

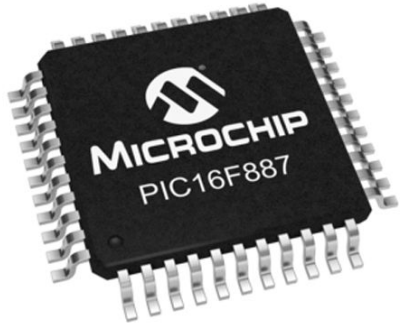
مقدمة في الأنظمة المدمجة

Intro to Embedded Systems

كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية – جامعة حلب
د. أسعد كعدان

Examples of Embedded Systems





MCU



MPU (GPP)



DSP



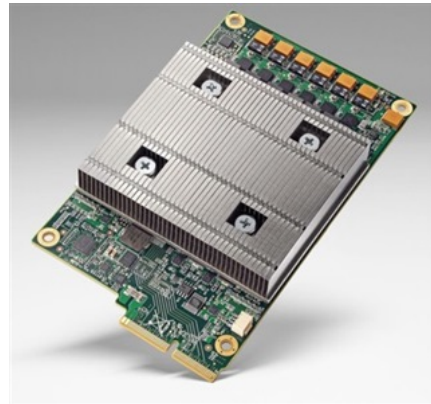
PSoC



SoC



GPU



TPU (AI Chip)



FPGA



ASIC

Microcontrollers (MCUs)



- منظومة حاسوبية متكاملة مصغرة: معالج، دخل/خرج رقمي وتشابهي، ذواكر، مؤقتات،... تحتاج الحد الأدنى من العناصر الخارجية

- أقل استهلاك طاقة من معظم الأنظمة المدمجة الأخرى (ما عدا ASIC)

- تستخدم في الأجهزة المنزلية والتطبيقات التجارية والصناعية وخاصة التي تعمل بالبطاريات

- تستخدم غالباً في تطبيقات التحكم (محركات/طرفيات) وأجهزة الدخل (مفاتيح..) والخرج (شاشات إظهار..) التي تحتاج معالجة بسيطة أو متوسطة التعقيد.

- أسعارها تتراوح من أقل من \$1 وحتى حوالي \$20

- عرض البيانات والتعليمات عادة 8 أو 16 أو 32 بت

- تردد المعالج عادة 8-400 MHz بالإضافة إلى ترددات خاصة بساعة الزمن الحقيقي (RTC)

- ذواكر من نوع Flash تصل حتى 1-2 Mbits ومن نوع SRAM تصل حتى 1-2 Mbits ولكن غالباً ما تكون صغيرة (8-32 Kbits)

- مبدلات ADC / DAC بطول 10-12 بت غالباً

- مؤقتات timers بعرض 8 أو 16 أو 32 بت مع إمكانية توليد PWM وقياس نبضات خارجية

- من أشهر الشركات المصنعة: STMicro, TI, Microchip (Atmel), NXP, Freescale

ARM

SILICON LABS

freescale
semiconductor

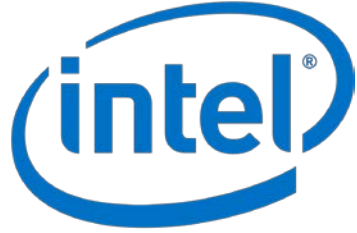


NXP

ATMEL

TEXAS
INSTRUMENTS

Microprocessors (MPUs)



ARM

AMD

- تسمى أحياناً General Purpose Processors (GPPs)

- وحدة معالجة مع بعض الذاكر المدمجة. تحتاج إلى عدد من دارات المتكاملة الخارجية للعمل (تغذية، ذواكر، دخل/خرج...)

- بشكل عام تمتلك أعلى استهلاك طاقة بين الأنظمة الأخرى

- تستخدم في الحواسيب الشخصية والصناعية والخدمات السحابية (cloud servers)

- أسعارها تتراوح ما بين \$100 وحتى حوالي \$1000 أو أكثر

- عرض البيانات والتعليمات غالباً 64 بت وترددات من 800 MHz إلى 3 GHz

- غالباً ما تكون مجمعة في عدة نوى (multi-core) بعدد 2 أو 4 أو 8 أو 16 (وتصل إلى مئات النوى في بعض المعالجات الخاصة بالخدمات)

- من أشهر الشركات المصنعة: Intel, ARM, AMD

- تتميز معالجات ARM بانخفاض استهلاك الطاقة ولذلك تستخدم تقريباً في جميع الهواتف الذكية

Digital Signal Processors (DSPs)

- تسمى أحياناً General Signal Controllers (DSCs) إذا كانت تحتوي طرفيات شبيهة بالمتحكمات

- تحتوي على طرفيات خاصة لمعالجة الإشارة الرقمية مثل وحدات FFT، مرشحات رقمية وغيرها تسمح بتنفيذ خوارزميات معالجة الإشارة أو معالجة الصورة بكل أسرع بكثير من تلك المنفذة على المتحكمات والمعالجات العامة

- استهلاك طاقة أخفض مقارنة بأنظمة معالجة الإشارة الأخرى

- عرض البيانات والتعليمات غالباً 32 أو 64 بت وترددات من عشرات إلى مئات MHz

- تستخدم في الأجهزة الصوتية وأجهزة العرض والفيديو والكاميرات وتجهيزات الاتصالات

- أسعارها تتراوح ما بين \$5 وحتى حوالي \$300

- من أشهر الشركات المصنعة: TI, Freescale (Motorola), Analog Devices,

Microchip



Back

System on Chip (SoC)



- حل متكامل يجمع الأنظمة السابقة على شريحة واحدة. مثلاً FPGA + MPUs أو MPU + MCU أو TPU + FPGA
- أحياناً يمكن إضافة وحدات اتصال لاسلكية أو عناصر تشابهيّة أو حتى مقاومات ومكثفات سطحية إلى جانب المتحكمات والمعالجات الرقمية
- غالباً ما تكون SoCs مصنعة لتطبيقات خاصة تحتاج أن تجمع أكثر من تقنية على نفس الشريحة وتكون ذات سوق واسع جداً
- تستخدم بشكل كبير في الهواتف المحمولة حيث يتم جمع مودمات لاسلكية مختلفة ومعالجات صورة ومعالجات رقمية على نفس الشريحة
- أسعارها من عشرات إلى مئات الدولارات (غالباً تصنع بكميات كبيرة)
- من أشهر الشركات المصنعة: Xilinx, Qualcomm, Broadcom, Samsung, Mediatek

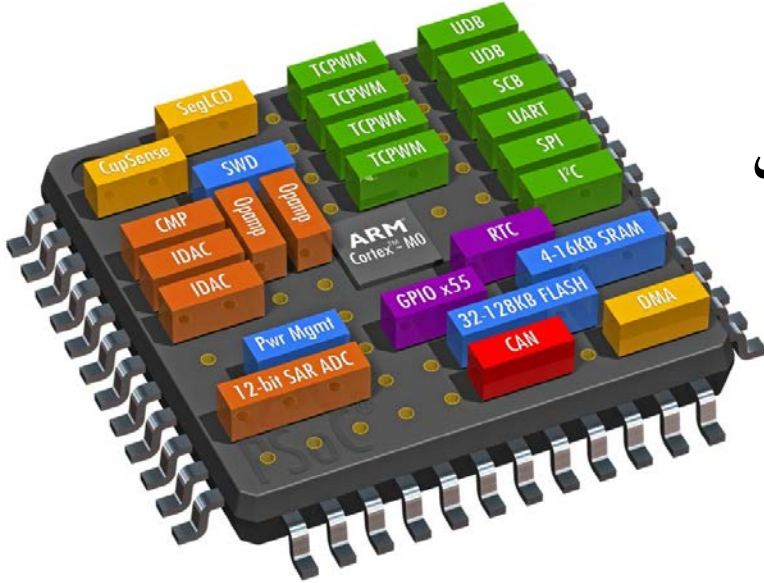
Programmable System on Chip (PSoC)

- يتم أحياناً تجميع طرفيات تشابهية ورقمية قابلة للبرمجة مع متحكمات ومعالجات على شريحة واحدة

- تكون الشريحة قابلة للبرمجة وإعادة التوزيع حيث يمكن تغيير أماكن الطرفيات وتوصيلاتها وخصائصها

- أسعارها مقاربة لأسعار المتحكمات (أعلى قليلاً)

- لم تنتشر هذه التقنية كثيراً.. من أشهر الشركات المصنعة: Cypress



Field Programmable Gate Array (FPGA)



- أجهزة معالجة تفرعية تضم مصفوفة من البوابات القابلة للبرمجة تطورت عن Programmable Logic Devices (PLDs)

- يتم برمجتها بلغات HDL على مستوى البوابات المنطقية أو بلغات عالية المستوى
- يضم البعض منها ذواكر RAM ومبدلات ADC/DAC بالإضافة إلى طرفيات اتصال عالية السرعة ولكنها تحتاج إلى شرائح إلكترونية خارجية لأداء عملها (تغذية، ذواكر، ...)
- يصل تردد العمل فيها إلى سرعات عالية جداً ($< 1\text{GHz}$) ويصل عدد البوابات المنطقية إلى أكثر من 50 مليون بوابة

ALTERA

Lattice
Semiconductor
Corporation

Lucent Technologies
Bell Labs Innovations



AMEL

MICROCHIP

Microsemi

TEXAS INSTRUMENTS

CYPRESS
UNIVERSITY IN CHINA

QuickLogic

XILINX
ALL PROGRAMMABLE

ALDEC
THE DESIGN VERIFICATION COMPANY

- يمكن بناء معالجات صغيرة بشكل كامل على بعض أنواع FPGA

- تمتلك العديد من التطبيقات العسكرية وفي تجهيزات الاتصالات ومخدمات الشبكات ومعالجة الصورة

- أسعارها تتراوح ما بين \$2 وحتى حوالي \$10000+

- من أشهر الشركات المصنعة: Xilinx, Intel (Altera), Microsemi, Cypress

Graphical Processing Unit (GPU)



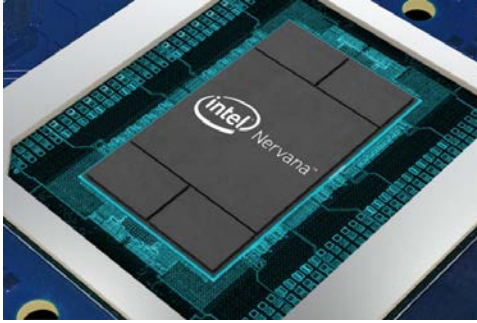
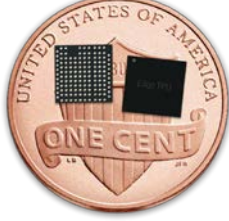
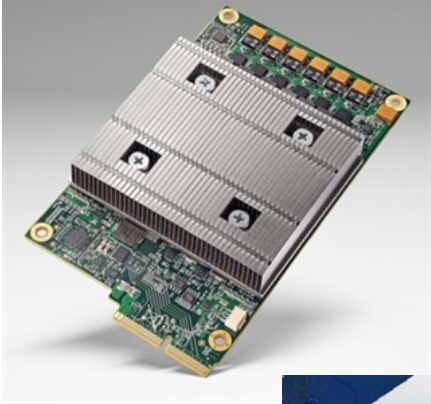
- معالجات متخصصة في معالجة الرسومات والفيديو وتحليل الصورة
- تعتمد على بنية معالجة تفرعية لذلك تم استخدامها في كثير من تطبيقات الذكاء الصناعي
- تم تطويرها لتطبيقات الألعاب الحاسوبية ومن ثم الهواتف المحمولة. مؤخراً استخدمت بشكل كبير في bitcoin mining



- أسعارها تتراوح ما بين \$200 وحتى حوالي \$1000
- من أشهر الشركات المصنعة: Nvidia, Intel, AMD, Asus



Tensor Processing Unit (TPU)



- جيل جديد من المعالجات مخصص لتطبيقات الذكاء الصناعي والشبكات العصبونية وخاصة التعلم العميق deep learning
- شريحة TPU من شركة Google ذات بنية تفرعية تحاكي الشبكات العصبونية وهي تشغل خوارزميات TensorFlow للتعلم العميق.

- من أهم تطبيقاتها التعرف على الصور والأصوات وتحليل الكلام وكتابة اليد وغيرها
- معظم شركات التكنولوجيا الكبرى العاملة في تطبيقات الذكاء الصناعي والتعلم العميق والتخزين السحابي تمتلك معالجات مشابهة: Google, Amazon, Microsoft, Facebook, Nvidia, Intel, Apple, Alibaba, IBM

- مؤخراً يتم إضافة بنية شبكات عصبونية تفرعية مع المعالجات والمتحكمات المصغرة لنقل بعض تطبيقات الذكاء الصناعي من المخدمات السحابية إلى المتحكمات المصغرة (ما يعرف ب machine learning at the edge)

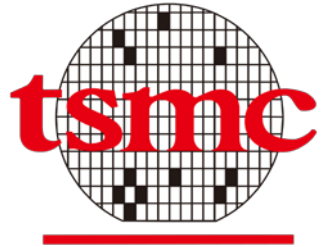
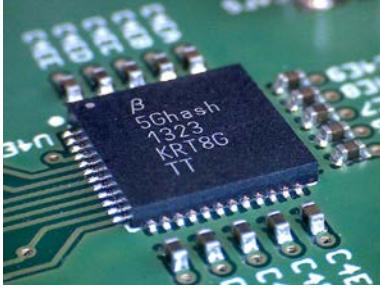
Google

NVIDIA

Microsoft

amazon

Application Specific Integrated Circuit (ASIC)



- دارات متكاملة مصنعة خصيصاً لتطبيقات محددة. مثلاً: ألعاب الكترونية، أجهزة اتصالات، إلكترونيات منزلية.
- أقل كلفة وأخفض استهلاك طاقة كونها مصممة خصيصاً لأداء هذه المهمة. لكن إعادة البرمجة والضبط تكون محدودة جداً.
- كلفة تطويرها مرتفعة جداً وقد تصل إلى عشرات أو مئات ملايين الدولارات لذلك تستخدم فقط في التطبيقات التي يكون سوقها واسع جداً.
- عادة ما تقوم كثير من الشركات المتخصصة بتصميم الدارة المتكاملة بشكل كامل ولكنها لا تمتلك تقنيات التصنيع وتسمى حينها Fabless
- يتم إرسال التصميم لتصنيعه في معامل عملاقة لتصنيع الدارات السيليكونية مثل

شركتي TSMC و Global Foundries

How a CPU is Made!



<https://www.youtube.com/watch?v=qm67wbB5Gml>

Single Board Computers



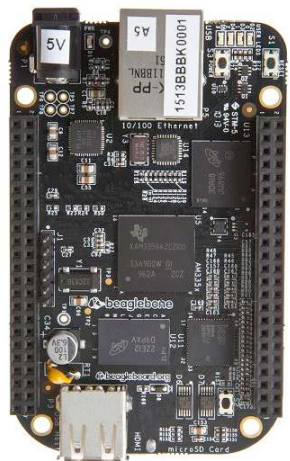
- ظهر في العقد الماضي عدد كبير من الحواسيب الصناعية المدمجة وهي عبارة عن منظومة حاسوبية متكاملة بدون شاشة أو وسائل ادخال بشرية.. أي مصممة للتعامل مع الآلات وليس البشر.



- غالباً ما تكون ذات مواصفات صناعية مرغوبة مثل تحمل درجات الحرارة والرطوبة العالية والموثوقية والحجم الصغير.

- تتراوح أسعارها بين \$25 وحتى \$200 أو أكثر.

- تشغل هذه الأجهزة أنظمة تشغيل كاملة وغالباً ما يكون نظام Linux ويتم ربطها مع الانترنت والشبكات السلكية واللاسلكية وخاصة في تطبيقات التحكم و Internet of Things (IoT)



- من الأمثلة الشهيرة Raspberry Pi and Beagle Bone (ARM based), Intel NUC, Intel Joule

Industrial Controllers



- المتحكمات الصناعية عبارة عن حواسيب صناعية مدمجة مع وحدات دخل وخرج تشابهية ورقمية تتحمل الظروف الصناعية بالإضافة إلى عدد من طرفيات الاتصال المختلفة
- المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLCs من أكثر الأنواع استخداماً وغالباً تستخدم FPGAs لتحليل والاستجابة لإشارات بسرعات عالية
- تكون المتحكمات مدمجة أو قابلة للتوسع ويمكن برمجتها بلغات كهربائية بسيطة (ladder) أو لغات عالية المستوى
- تستخدم في أنظمة التحكم بالمحركات الصناعية متحكمات إشارة DSC أو متحكمات رقمية بمواصفات عالية لتنفيذ خوارزميات التحكم