

Agenda

- 1 Sesión 4
 - Introducción a Verilog
 - Números negativos
- 2 Consulta
- 3 Agradecimientos
- 4 Referencias

Discusión

- ¿Por qué debemos aprender a manejar un lenguaje de descripción de Hardware?

1. *Journal of Management Studies*, 1991, 28, 1, 1-15.

1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 26

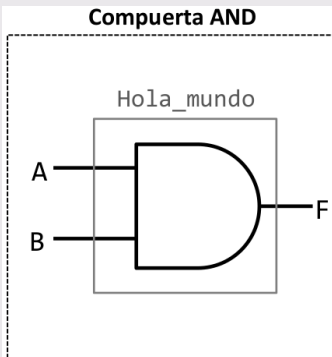
- Se indica el interconexión entre los componentes de un diseño (lista de conexiones).
- Kicad, Eagle, Proteus, etc.

100

- Describe un circuito NO por sus conexiones sino más bien por su funcionamiento.

Verilog Hola Mundo.

Compuerta AND



Descripción en Verilog

```
1
2 //Compuerta AND
3
4 module Hola_mundo(
5     input A,
6     input B,
7     output F
8 );
9
10 assign F = A & B;
11 endmodule
```

100

```
2 //Es es un comentario
3
4
5 module Hola_mundo(
6     input A,
7     input B,
8     output F    //Este es otro comentario
9 );
10
11 assign F = A & B;
12 endmodule
```

—

Verilog Hola Mundo.

Para varias líneas se usa `/* bla bla bla */`.

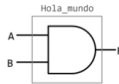
Comentarios

```
1
2  /* Es es un comentario es un
3     comentario de
4  */ varias lineas*/
5
6
7  module Hola_mundo(
8      input A,
9      input B,
10     output F    //Este es otro comentario
11 );
12
13 assign F = A & B;
14 endmodule
```

Figura 2 : Compuerta_and.v

Verilog Hola Mundo.

Descripción en Hardware.



```
1
2 //Compuerta AND
3
4 module Hola_mundo(
5     input A,
6     input B,
7     output F
8 );
9
10 assign F = A & B;
11 endmodule
```

← Este es un comentario

← Nombre del módulo

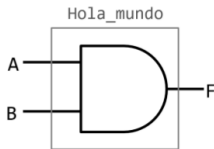
Entradas y salida

Diseño, funcionamiento del módulo.

Figura 3 : Compuerta_and.v

Verilog Hola Mundo.

Descripción en Hardware.

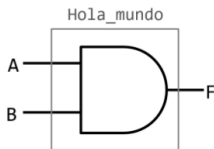


```
1
2 //Compuerta AND
3
4 module Hola_mundo(
5     input A,
6     input B,
7     output F
8 );
9
10 assign F = A & B;
11 endmodule
```

Figura 4 : Compuerta_and.v

Verilog Hola Mundo.

Descripción en Hardware.



```
1
2 //Compuerta AND
3
4 module Hola_mundo(
5     input A,
6     input B,
7     output F
8 );
9
10 assign F = A & B;
11 endmodule
```

Figura 5 : Compuerta_and.v

Verilog Hola Mundo.

Descripción en Hardware.

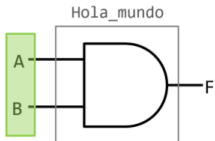
Es la forma más sencilla de crear circuitos combinacionales

- `assign y1 = a & b; // AND`
- `assign y2 = a | b; // OR`
- `assign y3 = a ^ b; // XOR`

- `assign y4 = ~(a & b); // NAND`
- `assign y5 = ~(a | b); // NOR`
- `assign y6 = ~(a ^ b); // XNOR`

Verilog Hola Mundo.

Descripción en Hardware.



```
1
2 //Compuerta AND
3
4 module Hola_mundo(
5     input A,
6     input B,
7     output F
8 );
9
10 assign F = A & B;
11 endmodule
```

Entradas a la derecha
UNICAMENTE

IIS - Sistemas Digitales

Figura 6 : Compuerta_and.v

Verilog Hola Mundo.

Descripción en Hardware.

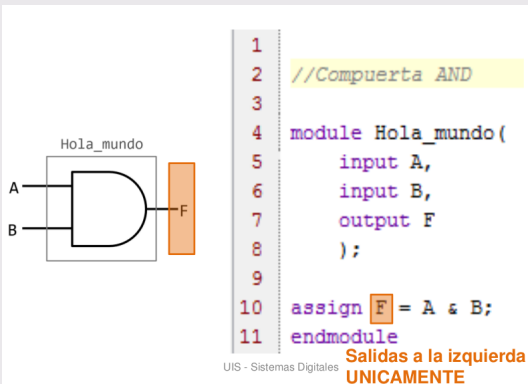


Figura 7 : Compuerta_and.v

Verilog.

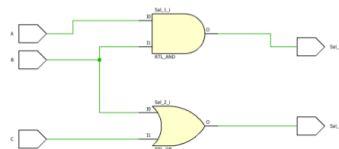
Lenguaje Concurrente.

- En un programa en C las sentencias se ejecutan secuencialmente.
- En una descripción en Verilog, **cada sentencia puede verse como un parte de un circuito.**
- **Todas las partes están trabajando en paralelo.**

Verilog.

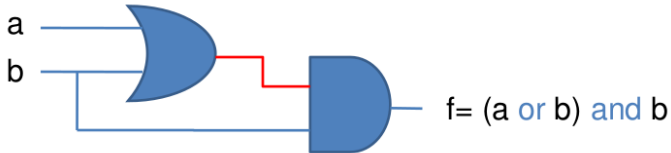
Lenguaje Concurrente.

```
1  /* Modulos */
2  module Circuito_1(
3      input A,
4      input B,
5      input C,
6      output Sal_1,
7      output Sal_2
8  );
9  /* Cuerpo del diseño */
10
11  assign Sal_1 = A & B;
12
13  assign Sal_2 = B | C;
14
15  endmodule
```



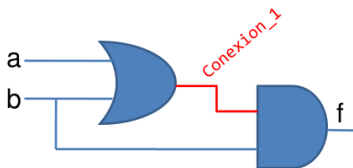
Verilog.

Uso de señales **wire**.



Verilog.

Uso de señales **wire**.



```
1
2 module Combinacional_1(
3     input a,
4     input b,
5     output f
6 );
7
8 wire Conexion_1; // Conexión interna tipo wire
9
10 assign Conexion_1 = a | b;
11
12 assign F = Conexion_1 & b ;
13
14 endmodule
```

Figura 8 : La declaración de la señal tipo **wire** en la línea 8, **NO** es obligatoria. Pero **NO** utilizarla puede generar errores de diseño.

Verilog.

Simulando.

Proyecto de Simulación

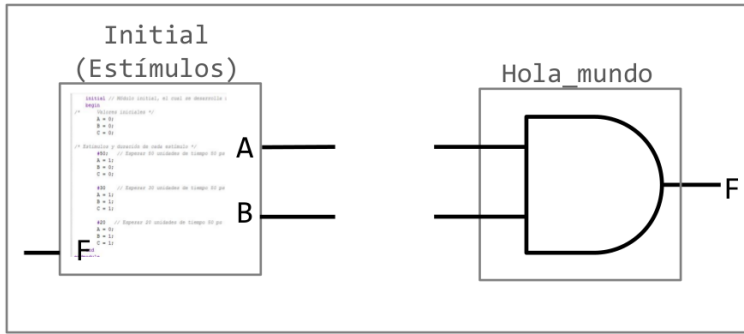


Figura 9 : ¿Como se hace una simulación?

Verilog.

Simulando.

Proyecto de Simulación

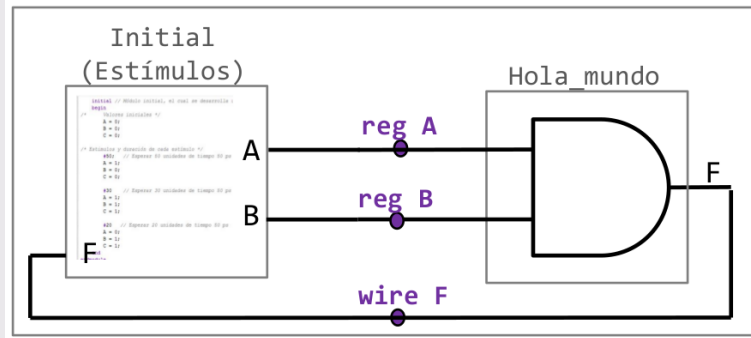


Figura 10 : ¿Como se hace una simulación?

Verilog.

Simulando.

Creación de las señales
wire y reg.

Instanciación del módulo
A simular.

Bloque inicial para generar los
estímulos.

```
1 timescale 1ns / 1ps
2
3 module Simulacion_1():
4     // Señales tipo REG para las entradas de nuestro módulo
5     reg A;
6     reg B;
7     // Señales tipo wire para las salidas de nuestro módulo
8     wire F;
9
10    Hola_mundo U0(
11        .A(A),
12        .B(B),
13        .F(F)
14    );
15
16    // Módulo Initial
17    initial
18    begin
19        // Valores iniciales
20        A=1'b0;
21        B=1'b0;
22
23        // Estímulos de la simulación
24        #50
25        A=1'b1;
26        B=1'b1;
27
28        #50
29        A=1'b0;
30        B=1'b0;
31
32        #50
33        A=1'b1;
34        B=1'b1;
35
36        #50
37        A=1'b0;
38        B=1'b0;
39
40        #50
41        A=1'b1;
42        B=1'b1;
43
44        #50
45        A=1'b0;
46        B=1'b0;
47
48        #50
49        A=1'b1;
50        B=1'b1;
51
52        #50
53        A=1'b0;
54        B=1'b0;
55
56        #50
57        A=1'b1;
58        B=1'b1;
59
60        #50
61        A=1'b0;
62        B=1'b0;
63
64        #50
65        A=1'b1;
66        B=1'b1;
67
68        #50
69        A=1'b0;
70        B=1'b0;
71
72        #50
73        A=1'b1;
74        B=1'b1;
75
76        #50
77        A=1'b0;
78        B=1'b0;
79
80        #50
81        A=1'b1;
82        B=1'b1;
83
84        #50
85        A=1'b0;
86        B=1'b0;
87
88        #50
89        A=1'b1;
90        B=1'b1;
91
92        #50
93        A=1'b0;
94        B=1'b0;
95
96        #50
97        A=1'b1;
98        B=1'b1;
99
100       #50
101       A=1'b0;
102       B=1'b0;
103
104       #50
105       A=1'b1;
106       B=1'b1;
107
108       #50
109       A=1'b0;
110       B=1'b0;
111
112       #50
113       A=1'b1;
114       B=1'b1;
115
116       #50
117       A=1'b0;
118       B=1'b0;
119
120       #50
121       A=1'b1;
122       B=1'b1;
123
124       #50
125       A=1'b0;
126       B=1'b0;
127
128       #50
129       A=1'b1;
130       B=1'b1;
131
132       #50
133       A=1'b0;
134       B=1'b0;
135
136       #50
137       A=1'b1;
138       B=1'b1;
139
140       #50
141       A=1'b0;
142       B=1'b0;
143
144       #50
145       A=1'b1;
146       B=1'b1;
147
148       #50
149       A=1'b0;
150       B=1'b0;
151
152       #50
153       A=1'b1;
154       B=1'b1;
155
156       #50
157       A=1'b0;
158       B=1'b0;
159
160       #50
161       A=1'b1;
162       B=1'b1;
163
164       #50
165       A=1'b0;
166       B=1'b0;
167
168       #50
169       A=1'b1;
170       B=1'b1;
171
172       #50
173       A=1'b0;
174       B=1'b0;
175
176       #50
177       A=1'b1;
178       B=1'b1;
179
180       #50
181       A=1'b0;
182       B=1'b0;
183
184       #50
185       A=1'b1;
186       B=1'b1;
187
188       #50
189       A=1'b0;
190       B=1'b0;
191
192       #50
193       A=1'b1;
194       B=1'b1;
195
196       #50
197       A=1'b0;
198       B=1'b0;
199
200       #50
201       A=1'b1;
202       B=1'b1;
203
204       #50
205       A=1'b0;
206       B=1'b0;
207
208       #50
209       A=1'b1;
210       B=1'b1;
211
212       #50
213       A=1'b0;
214       B=1'b0;
215
216       #50
217       A=1'b1;
218       B=1'b1;
219
220       #50
221       A=1'b0;
222       B=1'b0;
223
224       #50
225       A=1'b1;
226       B=1'b1;
227
228       #50
229       A=1'b0;
230       B=1'b0;
231
232       #50
233       A=1'b1;
234       B=1'b1;
235
236       #50
237       A=1'b0;
238       B=1'b0;
239
240       #50
241       A=1'b1;
242       B=1'b1;
243
244       #50
245       A=1'b0;
246       B=1'b0;
247
248       #50
249       A=1'b1;
250       B=1'b1;
251
252       #50
253       A=1'b0;
254       B=1'b0;
255
256       #50
257       A=1'b1;
258       B=1'b1;
259
260       #50
261       A=1'b0;
262       B=1'b0;
263
264       #50
265       A=1'b1;
266       B=1'b1;
267
268       #50
269       A=1'b0;
270       B=1'b0;
271
272       #50
273       A=1'b1;
274       B=1'b1;
275
276       #50
277       A=1'b0;
278       B=1'b0;
279
280       #50
281       A=1'b1;
282       B=1'b1;
283
284       #50
285       A=1'b0;
286       B=1'b0;
287
288       #50
289       A=1'b1;
290       B=1'b1;
291
292       #50
293       A=1'b0;
294       B=1'b0;
295
296       #50
297       A=1'b1;
298       B=1'b1;
299
300       #50
301       A=1'b0;
302       B=1'b0;
303
304       #50
305       A=1'b1;
306       B=1'b1;
307
308       #50
309       A=1'b0;
310       B=1'b0;
311
312       #50
313       A=1'b1;
314       B=1'b1;
315
316       #50
317       A=1'b0;
318       B=1'b0;
319
320       #50
321       A=1'b1;
322       B=1'b1;
323
324       #50
325       A=1'b0;
326       B=1'b0;
327
328       #50
329       A=1'b1;
330       B=1'b1;
331
332       #50
333       A=1'b0;
334       B=1'b0;
335
336       #50
337       A=1'b1;
338       B=1'b1;
339
340       #50
341       A=1'b0;
342       B=1'b0;
343
344       #50
345       A=1'b1;
346       B=1'b1;
347
348       #50
349       A=1'b0;
350       B=1'b0;
351
352       #50
353       A=1'b1;
354       B=1'b1;
355
356       #50
357       A=1'b0;
358       B=1'b0;
359
360       #50
361       A=1'b1;
362       B=1'b1;
363
364       #50
365       A=1'b0;
366       B=1'b0;
367
368       #50
369       A=1'b1;
370       B=1'b1;
371
372       #50
373       A=1'b0;
374       B=1'b0;
375
376       #50
377       A=1'b1;
378       B=1'b1;
379
380       #50
381       A=1'b0;
382       B=1'b0;
383
384       #50
385       A=1'b1;
386       B=1'b1;
387
388       #50
389       A=1'b0;
390       B=1'b0;
391
392       #50
393       A=1'b1;
394       B=1'b1;
395
396       #50
397       A=1'b0;
398       B=1'b0;
399
400       #50
401       A=1'b1;
402       B=1'b1;
403
404       #50
405       A=1'b0;
406       B=1'b0;
407
408       #50
409       A=1'b1;
410       B=1'b1;
411
412       #50
413       A=1'b0;
414       B=1'b0;
415
416       #50
417       A=1'b1;
418       B=1'b1;
419
420       #50
421       A=1'b0;
422       B=1'b0;
423
424       #50
425       A=1'b1;
426       B=1'b1;
427
428       #50
429       A=1'b0;
430       B=1'b0;
431
432       #50
433       A=1'b1;
434       B=1'b1;
435
436       #50
437       A=1'b0;
438       B=1'b0;
439
440       #50
441       A=1'b1;
442       B=1'b1;
443
444       #50
445       A=1'b0;
446       B=1'b0;
447
448       #50
449       A=1'b1;
450       B=1'b1;
451
452       #50
453       A=1'b0;
454       B=1'b0;
455
456       #50
457       A=1'b1;
458       B=1'b1;
459
460       #50
461       A=1'b0;
462       B=1'b0;
463
464       #50
465       A=1'b1;
466       B=1'b1;
467
468       #50
469       A=1'b0;
470       B=1'b0;
471
472       #50
473       A=1'b1;
474       B=1'b1;
475
476       #50
477       A=1'b0;
478       B=1'b0;
479
480       #50
481       A=1'b1;
482       B=1'b1;
483
484       #50
485       A=1'b0;
486       B=1'b0;
487
488       #50
489       A=1'b1;
490       B=1'b1;
491
492       #50
493       A=1'b0;
494       B=1'b0;
495
496       #50
497       A=1'b1;
498       B=1'b1;
499
500       #50
501       A=1'b0;
502       B=1'b0;
503
504       #50
505       A=1'b1;
506       B=1'b1;
507
508       #50
509       A=1'b0;
510       B=1'b0;
511
512       #50
513       A=1'b1;
514       B=1'b1;
515
516       #50
517       A=1'b0;
518       B=1'b0;
519
520       #50
521       A=1'b1;
522       B=1'b1;
523
524       #50
525       A=1'b0;
526       B=1'b0;
527
528       #50
529       A=1'b1;
530       B=1'b1;
531
532       #50
533       A=1'b0;
534       B=1'b0;
535
536       #50
537       A=1'b1;
538       B=1'b1;
539
540       #50
541       A=1'b0;
542       B=1'b0;
543
544       #50
545       A=1'b1;
546       B=1'b1;
547
548       #50
549       A=1'b0;
550       B=1'b0;
551
552       #50
553       A=1'b1;
554       B=1'b1;
555
556       #50
557       A=1'b0;
558       B=1'b0;
559
560       #50
561       A=1'b1;
562       B=1'b1;
563
564       #50
565       A=1'b0;
566       B=1'b0;
567
568       #50
569       A=1'b1;
570       B=1'b1;
571
572       #50
573       A=1'b0;
574       B=1'b0;
575
576       #50
577       A=1'b1;
578       B=1'b1;
579
580       #50
581       A=1'b0;
582       B=1'b0;
583
584       #50
585       A=1'b1;
586       B=1'b1;
587
588       #50
589       A=1'b0;
590       B=1'b0;
591
592       #50
593       A=1'b1;
594       B=1'b1;
595
596       #50
597       A=1'b0;
598       B=1'b0;
599
600       #50
601       A=1'b1;
602       B=1'b1;
603
604       #50
605       A=1'b0;
606       B=1'b0;
607
608       #50
609       A=1'b1;
610       B=1'b1;
611
612       #50
613       A=1'b0;
614       B=1'b0;
615
616       #50
617       A=1'b1;
618       B=1'b1;
619
620       #50
621       A=1'b0;
622       B=1'b0;
623
624       #50
625       A=1'b1;
626       B=1'b1;
627
628       #50
629       A=1'b0;
630       B=1'b0;
631
632       #50
633       A=1'b1;
634       B=1'b1;
635
636       #50
637       A=1'b0;
638       B=1'b0;
639
640       #50
641       A=1'b1;
642       B=1'b1;
643
644       #50
645       A=1'b0;
646       B=1'b0;
647
648       #50
649       A=1'b1;
650       B=1'b1;
651
652       #50
653       A=1'b0;
654       B=1'b0;
655
656       #50
657       A=1'b1;
658       B=1'b1;
659
660       #50
661       A=1'b0;
662       B=1'b0;
663
664       #50
665       A=1'b1;
666       B=1'b1;
667
668       #50
669       A=1'b0;
670       B=1'b0;
671
672       #50
673       A=1'b1;
674       B=1'b1;
675
676       #50
677       A=1'b0;
678       B=1'b0;
679
680       #50
681       A=1'b1;
682       B=1'b1;
683
684       #50
685       A=1'b0;
686       B=1'b0;
687
688       #50
689       A=1'b1;
690       B=1'b1;
691
692       #50
693       A=1'b0;
694       B=1'b0;
695
696       #50
697       A=1'b1;
698       B=1'b1;
699
700       #50
701       A=1'b0;
702       B=1'b0;
703
704       #50
705       A=1'b1;
706       B=1'b1;
707
708       #50
709       A=1'b0;
710       B=1'b0;
711
712       #50
713       A=1'b1;
714       B=1'b1;
715
716       #50
717       A=1'b0;
718       B=1'b0;
719
720       #50
721       A=1'b1;
722       B=1'b1;
723
724       #50
725       A=1'b0;
726       B=1'b0;
727
728       #50
729       A=1'b1;
730       B=1'b1;
731
732       #50
733       A=1'b0;
734       B=1'b0;
735
736       #50
737       A=1'b1;
738       B=1'b1;
739
740       #50
741       A=1'b0;
742       B=1'b0;
743
744       #50
745       A=1'b1;
746       B=1'b1;
747
748       #50
749       A=1'b0;
750       B=1'b0;
751
752       #50
753       A=1'b1;
754       B=1'b1;
755
756       #50
757       A=1'b0;
758       B=1'b0;
759
760       #50
761       A=1'b1;
762       B=1'b1;
763
764       #50
765       A=1'b0;
766       B=1'b0;
767
768       #50
769       A=1'b1;
770       B=1'b1;
771
772       #50
773       A=1'b0;
774       B=1'b0;
775
776       #50
777       A=1'b1;
778       B=1'b1;
779
780       #50
781       A=1'b0;
782       B=1'b0;
783
784       #50
785       A=1'b1;
786       B=1'b1;
787
788       #50
789       A=1'b0;
790       B=1'b0;
791
792       #50
793       A=1'b1;
794       B=1'b1;
795
796       #50
797       A=1'b0;
798       B=1'b0;
799
800       #50
801       A=1'b1;
802       B=1'b1;
803
804       #50
805       A=1'b0;
806       B=1'b0;
807
808       #50
809       A=1'b1;
810       B=1'b1;
811
812       #50
813       A=1'b0;
814       B=1'b0;
815
816       #50
817       A=1'b1;
818       B=1'b1;
819
820       #50
821       A=1'b0;
822       B=1'b0;
823
824       #50
825       A=1'b1;
826       B=1'b1;
827
828       #50
829       A=1'b0;
830       B=1'b0;
831
832       #50
833       A=1'b1;
834       B=1'b1;
835
836       #50
837       A=1'b0;
838       B=1'b0;
839
840       #50
841       A=1'b1;
842       B=1'b1;
843
844       #50
845       A=1'b0;
846       B=1'b0;
847
848       #50
849       A=1'b1;
850       B=1'b1;
851
852       #50
853       A=1'b0;
854       B=1'b0;
855
856       #50
857       A=1'b1;
858       B=1'b1;
859
860       #50
861       A=1'b0;
862       B=1'b0;
863
864       #50
865       A=1'b1;
866       B=1'b1;
867
868       #50
869       A=1'b0;
870       B=1'b0;
871
872       #50
873       A=1'b1;
874       B=1'b1;
875
876       #50
877       A=1'b0;
878       B=1'b0;
879
880       #50
881       A=1'b1;
882       B=1'b1;
883
884       #50
885       A=1'b0;
886       B=1'b0;
887
888       #50
889       A=1'b1;
890       B=1'b1;
891
892       #50
893       A=1'b0;
894       B=1'b0;
895
896       #50
897       A=1'b1;
898       B=1'b1;
899
900       #50
901       A=1'b0;
902       B=1'b0;
903
904       #50
905       A=1'b1;
906       B=1'b1;
907
908       #50
909       A=1'b0;
910       B=1'b0;
911
912       #50
913       A=1'b1;
914       B=1'b1;
915
916       #50
917       A=1'b0;
918       B=1'b0;
919
920       #50
921       A=1'b1;
922       B=1'b1;
923
924       #50
925       A=1'b0;
926       B=1'b0;
927
928       #50
929       A=1'b1;
930       B=1'b1;
931
932       #50
933       A=1'b0;
934       B=1'b0;
935
936       #50
937       A=1'b1;
938       B=1'b1;
939
940       #50
941       A=1'b0;
942       B=1'b0;
943
944       #50
945       A=1'b1;
946       B=1'b1;
947
948       #50
949       A=1'b0;
950       B=1'b0;
951
952       #50
953       A=1'b1;
954       B=1'b1;
955
956       #50
957       A=1'b0;
958       B=1'b0;
959
960       #50
961       A=1'b1;
962       B=1'b1;
963
964       #50
965       A=1'b0;
966       B=1'b0;
967
968       #50
969       A=1'b1;
970       B=1'b1;
971
972       #50
973       A=1'b0;
974       B=1'b0;
975
976       #50
977       A=1'b1;
978       B=1'b1;
979
980       #50
981       A=1'b0;
982       B=1'b0;
983
984       #50
985       A=1'b1;
986       B=1'b1;
987
988       #50
989       A=1'b0;
990       B=1'b0;
991
992       #50
993       A=1'b1;
994       B=1'b1;
995
996       #50
997       A=1'b0;
998       B=1'b0;
999
1000      #50
1001      A=1'b1;
1002      B=1'b1;
1003
1004      #50
1005      A=1'b0;
1006      B=1'b0;
1007
1008      #50
1009      A=1'b1;
1010      B=1'b1;
1011
1012      #50
1013      A=1'b0;
1014      B=1'b0;
1015
1016      #50
1017      A=1'b1;
1018      B=1'b1;
1019
1020      #50
1021      A=1'b0;
1022      B=1'b0;
1023
1024      #50
1025      A=1'b1;
1026      B=1'b1;
1027
1028      #50
1029      A=1'b0;
1030      B=1'b0;
1031
1032      #50
1033      A=1'b1;
1034      B=1'b1;
1035
1036      #50
1037      A=1'b0;
1038      B=1'b0;
1039
1040      #50
1041      A=1'b1;
1042      B=1'b1;
1043
1044      #50
1045      A=1'b0;
1046      B=1'b0;
1047
1048      #50
1049      A=1'b1;
1050      B=1'b1;
1051
1052      #50
1053      A=1'b0;
1054      B=1'b0;
1055
1056      #50
1057      A=1'b1;
1058      B=1'b1;
1059
1060      #50
1061      A=1'b0;
1062      B=1'b0;
1063
1064      #50
1065      A=1'b1;
1066      B=1'b1;
1067
1068      #50
1069      A=1'b0;
1070      B=1'b0;
1071
1072      #50
1073      A=1'b1;
1074      B=1'b1;
1075
1076      #50
1077      A=1'b0;
1078      B=1'b0;
1079
1080      #50
1081      A=1'b1;
1082      B=1'b1;
1083
1084      #50
1085      A=1'b0;
1086      B=1'b0;
1087
1088      #50
1089      A=1'b1;
1090      B=1'b1;
1091
1092      #50
1093      A=1'b0;
1094      B=1'b0;
1095
1096      #50
1097      A=1'b1;
1098      B=1'b1;
1099
1100      #50
1101      A=1'b0;
1102      B=1'b0;
1103
1104      #50
1105      A=1'b1;
1106      B=1'b1;
1107
1108      #50
1109      A=1'b0;
1110      B=1'b0;
1111
1112      #50
1113      A=1'b1;
1114      B=1'b1;
1115
1116      #50
1117      A=1'b0;
1118      B=1'b0;
1119
1120      #50
1121      A=1'b1;
1122      B=1'b1;
1123
1124      #50
1125      A=1'b0;
1126      B=1'b0;
1127
1128      #50
1129      A=1'b1;
1130      B=1'b1;
1131
1132      #50
1133      A=1'b0;
1134      B=1'b0;
1135
1136      #50
1137      A=1'b1;
1138      B=1'b1;
1139
1140      #50
1141      A=1'b0;
1142      B=1'b0;
1143
1144      #50
1145      A=1'b1;
1146      B=1'b1;
1147
1148      #50
1149      A=1'b0;
1150      B=1'b0;
1151
1152      #50
1153      A=1'b1;
1154      B=1'b1;
1155
1156      #50
1157      A=1'b0;
1158      B=1'b0;
1159
1160      #50
1161      A=1'b1;
1162      B=1'b1;
1163
1164      #50
1165      A=1'b0;
1166      B=1'b0;
1167
1168      #50
1169      A=1'b1;
1170      B=1'b1;
1171
1172      #50
1173      A=1'b0;
1174      B=1'b0;
1175
1176      #50
1177      A=1'b1;
1178      B=1'b1;
1179
1180      #50
1181      A=1'b0;
1182      B=1'b0;
1183
1184      #50
1185      A=1'b1;
1186      B=1'b1;
1187
1188      #50
1189      A=1'b0;
1190      B=1'b0;
1191
1192      #50
1193      A=1'b1;
1194      B=1'b1;
1195
1196      #50
1197      A=1'b0;
1198      B=1'b0;
1199
1200      #50
1201      A=1'b1;
1202      B=1'b1;
1203
1204      #50
1205      A=1'b0;
1206      B=1'b0;
1207
1208      #50
1209      A=1'b1;
1210      B=1'b1;
1211
1212      #50
1213      A=1'b0;
1214      B=1'b0;
1215
1216      #50
1217      A=1'b1;
1218      B=1'b1;
1219
1220      #50
1221      A=1'b0;
1222      B=1'b0;
1223
1224      #50
1225      A=1'b1;
1226      B=1'b1;
1227
1228      #50
1229      A=1'b0;
1230      B=1'b0;
1231
1232      #50
1233      A=1'b1;
1234      B=1'b1;
1235
1236      #50
1237      A=1'b0;
1238      B=1'b0;
1239
1240      #50
1241      A=1'b1;
1242      B=1'b1;
1243
1244      #50
1245      A=1'b0;
1246      B=1'b0;
1247
1248      #50
1249      A=1'b1;
1250      B=1'b1;
1251
1252      #50
1253      A=1'b0;
1254      B=1'b0;
1255
1256      #50
1257      A=1'b1;
1258      B=1'b1;
1259
1260      #50
1261      A=1'b0;
1262      B=1'b0;
1263
1264      #50
1265      A=1'b1;
1266      B=1'b1;
1267
1268      #50
1269      A=1'b0;
1270      B=1'b0;
1271
1272      #50
1273      A=1'b1;
1274      B=1'b1;
1275
1276      #50
1277      A=1'b0;
1278      B=1'b0;
1279
1280      #50
1281      A=1'b1;
1282      B=1'b1;
1283
1284      #50
1285      A=1'b0;
1286      B=1'b0;
1287
1288      #50
1289      A=1'b1;
1290      B=1'b1;
1291
1292      #50
1293      A=1'b0;
1294      B=1'b0;
1295
1296      #50
1297      A=1'b1;
1298      B=1'b1;
1299
1300      #50
1301      A=1'b0;
1302      B=1'b0;
1303
1304      #50
1305      A=1'b1;
1306      B=1'b1;
1307
1308      #50
1309      A=1'b0;
1310      B=1'b0;
1311
1312      #50
1313      A=1'b1;
1314      B=1'b1;
1315
1316      #50
1317      A=1'b0;
1318      B=1'b0;
1319
1320      #50
1321      A=1'b1;
1322      B=1'b1;
1323
1324      #50
1325      A=1'b0;
1326      B=1'b0;
1327
1328      #50
1329      A=1'b1;
1330      B=1'b1;
1331
1332      #50
1333      A=1'b0;
1334      B=1'b0;
1335
1336      #50
1337      A=1'b1;
1338      B=1'b1;
1339
1340      #50
1341      A=1'b0;
1342      B=1'b0;
1343
1344      #50
1345      A=1'b1;
1346      B=1'b1;
1347
1348      #50
1349      A=1'b0;
1350      B=1'b0;
1351
1352      #50
1353      A=1'b1;
1354      B=1'b1;
1355
1356      #50
1357      A=1'b0;
1358      B=1'b0;
1359
1360      #50
1361      A=1'b1;
1362      B=1'b1;
1363
1364      #50
1365      A=1'b0;
1366      B=1'b0;
1367
1368      #50
1369     
```

Verilog.

estimulos.v

```
`timescale 1ns/1ps
/////////////////////////////////////////////////////////////////
module Simulacion 1();
// Senales tipo REG para las entradas del modulo
reg A;
reg B;

// Senales tipo wire para las salidas del modulo
wire F;

Compuerta_and U0(
.A(A),
.B(B),
.F(F)
);

// Modulo initial
initial
begin
$dumpfile("resultados.vcd");
$dumppvars;

// Valores iniciales
A=1'b0;
B=1'b0;

//Estimulos de la simulacion
#50
A=1'b1;
B=1'b0;

#50
A=1'b0;
B=1'b1;

#50
A=1'b1;
B=1'b1;

#50
$finish;
end

endmodule
```

Verilog.

Compuerta_and.v

```
//Compuerta AND  
  
module Compuerta_and(  
    input A,  
    input B,  
    output F  
);  
  
assign F = A & B;  
endmodule
```

Verilog.

iverilog

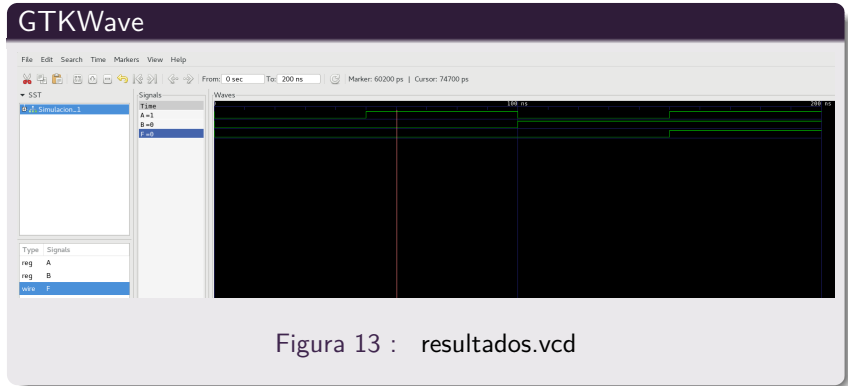
```
File Edit View Search Terminal Help
sergio Compuertas $ iverilog Compuerta_and.v estimulos.v
sergio Compuertas $ vvp a.out
VCD info: dumpfile resultados.vcd opened for output.
sergio Compuertas $ gtkwave resultados.vcd

GTKWave Analyzer v3.3.61 (w)1999-2014 BSI

[0] start time.
[200000] end time.
```

Figura 12 : Compilando, Simulando y Observando los resultados de la simulación.

Verilog.



Representación números negativos.

Dos formas principalmente.

- Magnitud y signo.
- Complemento a la base.

Representación números negativos.

Magnitud y signo.

- Se utiliza el primer bit como signo.
- Cero para los positivos.
- Uno para los negativos.

Ejemplo con 4 bits

- $0111 = +7$.
- $1111 = -7$,
- $0010 = +2$.
- $1010 = -2$.

Representación números negativos.

Rango.

- Para 3 bits: 111 (-3) hasta 011 (+3).
- Para 4 bits: 1111 (-7) hasta 0111 (+7).
- Para 5 bits: 11111 (-15) hasta 01111 (+15).

Desventajas

- Es más complejo operar aritméticamente.
- Para sumar: Primero hay que determinar si los dos números tienen el mismo signo o si tienen signo diferentes,
- El cero posee doble representación.

Representación números negativos.

Complemento a la base.

- Facilita las operaciones matemáticas.
- El cero tiene una única representación.
- Los números positivos se representan de la misma forma que en Signo y Magnitud.
- Los negativos se representan en complemento a 2.

Complemento a 2

- Se niega el número.
- Se hace la suma aritmética con 1.

Representación números negativos.

Complemento a 2. Ejemplo con $n=4$.

- $(+0)$ 0000 \rightarrow 1111 \rightarrow 0000 (-0).
- $(+1)$ 0001 \rightarrow 1110 \rightarrow 1111 (-1).
- $(+2)$ 0010 \rightarrow 1101 \rightarrow 1110 (-2).
- $(+3)$ 0011 \rightarrow 1100 \rightarrow 1101 (-3).
- $(+4)$ 0100 \rightarrow 1011 \rightarrow 1100 (-4).
- $(+5)$ 0101 \rightarrow 1010 \rightarrow 1011 (-5).
- $(+6)$ 0110 \rightarrow 1001 \rightarrow 1010 (-6).
- $(+7)$ 0111 \rightarrow 1000 \rightarrow 1001 (-7).
- $(+8)$ 1000 \rightarrow 0111 \rightarrow 1000 (-8).

Si n = número de bits, entonces $-2^{n-1} \leq \text{Rango} \leq 2^{n-1} - 1$.

¿Donde Puedo Aprender Más?

Textos de Referencia.

- [Tocci and Widmer, 2003].
- [Harris and Harris, 2010].

Agradecimientos

Grupo CPS: Línea Sistemas Digitales.

La información presentada en estas diapositivas intenta recopilar los elementos pedagógicos desarrollados por los profesores Carlos Fajardo y Carlos Angulo en sus cursos de Sistemas Digitales I durante los últimos años de trabajo en esta línea.

Referencias I



Harris, D. and Harris, S. (2010).
Digital design and computer architecture.
Morgan Kaufmann.



Tocci, R. J. and Widmer, N. S. (2003).
Sistemas digitales: principios y aplicaciones.
Pearson Educación.