CSAPP lab4 cachelab实验报告

姓名：吴晨曦
学号：10242150443
实验日期：May.1-May.18

1实验解题思路

1.1 Part A: Writing a Cache Simulator

解题思路

1.读取并解析命令行参数

- 通过`int main(int argc,char *argv[])`读取命令行的参数**数量(`argc`)**和**内容(`argc`)**
- 利用`getopt`函数来解析命令行参数，读取**cache的基本参量（s,E,b),模式参数(v)**和**文件名。**并利用`switch case`来给对应的全局变量赋值。
- `getopt` 每次调用会返回当前解析到的选项字符（如 `'v'`、`'s'` 等）到`opt`，如果没有更多选项可解析，则返回 `-1`。对应代码如下：

```
void parseCommand(int argc,char* argv[]){
    int opt;
    while((opt=getopt(argc,argv,"vs:E:b:t:"))!=-1){
        switch (opt){
            case 'v':
                verbose=1;//verbose模式
                break;
            case 's':
                s=atoi(optarg);
                S=1<<s;
                break;
            case 'E':
                E=atoi(optarg);
                break;
            case 'b':
                b=atoi(optarg);
                break;
            case 't':
                strcpy(filename,optarg);
                break;
            default:
                break;
            }
        }
    }
```

2.逐行读文件中的trace

- 通过`FILE* fp=fopen(filename,"r")`来**读取文件**；通过`fgets(buffer,1000,fp)`来**以字符数组的形式读取每一行的trace**；通过`n=sscanf(buffer," %c %x,%d",&type,&address,&temp)`来**从每一行的字符数组中按指定格式提取`type`,`address`及`temp`（`n`为成功匹配的变量个数）。**

- 输入的 trace 的格式为：`[space]type address, size`。`size` 在此题中**没有用处**；`address` 是**进行cache操作的参数**（决定在 `cache` 中是否命中）；操作的 `type` 有4 种，决定**模拟cache需要进行操作的次数**。通过 `switch case` 进行选择。
  - `I` 表示加载指令（**不需要**任何操作）
  - `L` 加载数据（**一次**访问cache操作）
  - `S` 存储数据（**一次**访问cache操作）
  - `M` 修改数据（**两次**访问cache操作）

```
if(n<3){
    continue;
}//I加载指令的情况(不执行操作)
switch (type){
    case 'M':
        update(address);//刻意fall through 使M执行两次操作
    case 'L':
    case 'S':
        update(address);//L和S执行一次操作
        break;
}
```

3.定义并创建cache

- **定义set内的 `cache_line` 数据结构。**实际的 `cache_line` 分为 `valid` 位, `tag` 位, `block` 位，但在本题中 `block` 位没有用处，所以不需要。由于采用**LRU(最近最少使用)**的替换策略，所以需要 `stamp` **时间戳**来记录每一行 `cache_line` 的数据距离上一次使用的时间。

```
typedef struct{
    int valid,tag,stamp;//stamp是时间戳 用于记录最近最少使用
}cache_line;
```

  - 注：由于stamp时间戳是用于记录cache_line距离上一次使用的时间，所以注意**在每一行trace的操作后，所有非空的cache_line都要进行stamp的更新!**

```
void stamp_update(){
    for(int i=0;i<S;i++){
        for(int j=0;j<E;j++){
            if(cache[i][j].valid){//所有非空的cache_line
                cache[i][j].stamp++;
            }
        }
    }
    return;
}
```

- **使用malloc动态分配cahce所需空间**并进行**初始化。**

```
cache_line** cache=NULL;//指向cache的指针 全局变量
void cacheSimulate(char* filename){
    //开辟cache所需空间
    cache=(cache_line**)malloc(sizeof(cache_line*)*S);//为cache开辟S个set的空间
    for(int i=0;i<S;i++){
```

```
        cache[i]=(cache_line*)malloc(sizeof(cache_line)*E);
    }//为每一个set开辟E行cache_line的空间
    //对cache初始化
    for(int i=0;i<S;i++){
        for(int j=0;j<E;j++){
            cache[i][j].valid=0;
            cache[i][j].tag=cache[i][j].stamp=-1;
        }
    }
}
```

4.cache操作（update函数，用于判断是否hit/miss/eviction）

- 从`address`地址中提取用于**定位**的`set`（定位组）和`tag`（定位行）。

```
unsigned set=(address>>b)&((1<<s)-1);
unsigned tag=address>>(s+b);
```

- 在对应的set中查找**是否命中。若是tag匹配且valid位为1**，则命中，`hit_count`加1，**同时更新时间戳stamp为0（表示刚刚使用过）**；否则未命中，`miss_count`加1。
- miss的情况下，再查找**是否需要替换。**若是存在空cache_line(即valid为0的cache_line)，则不需要替换，将新的地址存入该行即可，**同时更新时间戳stamp为0（表示刚刚使用过）**；若是不存在空cache_line，则需要替换，`eviction_count`加1，同时**查找最近最少使用的（即时间戳最大的）行进行替换，并更新时间戳。**对应代码如下：

```
void update(unsigned address){
    unsigned set=(address>>b)&((1<<s)-1);
    unsigned tag=address>>(s+b);
    //命中的情况
    for(int i=0;i<E;i++){
        if(cache[set][i].tag==tag && cache[set][i].valid){//tag匹配且vilid为1
则匹配
            hit_count++;
            cache[set][i].stamp=0;//更新时间戳
            if(verbose) printf("hit ");  //verbose模式要打印
            return;
        }
    }
    //未命中的情况
    miss_count++;
    if(verbose) printf("miss ");
    ////存在空line
    for(int i=0;i<E;i++){
        if(cache[set][i].valid==0){
            cache[set][i].valid=1;
            cache[set][i].tag=tag;
            cache[set][i].stamp=0;//更新时间戳
            return;
        }
    }
    ////没有空line 只能替换
    eviction_count++;
    if(verbose) printf("eviction ");
    int max_stamp_index=0;
```

```
    for(int i=1;i<E;i++){
        if(cache[set][i].stamp>cache[set][max_stamp_index].stamp){
            max_stamp_index=i;
        }
    }//找到最近最少使用（即搁置最久）
    cache[set][max_stamp_index].tag=tag;//进行替换
    cache[set][max_stamp_index].stamp=0;//更新时间戳
    return;
}
```

5.整合（主函数）

- 总结下来，整体的步骤为：**解析命令行，读取trace，创建cache，更新cache（进行访问操作），释放内存，输出结果。**主函数代码如下：

```
int main(int argc,char *argv[]){
    parseCommand(argc,argv);//解析命令行
    cacheSimulate(filename);//模拟cache(包含读取trace，创建cache与更新cache)
    for(int i=0;i<S;i++){
        free(cache[i]);
    }
    free(cache);//释放内存
    printSummary(hit_count,miss_count,eviction_count);//输出结果
    return 0;
}
```

partA全部代码及注释：

```
#include "cachelab.h"
#include <getopt.h>//用于解析命令行参数(如optarg)
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>//getopt定义在这里
#include <string.h>
#include <stdio.h>

//定义一些需要用到的全局变量
static int verbose=0;
static int s;//set位的字节数
static int S;//总共有多少set
static int E;
static int b;//block位的字节数
static int hit_count=0;
static int miss_count=0;
static int eviction_count=0;
//定义cache_line的结构
typedef struct{
    int valid,tag,stamp;//stamp是时间戳 用于识别最近最少使用的cache_line
}cache_line;
cache_line** cache=NULL;//cache为全局变量
char filename[100];//输入的文件名

//解析命令行参数
void parseCommand(int argc,char* argv[]){
    int opt;
    while((opt=getopt(argc,argv,"vs:E:b:t:"))!=-1){
```

```
        switch (opt){
            case 'v':
                verbose=1;//verbose模式
                break;
            case 's':
                s=atoi(optarg);
                S=1<<s;
                break;
            case 'E':
                E=atoi(optarg);
                break;
            case 'b':
                b=atoi(optarg);
                break;
            case 't':
                strcpy(filename,optarg);
                break;
            default:
                break;
            }
        }
    }

//对cache进行操作(hit/miss/eviction)
void update(unsigned address){
    unsigned set=(address>>b)&((1<<s)-1);
    unsigned tag=address>>(s+b);
    for(int i=0;i<E;i++){
        if(cache[set][i].tag==tag && cache[set][i].valid){//tag匹配且valid为1才hit
            hit_count++;
            cache[set][i].stamp=0;//更新时间戳
            if(verbose) printf("hit ");//verbose模式要打印
            return;
        }
    }//hit
    miss_count++;//未hit都先miss
    if(verbose) printf("miss ");
    //接下来检查该组是否有空的cache_line
    for(int i=0;i<E;i++){
        if(cache[set][i].valid==0){
            cache[set][i].valid=1;
            cache[set][i].tag=tag;
            cache[set][i].stamp=0;
            return;
        }
    }//存在空line
    eviction_count++;//没有空line 只能eviction替换
    if(verbose) printf("eviction ");
    int max_stamp_index=0;
    for(int i=1;i<E;i++){
        if(cache[set][i].stamp>cache[set][max_stamp_index].stamp){
            max_stamp_index=i;
        }
    }//找到最近最少使用（即搁置最久）
    cache[set][max_stamp_index].tag=tag;
    cache[set][max_stamp_index].stamp=0;//进行替换
```

```
    return;
}

//时间戳更新
void stamp_update(){
    for(int i=0;i<S;i++){
        for(int j=0;j<E;j++){
            if(cache[i][j].valid){//所有不为空的cache_line
                cache[i][j].stamp++;//时间都增加
            }
        }
    }
    return;
}

//读文件 根据不同的操作进行模拟
void cacheSimulate(char* filename){
    //动态开辟cache的空间
    cache=(cache_line**)malloc(sizeof(cache_line*)*S);
    for(int i=0;i<S;i++){
        cache[i]=(cache_line*)malloc(sizeof(cache_line)*E);
    }
    //cache初始化
    for(int i=0;i<S;i++){
        for(int j=0;j<E;j++){
            cache[i][j].valid=0;
            cache[i][j].tag=cache[i][j].stamp=-1;
        }
    }
    //读文件
    FILE* fp=fopen(filename,"r");
    if(fp==NULL){
        printf("the file is wrong");
        exit(-1);//文件错误 立即终止当前程序
    }
    char buffer[1000];
    char type;//操作类型
    unsigned int address;//地址
    int temp;//block位 在本题中没用
    while(fgets(buffer,1000,fp)){//fgets成功时返回buffer,文件末尾返回null
        int n=sscanf(buffer," %c %x,%d",&type,&address,&temp);
        //从字符串中按指定格式提取数据 sscanf返回值为成功匹配的变量个数
        if(n<3){
            continue;
        }//处理type为'I'的情况
        if(verbose){
            printf("%c %x,%d ",type,address,temp);
        }//verbose模式 要打印
        switch (type)
        {
            case 'M':
                update(address);//fall through 使M模式操作两次
            case 'L':
            case 'S':
                update(address);
                break;
```

```
        }//M模式要操作两次 L/S操作一次
        if(verbose) printf("\n");
        stamp_update();//一次操作后时间戳update
    }
    fclose(fp);
    return;
}

int main(int argc,char *argv[]){
    //解析命令行
    parseCommand(argc,argv);
    //模拟cache行为
    cacheSimulate(filename);
    //释放内存
    for(int i=0;i<S;i++){
        free(cache[i]);
    }
    free(cache);
    //打印结果
    printSummary(hit_count,miss_count,eviction_count);
    return 0;
}
```

1.2 Part B: Optimizing Matrix Transpose

题目给出的cache参数为`s = 5, E = 1, b = 5`，是一个**直接映射高速缓存**（每组只有一行），有**32个组**（2的`s`次方），每行32个bits（2的`b`次方），**每行(组)可存8个`int`。**

1.2.1 32x32

未优化前的暴力做法分析

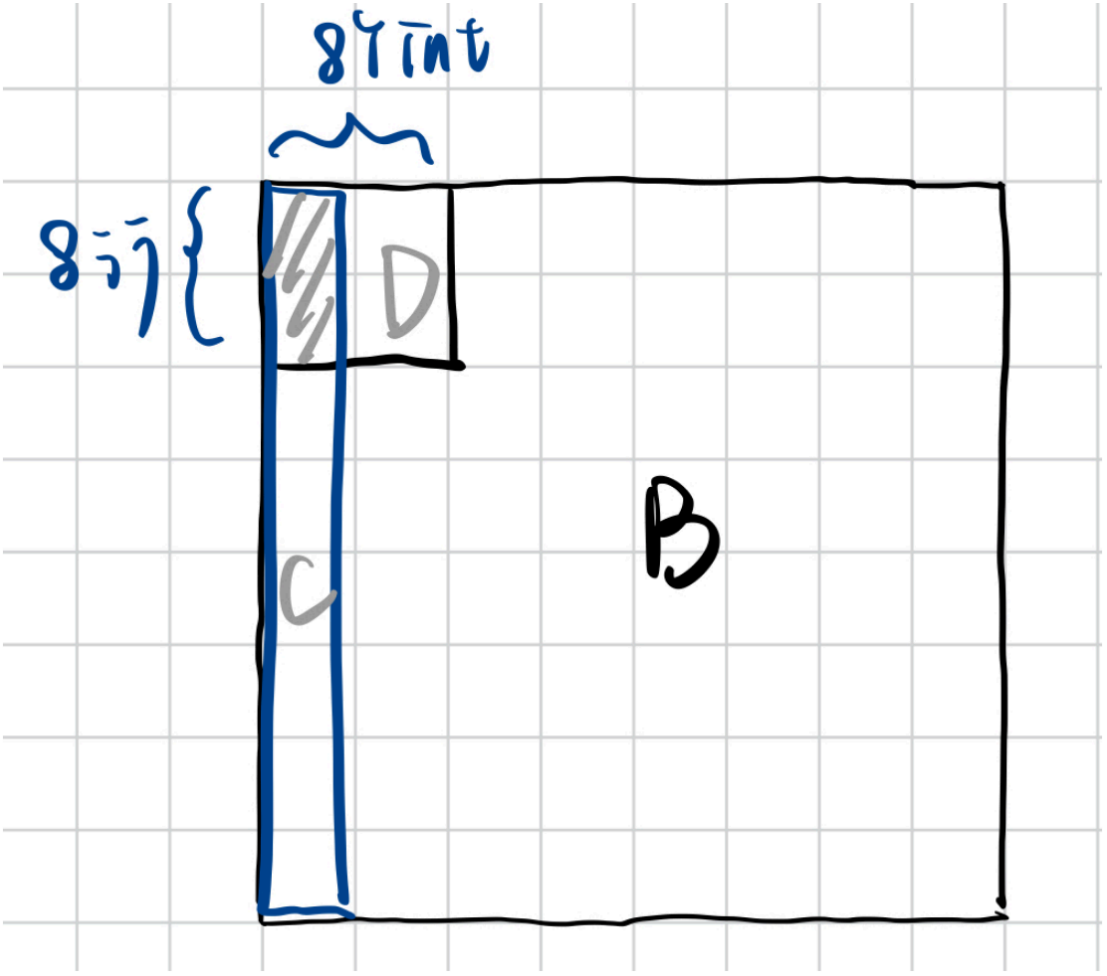
- 未进行优化前，函数**按行读取`A`矩阵，然后按列写入`B`矩阵。**实际跑出的结果**miss1184次**，远远超出题目要求的次数。

```
Function 1 (5 total)
Step 1: Validating and generating memory traces
Step 2: Evaluating performance (s=5, E=1, b=5)
func 1 (Simple row-wise scan transpose): hits:869, misses:1184, evictions:1152
```

- 对于`A`，以读A的第1行为例，在读`A[0][0]`时，除了`A[0][0]`被加载到cache中，它之后的`A[0][1]---A[0][7]`也被加载进cache。因为A刚好是按行读取的，所以在接下来读`A[0][1]---A[0][7]`时不需要重新加载，**每一行会有 32/8 = 4 次不命中，所以读`A`大概共4x32次miss。**
- 然而对于`B`，由于`B`是按列写入，而在列上相邻的元素不在一个内存块上，所以**每次写入都不命中缓存。**并且一列写完读下一列时，原来的缓存可能被覆盖了，这样就又会不命中。考虑最坏情况，`B`的每一列都有 32 次不命中，**所以写`B`大概共32x32次miss。**
- 未优化前理论的miss为**4 × 32 + 32 × 32 = 1152**次，比实际的miss(1184)少了一点，这是由于`A`和`B`的地址由于取余关系，**每个元素对应的地址是相同的，对角线部分两者会冲突**，导致了更多的miss。

优化的做法

- 由上面暴力做法导致miss的原因分析可知，主要需要优化的部分在于**写`B`时缓存的利用。**如图，在写入`B`的前 8 行后，**`B`的`D`区域就进入了缓存，而未优化解法接下来操作的是`C`**，每一个元素的写都要驱逐之前的缓存区，当来到第 2 列继续写`D`时，它对应的缓存行很可能已经被驱逐了，于是又要`miss`。**此时如果能对`D`进行操作，那么就能利用上缓存的内容，不会`miss`。**



- 于是考虑**分块**，由于`A`中的元素对应的缓存行每隔8行就会重复，尝试**8x8分块**，代码如下：

```
void trans_88(int M,int N,int A[N][M],int B[M][N]){
    for(int n=0;n<N;n+=8){
        for(int m=0;m<M;m+=8){//分成8*8的小块
            for(int i=n;i<n+8;i++){
                for(int j=m;j<m+8;j++){
                    B[j][i]=A[i][j];
                }
            }
        }
    }
}
```

结果如下：

```
Function 2 (5 total)
Step 1: Validating and generating memory traces
Step 2: Evaluating performance (s=5, E=1, b=5)
func 2 (8*8 blocking): hits:1709, misses:344, evictions:312
```

miss344次，仍然未达到题目的要求，比预期的每8次miss一次算出的4x2x32=256多了很多。

- 考虑**对角线上的块。**`A`与`B`对角线上的块**在缓存中对应的位置是相同的，而它们在转置过程中位置不变**，所以复制过程中会发生**相互冲突。**以`A`的一个对角线块`p`，`B`与`p`相应的对角线块`q`为例，复制前，`p`在缓存中。复制时，`q`会驱逐`p`。下一个开始复制`p`又被重新加载进入缓存驱逐`q`，这样就会**多产生两次**`miss`。
- 于是使用**局部变量**一次性存下A的一行再复制给B，减少重复交替访问造成的miss，代码如下（代码中3个循环局部变量，8个局部变量，共11个局部变量，符合题目至多12个局部变量的要求）：

```
for(int n=0;n<N;n+=8){
            for(int m=0;m<M;m+=8){//分成8*8的小块
                for(int i=n;i<n+8;i++){
                    a=A[i][m];
                    b=A[i][m+1];
                    c=A[i][m+2];
                    d=A[i][m+3];
                    e=A[i][m+4];
                    f=A[i][m+5];
                    g=A[i][m+6];
                    h=A[i][m+7];//使用8个局部变量，暂存A的一行

                    B[m][i]=a;
                    B[m+1][i]=b;
                    B[m+2][i]=c;
                    B[m+3][i]=d;
                    B[m+4][i]=e;
                    B[m+5][i]=f;
                    B[m+6][i]=g;
                    B[m+7][i]=h;
                }
            }
        }
```

结果如下：

```
Function 0 (5 total)
Step 1: Validating and generating memory traces
Step 2: Evaluating performance (s=5, E=1, b=5)
func 0 (Transpose submission): hits:1765, misses:288, evictions:256
```

满足要求！

1.2.2 64x64

尝试8x8分块

```
Function 1 (5 total)
Step 1: Validating and generating memory traces
Step 2: Evaluating performance (s=5, E=1, b=5)
func 1 (Simple row-wise scan transpose): hits:3473, misses:4724, evictions:4692

Function 2 (5 total)
Step 1: Validating and generating memory traces
Step 2: Evaluating performance (s=5, E=1, b=5)
func 2 (8*8 blocking)  hits:3473, misses:4724, evictions:4692
```

- 发现**8x8分块**的效果和**暴力做法**一致，都是4724次miss

- 原因是64x64 的矩阵**4 行**即可占满cache，所以8x8 分块后，**上半块和下半块的数据会发生冲突不命中**，导致miss增加

改为4x4分块

代码如下：

```
void trans_64(int M,int N,int A[N][M],int B[M][N]){
    for(int n=0;n<N;n+=4){
        for(int m=0;m<M;m+=4){//分成4*4的小块
            for(int i=n;i<n+4;i++){
                for(int j=m;j<m+4;j++){
                    B[j][i]=A[i][j];
                }
            }
        }
    }
}
```

结果如下：

```
Function 4 (5 total)
Step 1: Validating and generating memory traces
Step 2: Evaluating performance (s=5, E=1, b=5)
func 4 (simply 4*4 blocking for 64*64): hits:6305, misses:1892, evictions:1860
```

miss的数量明显减少了，为1892，但仍然未达到题目满分的要求。

先 8x8 分大块，再在每个大块内 4x4 分小块

- 读完 A 的第一行（8 个 int）后，先将前 4 个正常转置并写入 B，然后**将后 4 个先放到B的右上角暂时存储，这样就可以避免写下半块时的冲突不命中。**
- 于是具体步骤及对应的miss情况为：（以下A表示A矩阵的一个8x8分块，B表示B矩阵的一个8x8分块）

  1. **读A的前四行同时转置放入B的前四行**（放入后B的左上角已为最终结果，B的右上角暂存了最终的左下角）
     - 无论是否为对角线上元素，读**A**每行会miss一次，**共miss四次**
     - 若**非对角线上的块**，B在写入第一列时miss四次，之后无miss，**共miss四次**
     - 若为**对角线上的块**，B在第二/三/四次循环时都需要覆盖对应的A的第二/三/四行，多miss三次，**共miss七次**

  执行完这一步后，缓冲区中是A的上半部分及B的上半部分

  2. **将A的左下角转置到B的右上角，同时把B右上角暂存的复制到B的左下角**

  读时的miss：

     - 读**A**的左下角的一列，会**miss四次。**若为**对角线块**，还会因为循环间读B，读后三列时共**多三次miss**
     - 若为**非对角线上的块**，再读**B**时因为B在上一步时已存于缓存区，**不会造成miss**
     - 若为**对角线上的块**，再读**B**时每次都会因为之前读A造成miss，**共四次miss**

  写时的miss：

     - 在读完B的右上角后写B的右上角，**不会造成miss**
     - 每次写B的左下角造成一次miss，**共四次miss**

此步中先读A再读B效果一致，执行完后缓冲区中有B的下半部分及A的下半部分（若为非对角线块），或A的下半部分除最后一行及B的最后一行（若为对角线元素）

3. **将A的右下角先复制再转置到B的右下角**

   复制：

   - 若为非对角线元素，复制前所需部分均在缓冲区中，**没有miss**
   - 若为对角线元素，因为上一部分最后是写 B 的最后一行，但是其他行都是正常的，所以读 A 时会出现 1 次冲突不命中。读完 A 写 B 时，必定出现冲突不命中，每次循环 1 次 miss，所以总计造成**五次miss**

   转置：

   - B的右小角均在缓冲区中，**自身转置没有miss**

- 完整代码如下：

```
int a,b,c,d,e,f,g,h;
int k;
for(int m=0;m<64;m+=8){//行
    for(int n=0;n<64;n+=8){//列
              for(k=0;k<4;k++){
                     a=A[m+k][n];
                     b=A[m+k][n+1];
                     c=A[m+k][n+2];
                     d=A[m+k][n+3];
                     e=A[m+k][n+4];
                     f=A[m+k][n+5];
                     g=A[m+k][n+6];
                     h=A[m+k][n+7];//从A中取前四行(循环下来共会有4次miss)

                     B[n][m+k]=a;
                     B[n+1][m+k]=b;
                     B[n+2][m+k]=c;
                     B[n+3][m+k]=d;
                     B[n][m+k+4]=e;
                     B[n+1][m+k+4]=f;
                     B[n+2][m+k+4]=g;//!注意A的行号是B的列号！写矩阵索引的时候注意！
                     B[n+3][m+k+4]=h;//转置后读到B的上半部分(共4次miss)
              }
              for(k=0;k<4;k++){
                     a=A[m+4][n+k];
                     b=A[m+5][n+k];
                     c=A[m+6][n+k];
                     d=A[m+7][n+k];//存A
                     e=B[n+k][m+4];
                     f=B[n+k][m+5];
                     g=B[n+k][m+6];
                     h=B[n+k][m+7];//存B

                     B[n+k][m+4]=a;
                     B[n+k][m+5]=b;
                     B[n+k][m+6]=c;
                     B[n+k][m+7]=d;//读完B右上角后写B右上角  减少miss
                     B[n+k+4][m]=e;
                     B[n+k+4][m+1]=f;
                     B[n+k+4][m+2]=g;
```

```
                B[n+k+4][m+3]=h;//写B左下角
            }//把A的左下角转置到B的右上角 同时把B右上角复制到B的左下角
            for(k=4;k<8;k++){
                a=A[m+k][n+4];
                b=A[m+k][n+5];
                c=A[m+k][n+6];
                d=A[m+k][n+7];
                B[n+k][m+4]=a;
                B[n+k][m+5]=b;
                B[n+k][m+6]=c;
                B[n+k][m+7]=d;
            }//把A的右下角先复制到B的右下角
            for(k=4;k<8;k++){
                for(int i=k+1;i<8;i++){
                    a=B[n+k][m+i];
                    B[n+k][m+i]=B[n+i][m+k];//!
                    B[n+i][m+k]=a;
                }
            }//在B处进行转置 防止出现多余的miss
        }
    }
```

- 运行结果如下：

```
Function 0 (5 total)
Step 1: Validating and generating memory traces
Step 2: Evaluating performance (s=5, E=1, b=5)
func 0 (Transpose submission): hits:10633, misses:1148, evictions:1116
```

miss数为1148，满足要求！

1.2.3 61x67

- 本题对于miss数目的要求较低，尝试不同的分块，发现分块大小为16x16，17x17，18x18时均小于2000
- 分块大小为17x17时，代码如下：

```
for(int n=0;n<N;n+=17){
            for(int m=0;m<M;m+=17){//分成17*17的小块
                for(int i=n;i<n+17&&i<N;i++){
                    for(int j=m;j<m+17&&j<M;j++){
                        B[j][i]=A[i][j];
                    }
                }
            }
        }
```

结果如下：

```
Function 0 (5 total)
Step 1: Validating and generating memory traces
Step 2: Evaluating performance (s=5, E=1, b=5)
func 0 (Transpose submission): hits:6228, misses:1951, evictions:1919
```

miss数为1951，满足要求！

2实验中遇到和解决的问题

2.1对角线上A和B的地址重合问题

问题：

发现32x32矩阵在8x8分块后miss344次，仍然未达到题目的要求，**比预期算出的4x2x32=256多了很多**

解决：

- 查看`tracegen.c`文件，发现无论`M`，`N`设定什么值，`A`和`B`都是存在`256x256`大小的静态数组中的，`256x256`是题目给定的cache大小的整数倍，因此由于取余的关系，**A和B在相同位置上的元素将会缓存在相同的`cache_line`中。**
- 原来计算的时候只考虑了非对角线上的元素（地址不重合的情况），没有考虑**对角线上的元素。**而对角线上的元素会因为地址冲突而造成**缓存抖动。**以`A`的一个对角线块`p`，`B`与`p`相应的对角线块`q`为例，复制前，`p`在缓存中。复制时，`q`会驱逐`p`。下一个开始复制`p`又被重新加载进入缓存驱逐`q`，**这样的重复替换就会多产生两次`miss`。**
- 具体的解决策略为:使用**局部变量**一次性存下A的一行再复制给B，从而减少重复交替访问造成的miss。

3实验最终结果截图

```
wcx@LAPTOP-OMTCB5PG:~/lab4/cachelab-handout$ python2 driver.py
Part A: Testing cache simulator
Running ./test-csim
                        Your simulator     Reference simulator
Points (s,E,b)    Hits  Misses  Evicts    Hits  Misses  Evicts
     3 (1,1,1)       9       8       6       9       8       6  traces/yi2.trace
     3 (4,2,4)       4       5       2       4       5       2  traces/yi.trace
     3 (2,1,4)       2       3       1       2       3       1  traces/dave.trace
     3 (2,1,3)     167      71      67     167      71      67  traces/trans.trace
     3 (2,2,3)     201      37      29     201      37      29  traces/trans.trace
     3 (2,4,3)     212      26      10     212      26      10  traces/trans.trace
     3 (5,1,5)     231       7       0     231       7       0  traces/trans.trace
     6 (5,1,5)  265189   21775   21743  265189   21775   21743  traces/long.trace
    27


Part B: Testing transpose function
Running ./test-trans -M 32 -N 32
Running ./test-trans -M 64 -N 64
Running ./test-trans -M 61 -N 67

Cache Lab summary:
                        Points   Max pts      Misses
Csim correctness          27.0        27
Trans perf 32x32           8.0         8         288
Trans perf 64x64           8.0         8        1148
Trans perf 61x67          10.0        10        1951
          Total points    53.0        53
```