

0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

```
#include <stdio.h>

int a;
extern int b;
const int c;

int f() {
    static int t = 0;
    t++;
    return t;
}

int main() {
    printf("%d\n", f());
    printf("%d\n", f());
    return 0;
}
```

Úttak:  
1  
2

```
int i = 5;
int *p = &i;
int **q = &p;

a[0] = 4;
*a = 4;

a[2] = 8;
*(a+2) = 8;
```



```
char litur[] = "blár";
char *litp = "gulur";
```

```
01101001
^ 01010101
00111100
```

– Segðir með **signed int** og **unsigned int**:  
• **int** er kastað yfir í **unsigned**!!

	8	16	32	64
UMax	255	65,535	4,294,967,295	18,446,744,073,709,551,615
TMax	127	32,767	2,147,483,647	9,223,372,036,854,775,807
TMin	-128	-32,768	-2,147,483,648	-9,223,372,036,854,775,808

Gagnatag	32-bit	64-bit	printf
char	1	1	%c
short int	2	2	%hd
int	4	4	%d
long int	4	8	%ld
long long int	8	8	%lld
float	4	4	%f
double	8	8	%lf

```
sum = 0;
for (i=0; i<100; i++)
    sum += a[i];
```

```
sum = 0;
for (i=0; i<100; i++)
    sum += *(a+i);
```

```
sum = 0;
for (p=a; p<&a[100]; p++)
    sum += *p;
```

## • Utfærir í raun mátreikning

$$s = UAdd_w(u, v) = u + v \bmod 2^w$$

unsigned char	1110 1001	E9	223
+	1101 0101	+ D5	+ 213
	1 1011 1110	1BE	446
	1011 1110	BE	190

– Samlagning með/án formerkis í C:

```
int s, t, u, v;
s = (int) ((unsigned) u + (unsigned) v);
t = u + v
```

– Mun gefa `s == t`

	1110 1001	E9	-23
+	1101 0101	+ D5	+ -43
	1 1011 1110	1BE	-66
	1011 1110	BE	-66

HÁSKÓLI ÍSLANDS  
IDNADARVERKFRÆÐI, VÉLAVERKFRÆÐI  
OG TÖLVUNARFRÆÐI

Útfærir mátreikning:

$$UMult_w(u, v) = u \cdot v \bmod 2^w$$

	1110 1001	E9	223
*	1101 0101	* D5	* 213
	1100 0001 1101 1101	C1DD	47499
	1101 1101	DD	221

HÁSKÓLI ÍSLANDS  
IDNADARVERKFRÆÐI, VÉLAVERKFRÆÐI  
OG TÖLVUNARFRÆÐI

	Division	Computed	Hex	Binary
x	15213	15213	3B 6D	00111011 01101101
x >> 1	7606.5	7606	1D B6	00011101 10110110
x >> 4	950.8125	950	03 B6	00000011 10110110
x >> 8	59.4257813	59	00 3B	00000000 00111011

Deiling neikvæðrar tölu með heilu veldi af 2

– Viljum  $\lceil x / 2^k \rceil$  (rúnnað 0)

– Reiknum  $\lfloor (x+2^k-1) / 2^k \rfloor$

• Í C:  $(x + (1<<k) - 1) >> k$

• Bjöðum deilistofn (teljara) að 0

## Heiltölureikningur: Helstu reglur

Samlagning:

– Með/án formerki: Venjuleg samlagning og svo stýfing, sama aðgerð á bita-lagi

– Án formerkis: samlagning **mod**  $2^w$

– Með formerki: breytt samlagning **mod**  $2^w$  (útkoma á réttu bili)

Margföldun:

– Með/án formerki: Venjuleg margföldun og svo stýfing, sama aðgerð á bita-lagi

– Án formerkis: margföldun **mod**  $2^w$

– Með formerki: breytt margföldun **mod**  $2^w$  (útkoma á réttu bili)

Viljum reikna  $-13/4$  (eða  $-13/2^2$ )

–13: 1111 0011<sub>2</sub>

–13 >> 2 = 1111 1100<sub>2</sub> = -4

Rúnnast í átt að  $-\infty$  í stað 0

Bætum við bjögun (*bias*):  $2^2-1 = 3$

Reiknum þá  $(-13+3) >> 2$

eða  $-10 >> 2 = 1111 0110_2 >> 2 = 1111 1101_2 = -3$

Fáum nú rétta útkomu

Einföld nákvæmni:

$s=1$ ,  $exp=8$ ,

$frac=23$

Tvöföld

nákvæmni:

$S=1$ ,  $exp=11$ ,

$frac=52$

Háenda

0x100	0x101	0x102	0x103
01	23	45	67

Lágenda

0x100	0x101	0x102	0x103
67	45	23	01

00...00

óstaðlaðar  
(denormalized)

exp ≠ 0 og exp ≠ 11...11

staðlaðar  
(normalized)

11...11

sérstakar  
(special)

$$bias = 2^{k-1} - 1$$

Gildi: float  $F = 15213.0$ ;

$$-15213_{10} = 11101101101101_2 \\ = 1.1101101101101_2 \times 2^{13}$$

Brothluti

$$M = 1. \underline{1101101101101}_2$$

$$frac = \underline{1101101101101}0000000000_2$$

Veldishluti

$$E = 13$$

$$bias = 127$$

$$exp = 140 = 10001100_2$$

STAÐLAÐ

Útkoma:

0	10001100	110110110110100000000000
s	exp	frac

Brothluti hefur nú falið 0 fremst:  $M = 0.xxx...x_2$

–  $xxx...x$ : bitar í **frac**

Veldisgildi:  $E = 1 - bias$  (í stað  $exp - Bias$ )

Tvö undirtílvik:

ÓSTAÐLAÐ

$$exp = 000...0, frac = 000...0$$

• Táknar gildið núll

• Athugið að það eru tvö núll: +0 og -0 (af hverju?)

–  $exp = 000...0, frac \neq 000...0$

• Tölurnar sem eru næstar 0.0

• Jafnt bil á milli þeirra

## Gildissvið (s=0)

$$v = (-1)^s M 2^E \\ \text{staðl: } E = exp - Bias \\ \text{óstaðl: } E = 1 - Bias$$

	s	exp	frac	E	Gildi
Óstaðlaðar tölur	0	0000	000	-6	0
	0	0000	001	-6	$1/8 * 1/64 = 1/512$
	0	0000	010	-6	$2/8 * 1/64 = 2/512$
	...	...	...	...	...
Staðlaðar tölur	0	0000	110	-6	$6/8 * 1/64 = 6/512$
	0	0000	111	-6	$7/8 * 1/64 = 7/512$
	0	0001	000	-6	$8/8 * 1/64 = 8/512$
	0	0001	001	-6	$9/8 * 1/64 = 9/512$
Staðlaðar tölur	0	0110	110	-1	$14/8 * 1/2 = 14/16$
	0	0110	111	-1	$15/8 * 1/2 = 15/16$
	0	0111	000	0	$8/8 * 1 = 1$
	0	0111	001	0	$9/8 * 1 = 9/8$
Staðlaðar tölur	0	0111	010	0	$10/8 * 1 = 10/8$
	...	...	...	...	...
	0	1110	110	7	$14/8 * 128 = 224$
	0	1110	111	7	$15/8 * 128 = 240$
Stærsta staðlaða	0	1111	000	n/a	inf
	...	...	...	...	...

- **Sterk:** föll og upphafsstilltar víðværar breytur
- **Veik:** óupphafsstilltar víðværar breytur
  - Eða breytur skilgreindar með lykilorðinu **extern**.

# Dæmi um óvænt köst

- Dæmi um samanburð fyrir  $W = 30$ :

**TMIN = -2,147,483,648 , TMAX = 2,147,483,647**

Fasti <sub>1</sub>	Fasti <sub>2</sub>	Vensl	Útreikningur
0	0U	==	unsigned
-1	0	<	signed
-1	0U	>	unsigned
2147483647	-2147483647-1	>	signed
2147483647U	-2147483647-1	<	unsigned
-1	0	<	signed
(unsigned)-1	0	<	signed
2147483647			
2147483647			

setX	Skilyrði	Lýsing
sete	ZF	Jafnt / Núll
setne	~ZF	Ekki jafnt / Ekki núll
sets	SF	Neikvætt
setns	~SF	Ekki neikvætt
setg	~(SF^OF) & ~ZF	Stærri (signed)
setge	~(SF^OF)	Stærri eða jafnt (signed)
setl	SF^OF	Minna (signed)
setle	(SF^OF)   ZF	Minna eða jafnt (signed)
seta	~CF & ~ZF	Yfir (unsigned)
setb	CF	Undir (unsigned)

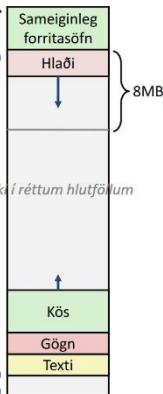
```
# %rdi = z
movl $0, %eax      # i = 0
jmp .L3             # goto middle
.L4:
addl $1, (%rdi,%rax,4) # z[i]++
addq $1, %rax        # i++
.L3:
cmpq $4, %rax        # i:4
jbe .L4             # if <=, goto loop
rep; ret
```

- Hlaði
  - Keyrsluhlaði (hámark 8MB)
  - Fyrir staðværar breytur o.fl.
- Kös (heap)
  - Kvik úthlutun eftir þörfum
  - Þegar kallað er á malloc(), calloc(), new()
- Gögn
  - Fyrirfram úthlutað gögn
  - Víðværar breytur, strengfastar, kyrrlegar breytur, ...
- Texti / sameiginleg forritasöfn
  - Keyranlegar vélarmálsskipanir
  - Óskrifaðlegt (read-only)



HÁSKÓLI ÍSLANDS  
BRAGAVERKFRÆÐI, VÉLAVERKFRÆÐI  
OG TÖLVUNARFRÆÐI

Vistfang → 400000  
000000



hátt vistfang

skipanalínuviðföng

Staðværar breytur í föllum

Breytur fráteknað með malloc

Víðværar breytur

lágt vistfang

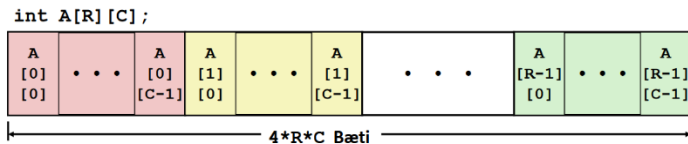
ÓLI ÍSLANDS  
RVERKFRÆÐI, VÉLAVERKFRÆÐI  
OG TÖLVUNARFRÆÐI

$$4 \text{ bita brothluti: } 1.010 \cdot 2^2 \times 1.110 \cdot 2^3 = 10.0011 \cdot 2^5 \\ = 1.00011 \cdot 2^6 = 1.001 \cdot 2^6$$

$$1.010 \cdot 2^2 + 1.110 \cdot 2^3 = (0.1010 + 1.1100) \cdot 2^3 \\ = 10.0110 \cdot 2^3 = 1.00110 \cdot 2^4 = 1.010 \cdot 2^4$$

	%rax	SF	CF	OF	ZF
xorq %rax, %rax	0x0000 0000 0000 0000	0	0	0	1
subq \$1, %rax	0xFFFF FFFF FFFF FFFF	1	1	0	0
cmpq \$2, %rax	0xFFFF FFFF FFFF FFFF	1	0	0	0
setl %al	0xFFFF FFFF FFFF FF01	1	0	0	0
movzbl %al, %eax	0x0000 0000 0000 0001	1	0	0	0

Ath.: setl og movzbl breyta ekki stýrikóðum



Stök í tvívíðu fylki

- int A[16][16];
- Vistfang:  $A + i * (C * K) + j * K$
- C = 16, K = 4

```
# A in %rdi, i in %rsi, j in %rdx
salq $6, %rsi      # 64*i
addq %rsi, %rdi     # A + 64*i
movl (%rdi,%rdx,4), %eax # Mem[A + 64*i + 4*j]
ret
```

Geymslurými = (# bæti/geira) x (meðal# geira/braut) x  
(# brauta/yfirborði) x (# yfirborða/plötu) x (# plata/disk)

Meðaltími til að lesa tiltekinn geira er nokkurn veginn:

$$T_{\text{access}} = T_{\text{avg seek}} + T_{\text{avg rotation}} + T_{\text{avg transfer}}$$