

# 電気電子物理工学実験Ⅲ マイクロプロセッサ

課題: 平方根の計算

# 10進数の開平

① ② ③ ④ ⑤  
 1 . 4 1 4 2

+)

1	①
1	
<hr/>	
a	2 4 ②
+)	4
<hr/>	
c	2 8 1 ③
+)	1
<hr/>	
	2 8 2 4 ④
+)	4
<hr/>	
	2 8 2 8 2 ⑤
+)	2
<hr/>	
	2 8 2 8 4

)

2	.
1	
<hr/>	
1	0 0 b
-)	9 6
<hr/>	
	4 0 0
-)	2 8 1
<hr/>	
	1 1 9 0 0
-)	1 1 2 9 6
<hr/>	
	6 0 4 0 0
-)	5 6 5 6 4
<hr/>	
	3 8 3 6 0 0

← (0+1) × 1

← (20+4) × 4

← (280+1) × 1

← (2820+4) × 4

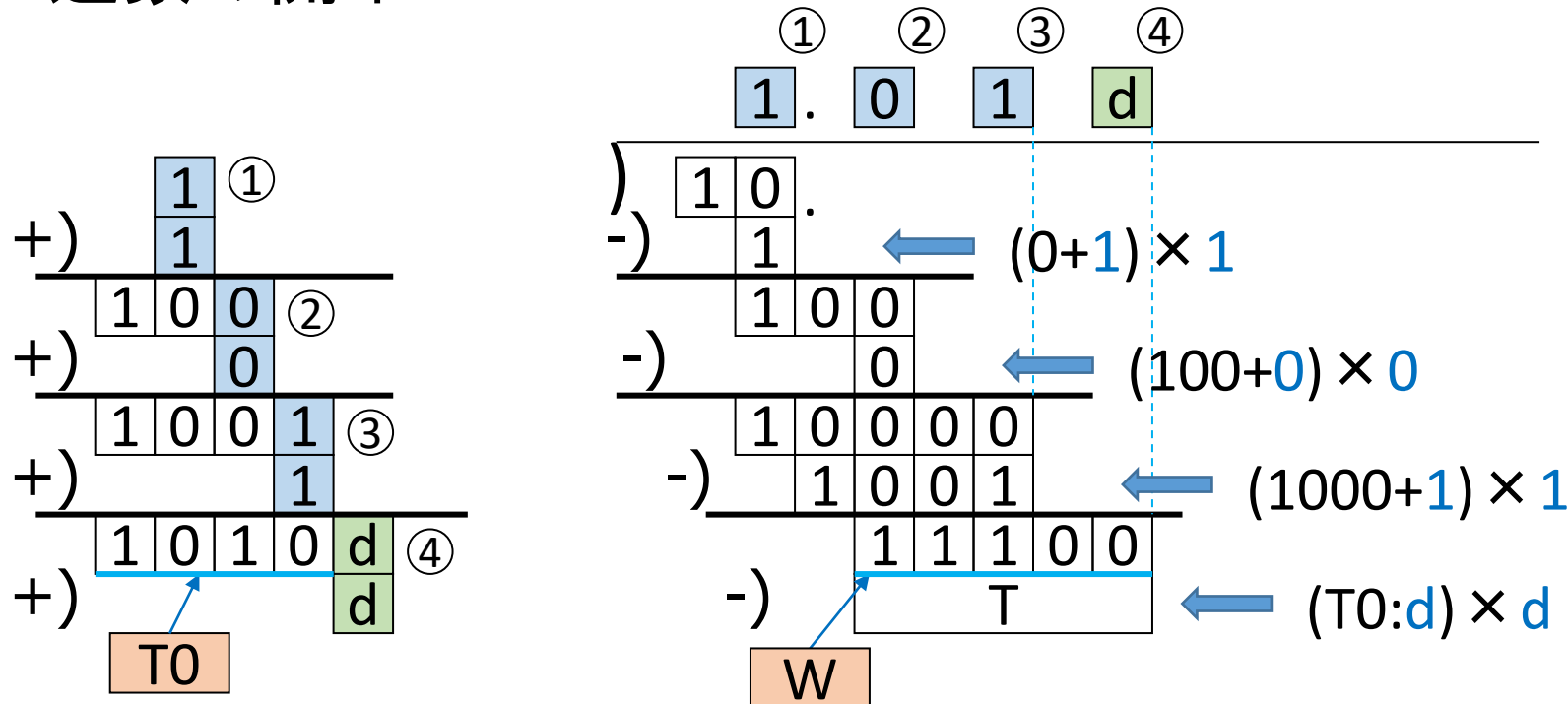
← (28280+2) × 2

例えば ② は、 $(20+n) \times n \leq 100$ を満たす最大のnとして4を決定  
 その後、 $(20+n)+n=28$ を得る

★十進数ではnは0~9の十通り、二進数ではnは0,1の二通り



# 2進数の開平



**d** の値が1か0か定める

- $T0$ の右から1を入れてTとする・・・つまり $d=1$ と仮定する  
( $T0$ を左にシフトし、1を加算)
- $W$ からTが引けるか( $W \geq T$ )調べる
- 引ける( $W \geq T$ )ならば $d=1$ とし、 $W \leftarrow W - T$   
引けなければ $d=0$

## 2進数の開平の手順

1. 元数を $W$ とする(例えば $W=2$ )
2. 除数 $T=0$ とする
3.  $T$ に1を加算し、 $W \geq T$ か調べる
- 4a.  $W \geq T$ ならば、 $W \leftarrow W - T$ とし、平方根としてビット1を右から入れる  
     $T$ に1を加算する(3.と合わせて2を加算したことになる)
- 4b.  $W < T$ ならば、平方根としてビット0を右から入れる  
     $T$ を、1を加算する前の値に戻す
5.  $W$ を2ビット左にシフトする(右から'00'を入れる)
6.  $T$ を1ビット左にシフトする(右から'0'を入れる)
7. 3.~6.を必要回数繰り返す

平方根を32ビットで求める場合、 $W, T$ は64ビットとして領域確保  
(ただし、実際には $W, T$ は64ビットまでは使用しない)

# 開平アルゴリズム

元の数 $P$

$n$ 回目の近似平方根 $A_n$

$$A_n^2 \leq P$$

$n + 1$ 回目の近似平方根 $A_{n+1} = A_n + d_n$

$$A_{n+1}^2 \leq P$$

$W_n = P - A_n^2$  と置くと

$$d_n \geq 0$$

$$W_{n+1} = P - A_{n+1}^2 = P - (A_n^2 + 2A_n d_n + d_n^2)$$

$$= P - A_n^2 - (2A_n d_n + d_n^2)$$

$$= W_n - (2A_n + d_n)d_n$$

$W_{n+1} \geq 0$ 、すなわち  $T_n = 2A_n$  とし、

$W_n - (T_n + d_n)d_n \geq 0$  を満たす最大の $d_n$ を定める

$d_n$ を定めたら  $T_{n+1} \leftarrow (T_n + d_n) + d_n$  とする

このとき  $T_{n+1} = (T_n + d_n) + d_n = 2A_n + 2d_n = 2A_{n+1}$

このように、実は  $T_n$  は近似平方根 $A_n$ の2倍の値となっている