Lab 3: DES Block Cipher Internals & Modes of Use

2019 年 10 月 10 日

一、实验目的

1. 熟悉 DES 加密内部过程。
2. 熟悉 CBC 和 CTR 两种加密模式的过程。

二、实验环境

DES block cipher calculator （注意：此工具中 key length 为 64 位，即 16 个 16 进制的数，与明文和密文的长度相同）

三、实验背景知识

DES 是经典的分组密码，加密 64bit 的数据块，得到 64bit 的密文。由于其密钥空间为 2^{56}，容易遭受穷举式攻击（exhaustive search attack），因此被 3DES 或 AES 代替。

DES 使用 Feistel 加密模式，由于其结构的特点，可以使用任意的函数构造出可逆的函数。DES 的核心是 Feistel function 的设计，如图 1 所示。

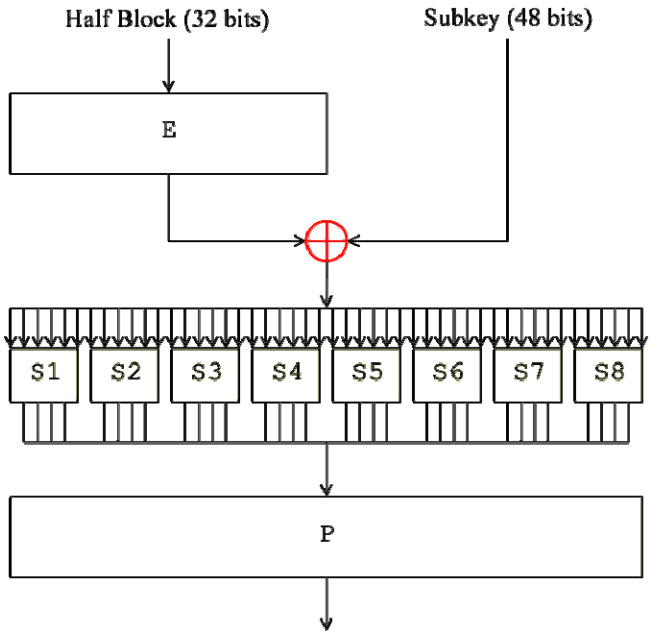


图 1：Feistel 函数

可以参考如下网页来获取 E 扩展、S-box 表格等，或参考后面的图 5、图 6。

https://www.cnblogs.com/songwenlong/p/5944139.html

为了使用 DES 密钥重复加密多块消息，需要设计分组密码的加密模式。简单的 ECB 电子密码本已被证明不安全。经常使用的加密模式为 CBC 模式，如图 2,3 所示，和 CTR 模式，如图 4 所示。

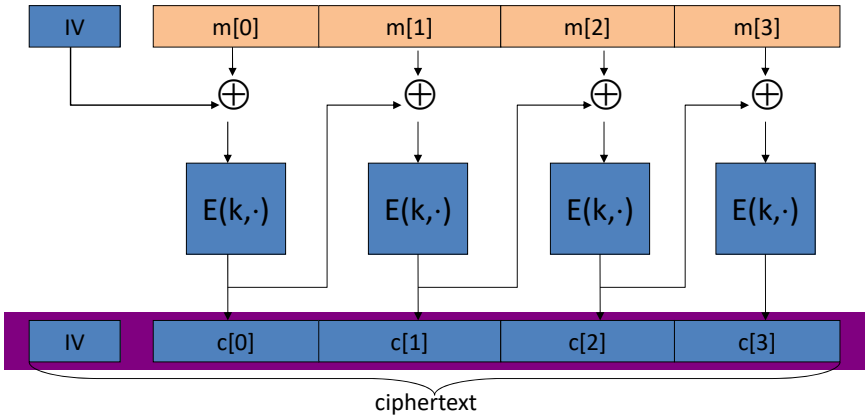


图 2：CBC 加密过程

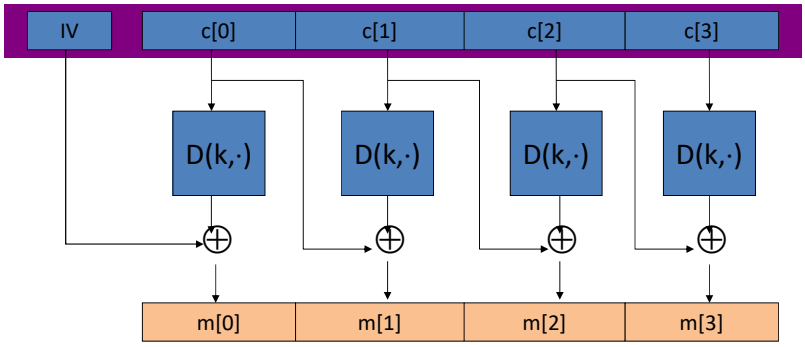


图 3： CBC 解密过程

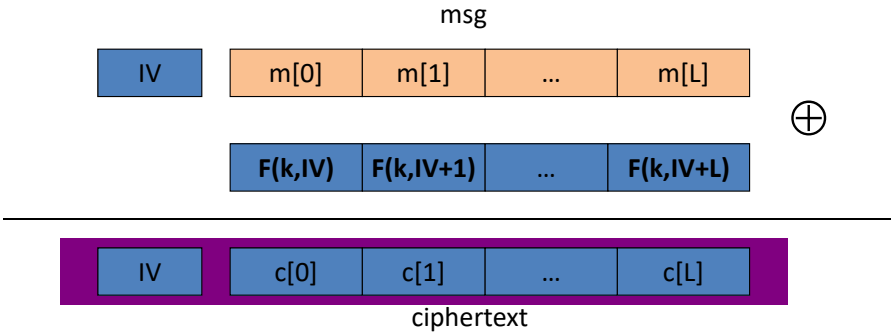


图 4：CTR 模式加密过程

四、实验内容与要求

统一说明：实验中所需的密钥、明文与密文都可以自己构造。

1. 验证 DES 的可逆性与扩散性。

   Key：5B5A57676A56676E

   Plaintext：675A69675E5A6B5B

   Ciphertext：974AFFBF86022D1F

   密钥、明文与密文都可以自己设置，但要保证为 64bits（16 个 16 进制数）。

   a. 输入 key 与明文，点击加密，得到密文。

   b. 输入 key 与密文，点击解密，得到对应的明文。

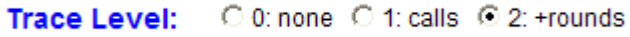
   c. 将明文或密钥中的一个比特翻转，查看密文的变化情况。（Diffusion，扩散性）

2. 熟悉 DES 内部加密过程。

   Key：5B5A57676A56676E

   Plaintext：675A69675E5A6B5A

选中 DES calculator 中的 trace level：



依据实验背景知识中提供的参考资料，手算第二轮（round 2）的 feistel 函数结果，并验证结果。

注意：SK 后面数字是 48 位的扩展密钥（8 组 6 位的数），如 38 –〉11 1000，09—〉001001，1b –〉011011

3. 熟悉 CBC 与 CTR 的过程。

（1） CBC 模式

构造一个 24 字节的消息，假设 IV＝0，Key：5B5A57676A56676E

a. 用 CBC 模式对消息进行加密，得到密文。

b. 用 CBC 模式对消息进行解密，得到明文。

（2） CTR 模式

构造一个 24 字节的消息，假设 IV＝0，Key：5B5A57676A56676E

c. 用 CTR 模式对消息进行加密，得到密文。

d. 用 CTR 模式对消息进行解密，得到明文。

注意：异或运算可以使用老师提供的 java 小程序，也可以使用 online calculator，如：http://www.jdejong.net/tools/bitwisecalculator.php

24 字节消息的构造举例：

yuanyi's message yuanyi's message

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
61	62	63	64	65	66	67	68	69	6a	6b	6c	6d	6e	6f	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	7a

': 27，空格：20

注意：消息可以自己构造，对应的十六进制数可以查表 1。

表 1：ASCII 表

ASCII 码 十进制	ASCII 码 十六进制	字符	ASCII 码 十进制	ASCII 码 十六进制	字符	ASCII 码 十进制	ASCII 码 十六进制	字符	ASCII 码 十进制	ASCII 码 十六进制	字符
032	20		056	38	8	080	50	P	104	68	h
033	21	!	057	39	9	081	51	Q	105	69	i
034	22	"	058	3A	:	082	52	R	106	6A	j
035	23	#	059	3B	;	083	53	S	107	6B	k
036	24	$	060	3C	<	084	54	T	108	6C	l
037	25	%	061	3D	=	085	55	U	109	6D	m
038	26	&	062	3E	>	086	56	V	110	6E	n
039	27	'	063	3F	?	087	57	W	111	6F	o
040	28	(	064	40	@	088	58	X	112	70	p
041	29	)	065	41	A	089	59	Y	113	71	q
042	2A	*	066	42	B	090	5A	Z	114	72	r
043	2B	+	067	43	C	091	5B	[	115	73	s
044	2C	,	068	44	D	092	5C	\	116	74	t
045	2D	-	069	45	E	093	5D	]	117	75	u
046	2E	.	070	46	F	094	5E	^	118	76	v
047	2F	/	071	47	G	095	5F	_	119	77	w
048	30	0	072	48	H	096	60	`	120	78	x
049	31	1	073	49	I	097	61	a	121	79	y
050	32	2	074	4A	J	098	62	b	122	7A	z
051	33	3	075	4B	K	099	63	c	123	7B	{
052	34	4	076	4C	L	100	64	d	124	7C	|
053	35	5	077	4D	M	101	65	e	125	7D	}
054	36	6	078	4E	N	102	66	f	126	7E	~
055	37	7	079	4F	O	103	67	g	127	7F	⌂

E

32	1	2	3	4	5
4	5	6	7	8	9
8	9	10	11	12	13
12	13	14	15	16	17
16	17	18	19	20	21
20	21	22	23	24	25
24	25	26	27	28	29
28	29	30	31	32	1

图 5 Expansion function (E)

S-boxes

S_1	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	14	4	13	1	2	15	11	8	3	10	6	12	5	9	0	7
0yyyy1	0	15	7	4	14	2	13	1	10	6	12	11	9	5	3	8
1yyyy0	4	1	14	8	13	6	2	11	15	12	9	7	3	10	5	0
1yyyy1	15	12	8	2	4	9	1	7	5	11	3	14	10	0	6	13
S_2	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	15	1	8	14	6	11	3	4	9	7	2	13	12	0	5	10
0yyyy1	3	13	4	7	15	2	8	14	12	0	1	10	6	9	11	5
1yyyy0	0	14	7	11	10	4	13	1	5	8	12	6	9	3	2	15
1yyyy1	13	8	10	1	3	15	4	2	11	6	7	12	0	5	14	9
S_3	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	10	0	9	14	6	3	15	5	1	13	12	7	11	4	2	8
0yyyy1	13	7	0	9	3	4	6	10	2	8	5	14	12	11	15	1
1yyyy0	13	6	4	9	8	15	3	0	11	1	2	12	5	10	14	7
1yyyy1	1	10	13	0	6	9	8	7	4	15	14	3	11	5	2	12
S_4	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	7	13	14	3	0	6	9	10	1	2	8	5	11	12	4	15
0yyyy1	13	8	11	5	6	15	0	3	4	7	2	12	1	10	14	9
1yyyy0	10	6	9	0	12	11	7	13	15	1	3	14	5	2	8	4
1yyyy1	3	15	0	6	10	1	13	8	9	4	5	11	12	7	2	14

S_5	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	2	12	4	1	7	10	11	6	8	5	3	15	13	0	14	9
0yyyy1	14	11	2	12	4	7	13	1	5	0	15	10	3	9	8	6
1yyyy0	4	2	1	11	10	13	7	8	15	9	12	5	6	3	0	14
1yyyy1	11	8	12	7	1	14	2	13	6	15	0	9	10	4	5	3
S_6	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	12	1	10	15	9	2	6	8	0	13	3	4	14	7	5	11
0yyyy1	10	15	4	2	7	12	9	5	6	1	13	14	0	11	3	8
1yyyy0	9	14	15	5	2	8	12	3	7	0	4	10	1	13	11	6
1yyyy1	4	3	2	12	9	5	15	10	11	14	1	7	6	0	8	13
S_7	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	4	11	2	14	15	0	8	13	3	12	9	7	5	10	6	1
0yyyy1	13	0	11	7	4	9	1	10	14	3	5	12	2	15	8	6
1yyyy0	1	4	11	13	12	3	7	14	10	15	6	8	0	5	9	2
1yyyy1	6	11	13	8	1	4	10	7	9	5	0	15	14	2	3	12
S_8	x0000x	x0001x	x0010x	x0011x	x0100x	x0101x	x0110x	x0111x	x1000x	x1001x	x1010x	x1011x	x1100x	x1101x	x1110x	x1111x
0yyyy0	13	2	8	4	6	15	11	1	10	9	3	14	5	0	12	7
0yyyy1	1	15	13	8	10	3	7	4	12	5	6	11	0	14	9	2
1yyyy0	7	11	4	1	9	12	14	2	0	6	10	13	15	3	5	8
1yyyy1	2	1	14	7	4	10	8	13	15	12	9	0	3	5	6	11

图 6 S-box

16	7	20	21	29	12	28	17
1	15	23	26	5	18	31	10
2	8	24	14	32	27	3	9
19	13	30	6	22	11	4	25

图 7 P 盒置换

1. 实验报告由小组完成。
2. 实验报告成绩**评分标准：**
   - 实验报告提交及时（10 分）
   - 实验过程翔实（40 分）
   - 语言表达清晰（20 分）
   - 实验结果合理（20 分）
   - 实验体会（10）
3. 实验报告提交截止日期等老师通知。