Real-time Clock(RTC) trên STM32F4

Kiến thức cần chuẩn bị

1 . Real-time Clock

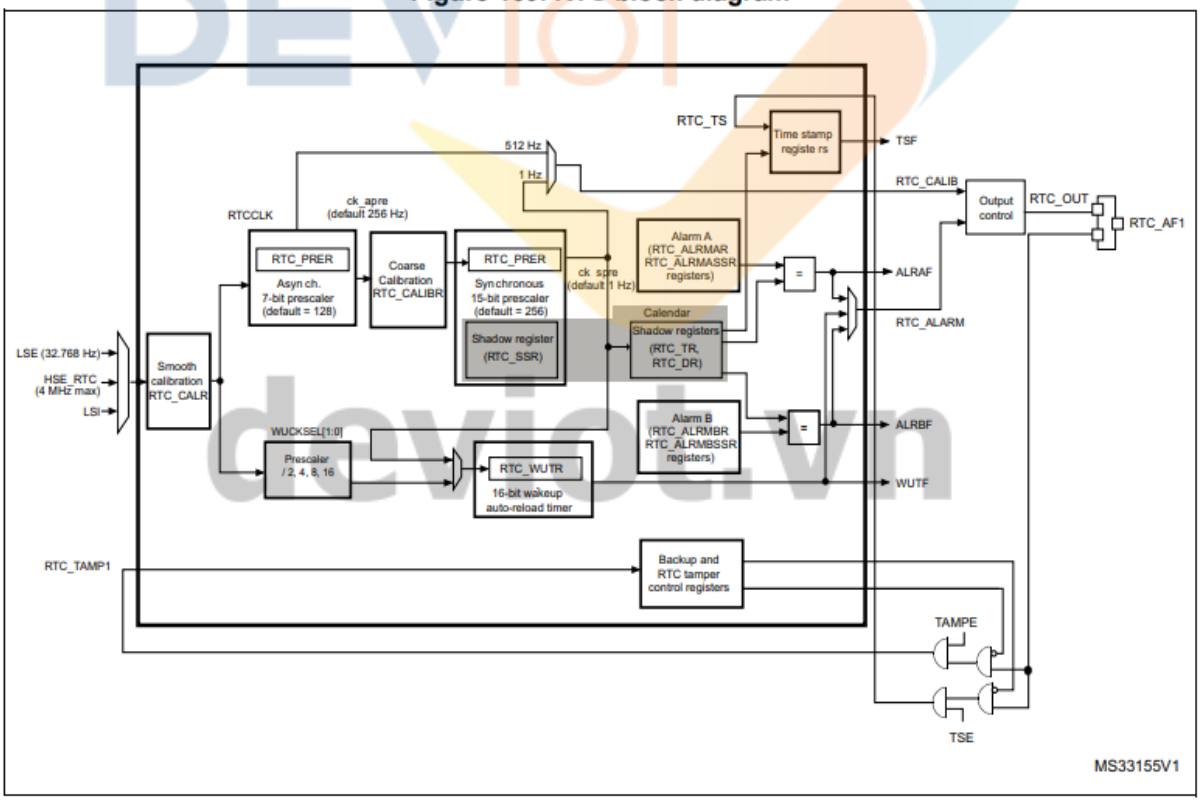
The Real-time Clock (RTC) là bộ đếm thời gian độc lập ,ta có thể hiểu đơn giản như một chiếc đồng hồ bình thường . RTC cung cấp lịch , thời gian trong ngày, hai Alarm (A và B)có thể lập trình và lập trình định kỳ cờ wakeup với khả năng ngắt. RTC cũng bao gồm một đơn vị đánh thức tự động để quản lý Low Power Modes.

Hai thanh ghi 32 bit chứa giây, phút, giờ (định dạng 12 hoặc 24 giờ), ngày (ngày của tuần), ngày (ngày trong tháng), tháng và năm, được biểu thị ở định dạng thập phân được mã hóa nhị phân (BCD). Giá trị giây phụ cũng có sẵn ở định dạng nhị phân. Bù cho các tháng 28-, 29- (năm nhuận), 30- và 31 ngày được thực hiện tự động. Các thanh ghi 32 bit bổ sung chứa các subseconds báo động có thể lập trình, giây, phút, giờ, ngày và ngày trong tuần .

Một tính năng hiệu chuẩn kỹ thuật số có sẵn để bù cho bất kỳ sai lệch nào trong bộ tạo dao động tinh thể hoạt động chính xác.

Miễn là điện áp cung cấp vẫn nằm trong phạm vi hoạt động, RTC không bao giờ dừng lại, Bất kể trạng thái Chip (Run Mode , Low Power Modes hoặc được Reset).

Figure 159. RTC block diagram



Với các loại module hiện có trên thị trường như DS3231, DS1307… chúng ta phải dùng thêm IC để đọc được dữ liệu thời gian về ngày, tháng, năm, giờ, phút, giây và các loại IC này đều sử dụng giao thức I2C để đọc/ghi dữ liệu.

Còn đối với chip STM32F4 ở bên trong nó đã tích hợp sẵn một bộ thời gian thực.

Ưu và nhược điểm khi sử dụng bộ RTC trong chip STM32F4:

Ưu điểm: Không phải tốn chi phí cho bất kì IC RTC nào vì đã được tích hợp sẵn, tiết kiệm diện tích thiết kế mạch.

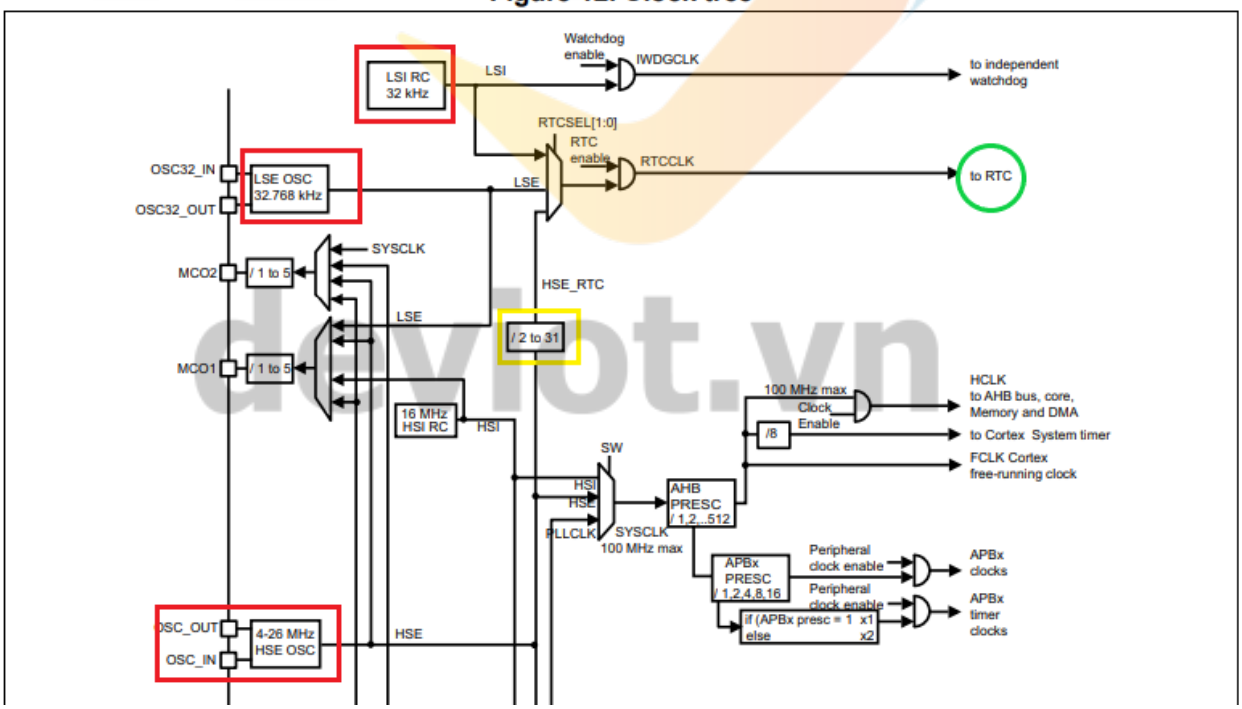
Nhược điểm: Bộ RTC trong chip STM32F4 sử dụng từ Clock từ các bộ LSI, LSE, HSE. Nếu sử dụng LSI làm bộ nguồn Clock thì đây là bộ clock nội và sai số , vì vậy trong quá trình hoạt động thì khi chúng ta đọc thời gian sẽ bị sai lệch .

Một số ứng dụng chính mà bộ RTC mang lại là làm đồng hồ, mạch kiểm soát thời gian, báo thức, counter…Bộ RTC này sử dụng timer độc lập, tách biệt với các bộ timer khác .

Nguồn clock cấp cho bộ RTC hoạt động :

- HSE : sử dụng thạch anh ngoài tốc độ cao, từ 8MHZ sẽ được chia từ 2 đến 31 lần để ra tần số hoạt động (rất cao)
- LSI RC: sử dụng bộ giao động RC nội tốc độ 32Khz.
- LSE : sử dụng thạc anh ngoài tốc độ thấp 32.768khz.

Figure 12. Clock tree



Thạch anh ngoài giúp bộ MCU hoạt động chính xác và tiết kiệm năng lượng hơn so với bộ giao động RC nội . Khi cần Backup data khi mất nguồn trên chân VDD thì cần có 2 điều kiện là sử dụng thạch anh ngoài và có điện áp trên chân VBAT. Nhưng trên Chip ta không cần sử dụng đến thạch anh ngoài mà thường sử dụng clock nội

Các chức năng cơ bản của bộ RTC:

- Bộ chia clock lên đến 20 bit, giúp bộ RTC hoạt động chính xác.
- Độ phân giải của timer RTC lên đến 32 bit tức là 2^{32} giây mới tràn và cần reset lại.
- 3 clock source có thể được sử dụng.
- 2 loại Reset RTC riêng biệt.
- Có các ngắt hỗ trợ là : ngắt Alarm, ngắt mỗi giây, ngắt tràn.

Hãy cùng phân tích một số thanh ghi quan trọng trong RTC.

Các thanh ghi ngày và giờ của RTC được truy cập thông qua các ***Shadow register*** được đồng bộ hóa với PCLK1 (APB1 clock). APB1 Interface giúp cho Core có thể đọc ghi dữ liệu đến các thanh ghi trong bộ RTC thông qua APB1 bus. Ngoài ra, APB1 interface sẽ được APB1 bus clock trong quá trình giao tiếp dữ liệu.

Một số thanh ghi quan trọng trong bài:

1. RTC_CR – RTC control register.

Address offset: 0x08

Backup domain reset value: 0x0000 0000

System reset: not affected

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved								COE	OSEL[1:0]		POL		BKP	SUB1H	ADD1H
								rw	rw	rw	rw	rw	rw	w	w
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
TSIE	WUTIE	ALRBIE	ALRAIE	TSE	WUTE	ALRBE	ALRAE	DCE	FMT	BYPSHAD	REFCKON	TSEDGE	WUCKSEL[2:0]		
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

COE: Kích hoạt hoặc Vô hiệu hóa chuẩn đầu ra

OSEL[1:0]: Output selection (chọn cờ được định tuyến đến RTC_ALARM output)

POL: Output polarity (sử dụng để định cấu hình mức logic xuất ra của RTC_ALARM output)

COSEL: Calibration output selection

BKP: Backup

SUB1H: Subtract 1 hour (winter time change)

.... Tham khảo thêm các chức năng của thanh ghi tại page 489 tài liệu của ST

https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/9b/53/39/1c/f7/01/4a/79/DM00119316.pdf/files/DM00119316.pdf/jcr:content/translations/en.DM00119316.pdf

2. RTC_TR – RTC time register.

Address offset: 0x00

Backup domain reset value: 0x0000 0000

System reset: 0x0000 0000 when BYPSHAD = 0. Not affected when BYPSHAD = 1.

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved									PM	HT[1:0]		HU[3:0]			
									rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Res.	MNT[2:0]			MNU[3:0]				Res.	ST[2:0]			SU[3:0]			
	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw		rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Thanh ghi chứa thời gian ở định dạng Binary Code Decima

3. RTC_DR – RTC date register.

Address offset: 0x04

Backup domain reset value: 0x0000 2101

System reset: 0x0000 2101 when BYPSHAD = 0. Not affected when BYPSHAD = 1.

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved								YT[3:0]				YU[3:0]			
								rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
WDU[2:0]			MT	MU[3:0]				Reserved		DT[1:0]		DU[3:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw			rw	rw	rw	rw	rw	rw

Thanh ghi chứa ngày dương lịch ở định dạng Binary Code Decima

4 . RTC_ISR - RTC initialization and status register

Thanh ghi khởi tạo và trạng thái RTC

Address offset: 0x0C

Backup domain reset value: 0x0000 0007

System reset value: Not affected except INIT, INITF and RSF which are cleared to 0.

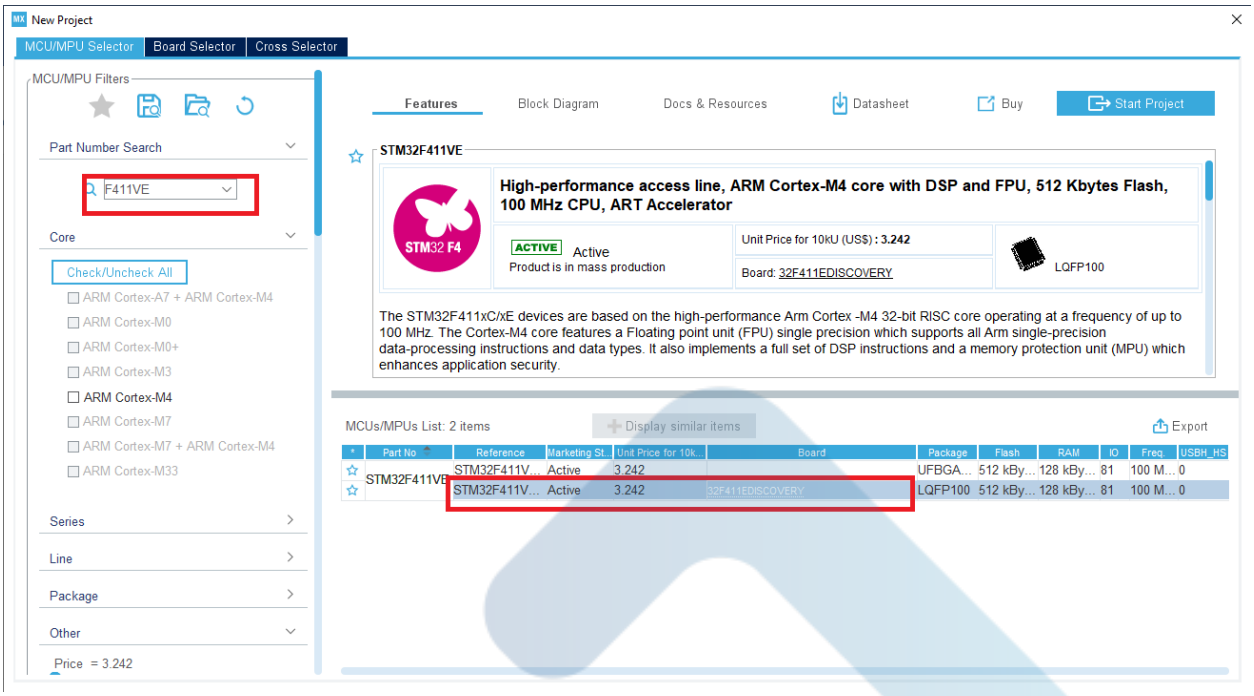
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															RECALPF
															r

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Res.	Res.	TAMP1F	TSOVF	TSF	WUTF	ALRBF	ALRAF	INIT	INITF	RSF	INITS	SHPF	WUTWF	ALRBWF	ALRAWF
		rc_w0	rc_w0	rc_w0	rc_w0	rc_w0	rc_w0	rw	r	rc_w0	r	r	r	r	r

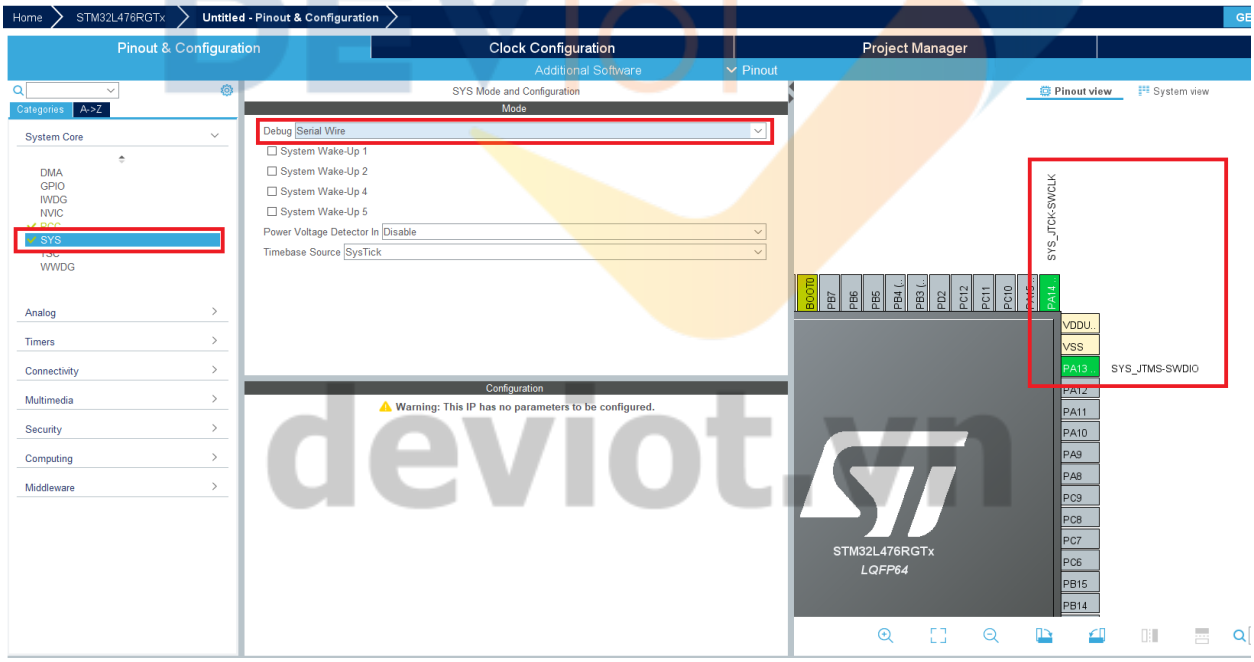
Lập trình

Mở phần mềm STM CubeMX, chọn dòng chip bạn sử dụng. Ở đây mình chọn chip STM32F411VE

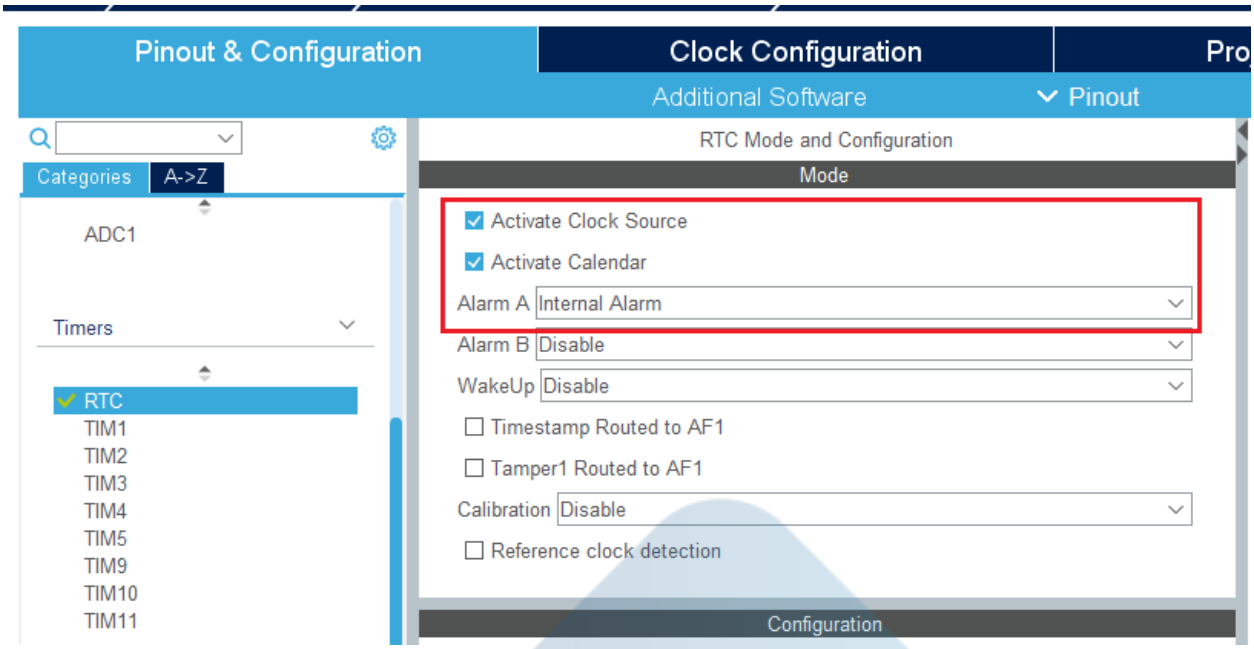
Đối với các dòng chip STM32 đời 4, tất cả mọi câu lệnh khi sử dụng thư viện HAL đều giống nhau. Chỉ khác nhau phần cấu hình Clock phụ thuộc riêng vào mỗi Chip

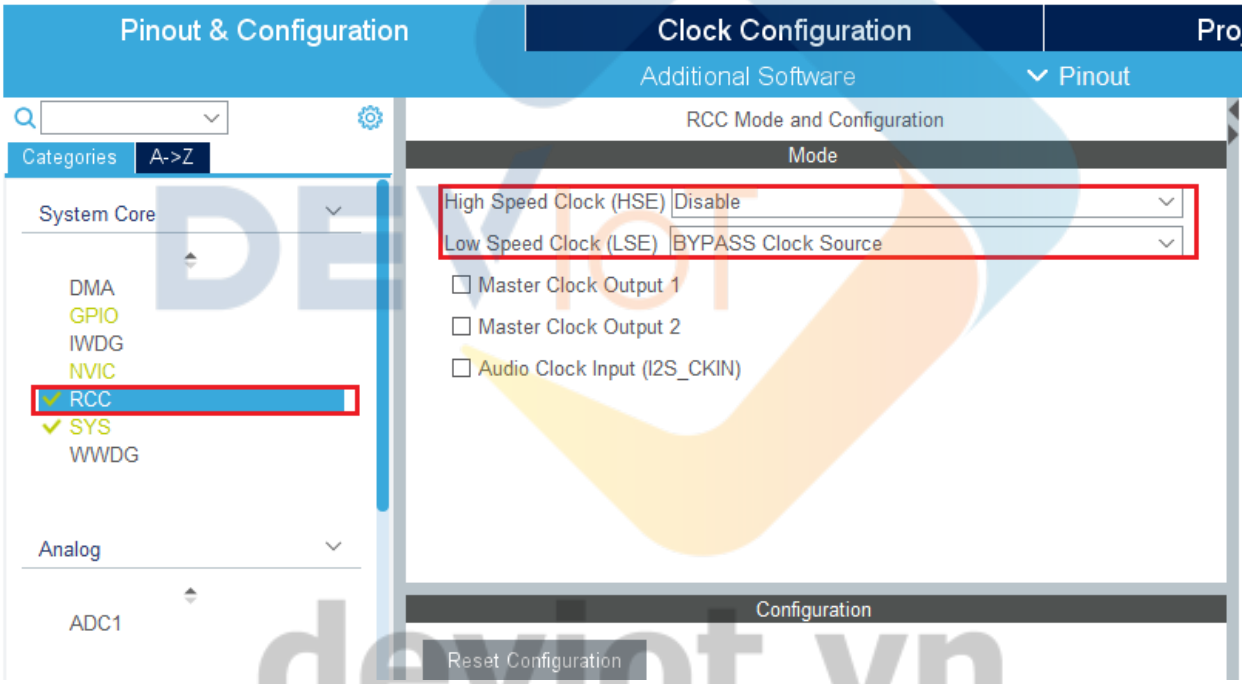


Cấu hình Chip Debug bằng mode SWD



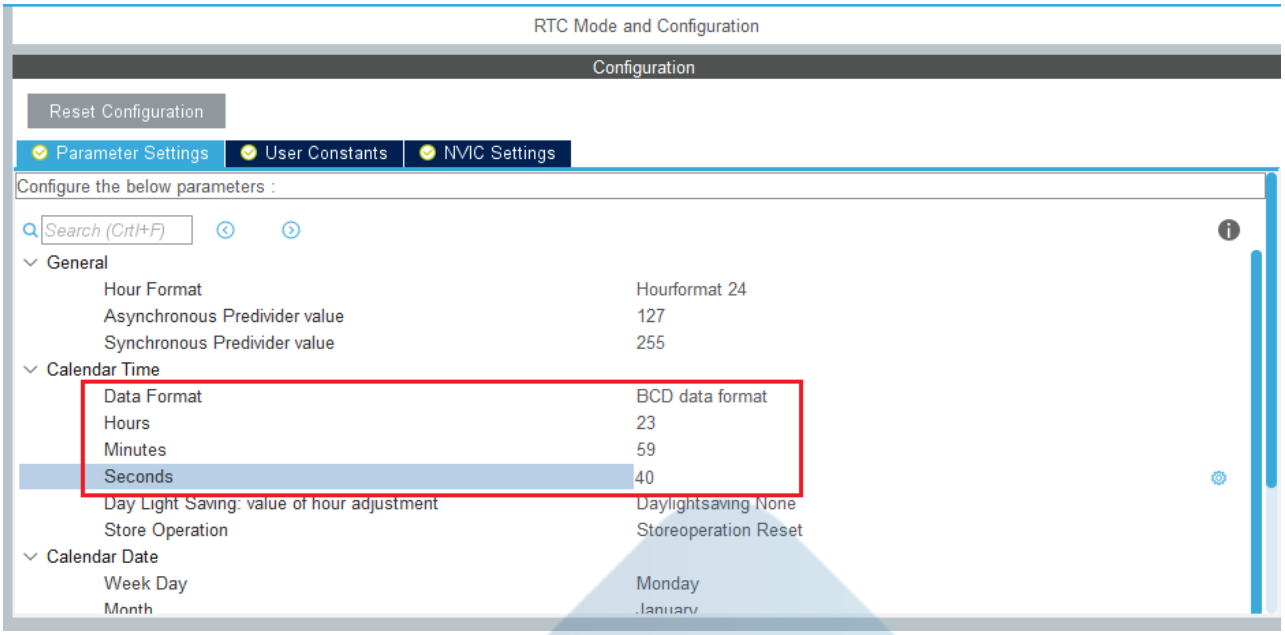
Kích hoạt nguồn Clock và Calender cho RTC và sẽ chọn Clock source là Thạch anh ngoài tốc độ thấp hoặc nội Clock LSI . Với những bài cần độ chính xác cao và tiết kiệm năng lượng ta sẽ dùng LSE nhưng với ví dụ đơn giản này chúng ta sẽ dùng LSI.

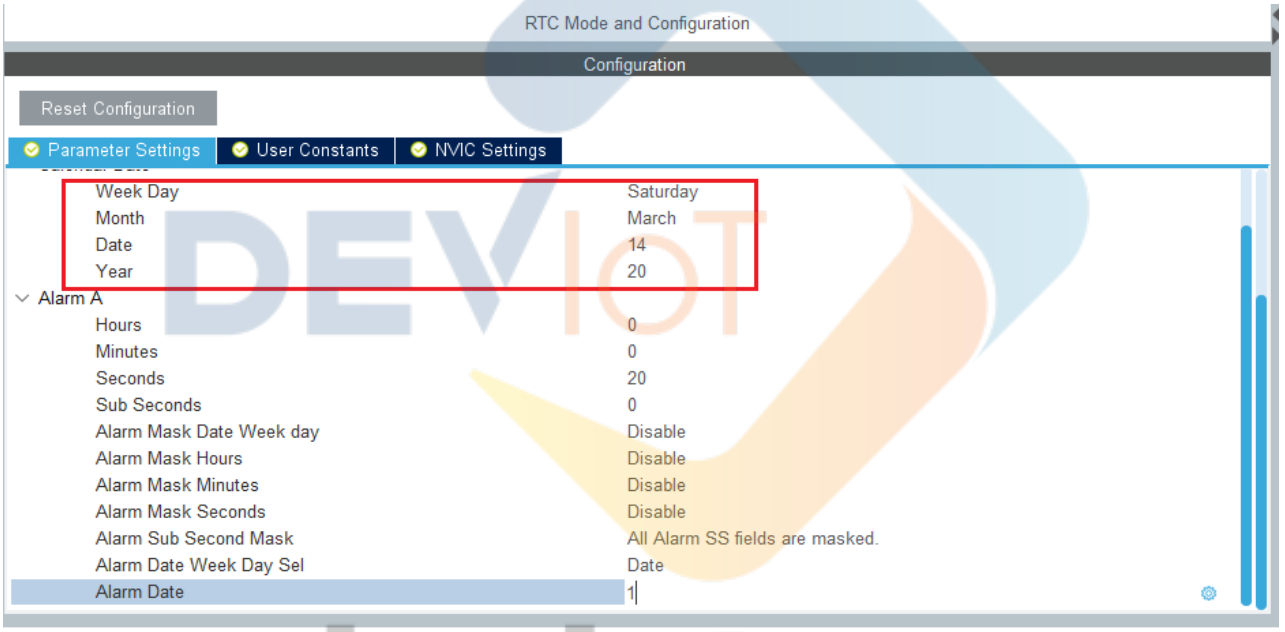


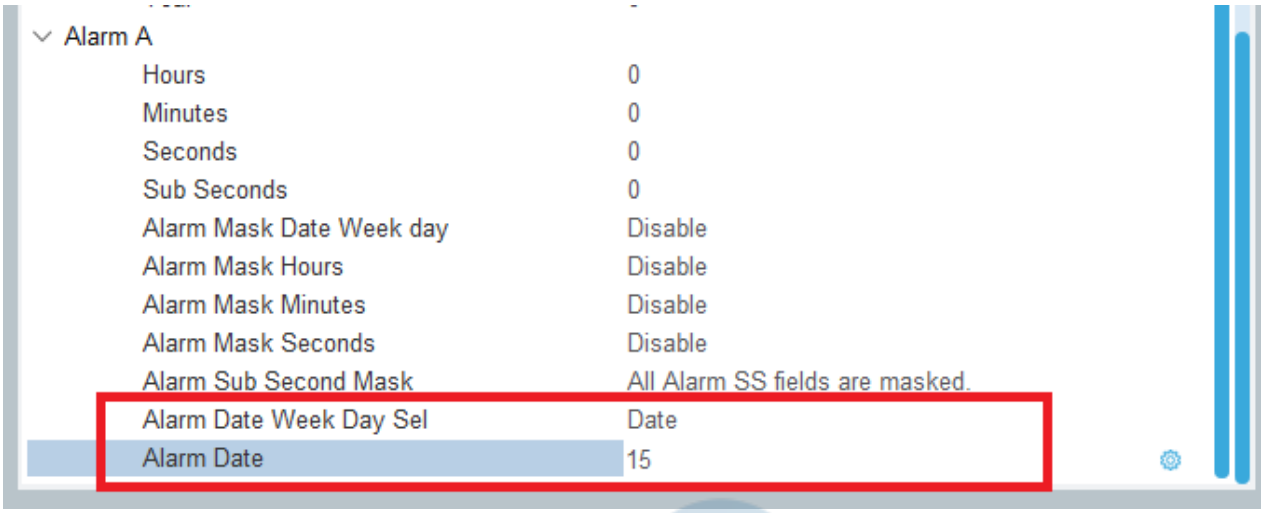


Sau đó cấu hình chi tiết cho RTC . Định dạng giờ là 24 truyền dữ liệu 8 bit

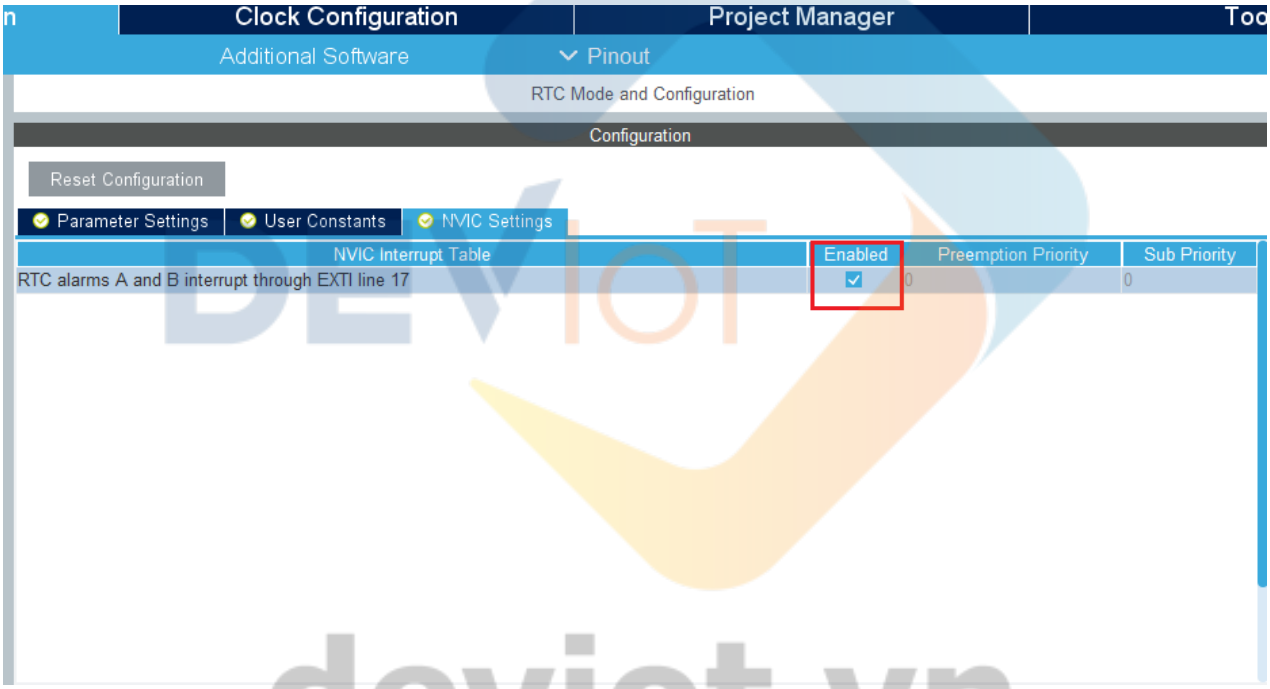
Định dạng dữ liệu là BCD nghĩa là Binary-code Decimal : Số thập phân được mã hóa dưới dạng nhị phân . Set ngày và giờ bắt đầu để lịch đếm . Chú ý nhỏ là định dạng năm trong RTC là 20xx nghĩa là mình sẽ điền 2 số cuối của năm


RTC Mode and Configuration
Configuration
Reset Configuration
Parameter Settings
User Constants
NVIC Settings
Configure the below parameters :
Search (Crtl+F)
General
Hour Format
Hourformat 24
Asynchronous Predivider value
127
Synchronous Predivider value
255
Calendar Time
Data Format
BCD data format
Hours
23
Minutes
59
Seconds
40
Day Light Saving: value of hour adjustment
Daylightsaving None
Store Operation
Storeoperation Reset
Calendar Date
Week Day
Monday

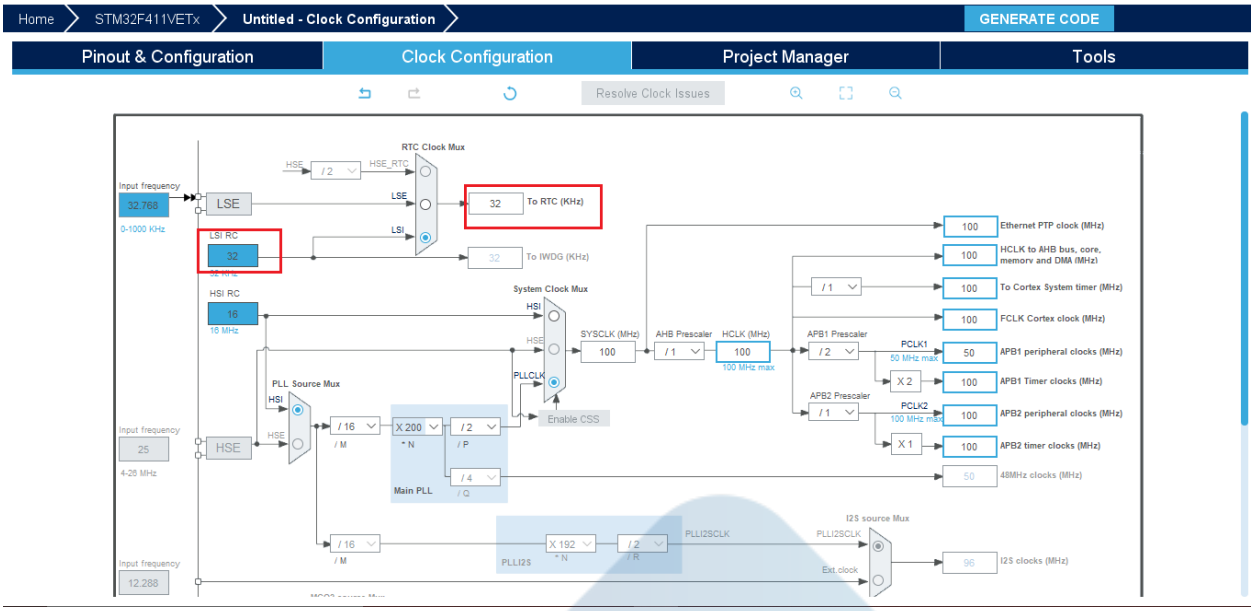

RTC Mode and Configuration
Configuration
Reset Configuration
Parameter Settings
User Constants
NVIC Settings
Week Day
Saturday
Month
March
Date
14
Year
20
Alarm A
Hours
0
Minutes
0
Seconds
20
Sub Seconds
0
Alarm Mask Date Week day
Disable
Alarm Mask Hours
Disable
Alarm Mask Minutes
Disable
Alarm Mask Seconds
Disable
Alarm Sub Second Mask
All Alarm SS fields are masked.
Alarm Date Week Day Sel
Date
Alarm Date
1



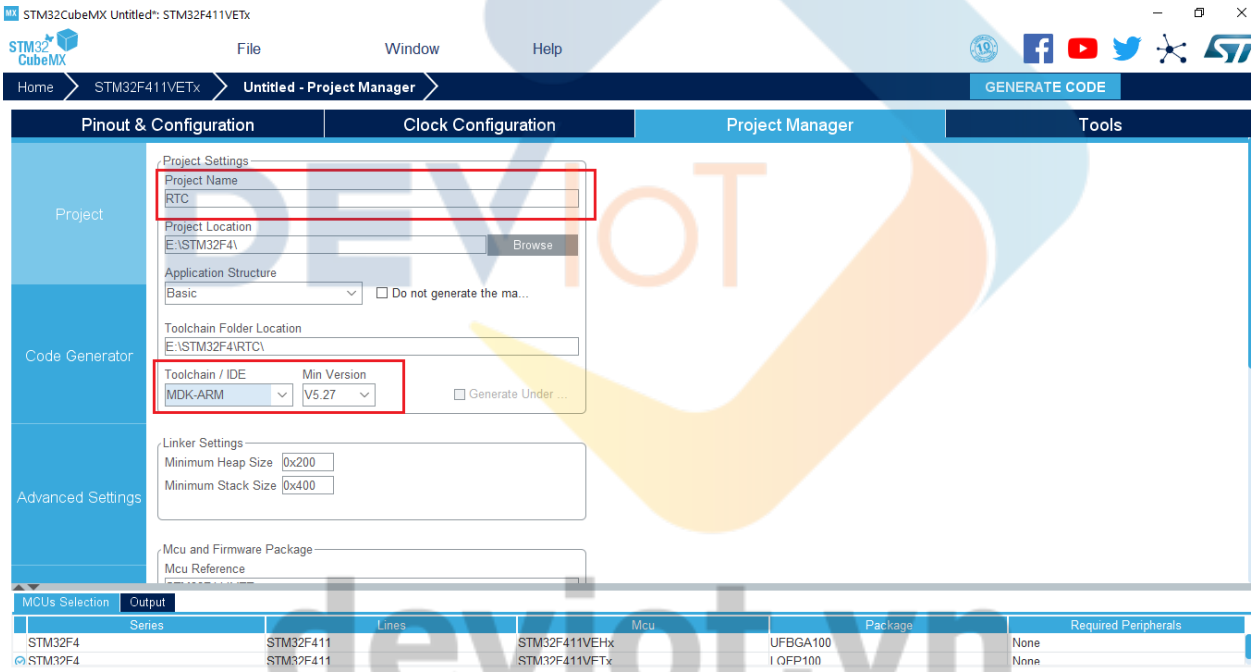
Cho phép ngắt ở Alarm ta có thể chọn thời gian để RTC nhảy vào hàm ngắt Alarm . Ở đây mình chỉ chọn Alarm Date để Demo cho các bạn khi đến 0:0:15 ngày 15

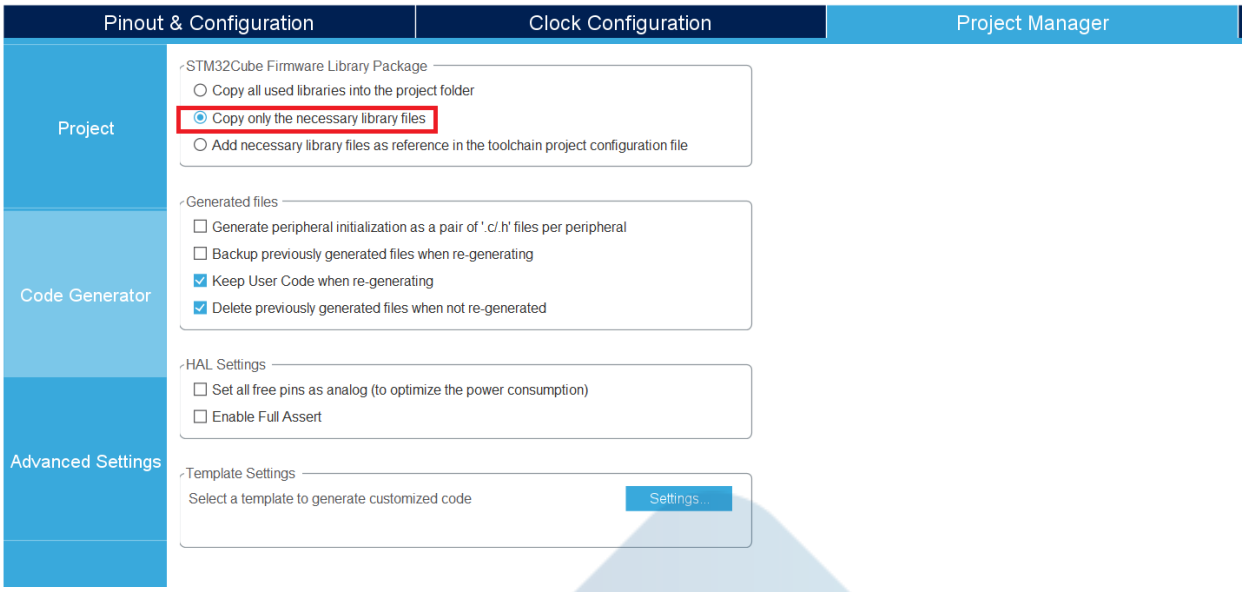


Ta sẽ sử dụng nguồn clock nội LSI 32KHz cấp cho RTC



Click vào Project sau đó Setting , đặt tên cho project , chọn công cụ lập trình Kiel





Chọn những thư viện cần thiết để sinh code nhanh hơn và giảm dung lượng Project nhé.

Khởi tạo RTC với các thuộc tính đã đặt mà Cube tự sinh ra

```
static void MX_RTC_Init(void)
{
  RTC_TimeTypeDef sTime = {0};
  RTC_DateTypeDef sDate = {0};
  RTC_AlarmTypeDef sAlarm = {0};
  hrtc.Instance = RTC;
  hrtc.Init.HourFormat = RTC_HOURFORMAT_24;
  hrtc.Init.AsynchPrediv = 127;
  hrtc.Init.SynchPrediv = 255;
  hrtc.Init.OutPut = RTC_OUTPUT_DISABLE;
  hrtc.Init.OutPutPolarity = RTC_OUTPUT_POLARITY_HIGH;
  hrtc.Init.OutPutType = RTC_OUTPUT_TYPE_OPENDRAIN;
  if (HAL_RTC_Init(&hrtc) != HAL_OK)
  {
    Error_Handler();
  }
  sTime.Hours = 0x23;
  sTime.Minutes = 0x59;
  sTime.Seconds = 0x40;
  sTime.DayLightSaving = RTC_DAYLIGHTSAVING_NONE;
  sTime.StoreOperation = RTC_STOREOPERATION_RESET;
  if (HAL_RTC_SetTime(&hrtc, &sTime, RTC_FORMAT_BCD) != HAL_OK)
  {
    Error_Handler();
  }
  sDate.WeekDay = RTC_WEEKDAY_SATURDAY;
  sDate.Month = RTC_MONTH_MARCH;
  sDate.Date = 0x14;
```

```
  sDate.Year = 0x20;

  if (HAL_RTC_SetDate(&hrtc, &sDate, RTC_FORMAT_BCD) != HAL_OK)
  {
    Error_Handler();
  }
```

Enable Alarm với 20s

```
  sAlarm.AlarmTime.Hours = 0x0;
  sAlarm.AlarmTime.Minutes = 0x0;
  sAlarm.AlarmTime.Seconds = 0x15; // Thời gian sẽ nhảy vào hàm ngắt
  sAlarm.AlarmTime.SubSeconds = 0x0;
  sAlarm.AlarmTime.DayLightSaving = RTC_DAYLIGHTSAVING_NONE;
  sAlarm.AlarmTime.StoreOperation = RTC_STOREOPERATION_RESET;
  sAlarm.AlarmMask = RTC_ALARMMASK_NONE;
  sAlarm.AlarmSubSecondMask = RTC_ALARMSUBSECONDMASK_ALL;
  sAlarm.AlarmDateWeekDaySel = RTC_ALARMDATEWEEKDAYSEL_DATE;
  sAlarm.AlarmDateWeekDay = 0x15;
  sAlarm.Alarm = RTC_ALARM_A;
  if (HAL_RTC_SetAlarm_IT(&hrtc, &sAlarm, RTC_FORMAT_BCD) != HAL_OK)
  {
    Error_Handler();
  }
```

Ở AlarmDateWeekDay = 15

```
RTC_TimeTypeDef sTime;
RTC_DateTypeDef sDate;
```

Khai báo TypeDef cho ngày và thời gian

Trong int main() ta khai báo giờ và ngày tháng set ban đầu cho RTC , trong thư viện stm32f4xx_hal_rtc.c lấy thời gian và ngày giờ liên tục *HAL_TRC_GetTime();* và *HAL_RTC_GetDate();*

```
    sTime.Hours=23;
    sTime.Minutes=59;
    sTime.Seconds=40;
    HAL_RTC_SetTime(&hrtc,&sTime,RTC_FORMAT_BIN);
    // set date
    sDate.Date=14;
    sDate.Month=RTC_MONTH_MARCH;
    sDate.WeekDay = RTC_WEEKDAY_SATURDAY;
    sDate.Year = 20;
    HAL_RTC_SetDate(&hrtc,&sDate,RTC_FORMAT_BIN);
  while (1)
  {
        HAL_RTC_GetTime(&hrtc,&sTime,RTC_FORMAT_BIN);
        HAL_RTC_GetDate(&hrtc,&sDate,RTC_FORMAT_BIN);
        HAL_GPIO_TogglePin(GPIOD,GPIO_PIN_12);
```

```
        HAL_Delay(200);
  }
```

Bắt đầu đếm từ 23:59:40 ngày thứ 7 14/3/2020

Sau đó sẽ cho hàm getTime và getDate để nhận thời gian liên tục từu bộ đếm

```
void HAL_RTC_AlarmAEventCallback(RTC_HandleTypeDef *hrtc)
    {
        HAL_GPIO_TogglePin(GPIOD,GPIO_PIN_15);
    }
```

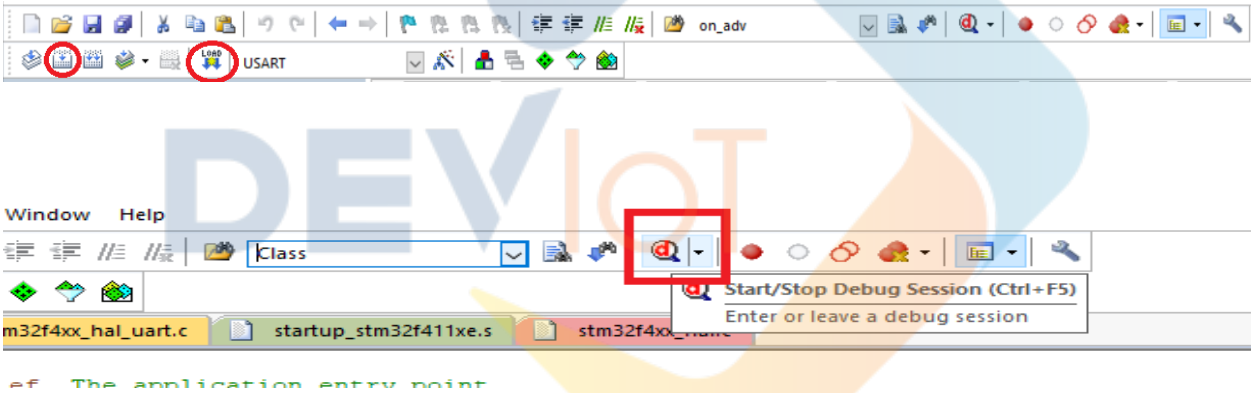
Nhảy vào sự kiện Alarm khi chạy đúng đến thời gian đã set

Mình sẽ giải thích một số hàm

```
HAL_RTC_GetTime(&hrtc,&sTime,RTC_FORMAT_BIN);
Định dạng thời gian cho RTC truyền và liên tục lấy thời gian trong
vòng lặp while
```

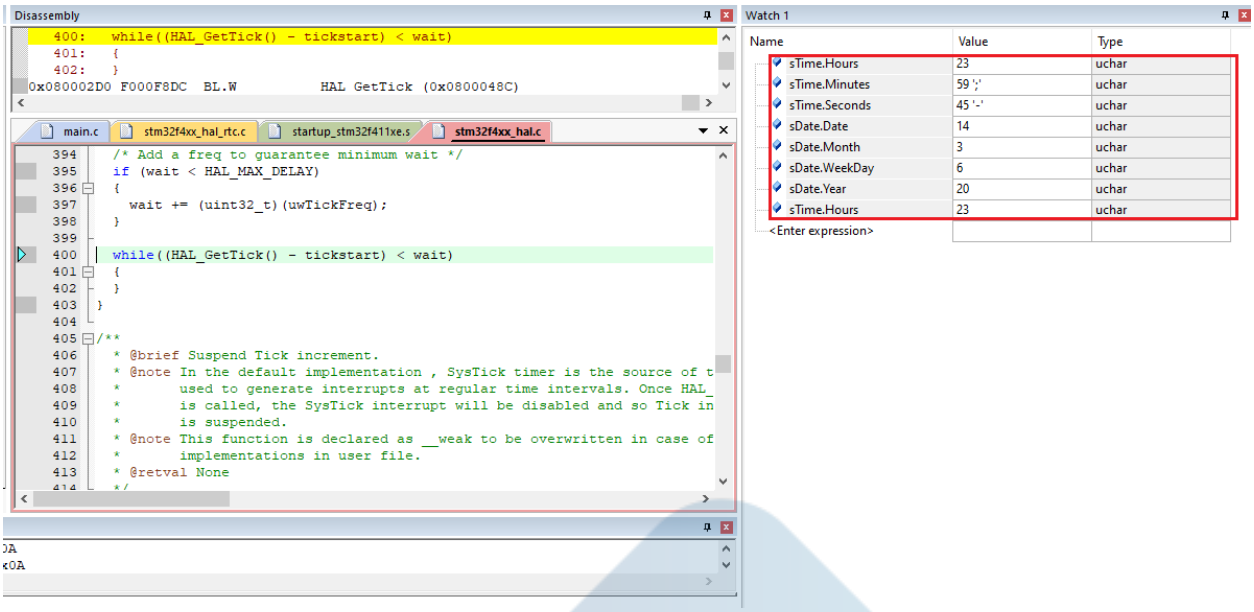
Tương tự với HAL_RTC_GetDate();

Tiến hành Build Code và Nạp chương trình xuống KIT

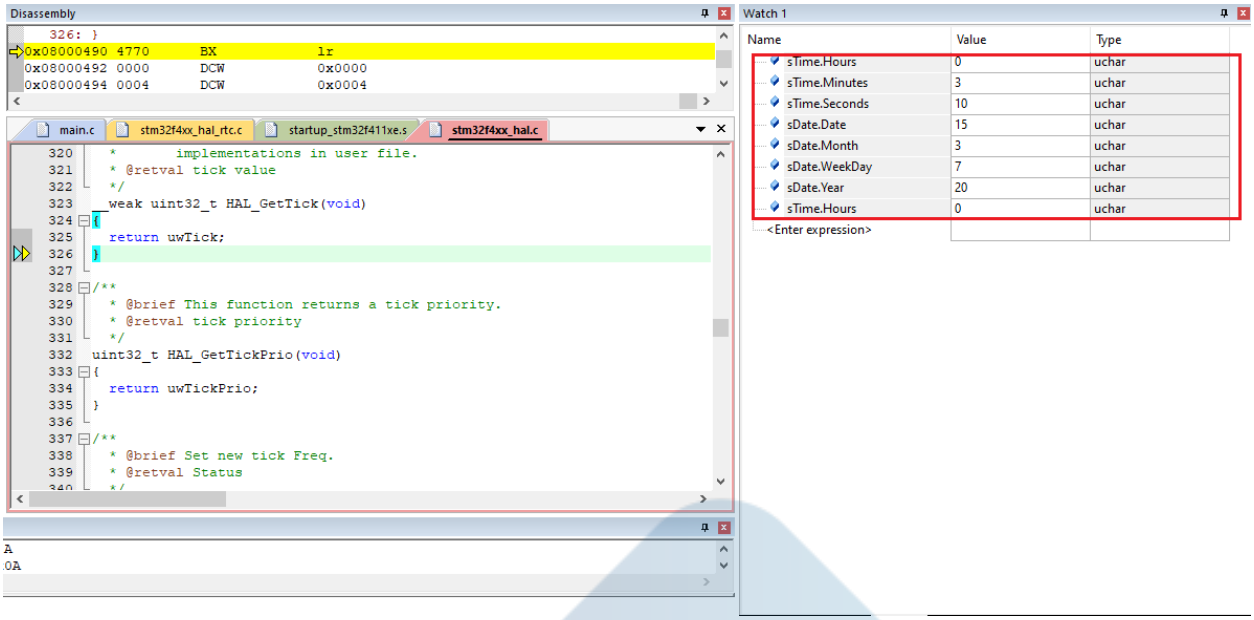


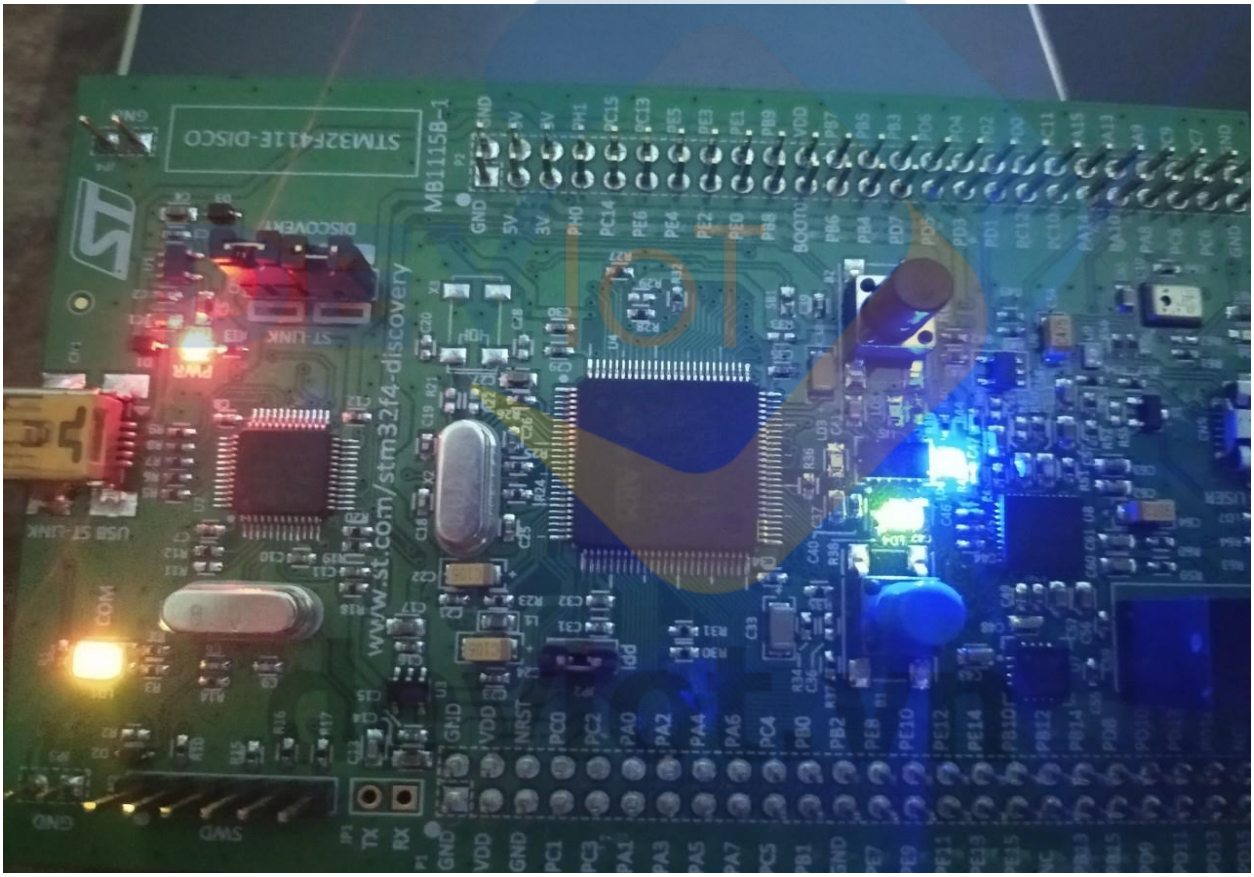
Chuyển các biến cần theo dõi lên Watch

Ta thấy các biến thời gian đã chạy và bắt đầu từ đúng giá trị ta set sau đó tăng dần lên



Khoảng vài phút sau đó





Sau khi qua giây 20 đèn PD15 đã sáng báo xử lý đã ngảy vào hàm ngắt của AlarmA

DEVIOT - CÙNG NHAU HỌC LẬP TRÌNH IOT

📌 Website: deviot.vn

📌 FanPage: Deviot - Thời sự kỹ thuật & IoT

📌 Group: Deviot - Cùng nhau học lập trình IOT

📌 Hotline: 0969.666.522

📌 Address: Số 101C, Xã Đàn 2

📌 Đào tạo thật, học thật, làm thật