計算機組織

Lab 0

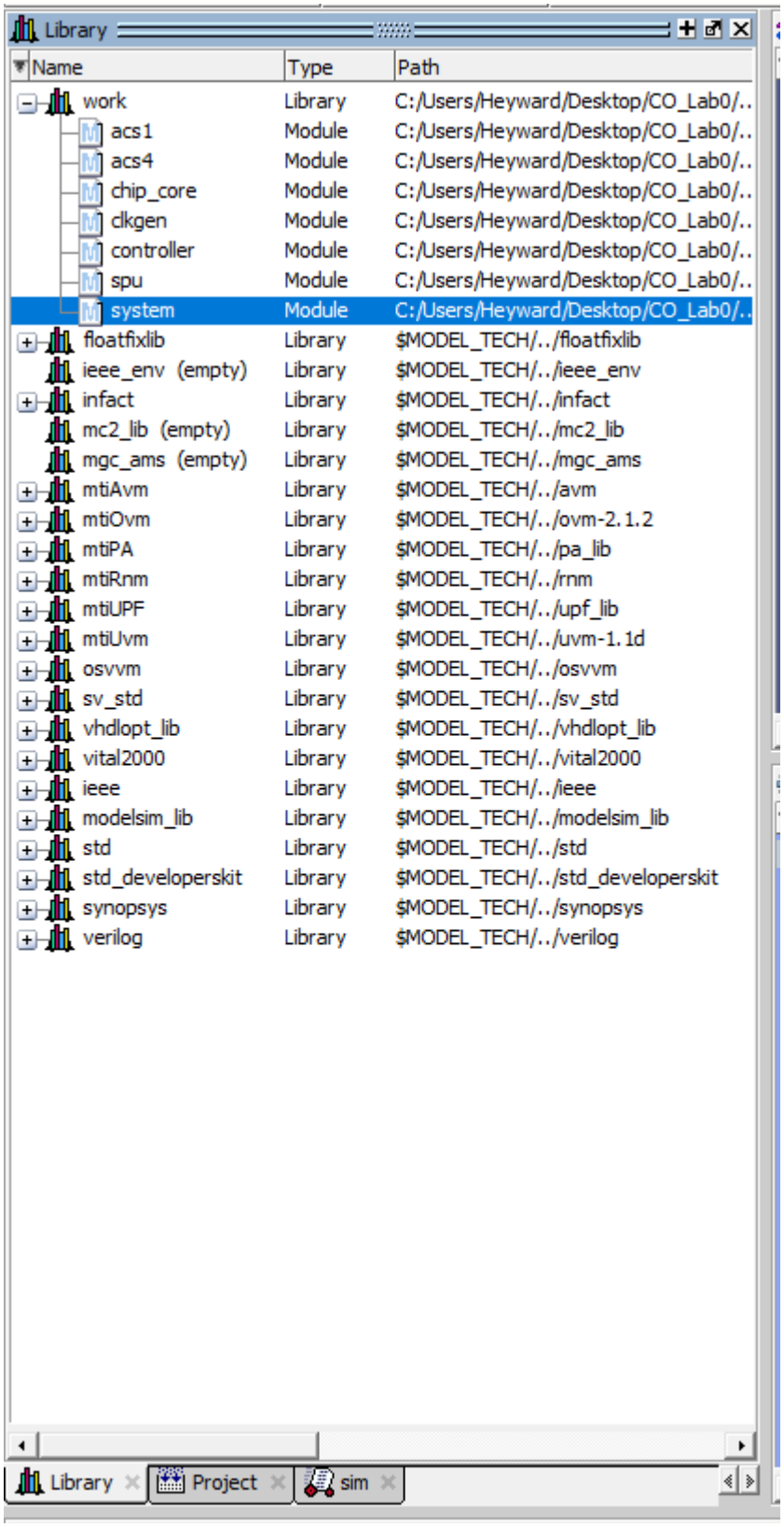
系級：土木 4B

學號：0511330

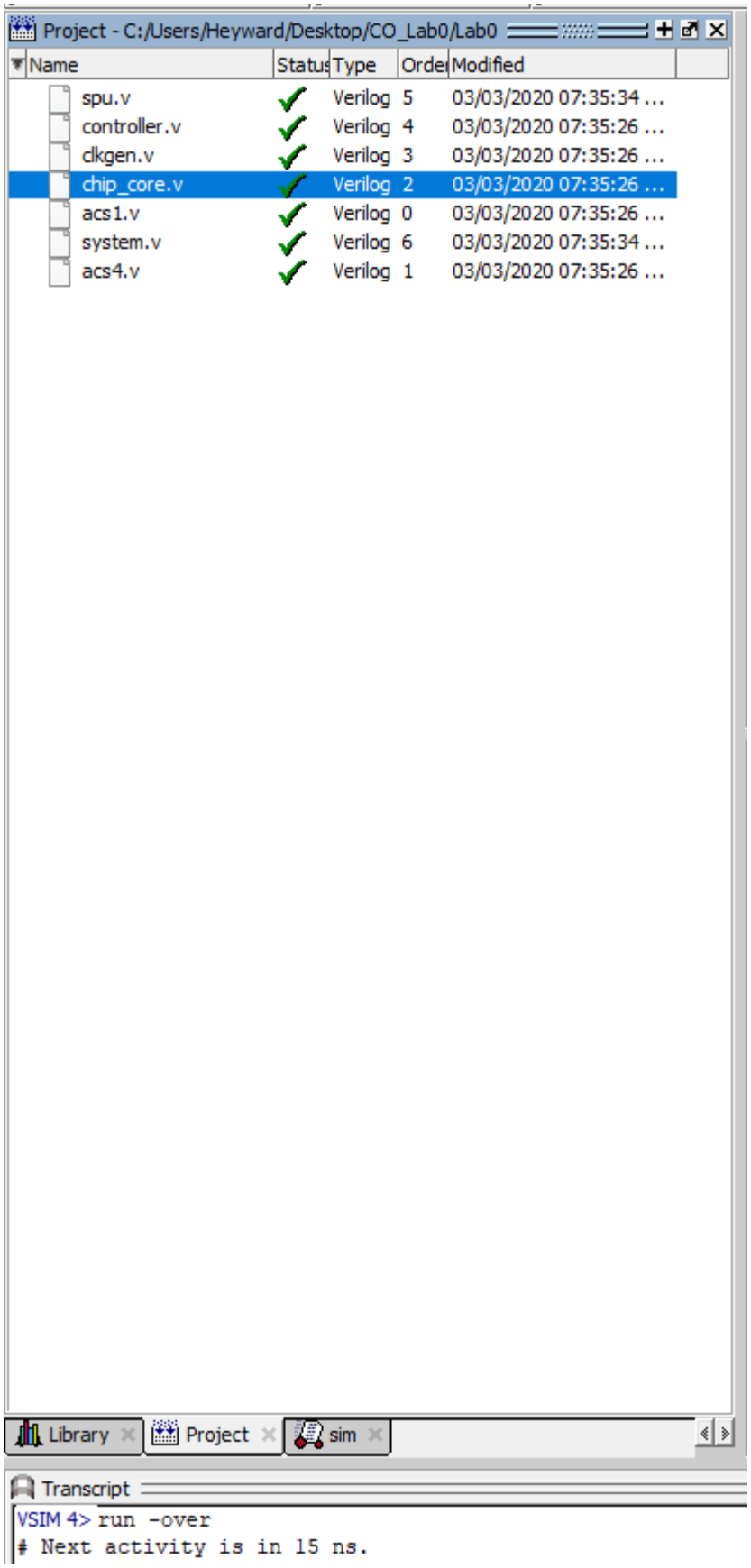
姓名：劉紘華

Part1

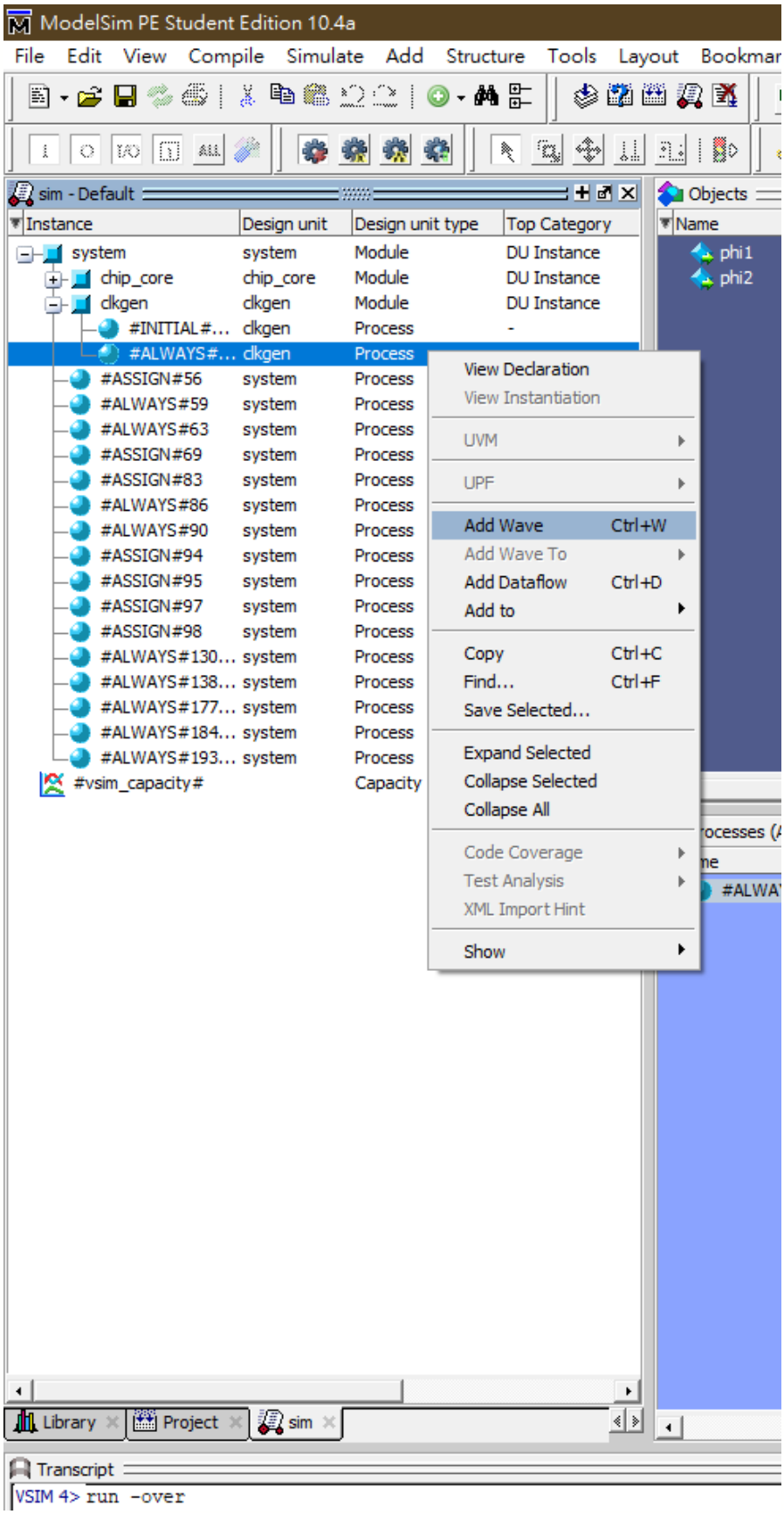
1.Add Files into work directory.



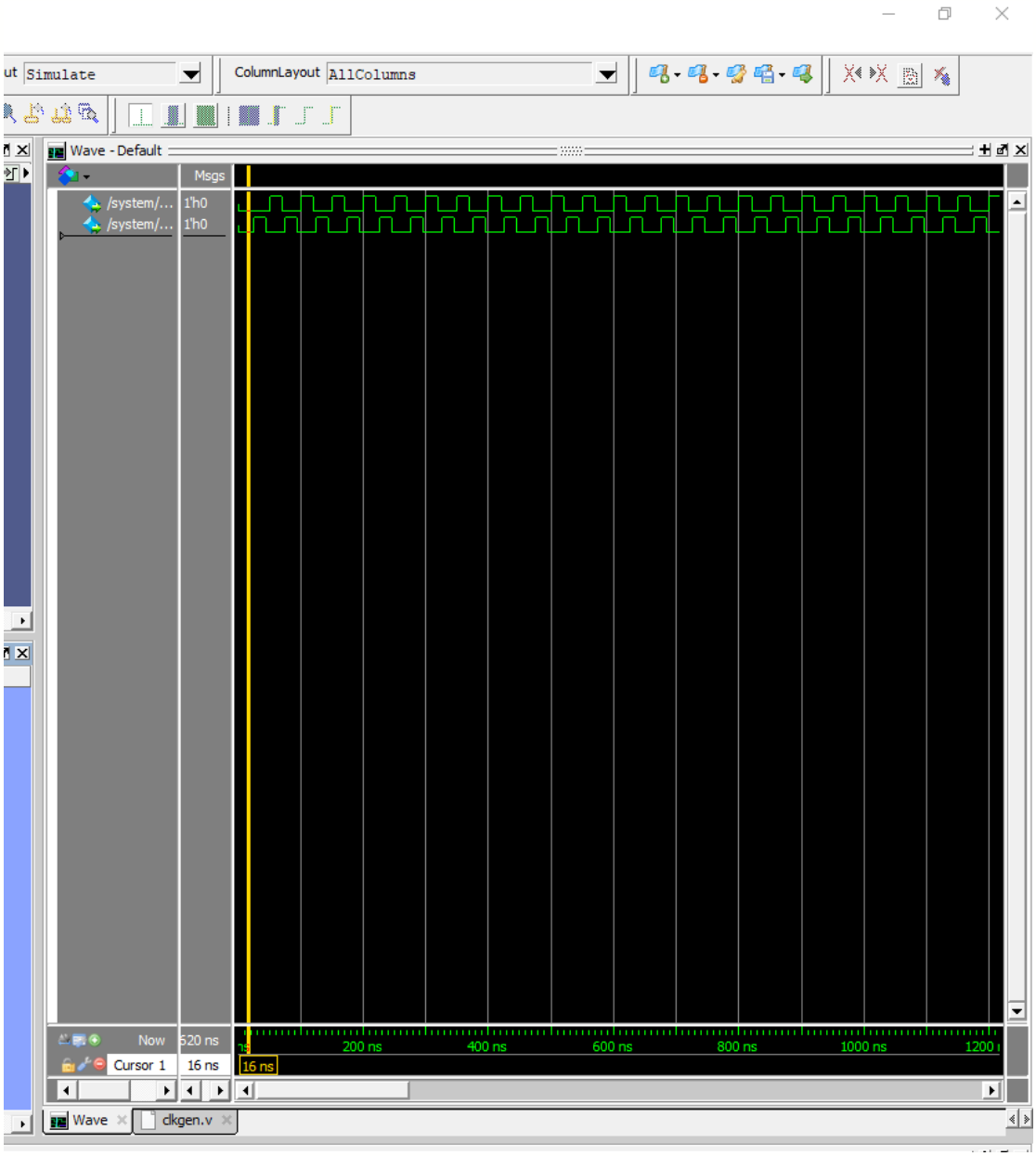
2.Compile All Project Files.



3.Add Wave in Simulation windows.



4.Press F9 to Run the simulation and get a Wave diagram.



Part2

C Code:

```
int multiplication(int a, int b){
    return a*b;
}
int main(){
    int x1, x2, x3;
    x1 = 2;
    x2 = 3;
    x3 = multiplication(x1,x2);
}
```

RISC-V 64 Code:

```
(1)  multiplication(int, int):  # @multiplication(int, int)
(2)  addi   sp, sp, -32   // Add immediate value -32, sp = sp + (-32)
(3)  sd     ra, 24(sp)    // Store doubleword, Memory [sp + 24] = ra
(4)  sd     s0, 16(sp)    // Store doubleword, Memory [sp +16] = s0
```

(2)把 stack pointer 往下移 4 個 doubleword 用來儲存，
(3)和(4)分別把 return address (ra)和 stack pointer (s0)先存起來，避免執行 multiplication( )時，覆蓋掉 main( )原本存的的 ra 和 s0。

```
(5)  addi   s0, sp, 32    // Add immediate value 32, s0 = sp + 32
(6)  add    a2, zero, a1  // Add zero, a2 = 0 + a1
(7)  add    a3, zero, a0  // Add zero, a3 = 0 + a0
(8)  sw     a0, -20(s0)   // Store word, Memory[s0 - 20] = a0
(9)  sw     a1, -24(s0)   // Store word, Memory[s0 – 24] = a1
```

(5) 利用 frame pointer (s0)指向一開始的 sp 當作 end_ptr 使用，類似陣列中存在兩個指標 start_ptr 和 end_ptr。
(6)和(7)先把 function arguments 先傳遞給其他 Reg.，a1 給 a2、a0 給 a3。
(8)和(9)再把 a0 & a1 存進 Stack 中，因為 a0 和 a1 用來存放 **function arguments** 和 **return value**，先存放是為了避免被後面產生的 **return value** 覆蓋掉。
註：a0 = x10, a1 = x11

```
(10) lw     a0, -20(s0)   // Load word, a0 = Memory[s0 - 20]
(11) lw     a1, -24(s0)   // Load word, a1 = Memory[s0 – 24]

(12) mulw   a0, a0, a1    // a0[0:63] = Sign_Extend ( a0[0:31] * a1[0:31] )
```

// RISCv 64 才有的指令，將 a0 的 0~32 位 乘以 a1 的 0~32 位，
// 再把算出來的結果 Sign_Extend 成 64-bit，存進 a0。

(10)和(11)從 Stack 中把傳進來 a0, a1 存取回來（a0 = a = 2, a1 = b = 3）
(12)則是把 a0*a1 的結果存進 a0 當成 **return value**（return a*b in C code）

```
(13) ld     s0, 16(sp)    // Load doubleword, a0 = Memory[sp + 16]
(14) ld     ra, 24(sp)    // Load doubleword, ra = Memory[sp + 24]
(15) addi   sp, sp, 32    // Add immediate value, sp = sp + 32
(16) ret
```

(13)和(14)將存在 Stack 中的 s0 和 ra 存取回來
(15)把 stack pointer 指回原來的 sp，release(2)占用的 4 個 doubleword
(16) return 回 main

```
(17) main:                  # @main
(18) addi   sp, sp, -32   // Add immediate value, sp = sp - 32
(19) sd     ra, 24(sp)    // Store doubleword, Memory[sp + 24] = ra
(20) sd     s0, 16(sp)    // Store doubleword, Memory[sp + 16] = s0
```

(18)~(20)意同 multiplication 函式裡面的(2)~(5)，把 ra 和 s0 存進 Stack 中。

```
(21) addi   s0, sp, 32    // Add immediate value, s0 = sp + 32
(22) addi   a0, zero, 2   // Add immediate value, a0 = 0 + 2
(23) sw     a0, -20(s0)   // Store word, Memory[s0 – 20] = a0
(24) addi   a0, zero, 3   // Add immediate value, a0 = 0 + 3
(25) sw     a0, -24(s0)   // Store word, Memory[s0 – 24] = a0
```

(21)意同(5)，建立 end_ptr。
(22)~(24)先把值存進 Reg.中，再把 Reg.中的值存進 Stack 中。

```
(26) lw     a0, -20(s0)   // Load word, a0 = Memory[s0 -20]
(27) lw     a1, -24(s0)   // Load word, a1 = Memory[s0 -24]
(28) call   multiplication(int, int)
```

(26)、(27) 把 Stack 中的值存進 a0, a1，透過(28)把參數 a0, a1 傳遞到 function 中。

```
(29) sw     a0, -28(s0)   // Store word, Memory[s0 -28] = a0
(30) mv     a0, zero      // Move from zero to a0, a0 = 0
                          // mv is similar to addi a0, zero, 0 ( a0 = zero + 0 )
```

(29) 把 function 的 return value 存進 Stack 中，(30)再把 a0 初始化成 0。

```
(31) ld     s0, 16(sp)    // Load doubleword, s0 = Memory[sp + 16]
(32) ld     ra, 24(sp)    // Load doubleword, ra = Memory[sp + 24]
(33) addi   sp, sp, 32    // Add immediate value, sp = sp + 32
(34) ret
```

(31)、(32) 把 main 一開始存的 s0 & ra 從 Stack 中存回來，(33)將 sp 指回 top of Stack，釋放 main 一開始占用的 4 個 doubleword。
(34) int main()的結尾（return 0 in C code）。