

2. Batutzaileak

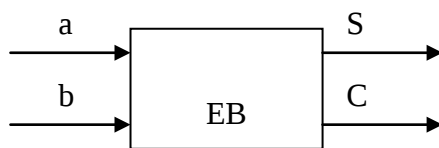
Bi sarrera-zenbakiren arteko batuketa egiten duen zirkuitua da. Zenbakizko datuak prozesatzen dituzten sistema digitalek erabiltzen dituzte zirkuitu batutzaileak. Diseinua eta funtzionamendu-logika ulertzeko, erdi-batutzailearen diseinuarekin hasi behar da.

2.1. Diseinua

Erdi-batutzailea (half-adder)

Bit bakarreko bi zenbakiren arteko batuketa egiten duen zirkuitua da.

Diagrama

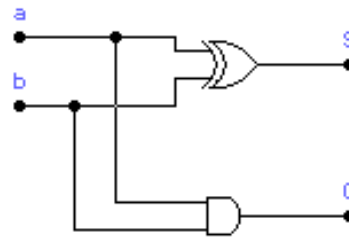


Non, a eta b batugaiak, S batuketaren emaitza eta C sortutako bururakoa (carry) diren.

Egia-taula

a	b	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Zirkuitua



Batutzaile osoa (full-adder)

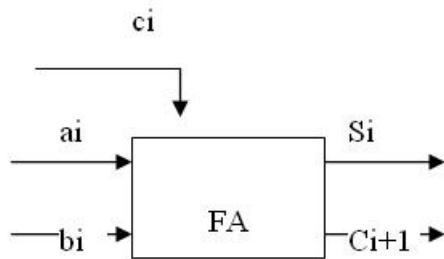
Zirkuitu erdi-batutzailea ez da oso erabilgarria, batu beharreko zenbakiak bit bat baino gehiago izaten baitituzte. Hala ere, batuketa garatzeko, bitez bit egin behar denez, erdi-batutzailea abiapuntu egokia izan daiteke. 88. Irudian egin den batuketan oinarrituz, ohartzen gara batuketako bit bikote bakoitzeko, aurreko bit bikotearen batuketak sortutako bururakoa kontuan izan behar dela.

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \\ \hline 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \end{array}$$

88. Irudia

Hortaz, bi bitez gain, bururakoa batzen duen zirkuitua diseinatu behar da. Zirkuitu horri Batutzaile Osoa (Full Adder) deritzogu.

Diagrama



Egia-taula

c_i	a_i	b_i	S_i	C_{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Non a_i eta b_i batu beharreko zenbakiaren bit bikotea diren, c_i aurreko bikote-batuketaren bururakoa den, S batuketaren emaitza eta C_{i+1} , sortutako bururakoa (carry)

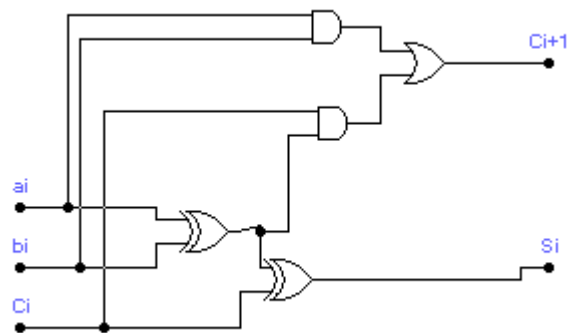
Zirkuitua

$$s_i = a_i \oplus b_i \oplus c_i$$

$$c_{i+1} = a_i b_i + c_i (a_i + b_i)$$

edo

$$c_{i+1} = a_i b_i + c_i (a_i \oplus b_i)$$



Non, g_i -k bururakoaren sorrera eta p_i -k bururakoaren hedapena adierazten duten. Gai horien izenak esangura berezia dauka:

g_i gaiaren balioa 1 baldin bada, orduan, nahita ez, bururakoa egongo da, C_{i+1} bururakoaren balioa 1 izango baita C_i -ren balioaren menpe izan gabe.

P_i gaiak aurreko etaparen bururakoaren hedapena eragiten du; beraz, p_i gaiaren balioa 1 baldin bada, C_i -ren balioa hedatuko du hurrengo etapa.

Atzerapen-denborak murrizten diren ikusteko, bi biteko zenbakien arteko batuketaren garapena egingo da (8. Ekuazioa), azaldu diren bi moduak aplikatuz.

$$\begin{array}{r} c_1 \quad c_0 \\ x_1 \quad x_0 \\ y_1 \quad y_0 \\ \hline c_2 \quad s_1 \quad s_0 \end{array}$$

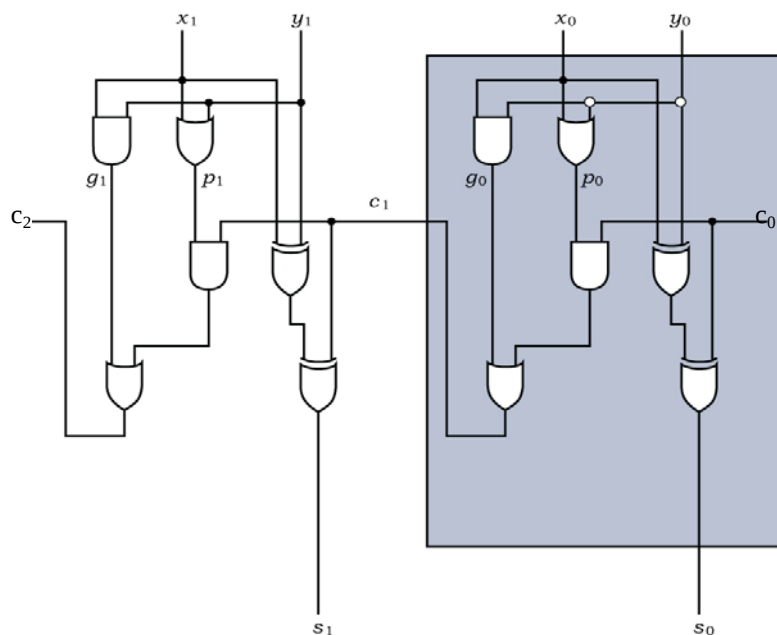
8. Ekuazioa

a) Serie batutzailearen diseinua aplikatuz, hots, bururakoaren hedapenean oinarritutako batutzailearen diseinua $i=0, 1$ den kasurako

$$s_i = a_i \oplus b_i \oplus c_i \quad c_{i+1} = a_i b_i + c_i (a_i + b_i)$$

$i=0$	$i=1$
$s_0 = x_0 \oplus y_0 \oplus c_0$ $c_1 = x_0 y_0 + c_0 (x_0 + y_0)$	$s_1 = x_1 \oplus y_1 \oplus c_1$ $c_2 = x_1 y_1 + c_1 (x_1 + y_1)$

Ekuazio horiei dagokien zirkuitua 90. Irudia izango litzateke.



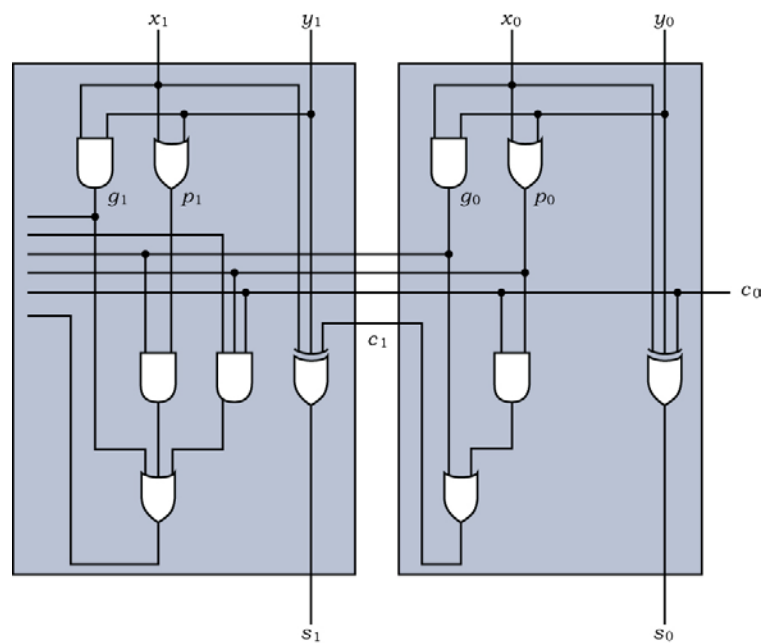
90. Irudia

b) Batutzaile arinaren diseinua aplikatuz $i = 0, 1$ den kasurako

$$\begin{aligned} s_i &= p_i \oplus g_i & g_i &= a_i b_i \\ c_{i+1} &= g_i + p_i c_i & p_i &= a_i + b_i \end{aligned}$$

$i = 0$		$i = 1$	
$s_0 = p_0 \oplus g_0 \oplus c_0$	$g_0 = x_0 y_0$	$s_1 = p_1 \oplus g_1 \oplus c_1$	
$c_1 = g_0 + p_0 c_0$	$p_0 = x_0 + y_0$	$c_2 = g_1 + p_1 c_1$	$g_1 = x_1 y_1$
		$c_2 = g_1 + p_1 (g_0 + p_0 c_0)$	$p_1 = x_1 + y_1$
		$c_2 = g_1 + p_1 g_0 + p_1 p_0 c_0$	

Ekuazio horiei dagokien zirkuitua 91. Irudia izango litzateke.



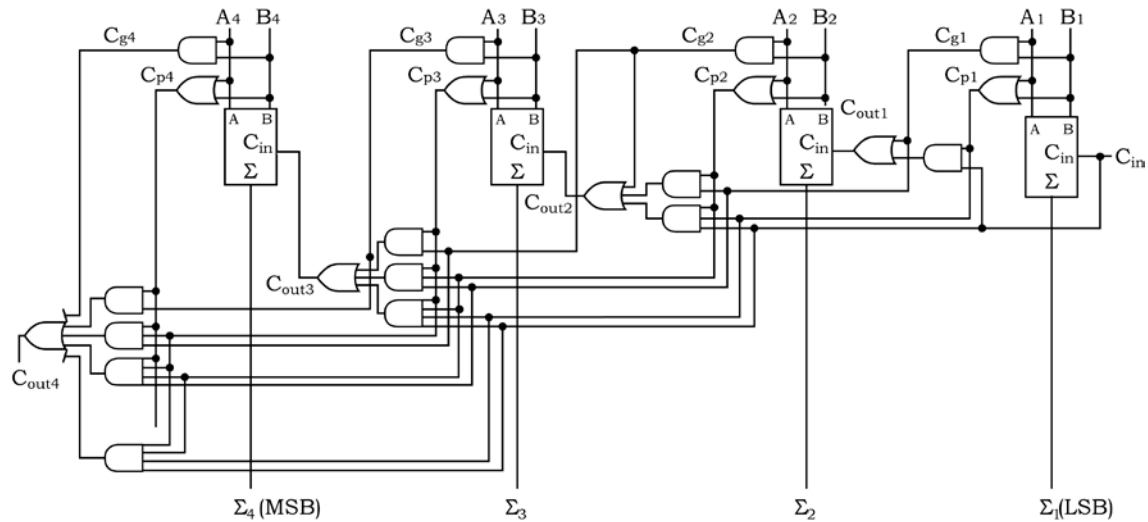
91. Irudia

Lehen ikusian, esan daiteke batutzaile arinaren diseinua hobe dela, etapak gehitu arren, atzerapen-denbora mantentzen baita 92. Irudian frogatu daitekeen moduan. Han, lau biteko zenbakien arteko batuketa egiteko zirkuitua garatu da, hots, 9. Ekuazioan agertzen den ariketa garatzen duen zirkuitua.

$$\begin{array}{cccc} c_3 & c_2 & c_1 & c_0 \\ x_3 & x_2 & x_1 & x_0 \\ y_3 & y_2 & y_1 & y_0 \\ \hline c_4 & s_3 & s_2 & s_1 & s_0 \end{array}$$

9. Ekuazioa

Halaber, 92. Irudian zirkuituan batutzaile osoak erabili dira 91. Irudiaren zirkuituan agertzen diren exor ateen orde; izan ere, batutzaile osoaren Si irteerak hiru sarreren or eskusiboa garatzen du.

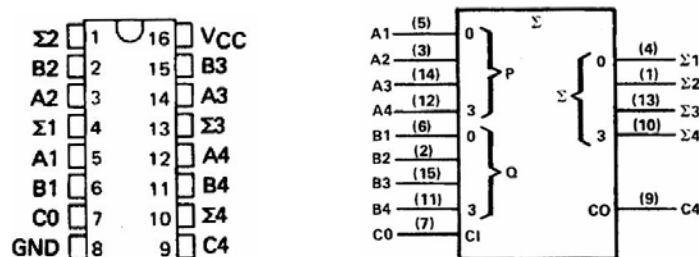


92. Irudia

Aitzitik, 92. Irudiaren zirkuitu hori aztertzen bada, nabaria da bururako guztiak hiru ateen atzerapenen ostean lortzen direla. Gertakari hori, n -ren edozein baliotarako mantentzen da. Hala ere, n -ren balioa handitzen den heinean, AND ateen sarrera-kopurua handitu beharra dago hiru ateen atzerapen-denborak mantentzeko. Jokaera hori ezinezkoa denez, adibidez, bederatzi sarrera dituen AND aterik existitzen ez denez, AND funtzio hori banatu beharko litzateke sarrera gutxiago dituzten atek erabiliz. Bederatzi sarrera beharrezkoak diren kasurako, adibidez, hiru sarrera dituzten hiru ate erabil daitezke. Oztopo hori gainditu bada ere, gehitutako ate bakoitzeko, atzerapenak sartu dira. Hortaz, batutzaile arinarekin, atzerapen-denborak ez dira murrizten n -ren edozein baliotarako.

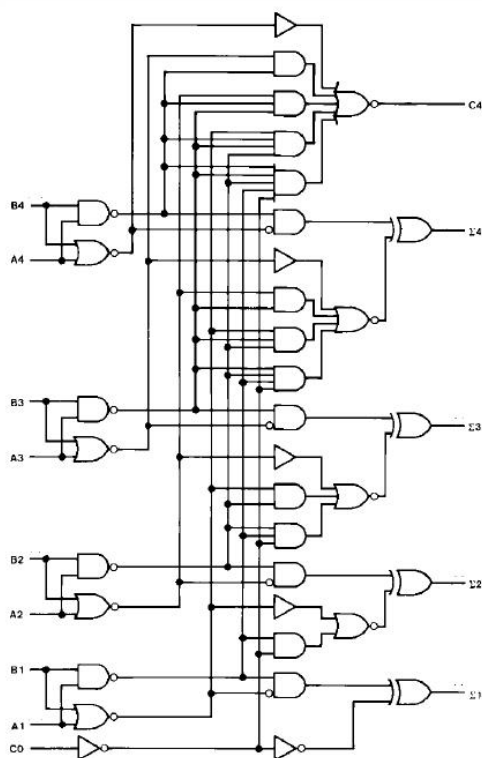
2.4. Batutzaile komertzialak: 74LS283

74LS283 zirkuitua lau biteko bi zenbakiren arteko batuketa egiten duen zirkuitua da. 93. Irudian hankatxoak azaltzen dira, eta denbora-parametroak ezaugarri-orrian kontsultatu daitezke.



93. Irudia

94. Irudian 74LS283 zirkuituari dagokion diagraman logikoa erakusten da. 92. Irudiarekin konparatuz gero, funtzio berdinak garatu arren egitura ezberdina dela antzeman daiteke. Izatez, 10. Ekuazioan azaltzen den maneiatze logikoak egin dira emaitza aldatu gabe.



94. Irudia

$$s_i = a_i \oplus b_i \oplus c_i = (\overline{a_i}b_i + a_i\overline{b_i}) \oplus c_i = ((a + b) \cdot (\overline{a} + \overline{b})) \oplus c_i = ((\overline{a + b}) \cdot (\overline{a \cdot b})) \oplus c_i$$

10. Ekuazioa

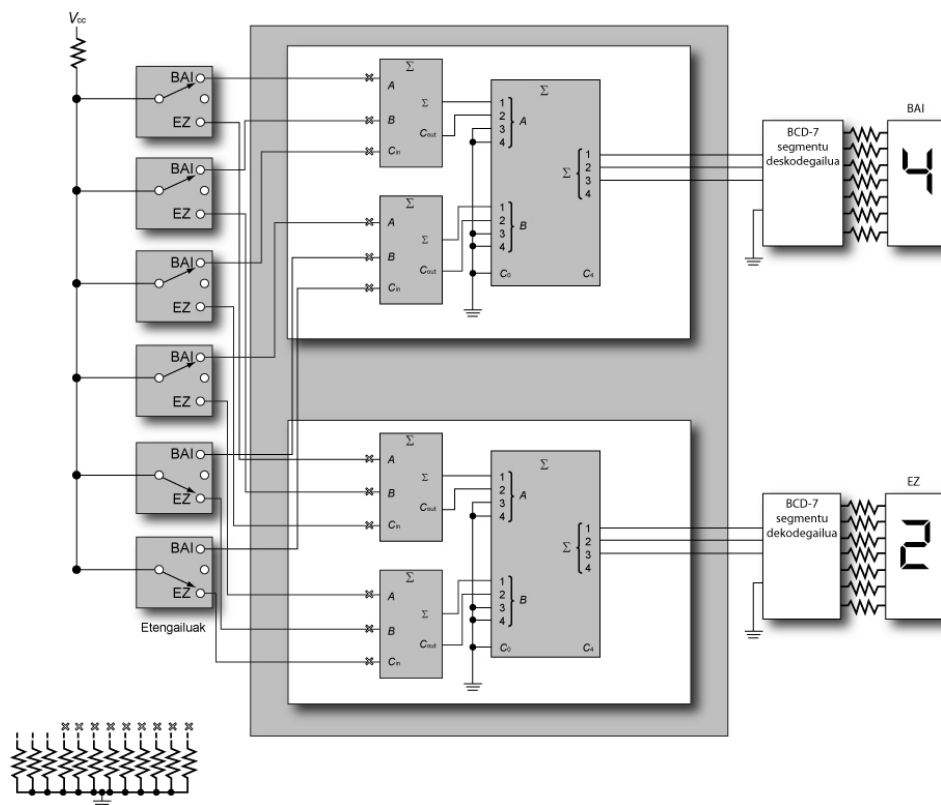
2.5. Aplikazioa

Aplikazio-adibidea botoen zenbaketa egiteko sistema da. Horretarako, lau biteko bi zenbakiren arteko batuketa egiten duen zirkuituak eta batutzaile osoak erabiliko dira. Batutzaile osoaren egia-aula arretaz begiratzen bada (24. Taula), konturatzen gara haren irteerak sarreretan dauden 1en kopurua adierazten duela. Zehazki, zenbaki bitar hori $C_{i+1}S_i$, izango da.

c_i	a_i	b_i	C_{i+1}	S_i
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

24. Taula

Azkenik, batutzaile osoek ematen dituzten balioak behar den moduan batu behar dira 1en kopurua lortzeko. Azaldutako eskema ezezkoak eta baieztokoak zenbatzeko erabiltzen da bozkagailuaren pultsadoreak modu egokian konfiguratzeko. Sistema osoa 95. Irudian azaltzen da.



95. Irudia

2.6. VHDL Deskribapena

```
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
use work.std_arith.all;
entity batutzailea is port(
a,b: in std_logic_vector(3 downto 0);
cin: in std_logic;
batu: out std_logic_vector(4 downto 0)
);
end batutzailea;
1  architecture archibatutzailea of batutzailea is
2  begin
3  process (a,b,cin)
4  aldagaia aux:std_logic_vector(4 downto 0);
5  begin
6  aux:=('0' & a) + ('0' & b);
7  if cin='1' then aux:=aux+1;
8  elsif cin='0' then null;
9  end if;
10 sum<=aux;
11 end process;
12 end archibatutzailea;
```