２進数の乗除演算

被乗数を2^n倍する演算

① 被乗数を2進数10倍、100倍、…、する場合、
　　または、10進数の2倍、2^2＝4倍、…、する場合

被乗数を左へ1ビット、2ビット、…、
　　シフトすることによって求めることができる。

② 被乗数を10進数の2^n倍する場合

元の被乗数を左へ　nビットシフト　し、
　　下位の桁の空いたところには0を詰めていく。

具体例

① 2進数1101を2進数10倍、100倍する演算

② 2進数1101を10倍する演算

1ビット左にシフトして 11010 となる。

③ 2進数1101を100倍する演算

2ビット左にシフトして 110100 となる。

具体例

① 2進数1101を
　　110倍数する演算

② 次のように表すことができる。

1101×110＝1101×(100＋10)
　　＝1101×100＋1101×10

③ 1101×100と1101×10の結果の和として求める。

1101×110＝1101×100＋1101×10
　　＝110100＋11010＝1001110

被乗数を10進数のm倍する

① 被乗数を10進数のm倍する演算は
10進数のmを2進数に変換し、
ビットシフトを利用して求める。

② 左へのビットシフトと加算によって求める。

❶ 2進数の1のビットの（桁－1）だけ、
左にビットシフトする。
❷ 1のビットが3桁目にある100の場合、
2ビット左にビットシフトする。

2進数Yをm＝17倍する場合、次のようにして行う。

① 10進数の17を2進数に変換する。
$(17)_{10}=(10001)_2$

② 左へ4ビットシフトした結果を求める。
$Y \times 10000$

③ ②で求めた結果と元の2進数の和を求める。
$Y \times (10000+1)=Y \times 2^4+Y$

具体例

2進数Yをm＝29倍する演算

① 10進数の29を2進数に変換する。

$(29)_{10}=(10111)_2$

② Y×(10000＋100＋10＋1)

＝Y×2^4＋Y×2^2＋Y×2＋Y

③　次の演算で求める。

❶　Yを4ビット左にシフトした結果を求める。
❷　Yを2ビット左にシフトした結果を求める。
❸　Yを1ビット左にシフトした結果を求める。
❹　❶、❷、❸の結果の和を求める。

オーバフローの発生

① 正数の場合

左に算術シフトして、
　　1のオーバフローが発生すると、答えは正しくない。

② 負数の場合

左に算術シフトして、
　　0のオーバフローが発生すると、答えが正しくない。

③ オーバフローが発生すると答えは正しくない。

具体例1

① 負数を2の補数表現で表す4ビットの2進数0110を
1ビット左に算術シフトすると、0100となる。

② 2進数の0110は、10進数の6であるから、
2倍すると結果は12となる。

しかし、算術シフトした0100は4となり、12とはならない。

③ 正数の場合に1のオーバフローが発生したためである。

具体例2

① 負数を2の補数表現で表す4ビットの2進数1001を
1ビット左に算術シフトすると、1010となる。

② 2進数の1001は、10進数の－7であるから、
2倍すると結果は－14となる。
しかし、算術シフトした1010は－6となり、
－14とはならない。

③ 負数の場合に0のオーバフローが発生したためである。

被乗数を2^nで割る演算

① 被除数を2進数10、100、…、で割る演算

被除数を右へ1ビット、2ビット、…、
シフトすることによって求めることができる。

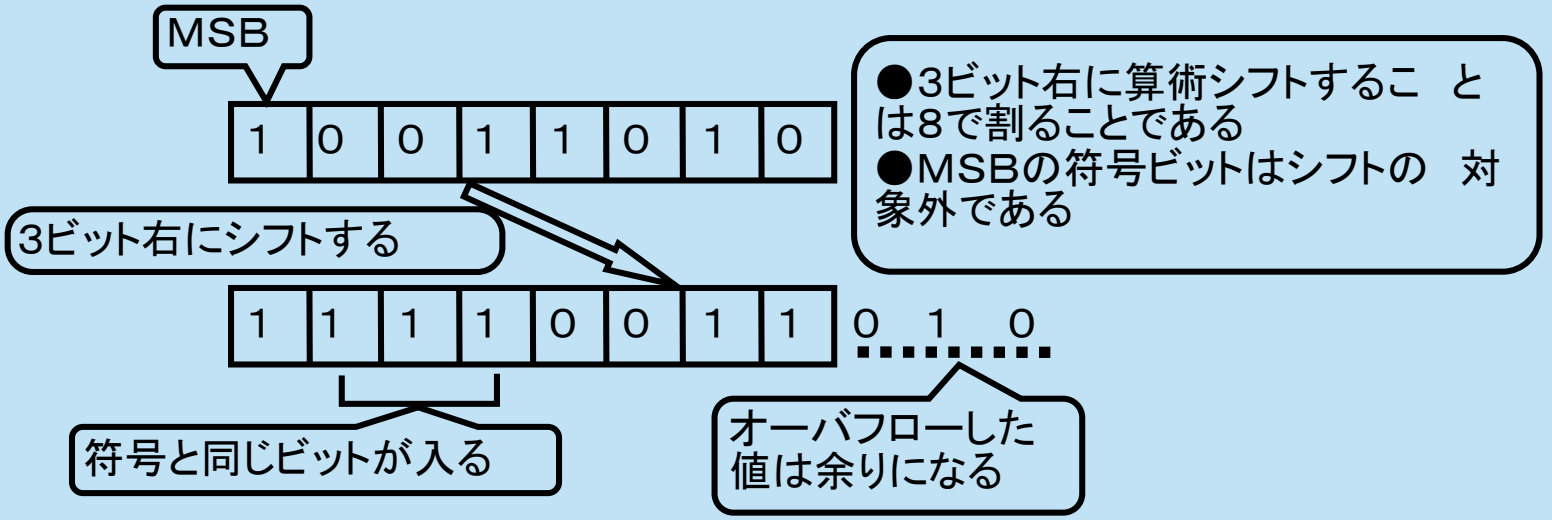
② 正の2進数の除算

被除数を10進数の2^nで割るとき、
もとの被除数を右へn桁シフトし、
空いたところには符号と同じ0を入れる。

③ 負の2進数の除算

被除数を10進数の2^nで割るとき、
もとの被除数を右へn桁シフトし、
空いたところには符号と同じ1を入れる。

負数を2の補数で表現する
2進数10011010を2進数1000で割る演算



被除数を10進数mで割る除算

被除数を10進数mで割る演算

① 10進数mを2進数に変換する

② 除数のビットシフトと減算によって求める。

③ 具体例を次ページに示す。

２進数01001010を
１０進数１７で割る演算

① １０進数１７を２進数１０００１に変換する。

② １を含む桁単位に分離する。
１０００１＝１００００＋１

③ ２進数01001010を4ビット右にシフトする。
01001010→100

④ 01001010－01000100＝110

⑤ 商は100＝4で、余りは110＝6となる。

具体例

2進数10101を3で割る場合、次の要領で求める。

① 10進数の3を2進数に変換する
$(3)_{10}=(11)_2$

② 10101から11×100＝1100を引く
10101－1100＝1001

③ ②の結果の1001から11×10＝ 110を引く
1001－110＝11

④　③の結果から11×1＝ 11を引く
　　11－11＝0

⑤　計算結果が0になるか、
　　11より小さい値になると減算を終了する。

⑥　②、③、④で用いた
　　除数×倍数の倍数のみの和を求める

100＋10＋1＝111

被除数A、除数Bの場合の計算要領

① 被除数をA、除数をBとして、
Bを左にビットシフトして、Aより小さくて
最も大きい倍数Cを求める。

② A－Cの減算結果Dを求める。

③ このステップでの商は
BからCへのビットシフトの量である。

④ ②の減算結果Dが0になるか、
またはBより小さくなると除算完了である。

⑤　④でないならば、Cを1ビット右にシフトして
新しい倍数Cを求める。

⑥　②で求めたDが新しい倍数Cより大きい場合、
DをAに代入して②に戻る。

⑦　②で求めたDが新しい倍数Cより小さい場合、更に、
Cを1ビット右にシフトして新しい倍数Cを求め⑥に戻る。

⑧　求める商は
③で求めた各ステップのビットシフト量の和になる。

除算の商と余りの求め方

① 最下位の桁から
１のアンダーフローが発生すると、
あまりが発生する。

② 符号が正の場合

シフトアウトしたビットが余りとなる。

③　符号が負の場合、

❶　シフトアウトしたnビットから、
2^nを引いたものが余りとなる。

❷　11の2ビットがシフトアウトすると、
余りは$3-2^2=-1$となる。

④　符号が負の場合の商は、
2進数から求めた10進数に1を加算した値となる。

具体例1

① 8ビットの2進数01100011を
2進数100で割った場合の余りを求める。

② 8ビットの2進数の01100011を
右に2ビットシフトすると、11がシフトアウトする。

③ 元の2進数は正であるから、余りは$(11)_2=(3)_{10}$となる。

④　10進数の検算

❶　2進数01100011は10進数99
❷　4で割ると
　　99÷4＝24余り3

⑤　商は2進数の00011000で、10進数の24となる。

具体例2

① 負数を2の補数で表す
8ビットの2進数11100011を
2進数100で割った場合の余りを求める。

② 8ビットの2進数の11100011を
右に2ビットシフトすると、11がシフトアウトする。

③ 元の2進数は負であるから、余りは次のようになる。

$$(11)_2 - (2^2)_{10} = (3)_{10} - 4 = -1$$

④　10進数の検算

❶　2進数11100011は、
10進数の－29である。

❷　除算
－29÷4＝－7　余り　－1

⑤　商は11111000で、－8＋1＝－7となる。

具体例3

① 負数を2の補数で表す
8ビットの2進数10101010を
2進数100で割った時の商と余りを求める。

10101010÷100＝11101010

② 8ビットの2進数の10101010は10進数の－86である。

③ 2ビット右に算術シフトすると、
10がシフトアウトして、2進数は11101010となる。

④　2進数は11101010 を
10進数に変換すると、－22となる。

符号が負の場合の商は－22＋1＝－21となる。

⑤　余りは、2進数10がシフトアウトするため、
次のようになる。

$$(10)_2-(2^2)_{10}=-2-4=-2$$

⑥　商は－21、余りは－2となる。