LANGUAGE	MODULE	REVISION	DRAWING NO.
العربية	منطق الدوائر	A	BP-003

مصفوفات البوابات المنطقية في الدوائر الآلية منخفضة التكلفة

ابنِ دائرة حقيقية تتخذ قرارات — تستشعر الظلام وتستجيب تلقائيًا — باستخدام رقائق البوابات المنطقية فقط. بلا متحكم دقيق، وبلا برمجة.

المستوى: مبتدئ إلى متوسط | مدة التنفيذ: ساعتان | التكلفة التقريبية: 6–10$

كيف يرتبط هذا بما سبق: بنى BP-001 و BP-002 سلوكًا آليًا باستخدام متحكم دقيق يُشغّل كودًا. يبني هذا المخطط نفس نوع القرار الآلي — "شغّل ضوءًا عند حلول الظلام" — دون أي كود، باستخدام عتاد البوابات المنطقية فقط. لست بحاجة لبناء BP-001 أو BP-002 أولًا، لكن رؤية كلا الأسلوبين هو ما يجعل الفكرة تتضح فعليًا.

01 الهدف

كل كود تكتبه لمتحكم دقيق هو، في جوهره، سلسلة من القرارات المنطقية — `if this AND that, then do this`. في هذا المخطط ستبني نفس هذه القرارات مباشرة في العتاد، باستخدام رقاقة منطقية واحدة من نوع CMOS تُسمى CD4011. ستُثبت أولًا كيف تتصرف بوابات AND و OR و NOT و NAND باستخدام مفاتيح ومصباح LED، ثم تجمعها في دائرة عملية واحدة: ضوء تلقائي يضيء عند الظلام و عند تفعيل مفتاح تجاوز يدوي. بنهاية هذا المخطط، ستفهم لماذا يختار المهندسون أحيانًا الاستغناء عن المتحكم الدقيق تمامًا — ولماذا سيكون معظم ما تبنيه لاحقًا مزيجًا من الأسلوبين.

02 المفهوم الأساسي: البوابات المنطقية

تأخذ البوابة المنطقية مدخلًا رقميًا واحدًا أو أكثر (كل منها إما HIGH/1 أو LOW/0) وتنتج مخرجًا رقميًا واحدًا وفق قاعدة ثابتة. تحتوي رقاقة CD4011 على أربع بوابات **NAND** مستقلة — وNAND مميزة لأنه يمكنك بناء كل البوابات الأساسية الأخرى منها وحدها، وهذا بالضبط ما ستفعله أدناه.

NAND
المخرج LOW فقط إذا كان كلا المدخلين HIGH

NOT
المخرج عكس المدخل

OR
المخرج HIGH إذا كان أحد المدخلين HIGH

AND
المخرج HIGH فقط إذا كان كلا المدخلين HIGH

المدخل A	المدخل B	AND	OR	NAND
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1

1	0	0	1
1	1	1	0

03 قائمة المكونات

المكوّن	العدد	التكلفة التقريبية	ملاحظات
دائرة CD4011 (أربع بوابات NAND ثنائية المدخل)	١	$0.50–1	رقاقة منطقية من نوع CMOS، ١٤ طرفًا
لوحة تجارب	١	$2–3	يمكن إعادة استخدام لوحة BP-001 إن توفرت
مقاومة ضوئية (LDR)	١	<$1	تعمل كمستشعر الظلام
مقاومة 10kΩ	١	<$1	تُشكّل مقسم جهد LDR
مفتاح انزلاقي أو ضاغط	٢	$1–2	أحدهما لتجاوز يدوي، والآخر لعرض جدول الحقيقة
مصباح LED (أي لون)	١	<$1	
مقاومة 220Ω	١	<$1	تحمي مصباح LED
بطارية 9V مع موصل (أو مصدر تغذية USB 5V)	١	$2–3	لا حاجة لمتحكم دقيق — أي مصدر نظيف بين ٥ و٩ فولت يعمل مع CD4011
أسلاك توصيل	~١٢	$1–2	

04 الأدوات المطلوبة

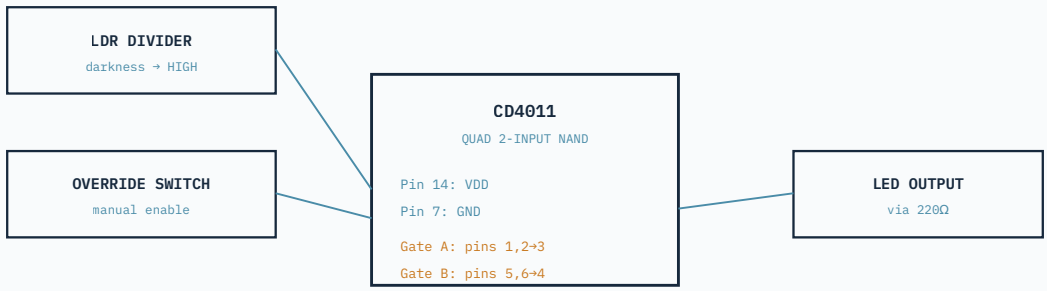
- لوحة تجارب وأسلاك توصيل فقط — لا حاسوب، لا برمجيات، لا لحام

ملاحظات السلامة

مشروع منخفض الجهد (٥–٩ فولت)، بلا خطر صعق. تنبيه خاص بشرائح CMOS: يمكن أن تتلف رقائق مثل CD4011 بسبب الكهرباء الساكنة قبل توصيلها. المس سطحًا معدنيًا مؤرَّضًا قبل التعامل مع الرقاقة، وتجنّب العمل على سجاد سميك في الطقس الجاف. احرص دائمًا على إدخال الرقاقة بالاتجاه الصحيح (الطرف ١ محدد بعلامة صغيرة أو نقطة) — عكس التغذية سيُتلف الرقاقة فورًا.

05 البنية العامة للنظام

تحتوي رقاقة CD4011 على ٤ بوابات NAND مستقلة تتشارك طرف تغذية واحد (١٤) وطرف أرضي واحد (٧). ستستخدم بوابة NAND واحدة موصولة كبوابة NOT (بربط مدخليها معًا) لعكس إشارة الظلام، وتجمعها مع بوابة NAND ثانية لبناء القرار النهائي الشبيه بـ AND: ظلام و تفعيل التجاوز ← يضيء LED.



شكل ١ — دمج مستشعر الظلام ومفتاح التجاوز عبر CD4011 لتشغيل مصباح LED

06 خطوات التركيب

1. **ضع رقاقة CD4011 عبر الفجوة المركزية للوحة التجارب** بحيث تكون الأطراف ١–٧ على جانب والأطراف ٨–١٤ على الجانب الآخر.
2. **غذِّ الرقاقة بالطاقة.** الطرف ١٤ ← الخط الموجب (٥–٩ فولت). الطرف ٧ ← خط الأرضي.
3. **الجزء أ — أثبت جدول الحقيقة.** صل مفتاحين بالطرفين ١ و٢ (كل مفتاح يربط طرفه إما بالخط الموجب أو الأرضي). صل الطرف ٣ (المخرج) عبر مقاومة 220Ω إلى مصباح LED، ثم إلى الأرضي. جرّب كل تركيبات المفتاحين الأربع وتأكد أن سلوك LED يطابق جدول حقيقة NAND في القسم ٠٢ — هذه الخطوة تهدف لرؤية المنطق يعمل فعليًا قبل الوثوق به داخل دائرة أكبر.
4. **وصّل مقسم جهد LDR لاستشعار الظلام.** طرف من LDR إلى الخط الموجب، والطرف الآخر إلى مقاومة 10kΩ (إلى الأرضي) وإلى مدخل البوابة B (الطرف ٥) معًا. اربط الطرفين ٥ و٦ معًا لتعمل البوابة B كبوابة NOT بمدخل واحد — يصبح مخرجها (الطرف ٤) HIGH عند الظلام.
5. **وصّل مفتاح التجاوز** بمدخل البوابة A (الطرف ١). صل مدخل البوابة A الثاني (الطرف ٢) بمخرج البوابة B (الطرف ٤) — هنا تلتقي الإشارتان.
6. **صل مخرج البوابة A (الطرف ٣)** عبر مقاومة 220Ω إلى مصباح LED، ثم إلى الأرضي.
7. **اختبر الدائرة.** غطِّ LDR لمحاكاة الظلام، وفعّل مفتاح التجاوز. يجب أن يضيء LED فقط عند تحقق الشرطين معًا — تمامًا كصف AND في جدول الحقيقة.

07 شرح منطق الدائرة

لا يوجد كود لقراءته هنا — "البرنامج" هو التوصيل نفسه. تتحد بوابتا NAND لتتصرفا كبوابة AND: تعكس البوابة B إشارة الظلام إلى إشارة رقمية واضحة HIGH/LOW، وتجمعها البوابة A مع مفتاح التجاوز. هذه الحيلة — دمج بوابتي NAND لصنع بوابة AND — هي نفس المبدأ المستخدم في بناء كل دائرة منطقية وُجدت على الإطلاق، بما فيها ملايين البوابات داخل المتحكم الدقيق الذي استخدمته في BP-001 و BP-002 — إنها مبنية من نفس العناصر الأساسية تمامًا، لكن مكدّسة بشكل أصغر بمليار مرة.

الظلام (مخرج B)	مفتاح التجاوز	LED (مخرج A)
LOW (ساطع)	OFF	OFF
LOW (ساطع)	ON	OFF
HIGH (مظلم)	OFF	OFF

HIGH (مظلم)	ON	**ON**

ملاحظة: سطوع LED الذي تحصل عليه مباشرة من مخرج CD4011 خافت — فهذه الرقائق يمكنها توفير تيار بضعة مللي أمبير فقط. هذا كافٍ لمصباح مؤشر. لتشغيل حمل أكبر (مرحل، ضوء أقوى، محرك)، يمكنك إضافة ترانزستور بين مخرج البوابة والحمل — امتداد طبيعي بعد أن تعمل هذه الدائرة الأساسية.

08 الاختبار واستكشاف الأخطاء

العارض	السبب المحتمل	الحل
مصباح LED لا يضيء أبدًا مهما كانت التركيبة	الرقاقة تالفة (غالبًا بسبب تفريغ ساكن)، أو التغذية معكوسة	تحقق من اتجاه الطرفين ١٤/٧ قبل استبدال الرقاقة
يبقى LED مضاءً بغض النظر عن المفاتيح	أحد أطراف المدخل غير موصول (لا HIGH ولا LOW)	يجب ربط كل مدخل بوابة بشيء ما — لا تترك مدخل CMOS غير موصول أبدًا
عرض جدول الحقيقة (الجزء أ) لا يطابق القسم ٠٢	القراءة من الطرف الخاطئ	راجع مخطط أطراف CD4011؛ ترقيم الأطراف يبدأ من علامة الحز
استشعار الظلام غير موثوق / يتفعّل عشوائيًا	قيمة مقاومة مقسم LDR لا تناسب ظروف الإضاءة لديك	جرّب قيمة مقاومة مختلفة (٤٫٧ك–٤٧ك أوم) لتغيير عتبة الحساسية

09 الخطوة التالية

لماذا تستخدم معظم المشاريع الحقيقية كلا الأسلوبين

بنيت الآن نفس نوع القرار الآلي بطريقتين مختلفتين: بالكود (BP-002) وبمنطق العتاد الخالص (هذا المخطط). منطق العتاد أسرع ولا يستهلك طاقة انتظار معالج، لكنه ثابت بمجرد التوصيل — بينما يمكن للمتحكم الدقيق تغيير سلوكه بكود جديد فقط. تستخدم معظم مشاريع الهندسة الحقيقية، بما فيها مشاريع بمستوى ISEF، منطق العتاد للقرارات البسيطة والسريعة والدائمة، ومتحكمًا دقيقًا لأي شيء يحتاج مرونة أو تسجيل بيانات. معرفة الأسلوبين معًا — والقدرة على شرح لماذا اخترت أحدهما لجزء معين من مشروعك — هي بالضبط نوع الحكم التقني الذي يبرز في الملخص البحثي. راجع وحدة دليل ISEF والجامعات لمعرفة كيفية صياغة هذا القرار التصميمي رسميًا.