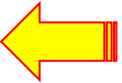


مبحث دوم

جبر بول و گیت‌های منطقی

فهرست مطالب

- معرفی جبر بول 
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع

معرفی جبر بول

جبر بول برای یک مجموعه و دو عملگر + و \cdot تعریف می‌شود اگر اصل‌های Huntington برای آنها برقرار باشد.


اصل‌های Huntington

- ۱- مجموعه نسبت به عملگرها بسته باشد.
- ۲- مجموعه حداقل دارای دو عضو باشد.
- ۳- هر عضو مجموعه دارای یک عضو مکمل باشد.
- ۴- برای هر عملگر، یک عنصر همانی وجود داشته باشد (\cdot برای + و ۱ برای \cdot).
- ۵- اعضای مجموعه نسبت به عملگرها دارای ویژگی جابجایی باشند.
- ۶- عملگرها نسبت به هم توزیع پذیر باشند.

واژه‌نامه:

Huntington Postulates	اصول Huntington
Complement	مکمل
Identity element	عنصر همانی

توجه

توجه کنید که **ویژگی شرکت پذیری** عملگرها در اصل های Huntington ذکر نشده است 
ولی برای جبر بول برقرار است. (این ویژگی در قضیه ها مطرح می گردد.)

توجه کنید که **توزیع پذیری جمع (+) روی ضرب (×)** در جبر کلاسیک برقرار نیست. 

توجه کنید که در جبر بول، **عملگرها معکوس ندارند** (برخلاف جبر کلاسیک که تفریق و تقسیم در آن تعریف شده است). 

۱- مجموعه نسبت به عملگرها بسته باشد.

۲- مجموعه حداقل دارای دو عضو باشد.

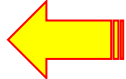
۳- هر عضو مجموعه دارای یک عضو مکمل باشد.

۴- برای هر عملگر، یک عنصر همانی وجود داشته باشد (× برای ۱ و + برای ۰).

۵- اعضای مجموعه نسبت به عملگرها دارای ویژگی جابجایی باشند.

۶- عملگرها نسبت به هم توزیع پذیر باشند.

فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول 
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع

اصولهای جبر بول

$$x \cdot x' = 0$$

$$x \cdot 1 = x$$

$$x \cdot y = y \cdot x$$

$$x + (y \cdot z) = (x + y) \cdot (x + z)$$

$$x + x' = 1$$

$$x + 0 = x$$

$$x + y = y + x$$

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z$$

اصل اول (مکمل):

اصل دوم (عنصر همانی):

اصل سوم (ویژگی جابجایی):

اصل چهارم (توزیع پذیری):

اگر یک معادله یا تساوی برقرار باشد دوگان آن نیز برقرار است.

اصل دوگانی

سوال: آیا نمودی از اصل دوگانی در عبارتهای ذکر شده به همراه اصولهای جبر بول می بینید؟



برای تعیین دوگان یک عبارت، لازم است:
۱- عملگرهای + و ۰ با یکدیگر جایگزین شوند.
۲- ۱ با ۰ و ۰ با ۱ جایگزین گردد.

۱- مجموعه نسبت به عملگرها بسته باشد.

۲- مجموعه حداقل دارای دو عضو باشد.

۳- هر عضو مجموعه دارای یک عضو مکمل باشد.

۴- برای هر عملگر، یک عنصر همانی وجود داشته باشد (۰ برای + و ۱ برای ۰).

۵- اعضای مجموعه نسبت به عملگرها دارای ویژگی جابجایی باشند.

۶- عملگرها نسبت به هم توزیع پذیر باشند.



قضیه‌های جبر بول

$$x \cdot x' = 0$$

$$x \cdot 1 = x$$

$$x \cdot y = y \cdot x$$

$$x + (y \cdot z) = (x + y) \cdot (x + z)$$

$$x \cdot x = x$$

$$x \cdot 0 = 0$$

$$(x')' = x$$

$$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$$

$$(x \cdot y)' = x' + y'$$

$$x \cdot (x + y) = x$$

$$xy + x'z + yz = xy + x'z$$

$$(x + y)(x' + z) = xz + x'y$$

$$x + x' = 1$$

$$x + 0 = x$$

$$x + y = y + x$$

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z$$

$$x + x = x$$

$$x + 1 = 1$$

$$(x + y)' = x' \cdot y'$$

$$x + x \cdot y = x$$

$$(x + y) \cdot (x' + z) \cdot (y + z)$$

$$= (x + y) \cdot (x' + z)$$

$$xy + x'z = (x + z) \cdot (x' + y)$$

اصل اول (مکمل):

اصل دوم (عنصر همانی):

اصل سوم (ویژگی جابجایی):

اصل چهارم (توزیع پذیری):

قضیه اول (همان توانی):

قضیه دوم:

قضیه سوم (بازگشت):

قضیه چهارم (شرکت پذیری):

قضیه پنجم (دمورگان):

قضیه ششم (جذب):

قضیه هفتم (consensus):

قضیه هشتم:

مثال: اثبات قضیه‌های جبر بول

با استفاده از اصل‌های جبر بول، قضیه‌ی اول را اثبات کنید.

$$x \cdot x = x$$

$$x + x = x$$

$$x \cdot x' = 0$$

$$x \cdot 1 = x$$

$$x \cdot y = y \cdot x$$

$$x + (y \cdot z) = (x + y) \cdot (x + z)$$

$$x + x' = 1$$

$$x + 0 = x$$

$$x + y = y + x$$

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z$$

اصل اول (مکمل):

اصل دوم (عنصر همانی):

اصل سوم (ویژگی جابجایی):

اصل چهارم (توزیع پذیری):

مثال: اثبات قضیه‌های جبر بول

با استفاده از جدول درستی، قضیه‌ی دِمورگان را اثبات کنید.

$$(x \cdot y)' = x' + y'$$

$$(x + y)' = x' \cdot y'$$

مثال: ساده‌سازی به روش دستکاری عبارت

با استفاده از قضیه‌ی consensus، عبارت‌های زیر را ساده کنید.

الف: $A'B' + AC + BC' + B'C + AB$

ب: $A'C'D + A'BD + BCD + ABC + ACD'$

تقدم عملگرها



مثال: ساده‌سازی به روش دستکاری عبارت

تابع منطقی روبرو را در نظر بگیرید:

$$F(x, y, z) = x'y'z + x'yz + xy'$$

الف: با استفاده از اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول، این تابع را ساده کنید.

ب: تابع اصلی و تابع ساده شده را از لحاظ تعداد لیترال و تعداد جمله با هم مقایسه کنید.

ج: درستی ساده‌سازی را با استفاده از جدول درستی بررسی نمایید.

د: نمایش شماتیک مداری تابع اصلی و تابع ساده شده را با استفاده از گیت‌های منطقی ترسیم کنید.

فرم تعمیم یافته‌ی قضیه‌ی دمورگان

$$(A + B + C + \dots + E)' = A'B'C' \dots E'$$

$$(ABC \dots E)' = A' + B' + C' + \dots + E'$$

مثال: اثبات فرم عمومی تر قضیه‌ی دِ مورگان

نشان دهید تساوی روبرو برقرار است.

$$(ABC)' = A' + B' + C'$$

تعیین مکمل یک عبارت منطقی

برای به دست آوردن **مکمل** یک تابع لازم است:

- * مقادیر \circ با ۱ و مقادیر ۱ با \circ جایگزین گردند.
- * عمل‌های \circ به + و عمل‌های + به \circ تبدیل شوند.
- * متغیرها مکمل گردند.



سوال: چه تفاوتی بین **دوگان** یک عبارت و **مکمل** آن وجود دارد؟



مثال: تعیین مکمل

$$F_1(x, y, z) = x'yz + x'y'z$$

$$F_2(x, y, z) = x(y'z' + yz)$$

مکمل تابع‌های روبرو را به روش‌های خواسته شده به دست آورید:

الف: با استفاده‌ی پی‌در پی از قضیه‌ی دمورگان

ب: به روش مستقیم

فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی maxterm ها و minterm ها 
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع

معرفی MINTERM ها و MAXTERM ها در حالت سه متغیره:

x y z	Minterm		Maxterm	
	Term	Designation	Term	Designation
0 0 0	$x'y'z'$	m_0	$x + y + z$	M_0
0 0 1	$x'y'z$	m_1	$x + y + z'$	M_1
0 1 0	$x'yz'$	m_2	$x + y' + z$	M_2
0 1 1	$x'yz$	m_3	$x + y' + z'$	M_3
1 0 0	$xy'z'$	m_4	$x' + y + z$	M_4
1 0 1	$xy'z$	m_5	$x' + y + z'$	M_5
1 1 0	xyz'	m_6	$x' + y' + z$	M_6
1 1 1	xyz	m_7	$x' + y' + z'$	M_7

Minterm ها به صورت AND تمام متغیرها یا مکمل آنها است. اگر مقدار متغیر یک باشد از خود متغیر و در صورت صفر بودن، از مکمل متغیر استفاده می گردد.

Maxterm ها به صورت OR تمام متغیرها یا مکمل آنها است. اگر مقدار متغیر یک باشد از مکمل متغیر و در صورت صفر بودن، از خود متغیر استفاده می گردد.

سوال: چه ارتباطی بین m_j و M_j وجود دارد؟



فرم متعارف جمع MINTERM ها:

هر تابعی را می توان به صورت مجموع minterm ها بازنمایی نمود (در اینجا جمع به معنای OR جملات است). بدین منظور لازم است minterm هایی که تابع به ازای آنها مقدار ۱ دارد را با هم OR کنیم.

همچنین برای به دست آوردن مکمل تابع می توان Minterm هایی که تابع به ازای آنها صفر می شود را با هم OR نمود.

مثال: توصیف به صورت جمع MINTERM ها

توابع f_1 و f_2 به صورت جدول درستی توصیف شده‌اند.

الف: عبارت منطقی این تابع‌ها را به صورت جمع minterm ها بنویسید.

ب: عبارت منطقی مکمل این تابع‌ها را به صورت جمع minterm ها بنویسید.

ج: با استفاده از عبارت منطقی f_1' و قضیه‌ی دمورگان، f_1 را به دست آورید.

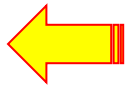
د: بر اساس نتایج بند ج، چگونه می‌توان با استفاده از جدول درستی، تابع را

به صورت ضرب maxterm ها توصیف نمود؟

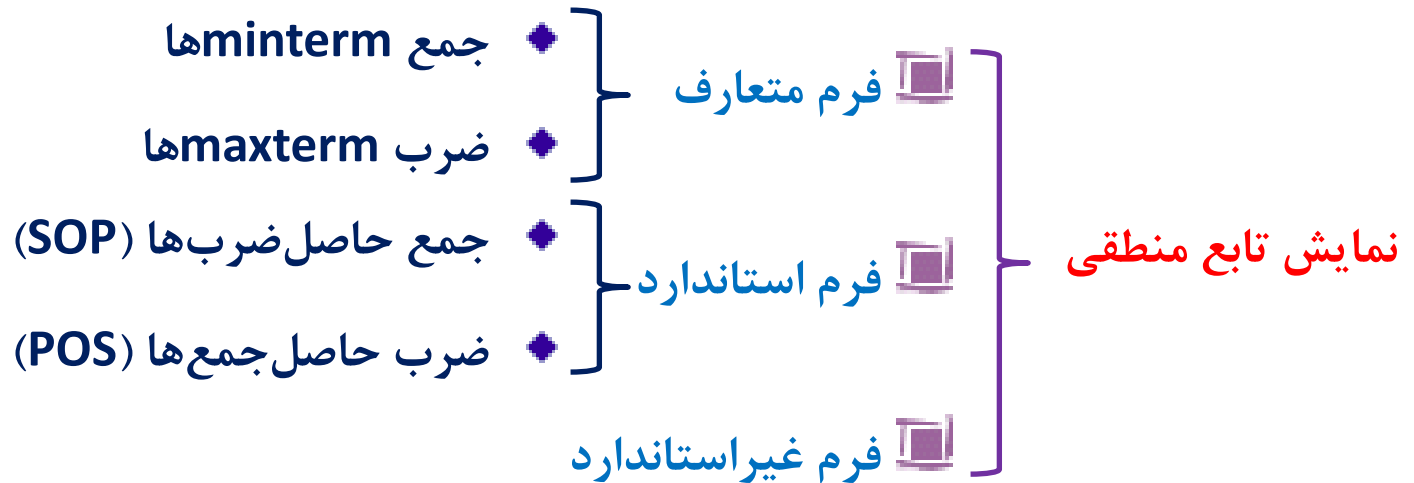
به صورت ضرب maxterm هایی که
تابع به ازای آنها مقدار صفر دارد.
در اینجا ضرب به معنی AND است.



فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی 
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع

بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی



سوال: فرم‌های استاندارد و متعارف به پیاده‌سازی چندلایه منجر خواهد شد؟
فرم غیراستاندارد چگونه؟



واژه‌نامه:

Canonical form	فرم متعارف
Standard form	فرم استاندارد
Nonstandard form	فرم غیر استاندارد
Sum of products (SOP)	جمع حاصل ضرب‌ها
Product of sums (POS)	ضرب حاصل جمع‌ها

مثالهایی از بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی

Canonical form: Sum of Minterms

$$F(x, y, z) = x'yz' + xy'z' + xy'z + xyz' = \Sigma(2, 4, 5, 6)$$

Canonical form: Product of Maxterms

$$F(x, y, z) = (x + y + z)(x + y + z')(x + y' + z')(x' + y' + z') = \Pi(0, 1, 3, 7)$$

Standard form: Sum of Products (SOP)

$$F(x, y, z) = yz' + xy'$$

Standard form: Product of Sums (POS)

$$F(x, y, z) = (x + y)(y' + z')$$

Non-standard form:

$$F(x, y, z) = x \cdot (y'z' + y'z + yz') + x'yz'$$

مثال: مقایسه‌ی فرم‌های استاندارد و غیراستاندارد

$$F(A, B, C) = AB + A'(B' + C)$$

تابع منطقی روبرو را در نظر بگیرید:

الف: تابع را به فرم استاندارد بازنویسی کنید.

ب: تابع را به فرم متعارف بازنویسی کنید.

ج: شماتیک مداری فرم اصلی، فرم استاندارد و فرم متعارف تابع را ترسیم کنید.

د: بر اساس شماتیک‌های ترسیم شده، فرم استاندارد و فرم غیراستاندارد را از نظر تعداد سطوح منطقی مقایسه نمایید.

فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی 
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع

تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی

- ❖ تبدیل از یک فرم متعارف به فرم متعارف دیگر
- ❖ تبدیل از یک فرم استاندارد به یک فرم متعارف
- ❖ تبدیل از یک فرم استاندارد به فرم استاندارد دیگر
- ❖ تبدیل از یک فرم متعارف به یک فرم استاندارد
- ❖ تبدیل از یک فرم غیراستاندارد به یک فرم استاندارد

مثال: تبدیل از یک فرم متعارف به فرم متعارف دیگر

$$F(A, B, C) = \Sigma(1, 4, 5, 6, 7)$$

تابع منطقی روبرو را به فرم ضرب maxterm ها بازنویسی کنید.

برای تبدیل از یک فرم متعارف به فرم متعارف دیگر باید:

۱- تبدیل Π به Σ و برعکس انجام شود.

۲- شماره‌هایی که وجود ندارند لیست شوند.



مثال: تبدیل از فرم غیرمتعارف به یکی از فرم‌های متعارف

$$F(A, B, C) = A + B' C$$

تابع منطقی روبرو را به فرم جمع minterm ها بازنویسی کنید.

مثال: تبدیل از فرم غیرمتعارف به یکی از فرم‌های متعارف

$$F(x, y, z) = xy + x'z$$

تابع منطقی روبرو را به فرم ضرب maxterm ها بازنویسی کنید.

مثال: تبدیل از یک فرم استاندارد به فرم استاندارد دیگر

تابع منطقی روبرو را به فرم جمع حاصلضربها (SOP) بازنویسی کنید.

$$F(A, B, C, D, E) = (A + B + C')(A + B + D)(A + B + E)(A + D' + E)(A' + C)$$

$$(x + y)(x' + z) = xz + x'y$$

$$xy + x'z = (x + z).(x' + y)$$

یادآوری قضیه هشتم:

مثال: تبدیل از یک فرم استاندارد به فرم استاندارد دیگر

تابع منطقی روبرو را به فرم ضرب حاصل جمع‌ها (POS) بازنویسی کنید.

$$F(A, B, C, D, E) = AC + A'BD' + A'BE + A'C'DE$$

فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی 
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع

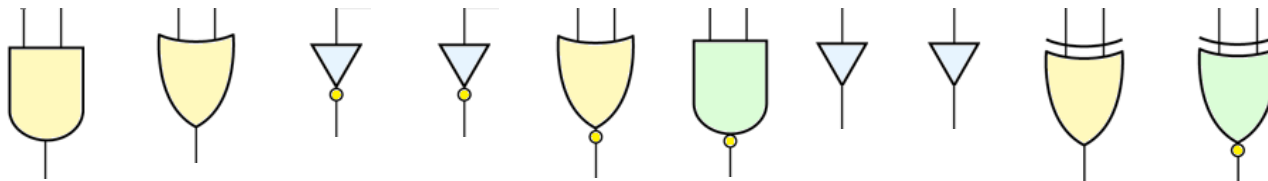
عمل‌ها و گیت‌های منطقی

برای n متغیر، چند تابع منطقی قابل تعریف است؟



برای n متغیر، 2^n ترکیب مختلف متغیرها و
 2^{2^n} تابع مختلف وجود دارد. به عنوان نمونه،
برای ۲ متغیر، ۴ ترکیب مختلف متغیرها و ۱۶
تابع منطقی وجود دارد.





متغیرها

تابع‌های منطقی مختلف

x y	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅
00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
01	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
10	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
11	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

عبارت منطقی

گیت منطقی

نماد شماتیک

$x \cdot y$	x	y	$x \oplus y$	$x + y$	$(x + y)'$	y'	x'	$(x \cdot y)'$
AND	Buffer	Buffer	XOR	OR	NOR	NOT	NOT	NAND
						XNOR		

عمل **XOR** (n ورودی) یک تابع فرد است یعنی خروجی آن در صورتی یک خواهد شد که تعداد فردی از ورودی‌ها یک باشد.

عمل **XNOR** (n ورودی) یک تابع زوج است یعنی خروجی آن در صورتی یک خواهد شد که تعداد زوجی از ورودی‌ها یک باشد.



فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت 
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع

گسترش ورودی‌های گیت

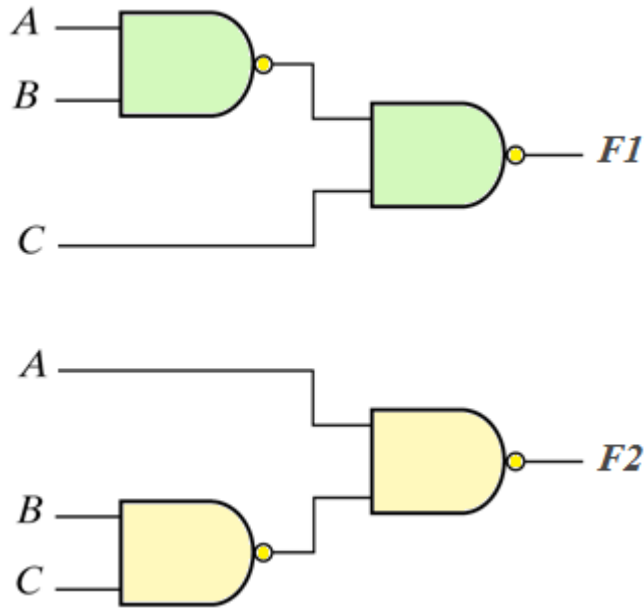
اگر عمل دودویی گیت دارای ویژگی‌های
جابجایی و شرکت‌پذیری باشد می‌توان
ورودی‌های آن را گسترش داد.



Gate	Commutative Property	Associative Property
AND	✓	✓
OR	✓	✓
NAND	✓	✗
NOR	✓	✗
XOR	✓	✓
XNOR	✓	✓

مثال: جدول درستی را برای دو مدار زیر تشکیل دهید. براساس نتایج به دست آمده،

آیا NAND دارای ویژگی شرکت پذیری است؟



A	B	C	$(AB)'$	F1	$(BC)'$	F2
0	0	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	1	0	1	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	1	0	1	0	1

فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی 
- مدارهای مجتمع

منطق مثبت و منطق منفی

سیگنال دیجیتال دارای دو سطح ولتاژ است که ولتاژ بالاتر با **H** (high) و ولتاژ پایین تر با **L** (low) مشخص می گردد.

منطق مثبت: نمایش **H** با **1** و نمایش **L** با **0**.

Voltage	H/L	1/0
5	High	1
0	Low	0

مثال: استاندارد TTL

منطق منفی: نمایش **H** با **0** و نمایش **L** با **1**.

Voltage	H/L	1/0
+15	High	0
-15	Low	1

مثال: استاندارد RS232

منطق مثبت و منطق منفی



مثال: عملکرد یک المان با سطوح ولتاژ ورودی و خروجی آن در شرایط مختلف مشخص شده است.

X	Y	Z
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

الف: در منطق مثبت، این المان نشانگر چه قطعه‌ای است؟

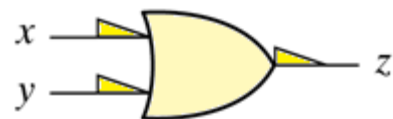
ب: در منطق منفی، این المان نشانگر چه قطعه‌ای است؟

حل ب:

X	Y	Z
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

حل الف:

X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



Negative logic OR gate



Positive logic AND gate

فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع 

مدارهای مجتمع (Integrated Circuits)

بسته‌بندی
مدارهای مجتمع

فناوری‌های
مدارهای مجتمع

سطوح مجتمع‌سازی
مدارهای مجتمع

تقسیم‌بندی مدارهای مجتمع از دیدگاه سطح مجتمع‌سازی:

1. Small Scale Integration (SSI)

< 10 gates

گیت‌ها

2. Medium Scale Integration (MSI)

10- 1000 gates

شمارنده‌ها، فلیپ‌فلاپ‌ها

3. Large Scale Integration (LSI)

1000-100'000 gates

حافظه‌ها، قطعات قابل برنامه‌ریزی

4. Very Large Scale Integration (VLSI)

> 100'000 gates

ریزپردازنده‌ها، DSP ، FPGA

مدارهای مجتمع از دیدگاه فناوری

تقسیم‌بندی مدارهای مجتمع از دیدگاه فناوری:

1. Transistor Transistor Logic (TTL)

یار دیر آشنا

2. Emitter-Coupled Logic (ECL)

سرعت بالا

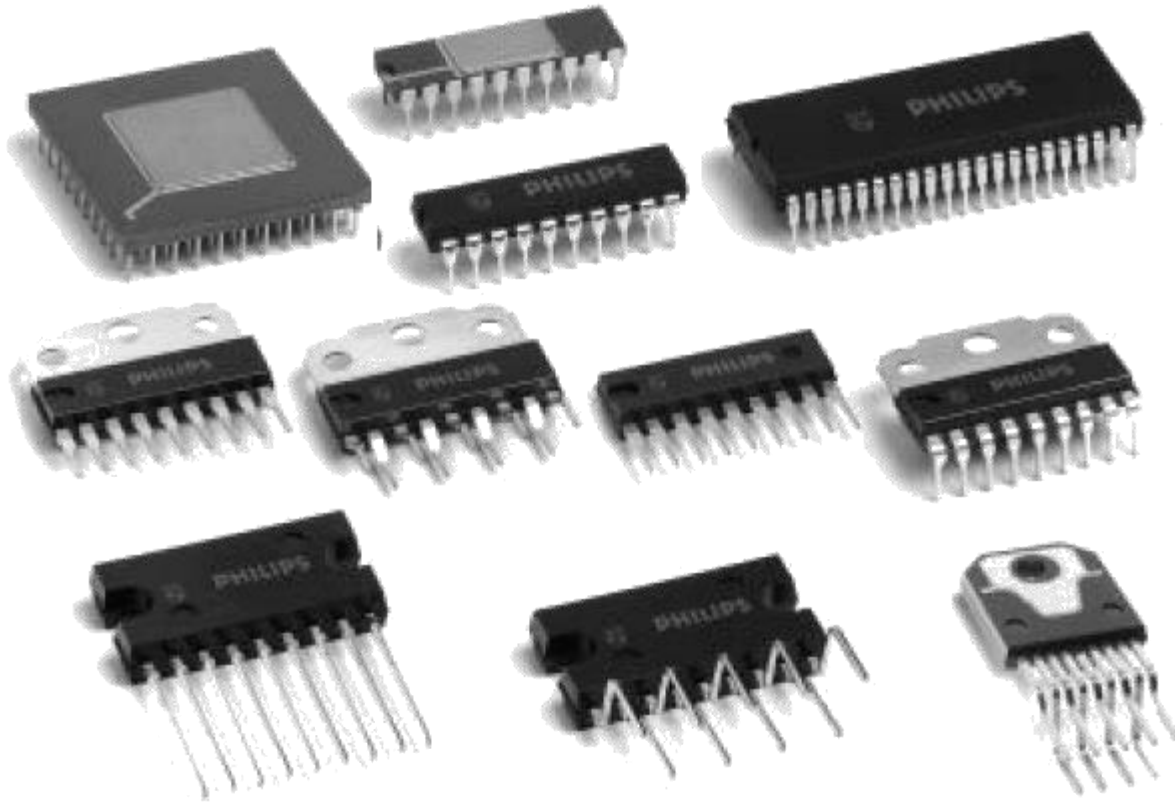
3. Metal Oxide Semiconductor (MOS)

چگالی بالا

4. Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)

مصرف پایین

بسته‌بندی مدارهای مجتمع



SIP

ZIP

DIP

SOIC-SOP

PLCC

QFP

PGA

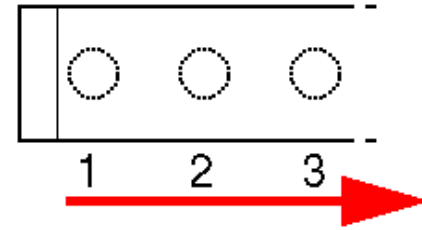
BGA

شکل ظاهری

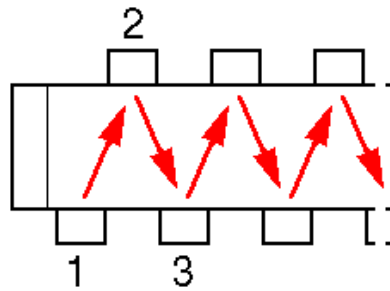
نحوی شماره گذاری پایه‌ها:

وقتی سر علامت دار در سمت چپ و پایین قرار دارد شمارش به صورت پادساعتگرد انجام می‌گردد.

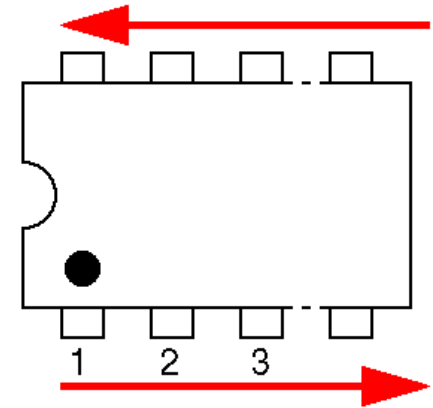
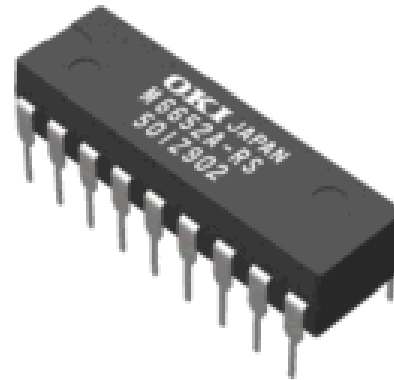
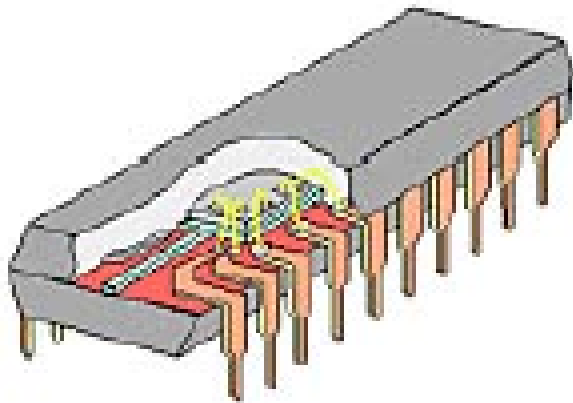
SIP: Single Inline Package



ZIP: Zig-zag Inline Package

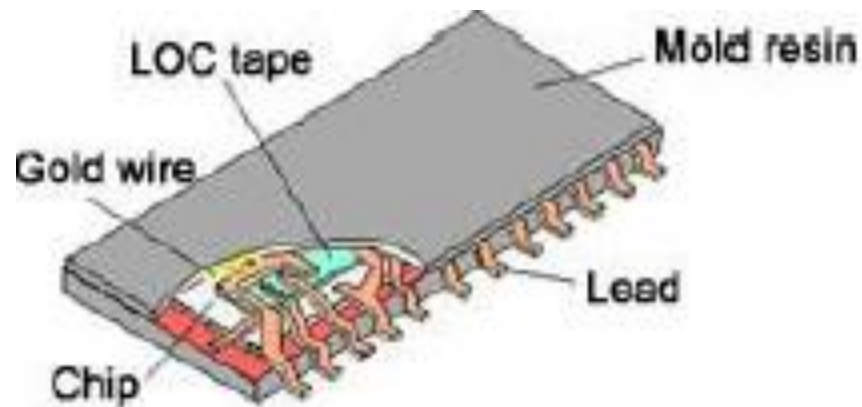
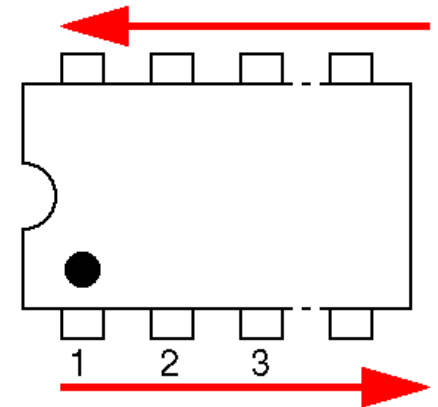
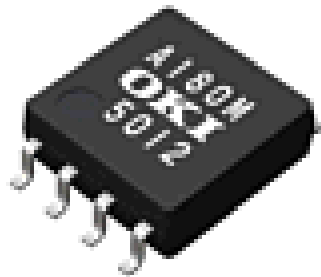
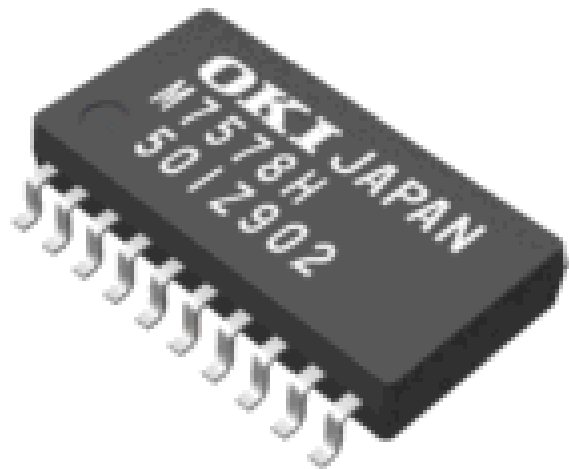


DIP: Dual Inline Package

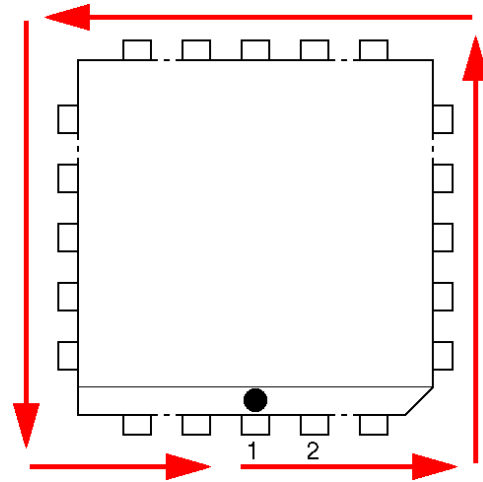
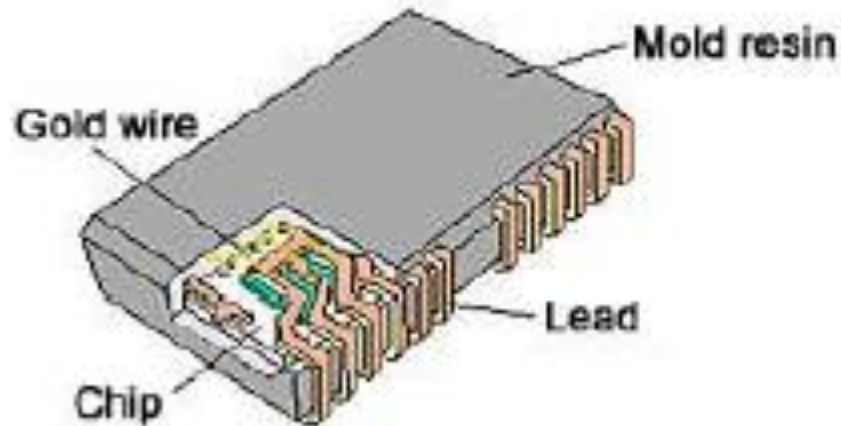


SOIC: Small Outline Integrated Circuit

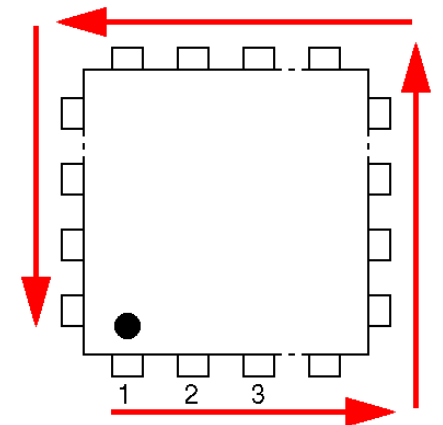
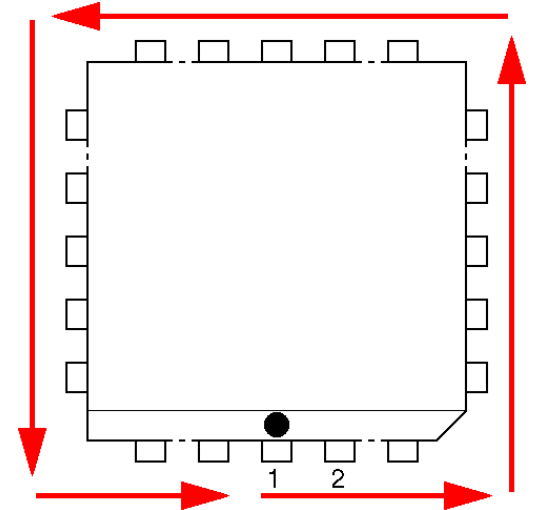
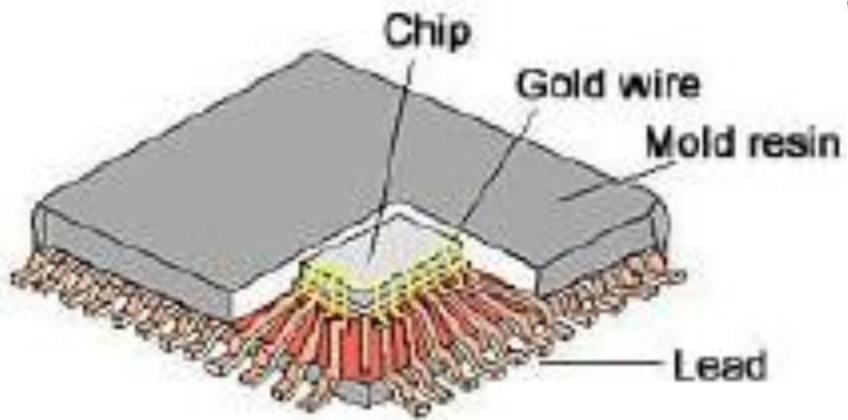
SOP: Small Outline Package



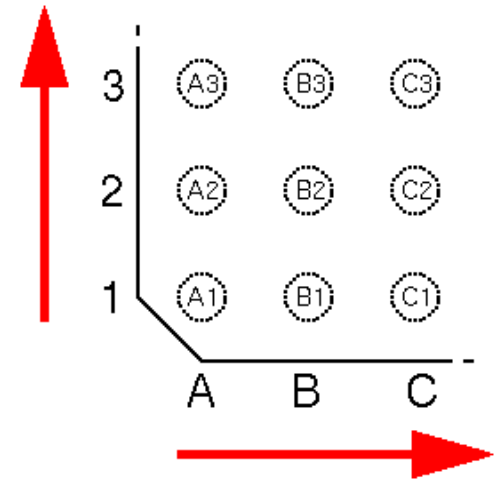
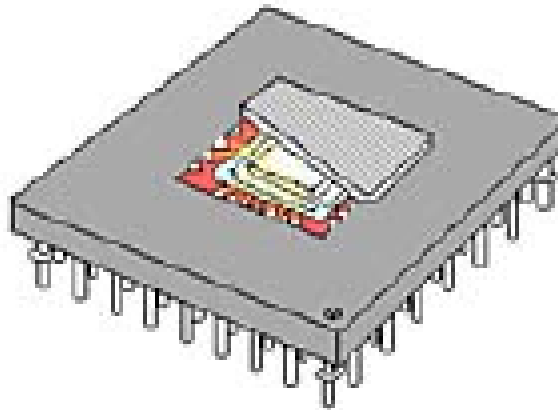
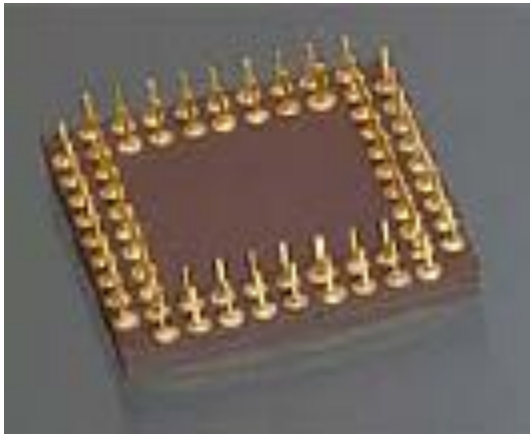
PLCC: Plastic Leaded Chip Carrier



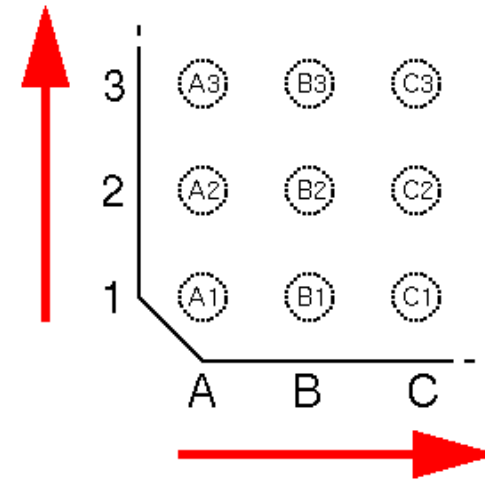
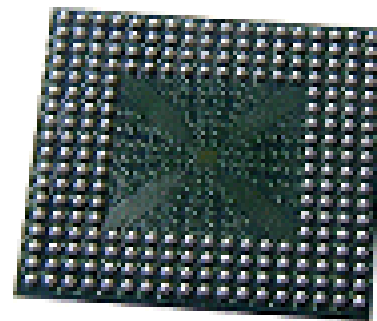
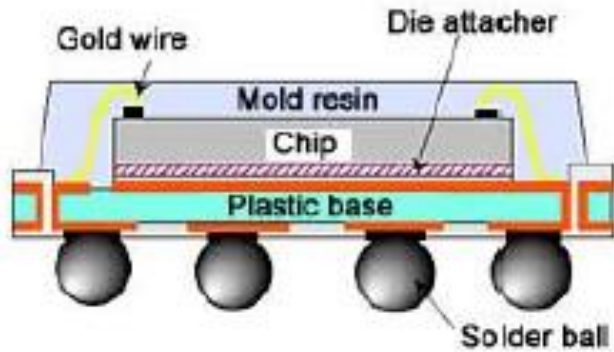
QFP: Quad Flat Package



PGA: Pin Grid Array



BGA: Ball Grid Array



فهرست مطالب

- معرفی جبر بول
- اصل‌ها و قضیه‌های جبر بول
- معرفی minterm ها و maxterm ها
- بازنمایی‌های مختلف تابع منطقی
- تبدیل فرم‌های مختلف بازنمایی تابع منطقی
- عمل‌ها و گیت‌های منطقی
- گسترش ورودی‌های گیت
- منطق مثبت و منطق منفی
- مدارهای مجتمع

