基于上一章中对于HEVC关键技术和CUDA编程相关技术的理解，本章首先简要介绍官方HEVC测试模型（HEVC Test Model，HM）运行流程，分析其中主要的耗时模块和函数。接下来针对其中的帧内预测模块和变换量化两大模块进行进一步研究。针对帧内预测模块，首先分析其整体逻辑，设计合适的并行算法，然后分别在对其中的率失真函数与角度预测函数进行并行优化算法的设计和实现，然后针对整个模块进行并行优化并研究这一算法下的理论并行度。针对量化变换模块，同样首先分析其整体结构，然后针对其中的DCT变换函数、DST变换函数、蝶形快速变换函数分别设计和实现并行优化算法，并计算各个算法的理论并行度。

## HM模块分析

### HM运行流程

HEVC测试模型（HEVC Test Model，HM）是由德国通讯技术研究所（HHI）发布的官方HEVC标准编解码器实现。HM使用C++语言开发，包含了多个工程，通过跟踪和调试HM代码，可以发现HM各个工程和模块之间的关联关系。其中涉及到视频编码的主要为：包含编码器和编码器公共应用函数的TAppCommon，包含了编码器应用函数的TAppEncoder，包含编码器和解码器公用库函数的TLibCommon，包含编码器库函数的TLibEncoder。下面结合HEVC标准和HM的代码实现，以全帧内预测模式为例，简述其运行流程。

（1）HM中对整个编码过程封装了cTAppEncoder类，整个编码流程在其成员函数encode中实现。在encode编码函数中，处理的编码对象为视频序列划分之后的图像组GOP，在HM中通过图像组末尾iPOCLast以及图像组宽度iNumPicRcvd来标识。GOP依次经copressGOP划分后形成slice，经compressSlice划分后形成CTU、经compressCTU划分后形成CU，最后对CU再进行实际的编码操作。

（2）由于HM配置为全帧内模式，因此CU的编码中仅需要进行帧内预测即可，该过程由xCheckRDCostIntra函数完成，HM接下来分别对CU进行亮度预测和色度预测，其中主要为亮度预测，函数estIntraPredLumaQT主要完成亮度预测。按照HEVC标准，帧内预测的流程需要在平面模式、直流模式以及33种角度预测模式种选择“最佳”模式来为CU进一步进行编码。这一过程由xRecurIntraCodingLumaQT实现。对应HEVC标准，该函数中遍历了35种预测模式，对每种模式分别调用角度预测函数predIntraAng和率失真函数xGetHADs，形成候选模式集合，然后再从中选出最佳的编码模式。

（3）完成帧内预测之后，HM根据HEVC标准，将CU划分为TU，进行变化和量化操作。这一操作的入口函数为xIntraCodingTUBlock，其中量化操作的实现为xQuant，变换操作的实现为xT。

（4）最后进行熵编码，并输出为编码码流。

### HM耗时模块分析

## 帧内预测模块优化

### 帧内预测模块分析

### 率失真函数并行优化设计与实现

### 角度预测模式函数并行优化设计与实现

### 帧内预测模块整体并行优化设计与实现

### 帧内预测优化算法理论并行度分析

## 变换量化模块优化

### 变换量化模块分析

### DST变换函数并行优化设计与实现

### DCT变换函数并行优化设计与实现

### 蝶形快速变换函数并行优化设计与实现

### 变换量化优化算法理论并行度分析

## CUDA函数模块整合

### HM静态链接库分析

### CUDA模块的添加与编译