

# Matlab与C混合编程

Eastern(ZCL)

## 目录

|          |                             |          |
|----------|-----------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>引言</b>                   | <b>2</b> |
| <b>2</b> | <b>使用mex编译c函数</b>           | <b>2</b> |
| 2.1      | 一个例子 . . . . .              | 2        |
| 2.2      | 编写源代码 . . . . .             | 3        |
| 2.3      | 创建桥梁变量 . . . . .            | 3        |
| 2.4      | 创建 MEX 文件 . . . . .         | 5        |
| 2.5      | 调用 MEX 文件 . . . . .         | 5        |
| <b>3</b> | <b>Mex文件的数据流</b>            | <b>6</b> |
| 3.1      | 输入和输出 . . . . .             | 6        |
| 3.2      | mexFunction 的数据流动 . . . . . | 7        |
| <b>4</b> | <b>尾声</b>                   | <b>8</b> |

## 1 引言

matlab是Mathworks公司推出的一款强大的仿真软件。由于其简单易用，建模迅捷，函数库保罗万象，因此得到广泛使用，尤其在通信与信息系统仿真中更是大显身手。matlab使用的语言也叫matlab，是一门脚本语言。脚本语言的特性决定了其编写方便快捷，但是运行速度却不及C/C++等编译型语言。为综合脚本语言和编译型语言的优点，matlab支持与C的混合编程。本文是我的matlab与C混合编程系列博文的第一篇，主要介绍matlab如何调用C语言编写的函数。在之后的一些博文中介绍matlab提供的调用C函数需要使用的API。

这一系列博文的诸多例子来自matlab自带的帮助文档。在学习的过程中，结合自己的心得，成此博文。读者完全可以通过matlab的帮助文档来学习如何使用这些API。但matlab的帮助文档略显生硬，有些冷冰冰。在涉及重点以及可能会碰到的bug时，不会像我在这里大声疾呼：“这是个坑，小心”。因此我认为这些博文还是有其存在的价值。当然，我也力图博文朗朗上口，深入浅出，读起来引人入胜。

## 2 使用mex编译c函数

我们知道在C语言编程过程中，每一个程序都包含 `main` 函数。在 `main` 函数中，我们可以调用我们编写的其他函数。如果要在matlab脚本中调用c函数，需要一个特殊的函数将用户自己定义的函数封装起来。这个函数叫做 `mexFunction`，`mexFunction` 就像一座桥梁一样链接了matlab脚本语言和C这种编译型语言，matlab调用 `mexFunction`，`mexFunction` 调用用户自定义的函数。接下来用一个简单的例子演示如何使用 `mexFunction` 将我们定义的函数封装起来以及如何在matlab中调用这个C函数。

### 2.1 一个例子

假设我们要实现：一个标量  $x$  乘以一个适量  $Y$ ，结果保存在矢量  $Z$  中。整个过程如式2.1所示。

$$Z = xY \quad (2.1)$$

我们用C语言实现这个功能，函数命名为 `arrayProduct`，代码如下(这个例子就来自matlab的帮助文档)：

```
1 void arrayProduct(double x, double *Y, double *Z, int n)
2 {
3     int i;
4
5     for (i=0; i<n; i++) {
6         Z[i] = x * Y[i];
7     }
8 }
```

## 2.2 编写源代码

打开matlab编辑器，创建一个新文件，为其添加文件头

```
/*
 *arrayProduct.c - example in MATLAB External Interfaces
 *
 * Multiplies an input scalar (multiplier)
 * times a 1xN matrix (inMatrix)
 * and outputs a 1xN matrix (outMatrix)
 *
 * The calling syntax is:
 *
 *           outMatrix = arrayProduct(multiplier, inMatrix)
 *
 * This is a MEX-file for MATLAB.
 */
#include "mex.h"
```

以上代码来自matlab的帮助文档，其为我们展示了如何编写一个清新脱俗的文件头。最后一行是调用 C/C++ 函数必须的头文件，其包含了matlab定义的一些API。先把这个文件保存起来，文件名为 `arrayProduct.c`，在后面我们用 `mex` 命令编译的 MEX 文件会自动命名为 `arrayProduct`。在matlab的脚本里调用 `arrayProduct` 就像调用matlab的内嵌函数一样。对于用户来讲 `mexFunction` 是透明的，不用关心的。`mexFunction` 需要程序员写好，供用户使用，然后程序员深藏功与名，幕后螺丝钉。

## 2.3 创建桥梁变量

这一部分是最重要的，在我学习matlab和c混合编程过程中，这一步用的时间最多。前文曾提到：每一个C程序都有一个 `main` 函数，但是matlab里有 `mexFunction` 函数。刚才的 `arrayProduct.c` 文件里添加 `mexFunction` 函数如下所示：

```
/* The gateway function */
void mexFunction(int nlhs, mxArray *plhs[],
                  int nrhs, const mxArray *prhs[])
{
    /* variable declarations here */

    /* code here */
}
```

初看 `mexFunction` 函数会感觉一头雾水，`main` 函数才最多两个输入参数，这个就有四个，而且指针的类型都没有见过。莫慌，表1解释了 `mexFunction` 的参数，我在后文还会附上详细解释。

这里的左手边参数和右手边参数指的是matlab调用 `arrayProduct` 的过程中使用的实际参数，而 `mexFunction` 需要做的工作是把matlab调用的参数与用户定义的 `arrayProduct.c`

表 1: mexFunction 函数的参数含义

| 参数名  | 含义                                               | 备注                         |
|------|--------------------------------------------------|----------------------------|
| nlhs | number of output (left-side) arguments, plhs 的大小 | number of left hand side   |
| plhs | array of arguments, 输出参数的指针列表                    | pointer of left hand side  |
| nrhs | number of input (right-side) arguments, prhs 的大小 | number of right hand side  |
| prhs | array of input arguments, 输入参数的指针列表              | pointer of right hand side |

里的 `arrayProduct` 对应起来。假设现在我们已经把C函数 `arrayProduct` 变成了matlab可以调用的函数。其调用过程为：

```
x = 2;
Y = [4, 3, 8];
Z = arrayProduct(x,Y)
```

那么，其 `nlhs=1`，`nrhs=2`，`plhs`。在 `mexFunction` 中，`plhs` 就是指向 `Z` 的指针，`prhs` 就是指向 `x,Y` 的指针数组，因为右手边有两个参数，所以 `prhs` 是一个指针数组，`prhs[0]` 指向 `x`，`prhs[1]` 指向 `Y`。

好了，刚才我们简单解释了一下桥梁函数 `mexFunction` 的输入和输出，现在实现桥梁变量，到现在为止你的 `arrayProduct.c` 中的内容应该是：

```
1  /*
2  *arrayProduct.c - example in MATLAB External Interfaces
3  *
4  * Multiplies an input scalar (multiplier)
5  * times a 1xN matrix (inMatrix)
6  * and outputs a 1xN matrix (outMatrix)
7  *
8  * The calling syntax is:
9  *
10 *           outMatrix = arrayProduct(multiplier, inMatrix)
11 *
12 * This is a MEX-file for MATLAB.
13 */
14 #include "mex.h"
15 void arrayProduct(double x, double *Y, double *Z, int n)
16 {
17     int i;
18
19     for (i=0; i<n; i++) {
20         Z[i] = x * Y[i];
21     }
22 }
23 /* The gateway function */
24 void mexFunction(int nlhs, mxArray *plhs[],
25                 int nrhs, const mxArray *prhs[])
26 {
27     /* variable declarations here */
28 }
```

```

29  /* code here */
30  }

```

我们要在 `mexFunction` 函数体里定义与 `x Y Z` 对应的桥梁变量，这些桥梁变量链接了matlab脚本和 `arrayProduct` 函数。

```

void mexFunction(int nlhs, mxArray *plhs[],
                  int nrhs, const mxArray *prhs[])
{
    /* variable declarations here */
    double multiplier; /*input scalar x */
    double *inArray;   /* 1xN input array */
    int     arraySize; /* size of array*/
    double *outArray;  /* 1xN output array */

    /* read input from matlab calling*/
    multiplier = mxGetScalar(prhs[0]);
    inArray     = mxGetPr(prhs[1]);
    arraySize   = mxGetN(prhs[1]);
    /* create a pointer to the output array*/
    plhs[0]     = mxCreateDoubleMatrix(1,arraySize);
    outArray    = mxGetPr(plhs[0]);
    /* call arrayProduct */
    arrayProduct(multiplier, inArray, outArray, arraySize);
}

```

至此，我们的 `arrayProduct` 就算完工了。注意：`mxGetPr` `mxGetN` `mxCreateDoubleMatrix` 这三个函数都是matlab为混合C编程提供的API，通过 `#include "mex.h"` 提供，可以在matlab的帮助文档中查找其详细用法。

## 2.4 创建 MEX 文件

创建 MEX 文件要使用 `mex` 命令。关于这个命令的使用可以在matlab的命令窗口里使用 `doc mex` 来查看其帮助文档。我们这里就仅仅使用 `mex`，不对其进行详细介绍。

```
mex arrayProduct.c -o arrayProduct
```

这样我们就生成了 MEX 文件，其名称为 `arrayProduct.mexw64`。后缀名 `mexw64` 根据操作的不同而不同，我的PC用的是64位windows 操作系统。在32位windows下，后缀名为 `mexw32`。在64位linux下，后缀名是 `mexa64`。

在上面的命令中即使不添加 `-o arrayProduct` 也会默认生成 `arrayProduct.mexw64`。这里只是演示你可以使用 `-o` 选项改写生成 MEX 的文件名。

## 2.5 调用 MEX 文件

我们在前面已经演示过怎样调用 `arrayProduct` 函数。为了根治强迫症晚期患者（就是我），这里再调用一次，整个博文内容就完满喽。

```
x = 7;
Y = [6, 1, 2];
Z = arrayProduct(x,Y)
```

输出:

```
ans =
    42    7    14
```

### 3 Mex文件的数据流

2015-11-10 Tue 20:17 通过前面的例子，我觉得有必要总结一下matlab调用mexFunction的数据流。

#### 3.1 输入和输出

假设我们的MEX文件名字是 `func.c`，该函数有两个输入和一个输出。则matlab调用该MEX文件的语法是

```
[C,D] = func(Y,Z)
```

则 `mexFunction` 的四个输入参数解释如图1所示。

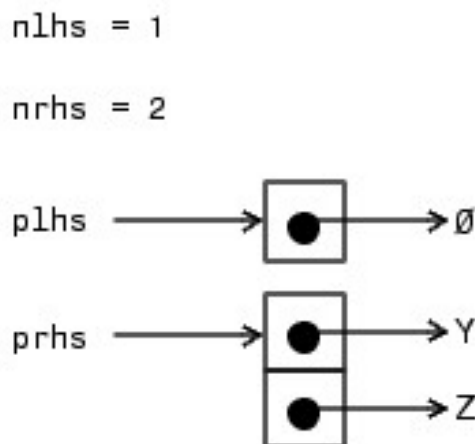


图 1: mexFunction输入输出参数

由于输入参数是两个，所以 `mexFunction` 的 `nrhs=2`；由于输出参数是2个，所以 `mexFunction` 的 `nlhs=2`。输入参数通过指针数组 `prhs` 来索引：`prhs[0]` 指向 `Y`；`prhs[1]` 指向 `Z`。输出参数通过指针 `plhs` 来获取，调用 `mexFunction` 时，该指针为空指针，我们需要在 `myFunction.c` 里面为其申请空间，并赋予 `plhs[0]` 和 `plhs[1]` 申请的内存空间地址（这一步是很重要的，再说一遍：在我们编写 `myFunction.c` 时需要在 `mexFunction` 函数体内为 `plhs[0]` 和 `plhs[1]` 赋予一个地址，指向存放输出的内存地址）。

### 3.2 mexFunction 的数据流动

当我们调用 `[C,D]=func[A,B]` 时，图2给出了输入输出的转换过程。

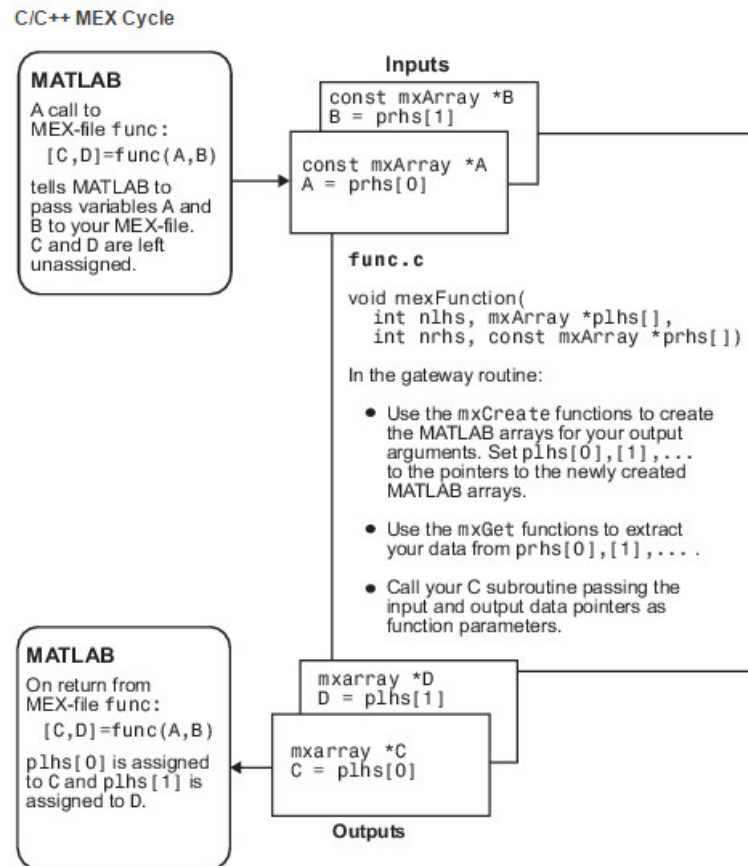


图 2: 调用`[C,D]=func[A,B]`对应的数据流程

整个过程大致可以用以下步骤描述：

1. matlab脚本调用 `[C,D]=func[A,B]` ,把 `A,B` 作为输入传送给 MEX文件，`C,D` 未赋值。（注意这一步是matlab自动为我们完成的。）
2. 在 `mexFunction` 函数里，通过 `A=prhs[0]` 和 `B=prhs[1]` 获取指向输入的地址。（注意这一步是需要我们自己完成的）
3. 使用 `mxCreate` 函数创建用于保存输出的数组，并把这些数组的地址赋给 `plhs[0]` 和 `plhs[1]` （注意这一步是需要我们自己完成的）
4. 在matlab脚本中， MEX文件的返回值通过 `plhs[0]` 和 `plhs[1]` 赋给 `C,D` 。（注意这一步是matlab自动为我们完成的。）

在上述步骤2和步骤2中，matlab为我们提供了很多API方便我们对输入和输出进行操作，比如[创建桥梁变量](#)一节用到的 `mxGetN` 等函数，还有这一节用到的 `mxCreate` 函数。这些API是matlab提供的。通过 `#include "mex.h"` 我们可以在自己的C文件中使用，就像使用C语言自带的函数库一样。 [index](#)

## 4 尾声

matlab调用C函数要点

- matlab使用 `mexFunction` 封装用户定义的C函数
- 用户使用matlab调用C函数（这里是 `arrayProduct` ）就像调用matlab的内嵌函数一样。对用户来讲， `mexFunction` 是透明的，就像不存在一样。
- matlab脚本和 `mexFunction` 之间使用 `nlhs plhs nrhs prhs` 来完成参数传递。`mexFunction` 函数使用matlab提供的API实现参数传递和matlab数据类型到C数据类型的转换。
- matlab 使用 `mex` 命令将用户编写的C文件编译成后缀名为 `mexw64` 的文件（后缀名依操作系统而定）。