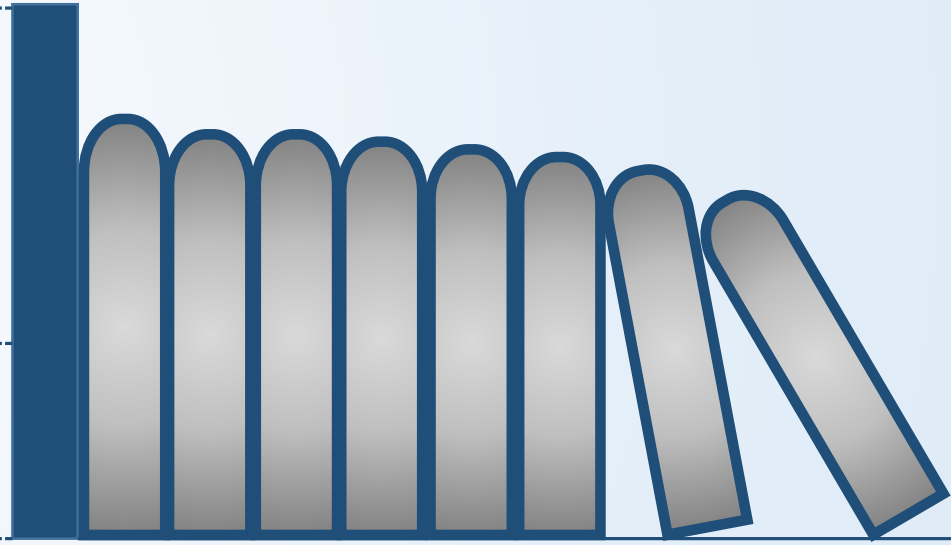
哈爾濱工業大學(深圳)

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, SHENZHEN

SHA1算法实验

主讲教师：蒋琳

实验教师：苏婷



实验目的

- 掌握 Hash 函数的计算原理和算法特点
- 掌握 SHA1 算法的原理
- 实现 SHA1 算法的计算过程

实验原理—哈希函数

◆ 压缩性

应用于任意大小的数据块，都会产生定长的输出。

◆ 有效性

对任意给定的消息m，计算H(m)是容易的。

◆ 安全性

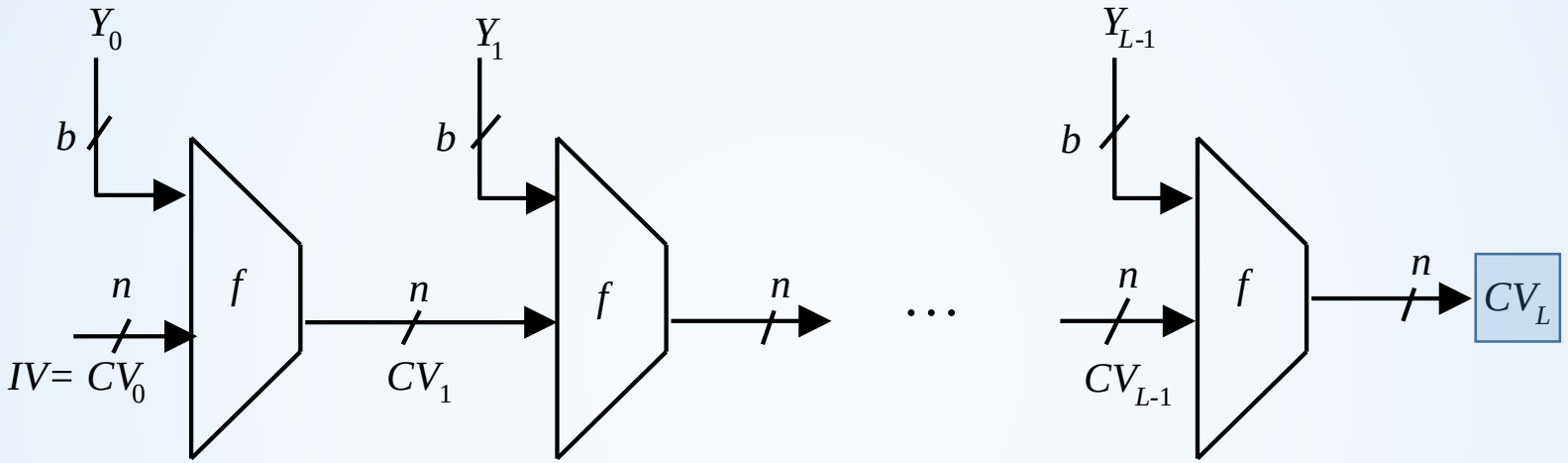
抗原像：由H(m)计算出m不可行

抗第二原像：找到m’，满足H(m)= H(m’)计算上不可行

抗碰撞：给定H，找到任意两个不同的消息m和m’，满足H(m)= H(m’)在计算上不可行

实验原理—哈希函数

迭代型哈希函数的一般结构-MD结构



$$CV_0 = IV = n$$

$$CV_i = f(CV_{i-1}, Y_{i-1}) \quad 1 \le i \le L$$

$$H(M) = CV_L$$

IV 初始向量

CV 链接值

Yi 第i个输入分组

f 压缩函数

n Hash值长度

b 输入分组长度

实验原理

SHA1算法计算过程：

- **预处理**
  - 对消息填充
  - 初始化缓冲区
- **压缩过程**
  - 循环处理L个消息分组
  - 压缩函数由4轮处理过程构成，每一轮又由20步迭代组成
  - 第4轮的输出再与第1轮的输入CV_q相加，产生CV_{q+1}，其中加法是缓冲区5个字中的每一个字与CV_q中相应的字模2^{32}相加.
- **输出结果**
  - L个分组都被处理完后，最后一个H_{SHA1}的输出即为产生的消息摘要

实验原理

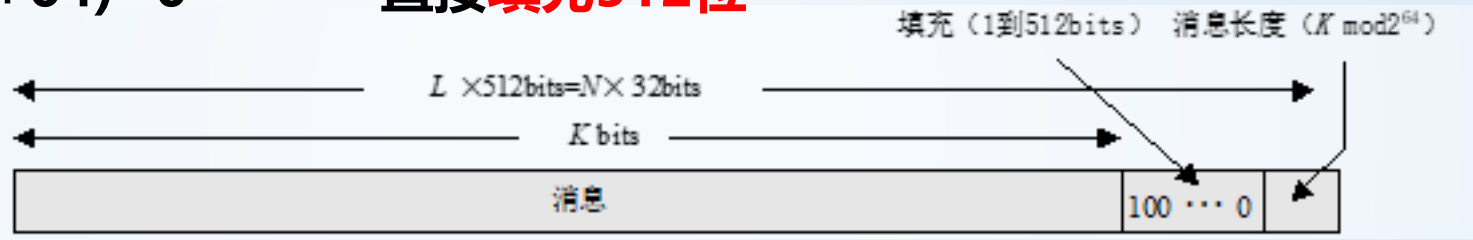
➢ 预处理—消息填充

因为SHA1是512bit一个分组，所以填充后消息长度必须为512的整数倍

- ◆ 首先在末尾处附上64比特消息长度
- ◆ 然后在消息原文后面填充，第一位为1，其余为0，至少需要填充1位，如果原始消息长度加上64bit消息长度刚好是512的整数倍，那么需要填充512位。
- ◆ 填充后的消息必须恰好为512的整数倍

➢ 举例说明，计算需要填充的长度

- ◆ 700位 -> 1024-(700+64)=260 填充260位
- ◆ 960位 -> 1024-(960+64)=0 直接填充512位



Tips：消息填充是必须的，在任何情况下都需要消息填充

实验原理

- **预处理—初始化缓冲区**

  算法中使用160位的缓冲区存储中间结果和最终的Hash值。

  缓冲区由5个32比特以big-endian方式存储数据的寄存器 A,B,C,D,E组成。

  这五个缓冲区初始值为

  A*=0x*67452301

  B*=0x*EFCDAB89

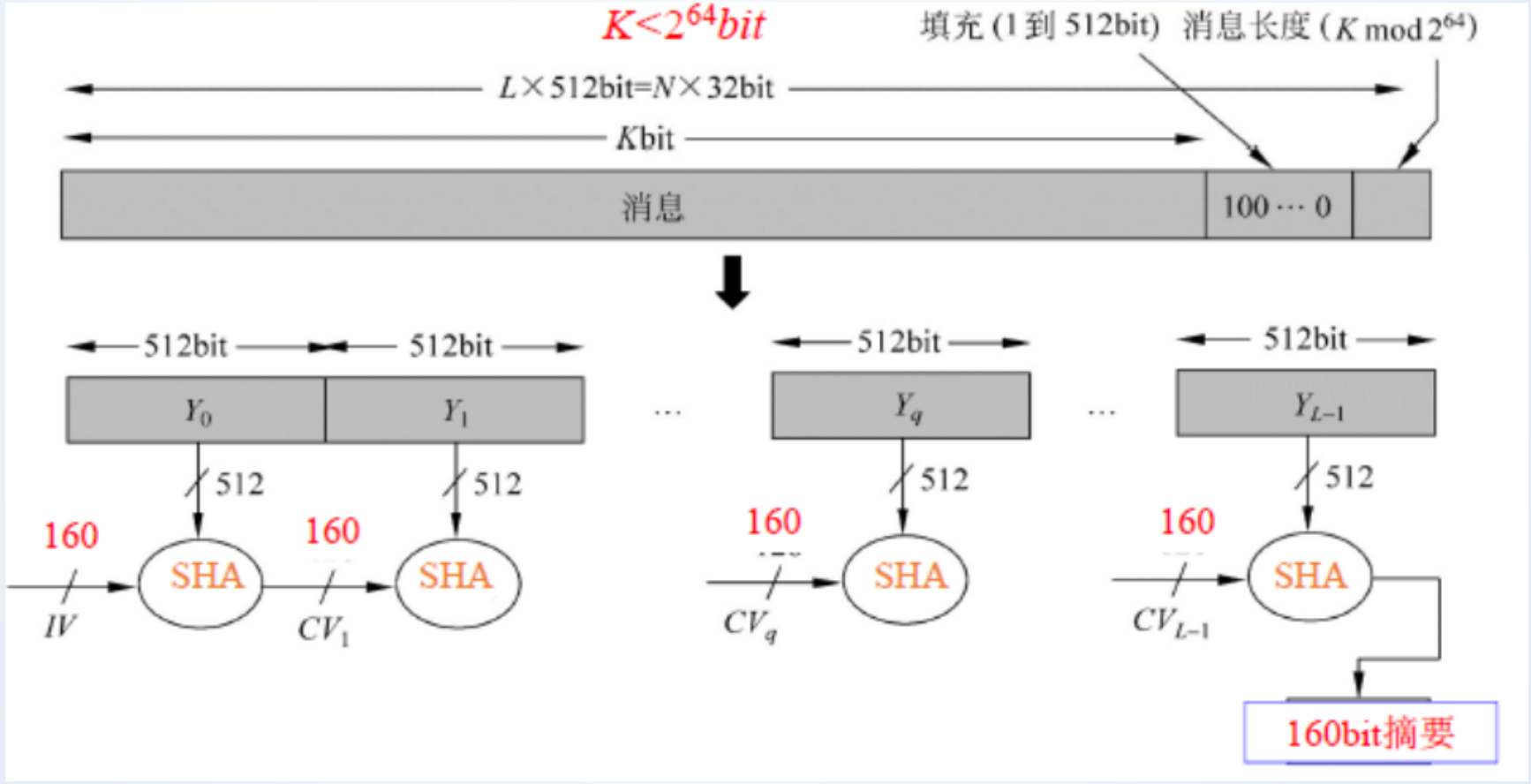
  C*=0x*98BADCFE

  D*=0x*10325476

  E*= *0xC3D2E1F0

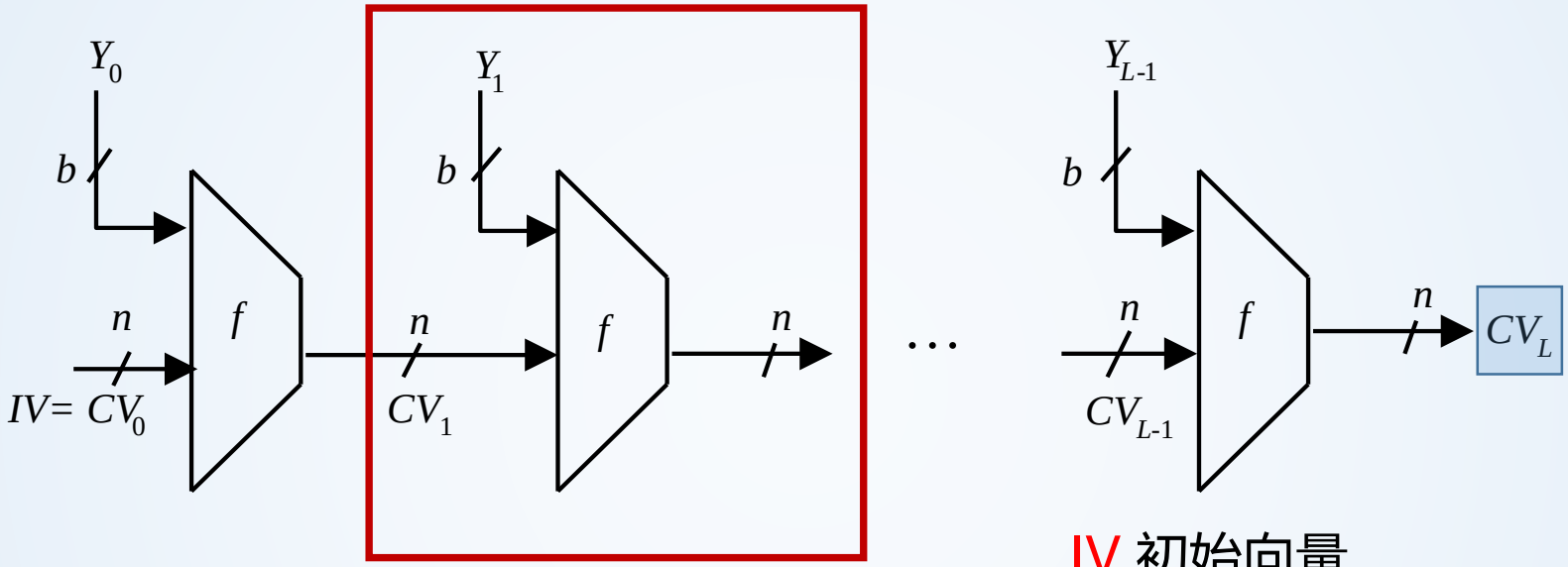
实验原理—SHA1算法描述

- 算法输入：小于2^{64}bit长的任意消息，分为512bit长的分组，每次迭代处理512bit的消息分组
- 算法输出：160bit长的消息摘要
- 算法的框图如下所示：



实验原理—哈希函数

迭代型哈希函数的一般结构-MD结构



$$CV_0 = IV = n$$

$$CV_i = f(CV_{i-1}, Y_{i-1}) \quad 1 \le i \le L$$

$$H(M) = CV_L$$

IV 初始向量

CV 链接值

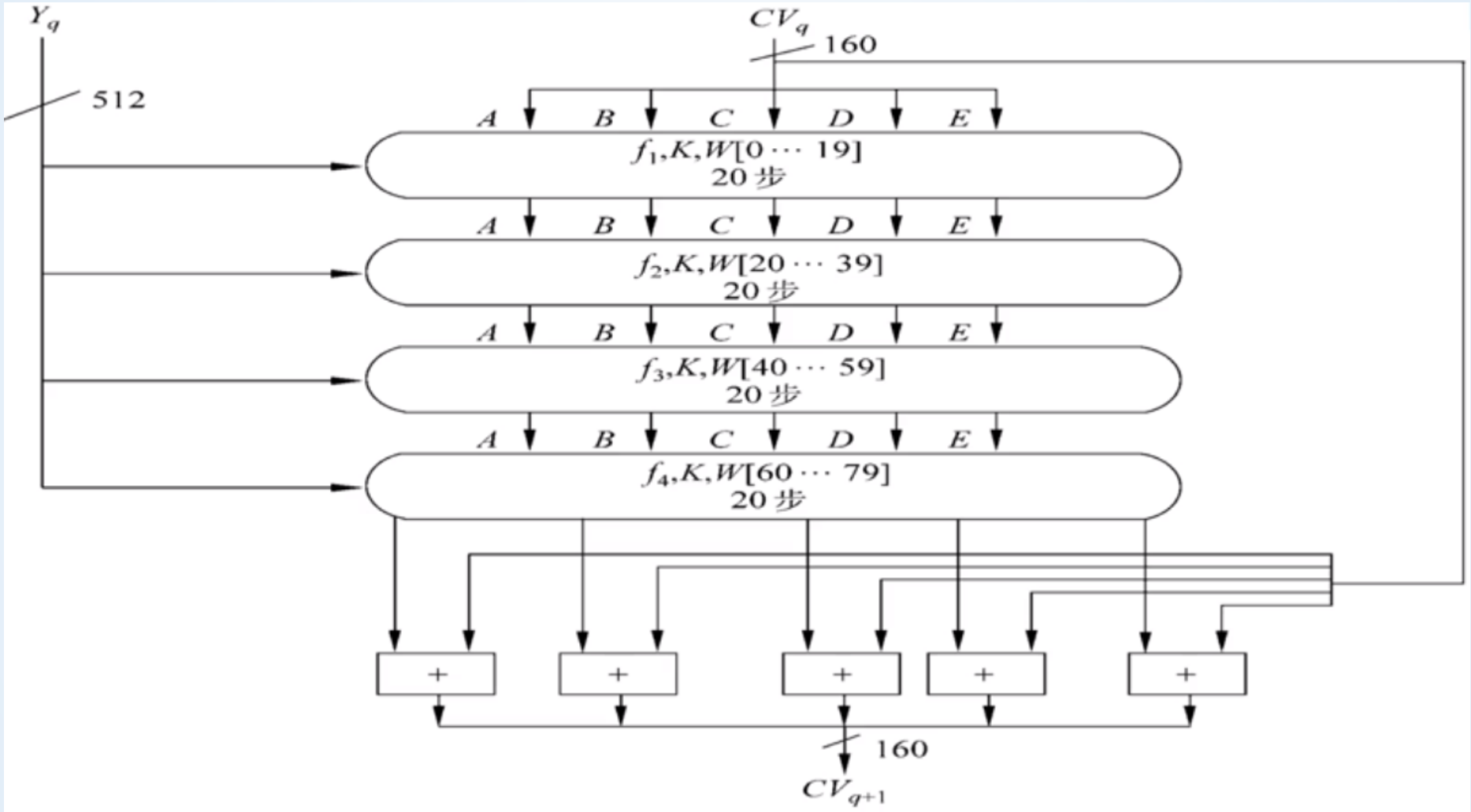
Yi 第i个输入分组

f 压缩函数

n Hash值长度

b 输入分组长度

实验原理



SHA1 分组处理框图

实验原理-- SHA1算法描述

$$CV0=IV;$$

$$CVq+1=SUM32(CVq, ABCDEq);$$

$$H(M)=CV_L$$

IV：缓冲区ABCDE的初值。

ABCDEq：第q个消息分组经最后一轮处理过程处理后的输出

L：消息(包括填充位和长度字段)的分组数

SUM32：对应字的模2^{32}加法

H(M)：最终的摘要值。

实验原理

SHA的压缩函数由4轮处理过程组成，每轮处理过程20步迭代运算组成，每一步迭代运算的形式为

$$A,B,C,D,E \leftarrow (E+f_t(B,C,D)+CLS_5(A)+W_t+K_t),\ A,\ CLS_{30}(B),\ C,\ D$$

A，B，C，D，E：缓冲区的5个字

t：迭代的步数（0≤t≤79）

$f_t(B,C,D)$：第t步迭代使用的基本逻辑函数

CLSs：左循环移s位

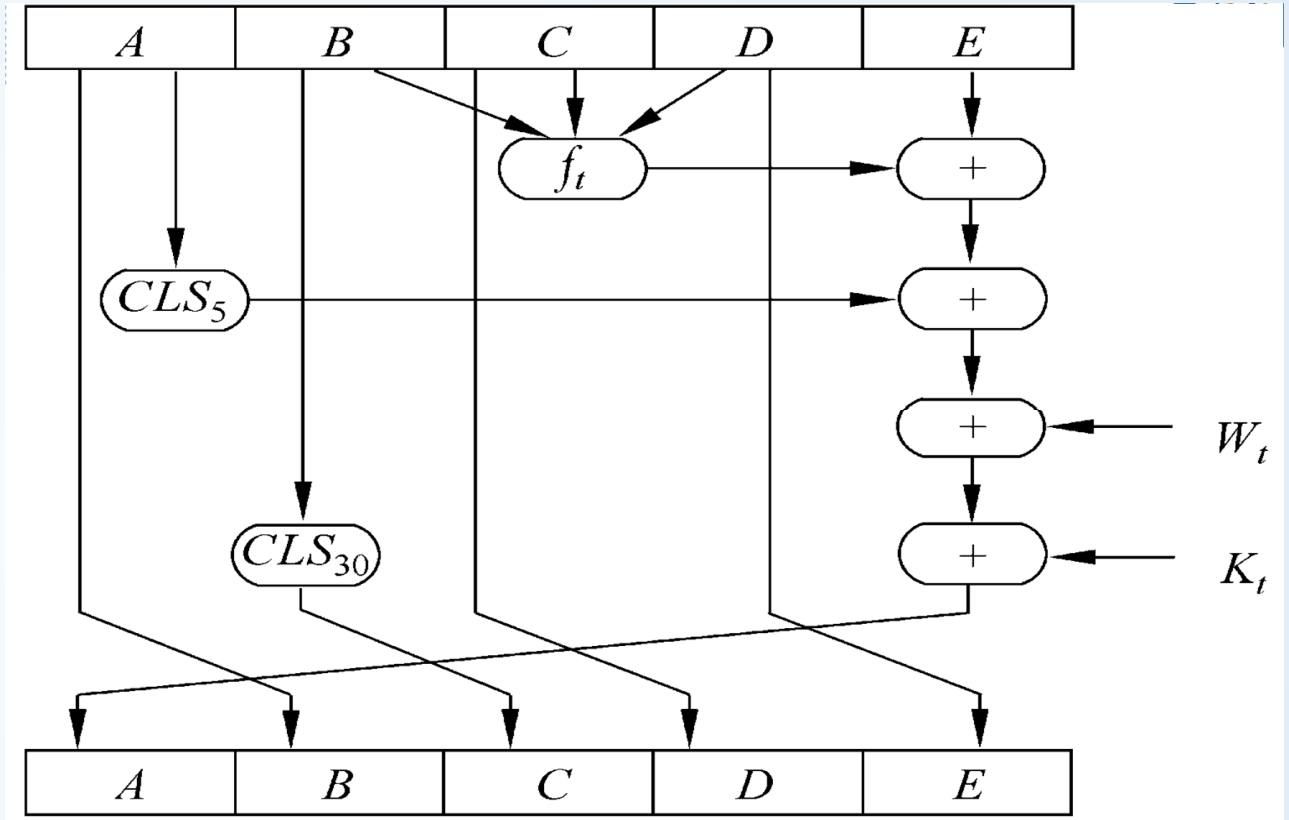
Wt：由当前512比特长的分组导出的一个32比特长的字

Kt：加法常量

+：模2^{32}加法。

实验原理

一步运算的情况

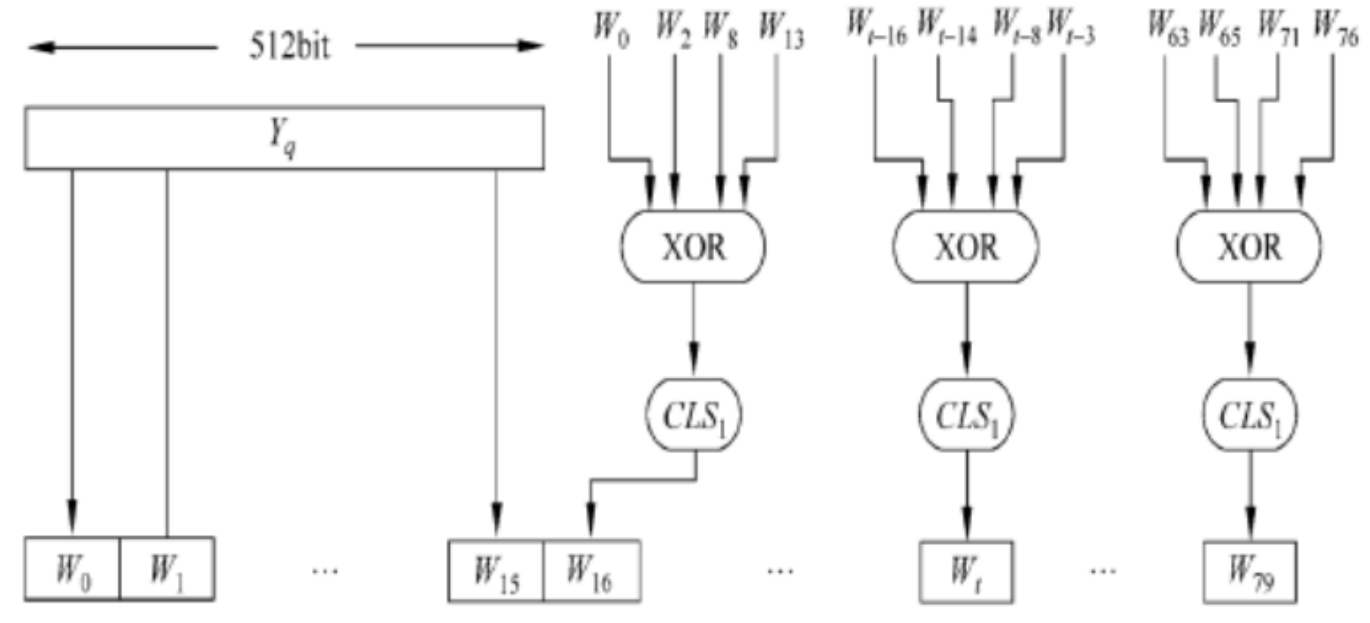


$$A,B,C,D,E \leftarrow (E+f_t(B,C,D)+CLS_5(A)+W_t+K_t),\ A,\ CLS_{30}(B),\ C,\ D$$

实验原理--W_t

根据的输入分组（512比特长）导出$W_0, W_1, \ldots, W_{15}$， $W_{16}, \ldots, W_{79}$

$$W_t = CLS_1(W_{t-16} \oplus W_{t-14} \oplus W_{t-8} \oplus W_{t-3})$$



其中$W_0, W_1, \ldots, W_{15}$是由每个分组Yq初始化生成

实验原理—基本逻辑函数f

迭代的步数	函数名	定义
$0 \le t \le 19$	$f_1 = f_t(B,C,D)$	$(B \wedge C) \vee (\overline{B} \wedge D)$
$20 \le t \le 39$	$f_2 = f_t(B,C,D)$	$B \oplus C \oplus D$
$40 \le t \le 59$	$f_3 = f_t(B,C,D)$	$(B \wedge C) \vee (B \wedge D) \vee (C \wedge D)$
$60 \le t \le 79$	$f_4 = f_t(B,C,D)$	$B \oplus C \oplus D$

基本逻辑函数的输入为3个32比特的字，输出是一个32比特的字。表中∧,∨, - , ⊕分别是与、或、非、异或4个逻辑运算。

实验原理—常量字K_t

常量字K0, K1,...,K79，以16进制形式显示如下：

Kt = 0x5A827999 (0 <= t <= 19)

Kt = 0x6ED9EBA1 (20 <= t <= 39)

Kt = 0x8F1BBCDC (40 <= t <= 59)

Kt = 0xCA62C1D6 (60 <= t <= 79)

实验内容

1、编写一个SHA1加密程序，可参考demo中的内容，计算它的 Hash 值， 提交程序代码和运算结果。

2、【扩展，可选】对编写好的 SHA1 算法程序，测试其雪崩效应，要求给出消息文本改变前和改变后的 Hash 值，并计算出改变的位数。对比每次测试的结果并做好记录。

实验要求

- **请把电子版实验报告及源代码打包成一个zip上传到系统中，命名格式如下：**

  压缩包：“学号_姓名_实验3_SHA1”

http://10.249.12.98:8000/#/login

谢谢