

## Homework #5

E14096724 鄭喆嚴

### 1. The test program and its explanation

nplCPU 的 test program 有 11 行程式首先會被儲存在 MEM[0]~MEM[10]，以下是每一行程式的解釋：

1. 讀取 0 到 R1
2. 讀取 NMBR 就是儲存在程式第 10 行的 5555aaaa 到 R1
3. 有標籤 START，當滿足條件是否為偶數時會跳至標籤 L1
4. 將 R1 加 1
5. 有標籤 L1，將 R0 向右 shift 1 bit
6. 當滿足條件是否為零時會跳至標籤 L2
7. 跳至標籤 START
8. 有標籤 L2，儲存 R1 在 RSLT 就是 MEM[10]
9. 停止程式
10. 儲存 NMBR:5555aaaa
11. RSLT 最後要儲存結果的位置

```
1  0010_1000_0000_0000_0000_0000_0000_0001 // LD R1,#0
2  0010_0000_0000_0000_1001_0000_0000_0000 // LD R0,NMBR
3  0001_0010_0000_0000_0000_0000_0000_0100 // START:BRA L1,CCE
4  0100_1000_0000_0000_0001_0000_0000_0001 // ADD R1,#1
5  0111_1000_0000_0000_0001_0000_0000_0000 // L1:SHF R0,#1
6  0001_0100_0000_0000_0000_0000_0000_0111 // BRA L2,ZERO
7  0001_0000_0000_0000_0000_0000_0000_0010 // BRA START,ALW
8  0011_0000_0000_0000_0001_0000_0000_1010 // L2:STR RSLT, R1
9  1001_1111_1111_1111_1111_1111_1111_1111 // HLT
10 0101_0101_0101_0101_1010_1010_1010_1010 // NMBR:5555aaaa
11 0000_0000_0000_0000_0000_0000_0000_0000 // RSLT:00000000
```

Fig. 1. nplCPU 的 test program

## 2. Simulation results and explanation

第 1 行程式先讀取 0 到 R1，第 2 行程式讀取程式第 10 行的 NMBR 就是 5555aaaa 到 R0，第 3 行有標籤 START，在滿足條件是否為偶數時會跳至有標籤 L1 的第 5 行；在不滿足條件是否為偶數時會繼續執行第 4 行，第 4 行是將 R1 加 1，接著繼續執行第 5 行。第 5 行有標籤 L1 是將 R0 向右 shift 1 bit，執行第 6 行時，在滿足條件是否為零時會跳至有標籤 L2 的第 8 行；在不滿足條件是否為零時會繼續執行第 7 行，第 7 行是跳至有標籤 START 的第 3 行，接著繼續重新執行第 3 行，繼續執行時會執行到第 4 行是將 R1 加 1 和第 5 行將 R0 向右 shift 1 bit 直到滿足第 6 行的條件是否為零時才會跳至有標籤 L2 的第 8 行。第 8 行有標籤 L2 是儲存 R1 在程式第 11 行的 RSLT 就是 MEM[10]，第 9 行是停止程式。

0	x	xxxxxxx	xxxxxxxx	xxxxxxxx	1190	5	005555aa	00000004	xxxxxxxx
10	0	xxxxxxxx	xxxxxxxx	xxxxxxxx	1210	5	002aad5	00000004	xxxxxxxx
20	1	xxxxxxxx	xxxxxxxx	xxxxxxxx	1220	6	002aad5	00000004	xxxxxxxx
30	1	xxxxxxxx	00000000	xxxxxxxx	1250	7	002aad5	00000004	xxxxxxxx
50	2	xxxxxxxx	00000000	xxxxxxxx	1260	2	002aad5	00000004	xxxxxxxx
60	2	5555aaaa	00000000	xxxxxxxx	1280	3	002aad5	00000004	xxxxxxxx
80	3	5555aaaa	00000000	xxxxxxxx	1310	4	002aad5	00000004	xxxxxxxx
90	4	5555aaaa	00000000	xxxxxxxx	1330	4	002aad5	00000005	xxxxxxxx
110	5	5555aaaa	00000000	xxxxxxxx	1340	5	002aad5	00000005	xxxxxxxx
130	5	2aad555	00000000	xxxxxxxx	1360	5	0015556a	00000005	xxxxxxxx
140	6	2aad555	00000000	xxxxxxxx	1370	6	0015556a	00000005	xxxxxxxx
170	7	2aad555	00000000	xxxxxxxx	1400	7	0015556a	00000005	xxxxxxxx
180	2	2aad555	00000000	xxxxxxxx	1410	2	0015556a	00000005	xxxxxxxx
200	3	2aad555	00000000	xxxxxxxx	1430	3	0015556a	00000005	xxxxxxxx
230	4	2aad555	00000000	xxxxxxxx	1440	4	0015556a	00000005	xxxxxxxx
250	4	2aad555	00000001	xxxxxxxx	1460	5	0015556a	00000005	xxxxxxxx
260	5	2aad555	00000001	xxxxxxxx	1480	5	000aaab5	00000005	xxxxxxxx
280	5	15556aaa	00000001	xxxxxxxx	1490	6	000aaab5	00000005	xxxxxxxx
290	6	15556aaa	00000001	xxxxxxxx	1520	7	000aaab5	00000005	xxxxxxxx
320	7	15556aaa	00000001	xxxxxxxx	1530	2	000aaab5	00000005	xxxxxxxx
330	2	15556aaa	00000001	xxxxxxxx	1550	3	000aaab5	00000005	xxxxxxxx
350	3	15556aaa	00000001	xxxxxxxx	1580	4	000aaab5	00000005	xxxxxxxx
360	4	15556aaa	00000001	xxxxxxxx	1600	4	000aaab5	00000006	xxxxxxxx
380	5	15556aaa	00000001	xxxxxxxx	1610	5	000aaab5	00000006	xxxxxxxx
400	5	0aaab555	00000001	xxxxxxxx	1630	5	0005555a	00000006	xxxxxxxx
410	6	0aaab555	00000001	xxxxxxxx	1640	6	0005555a	00000006	xxxxxxxx
440	7	0aaab555	00000001	xxxxxxxx	1670	7	0005555a	00000006	xxxxxxxx
450	2	0aaab555	00000001	xxxxxxxx	1680	2	0005555a	00000006	xxxxxxxx
470	3	0aaab555	00000001	xxxxxxxx	1700	3	0005555a	00000006	xxxxxxxx
500	4	0aaab555	00000001	xxxxxxxx	1710	4	0005555a	00000006	xxxxxxxx
520	4	0aaab555	00000002	xxxxxxxx	1730	5	0005555a	00000006	xxxxxxxx
530	5	0aaab555	00000002	xxxxxxxx	1750	5	0002aad	00000006	xxxxxxxx
550	5	05555aaa	00000002	xxxxxxxx	1760	6	0002aad	00000006	xxxxxxxx
560	6	05555aaa	00000002	xxxxxxxx	1790	7	0002aad	00000006	xxxxxxxx
590	7	05555aaa	00000002	xxxxxxxx	1800	2	0002aad	00000006	xxxxxxxx
600	2	05555aaa	00000002	xxxxxxxx	1820	3	0002aad	00000006	xxxxxxxx
620	3	05555aaa	00000002	xxxxxxxx	1850	4	0002aad	00000006	xxxxxxxx
630	4	05555aaa	00000002	xxxxxxxx	1870	4	0002aad	00000007	xxxxxxxx
650	5	05555aaa	00000002	xxxxxxxx	1880	5	0002aad	00000007	xxxxxxxx
670	5	02aad55	00000002	xxxxxxxx	1900	5	00015556	00000007	xxxxxxxx
680	6	02aad55	00000002	xxxxxxxx	1910	6	00015556	00000007	xxxxxxxx
710	7	02aad55	00000002	xxxxxxxx	1940	7	00015556	00000007	xxxxxxxx
720	2	02aad55	00000002	xxxxxxxx	1950	2	00015556	00000007	xxxxxxxx
740	3	02aad55	00000002	xxxxxxxx	1970	3	00015556	00000007	xxxxxxxx
770	4	02aad55	00000002	xxxxxxxx	1980	4	00015556	00000007	xxxxxxxx
790	4	02aad55	00000003	xxxxxxxx	2000	5	00015556	00000007	xxxxxxxx
800	5	02aad55	00000003	xxxxxxxx	2020	5	0000aaab	00000007	xxxxxxxx
820	5	015556aa	00000003	xxxxxxxx	2030	6	0000aaab	00000007	xxxxxxxx
830	6	015556aa	00000003	xxxxxxxx	2060	7	0000aaab	00000007	xxxxxxxx
860	7	015556aa	00000003	xxxxxxxx	2070	2	0000aaab	00000007	xxxxxxxx
870	2	015556aa	00000003	xxxxxxxx	2090	3	0000aaab	00000007	xxxxxxxx
890	3	015556aa	00000003	xxxxxxxx	2120	4	0000aaab	00000007	xxxxxxxx
900	4	015556aa	00000003	xxxxxxxx	2140	4	0000aaab	00000008	xxxxxxxx
920	5	015556aa	00000003	xxxxxxxx	2150	5	0000aaab	00000008	xxxxxxxx
940	5	00aaab55	00000003	xxxxxxxx	2170	5	00005555	00000008	xxxxxxxx
950	6	00aaab55	00000003	xxxxxxxx	2180	6	00005555	00000008	xxxxxxxx
980	7	00aaab55	00000003	xxxxxxxx	2210	7	00005555	00000008	xxxxxxxx
990	2	00aaab55	00000003	xxxxxxxx	2220	2	00005555	00000008	xxxxxxxx
1010	3	00aaab55	00000003	xxxxxxxx	2240	3	00005555	00000008	xxxxxxxx
1040	4	00aaab55	00000003	xxxxxxxx	2270	4	00005555	00000008	xxxxxxxx
1060	4	00aaab55	00000004	xxxxxxxx	2290	4	00005555	00000009	xxxxxxxx
1070	5	00aaab55	00000004	xxxxxxxx	2300	5	00005555	00000009	xxxxxxxx
1090	5	005555aa	00000004	xxxxxxxx	2320	5	00002aaa	00000009	xxxxxxxx
1100	6	005555aa	00000004	xxxxxxxx					
1130	7	005555aa	00000004	xxxxxxxx					
1140	2	005555aa	00000004	xxxxxxxx					
1160	3	005555aa	00000004	xxxxxxxx					
1170	4	005555aa	00000004	xxxxxxxx					

Fig. 2. 執行程式過程的 time、pc、RFILE[0]、RFILE[1]、RFILE[2]

2330	6	00002aaa	00000009	xxxxxxxx	3470	3	0000002a	0000000d	xxxxxxxx
2360	7	00002aaa	00000009	xxxxxxxx	3480	4	0000002a	0000000d	xxxxxxxx
2370	2	00002aaa	00000009	xxxxxxxx	3500	5	0000002a	0000000d	xxxxxxxx
2390	3	00002aaa	00000009	xxxxxxxx	3520	5	00000015	0000000d	xxxxxxxx
2400	4	00002aaa	00000009	xxxxxxxx	3530	6	00000015	0000000d	xxxxxxxx
2420	5	00002aaa	00000009	xxxxxxxx	3560	7	00000015	0000000d	xxxxxxxx
2440	5	00001555	00000009	xxxxxxxx	3570	2	00000015	0000000d	xxxxxxxx
2450	6	00001555	00000009	xxxxxxxx	3590	3	00000015	0000000d	xxxxxxxx
2480	7	00001555	00000009	xxxxxxxx	3620	4	00000015	0000000d	xxxxxxxx
2490	2	00001555	00000009	xxxxxxxx	3640	4	00000015	0000000e	xxxxxxxx
2510	3	00001555	00000009	xxxxxxxx	3650	5	00000015	0000000e	xxxxxxxx
2540	4	00001555	00000009	xxxxxxxx	3670	5	0000000a	0000000e	xxxxxxxx
2560	4	00001555	0000000a	xxxxxxxx	3680	6	0000000a	0000000e	xxxxxxxx
2570	5	00001555	0000000a	xxxxxxxx	3710	7	0000000a	0000000e	xxxxxxxx
2590	5	00000aaa	0000000a	xxxxxxxx	3720	2	0000000a	0000000e	xxxxxxxx
2600	6	00000aaa	0000000a	xxxxxxxx	3740	3	0000000a	0000000e	xxxxxxxx
2630	7	00000aaa	0000000a	xxxxxxxx	3750	4	0000000a	0000000e	xxxxxxxx
2640	2	00000aaa	0000000a	xxxxxxxx	3770	5	0000000a	0000000e	xxxxxxxx
2660	3	00000aaa	0000000a	xxxxxxxx	3790	5	00000005	0000000e	xxxxxxxx
2670	4	00000aaa	0000000a	xxxxxxxx	3800	6	00000005	0000000e	xxxxxxxx
2690	5	00000aaa	0000000a	xxxxxxxx	3830	7	00000005	0000000e	xxxxxxxx
2710	5	00000555	0000000a	xxxxxxxx	3840	2	00000005	0000000e	xxxxxxxx
2720	6	00000555	0000000a	xxxxxxxx	3860	3	00000005	0000000e	xxxxxxxx
2750	7	00000555	0000000a	xxxxxxxx	3890	4	00000005	0000000e	xxxxxxxx
2760	2	00000555	0000000a	xxxxxxxx	3910	4	00000005	0000000f	xxxxxxxx
2780	3	00000555	0000000a	xxxxxxxx	3920	5	00000005	0000000f	xxxxxxxx
2810	4	00000555	0000000a	xxxxxxxx	3940	5	00000002	0000000f	xxxxxxxx
2830	4	00000555	0000000b	xxxxxxxx	3950	6	00000002	0000000f	xxxxxxxx
2840	5	00000555	0000000b	xxxxxxxx	3980	7	00000002	0000000f	xxxxxxxx
2860	5	000002aa	0000000b	xxxxxxxx	3990	2	00000002	0000000f	xxxxxxxx
2870	6	000002aa	0000000b	xxxxxxxx	4010	3	00000002	0000000f	xxxxxxxx
2900	7	000002aa	0000000b	xxxxxxxx	4020	4	00000002	0000000f	xxxxxxxx
2910	2	000002aa	0000000b	xxxxxxxx	4040	5	00000002	0000000f	xxxxxxxx
2930	3	000002aa	0000000b	xxxxxxxx	4060	5	00000001	0000000f	xxxxxxxx
2940	4	000002aa	0000000b	xxxxxxxx	4070	6	00000001	0000000f	xxxxxxxx
2960	5	000002aa	0000000b	xxxxxxxx	4100	7	00000001	0000000f	xxxxxxxx
2980	5	00000155	0000000b	xxxxxxxx	4110	2	00000001	0000000f	xxxxxxxx
2990	6	00000155	0000000b	xxxxxxxx	4130	3	00000001	0000000f	xxxxxxxx
3020	7	00000155	0000000b	xxxxxxxx	4160	4	00000001	0000000f	xxxxxxxx
3030	2	00000155	0000000b	xxxxxxxx	4180	4	00000001	00000010	xxxxxxxx
3050	3	00000155	0000000b	xxxxxxxx	4190	5	00000001	00000010	xxxxxxxx
3080	4	00000155	0000000b	xxxxxxxx	4210	5	00000000	00000010	xxxxxxxx
3100	4	00000155	0000000c	xxxxxxxx	4220	6	00000000	00000010	xxxxxxxx
3110	5	00000155	0000000c	xxxxxxxx	4230	7	00000000	00000010	xxxxxxxx
3130	5	000000aa	0000000c	xxxxxxxx	4250	8	00000000	00000010	xxxxxxxx
3140	6	000000aa	0000000c	xxxxxxxx	4280	9	00000000	00000010	xxxxxxxx
3170	7	000000aa	0000000c	xxxxxxxx					
3180	2	000000aa	0000000c	xxxxxxxx					
3200	3	000000aa	0000000c	xxxxxxxx					
3210	4	000000aa	0000000c	xxxxxxxx					
3230	5	000000aa	0000000c	xxxxxxxx					
3250	5	00000055	0000000c	xxxxxxxx					
3260	6	00000055	0000000c	xxxxxxxx					
3290	7	00000055	0000000c	xxxxxxxx					
3300	2	00000055	0000000c	xxxxxxxx					
3320	3	00000055	0000000c	xxxxxxxx					
3350	4	00000055	0000000c	xxxxxxxx					
3370	4	00000055	0000000d	xxxxxxxx					
3380	5	00000055	0000000d	xxxxxxxx					
3400	5	0000002a	0000000d	xxxxxxxx					
3410	6	0000002a	0000000d	xxxxxxxx					
3440	7	0000002a	0000000d	xxxxxxxx					
3450	2	0000002a	0000000d	xxxxxxxx					

Fig. 3. 執行程式過程的 time、pc、RFILE[0]、RFILE[1]、RFILE[2]

```

MEM[0]=00101000000000000000000000000001
MEM[1]=0010000000000000001001000000000000
MEM[2]=000100100000000000000000000000100
MEM[3]=010010000000000000001000000000001
MEM[4]=011110000000000000001000000000000
MEM[5]=000101000000000000000000000000111
MEM[6]=00010000000000000000000000000010
MEM[7]=0011000000000000000010000000001010
MEM[8]=10011111111111111111111111111111111
MEM[9]=010101010101010101010101010101010
MEM[10]=00000010
Halt ...
$stop at time 4290 Scope: instruction_set_model.execute File: nplCPU.v Line: 201
uc1i%

```

Fig. 4. 執行程式完最後的 MEM[0]~MEM[10]

最後的結果是第 8 行程式儲存 R1 到程式第 11 行的 RSLT 就是 MEM[10]。

```
MEM[0]=00101000000000000000000000000001
MEM[1]=00100000000000001001000000000000
MEM[2]=0001001000000000000000000000100
MEM[3]=0100100000000000001000000000001
MEM[4]=0111100000000000000100000000000
MEM[5]=0001010000000000000000000000111
MEM[6]=0001000000000000000000000000010
MEM[7]=0011000000000000001000000001010
MEM[8]=1001111111111111111111111111111
MEM[9]=010101010101010110101010101010
MEM[10]=00000000
```

Fig. 5. 在執行第 8 行程式之前的 MEM[0]~MEM[10]

```
MEM[0]=00101000000000000000000000000001
MEM[1]=00100000000000001001000000000000
MEM[2]=0001001000000000000000000000100
MEM[3]=0100100000000000001000000000001
MEM[4]=0111100000000000000100000000000
MEM[5]=0001010000000000000000000000111
MEM[6]=0001000000000000000000000000010
MEM[7]=0011000000000000001000000001010
MEM[8]=1001111111111111111111111111111
MEM[9]=010101010101010110101010101010
MEM[10]=00000010
```

Fig. 6. 在執行第 8 行程式之後的 MEM[0]~MEM[10]