M4 DSP Convolution

NuMicro® 32 位系列微控制器範例代碼介紹

文件資訊

代碼簡述	本範例代碼使用M4內核DSP計算捲積(Convolution)
BSP 版本	M480 Series BSP CMSIS V3.04.000
開發平台	NuMaker-PFM-M487 Ver 3.0

1 功能介紹

1.1 簡介

展示使用 CMSIS DSP 函數庫進行捲積運算(Convolution)，用戶可以直接使用這些函式，來實現自己的數學方程式運算。程式內比較了有無使用 DSP 計算時間的差異，並計算效率提升比率。

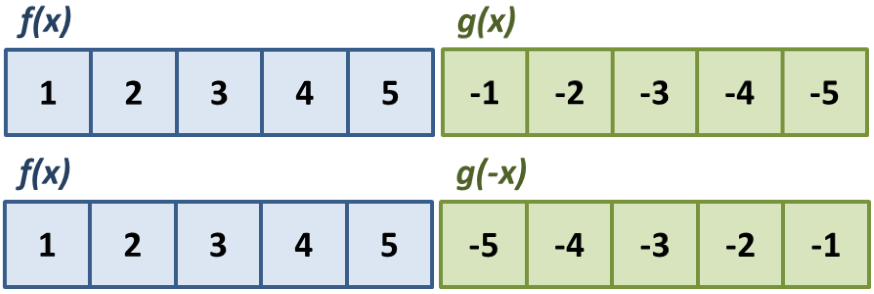
1.2 原理

摺積又稱捲積、疊積或旋積，是通過兩個函數*f(x)*和*g(x)*生成第三個函數*h(x)*的一種數學算子，記為*h(x)=(f*g)(x)*，它是其中一個函數翻轉並平移後與另一個函數的乘積的積分，是一個對平移量的函數，也就是：

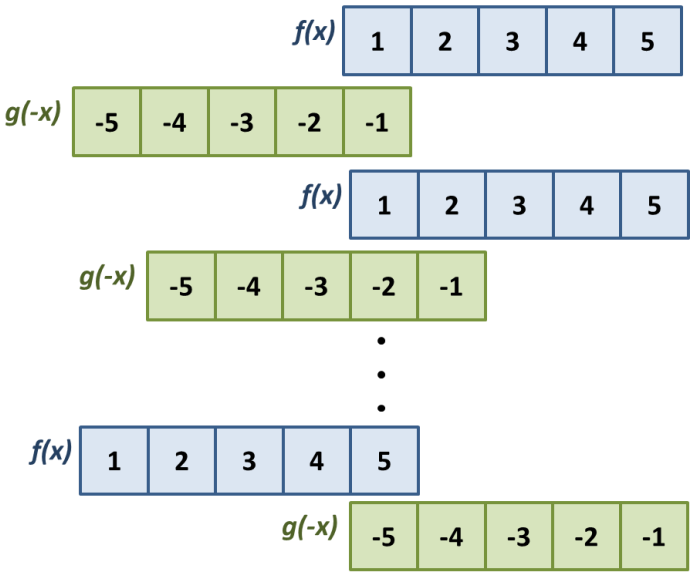
$$(f * g)(t) \stackrel{\text{def}}{=} \int f(\tau)g(t-\tau)d\tau$$

以下範例圖解其計算方法與過程：

1.有兩函數*f(x)={1,2,3,4,5}*與*g(x)={-1,-2,-3,-4,-5}*，並且*g(x)*翻轉為*g(-x)*



2.平移兩函數*f(x)*與*g(-x)*相乘生成第三個函數*h(x)*，其計算方式如下圖：



h(1)=f(1) ×g(1)= -1

h(2)=f(2) ×g(1)+ f(1) ×g(2)= -4

h(3)=f(3) ×g(1)+ f(2) ×g(2)+ f(1) ×g(3)= -10

以此類推，因此得*h(x)={-1,-4,-10,-20,-35,-44,-46,-40,-25}*

在CMSIS DSP函式庫內可以呼叫`arm_conv_f32()`來進行摺積運算，其定義如下表：

`arm_conv_f32(float32_t *pSrcA, uint32_t srcALen, float32_t *pSrcB, uint32_t srcBLen, float32_t *pDst)`		
參數：	`*pSrcA`	[in] 第一個函數f(x)
	`srcALen`	[in] f(x)函數樣本數
	`*pSrcB`	[in] 第二個函數g(x)
	`srcBLen`	[in] g(x)函數樣本數
	`*pDst`	計算輸出結果h(x)，其樣本數為 srcALen+ srcBLen-1
回傳值：		無

1.3 執行結果

執行後會打印出以下資訊

```
+----------------------------------------+
|       DSP Convolution Sample Code      |
+----------------------------------------+

Calculating time with DSP instruction is 0.240917 ms

Calculating time without DSP instruction is 0.866167 ms

Efficiency increase rate is 3.60
```

2 代碼介紹

使用CMSIS DSP函數庫進行捲積運算：

```
/* Calculate convoltion with M4 DSP instruction */
arm_conv_f32(testInput_f32_1kHz_15kHz, TEST_LENGTH_SAMPLES, firCoeffs32, NUM_TAPS,
conoutput);
```

接著使用CPU進行相同的計算：

```
/* Convolution (length of the first input vector, length of the second input vector) */
void Convolution(int n,int m)
{
    CONLOutput = TEST_LENGTH_SAMPLES + NUM_TAPS - 1;
    for(i = 0; i < CONLOutput; ++i) {
        CONoutput[i] = 0;
    }
    for(i = 0; i < n; ++i) {
        for(j = 0; j < m; ++j) {
            CONoutput[i + j] += testInput_f32_1kHz_15kHz[i] * firCoeffs32[j];
        }
    }
}
```

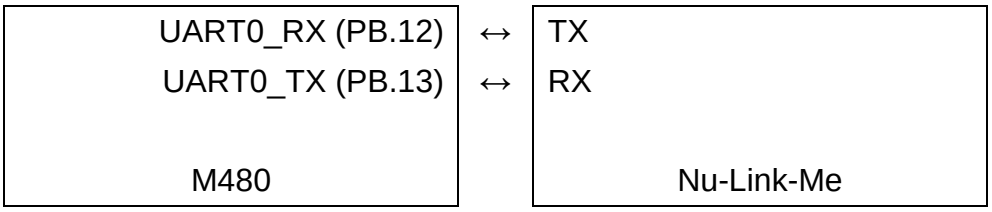
把計數器換成時間，其中計數器時鐘源為HXT 12MHz：

```
/* Calculate the time, timer clock source is 12M, unit is ms */
DSPCalTime = (DSPCalTime/12000000) * 1000;
CalTime = (CalTime/12000000)* 1000;
```

3 軟體與硬體環境

- **軟體環境**
  - BSP 版本
    - M480 Series BSP CMSIS V3.04.000
  - IDE 版本
    - Keil uVersion 5.26
- **硬體環境**
  - 電路元件
    - NuMaker-PFM-M487 or other M480 Development Board
  - 示意圖

M480的UART0_RX(PB.12)、UART0_TX(PB.13)連接至Nu-Link Me，打印訊息。
設置終端機的COM Port與Baud，COM Port的編號可在裝置管理員中找到「NuBridge Virtual Com Port (COMX)」，Baud設置為115200。



4 目錄資訊

- EC_M480_DSP_Convolution_V1.00
  - Library — Sample code header and source files
    - CMSIS — Cortex® Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) by Arm® Corp.
    - Device — CMSIS compliant device header file
    - StdDriver — All peripheral driver header and source files
  - SampleCode
    - ExampleCode — Source file of example code

5 如何執行範例程式

1. 根據目錄資訊章節進入 ExampleCode 路徑中的 KEIL 資料夾，雙擊 DSP_Convolution.uvproj
2. 進入編譯模式介面
   a. 編譯
   b. 下載代碼至記憶體
   c. 進入 / 離開除錯模式
3. 進入除錯模式介面
   a. 執行代碼

6 修訂紀錄

Date	Revision	Description
Jun. 21, 2019	1.00	1. 初始發布.

Important Notice

Nuvoton Products are neither intended nor warranted for usage in systems or equipment, any malfunction or failure of which may cause loss of human life, bodily injury or severe property damage. Such applications are deemed, "Insecure Usage".

Insecure usage includes, but is not limited to: equipment for surgical implementation, atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, the control or operation of dynamic, brake or safety systems designed for vehicular use, traffic signal instruments, all types of safety devices, and other applications intended to support or sustain life.

All Insecure Usage shall be made at customer's risk, and in the event that third parties lay claims to Nuvoton as a result of customer's Insecure Usage, customer shall indemnify the damages and liabilities thus incurred by Nuvoton.