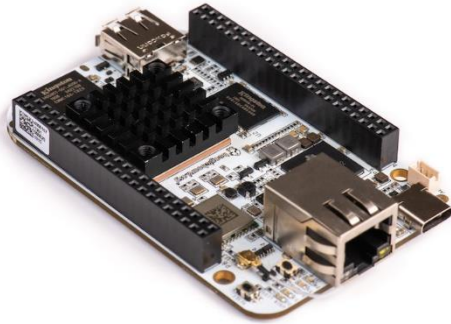
- Single
- Quad
- Octa
- Duel

## Examples of SOC Raspberry Pi



العائلة	الموديل	عامل التكوين	اينترنت	لاسلكي	GPIO	إصداره في	توقف
راسبيري باي	B	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	لا	pin-26	2012	نعم
راسبيري باي	A	قياسي <sup>[1]</sup>	لا	لا	pin-26	2013	نعم
راسبيري باي	+A	مدمج <sup>[ب]</sup>	لا	لا	pin-40	2014	
راسبيري باي	+B	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	لا	pin-40	2014	
راسبيري باي 0	Zero	Zero <sup>[ج]</sup>	لا	لا	pin-40	2015	
راسبيري باي 2	B	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	لا	pin-40	2015	
راسبيري باي 3	B	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	نعم	pin-40	2016	
راسبيري باي 0	W/WH	Zero <sup>[ج]</sup>	لا	نعم	pin-40	2017	
راسبيري باي 3	+A	مدمج <sup>[ب]</sup>	لا	نعم	pin-40	2018	
راسبيري باي 3	+B	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	نعم	pin-40	2018	
راسبيري باي 4	B (1 GiB)	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	نعم	pin-40	2019 <sup>[8]</sup>	Yes <sup>[9]</sup>
راسبيري باي 4	B (2 GiB)	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	نعم	pin-40	2019 <sup>[8]</sup>	
راسبيري باي 4	B (4 GiB)	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	نعم	pin-40	2019 <sup>[8]</sup>	
راسبيري باي 4	B (8 GiB)	قياسي <sup>[1]</sup>	نعم	نعم	pin-40	2020	

## BeagleBone



	BeagleBoard.org BeagleBone Black	SeedStudio BeagleBone Green	SanCloud BeagleBone Enhanced	BeagleBoard.org BeagleBone AI
Processor	AM3358 ARM Cortex-A8	AM3358 ARM Cortex-A8	AM3358 ARM Cortex-A8	AM5729 2x ARM Cortex-A15
Maximum Processor Speed	1GHz	1GHz	1GHz	1.5GHz
Co- processors	2x200-MHz PRUs, ARM Cortex-M3, SGX PowerVR	2x200-MHz PRUs, ARM Cortex-M3, SGX PowerVR	2x200-MHz PRUs, ARM Cortex-M3, SGX PowerVR	4x200-MHz PRUs, 2x ARM Cortex-M4, 2x SGX PowerVR, 2x HD video
Analog Pins	7 (1.8V)	7 (1.8V)	7 (1.8V)	7 (3.3V)
Digital Pins	65 (3.3V)	65 (3.3V)	65 (3.3V)	72 (3.3V) (7 shared with analog)
Memory	512MB DDR3 (800MHz x 16), 2GB (4GB on Rev C) on-board storage using eMMC, microSD card slot	512MB DDR3 (800MHz x 16), 4GB on-board storage using eMMC, microSD card slot	1GB DDR3 (800MHz x 16), 4GB on-board storage using eMMC, microSD card slot	1GB DDR3 (2x 512Mx16, dual- channel), 16GB on-board storage using eMMC, microSD card slot
USB	mini-AB USB 2.0 client port, Type-A USB 2.0 host port	micro-AB USB 2.0 client port, Type-A USB 2.0 host port	mini-AB USB 2.0 client port, 2x Type-A USB 2.0 host ports, 2x pin header USB 2.0 host ports	Type-C USB 3.0 5Gbps Host/Client port, Type-A USB 2.0 host port
Network	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet	Gigabit Ethernet, 2.4GHz WiFi, Bluetooth, BLE	Gigabit Ethernet, 2.4/5GHz WiFi, Bluetooth, BLE
Video	microHDMI, cape add-ons	cape add-ons	microHDMI, cape add-ons	microHDMI, cape add-ons
Audio	microHDMI, cape add-ons	cape add-ons	microHDMI, Bluetooth, cape add-ons	microHDMI, Bluetooth, cape add-ons
Supported Interfaces	4x UART, 12x PWM/Timers, LCD, GPMC, MMC1, 2x SPI, 2x I2C, A/D Converter, 2x CAN Bus (w/o PHY)	4x UART, 12x PWM/Timers, LCD, GPMC, MMC1, 2x SPI, 2x I2C, A/D Converter, 2x CAN Bus (w/o PHY) 2 Grove (I2C, UART)	4x UART, 12x PWM/Timers, LCD, GPMC, MMC1, 2x SPI, 2x I2C, A/D Converter, 2x CAN Bus (w/o PHY)	4x UART, 12x PWM/Timers, 2x SPI, 2x I2C, 7x A/D converter, CAN bus (w/o PHY), LCD, 3x quadrature encoder, SD/MMC
On-board Sensors	n/a	n/a	Barometer, Accelerometer, Gyro, Temperature	on-die temperature
MSRP	\$49	\$39	\$69	\$99

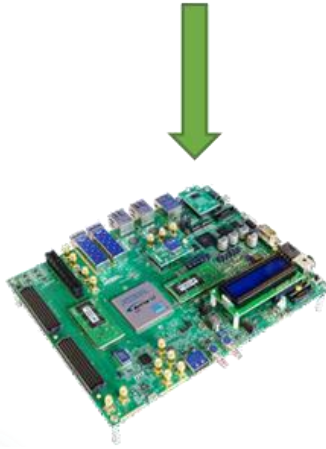
## Defections

### Bare metal software (SW)

```
Int main ()  
{  
While (1)  
{  
}  
}
```

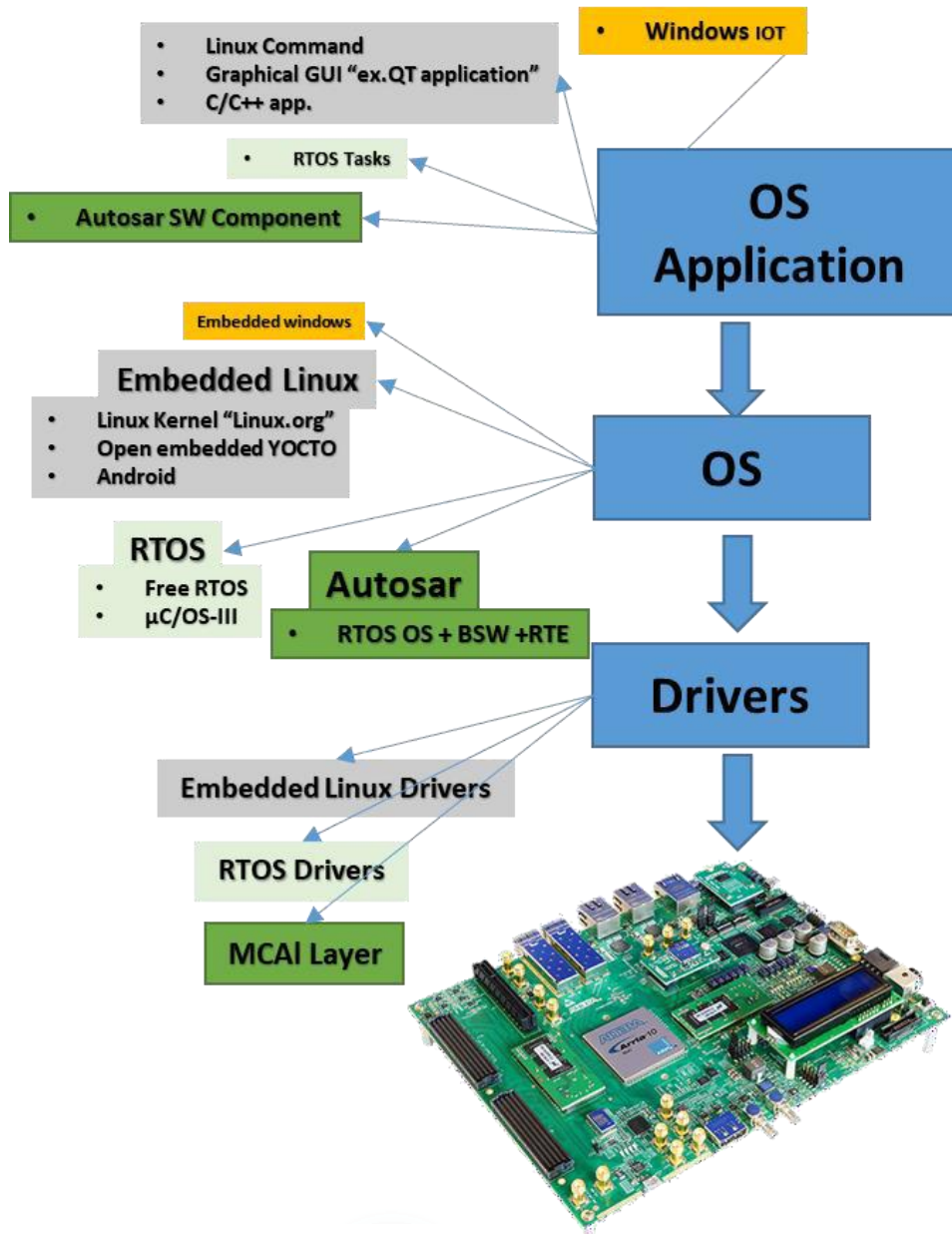
Bare-Metal application

C - Code



- هو كود يخاطب الاله مباشرة
- Metal تعني هنا embedded microcontroller

## Os (Operating system) Application



## Hypervisors

- Virtualization you can run operating systems called guests, inside a sandbox contained under the control of another piece of software (the hypervisor) that manages all interaction of the guest toward hardware. The hypervisor runs at a more privileged level of hardware access than the operating system (OS) kernel (supervisor) and user privilege of the guest OS

- هو نظام يقوم بتشغيل عدد أنظمة على نفس ال board

## Embedded systems fields

