

## Giới thiệu về Vi Điều Khiển

1. Vi điều khiển hay Vi xử lý là gì?
2. Các chức năng của vi điều khiển & tín hiệu vào/ra?
3. Thông số kỹ thuật của vi điều khiển? (+ điện áp nguồn, điện áp ngõ vào/ra các chân digital/analog)
4. Tập lệnh mã máy (instructions)?
5. Ngôn ngữ lập trình & Trình biên dịch (compiler)?
6. Nạp chương trình (programmer)? (+ read, write, read-protection, write-protection)

## Lập trình Arduino (hay bất kì VXL nào)

1. Cấu trúc chương trình: library, setup, loop, function, interrupt
2. Điều khiển giao tiếp Serial (+ escape sequence)
3. Điều khiển giao tiếp LCD
4. Điều khiển Digital I/O, External Interrupt
5. Điều khiển Timer, Input Capture, Output Compare, PWM
6. Điều khiển ADC
7. Điều khiển giao tiếp nối tiếp UART, SPI, I<sup>2</sup>C, CAN, LIN
8. Điều khiển DMA

### Ghi chú:


- Sơ đồ chân VXL & pin layout của board
- Xung clock hệ thống, timer, ADC, giao tiếp nối tiếp
- Tên các thanh ghi, tên các bit, tên các hằng số
- Giảm đồ thời gian thực hiện các chức năng của VXL
- Các lệnh set bit, clear bit
- Các mạch điện cơ bản
- Chương trình nền; Chương trình con; interrupt
- Cờ trạng thái → Hỏi vòng (polling)

## Ngôn ngữ lập trình C/C++

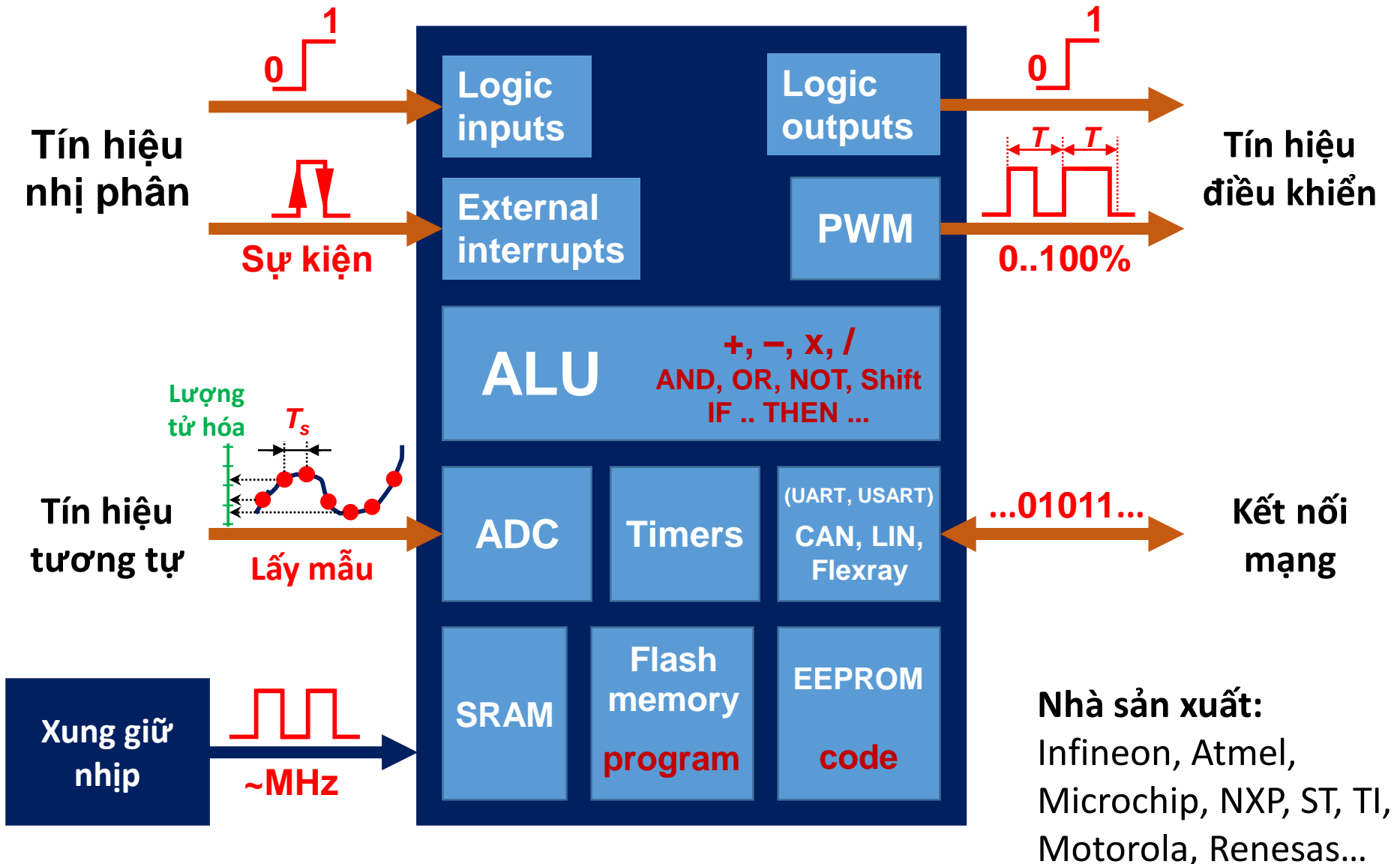
1. Kiểu biến (cơ bản): boolean (flag), 8-bit, 16-bit, 32-bit, 64-bit
2. Kiểu biến (mở rộng): enum, struct, union
3. Toán tử số học: +, -, \*, /, %, ++, --
4. Toán tử so sánh: ==, !=, >, <, >=, <=
5. Toán tử logic: && (AND), || (OR), ! (NOT)
6. Toán tử logic trên từng bit: & (AND), | (OR), ~ (NOT), ^ (XOR), << (left shift), >> (right shift)
7. Cấu trúc rẽ nhánh (điều kiện): if, switch
8. Cấu trúc lặp: for, while
9. Mảng (array)
10. Con trỏ (pointer)

### Ghi chú:

- Kí hiệu trong chương trình: //, /\* ... \*/ , {...} , ; , (...), #define, #include "...", #include <...>
- Quy định về cách đặt tên biến, constant, function
- Quy ước cách đặt tên biến, constant
- Ghi chú trong chương trình
- Ép kiểu: **a = (kiểu biến của a) (biểu thức);**
- Rẽ nhánh:  
**a = (biểu thức điều kiện)?(g.trị nếu ĐÚNG):(g.trị nếu SAI);**
- Phép gán: =, +=, -=, \*=, /=, &=, |=, ^=, <<=, >>=

 **Quy tắc thiết kế: (1) Bố trí chung + (2) Giảm đồ thời gian + (3) Lưu đồ giải thuật**

# VI XỬ LÝ – VI ĐIỀU KHIỂN



# Tín hiệu ngõ vào dạng nhị phân (Digital input)

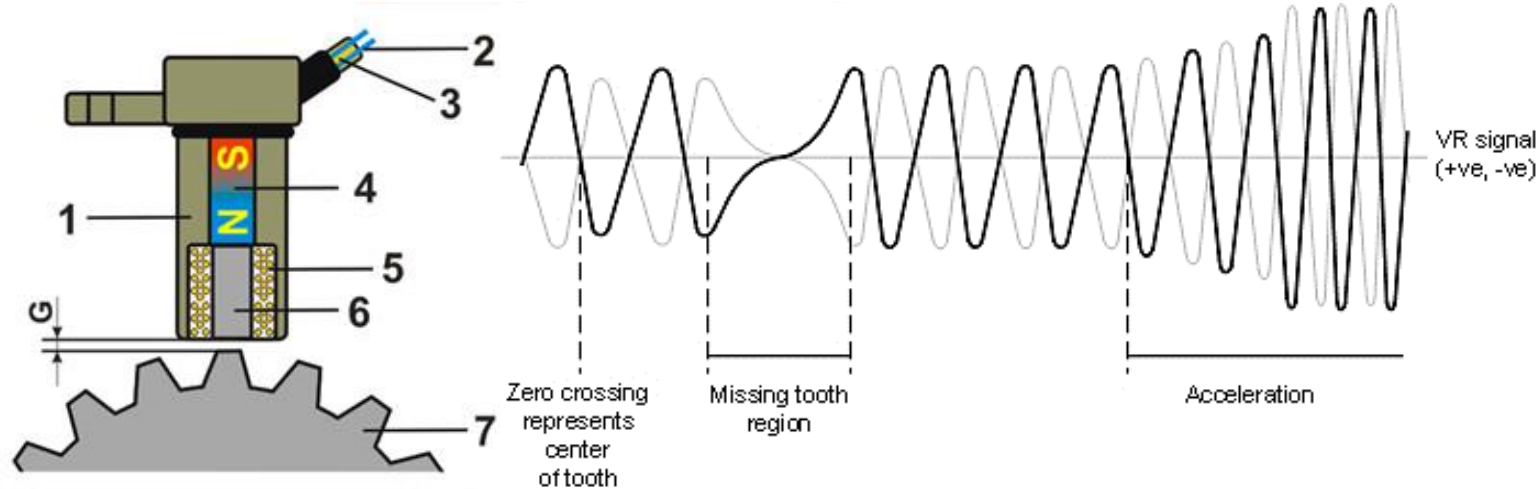
## Phát hiện trạng thái



- Nút nhấn
- Công tắc vị trí, hành trình
- Công tắc áp suất, nhiệt độ

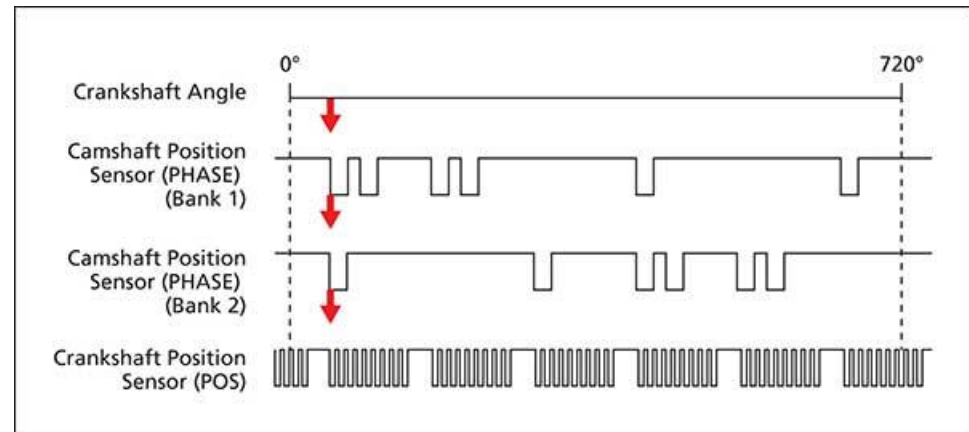
# Tín hiệu ngõ vào dạng nhị phân (Digital input)

## Phát hiện sự kiện



## Ứng dụng trên động cơ, ô tô

- Đo tốc độ động cơ, bánh xe, trục hộp số
- Xác định thời điểm để điều khiển đánh lửa, phun nhiên liệu, phân phối khí



# Tín hiệu ngõ vào dạng tương tự (Analog input)

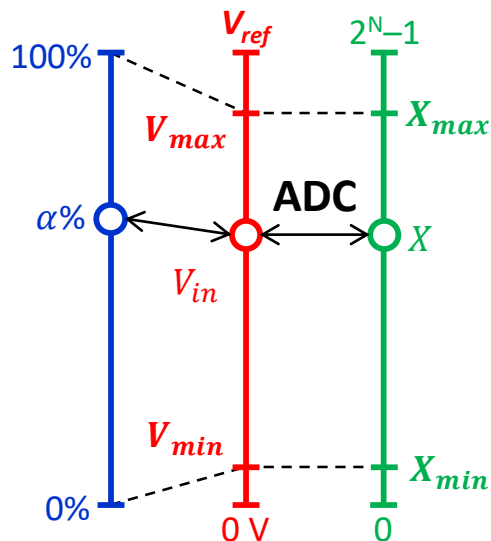
## VD: đo độ mở van bướm ga



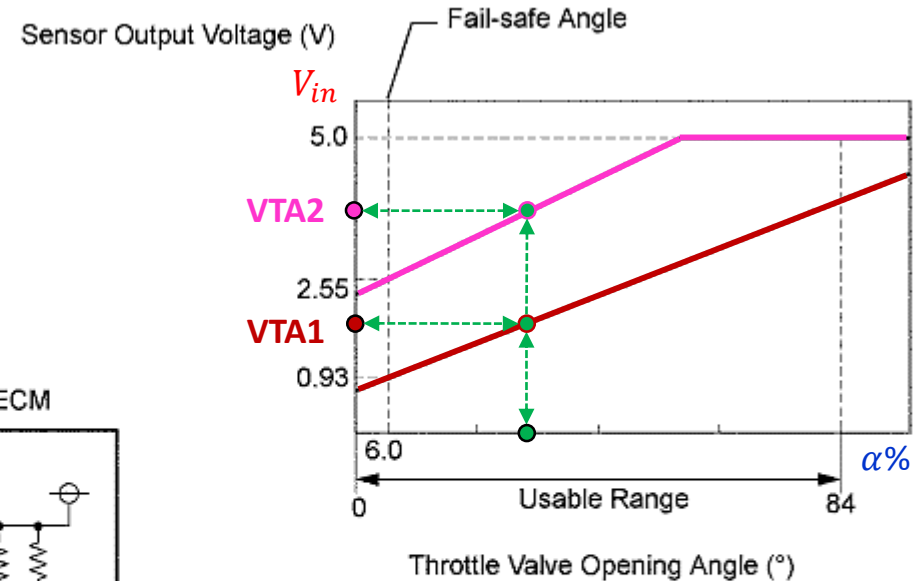
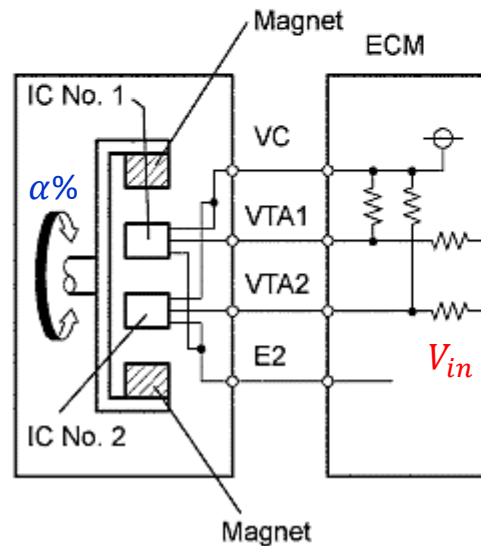
Van bướm ga điều khiển điện tử

$N$ : độ phân giải bit của ADC

$V_{ref}$ : điện áp ngưỡng của ADC



Throttle Position Sensor



Note:

The throttle valve opening angle detected by the sensor terminal VTA1 is expressed as a percentage.

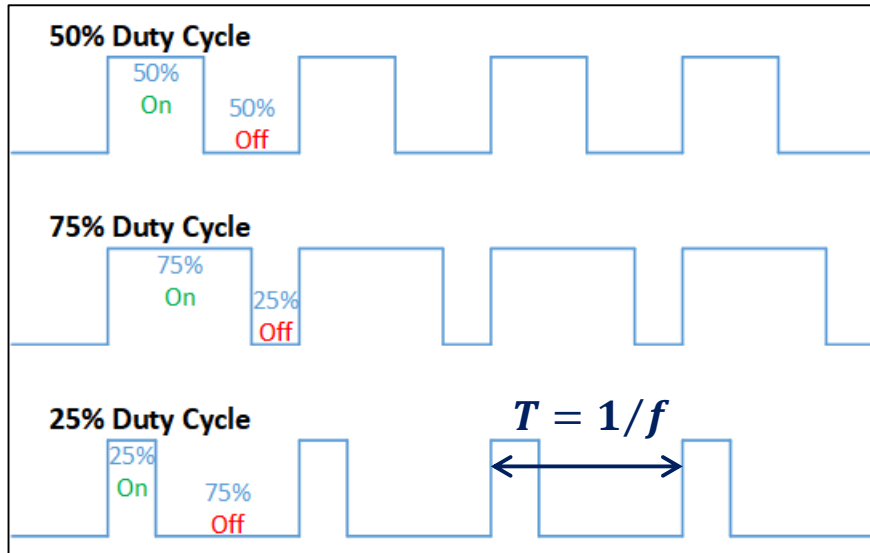
Between 10% and 24%: Throttle valve fully closed

Between 64% and 96%: Throttle valve fully open

Approximately 16%: Fail-safe angle (6.0°)

- Đặc tuyến chuyển đổi của cảm biến được lưu trong EEPROM
- **Cảm biến VỊ TRÍ** cần được thiết lập ("**HỌC**") thông số mỗi khi thay thế, tháo lắp

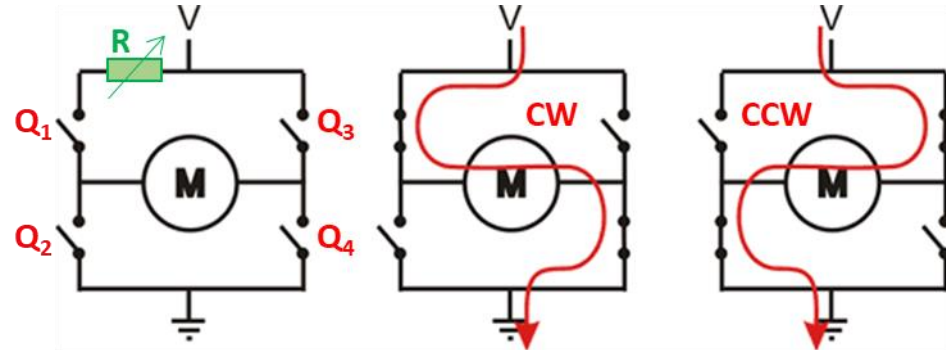
# Tín hiệu ngõ ra dạng điều rộng xung (PWM output) (Pulse Width Modulation)



- $f$  cố định (x100, x1000 Hz)
- Duty cycle =  $\frac{T_{on}}{T} \cdot 100\%$  (độ rộng xung)
- Dòng điện TB = 0-100% dòng điện liên tục
- Hiệu suất năng lượng cao hơn so với điều chỉnh bằng điện trở; điều khiển linh hoạt

## Ứng dụng trên động cơ, ô tô

- Điều chỉnh cường độ chiếu sáng
- Điều chỉnh công suất gia nhiệt, sấy
- Điều khiển motor: quạt làm mát, vị trí van (bướm ga, EGR)
- Điều chỉnh áp suất/lưu lượng: nhiên liệu cao áp, hộp số tự động, trợ lực lái điện-thủy lực, chân không điều khiển tăng áp turbo

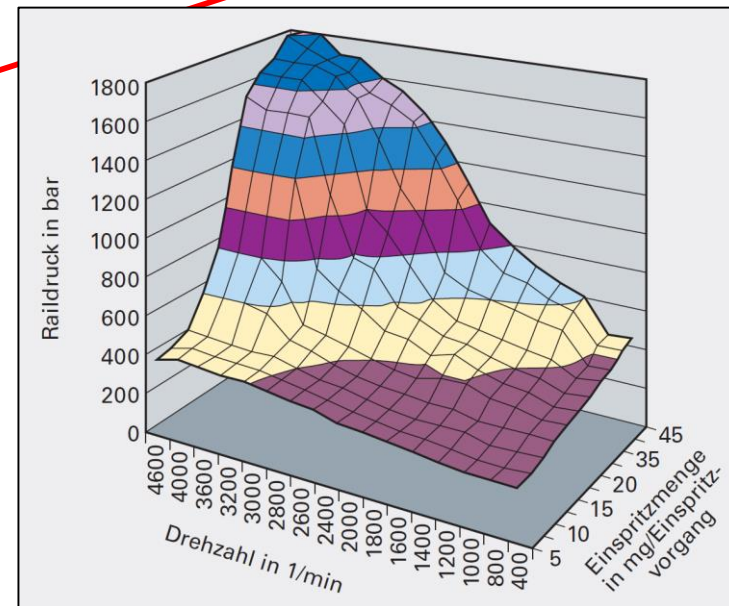
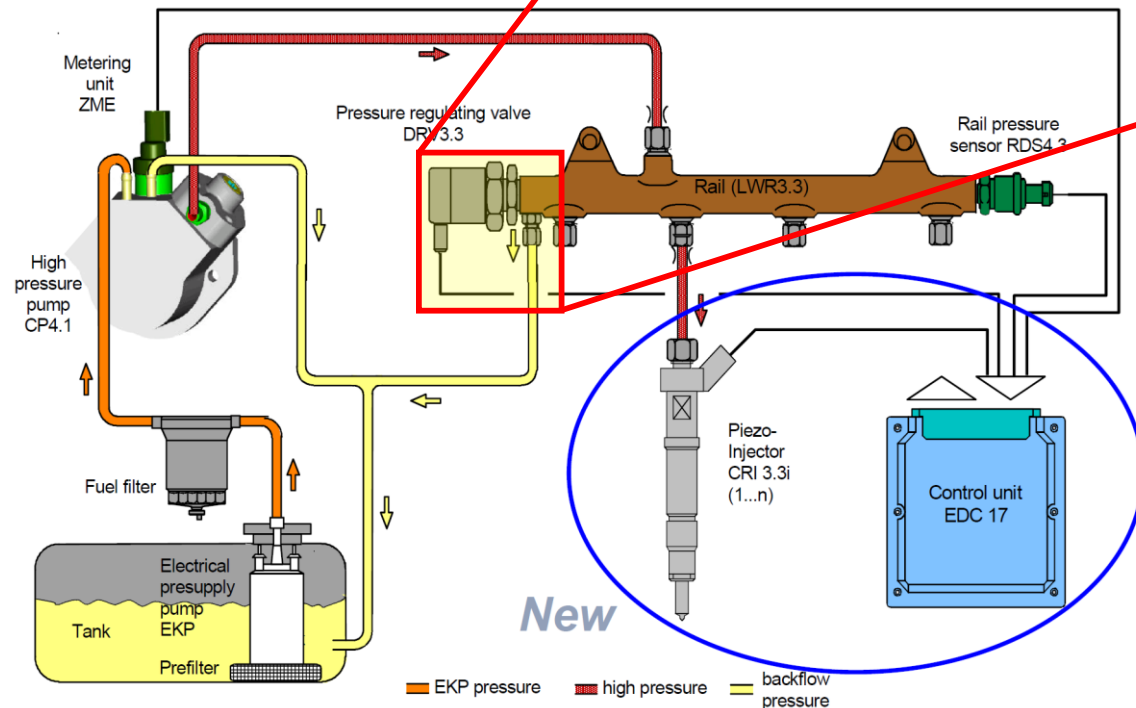
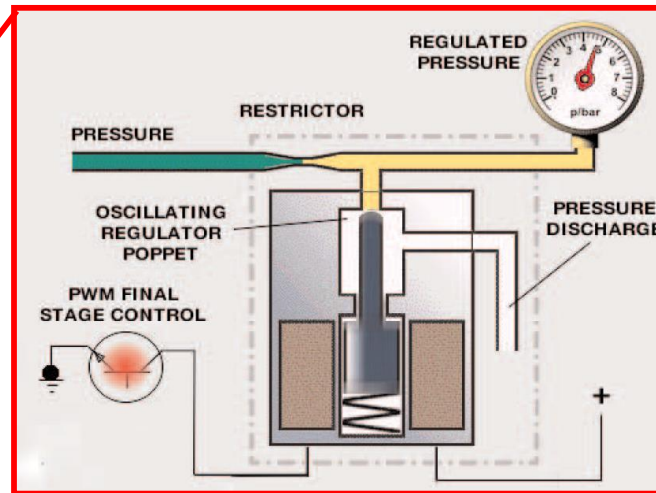


- Q<sub>1</sub> = ON & Q<sub>4</sub> = PWM → thay đổi momen, chiều thuận
- Q<sub>3</sub> = ON & Q<sub>2</sub> = PWM → thay đổi momen, chiều ngược
- Không dùng PWM, phải dùng **R** để điều chỉnh → **Nhiệt**



# Tín hiệu ngõ ra dạng điều rộng xung (PWM output) (Pulse Width Modulation)

Điều chỉnh áp suất phun nhiên liệu  
ở động cơ diesel common-rail



# GIỚI THIỆU VỀ LẬP TRÌNH CHO VXL/VĐK

## 1 Cấu trúc chương trình

- Khai báo biến
- Thiết lập cấu hình phần cứng
- Chương trình chính → Vòng lặp vô tận
- Các chương trình con
- Các chương trình phục vụ ngắt

## 2 Tập lệnh (số học, logic, rẽ nhánh, lặp...)

## 3 Trình tự thiết kế chương trình

## 4 Các giải thuật cơ bản

- Kỹ thuật hỏi vòng & ngắt → Cờ trạng thái
- Xử lý công việc tuần tự, lặp lại theo chu kì
- Xử lý đa nhiệm theo sự kiện (xử lý thời gian thực)
- Đồng bộ dữ liệu trong xử lý thời gian thực
- Finite State Machine
- Giao tiếp với binary data frame



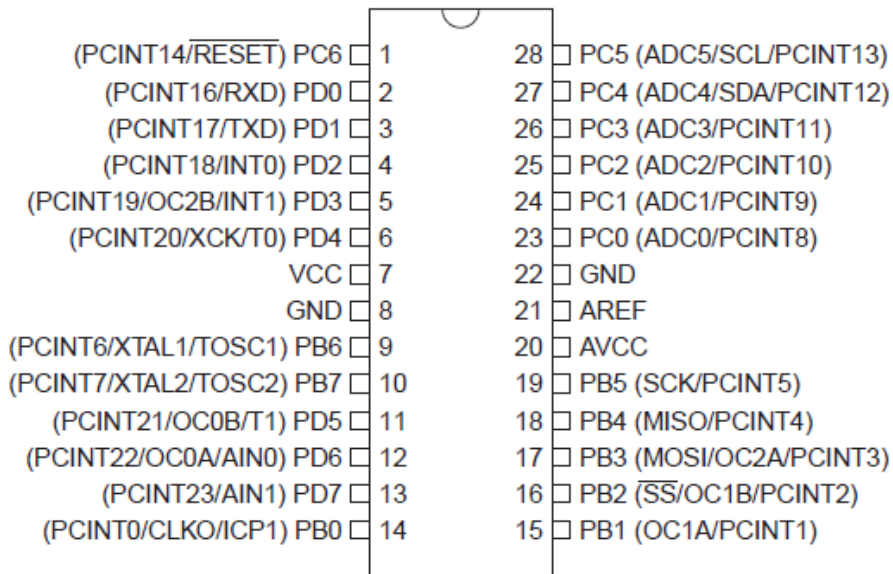
# Các bước thiết kế một chương trình VXL

1. **Vẽ sơ đồ bố trí chung** → Inputs? Outputs?

2. **Vẽ giản đồ thời gian các sự kiện & công việc cần thực thi**

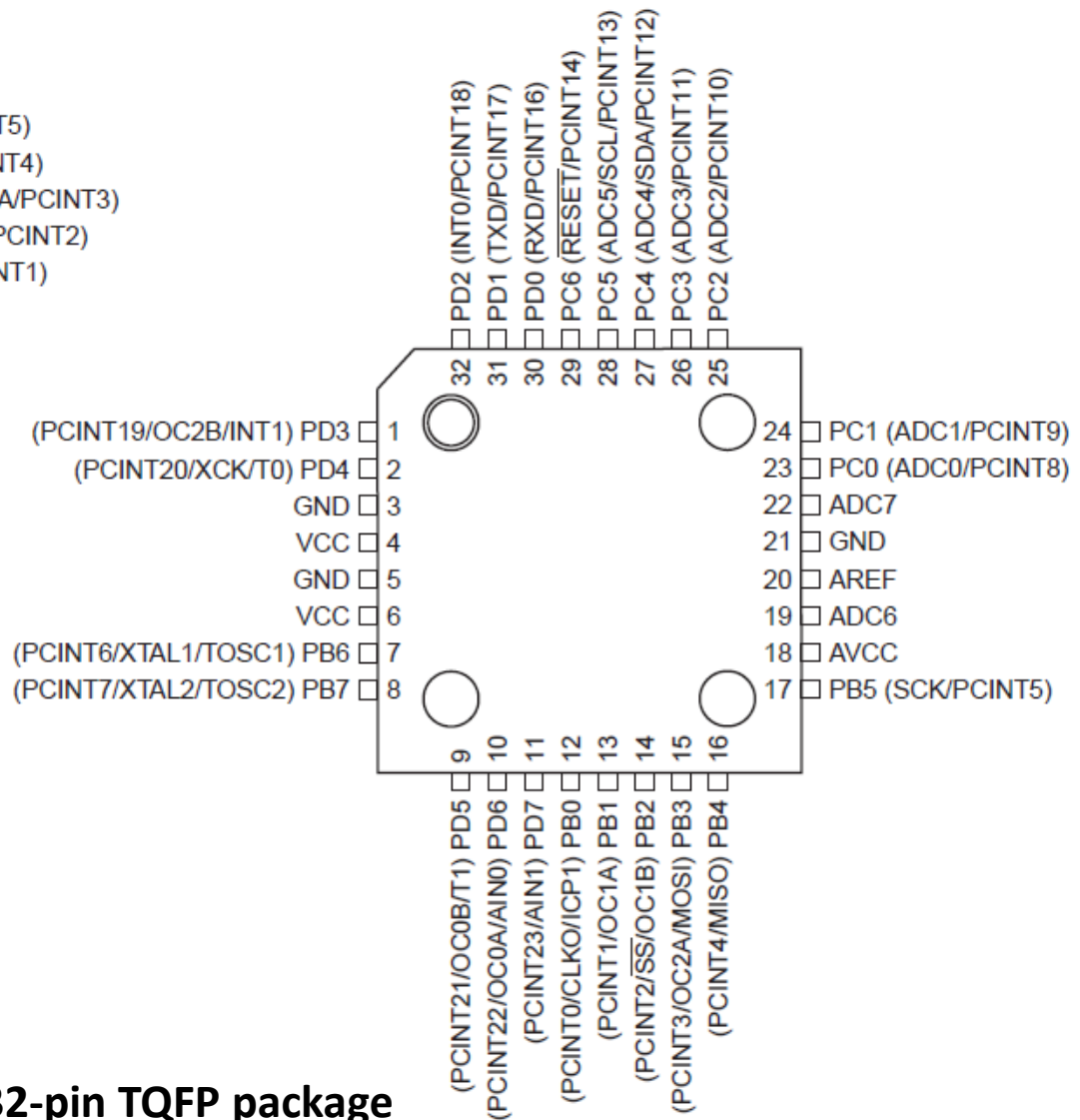
- **Các sự kiện có tính chu kì** (VD: chu kì đọc ADC, chu kì điều khiển, chu kì giao tiếp)
- **Các sự kiện mang tính ngẫu nhiên** (VD: thời điểm nhấn nút, vị trí ĐCT)

3. **Vẽ lưu đồ giải thuật** cho **Chương trình Chính** + các **Chương trình Con** + các **Chương trình Xử lý Ngắt**



**28-pin PDIP package**

# Atmega328P



**32-pin TQFP package**

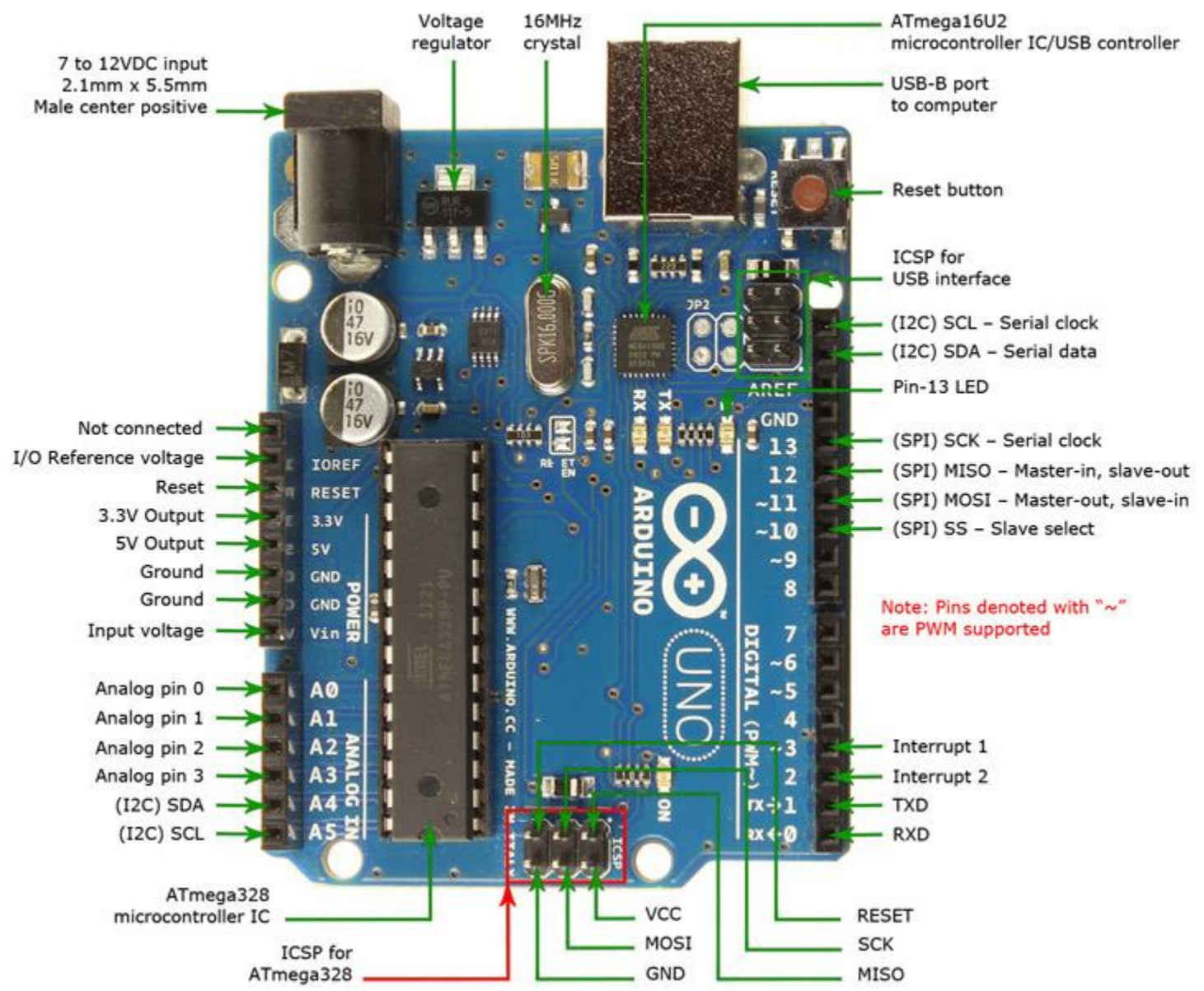
# Atmega328P

- High Performance, Low Power AVR<sup>®</sup> 8-Bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
  - 256/512/512/1KBytes EEPROM
  - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- QTouch<sup>®</sup> library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - QTouch and QMatrix<sup>™</sup> acquisition
  - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode

# Atmega328P

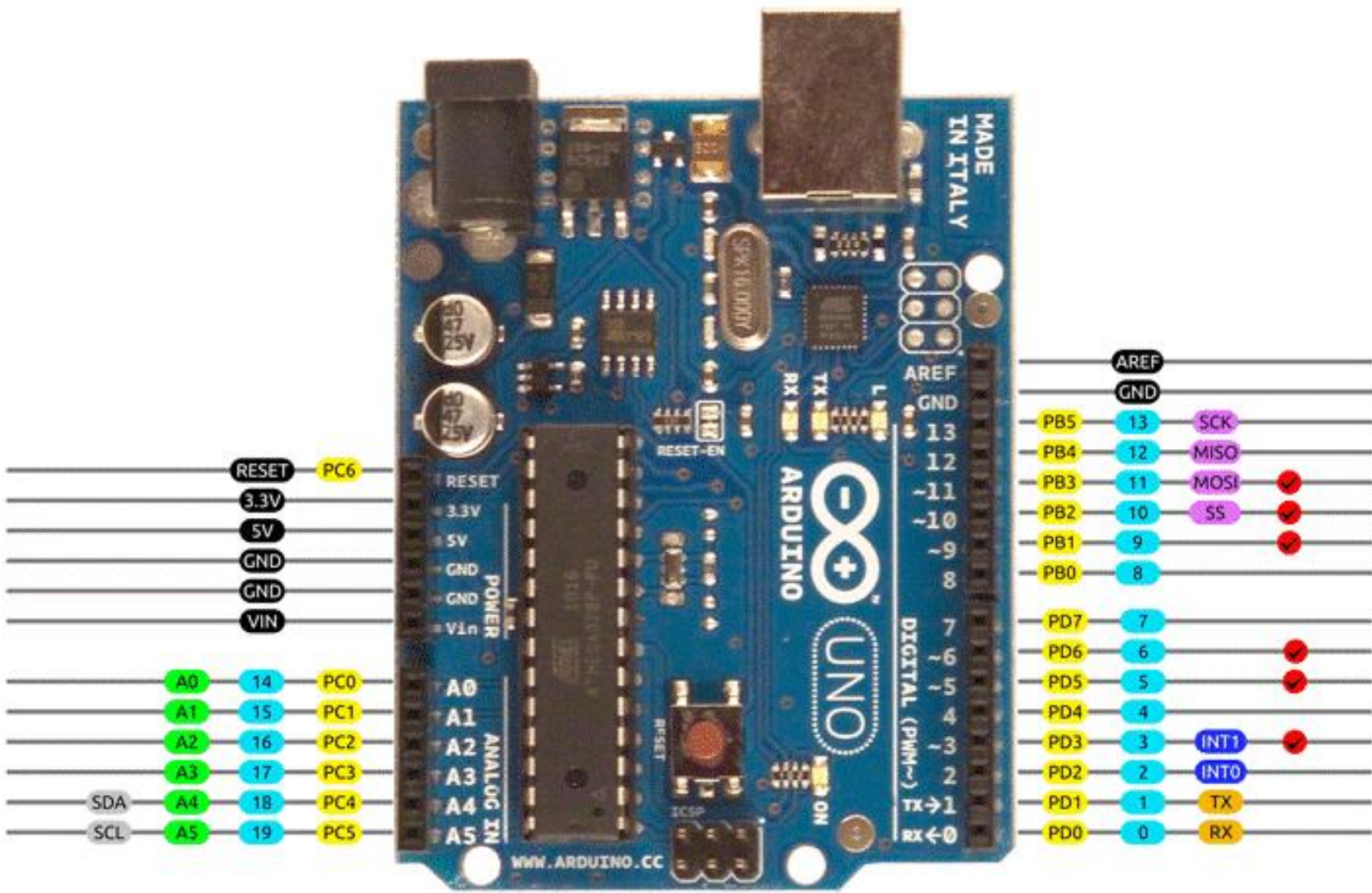
- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Six PWM Channels
- 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
  - Temperature Measurement
- 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
  - Temperature Measurement
- Programmable Serial USART
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I<sup>2</sup>C compatible)
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator
- Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
  - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
  - 0 - 4MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz@2.7 - 5.5.V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
  - Active Mode: 0.2mA
  - Power-down Mode: 0.1µA
    - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

# Arduino UNO R3



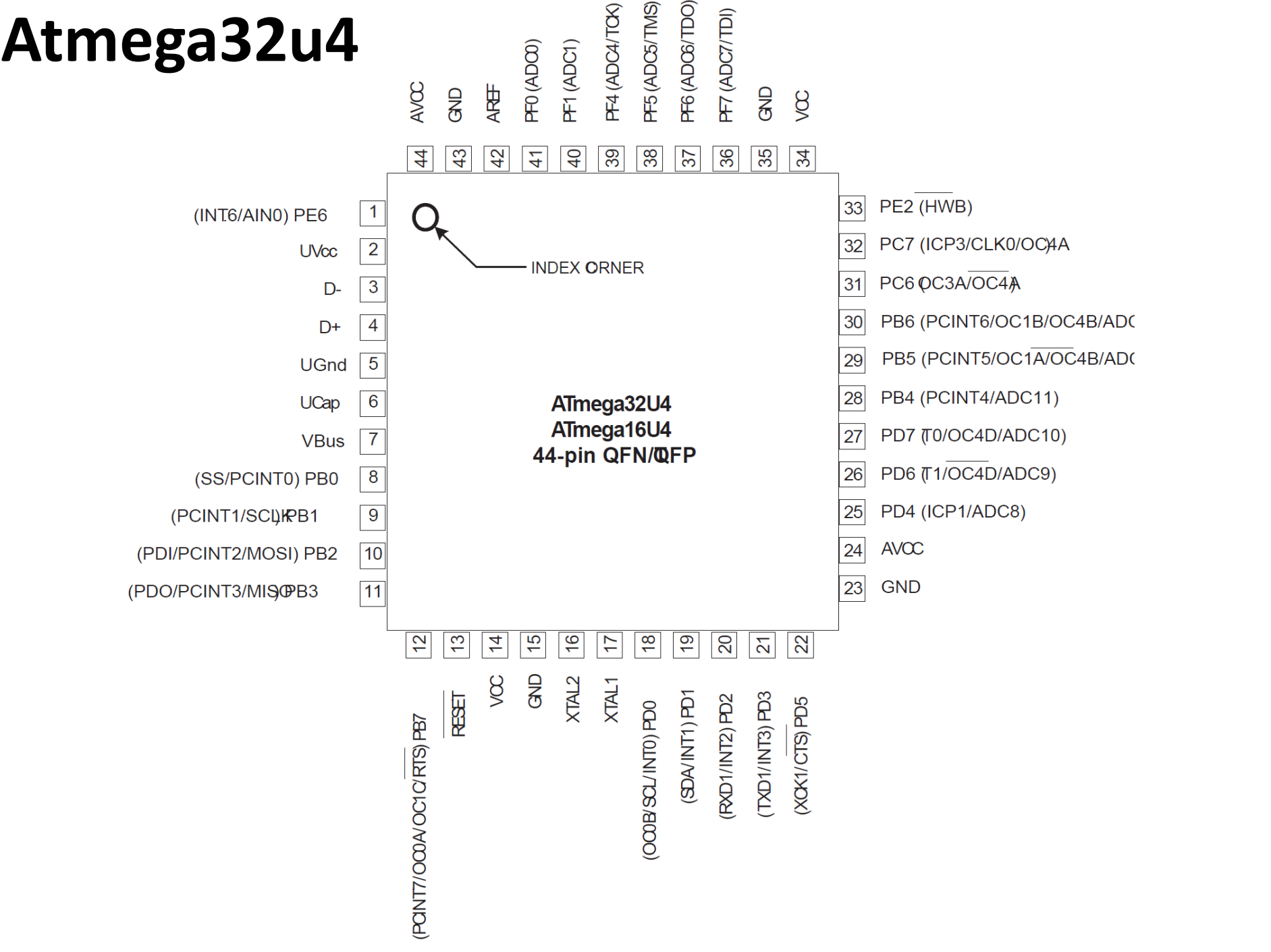


# Arduino UNO R3



- AVR
- DIGITAL
- ANALOG
- POWER
- SERIAL
- SPI
- I2C
- PWM
- INTERRUPT

# Atmega32u4





# Atmega32u4

- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 135 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
  - On-Chip 2-cycle Multiplier
- Non-volatile Program and Data Memories
  - 16/32KB of In-System Self-Programmable Flash
  - 1.25/2.5KB Internal SRAM
  - 512Bytes/1KB Internal EEPROM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
    - Parts using external XTAL clock are pre-programmed with a default USB bootloader
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE® std. 1149.1 compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- USB 2.0 Full-speed/Low Speed Device Module with Interrupt on Transfer Completion
  - Complies fully with Universal Serial Bus Specification Rev 2.0
  - Supports data transfer rates up to 12Mbit/s and 1.5Mbit/s
  - Endpoint 0 for Control Transfers: up to 64-bytes
  - Six Programmable Endpoints with IN or Out Directions and with Bulk, Interrupt or Isochronous Transfers
  - Configurable Endpoints size up to 256 bytes in double bank mode
  - Fully independent 832 bytes USB DPRAM for endpoint memory allocation
  - Suspend/Resume Interrupts
  - CPU Reset possible on USB Bus Reset detection
  - 48MHz from PLL for Full-speed Bus Operation
  - USB Bus Connection/Disconnection on Microcontroller Request
  - Crystal-less operation for Low Speed mode
- Peripheral Features
  - On-chip PLL for USB and High Speed Timer: 32 up to 96MHz operation
  - One 8-bit Timer/Counter with Separate Prescaler and Compare Mode

- Two 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare- and Capture Mode
- One 10-bit High-Speed Timer/Counter with PLL (64MHz) and Compare Mode
- Four 8-bit PWM Channels
- Four PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
- Six PWM Channels for High Speed Operation, with Programmable Resolution from 2 to 11 Bits
- Output Compare Modulator
- 12-channels, 10-bit ADC (features Differential Channels with Programmable Gain)
- Programmable Serial USART with Hardware Flow Control
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Byte Oriented 2-wire Serial Interface
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator
- Interrupt and Wake-up on Pin Change
- On-chip Temperature Sensor
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal 8MHz Calibrated Oscillator
  - Internal clock prescaler and On-the-fly Clock Switching (Int RC / Ext Osc)
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - All I/O combine CMOS outputs and LVTTL inputs
  - 26 Programmable I/O Lines
  - 44-lead TQFP Package, 10x10mm
  - 44-lead QFN Package, 7x7mm
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V
- Operating temperature
  - Industrial (-40°C to +85°C)
- Maximum Frequency
  - 8MHz at 2.7V - Industrial range
  - 16MHz at 4.5V - Industrial range

# Atmega32u4

Note: 1. See [“Data Retention” on page 8](#) for details.

THE  
DEFINITIVE  
**ARDUINO**  
**LEONARDO**  
PINOUT DIAGRAM

