

晟矽微电 应用笔记

MC51F7424

硬件乘法应用示例

AN23006

V1.0





## 目 录

1	适用范围 .....	1
2	硬件乘法应用 .....	1
2.1	理论基础 .....	1
2.2	应用示例 .....	1
2.2.1	功能简介 .....	1
2.2.2	环境搭建 .....	1
2.2.3	运行测试 .....	2
2.3	说明 .....	3
2.3.1	例程运行注意事项 .....	3
2.3.2	MUL_DIV.c 代码说明 .....	4
3	修订记录 .....	6
4	免责声明 .....	7



## 1 适用范围

本文档仅适用于 MC51F7424 硬件乘法应用参考。  
例程基于 MC51F7424 EV Board V1.0(2022-04-20)。

## 2 硬件乘法应用

### 2.1 理论基础

MC51F7424 硬件支持 16bit\*16bit 的单周期乘法运算及 32bit/16bit 的 8 周期除法。

#### 7 硬件乘法器 (MDU)

##### 7.1 特性

- ◇ 硬件实现在 1 周期内完成有符号/无符号 16-bit X 16-bit 乘法
- ◇ 硬件实现在 8 周期内完成有符号/无符号 32-bit ÷ 16-bit 除法 (注: 除数为负数时需要特别注意, 详见 7.3 描述)
- ◇ 硬件实现在 1 周期内完成有符号/无符号 32-bit 数据最多 31 次移位

乘/除法、移位单元是由寄存器 MDUCR、MDUDRA0 - MDUDRA3、MDUDRB0 - MDUDRB1 完成 16-bit X 16-bit 数乘法、32-bit ÷ 16-bit 数除法或者 32-bit 无符号数据左/右移位的运算。由于运算过程由硬件完成, 转化速率快, 高效, 为程序运行节省了大量的时间。

注: 用户手册 V1.1.3 第 7 章节。

### 2.2 应用示例

#### 2.2.1 功能简介

硬件乘法使用可参考附件源码; 附件源码运算函数采用嵌汇编方式, 可通过宏定义方式对比硬件指令及编译器库计算时间。

示例操作步骤可参阅源码工程 readme 文件。

#### 2.2.2 环境搭建

序号	模组	数量	说明
1	MC51F7424 EV	1	---
2	SN-LLink-S1	1	调试器, 3.3V 向 EV 板供电
3	USB 转串口	1	---

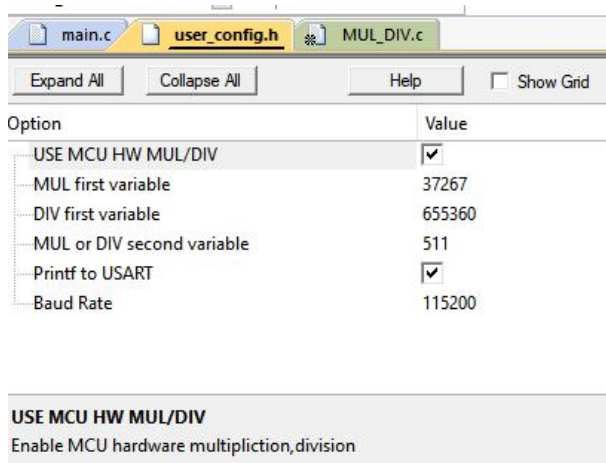
1) 硬件连接如下:



2) 打开附件代码工程, 确认 “user\_config.h” 如下图 (使用 MCU 硬件), 编译后使用调



试器下载。



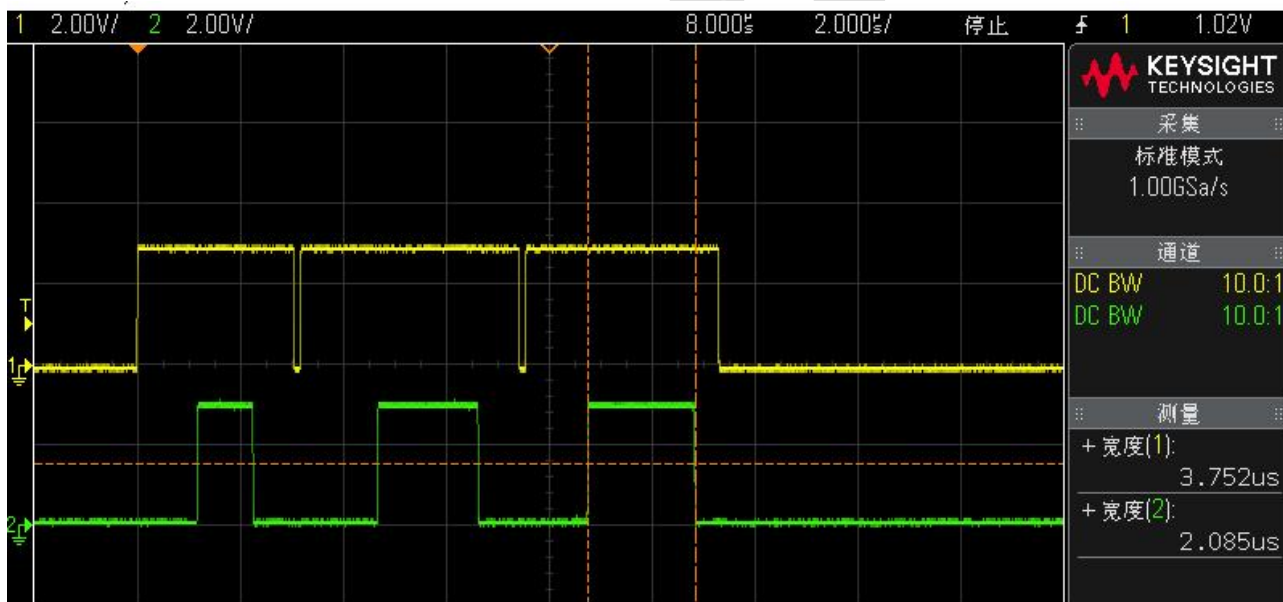
## 2.2.3 运行测试

### 2.2.3.1 MCU 增强指令测试

- 1) 按 2.2.2 操作后，下载的固件乘法使用 MCU 硬件进行运算，打开 PC 端串口工具（波特率 115200），复位 EV 板（NRST 按键），串口信息如下：

```
***** MC51F7424 MUL DIV *****
*****rev:2023-02-02 18:17:11
-Inf: System clock 24000000Hz.
-Inf: MCU MUL DIV.
-Inf: 37267 * 511 =19043437.
-Inf: 655360 / 511 =1282, Remadinder 258
-Inf: 655360 / 511 =1282, Remadinder 258
-Inf: 37267 * 511 =19043437.
-Inf: 655360 / 511 =1282, Remadinder 258
-Inf: 655360 / 511 =1282, Remadinder 258
```

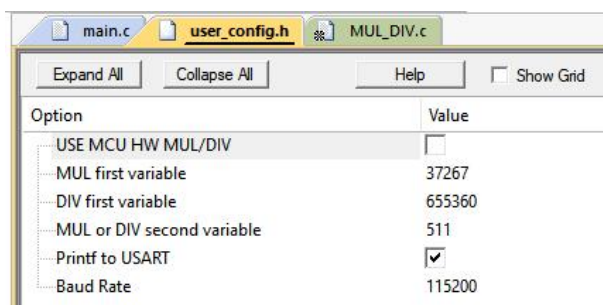
- 2) 调整示波器参数，测量波形如下：



注:CH1 黄为 P02 包含函数调用执行时间，CH2 绿 P05 函数计算执行时间。

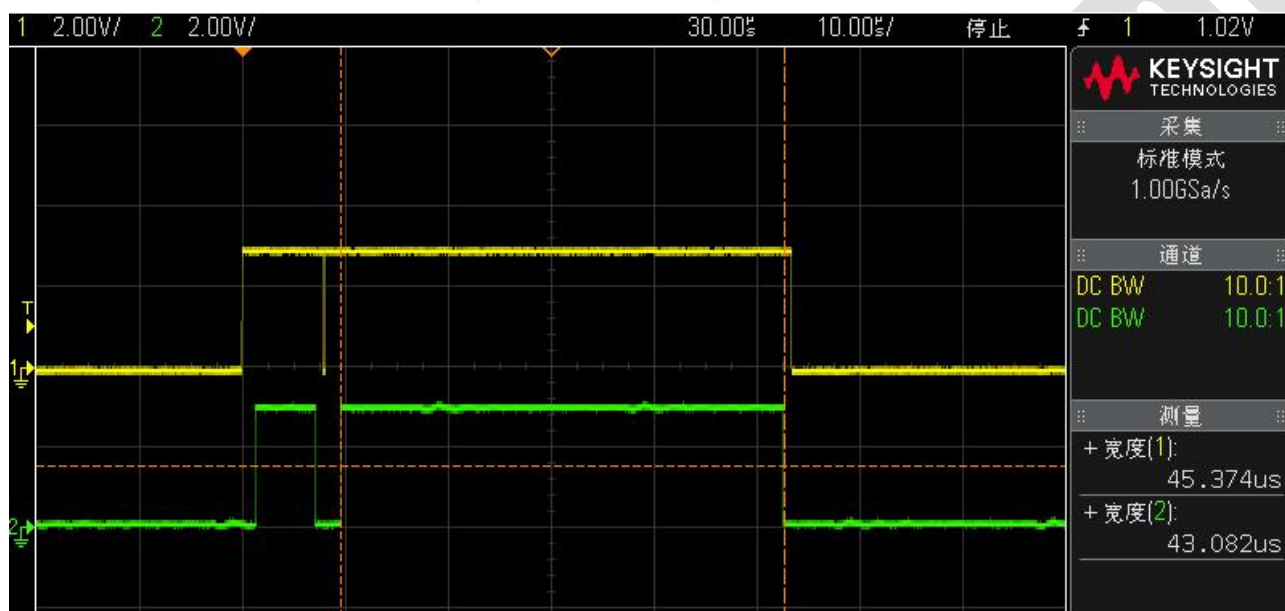
### 2.2.3.2 编译器库运算测试

- 1) 修改 “user\_config.h” 如下图，编译后使用调试器下载。



2) 串口信息及示波器测量如下:

```
***** MC51F7424 MUL DIV *****  
*****rev:2023-02-02 18:21:16  
-Inf: System clock 24000000Hz.  
-Inf: Lib MUL DIV.  
-Inf: 37267 * 511 =19043437.  
-Inf: 655360 / 511 =1282, Remainder 0  
-Inf: 37267 * 511 =19043437.  
-Inf: 655360 / 511 =1282, Remainder 0  
-Inf: 37267 * 511 =19043437.  
-Inf: 655360 / 511 =1282, Remainder 0
```



### 2.2.3.3 测试数据

例程 MCU 主频 24MHz，无符号数运算测试数据如下表，MCU 硬件乘法、除法计算时间约为编译器库运算时间的 $\frac{1}{5}$ 、 $\frac{1}{21}$ 。

		乘法	除法	除法(全局变量)
MCU 硬件	函数体执行时间	1.084us	1.96us	2.085us
	包含调用时间	3.043us	4.252us	3.725us
编译器库	函数体执行时间	5.769us	43.082us	--
	包含调用时间	7.922us	45.374us	--

## 2.3 说明

### 2.3.1 例程运行注意事项

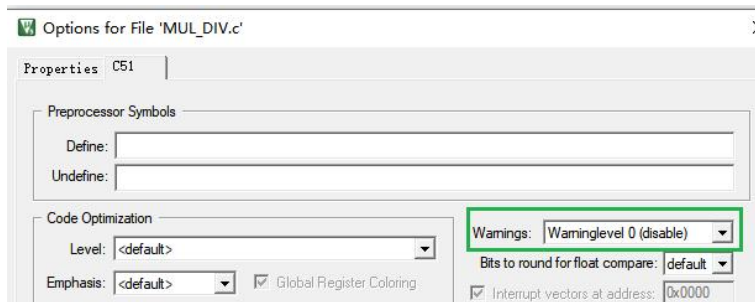
- 1) 例程仅实现了无符号数运算，有符号数可参考例程实现；
- 2) 除数为 0 例程未处理，推荐运算前对除数进行判断；



3) 运算函数使用嵌汇编实现，若编译时报错，可参考下图修改 MC51F7424.h 文件；

21	sfr ACC	= 0xE0;	318	/** ACC, 0xE0 */
22	sfr B	= 0xF0;	319	//sbit A_BIT7 = A^7;
23	sfr AUXC	= 0xF1;	320	//sbit A_BIT6 = A^6;
24			321	//sbit A_BIT5 = A^5;
25	//sfr16 DPTR	= 0x82;	322	//sbit A_BIT4 = A^4;
26	sfr16 DPTR1	= 0x84;	323	//sbit A_BIT3 = A^3;
			324	//sbit A_BIT2 = A^2;
			325	//sbit A_BIT1 = A^1;
			326	//sbit A_BIT0 = A^0;

4) MUL\_DIV.c 文件编译警告，可参考下图设置消除。



## 2.3.2 MUL\_DIV.c 代码说明

1) 为代码减少执行时间，除法运算采用等待 8 个 NOP 方式，未判断计算完成标志；

```
C MUL_DIV.c 2 X
source > user > C MUL_DIV.c > ...
17 #define Start_Hwmul_uintCac1() MDUCR = 0x01 /*乘法 无符号*/
18 #define Start_Hwdiv_uintCac1() MDUCR = 0x41 /*除法 无符号*/
19 #define WAIT_Hwdiv_finish() NOP(8)
20 // #define WAIT_Hwdiv_finish() while(MDUCR &0x01) {};
```

2) 乘法、带参数除法函数计算返回值，依据编译器参数传递规则，使用嵌汇编实现；

```
C MUL_DIV.c 2 X
source > user > C MUL_DIV.c > ...
41 #pragma ASM
42 MOV R7,MDUDRA0 /*return value low byte*/
43 MOV R6,MDUDRA1 /*return value middle low byte*/
44 MOV R5,MDUDRA2 /*return value middle hgih byte*/
45 MOV R4,MDUDRA3 /*return value hgih byte*/
46 #pragma ENDASM
```

3) 带参数除法函数，依据编译器传参规则使用嵌汇编相较 C 语言移位执行时间更短；

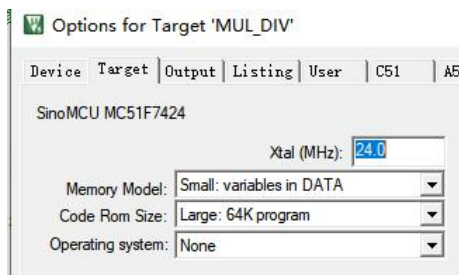
```
C MUL_DIV.c 2 X
source > user > C MUL_DIV.c > Cacl_32div16(uint32_t, uint16_t)
72 TEST_PIN_HIGH(); /*GPIO output high for test calcu
73 #if(defined(EN_HW_MUL_DIV) && EN_HW_MUL_DIV)
74 // MDUDRA3 = divA>>24; /*dividend hgih byte*/
75 // MDUDRA2 = divA>>16; /*dividend middle hgih 8bit*/
76 // MDUDRA1 = divA>>8; /*dividend middle low 8bit*/
77 // MDUDRA0 = divA; /*dividend low 8bit*/
78 #pragma ASM
79 MOV MDUDRA0,R7; /*dividend hgih byte*/
80 MOV MDUDRA1,R6; /*dividend middle hgih 8bit*/
81 MOV MDUDRA2,R5; /*dividend middle low 8bit*/
82 MOV MDUDRA3,R4; /*dividend low 8bit*/
83 #pragma ENDASM
```



- 4) 无参数除法函数寄存器赋值及计算结果赋给全局变量，嵌汇编可直接使用 C 的变量；

```
C MUL_DIV.c 2 X
source > user > C MUL_DIV.c > Cacl_32div16(uint32_t,uint16_t)
123  TEST_PIN_HIGH(); /*GPIO output high for test calculation time*/
124  #pragma ASM
125  MOV MDUDRA3,g_divA /*dividend high byte*/
126  MOV MDUDRA2,g_divA+1 /*dividend middle high 8bit*/
127  MOV MDUDRA1,g_divA+2 /*dividend middle low 8bit*/
128  MOV MDUDRA0,g_divA+3 /*dividend low 8bit*/
129
130  MOV MDUDRB1,g_divB /*divisor high 8bit*/
131  MOV MDUDRB0,g_divB+1 /*divisor low 8bit*/
132  #pragma ENDASM
133  MDUCR = 0x41;
134  WAIT_HWdiv_finish();
135  #pragma ASM
136  MOV g_div_result,MDUDRA3 /*result value high byte*/
137  MOV g_div_result+1,MDUDRA2 /*result value middle high byte*/
138  MOV g_div_result+2,MDUDRA1 /*result value middle low byte*/
139  MOV g_div_result+3,MDUDRA0 /*result value low byte*/
140  MOV g_div_remainder,MDUDRB1 /*remainder high byte*/
141  MOV g_div_remainder+1,MDUDRB0 /*remainder low byte*/
142  #pragma ENDASM
143  TEST_PIN_LOW();
144 }
```

- 5) 为减少执行时间，存储模式使用 Small（乘法参数赋值时间短），程序中对运行时间无要求的参数推荐“显式”声明为 idata 或 xdata（避免堆栈溢出）。





### 3 修订记录

版本	修订日期	修订内容
V1.0	2023-02-08	1359, 初版。



#### 4 免责声明

本资料为晟矽微电子（以下简称“我司”）版权所有。

我司将力求资料内容准确无误，同时保留在不通知用户的情况下，对本资料内容的修改权。  
如您需要获得最新的资料，请及时联系我司。

Sinomcu.com