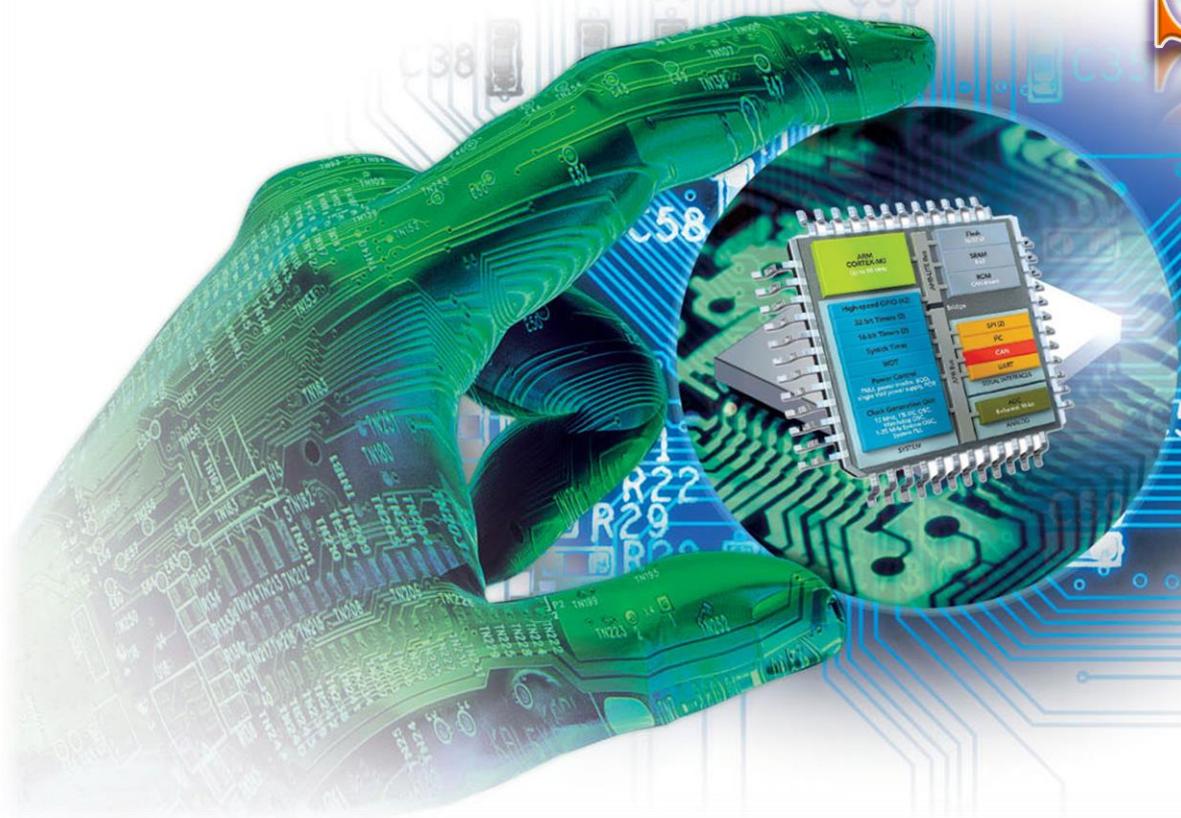


# مُتَحَكِّمَات

# STM32

# 7



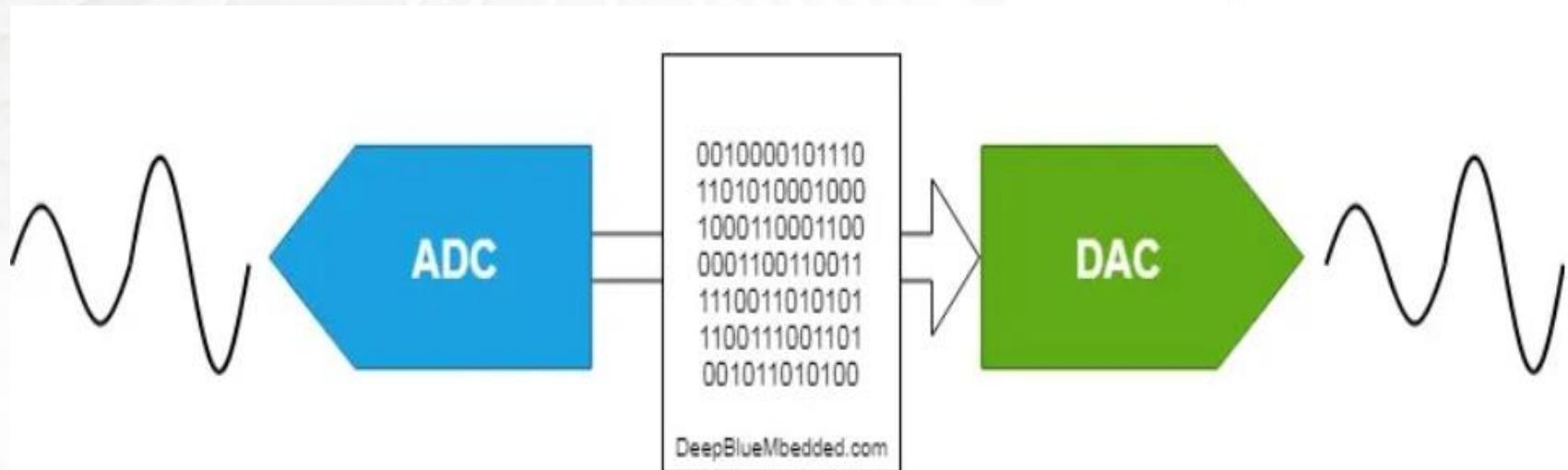
# موضع عاًن المعاشرة:

- المبدلات الرقمية التشابهية في متحكمات STM32
- DAC with output buffer
- DAC data formats – For single channel mode
- DAC data formats – For dual channel mode
- طرق قذح المبدل DAC conversion triggers
- توليد الإشارات المختلفة باستخدام الـ DAC
- ماهي وحدة إدارة الوصول المباشر للذاكرة DMA
- مواصفات وحدة الـ DMA في متحكمات stm32G0

# المبدلات الرقمية التشابهية في متحكمات STM32

## DAC in STM32

- المبدلات الرقمية التشابهية عبارة عن دارات الكترونية تقوم بتحويل القيم الرقمية على دخلها إلى جهد تشابهي مقابل لها
- فبينما يقوم المبدل التشابهي الرقمي ADC بتحويل الجهد التشابهي إلى بيانات رقمية ، يقوم المبدل الرقمي التشابهي DAC بالعملية العكسية فيقوم بتحويل القيم الرقمية إلى الجهد التشابهي مقابل لها



# المبدلات الرقمية التشابهية في متحكمات STM32

## DAC in STM32

- لا تحتوي جميع متحكمات stm32 على مبدل رقمي تشابهي بداخلها ، وفي هذه الحالة يتم وصل مبدل رقمي تشابهي خارجي مع المتحكم أو يتم استخدام تقنية **PWM-To-DAC conversion**
- تحتوي متحكمات stm32G0 على مبدل رقمي تشابهي وحيد بدقة 12bit ، ويمكن ضبطه ليعمل في نمط 8bit أو في نمط 12bit للمبدل التشابهي الرقمي قناتي خرج يمكن أن تعملان بالتزامن أو بشكل مستقل.
- يمكن استخدام قناتي المبدل بنمط **buffered/unbuffered modes**
- يمكن استخدام قطب خرج المبدل DAC\_OUTx كقطب GPIO عند عدم استخدام المبدل

# المبدلات الرقمية التشابهية في متحكمات STM32

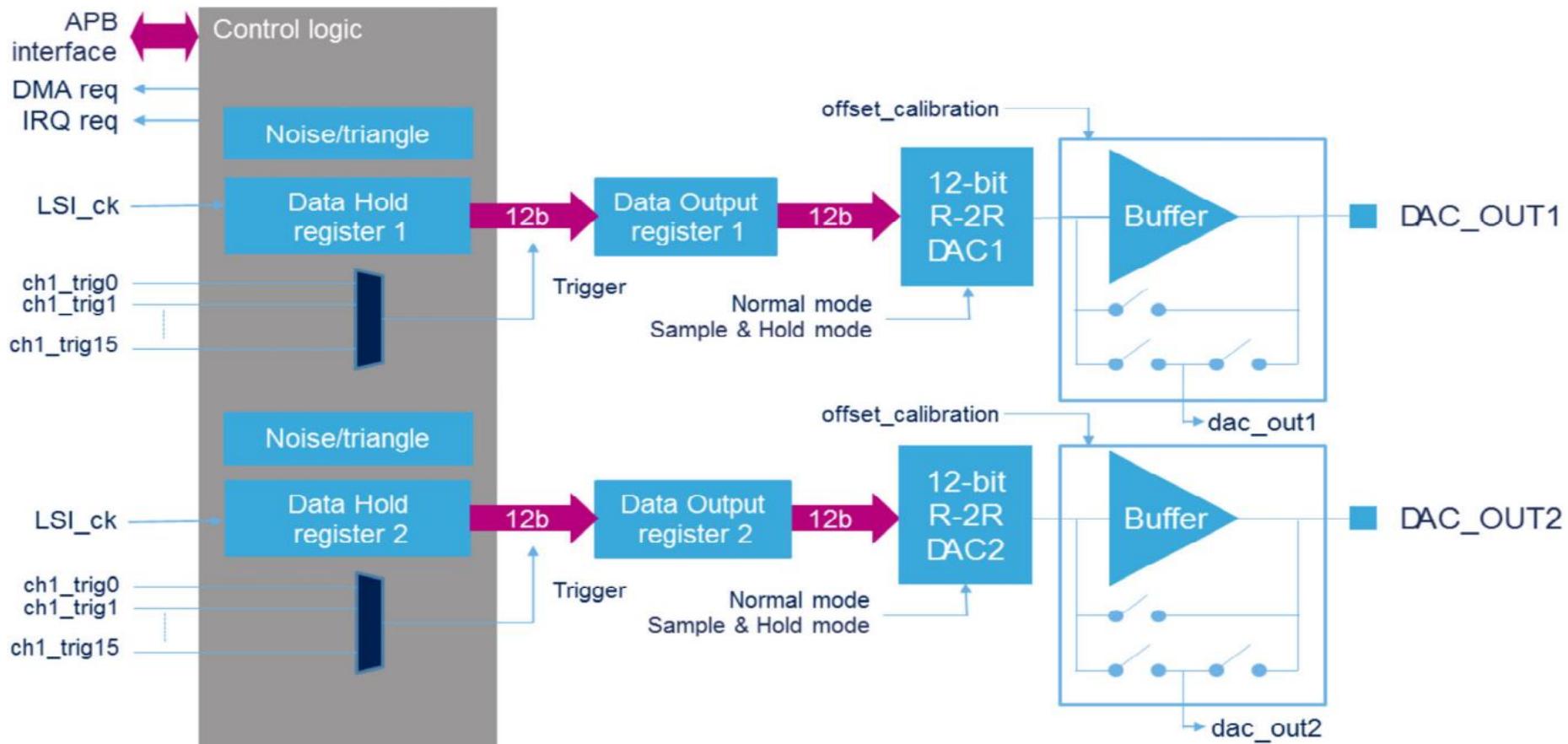
## DAC in STM32

- يمكن استخدام قطب خرج المبدل DAC لقيادة الأحمال الخارجية
- بإمكان المبدل التشابهي الرقمي توليد إشارة ضجيج أو إشارة مثلثية
- جهد الدخل المرجعي للمبدل هو  $V_{ref+}$
- يمكن قذح عملية التبديل بعدة طرق إما من خلال قذح خارجي أو داخلي من خلال مؤقت على سبيل المثال
- يمكن استخدام المبدل الرقمي التشابهي بنمط ال DMA
- يمكن استخدام المبدل الرقمي التشابهي بنمط ال sample and hold لتوفير استهلاك الطاقة عند عمل المتحكم في نمط stop mode

# المبدلات الرقمية التشابهية في متحكمات STM32

## DAC in STM32

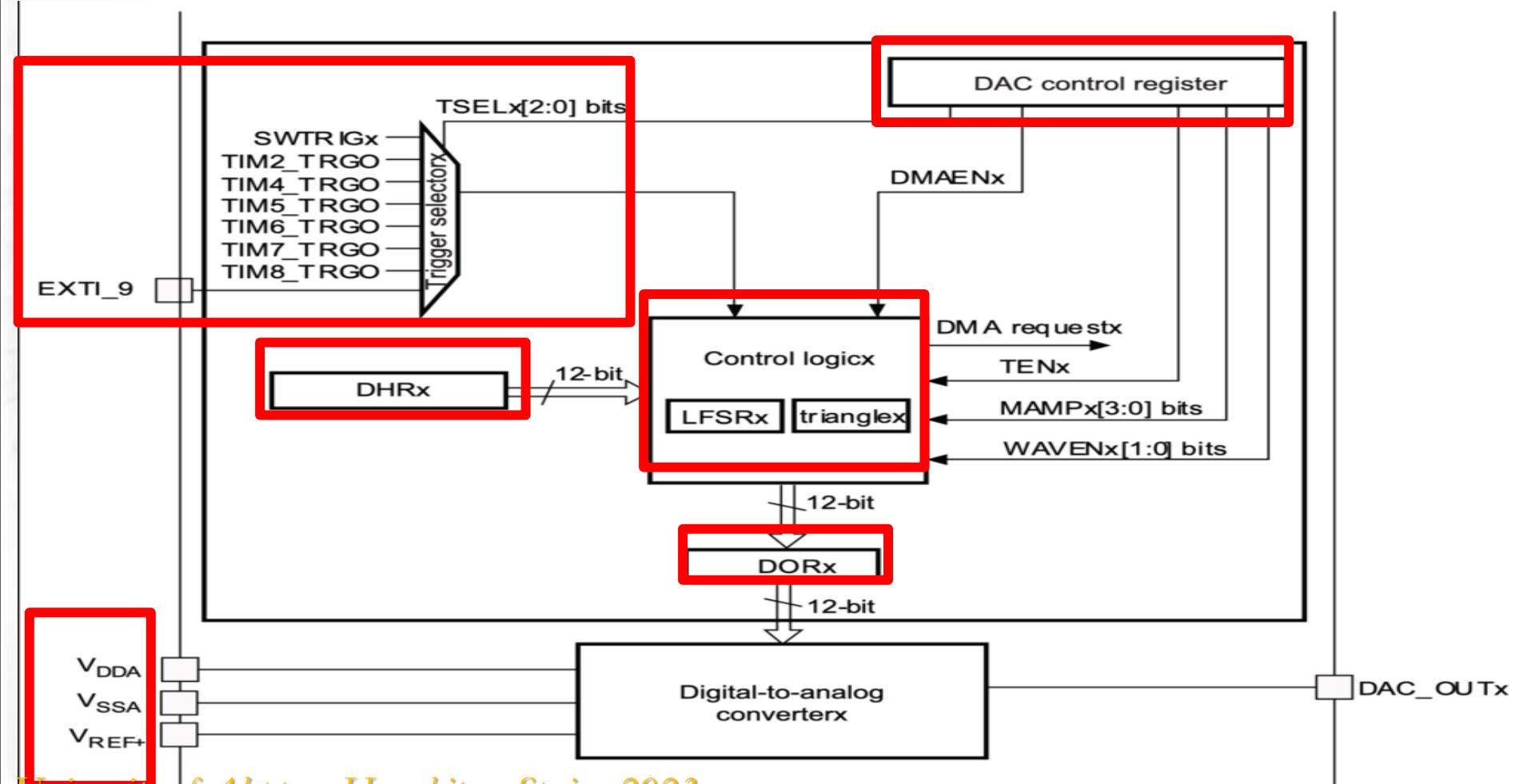
للمبدل الرقمي التشابهي المخطط الصندوقي التالي:



# المبدلات الرقمية التشابهية في متحكمات STM32

## DAC in STM32

كل قناة تشابهية لها المخطط الصندوقي التالي:



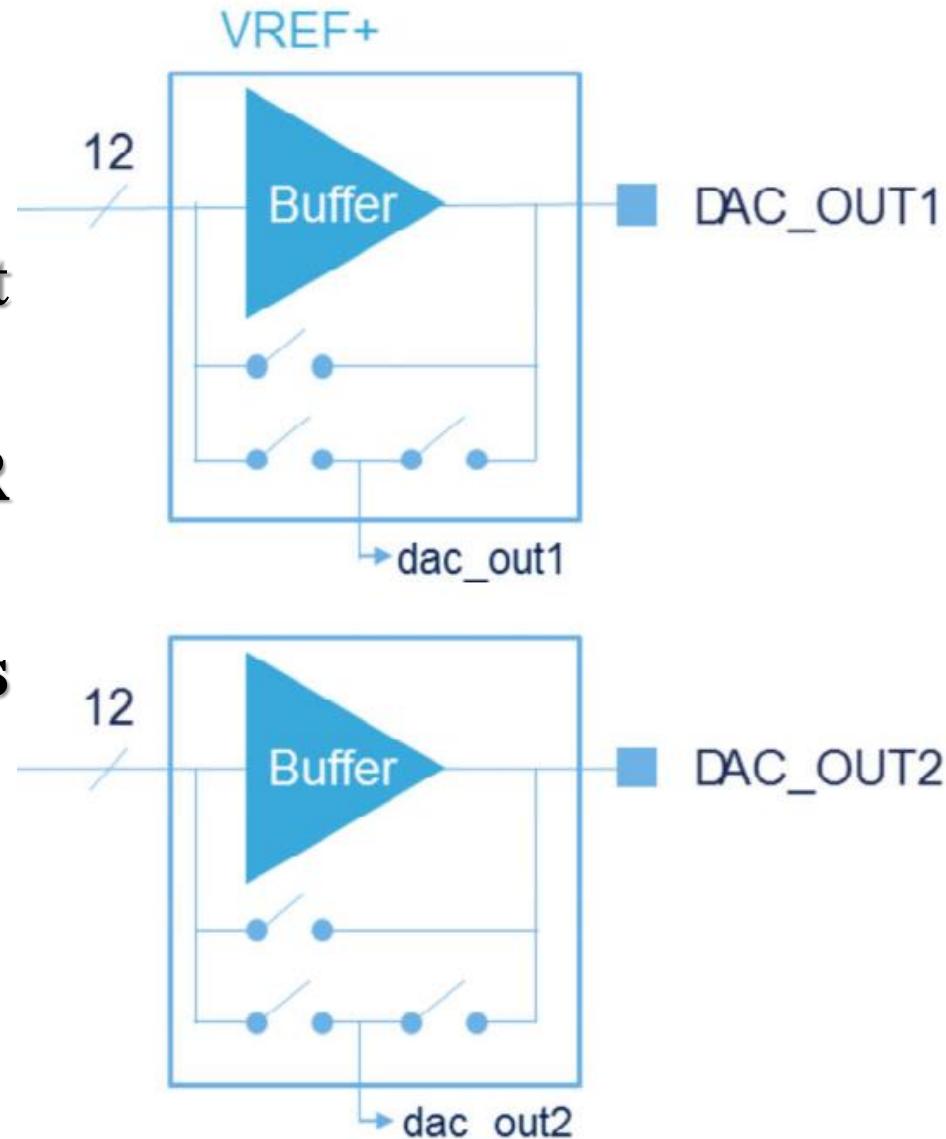
# المبدلات الرقمية تشابهية في متحكمات STM32

## DAC in STM32

- يمكن تفعيل كل قناة من قنوات خرج المبدل بشكل منفصل من خلال بت التفعيل الخاص بها الموجود في المسجل **DAC\_CR**
- يمكن وصل قناة خرج المبدل مع إحدى طرفيات المتحكم مثل المقارن أو المضخم العملياتي أو الـ **ADC**
- يجب معايرة جهد الانزياح للمبدل ، ويتم ذلك من قبل المصنع عند كل Reset للمتحكم ، كما يمكن معايرته برمجياً أثناء العمل.

# DAC with output buffer

- ❑ Low impedance output using Buffered mode
- ❑ Row output from R-2R type resistor ladder DAC
- ❑ Output impedance is ~12Kohm



# DAC data formats – For single channel mode

:8-bit نمط

:Right aligned data input



:12-bit نمط

:Right aligned data input



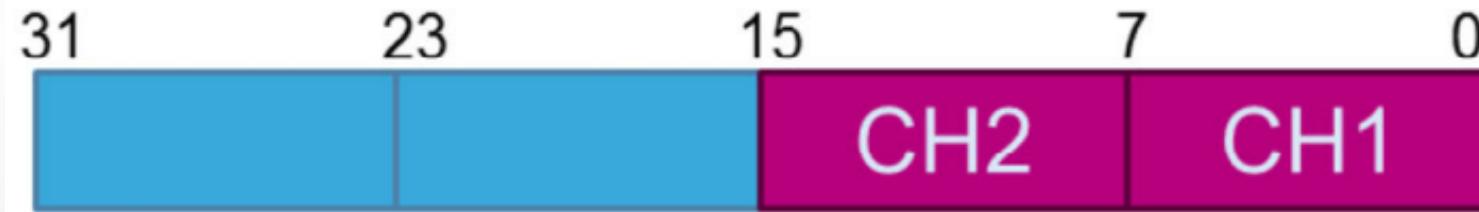
:Left aligned data input



# DAC data formats – For dual channel mode

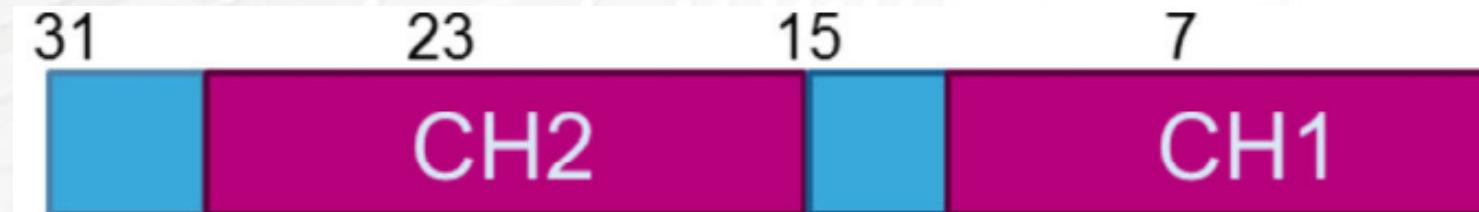
:8-bit نمط

:Right aligned data input

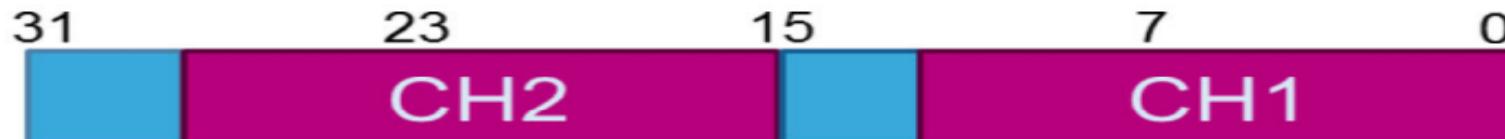


:12-bit نمط

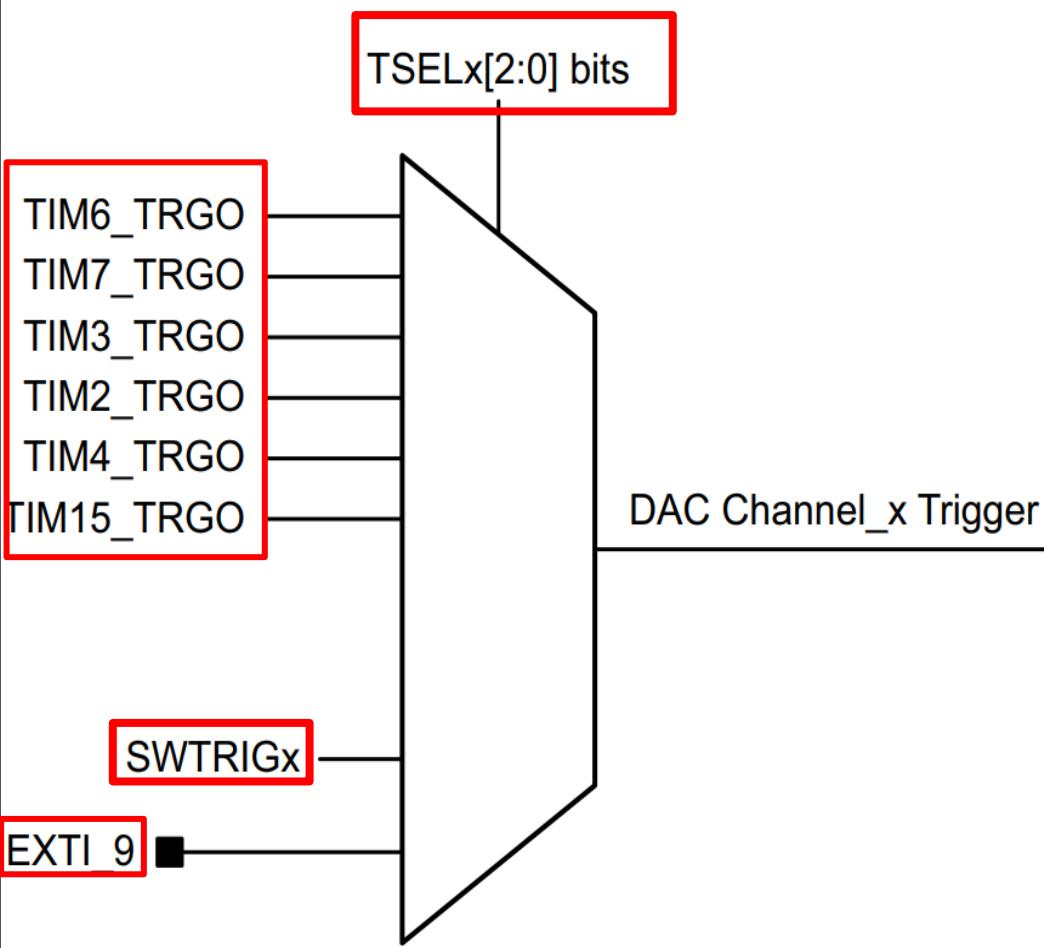
:Right aligned data input



:Left aligned data input



# طرق قدح المبدل DAC conversion triggers طرق قدح المبدل



هناك عدة طرق لقدح المبدل  
الرقمي التشابهي : DAC :

برمجياً من خلال كتابة

البيانات إلى المسجل

DAC\_DHRx

باستخدام أحد مخارج

المؤقتات

خارجياً من خلال أحد

I/O أقطاب

من خلال ضبط بت القدح

برمجياً SWTR

# طرق قدح المبدل DAC conversion triggers

Source	Type	TSEL[2:0]
Timer 6 TRGO event		000
Timer 3 TRGO event		001
Timer 7 TRGO event		010
Timer 5 or Timer 15 TRGO event	Internal signal from on-chip timers	011
Timer 2 TRGO event		100
Timer 4 TRGO event		101
EXTI line9	External pin	110
SWTRIG	Software control bit	111

# Sample and hold mode

الغاية من نمط العمل sample and hold mode هو القدرة على الحصول على جهد خرج المبدل الذي تم تحويله ، وذلك عندما يكون المتحكم في نمط الطاقة المنخفضة على سبيل المثال في وضع التوقف stop mode

عندما يتم ضبط المبدل ليعمل في نمط ال sample and hold mode ، يكون المبدل قادر على إخراج جهد الخرج الذي تم تحويله حتى عندما تكون جميع دارات المبدل الرقمية والتشابهية في حالة فصل .

حيث يتم وصل مكثف داخلي أو خارجي على خرج المبدل



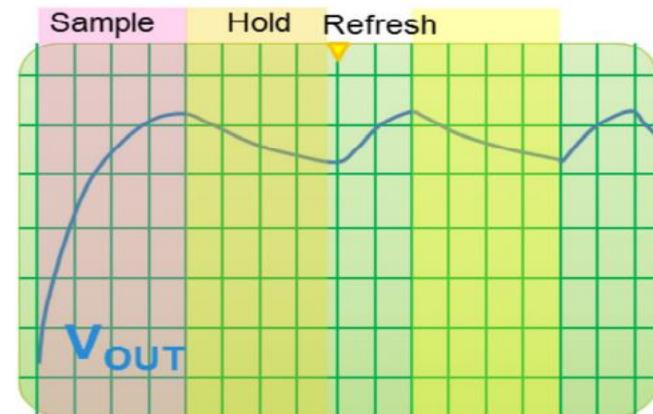
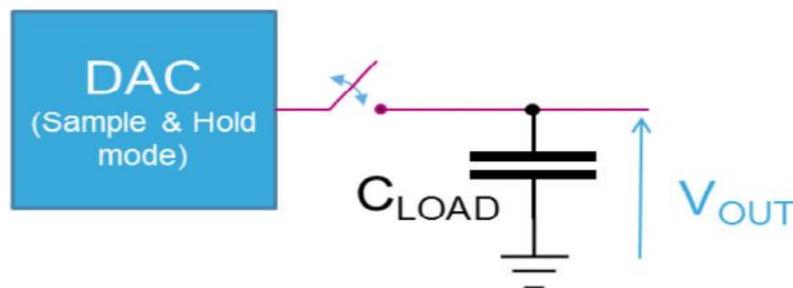
# Sample and hold mode

تمر عملية التحويل خلال نمط sample and hold mode بثلاث مراحل:

Sampling phase : مرحلة أخذ العينات في هذه المرحلة يتم شحن المكثف بقيمة الجهد المرغوبة

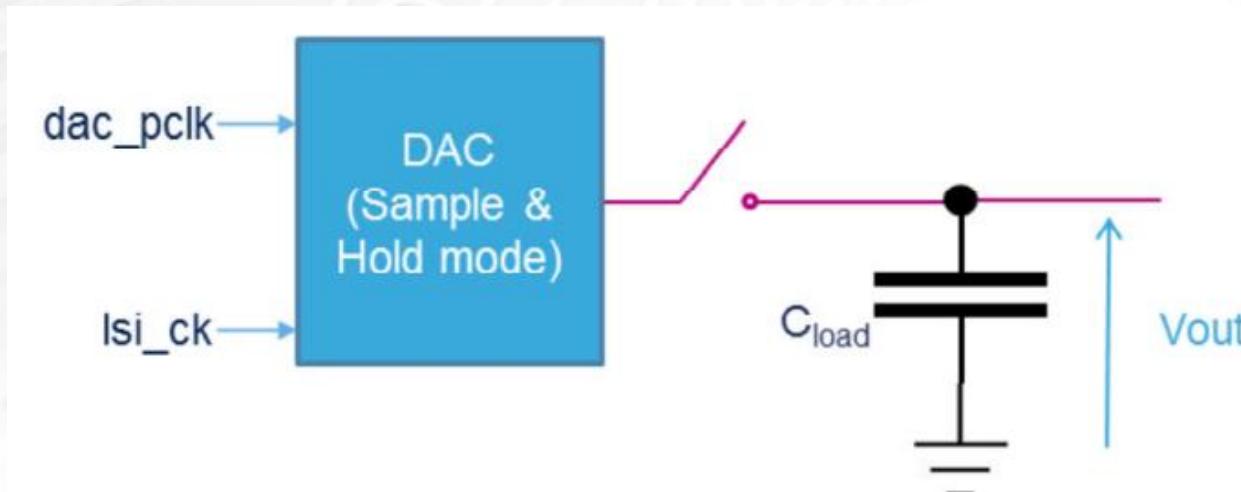
Holding phase : مرحلة المسك في هذه المرحلة يتم الاحتفاظ بقيمة جهد خرج المبدل

Refresh phase : مرحلة التنشيط في هذه المرحلة وبسبب انخفاض جهد المكثف عن القيمة المرغوبة يتم إعادة شحن المكثف



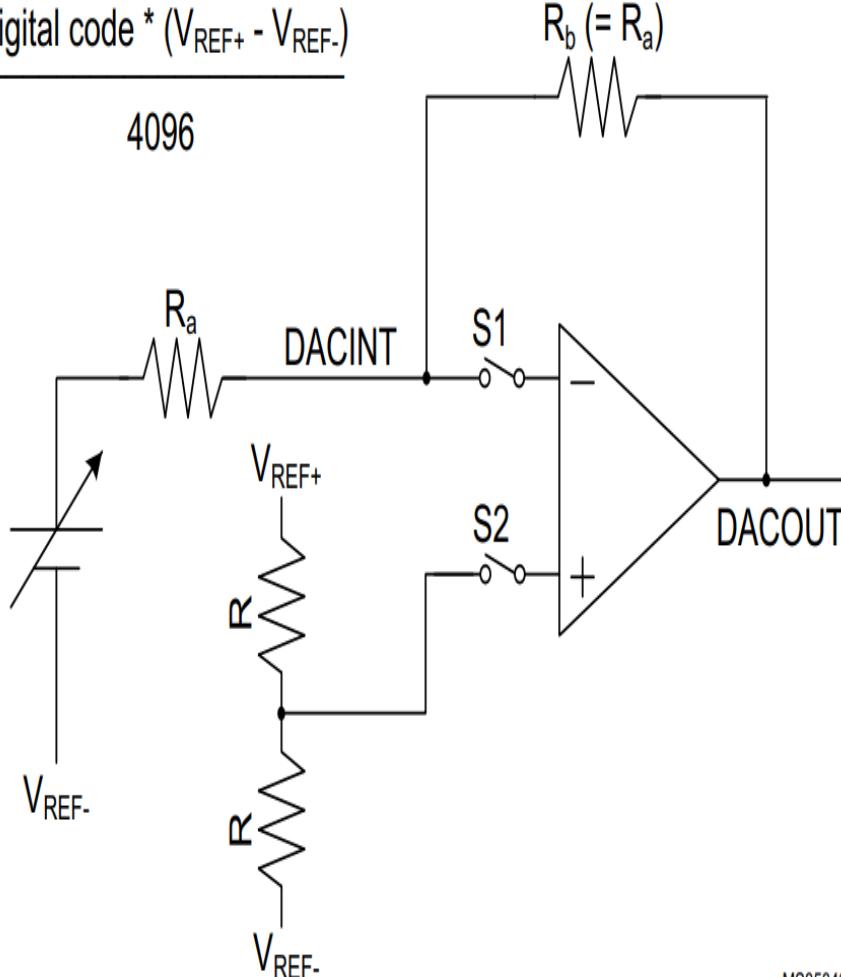
# Sample and hold mode

- نطـ الـ **sample and hold mode** مـصـمـ خـصـيـصـاً منـ أـجـلـ أـوـضـاعـ الطـاقـةـ المـنـخـفـضـةـ
- يمـكـنـ ضـبـطـ أـزـمـنـةـ **sample hold and refresh timings** منـ خـلـالـ إـعـدـادـاتـ.
- فيـ هـذـاـ النـمـطـ منـ الـعـلـمـ يـتـمـ قـيـادـةـ الـمـبـدـلـ وـجـمـيـعـ الـمـسـجـلـاتـ وـالـدـارـاتـ الـمـنـطـقـيـةـ الـمـتـعـلـقـةـ بـهـ منـ خـلـالـ الـهـزاـزـ الـكـرـيـسـتـالـيـ الدـاخـلـيـ منـخـفـضـ السـرـعـةـ **low speed internal oscillator(Isi\_clk)**



# جهد خرج المبدل الرقمي التشابهی

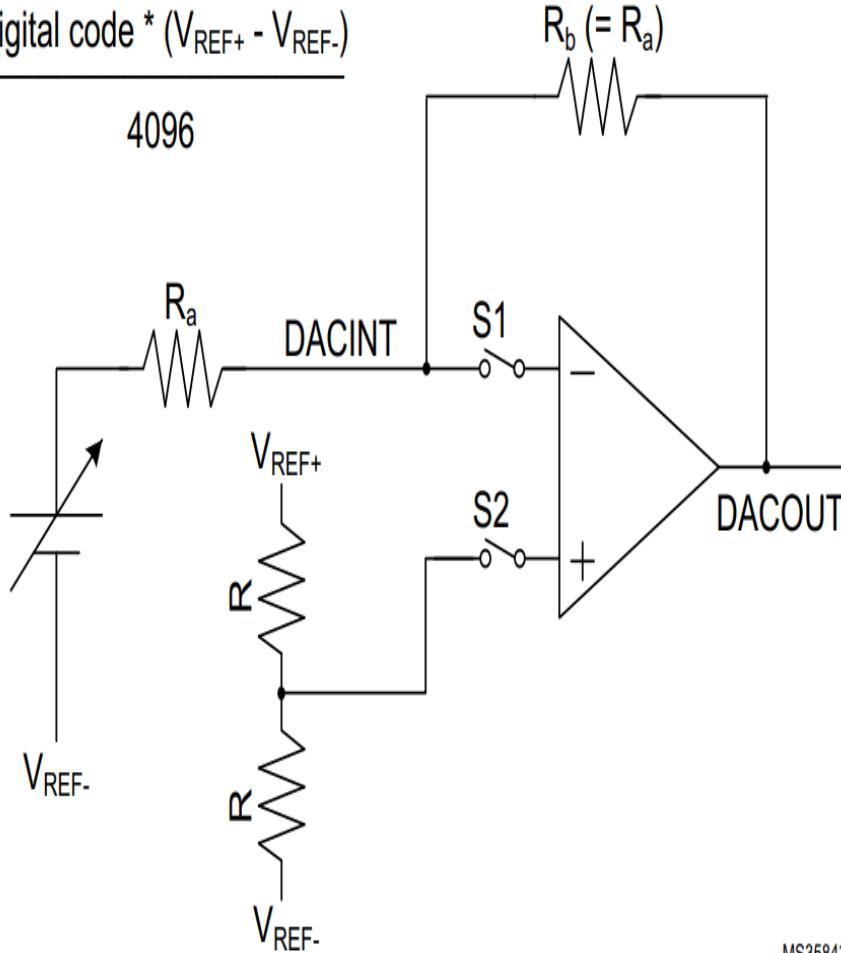
$$V_{DAC} = \frac{\text{Digital code} * (V_{REF+} - V_{REF-})}{4096}$$



□ يتم حساب جهد خرج المبدل من خلال العلاقة التالية:  
 $DACOutput = (V_{REF+}) \times (DOR/4096)$   
ويتراوح جهد خرج المبدل بين 0 والـ  $V_{REF+}$

# جهد خرج المبدل الرقمي التشابهـي

$$V_{DAC} = \frac{\text{Digital code} * (V_{REF+} - V_{REF-})}{4096}$$

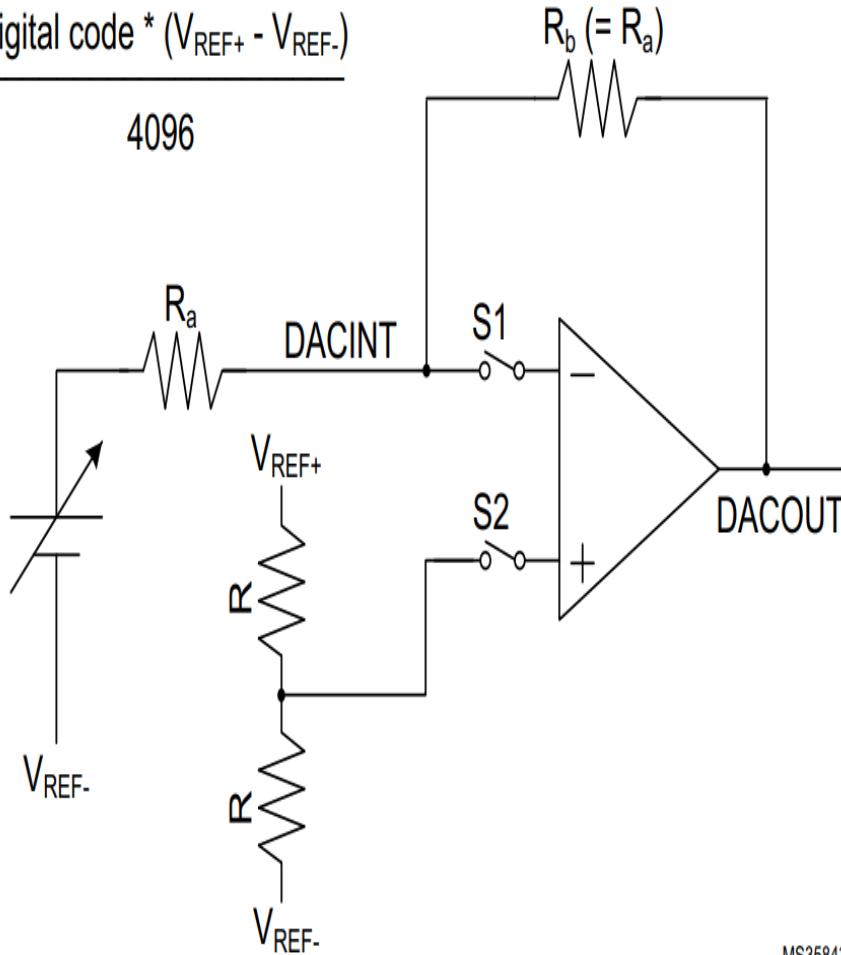


عندما يكون **output** في حالة فصل **buffer** ، عندـها يكون جـهد دـخل المـبدل متـصل بـجهـد خـرجـه عن طـريق المـقاومـتين **Ra** و تـصـبـح مـمانـعة المـبدل هو عـبـارـة عن مـجمـوع هـاتـين المـقاـومـتين **Ra+Rb** وبـاعـتـبار المـقاـومـتين مـتسـاوـيتـين تـصـبـح مـمانـعة المـبدل **2\*Ra** (وهـنا يـكون المـفـاتـاحـين **S1** و **S2** في حالة فـصل **open**)



# جهد خرج المبدل الرقمي التشابهی

$$V_{DAC} = \frac{\text{Digital code} * (V_{REF+} - V_{REF-})}{4096}$$



MS35843V2

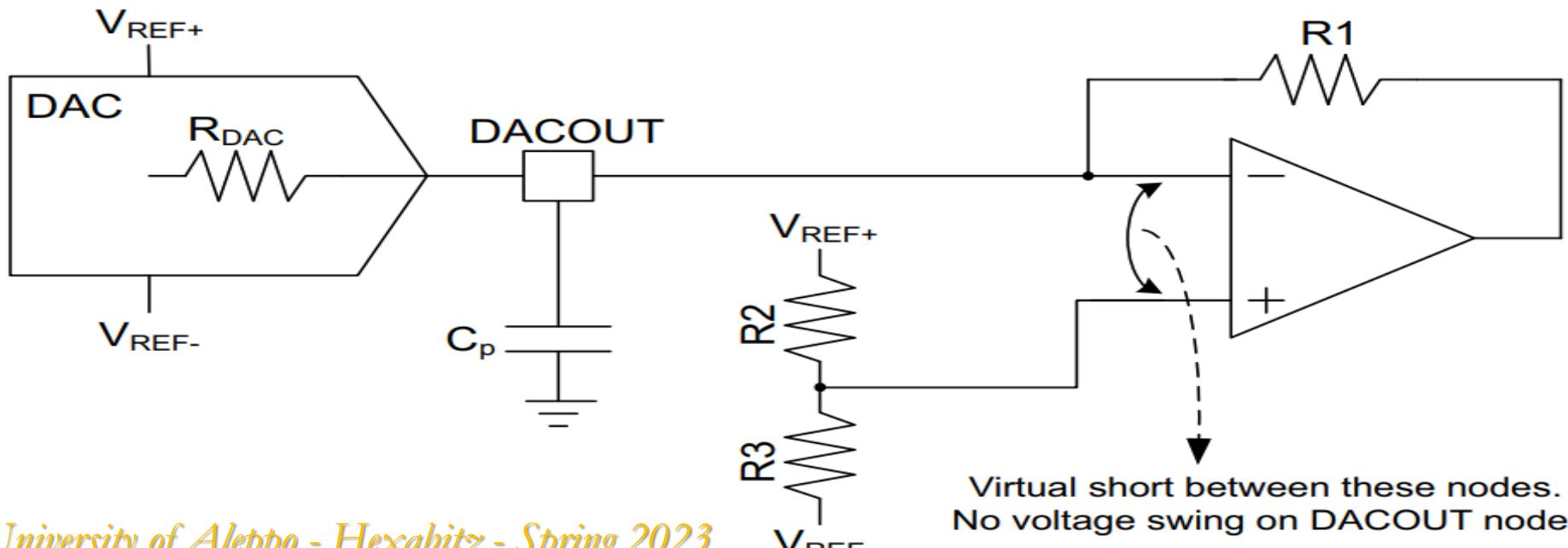
□ عندما يكون **output** في حالة وصل **on** ، تكون المضخم العملياتي يعمل كمضخم عاكس وبعامل ربح 1- و تكون ممانعة الخرج صفرية

## سرعة التبديل للمبدل الرقمي التشابهـي

- عندما يكون **output buffer** في حالة وصل **on** ، عندها تتعلق سرعة المبدل بمواصفات المضخم العملياتي المستخدم والذي يحدد من الـ **datasheet**
- أما عندما يكون **output buffer** في حالة فصل **off** ، عندها تتعلق سرعة المبدل بالثابت الزمني **RC** والذي يمكن حسابه من خلال معرفة ممانعة المبدل **RDAC=2\*Ra** ومن خلال قيمة المكثف على خرج المبدل

# استخدام مضخم عملياتي خارجي

في هذه الحالة يتم فصل المضخم الداخلي للمبدل ووصل مضخم عملياتي خارجي □  
وهنا تتحدد سرعة المبدل من خلال الثابت الزمني للمبدل  $RC$  بالإضافة إلى □  
سرعة المضخم الخارجي (gain bandwidth and slew rate) □  
كما يجب أن تكون قيمة مقاومة  $R_a$  مساوية إلى قيمة مقاومة المبدل □  
وإلا سيتتج خطأ في الربح.



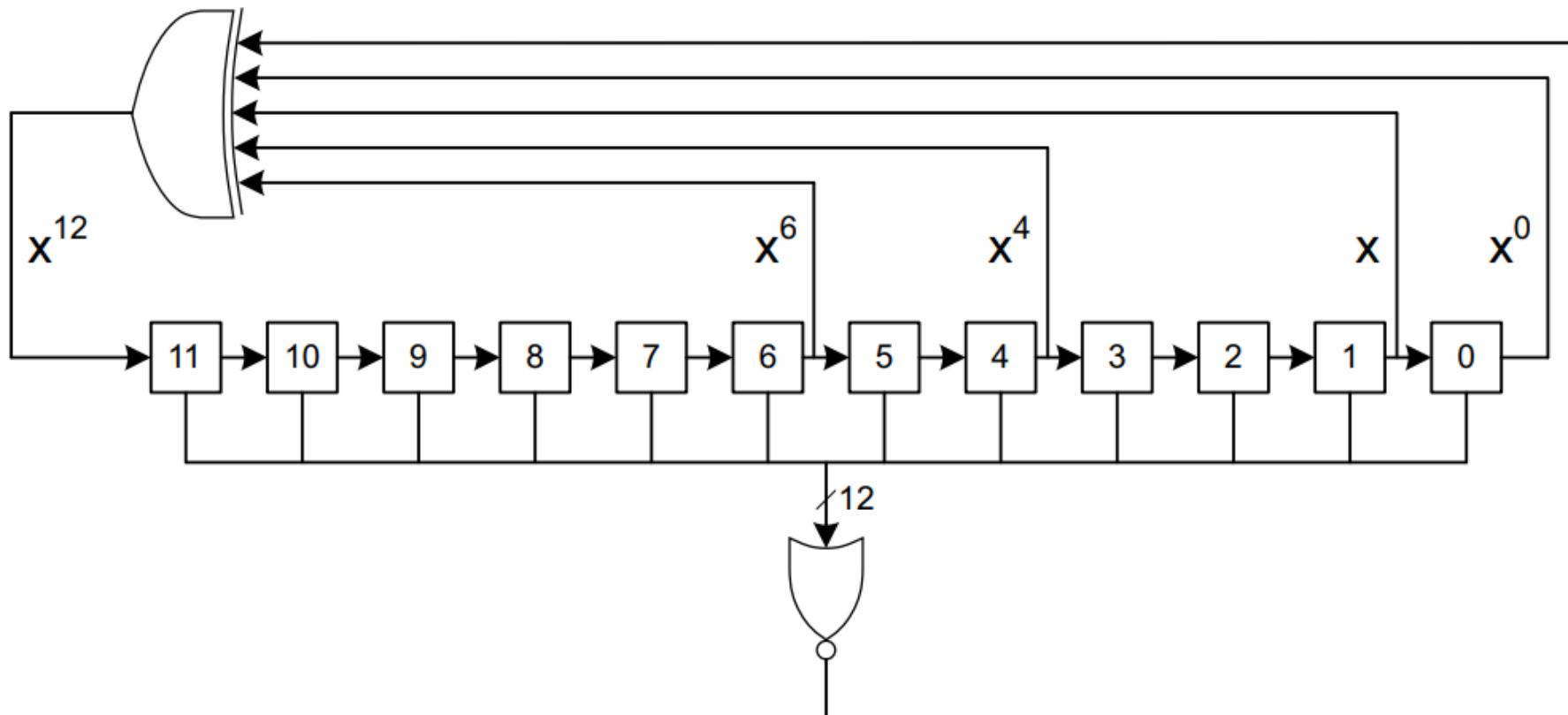
# زمن أخذ العينات الأعظمي للمبدل

Table 2. Maximum sampling time

Product	Max bus speed	DAC max sampling rate
STM32F0 Series	48 MHz	4.8 Msps
STM32F100xx	24 MHz	2.4 Msps
STM32F101xx STM32F103xx STM32F105xx STM32F107xx	36 MHz	4.5 Msps
STM32F2 Series	30 MHz	7.5 Msps
STM32F3 Series	36 MHz	4.5 Msps
STM32F40x STM32F41x	42 MHz	10.5 Msps
STM32F42x	45 MHz	11.25 Msps
STM32F7 Series	54 MHz	13.5 Msps
STM32G0 Series	64 MHz	8.0 Msps

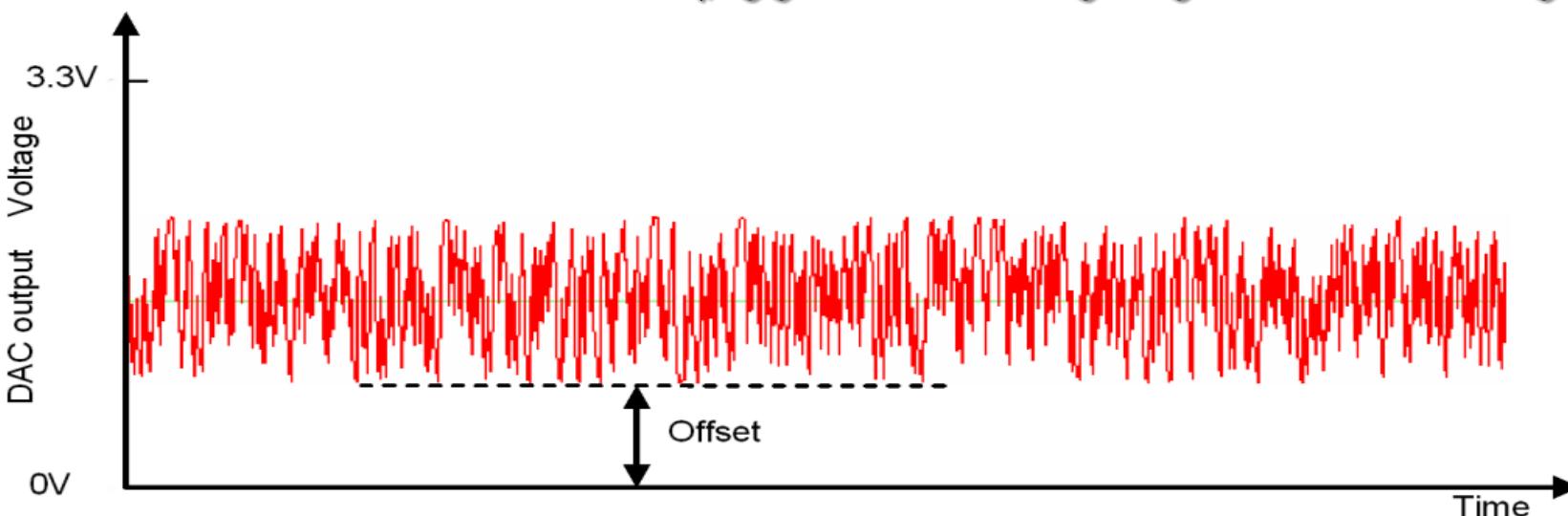
# توليد إشارة الضجيج باستخدام المبدل White noise generator

يمكن أن يعمل المبدل الرقمي التشابهـي في متحكمـات stm32 كمولد إشارة ضجيج عشوائي باستخدام مسجل إزاحة وعدد من نقاط التفرع مساوٍ لـ  $2^n - 1$  وهو العدد الذي تحتاجـه الإشارة قبل أن تكرر نفسها



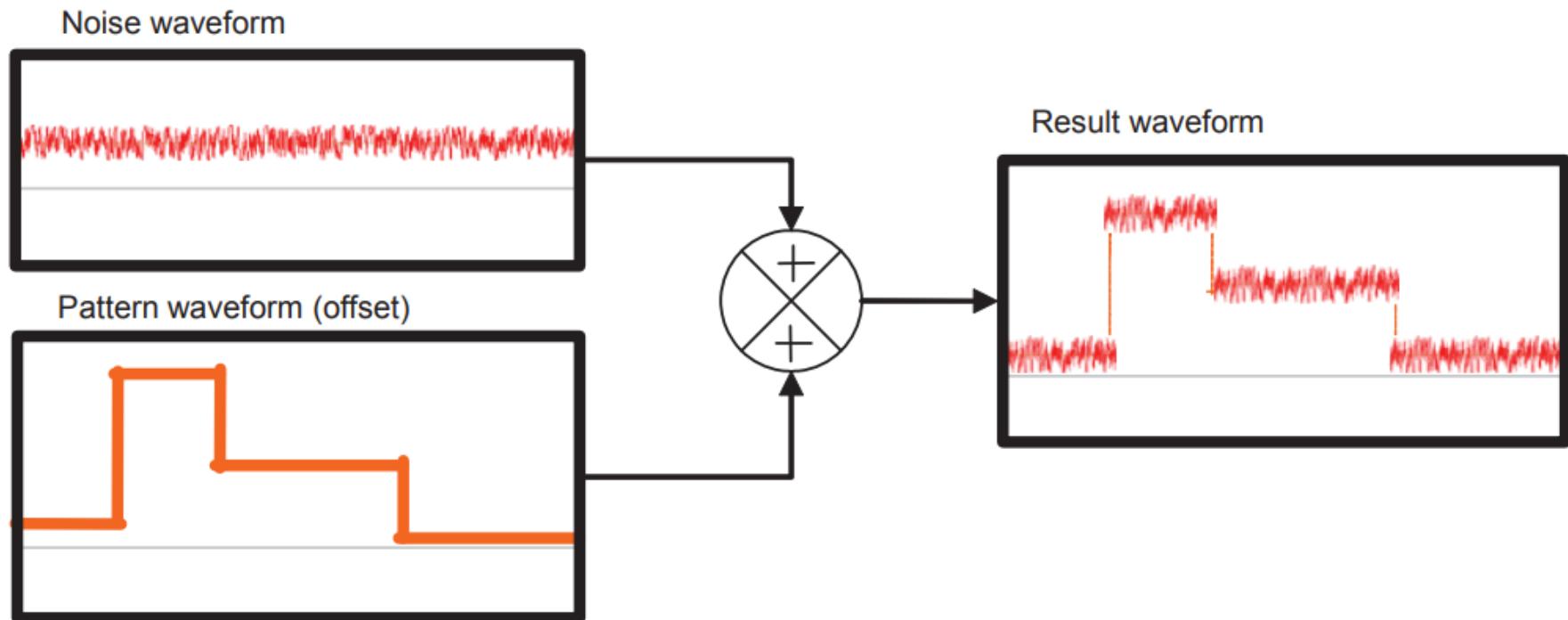
# توليد إشارة الضجيج باستخدام المبدل White noise generator

- يمكن اعتبار إشارة الضجيج الناتجة عن المبدل كإشارة ضجيج أبيض باعتبار أن لها توزع طيفي مسطح
- يمكن استخدام هذه الإشارة في توليد الموسيقى الإلكترونية بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر عن طريق استخدامها كدخل لمرشح من أجل توليد أشكال أخرى للإشارة الضجيج
- كما يمكن استخدامها لأغراض التحكم على سبيل المثال لاختبار استجابة التردد للمضخمات والمرشحات الإلكترونية



# توليد إشارة الضجيج باستخدام المبدل White noise generator

□ كما يمكن الحصول على إشارة ضجيج مزاحمة بمقدار معين من خلال جمعها مع إشارة إزاحة (signal pattern) معرفة مسبقاً والتي يتم حفظها ضمن جدول



# توليد إشارة مثلثية باستخدام المبدل

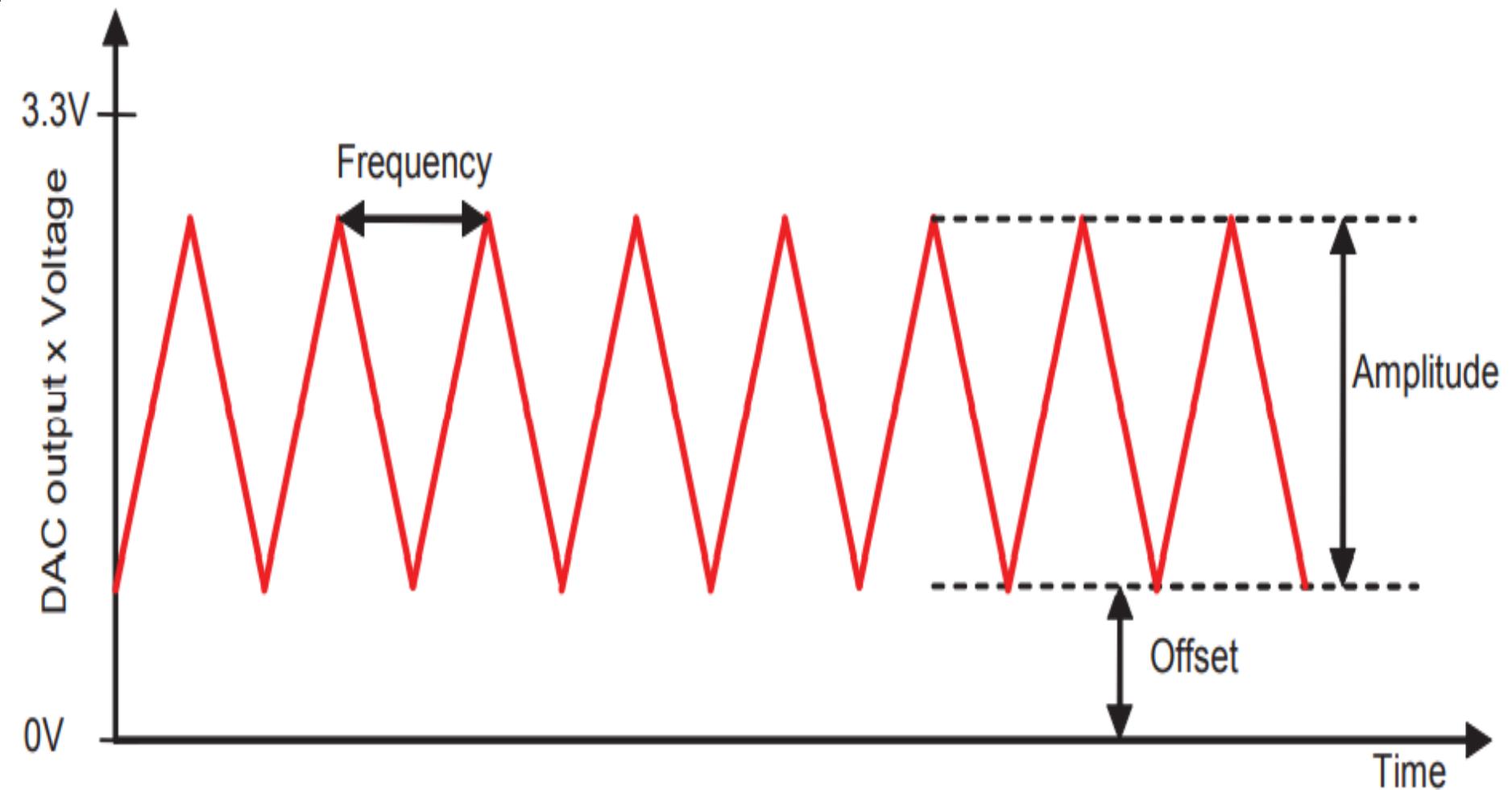
يمكن للمبدل الرقمي التشابهـي في متحكمـات stm32 توليد إشارة مثلثـية مع قابلـية التحكم بمطالـها وترددـها وأيضاً مقدار إزاحة الإشـارة من خلال **DAC\_CR**

Table 2. Preprogrammable triangular waveform amplitude values

MAMPx[3:0] bits	Digital amplitude	Analog amplitude (Volt) (with $V_{REF+} = 3.3$ V)
0	1	0.0008
1	3	0.0024
2	7	0.0056
3	15	0.0121
4	31	0.0250
5	63	0.0508
6	127	0.1023
7	255	0.2054
8	511	0.4117
9	1023	0.8242
10	2047	1.6492
$\geq 11$	4095	3.2992

# توليد إشارة مثلثية باستخدام المبدل

## Triangular wave generator

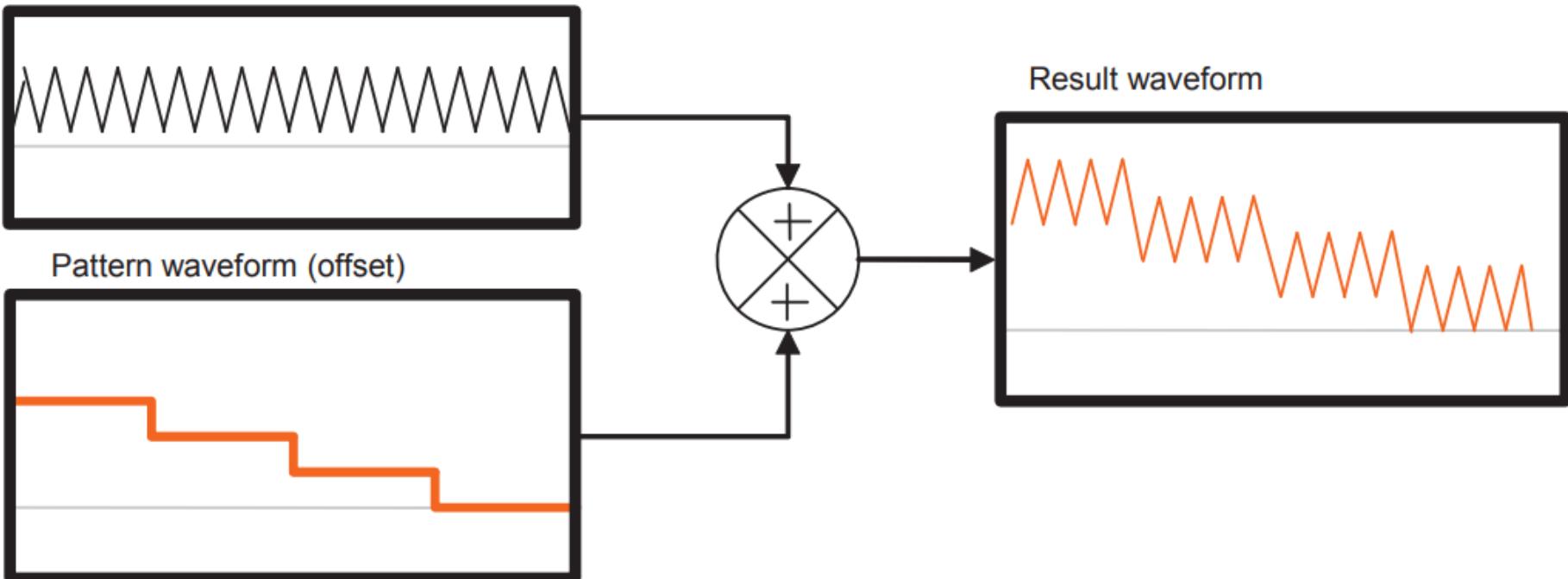


# توليد إشارة مثلثية باستخدام المبدل

□ كما يمكن الحصول على إشارة مثلثية مزاحمة بمقدار معين من خلال جمعها مع إشارة إزاحة (signal pattern) معرفة مسبقاً والتي يتم حفظها ضمن جدول، على ألا يتجاوز مطال الإشارة الناتجة عن الـ

4095

Triangular waveform



28

من أجل توليد أي إشارة من خلال المبدل الرقمي التشابهي نتبع الخطوتين التاليتين :

- الخطوة الأولى: توليد جدول Lookup Table وهو عبارة عن العينات الرقمية للإشارة
- الخطوة الثانية: إرسال هذه البيانات إلى المبدل ليقوم بتحويلها إلى إشارة تشابهية

# توليد جدول Lookup Table وهو عبارة عن العينات الرقمية للإشارة

يمكن توليد جدول Lookup Table للإشارة من خلال أحد المواقع التي تقوم بحساب العينات الرقمية تبعاً لعدد العينات المراده والمطال الأعظمي للإشارة بالشكل التالي:

## Sine Look Up Table Generator Calculator

This calculator generates a single cycle sine wave look up table. It's useful for digital synthesis of sine waves.

### Sine Look Up Table Generator Input

Number of points	<input type="text" value="1023"/>
Max Amplitude	<input type="text" value="65535"/>
Numbers Per Row	<input type="text" value="8"/>
<input checked="" type="radio"/> Hex	<input type="radio"/> Decimal
<input type="button" value="Submit"/>	

# توليد جدول Lookup Table وهو عبارة عن العينات الرقمية للاشارة

يمكن توليد جدول Lookup Table للاشارة من خلال أحد المواقع التي تقوم بحساب العينات الرقمية تبعاً لعدد العينات المراده والمطال الأعظمي للاشارة بالشكل التالي:

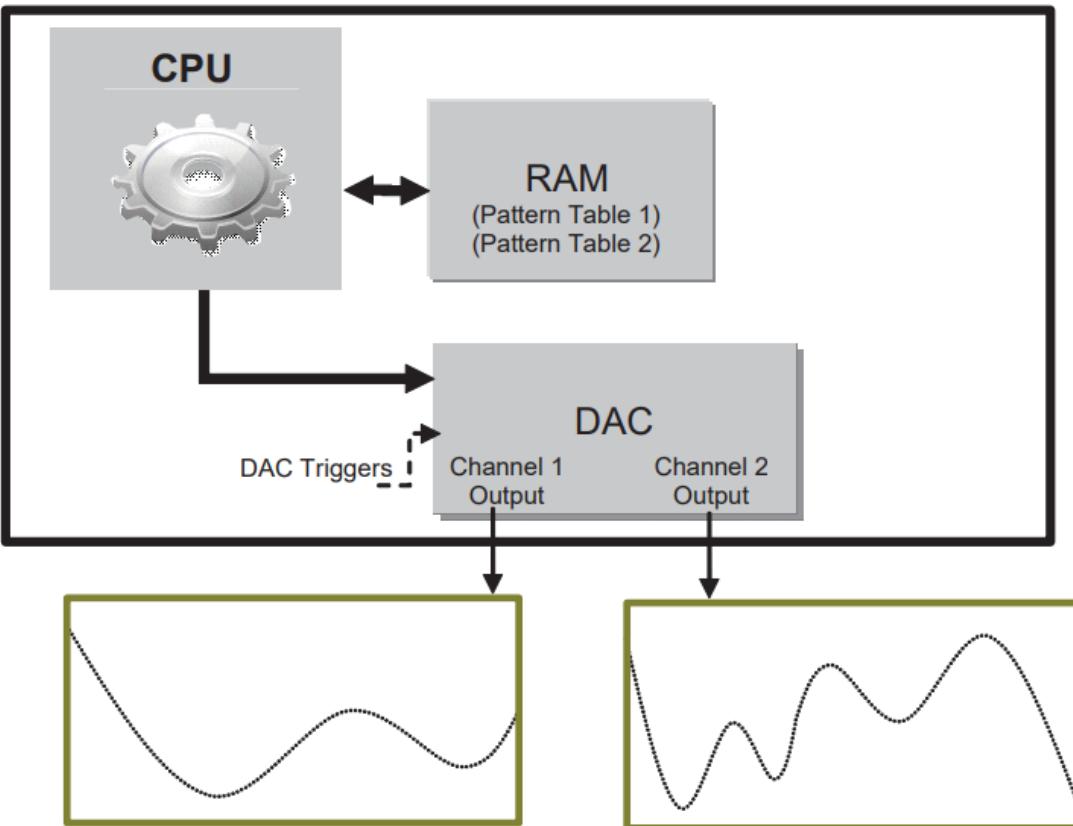
## Sine Look Up Table Generator Calculator

```
0x8000, 0x80c9, 0x8192, 0x825b, 0x8324, 0x83ee, 0x84b7, 0x8580,  
0x8649, 0x8712, 0x87db, 0x88a4, 0x896c, 0x8a35, 0x8afe, 0x8bc6,  
0x8c8e, 0x8d57, 0x8e1f, 0x8ee7, 0x8fae, 0x9076, 0x913e, 0x9205,  
0x92cc, 0x9393, 0x945a, 0x9521, 0x95e7, 0x96ad, 0x9773, 0x9839,  
0x98fe, 0x99c4, 0x9a89, 0x9b4d, 0x9c12, 0x9cd6, 0x9d9a, 0x9e5e,  
0x9f21, 0x9fe4, 0xa0a7, 0xa169, 0xa22b, 0xa2ed, 0xa3af, 0xa470,  
0xa530, 0xa5f1, 0xa6b1, 0xa770, 0xa830, 0xa8ef, 0xa9ad, 0xaa6b,  
0xab29, 0xabe6, 0xacaa3, 0xad5f, 0xae1b, 0xaeed7, 0xaf92, 0xb04d,  
0xb107, 0xb1c0, 0xb27a, 0xb332, 0xb3ea, 0xb4a2, 0xb559, 0xb610,  
0xb6c6, 0xb77c, 0xb831, 0xb8e5, 0xb999, 0xba4d, 0xbb00, 0xbbb2,  
0xbc64, 0xbd15, 0xbdc6, 0xbe76, 0xbf25, 0xbfd4, 0xc082, 0xc12f,  
0xc1dc, 0xc288, 0xc334, 0xc3df, 0xc489, 0xc533, 0xc5dc, 0xc684,  
0xc72c, 0xc7d3, 0xc879, 0xc91f, 0xc9c3, 0xca67, 0xcb0b, 0xcbae,  
0xcc4f, 0xccf1, 0xcd91, 0xce31, 0xed0, 0xcf6e, 0xd00b, 0xd0a8,  
0xd144, 0xd1df, 0xd279, 0xd313, 0xd3ac, 0xd443, 0xd4db, 0xd571,
```

□ كما يمكن توليد جدول **Lookup Table** للإشارة من خلال برنامج الماتلاب بالشكل التالي:

```
1 clear; clc; % Clear The Previous Points
2 Ns      = 128; % Set The Number of Sample Points
3 RES     = 12;  % Set The DAC Resolution
4 OFFSET  = 0;   % Set An Offset Value For The DAC Output
5 %-----[ Calculate The Sample Points ]-----
6
7 T = 0:((2*pi/(Ns-1))):(2*pi);
8 Y = sin(T);
9 Y = Y + 1;
10 Y = Y*((2^RES-1)-2*OFFSET)/(2+OFFSET);
11 Y = round(Y);
12 plot(T, Y);
13 grid
14 %-----[ Print The Sample Points ]-----
15
16 fprintf('%d, %d, \n', Y);
17
18 %-----[ Other Examples To Try ]-----
19
20 % Y = diric(T, 13);      % Periodic Sinc
21
22 % Y = sawtooth(T)       % Sawtooth
23
24 % Y = sawtooth(T, 0.5); % Triangular
```

# DMA capabilities



تحتوي متحكمات على الأقل على stm32 موديل واحد DMA بعة قنوات

ترتبط كل قناة من قنوات مع قناة من قنوات ال DMA

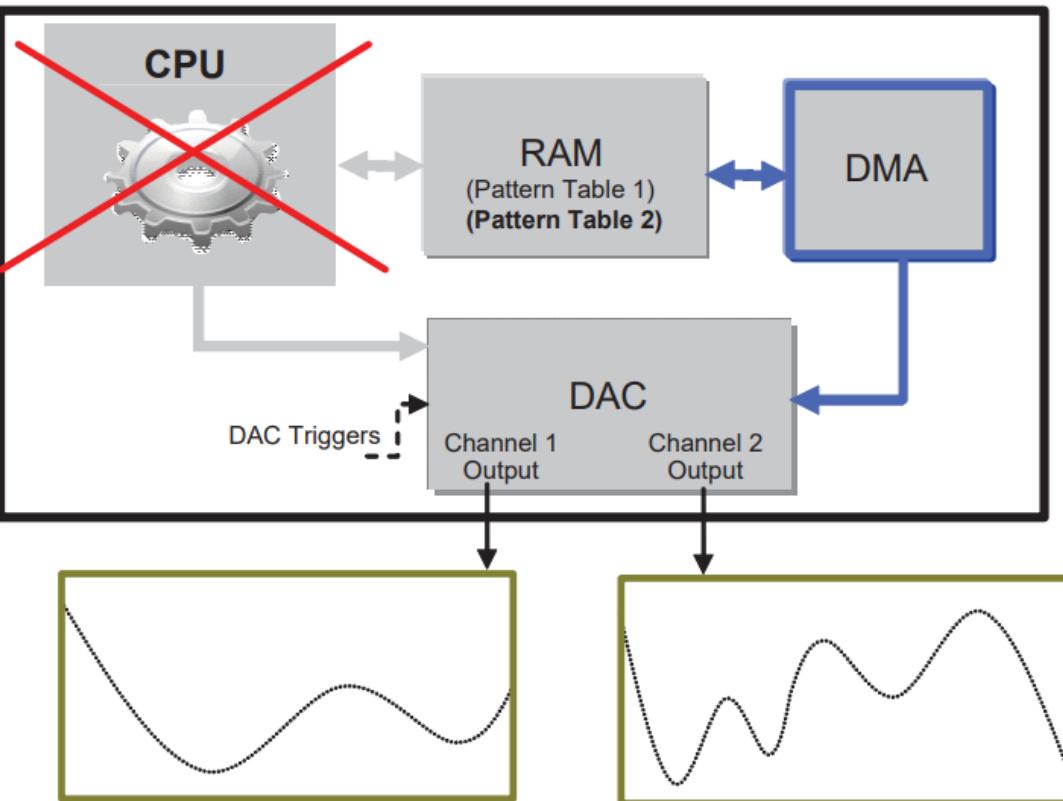
في حال عدم استخدام نمط ال DMA ، يقوم المعالج بتزويد المبدل الرقمي التشابهي

بالبيانات الرقمية لتوليد الإشارة المطلوبة من المبدل، حيث يتم حفظ هذه البيانات في الذاكرة RAM، هنا يكون المعالج هو الوسيط بين الذاكرة والمبدل

# DMA capabilities

□

أما عند استخدام نمط الـ **DMA** مع المبدل الرقمي التشابهـي ، فإن المودـiolـ الـ **DMA** يقوم بدور الوسيط بين الـ **ذاكرة RAM** والمبدل ، بدون تدخل من المعالج مما يؤدي إلى زيادة كفاءة وفعالية النـظام ويترك المعالج ليقوم بالعمليـات الأخرى



هناك أربع خيارات لكل قناة من قنوات المبدل:

- Disabled**: في هذه الحالة تكون القناة غير مفعّلة، ويمكن استخدام القطب المرتبط بالمبدل كقطب GPIO
- Connected to external pin only**: في هذه الحالة يكون خرج المبدل متصل فقط بالقطب الخارجي المحجوز للمبدل
- Connected to peripherals only**: في هذه الحالة يكون خرج المبدل متصل فقط بأحد طرفيات المتحكم داخلياً
- Connected to external pin and peripherals**: في هذه الحالة يكون خرج المبدل متصل بالقطب الخارجي وبأحد طرفيات المتحكم داخلياً

# ضبط إعدادات المبدل في بيئة stm32CubeIDE

هناك أربع خيارات لكل قناة من قنوات المبدل:

STM32CubelDE\_1.5.1 - Device Configuration Tool - STM32CubelDE

File Edit Navigate Search Project Run Window Help

Project E... \*test.ioc

Pinout & Configuration Clock Configuration Software Packs Pinout

Categories A-Z

DAC1 Mode and Configuration

OUT1 mode: Connected to on chip-peripherals only  
OUT2 mode: Disable  
 External: Connected to external pin only  
 Connected to on chip-peripherals only  
 Connected to external pin and to on chip-peripherals

Pinout view System view

STM32G071RBTx LQFP64

Configure the below parameters :  
Search (Ctrl+F)

DAC Out1 Settings:  
Output Buffer: Disable  
Trigger: None  
User Trimming: Factory trimming  
Sample And Hold: Sample and hold Disable

Console Error Log Outline

Activate Windows Go to Settings to activate Windows.

University of Aleppo - HexabitZ - Spring 2023

# ضبط إعدادات المبدل في بيئة stm32CubeIDE

هنا يتم تفعيل أو إلغاء تفعيل Output buffer، أيضاً يتم اختيار نوع القدر، كما يتم تفعيل أو إلغاء تفعيل نمط الـ sample and hold :mode

Configuration

Reset Configuration

NVIC Settings     DMA Settings     GPIO Settings

Parameter Settings     User Constants

Configure the below parameters :

Search (Ctrl+F)    ⏪    ⏩    ⓘ

▼ DAC Out1 Settings

Output Buffer	Enable
Trigger	None
User Trimming	Factory trimming
Sample And Hold	Sampleandhold Disable

# ضبط إعدادات المبدل في بيئة stm32CubeIDE

هنا يتم ضبط إعدادات الـ :DMA



## Configuration

Reset Configuration

Parameter Settings     User Constants     NVIC Settings     DMA Settings     GPIO Settings

DMA Request	Channel	Direction	Priority
DAC1_CH1	DMA1 Channel 1	Memory To Peripheral	Low

Add

Delete

### DMA Request Settings

Mode

Peripheral  
Increment Address

Memory

Data Width

### DMA Request Synchronization Settings

Enable synchronization

Synchronization signal

Signal polarity

Enable event

Request number

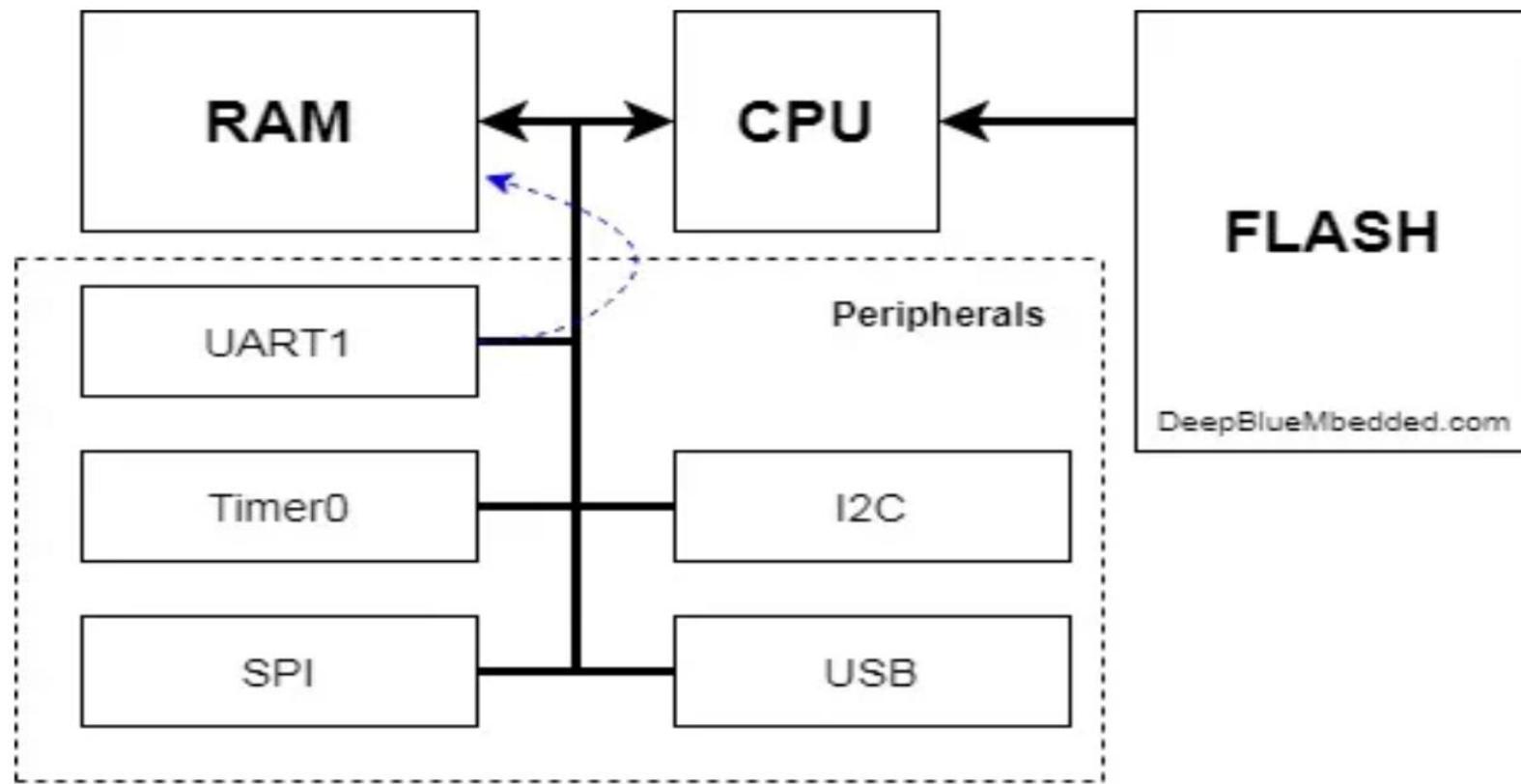
# إدارة الوصول المباشر للذاكرة Direct Access Memory (DMA)

□ إدارة الوصول المباشر للذاكرة DMA هي عبارة عن وحدة رقمية منطقية مدمجة داخل متحكمات stm32 وتستخدم لإدارة نقل البيانات بين الذاكرة والطيفيات، وبين الذاواكر نفسها ، حيث يتم تبادل البيانات من خلال وحدة الـ DMA بدون أي تدخل من المعالج ، مما يتيح للمعالج التفرغ لمعالجة باقي الأمور المهمة.

- بإمكان وحدة الـ DMA الوصول لأي موقع ذاكري بما في ذلك:
- CRC generator: على سبيل المثال AHB peripherals
  - SRAM: على سبيل المثال AHB memories
  - USART: على سبيل المثال APB peripherals

# إدارة الوصول المباشر للذاكرة (DMA)

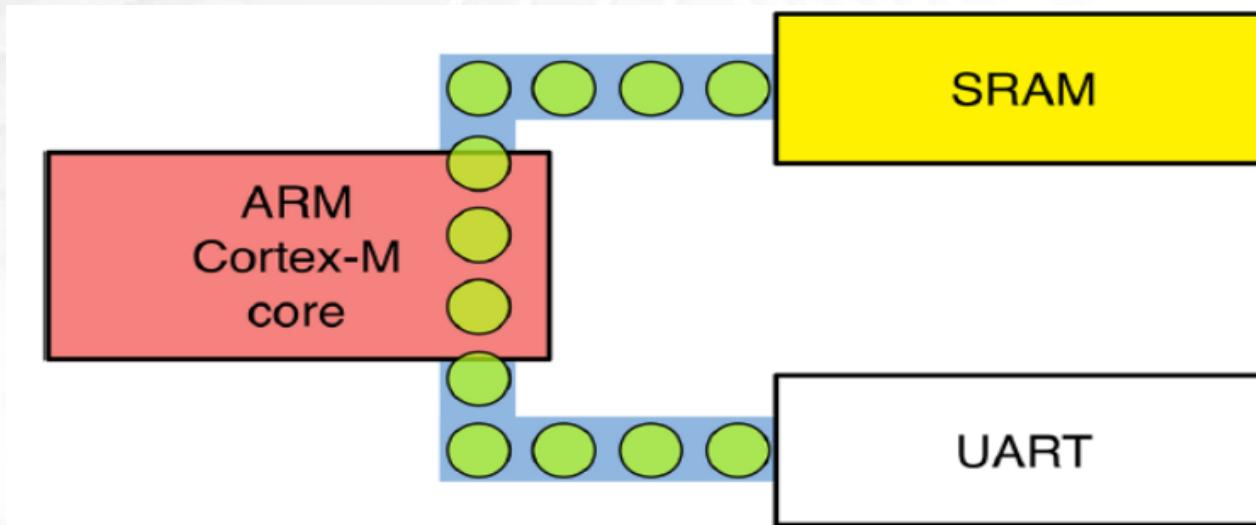
سابقاً وقبل وجود وحدة DMA ، كان على المعالج القيام بكافة الأعمال بما في ذلك جلب التعليمات (الكود) من الذاكرة flash ثم تنفيذ هذه التعليمات ومن ثم نقل البيانات بين الذاكرة والطرفيات



# إدارة الوصول المباشر للذاكرة (DMA)

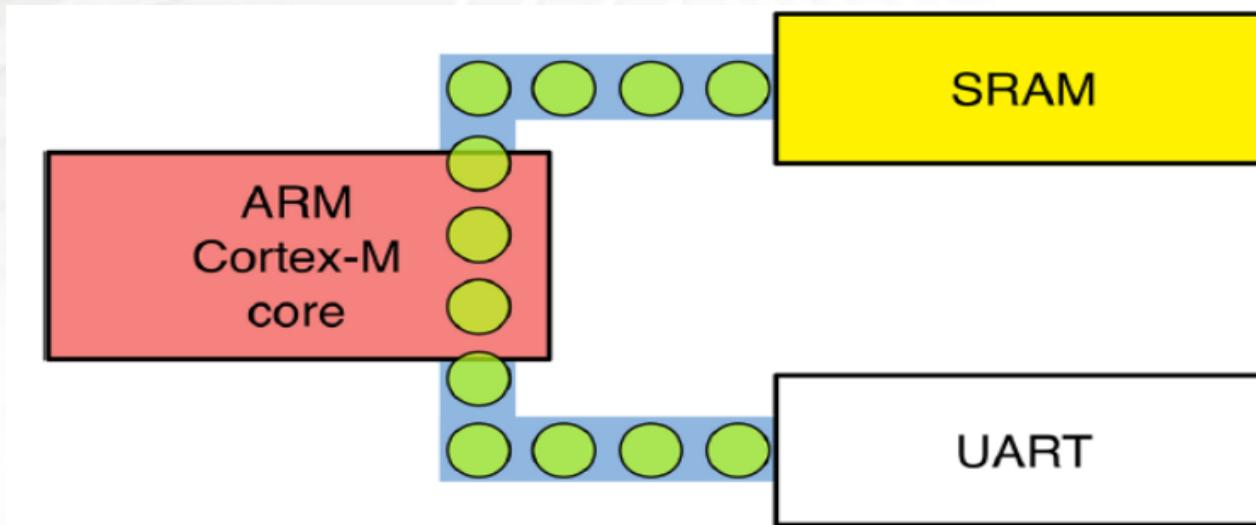
فبفرض أن هناك بيانات قادمة من المنفذ التسلسلي UART1 بطول buffer 20byte ، وعلى المعالج استقبال هذه البيانات ثم نقلها إلى محدد ضمن الذاكرة مع الانتباه إلى عدم ضياع أي من البيانات القادمة

عمليات نقل البيانات هذه القادمة من الطرفيات مثل ,SPI, UART و غيرها ، تولد عدد لا نهائي من المقاطعات خلال الثانية الواحدة وعلى المعالج أن يقوم بمعالجتها جميعها



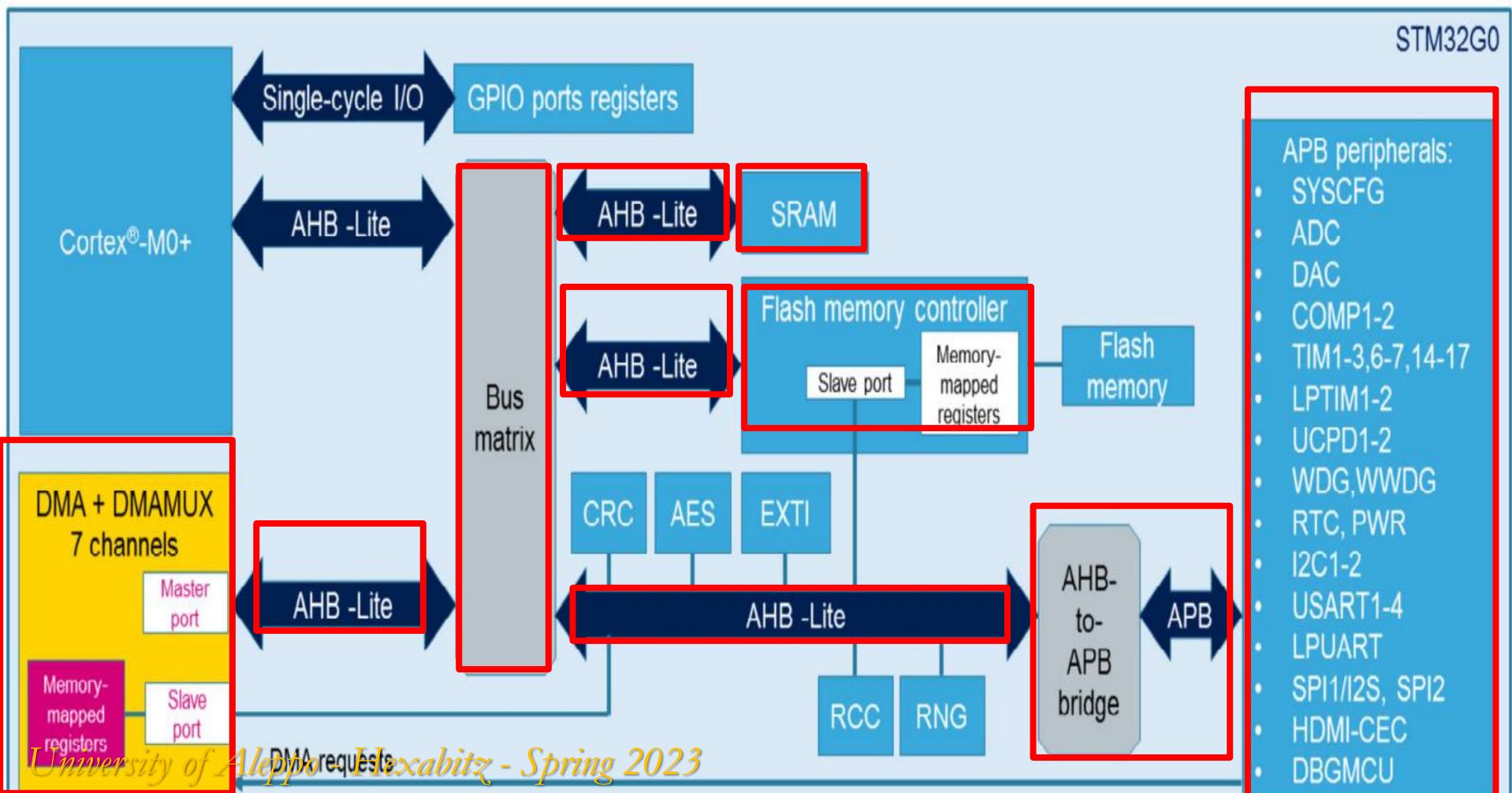
# إِدَارَةُ الْوَصْولِ الْمُبَاشِرِ لِلذَّاكرَةِ (DMA)

تستغرق عملية الاستجابة للمقاطعة من خلال الذهاب إلى برامج خدمة المقاطعة والعودة منها عدة دورات ساعة، مما يعني ضياع الكثير من الوقت خصوصاً مع المقاطعات التي تحدث باستمرار وبشكل دوري ، وما يعني انشغال المعالج عن تنفذ الكود و مما يؤدي في بعض الأحيان إلى تجاوز القيود الخاصة بالزمن المحدد لتنفيذ الكود، وهنا تأتي الحاجة لوحدة DMA



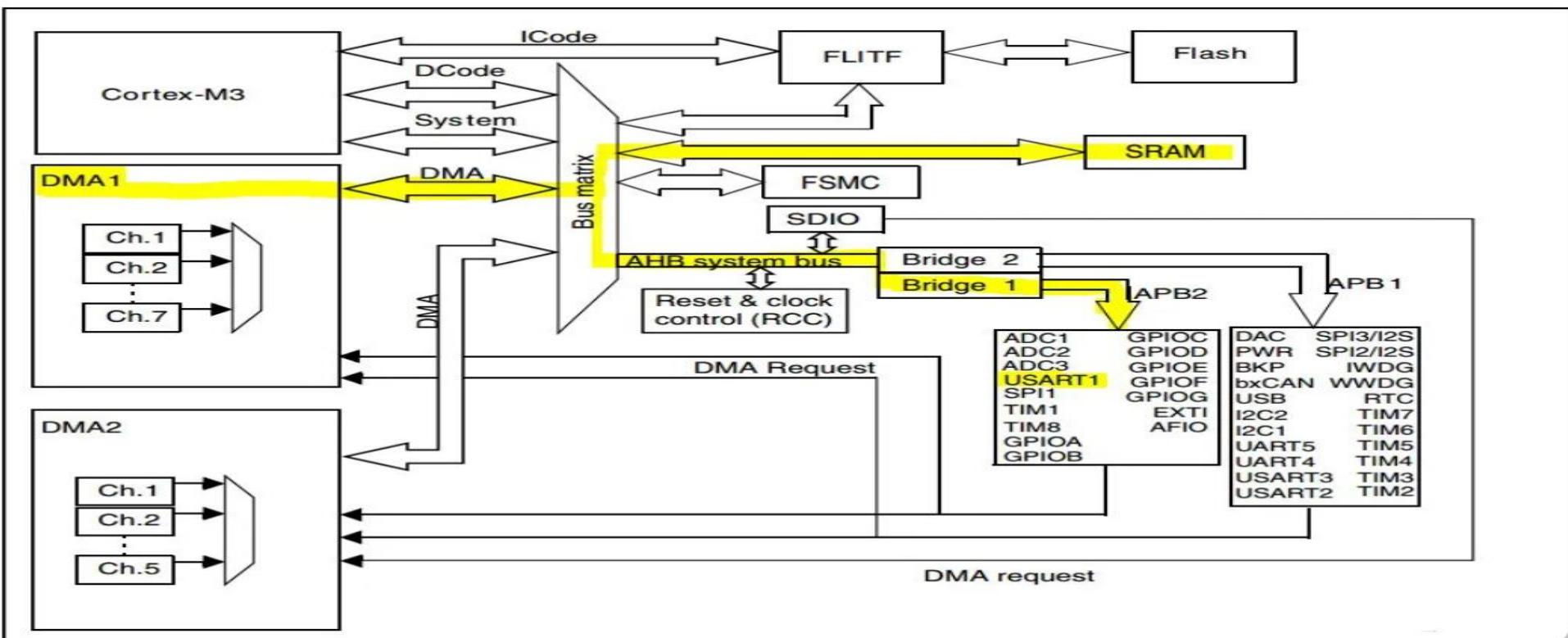
# إدارة الوصول المباشر للذاكرة (DMA)

نلاحظ من المخطط الصندوقي أن بإمكان وحدة DMA توجيه البيانات القادمة من الطرفيات إلى الذاكرة مباشرة دون أي تدخل من المعالج



# إدارة الوصول المباشر للذاكرة (DMA)

على سبيل المثال نلاحظ أن وحدة DMA هنا قامت بتوجيه البيانات القادمة من المنفذ التسلسلي إلى الذاكرة مباشرةً دون تدخل المعالج



# إدارة الوصول المباشر للذاكرة (DMA)

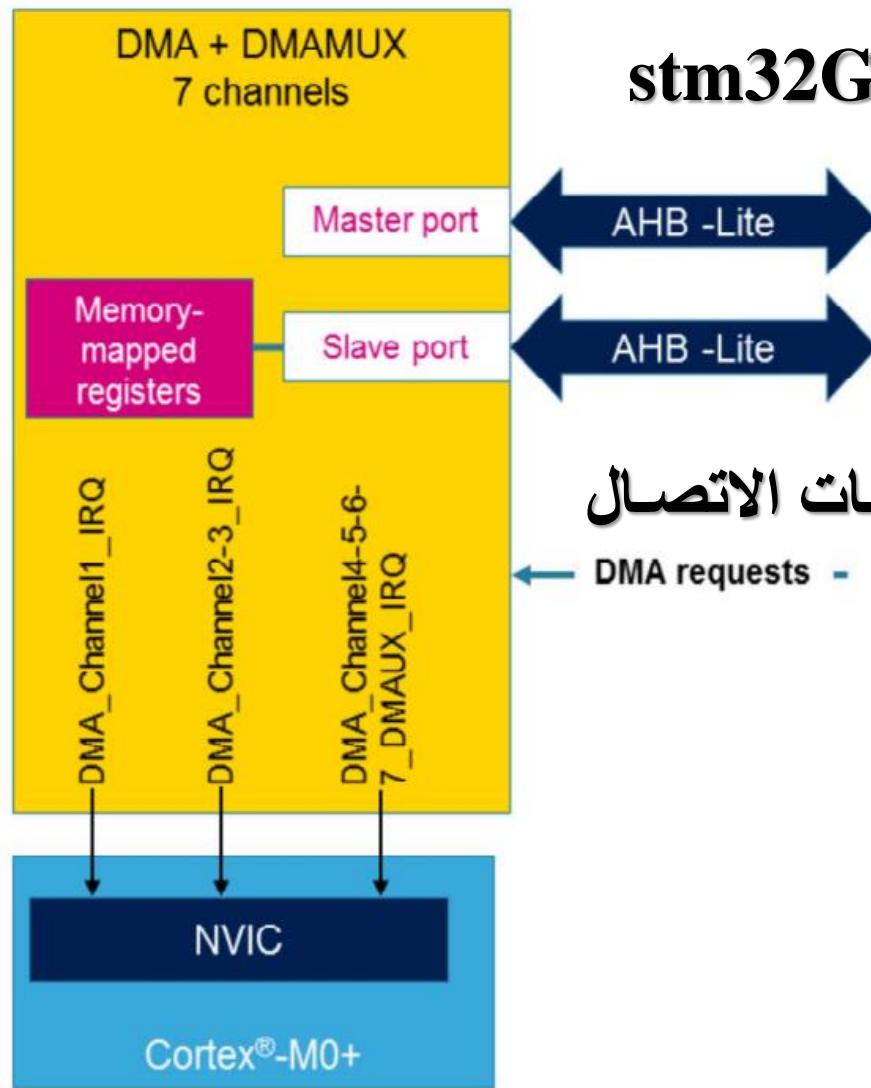


مواصفات وحدة الـ DMA في متحكمات stm32G0

:AHB master bus

يدعم متحكم DMA منفذين  
أحد هما master يستخدم من قبل قنوات  
الـ DMA للوصول إلى الذاكرة أو إلى  
مسجلات الطرفيات، والأخر slave  
يستخدم للوصول إلى متحكم  
وحدة الـ DMA ومسجلات الحالة والتحكم الوحدة.

# إدارة الوصول المباشر للذاكرة (DMA)



مواصفات وحدة الـ DMA في متحكمات stm32G0

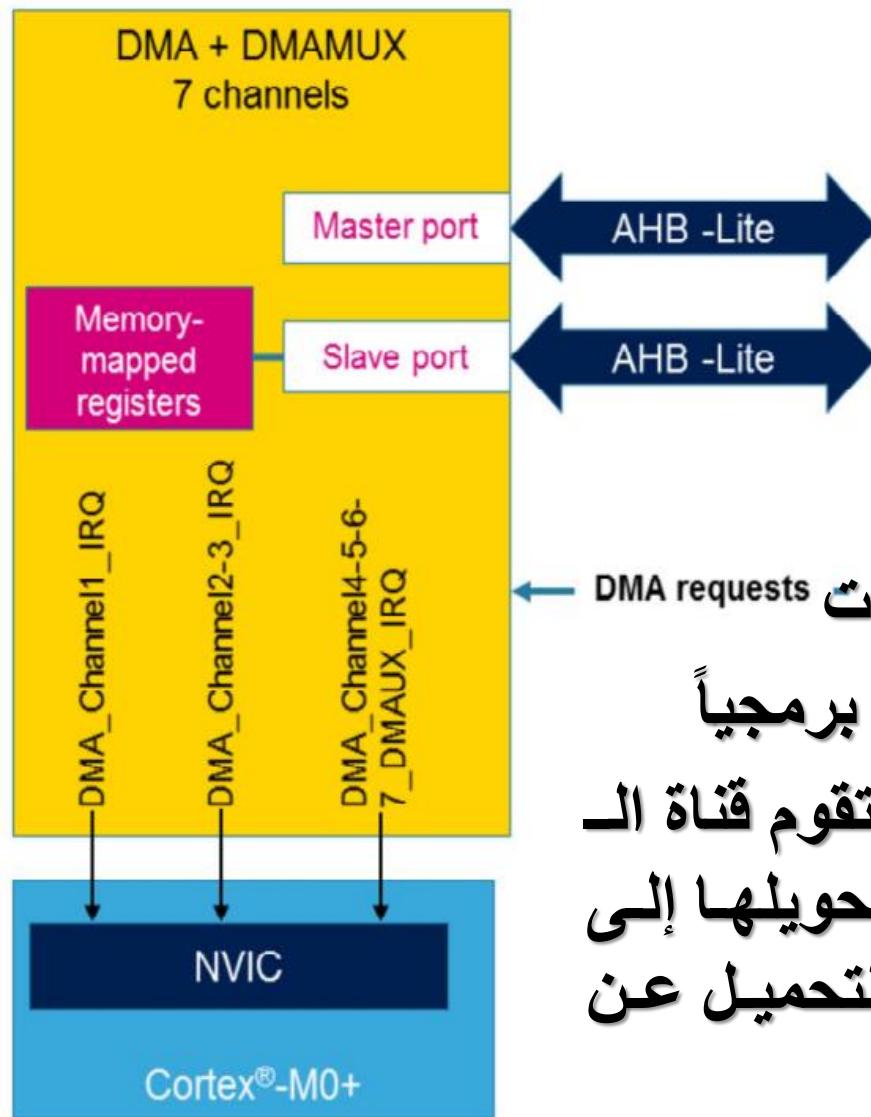
المرؤنة في ضبط الإعدادات:

تدعم معظم الطرفيات في متحكم  
stm32G0 نمط الـ DMA ، حيث يعتبر

هذا النمط هو الأفضل خصوصاً مع طرفيات الاتصال  
**communication peripherals**

والمبلات ADC/DAC

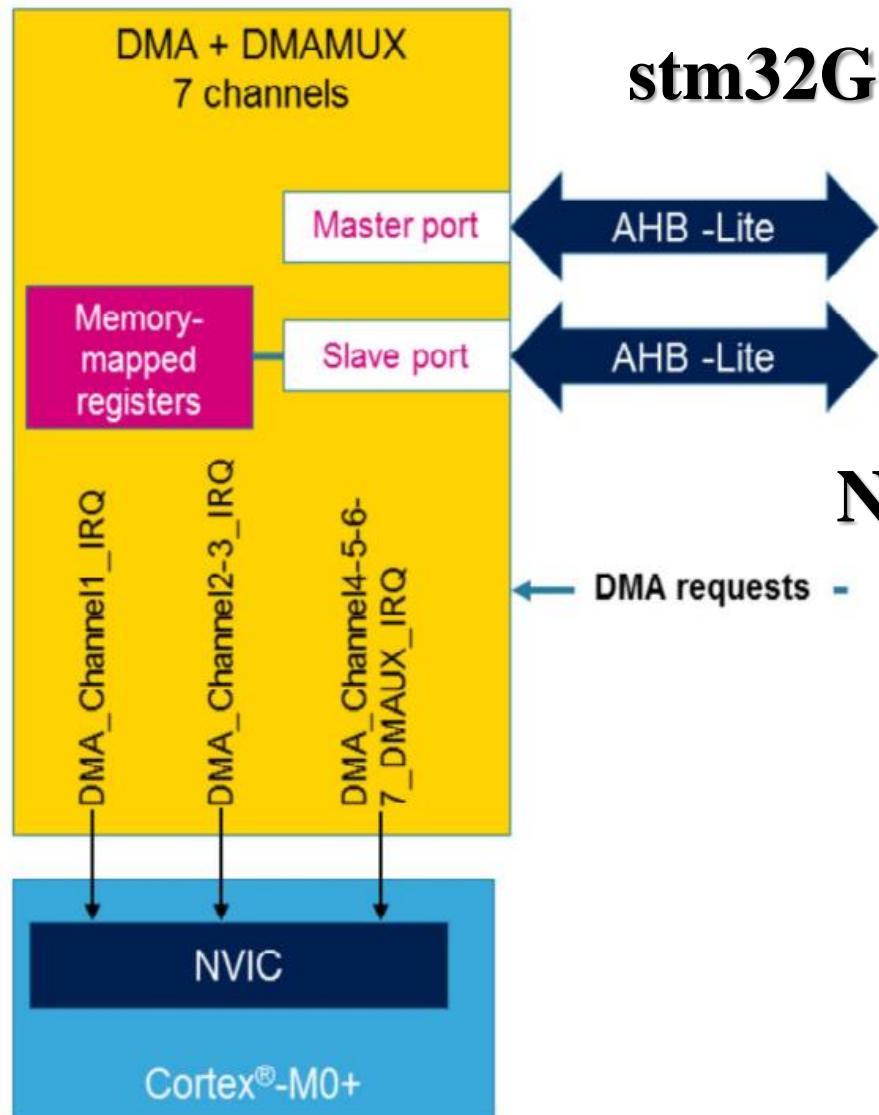
# إدارة الوصول المباشر للذاكرة (DMA)



على سبيل المثال المبدل التشابهي الرقمي ADC يتطلبأخذ عينات بشكل دوري وتخزينها ضمن الذاكرة، حيث تومن متحكمات stm32G0 طريقتين للتعامل مع المبدل :

- استخدام المقاطعات: حيث يتم نقل العينات التي تم تحويلها إلى الذاكرة من قبل المعالج برمجياً
- استخدام نمط DMA: في هذا النمط تقوم قناة DMA بمهمة نقل العينات التي تم تحويلها إلى الذاكرة ، بهذه الطريقة يتم تخفيف التحميل عن المعالج

# إدارة الوصول المباشر للذاكرة (DMA)



مواصفات وحدة الـ DMA في متحكمات stm32G0

إمكانية تعديل الأولويات برمجياً

أو عن طريق الـ hardware

يدعم متحكم الـ DMA ثلاثة مخارج

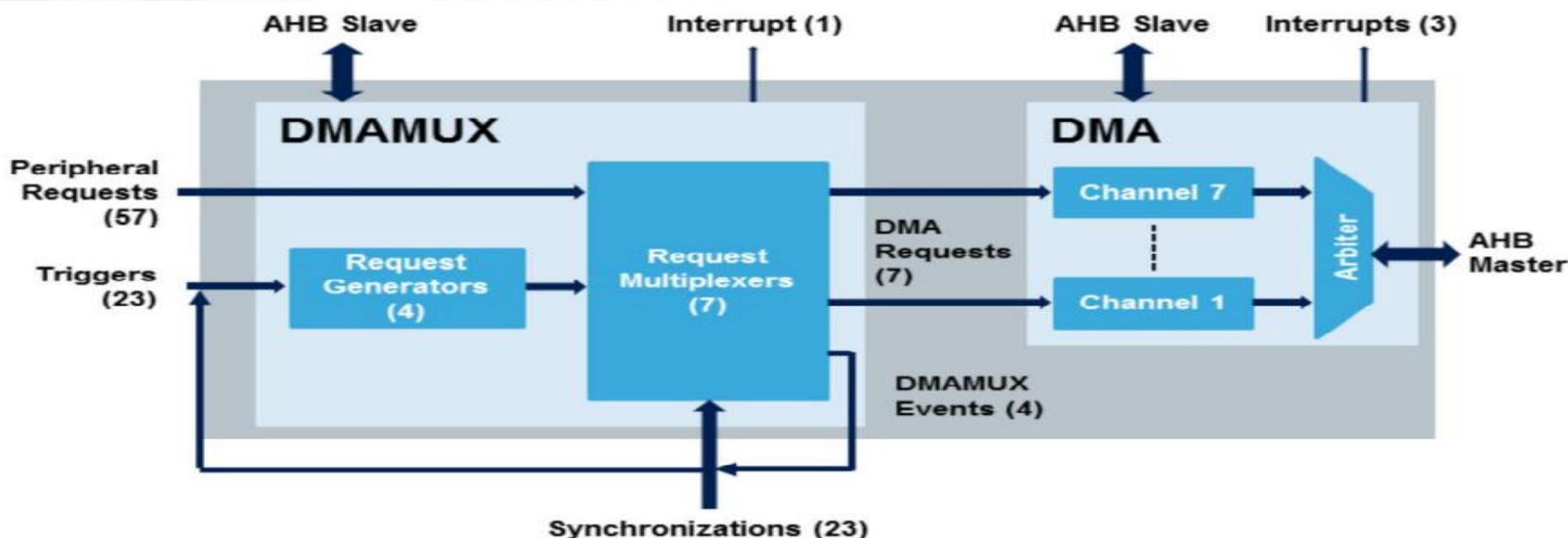
للمقاطعة متصلة بمتحكم المقاطعات NVIC

يمكن تعديل الأولويات لها من خلال البرنامج أو من خلال الهاردوير

# إِدَارَةُ الْوَصْولِ الْمُبَاشِرِ لِلذَّاكرَةِ (DMA)

مواصفات وحدة DMA في متحكمات stm32G0

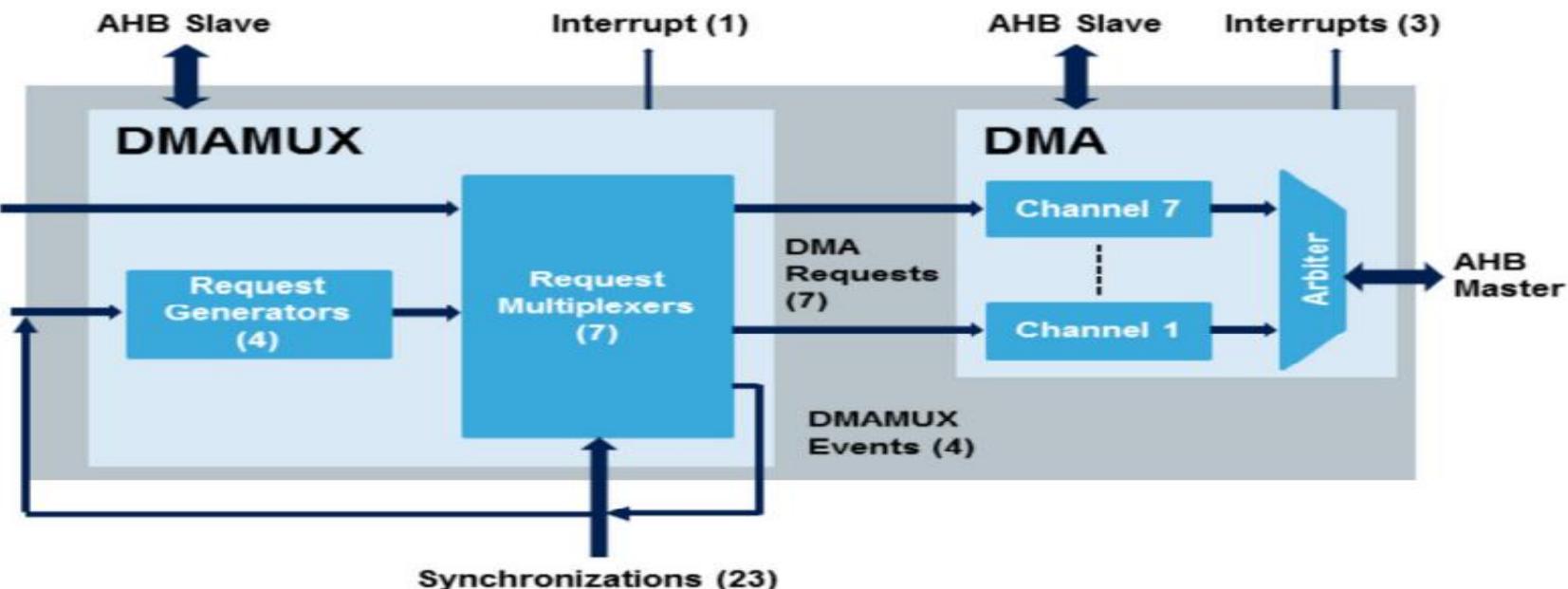
□ متحكم DMA واحد يحتوي على 7 قنوات مستقلة قابلة للضبط، لكل منها أولوية قابلة أيضاً لإعادة ضبطها، ويتم نقل البيانات من خلالها عبر ناقل الـ Bus matrix وصولاً للـ AHB master



# إِدَارَةُ الْوَصْولِ الْمُبَاشِرِ لِلذَّاكرَةِ (DMA)

مواصفات وحدة DMA في متحكمات stm32G0

New DMA request Multiplexer (DMAMUX) مميزة موجودة في عائلة stm32G0 وغير موجودة في عائلة stm32f0 ، ومهماها تنظيم وتحفيظ مسار الطلبات القادمة من الطرفيات إلى قنوات DMA ، أيضاً لها دور في معالجة الأحداث والتزامن



# Individual DMA stream flexibility

من أجل كل قناة من قنوات الـ DMA يمكن ضبط برمجياً كل من:

□ حجم البيانات لكل من المصدر source والوجهة destination

□ عنوان كل من الوجهة والمصدر، والمؤشرات الخاصة بها أيضاً يمكن ضبطها لتكون قابلة للزيادة الآلية أو بإعطائها عناوين محددة  
□ يمكن أن يصل حجم البيانات المتبادلة إلى 65535 بايت كحد أعلى

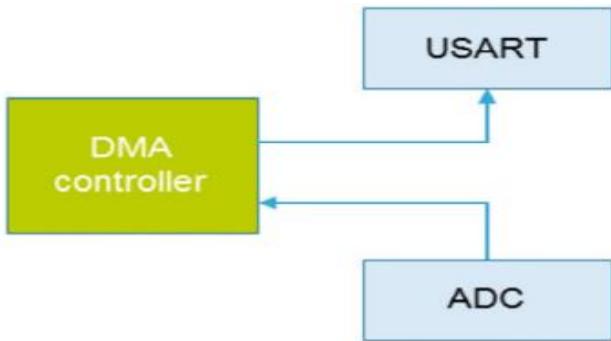
□ يمكن تفعيل نمط الـ Circular mode حيث يتم إعادة تحميل عنوان كل من المصدر والوجهة وحجم البيانات آلياً عند الانتهاء من عملية تبادل البيانات

# Stream transfer management

يمكن أن يتم نقل البيانات بين:

## Peripheral-to-peripheral transfer

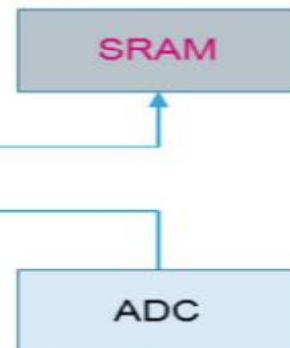
Peripheral-to-Peripheral  
transfer example



Peripheral-to-Memory  
transfer example

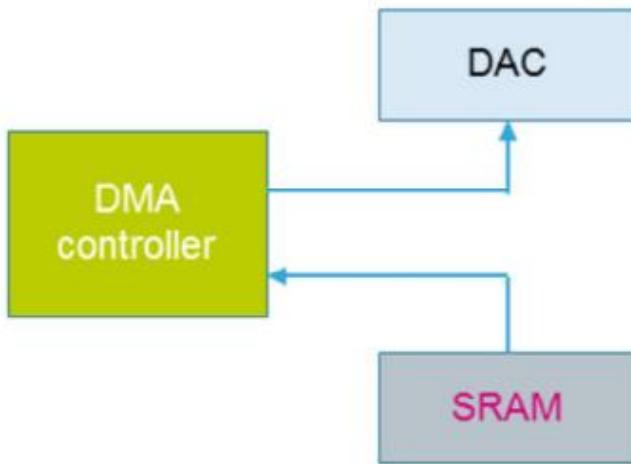
## Peripheral-to-Memory transfer

DMA  
controller

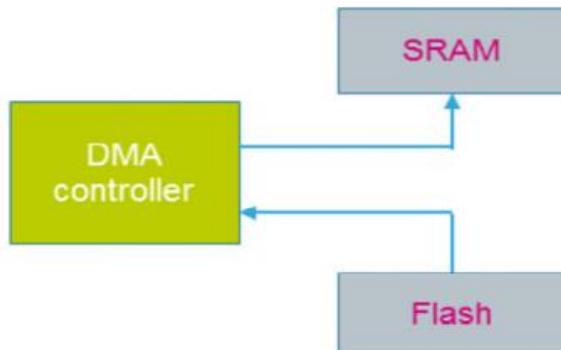


# Stream transfer management

Memory-to-Peripheral  
transfer example



Memory-to-Memory  
transfer example  
▪ No hardware request



يمكن أن يتم نقل البيانات بين:

**Memory-to-peripheral transfer**

**Memory-to-Memory transfer**

# Stream transfer management

عند عدم تساوي حجم البيانات بين الوجهة والمصدر يتم استخدام تقنية  **data alignment**

Source port width = 8-bit  
Destination port width = 32-bit  
Number of data transfers = 4

Source port width = 32-bit  
Destination port width = 16-bit  
Number of data transfers = 4



Address	Data[7:0]
0xFFFF_FFF0	B0
0xFFFF_FFF1	B1
0xFFFF_FFF2	B2
0xFFFF_FFF3	B3

Address	Data[31:0]
0xFFFF_FFF0	00000000
0xFFFF_FFF4	00000000
0xFFFF_FFF8	00000000
0xFFFF_FFFC	00000000

Address	Data[15:0]
0xFFFF_FFF0	B3B2B1B0
0xFFFF_FFF1	B7B6B5B4
0xFFFF_FFF2	BBBAB9B8
0xFFFF_FFF3	BFBEBDBC

Address	Data[15:0]
0xFFFF_FFF0	B1B0
0xFFFF_FFF2	B5B4
0xFFFF_FFF4	B9B8
0xFFFF_FFF6	BDBC

# Circular mode

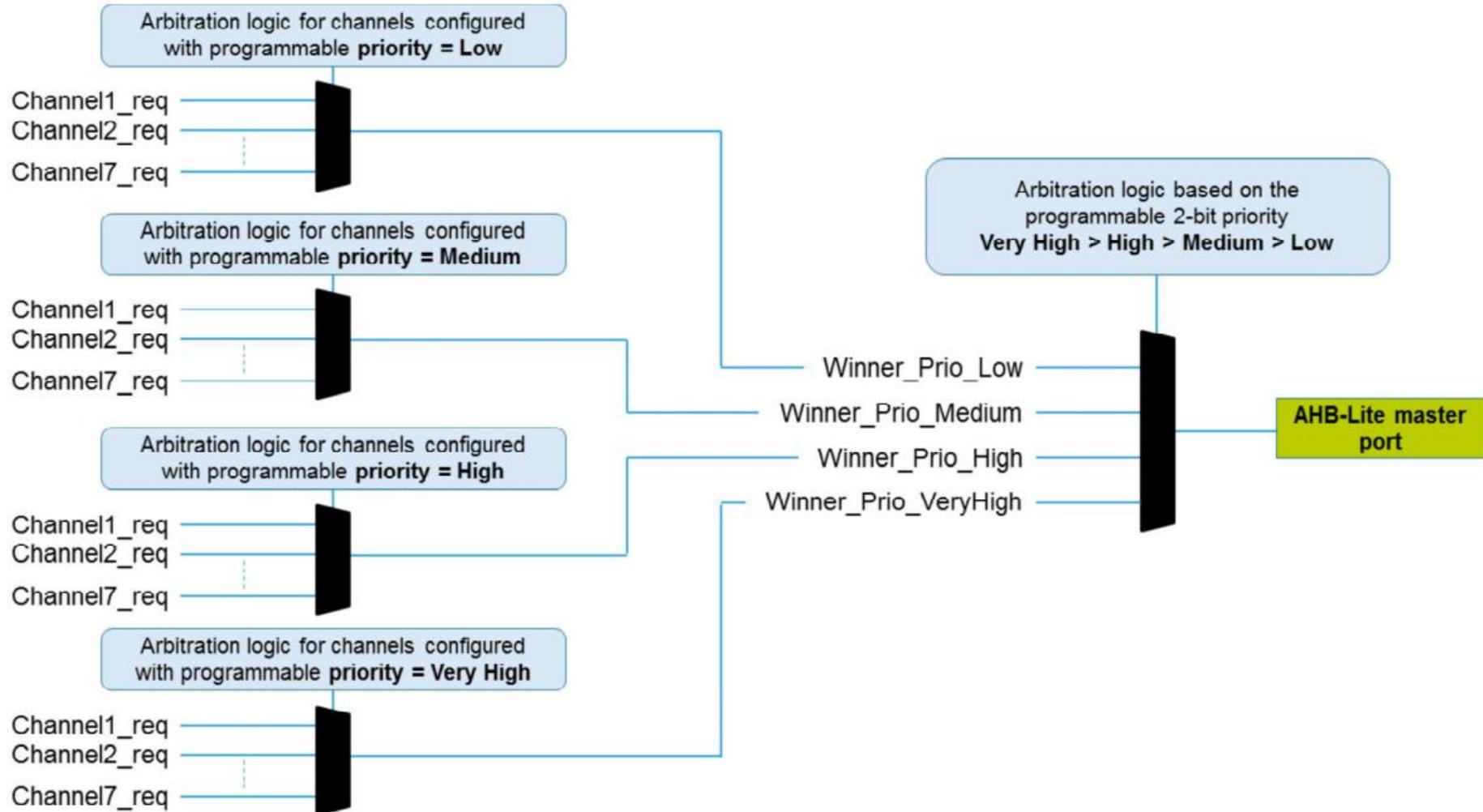
في هذا النمط يمكن استخدام الأحداث التي تزودنا بها وحدة DMA  وهي:

Interrupt event	Description
Half transfer	Set when half of the data transfer size has completed
Transfer complete	Set when the full data transfer size has completed
Transfer error	Set when a bus error occurs during the data transfer

كما يمكن ضبط عدد عمليات تبادل البيانات المطلوبة، بحيث يتم البدء بأول عملية تبادل بيانات و عند الانتهاء منها يتم البدء بالعملية التالية بشكل آلي   
هذا النمط لا يدعم تبادل البيانات

# ضبط الأولويات لقنوات ال DMA

هناك أربع خيارات متحدة لضبط الأولويات بين القنوات:



Thank you for listening