THEORIE TALSTELSELS

De binaire code

Het geheugenelement van de computer kan slechts twee verschillende waarden bevatten. De schakelingen uit de computer werken daarom met een *tweetallig* ofwel *binair* stelsel. Elk getal bestaat dan uit een combinatie van een aantal bits, bijv.1010 0101. Het aantal verschillende combinaties dat met een binair getal gemaakt kan worden is afhankelijk van het aantal bits dat het getal bevat. Met één bit zijn er twee mogelijkheden: 0 en 1. Als een binair getal uit twee bits bestaat zijn er 4 combinaties mogelijk nl: 00, 01, 10 en 11. Bij een 3-bits getal zijn er $2^3 = 8$, met 4-bits zijn er $2^4 = 16$, bij 8 bits $2^8 = 256$ en bij 16 bits zitten we al op $2^{16} = 65536$ combinatie-mogelijkheden. In de informatica vormen 8 bits en 16 bits een eenheid. Een 8-bits getal staat bekend onder een 'byte' en een 16-bits getal onder een 'word'. Minder gebruikelijk is de nibble die uit 4 bits bestaat. Combinatie mogelijkheden voor een nibble:

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

Let op de binaire kolommen. Kolom 1 vanaf rechts begint van boven naar beneden met 01,01,01 etc. Kolom 2: 00,11,00,11. Ontdek de regelmaat hierin!
De binaire code is een numerieke code voor het weergeven van positieve getallen. Zoals de waarde van een cijfer uit het decimale stelsel wordt bepaald door de plaats van het cijfer wordt ook de waarde van een bit in een binair getal bepaald door zijn plaats in het getal. Het getal 9281 decimaal moet in wezen worden gelezen als machten van 10. We analyseren:

$1 \times 10^0 = 1$ (een getal tot de macht 0 = 1)
$8 \times 10^1 = 80$
$2 \times 10^2 = 200$
$9 \times 10^3 = 9000$

Opgeteld: 9281d(ecimaal)

Elke plaats van het binaire getal heeft ook een bepaalde plaatswaarde. Het meest rechtse bitje de minste. De least significant bit of lsb. Het meest rechtse bit heeft de grootste plaatswaarde. De most significant bit of msb. Deze wordt niet uitgedrukt in machten van tien, zoals bij het decimale stelsel, maar in machten van twee. We nemen als voorbeeld het binaire getal 1010. Van rechts naar links:

meest rechtse bit :	$0 \times 2^0 = 0$	decimale waarde 0
	$1 \times 2^1 = 2$	decimale waarde 2
	$0 \times 2^2 = 0$	decimale waarde 0
meest linkse bit	$1 .\!\times 2^3 = 8$	decimale waarde 8

1010 binair heeft een dec. waarde van $0 + 2 + 0 + 8 = 10$ (10d)

Dit principe geldt voor elk (eventueel nog te bedenken) talstelsel.

Ondanks het gegeven dat de computer met enen en nullen werkt, werkt de programmeur zelden met het binaire stelsel. Dit zou door de grootte al snel onoverzichtelijk worden. Om praktische redenen wordt gebruik gemaakt van het 16-tallige stelsel. Dit houdt dus in dat een binair getal omgezet moet kunnen worden in een overeenkomstige waarde in het 16-tallige stelsel of naar de buitenwereld toe in het ons bekende10-tallige stelsel.

Het omzetten van binaire getallen

Van binair naar decimaal:

Voorbeeld: 1100b = (van rechts naar links):

$0 \times 2^0 = 0d$ waarde bit 0
$0 \times 2' = 0d$ waarde bit 1
$1 \times 2^2 = 4d$ waarde bit 2
$1 \times 2^3 = 8d$ waarde bit 3
---- +
12d totaal

Van decimaal naar binair:

We zetten 135 om in het binaire stelsel.

135 bevat maximaal 1×2^7 (=128) waarde bit 7
blijft over 135 -128 = 7
7 bevat maximaal 1×2^2 (=4) waarde bit 4
blijft over 7 - 4 = 3
3 bevat maximaal 1×2^1 (=2) waarde bit 2
blijft over 3 - 2 = 1
1 bevat maximaal 1×2^0 (=1) waarde bit 0

Nu de enen op de juiste plaats zetten en de rest aanvullen met nullen.
Het binaire getal wordt dan 1000 0111b

De twee-complementcode

De binaire code kan gebruikt worden als de computer alleen maar met positieve getallen werkt. Als er zowel met positieve als met negatieve getallen gerekend moet worden, wordt de twee-complementcode toegepast. Om aan te geven of het getal positief dan wel negatief is wordt het 7e bitje (msb) gebruikt. Een nul geeft aan dat het getal positief is een 1 geeft aan dat het getal negatief is.

Bij de twee-complementcode wordt steeds uitgegaan van een vast aantal bits. We gaan uit van een 8-bits getal. We zetten als voorbeeld -113 om in het twee-complementstelsel.

Omdat dit decimale getal negatief is stellen we bit 7 (de voorste bit) op $-2^7 = -128$. Het restant (+15) splitsen we in machten van 2:

$-113 = -128 + 15 = -128 + 8 + 4 + 2 + 1$
$-113 = 1 \times (-2^7) + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$
-113 = 1000 1111 (tc)

Zet +113 om in het tweecomplementstelsel.

$113 = 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^0$
$113 = 0.(-128) + 1 \times 64 + 1 \times 32 + 1 \times 16 + 1 \times 1$
113 = 0111 0001 (tc)

Er is een gemakkelijk te onthouden regel:
We dienen te weten of een getal weergegeven wordt in de tweecomplementscode.
We gaan uit van een 8-bits getal. Het meest links bit geeft aan of het getal positief of negatief is. Stel het getal +113 en -113 voor.

+113 = 0111 0001 om hier -113 van te maken, veranderen we de voorste 0 in een 1 en inverteren we de rest van de bits van het getal behalve de laatste. Wanneer we deze regel hanteren dan wordt -113 gelijk aan: 10001111tc

De hexadecimale code
Hexadecimaal wordt afgekort tot hex of h. Hexadecimaal betekent 16-tallig. Bij een hex getal verhouden de cijfers zich als machten van 16. Er zijn voor dit talstelsel zestien cijfers nodig. In het decimale stelsel kennen we tien cijfers, zodat er nog zes nieuwe bij moeten komen. Om praktische redenen is er gekozen voor zes symbolen die wel al kennen vanuit het alfabet nl. de letters A t/m. F. Denk erom, deze letters zijn dan geen letters meer maar cijfers. Het hexadecimale stelsel gebruikt dus de cijfers 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E en F. Elk hexadecimaal cijfer vervangt een groep van vier bits.

In plaats van het binaire getal 1111 mogen we ook het hexadecimale cijfer F opschrijven. De hexadecimale code moeten we zien als een verkorte schrijfwijze van een binair getal. Door deze hexadecimale code zijn de binaire getallen overzichtelijker weer te geven.

Als een binair getal omgezet moet worden in de hex. code, dan moet het verdeeld worden in groepen van vier bits. Per groep van vier noteren we dan het overeenkomstige hex. symbool. Bijv. 0011 1111 0001 0101b is gelijk aan 3F15h

Wanneer we 43d moet omgezet worden naar hexadecimaal dan kunnen we dat doen via de binaire code. We splitsen dan weer uit in machten van 2.

43d = 00101011 = 2Bh

Dit kunnen we ook doen wanneer we van hexadecimaal naar decimaal willen gaan.
Voorbeeld: we zetten 56h via het binaire stelsel om in de decimale code.

56h=0101 0110b = 86d

Het is niet noodzakelijk dat bij het omzetten van hexadecimale getallen naar decimale en omgekeerd, de binaire code als tussenstap genomen wordt. Voor hexadecimale getallen geldt immers ook dat de bit-waarden zich verhouden als machten van 16. We geven een voorbeeld. We willen het getal 12ACh omzetten naar de decimale waarde.

C x 16^0 = 12 x 1 =	12
A x 16^1 = 10 x 16 =	160
2 x 16^2 = 2 x 256 =	512
1 x 16^3 =	4096
	------- +
Totaal	4780d

De BCD-code
Behalve de binaire code kent de computer ook de BCD-code (Binary Coded Decimal). Wanneer we deze code gebruiken, is het omzetten van en naar de decimale waarde veel eenvoudiger. Elk decimaal cijfer wordt afzonderlijk in de binaire code opgeschreven. Omdat het grootste decimale cijfer 9 is, hebben we per cijfer vier bits nodig. We zetten als voorbeeld 2354679 om in de BCD-code. Elk cijfer van het gegeven getal moeten we nu als een 4 bits binair getal opschrijven: 2 = 0010b, 3 = 0011b etc.

2 3 5 4 6 7 9 wordt dus 0010 0011 0101 0100 0110 0111 1001 bcd

We zetten 0011 1000 0111 bcd om in de decimale code.

0011 1000 0111 bcd = 387d

Zo kunnen we elk decimaal getal eenvoudig opschrijven in de BCD-code. De BCD-code wordt voornamelijk gebruikt bij toepassingen waarbij de computer een binaire waarde aan de buitenwereld moet tonen. Denk aan een digitale km-teller of snelheidsmeter.

De ASCII-code

ASCII staat voor American Standard Code for Information Interchange. Het is een alfanumerieke code voor het coderen van cijfers, letters, leestekens e.d. bij toetsenborden, printers en monitoren. Elk symbool heeft een nummer. Zo is het ASCII-nummer van `A' gelijk aan 65. Dit nummer kunnen we ook binair of hexadecimaal noteren: A '= 65d of 41h of 01000001b.

Een toetsenbord heeft behalve toetsen voor de letters, cijfers en leestekens
ook een aantal besturingstoetsen, bijv. de enter-toets en de delete-toets. Hoewel hier niet vermeld komen deze besturingstoetsen ook voor in de ASCII-codetabel. Hier volgt een gedeelte van de ASCII-codetabel

Ascii-codetabel

Decimal	Octal	Hex	Binary	Value
048	060	030	00110000	0
049	061	031	00110001	1
050	062	032	00110010	2
051	063	033	00110011	3
052	064	034	00110100	4
053	065	035	00110101	5
054	066	036	00110110	6
055	067	037	00110111	7
056	070	038	00111000	8
057	071	039	00111001	9
065	101	041	01000001	A
066	102	042	01000010	B
067	103	043	01000011	C
068	104	044	01000100	D
069	105	045	01000101	E
070	106	046	01000110	F
071	107	047	01000111	G
072	110	048	01001000	H
073	111	049	01001001	I
074	112	04A	01001010	J
075	113	04B	01001011	K
076	114	04C	01001100	L
077	115	04D	01001101	M
078	116	04E	01001110	N
079	117	04F	01001111	O
080	120	050	01010000	P
081	121	051	01010001	Q
082	122	052	01010010	R
083	123	053	01010011	S
084	124	054	01010100	T
085	125	055	01010101	U
086	126	056	01010110	V
087	127	057	01010111	W
088	130	058	01011000	X
089	131	059	01011001	Y
090	132	05A	01011010	Z
091	133	05B	01011011	[

097	141	061	01100001	a
098	142	062	01100010	b
099	143	063	01100011	c
100	144	064	01100100	d
101	145	065	01100101	e
102	146	066	01100110	f
103	147	067	01100111	g
104	150	068	01101000	h
105	151	069	01101001	i
106	152	06A	01101010	j
107	153	06B	01101011	k
108	154	06C	01101100	l
109	155	06D	01101101	m
110	156	06E	01101110	n
111	157	06F	01101111	o
112	160	070	01110000	p
113	161	071	01110001	q
114	162	072	01110010	r
115	163	073	01110011	s
116	164	074	01110100	t
117	165	075	01110101	u
118	166	076	01110110	v
119	167	077	01110111	w
120	170	078	01111000	x
121	171	079	01111001	y
122	172	07A	01111010	z

Vragen en opgaven

1) Hoe wordt het getal 16d binair weergegeven?
2) Welk gegeven mist wanneer we in de informatica het getal 1010 tegenkomen?
3) Schijf het decimale getal 2583 in machten van 10 op.
4) Wat is de decimale waarde van het binaire getal 1111 0010?
5) Wat is het verschil tussen een bit, byte, nibble en word?
6) Schijf het getal 101d op als een 8-bits binair getal.
7) Waarom moeten we weten of een binair getal al dan niet in de tweecomplementscode is geschreven?
8) Welk decimale getal stelt 10110011 voor wanneer dit getal in de tweecomplementscode staat?
9) Zet ABCDh om in het binaire talstelsel
10) Zet ABCDh om in het decimale talstelsel
11) Waarom gebruikt een programmeur hoofdzakelijk de hex-code?
12) Wat vestaat men onder een BCD-gecodeerd getal?
13) Zet 2347d om in een BCD-getal.
14) Welk binaire getal wordt door het toetsenbord aan de computer doorgegeven wanneer we kleine letter 'n' intikken?
15) Geef de decimale, binaire (8-bits) , hexadecimale waarde weer van getal 11010.