

MPLAB[®] Harmony 3 之基础篇(14)

--轻松创建 USB CDC Device 应用

Microchip Technology Inc. MCU32 产品部

一、 简介

本文主要介绍如何利用 MPLAB X IDE 创建一个工程,利用 MPLAB Harmony 3 Configurator(MHC)添加所需要的硬件驱动,USB 协议栈,其他服务等,在 SAM E70 Xplained Ultra Board 开发板上轻松创建一个完整的 USB CDC Device 的例程。

二、 硬件工具和软件平台

硬件: SAM E70 Xplained Ultra Board



软件(开发工具和环境的安装和使用,见"MPLAB[®] Harmony 3 之基础篇(01) --Harmony 3 开发环境搭建"): MPLAB[®] X: v5.20 或者更新



XC32: v2.15 或者更新 Harmony 3: v3.20 或者更新



三、 详细步骤

首先我们来了解一下我们需要用到的这一块 SAM E70 Xplained Ultra Board。这块 开发板,使用的主控 MCU是 SAME70Q21B。这是一颗 ARM Cortex-M7 内核的 MCU, 主频高达 300MHz,带有 2MB 的 Flash,384KB 的 SRAM。该开发板同时自带了 EDBG,可以直接通过 Micro USB 连接电脑,用 MPLAB 进行下载,或者在线调试。

接下来我们就用 MPLAB X IDE 和 MHC 一步步地创建和配置基于 USB 的应用。

注:以下MHC 配置里没有特别标注出来的地方,说明使用的是默认选项。

(一) 新建一个 MPLAB Harmony 3 的工程

在 MPLAB X IDE 里点击 File > New Project:

🔀 New Project		×
Steps	Choose Project	
1. Choose Project 2	Q Fil <u>t</u> er:	
	Categories:	Projects: 32-bit MPLAB Harmony 3 Project Standalone Project Existing MPLAB IDE v8 Project Prebuilt (Hex, Loadable Image) Project User Makefile Project Library Project Import START MPLAB Project Import Atmel Studio Project
	Description:	
	MPLAB® Harmony Project Wizard	
	< <u>B</u> ack	Next > Einish Cancel Help

选择"32-bit MPLAB Harmony Porject", 然后点击"Next"按钮。



🔀 New Project			×					
Steps	Manage Framework							
Choose Project Framework Selection Project Settings Configuration Settings	Use the Framework Downloader tool to download or configure a local framework.							
	Framework Path:	C:\HarmonyFramework3\	×					
		Convert to Relative Path for Configuration						
		< Back Next >	inish Cancel <u>H</u> elp					

选择"Harmony Framework"路径,然后点击"Next"按钮。

🔀 New Project		×
Steps	Name and Loo	cation
Choose Project Framework Selection Project Selection	Location:	C: \microchip \harmony \Repo \H3\usb \apps \device \cdc_com_port_single
4. Configuration Settings	Folder:	sam_e70_xult
	Name:	cdc_com_port_single_sam_e70_xult
	Path:	C:\microchip\harmony\Repo\H3\usb\apps\device\cdc_com_port_single\firmware\sam_e70_xult.X
	Show	Visual Help
		< <u>B</u> ack Next > Einish Cancel Help



- Location: 创建项目所在的位置,比如 "cdc_com_port_single"。
- Folder: 项目的文件夹名称,比如 "sam_e70_xult"。
- Name: 项目的名称,比如 "cdc_com_port_single_sam_e70_xult"。
- Path: 系统根据你的设定自动产生的路径。

在这里输入需要的项目名称,项目代码的存放位置,然后点击"Next"按钮。

🔀 New Project							×
Steps	Configuration Se	ettings					
Choose Project Framework Selection Project Settings Configuration Settings	Name:	default					
	Device Family:	ATSAM \checkmark	Target Device:	ATSAME70Q21B			~
	Device Filter:						
	Show Visi	ual Help					
			< <u>B</u> a	dk Next >	Einish	Cancel	Help

这个页面最主要是选择我们需要使用的芯片,我们用的这个开发板的 MCU 是 ATSAM 的 ATSAME70Q21B。另外需要设置当前配置的名称,用于保存配置文件。 然后点击"Finish"按钮。

(二) 添加所需要的基础软件包



🍣 Configurati	on Database Setup			×					
Select and configure the packages that will be included in the current project:									
0 9									
Load Name		Version	Dependencies						
	-	v2.2.0	coro(2.0)						
		v3.2.0	core(3.0)						
		v3.2.0	CSP(5.0)						
		v3.2.0	core(3.0)						
Configure Device	- Family and CMSIS Pack Paths								
comgare bevice									
DFP:	.\dev_packs\Microchip\SAME70_DFP\3.0.3	same70b\atdf\ATSAME70Q21B.atdf		1 5					
CMSIS:	\dev_packs\arm\CMSIS\5.4.0								
0.10101	Her-Pacie familier into familie								
				-					
			Launch	Cancel					

这个页面是选择我们需要加入使用的基础的 Harmony 软件 package。在这里我们 选择 bsp, core, usb 三个主要的 package。点击 "Launch" 完成。

(三) 往当前新建工程里面添加 BSP 功能

从 MPLAB X IDE 的 Tools 菜单,选择 Embedded,MPLAB Harmony3 Configurator。

Tools	Window Help		
	Embedded	> 🟩	MPLAB® Harmony 3 Framework Downloader
	Licenses	٩	MPLAB® Harmony 3 Configurator
	Packs		
	Templates		
	DTDs and XML Schemas		
	Plugins		
	Plugins Download		
	Options		





在 MHC 的界面,我们可以看到 MHC 主要有以下几个主要的页面:

- Available Components
- Active Components
- Project Graph
- Configuration Options
- Console Window.





从 Available Components 页面中,选择添加当前使用开发板的 BSP。

(四) 配置相关的 I/O 引脚



👙 MPLAB Harmony Configurator - sam_e70_xult : C:\microchip\har — 🛛 🛛 🗙									
File Generat	e Tools Utilities Window								
) 🖪	Clock Configuration								
-	DMA Configuration								
Project G	ra MPU Configuration								
X 🗔 🛙	NVIC Configuration								
	Pin Configuration								
Project (Graph Configuration Options Pin Settings	Active Com	ponents [Availat					
Drag into the Design Graph Window and release to add this component.									

打开 MHC 的 Tools->Pin Configuration 来进行 I/O 的配置。

SAM E70 Xplained Ultra Board 的 I/O 配置如图:

📋 Pin Se	ettings											-
Order:	Pins	\checkmark Table View										
Pin Number	Pin ID	Custom Name	Function		Direction	Latch	Open Drain	PIO Interrupt	Pull Up	Pull Down		Glitch/Debounce Filter
64	PA11	SWITCH	SWITCH_AL	\sim	In	Low		Disabled \sim			Disabled	
73	PA5	LED1	LED_AL	~	Out	High		Disabled ~			Disabled	
141	PB8	USB_VBUS_SENSE	GPIO	\sim	In	n/a		Disabled \sim		\checkmark	Disabled	

(五) 配置系统的 Clock



🍣 MPLAB Ha	armony Configurator - sam_e70_xult : C: — 🛛 🗙							
File Generate	Tools Utilities Window							
📜 🖪 📑	Clock Configuration							
	DMA Configuration							
Project Gra	MPU Configuration							
X 🗖 🖷	NVIC Configuration							
	Pin Configuration							
Available C	Components 📋 Project Graph 📋 Active Components							
Console -	🛪 🗗 🗍 🗘 📋 🗋 📋 🛶 🗗 🗍 🗋 Configuration Options							
Drag into the Design Graph Window and release to add this component.								

打开 MHC 的 Tools->Clock Configuration 来进行系统 Clock 的配置。





SAM E70 Xplained Ultra Board 上有一个 12MHz 的外部晶振。这里我们需要把它使能。这个主要是输出给 PLLA Clock。PLLA Clock 输出 300MHz 的 Clock。最后 Master Clock Controller 输出 150MHz 的 Master Clock (MCK), 150MHz 的 SysTick External Clock (SysTick), 和 300MHz 的 Processor Clock (HCLK)。

(六) 添加 USB Device 相关功能

打开 Available Components -> Library -> USB -> Device Stack。双击"CDC Function Driver"将其加入项目中。在添加的过程中,系统会提示加入其他项目组件,点击"Yes"一并加入。FreeRTOS 在这里暂不需要,点击"No"选择忽略。





Confirm	Component Auto-Activation? X
?	The database is requesting auto-activation of the following components:
	USB Device Layer (usb_device)
	Are you sure you want to activate these components?
	<u>Y</u> es <u>N</u> o
Confirm	Component Auto-Activation? X
?	The database is requesting auto-activation of the following components:
	Core (HarmonyCore)
	Are you sure you want to activate these components?
	<u>Y</u> es <u>N</u> o



Confirm	Component Auto-Activation?								
?	The database is requesting auto-activation of the following components:								
	FreeRTOS (FreeRTOS)								
	Are you sure you want to activate these components?								
Confirm	Component Auto-Activation?								
?	The database is requesting auto-activation of the following components: USB High Speed Driver (drv_usbhs_v1)								
	Are you sure you want to activate these components?								

```
在添加了所有的相关组件之后, Project Graph 如下图所示:
```



(七) 配置 USB Device 相关的组件



前往 Project Graph 然后选择所需配置的组件。所有跟该组件相关的配置,都会在 Configuration Options 中显示,并且所有的选项都已经配置有默认值。

配置 CDC Function Driver:

在 CDC Function Driver 中选择 Instance 0(USB_DEVICE_CDC)。用户可以根据项目的 需求在 Configuration Options 中修改 Endpoint Numbers(Interrupt/Bulk OUT/Bulk IN) 的配置。



配置 USB Device Layer:

在这个配置页面中,需要把"Enable SOF Events"勾上。这样的话,在应用运行 过程中,就可以得到所有的 SOF 的通知。在 Product ID Selection 中,选择 "cdc_com_port_single_demo"。其他的使用默认值就可以了。





配置 USB Controller Driver:

在 Project Graph 中选择 USB High Speed Driver。在 USB Speed Selection 项,当前项目选择 High Speed。同时需要把 Enable VBUS Sense 勾上。该功能会默认使用一个名为 USB_VBUS_SENSE 的 GPIO。如果是其他的板子,用户可以任意选择一个 GPIO 作为 USB_VBUS_SENSE。但是需要注意该 GPIO 在配置的时候,必须将其配置为 GPIO IN,并且 Pull-down 使能。





接下来我们需要打开菜单 MHC -> Tools -> Pin Configuration,在 Pin Settings 页面根据 SAM E70 Xplained Ultra Board 的硬件配置,把相应的 GPIO 配置好。下面是一个列表:

PB08 -> USB_VBUS_SENSE (GPIO IN with Pull-down) PA11 -> SWITCH (GPIO IN with Pull-up) PA05 -> LED1 (GPIO OUT Latch High)

🍣 MPLA	MPLAB Harmony Configurator - sam_e70_xult*												
File Gener	ïle Generate Tools Utilities Window												
) B	Framework: C:\microchip\harmony\Repo\												
📋 Pin Set	tings											- 6	🖗 🗖 🕽
Order:	Pins 🗸	Table View											
Pin Number	Pin ID	Custom Name	Function		Direction	Latch	Open Drain	PIO Inte	errupt	Pull Up	Pull Down	Glitch/D Filter	ebounce
64	PA11	SWITCH	SWITCH_AL	\sim	In	Low		Disabled	~	\checkmark		Disabled	
73	PA5	LED1	LED_AL	\sim	Out	High		Disabled	~			Disabled	
141	PB8	USB_VBUS_SENSE	GPIO	\sim	In	n/a		Disabled	~			Disabled	
Projec	t Graph 📋 Help	Pin Settings Pin Tal	ble 📋 Pin Diagra	am									
Conso	ole -= 🖶 🛛 🗋	Configuration Options 🖂 占	900	-1	8								
Drag into th	e Design Graph Win	dow and release to add this con	nponent.										

(八) 产生代码

打开 Generate -> Generate Code 来产生项目代码



MPLAB Harmony Configurator - sam_e70_xult : C:\mi



在弹出来的窗口,选择保存当前的项目配置

a Modified Configuration	×
Current configuration has been modified. Do you want to save it before file generation?	
C:\microchip\harmony\Repo\H3\usb\apps\device\cdc_com_port_single\firmware\src\config\sam_e70_xult\sam_e70_xult.xml	
Don't Save Save As	

选择所需的 Merge Strategy

🥮 Generate Project	×	(
1. Configure Generation Setting	S	
Generate Settings Merge Strategy	USER_ALL V	
(Mouse over a property for de	etailed help)	
2. View Warnings		
Туре	Description	
3 Click Generate		
	Generate Cancel	

然后就会看到一个 MHC 生成代码的进度窗口



👙 Generating Project			×
Task Type	Remaining	Tot	al
File Markup		0	80
File Copy		50	80
Libraries		0	0
Settings		6	6
Source Paths		0	0
$Generating file: C: \microchip $			
	66%		Please Wait

完成之后,就可以看到下面的代码列表





然后可以打开 Production -> Clean and Build Main Project 来进行编译。



FIGU	uction Debug Team Tools \	Window Help
8	Build Main Project	F11
1	Q ¹ ean and Build Main Project	Shift+F11
	Batch Build Main Project	
	Set Project Configuration	>
	Set Main Project	>
	Set Configuration Bits	
~	Check File	Alt+F9
\triangleleft	Validate File	Alt+Shift+F9
	Repeat Build/Run	Ctrl+F11
	Stop Build/Run	

如果在编译的时候出现了下面的提示,需要配置一下项目属性里的编译工具



打开 File -> Project Properties





然后在 Configuration -> Compiler Toolchains -> XC32 中选择最新版本的 XC32。点 击 Apply, 然后 OK。



Project Properties - cdc_com_port_single_sam	_e70_xult			×
Categories: General File Induston/Exclusion Confi [sam = 70_xult] O Simulator Loading Ubraries Building O XC32 (Global Options) O XC32-as O XC32-qs V XC32-qs	Configuration Family: All Families Supported Debug Header: None Packs: Packs SAME70_DFP CMSIS S.0.1	Hardware Tool: Hardware Tools O Atmel-ICE O ICD 4 O PICkt 4 O ICD 4 O PICkt 4 O PICkt 4 O PICkt 4 O ICD 4 O PICkt 4 O PICkt 4 O ICD 4 O PICkt 4 O ICD 4 O PICkt 4 O ICD 4 O ICD 4 O PICkt 4 O ICD 4	Device: ATSAME70Q21B Supported Plugin Board: Compiler Toolchains ARM ARM XC32 [Download Latest] XC32 [Overload Latest] XC32 (V2.15) [C: \Program Files ()]
Manage Configurations	*Tip: double click on serial n	umber (SN) to use a friendly name (FN	I) instead.	
		OK	Cancel Apply Unlock Help)

编译完成后,在 Output 窗口可以看到编译结果的提示信息

Output *	-
Configuration Loading Error × Trace/Profiling × cdc_com_port_single_sam_e70_xult (Build, Load) ×	
make -f nbproject/Makefile-sam e70 xult.mk SUBPROJECTS= .build-conf	^
make[1]: Entering directory 'C:/microchip/harmony/Repo/H3/usb/apps/device/cdc com port single/firmware/sam e70 xult.X'	
make -f nbproject/Makefile-sam e70 xult.mk dist/sam e70 xult/production/sam e70 xult.X.production.hex	
make[2]: Entering directory 'C:/microchip/harmony/Repo/H3/usb/apps/device/cdc_com_port_single/firmware/sam_e70_xult.X'	
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70021B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src -I/src/config/ss	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70021B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src -I/src/config/ss	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src -I/src/config/ss	.m_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70021B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70021B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src -I/src/config/se	m_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -01 -I/src -I/src/config/se	m_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -O1 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -O1 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -O1 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -O1 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=ATSAME70Q21B -ffunction-sections -fdata-sections -O1 -I/src/config/se	um_e70_
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin\xc32-gcc.exe" -mprocessor=ATSAME70Q21B -mno-device-startup-code -o dist/sam_e70_xult/production/sam_e70_xult.X.proc	iuctior
"C:\Program Files (x86)\Microchip\xc32\v2.15\bin"\\xc32-bin2hex dist/sam_e70_xult/production/sam_e70_xult.X.production.elf	
make[2]: Leaving directory 'C:/microchip/harmony/Repo/H3/usb/apps/device/cdc_com_port_single/firmware/sam_e70_xult.X'	
make[1]: Leaving directory 'C:/microchip/harmony/Repo/H3/usb/apps/device/cdc_com_port_single/firmware/sam_e70_xult.X'	
BUILD SUCCESSFUL (total time: 13s)	
Loading code from C:/microchip/harmony/Repo/H3/usb/apps/device/cdc_com_port_single/firmware/sam_e70_xult.X/dist/sam_e70_xult/production/sam_e70_xult.X.production.hex	
Loading completed	~
¢ C	>

(九) USB CDC 的相关功能代码

在 application 中,主要需要处理的是两个层次的 event。

1. 一个是 USB Device 相关的,比如 attach, detach 等 event。这个在应用启动的时候,打开 USB Device 设备。打开成功之后,调用驱动 API 注册 USB Device 消息处理的回调函数。



case APP_STATE_INIT:

```
/* Open the device layer */
appData.deviceHandle = USE_DEVICE_Open( USE_DEVICE_INDEX_0, DRV_IO_INTENT_READWRITE );
if(appData.deviceHandle != USE_DEVICE_HANDLE_INVALID)
{
    /* Register a callback with device layer to get event notification (for end point 0) */
    USE_DEVICE_EventHandlerSet(appData.deviceHandle, APP_USEDeviceEventHandler, 0);
    appData.state = APP_STATE_WAIT_FOR_CONFIGURATION;
}
```

2. 另外一个就是 USB CDC Device 相关的,比如 set line coding, read, write 等 event。这个一般是在 USB Device 设备成功的配置之后,调用驱动 API 注册 USB CDC Device 消息处理的回调函数。

case USE_DEVICE_EVENT_CONFIGURED: /* Check the configuration. We only support configuration 1 */ configuredEventData = (USE_DEVICE_EVENT_DATA_CONFIGURED*) eventData: if (configuredEventData->configurationValue == 1) { /* Update LED to show configured state */ LED_On(): /* Register the CDC Device application event handler here. * Note how the appData object pointer is passed as the * user data */ USE_DEVICE_CDC_EventHandlerSet(USE_DEVICE_CDC_INDEX_0, APP_USEDeviceCDCEventHandler, (uintptr_t)&appData): /* Mark that the device is now configured */ appData.isConfigured = true: }

具体的应用代码课参考:

<Harmony 3 Framework path>\usb\apps\device\cdc_com_port_single

四、 总结

本文通过 MPLAB X IDE 的 MHC 一步步的配置,最后生成代码,完成了一个 USB CDC Device 的简单应用。基本的应用框架以及所有的底层驱动代码都是系统自动生成了。用户只在 USB Device 和 USB CDC Device 的事件回调处理中,处理相应的 event 就可以了。