



## مدارهای منطقی

پاییز ۱۴۰۳

استاد: دکتر صدیقی، دکتر صاحب‌الزمانی

تدریس یاران: رضا آدینه پور، مرتضی عادل‌خانی

مهلت ارسال: ۱ آبان

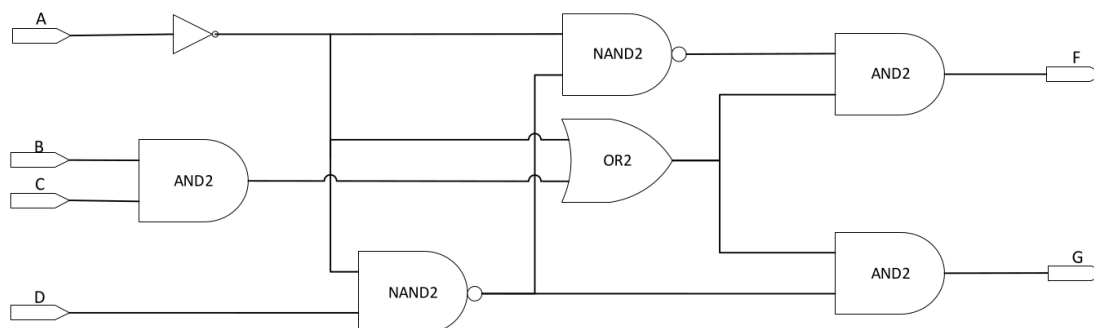
## ساده‌سازی جدول کارنو

پاسخ‌نامه تمرین دوم

- مهلت ارسال پاسخ تا ساعت ۲۳:۵۹ روز مشخص شده است. برای انجام تمرین زمان کافی اختصاص داده شده است. انجام آن را به هیچ‌وجه به روزهای پایانی موکول نکنید.
- سوالات خود را از طریق ایمیل‌های [adinepour@aut.ac.ir](mailto:adinepour@aut.ac.ir) و [madelkhani@aut.ac.ir](mailto:madelkhani@aut.ac.ir) و یا در کلاس حل تمرین از تدریس‌یاران بپرسید.
- صرفاً تمرین آپلود شده در سامانه **courses** تصحیح می‌شوند.
- حتماً در نام‌گذاری فایل‌های آپلودی خود از قالب  $\{HWx\}_{STD\_Number}_{Name}$  تبعیت کنید.
- پاسخ‌های ارسالی منحصرراً باید حاصل تلاش‌های فردی شما باشد. در صورت استفاده از منابع خارجی یا هم‌فکری، حتماً این موارد را ذکر کنید.
- در صورت مشاهده هرگونه تقلب، نمره ۳ سری تمرین برای تمام افراد شرکت‌کننده، صفر لحاظ خواهد شد.

## سوالات اصلی (۹۰ نمره)

۱. (۱۰ نمره) مدار زیر را با استفاده از جدول کارنو به ساده‌ترین فرم ممکن برای هر دو حالت SoP و PoS در آورید و سپس مدار هر یک از دو حالت را رسم کنید.



حل. ابتدا توابع خروجی F و G را به دست می‌آوریم:

- $F = [A' \cdot (A'D)'] \cdot [BC + A'] = [A + (A'D)] \cdot [BC + A'] = ABC + A'BCD + A'D$
- $G = [A'D]' \cdot [A' + BC] = [A + D'] \cdot [A' + BC] = ABC + A'D' + BCD'$

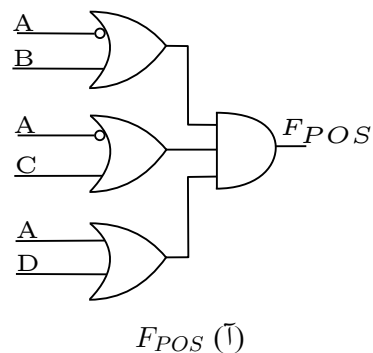
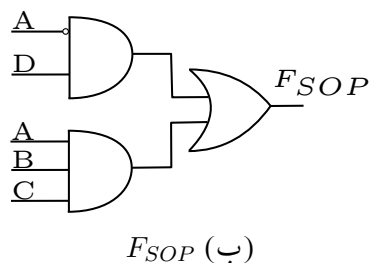
سپس برای هر کدام از توابع F و G جدول کارنو رسم می‌کنیم.  
برای تابع F داریم:

		<i>AB</i>			
		00	01	11	10
<i>CD</i>	00				
	01	1	1		
	11	1	1	1	
	10			1	

		<i>AB</i>			
		00	01	11	10
<i>CD</i>	00	0	0	0	0
	01			0	0
	11				0
	10	0	0		0

$$(SOP) : F = A'D + ABC$$

$$(POS) : F = (A' + B) \cdot (C + A') \cdot (A + D)$$



شکل ۱: مدار ساده شده تابع F

همچنین برای تابع G داریم:

		<i>AB</i>			
		00	01	11	10
<i>CD</i>	00	1	1		
	01				
	11			1	
	10	1	1	1	

		<i>AB</i>			
		00	01	11	10
<i>CD</i>	00			0	0
	01	0	0	0	0
	11	0	0		0
	10				0

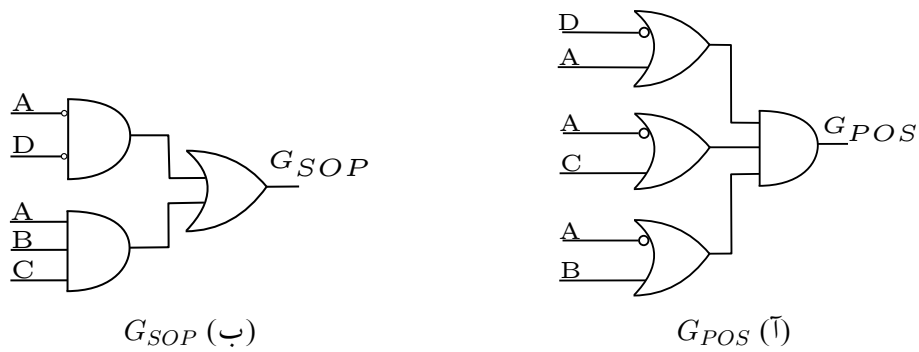
$$(SOP) : G = A'D' + ABC$$

$$(POS) : G = (A + D') \cdot (A' + C) \cdot (A' + B)$$

۲. (۱۰ نمره) تابع‌های بولی ۴ متغیری زیر را در نظر بگیرید:

(a)  $f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \sum(1, 3, 4, 5, 9, 13, 15) + d(7, 11, 12, 14)$

(b)  $f(A, B, C, D) = \sum(1, 3, 4, 7, 11) + d(5, 12, 13, 14, 15)$



شکل ۲: مدار ساده شده تابع G

(آ) تمام PI ها و EPI های جدول کارنو تولید شده برای هر تابع را نشان دهید.

(ب) با استفاده از جدول کارنو یک عبارت SOP برای هر تابع به دست آورید.

حل. ابتدا جدول کارنو این دو تابع را رسم می کنیم:

	$x_1x_2$			
	00	01	11	10
$x_3x_4$	00		1	-
01	1	1	1	1
11	1	-	1	-
10			-	

	$AB$			
	00	01	11	10
$CD$	00		1	-
01	1	-	-	
11	1	1	-	1
10			-	

$$f = x_4 + x_2x_3'$$

$$PIs = x_4, x_2x_3'$$

$$EPIs = PIs$$

$$f = C'B + DA' + CD$$

$$PIs = C'B, DA', CD$$

$$EPIs = PIs$$

۳. (۱۵ نمره) مدار زیر با ۴ ورودی،  $IN_1, IN_2, IN_3, IN_4$  و ۴ خروجی  $OUT_1, OUT_2, OUT_3, OUT_4$  را در نظر بگیرید.

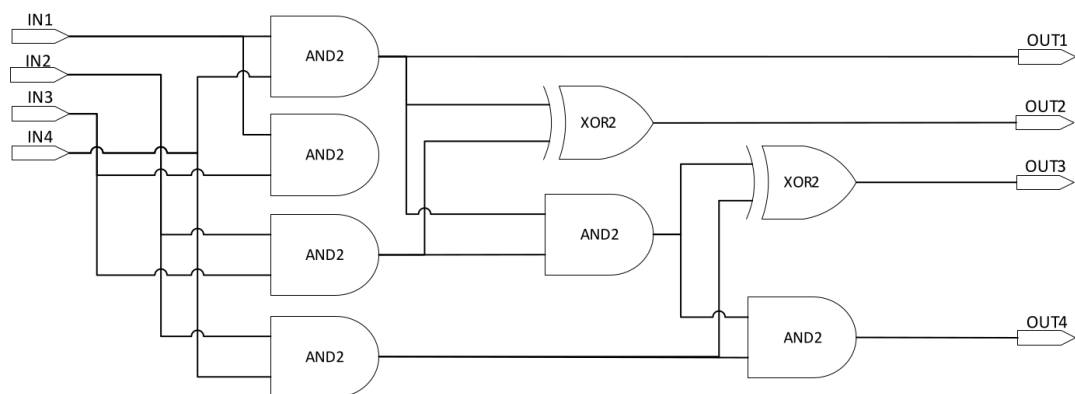
(آ) جدول صحت<sup>۱</sup> این مدار را استخراج کنید.

(ب) با استفاده از جدول کارنو مدار را برای پیاده سازی POS مستقیماً ساده کنید و سپس آن را دوباره بکشید.

حل.

(الف) جدول درستی مدار به صورت زیر به دست می آید:

<sup>۱</sup> Truth Table



$IN_1$	$IN_2$	$IN_3$	$IN_4$	$OUT_1$	$OUT_2$	$OUT_3$	$OUT_4$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1

(ب) جداول کارنو برای چهار خروجی به صورت زیر می شود:

		$IN_1IN_2$			
		00	01	11	10
$IN_3IN_4$	00	0	0	0	0
	01	0	0		
	11	0	0		
	10	0	0	0	0

		$IN_1IN_2$			
		00	01	11	10
$IN_3IN_4$	00	0	0	0	0
	01	0	0		
	11	0		0	
	10	0			0

$$OUT_1 = IN_4 \cdot IN_1$$

$$OUT_2 = (IN_3 + IN_4) \cdot (IN_1 + IN_2) \cdot (IN_2 + IN_4) \cdot (IN'_1 + IN'_2 + IN'_3 + IN'_4)$$

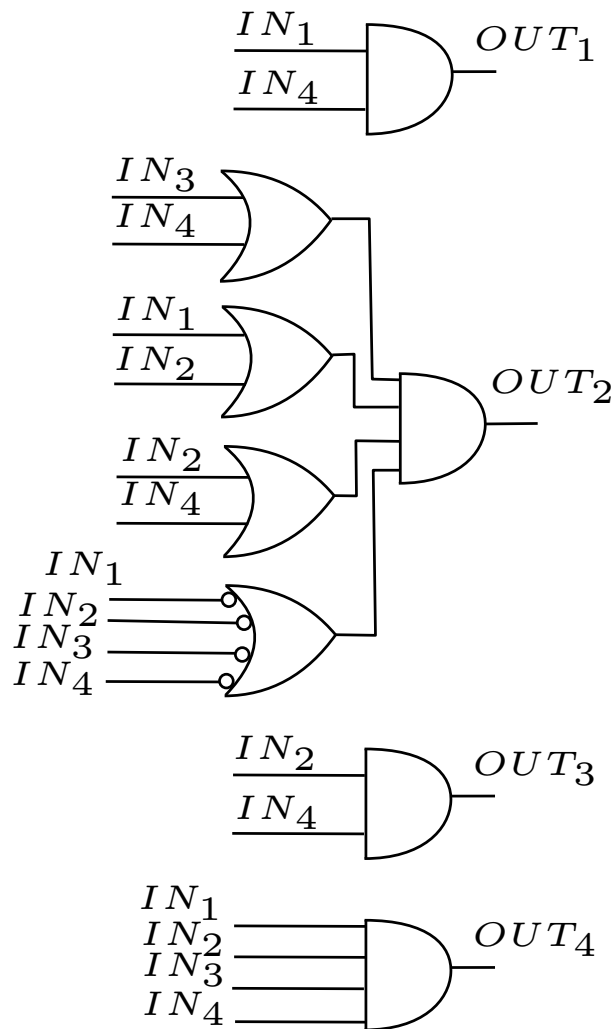
	$IN_1IN_2$			
	00	01	11	10
$IN_3IN_4$	00	0	0	0
	01	0		0
	11	0	0	0
	10	0	0	0

	$IN_1IN_2$			
	00	01	11	10
$IN_3IN_4$	00	0	0	0
	01	0	0	0
	11	0	0	0
	10	0	0	0

$$OUT_3 = IN_4 \cdot IN_2$$

$$OUT_4 = IN_1 \cdot IN_2 \cdot IN_3 \cdot IN_4$$

همچنین مدار ساده شده به صورت زیر رسم می شود:



شکل ۳: مدار ساده شده

۴. (۲۰ نمره) می خواهیم با استفاده از چهار ورودی  $(A, B, C, D)$  و یک نمایشگر هفت قطعه ای (7 Segment)

خروجی‌هایی مطابق جدول زیر مشاهده کنیم (به عبارت دیگر، می‌خواهیم یک Binary-to-7-Segment Decoder طراحی کنیم).

A	B	C	D	Display
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	A
0	1	0	0	3
0	1	0	1	4
0	1	1	0	P
0	1	1	1	5
1	0	0	0	6
1	0	0	1	C
1	0	1	0	7
1	0	1	1	8
1	1	0	0	U
1	1	0	1	9
1	1	1	0	E
1	1	1	1	F

(آ) جدول صحت برای نمایش وضعیت تمامی خروجی‌ها (وضعیت هر قطعه از 7segment) را بر اساس اسم‌گذاری‌های اسلاید ۱۸ از مجموعه اسلاید ۶ رسم کنید. راهنمایی: این جدول باید مشابه جدول اسلاید ۱۹ از همان مجموعه اسلاید باشد.

(ب) با استفاده از جدول کارنو توابع ساده شده هر یک از خروجی‌های هفت‌گانه را تعیین کنید (مشابه اسلاید ۲۰).

حل. متن سوال

۵. (۱۵ نمره) سوال‌های ۵.۵۰ و ۵.۴۵ واقع در صفحه ۱۶۵ و ۱۶۶ کتاب مرجع درس مدارهای منطقی را حل کرده و پاسخ آن را بنویسید. حل. متن سوال ۵.۴۵ به صورت زیر است:

5.45. Find the minimum sum of products for each function. Then, make the specified minterm a don't-care and verify that the minimum sum of products is unchanged. Now, start again with the original expression and find each minterm which could individually be made a don't-care, without changing the minimum sum of products.

$$(a) F(A, B, C, D) = A'C' + A'B' + ACD' + BC'D, \text{minterm } 2$$

$$(b) F(A, B, C, D) = A'BD + AC'D + AB' + BCD + A'C'D, \text{minterm } 7$$

برای قسمت (a) مطابق با دو جدول کارنو زیر مشاهده می‌شود که اگر مینترم ۲ را به عنوان حالت Dont Care در نظر بگیریم، تفاوتی در حاصل خروجی ایجاد نمی‌شود. در ادامه سوال گفته شده است که به ترتیب اگر هر کدام از مینترم‌های جدول را به عنوان DC در نظر بگیریم، آیا حاصل تابع خروجی تغییر می‌کند یا خیر؟

با بررسی تک به تک این حالات مشخص می‌شود که مینترم‌های ۴، ۱۳ و ۱۴ اگر به عنوان DC در نظر گرفته شوند، حاصل تابع را تغییر می‌دهند و به ترتیب مینترم‌های  $A'C'$  و  $BC'D$  یا  $ACD'$  را به ترتیب حذف می‌کنند.

		AB			
		00	01	11	10
DC	00	1	1		
	01	1	1	1	
	11	1			1
	10	1		1	1

		AB			
		00	01	11	10
CD	00	1	1		
	01	1	1	1	
	11	1			1
	10	-		1	1

$$F = A'B' + A'C' + BC'D + ACD'$$

$$F = A'B' + A'C' + BC'D + ACD'$$

همچنین برای قسمت (b) سوال نیز مطابق با قسمت قبل عمل می‌کنیم.

		AB			
		00	01	11	10
CD	00				1
	01	1	1	1	1
	11		1	1	1
	10				1

		AB			
		00	01	11	10
CD	00				1
	01	1	1	1	1
	11		-	1	1
	10				1

$$F = C'D + AB' + BD$$

$$F = C'D + AB' + BD$$

بنابراین با در نظر گرفتن مینترم شماره ۷ به عنوان جالت DC، تابع خروجی تغییری نمی‌کند. همانند قسمت قبل این کار را برای سایر مینترم‌ها نیز تکرار می‌کنیم. فقط مینترم شماره ۱ است که حاصل خروجی را تغییر می‌دهد و ترم  $C'D$  را حذف می‌کند.

متن سوال ۵.۵۰ به صورت زیر است:

5.50. Four of the minterms of an incompletely specified function  $f(a, b, c, d)$  are  $m_0$ ,  $m_1$ ,  $m_4$ , and  $m_5$ .

- Specify additional minterms and don't-cares for  $f$  so that  $f$  has five prime implicants with two literals and no other prime implicants and, in addition,  $f$  has one prime implicate with one literal and two prime implicants with two literals
- For each prime implicant, give its algebraic representation and specify whether it is an essential prime implicant.
- Determine all minimum sum-of-products expressions for  $f$ .
- For each prime implicate, give its algebraic representation and specify whether it is an essential prime implicate.
- Determine all minimum product-of-sums expressions for  $f$ .

(آ) یکی از حالت‌هایی که شرایط گفته شده در این قسمت را رعایت می‌کند به صورت زیر است.

		$ab$			
		00	01	11	10
$cd$	00	1	1	1	-
	01	1	1	0	-
	11	-	-	0	0
	10	0	0	-	-

$$f(a, b, c, d) = \sum m(0, 1, 4, 5, 12) + d(3, 7, 8, 9, 10, 14)$$

(ب) Nonessentials:  $a'd, c'd', a'c', b'c', ad'$

- (ج)
- $f = a'd + c'd'$
  - $f = a'c' + c'd'$
  - $f = a'c' + ad'$

		$ab$			
		00	01	11	10
$cd$	00	1	1	1	-
	01	1	1	0	-
	11	-	-	0	0
	10	0	0	-	-

(د)

Essentials:  $c', a' + d'$  and Nonessential:  $a' + b$

(ه)  $f = (c') \cdot (a' + d')$

۶. (۱۰ نمره) توابع زیر را از فرم استاندارد به فرم کانیکال تبدیل کنید:

(a)  $f(A, B, C) = AC' + BC' + ABC$

(b)  $f(A, B, C) = (C + A')(B + C')(A + B + C)(A' + B')$

(c)  $f(A, B, C, D, E) = B \cdot D' \cdot E + A \cdot B' \cdot D + A \cdot C \cdot D' \cdot E + A \cdot C' \cdot E$

حل. متن سوال

۷. (۱۰ نمره) توابع زیر را بدون ساده‌سازی یک بار فقط با استفاده از NANDهای ۲- ورودی و یک بار فقط با استفاده از NORهای ۲- ورودی پیاده‌سازی کنید:

(a)  $F = A'[B' + C'D' + DE]$



(b)  $F = A + BCD' + BCE' + BDE'$

حل. متن سوال

۱. (۲۵ نمره) یک تصویر  $4 \times 4$  با ۱۶ پیکسل را در نظر بگیرید. هر پیکسل می‌تواند یکی از دو حالت سیاه (۱) یا سفید (۰) باشد (تصویر به صورت سیاه و سفید است). در این تصویر یک مربع  $2 \times 2$  وجود دارد که می‌خواهیم آن را تشخیص دهیم.

همان‌طور که گفته شد، تصویر سیاه و سفید است و مربع ایجاد می‌شود که ۴ پیکسل در کنار هم یک مقدار (۰ یا ۱) داشته باشند و دیگر پیکسل‌ها مقدار دیگری داشته باشند. با توجه به این موضوع می‌توان دریافت که در حالتی که بیشتر از یک مربع در تصویر ایجاد شود، مربع تشخیص داده نمی‌شود. نمونه‌های حضور مربع در زیر نمایش داده شده است:

✓

۱	۱	۱	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۱	۱	۱

✓

۱	۰	۰	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱

✓

۰	۰	۰	۰
۰	۰	۰	۰
۰	۰	۱	۱
۰	۰	۱	۱

✗

۱	۱	۰	۰
۱	۱	۰	۰
۰	۰	۱	۱
۰	۰	۱	۱

✗

۱	۱	۱	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۰	۰	۱
۱	۱	۱	۰

✗

۱	۱	۱	۱
۱	۱	۱	۱
۰	۰	۰	۰
۱	۱	۱	۱

تصویر از ۴ بلوک  $2 \times 2$  تشکیل شده است که هر کدام از این بلوک‌ها تنها می‌توانند یکی از چهار حالت زیر را داشته باشند.

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

با توجه به توضیحات داده شده مداری طراحی کنید که حالات موجود در تصویر را دریافت کند بتواند مربع تولید شده در تصویر را تشخیص دهد. در صورت وجود یک مربع مقدار یک در خروجی ایجاد کند و در غیر این صورت مقدار صفر تولید کند.

برای این کار مراحل زیر را انجام داده و گزارش دهید:

- (آ) ابتدا جدول صحت مدار مورد نظر را بنویسید.
- (ب) تابع بولی به دست آمده از جدول صحت را بنویسید (بدون ساده سازی).
- (ج) با استفاده از جدول کارنو تابع را ساده کنید.
- (د) مدار متناظر با تابع ساده شده را رسم کنید.

حل. پاسخ  $2 + 2$  چند می شود؟

۲. (۱۵ نمره)

Given  $F_1 = \prod M(0, 4, 5, 6)$  and  $F_2 = \prod M(0, 3, 4, 6, 7)$ , find the maxterm expansion for  $F_1 F_2$ . State a general rule for finding the maxterm expansion of  $F_1 F_2$  given the maxterm expansion of  $F_1$  and  $F_2$ . Prove your answer by using the general form of the maxterm expansion.

حل. متن سوال