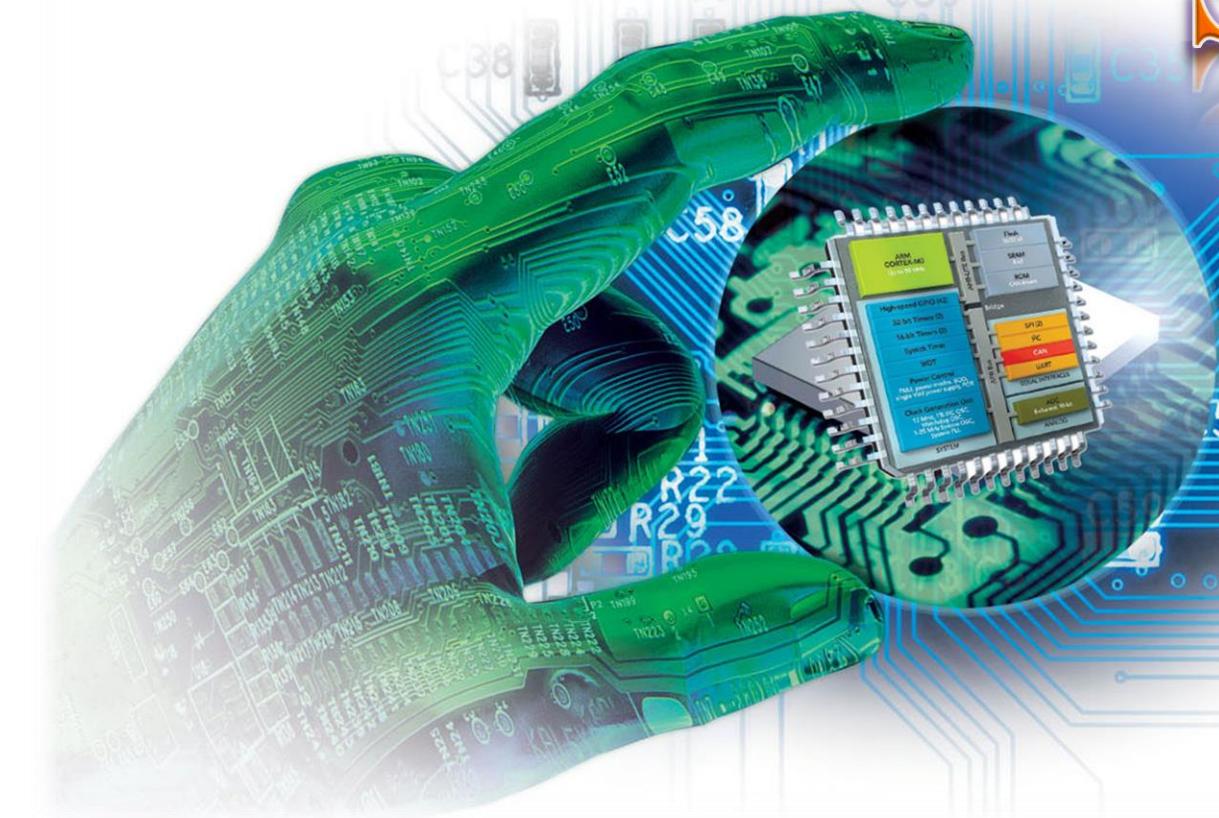


# مُتَحَكِّمَات

# STM32

# 11



- Powers Modes
- RUN (Range 1) at 64MHZ
- RUN (Range 2) at 16MHZ
- LPRUN at 2MHZ
- SLEEP at 16 MHZ
- LPSLEEP at 2MHZ
- STOP 0 (full retention)
- STOP1(no retention)
- STANDBY
- SHUTDOWN

# مزايا متحكمات STM32G0 المتعلقة بأنماط الطاقة

لمتحكمات STM32G0 عدّة مزايا فيما يتعلّق بأنماط الطاقة منها:

❑ تؤمن متحكمات STM32G0 7 أنماط للطاقة المنخفضة وبقدرة عالية

على الاستيقاظ السريع fast Wakeup تتضمن :

✓ استجرار لا يتّجاوز الـ 40nA مع القدرة على إيقاظ الـ CPU من خلال أحد أقطاب I/O

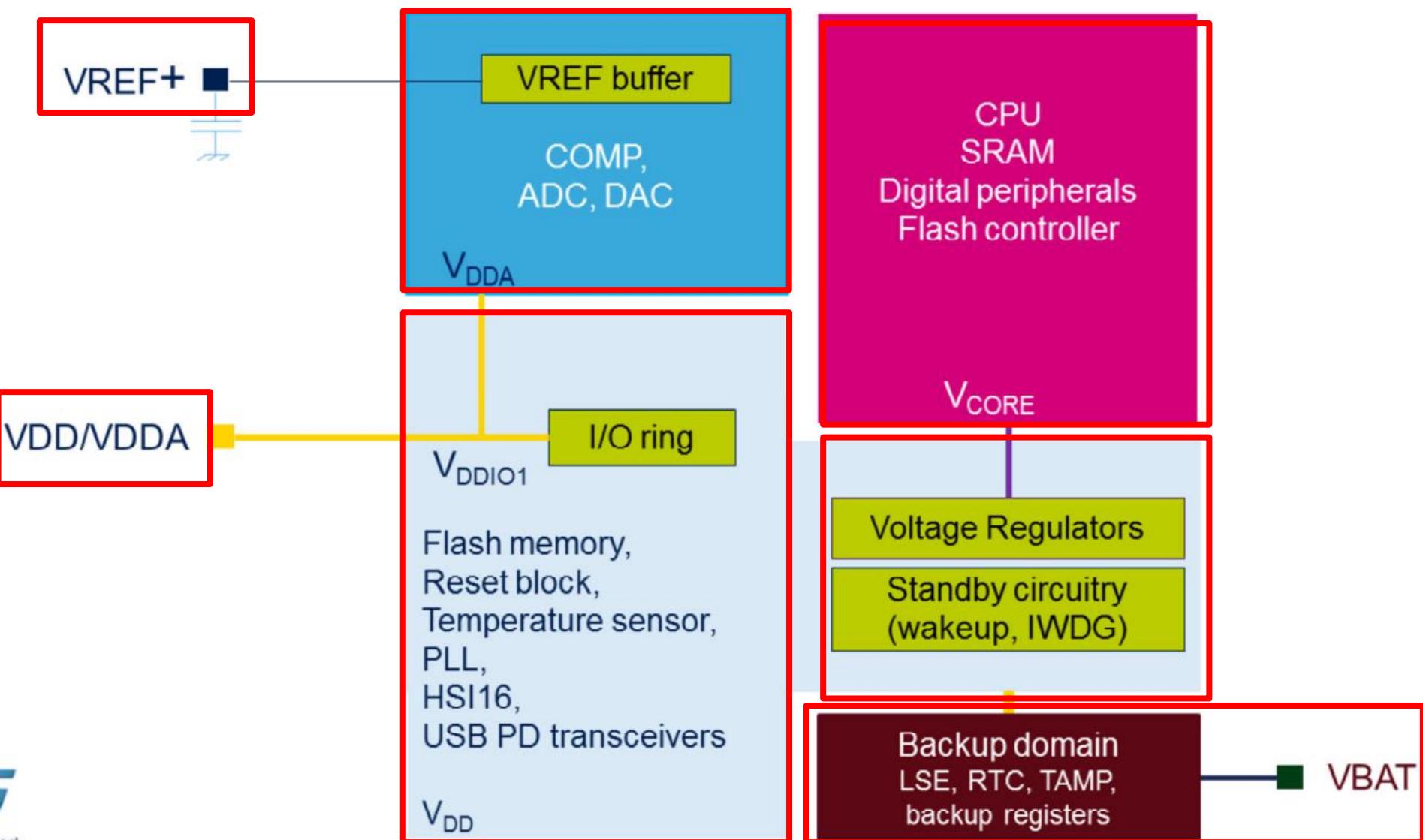
✓ استجرار لا يتّجاوز الـ 320nA لاسترجاع المعلومات من ذاكرة SRAM بحجم 36Kb

✓ كما بإمكان عدد كبير من الطرفيات الموجودة في المتحكم إيقاظ المعالج

❑ استجرار المتحكم لا يتّجاوز الـ 100UA/MHZ عند عمل المتحكم بنمط Run mode وبأعلى تردد عمل ممكّن

❑ كما لمتحكم STM32G0 قطب خاص لتغذية المتحكم من خلال بطارية VBAT

# Power schemes



# منظمات الجهد في متحكمات stm32G0

تحتوي متحكمات STM32G0 على منظمي جهد:

منظم الجهد الرئيسي Main regulator : وله مجال عمل يستخدمان عند عمل المتحكم في الأنماط التالية:

Run ✓

Sleep ✓

Stop0 ✓

منظم الطاقة المنخفضة Low-Power regulator : يستخدم عند عمل المتحكم في الأنماط التالية:

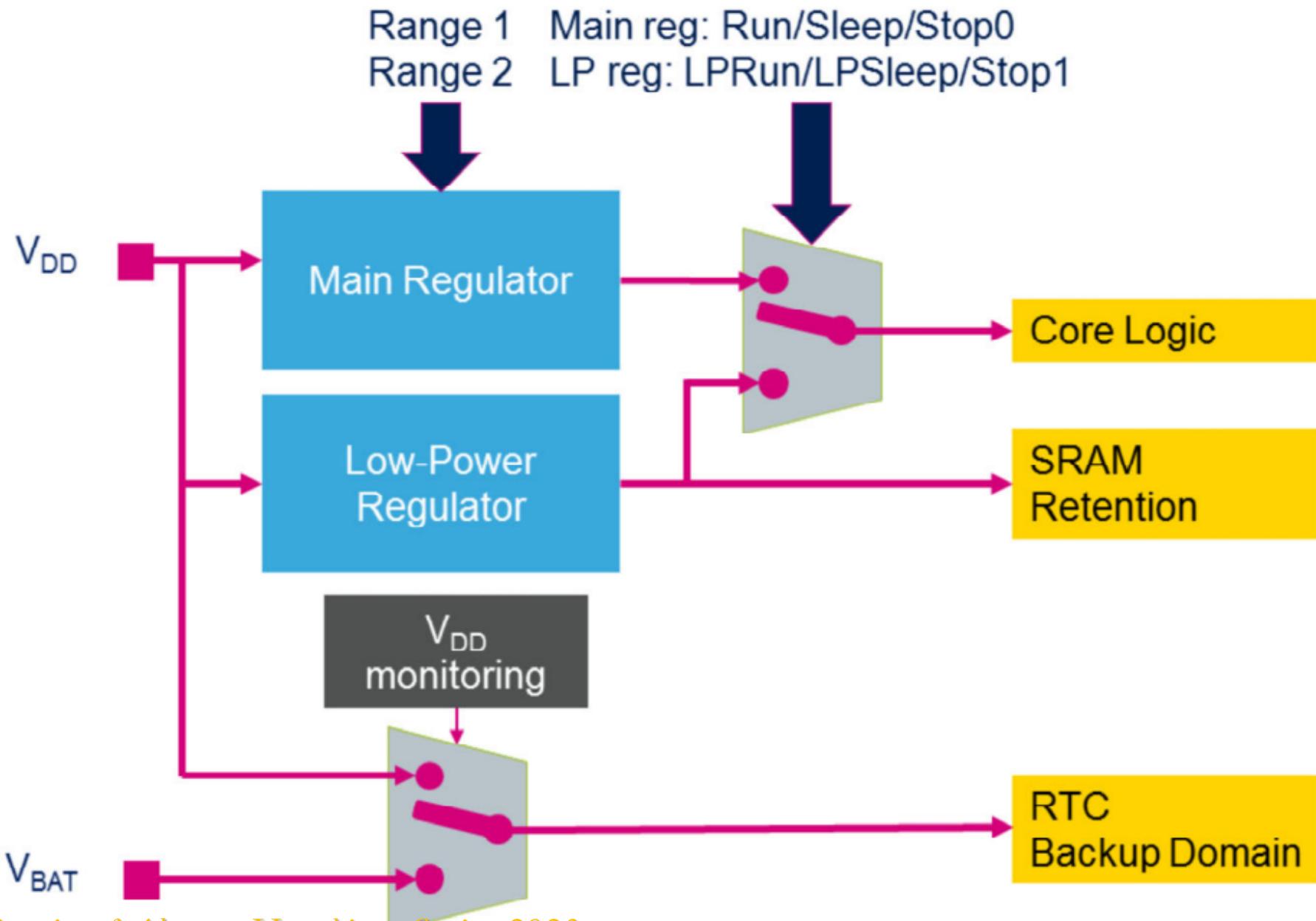
Low-power run ✓

Low-power sleep ✓

Stop1 ✓

Standby ✓

# STM32G0 في متحكمات الجهد



لمتحكمات STM32G0 عدة أنماط عمل هي:

- RUN (Range 1) at 64MHZ
- RUN (Range 2) at 16MHZ
- LPRUN at 2MHZ
- SLEEP at 16 MHZ
- LPSLEEP at 2MHZ
- STOP 0 (full retention)
- STOP1(no retention)
- STANDBY + SRAM
- STANDBY
- SHUTDOWN

# 1. Run Mode

ويشمل 3 حالات:

- استخدام منظم الجهد الرئيسي Main regulator ضمن مجال العمل الأول Range1
- استخدام منظم الجهد الرئيسي Main regulator ضمن مجال العمل الثاني Range2
- استخدام منظم الطاقة المنخفضة Low-Power regulator

# 1. Run Mode: Rangel

- في هذا النمط من العمل يتم تزويد الـ CPU بنبضات الساعة ويتم قراءة و تنفيذ البرنامج من الذاكرة Flash أو الذاكرة SRAM
- أكبر تردد ساعة يمكن أن يعمل به المتحكم هو 64MHZ
- افتراضياً يتم تزويد الذاكرة SRAM بنبضات الساعة
- أيضاً يمكن تفعيل كافة الطرفيات الموجودة في المتحكم
- معدل استجرار التيار في هذا النمط من العمل هو 100uA/MHZ

# 1. Run Mode: Range1

## Available peripherals

GPIO  
DMA  
BOR  
PVD  
USART  
LP UART  
I2C 1  
I2C 2  
SPI  
ADC  
DAC  
COMP

Temp Sensor

Timers

LPTIM 1

LPTIM 2

IWDG

WWDG

Systick Timer

UCPD

RNG

AES

CRC

CEC



Cortex M0+

Main regulator (MR)

Flash memory

SRAM (36 Kbytes)

Range 1 (up to 64 MHz)

Range 2 (up to 16 MHz)

Low Power regulator (LPR) up to 2 MHz

Range 1  
100  $\mu$ A/MHz at 64 MHz  
(6.4 mA)

Range 2  
93  $\mu$ A/MHz at 16 MHz  
(1.49 mA)

Available clocks

HSI16

HSE

LSI

LSE

Active cell

Clocked-off cell

Cell in power-down

Available Periph and clock

Ex: Execution from Flash memory

# 1. Run Mode: Range2

- أكبر تردد ساعة يمكن أن يعمل به المتحكم هو 16MHZ
- لا يمكن مسح أو برمجة الذاكرة Flash في هذا النمط
- يمكن تفعيل كافة الطرفيات الموجودة في المتحكم
- معدل استجرار التيار في هذا النمط من العمل هو 75uA/MHZ عندما تكون الذاكرة Flash في حالة إيقاف Off

# 1. Run Mode: Range2

## Available peripherals

GPIO  
DMA  
BOR  
PVD  
USART  
LP UART  
I2C 1  
I2C 2  
SPI  
ADC  
DAC  
COMP

Temp Sensor

Timers

LPTIM 1

LPTIM 2

IWDG

WWDG

Systick Timer

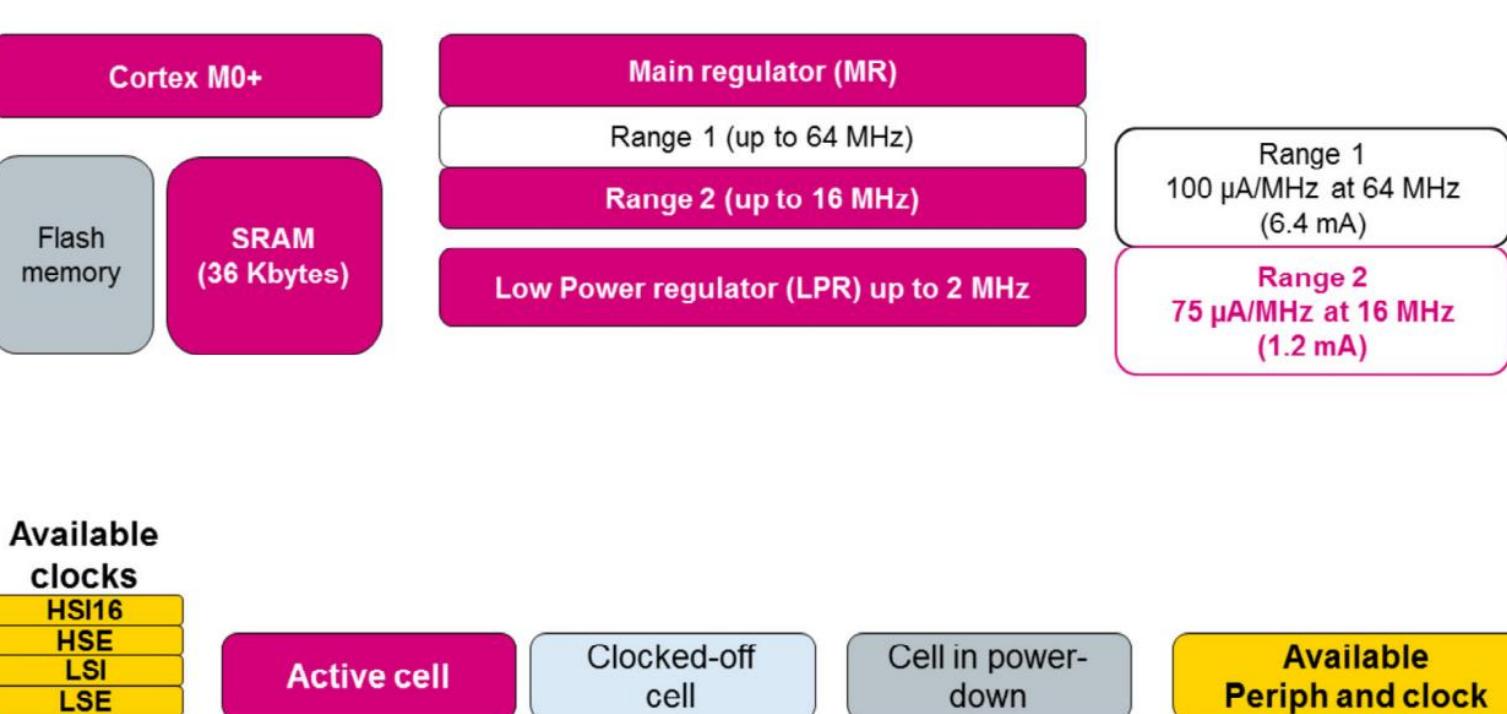
UCPD

RNG

AES

CRC

CEC



## 2. Low-power Run Mode

- ❑ في هذا النمط من العمل يتم تزويد الـ CPU بنبضات الساعة ويتم قراءة و تنفيذ البرنامج من الذاكرة Flash أو الذاكرة SRAM
- ❑ أكبر تردد ساعة يمكن أن يعمل به المتحكم هو 2MHZ
- ❑ يمكن فصل التغذية عن الذاكرة Flash لتوفير الطاقة
- ❑ أيضاً يمكن تفعيل كافة الطرفيات الموجودة في المتحكم
- ❑ معدل استجرار التيار في هذا النمط من العمل هو 103uA/MHZ في حالة قراءة الكود من الذاكرة Flash ، و 79uA/MHZ في حالة قراءة الكود من الذاكرة SRAM
- ❑ في هذا النمط يتم فصل المنظم الرئيسي ، ويتم تغذية الوحدات المنطقية من الـ Low power Regulator

## 2. Low-power Run Mode

### Available peripherals

GPIO  
DMA  
BOR  
PVD  
USART  
LP UART  
I2C 1  
I2C 2  
SPI  
ADC  
DAC  
COMP  
Temp Sensor  
Timers  
LPTIM 1  
LPTIM 2  
IWDG  
WWDG  
Systick Timer  
UCPD  
RNG  
AES  
CRC  
CEC



Cortex M0+

Flash memory

SRAM (36 Kbytes)

Main regulator (MR)

Range 1 (up to 64 MHz)

Range 2 (up to 16 MHz)

Low Power regulator (LPR) up to 2 MHz

Available clocks

HSI16

HSE

LSI

LSE

Active cell

Clocked-off cell

Cell in power-down

Available Periph and clock

Ex: Execution from Flash memory

From Flash  
103  $\mu$ A/MHz at 2 MHz  
(207  $\mu$ A)  
From SRAM  
79  $\mu$ A/MHz at 2 MHz  
(159  $\mu$ A)

# Run and Low-power Run Modes

- أكبر تردد يمكن أن يعمل عنده المتحكم في نمط (Run mode(rang1)) هو 64MHZ ويمكن استخدام الكريستالة الداخلية أو الخارجية
- أكبر تردد يمكن أن يعمل عنده المتحكم في نمط (Run mode(rang2)) هو 16MHZ ويمكن استخدام الكريستالة الداخلية أو الخارجية
- أكبر تردد يمكن أن يعمل عنده المتحكم في نمط Low-power هو 2MHZ

Voltage range	SYSCLK	HSI16	HSE	PLL
Range 1	64 MHz max	16 MHz	48 MHz	128 MHz VCO max = 344 MHz
Range 2	16 MHz max	16 MHz	16 MHz	40 MHz VCO max = 128 MHz
Low-power run	2 MHz max	Allowed with divider	Allowed with divider	Not allowed

# Sleep and Low-power Sleep Modes

ويشمل 3 حالات:

- Main : استخدام منظم الجهد الرئيسي Sleep Mode (range1)    
 ضمن مجال العمل الأول Range1 regulator
- Main : استخدام منظم الجهد الرئيسي Sleep Mode(range2)    
 ضمن مجال العمل الثاني Range2 regulator
- Low- : استخدام منظم الطاقة المنخفضة Low-power Sleep    
 Power regulator

# Sleep and Low-power Sleep Modes

في هذا النمط من العمل:

يكون المعالج متوقف عن العمل stopped

يمكن فصل أو وصل نبضات الساعة عن أي طرفية من الطرفيات

يتم الدخول بهذا النمط من خلال تنفيذ إحدى التعليمتين WFI( wait و WFE( Wait For Event) أو ( for Interrupt)

هناك آليتين للدخول بهذا النمط:

بمجرد تنفيذ إحدى التعليمتين WFI/WFE

عند الانتهاء من تنفيذ برنامج خدمة المقاطة صاحب أدنى أولوية Interrupt Sub Routine

### 3. Sleep Mode : Range1

- في هذا النمط من العمل يتم فصل نبضات الساعة عن الـ CPU
- أكبر تردد ساعة يمكن أن يعمل به المتحكم هو 64MHZ
- افتراضياً يتم تزويد الذاكرة SRAM بنبضات الساعة كما يمكن فصلها من خلال الكود
- أيضاً يمكن تفعيل كافة الطرفيات الموجودة في المتحكم
- معدل استجرار التيار في هذا النمط من العمل هو 25uA/MHZ

### 3. Sleep Mode : Range1

#### Available peripherals

GPIO
DMA
BOR
PVD
USART
LP UART
I2C 1
I2C 2
SPI
ADC
DAC
COMP
Temp Sensor
Timers
LPTIM 1
LPTIM 2
IWDG
WWDG
Systick Timer
UCPD
RNG
AES
CRC
CEC



Cortex M0+

Flash  
memory

SRAM  
(36 Kbytes)

Main regulator (MR)

Range 1 (up to 64 MHz)

Range 2 (up to 16 MHz)

Low Power regulator (LPR) up to 2 MHz

Ex: Flash memory ON

Range 1  
25  $\mu$ A/MHz at 64 MHz  
(1.6 mA)

Range 2  
25  $\mu$ A/MHz at 16 MHz  
(0.4 mA)

#### Available clocks

HSI16
HSE
LSI
LSE

Active cell

Clocked-off  
cell

Cell in power-  
down

Available  
Periph and clock

### 3. Sleep Mode : Range2

- في هذا النمط من العمل لا يمكن مسح أو برمجة الذاكرة Flash
- أكبر تردد ساعة يمكن أن يعمل به المتحكم هو 16MHZ
- معدل استجرار التيار في هذا النمط من العمل هو 25uA/MHZ

### 3. Sleep Mode : Range2

#### Available peripherals

GPIO
DMA
BOR
PVD
USART
LP UART
I2C 1
I2C 2
SPI
ADC
DAC
COMP
Temp Sensor
Timers
LPTIM 1
LPTIM 2
IWDG
WWDG
Systick Timer
UCPD
RNG
AES
CRC
CEC



Zzz

Cortex M0+

Flash  
memory

SRAM  
(36 Kbytes)

Ex: Flash memory ON but cannot be programmed or erased

Main regulator (MR)

Range 1 (up to 64 MHz)

Range 2 (up to 16 MHz)

Low Power regulator (LPR) up to 2 MHz

Range 1  
25  $\mu$ A/MHz at 64 MHz  
(1.6 mA)

Range 2  
25  $\mu$ A/MHz at 16 MHz  
(0.4 mA)

Available  
clocks

HSI16  
HSE  
LSI  
LSE

Active cell

Clocked-off  
cell

Cell in power-  
down

Available  
Periph and clock

## 4. Low-power Sleep Mode

- في هذا النمط من العمل يتم فصل نبضات الساعة عن الـ CPU
- يمكن تزويد الوحدات المنطقية بال питания من خلال المنظم Low-  
**power regulator**
- أكبر تردد ساعة يمكن أن يعمل به المتحكم هو 2MHZ
- يمكن فصل SRAM من خلال الكود
- يمكن فصل الذاكرة flash أو جعلها تعمل بنمط Power down
- أيضاً يمكن تفعيل كافة الطرفيات الموجودة في المتحكم
- معدل استجرار التيار في هذا النمط من العمل هو 46.5uA/MHZ عند فصل الـ flash

# 4. Low-power Sleep Mode

## Available peripherals

GPIO
DMA
BOR
PVD
USART
LP UART
I2C 1
I2C 2
SPI
ADC
DAC
COMP
Temp Sensor
Timers
LPTIM 1
LPTIM 2
IWDG
WWDG
Systick Timer
UCPD
RNG
AES
CRC
CEC



Zzz

Cortex M0+

Flash  
memory

SRAM  
(36 Kbytes)

Main regulator (MR)

Range 1 (up to 64 MHz)

Range 2 (up to 16 MHz)

Low Power regulator (LPR) up to 2 MHz

Ex: Flash memory OFF

Flash OFF, SRAM OFF  
46.5  $\mu$ A/MHz at 2 MHz  
(93  $\mu$ A)

## Available clocks

HSI16
HSE
LSI
LSE

Active cell

Clocked-off  
cell

Cell in power-  
down

Available  
Periph and clock

# Stop Modes

ويشمل حالتين:

:Stop0 Mode

:Stop1 Mode

## 5. Stop 0 Mode

- في هذا النمط من العمل يتم فصل نبضات الساعة عن الـ CPU
- منظم الجهد المستخدم في هذا النمط هو المنظم الرئيسي
- يتم إلغاء تفعيل كل من HIS, HSE,PLL
- يتم تزويد وحدة الـ RTC بنبضات الساعة من خلال the internal  or external low-speed oscillator
- معظم الطرفيات الموجودة في المتحكم تكون في حالة عدم تفعيل
- بعض الطرفيات تبقى في حالة تفعيل كـ Power voltage detector,  ADC, comparators, independent watchdog, low power timers, I2C, UART and low-power UART
- معدل استجرار التيار في هذا النمط من العمل هو 97uA/MHZ في حال عدم تفعيل الهزاز الكريستالي الداخلي HSI
- زمن الـ Wakeup بحدود 2usec

# 5. Stop 0 Mode

## Available peripherals

GPIO
DMA
<b>BOR</b>
PVD
USART
LP UART
I2C 1
I2C 2
SPI
ADC
<b>DAC</b>
<b>COMP</b>
Temp Sensor
Timers
LPTIM 1
<b>LPTIM 2</b>
<b>IWDG</b>
WWDG
Systick Timer
<b>UCPD</b>
RNG
AES
CRC
<b>CEC</b>



I/Os kept, and configurable



Cortex M0+

Flash memory

SRAM  
(36 Kbytes)

97  $\mu$ A @ 3.0 V

Wakeup time to 16 MHz:

- In SRAM: 2  $\mu$ s
- In Flash ON: 2  $\mu$ s
- In Flash OFF: 5.5  $\mu$ s

## Wake-up event

NRST
BOR
PVD
RTC + Tamper
USART
LP UART
I2C 1
CEC
COMP
LPTIM 1
LPTIM 2
IWDG
GPIOs

## Available clocks

HSI16
HSE
<b>LSI</b>
<b>LSE</b>

Active cell

Clocked-off cell

Cell in power-down

Available Periph and clock

## 5. Stop 1 Mode

- هذا النمط من العمل مشابه للنمط السابق ماعدا أن منظم الجهد المستخدم هو **Low-power regulator**
- معدل استجرار التيار في هذا النمط من العمل عند عدم تفعيل الـ **1.3uA/MHZ** هو **RTC**
- زمن الـ **Wakeup** بحدود **5usec**

# 5. Stop 1 Mode

## Available peripherals

GPIO
DMA
<b>BOR</b>
PVD
USART
LP UART
I2C 1
I2C 2
SPI
ADC
<b>DAC</b>
<b>COMP</b>
Temp Sensor
Timers
LPTIM 1
LPTIM 2
IWDG
WWDG
Systick Timer
<b>UCPD</b>
RNG
AES
CRC
<b>CEC</b>

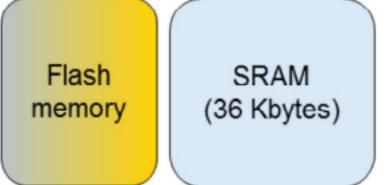


I/Os kept, and configurable



Cortex M0+

Main regulator (MR)



Available  
clocks

HSI16
HSE
<b>LSI</b>
LSE

Active cell

Clocked-off  
cell

Cell in power-  
down

Wake-up event

NRST
<b>BOR</b>
PVD
RTC + Tamper
USART
LP UART
I2C 1
CEC
COMP
LPTIM 1
LPTIM 2
IWDG
GPIOs

Available  
Periph and clock

Flash memory not powered:

- w/o RTC: 1.3  $\mu$ A @ 3.0 V
- w/ RTC: 4.1  $\mu$ A @ 3.0 V
- Flash memory powered:
- w/o RTC: 7.0  $\mu$ A @ 3.0 V

Wakeup time to 16 MHz:

- In SRAM: 5  $\mu$ s
- In Flash ON: 5  $\mu$ s
- In Flash OFF: 9  $\mu$ s

# Stop Modes comparison

- معدل استجرار التيار في نمط الـ stop0 أعلى منه في نمط الـ stop1
- بينما زمن الـ Wakeup في نمط الـ stop0 أقل منه في نمط الـ stop1
- منظم الجهد المستخدم في نمط الـ stop0 هو المنظم الرئيسي بينما في نمط الـ stop1 المنظم المستخدم هو Low-power regulator

	STOP0	STOP1
Consumption	25 °C, 3 V 97 µA	1.3 µA when RTC is disabled
Wakeup time to 16 MHz	5.5 µs in Flash memory initially powered down 2 µs in RAM	9 µs in Flash memory initially powered down 5 µs in RAM
Wakeup clock		HSI16 at 16 MHz
Regulator	Main regulator	Low power regulator
Peripherals	RTC, I/Os, BOR, PVD, COMPs, IWDG 2 LP TIMERS 1 LP UART (Start, address match or byte reception) 2 U(S)ARTx (Start, address match or byte reception) 1 I2C (address match)	

## 6. Standby Mode

- يعتبر هذا النمط من العمل هو **lowest power mode** حيث يمكن الاحتفاظ بحوالي الـ **36Kbyte** من الذاكرة **SRAM**
- يمكن الانتقال بشكل آلي من التغذية من خلال قطب الـ **VDD** إلى قطب الـ **VBAT**
- افتراضياً تكون منظمات الجهد في حالة **power down mode** وبالتالي سيتم فقد كل البيانات المخزنة ضمن الـ **SRAM** ومسجلات الطرفيات
- الساعة المستخدمة للـ **wakeup** هي الهزاز الكريستالي الداخلي **HSI** وبتردد **16MHZ**
- وضع الـ **low power Brown-Out Reset (BOR)** يكون مفعل بشكل دائم في هذا النمط مما يضمن عمل **Reset** للمتحكم عند انخفاض جهد التغذية

# 6. Standby Mode

## Available peripherals

GPIO
DMA
<b>BOR</b>
PVD
USART
LP UART
I2C 1
I2C 2
SPI
ADC
DAC
COMP
Temp Sensor
Timers
LPTIM 1
LPTIM 2
<b>IWDG</b>
WWDG
Systick Timer
UCPD
RNG
AES
CRC
CEC



I/Os can be configured  
w/ or w/o pull-up  
w/ or w/o pull-down

+

Cortex M0+

w/o RTC: 330 nA @ 3.0 V  
w/ RTC: 680 nA @ 3.0 V

Wakeup time to 16 MHz:  
In Flash memory: 15 µs

Main regulator (MR)

Flash  
memory

SRAM  
(36 Kbytes)

Low Power regulator (LPR) up to 2 MHz

Backup domain

Backup Register (5x32 bits)

RTC & TAMPER

## Available clocks

HSI16
HSE
<b>LSI</b>
LSE

Active cell

Clocked-off  
cell

Cell in power-  
down

## Wake-up event

NRST
<b>BOR</b>
PVD
<b>RTC + Tamper</b>
USART
LP UART
I2C 1
CEC
COMP
LPTIM 1
LPTIM 2
<b>IWDG</b>
<b>GPIOs</b>
(WKUP pins)

Available  
Periph and clock

## 7. Shutdown Mode

- استجرار التيار في هذا النمط هو  $40 \text{ nA}$  at  $3.0 \text{ V}$
- هو نمط مشابه لنمط الـ **standby** مع وجود اختلاف من ناحية الـ **power down reset** أي أن الـ **power monitoring** عدم تفعيل وبالتالي عدم القدرة على تبديل تغذية المتحكم إلى **VBAT** ، وهذا يعني أن المتحكم سيكون في حالة عدم استقرار في حال انخفض جهد التغذية عن الـ  $1.6\text{V}$
- الهazard الكريستالي المنخفض السرعة **LSI** يكون في حالة عدم تفعيل وبالتالي مؤقت المراقبة الـ **watchdog** في حالة عدم التفعيل هناك 5 مصادر للـ **wakeup** من خلال 5 أقطاب من أقطاب المتحكم وأيضاً من خلال الـ **RTC** و **tamper events**

## 7. Shutdown Mode

- تكون منظمات الجهد في حالة **power down mode**
- يتم تزويد وحدة الـ RTC بنبضات الساعة من خلال هزاز كريستالي
- خارجي منخفض السرعة **external low-speed clock**
- زمن الـ **wakeup** في هذا النمط بحدود 250usec

# 7. Shutdown Mode

## Available peripherals

GPIO
DMA
BOR
PVD
USART
LP UART
I2C 1
I2C 2
SPI
ADC
DAC
COMP
Temp Sensor
Timers
LPTIM 1
LPTIM 2
IWDG
WWDG
Systick Timer
UCPD
RNG
AES
CRC
CEC



I/Os can be configured  
w/ or w/o pull-up  
w/ or w/o pull-down

But floating when exit from Shutdown

w/o RTC: 40 nA @ 3.0 V  
w/ RTC: 350 nA @ 3.0 V

Wakeup time to 16 MHz:  
In Flash memory: 250 µs

Cortex M0+

Main regulator (MR)

Flash  
memory

SRAM  
(36 Kbytes)

Low Power regulator (LPR) up to 2 MHz

Backup domain

Backup Register (5x32 bits)

RTC & TAMPER

## Available clocks

HSI16
HSE
LSI
<b>LSE</b>

Active cell

Clocked-off  
cell

Cell in power-  
down

## Wake-up event

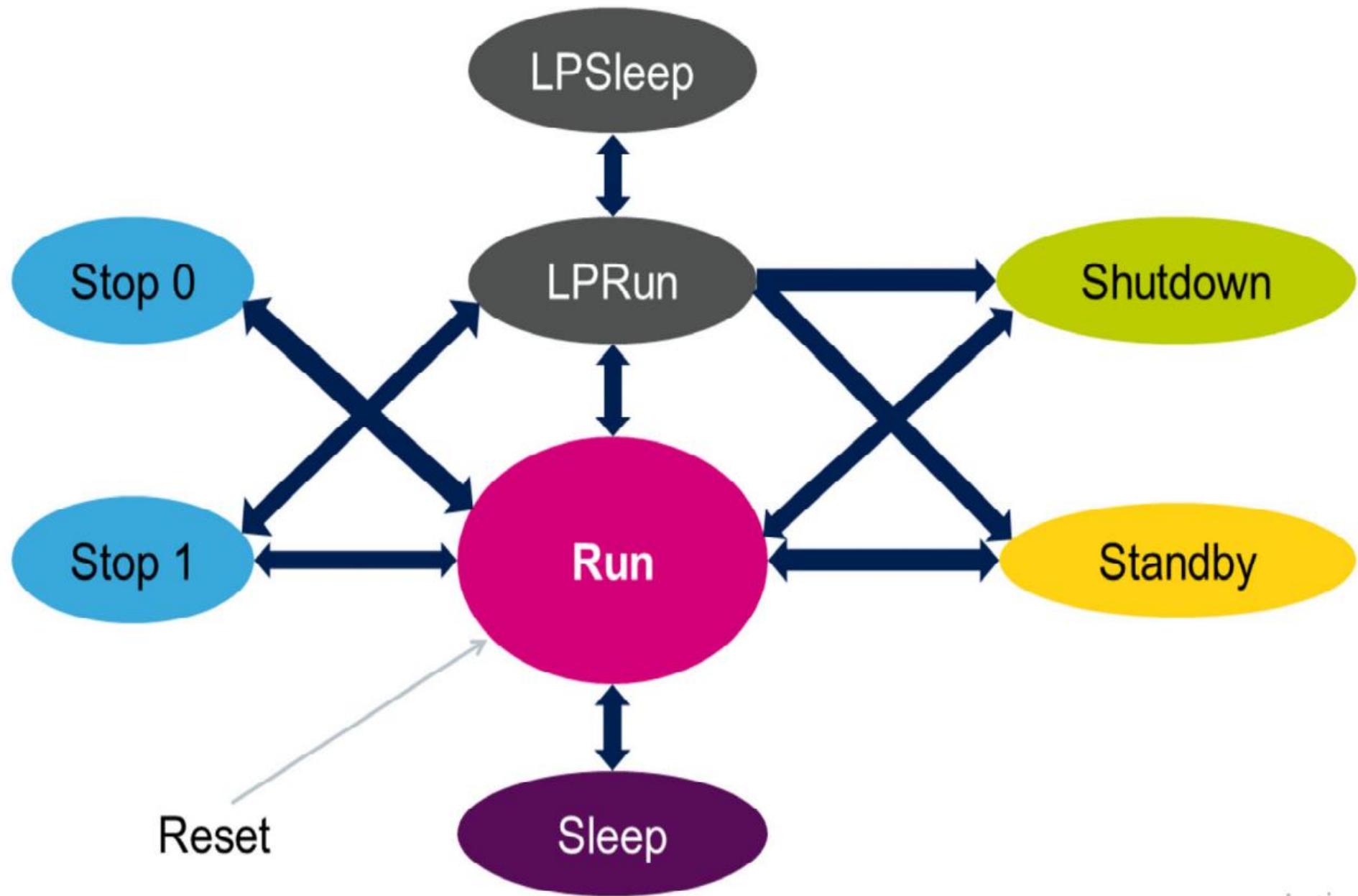
NRST
BOR
PVD
<b>RTC + Tamper</b>
USART
LP UART
I2C 1
CEC
COMP
LPTIM 1
LPTIM 2
IWDG
<b>GPIOs (WKUP pins)</b>

Available  
Periph and clock

# Low-power Modes Summary

Mode	Regulator	CPU	Flash	SRAM	Clocks	Peripherals	Wakeup time
Run	MR Range 1	Yes	ON <sup>(1)</sup>	ON	Any	All	N/A
	MR Range 2					All	
LPRun	LPR	Yes	ON <sup>(1)</sup>	ON	Any except PLL	All	
Sleep	MR Range 1	No	ON <sup>(1)</sup>	ON <sup>(2)</sup>	Any	All	11 cycles
	MR Range 2					Any interrupt or event	
LPSleep	LPR	No	ON <sup>(1)</sup>	ON <sup>(2)</sup>	Any except PLL	All Any interrupt or event	11 cycles
Stop 0	MR	No	OFF	ON	LSE/LSI	Reset pin, all I/Os BOR, PVD, RTC, IWDG, COMP, DAC, USARTx, LPUART, I2C, LPTIMx, UCPD, CEC	2 µs RAM 5.5µs Flash memory
Stop 1	LPR						5 µs RAM 9 µs Flash memory
Standby	LPR	DOWN	OFF	SRAM ON	LSE/LSI	Reset pin, 5 WKUPx pins BOR, RTC, IWDG	14 µs
	OFF			DOWN			
Shutdown	OFF	DOWN	OFF	DOWN	LSE	Reset pin, 5 WKUPx pins RTC	258 µs

# Low-power Modes Summary



# دوال مكتبة HAL المستخدمة لإدخال المتحكم في نمط الـ sleep mode

لإدخال المتحكم في نمط الـ sleep mode يجب أولاً إلغاء تفعيل مقاطعة systick interrupt وإلا ستقوم هذه المقاطعة في كل مرة بإيقاظ المتحكم:

**HAL\_SuspendTick();**

يتم إدخال المتحكم بنمط الـ WFI sleep mode من خلال التعليمة (Wait For Interrupt) وفي هذه الحالة يمكن إيقاظ المتحكم من خلال أحدى مقاطعات الطرفيات، أو من خلال التعليمة (Wait For Event) WFE.

**HAL\_PWR\_EnterSLEEPMode(PWR\_MAINREGULATOR\_ON, PWR\_SLEEPENTRY\_WFI);**

## دوال مكتبة HAL المستخدمة لإيقاظ المتحكم من نمط الـ sleep mode

في حال استخدمنا التعليمة WFI فإن المتحكم يمكن إيقاظه من خلال أي من مقاطعات الطرفيات، أي أن المتحكم سيسنّيّقظ بمجرد حدوث أي مقاطعة، وفي هذه الحالة يجب إعادة تفعيل مقاطعة الـ systick بعد أن يتم إيقاظ المتحكم :

```
void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin)
{
    HAL_ResumeTick();
}
```

# دوال مكتبة HAL المستخدمة لإيقاظ المتحكم من نمط ال sleep mode

أيضاً يمكن إيقاظ المتحكم من نمط ال sleep mode عند حدوث مقاطعة يقوم بالذهاب إلى برنامج خدمة المقاطعة ويقوم بتنفيذها وعند انتهاءه يعود مجدداً لنمط ال sleep mode وفي هذه الحالة فإن المتحكم يعمل فقط في نمط المقاطعة interrupt mode ، لاستخدام هذه الميزة نستخدم الدالة التالية قبل دالة تفعيل نمط ال sleep mode :

**HAL\_PWR\_EnableSleepOnExit();**

ولإلغاء تفعيل نمط المقاطعة نستخدم:

**HAL\_PWR\_DisableSleepOnExit();**

# دوال مكتبة HAL المستخدمة لإدخال المتحكم في نمط ال stop mode

لإدخال المتحكم في نمط ال stop mode يجب أولاً إلغاء تفعيل مقاطعة systick interrupt وإلا ستقوم هذه المقاطعة في كل مرة بإيقاظ المتحكم:

**HAL\_SuspendTick();**

يتم إدخال المتحكم بنمط ال WFI من خلال التعليمة stop mode وفي هذه الحالة يمكن إيقاظ المتحكم من خلال (Wait For Interrupt) أحدى مقاطعات الطرفيات، أو من خلال التعليمة WFE (Wait For Event)

**HAL\_PWR\_EnterSTOPMode(PWR\_LOWPOWERREGULATOR\_ON, PWR\_STOPENTRY\_WFI);**

## دوال مكتبة HAL المستخدمة لإيقاظ المتحكم من نمط الـ stop mode

في حال استخدمنا التعليمة WFI فإن المتحكم يمكن إيقاظه من خلال أي من مقاطعات الطرفيات، RTC ، watchdog (IWDG) ، أي أن المتحكم سيستيقظ بمجرد حدوث أي مقاطعة، وفي هذه الحالة يجب إعادة تفعيل مقاطعة الـ systick interrupt بعد أن يتم إيقاظ المتحكم :

```
void HAL_GPIO_EXTI_Callback(uint16_t GPIO_Pin)
{
    if(GPIO_Pin == GPIO_PIN_13)
    {
        SystemClock_Config();
        HAL_ResumeTick();
    }
}
```

# دوال مكتبة HAL المستخدمة لإدخال المتحكم في نمط ال standby mode

لإدخال المتحكم في نمط ال standby mode :

يجب أولاً تصفير أعلام الاستيقاظ

```
/* Clear the WU FLAG */
```

```
__HAL_PWR_CLEAR_FLAG(PWR_FLAG_WU);
```

```
/* clear the RTC Wake UP (WU) flag */
```

```
__HAL_RTC_WAKEUPTIMER_CLEAR_FLAG(&hrtc  
, RTC_FLAG_WUTF);
```

# دوال مكتبة HAL المستخدمة لإدخال المتحكم في نمط ال standby mode

ثم تفعيل قطب الإيقاظ

**HAL\_PWR\_EnableWakeUpPin(PWR\_WAKEUP\_PIN1);**

يمكن أيضاً استخدام الإيقاظ الدوري باستخدام ال RTC

```
if (HAL_RTCEx_SetWakeUpTimer_IT(&hrtc, 0x2710,  
RTC_WAKEUPCLOCK_RTCCLK_DIV16)!=  
HAL_OK)
```

{

Error\_Handler();

}

حيث يمثل الرقم 0x2710 الزمن المرغوب لإيقاظ المتحكم عنده وهو هنا يمثل 5sec

# دوال مكتبة HAL المستخدمة لإدخال المتحكم في نمط الـ standby mode

ثم أخيراً للدخول في نمط الـ standby

**HAL\_PWR\_EnterSTANDBYMode();**

Thank you for listening