

Microcontroller family

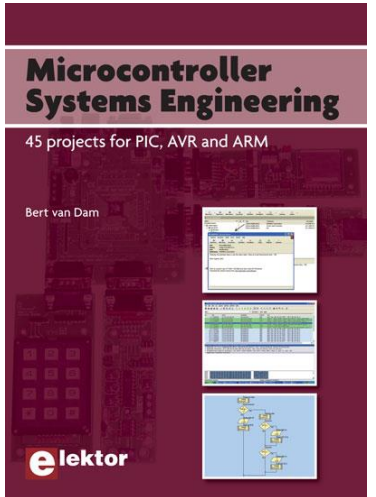
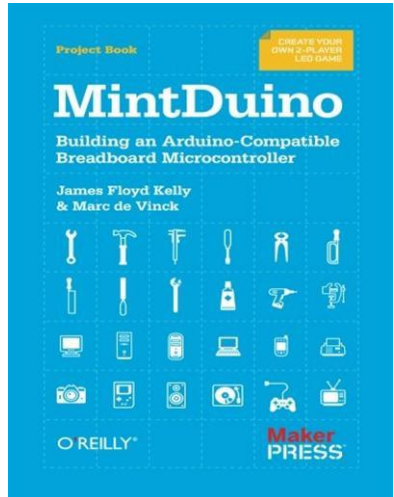
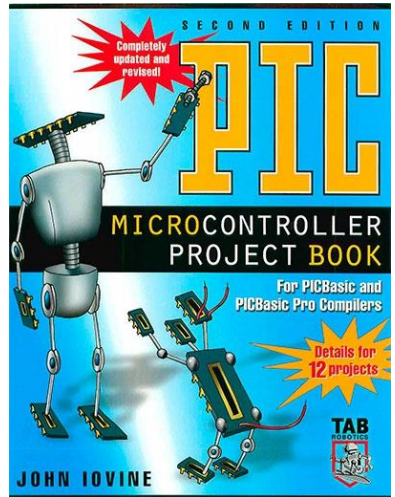
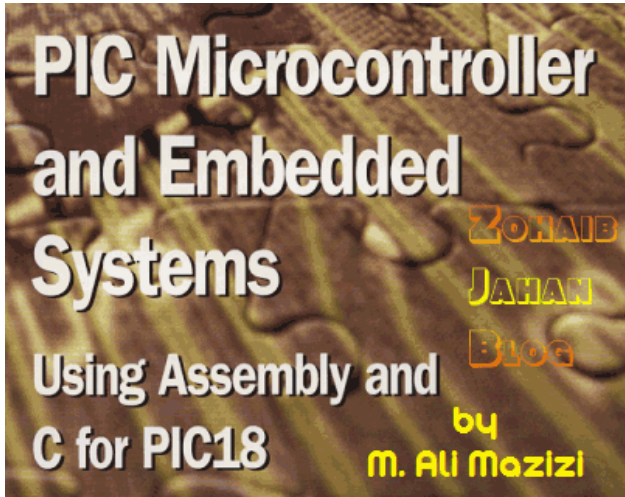
by

Assist.Prof.Thira Kanjanasintou

www.npru.ac.th

หนังสือ/ ตำรา/ website ที่มีแผนภาพสรุป ที่สะท้อนภาพรวมทุกด้านที่เข้าใจง่าย

เมื่อหยิบตำราเกี่ยวกับ microcontroller มีอะไรบ้าง...

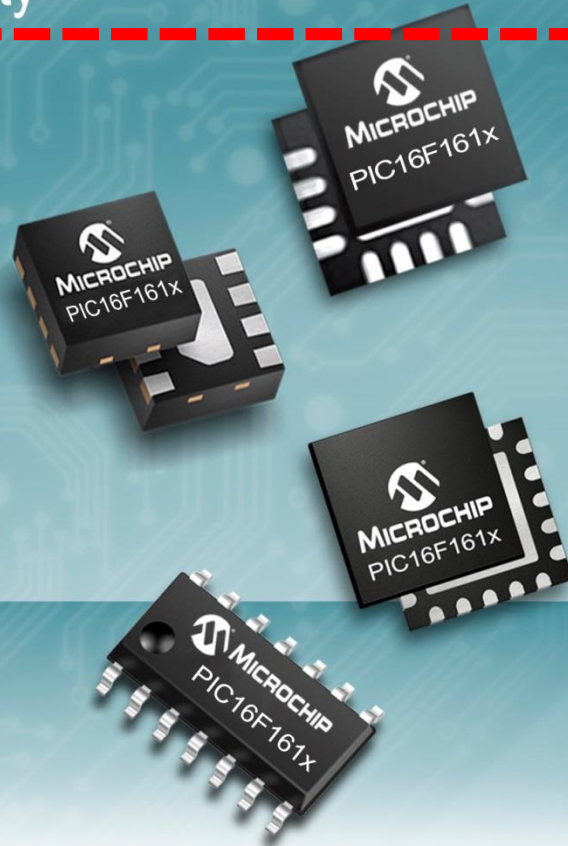


Microprocessor family

Designed for Safety-Critical Applications

Advanced Motor Control Capability

PIC16F 161X



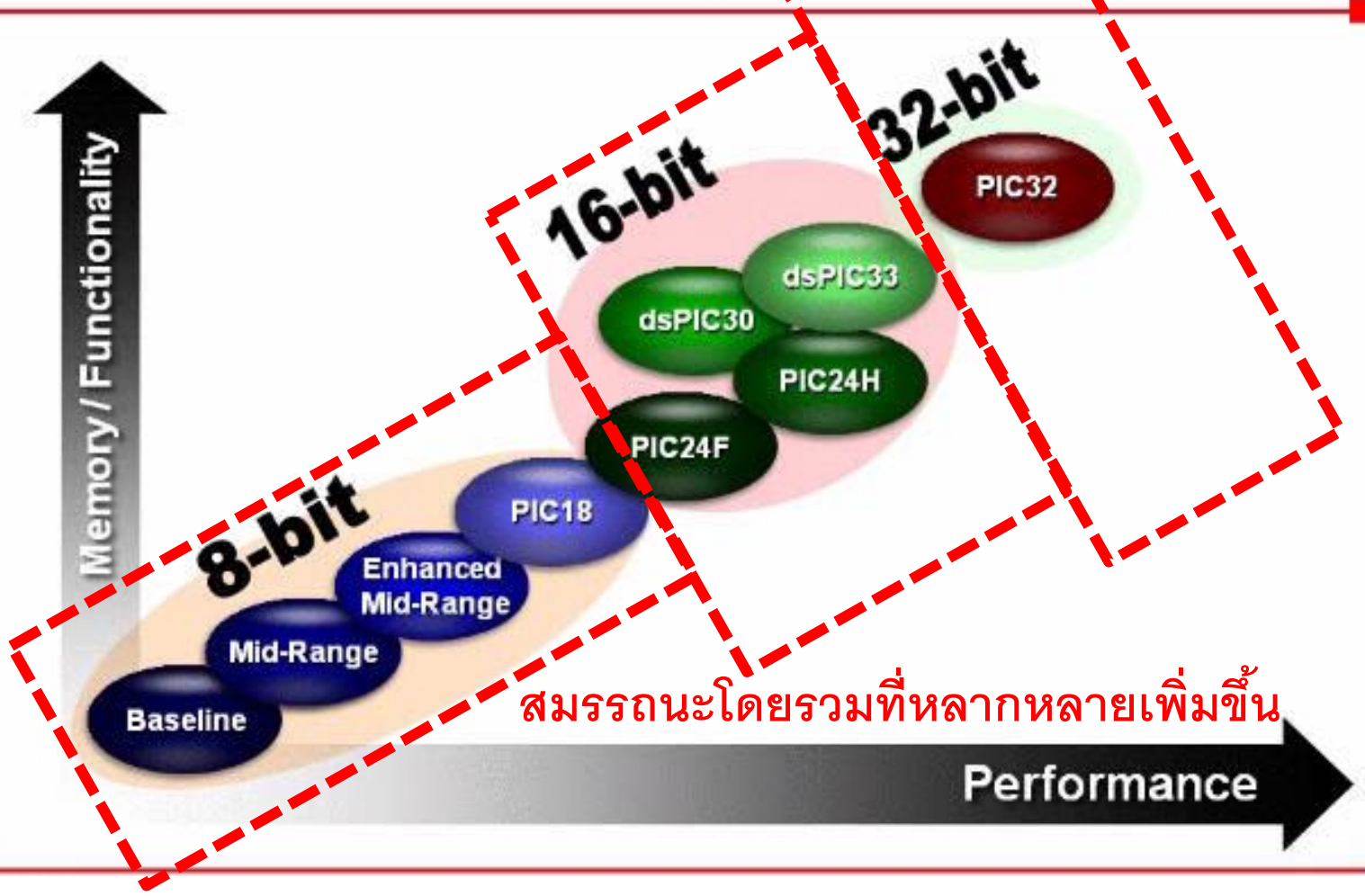
ภาพในใบโฆษณา สะท้อนสมรรถนะที่ช่วยให้เลือกใช้งานได้ตามต้องการ

UCTL เน้นการพัฒนาขนาดข้อมูล/ เน้นการเอาไปใช้งาน/ เน้นสมรรถนะ/

ขนาดของหน่วยความจำที่รองรับการใช้งานเพิ่มขึ้น
ความสามารถรองรับการใช้งานได้หลากหลาย



PIC[®] MCU and dsPIC[®] DSC Family Roadmap



UCTL ทบทวน บิต(Bit)/ ไบต์(byte)/ เวิร์ด(Word) ดับเบิลเวิร์ด...

NIBBLE

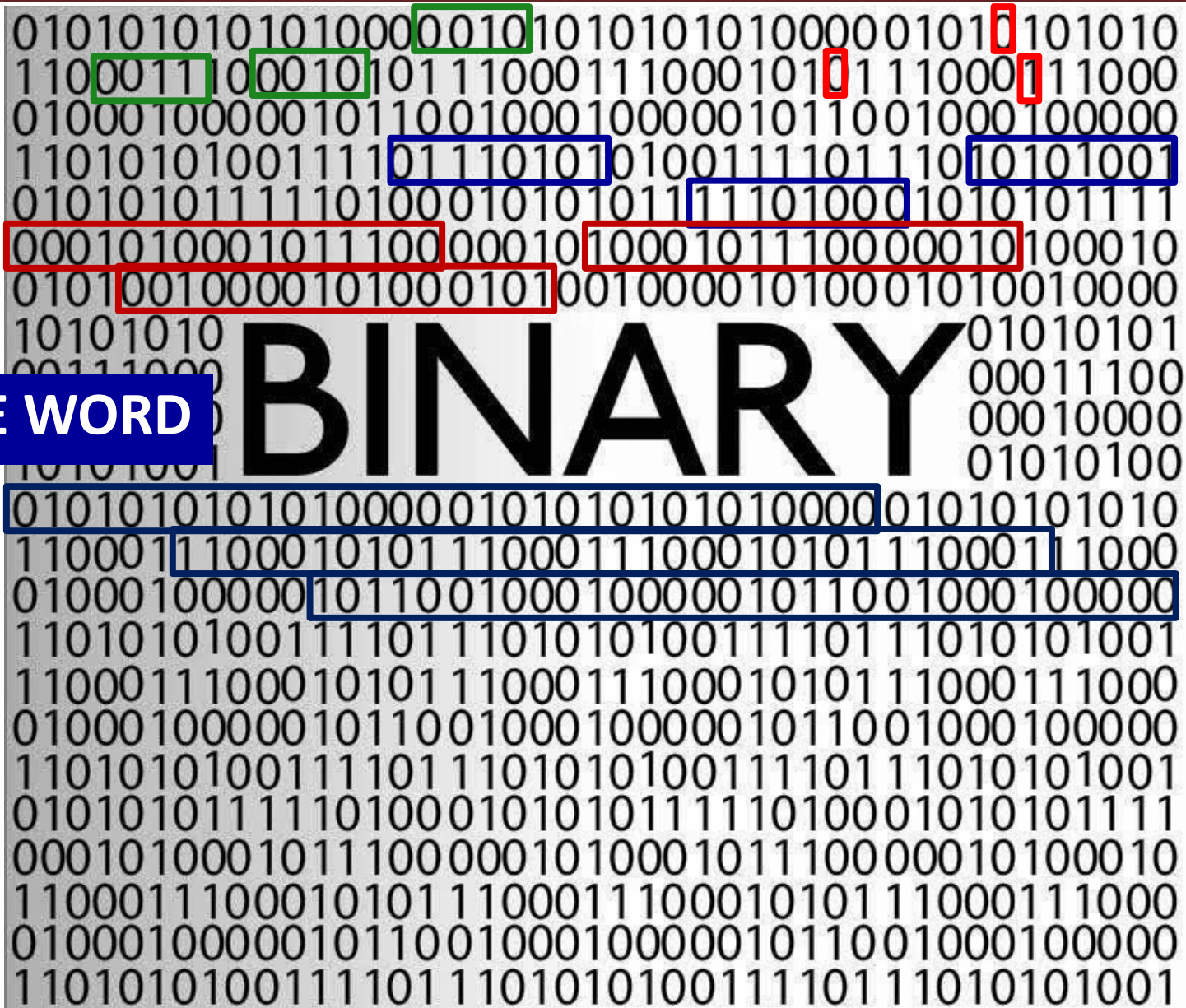
BIT

BYTE

WORD

DOUBLE WORD

BINARY



UCTL ทบทวน LSB(Least significant Bit)/ MSB(Most significant bit)

The image displays a grid of binary code (0s and 1s) with the word "BINARY" centered in large, bold, black letters. The grid is annotated to illustrate bit significance:

- LSB (Least Significant Bit):** Indicated by a red box on the far right of the top row, with the label "LSB" in red text to its right.
- MSB (Most Significant Bit):** Indicated by a red box on the far left of the bottom row, with the label "MSB" in blue text to its left.
- Bit Patterns:** Several bit patterns are highlighted with colored boxes:
 - A blue box highlights the bit sequence "10101001" in the second row from the top.
 - A green box highlights the bit sequence "0010101011110100" in the fourth row from the top.
 - A blue box highlights the bit sequence "01010101010101010101010101010101" in the sixth row from the top.
 - A blue box highlights the bit sequence "00101010101010101010101010101010" in the eighth row from the top.
 - A blue box highlights the bit sequence "1001000100000101" in the tenth row from the top.

UCTL ทบทวน การอ่านข้อมูลคอมพิวเตอร์ (binary/ hexadecimal)

The diagram illustrates the conversion of binary data to hexadecimal. It shows two rows of binary data, each 16 bits long, which are grouped into four 4-bit nibbles. The first row of binary data is 01010101010100000101010101010000, which converts to the hexadecimal value 2AA82AA8. The second row of binary data is 0100010000101100100010000101100100100000, which converts to the hexadecimal value 220B220B. Red boxes labeled 'MSB' and 'LSB' are positioned at the top and bottom right of the diagram, respectively, indicating the bit positions. A brown box labeled '2' is placed at the start of each row, indicating the number of bytes. The word 'BINARY' is prominently displayed in the center of the image.

UCTL ทบทวนการอ่านค่าไบนารี/ ค่าฐานสิบหก/ การอ่านข้อมูลคอมพิวเตอร์/

01010101010100000101010101010100000101010101010
11000111000101011100011100010101
010001000001011001000100000101100
11010101001111011101010100111101110
0101010111110100010101010111110100010
00010100010111000001010001011100000
010100100001010000101001000010100010

MSB

LSB

1010100011

A

9

BINARY

010101010101000001010101010100000101010101010

2

A

A

8

2

A

A

8

2

A

A

0100010000010110010001000001011001000100000

2

2

0

B

2

2

0

B

2

2

0

MSB

LSB

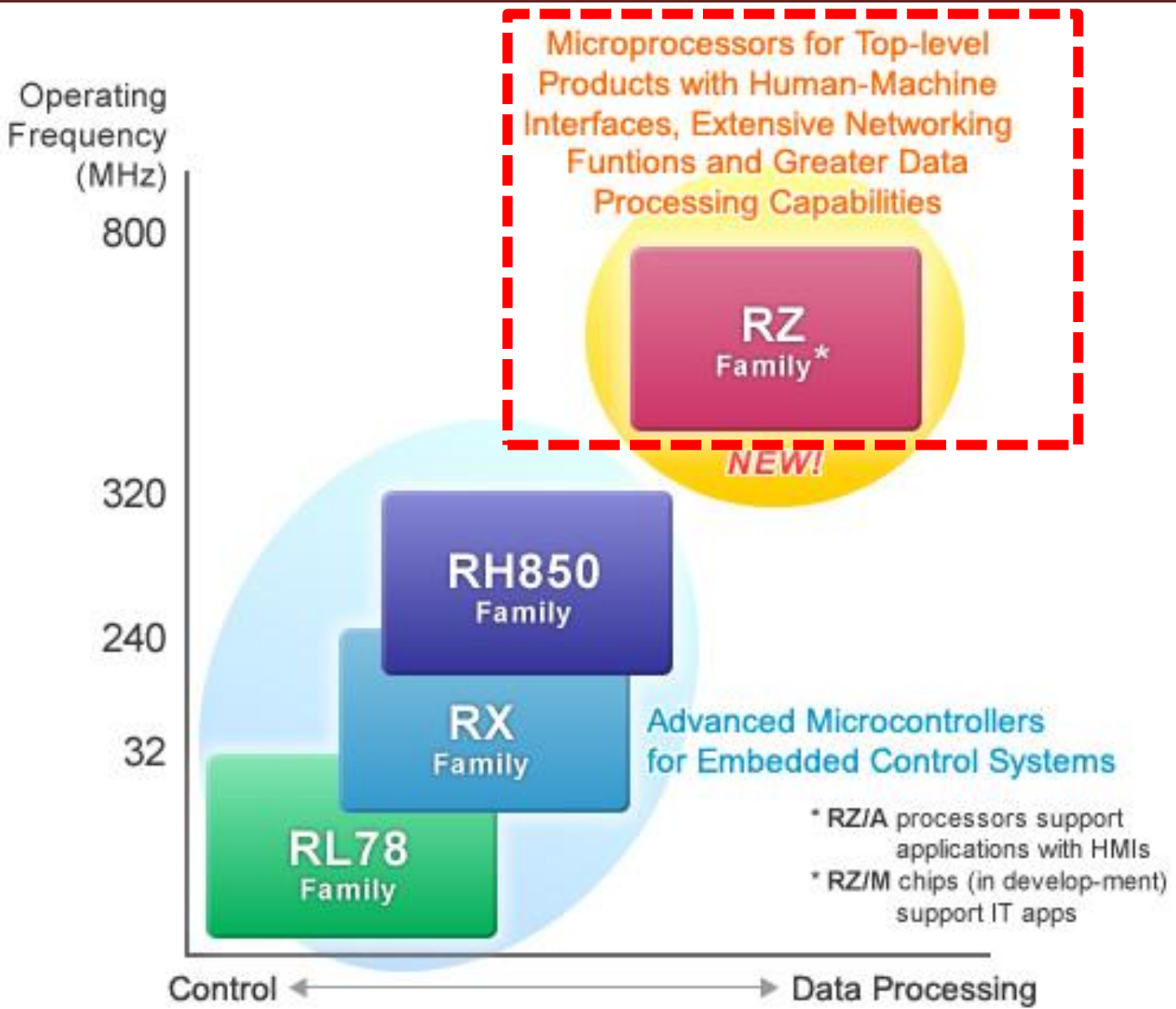
11010101001111011101010100111101110101010011

UCTL ทบทวนการใช้อุปสรรค

Factor Name	Symbol	Factor Name	Symbol
10^{24}	yotta Y	10^{-1}	deci d
10^{21}	zetta Z	10^{-2}	centi c
10^{18}	exa E	10^{-3}	milli m
10^{15}	peta P	10^{-6}	micro μ
10^{12}	tera T	10^{-9}	nano n
10^9	giga G	10^{-12}	pico p
10^6	mega M	10^{-15}	femto f
10^3	kilo k	10^{-18}	atto a
10^2	hecto h	10^{-21}	zepto z
10^1	deka da	10^{-24}	yocto y

	Approx. Bytes	Actual Bytes	Approx. Bits	Typical file/media
1B	1	1	8	Text email, SMS
1KB	$1000\text{B} = 10^3$	$1024\text{B} = 2^{10}$	8×10^3	Word document
1MB	$1000\text{KB} = 10^6$	$1024\text{KB} = 2^{20}$	8×10^6	Digital photo
1GB	$1000\text{MB} = 10^9$	$1024\text{MB} = 2^{30}$	8×10^9	DVD
1TB	$1000\text{GB} = 10^{12}$	$1024\text{GB} = 2^{40}$	8×10^{12}	Hard disk
1PB	$1000\text{TB} = 10^{15}$	$1024\text{TB} = 2^{50}$	8×10^{15}	Cloud?

UCTL ที่พัฒนาเน้นการใช้งาน HMI(Human-Machine Interface)/ Network/



Microprocessor family

UCTL อาจดูรูปร่างเหมือนกัน แต่สมรรถนะต่างกัน

PIC(Peripheral Interface Controller) ตัวอย่างชิปยี่ห้อ Microchip

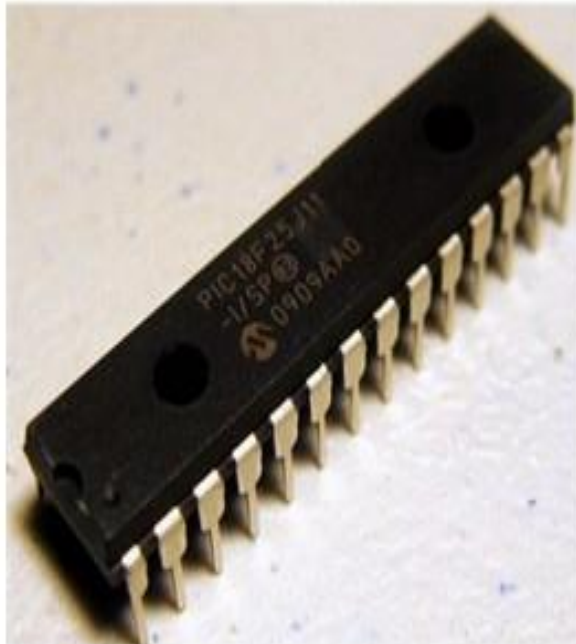
<http://www.ermicro.com/blog>



PIC18LF14K50 – 20 PINS, 16 KBytes Flash

Advanced Peripheral:

ADC,PWM,I2C,SPI,EUSART,USB



PIC18F25J11 – 28 PINS, 32 KBytes Flash

Advanced Peripheral:

ADC,PWM,I2C,SPI,EUSART



PIC18F2685 – 28 PINS, 96 KBytes Flash

Advanced Peripheral:

ADC,PWM,I2C,SPI,EUSART,ECAN

Some of The Microchip PIC18 Microcontroller

Microprocessor family

UCTL ที่มีแผนภาพสรุป สะท้อนภาพรวมของสมรรถนะทุกด้านที่เข้าใจง่าย

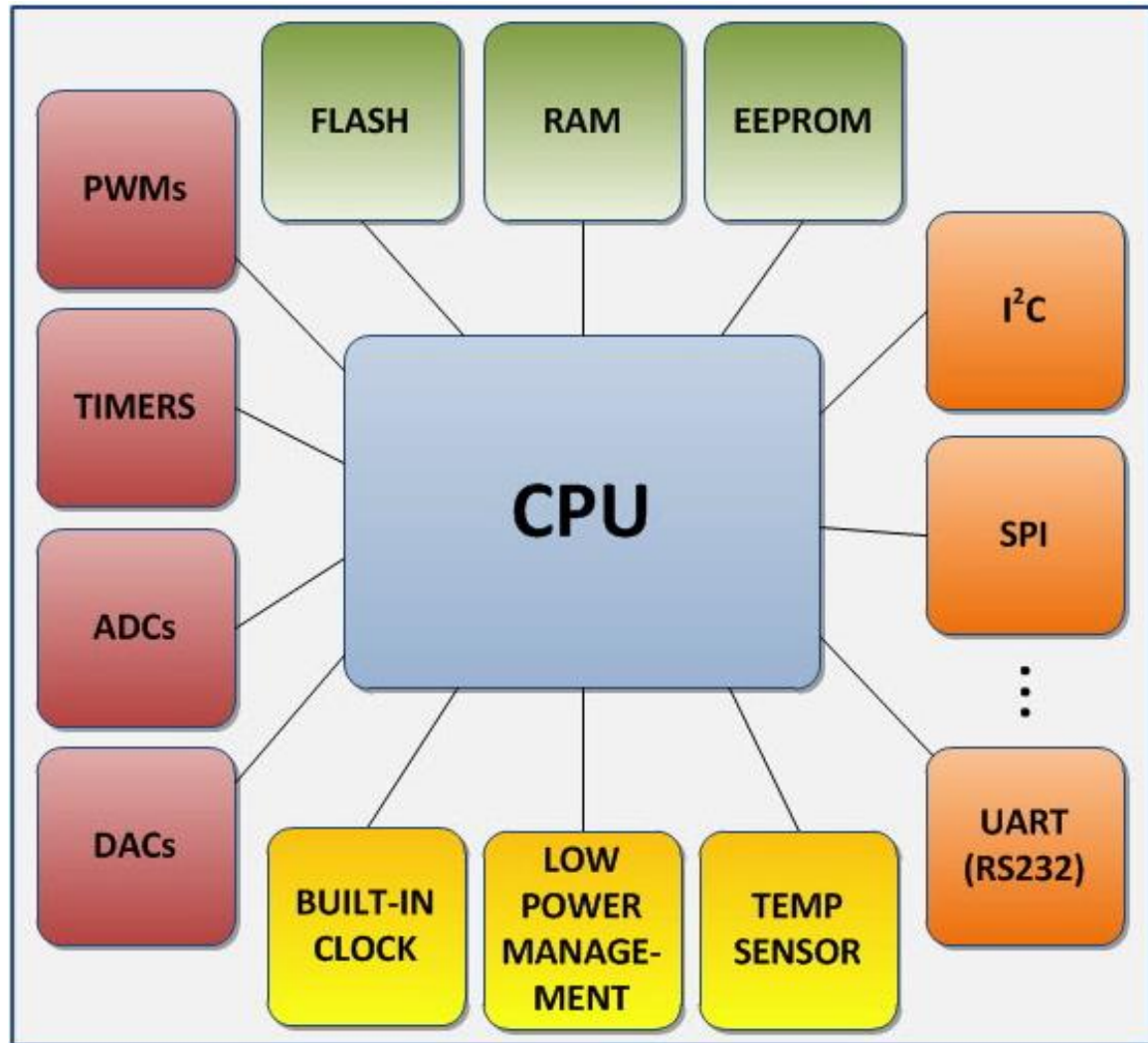
เมื่อกล่าวถึง microcontroller ต้องนึกถึงอะไรบ้าง...

Pulse Width Modulation
Timer/Counter
Analog to Digital
Digital to Analog

หน่วยความจำ
Flash/ RAM/ EEPROM

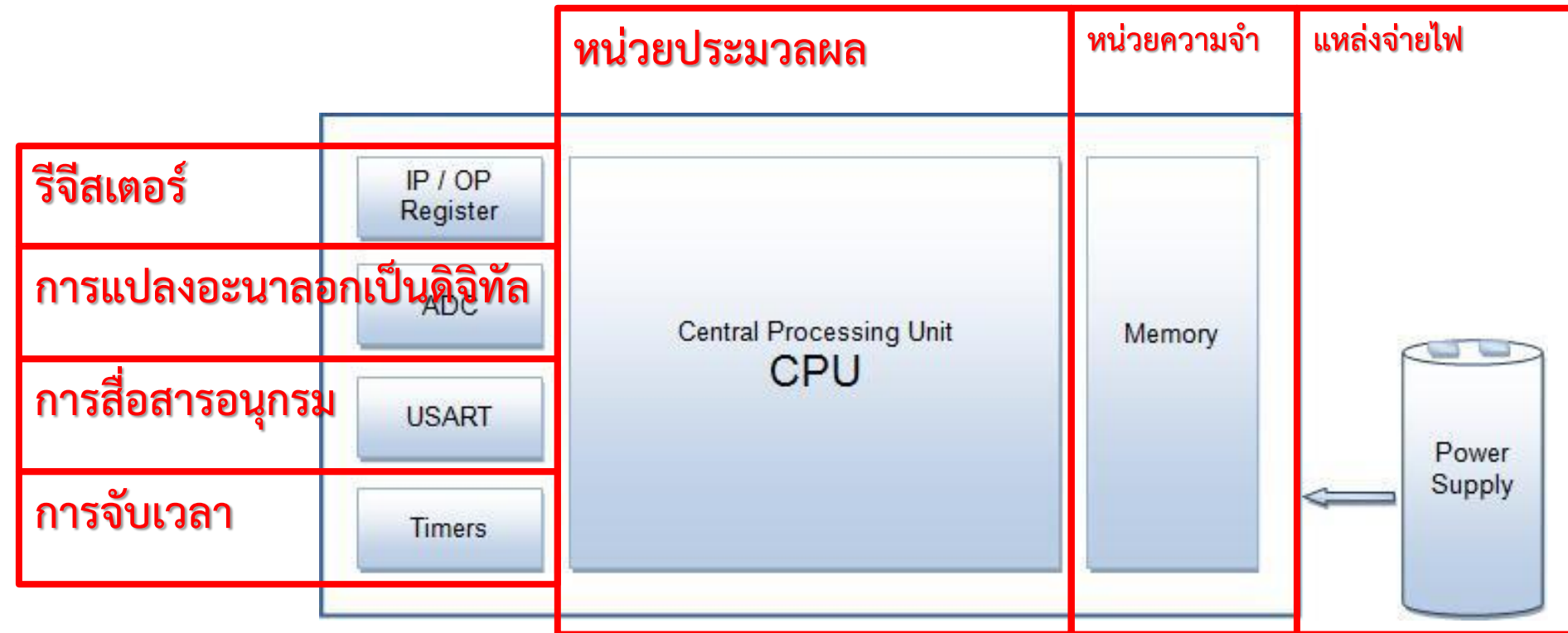
ช่องทางสื่อสาร
I2C/ SPI/ UART(RS232)

นาฬิกาภายใน
ระบบประหยัดพลังงาน
ตัวตรวจจับอุณหภูมิ

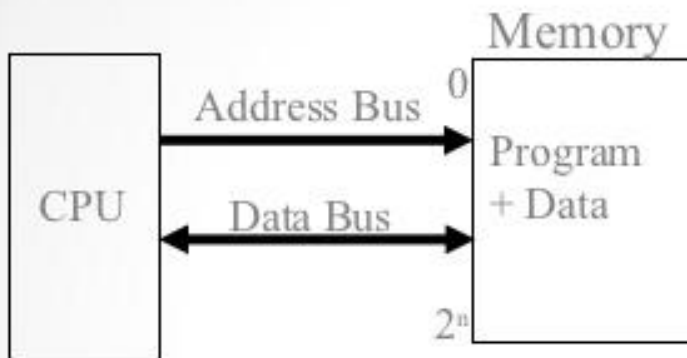


UCTL ที่มีแผนภาพสรุป สะท้อนภาพรวมของสมรรถนะทุกด้านที่เข้าใจง่าย

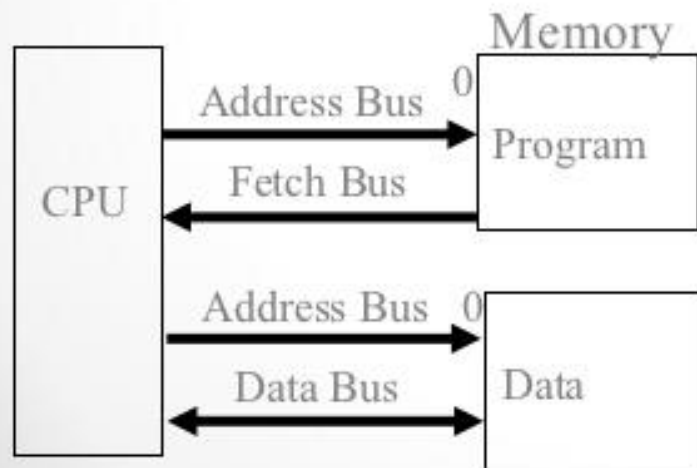
เมื่อกล่าวถึง microcontroller ต้องนึกถึงอะไรบ้าง...



Microcontroller Architectures



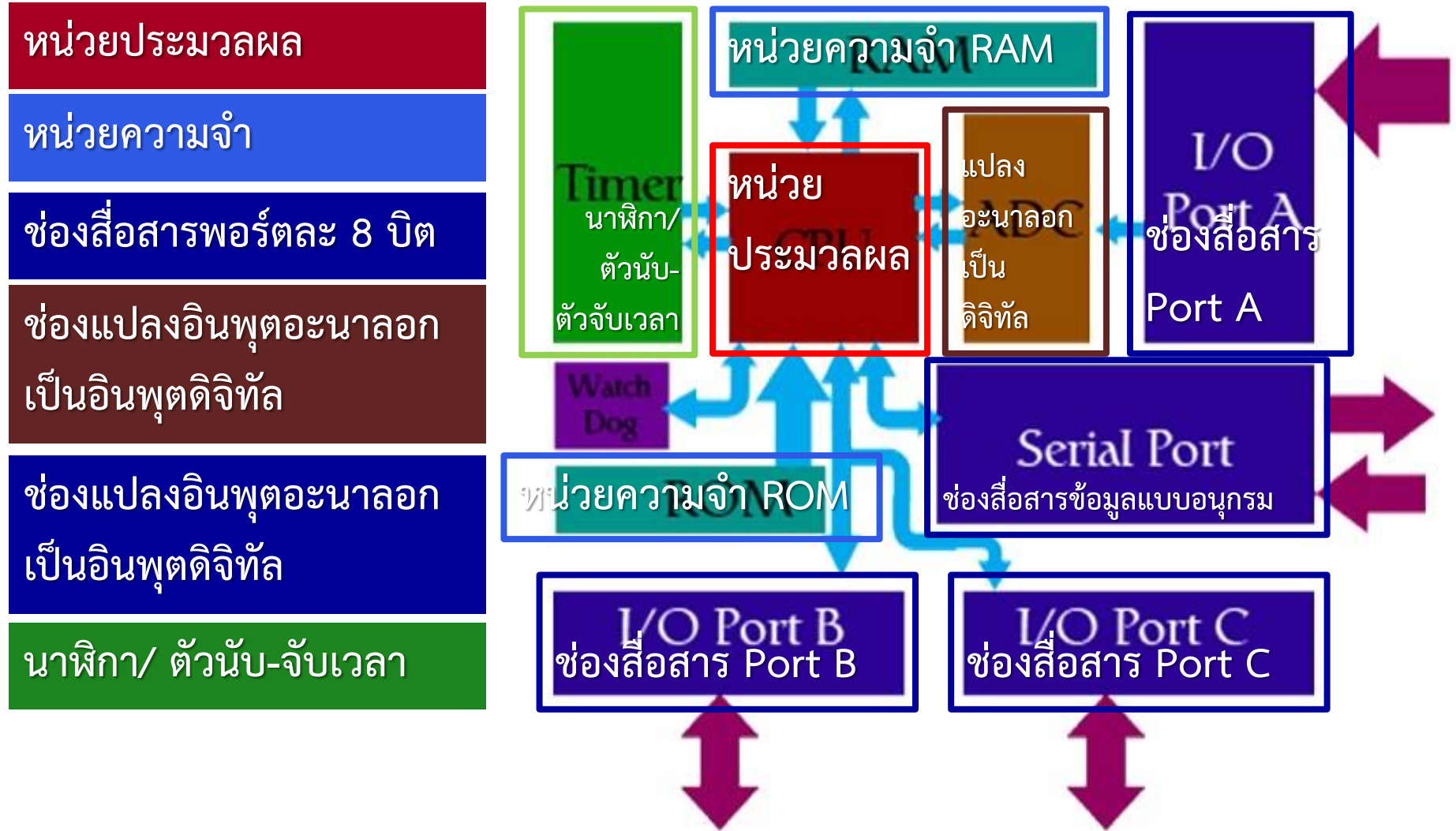
Von Neumann
Architecture



Harvard
Architecture

UCTL ที่มีแผนภาพสรุป สะท้อนภาพรวมของสมรรถนะทุกด้านที่เข้าใจง่าย

เมื่อก้าวถึง microcontroller ต้องนึกถึงอะไรบ้าง...



UCTL ในตระกูลเดียวกัน ยังมีพัฒนาการรองรับการใช้งานที่ก้าวหน้า

PIC 8 bits Families

	Base Line	Mid-Range	Enhanced Mid-Range	PIC18
No. of Pins	8-40	8-64	8-64	18-100
Program Memory	Up to 3 KB	Up to 14 KB	Up to 28 KB	Up to 128 KB
Data Memory	Up to 134 Bytes	Up to 368 Bytes	Up to 1.5 KB	Up to 4 KB
Instruction Length	12-bit	14-bit	14-bit	16-bit
No. of Instruction set	33	35	49	83
Speed	5 MIPS	5 MIPS	8 MIPS	Up to 16 MIPS
Feature	<ul style="list-style-type: none"> • Comparator • 8-bit ADC • Data Memory • Internal Oscillator 	In addition of baseline <ul style="list-style-type: none"> • SPI • I²C • UART • PWM • 10-bit ADC • OP-Amps 	In addition of Mid-range <ul style="list-style-type: none"> • High Performance • Multiple communication peripherals 	In addition of Enhanced Mid-range <ul style="list-style-type: none"> • CAN • LIN • USB • Ethernet • 12-bit ADC
Families	PIC10 PIC12 PIC16	PIC12 PIC16	PIC12E1XX PIC16FXXX	PIC18

ขนาดหน่วยความจำที่เพิ่มขึ้น

ขนาดข้อมูลที่สูงขึ้น

จำนวนคำสั่งที่รองรับการใช้งานที่หลากหลาย

เวลาที่ใช้ในการทำงานตามคำสั่ง

ช่องทางสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ

UCTL ที่มีการพัฒนาการสูงขึ้น

UCTL ที่มีรหัสต่างกัน ตัวเลขที่สูงขึ้นจะสะท้อนพัฒนาการสูงขึ้น

TMS320F2807x

		Temperatures		
		105C	125C	Q100
Sensing		Processing		
ADC1: 12-bit, 3.1 MSPS		C28x™ CPU		
ADC2: 12-bit, 3.1 MSPS		120 MHz		
ADC3: 12-bit, 3.1 MSPS		FPU		
8x Windowed Comparators w/ Integrated 12-bit DAC		TMU		
8x Sigma Delta Channels (2x Filters per channel)		CLA coprocessor		
12-bit Temperature Sensor		120 MHz		
3x eQEP		FPU		
6x eCAP		6ch DMA		
Debug		Memory		
Real-time JTAG		Up to 512 kB Flash +ECC		
System Modules		Up to 100 kB SRAM +parity		
3x 32-bit CPU Timers		2x 128-bit Security Zones		
NMI Watchdog Timer		Boot ROM		
192 Interrupt PIE		EMIF		
		Actuation		
		12x ePWM Modules (Type 4)		
		24x Outputs (10x High-Res)		
		Fault Trip Zones		
		12-bit DAC		
		Connectivity		
		4x UART		
		3x SPI		
		3x I2C		
		2x CAN 2.0B		
		USB 2.0 OTG FS MAC & PHY		
		Power & Clocking		
		2x 10 MHz OSC		
		4-20 MHz Ext OSC Input		

แปลงอะนาล็อกเป็นดิจิทัล 3 ช่อง

แปลงดิจิทัลเป็นอะนาล็อก 1 ช่อง

ตัวตรวจจับอุณหภูมิ

Pulse Width Modulation

ช่องทางสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ

หน่วยความจำ

UCTL ที่มีรหัสต่างกัน ตัวเลขที่สูงขึ้นยังสะท้อนสมรรถนะการใช้งานที่สูงขึ้น

Family	Program Flash	Packages	Key Features
K70 Family	512KB-1MB	196-256pin	
K60 Family	256KB-1MB	100-256pin	
K50 Family	128-512KB	64-144pin	
K40 Family	64-512KB	64-144pin	
K30 Family	64-512KB	64-144pin	
K20 Family	32KB-1MB	32-144pin	
K10 Family	32KB-1MB	32-144pin	

- ประหยัดพลังงาน
- ผสมสัญญาณได้
- รองรับ USB port
- รองรับการแสดงผล
- รองรับการใช้เครือข่าย
- รองรับการเข้ารหัส
- มีวงจรขยายสัญญาณ

Low power	Mixed signal	USB	Segment LCD	Ethernet
Encryption and Tamper Detect	Operational & transimpedance amplifiers	DDR	Graphic LCD	

- เพิ่มหน่วยความจำได้
- แสดงผลกราฟิกได้

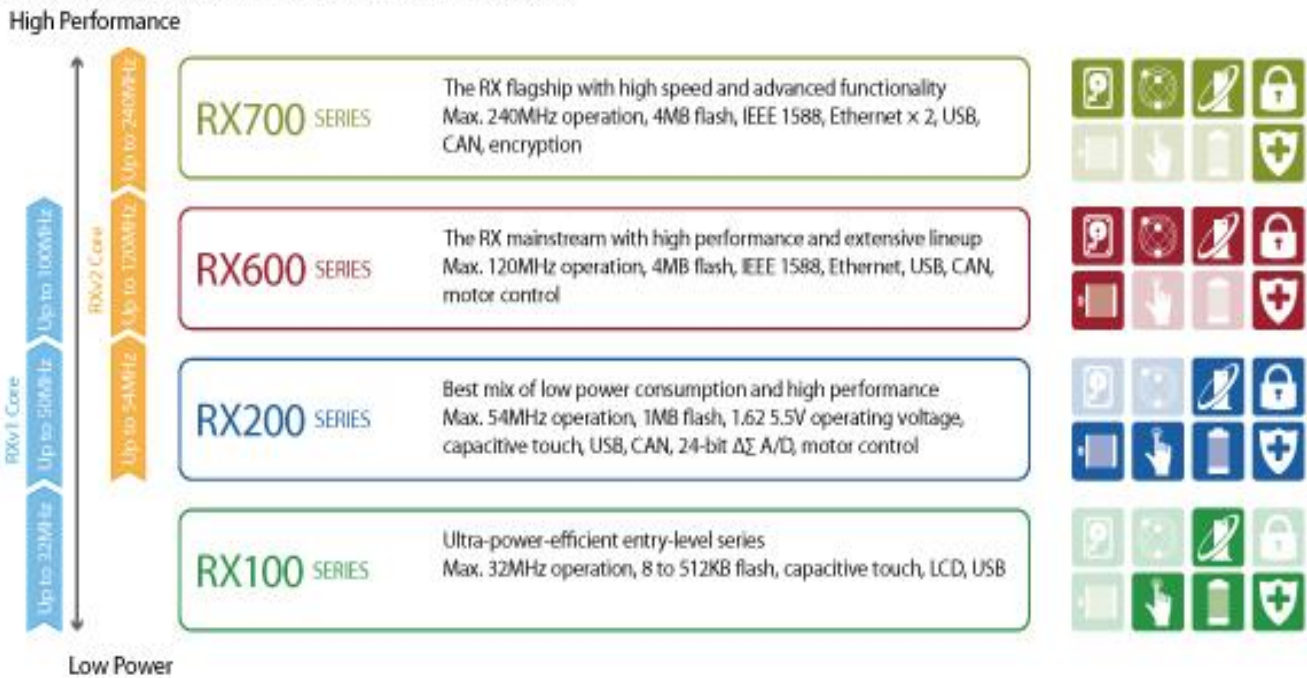
สัญลักษณ์ สะท้อนสมรรถนะช่วยให้เลือกใช้งานได้ตามต้องการ

Microprocessor family

UCTL ที่มีรหัสต่างกัน ตัวเลขที่สูงขึ้นยังสะท้อนสมรรถนะการใช้งานที่สูงขึ้น

RX Family Lineup

Single architecture extending from the low end to the high end



Large-capacity memory High performance	Ethernet	Connectivity	Security functional
Motor control Power control	Touch functionality	Power efficient	Hardware support safety functions

- ประหยัดพลังงาน
- รองรับการใช้เครือข่าย
- รองรับการเชื่อมต่อ
- รองรับความนิรภัย
- เน้นคุณสมบัติกำลัง
- รองรับระบบสัมผัส
- ประหยัดพลังงาน
- เน้นความปลอดภัย

สัญลักษณ์ สะท้อนสมรรถนะช่วยให้เลือกใช้งานได้ตามต้องการ

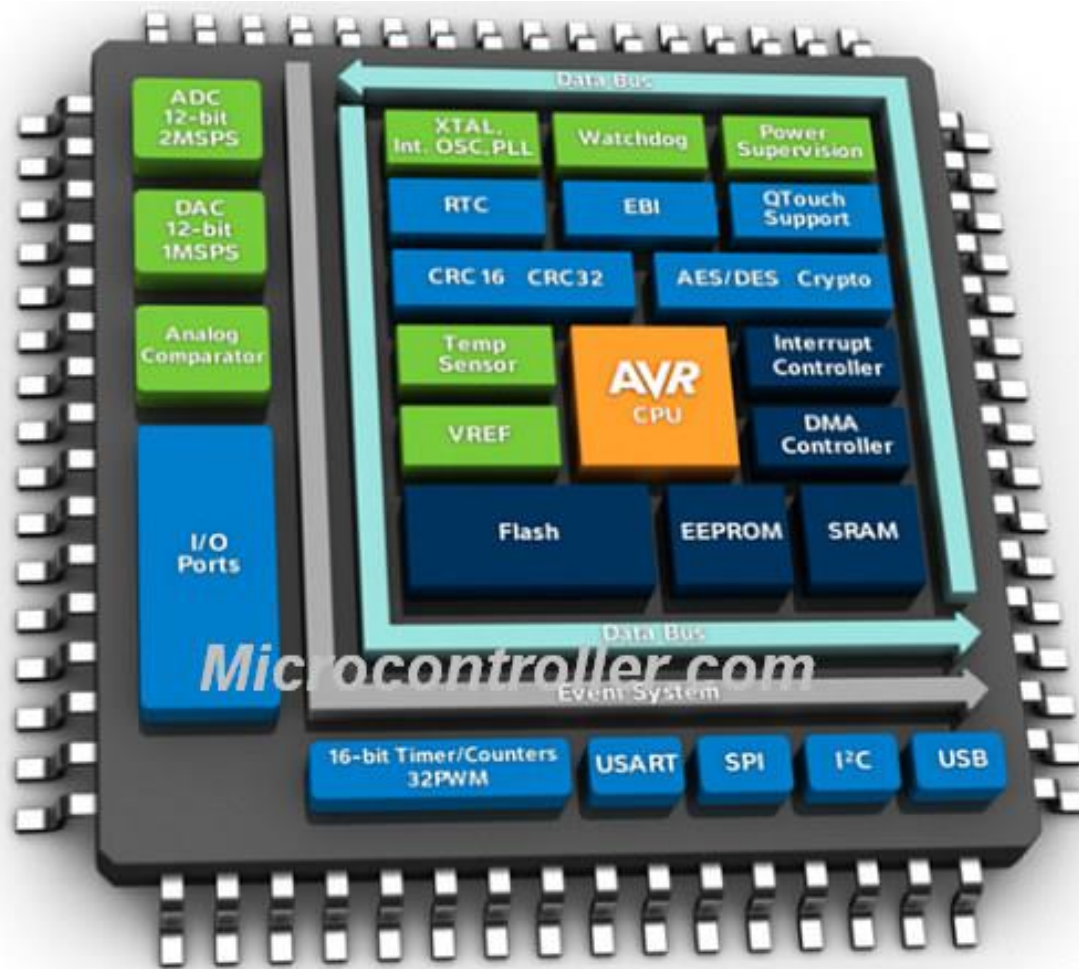
Microprocessor family

แผนภาพ UCTL ใน catalog ที่มีสีแตกต่างกัน สะท้อนกลุ่มสมรรถนะการใช้งาน

ADC/ DAC/
comparator

ตรวจวัดอุณหภูมิ/
แรงดันอ้างอิง/

ช่องทางสื่อสาร
กับอุปกรณ์
ภายนอกอื่นๆ



กำเนิดความถี่/
ตัวนับ-จับเวลา

นาฬิกา(RTC)/
ตัวนับ-จับเวลา/

หน่วยความจำ/
ตัวขัดจังหวะ/

PWM=Pulse Width Modulation

Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

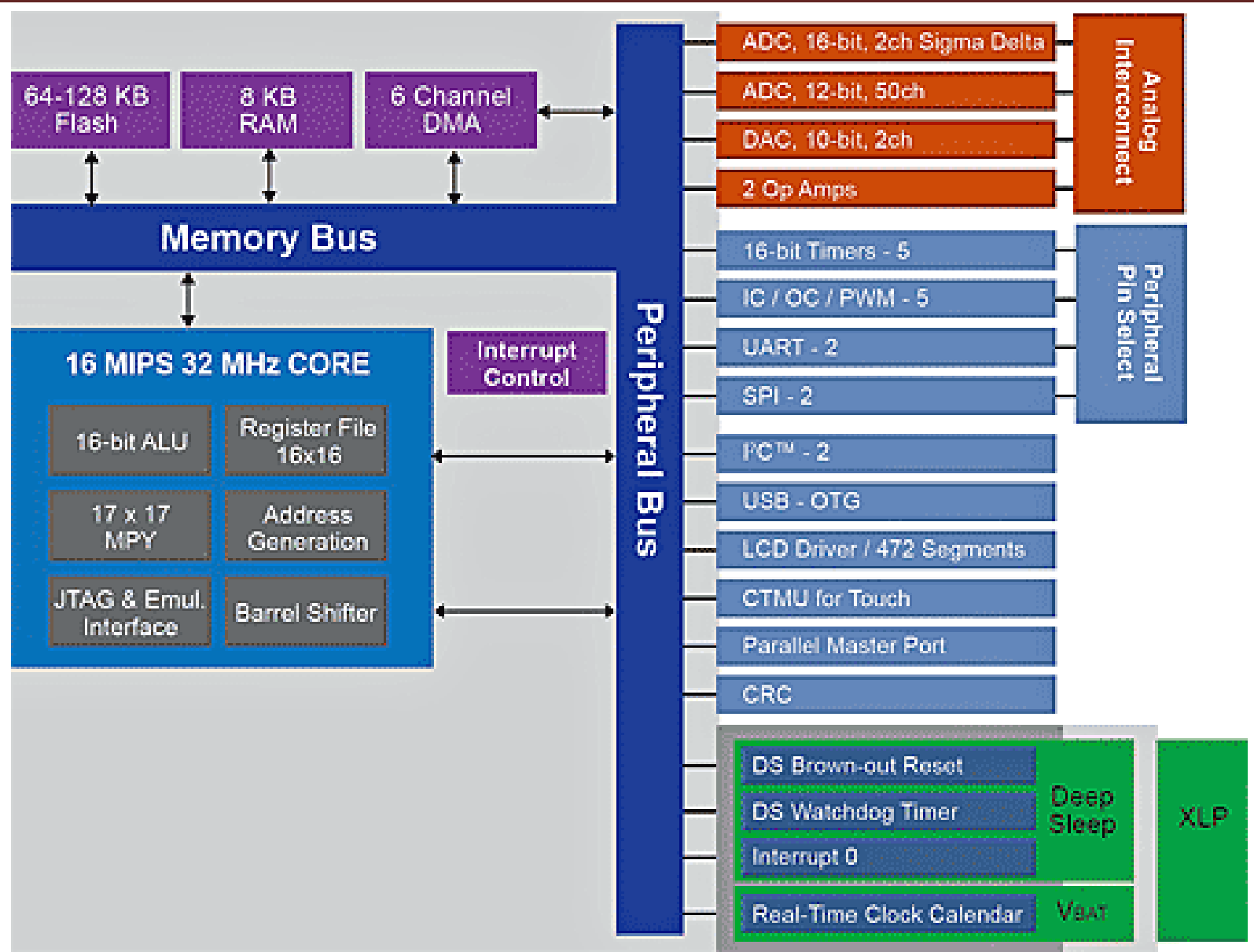
Serial Peripheral Interface

Inter-Integrated Circuit

Universal Serial Bus

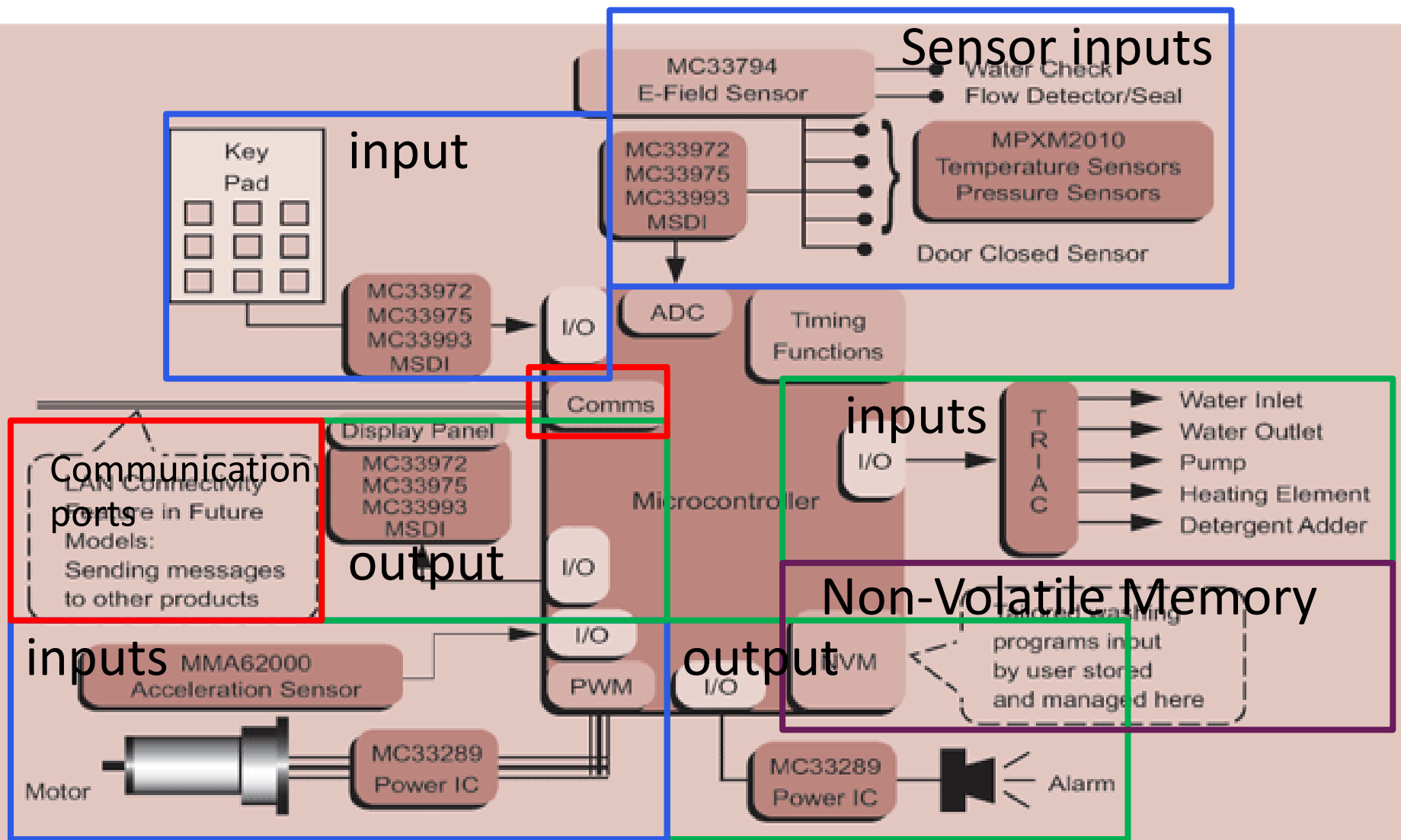
Microprocessor family

UCTL ที่มีแผนภาพสรุป สะท้อนภาพรวมของสมรรถนะทุกด้านที่เข้าใจง่าย



Microprocessor family

UCTL ตัวอย่างระบบควบคุม ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล มีแผนภาพสรุป สะท้อนภาพรวมของสมรรถนะทุกด้านที่เข้าใจง่าย



UCTL ที่พัฒนาขึ้น ผู้พัฒนาต้องมีแผนภาพแสดงตำแหน่งและหน้าที่ระหว่างอุปกรณ์จริงกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สะท้อนภาพรวมของสมรรถนะที่เข้าใจง่าย

รองรับ USB port

แสดงผลกราฟิกและหน้าจอสัมผัส

จุดเชื่อมต่อเซนเซอร์

มีแบตเตอรี่สำรองพลังงาน

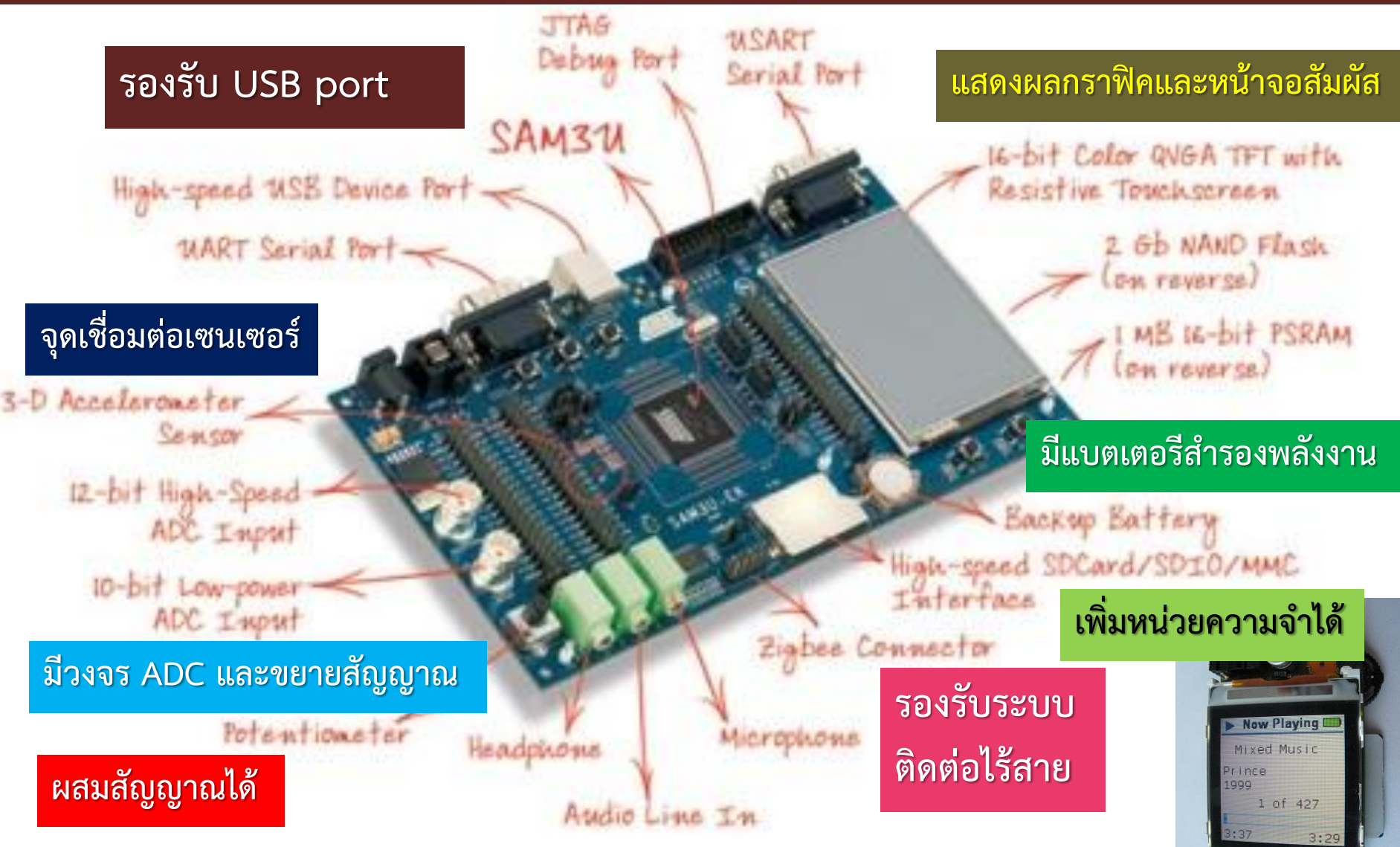
มีวงจร ADC และขยายสัญญาณ

เพิ่มหน่วยความจำได้

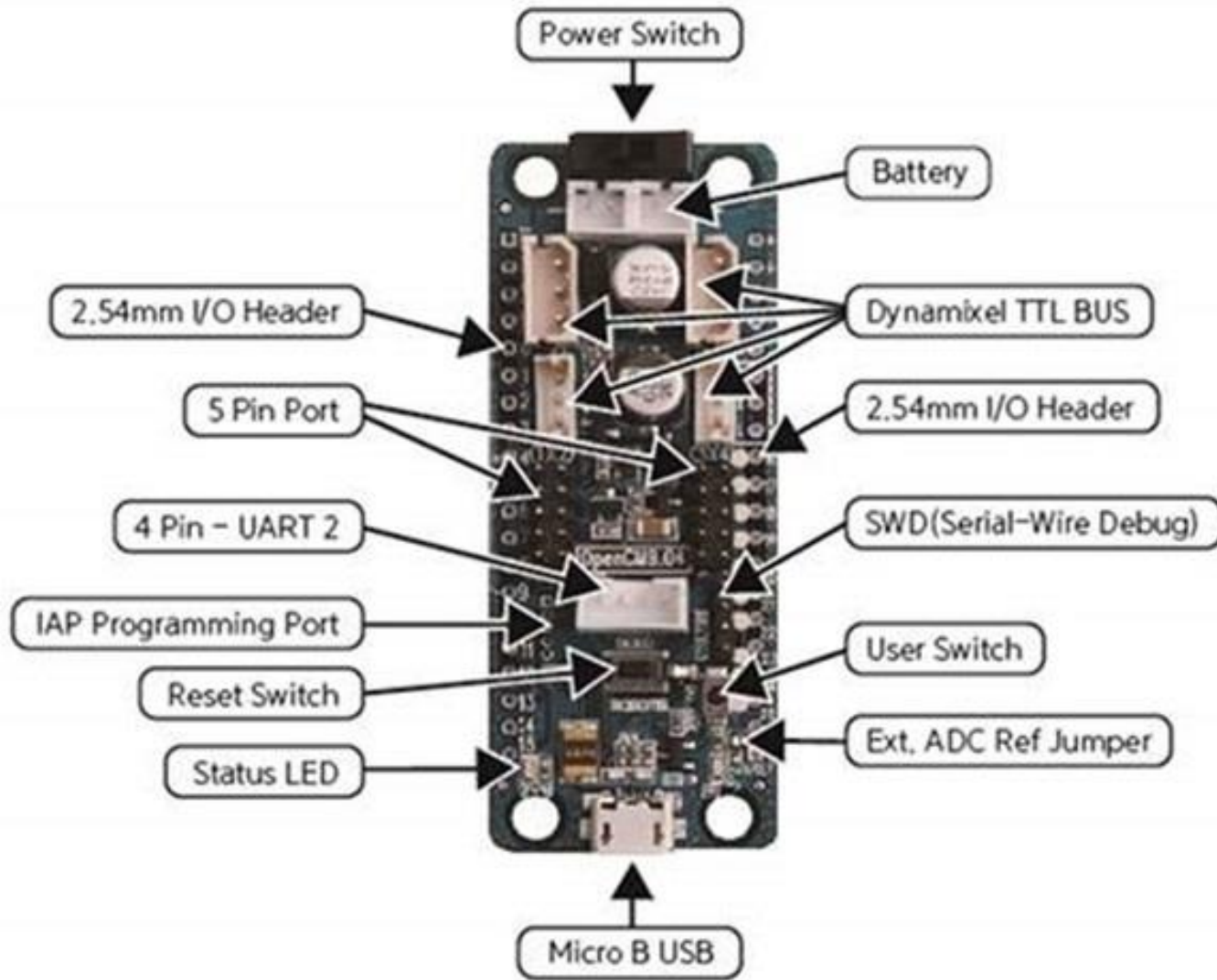
ผสมสัญญาณได้

รองรับระบบติดต่อไร้สาย

Microprocessor family



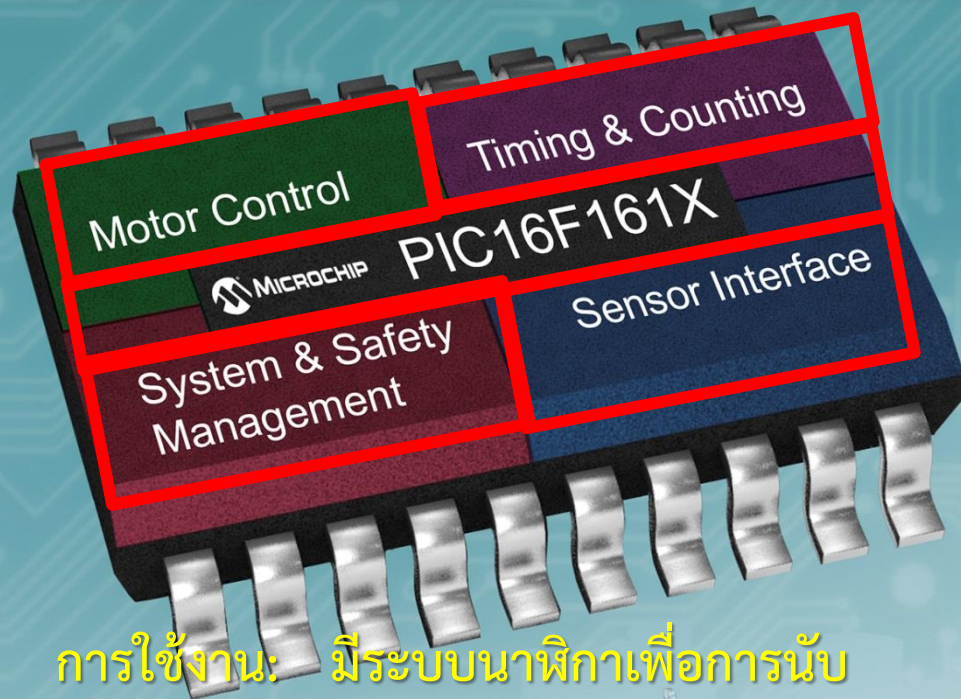
UCTL ที่พัฒนาขึ้น ผู้พัฒนาต้องมีแผนภาพแสดงตำแหน่งและหน้าที่ระหว่าง
อุปกรณ์จริงกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ **สะท้อนภาพรวมของสมรรถนะที่เข้าใจง่าย**



Microprocessor family

UCTL ที่มีรหัสต่างกัน ตัวเลขที่สูงขึ้นยังสะท้อนสมรรถนะการใช้งานที่สูงขึ้น

Advanced Functional Control



การใช้งาน: มีระบบนาฬิกาเพื่อการนับ
และการจับเวลา



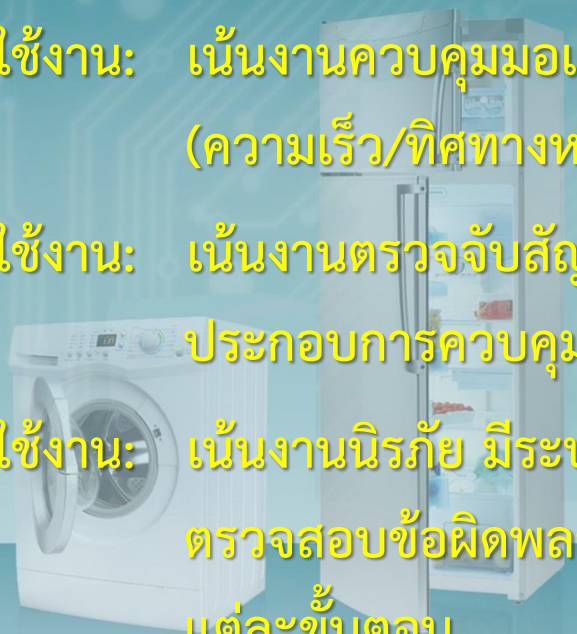
บริษัทผู้ผลิต: ไมโครชิป

เบอร์: PIC16 F161X

การใช้งาน: เน้นงานควบคุมมอเตอร์
(ความเร็ว/ทิศทางหมุน)

การใช้งาน: เน้นงานตรวจจับสัญญาณ
ประกอบการควบคุม

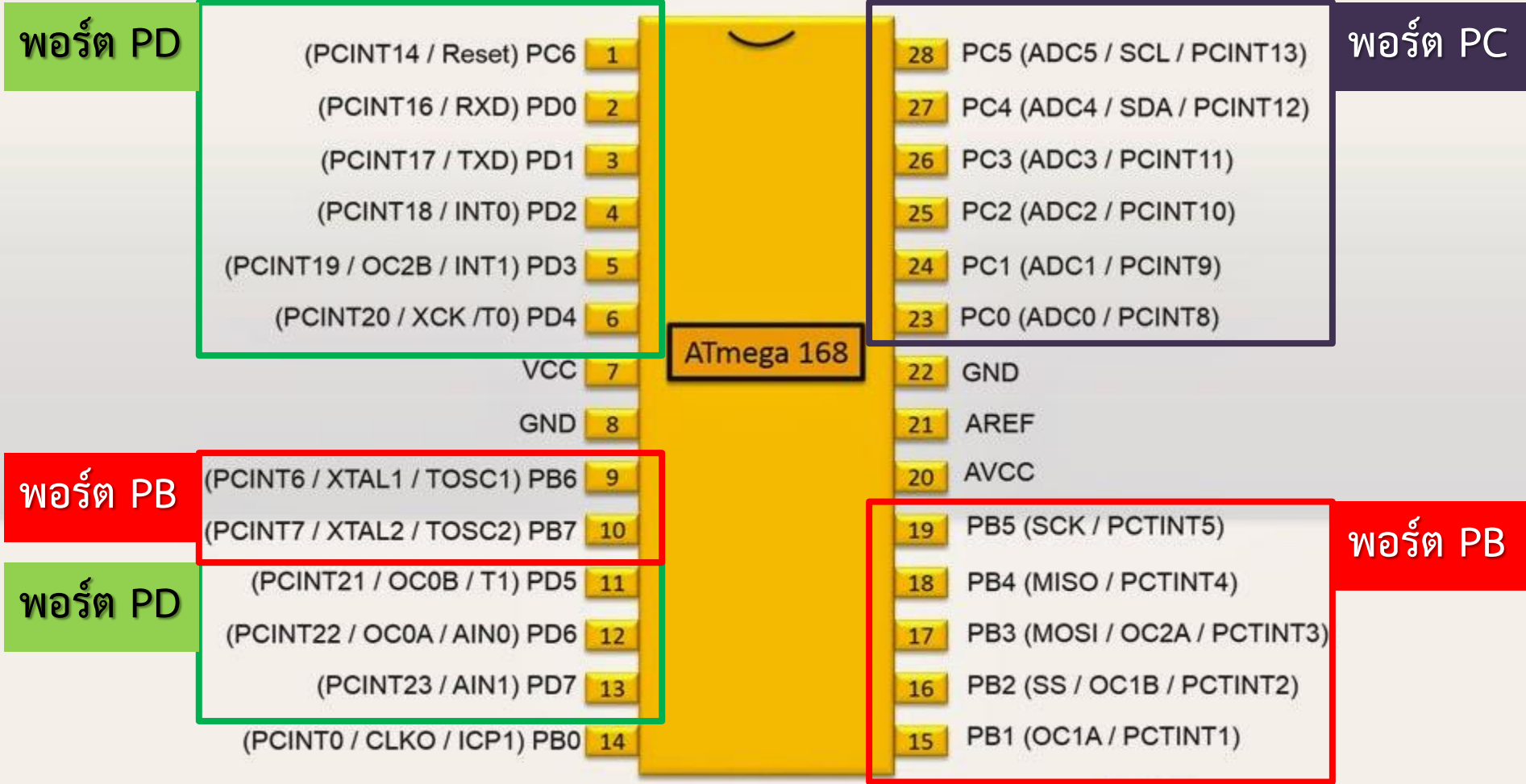
การใช้งาน: เน้นงานนิรภัย มีระบบ
ตรวจสอบข้อผิดพลาดใน
แต่ละขั้นตอน



ภาพในใบโฆษณา สะท้อนสมรรถนะที่ช่วยให้เลือกใช้งานได้ตามต้องการ

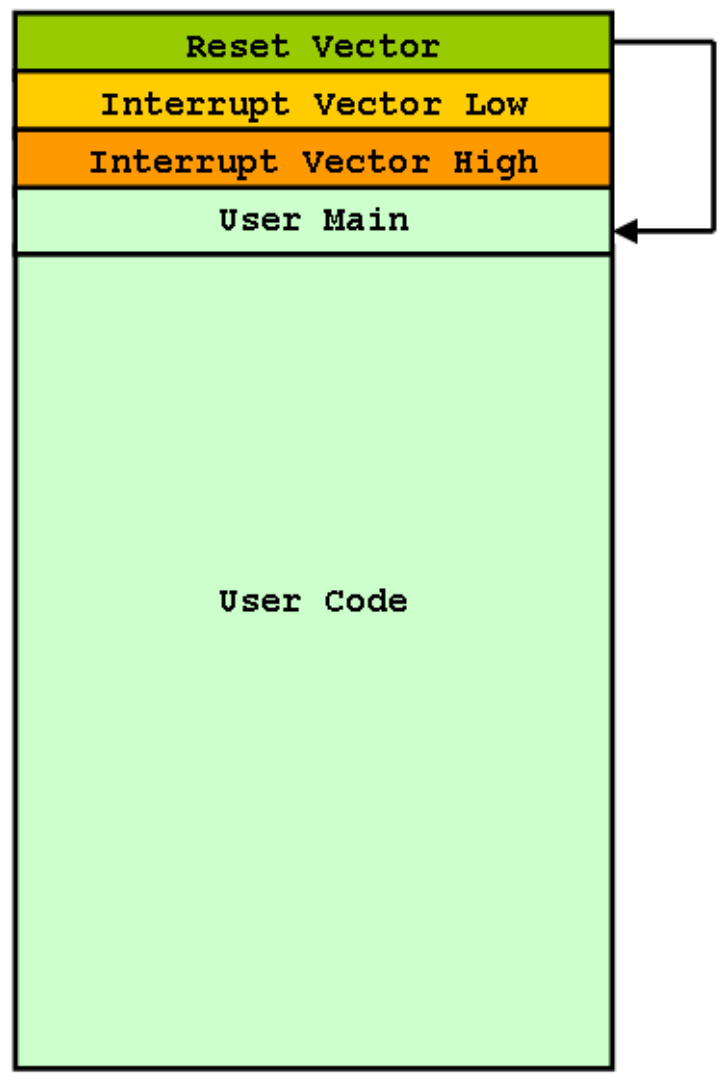
UCTL AVR

UCTL PIN ASSIGNMENT ตัวอย่างชิปยี่ห้อ Atmega 168

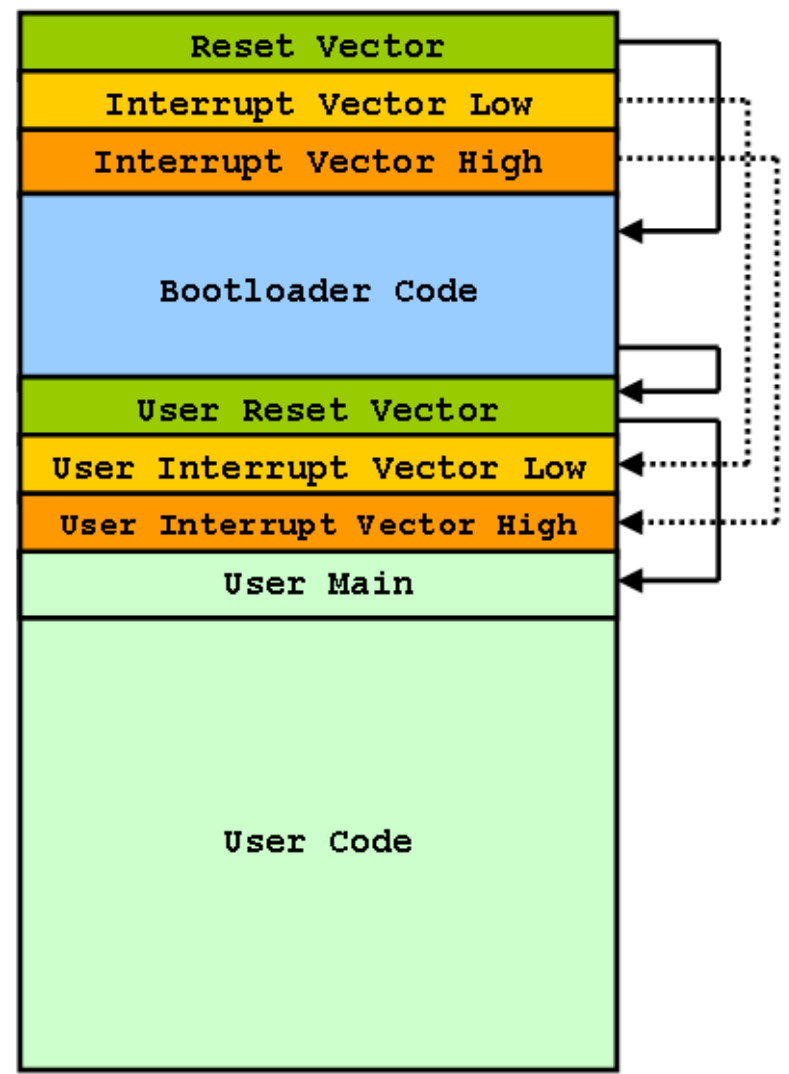


UCTL ARDUINO Bootloader

Memory Map without Bootloader

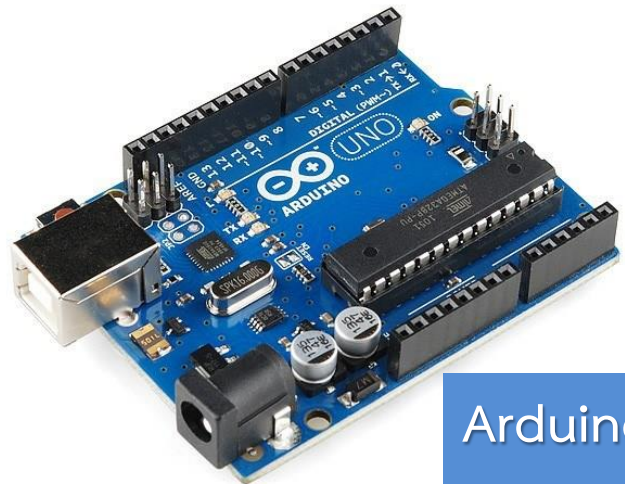


Memory Map with Bootloader



UCTL ARDUINO

UCTL ตัวอย่าง Bootloader ชิพยี่ห้อ **Arduino UNO**, **Arduino YUN**



Arduino UNO

Arduino YUN



No
bootloader

0x000



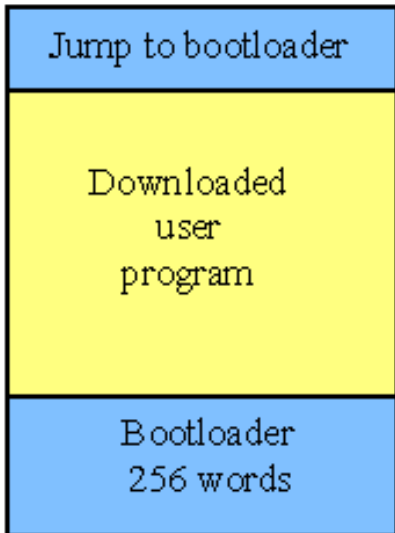
Bootloader
installed

0x000

0x004

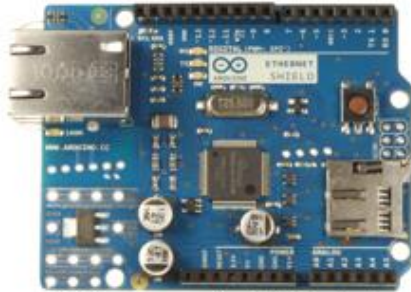
0xF00

0xFFF



ARDUINO: บอร์ดที่เน้นการนำไปใช้งาน/ อเนกประสงค์/ เฉพาะทาง/

Communication



Ethernet Shield



WiFi Shield



GSM Shield

Installing



Proto Shield

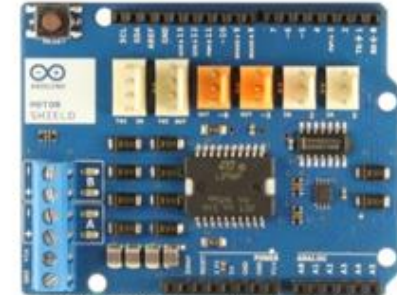


Wireless Proto Shield



Wireless SD Proto Shield

App. Specific



USB Host Shield

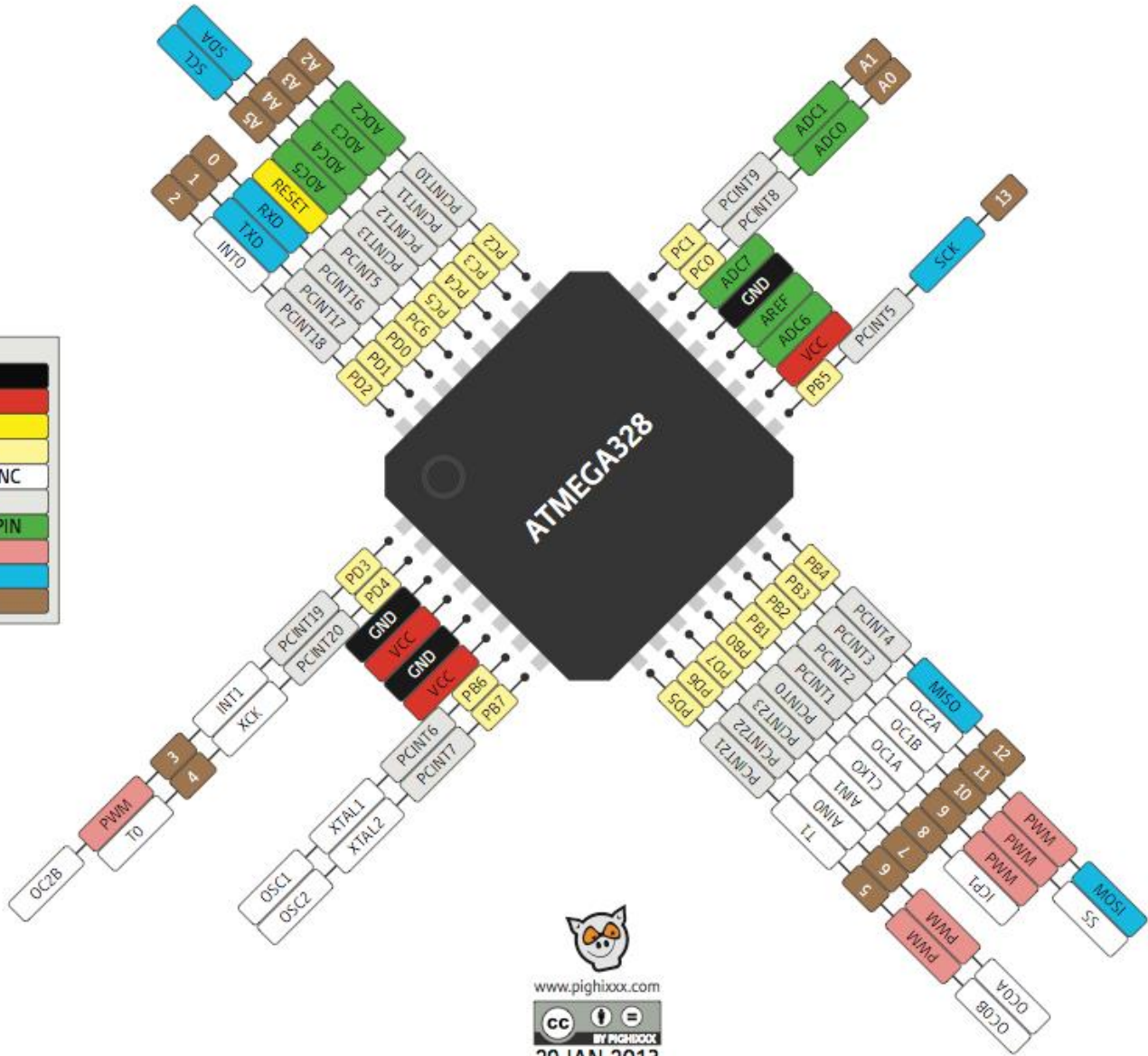


Motor Shield

ARDUINO: Pin Assignment & Duty (CPU on Arduino Uno)

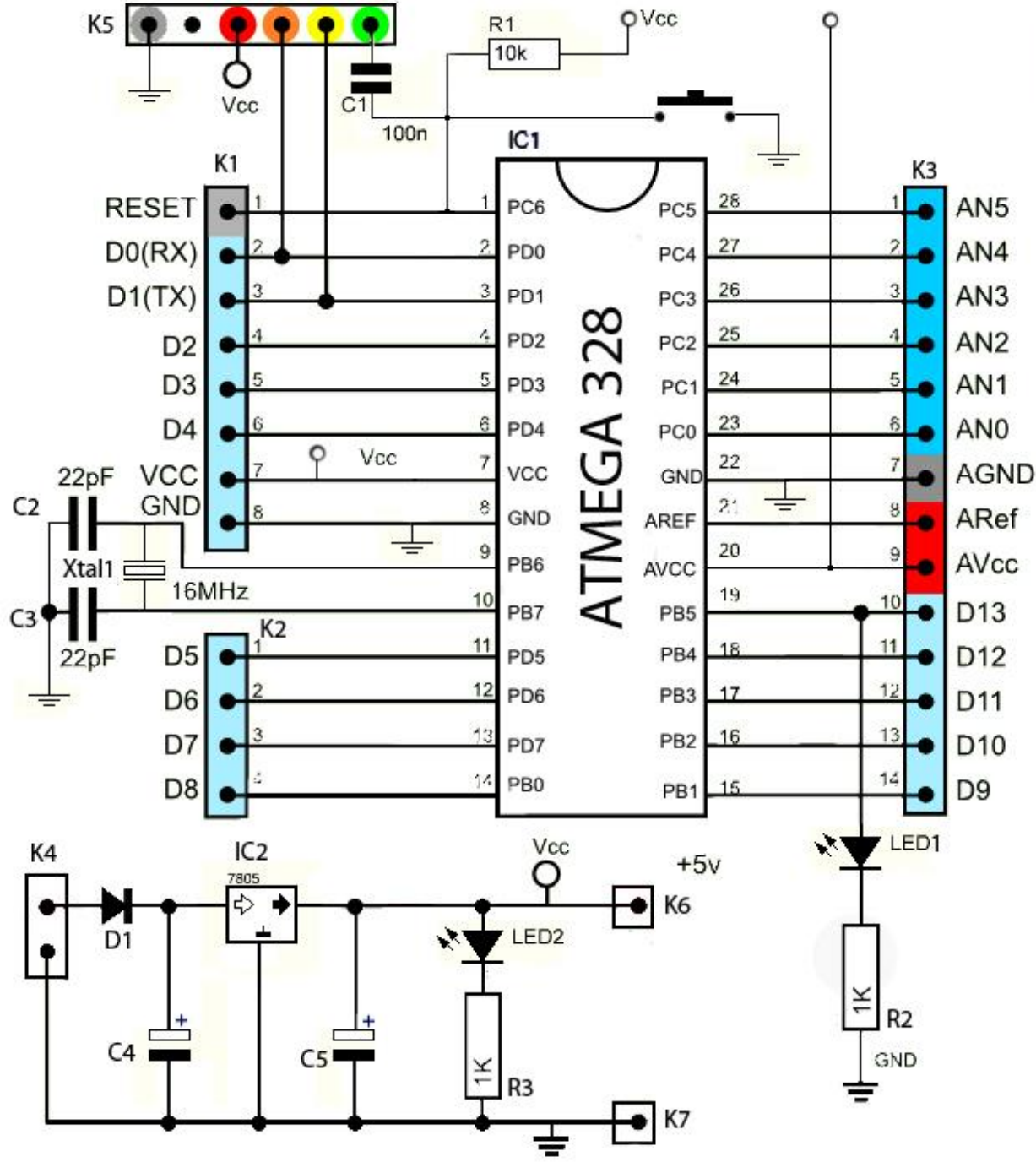
LEGEND

■	GND
■	POWER
■	CONTROL
■	PORT PIN
■	ATMEGA328 PIN FUNC
■	DIGITAL PIN
■	ANALOG-RELATED PIN
■	PWM PIN
■	SERIAL PIN
■	ARDUINO PIN

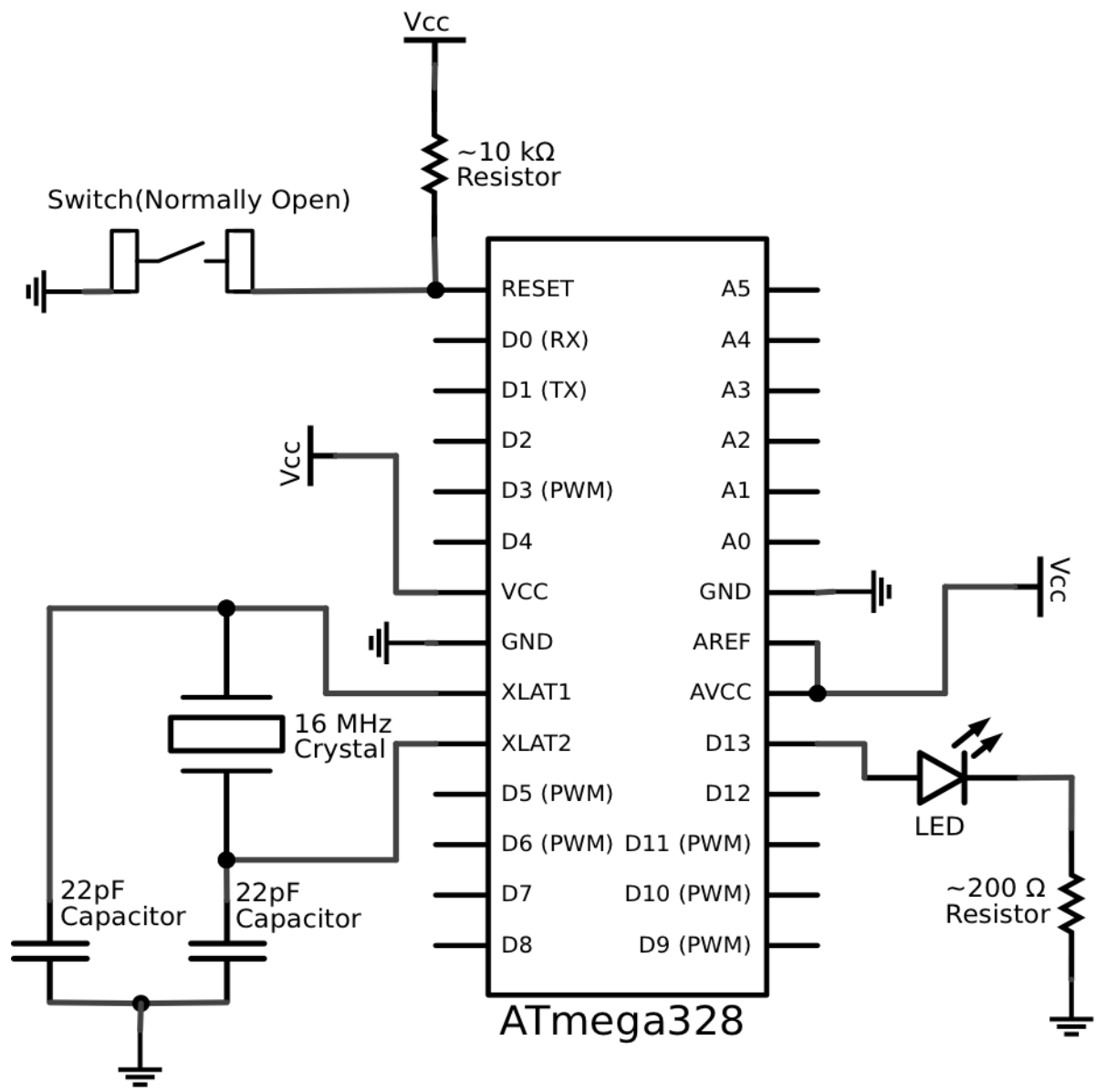


www.pighixx.com
CC BY PIGHIXX
29 JAN 2013

ARDUINO: (Base circuit of Arduino Uno)

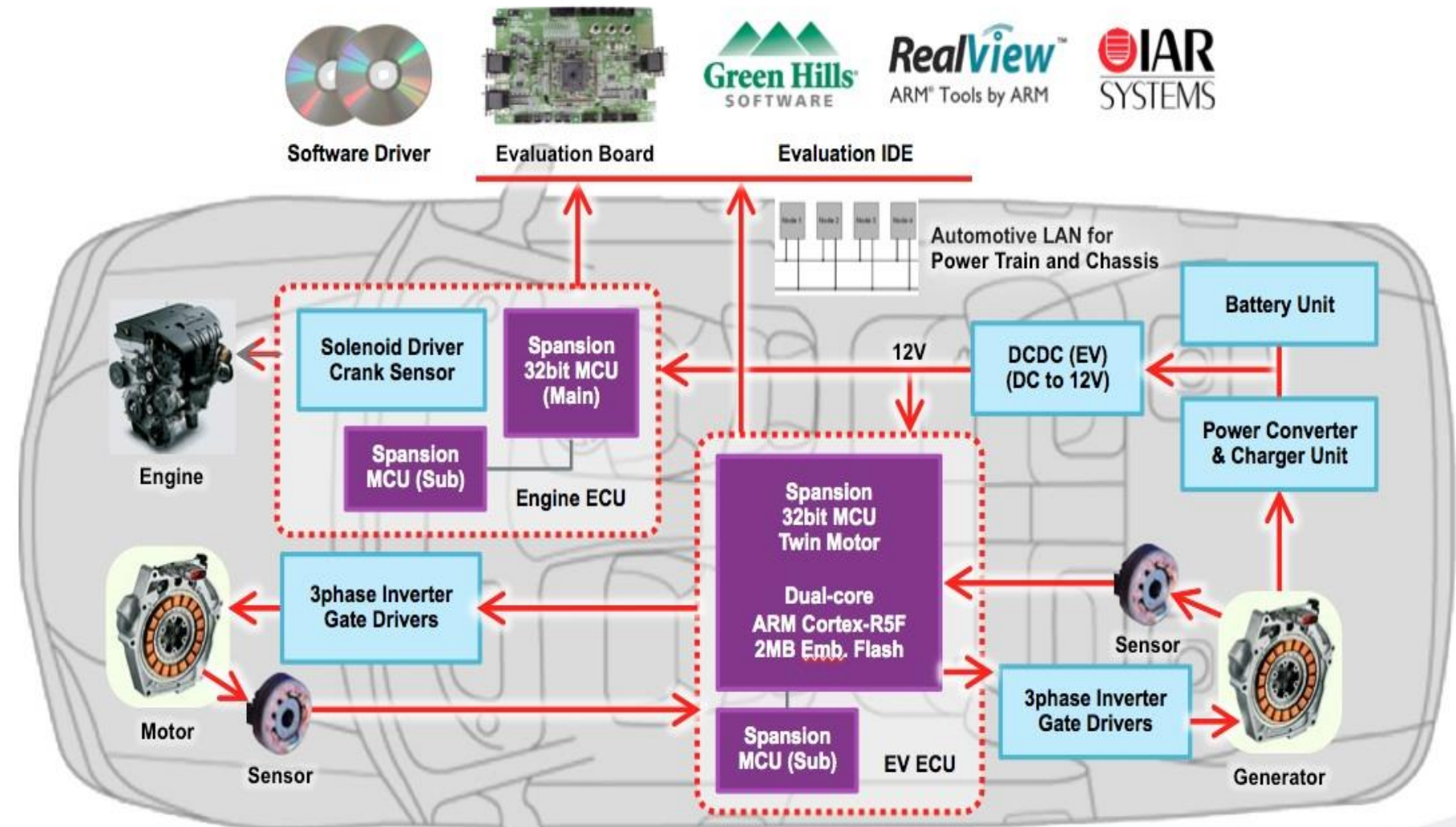


ARDUINO: Base circuit of Arduino Uno (ATmega328)



Microcontroller : บอร์ดที่นำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ภายในรถยนต์/

MCU ย่อมาจาก Microcontroller Unit



EV: electric vehicles

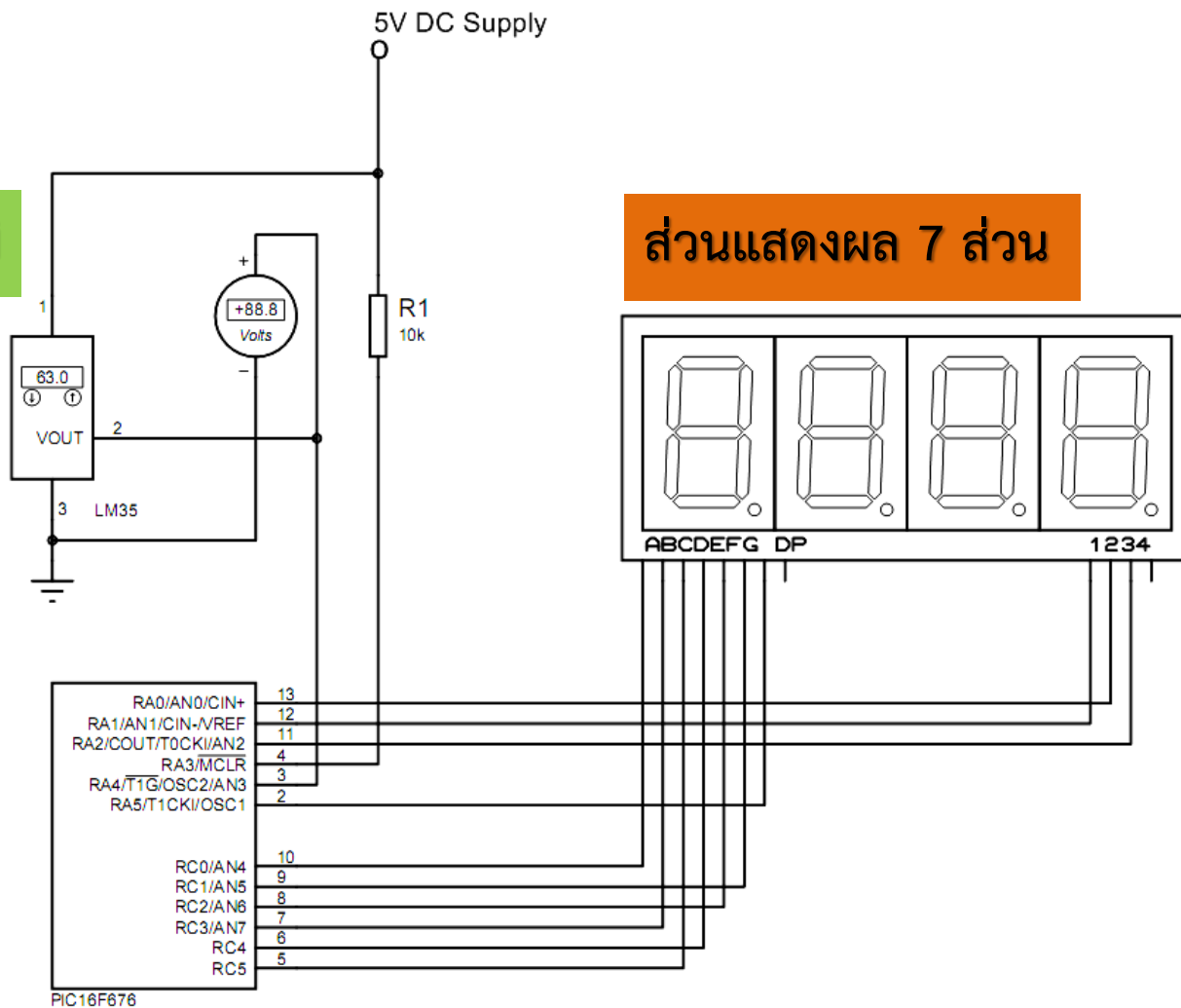
ECU: engine control unit

Microcontroller : บอร์ดที่นำไปใช้งาน ภายในบ้านเรือน/ ในอุตสาหกรรมขนาดกลาง/ ขนาดใหญ่/



UCTL PIC ตัวอย่างการจำลองอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแสดงผลอุณหภูมิ 4 หลัก

LM35 ตัววัดอุณหภูมิ



ตัวประมวลผล PIC16F676

Microprocessor family

UCTL AT89C51 หน่วยสนับสนุนต่างๆภายในชิป

ประกอบด้วย

- ส่วนเชื่อมต่ออะนาลอก
- ส่วนรองรับการติดต่อ/การควบคุม
- ส่วนเชื่อมต่อดิจิทัล

ส่วนเชื่อมต่ออะนาลอก:

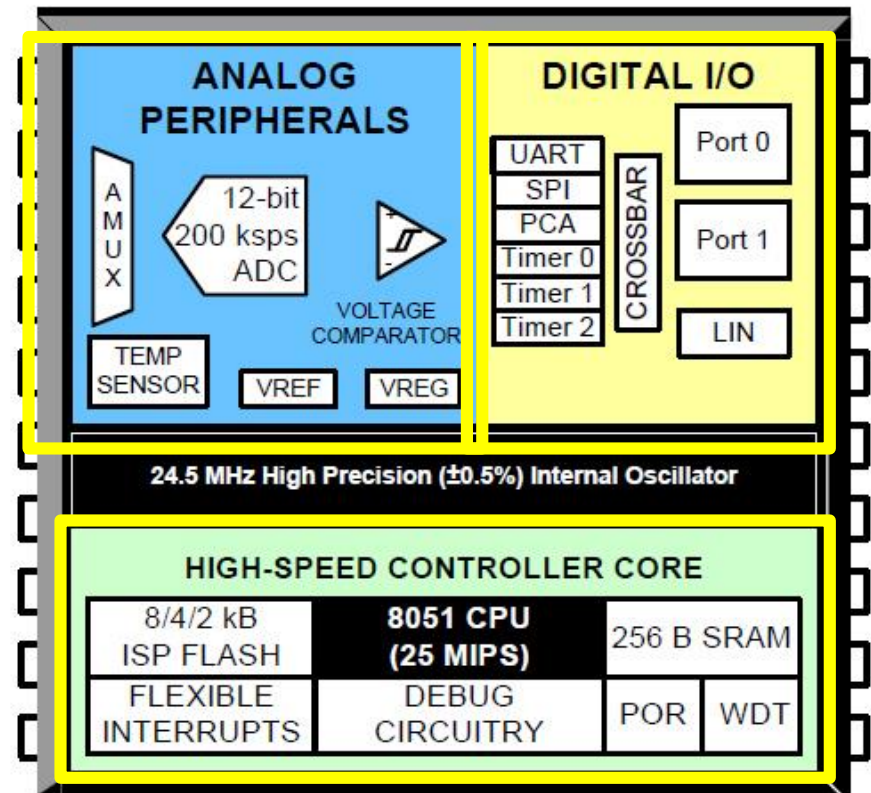
- การแปลงอะนาลอกเป็นดิจิทัล 12 bit
- ตัวตรวจจับอุณหภูมิ
- การให้แรงดันอ้างอิง และแรงดันเปรียบเทียบ

ส่วนรองรับการติดต่อ /การควบคุม :

- การขัดจังหวะ/ หน่วยความจำภายใน (SRAM)/ หน่วยสนับสนุนงาน

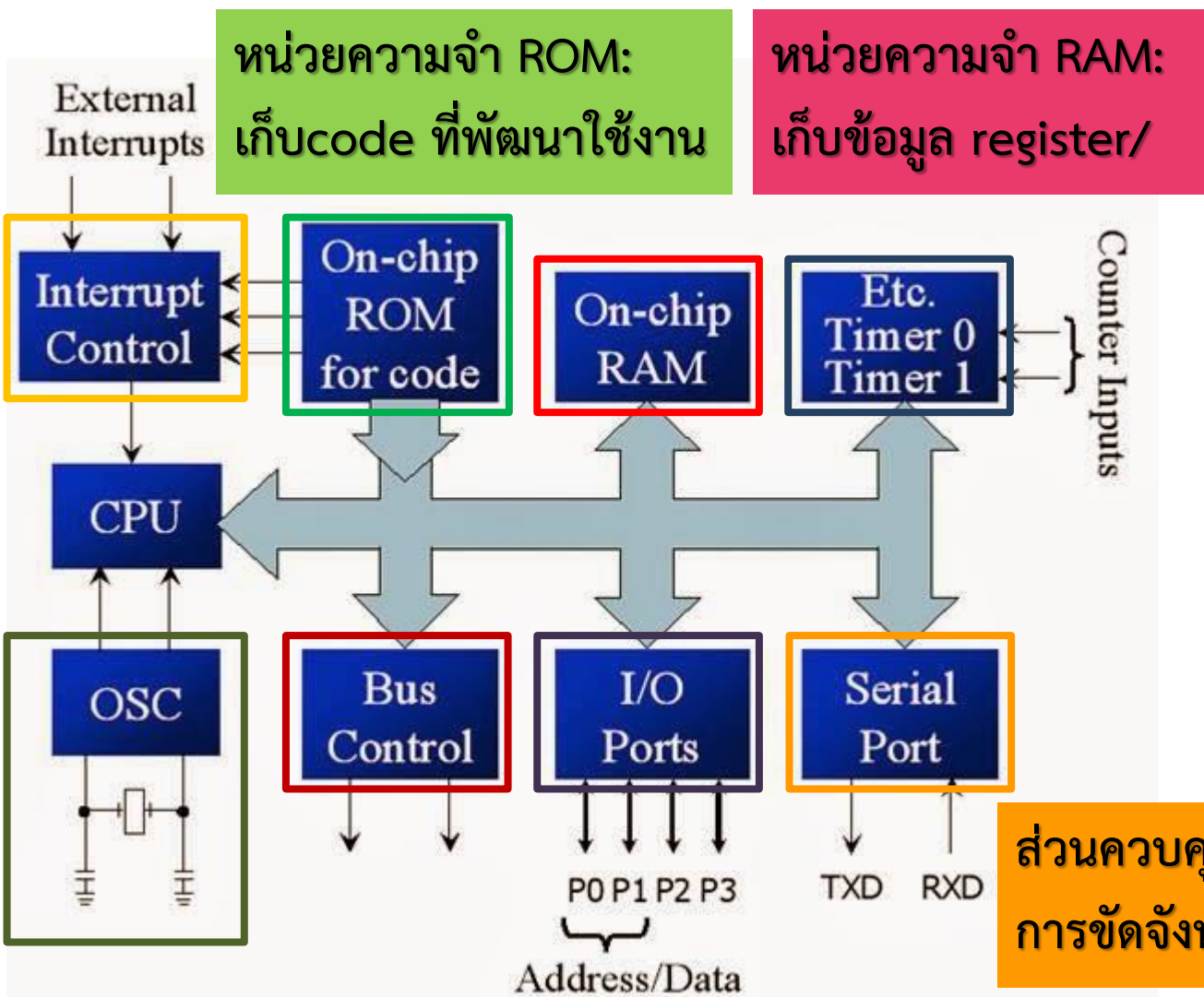
ส่วนเชื่อมต่อดิจิทัล:

- การสื่อสารแบบอนุกรม (UART)
- ช่องสื่อสาร 2 ช่อง(P0, P1)
- วงจรถับเวลา 3 ตัว



UCTL AT89C51

UCTL กับหน่วยสำคัญต่างๆที่อยู่ภายในชิป (ตัวอย่างชิปยี่ห้อ AT89C51)



หน่วยความจำ ROM: เก็บcode ที่พัฒนาใช้งาน

หน่วยความจำ RAM: เก็บข้อมูล register/

ส่วนสร้างฐานเวลาเพื่อการนับและการจับเวลา

จุดเชื่อมต่อการสื่อสารอนุกรมกับภายนอก(serial)

จุดเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก: P0, P1, P2, P3

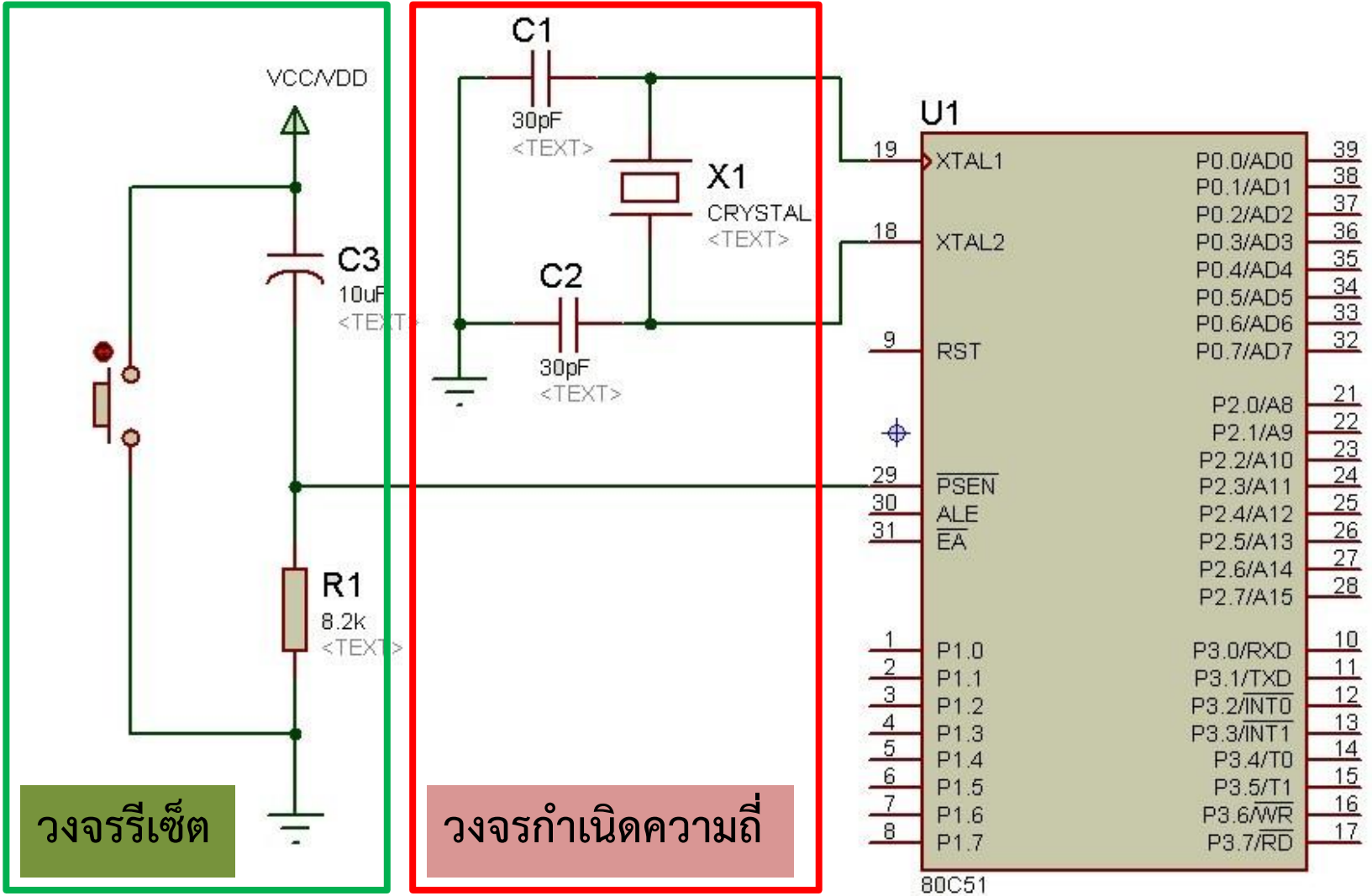
ส่วนควบคุมบัสข้อมูล บัสตำแหน่ง และบัสควบคุม

ส่วนควบคุมการขัดจังหวะ

ส่วนกำเนิดความถี่ในการทำงาน

UCTL AT89C51

UCTL กับการเชื่อมต่ออุปกรณ์พื้นฐาน ตัวอย่างชิปยี่ห้อ AT89C51

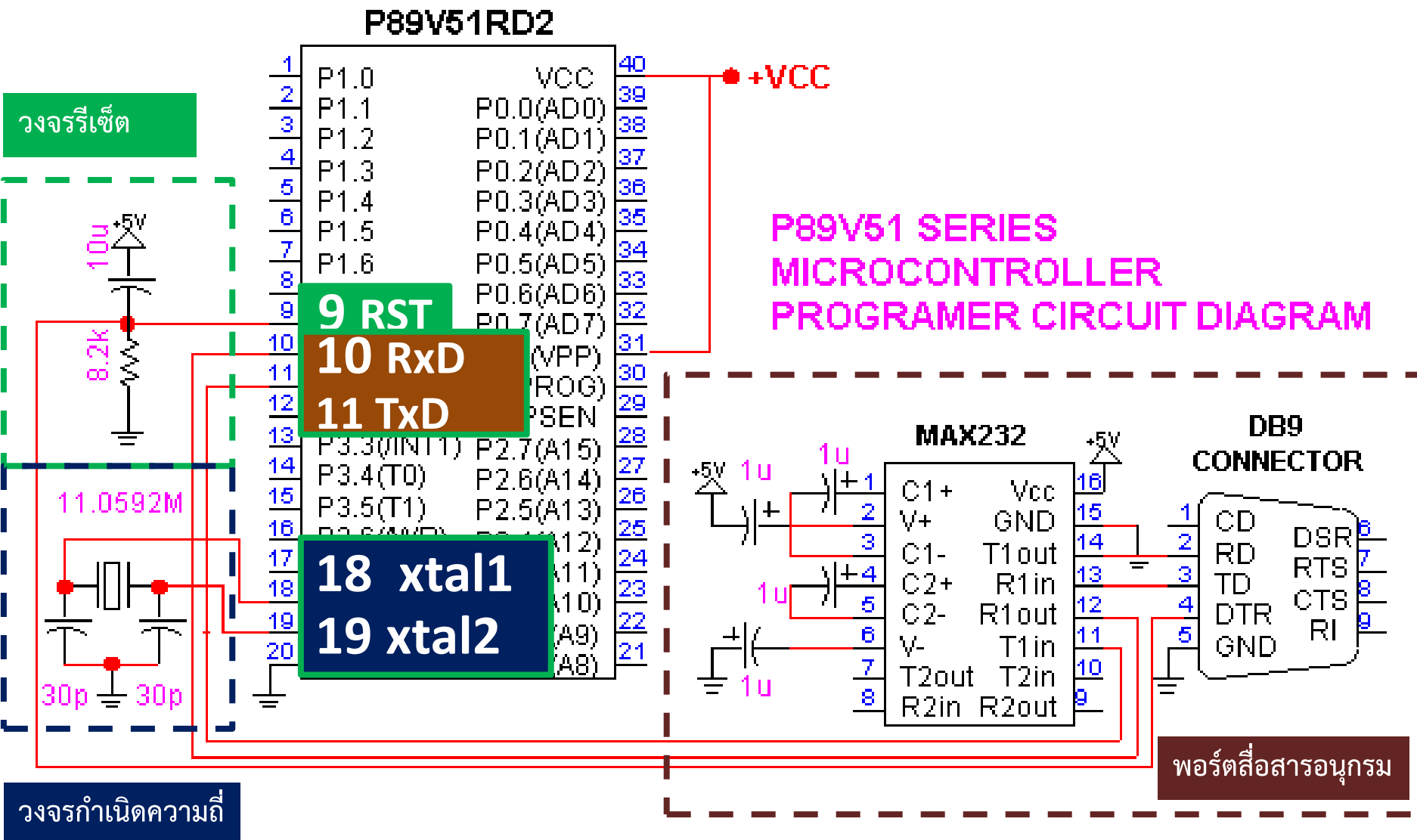


วงจรรีเซ็ต

วงจรกำเนิดความถี่

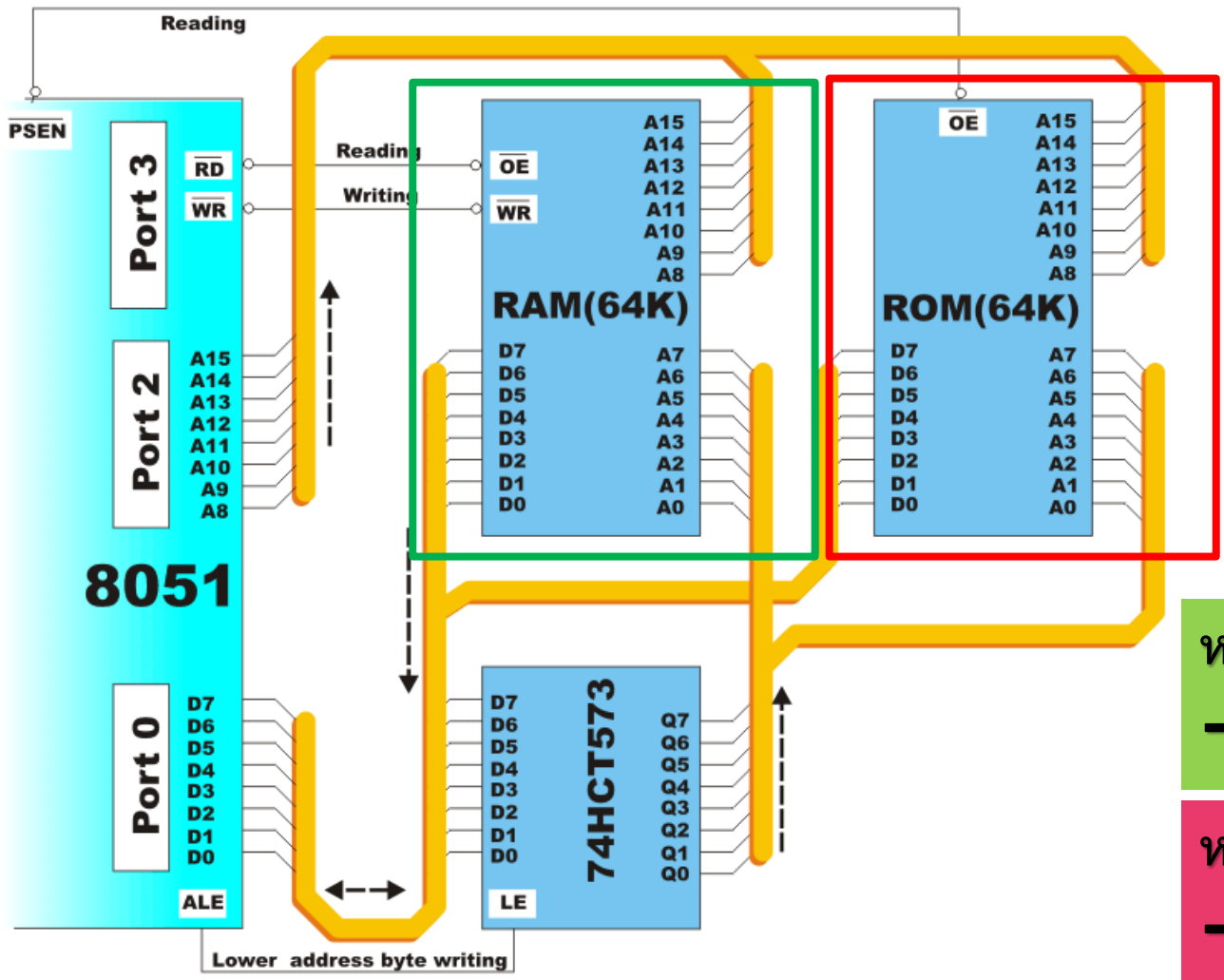
UCTL AT89C51

UCTL กับการเชื่อมต่ออุปกรณ์พื้นฐาน ตัวอย่างชิปยี่ห้อ AT89C51



UCTL AT89C51

UCTL ก็กับการเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก ตัวอย่างชิปยี่ห้อ AT89C51



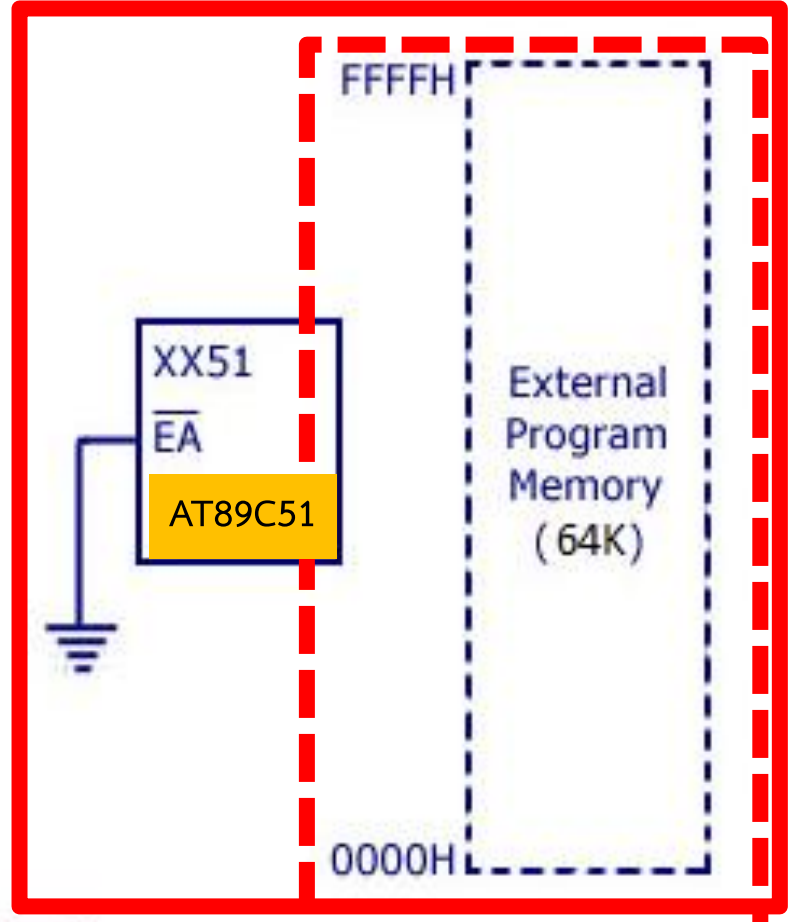
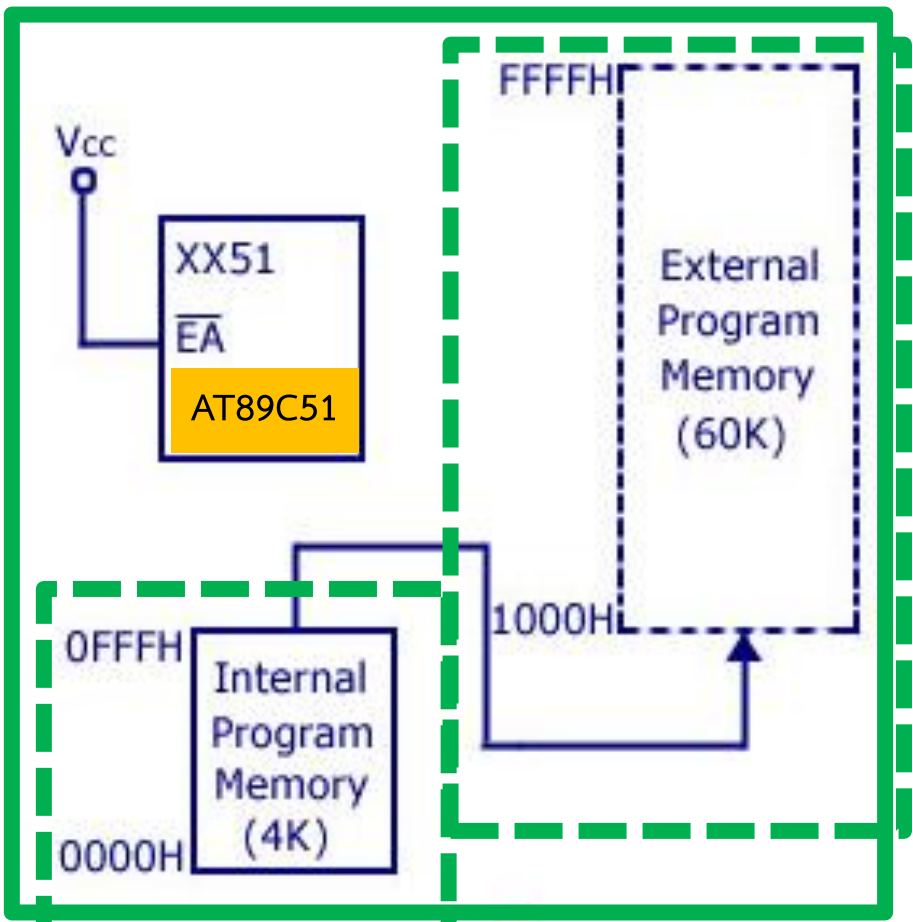
หน่วยความจำ RAM 64KB
→ (0x00000-0x0FFFF)

หน่วยความจำ ROM 64KB
→ (0x10000-0x1FFFF)

UCTL AT89C51 กับการเชื่อมต่อหน่วยความจำ

AT89C51 กับการเชื่อมต่อหน่วยความจำ
ภายใน 4 KB ภายนอก 60 KB

AT89C51 กับการเชื่อมต่อหน่วยความจำ
ภายใน 0 KB ภายนอก 64 KB

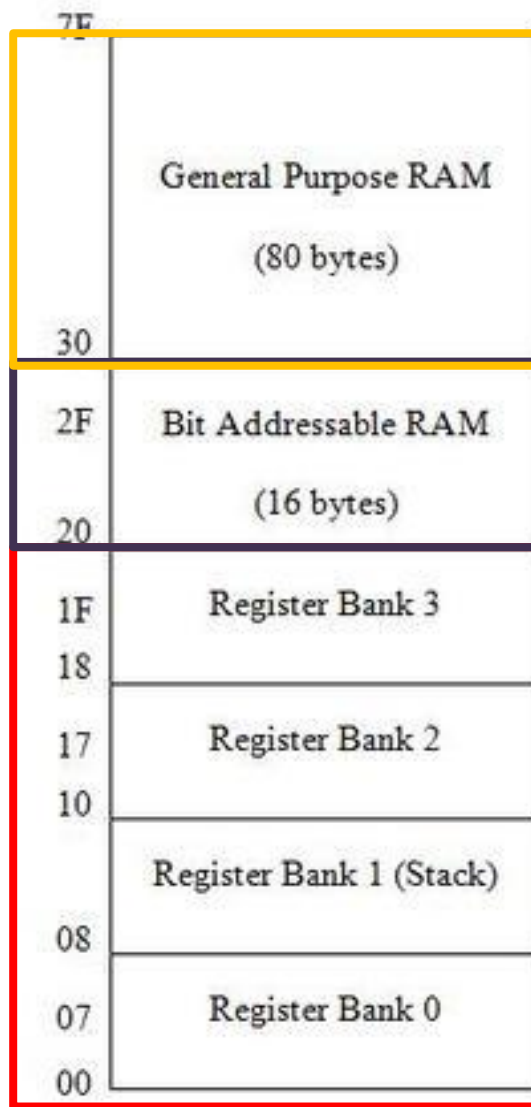


Program memory organization

UCTL AT89C51 ก้บการเชื่อมต่อหน่วยความจำ

AT89C51 ก้บการเชื่อมต่อ
หน่วยความจำข้อมูล
(data memory) 128 byte
(0x00-0x7F)

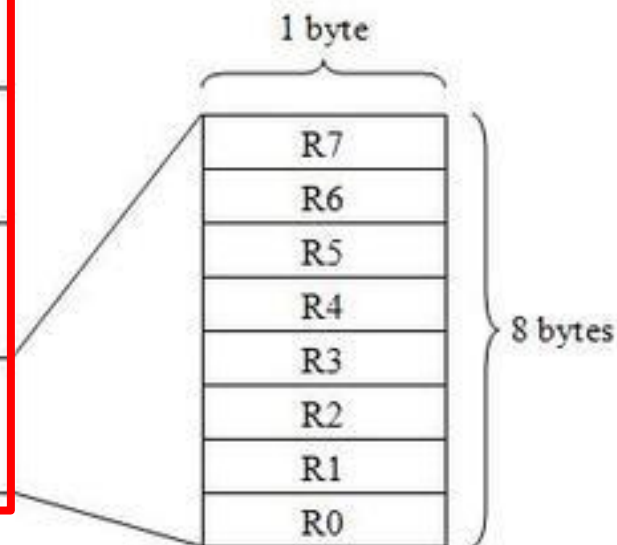
-ที่เก็บข้อมูลรีจิสเตอร์ R0-R7
(4 ชุด : 0x00-0x1F)



RAM

-ที่เก็บข้อมูล
ค่าตัวแปร/stack/
→ 80 byte (0x30-0x7F)

-ที่เก็บข้อมูลรีจิสเตอร์ SFR
→ 16 byte (0x20-0x2F)



128 Bytes of Internal RAM

Byte address

Bit address

7F

General purpose RAM

Bit-addressable locations

30

2F

2E

2D

2C

2B

2A

29

28

27

26

25

24

23

22

21

20

1F

18

17

10

0F

08

07

00

7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
77	76	75	74	73	72	71	70
6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
67	66	65	64	63	62	61	60
5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
57	56	55	54	53	52	51	50
4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
47	46	45	44	43	42	41	40
3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
37	36	35	34	33	32	31	30
2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
27	26	25	24	23	22	21	20
1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
17	16	15	14	13	12	11	10
0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
07	06	05	04	03	02	01	00

Bank 3

Bank 2

Bank 1

Default register bank for R0-R7

RAM

-ที่เก็บข้อมูล

ค่าตัวแปร/stack/

→ 80 byte (0x30-0x7F)

-ที่เก็บข้อมูลรีจิสเตอร์ SFR

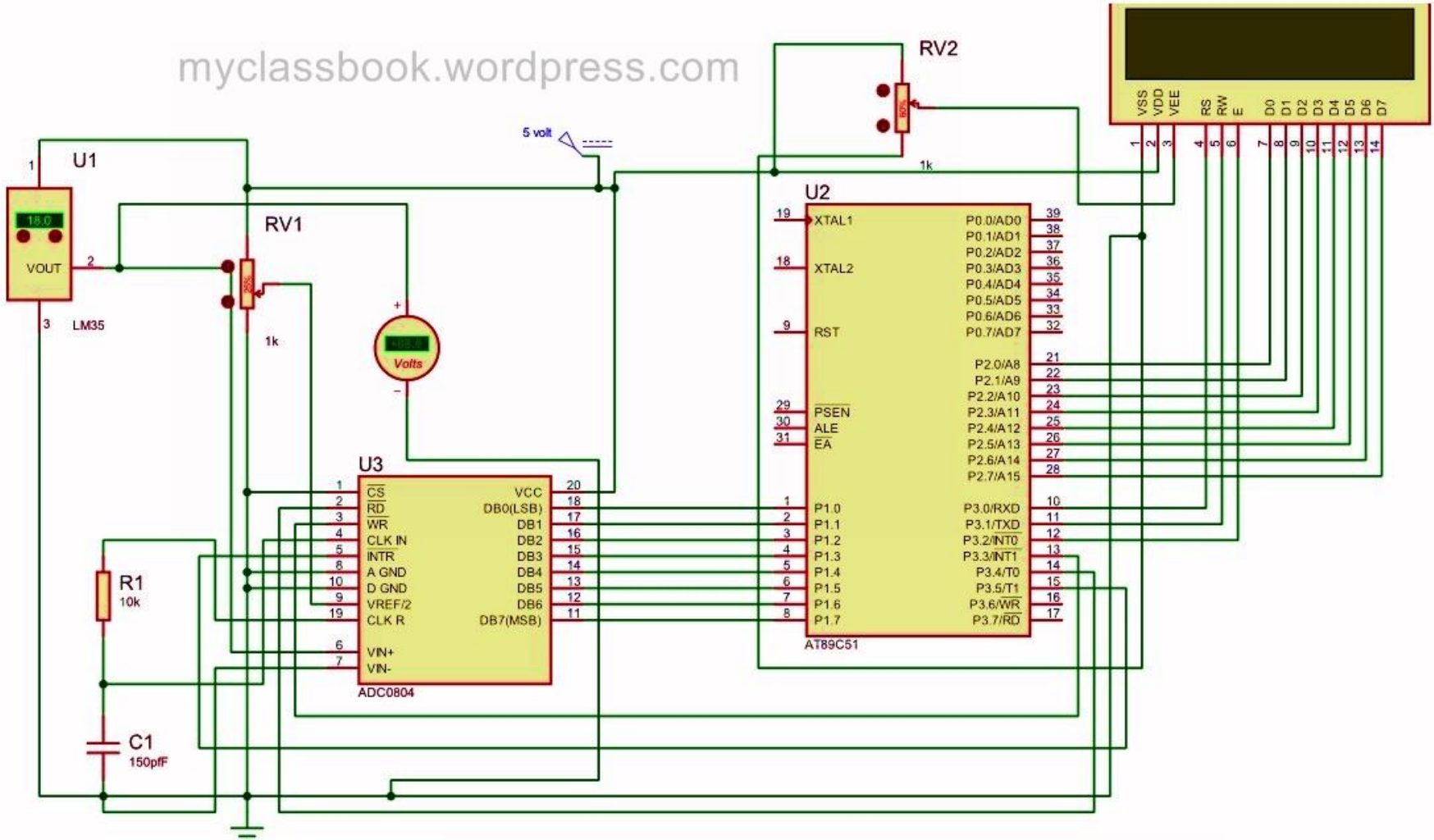
→ 16 byte (0x20-0x2F)

-ที่เก็บข้อมูลรีจิสเตอร์ R0-R7

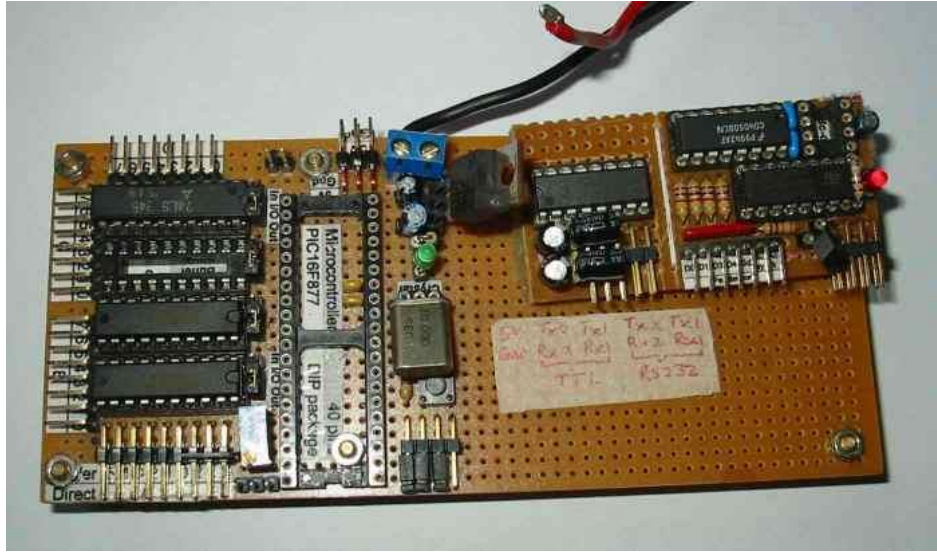
→ 32 byte (4 ชุด : 0x00-0x1F)

UCTL AT89C51 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เป็นเทอร์โมมิเตอร์(วัดอุณหภูมิ)

myclassbook.wordpress.com



Digital thermometer using 8051



กำหนดให้ AT89C51 ทำงานที่ความถี่ 12 MHz.

ต้องการสร้างฐานเวลา 0.5 มิลลิวินาที

เวลา 1 สัญญาณนาฬิกา = $1/(12 \text{ MHz}) = 0.083$ ไมโครวินาที

เวลา 1 machine cycle = (เวลา 1 สัญญาณนาฬิกา) \times (12 ลูก / 1 Machine cycle)
= $(0.083 \text{ ไมโครวินาที}) \times (12 \text{ ลูก / 1 Machine cycle})$
= (1 ไมโครวินาที)

คำนวณจำนวน machine cycle ก่อนถึง Overflow = จำนวนครั้งที่นับหน่วยเวลา

จำนวน machine cycle = (ฐานเวลา 0.5 มิลลิวินาที) / (เวลา 1 machine cycle)

จำนวน machine cycle = $(0.5 \text{ มิลลิวินาที}) / (1 \text{ ไมโครวินาที}) = (500) / (1)$
= 500 = จำนวนครั้งที่นับหน่วยเวลา

คำนวณค่าเวลาที่แทนลงใน Timer0 (reg. TH0 , TL0)

ค่าเวลา = $(65536) - (\text{จำนวนครั้งที่นับหน่วยเวลา})$

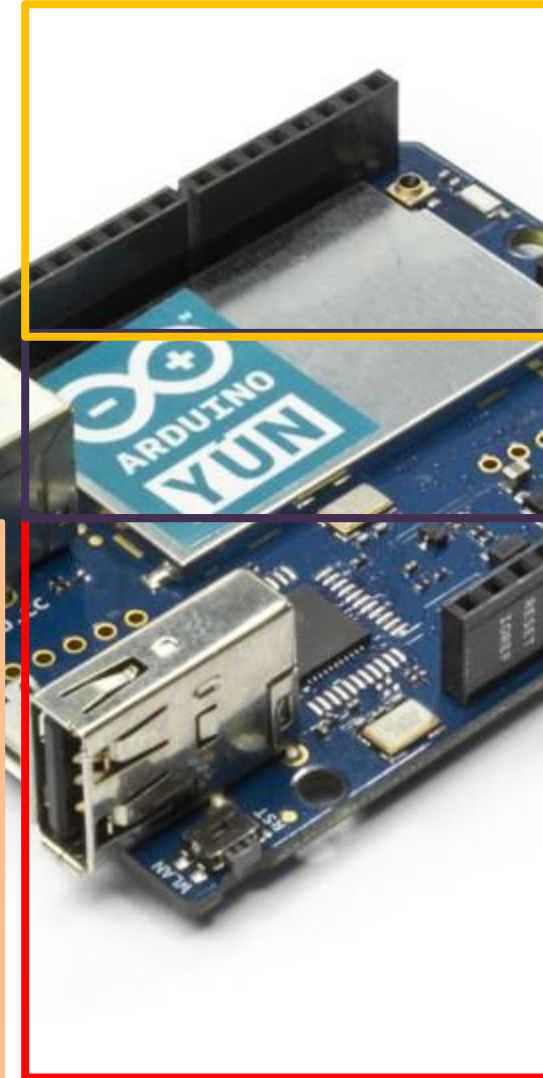
ค่าเวลา = $(65536) - (500) = 6,5036 = \text{FE0C}$

ดังนั้น TH0 = 0xFE , TL0 = 0x0C

UCTL AT89C51

AT89C51 ก็กับการเชื่อมต่อ
หน่วยความจำข้อมูล
(data memory) 128 byte
(0x00-0x7F)

-ที่เก็บข้อมูลรีจิสเตอร์ R0-R7
(4 ชุด : 0x00-0x1F)



-ที่เก็บข้อมูล
ค่าตัวแปร/stack/
→ 80 byte (0x30-0x7F)

-ที่เก็บข้อมูลรีจิสเตอร์ SFR
→ 16 byte (0x20-0x2F)