

The background of the slide features a large, faint, circular seal of Kyungpook National University. The seal contains the university's name in English, 'KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY', and Korean, '경북대학교', around a central emblem with a stylized flower and stars.

논리회로 설계

VHDL

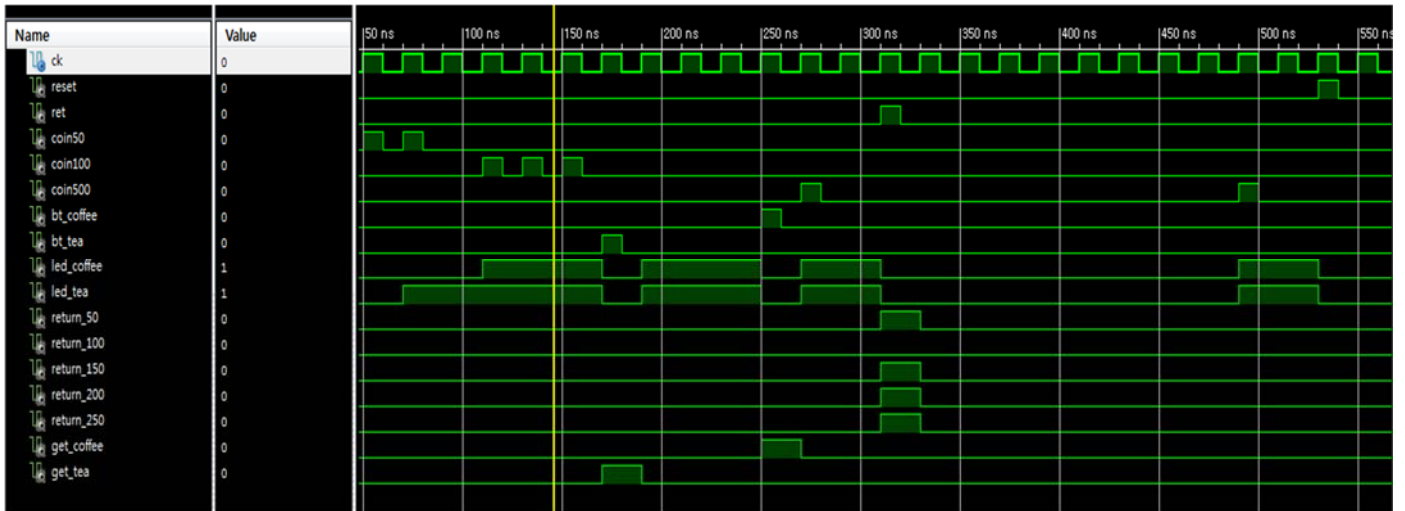
<Finite State Machine을 이용한 자판기 설계>

Prof.김찬용 교수님

학과 : IT대학 전자공학부

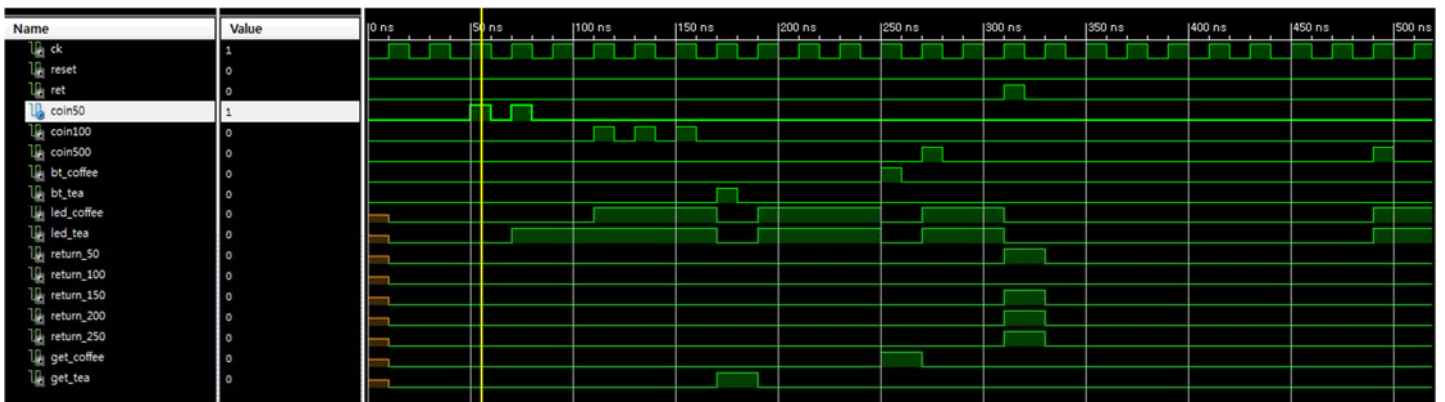
2017115976 이하영

1. 시뮬레이션 결과



=>50원을 두 번 넣고, 100원을 세 번 넣은 상태에서(400원) tea버튼을 누르면 get_tea에 의해 자판기로부터 tea가 나오게 된다(현재 상태 300원). 이후에 coffee버튼을 누르면 마찬가지로 get_coffee가 1로 바뀌고 coffee가 출력된다(현재 상태 150원). 그리고 난 후 500원을 더 넣은 상태에서 만약 아무 음료도 안 마시고 싶을 때 ret(return)버튼을 누르면 모든 돈이 반환된다. reset버튼을 누르면 현재 돈 상태, LED 모든 것이 0으로 초기화 된다. 따라서 마지막으로 500원을 더 넣고 reset버튼을 누르면 불이 들어오던 LED들이 모두 꺼지고, 반환되는 돈 없이 모든 상태가 초기화 되는 것을 확인할 수 있다.

(1) 50원을 한 번 넣은 상태



=>처음에 50원 하나를 넣었을 때는 tea와 coffee를 살 수 없으므로 LED에 불이 들어오지 않는다. (tea는 100원, coffee는 150원!!) **WON_STATE : won_50**

(2) 50원을 하나 더 넣었을 때



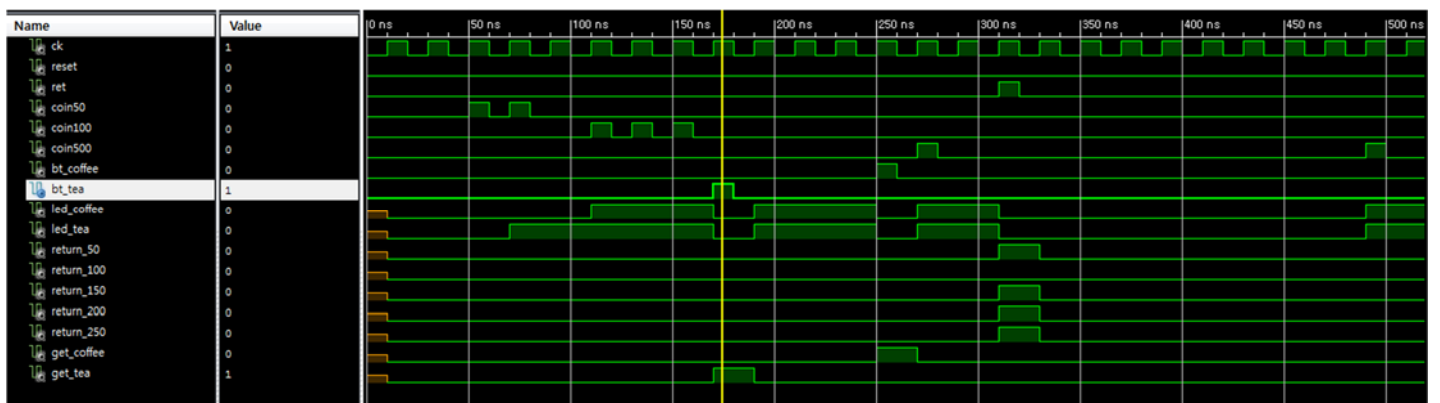
=>50원을 하나 더 넣어서 현재 100원인 상태이다. 따라서 coffee LED는 불이 꺼져있지만, tea는 살 수 있는 상태이므로 LED에 불이 들어온다. **WON_STATE : won_100**

(3) 100원 3번 넣었을 때



=>위의 두 경우와 마찬가지로 100원을 10ns 간격으로 3번 넣었을 때이다. (2)에서 100원인 상태였으므로 100원을 한번 더 넣은 상태에서 LED불이 들어오는 것을 확인할 수 있다. 현재 위의 상태는 50원 2개과, 100원 3개가 들어온 400원인 상태이다. **WON_STATE : won_400**

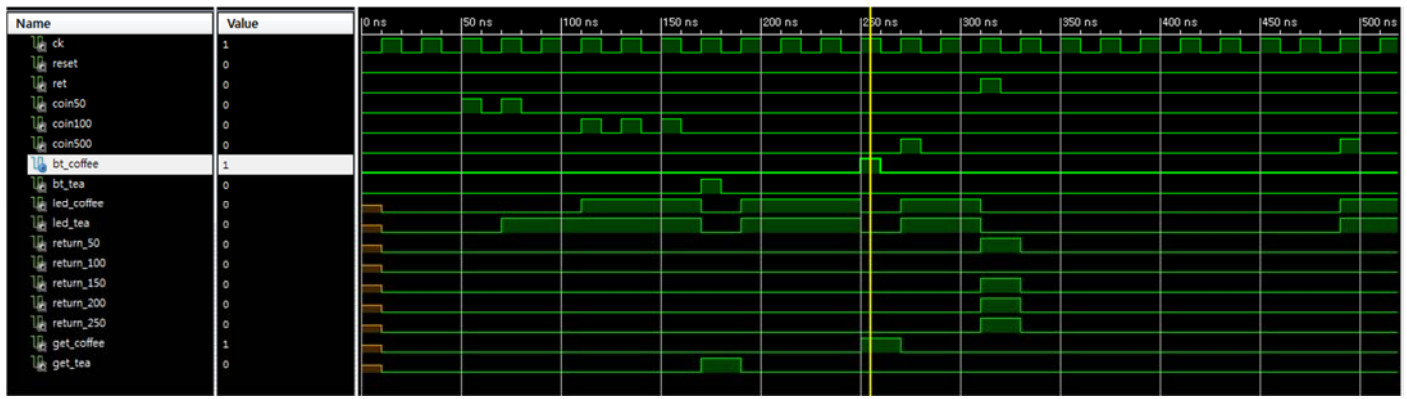
(4) 400원인 상태에서 tea버튼을 눌렀을 때



=>400원이 들어있는 상태에서 tea버튼을 누르면 get_tea에 의해 tea가 나온 것을 확인할 수 있다. 이때 ret(return)버튼을 누르지 않았으므로 남은 거스름돈이 나오지 않는다. 또한 tea가 나올때는 잠시 LED를 꺼두었다.

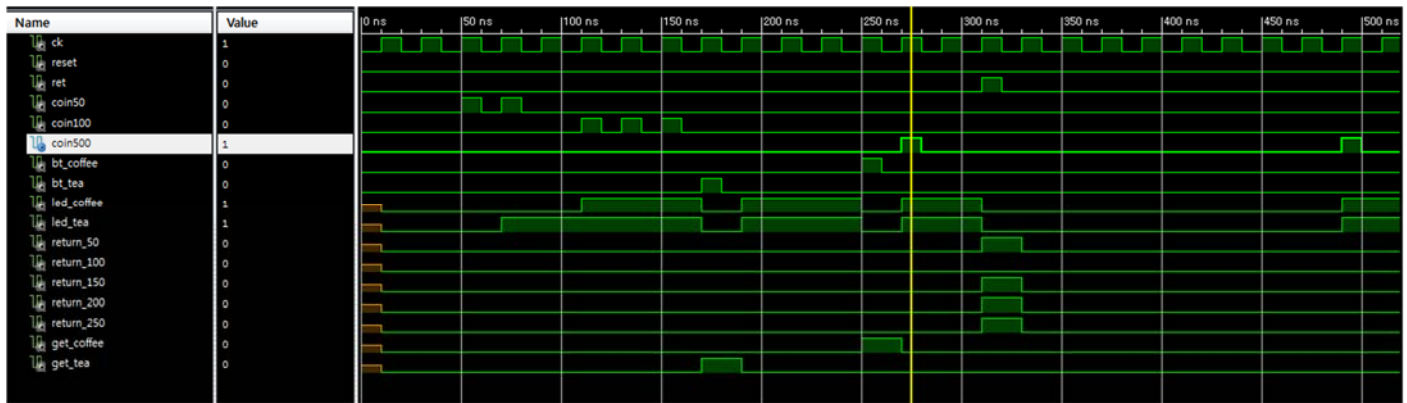
WON_STATE : won_300

(5) tea 뽑은 후 coffee버튼을 눌렀을 때



=> 위에서 tea를 뽑고 난 후, 300원이 들어있었는데 coffee버튼을 누르면 get_coffee에 의해 coffee가 나온 것을 확인할 수 있다. 마찬가지로 ret버튼을 누르지 않아서 반환되는 없다! **WON_STATE : won_150**

(6) 500원을 추가로 더 넣은 경우



=> 현재 돈 상태가 150원인 상태에서 500원을 더 넣으면 tea 와 coffee 모두 LED가 들어오는 것을 확인할 수 있다. **WON_STATE : WON_650**

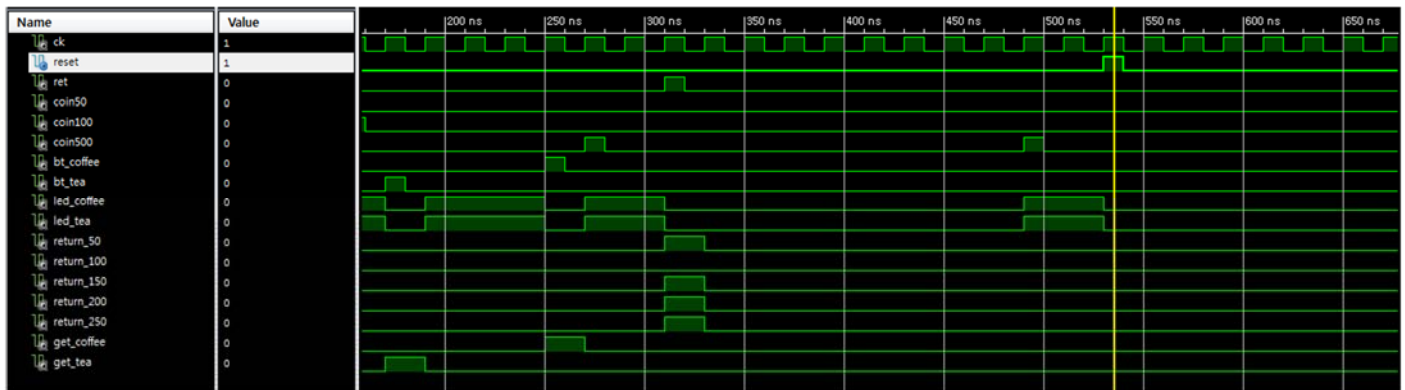
(7) return버튼을 눌렀을 때



=>return 버튼을 누르면 현재 있는 650원 모두 반환된다. 따라서 return_250, return_200, return_150, return_50이 1이 되어서 총 650원이 반환되었다. 반환되고 난 후 won_state는 0이므로 LED 모두가 불이 들어오지 않는다.

WON_STATE : WON_0

(8) reset버튼을 눌렀을 때



=> reset버튼을 누르면 모든 상태가 '0'으로 간다. 확인하기 위해 reset버튼 누르기 전에 임의로 500원을 넣어주고 LED에 불이 들어오는 것을 확인하였다. reset버튼을 누르면 반환되는 돈 없이 현재 won_state와 LED가 '0'으로 간다. **WON_STATE : WON_0**

2.코드 및 분석-Module

(1) port선언

```
1 library IEEE;
2 use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
3
4 entity VHDLPM_2017115976_LHY_mod is
5     port(ck,reset,ret : in std_logic;
6           coin50,coin100,coin500,bt_coffee,bt_tea : in std_logic;
7           LED_coffee,LED_tea,return_50,return_100,return_150,return_200,return_250: out std_logic;
8           get_coffee,get_tea : out std_logic);
9 end VHDLPM_2017115976_LHY_mod;
10
11 architecture Behavioral of VHDLPM_2017115976_LHY_mod is
12     type state is (won0,won50,won100,won150,won200,won250,won300,won350,won400,won450,won500
13                   ,won550,won600,won650,won700);
14     signal won_state : state;
```

=> 입력신호(in std_logic)

coin50, coin100, coin500 : 입력신호로, 사용자가 50원, 100원, 500원 돈을 넣은 것을 의미한다.

ck, reset, ret : **ck**는 한 클락을 의미하고 좀 있다 살펴 보겠지만 상승에지 때 작용한다. **reset** 버튼을 누르게 되면 현재 자판기에 있는 돈이 반환 되지 않고 wonstate가 0으로 간다. 또한 LED불도 모두 꺼진다. 사용자가 **return**버튼을 누르게 되면 현재 돈상태가 모두 반환이 되고, wonstate 또한 0으로 간다.

bt_tea, bt_coffee : 사용자가 tea와 coffee를 사려고 누르면 입력으로 들어가는 신호이다.

=> 출력신호(out std_logic)

LED_tea, LED_coffee : 만약 각각의 살 수 있는 wonstate가 되면, LED에 불이 들어와 사용자가 살 수 있는 상태를 보여주는 신호이다.

return_50, return_100, return_150, return_200, return_250 : 사용자가 ret버튼을 눌렀을 시, 반환되는 돈을 알려주는 신호이다.

get_coffe, get_tea : bt_tea와 bt_coffee가 입력신호로 들어오면 tea 와 coffee를 각각 출력하는 신호이다.

(2) case/when문 시작

```
16 begin
17     process(ck,reset,coin50,coin100,coin500,bt_coffee,bt_tea)
18     begin
19         if(reset = '1') then
20             won_state <= won0;
21             LED_coffee <='0';
22             LED_tea <= '0';
23             get_coffee<='0';
24             get_tea<='0';
25         elsif(ck'event and ck='1') then
26             case won_state is
27                 when won0 =>
28                     if(coin50='1') then
29                         won_state<=won50;
30                         LED_coffee <='0';
31                         LED_tea <= '0';
32                         return_50 <='0';
33                         return_100<='0';
34                         return_150<='0';
35                         return_200<='0';
36                         return_250<='0';
37                         get_coffee<='0';
38                         get_tea<='0';
39                     elsif(coin100='1') then
40                         won_state<=won100;
41                         LED_coffee <='0';
42                         LED_tea <= '1';
43                         return_50 <='0';
44                         return_100<='0';
45                         return_150<='0';
46                         return_200<='0';
47                         return_250<='0';
48                         get_coffee<='0';
49                         get_tea<='0';
```

=> 기계 동작 중에 **reset**이 '1'이 되면 전원 공급이 끊긴 것으로, 기계가 동작을 안하게 된다. 따라서 현재 돈 상태는 0원으로 가고 LED불들은 모두 꺼진다. 자판기가 돈을 먹은 상태이므로 기존에 들어있던 돈들은 반환되지 않는다.

⇒ 그렇지 않고 **reset** 이 '0'일 때, 즉 전원 공급이 들어왔을 때 비로소 기계가 작동한다.

=> 자판기가 모든 신호에 반응을 하게 되면 전력소모가 크므로 **ck**신호를 만들어서 상승 엣지 일때만 자판기가 반응하게 만들어 준다.

(3) 현재 돈 상태가 50원 일 때

```
74         when won50 =>
75             if(coin50='1') then
76                 won_state<=won100;
77                 LED_coffee <='0';
78                 LED_tea <= '1';
79                 return_50 <='0';
80                 return_100<='0';
81                 return_150<='0';
82                 return_200<='0';
83                 return_250<='0';
84                 get_coffee<='0';
85                 get_tea<='0';
86             elsif(coin100='1') then
87                 won_state<=won150;
88                 LED_coffee <='1';
89                 LED_tea <= '1';
90                 return_50 <='0';
91                 return_100<='0';
92                 return_150<='0';
93                 return_200<='0';
94                 return_250<='0';
95                 get_coffee<='0';
96                 get_tea<='0';
97             elsif(coin500='1') then
98                 won_state<=won550;
99                 LED_coffee <='1';
100                LED_tea <= '1';
101                return_50 <='0';
102                return_100<='0';
103                return_150<='0';
104                return_200<='0';
105                return_250<='0';
106                get_coffee<='0';
107                get_tea<='0';
```

=> 현재 돈 상태가 50원 일 때 동전을 추가로 50원, 100원, 500원을 넣은 경우를 보여준다. 만약 **coin_50='1'**이면 50원이 더 들어와서 현재 **won_state**는 100원으로 간다. 또한 상태가 100원 이므로 tea를 뿜을 수 있다. 따라서 **LED_tea**에 불이 들어왔다. 마찬가지로 100원이 들어오면 150원, 500원이 들어오면 550원 상태로 이동하고, 두 경우에는 tea 와 coffee 모두에 LED불이 들어온다.

****여기서 질문!!** 만약 500원 넣어서 550원이 됐는데 tea버튼을 누르면 어떻게 되나요? 왜 저기 코드에는 그런 경우는 없는 건가요?

->**답변** : 50원인 상태에서 500원을 넣게되면 won_state가 550일때로 갑니다. 따라서 그 경우는 won_state550으로 가면 존재하는 경우입니다!! 이러한 작동이 바로 유한상태머신(Finite State Machine)을 구현한 것입니다. 즉 하나의 입력을 받으면 그 입력에 의해 현재 상태에서부터 다른 상태로 전이가 되어 코드 구현이 비교적 간단해집니다.

(4) won_state250 일 때 tea 와 coffee 버튼 누른 경우

```
377         when won250 =>
378
379             if(bt_tea='1') then
380                 won_state<= won150;
381                 LED_coffee <='0';
382                 LED_tea <= '0';
383                 return_50 <='0';
384                 return_100<='0';
385                 return_150<='0';
386                 return_200<='0';
387                 return_250<='0';
388                 get_coffee<='0';
389                 get_tea<='1';
390
391             elsif(bt_coffee='1') then
392                 won_state<= won100;
393                 LED_coffee <='0';
394                 LED_tea <= '0';
395                 return_50 <='0';
396                 return_100<='0';
397                 return_150<='0';
398                 return_200<='0';
399                 return_250<='0';
400                 get_coffee<='1';
401                 get_tea<='0';
402
```

=> 250원인 경우 tea와 coffee를 모두 살 수 있다. 만약 **bt_tea**버튼을 누르면 **won_state150**으로 가고 **get_tea='1'**이 됨으로써 tea가 나오게 된다.

=> (예시)이 상태에서 자판기 내부에 150원이 들어있는데 만약 return받고 싶으면 **won_state250**인 상태에서 처리하는게 아니라, **won_state150**으로 전이가 되어 그 상태에서 다시 선택을 하게 된다.

```
206         when won150 =>
207             if(bt_tea='1') then
208                 won_state<= won50;
209                 LED_coffee <='0';
210                 LED_tea <= '0';
211                 return_50 <='0';
212                 return_100<='0';
213                 return_150<='0';
214                 return_200<='0';
215                 return_250<='0';
216                 get_coffee<='0';
217                 get_tea<='1';
218
219             elsif(bt_coffee='1') then
220                 won_state<= won0;
221                 LED_coffee <='0';
222                 LED_tea <= '0';
223                 return_50 <='0';
224                 return_100<='0';
225                 return_150<='0';
226                 return_200<='0';
227                 return_250<='0';
228                 get_coffee<='1';
229                 get_tea<='0';
230
231             elsif(coin50='1') then
232                 won_state<=won200;
233                 LED_coffee <='1';
234                 LED_tea <= '1';
235                 return_50 <='0';
236                 return_100<='0';
237                 return_150<='0';
238                 return_200<='0';
239                 return_250<='0';
240                 get_coffee<='0';
241                 get_tea<='0';
242
243             elsif(coin100='1') then
244                 won_state<=won250;
245                 LED_coffee <='1';
246                 LED_tea <= '1';
247                 return_50 <='0';
248                 return_100<='0';
249                 return_150<='0';
250                 return_200<='0';
251                 return_250<='0';
252                 get_coffee<='0';
253                 get_tea<='0';
254
255             elsif(coin500='1') then
256                 won_state<=won650;
257                 LED_coffee <='1';
258                 LED_tea <= '1';
259                 return_50 <='0';
260                 return_100<='0';
261                 return_150<='0';
262                 return_200<='0';
263                 return_250<='0';
264                 get_coffee<='0';
265                 get_tea<='0';
266
267             else
268                 if(ret='1') then
269                     won_state<=won0;
270                     LED_coffee <='0';
271                     LED_tea <= '0';
272                     return_50<='0';
273                     return_100<='1';
274                     return_150<='0';
275                     return_200<='0';
276                     return_250<='0';
277                     get_coffee<='0';
278                     get_tea<='0';
279                 else
```


=>위의 사진은 **won_state150**인 경우로, 처음에 **won_state250**에서 전이가 되어 왔다. 여기서 동전을 더 넣을수도 있고, tea 와 coffee를 더 뽑을 수도 있고, 남은 돈을 return받을 수도 있다.

=>설명을 다시 **won_state250**일때로 넘어와서 마찬가지로 **bt_coffee**를 누르면 **get_coffee**가 1이 되고, **won_state100**으로 간다.

(5) won_state250 일 때 coin을 더 넣은 경우

```
414         elsif(coin100='1') then
415             won_state<=won350;
416             LED_coffee <='1';
417             LED_tea <= '1';
418             return_50 <='0';
419             return_100<='0';
420             return_150<='0';
421             return_200<='0';
422             return_250<='0';
423             get_coffee<='0';
424             get_tea<='0';
425         elsif(coin500='1') then
426             won_state<=won750;
427             LED_coffee <='1';
428             LED_tea <= '1';
429             return_50 <='1';
430             return_100<='0';
431             return_150<='0';
432             return_200<='1';
433             return_250<='1';
434             get_coffee<='0';
435             get_tea<='0';
436         else
437             if(ret='1') then
438                 won_state<=won0;
439                 LED_coffee <='0';
440                 LED_tea <= '0';
441                 return_50<='1';
442                 return_100<='0';
443                 return_150<='0';
444                 return_200<='1';
445                 return_250<='0';
446                 get_coffee<='0';
447                 get_tea<='0';
```

=> **won_state250**인 상태에서 100원을 넣으면 **won_state350**으로 간다. 이 때 tea 와 coffee를 살 수 있으므로 LED에 불이 들어온다.

=> **won_state250**인 상태에서 500원을 넣으면 **won_state750**으로 가지 않는다! 이 자판기는 700원까지가 최대 수용 가능한 돈 범위라서 700원 보다 넘어버리면 넣어주었던 돈을 다시 내뱉는다. 따라서 500원을 넣게 되면 return_250, return_200, return_50 이 모두 '1'이 되고 500원을 모두 반환한다.

=> **won_state250**인 상태에서 **return**을 누르면 250원이 모두 반환된다.

(6) won_state700인 경우

```

142         when won700 =>
143             1
144             2
145             if(bt_tea='1') then
146                 3
147                 won_state<= won600;
148                 LED_coffee <='0';
149                 LED_tea <= '0';
150                 return_50 <='0';
151                 return_100<='0';
152                 return_150<='0';
153                 return_200<='0';
154                 return_250<='0';
155                 get_coffee<='0';
156                 get_tea<='1';
157             4
158             5
159             elsif(bt_coffee='1') then
160                 6
161                 won_state<= won550;
162                 LED_coffee <='0';
163                 LED_tea <= '0';
164                 return_50 <='0';
165                 return_100<='0';
166                 return_150<='0';
167                 return_200<='0';
168                 return_250<='0';
169                 get_coffee<='1';
170                 get_tea<='0';
171             7
172             8
173             elsif(coin50='1') then
174                 9
175                 won_state<=won700;
176                 LED_coffee <='1';
177                 LED_tea <= '1';
178                 return_50 <='1';
179                 return_100<='0';
180                 return_150<='0';
181                 return_200<='0';
182                 return_250<='0';
183                 get_coffee<='0';
184                 get_tea<='0';
185             10
186             11
187             12
188             13
189             14
190             15
191             16
192             17
193             18
194             19
195             20
196             21
197             22
198             23
199             24
200             25
201             26
202             27
203             28
204             29
205             30
206             31
207             32
208             33
209             34
210             35
211             36
212             37
213             38
214             39
215             40
216             41
217             42
218             43
219             44
220             45
221             46
222             47
223             48
224             49
225             50
226             51
227             52
228             53
229             54
230             55
231             56
232             57
233             58
234             59
235             60
236             61
237             62
238             63
239             64
240             65
241             66
242             67
243             68
244             69
245             70
246             71
247             72
248             73
249             74
250             75
251             76
252             77
253             78
254             79
255             80
256             81
257             82
258             83
259             84
260             85
261             86
262             87
263             88
264             89
265             90
266             91
267             92
268             93
269             94
270             95
271             96
272             97
273             98
274             99
275             100
276             101
277             102
278             103
279             104
280             105
281             106
282             107
283             108
284             109
285             110
286             111
287             112
288             113
289             114
290             115
291             116
292             117
293             118
294             119
295             120
296             121
297             122
298             123
299             124
300             125
301             126
302             127
303             128
304             129
305             130
306             131
307             132
308             133
309             134
310             135
311             136
312             137
313             138
314             139
315             140
316             141
317             142
318             143
319             144
320             145
321             146
322             147
323             148
324             149
325             150
326             151
327             152
328             153
329             154
330             155
331             156
332             157
333             158
334             159
335             160
336             161
337             162
338             163
339             164
340             165
341             166
342             167
343             168
344             169
345             170
346             171
347             172
348             173
349             174
350             175
351             176
352             177
353             178
354             179
355             180
356             181
357             182
358             183
359             184
360             185
361             186
362             187
363             188
364             189
365             190
366             191
367             192
368             193
369             194
370             195
371             196
372             197
373             198
374             199
375             200
376             201
377             202
378             203
379             204
380             205
381             206
382             207
383             208
384             209
385             210
386             211
387             212
388             213
389             214
390             215
391             216
392             217
393             218
394             219
395             220
396             221
397             222
398             223
399             224
400             225
401             226
402             227
403             228
404             229
405             230
406             231
407             232
408             233
409             234
410             235
411             236
412             237
413             238
414             239
415             240
416             241
417             242
418             243
419             244
420             245
421             246
422             247
423             248
424             249
425             250
426             251
427             252
428             253
429             254
430             255
431             256
432             257
433             258
434             259
435             260
436             261
437             262
438             263
439             264
440             265
441             266
442             267
443             268
444             269
445             270
446             271
447             272
448             273
449             274
450             275
451             276
452             277
453             278
454             279
455             280
456             281
457             282
458             283
459             284
460             285
461             286
462             287
463             288
464             289
465             290
466             291
467             292
468             293
469             294
470             295
471             296
472             297
473             298
474             299
475             300
476             301
477             302
478             303
479             304
480             305
481             306
482             307
483             308
484             309
485             310
486             311
487             312
488             313
489             314
490             315
491             316
492             317
493             318
494             319
495             320
496             321
497             322
498             323
499             324
500             325
501             326
502             327
503             328
504             329
505             330
506             331
507             332
508             333
509             334
510             335
511             336
512             337
513             338
514             339
515             340
516             341
517             342
518             343
519             344
520             345
521             346
522             347
523             348
524             349
525             350
526             351
527             352
528             353
529             354
530             355
531             356
532             357
533             358
534             359
535             360
536             361
537             362
538             363
539             364
540             365
541             366
542             367
543             368
544             369
545             370
546             371
547             372
548             373
549             374
550             375
551             376
552             377
553             378
554             379
555             380
556             381
557             382
558             383
559             384
560             385
561             386
562             387
563             388
564             389
565             390
566             391
567             392
568             393
569             394
570             395
571             396
572             397
573             398
574             399
575             400
576             401
577             402
578             403
579             404
580             405
581             406
582             407
583             408
584             409
585             410
586             411
587             412
588             413
589             414
590             415
591             416
592             417
593             418
594             419
595             420
596             421
597             422
598             423
599             424
600             425
601             426
602             427
603             428
604             429
605             430
606             431
607             432
608             433
609             434
610             435
611             436
612             437
613             438
614             439
615             440
616             441
617             442
618             443
619             444
620             445
621             446
622             447
623             448
624             449
625             450
626             451
627             452
628             453
629             454
630             455
631             456
632             457
633             458
634             459
635             460
636             461
637             462
638             463
639             464
640             465
641             466
642             467
643             468
644             469
645             470
646             471
647             472
648             473
649             474
650             475
651             476
652             477
653             478
654             479
655             480
656             481
657             482
658             483
659             484
660             485
661             486
662             487
663             488
664             489
665             490
666             491
667             492
668             493
669             494
670             495
671             496
672             497
673             498
674             499
675             500
676             501
677             502
678             503
679             504
680             505
681             506
682             507
683             508
684             509
685             510
686             511
687             512
688             513
689             514
690             515
691             516
692             517
693             518
694             519
695             520
696             521
697             522
698             523
699             524
700             525
701             526
702             527
703             528
704             529
705             530
706             531
707             532
708             533
709             534
710             535
711             536
712             537
713             538
714             539
715             540
716             541
717             542
718             543
719             544
720             545
721             546
722             547
723             548
724             549
725             550
726             551
727             552
728             553
729             554
730             555
731             556
732             557
733             558
734             559
735             560
736             561
737             562
738             563
739             564
740             565
741             566
742             567
743             568
744             569
745             570
746             571
747             572
748             573
749             574
750             575
751             576
752             577
753             578
754             579
755             580
756             581
757             582
758             583
759             584
760             585
761             586
762             587
763             588
764             589
765             590
766             591
767             592
768             593
769             594
770             595
771             596
772             597
773             598
774             599
775             600
776             601
777             602
778             603
779             604
780             605
781             606
782             607
783             608
784             609
785             610
786             611
787             612
788             613
789             614
790             615
791             616
792             617
793             618
794             619
795             620
796             621
797             622
798             623
799             624
800             625
801             626
802             627
803             628
804             629
805             630
806             631
807             632
808             633
809             634
810             635
811             636
812             637
813             638
814             639
815             640
816             641
817             642
818             643
819             644
820             645
821             646
822             647
823             648
824             649
825             650
826             651
827             652
828             653
829             654
830             655
831             656
832             657
833             658
834             659
835             660
836             661
837             662
838             663
839             664
840             665
841             666
842             667
843             668
844             669
845             670
846             671
847             672
848             673
849             674
850             675
851             676
852             677
853             678
854             679
855             680
856             681
857             682
858             683
859             684
860             685
861             686
862             687
863             688
864             689
865             690
866             691
867             692
868             693
869             694
870             695
871             696
872             697
873             698
874             699
875             700
876             701
877             702
878             703
879             704
880             705
881             706
882             707
883             708
884             709
885             710
886             711
887             712
888             713
889             714
890             715
891             716
892             717
893             718
894             719
895             720
896             721
897             722
898             723
899             724
900             725
901             726
902             727
903             728
904             729
905             730
906             731
907             732
908             733
909             734
910             735
911             736
912             737
913             738
914             739
915             740
916             741
917             742
918             743
919             744
920             745
921             746
922             747
923             748
924             749
925             750
926             751
927             752
928             753
929             754
930             755
931             756
932             757
933             758
934             759
935             760
936             761
937             762
938             763
939             764
940             765
941             766
942             767
943             768
944             769
945             770
946             771
947             772
948             773
949             774
950             775
951             776
952             777
953             778
954             779
955             780
956             781
957             782
958             783
959             784
960             785
961             786
962             787
963             788
964             789
965             790
966             791
967             792
968             793
969             794
970             795
971             796
972             797
973             798
974             799
975             800
976             801
977             802
978             803
979             804
980             805
981             806
982             807
983             808
984             809
985             810
986             811
987             812
988             813
989             814
990             815
991             816
992             817
993             818
994             819
995             820
996             821
997             822
998             823
999             824
1000            825
1001            826
1002            827
1003            828
1004            829
1005            830
1006            831
1007            832
1008            833
1009            834
1010            835
1011            836
1012            837
1013            838
1014            839
1015            840
1016            841
1017            842
1018            843
1019            844
1020            845
1021            846
1022            847
1023            848
1024            849
1025            850
1026            851
1027            852
1028            853
1029            854
1030            855
1031            856
1032            857
1033            858
1034            859
1035            860
1036            861
1037            862
1038            863
1039            864
1040            865
1041            866
1042            867
1043            868
1044            869
1045            870
1046            871
1047            872
1048            873
1049            874
1050            875
1051            876
1052            877
1053            878
1054            879
1055            880
1056            881
1057            882
1058            883
1059            884
1060            885
1061            886
1062            887
1063            888
1064            889
1065            890
1066            891
1067            892
1068            893
1069            894
1070            895
1071            896
1072            897
1073            898
1074            899
1075            900
1076            901
1077            902
1078            903
1079            904
1080            905
1081            906
1082            907
1083            908
1084            909
1085            910
1086            911
1087            912
1088            913
1089            914
1090            915
1091            916
1092            917
1093            918
1094            919
1095            920
1096            921
1097            922
1098            923
1099            924
1100            925
1101            926
1102            927
1103            928
1104            929
1105            930
1106            931
1107            932
1108            933
1109            934
1110            935
1111            936
1112            937
1113            938
1114            939
1115            940
1116            941
1117            942
1118            943
1119            944
1120            945
1121            946
1122            947
1123            948
1124            949
1125            950
1126            951
1127            952
1128            953
1129            954
1130            955
1131            956
1132            957
1133            958
1134            959
1135            960
1136            961
1137            962
1138            963
1139            964
1140            965
1141            966
1142            967
1143            968
1144            969
1145            970
1146            971
1147            972
1148            973
1149            974
1150            975
1151            976
1152            977
1153            978
1154            979
1155            980
1156            981
1157            982
1158            983
1159            984
1160            985
1161            986
1162            987
1163            988
1164            989
1165            990
1166            991
1167            992
1168            993
1169            994
1170            995
1171            996
1172            997
1173            998
1174            999
1175            1000
1176            1001
1177            1002
1178            1003
1179            1004
1180            1005
1181            1006
1182            1007
1183            1008
1184            1009
1185            1010
1186            1011
1187            1012
1188            1013
1189            1014
1190            1015
1191            1016
1192            1017
1193            1018
1194            1019
1195            1020
1196            1021
1197            1022
1198            1023
1199            1024
1200            1025
1201            1026
1202            1027
1203            1028
1204            1029
1205            1030
1206            1031
1207            1032
1208            1033
1209            1034
1210            1035
1211            1036
1212            1037
1213            1038
1214            1039
1215            1040
1216            1041
1217            1042
1218            1043
1219            1044
1220            1045
1221            1046
1222            1047
1223            1048
1224            1049
1225            1050
1226            1051
1227            1052
1228            1053
1229            1054
1230            1055
1231            1056
1232            1057
1233            1058
1234            1059
1235            1060
1236            1061
1237            1062
1238            1063
1239            1064
1240            1065
1241            1066
1242            1067
1243            1068
1244            1069
1245            1070
1246            1071
1247            1072
1248            1073
1249            1074
1250            1075
1251            1076
1252            1077
1253            1078
1254            1079
1255            1080
1256            1081
1257            1082
1258            1083
1259            1084
1260            1085
1261            1086
1262            1087
1263            1088
1264            1089
1265            1090
1266            1091
1267            1092
1268            1093
1269            1094
1270            1095
1271            1096
1272            1097
1273            1098
1274            1099
1275            1100
1276            1101
1277            1102
1278            1103
1279            1104
1280            1105
1281            1106
1282            1107
1283            1108
1284            1109
1285            1110
1286            1111
1287            1112
1288            1113
1289            1114
1290            1115
1291            1116
1292            1117
1293            1118
1294            1119
1295            1120
1296            1121
1297            1122
1298            1123
1299            1124
1300            1125
1301            1126
1302            1127
1303            1128
1304            1129
1305            1130
1306            1131
1307            1132
1308            1133
1309            1134
1310            1135
1311            1136
1312            1137
1313            1138
1314            1139
1315            1140
1316            1141
1317            1142
1318            1143
1319            1144
1320            1145
1321            1146
1322            1147
1323            1148
1324            1149
1325            1150
1326            1151
1327            1152
1328            1153
1329            1154
1330            1155
1331            1156
1332            1157
1333            1158
1334            1159
1335            1160
1336            1161
1337            1162
1338            1163
1339            1164
1340            1165
1341            1166
1342            1167
1343            1168
1344            1169
1345            1170
1346            1171
1347            1172
1348            1173
1349            1174
1350            1175
1351            1176
1352            1177
1353            1178
1354            1179
1355            1180
1356            1181
1357            1182
1358            1183
1359            1184
1360            1185
1361            1186
1362            1187
1363            1188
1364            1189
1365            1190
1366            1191
1367            1192
1368            1193
1369            1194
1370            1195
1371            1196
1372            1197
1373            1198
1374            1199
1375            1200
1376            1201
1377            1202
1378            1203
1379            1204
1380            1205
1381            1206
1382            1207
1383            1208
1384            1209
1385            1210
1386            1211
1387            1212
1388            1213
1389            1214
1390            1215
1391            1216
1392            1217
1393            1218
1394            1219
1395            1220
1396            1221
1397            1222
1398            1223
1399            1224
1400            1225
1401            1226
1402            1227
1403            1228
1404            1229
1405            1230
1406            1231
1407            1232
1408            1233
1409            1234
1410            1235
1411            1236
1412            1237
1413            1238
1414            1239
1415            1240
1416            1241
1417            1242
1418            1243
1419            1244
1420            1245
1421            1246
1422            1247
1423            1248
1424            1249
1425            1250
14
```

3.코드 및 분석-Test Bench

(1) ck 인가

```
84  prol :process
85      begin
86      ck <= '0'; wait for 10ns;|
87      ck <= '1'; wait for 10ns;
88      end process prol;
```

=>ck 신호를 0과 1을 각각 10초씩 반복하며 입력을 가했다. 자판기는 상승에지 때만 동작한다.

(2) coin50 인가

```
90      pro2:process
91      begin
92      wait for 50ns;
93      coin50 <= '1'; wait for 10ns;
94      coin50 <= '0'; wait for 10ns;
95      coin50 <= '1'; wait for 10ns;
96      coin50 <= '0'; wait;
97      end process;
```

=> 처음에 50ns 기다렸다가 50원을 넣어주었다. '1'을 10ns동안 2번 인가하여 만약 ck의 상승에지일 때 coin50 신호가 들어온다면 자판기에 50원을 더 넣은 경우로 상태가 전이된다.

(3) coin100 인가

```
99      pro3:process
100     begin
101     wait for 100 ns;
102     coin100 <= '0'; wait for 10ns;
103     coin100 <= '1'; wait for 10ns;
104     coin100 <= '0'; wait for 10ns;
105     coin100 <= '1'; wait for 10ns;
106     coin100 <= '0'; wait for 10ns;
107     coin100 <= '1'; wait for 10ns;
108     coin100 <= '0'; wait;
109     end process;
```

=> 50원을 모두 넣고 난 후에 100원을 넣게 만들어 주려고 100ns를 기다리고 신호를 인가해주었다. 마찬가지로 ck의 상승에지일 때 coin100신호가 들어온다면 자판기에 100원을 더 넣은 경우로 상태가 전이된다.

(4) coin500 인가

```
111 pro4:process
112 begin
113 wait for 200 ns;
114 coin500 <= '0'; wait for 10ns;
115 coin500 <= '0'; wait for 10ns;
116 coin500 <= '0'; wait for 10ns;
117 coin500 <= '0'; wait for 10ns;
118 coin500 <= '0'; wait for 10ns;
119 coin500 <= '0'; wait for 10ns;
120 coin500 <= '0'; wait for 10ns;
121 coin500 <= '1'; wait for 10ns;
122 coin500 <= '0'; wait for 210ns; --return버튼을 눌러서 돈상태가 0일 때 500원을 넣는다. (reset 확인하려고)
123 coin500 <= '1'; wait for 10ns;
124 coin500 <= '0'; wait;
125 end process;
```

=> 50원 100원을 모두 넣고 난 후에 500원을 넣으려고 200ns를 기다리고 신호를 인가하였다. 중간에 210ns를 기다린 것은, 맨 처음 실행 결과 분석할 때 return을 한번 해서 모든 돈을 반환 받아 won_state0으로 갔었다. 다시 500원을 넣어서 reset이 실행되는 것을 확인하기 위해 ck의 상승에지와 시간을 맞추었다.

(5) bt_tea, bt_coffee

```
127 pro5:process
128 begin
129 wait for 250 ns; --돈을 충분히 넣은 상태에서 커피를 뽑는다.
130 bt_coffee <= '1'; wait for 10ns;
131 bt_coffee <= '0'; wait;
132 end process;
133
134 pro6:process
135 begin
136 wait for 150 ns;
137 bt_tea <= '0'; wait for 10ns;
138 bt_tea <= '0'; wait for 10ns;
139 bt_tea <= '1'; wait for 10ns;
140 bt_tea <= '0'; wait;
141 end process;
```

=> 돈을 충분히 넣은 후에 tea 와 coffee를 뽑는다. 따라서 이전의 경우에서 coin을 400원 정도로 넉넉히 넣어준 후 신호를 인가하였다.

(6) reset

```
143 pro7:process
144 begin
145 wait for 500 ns; --충분히 시간이 지난후에 reset버튼을 눌러 상태를 확인한다.
146 reset <= '0'; wait for 10ns;
147 reset <= '0'; wait for 10ns;
148 reset <= '0'; wait for 10ns;
149 reset <= '1'; wait for 10ns;
150 reset <= '0'; wait;
151 end process;
```

=> reset을 누르면 자판기 전원이 끊긴 경우와 마찬가지로 won_state가 0이 되고 모든 상태가 초기화 된다. 따라서 맨 마지막에 reset 신호를 인가하여 모든 신호를 0으로 가게 하였다.

(7) return

```
153     pro8:process
154     begin
155     wait for 300ns;
156     ret <='0'; wait for 10ns;
157     ret <='1'; wait for 10ns;
158     ret <='0'; wait;
159     end process;
160
161 END;
```

=> return 신호를 인가하여 현재 won_state에서 들어있는 돈이 모두 반환되는지 확인한다. 돈을 어느정도 넣고난 후에 return 되는 것을 확인하기 위해 300ns를 기다리고 동작하도록 하였다.

<끝으로 논리/회로설계 수업을 듣고 팀 프로젝트 과제를 하면서 느낀점>

이전의 설계 수업을 들으면서 코딩에 흥미를 붙이고 설계 수업을 더 들어보고 싶어서 논리회로설계를 듣게 되었다. 자바나 C프로그래밍은 소프트웨어적인 성향이 강하다면 논리회로설계는 하드웨어 설계에 직접적인 관련이 있어서 수업시간에 배우면서 새로운 흥미를 느꼈다. 실제 칩을 만들때는 좀 더 복잡하고 어렵겠지만 이렇게 구현을 해서 새로운 칩을 만들 수 있다는게 신기했다.

이번 팀 프로젝트를 하면서 수업시간에 배운 when/case/if 문에 대한 이해도가 한층 더 높아졌다. 과제를 하면서 경우의 수가 많고 또한 유한상태를 구현하면서 찾아봤던 자료들이 많은 도움이 되었다. 한학기 동안 많은것을 배웠고 실제로 구현해보니까 너무 재밌었던 경험이었다.