

重庆邮电大学

学生实验报告册

学年学期： 2024 -2025 学年 ☐春☒秋学期

课程名称： 计算机网络

学生学院： 国际学院

专业班级： 34082201

学生学号： 2022214961

学生姓名： 周明宇

联系电话： 13329148059

重庆邮电大学教务处制

课程名称	计算机网络	课程编号	A2130350
实验地点	综合实验楼 C410/C411		
实验名称	Operating Systems Assignment3		

一、实验内容

- 实现进程间通信机制：通过使用 Linux 系统调用 **fork()**、**exec()** 和 **pipe()**，实现父子进程之间的**全双工**通信。
- 构建生产者-消费者模型：以父进程（**consumerProducerParent**）和子进程（**producerConsumerChild**）作为消费者与生产者，通过两个管道实现信息**双向**传输。
- 实现文件内容的处理与信息统计：
 - 子进程读取并发送 **editSource.txt** 内容给父进程；
 - 父进程统计**字符数、单词数和行数**，并将**大写字母转为小写**，输出到 **noUpper.txt**，统计信息输出到 **theCount.txt**；
 - 父进程将文件路径通过**管道**发送给子进程，子进程将统计结果输出，并使用 **diff** 显示两个文件的差异。
- 模块化编程与系统调用封装：创建 **encDec.h** 的头文件**封装**各类处理函数（如字符统计、管道读写、大小写转换等），并通过 **exec()** 系列系统调用进行访问。

核心目标：

结合进程管理、IPC、标准输入输出处理、文件操作、字符串处理与模块化设计，实现一个**分层、模块化的生产者-消费者模型**

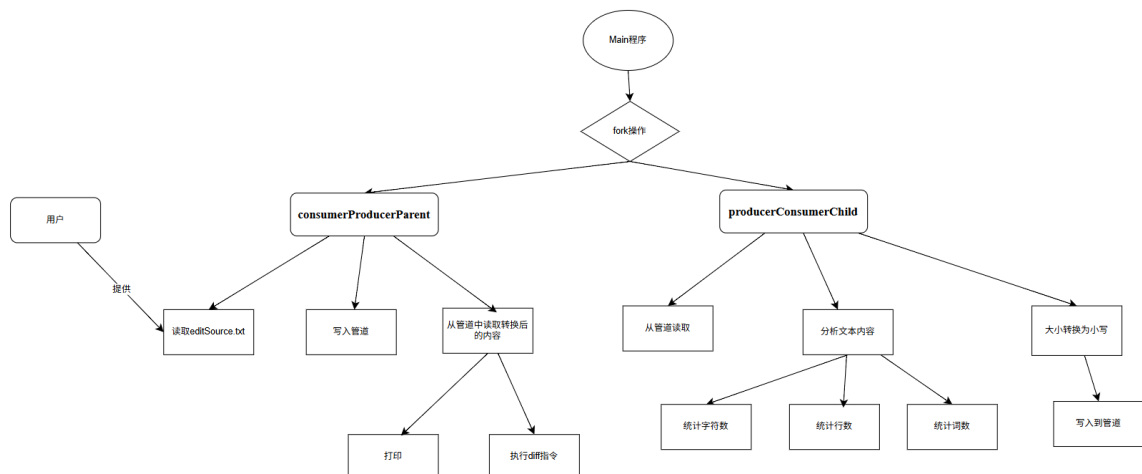


图 0 系统整体流程图

二、实验步骤及方案

① 创建 encDec.h 和 encDec.c

封装所有和文本处理、管道通信相关的功能，为 producerConsumerChild 与 consumerProducerParent 进程提供统一调用接口。

相关功能如下

`writeToPipe(int fd, const char *buffer, int size)`

- 向指定管道 fd 写入 buffer 中的 size 字节数据。
- 写入失败会打印错误信息。

```
int writeToPipe(int fd, const char *buffer, int size)
{
    int bytesWritten = write(fd, buffer, size);
    if (bytesWritten == -1)
    {
        perror("write failed");
    }
    return bytesWritten;
}
```

`readFromPipe(int fd, char *buffer, int size)`

- 从管道 fd 中读取最多 size-1 字节并保留字符串结尾 \0。
- 返回读取字节数，并打印错误信息（若出错）。

```
int readFromPipe(int fd, char *buffer, int size)
{
    int bytesRead = read(fd, buffer, size - 1);
    if (bytesRead > 0)
    {
        buffer[bytesRead] = '\0';
    }
    else if (bytesRead == -1)
    {
        perror("read failed");
    }
    return bytesRead;
}
```

`countChar(const char *text)`

- 返回文本总字符数（不包括 \0 结尾符）。

```
int countChar(const char *text)
{
    return strlen(text);
}
```

countWords(const char *text)

- 返回文本中单词数量。
- 连续空格、换行符、Tab 都被当作分隔符。

```
int countWords(const char *text)
{
    int count = 0;
    while (*text)
    {
        while (*text && isspace((unsigned char)*text))
            text++; // 跳过空格
        if (*text)
            count++; // 找到一个新单词
        while (*text && !isspace((unsigned char)*text))
            text++; // 跳过当前单词
    }
    return count;
}
```

countLines(const char *text)

- 统计文本中的行数（基于 \n）。
- 空文本返回 0，非空则至少算作 1 行。

```
// 计算文本中的行数
int countLines(const char *text)
{
    int count = 0;
    const char *p = text;

    while (*p)
    {
        if (*p == '\n') // 检测换行符
            count++;
        p++;
    }

    // 如果文本非空，且最后一个字符不是 '\n'，说明还有一行
    if (p != text && p[-1] != '\n')
        count++;

    return count; // 返回行数
}
```

```
}
```

toLowerCase(char *text)

- 将输入字符串中所有大写字符转为小写。
- 传入空指针将不会执行任何操作。

```
void toLowerCase(char *text)
{
    if (text == NULL)
        return; // 避免空指针错误
    while (*text)
    {
        *text = tolower((unsigned char)*text);
        text++;
    }
}
```

每个函数**独立、清晰、可重用**，将所有与 pipe 和文本操作相关的功能被良好封装。错误处理基本健全，为主程序减少出错风险。

② 实现核心服务程序、

countCharService.c

- 统计输入字符串的字符总数（包括空格、标点符号和换行符）

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "encDec.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <string>\n", argv[0]);
        return 1;
    }

    int charCount = countChar(argv[1]);
    printf("Character count: %d\n", charCount);

    return 0;
}
```

countWordService

- 统计输入字符串中的单词数（以空白字符为分隔）

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "encDec.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <string>\n", argv[0]);
        return 1;
    }

    int wordCount = countWords(argv[1]);
    printf("Word count: %d\n", wordCount);

    return 0;
}
```

countLineService.c

- 计算文件中的行数中

```
#include <stdio.h>
#include "encDec.h"
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <string>\n", argv[0]);
        return 1;
    }

    int lineCount = countLines(argv[1]);
    printf("Line count: %d\n", lineCount);

    return 0;
}
```

toLowerCaseService.c

- 将输入字符串全部转为小写

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "encDec.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <string>\n", argv[0]);
        return 1;
    }

    toLowerCase(argv[1]);
    printf("Lowercase string: %s\n", argv[1]);

    return 0;
}
```

readFromPipeService.c

- 从管道中读取文件

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include <fcntl.h>
#include "encDec.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <pipe_fd>\n", argv[0]);
        return 1;
    }

    int fd = atoi(argv[1]);
    char buffer[1024];

    int bytesRead = readFromPipe(fd, buffer, sizeof(buffer));
```

```

    if (bytesRead > 0)
    {
        printf("Read from pipe: %s\n", buffer);
    }
    else
    {
        fprintf(stderr, "Error reading from pipe\n");
    }

    return 0;
}

```

writeToPipeService.c

- 将内容写入管道

```

#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "encDec.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    if (argc != 3)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <pipe_fd> <string>\n", argv[0]);
        return 1;
    }

    int fd = atoi(argv[1]);
    const char *text = argv[2];

    int bytesWritten = writeToPipe(fd, text, strlen(text));
    if (bytesWritten == -1)
    {
        fprintf(stderr, "Error writing to pipe\n");
    }
    else
    {
        printf("Written to pipe: %s\n", text);
    }

    return 0;
}

```


③ 实现主程序

程序通过父子进程合作，利用管道进行数据传输。父进程负责读取源文件并传递给子进程，子进程进行文件内容的处理和统计，生成两个输出文件并将其路径发送回父进程。父进程展示文件统计信息并执行 `diff` 命令进行对比。

1 管道的创建

首先，程序创建了两个管道：`pipe1` 和 `pipe2`。管道用于父进程和子进程之间进行进程间通信（IPC）。

```
int pipe1[2], pipe2[2];
if (pipe(pipe1) == -1 || pipe(pipe2) == -1)
{
    perror("pipe creation failed");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
```

- `pipe1` 用于将父进程的文本数据传送到子进程。
- `pipe2` 用于将子进程的结果（如文件路径信息）传回父进程。

每个管道由两个文件描述符组成：

- 读端（`pipe1[READ_END]` 和 `pipe2[READ_END]`）。
- 写端（`pipe1[WRITE_END]` 和 `pipe2[WRITE_END]`）。

2. 创建子进程

使用 `fork()` 创建一个子进程，并通过判断 `pid` 的值来区分父进程和子进程的行为。

```
pid_t pid = fork();
if (pid == -1)
{
    perror("fork failed");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
```

- 如果 `fork()` 返回 0，说明是子进程；如果返回正值，是父进程。
- 如果 `fork()` 返回负值，表示创建子进程失败。

3. 子进程的操作

子进程的操作主要有以下几部分：

3.1 关闭不需要的管道端

子进程只需要读取 pipe1 和写入 pipe2，因此需要关闭不相关的管道端：

```
close(pipe1[WRITE_END]);  
close(pipe2[READ_END]);
```

3.2 从管道读取数据

子进程通过 `read(pipe1[READ_END], buffer, sizeof(buffer) - 1)` 从父进程传来的管道中读取数据，读取的是 `editSource.txt` 文件的内容。

```
char buffer[4096];  
int bytesRead = read(pipe1[READ_END], buffer, sizeof(buffer) - 1);  
if (bytesRead <= 0)  
{  
    perror("read from pipe1 failed");  
    exit(EXIT_FAILURE);  
}  
buffer[bytesRead] = '\0';
```

如果读取失败（例如文件为空或管道错误），程序会终止。否则，读取到的数据保存在 `buffer` 中。

3.3 执行外部服务程序

子进程通过 `execvp()` 调用执行四个外部服务程序，用于对文件内容进行统计（字符数、单词数、行数）和转换为小写。

```
char *countCharArgs[] = { "./countCharService", buffer, NULL };  
char *countWordArgs[] = { "./countWordService", buffer, NULL };  
char *countLineArgs[] = { "./countLineService", buffer, NULL };  
char *toLowerArgs[] = { "./toLowerCaseService", buffer, NULL };  
  
executeService("./countCharService", countCharArgs);  
executeService("./countWordService", countWordArgs);  
executeService("./countLineService", countLineArgs);  
executeService("./toLowerCaseService", toLowerArgs);
```

- `countCharService`：统计字符数。
- `countWordService`：统计单词数。
- `countLineService`：统计行数。
- `toLowerCaseService`：将文本转为小写。

这些服务都使用 `execvp()` 来调用，执行时将 `buffer` 内容传递给这些服务的命令行参数。

3.4 创建 noUpper.txt 和 theCount.txt

在执行统计操作后，子进程生成两个文件：

1. noUpper.txt：存储将文本转换为小写后的内容。
2. theCount.txt：存储统计结果，包括字符数、单词数和行数。

```
FILE *noUpperFile = fopen("noUpper.txt", "w");
if (!noUpperFile)
{
    perror("failed to create noUpper.txt");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
fprintf(noUpperFile, "%s", buffer);
fclose(noUpperFile);

FILE *countFile = fopen("theCount.txt", "w");
if (!countFile)
{
    perror("failed to create theCount.txt");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
fprintf(countFile, "Number of characters: %d\n", strlen(buffer));
fprintf(countFile, "Number of words: %d\n", countWords(buffer));
fprintf(countFile, "Number of lines: %d\n", countLines(buffer));
fclose(countFile);
```

- 使用 fopen 创建文件，如果创建失败，程序终止。
- 使用 fprintf 将统计信息写入 theCount.txt，并将转换为小写的文本写入 noUpper.txt。

3.5 获取文件的绝对路径

为了将文件路径传回父进程，子进程需要获取文件的绝对路径。

```
char noUpperPath[PATH_MAX];
char countPath[PATH_MAX];
realpath("noUpper.txt", noUpperPath);
realpath("theCount.txt", countPath);
```

realpath() 获取文件的绝对路径，将路径存入 noUpperPath 和 countPath。

3.6 通过管道传递文件路径信息

子进程将 theCount.txt 和 noUpper.txt 的路径信息通过管道 pipe2 传递给父进

程。

```
char pathInfo[PATH_MAX * 2 + 2];
snprintf(pathInfo, sizeof(pathInfo), "%s\n%s", countPath, noUpperPath);
write(pipe2[WRITE_END], pathInfo, strlen(pathInfo));
```

3.7 子进程退出

子进程完成所有任务后，关闭管道端并退出。

```
close(pipe1[READ_END]);
close(pipe2[WRITE_END]);
exit(EXIT_SUCCESS);
```

4. 父进程的操作

父进程的任务是：

1. 从 editSource.txt 文件读取内容并通过管道发送给子进程。
2. 从 pipe2 中读取子进程传回的文件路径信息。
3. 显示 theCount.txt 的内容。
4. 执行 diff 命令比较 editSource.txt 和 noUpper.txt。

4.1 读取 editSource.txt 文件内容

父进程打开 editSource.txt 文件并读取其内容：

```
FILE *sourceFile = fopen("editSource.txt", "r");
if (!sourceFile)
{
    perror("failed to open editSource.txt");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

fseek(sourceFile, 0, SEEK_END);
long fileSize = ftell(sourceFile);
fseek(sourceFile, 0, SEEK_SET);

char *fileContent = malloc(fileSize + 1);
if (!fileContent)
{
    perror("memory allocation failed");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

fread(fileContent, 1, fileSize, sourceFile);
fileContent[fileSize] = '\0';
fclose(sourceFile);
```

父进程首先读取文件的大小，然后分配内存存储文件内容，最后将内容写入管道 pipe1。

4.2 从管道读取文件路径信息

父进程从 pipe2 中读取子进程发送的文件路径信息，解析出 theCount.txt 和 noUpper.txt 的路径。

```
char pathInfo[PATH_MAX * 2 + 2];
int bytesRead = read(pipe2[READ_END], pathInfo, sizeof(pathInfo) - 1);
if (bytesRead <= 0)
{
    perror("read from pipe2 failed");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
pathInfo[bytesRead] = '\0';

char *countPath = strtok(pathInfo, "\n");
char *noUpperPath = strtok(NULL, "\n");
```

4.3 显示 theCount.txt 内容

父进程打开 theCount.txt 文件并打印其内容。

```
FILE *countFile = fopen(countPath, "r");
if (countFile)
{
    char line[256];
    printf("Contents of theCount.txt:\n");
    while (fgets(line, sizeof(line), countFile))
    {
        printf("%s", line);
    }
    fclose(countFile);
}
```

4.4 执行 diff 命令

父进程执行 diff 命令，比较 editSource.txt 和 noUpper.txt，显示两者之间的差异。

```
printf("\nResult of diff command:\n");
char diffCommand[PATH_MAX * 2 + 20];
```

```
snprintf(diffCommand, sizeof(diffCommand), "diff editSource.txt noUpper.txt");
system(diffCommand);
```

4.5 父进程退出

父进程关闭管道并等待子进程结束。

```
close(pipe1[WRITE_END]);
close(pipe2[READ_END]);
wait(NULL);
```

1

三. 结果及分析

Linux > Ubuntu > home > ICSI412 > Assignment3				
排序 查看 ...				
名称	修改日期	类型	大小	
countCharService.c	2025/4/7 19:05	C 源文件	1 KB	
countLineService.c	2025/4/7 19:05	C 源文件	1 KB	
countWordService.c	2025/4/7 19:05	C 源文件	1 KB	
editSource.txt	2025/4/7 13:04	文本文档	1 KB	
encDec.c	2025/4/1 15:12	C 源文件	2 KB	
encDec.h	2025/4/7 13:07	C Header 源文件	2 KB	
Main.c	2025/4/1 15:35	C 源文件	6 KB	
readFromPipeService.c	2025/4/7 19:05	C 源文件	1 KB	
toLowerCaseService.c	2025/4/7 19:05	C 源文件	1 KB	
writeToPipeService.c	2025/4/13 18:37	C 源文件	1 KB	

图 1 文件所在位置

① 编译程序

```
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3#
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# clear
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# gcc -c encDec.c -o encDec.o
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# gcc countCharService.c encDec.o -o countCharService
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# gcc countLineService.c encDec.o -o countLineService
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# gcc countWordService.c encDec.o -o countWordService
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# gcc readFromPipeService.c encDec.o -o readFromPipeService
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# gcc toLowerCaseService.c encDec.o -o toLowerCaseService
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# gcc writeToPipeService.c encDec.o -o writeToPipeService
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# gcc Main.c encDec.o -o run
```

图 2 编译程序

② 运行程序

```
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# ./run
```

图 3 运行程序

1

③ 结果

```
Character count: 928
Word count: 155
Line count: 14
Lowercase string: joke:
mcafee-question: is windows a virus?
no, windows is not a virus. here's what viruses do:
1. they replicate quickly-okay, windows does that.
2. viruses use up valuable system resources, slowing down the system as they do so-okay, windows does that.
3. viruses will, from time to time, trash your hard disk-okay, windows does that too.
4. viruses are usually carried, unknown to the user, along with valuable programs and systems. but, windows
does that, too.
5. viruses will occasionally make the user suspect their system is too slow (see 2.) and the user will buy new
hardware. yup, that's with windows, too.
until now it seems windows is a virus but there are fundamental differences:
viruses are well supported by their authors, are running on most systems, their program code is fast, compact
and efficient and they tend to become more sophisticated as they mature.
so, windows is not a virus. it's a bug.
Contents of theCount.txt:
Number of characters: 928
Number of words: 155
Number of lines: 14
```

图 4 显示字符数，词数，行数

以及转换为小写的文本内容

使用 wc 指令验证结果是否正确

```
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# wc -c editSource.txt
928 editSource.txt
```

图 5 统计文件中字符数

```
root@LAPTOP-0CUR2SRA:/home/ICSI412/Assignment3# wc -l editSource.txt
14 editSource.txt
```

图 6 统计文件行数

与程序输出结果一致

```

Result of diff command:
1,7c1,7
< Joke:
< McAfee-Question: Is Windows a virus?
< No, Windows is not a virus. Here's what viruses do:
< 1. They replicate quickly-okay, Windows does that.
< 2. Viruses use up valuable system resources, slowing down the system as they do so-okay, Windows does that.
< 3. Viruses will, from time to time, trash your hard disk-okay, Windows does that too.
< 4. Viruses are usually carried, unknown to the user, along with valuable programs and systems. But, Windows
---
> joke:
> mcafee-question: is windows a virus?
> no, windows is not a virus. here's what viruses do:
> 1. they replicate quickly-okay, windows does that.
> 2. viruses use up valuable system resources, slowing down the system as they do so-okay, windows does that.
> 3. viruses will, from time to time, trash your hard disk-okay, windows does that too.
> 4. viruses are usually carried, unknown to the user, along with valuable programs and systems. but, windows
9,12c9,12
< 5. Viruses will occasionally make the user suspect their system is too slow (see 2.) and the user will buy new
< hardware. Yup, that's with Windows, too.
< Until now it seems Windows is a virus but there are fundamental differences:
< Viruses are well supported by their authors, are running on most systems, their program code is fast, compact
---
> 5. viruses will occasionally make the user suspect their system is too slow (see 2.) and the user will buy new
> hardware. yup, that's with windows, too.
> until now it seems windows is a virus but there are fundamental differences:
> viruses are well supported by their authors, are running on most systems, their program code is fast, compact
14c14
< So, Windows is not a virus. It's a bug.
\ No newline at end of file
---
> so, windows is not a virus. it's a bug.
\ No newline at end of file

```

图 7 diff 指令输出的结果

四、心得体会

本次实验让我系统地掌握了进程间通信的基本机制，尤其是通过 pipe 管道实现父子进程之间的全双工通信。通过 fork() 创建子进程，并结合 exec() 系列函数执行不同的处理任务，加深了我对进程控制与资源分配的理解。

实验中构建的生产者-消费者模型，使我清晰地认识到进程功能划分与协同工作的重要性。父进程与子进程通过两个管道分别进行信息传输和任务响应，有效体现了并发编程中的协作思想。

此外，文本统计与大小写转换的功能实现，也让我熟悉了文件读写与字符串处理在系统层级下的具体操作。封装模块函数至 encDec.h，并统一通过系统调用访问，进一步增强了我对模块化编程的认识和实际应用能力。

总体而言，该实验有效地将操作系统的理论知识与实际编程相结合，提升了我对系统调用、进程通信、文件操作等内容的综合掌握水平，为后续深入学习操作系统原理和系统编程打下了坚实的基础。

代码附录

encDec.h

```

#ifndef ENCDEC_H
#define ENCDEC_H

```



```
#include <unistd.h>    // 用于 pipe 相关函数声明
#include <sys/types.h> // 用于 size_t 等类型

/**
 * 向管道写入数据
 * @param fd 管道文件描述符
 * @param buffer 要写入的数据缓冲区
 * @param size 要写入的字节数
 * @return 成功返回写入的字节数，失败返回-1
 */
int writeToPipe(int fd, const char *buffer, int size);

/**
 * 从管道读取数据
 * @param fd 管道文件描述符
 * @param buffer 存储读取数据的缓冲区
 * @param size 缓冲区大小
 * @return 成功返回读取的字节数，失败返回-1
 */
int readFromPipe(int fd, char *buffer, int size);

/**
 * 统计字符数
 * @param text 要统计的文本
 * @return 字符数量（包含结束符）
 */
int countChar(const char *text);

/**
 * 统计单词数
 * @param text 要统计的文本
 * @return 单词数量（以空白字符分隔）
 */
int countWords(const char *text);

/**
 * 统计行数
 * @param text 要统计的文本
 * @return 行数（以换行符分隔）
 */
int countLines(const char *text);

/**
 * 将字符串转换为小写
 * @param text 要转换的字符串（会被原地修改）
 */
```

```
void toLowerCase(char *text);
```

```
#endif // ENCDEC_H
```

encDec.c

```
#include "encDec.h"
```

```
#include <unistd.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
#include <ctype.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <errno.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
// 向管道写入数据
```

```
int writeToPipe(int fd, const char *buffer, int size)
```

```
{
```

```
    int bytesWritten = write(fd, buffer, size); // 写入数据到管道
```

```
    if (bytesWritten == -1)
```

```
    {
```

```
        perror("write failed"); // 写入失败时输出错误信息
```

```
    }
```

```
    return bytesWritten; // 返回实际写入的字节数
```

```
}
```

```
// 从管道读取数据
```

```
int readFromPipe(int fd, char *buffer, int size)
```

```
{
```

```
    int bytesRead = read(fd, buffer, size - 1); // 从管道读取数据
```

```
    if (bytesRead > 0)
```

```
    {
```

```
        buffer[bytesRead] = '\0'; // 确保字符串以'\0'结尾
```

```
    }
```

```
    else if (bytesRead == -1)
```

```
    {
```

```
        perror("read failed"); // 读取失败时输出错误信息
```

```
    }
```

```
    return bytesRead; // 返回实际读取的字节数
```

```
}
```

```
// 计算文本中的字符数
```

```
int countChar(const char *text)
```

```
{
```

```
    return strlen(text); // 返回字符串的长度
```

```
}
```

```
// 计算文本中的单词数
int countWords(const char *text)
{
    int count = 0;
    while (*text)
    {
        while (*text && isspace((unsigned char)*text)) // 跳过空格
            text++;
        if (*text)
            count++; // 找到一个新单词
        while (*text && !isspace((unsigned char)*text)) // 跳过当前单词
            text++;
    }
    return count; // 返回单词数
}

// 计算文本中的行数
int countLines(const char *text)
{
    int count = 0;
    const char *p = text;

    while (*p)
    {
        if (*p == '\n') // 检测换行符
            count++;
        p++;
    }

    // 如果文本非空，且最后一个字符不是 '\n'，说明还有一行
    if (p != text && p[-1] != '\n')
        count++;

    return count; // 返回行数
}

// 将文本转换为小写
void toLowerCase(char *text)
{
    if (text == NULL)
        return; // 避免空指针错误
    while (*text)
    {
        *text = tolower((unsigned char)*text); // 转换为小写字母
        text++;
    }
}
```

```
}
```

countCharService.c

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "encDec.h"

int main(int argc, char *argv[])
{
    // 检查命令行参数数量，确保只有一个参数传入
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <string>\n", argv[0]); // 提示正确的用法
        return 1; // 如果参数不对，则返回错误代码 1
    }

    // 调用 countChar 函数来计算传入字符串的字符数
    int charCount = countChar(argv[1]);
    // 输出字符数
    printf("Character count: %d\n", charCount);

    return 0; // 正常结束程序
}
```

countLineService.c

```
#include <stdio.h>
#include "encDec.h" // 包含自定义的头文件，定义了 countLines 函数等
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    // 检查命令行参数数量，确保只有一个参数传入
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <string>\n", argv[0]); // 提示正确的用法
        return 1; // 如果参数不对，则返回错误代码 1
    }
}
```

```

}

// 调用 countLines 函数来计算传入字符串中的行数
int lineCount = countLines(argv[1]);
// 输出行数
printf("Line count: %d\n", lineCount);

return 0; // 正常结束程序
}

```

countWordService.c

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "encDec.h" // 引入自定义头文件，包含 countWords 函数的声明

int main(int argc, char *argv[])
{
    // 检查命令行参数数量，确保用户提供了一个字符串参数
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <string>\n", argv[0]); // 提示用户正确使用方式
        return 1; // 如果参数错误，则返回错误代码 1
    }

    // 调用 countWords 函数计算传入字符串中的单词数
    int wordCount = countWords(argv[1]);
    // 输出单词数
    printf("Word count: %d\n", wordCount);

    return 0; // 正常结束程序
}

```

readFromPipeService.c

```

#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include <fcntl.h>

```

```

#include "encDec.h" // 引入自定义头文件，包含 readFromPipe 函数的声明

int main(int argc, char *argv[])
{
    // 检查命令行参数数量，确保用户提供了管道文件描述符
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <pipe_fd>\n", argv[0]); // 提示用户正确使用方式
        return 1; // 如果参数错误，则返回错误代码 1
    }

    // 将命令行参数转为整数，表示管道文件描述符
    int fd = atoi(argv[1]);
    char buffer[1024]; // 定义一个缓冲区用来存放从管道读取的数据

    // 调用 readFromPipe 函数读取管道中的数据
    int bytesRead = readFromPipe(fd, buffer, sizeof(buffer));
    if (bytesRead > 0)
    {
        printf("Read from pipe: %s\n", buffer); // 输出从管道读取的内容
    }
    else
    {
        fprintf(stderr, "Error reading from pipe\n"); // 如果读取失败，输出错误信息
    }

    return 0; // 正常结束程序
}

```

toLowerCaseService.c

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "encDec.h" // 引入自定义头文件，包含 toLowerCase 函数的声明

int main(int argc, char *argv[])
{
    // 检查命令行参数数量，确保用户提供了要转换的小写字符串
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <string>\n", argv[0]); // 如果参数错误，打印使用
提示
        return 1; // 返回错误代码 1
    }
}

```

```

}

// 调用 toLowerCase 函数将输入字符串转换为小写
toLowerCase(argv[1]);

// 打印转换后的小写字符串
printf("Lowercase string: %s\n", argv[1]);

return 0; // 正常结束程序
}

```

writeToPipeService.c

```

#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "encDec.h" // 引入自定义头文件，包含 writeToPipe 函数的声明
#include <string.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    // 检查命令行参数数量，确保用户提供了管道文件描述符和要写入的数据
    if (argc != 3)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <pipe_fd> <string>\n", argv[0]); // 如果参数错误，
        // 打印使用提示
        return 1; // 返回错误代码 1
    }

    // 将管道文件描述符从字符串转换为整数
    int fd = atoi(argv[1]);
    // 获取要写入管道的文本数据
    const char *text = argv[2];

    // 调用 writeToPipe 函数将文本写入管道
    int bytesWritten = writeToPipe(fd, text, strlen(text));
    if (bytesWritten == -1)
    {
        // 如果写入失败，打印错误信息
        fprintf(stderr, "Error writing to pipe\n");
    }
    else

```

```

{
    // 如果写入成功，打印已写入的数据
    printf("Written to pipe: %s\n", text);
}

return 0; // 正常结束程序
}

```

Main.c

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/wait.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>
#include <limits.h>
#include <ctype.h>

#define READ_END 0 // 定义管道的读取端
#define WRITE_END 1 // 定义管道的写入端

// 执行服务程序的函数
void executeService(const char *service, char *const args[])
{
    pid_t pid = fork(); // 创建子进程
    if (pid == 0) // 如果是子进程
    {
        execvp(service, args); // 执行指定的服务
        perror("execvp failed"); // 如果 execvp 调用失败，输出错误信息
        exit(EXIT_FAILURE); // 退出子进程
    }
    else if (pid > 0) // 如果是父进程
    {
        wait(NULL); // 等待子进程结束
    }
    else
    {
        perror("fork failed"); // 如果 fork 调用失败，输出错误信息
    }
}

int main()

```



```
{
    // 创建两个管道: pipe1 用于父进程和子进程之间传递数据, pipe2 用于子进程向父进程传递路
    径信息
    int pipe1[2], pipe2[2];
    if (pipe(pipe1) == -1 || pipe(pipe2) == -1) // 创建管道失败
    {
        perror("pipe creation failed");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    pid_t pid = fork(); // 创建子进程
    if (pid == -1) // 如果 fork 失败
    {
        perror("fork failed");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    if (pid > 0) // 父进程 - producerConsumerChild
    {
        close(pipe1[READ_END]); // 父进程关闭 pipe1 的读取端
        close(pipe2[WRITE_END]); // 父进程关闭 pipe2 的写入端

        // 读取 editSource.txt 文件的内容
        FILE *sourceFile = fopen("editSource.txt", "r");
        if (!sourceFile) // 文件打开失败
        {
            perror("failed to open editSource.txt");
            exit(EXIT_FAILURE);
        }

        // 获取文件大小
        fseek(sourceFile, 0, SEEK_END);
        long fileSize = ftell(sourceFile);
        fseek(sourceFile, 0, SEEK_SET);

        // 读取文件内容到内存
        char *fileContent = malloc(fileSize + 1);
        if (!fileContent) // 内存分配失败
        {
            perror("memory allocation failed");
            exit(EXIT_FAILURE);
        }
        fread(fileContent, 1, fileSize, sourceFile);
        fileContent[fileSize] = '\0'; // 确保文件内容以'\0'结尾
        fclose(sourceFile);
    }
}
```

```

// 将文件内容写入管道 pipe1
write(pipe1[WRITE_END], fileContent, strlen(fileContent));
free(fileContent);

// 从 pipe2 读取路径信息
char pathInfo[PATH_MAX * 2 + 2];
int bytesRead = read(pipe2[READ_END], pathInfo, sizeof(pathInfo) - 1);
if (bytesRead <= 0) // 从管道读取失败
{
    perror("read from pipe2 failed");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
pathInfo[bytesRead] = '\0';

// 解析路径信息
char *countPath = strtok(pathInfo, "\n");
char *noUpperPath = strtok(NULL, "\n");

// 显示 theCount.txt 文件的内容
FILE *countFile = fopen(countPath, "r");
if (countFile)
{
    char line[256];
    printf("Contents of theCount.txt:\n");
    while (fgets(line, sizeof(line), countFile)) // 逐行读取并打印
    {
        printf("%s", line);
    }
    fclose(countFile);
}

// 执行 diff 命令
printf("\nResult of diff command:\n");
char diffCommand[PATH_MAX * 2 + 20];
snprintf(diffCommand, sizeof(diffCommand), "diff editSource.txt
noUpper.txt");
system(diffCommand); // 执行 diff 命令比较两个文件

close(pipe1[WRITE_END]); // 关闭管道
close(pipe2[READ_END]);
wait(NULL); // 等待子进程结束
}
else // 子进程 - consumerProducerParent
{
    close(pipe1[WRITE_END]); // 子进程关闭 pipe1 的写入端
    close(pipe2[READ_END]); // 子进程关闭 pipe2 的读取端
}

```

```
// 从管道 pipe1 读取父进程传递的文本数据
char buffer[4096];
int bytesRead = read(pipe1[READ_END], buffer, sizeof(buffer) - 1);
if (bytesRead <= 0) // 从管道读取失败
{
    perror("read from pipe1 failed");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
buffer[bytesRead] = '\0'; // 确保读取的文本是以'\0'结尾

// 调用各服务程序进行统计
char *countCharArgs[] = { "./countCharService", buffer, NULL };
char *countWordArgs[] = { "./countWordService", buffer, NULL };
char *countLineArgs[] = { "./countLineService", buffer, NULL };
char *toLowerArgs[] = { "./toLowerCaseService", buffer, NULL };

// 执行统计服务
executeService("./countCharService", countCharArgs);
executeService("./countWordService", countWordArgs);
executeService("./countLineService", countLineArgs);
executeService("./toLowerCaseService", toLowerArgs);

// 将文本转换为小写后写入 noUpper.txt
toLowerCase(buffer); // 转换为小写
FILE *noUpperFile = fopen("noUpper.txt", "w");
if (!noUpperFile) // 创建文件失败
{
    perror("failed to create noUpper.txt");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
fprintf(noUpperFile, "%s", buffer); // 将转换后的内容写入文件
fclose(noUpperFile);

// 创建 theCount.txt 并写入统计信息
FILE *countFile = fopen("theCount.txt", "w");
if (!countFile) // 创建文件失败
{
    perror("failed to create theCount.txt");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

// 使用修正后的统计逻辑写入文件
fprintf(countFile, "Number of characters: %d\n", bytesRead); // 精确字符数
fprintf(countFile, "Number of words: %d\n", countWords(buffer));
fprintf(countFile, "Number of lines: %d\n", countLines(buffer));
```

```
fclose(countFile);

// 获取文件的绝对路径
char noUpperPath[PATH_MAX];
char countPath[PATH_MAX];
realpath("noUpper.txt", noUpperPath);
realpath("theCount.txt", countPath);

// 将路径信息写入 pipe2
char pathInfo[PATH_MAX * 2 + 2];
snprintf(pathInfo, sizeof(pathInfo), "%s\n%s", countPath, noUpperPath);
write(pipe2[WRITE_END], pathInfo, strlen(pathInfo));

close(pipe1[READ_END]); // 关闭管道
close(pipe2[WRITE_END]);
exit(EXIT_SUCCESS); // 子进程结束
}

return 0; // 主程序结束
}
```