

ARM Coretex-M

펌웨어 설계



Flash 제어 SW 설계



한국기술교육대학교
온라인평생교육원

학습목표

- 플래시 메모리에 대해 설명할 수 있다.
- STM32F429의 플래시 메모리에 대해 설명할 수 있다.
- STM32F429의 플래시 메모리 Read 프로그램을 설계할 수 있다.
- STM32F429의 플래시 메모리 Erase 및 Write 프로그램을 설계할 수 있다.

학습내용

- STM32F429의 플래시 메모리
- 플래시 메모리 프로그래밍

STM32F429의 플래시 메모리



플래시 메모리란 무엇인가?

메모리 반도체 개요

RAM

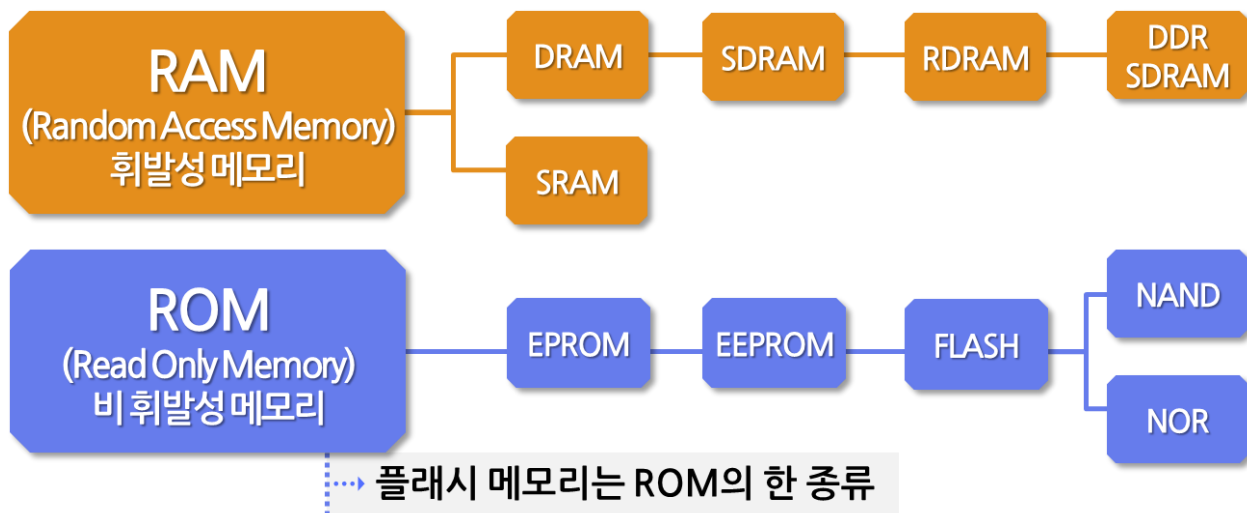
- Random Access Memory
- 휘발성 메모리

전원이 꺼졌다가 다시 들어오면
원래의 데이터가 없어지는 메모리

ROM

- Read Only Memory
- 비 휘발성 메모리

전원이 꺼졌다가 다시 들어와도
원래의 데이터가 살아 있는 메모리



STM32F429의 플래시 메모리



⚙️ 플래시 메모리란 무엇인가?

🌈 ROM(Read Only Memory)의 역사

1 말 그대로 사용자는 쓰지는 못하고 읽기만 할 수 있는 메모리

2 공장에서 한번은 메모리에 원하는 값을 써야 함

! ROM 설계 기술이 발달하면서 공장에서만 쓰는 것이 가능했다가 지금은 **사용자가 마음대로** 쓸 수 있는 수준이 됨

Mask ROM



PROM



EPROM



EEPROM



FLASH

STM32F429의 플래시 메모리



⚙️ 플래시 메모리란 무엇인가?

🌈 ROM(Read Only Memory) 메모리

...▶ Mask ROM

- 1 최초의 ROM
- 2 공장에서 한번 제조하면 사용자는 읽기만 가능한 ROM
- 3 마치 사진 현상하듯 같은 값만을 계속 찍는 방식
- 4 데이터가 사진 현상과 같이 마스크 안에 형성되기 때문에 붙여진 이름
- 5 사용자는 수정 불가능

...▶ PROM

- 1 Programmable Read Only Memory
- 2 사용자가 1회에 한해서 새로운 내용을 기록할 수 있는 ROM
- 3 메모리 제조 시 모든 메모리 비트가 퓨즈로 연결하는 방식



사용자가 원하면 높은 전압(보통 12V, 동작 전압은 3.3~5V)을 가해 ROM 내부의 퓨즈를 끊는 방식으로 수정, 그래서 한번만 수정 가능

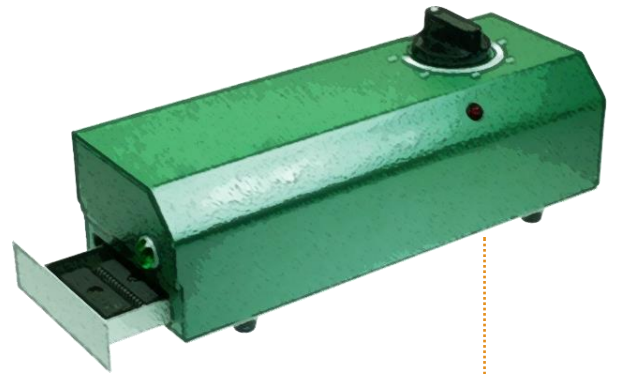
STM32F429의 플래시 메모리



⚙️ 플래시 메모리란 무엇인가?

🌈 ROM(Read Only Memory)의 종류

...➡ EPROM



Erasable PROM, 삭제 가능한 ROM

한번이 아닌 여러 번 수정 가능한 ROM

지우는 방식에 따른 종류

- EPROM eraser를 사용하여 지울 수 있음
- 지우는 시간 30~40분
- 지울 수 있는 횟수 20회 전후

자외선 : UVEPROM

- Ultra-Violet Erasable Programmable Read Only Memory

높은 전압(12V) : EEPROM

- Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

STM32F429의 플래시 메모리



⚙️ 플래시 메모리란 무엇인가?

🌈 ROM(Read Only Memory)의 종류

...➡ EEPROM



Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, E2PROM

첫 제품 : 1983년 인텔사의 2816

칩의 한 핀에 전기적 신호를 가해줌으로써 내부 데이터가 지워지게 되어 있는 ROM

- 수정을 위해 높은 전압(보통 12V)가 필요하므로 ROM을 소켓형태로 부착하고 필요하면 롬라이터를 통해 수정하고 다시 보드에 부착하는 방식 사용

STM32F429의 플래시 메모리



⚙️ 플래시 메모리란 무엇인가?

🌈 ROM(Read Only Memory)의 종류

→ 플래시 메모리

1

기존의 모든 단점 해결한 ROM으로
거의 모든 전자 제품에 내장되어
사용되고 있음

2

지우기 위해 높은 전압이
따로 필요치 않음

3

EEPROM과는 달리 한번 지울 때
Block단위로 지우기 때문에 지우는
속도도 훨씬 빠름

4

롬라이터와 같은 별도의 장비도
필요없고 쓰는 속도도
빨라졌기 때문에 개발 속도도
비약적으로 발전함

NOR FLASH

NAND FLASH

- NOR flash에 비해 가격이 몇 배 저렴함
- Bad block이 발생할 수 있음
- 이를 해결하기 위한 여러 가지 노력으로 현재는 가장 많이 사용되는 메모리가 되고 있음
- NAND flash를 사용한 제품 : USB 메모리, MMC카드, SSD, eMMC등

STM32F429의 플래시 메모리

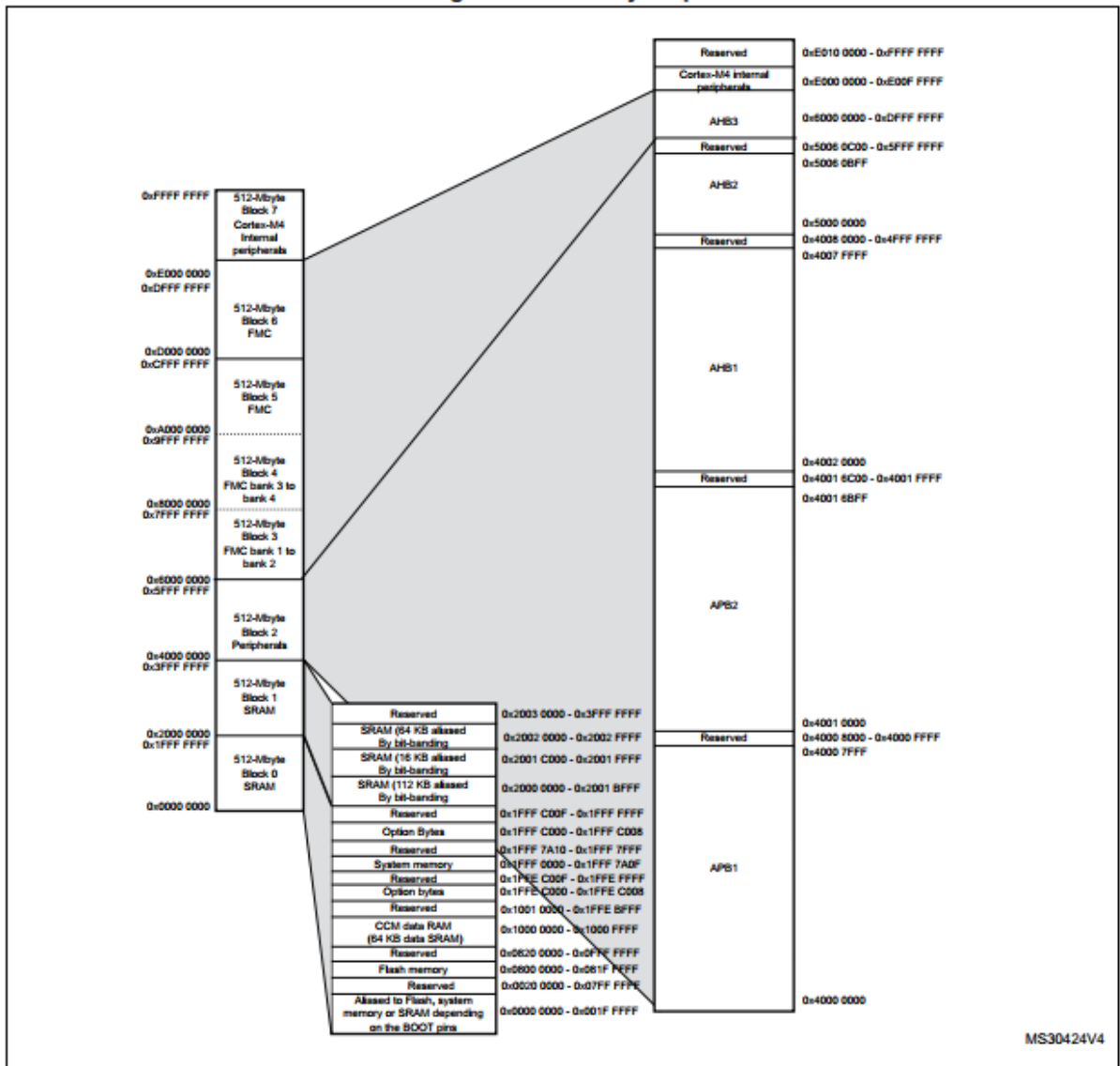


STM32F429의 플래시 메모리 소개

STM32F429의 메모리 맵

- 맵은 CPU가 메모리는 물론 장착된 주변 장치를 제어하기 위한 레지스터의 어드레스들을 정리한 지도
- STM32F429ZI는 2Mbyte 크기의 플래시 메모리를 가짐

Figure 19. Memory map



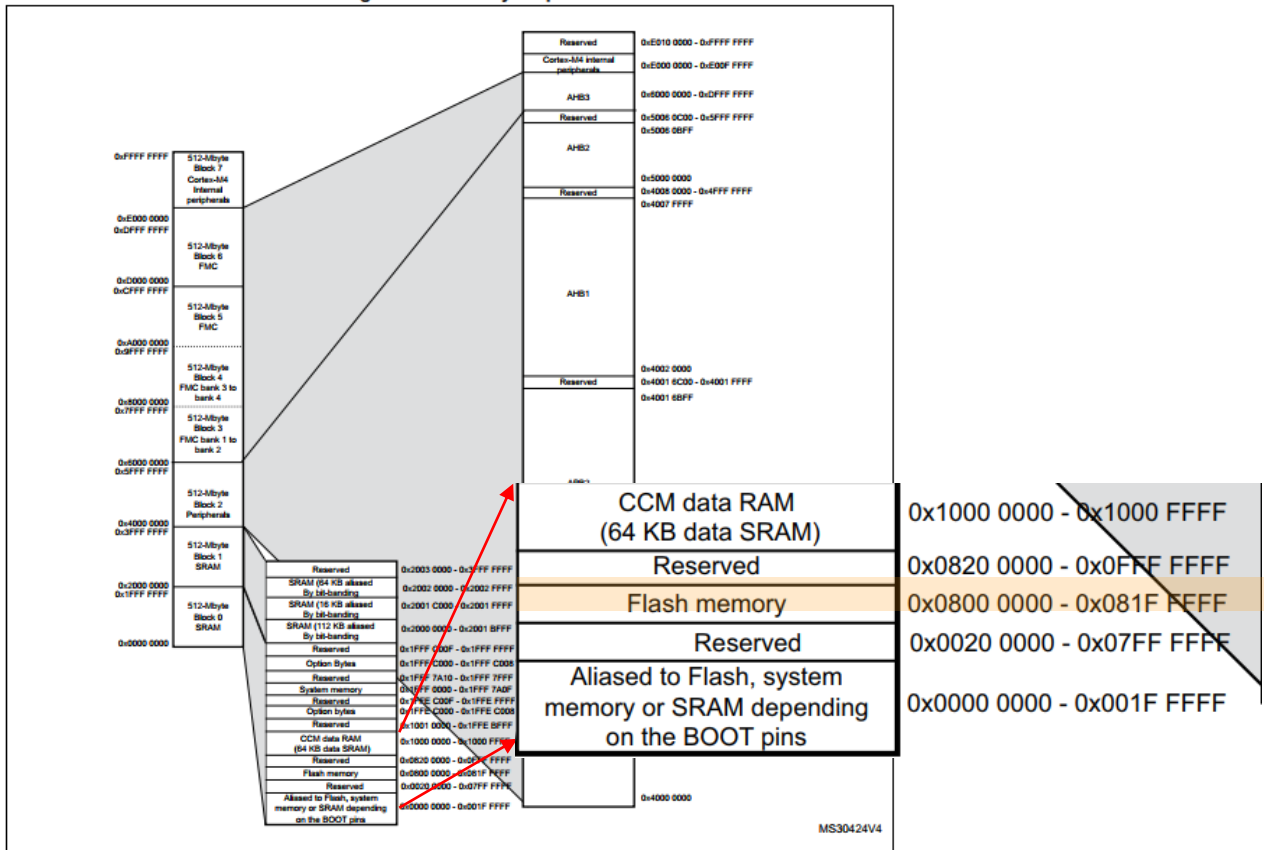
STM32F429의 플래시 메모리



STM32F429의 플래시 메모리 소개

STM32F429의 메모리 맵

Figure 19. Memory map



어드레스 범위

0x08000000~0x081FFFFFFF

2Mbyte의 범위

0~0x1FFFFFFF

STM32F429의 플래시 메모리



STM32F429의 플래시 메모리 소개

STM32F429의 메모리 모듈 구조

Table 6. Flash module - 2 Mbyte dual bank organization (STM32F42xxx and STM32F43xxx)

Block	Bank	Name	Block base addresses	Size	
<div>Main memory</div> <div>Main memory</div>	Bank 1	Sector 0	0x0800 0000 - 0x0800 3FFF	16 Kbytes	
		Sector 1	0x0800 4000 - 0x0800 7FFF	16 Kbytes	
		Sector 2	0x0800 8000 - 0x0800 BFFF	16 Kbytes	
		Sector 3	0x0800 C000 - 0x0800 FFFF	16 Kbyte	
		Sector 4	0x0801 0000 - 0x0801 FFFF	64 Kbytes	
		Sector 5	0x0802 0000 - 0x0803 FFFF	128 Kbytes	
		Sector 6	0x0804 0000 - 0x0805 FFFF	128 Kbytes	
		-	-	-	
		-	-	-	
		-	-	-	
	Bank 2	Sector 11	0x080E 0000 - 0x080F FFFF	128 Kbytes	
		Sector 12	0x0810 0000 - 0x0810 3FFF	16 Kbytes	
		Sector 13	0x0810 4000 - 0x0810 7FFF	16 Kbytes	
		Sector 14	0x0810 8000 - 0x0810 BFFF	16 Kbytes	
		Sector 15	0x0810 C000 - 0x0810 FFFF	16 Kbytes	
		Sector 16	0x0811 0000 - 0x0811 FFFF	64 Kbytes	
		Sector 17	0x0812 0000 - 0x0813 FFFF	128 Kbytes	
		Sector 18	0x0814 0000 - 0x0815 FFFF	128 Kbytes	
		-	-	-	
		-	-	-	
		-	-	-	
		System memory		Sector 23	0x081E 0000 - 0x081F FFFF
	System memory		0	0x1FFF 77FF	30 Kbytes
OTP		0	0x1FFF 7A0F	528 bytes	
Option bytes	Bank 1		0x1FFF C000 - 0x1FFF C00F	16 bytes	
	Bank 2		0x1FFE C000 - 0x1FFE C00F	16 bytes	

Option bytes

STM32F429의 플래시 메모리



STM32F429의 플래시 메모리 소개

STM32F429의 메모리 모듈 구조

Table 6. Flash module - 2 Mbyte dual bank organization (STM32F42xxx and STM32F43xxx)

Block	Bank	Name	Block base addresses	Size
Main memory	Bank 1	Sector 0	0x0800 0000 - 0x0800 3FFF	16 Kbytes
		Sector 1	0x0800 4000 - 0x0800 7FFF	16 Kbytes
		Sector 2	0x0800 8000 - 0x0800 BFFF	16 Kbytes
		Sector 3	0x0800 C000 - 0x0800 FFFF	16 Kbytes
		Sector 4	0x0801 0000 - 0x0801 FFFF	64 Kbytes
		Sector 5	0x0802 0000 - 0x0803 FFFF	128 Kbytes
		Sector 6	0x0804 0000 - 0x0805 FFFF	128 Kbytes
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		Sector 11	0x080E 0000 - 0x080F FFFF	128 Kbytes
	Bank 2	Sector 12	0x0810 0000 - 0x0810 3FFF	16 Kbytes
		Sector 13	0x0810 4000 - 0x0810 7FFF	16 Kbytes
		Sector 14	0x0810 8000 - 0x0810 BFFF	16 Kbytes
		Sector 15	0x0810 C000 - 0x0810 FFFF	16 Kbytes
		Sector 16	0x0811 0000 - 0x0811 FFFF	64 Kbytes
		Sector 17	0x0812 0000 - 0x0813 FFFF	128 Kbytes
		Sector 18	0x0814 0000 - 0x0815 FFFF	128 Kbytes
			-	-
			-	-
			-	-
		Sector 23	0x081E 0000 - 0x081F FFFF	128 Kbytes
System memory			0x1FFF 0000 - 0x1FFF 77FF	30 Kbytes
OTP			0x1FFF 7800 - 0x1FFF 7A0F	528 bytes
Option bytes	Bank 1		0x1FFF C000 - 0x1FFF C00F	16 bytes
	Bank 2		0x1FFE C000 - 0x1FFE C00F	16 bytes

Main memory

- ... 주요 플래시 메모리 공간으로 2개의 Bank로 나뉨
- ... 각각은 16Kbytes 또는 64Kbytes, 12Kbytes 크기의 섹터로 나뉨
- ... 총 24개의 섹터로 구성

STM32F429의 플래시 메모리



STM32F429의 플래시 메모리 소개

STM32F429의 메모리 모듈 구조

Table 6. Flash module - 2 Mbyte dual bank organization (STM32F42xxx and STM32F43xxx)

Block	Bank	Name	Block base addresses	Size
Main memory	Bank 1	Sector 0	0x0800 0000 - 0x0800 3FFF	16 Kbytes
		Sector 1	0x0800 4000 - 0x0800 7FFF	16 Kbytes
		Sector 2	0x0800 8000 - 0x0800 BFFF	16 Kbytes
		Sector 3	0x0800 C000 - 0x0800 FFFF	16 Kbytes
		Sector 4	0x0801 0000 - 0x0801 FFFF	64 Kbytes
		Sector 5	0x0802 0000 - 0x0803 FFFF	128 Kbytes
		Sector 6	0x0804 0000 - 0x0805 FFFF	128 Kbytes
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		Sector 11	0x080E 0000 - 0x080F FFFF	128 Kbytes
	Bank 2	Sector 12	0x0810 0000 - 0x0810 3FFF	16 Kbytes
		Sector 13	0x0810 4000 - 0x0810 7FFF	16 Kbytes
		Sector 14	0x0810 8000 - 0x0810 BFFF	16 Kbytes
		Sector 15	0x0810 C000 - 0x0810 FFFF	16 Kbytes
		Sector 16	0x0811 0000 - 0x0811 FFFF	64 Kbytes
		Sector 17	0x0812 0000 - 0x0813 FFFF	128 Kbytes
		Sector 18	0x0814 0000 - 0x0815 FFFF	128 Kbytes
			-	-
			-	-
			-	-
		Sector 23	0x081E 0000 - 0x081F FFFF	128 Kbytes
		System memory		
OTP			0x1FFF 7800 - 0x1FFF 7A0F	528 bytes
Option bytes	Bank 1		0x1FFF C000 - 0x1FFF C00F	16 bytes
	Bank 2		0x1FFE C000 - 0x1FFE C00F	16 bytes

System memory

- 0x1FFF0000~0x1FFF77FF의 어드레스 공간을 가짐
- CPU가 부팅할 때 사용하는 메모리 공간으로 Boot mode에 따라 사용 유무가 결정되는 공간

STM32F429의 플래시 메모리



STM32F429의 플래시 메모리 소개

STM32F429의 메모리 모듈 구조

Table 6. Flash module - 2 Mbyte dual bank organization (STM32F42xxx and STM32F43xxx)

Block	Bank	Name	Block base addresses	Size
Main memory	Bank 1	Sector 0	0x0800 0000 - 0x0800 3FFF	16 Kbytes
		Sector 1	0x0800 4000 - 0x0800 7FFF	16 Kbytes
		Sector 2	0x0800 8000 - 0x0800 BFFF	16 Kbytes
		Sector 3	0x0800 C000 - 0x0800 FFFF	16 Kbytes
		Sector 4	0x0801 0000 - 0x0801 FFFF	64 Kbytes
		Sector 5	0x0802 0000 - 0x0803 FFFF	128 Kbytes
		Sector 6	0x0804 0000 - 0x0805 FFFF	128 Kbytes
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		Sector 11	0x080E 0000 - 0x080F FFFF	128 Kbytes
	Bank 2	Sector 12	0x0810 0000 - 0x0810 3FFF	16 Kbytes
		Sector 13	0x0810 4000 - 0x0810 7FFF	16 Kbytes
		Sector 14	0x0810 8000 - 0x0810 BFFF	16 Kbytes
		Sector 15	0x0810 C000 - 0x0810 FFFF	16 Kbytes
		Sector 16	0x0811 0000 - 0x0811 FFFF	64 Kbytes
		Sector 17	0x0812 0000 - 0x0813 FFFF	128 Kbytes
		Sector 18	0x0814 0000 - 0x0815 FFFF	128 Kbytes
			-	-
			-	-
			-	-
		Sector 23	0x081E 0000 - 0x081F FFFF	128 Kbytes
System memory			0x1FFF 0000 - 0x1FFF 77FF	30 Kbytes
OTP			0x1FFF 7800 - 0x1FFF 7A0F	528 bytes
Option bytes	Bank 1		0x1FFF C000 - 0x1FFF C00F	16 bytes
	Bank 2		0x1FFE C000 - 0x1FFE C00F	16 bytes

System memory

Boot mode 중 펌웨어 업데이트 모드

UART1을 통해 Flash loader 툴 사용

Main memory에 펌웨어 다운로드

STM32F429의 플래시 메모리



STM32F429의 플래시 메모리 소개

STM32F429의 메모리 모듈 구조

Table 6. Flash module - 2 Mbyte dual bank organization (STM32F42xxx and STM32F43xxx)

Block	Bank	Name	Block base addresses	Size
Main memory	Bank 1	Sector 0	0x0800 0000 - 0x0800 3FFF	16 Kbytes
		Sector 1	0x0800 4000 - 0x0800 7FFF	16 Kbytes
		Sector 2	0x0800 8000 - 0x0800 BFFF	16 Kbytes
		Sector 3	0x0800 C000 - 0x0800 FFFF	16 Kbytes
		Sector 4	0x0801 0000 - 0x0801 FFFF	64 Kbytes
		Sector 5	0x0802 0000 - 0x0803 FFFF	128 Kbytes
		Sector 6	0x0804 0000 - 0x0805 FFFF	128 Kbytes
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		Sector 11	0x080E 0000 - 0x080F FFFF	128 Kbytes
	Bank 2	Sector 12	0x0810 0000 - 0x0810 3FFF	16 Kbytes
		Sector 13	0x0810 4000 - 0x0810 7FFF	16 Kbytes
		Sector 14	0x0810 8000 - 0x0810 BFFF	16 Kbytes
		Sector 15	0x0810 C000 - 0x0810 FFFF	16 Kbytes
		Sector 16	0x0811 0000 - 0x0811 FFFF	64 Kbytes
		Sector 17	0x0812 0000 - 0x0813 FFFF	128 Kbytes
		Sector 18	0x0814 0000 - 0x0815 FFFF	128 Kbytes
			-	-
			-	-
			-	-
		Sector 23	0x081E 0000 - 0x081F FFFF	128 Kbytes
		System memory		
OTP			0x1FFF 7800 - 0x1FFF 7A0F	528 bytes
Option bytes	Bank 1		0x1FFF C000 - 0x1FFF C00F	16 bytes
	Bank 2		0x1FFE C000 - 0x1FFE C00F	16 bytes

OTP

- ... One Time Programmable 공간
- ... 한번 쓸 수 있는 사용자 메모리 공간

STM32F429의 플래시 메모리



STM32F429의 플래시 메모리 소개

STM32F429의 메모리 모듈 구조

Table 6. Flash module - 2 Mbyte dual bank organization (STM32F42xxx and STM32F43xxx)

Block	Bank	Name	Block base addresses	Size
Main memory	Bank 1	Sector 0	0x0800 0000 - 0x0800 3FFF	16 Kbytes
		Sector 1	0x0800 4000 - 0x0800 7FFF	16 Kbytes
		Sector 2	0x0800 8000 - 0x0800 BFFF	16 Kbytes
		Sector 3	0x0800 C000 - 0x0800 FFFF	16 Kbytes
		Sector 4	0x0801 0000 - 0x0801 FFFF	64 Kbytes
		Sector 5	0x0802 0000 - 0x0803 FFFF	128 Kbytes
		Sector 6	0x0804 0000 - 0x0805 FFFF	128 Kbytes
		-	-	-
		-	-	-
		-	-	-
		Sector 11	0x080E 0000 - 0x080F FFFF	128 Kbytes
	Bank 2	Sector 12	0x0810 0000 - 0x0810 3FFF	16 Kbytes
		Sector 13	0x0810 4000 - 0x0810 7FFF	16 Kbytes
		Sector 14	0x0810 8000 - 0x0810 BFFF	16 Kbytes
		Sector 15	0x0810 C000 - 0x0810 FFFF	16 Kbytes
		Sector 16	0x0811 0000 - 0x0811 FFFF	64 Kbytes
		Sector 17	0x0812 0000 - 0x0813 FFFF	128 Kbytes
		Sector 18	0x0814 0000 - 0x0815 FFFF	128 Kbytes
			-	-
			-	-
			-	-
		Sector 23	0x081E 0000 - 0x081F FFFF	128 Kbytes
		System memory		
OTP			0x1FFF 7800 - 0x1FFF 7A0F	528 bytes
Option bytes	Bank 1		0x1FFF C000 - 0x1FFF C00F	16 bytes
	Bank 2		0x1FFE C000 - 0x1FFE C00F	16 bytes

Option bytes

- ... Watchdog 설정, Read/Write protection과 같은 시스템관련 설정을 담당하는 16bytes 저장소
- ... Main 메모리의 Bank1, 2에 대한 각각의 설정 담당

플래시 메모리 프로그래밍



⚙️ 플래시 메모리 Read 프로그래밍

🎯 교수님 실습 영상

- 1 CubeMX를 사용하여 프로젝트 생성
- 2 메모리 맵에서 플래시 메모리의 어드레스를 확인
- 3 0x08000000에서 10개의 32비트 데이터를 읽는 코드를 작성
- 4 읽은 값을 UART 메시지로 출력하는 코드 작성
- 5 컴파일 후 테스트
- 6 0x08100000에서 10개의 32비트 데이터를 읽는 코드를 작성
- 7 읽은 값을 UART 메시지로 출력하는 코드 작성
- 8 컴파일 후 테스트

플래시 메모리 프로그래밍



⚙️ 플래시 메모리 Erase/write 프로그래밍

🎯 교수님 실습 영상

- 1 CubeMX를 사용하여 프로젝트 생성
- 2 플래시 erase 를 위해 HAL_FLASH_Unlock()을 먼저 사용
- 3 플래시 erase 함수인 HAL_FLASHEx_Erase()을 작성
- 4 지웠음을 확인하기 위해 erase한 페이지의 데이터 읽기
- 5 플래시 write를 위해 HAL_FLASH_Program()을 작성
- 6 word 단위로 데이터를 write
- 7 플래시 lock을 위해 HAL_FLASH_Lock()을 작성
- 8 Write 된 데이터 읽기
- 9 power off 후에 flash loader를 사용하여 해당 페이지를 읽어 데이터를 확인

요점노트

1. STM32F429의 플래시 메모리



- STM32F429의 플래시 메모리
 - 메모리는 크게 RAM과 ROM으로 나뉘며 RAM은 휘발성 메모리, ROM은 비 휘발성 메모리임
 - 플래시 메모리는 ROM의 한 종류이며 크게 NOR FLASH와 NAND FLASH로 나뉨
 - STM32F429의 플래시 메모리는 0x08000000~0x081FFFFFF의 어드레스 범위를 가짐
 - STM32F429의 플래시 메모리 모듈은 Main memory와 System memory, OTP, Option bytes로 구성됨

요점노트

2. 플래시 메모리 프로그래밍



- 플래시 메모리 프로그래밍
 - 플래시 메모리는 Read/Erase/Write가 가능함
 - 플래시 메모리는 어드레스를 사용하여 직접 읽을 수 있음
 - 플래시 메모리 Erase를 위해 Unlock을 먼저 사용함
 - 플래시 메모리에 Write 할 때 HAL_FLASH_Program()를 사용할 수 있음