

# 无线通信实验在线开放课程

主讲人：吴光 博士

广东省教学质量工程建设项目





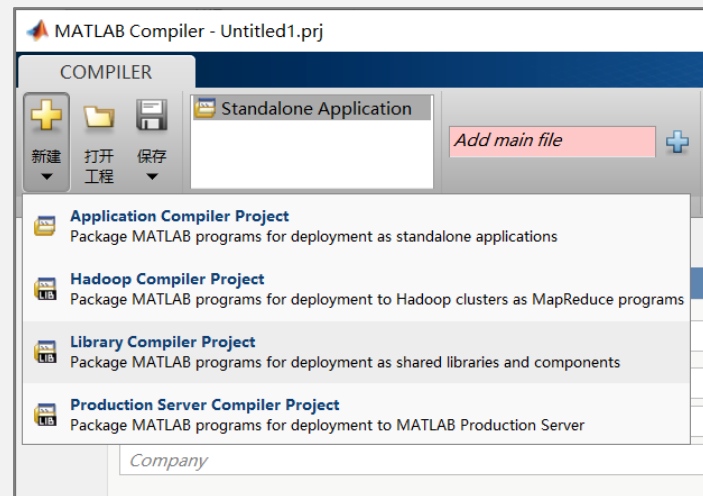
# 第六章

## LabVIEW和MATLAB混合编程



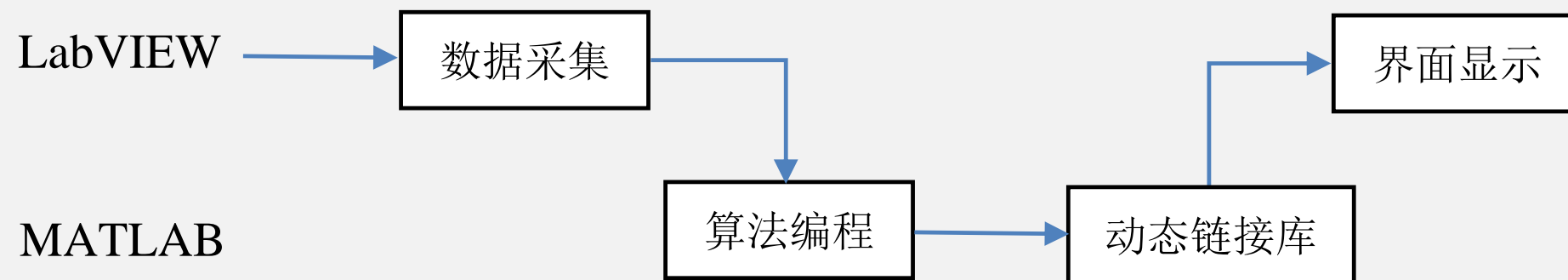
## 本章内容:

- 混合编程基础
- FM混合编程解调实例
- 混合编程方法的比较
- 安装Windows SDK 7.1





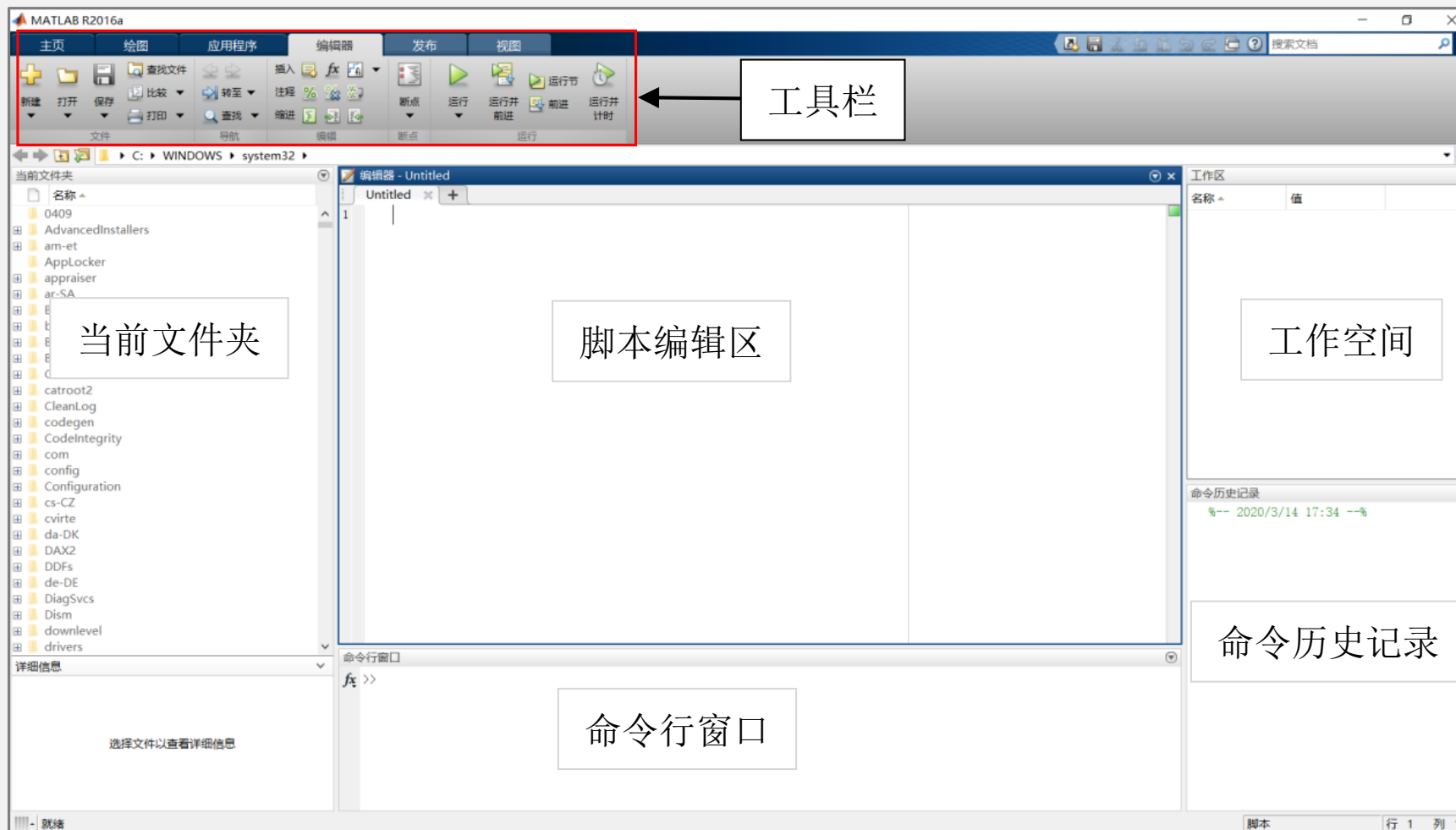
## 6.1.1 混合编程简介





## 6.1.2 MATLAB简介

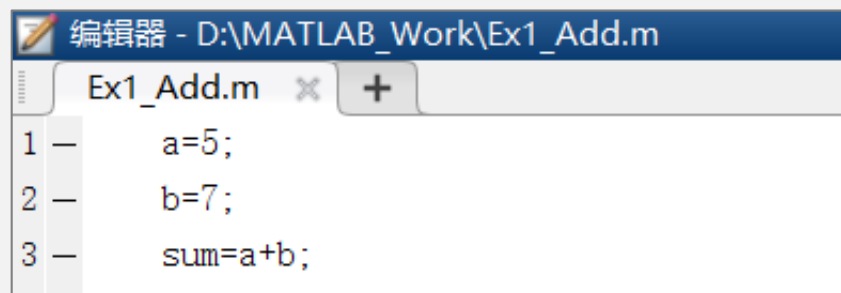
### MATLAB 工作界面





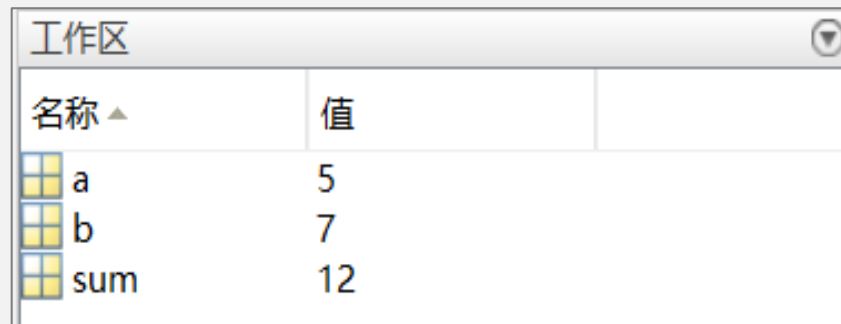
## 6.1.3 MATLAB生成可执行文件示例




(1) 新建MATLAB脚本文件，编写程序；点击保存按钮，设置文件名。



```
编辑器 - D:\MATLAB_Work\Ex1_Add.m
Ex1_Add.m
1 - a=5;
2 - b=7;
3 - sum=a+b;
```

(2) 点击运行编辑器工具栏中的运行按钮  运行程序，工作区显示变量内容。



工作区		
名称 ▲	值	
 a	5	
 b	7	
 sum	12	



## 6.1.3 MATLAB生成可执行文件示例

在命令行窗口输入sum，可查看sum的值。

```
命令行窗口
>> sum

sum =

    12
```

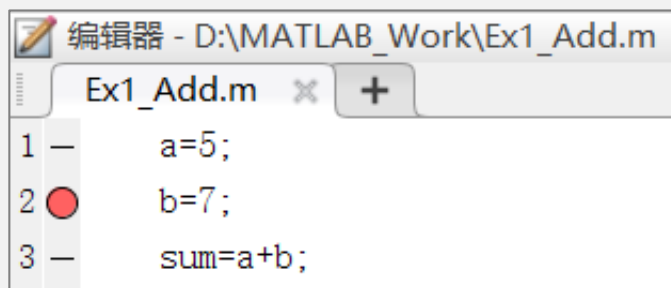
命令历史记录窗口中将显示使用过的命令历史记录。

```
命令历史记录
%-- 2020/3/14 18:03 --%
Ex1_Add
sum                                0.21 sec
```

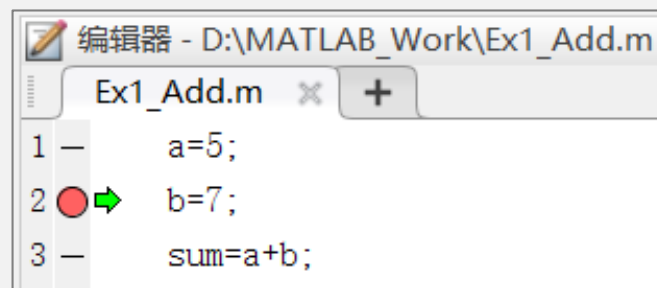


## 6.1.3 MATLAB生成可执行文件示例

### (3) 调试模式

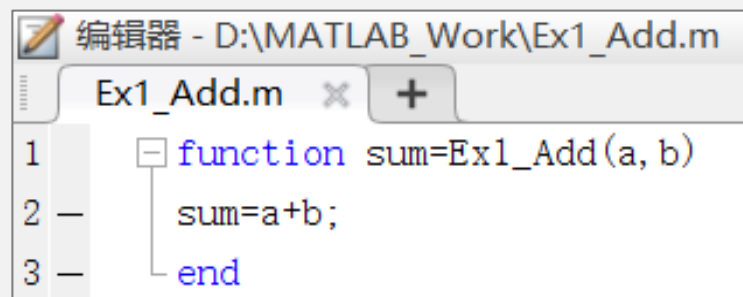


```
编辑器 - D:\MATLAB_Work\Ex1_Add.m
Ex1_Add.m x +
1 - a=5;
2 ● b=7;
3 - sum=a+b;
```

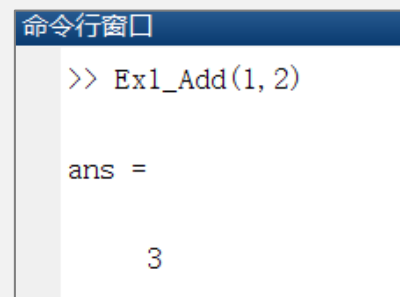


```
编辑器 - D:\MATLAB_Work\Ex1_Add.m
Ex1_Add.m x +
1 - a=5;
2 ●➔ b=7;
3 - sum=a+b;
```

### (4) 函数封装



```
编辑器 - D:\MATLAB_Work\Ex1_Add.m
Ex1_Add.m x +
1 - function sum=Ex1_Add(a,b)
2 -     sum=a+b;
3 - end
```



```
命令行窗口
>> Ex1_Add(1,2)

ans =

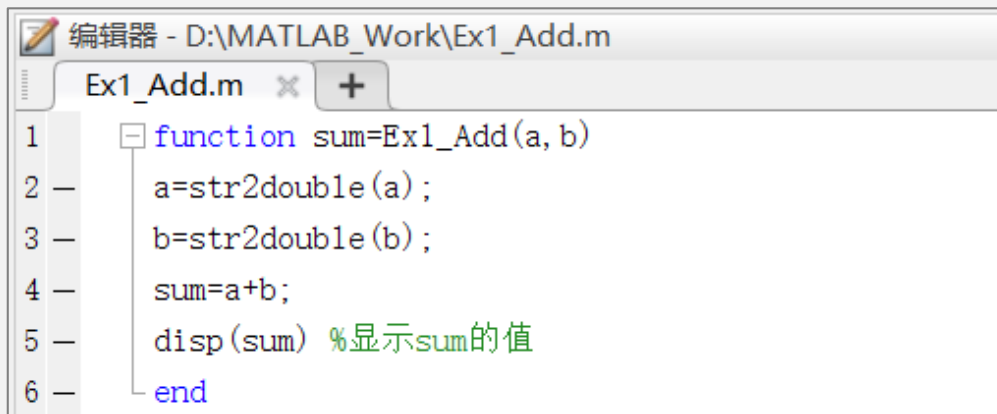
    3
```





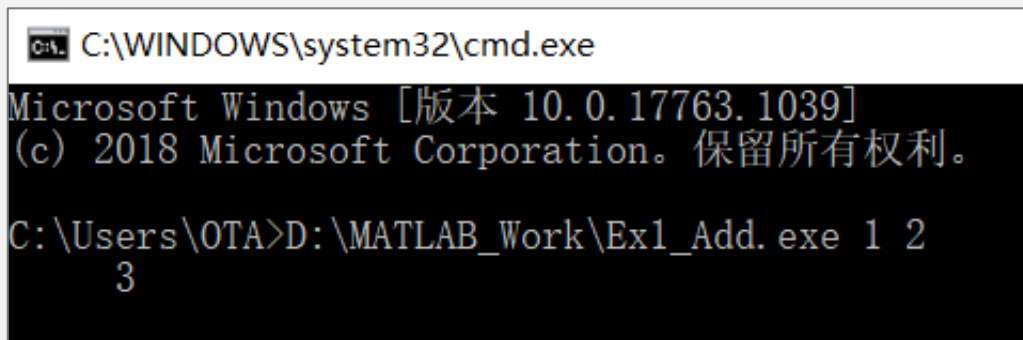
## 6.1.3 MATLAB生成可执行文件示例

### (5) 生成.exe可执行文件

A screenshot of the MATLAB Editor window. The title bar reads "编辑器 - D:\MATLAB\_Work\Ex1\_Add.m". The window contains a single tab labeled "Ex1\_Add.m". The code is as follows:

```
1 function sum=Ex1_Add(a, b)
2     a=str2double(a);
3     b=str2double(b);
4     sum=a+b;
5     disp(sum) %显示sum的值
6 end
```

### 检测.exe文件运行

A screenshot of a Windows Command Prompt window. The title bar shows "C:\WINDOWS\system32\cmd.exe". The window content is as follows:

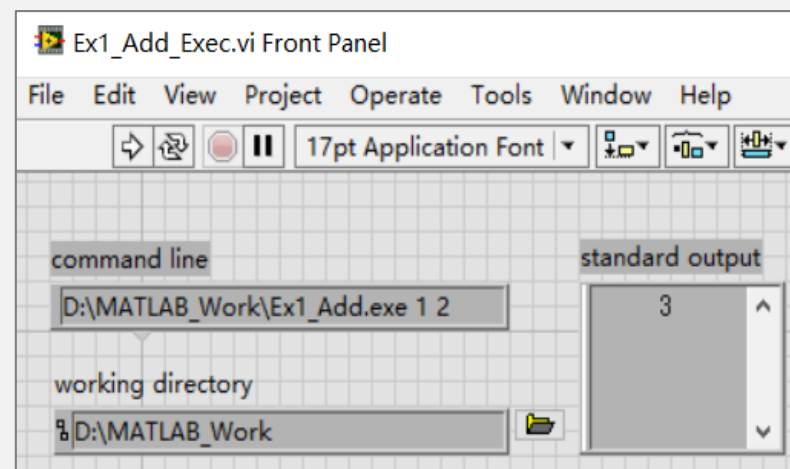
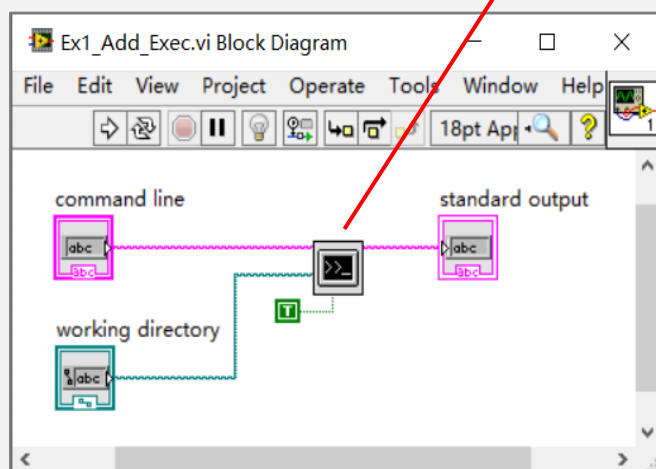
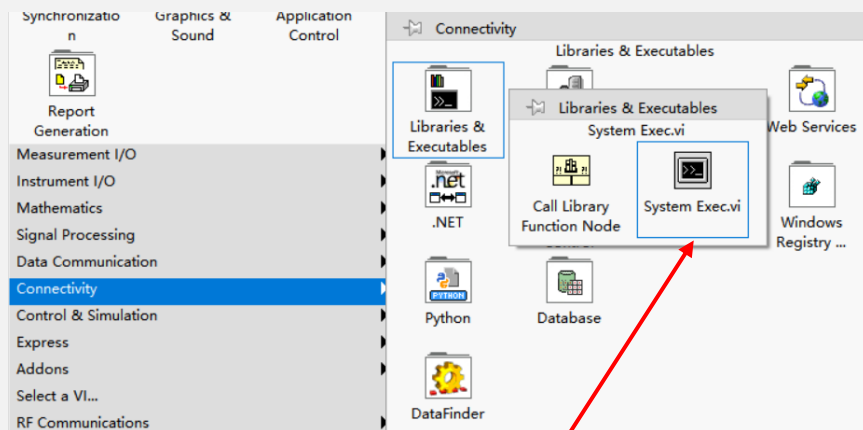
```
Microsoft Windows [版本 10.0.17763.1039]
(c) 2018 Microsoft Corporation。保留所有权利。

C:\Users\OTA>D:\MATLAB_Work\Ex1_Add.exe 1 2
3
```



## 6.1.3 MATLAB生成可执行文件示例

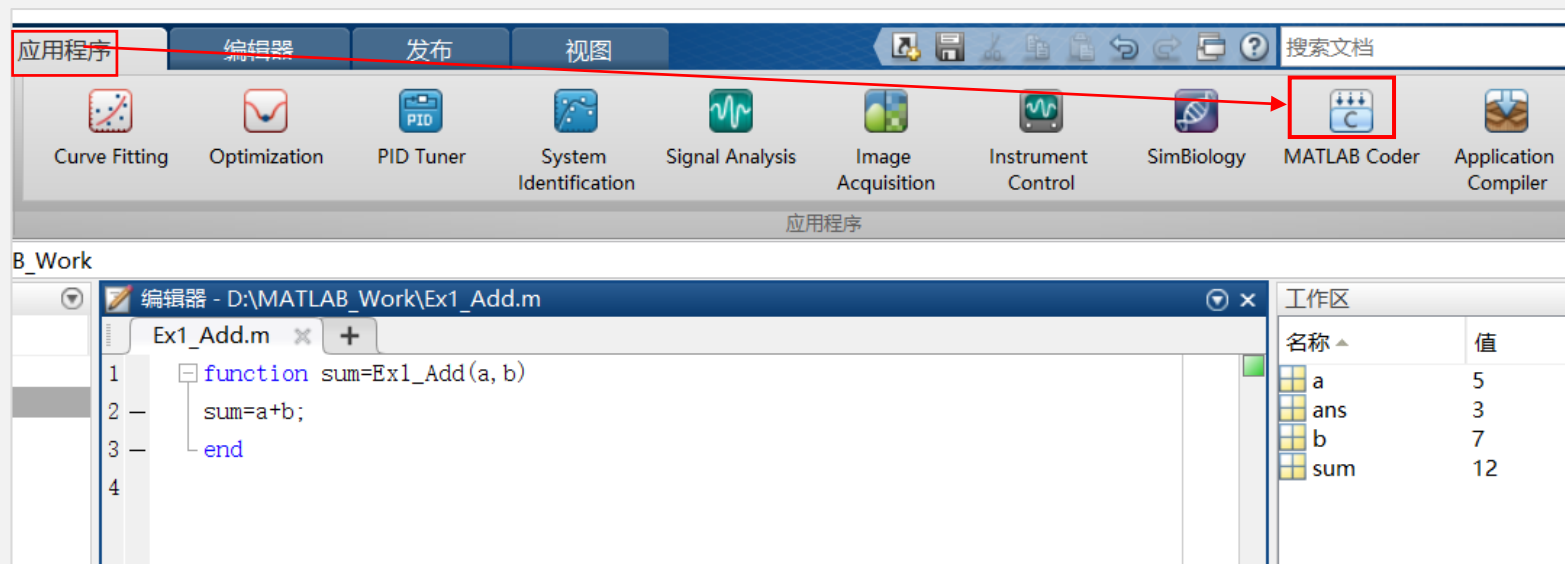
- LabVIEW中通过“System Exec.vi”模块，可以调用MATLAB生成的Ex1\_Add.exe文件



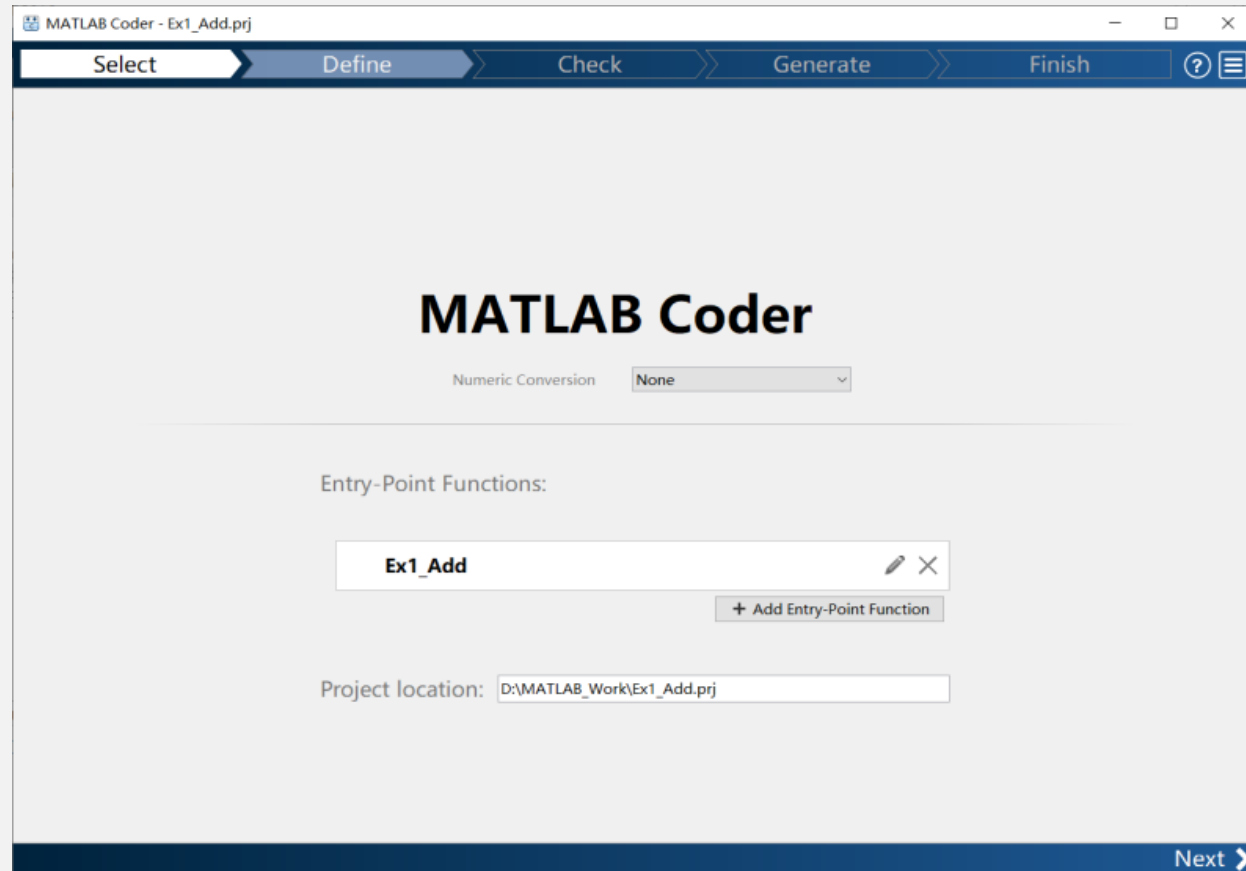


## 6.1.4 MATLAB生成动态链接库

➤ MATLAB可以直接生成基于C的动态链接库文件——MATLAB Coder



## 6.1.4 MATLAB生成动态链接库





## 6.1.4 MATLAB生成动态链接库

### MATLAB Coder设置

To convert MATLAB to C, you must define the type of each input for every entry point function. [Learn more](#)

To **automatically define input types**, call Ex1\_Add or enter a script that calls Ex1\_Add in the MATLAB prompt below:

>>

Autodefine Input Types

Ex1\_Add.m


a	double(1 x 1)
b	double(1 x 1)


Does this code use global variables? ☒ No ☐ Yes





## 6.1.4 MATLAB生成动态链接库


### MATLAB Coder设置


Build type:  Dynamic Library ▼


Output file name:  Source Code C/C++ source code to integrate with an external project

Language  MEX Compiled code to run inside MATLAB

Hardware Board  Static Library (.lib) Binary library for static linking with an external project

Device  Dynamic Library (.dll) Binary library for dynamic linking with an external project

Toolchain  Executable (.exe) Standalone program (requires a separate main file written in C)

More Settings  Generate



## 6.1.4 MATLAB生成动态链接库

### MATLAB Coder设置

MATLAB Coder - Ex1\_Add.prj

Generate Code GENERATE VERIFY CODE

Source Code

Ex1\_Add

```
3 *
4 * MATLAB Coder version      : 3.1
5 * C/C++ source code generated on : 14-Mar-2020 22:38:06
6 */
7
8 /* Include Files */
9 #include "rt_nonfinite.h"
10 #include "Ex1_Add.h"
11
12 /* Function Definitions */
13
14 /*
15 * Arguments      : double a
16 *                double b
17 * Return Type   : double
18 */
19 double Ex1_Add(double a, double b)
20 {
21     return a + b;
22 }
23
```

Output Files

- Ex1\_Add\_initialize.c
- Ex1\_Add\_terminate.c
- Ex1\_Add.c
- main.c
- rt\_nonfinite.c
- rtGetInf.c
- rtGetNaN.c
- Ex1\_Add\_initialize.h
- Ex1\_Add\_terminate.h
- Ex1\_Add\_types.h
- Ex1\_Add.h
- main.h
- rt\_nonfinite.h
- rtGetInf.h
- rtGetNaN.h
- rtwtypes.h
- index.html
- Ex1\_Add.def
- Ex1\_Add.dll
- Ex1\_Add.lib
- rtw\_proj.tmw

Build Log Variables

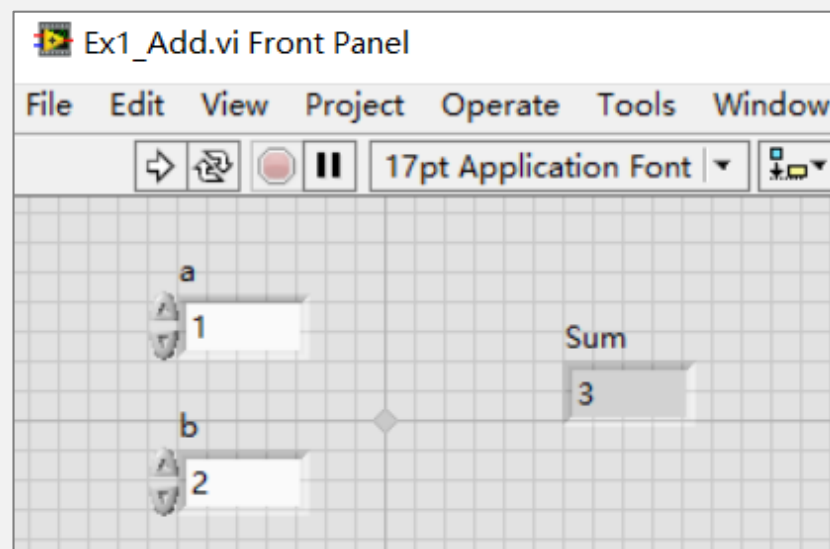
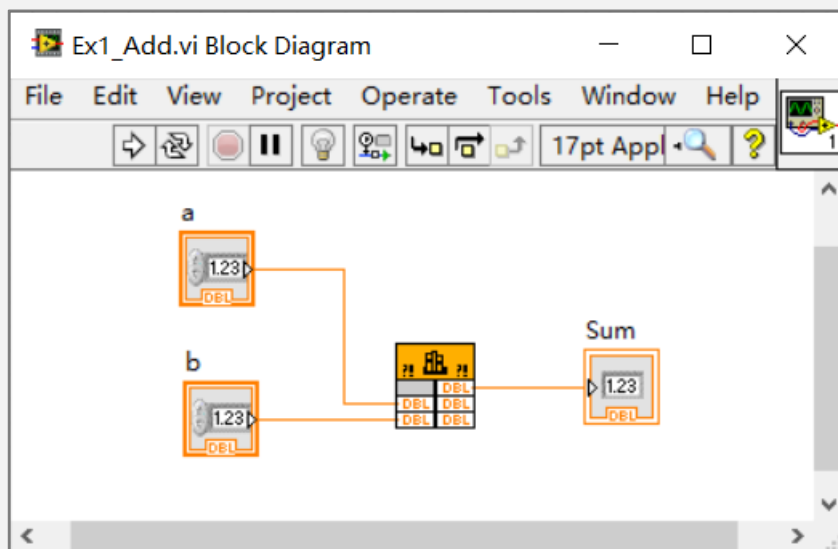
Variable	Type	Size
Input		
a	double	1 x 1
b	double	1 x 1
Output		
sum	double	1 x 1

Back Next



## 6.1.4 MATLAB生成动态链接库

### LabVIEW中验证程序运行

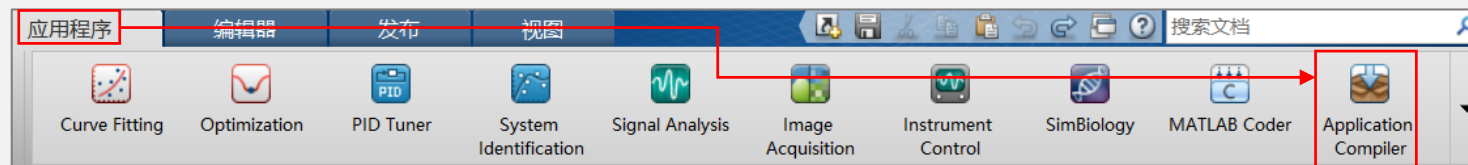




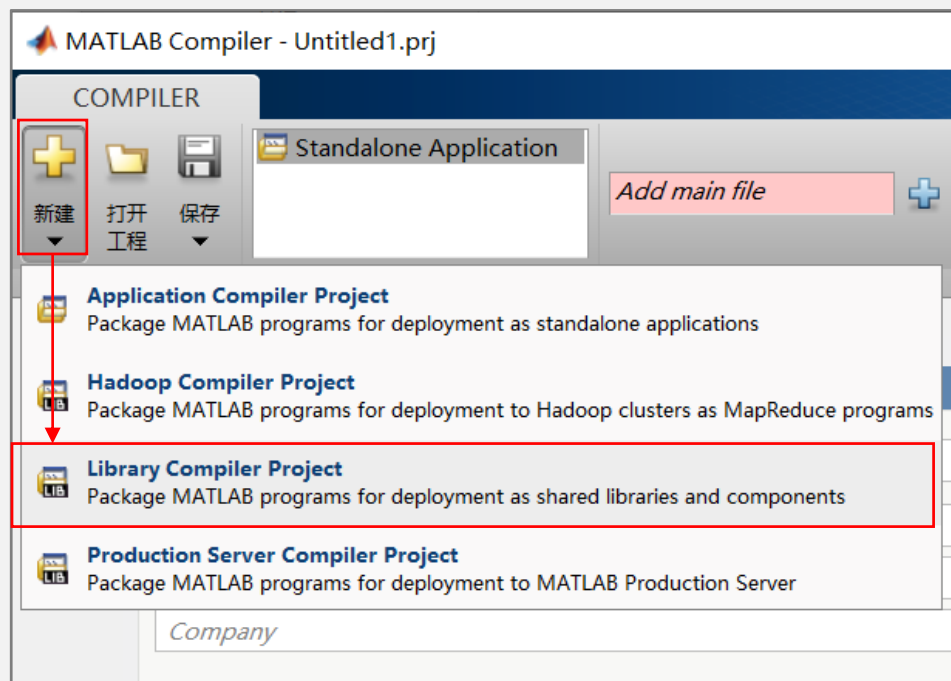


## 6.1.5 MATLAB生成COM组件

“Application Compiler” (应用程序编译器)



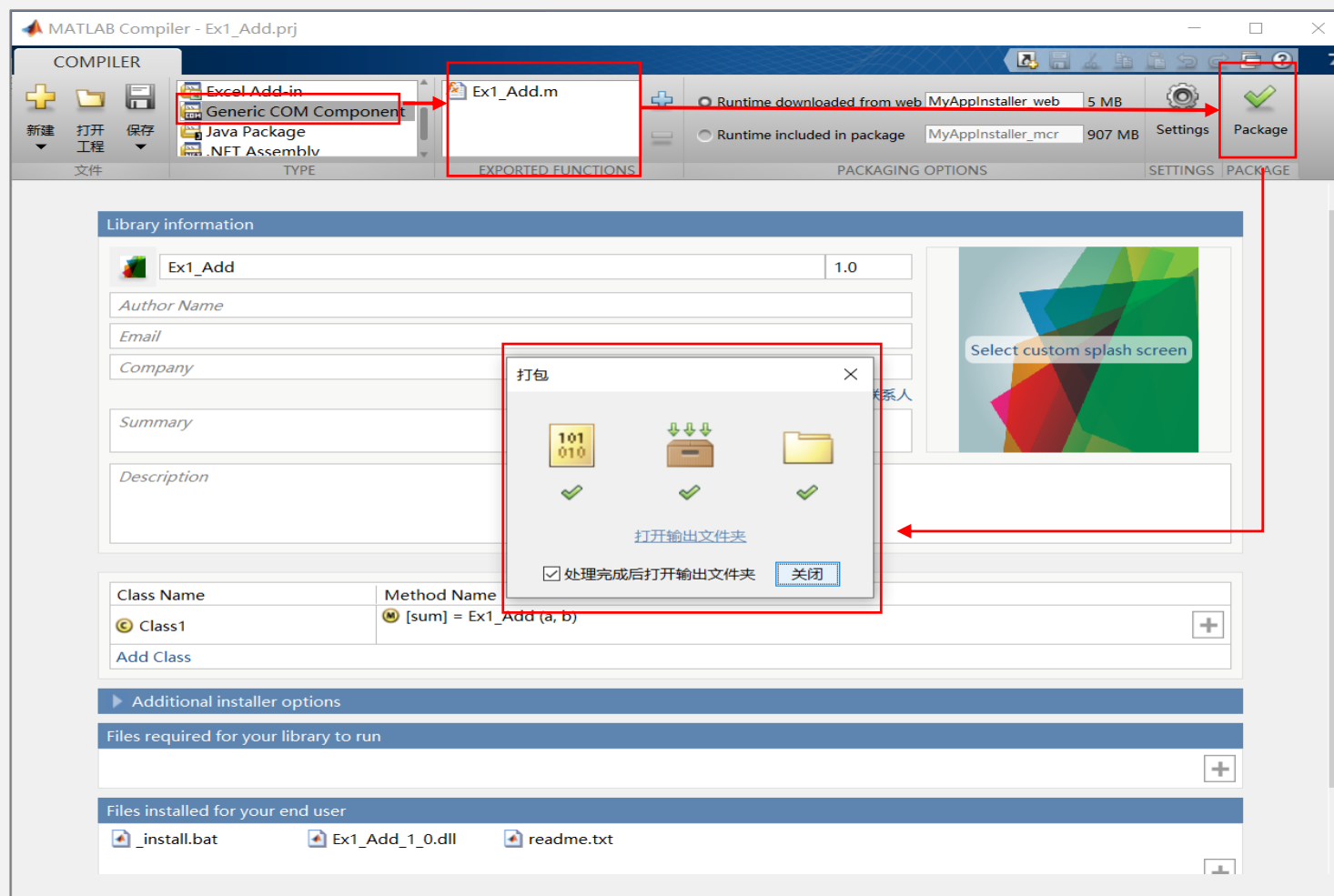
“Library Compiler Project”





## 6.1.5 MATLAB生成COM组件

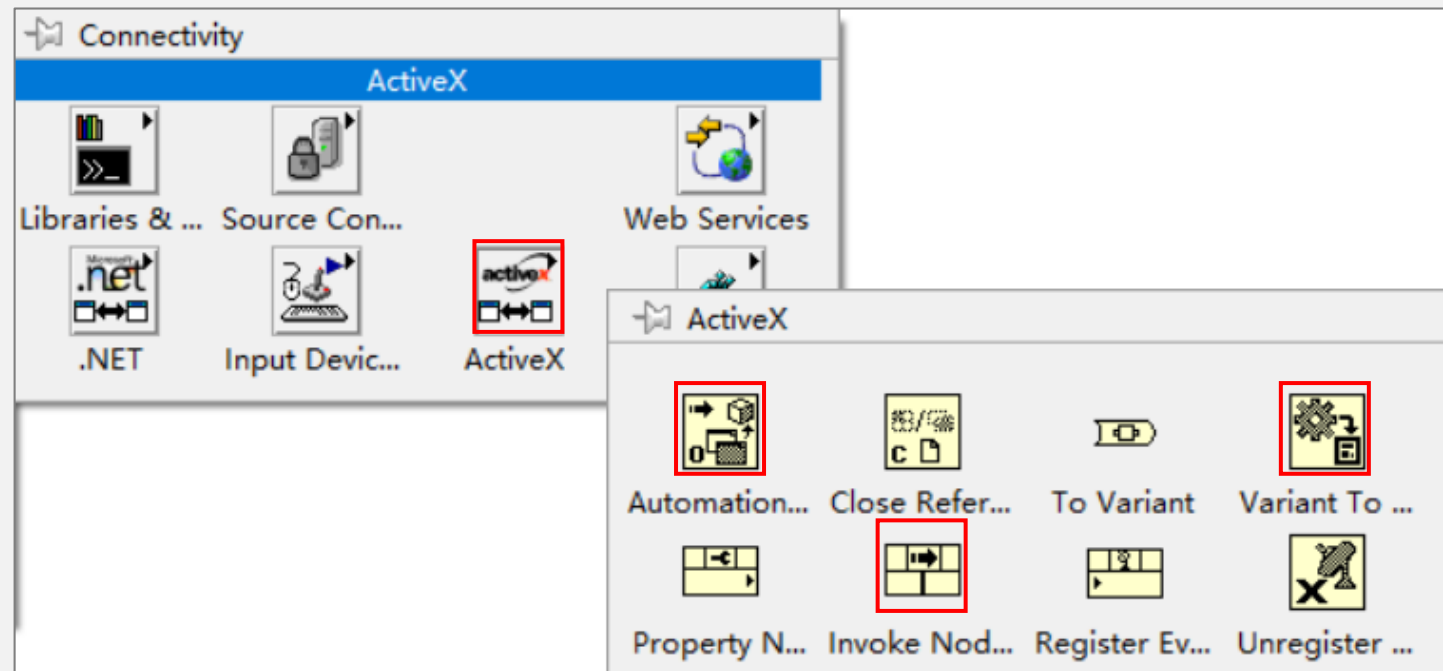
### 生成COM组件





## 6.1.5 MATLAB生成COM组件

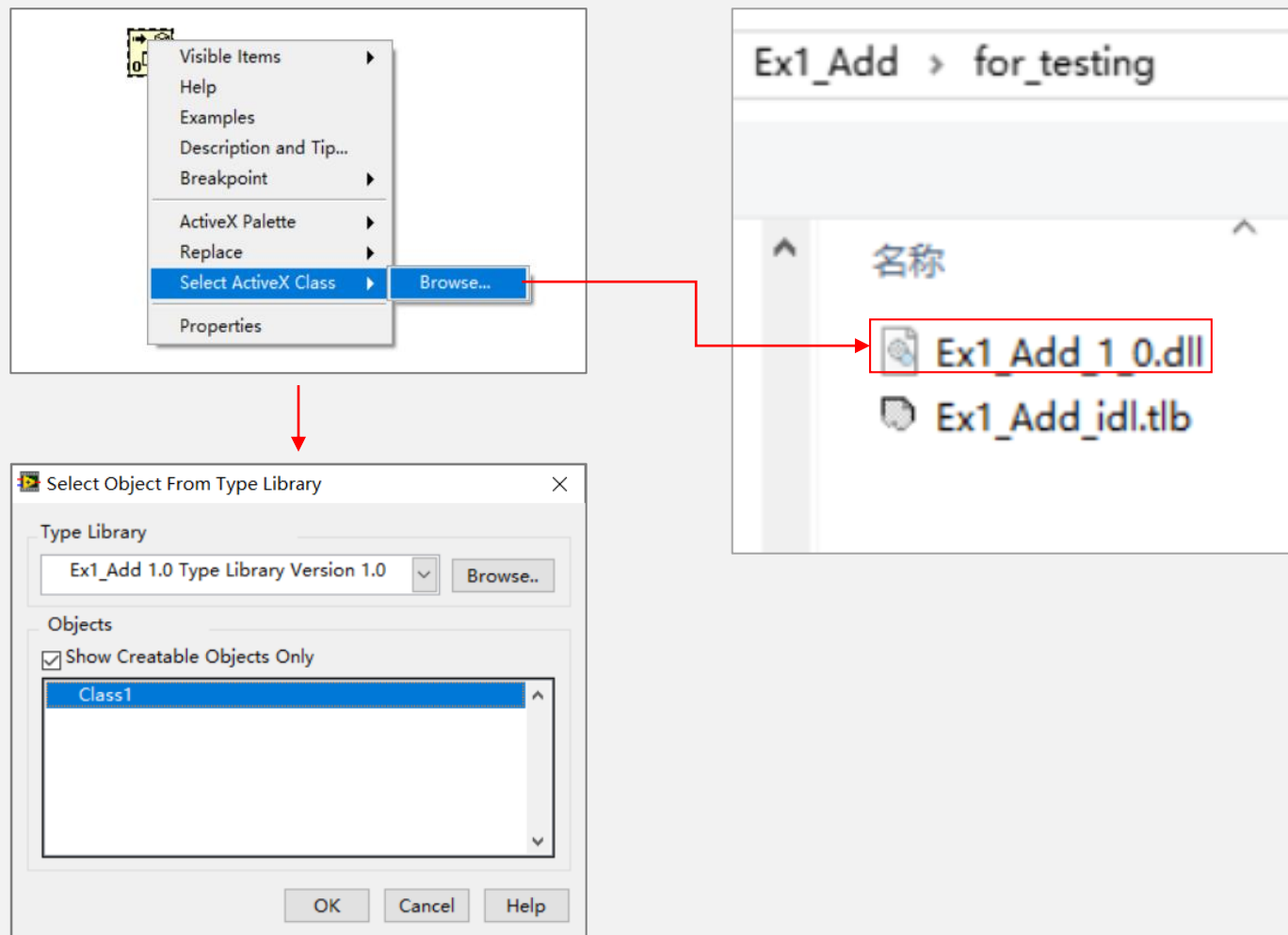
LabVIEW调用





## 6.1.5 MATLAB生成COM组件

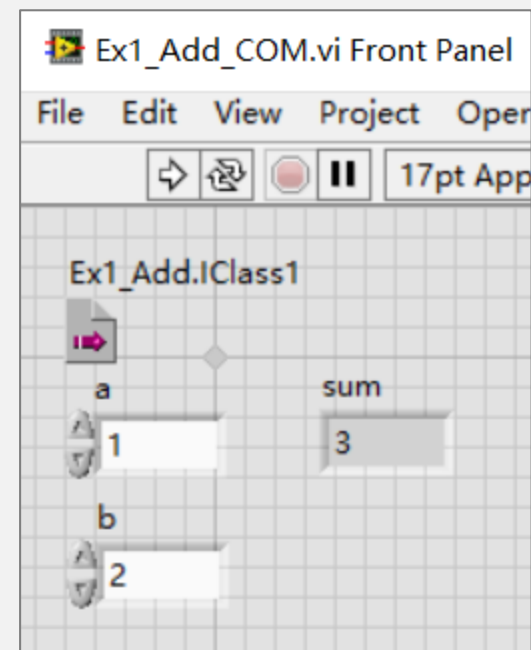
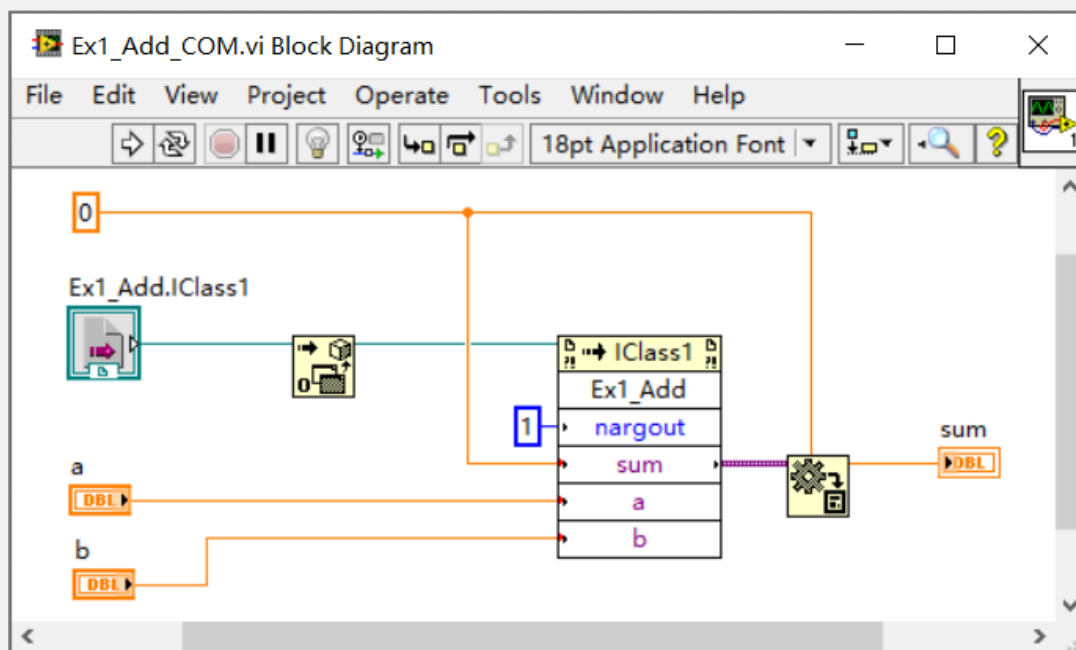
### LabVIEW调用





## 6.1.5 MATLAB生成COM组件

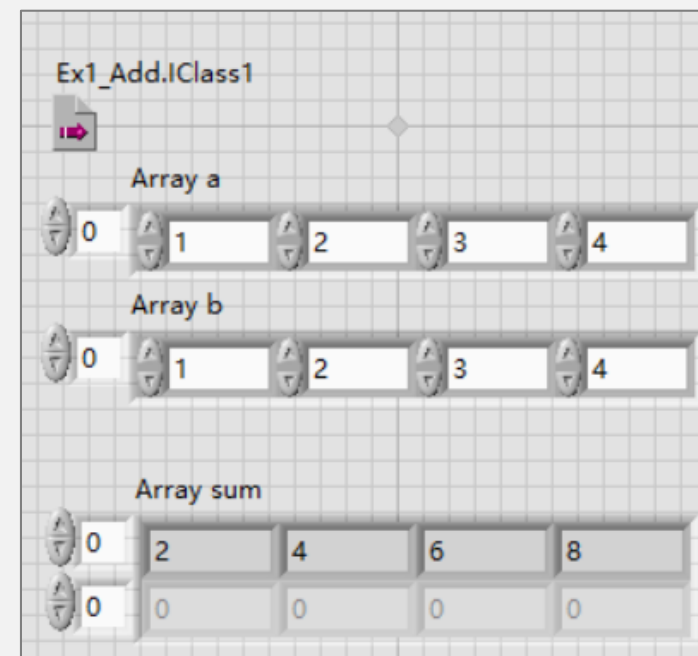
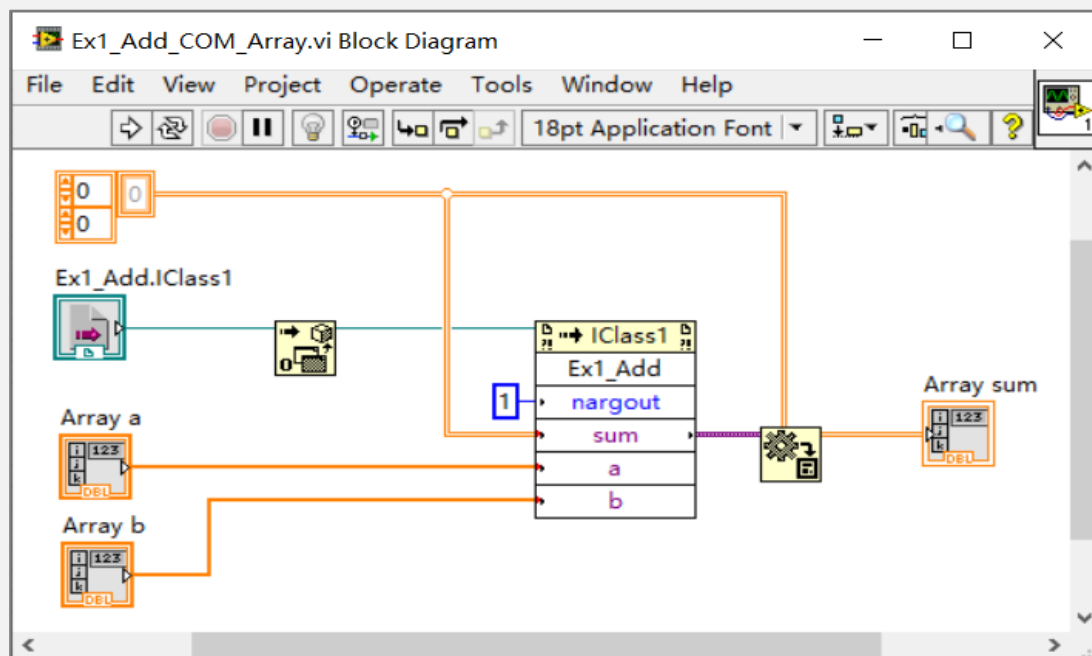
LabVIEW调用





## 6.1.5 MATLAB生成COM组件

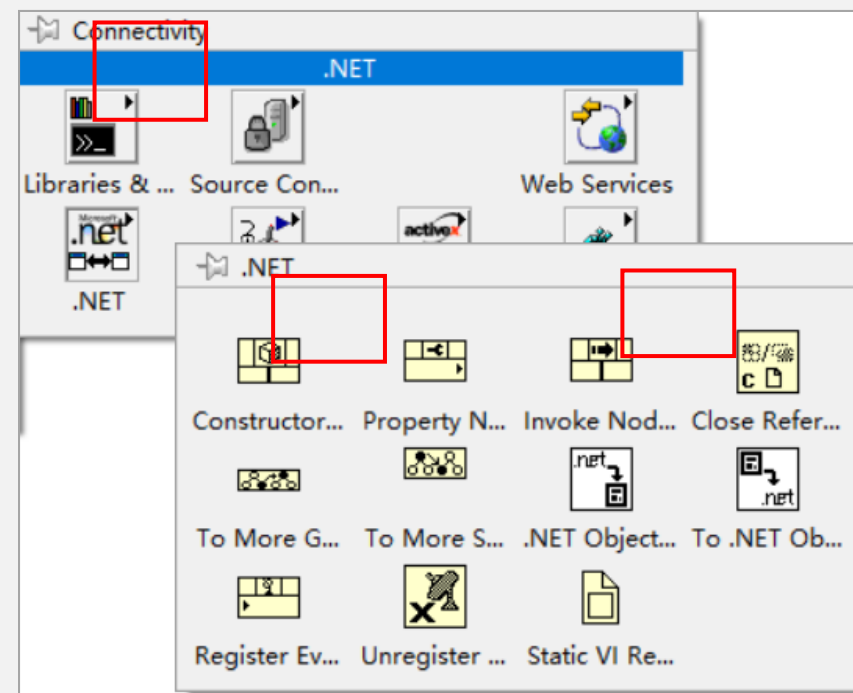
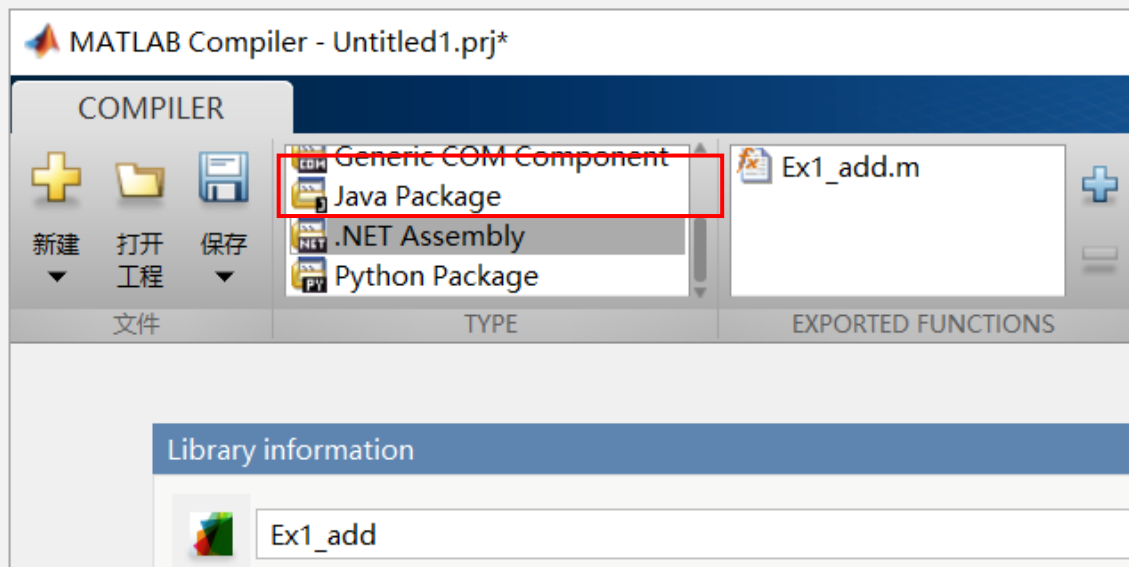
LabVIEW调用





## 6.1.6 MATLAB生成.NET库文件

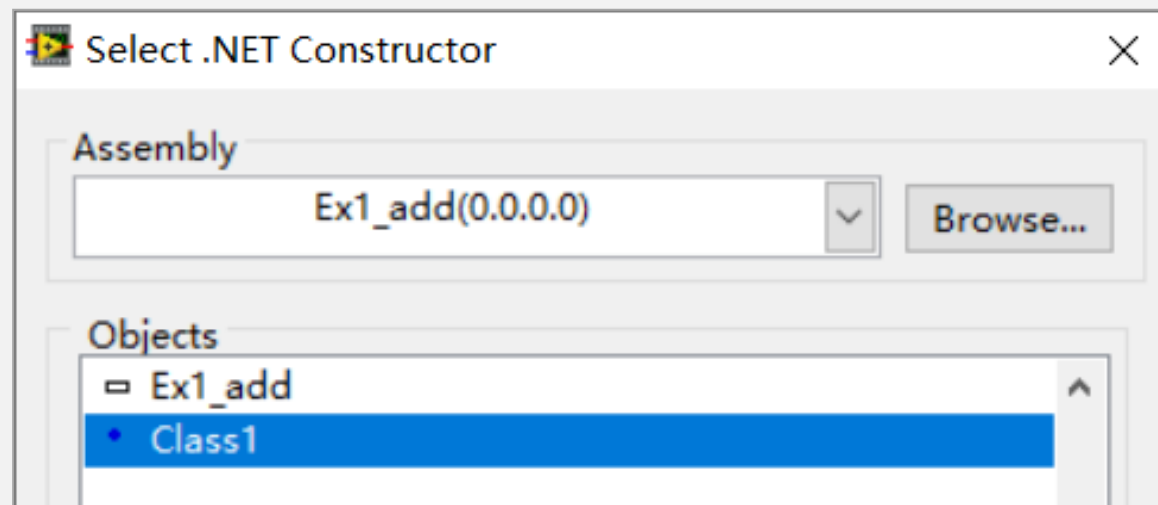
### .NET库文件的生成与调用





## 6.1.6 MATLAB生成.NET库文件

“Constructor Node” 模块创建与设置

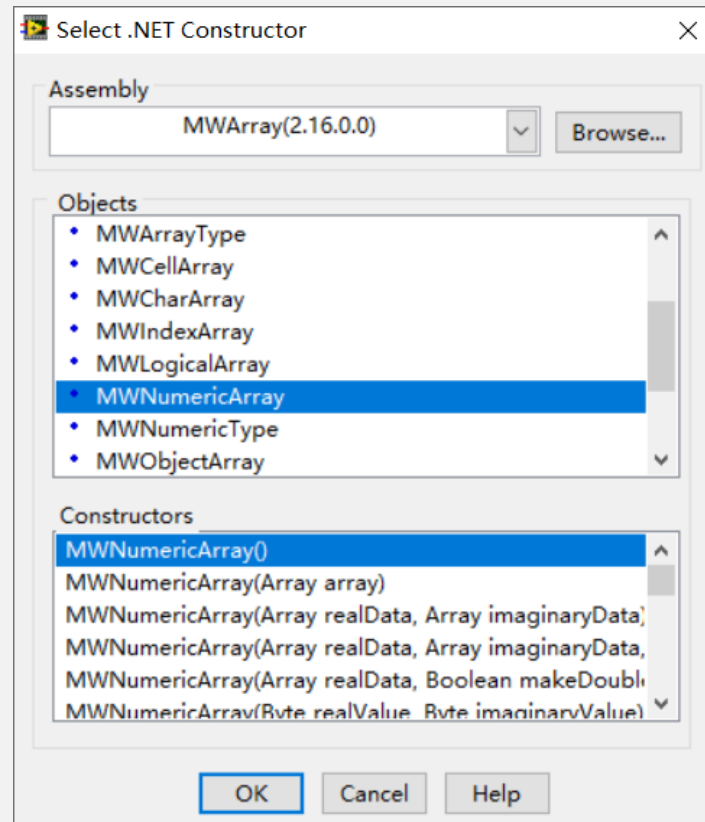
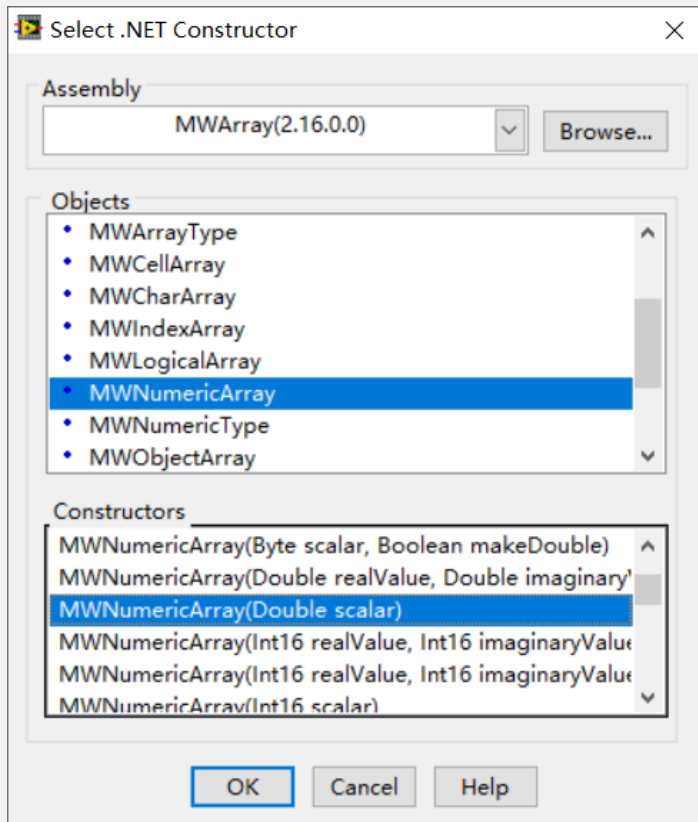






## 6.1.6 MATLAB生成.NET库文件

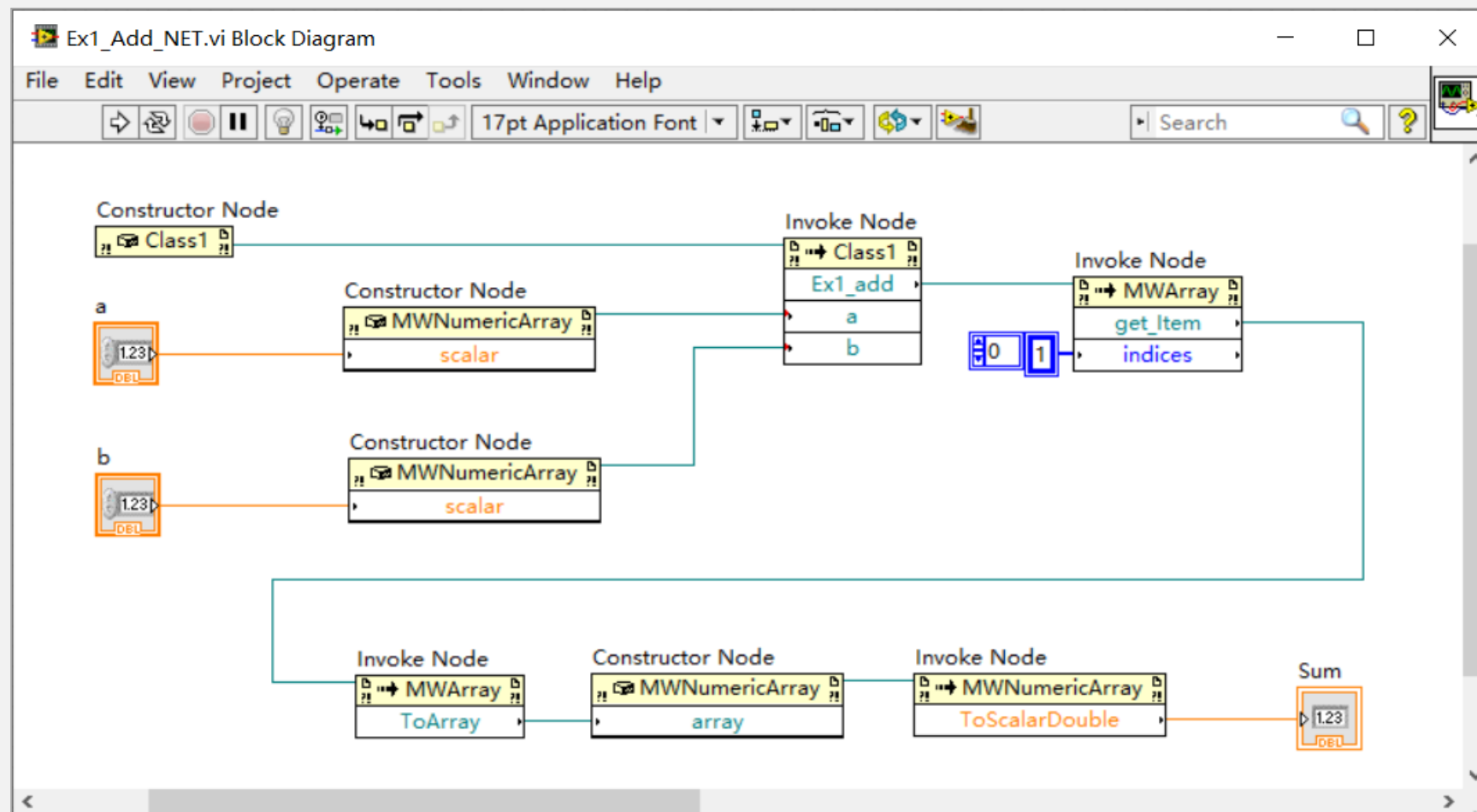
### “Constructor Node” 模块创建与设置



## 6.1.6 MATLAB生成.NET库文件



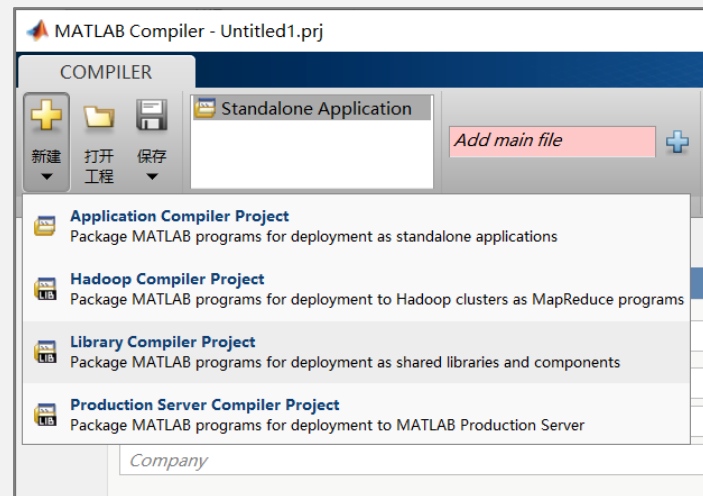
程序框图





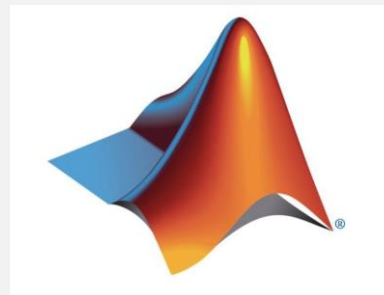
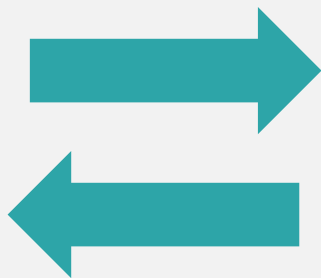
## 本章内容:

- 混合编程基础
- FM混合编程解调实例
- 混合编程方法的比较
- 安装Windows SDK 7.1





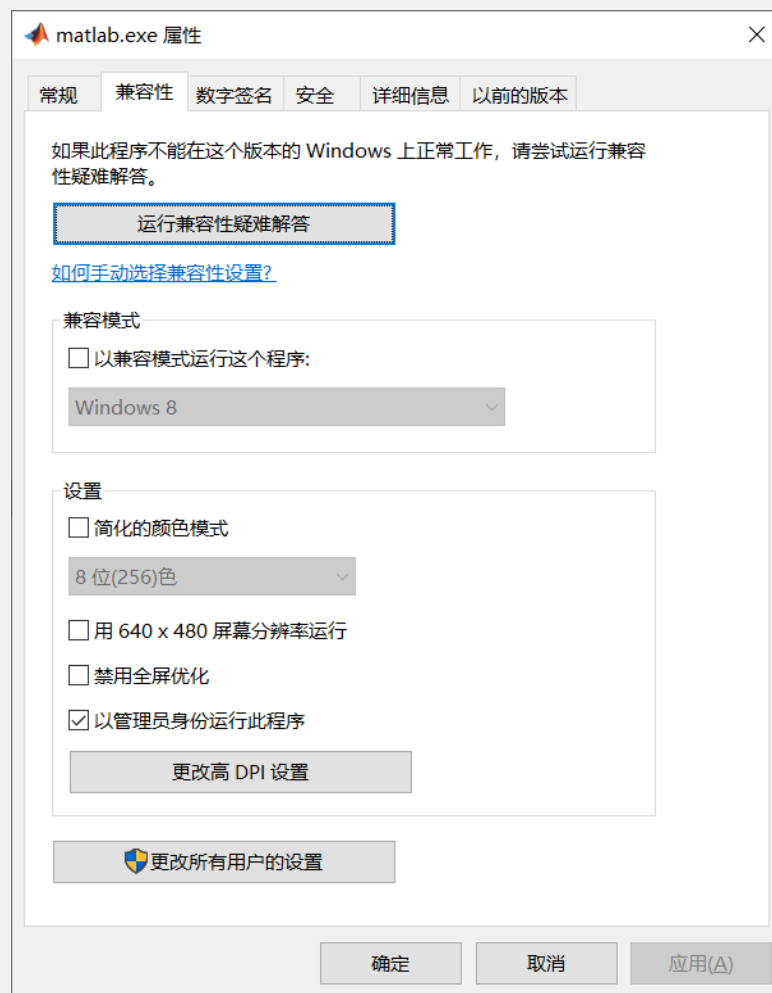
## 6.2 FM混合编程解调实例





## 6.2.1 MATLAB Script实现FM解调

### MATLAB 预设置





## 6.2.1 MATLAB Script实现FM解调

### MATLAB 预设置

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 10.0.17763.973]
(c) 2018 Microsoft Corporation。保留所有权利。

C:\Users\OTA>cd C:\Program Files\MATLAB\R2016a\bin

C:\Program Files\MATLAB\R2016a\bin>matlab/regserver

C:\Program Files\MATLAB\R2016a\bin>
```

```
MATLAB Command Window

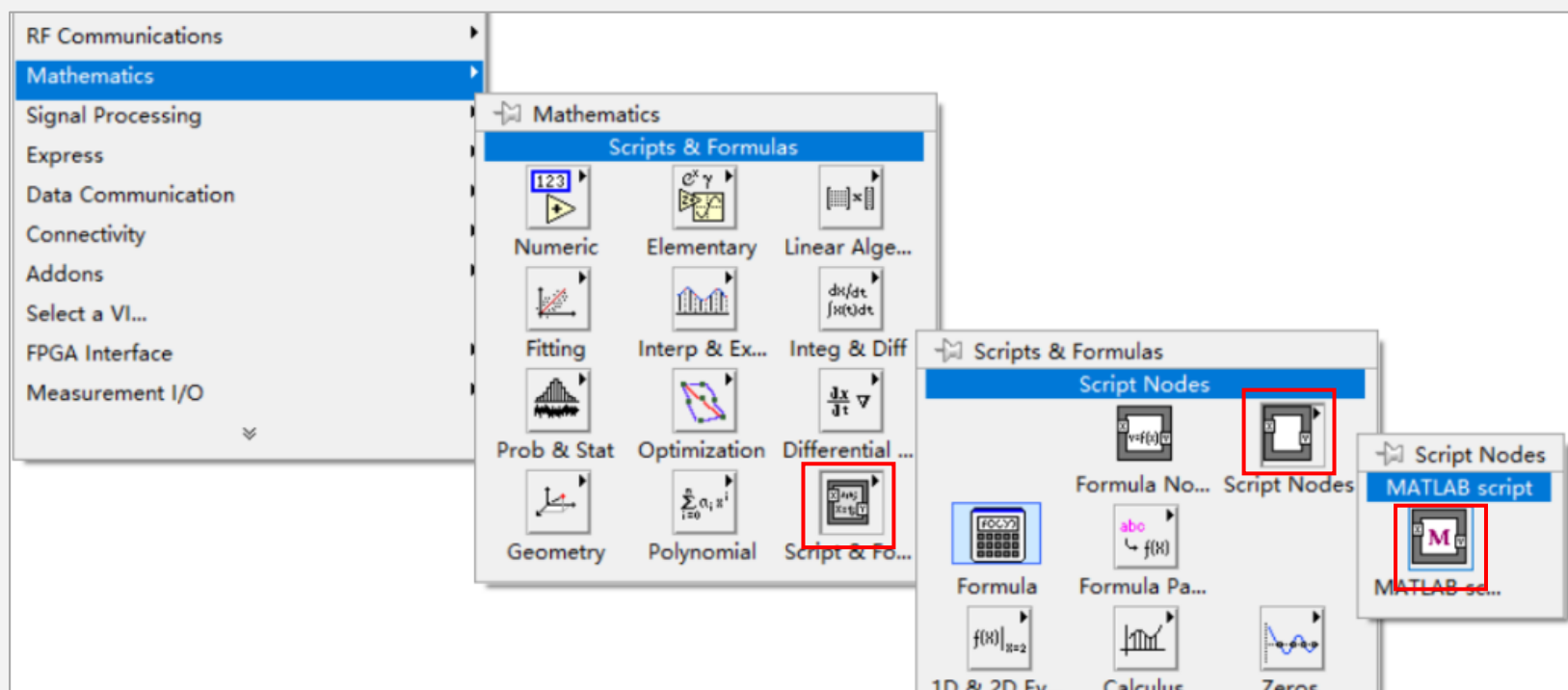
要开始，请键入以下项之一： helpwin、helpdesk 或 demo。
有关产品信息，请访问 www.mathworks.com。

>>|
```



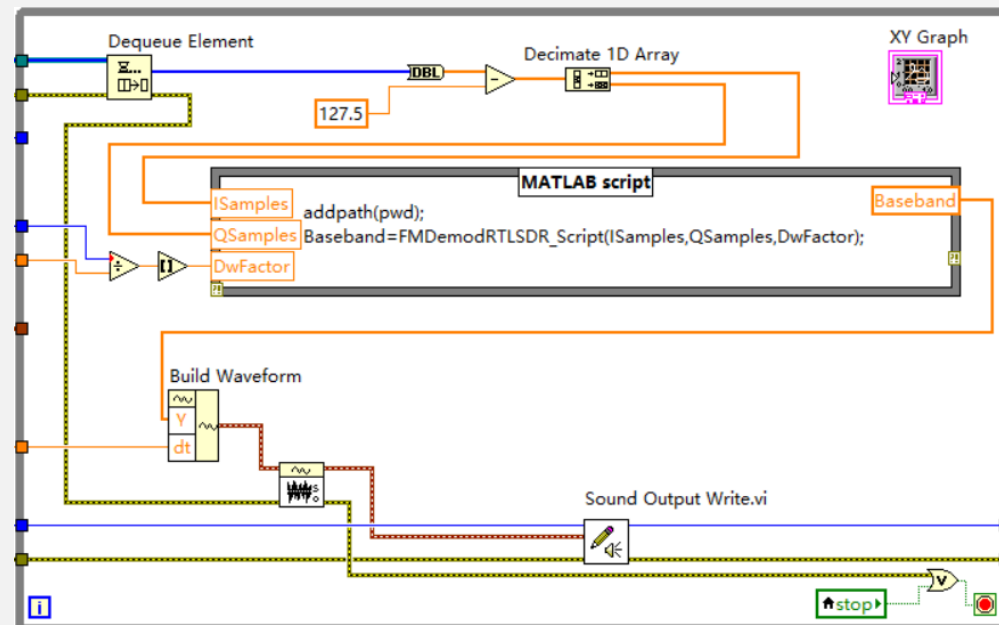
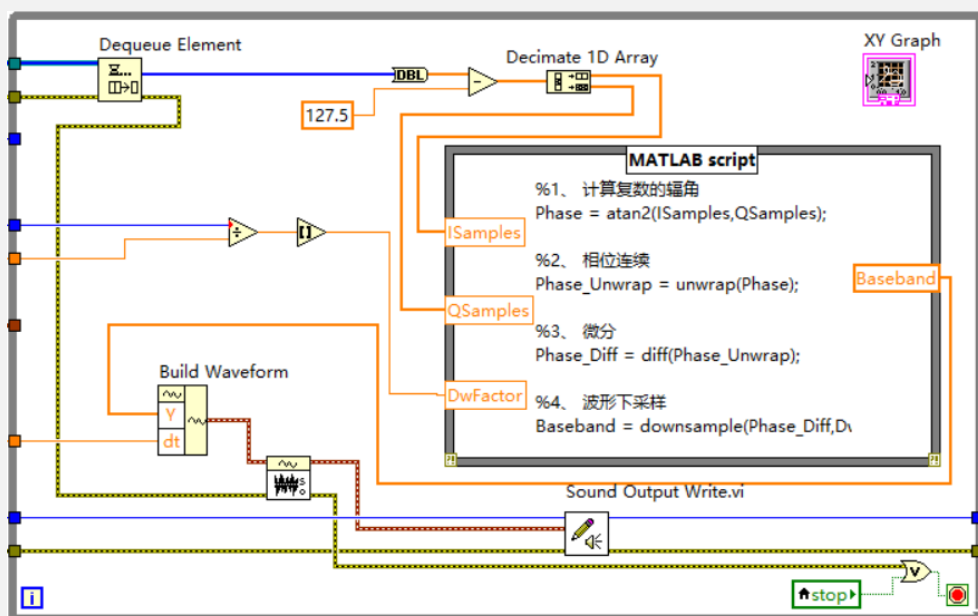
## 6.2.1 MATLAB Script实现FM解调

### MATLAB script节点模块



## 6.2.1 MATLAB Script实现FM解调

程序框图







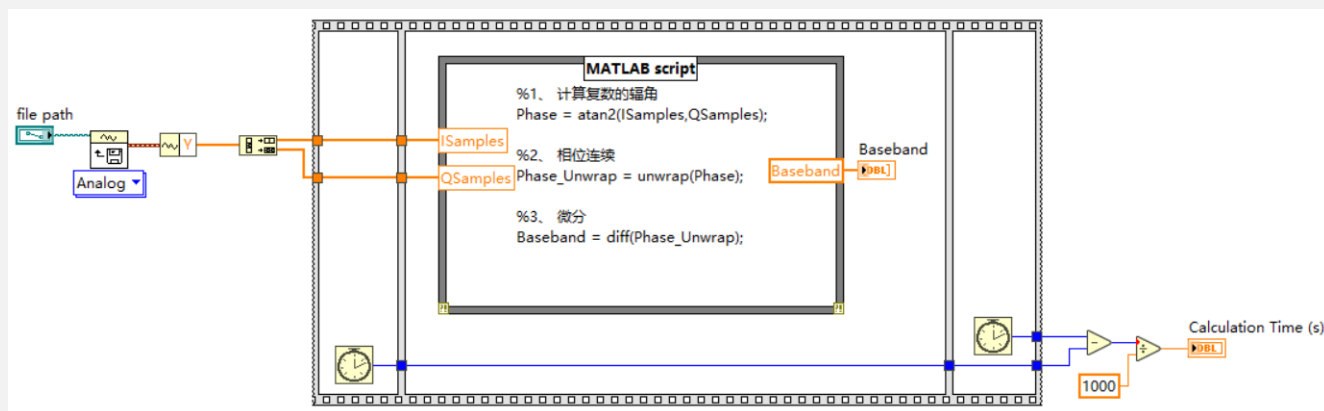
# 6.2.1 MATLAB Script实现FM解调

LabVIEW中数据类型	MATLAB中数据类型
Double-Precision Floating-Point Numeric (双精度浮点数值)	Real (实数)
1D Array Double-Precision Floating-Point Numeric (一维双精度浮点数组)	Real Vector (实向量)
Multidimensional Array Double-Precision Floating-Point Numeric (多维双精度浮点数组)	Real Matrix (实矩阵)
Complex double (双精度浮点复值)	Complex (复数)
1D Array Complex double (一维双精度浮点复矩阵)	Complex Vector (复向量)
Multidimensional Array Complex double (多维双精度浮点复矩阵)	Complex Matrix (复矩阵)



## 6.2.1 MATLAB Script实现FM解调

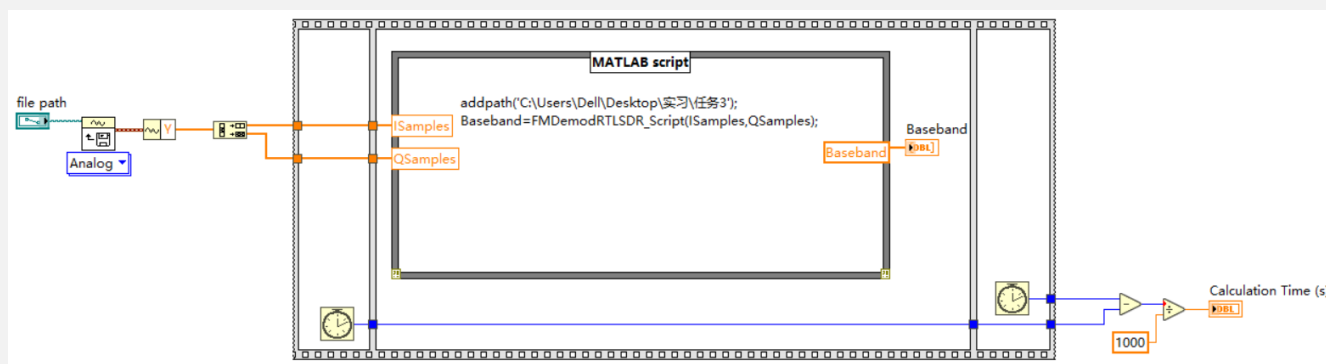
### 运行时间比较



在MATLAB script中编写MATLAB代码的运行时间:

Calculation Time (s)

0.015



在MATLAB script中直接调用m文件的运行时间:

Calculation Time (s)

0.068



## 6.2.2 DLL实现FM解调

### 解调程序编写

```
FMDemodRTLSDR_DLL.m  x  +
1  function Baseband=FMDemodRTLSDR_DLL(ISamples,QSamples)
2      %1、反正切
3      Phase = atan2(ISamples,QSamples);
4
5      %2、相位连续
6      Phase_Unwrap = unwrap(Phase);
7
8      %3、微分
9      Baseband = diff(Phase_Unwrap);
10
11  end
12
```



## 6.2.2 DLL实现FM解调

### DLL文件生成

To convert MATLAB to C, you must define the type of each input for every entry point function. [Learn more](#)

To **automatically define input types**, call FMDemodRTLSDR\_DLL or enter a script that calls FMDemodRTLSDR\_DLL in the MATLAB prompt below:

>>

Autodefine Input Types



FMDemodRTLSDR\_DLL.m


ISamples	double(1 x 35831)
QSamples	double(1 x 35831)

Does this code use global variables? ☒ No ☐ Yes



## 6.2.2 DLL实现FM解调

### DLL文件生成

Build type:  Dynamic Library ▼

Output file name: FMDemodRTLSDR\_DLL



Language ☒ C ☐ C++  
☐ Generate code only

Hardware Board MATLAB Host Computer ▼

Device	Generic	MATLAB Host Computer
	Device vendor	Device type

Toolchain Automatically locate an installed toolchain ▼

---

 More Settings  Generate

## 6.2.2 DLL实现FM解调



### DLL文件生成

MATLAB Coder - FMDemodRTLSDR\_DLL.prj

Generate Code GENERATE VERIFY CODE

Source Code FMDemodRTLSDR\_DLL

```
15 /* Function Definitions */
16
17 /*
18  * 1、 反正切
19  * Arguments : const double ISamples[35830]
20  *             const double QSamples[35830]
21  *             double Baseband[35829]
22  * Return Type : void
23  */
24 void FMDemodRTLSDR_DLL(const double ISamples[35830], const double QSamples[35830],
25                        double Baseband[35829])
26 {
27     static double Phase[35830];
28     b_atan2(ISamples, QSamples, Phase);
29
30     /* 2、 相位连续 */
31     unwrap(Phase);
32
33     /* 3、 微分 */
34     diff(Phase, Baseband);
35 }
```

Output Files

- FMDemodRTLSDR\_DLL\_terminate.c
- FMDemodRTLSDR\_DLL.c
- main.c
- rt\_nonfinite.c
- rtGetInf.c
- rtGetNaN.c
- unwrap.c
- atan2.h
- diff.h
- FMDemodRTLSDR\_DLL\_initialize.h
- FMDemodRTLSDR\_DLL\_terminate.h
- FMDemodRTLSDR\_DLL\_types.h
- FMDemodRTLSDR\_DLL.h
- main.h
- rt\_defines.h
- rt\_nonfinite.h
- rtGetInf.h
- rtGetNaN.h
- rtwtypes.h
- unwrap.h
- index.html
- FMDemodRTLSDR\_DLL.def
- FMDemodRTLSDR\_DLL.dll
- FMDemodRTLSDR\_DLL.lib

Build Log Variables

Variable	Type	Size
Input		
ISamples	double	1 x 35830
QSamples	double	1 x 35830
Output		
Baseband	double	1 x 35829
Local		
Phase	double	1 x 35830

Back Next



## 6.2.2 DLL实现FM解调

### LabVIEW调用DLL

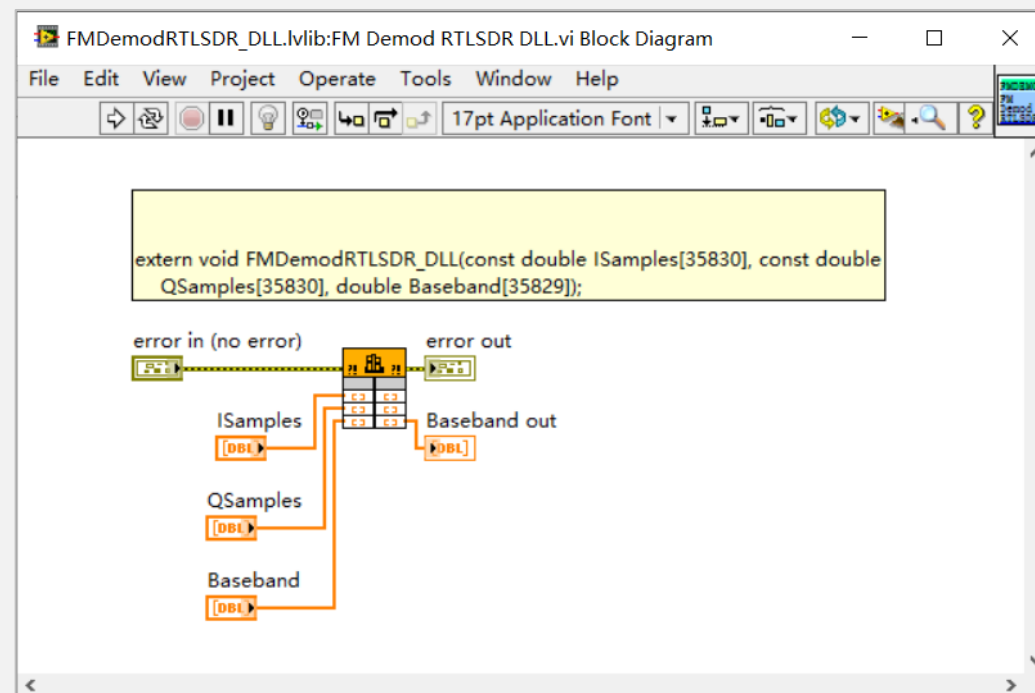
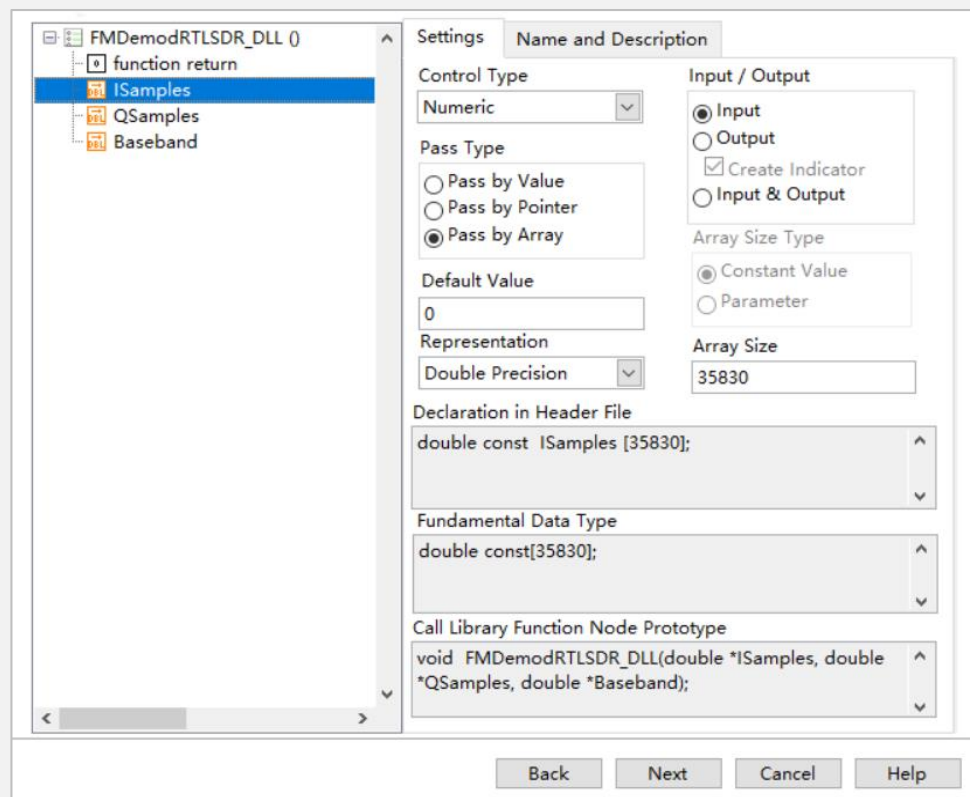
The shared library contains 3 function(s). The declarations of 1 function(s) are found and recognized in the header file and these function(s) can be wrapped. The remaining function(s) cannot be wrapped. If you want to import these functions, please review the warning messages next to the functions below. You will need to fix the problems before you can continue with the wizard.

<input checked="" type="checkbox"/> FMDemodRTLSDR_DLL ()	FMDemodRTLSDR_DLL
X FMDemodRTLSDR_DLL_initialize ()	void
X FMDemodRTLSDR_DLL_terminate ()	FMDemodRTLSDR_DLL(double *ISamples, double *QSamples, double *Baseband);



## 6.2.2 DLL实现FM解调

### LabVIEW调用DLL

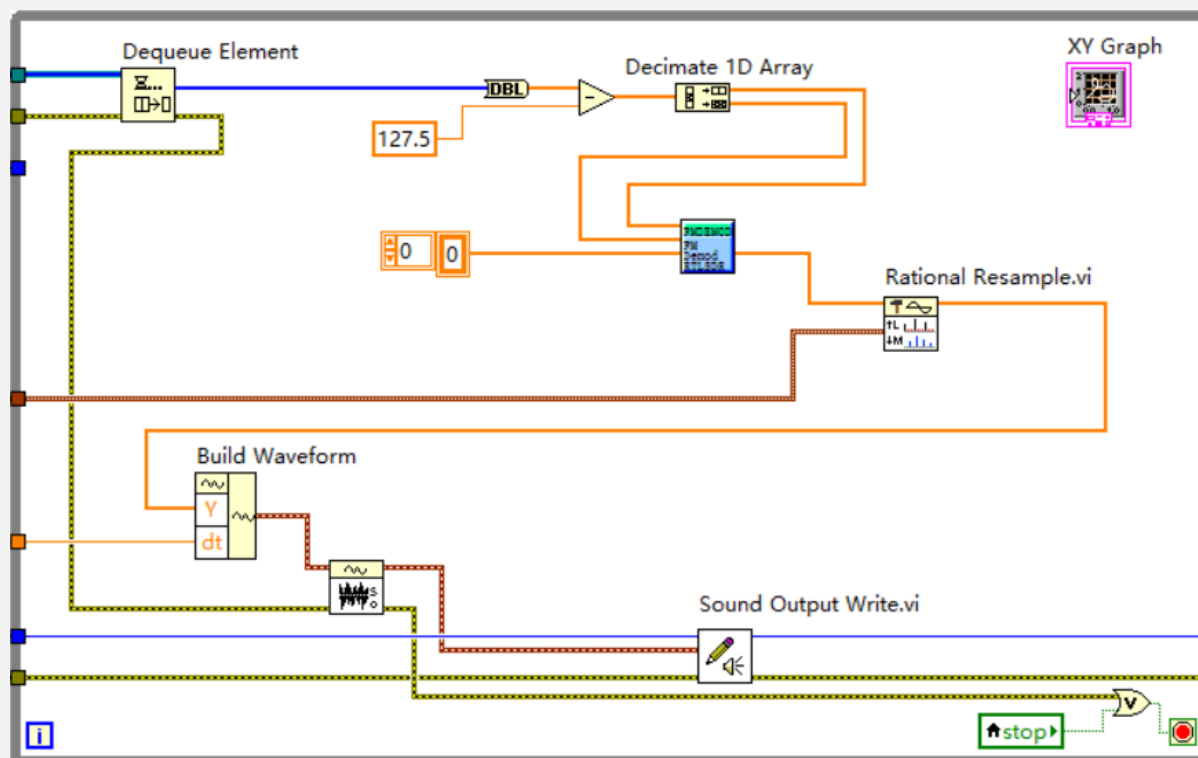






## 6.2.2 DLL实现FM解调

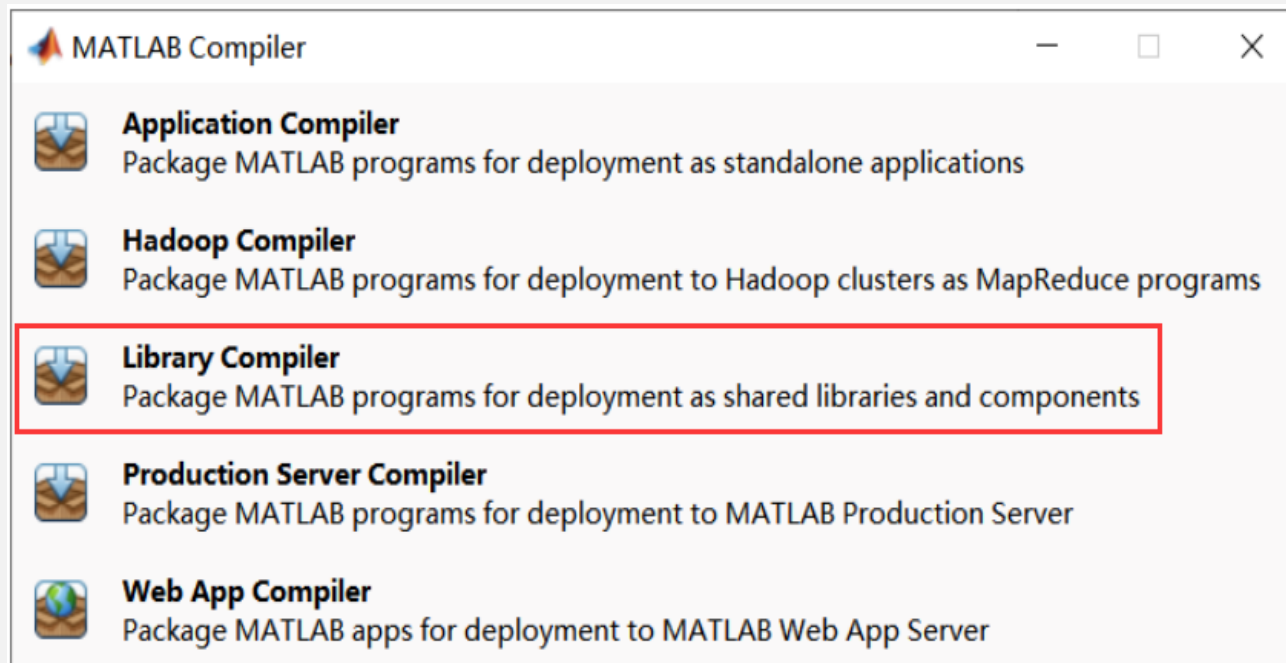
程序框图





## 6.2.3 COM组件实现FM解调

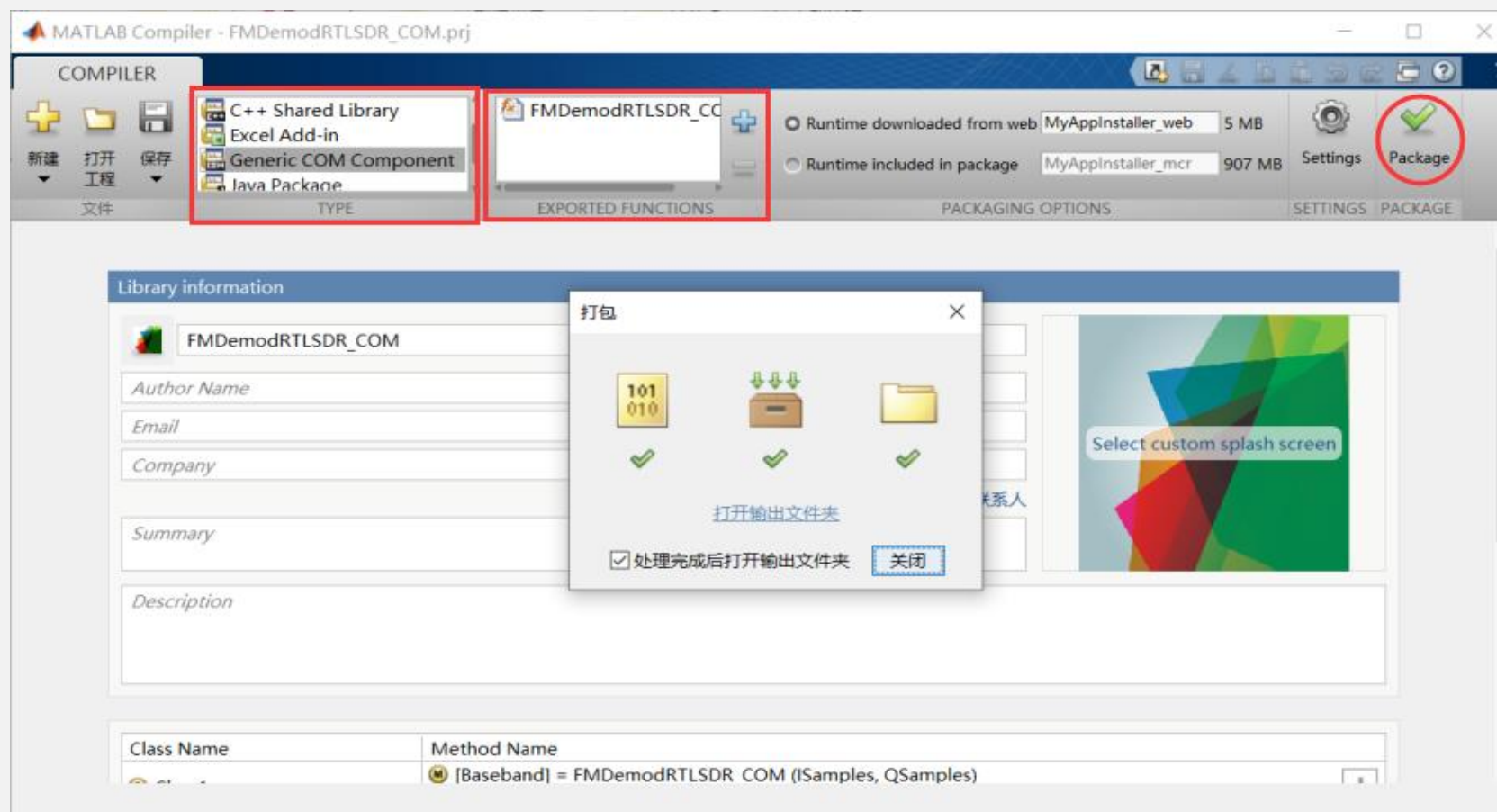
### COM组件生成





## 6.2.3 COM组件实现FM解调

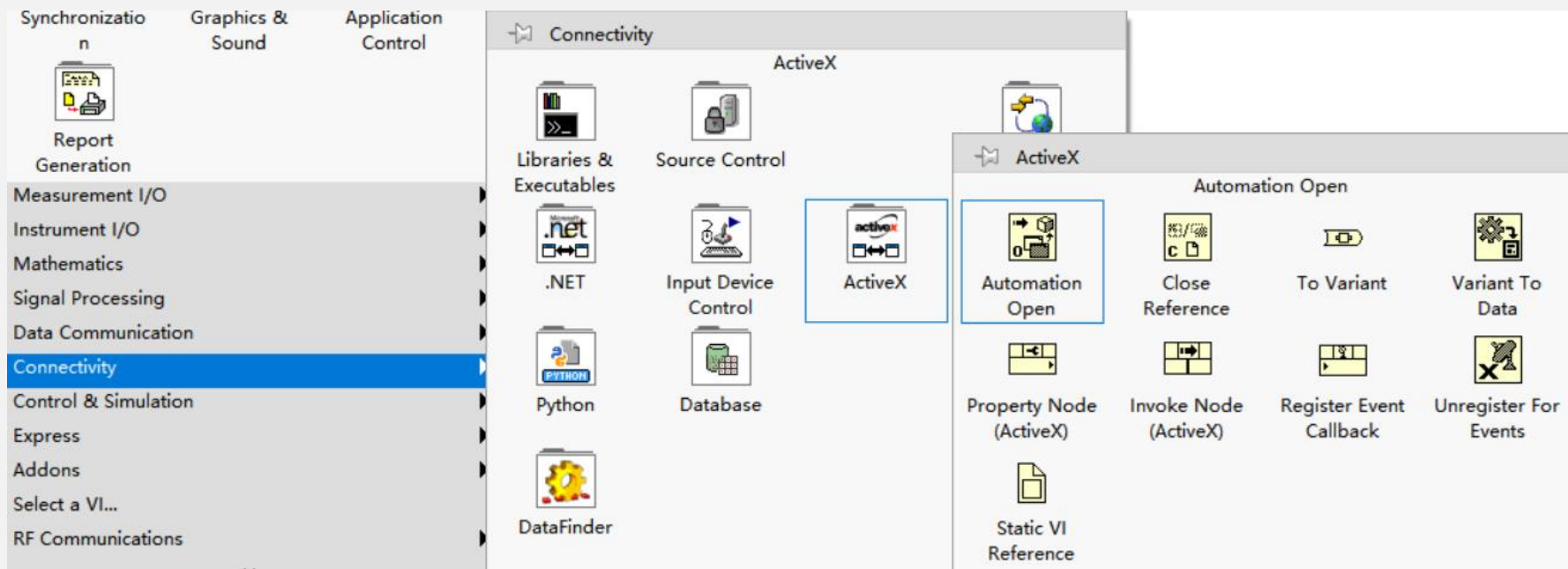
### COM组件生成





## 6.2.3 COM组件实现FM解调

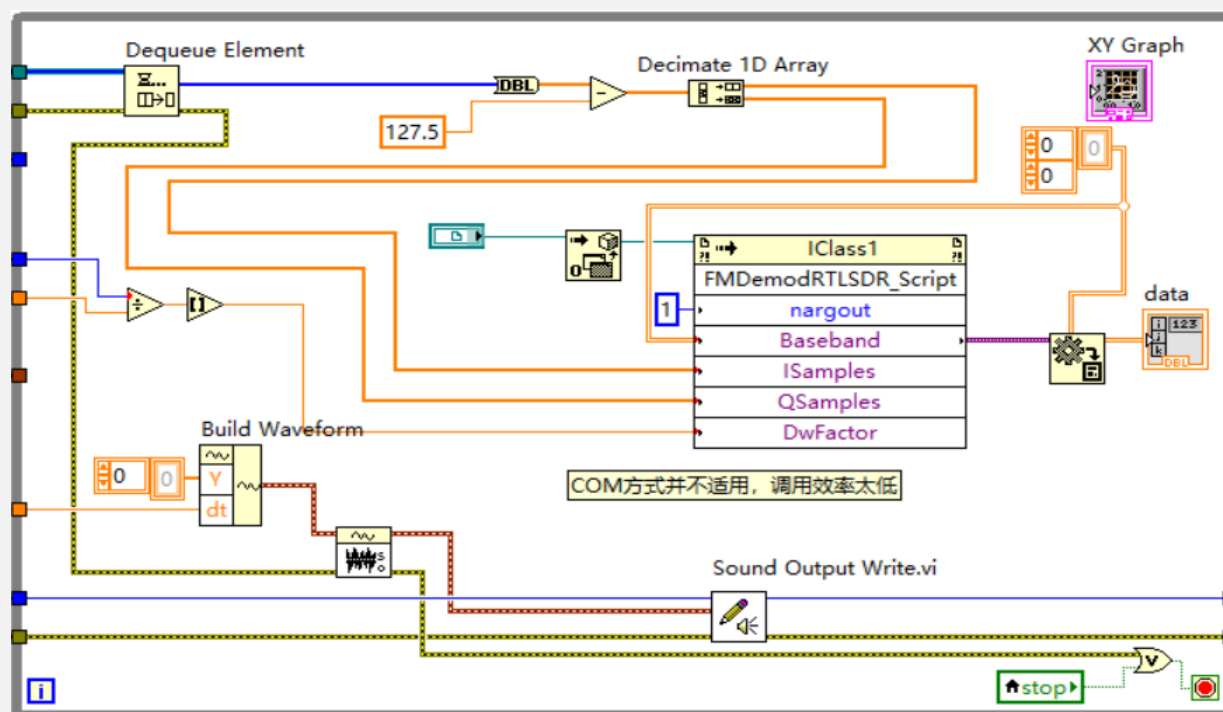
### LabVIEW调用COM组件





## 6.2.3 COM组件实现FM解调

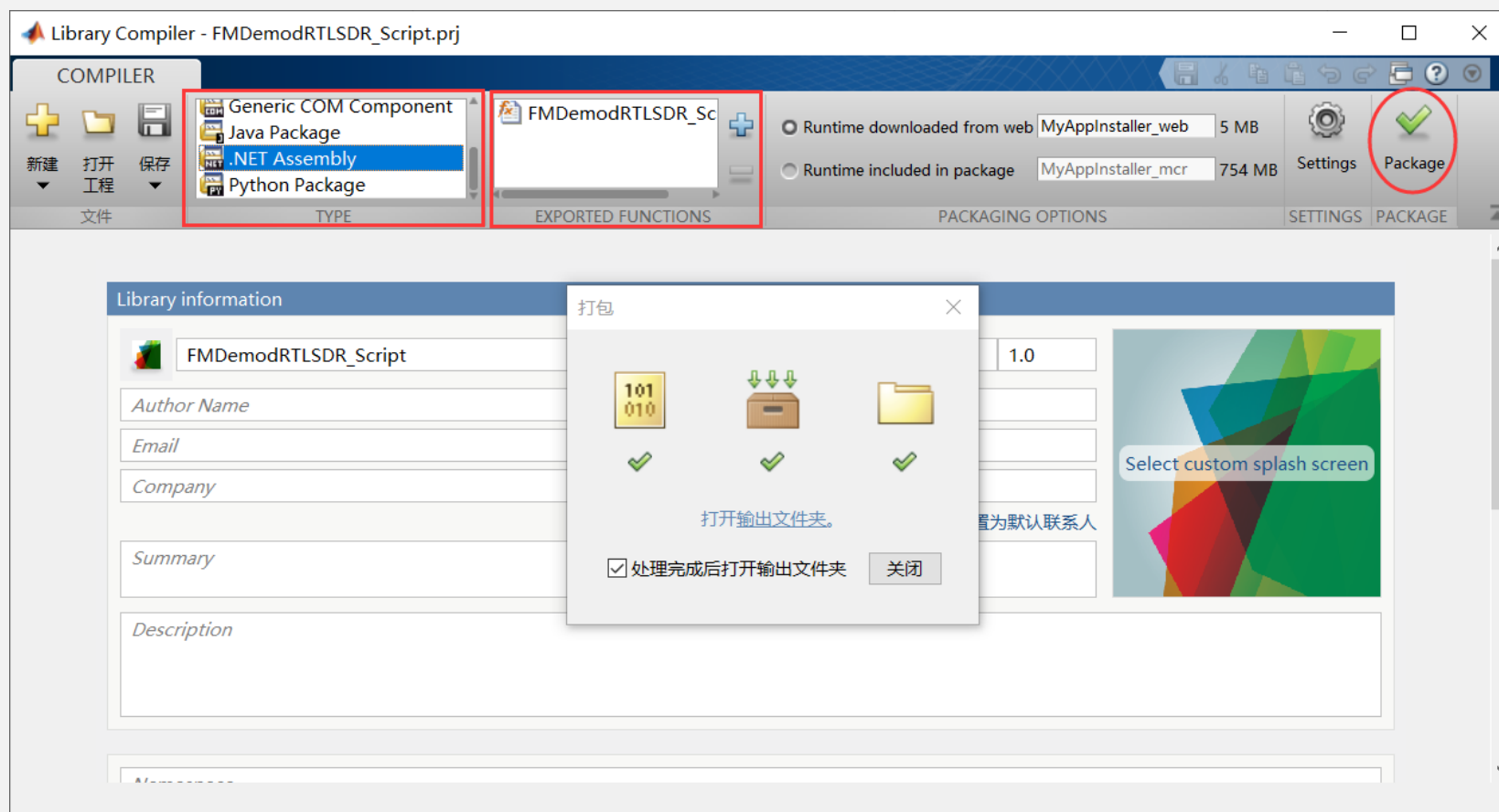
程序框图





## 6.2.4 .NET组件实现FM解调

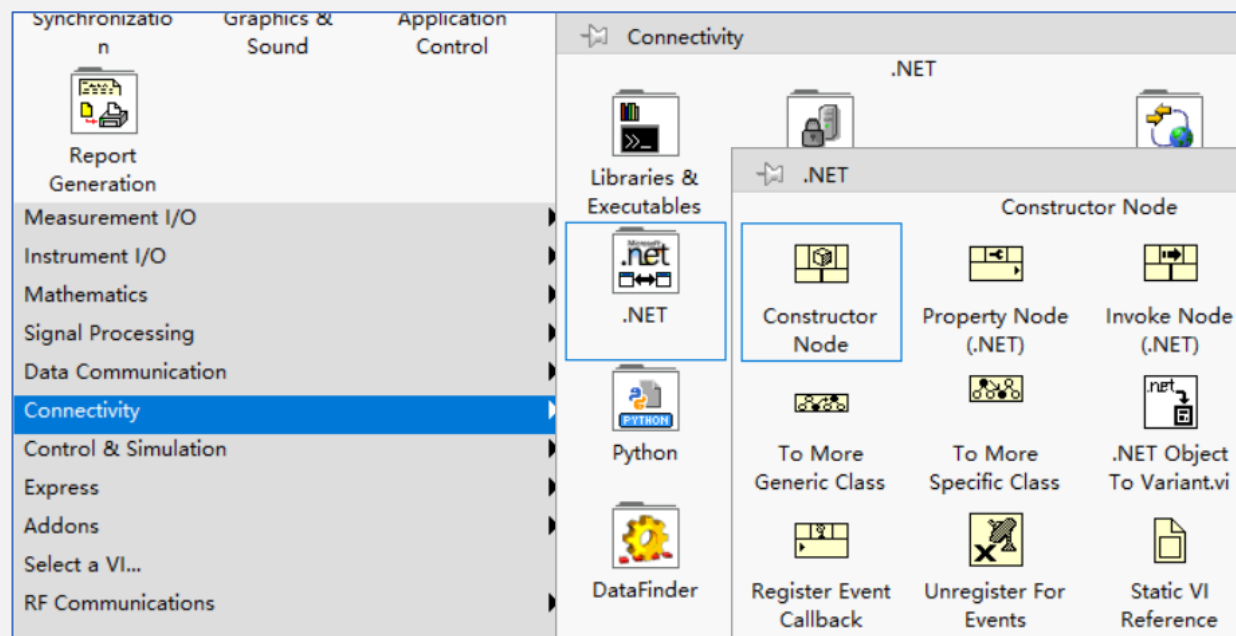
### .NET组件生成





## 6.2.4 .NET组件实现FM解调

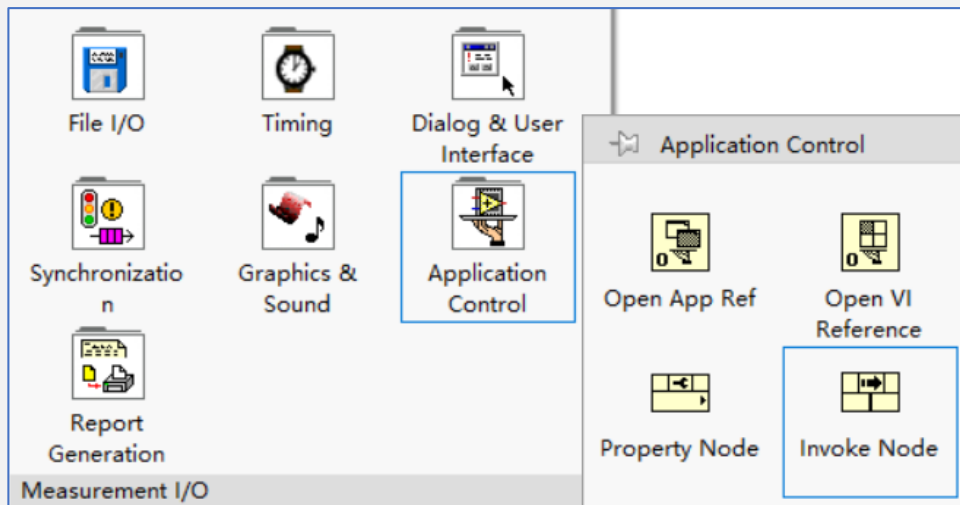
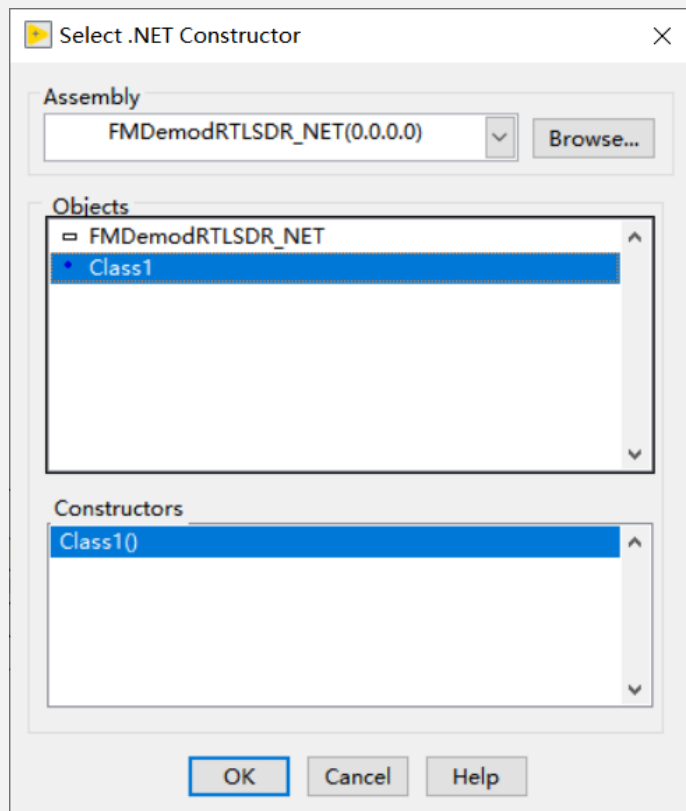
### LabVIEW调用.NET组件





## 6.2.4 .NET组件实现FM解调

### LabVIEW调用.NET组件

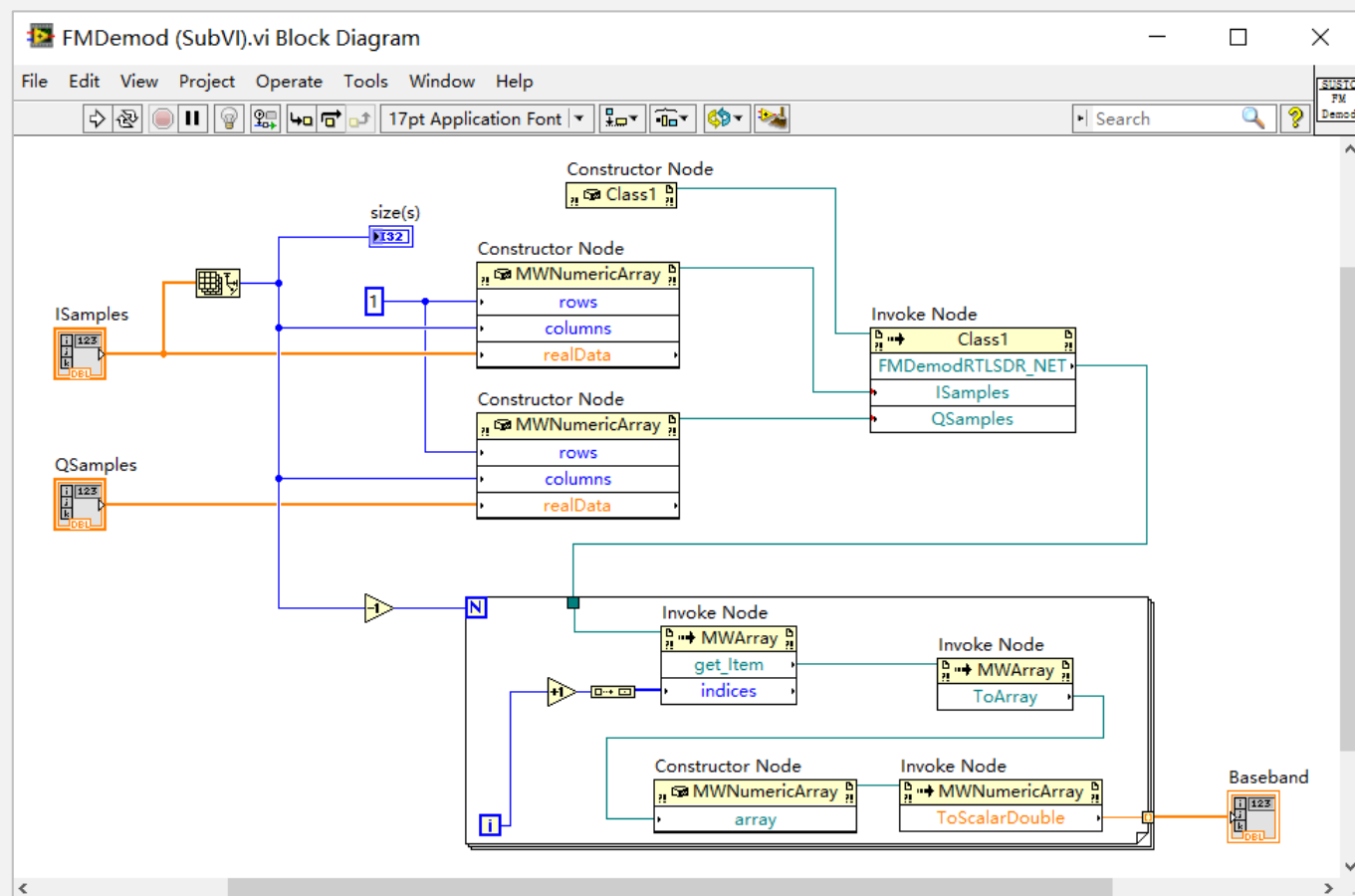




## 6.2.4 .NET组件实现FM解调



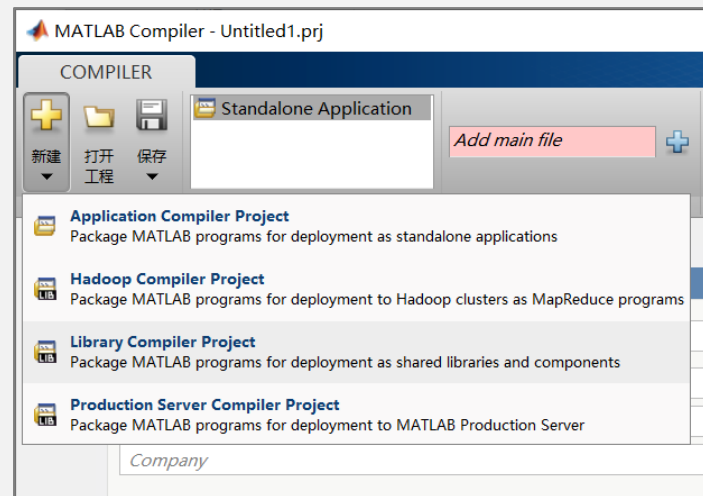
程序框图





## 本章内容:

- 混合编程基础
- FM混合编程解调实例
- 混合编程方法的比较
- 安装Windows SDK 7.1





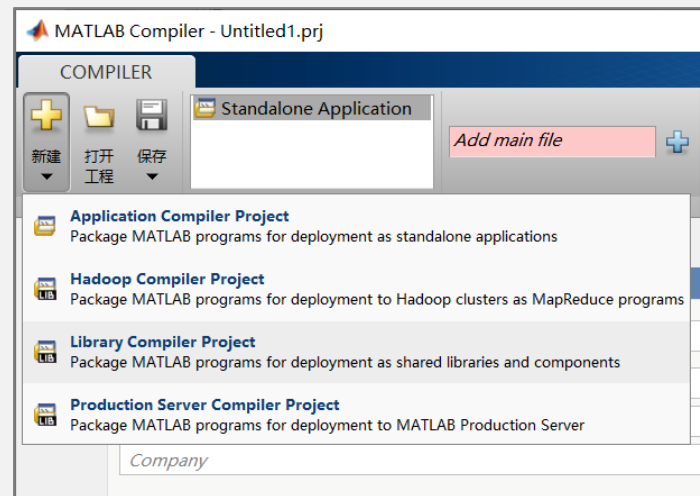
## 6.3 混合编程方法的比较

- (1) MATLAB script节点：快捷方便，但不利于较大的应用程序开发。
- (2) 生成、调用DLL文件：节省内存、磁盘空间，但与开发语言相关，在使用不同语言、不同版本的软件加载DLL时，可能会出现错误。
- (3) COM组件：基于对象的组件开发模式，可以由不同的开发语言编写，又可以脱离该语言环境进行使用；以接口对功能分类，便于组织，对大型程序来说使用COM优势更为明显；但COM方式编写程序较为复杂，程序的运行效率并不高。
- (4) .NET组件：COM的新一版本的组件开发技术，可使用不同的编程语言进行编写，可以在本地进程中使用，也可以跨进程使用或者在网络上使用；通过使用程序集清单来进行自我引用；通过强制类型转换来使用不同的接口，不需要通过中间接口查询。



## 本章内容:

- 混合编程基础
- FM混合编程解调实例
- 混合编程方法的比较
- 安装Windows SDK 7.1





## 6.4 Windows SDK 7.1编译器安装

MATLAB Product Family – Release 2016a									
Compiler	MATLAB	MATLAB Compiler	MATLAB Compiler SDK				MATLAB Coder	SimBiology	Fixed Point Designer
	For MEX-file compilation, <b>loadlibrary</b> , and external usage of MATLAB Engine and MAT-file APIs	Excel add-in for desktop	C/C++ & COM	.NET	Java	Excel add-in for MPS	For all features	For accelerated computation	For accelerated computation
<b>MinGW 4.9.2</b> C/C++ (Distributor: TDM-GCC) Available at no charge	✓						✓ <sub>6</sub>	✓	✓
Microsoft Visual C++ 2015 Professional	✓	✓	✓	✓ <sub>4</sub>			✓	✓	✓
Microsoft Visual C++ 2013 Professional	✓	✓	✓	✓ <sub>4</sub>			✓	✓	✓
Microsoft Visual C++ 2012 Professional	✓	✓	✓	✓ <sub>4</sub>			✓	✓	✓
Microsoft Visual C++ 2010 Professional SP1	✓	✓	✓	✓ <sub>4</sub>			✓	✓	✓
Microsoft Windows SDK 7.1 Available at no charge; requires .NET Framework 4.0	✓	✓	✓				✓ <sub>6</sub>	✓	✓






<https://ww2.mathworks.cn/support/requirements/previous-releases.html>



## 6.4 Windows SDK 7.1编译器安装

(1) 卸载Microsoft Visual Studio C++ 2010部分组件

(2) 修改Windows SDK 7.1安装包内的配置文件

 Setup	2020/2/13 1:38	文件夹	
 Autorun.inf	2010/4/20 11:49	安装信息	1 KB
 ReleaseNotes.Htm	2010/5/11 11:09	360 Chrome HT...	145 KB
 setup.exe	2010/5/14 12:11	应用程序	72 KB
 winsdk_dvdamd64.msi	2010/5/14 19:06	Windows Install...	119 KB



## 6.4 Windows SDK 7.1编译器安装

WinSDKWin32Tools_amd64	2020/2/13 1:38	文件夹	
custsat_amd64.dll	2010/5/14 14:50	应用程序扩展	58 KB
custsat_ia64.dll	2010/5/14 16:44	应用程序扩展	103 KB
custsat_x86.dll	2010/5/14 12:11	应用程序扩展	39 KB
SDKSetup.cab	2010/5/14 18:39	WinRAR 压缩文件	23 KB
SDKSetup.exe	2010/5/14 12:11	应用程序	1,585 KB
SDKSetup.exe.config	2020/2/13 1:44	CONFIG 文件	1 KB

SDKSetup.exe.config - 记事本

文件(E) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

```
<?xml version="1.0"?>
<configuration>
  <startup>
    <supportedRuntime version="v2.0.50727"/>
    <supportedRuntime version="v3.0"/>
    <supportedRuntime version="v3.5"/>
    <supportedRuntime version="v4.0"/>
    <supportedRuntime version="v4.5"/>
    <supportedRuntime version="v4.6"/>
    <supportedRuntime version="v4.7"/>
    <supportedRuntime version="v4.8"/>
  </startup>
</configuration>
```



## 6.4 Windows SDK 7.1编译器安装

### (4) 验证Windows SDK 7.1

命令行窗口

```
>> mex -setup
```

MEX 配置为使用 '**Microsoft Windows SDK 7.1 (C)**' 以进行 c 语言编译。

警告: MATLAB C 和 Fortran API 已更改, 现可支持

包含  $2^{32}-1$  个以上元素的 MATLAB 变量。不久以后,

您需要更新代码以利用

新的 API。您可以在以下网址找到相关详细信息:

[http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab\\_external/upgrading-mex-files-to-use-64-bit-api.html](http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_external/upgrading-mex-files-to-use-64-bit-api.html)。

要选择不同的 c 编译器, 请从以下选项中选择一种命令:

[MinGW64 Compiler \(C\)](#) `mex -setup:'C:\Program Files\MATLAB\R2016a\bin\win64\mexopts\mingw64.xml' C`

[Microsoft Windows SDK 7.1 \(C\)](#) `mex -setup:C:\Users\OTA\AppData\Roaming\MathWorks\MATLAB\R2016a\mex_C_win64.xml C`

要选择不同的语言, 请从以下选项中选择一种命令:

[mex -setup C++](#)

[mex -setup FORTRAN](#)

 >>



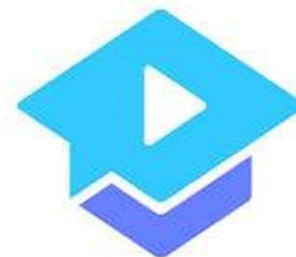


- Question ?





【通信新说】



腾讯课堂