01 PRÁCTICA ALTERNATIVA
NO. 01

Una función simplificada, armada de dos formas

SESIÓN	DURACIÓN	UNIDADES	FAMILIA LÓGICA
1 de 4	4 horas	1 y 2	TTL 74LS

Introducción

Hoy se enciende el instrumental, se prueban las compuertas y, al final, se resuelve un problema completo de principio a fin: una regla escrita en palabras se convierte en una tabla de verdad; la tabla, en una expresión; la expresión se simplifica con **álgebra booleana** y se comprueba con un **mapa de Karnaugh**. El resultado se arma con los integrados que usted trajo.

La función se arma *dos veces*: una con compuertas AND, OR y NOT, y otra solo con compuertas NAND. Una compuerta XOR compara las dos salidas y enciende un **LED de error** si alguna vez no coinciden. Así se comprueba en el protoboard lo que el álgebra demuestra en el papel: dos circuitos distintos pueden hacer exactamente lo mismo.

OBJETIVOS

- Encender el módulo de 5 V y comprobar la tensión con el multímetro.
- Comprobar con un LED las compuertas NOT, AND, OR, NAND y XOR.
- Obtener la tabla de verdad y la expresión de una función a partir de un enunciado.
- Simplificar la función con las reglas del álgebra booleana y comprobar el resultado con un mapa de Karnaugh.
- Armar la función simplificada de dos formas y comprobar con una XOR que las dos son equivalentes.

MATERIALES Y EQUIPO

- MO-MB102 con ADP-5HB y UT33B+.
- Circuitos integrados: 74LS04, 74LS08, 74LS32, 74LS00 y 74LS86. Para el reto final: 74LS157.
- 4 LEDs rojos, amarillos o verdes, 4 resistencias de 330 Ω y 2 de 1 kΩ.
- Protoboard y cables *jumper*.
- Lápiz y cuaderno cuadriculado.

PLANIFICACIÓN DE LA SESIÓN

Parte	Actividad	Tiempo
—	Apertura, seguridad y entrega de componentes	20 min
A	Encender y medir los 5 V	25 min
B	El inversor 74LS04	20 min
C	Las compuertas de dos entradas	40 min
D	Simplificar la función en el papel: álgebra y Karnaugh	35 min
E	Armar la función de dos formas y compararlas	55 min
—	Evaluación en Socrative, desarmado y cierre	25 min
	Total	**220 min + 20 min**

Fundamento teórico

Los números que hay que recordar

Dato	Valor	Significado
Alimentación V_{CC}	5 V	Fuera de 5 ± 0.25 el integrado se daña.
Entrada baja (máximo)	0.8 V	Se lee como 0.
Entrada alta (mínimo)	2.0 V	Se lee como 1.

Las compuertas de hoy



Figura 01.1. Las cinco compuertas de hoy y el integrado que las contiene.

A	B	AND	OR	NAND	XOR
0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0

NAND es una AND con la salida invertida: vale 0 solo si las dos entradas son 1. XOR (*o exclusiva*) vale 1 cuando las entradas son *distintas*; por eso sirve para comparar dos señales.

Reglas del álgebra booleana

Cada regla tiene dos formas, una **dual** de la otra: se obtiene cambiando + por · y 0 por 1. La columna *Hoy* indica en qué ejercicio de la parte D se usa cada regla.

N.º	Regla	Forma con +	Forma con ·	Hoy
1	Identidad	$X + 0 = X$	$X \cdot 1 = X$	1 y 3
2	Elemento nulo	$X + 1 = 1$	$X \cdot 0 = 0$	—
3	Idempotencia	$X + X = X$	$X \cdot X = X$	4
4	Complemento	$X + \overline{X} = 1$	$X \cdot \overline{X} = 0$	1 y 3
5	Involución (doble negación)	$\overline{\overline{X}} = X$		4
6	Conmutativa	$X + Y = Y + X$	$XY = YX$	1 y 3
7	Asociativa	$(X + Y) + Z = X + (Y + Z)$	$(XY)Z = X(YZ)$	3
8	Distributiva	$X + YZ = (X + Y)(X + Z)$	$X(Y + Z) = XY + XZ$	1 y 3
9	Absorción	$X + XY = X$	$X(X + Y) = X$	3
10	Absorción del complemento	$X + \overline{X}Y = X + Y$	$X(\overline{X} + Y) = XY$	—
11	De Morgan	$\overline{X + Y} = \overline{X} \cdot \overline{Y}$	$\overline{X \cdot Y} = \overline{X} + \overline{Y}$	4
12	Consenso	$XY + \overline{X}Z + YZ = XY + \overline{X}Z$		3

RECOMENDACIÓN

La distributiva que más se usa es la de *sacar factor común*, igual que en álgebra: $XY + XZ = X(Y + Z)$. La regla que más simplifica es la de complemento: cuando una variable aparece normal en un término y negada en otro, y el resto es igual, *esa variable desaparece*.

El mapa de Karnaugh de tres variables

Es la misma tabla de verdad, dibujada de modo que las combinaciones que difieren en *un solo bit* queden juntas. Tiene una casilla por fila de la tabla. Las columnas van en el orden 00, 01, 11, 10 (**código Gray**): de una columna a la siguiente cambia un solo bit, y la primera y la última columna también se consideran vecinas.

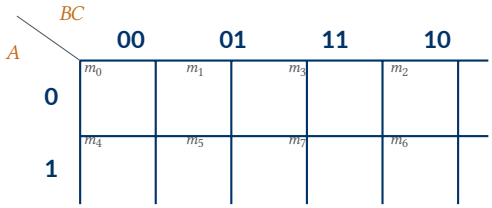


Figura 01.2. Lugar de cada fila m_0 a m_7.

1. Escriba un 1 en cada casilla donde la función vale 1.
2. Encierre los 1 en grupos **rectangulares** de 1, 2, 4 u 8 casillas vecinas. Los grupos pueden compartir casillas.
3. Use grupos *tan grandes* como se pueda y *tan pocos* como se pueda.
4. Cada grupo da un producto: se quedan las variables que *no* cambian dentro del grupo; las que cambian desaparecen.

Procedimiento

Parte A. Encender y medir los 5 V

25 min

1. Encienda el multímetro UT33B+ en tensión continua. Punta negra en COM, punta roja en el borne de tensión.
2. Conecte el adaptador al módulo MO-MB102 y el módulo a los rieles del protoboard. Selector del módulo en 5 V.
3. **Antes de insertar cualquier integrado**, mida entre el riel rojo y el riel azul. Debe estar entre 4.75 V y 5.25 V.
4. Mida también una resistencia de 330 Ω y la continuidad de un cable.

Tabla 01.1. Primera verificación

Medición	Esperado	Medido
Rieles del protoboard	5 V	
Resistencia de 330 Ω	330 Ω	
Continuidad de un *jumper*	Cerrado	

RIESGO ELÉCTRICO

No conecte la fuente variable al protoboard sin que el instructor lo indique. Un ajuste de 12 V destruye los integrados.

Parte B. El inversor 74LS04 — 20 min

1. Inserte el 74LS04 con la muesca hacia arriba. Terminal 14 a VCC, terminal 7 a GND.
2. Una la entrada del primer inversor (terminal 1) a GND y mida la salida (terminal 2). Luego una la entrada a VCC y mida otra vez.

Tabla 01.2. Salida del inversor

Entrada	V de salida	Nivel (0 o 1)
Terminal 1 a GND		
Terminal 1 a VCC		

ADVERTENCIA

No deje entradas colgando. Una entrada al aire no es 0 ni 1: el circuito se vuelve impredecible.

Parte C. Las compuertas de dos entradas — 40 min

1. Prepare dos cables de entrada, A y B, que pueda pasar de GND (0) a VCC (1). En la salida ponga un LED en serie con 330 Ω hacia GND.
2. Inserte el 74LS08 y use la primera compuerta: entradas en los terminales 1 y 2, salida en el 3. Pruebe las cuatro combinaciones.
3. Cambie el integrado por el 74LS32, luego por el 74LS00 y al final por el 74LS86. Los cuatro tienen la *misma distribución de terminales*: no mueva ningún cable.

Tabla 01.3. Tablas de verdad (LED encendido = 1)

A	B	AND (08)	OR (32)	NAND (00)	XOR (86)
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

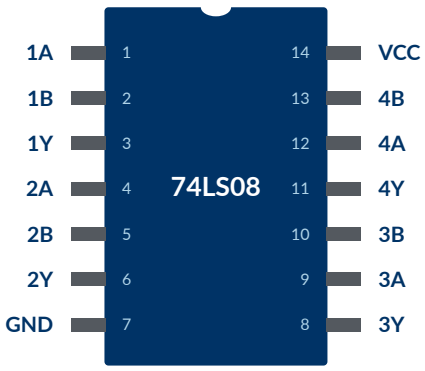


Figura 01.3. Distribución común del 74LS08 (AND), 74LS32 (OR), 74LS00 (NAND) y 74LS86 (XOR). El 74LS04 está en el anexo A del manual.

Parte D. Simplificar la función en el papel

35 min

El problema: la bomba de riego de un invernadero

ENUNCIADO

Una cooperativa riega su invernadero de tomate con una bomba. El tablero de control tiene tres señales y una salida:

- A: sensor de humedad. Vale 1 cuando el suelo está **seco**.
- B: selector de modo. Vale 1 en **automático** y 0 en **manual**.
- C: interruptor manual. Vale 1 cuando el operador lo **enciende**.
- F: la bomba (en el protoboard, un LED). Vale 1 si está encendida.

La regla: en modo automático la bomba obedece al sensor; en modo manual obedece al interruptor.

1. Tabla de verdad

Complete la columna F aplicando la regla a cada fila.

Tabla 01.4. Tabla de verdad de la bomba

A	B	C	Fila	La bomba obedece a…	F
0	0	0	m_0	el interruptor (manual)	
0	0	1	m_1	el interruptor (manual)	
0	1	0	m_2	el sensor (automático)	
0	1	1	m_3	el sensor (automático)	
1	0	0	m_4	el interruptor (manual)	
1	0	1	m_5	el interruptor (manual)	
1	1	0	m_6	el sensor (automático)	
1	1	1	m_7	el sensor (automático)	

Cada fila con $F = 1$ aporta un producto en el que la variable aparece normal si vale 1 y negada si vale 0. Compruebe que su tabla da la función con la que se trabaja hoy:

$$\boxed{F = \overline{A}\,\overline{B}C + A\,\overline{B}C + A\,B\overline{C} + A\,BC} \qquad \text{(filas } m_1,\ m_5,\ m_6 \text{ y } m_7\text{)}$$

Armada tal como está, esta función necesitaría cuatro AND de tres entradas, una OR de cuatro entradas y tres inversores. Hay que simplificarla antes de tocar el protoboard.

2. Ejercicio 1: simplificar con álgebra booleana

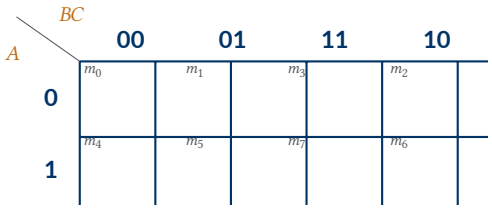
En cada paso se indica la regla que se aplica. Escriba la expresión que resulta.

Paso	Expresión	Regla aplicada
0	$\overline{A}\,\overline{B}C + A\,\overline{B}C + A\,B\overline{C} + A\,BC$	Función de la tabla
1		Conmutativa y distributiva: factor común $\overline{B}C$ y AB
2		Complemento: $X + \overline{X} = 1$
3		Identidad: $X \cdot 1 = X$
4		Conmutativa (para ordenar)

Resultado: $F =$_____. De cuatro productos de tres variables se pasó a dos productos de dos variables. En palabras: *la bomba enciende si está en automático y el suelo está seco, o si está en manual y el interruptor está encendido.*

3. Ejercicio 2: comprobar con el mapa de Karnaugh

Pase los 1 de la tabla al mapa, encierre los grupos y lea un producto por cada grupo.



Grupo	Casillas	Producto
Grupo 1		
Grupo 2		

Pista: en cada grupo, fíjese qué variable cambia de una casilla a la otra y cuáles se mantienen. Las que se mantienen forman el producto.

1. ¿Da el mapa el mismo resultado que el álgebra? Escriba F.

4. Ejercicio 3: ¿y si se agrupa de más?

Un compañero también encerró m_5 con m_7 y obtuvo $G = AB + \overline{B}C + AC$. Su circuito funciona, pero no es mínimo. Escriba la regla de cada paso para demostrar que AC *sobra.*

Paso	Expresión	Regla aplicada
0	$AB + \overline{B}C + AC$	Lo que obtuvo el compañero
1	$AB + \overline{B}C + AC\,(B + \overline{B})$	
2	$AB + \overline{B}C + ABC + A\overline{B}C$	
3	$(AB + AB\,C) + (\overline{B}C + \overline{B}C\,A)$	
4	$AB + \overline{B}C$	

NOTA

Este resultado es la regla 12, el **consenso**. En el mapa se ve así: el grupo m_5–m_7 no tiene ningún 1 que no esté ya en otro grupo. Un grupo cuyos 1 ya están todos cubiertos *sobra*.

5. Ejercicio 4: llevarla a solo compuertas NAND

Paso	Expresión	Regla aplicada
0	$AB + \overline{B}\,C$	Función simplificada
1		Involución: $X = \overline{\overline{X}}$
2		De Morgan sobre la barra de abajo
3	$\overline{B} =$	Idempotencia: $B \cdot B = B$

2. Cada barra larga sobre un producto es una NAND. ¿Cuántas NAND se necesitan?

Parte E. Armar la función de dos formas y compararlas

55 min

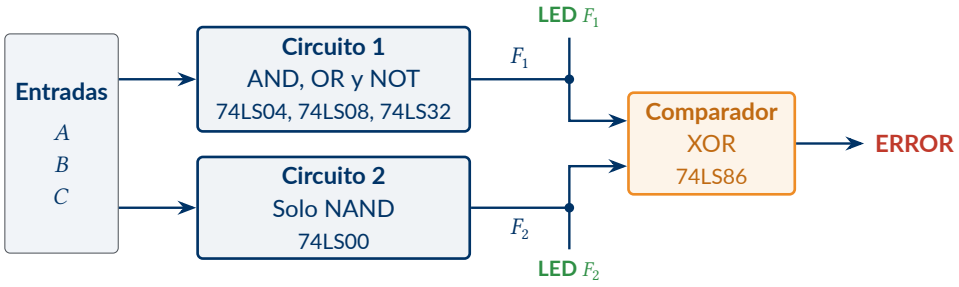


Figura 01.4. El plan: dos circuitos distintos para la misma función y una XOR que vigila que siempre coincidan.

Preparación del protoboard

1. Mida los 5 V de los rieles antes de insertar integrados.

2. Inserte los cinco integrados en este orden, con la muesca del mismo lado: 74LS04, 74LS08, 74LS32, 74LS00 y 74LS86. Alimente *todos*: terminal 14 a VCC y 7 a GND.
3. Reserve tres columnas libres del protoboard para las entradas A, B y C. Cada columna lleva un cable que va a VCC (1) o a GND (0). De ahí salen los cables a los integrados: B llega a *cinco* terminales.
4. Los tres LEDs (F_1, F_2 y ERROR) van de la salida a GND, cada uno con su 330 Ω.

NOTA

En esta práctica los terminales se escriben así: 08-3 quiere decir "terminal 3 del 74LS08"; 00-11, "terminal 11 del 74LS00".

Circuito 1: AND, OR y NOT

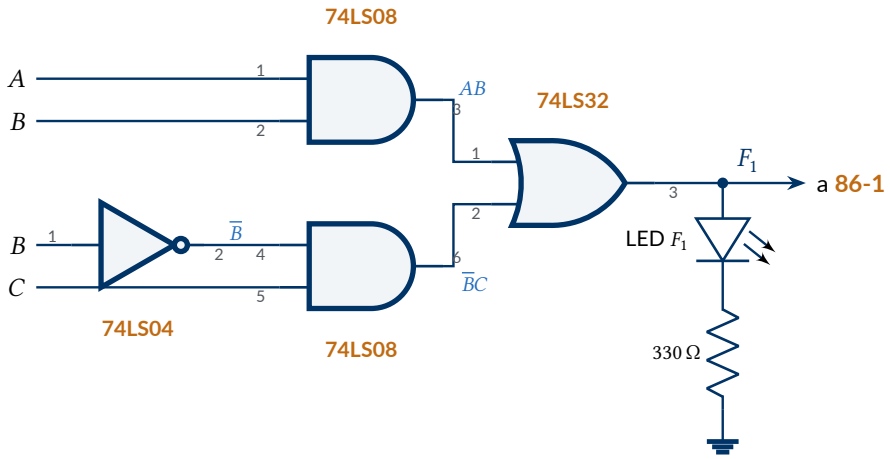


Figura 01.5. Circuito 1: $F_1 = AB + \overline{B}C$ con un inversor, dos AND y una OR. Los números pequeños son los terminales.

Conexión	Qué es
B a 04-1	Entrada del inversor
A a 08-1 y B a 08-2	Primera AND
04-2 a 08-4 y C a 08-5	Segunda AND: $\overline{B}$ y C
08-3 a 32-1	AB
08-6 a 32-2	$\overline{B}C$
32-3 al LED F_1	$F_1 = AB + \overline{B}C$

RECOMENDACIÓN

Pruebe el circuito 1 *antes* de seguir: con $B = 1$ el LED debe copiar a A, y con $B = 0$ debe copiar a C.

Circuito 2: solo NAND

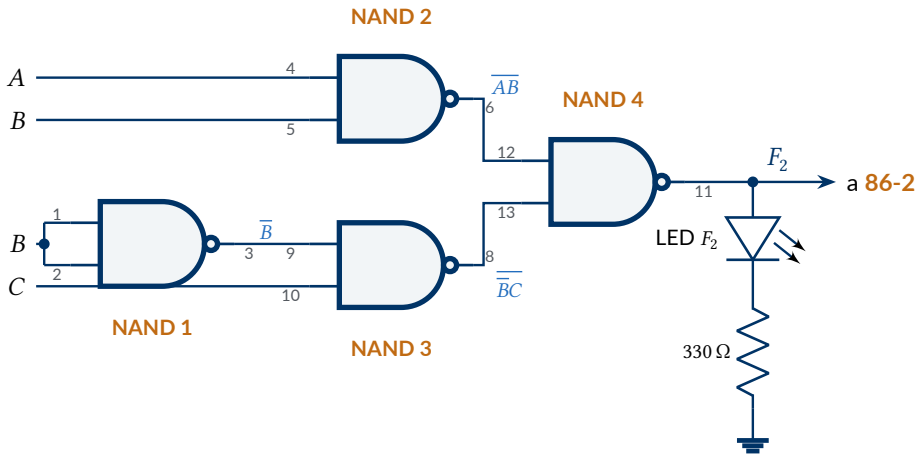


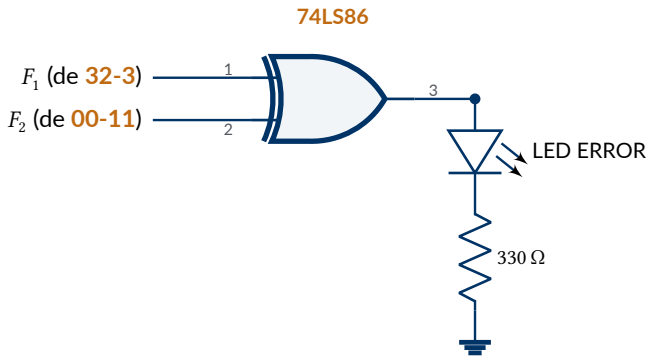
Figura 01.6. Circuito 2: $F_2 = \overline{\overline{AB} \cdot \overline{\overline{B}C}}$ con las cuatro NAND del 74LS00. La NAND 1, con sus dos entradas unidas, funciona como inversor.

Conexión	Qué es
B a 00-1 y a 00-2	NAND 1 como inversor: $\overline{BB} = \overline{B}$
A a 00-4 y B a 00-5	NAND 2: $\overline{AB}$
00-3 a 00-9 y C a 00-10	NAND 3: $\overline{\overline{B}C}$
00-6 a 00-12	Salida de la NAND 2
00-8 a 00-13	Salida de la NAND 3
00-11 al LED F_2	$F_2 = AB + \overline{B}C$

ADVERTENCIA

En el 74LS00 la tercera compuerta está "al revés": su salida es el terminal **8** y sus entradas son el 9 y el 10. Es el error más común de este circuito.

El comparador XOR: el LED de error



F_1	F_2	ERROR
0	0	0: coinciden
0	1	**1: no coinciden**
1	0	**1: no coinciden**
1	1	0: coinciden

Figura 01.7. La XOR vale 1 solo cuando sus entradas son distintas: el LED ERROR enciende si los dos circuitos no dan lo mismo.

Conexión	Qué es
32-3 a 86-1	F_1 entra al comparador
00-11 a 86-2	F_2 entra al comparador
86-3 al LED ERROR	$F_1 \oplus F_2$

Pruebas

1. Copie en la columna *Papel* la F de la tabla de verdad de la parte D.
2. Ponga cada combinación con los cables de entrada y anote los tres LEDs (encendido = 1).

Tabla 01.5. La función armada de dos formas

A	B	C	F papel	LED F_1	LED F_2	LED ERROR
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

Provoque una falla

Con todo funcionando, *desconecte la alimentación* y cambie un solo cable: el que lleva C a 00-10, llévelo a la columna de A. Vuelva a alimentar y recorra las ocho combinaciones.

Pregunta	Respuesta
¿En qué combinaciones ABC enciende el LED ERROR?	
¿Qué función calcula ahora el circuito 2?	

Regrese el cable a su lugar y compruebe que el LED ERROR vuelve a quedar apagado en todas las combinaciones.

RETO PARA QUIEN TERMINE ANTES: LA MISMA FUNCIÓN EN UN SOLO INTEGRADO

Fíjese en la regla: con B se *elige* entre A y C. Eso hace un **multiplexor**, el tema de la sesión 3. El 74LS157 (16 terminales: VCC en 16 y GND en 8) calcula $1Y = \overline{SEL} \cdot 1A + SEL \cdot 1B$. Conéctelo así: B a SEL (terminal 1), C a 1A (2), A a 1B (3) y EN (15) a GND. Ponga un cuarto LED en 1Y (4). ¿Coincide con F_1 y F_2 en las ocho filas?

Tabla 01.6. Si algo falla

Síntoma	Revise
Ningún LED enciende nunca	Alimentación de los cinco integrados (14 y 7); polaridad de los LEDs.
F_1 falla solo con $B = 0$	El inversor: 04-1, 04-2 y que llegue a 08-4.
F_1 falla solo con $B = 1$	La primera AND: 08-1, 08-2 y 08-3.
F_2 falla	La NAND 3: salida en 00-8, entradas en 00-9 y 00-10.
ERROR enciende y F_1, F_2 parecen iguales	Un LED blanco o azul casi no enciende con una salida TTL: use rojos, amarillos o verdes. Mida F_1 y F_2 con el multímetro.
Un LED queda a medio brillo	Una entrada al aire, o una salida conectada a otra salida.

Preguntas de cierre

3. ¿Cuántas compuertas ahorró la simplificación? Compare la función de la tabla con la simplificada.

4. ¿Por qué el LED ERROR no enciende nunca cuando todo está bien conectado?

5. En el mapa de Karnaugh, ¿por qué no hace falta el grupo m_5–m_7?

Hoja de conexiones completa

Integrado	Terminal: conexión
74LS04	1: B • 2: a 08-4 • 7: GND • 14: VCC • los demás: libres
74LS08	1: A • 2: B • 3: a 32-1 • 4: de 04-2 • 5: C • 6: a 32-2 • 7: GND • 14: VCC • 8 a 13: libres
74LS32	1: de 08-3 • 2: de 08-6 • 3: LED F_1 y 86-1 • 7: GND • 14: VCC • 4 a 6 y 8 a 13: libres
74LS00	1: B • 2: B • 3: a 00-9 • 4: A • 5: B • 6: a 00-12 • 7: GND • 8: a 00-13 • 9: de 00-3 • 10: C • 11: LED F_2 y 86-2 • 12: de 00-6 • 13: de 00-8 • 14: VCC
74LS86	1: de 32-3 • 2: de 00-11 • 3: LED ERROR • 7: GND • 14: VCC • 4 a 6 y 8 a 13: libres

EVALUACIÓN EN LÍNEA (SOCRATIVE)

Al terminar la práctica se aplicará una evaluación breve en **Socrative**. Las preguntas combinan la teoría de la clase magistral en línea con lo que se acaba de hacer en el laboratorio.
El instructor indicará el código de la sala. Anótelo aquí, junto con cualquier indicación del día.

Código de sala / enlace

Espacio para la evaluación

Reservado para Socrative: el instructor colocará aquí el acceso o las indicaciones