



EMBEDDED SYSTEM COURSE

LECTURE 3: GETTING STARTED WITH KL46 FREEDOM BOARD

- Hỏi lại kiến thức bài cũ:
 - Sự khác nhau giữa interrupt và pooling.
 - Sự khác nhau giữa #define và const trong cách implement ở dưới

```
#define a (5) /// and /// const int a = 5;  
b = b * a;
```
- Giới thiệu mục đích buổi học:
 - Giúp học viên nắm được các thành phần cơ bản trên board/ tổng quan về chip MKL46Z256VLLZ4 + compiler (Keil) -→ Kết thúc buổi học, học viên có thể viết được chương trình đơn giản : "HELLO, I'M KL46 FREEDOM BOARD "

Learning Goals



- Introduce about the FRD-KL46Z boards and its peripherals
- Introduce about the Keil uVision IDE

2

The FRDM-KL46Z features:

- MKL46Z256VLL4, up to 48MHz Clock, 256KB of flash, 32KB RAM, and loads of analog and digital peripherals.
- OpenSDA circuit with several options (serial communication, run-control debug, flash programming).

The MDK-ARM is a complete software development environment for Cortex™-M, Cortex-R4, ARM7™ and ARM9™ processor-based devices

Getting Started Project with GPIO and PORT modules in KEIL

Table of contents



- FRDM-KL46Z Overview
- FRDM-KL46Z Hardware Description
- Development Tool chain Overview (KEIL)
- FRDM-KL46Z Started Project.
- Summary

Giới thiệu qua nội dung buổi học:

- Phần thứ nhất sẽ tìm hiểu tổng quan về board KL46. (Giới thiệu về Freescale, các dòng chip của Freescale ứng dụng trong micro-controller; tính năng của board KL46 freedom)
- Phần 2 sẽ giới thiệu về các thành phần trên board; trong đấy tập trung vào 2 components chính là: OpenSDA và Micro controller (chip KL46)
- Phần 3: Hướng dẫn học viên cách viết chương trình trên Keil. (Keil là gì & gồm những gì, phát triển 1 project trên Keil gồm những bước nào)
- Phần 4: Hướng dẫn cụ thể quá trình phát triển một application trên KL46.
- Phần 5: Tổng kết và Trả lời câu hỏi của học viên.

Table of contents



- FRDM-KL46Z Overview
- FRDM-KL46Z Hardware Description
- Development Tool chain Overview (KEIL)
- FRDM-KL46Z Started Project.
- Summary

FRDM-KL46Z Overview



Freescale Introduction:

- Freescale is a leader in embedded processing solutions for the automotive, consumer, industrial and networking markets.
- 2010: Freescale announced more than 200 ultra-low-power 32-bit Kinetis MCU. It represents the most scalable portfolio of ARM® Cortex™ microprocessors in the industry with comprehensive enablement for consumer and industrial applications.

- Giới thiệu qua về cty Freescale:

- In operation since **1953**

- Engaged with **10,000+** customers globally; over **100** of the top electronic manufacturers

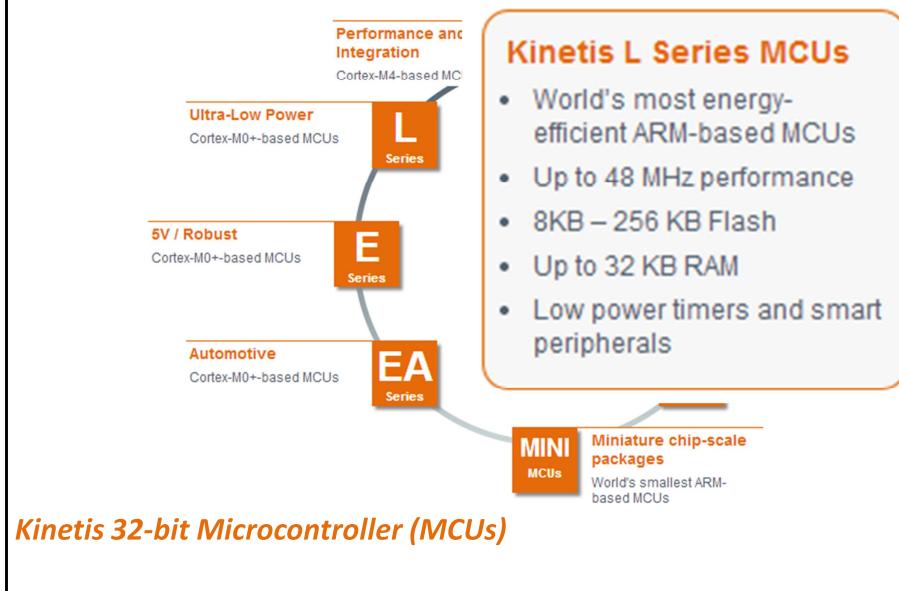
- **\$4.46 billion** in sales in 2010

-Headquartered in Austin, Texas. More than **20,000** employees in over **24** countries

-Separated from Motorola in **2004** (IPO/Spin)

-Leveraged buyout by consortium of private equity funds completed **December 1, 2006**

FRDM-KL46Z Overview



- Giới thiệu qua về các dòng chip Kinetis của Freescale, ứng dụng chính của các dòng; tập trung chính vào một số dòng cơ bản, hay dùng
 - K-Series: Hiệu suất cao, và có khả năng mở rộng lớn.
 - MPU base on Cortex M4
 - Clock support: 50-180 Mhz / Flash : 32K – 2M / RAM: up to 256KB / Support Floating point
 - V-family: Thiết kế cho điều khiển động cơ/ hiệu suất cao: 75-200Mhz/ Flash : 32K – 2M / RAM: up to 256KB
 - Nhấn mạnh KL46Z → sử dụng dòng L/ Giới thiệu các features chính của L series

FRDM-KL46Z Overview

- The FRDM-KL46Z is an ultra-low-cost development platform.

- Features include easy access to MCU I/O, battery-ready, low-power operation, a standard-based form factor with expansion board options and a built-in debug interface for flash programming and run-control.

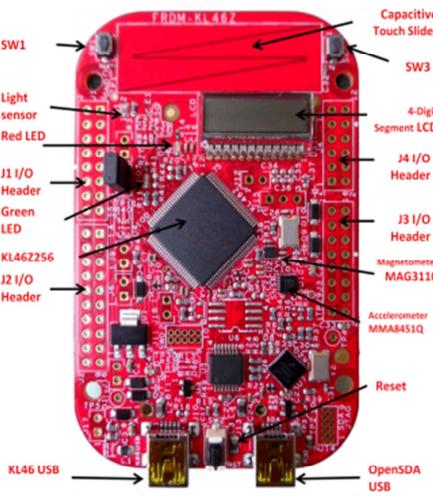


Figure 2. FRDM-KL46Z main components placement.

- Giới thiệu các thành phần chính của KL46 freedom trên board thật:

- 1- MKL46Z256VLL4MCU – 48 MHz, 256 KB flash, 32 KB SRAM, segment LCD, USB OTG (FS) , 100 LQFP
- 2- Capacitive touch slider, MMA8451Q accelerometer, MAG3110 magnetometer
- 3- Flexible power supply options – USB, coin cell battery, external source
- 4- Battery-ready, power-measurement access points
- 5- OpenSDA debug interface
- 6- Form factor compatible with Arduino™ R3 pin layout

FRDM-KL46Z Overview

References:

- FRDM-KL46Z User's Manual
- KL46 Sub-Family Reference Manual
- FRDM-KL46Z Schematic
- FRDM-KL46 Sample Code

([http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp
?code=FRDM-KL46Z&fpsp=1&tab=Design Tools Tab](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=FRDM-KL46Z&fpsp=1&tab=Design%20Tools%20Tab))

- Topic trao đổi với học viên: Khi phát triển ứng dụng với một board cụ thể, cần phải tìm hiểu cái gì và ở tài liệu nào.

Table of contents



- FRDM-KL46Z Overview
- FRDM-KL46Z Hardware Description
- Development Tool chain Overview (KEIL)
- FRDM-KL46Z Started Project.
- Summary

Trước khi giới thiệu chi tiết, có thể yêu cầu học viên tìm hiểu qua các component trên board & trình bày hiểu biết của học viên về những component đấy.

FRDM-KL46Z Hardware Description



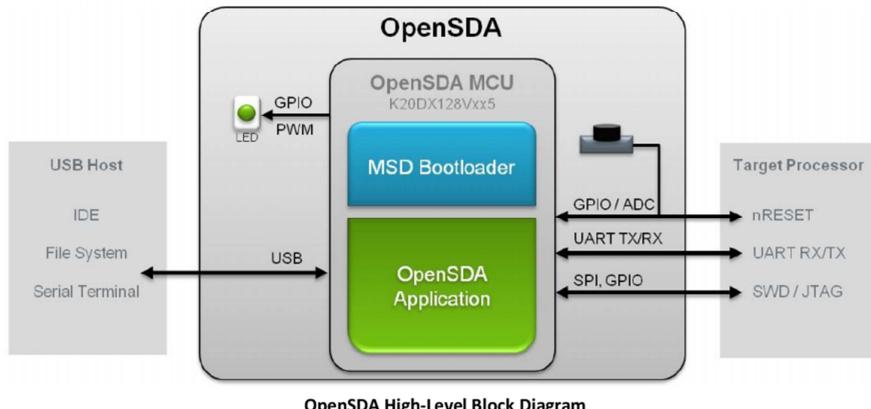
- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1. Power Supply | 9. Segment LCD |
| 2. OpenSDA | 10. Capacitive Touch Slider |
| 3. MKL46Z4 Microcontroller | 11. Three-axis Accelerometer |
| 4. Clock source | 12. Three-axis Digital Magnetometer |
| 5. USB Interface | 13. LEDs |
| 6. Serial Port | 14. Visible light sensor |
| 7. Reset | 15. Input/Output Connector |
| 8. Debug | |

- Giới thiệu qua về các components trên board.
- Do thời gian có hạn nên phần tiếp theo chỉ tập trung vào một số module cơ bản; các module còn lại yêu cầu học viên tự tìm hiểu (FRDM-KL46Z User's Manual)

FRDM-KL46Z Hardware Description



OpenSDA:



OpenSDA:

OpenSDA is an open-standard serial and debug adapter. It bridges serial and debug communications between a USB host and an embedded target processor

The hardware circuit is based on a Freescale Kinetis K20 family microcontroller (MCU) with 128 KB of embedded flash and an integrated USB controller.

OpenSDA features a mass storage device (MSD) bootloader, which provides a quick and easy mechanism for loading different OpenSDA Applications

OpenSDA Applications such as flash programmers, run-control debug interfaces, serial-to-USB converters, and more.

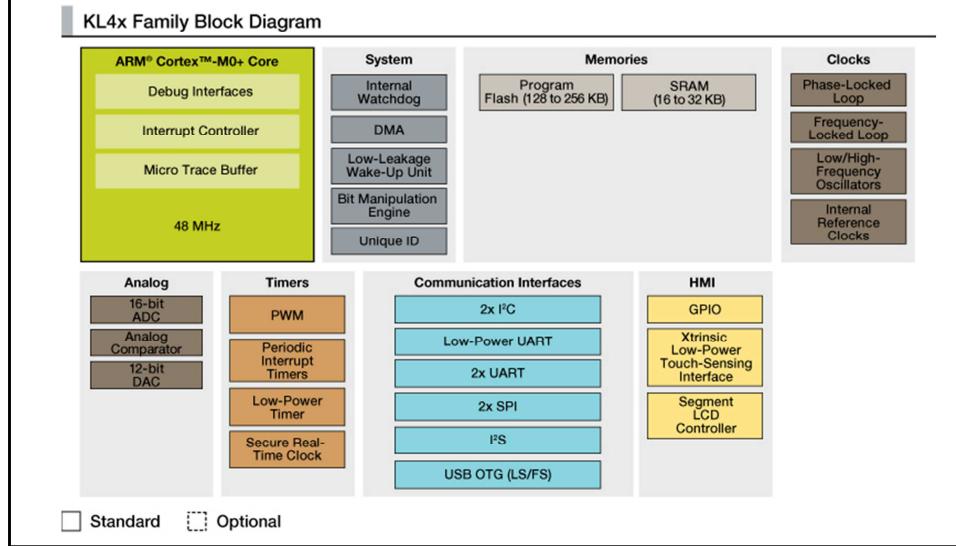
The OpenSDA circuit includes a status LED (D8) and a pushbutton (SW2). The pushbutton asserts the Reset signal to the KL46 target MCU. It can also be used to place the OpenSDA circuit into Bootloader mode. SPI and GPIO signals provide an interface to either the SWD debug port of the K20. Additionally, signal connections are available to implement a UART serial channel

For more details, please refer: OpenSDA/ Userguide . (www.freescale.com)

FRDM-KL46Z Hardware Description



MKL46Z4 Microcontroller:



Các thành phần của KL4x bao gồm:

- 1- MPU: Arm Cortex M0 + / Support up to 48Mhz.
 - Được phát triển bởi ARM
 - 32-bit ARM Cortex-M0+ core (up to 48MHz CPU Clock)
 - Nested vectored interrupt contr. (NVIC)
 - Async. wake-up interrupt contr. (AWIC)
 - The Cortex-M0 core is optimized for small silicon die size and use in the lowest price chips.
 - Tiêu thụ năng lượng ít.
- 2- System module:
 - Watchdog: Là bộ timer có chức năng reset lại processor.
 - DMA: Cho phép copy dữ liệu (mem-mem/mem-peripheral/peripheral-peripheral) khi bus rảnh.
 - Low-leakage wake-up unit (LLWU): Module configures các ngắt nào được sử dụng để wakeup khi core đang ở trạng thái sleep mode.
 - Bit Manipulation Engine:

The BME is a hardware block that resides between the platform and L-Series Core that allows read-modify-write operations to be performed on peripheral registers using data stored in the target address

 - Unique ID
- 2- Memories:
 - Flash: 128 – 256KB
 - SRAM: 16-32K
- 3- Clock: MCG - Support both PLL/FLL;
 - IRC (internal clock)
 - OSC (Oscillators)
- 4- Peripherals:
 - Analog: - 16-bitADC/ 12-bitDAC / Analog Comparator
- 5- Timer:
 - PWM, PIT, LPT, SRTC
- 6- Communication: I2C, SPI, I2S, USB OTG
- 7- Human machine Interface:
 - GPIO/ Touch Sensing input / SLCD.

Table of contents



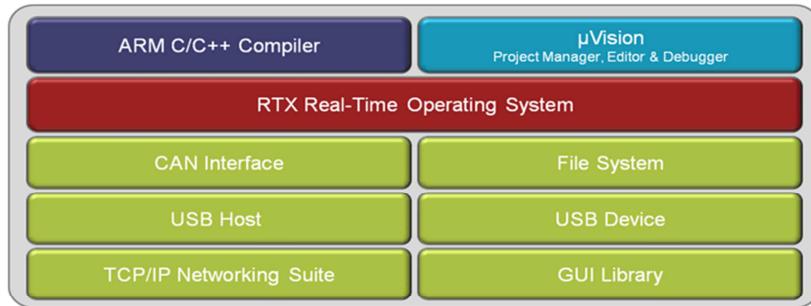
- FRDM-KL46Z Overview
- FRDM-KL46Z Hardware Description
- Development Tool chain Overview (KEIL)
- FRDM-KL46Z Started Project.
- Summary

Development Tool chain Overview (KEIL)



Overview

MDK-ARM Microcontroller Development Kit



- MDK-ARM Software <https://www.keil.com/demo/eval/arm.htm>
- Patch for KL46 freedom board
<http://www.keil.com/dd2/freescale/mkl46z256xxx4/>

- Keil Introduction:

The MDK-ARM is a complete software development environment for Cortex™-M, Cortex-R4, ARM7™ and ARM9™ processor-based devices. MDK-ARM is specifically designed for microcontroller applications, it is easy to learn and use, yet powerful enough for the most demanding embedded applications.

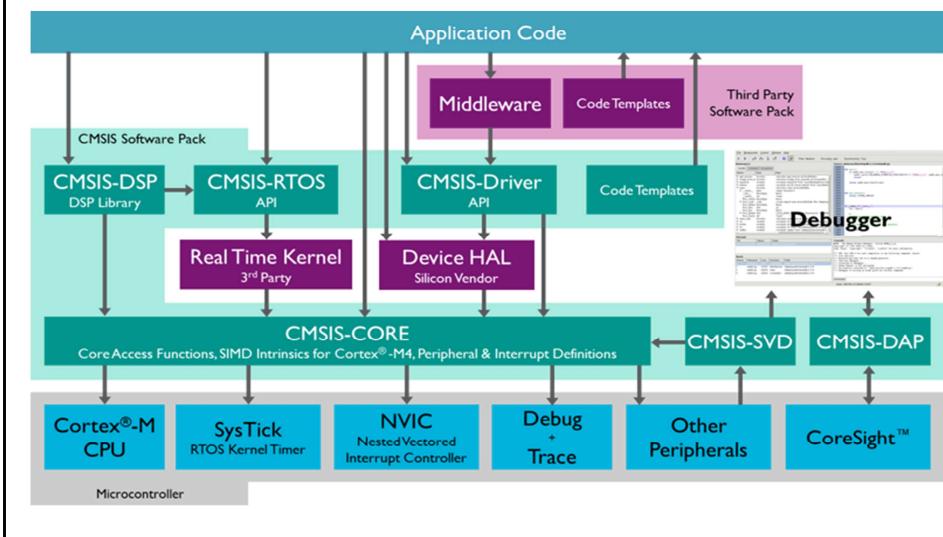
- Features Including:

- Complete support for Cortex-M, Cortex-R4, ARM7, and ARM9 devices
- Industry-leading ARM C/C++ Compilation Toolchain
- μVision4 IDE, debugger, and simulation environment
- Keil RTX deterministic, small footprint real-time operating system (with source code)
- TCP/IP Networking Suite offers multiple protocols and various applications
- USB Device and USB Host stacks are provided with standard driver classes
- Complete GUI Library for embedded systems with graphical user interfaces
- ULINKpro enables on-the-fly analysis of running applications and records every executed Cortex-M instruction
- Complete Code Coverage information about your program's execution
- Execution Profiler and Performance Analyzer enable program optimization
- Numerous example projects help you quickly become familiar with MDK-ARM's powerful, built-in features
- CMSIS Cortex Microcontroller Software Interface Standard compliant

Development Tool chain Overview (KEIL)



CMSIS Overview

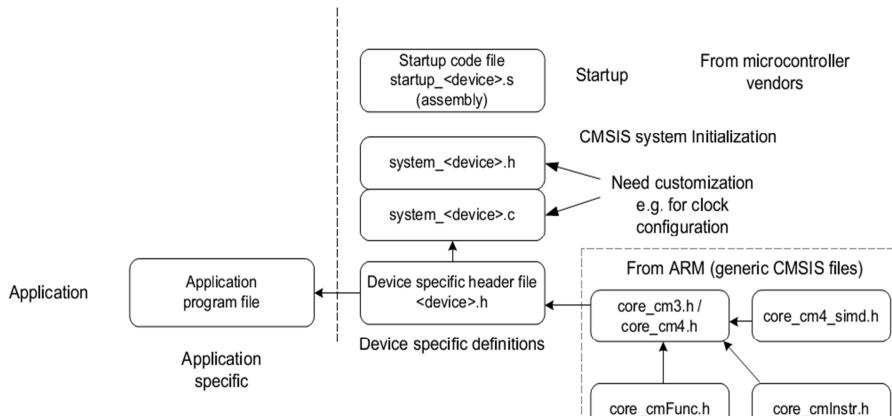


- The **Cortex Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS)** is a vendor-independent hardware abstraction layer for the Cortex-M processor series and defines generic tool interfaces. The CMSIS enables consistent device support and simple software interfaces to the processor and the peripherals, simplifying software re-use, reducing the learning curve for microcontroller developers, and reducing the time to market for new devices
- **The CMSIS components are:**
 - CMSIS-CORE
 - CMSIS-Driver
 - CMSIS-DSP
 - CMSIS-RTOS API
 - CMSIS-Pack
 - CMSIS-SVD
 - CMSIS-DAP

Development Tool chain Overview (KEIL)



CMSIS Overview



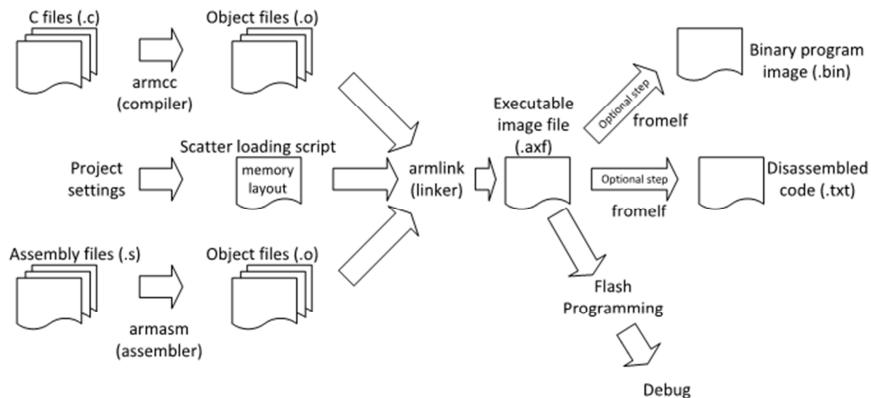
Example project view when including CMSIS-Core files from ARM

- Giới thiệu qua một ví dụ sử dụng CMSIS.
- Topic trao đổi: Advantage của CMSIS
- Tổng kết lại các advantage khi sử dụng CMSIS:
 - CMSIS giúp phát triển một ứng dụng nhanh chóng; (ARM + microcontroller vendor cung cấp sẵn các thư viện cho vector-table; start-up code, init hardware). IDE sẽ tự động copy vào project người dùng; và ko phải quan tâm đến phần này nữa.
 - CMSIS cung cấp sẵn các hàm generic (cm3/cm4 function); tương tác với các thanh ghi của core (instruct function); các hàm floating poiting/ simd/ dsp/. Người dùng ko cần viết lại code asm để thực hiện các thao tác trên → giúp developer ko cần care đến kiến trúc của core.
 - Giúp cho application dễ dàng porting sang các dòng chip khác của ARM Cortex M.

Development Tool chain Overview (KEIL)



Typical program compilation flow



- Giới thiệu quá trình compilation một application trên Keil. (Yêu cầu học viên vận dụng kiến thức bài trước để giải thích hình vẽ trên)

Development Tool chain Overview (KEIL)



Getting Started with μVision

```
#include <stdint.h>
#include "MKL46Z4.h"
int main()
```

- Giới thiệu quá trình các bước tạo/build/nạp project trên Keil.
- Sử dụng tool thật để trình bày quá trình từ create new project / add file CMSIS; change default option on project/ Build & Fix error when compilation / Load & Debug in real hardware.
- Có thể yêu cầu một học viên lên trực tiếp làm, và hướng dẫn.

Table of contents



- FRDM-KL46Z Overview
- FRDM-KL46Z Hardware Description
- Development Tool chain Overview (KEIL)
- FRDM-KL46Z Started Project.
- Summary

FRDM-KL46Z Started Project



Requirement:



- Using SW1 to control Red LED
 - Press SW1 to toggle Red LED

- Purpose: Hướng dẫn cụ thể các bước phát triển một project trên Keil.
Nêu bài tập cụ thể: Điều khiển nút bấm để bật/tắt LED.

Topic trao đổi: Với yêu cầu bài toán trên, thì các bước làm như thế nào ?

Tổng kết:

- Tìm hiểu kỹ yêu cầu bài toán
- Tìm hiểu cách configure/operation của các module được sử dụng.
- Design bài toán
- Code
- Test & Fix bug.

FRDM-KL46Z Started Project



PORT Module:

The port control and interrupt (PORT) module provides support for port control, and external interrupt functions.

Features:

- Pin interrupt on selected pins
- Port control
 - Individual pull control fields pullup, pulldown, pull-disable
 - Individual mux control field supporting analog or pin disabled, GPIO, and up to six chip-specific digital functions

Topic trao đổi:

- Để giải quyết bài toán đặt ra cần sử dụng module nào của KL46.

Answer:

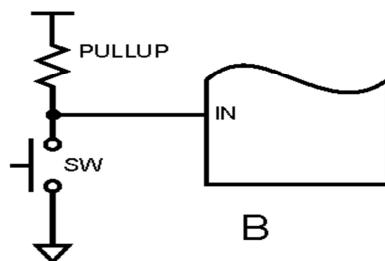
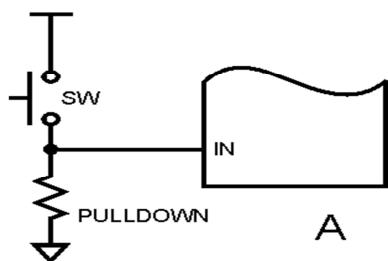
- PORT module → support Port control (Configure pin functionality / configure external interrupt if needed)
- GPIO module -> trigger user event / Read data from SW1 / Outdata to LED
- Giới thiệu về PORT module. (yêu cầu học viên tự đọc tài liệu (chapter 11- Port Control & interrupts) trong 15p)
- Thống nhất lại với các học viên; các thanh ghi cần sử dụng trong project:
 - Pin Control Register n (PORTx_PCRn) :
 - IRQC: It is use to Configure external interrupt for SW1 (if needed/ The project is simple and doesn't need to use interrupt)
 - MUX: Pin Mux Control
 - PE: Pull Enable
 - PS: Pull Select (0: Pull down/ 1: Pull up)
 - Interrupt Status Flag Register (PORTx_ISFR): Each bit in the field indicates the detection of the configured interrupt of the same number as the field.
- **Note: Trước khi sử dụng module cần phải enable clock gate cho module tương ứng.**
- (Forexample: Using System Clock Gating Control Register 5 (SIM_SCGC5) to enable clock gate for PORT module)

FRDM-KL46Z Started Project



Pull-up/down Resistor

- Issue: When one pin is configured as an input and nothing is connected to the pin -> program cannot read the pin state (floating or unknown state)



Topic trao đổi:

- . Với bài toán đặt ra có cần configure pull up or down resistor ko ? Nếu có thì configure pull up hay pull down và tại sao ?

FRDM-KL46Z Started Project



GPIO Module:

GPIO (*General Purpose Input Output*) is a generic pin on a chip whose behavior can be controlled (programmed) through software

Features:

- Pin input data register visible in all digital pin-multiplexing modes
- Pin output data register with corresponding set/clear/toggle registers
- Pin data direction register
- Zero wait state access to GPIO registers through IOPORT

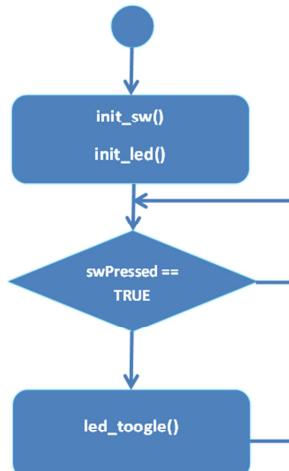
GPIO là viết tắt của General Purpose Input Output. GPIO chính là cửa ngõ để giao tiếp giữa vi điều khiển với “thế giới bên ngoài”

- The general-purpose input and output (GPIO) module communicates to the processor core via a zero wait state interface (IOPORT) for maximum pin performance. The GPIO registers **support 8-bit, 16-bit or 32-bit accesses.**
- For simplicity, each GPIO port's registers appear with the same width of 32 bits, corresponding to 32 pins
- Giao học viên tự tìm hiểu module GPIO trong 15p; sau đó thống nhất lại các thanh ghi cần sử dụng trong bài toán:
 - Port Data Direction Register (GPIOx_PDDR): Used to configure in/output direction (Input pin or output pin)
 - Port Data Input Register (GPIOx_PDIR): used to read data on input port
 - Port Set Output Register (GPIOx_PSOR)
 - Port Toggle Output Register (GPIOx_PTOR)

FRDM-KL46Z Started Project



Project Flowchart with pooling



- Tổng kết lại các bước phát triển ứng dụng
- Topic thảo luận: yêu cầu học viên vẽ flowchart với trường hợp dùng interrupt.

Summary



The FRDM-KL46Z features:

- MKL46Z256VLL4, up to 48MHz Clock, 256KB of flash, 32KB RAM, and loads of analog and digital peripherals.
- OpenSDA circuit with several options (serial communication, run-control debug, flash programming).

The MDK-ARM is a complete software development environment for Cortex™-M, Cortex-R4, ARM7™ and ARM9™ processor-based devices

Getting Started Project with GPIO and PORT modules in KEIL

Question & Answer



Thank you for your attention !

Copyright



- This course including **Lecture Presentations, Quiz, Mock Project, Syllabus, Assignments, Answers** are using some information from external sources and non-confidential training document from Freescale, those materials comply with the original source licenses.
- All **remaining parts** in this course are copyright by FPT Software Corporation.

27