5Tech Edge Bridge (ESP32) — MVP للمرحلة الأولى

ورقة بيانات · `esp32-edge-bridge-datasheet` · مسودة مراجعة (مبدئية) · 08-07-2026

مبدئي. تصف ورقة البيانات هذه MVP للمرحلة الأولى مبنيًّا على لوحة تطوير ESP32 جاهزة. وهو **نموذج أولي للمراقبة والأتمتة**، وليس منتجًا مكتملًا أو معتمدًا. الثوابت **المُتحقَّق منها بالبرنامج الثابت** (الأطراف، UUID لـ BLE، مواضيع MQTT، التوقيت، العتبات) مأخوذة مباشرةً من البرنامج الثابت المُوزَّع وتُذكر كما هي. القيم المميّزة بـ ‡ **مُقترَحة**، عناصر نائبة هندسية من فئة ESP32-WROOM-32، مذكورة مع الشرط الذي يجب تأكيدها بموجبه — وهي **غير مقيسة، غير نهائية**، و**لا قيمة ‡ تُعدّ ادعاء اعتماد**. القيم المميّزة بـ `[TBD]` تبقى معلّقة. الشهادات **غير منطبقة — نموذج أولي للتطوير**. انظر §12 لضبط التغييرات.

الشكل FIG-001 — 5Tech Edge Bridge، وهو MVP للمرحلة الأولى على لوحة تطوير ESP32.

1. لمحة عامة

يُعدّ **5Tech Edge Bridge** المنتج الأدنى قابلية للتطبيق (MVP) للمرحلة الأولى من حزمة 5Tech: برنامج ثابت على لوحة تطوير ESP32 جاهزة يربط المستشعرات وإشارات الآلات وأحداث الاختبار بأنظمة الأتمتة عبر Wi-Fi وBluetooth LE وMQTT. تتحقّق المرحلة الأولى من خط المعالجة الكامل من المستشعر إلى الأتمتة كي تتمكّن المرحلة الثانية من تحويل تصميم *مُثبَت* إلى لوحة PCB مخصّصة.

المنتج	5Tech Edge Bridge (ESP32) — MVP للمرحلة الأولى
العائلة / الدور	5Tech · **جسر / نموذج أولي** (MVP للمرحلة الأولى)
الوظيفة	ربط المستشعرات / إشارات الآلات / أحداث الاختبار بالأتمتة عبر Wi-Fi وBluetooth LE وMQTT؛ والتحقّق من خط المعالجة من المستشعر إلى الأتمتة
منصة العتاد	لوحة تطوير **ESP32-WROOM-32** جاهزة (`board = esp32dev`)
الاتصال	Wi-Fi 2.4 GHz (وضع المحطة)، Bluetooth LE (خادم GATT)، MQTT فوق TCP
الطاقة	USB 5 V (منضدة التطوير)
البرنامج الثابت	v0.1.0؛ نسختان (ESP-IDF C++ / Arduino C) تتشاركان عقد اتصال واحدًا
الشهادات	غير منطبقة — نموذج أولي للتطوير

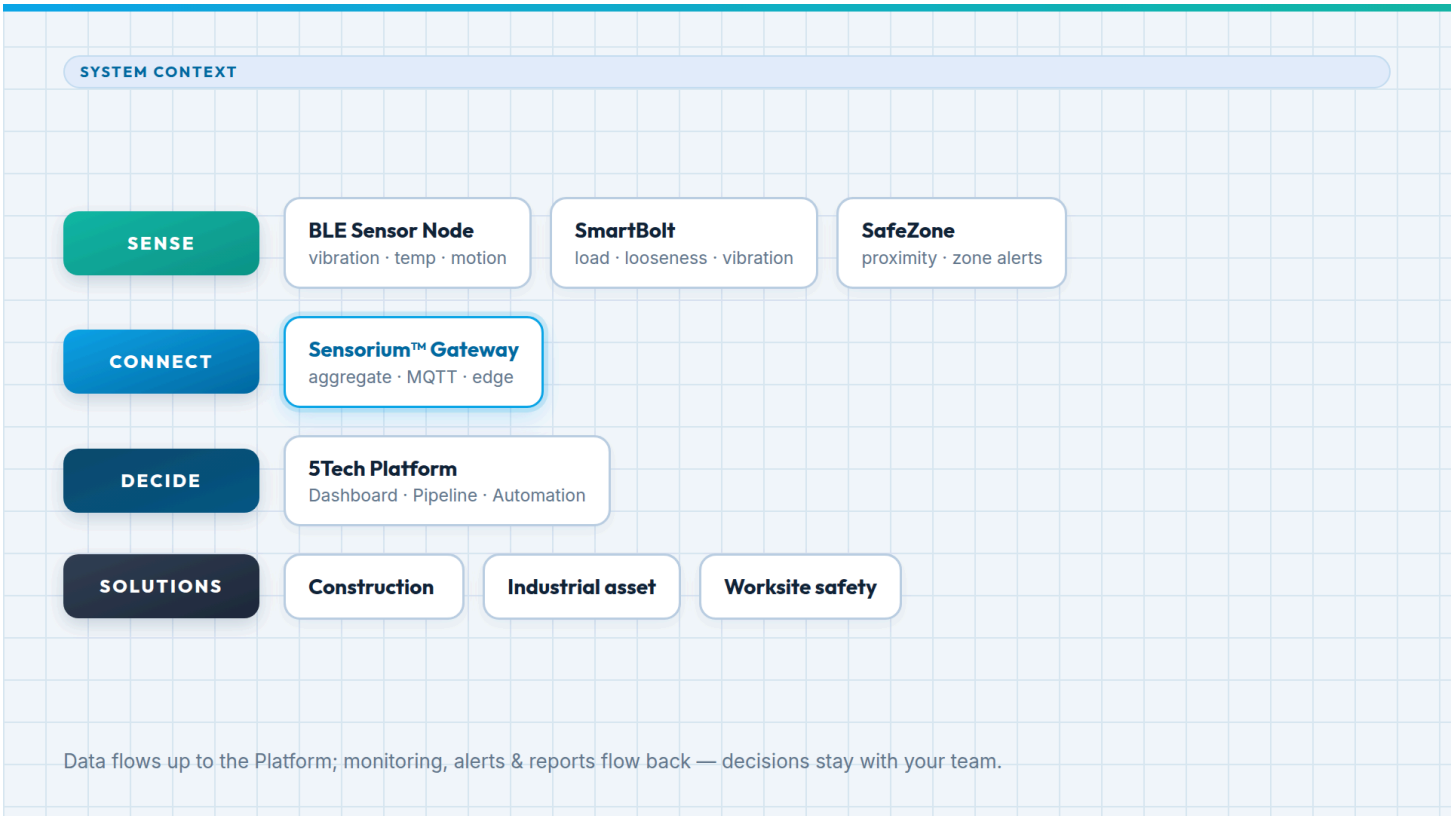
الميزات الرئيسية

- خط معالجة كامل من المستشعر إلى الأتمتة على لوحة تطوير ESP32 جاهزة — دون حاجة إلى عتاد مخصّص.
- ثلاث وسائل نقل: Wi-Fi + MQTT، وBluetooth LE (تعمل دون شبكة)، ووحدة تحكّم تسلسلية.
- JSON منظّم: قياس عن بُعد كل 5 s، ونبضة حالة كل 30 s، ونشر فوري للأحداث، وحالة مُحتفَظ بها + Last Will.
- نموذج جهاز بتسع حالات مع نموذج خطر مُثبَّت (latching) بحالتَي WARNING / DANGER (مسح صريح فقط).
- ثلاثة مصادر إدخال قابلة للتبديل: GPIO حقيقي، زر مدمج، ومستشعر مُحاكى.
- نسختان من البرنامج الثابت تتحدّثان بروتوكول اتصال متطابقًا ومُتحقَّقًا من تطابقه.

التطبيقات النموذجية

- التحقّق من خط معالجة MQTT + Bluetooth LE من طرف إلى طرف قبل الالتزام بلوحة PCB.
- عروض توضيحية للعملاء / المستثمرين لمسار المستشعر إلى الأتمتة.
- اختبار منضدي لتكامل الأتمتة (Node-RED / n8n / مخصّص).
- التصميم المرجعي وأساس البرنامج الثابت اللذان يُبنى منهما عتاد الإنتاج للمرحلة الثانية.

2. سياق النظام



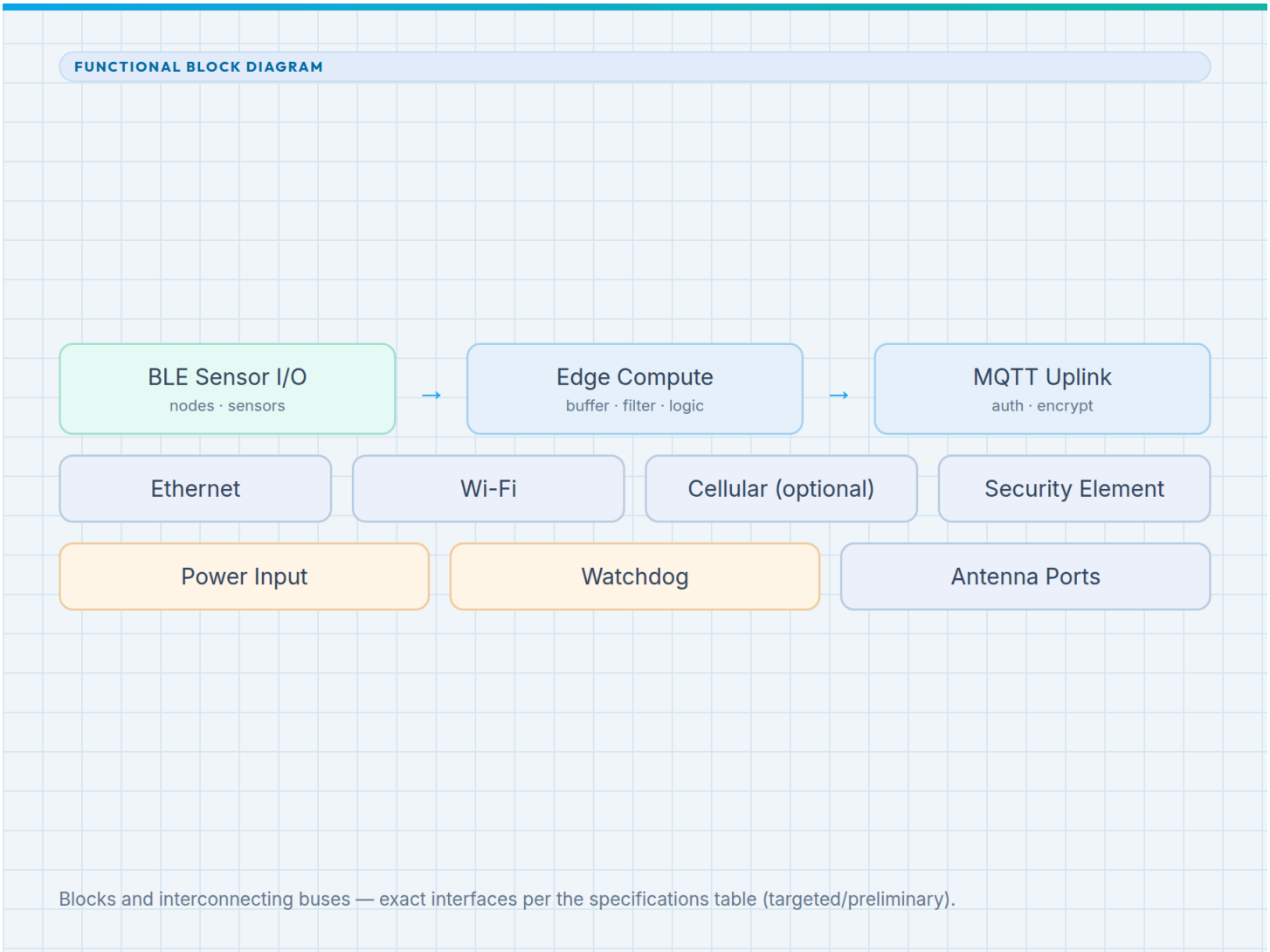
الشكل FIG-002. Sense → Connect → Decide — نموذج أولي حافّي لجهاز واحد: يكتسب إشارة جهاز واحد وينشر حالة ذلك الجهاز نفسه إلى الأعلى.

الـ Edge Bridge هو **طرف BLE (خادم GATT) ينشر حالة جهازه الوحيد الخاص به**. يكتسب إشارة، ويحسمها إلى حالة، ويكشف تلك الحالة عبر Bluetooth LE، وينشرها عبر MQTT. ومن الناحية المعمارية ينتمي إلى جانب **Sense**، بوصفه عقدة حافّية للاكتساب والنشر — و**ليس** مُجمِّعًا مركزيًا لعقد أخرى.

- **Sense** — مستشعر GPIO حقيقي، أو الزر المدمج، أو مستشعر مُحاكى، أو أمر بعيد (MQTT / BLE / تسلسلي) يشير إلى حالة **على هذا الجهاز الوحيد**.
- **Connect (النقل)** — يحسم ESP32 حالته، ويبني حمولة JSON، وينشرها عبر Wi-Fi إلى وسيط MQTT؛ ويكشف **خادم GATT** لـ Bluetooth LE خصائص هذا الجهاز نفسه (Det1، Det2، Con1، Cmd، Resp) للتحكّم المحلي الذي يصمد أمام انقطاع الشبكة.
- **Decide** — يشترك تدفّق أتمتة (Node-RED / n8n / مخصّص) ويصفّي ويوجّه الرسالة إلى لوحات المعلومات والتنبيهات والسجلّات.

حدّ المنتج مقابل Sensorium™ Gateway. هذا النموذج الأولي هو **طرف** BLE يخدم حالة جهاز واحد الخاصة به؛ و**لا** يُجمِّع عقد BLE أخرى. أما دور *Connect* الخاص بالتجميع المركزي — وهو **مركز** BLE يجمع كثيرًا من عقد Sensorium™ ويعيد توجيهها إلى الأعلى — فيخصّ **Sensorium™ Gateway**، وهو منتج منفصل. وما يتحقّق منه الـ Edge Bridge هو **أنماط الاكتساب الحافّي والنشر عبر MQTT** (هوية الجهاز، ونموذج الحالات، وحمولات JSON، والحالة المُحتفَظ بها + Last Will، ومعالجة الأوامر) — وليس منطق التجميع الخاص بالـ Gateway.

3. نظرة عامة على الوظائف



الشكل FIG-003 — الكتل الوظيفية: مصادر الإدخال، نواة القرار المشتركة، ثلاث وسائل نقل، ومدخلات/مخرجات محلية.

يُنظَّم البرنامج الثابت في أربع مجموعات وظيفية:

1. **مصادر الإدخال** — المدخلان الرقميان Det1 (GPIO18) وDet2 (GPIO19)، والزر المدمج (GPIO0)، ومستشعر مُحاكى (مشية عشوائية مقيّدة)، إضافةً إلى الأوامر البعيدة عبر أي وسيلة نقل. يمكن لأي مصدر أن يغذّي خط المعالجة؛ ولا يلزم أيٌّ منها لتشغيل العرض التوضيحي.
2. **نواة القرار المشتركة** — كاشف أحداث (`NORMAL < WARNING < DANGER`، مُثبَّت) ونموذج جهاز بتسع حالات يُحسم بأولوية صارمة. تُترجَم هذه النواة **حرفيًّا إلى نسختَي البرنامج الثابت**، بحيث لا يمكن أن يتباعد منطقهما.
3. **الاتصال** — عميل Wi-Fi بوضع المحطة + MQTT، وخادم GATT لـ Bluetooth LE، ووحدة تحكّم تسلسلية. تُوضَع الأوامر الواردة من الثلاثة في طابور وتُنفَّذ في الحلقة الرئيسية.
4. **المدخلات/المخرجات المحلية** — مؤشّر LED للحالة بنمط وميض لكل حالة (GPIO2)، وجرس اختياري (GPIO25، معطّل افتراضيًّا)، ومخرج التماس Con1 (GPIO23).

مسار البيانات: *إدخال → كاشف الأحداث → حالة الجهاز → حمولة MQTT / BLE → JSON / تسلسلي → أتمتة*. تسلك الأوامر المسار العكسي وتُوضَع في طابور، ولا تُنفَّذ أبدًا في مهمة رد نداء راديوية، بحيث لا يمكن أن يتجمّد ردّ QoS 1 في مواجهة المهمة التي يجب أن تُقرّه.

---

4. معلومات الطلب

الـ Edge Bridge هو **MVP للمرحلة الأولى**، وليس منتجًا تجاريًّا؛ ولا توجد رموز طلب. ويُجمَّع من قطع قياسية:

العنصر	المواصفة	ملاحظات
لوحة تطوير ESP32	أي devkit من نوع **ESP32-WROOM-32** (`board = esp32dev`)	العتاد الإلزامي الوحيد
كابل USB	يدعم البيانات (وليس الشحن فقط)	الطاقة والوميض (flashing) ووحدة التحكّم التسلسلية
زر *(اختياري)*	GPIO0	زر BOOT المدمج يفي بالغرض
مستشعرات *(اختياري)*	GPIO18 (Det1)، GPIO19 (Det2)، نشط عند المستوى المنخفض	أي مصدر تماس جاف / رقمي
جرس *(اختياري)*	GPIO25	معطّل افتراضيًّا (`ENABLE_BUZZER = 0`)

رموز طلب **عتاد الإنتاج للمرحلة الثانية** (لوحة PCB مخصّصة + حاوية) هي `[TBD]` ولا يُلتزَم بها حتى تُجمّد المرحلة الأولى متطلّبات المستشعر والموصّل والطاقة والحاوية.

---

5. المواصفات الميكانيكية

لا توجد حاوية مخصّصة أو تصميم ميكانيكي في المرحلة الأولى — فالـ MVP لوحة تطوير مجرّدة. أما لوحة PCB والحاوية المخصّصتان فهما من عمل المرحلة الثانية.

المعامل	القيمة	الشرط / ملاحظة
عامل الشكل	لوحة تطوير ESP32-WROOM-32 (PCB مجرّدة)	لا حاوية 5Tech في المرحلة الأولى
الأبعاد (العرض × الارتفاع × العمق)	`[TBD]`	تعتمد على اللوحة؛ تختلف حسب الـ devkit المُستخدَم
الوزن	`[TBD]`	يعتمد على اللوحة
التثبيت	لا شيء / لوحة تجارب / منضدة	لا تجهيز للتثبيت في المرحلة الأولى
الحاوية	لا شيء	الحاوية المخصّصة من المرحلة الثانية

6. المواصفات الكهربائية

مبدئية. يُؤخذ السلوك المُتحقَّق منه بالبرنامج الثابت (المستويات المنطقية، وافتراض المستشعر النشط عند المستوى المنخفض، وطرف Con1) مباشرةً من البرنامج الثابت المُوزَّع ولا يحمل علامة. القيم المميّزة بـ ‡ هي أرقام مُقترَحة من فئة ESP32-WROOM-32، مذكورة مع شرطها و**لم تُقَس بعد**؛ تُؤكَّد بالقياس خلال المرحلة الأولى. ويُشير `[TBD]` إلى قيمة لا تزال معلّقة.

المعامل	الأدنى	النموذجي	الأقصى	الوحدة	الشرط
التغذية (USB VBUS)	4.75	5.0	5.25	V DC	طاقة منضدية عبر USB (USB 5 V ±5 %)
قضيب منطق الوحدة		3.3		V DC	منظّم مدمج
تيار التغذية	—	‡120	‡500	mA	**غير مقيس.** @ 5 V؛ النموذجي‡ = Wi-Fi مقترن، حلقة خمول؛ الذروة‡ = دفقة إرسال Wi-Fi لحظية. تقدير من فئة ESP32-WROOM-32، ليُؤكَّد بالقياس
مستوى منطق GPIO		3.3		V	المدخلات **لا** تتحمّل 5 V
مدخل مرتفع Det1 / Det2، V_IH	‡2.48	—	—	V	عتبة المستوى المنطقي المرتفع ≈ 0.75 × 3.3 V (فئة ESP32-WROOM-32)؛ يعامل البرنامج الثابت مدخل Det على أنه **نشط عند المستوى المنخفض** مع مقاومات سحب داخلية
مدخل منخفض Det1 / Det2، V_IL	—	—	‡0.83	V	عتبة المستوى المنطقي المنخفض ≈ 0.25 × 3.3 V (فئة ESP32-WROOM-32)
قطبية استشعار Det1 / Det2	—	—	—	—	**نشط عند المستوى المنخفض** (`DET_INPUT_ACTIVE_LOW = 1`)، مقاومات سحب داخلية مُفعّلة (مُتحقَّق منه بالبرنامج الثابت)؛ المدخل العائم أو المفتوح يُقرأ **غير مُفعَّل**
دفع مخرج التماس (Con1)	—	‡20	‡40	mA	GPIO23، مخرج بمستوى منطقي 3.3 V؛ النموذجي‡ مستمر موصى به، الأقصى‡ مطلق لكل طرف (فئة ESP32-WROOM-32). انظر تنبيه Con1 (NOTICE) أدناه

إشعار. أطراف GPIO بمنطق 3.3 V ولا تتحمّل 5 V. لا توصّل بمدخل GPIO مستشعرًا أو إشارة تتجاوز 3.3 V دون تكييف مناسب للمستوى.

إشعار — Con1 طرف بمستوى منطقي، وليس مشغّل مُرحِّل. إن Con1 (GPIO23) مخرج GPIO مجرّد بجهد 3.3 V. ولتبديل مُرحِّل أو مُلامِس أو أي حِمل حثّي أو حِمل من التيار الرئيسي فإنه يحتاج إلى **مشغّل خارجي** (مرحلة ترانزستور / MOSFET أو وحدة مُرحِّل معزولة ضوئيًا)، و**صمام ثنائي عكسي / حرّ الدوران (flyback / free-wheeling)** عبر أي حِمل حثّي، و**عزل كهربائي** مناسب. لا تُبدّل مثل هذا الحِمل مباشرةً من الطرف.

إشعار — لا حماية للمدخل (غير صناعي). التغذية مدخل **USB 5 V مجرّد دون حماية من القطبية العكسية أو طفرات الجهد أو التفريغ الكهروستاتيكي (ESD)** على التجميعة، ومدخلات GPIO / Det لا تحمل هي الأخرى أي حماية مُضافة من طفرات الجهد أو ESD. هذه لوحة تطوير منضدية، وليست مرحلة إدخال بدرجة صناعية؛ وفّر حماية خارجية إذا استلزمها بيئة النشر.

7. الواجهات والبروتوكولات

الواجهة	المواصفة	الموصّل / الطرف	ملاحظات
Wi-Fi	802.11 b/g/n 2.4 GHz، وضع المحطة	هوائي على PCB / الوحدة	اتصال غير حاجب بتراجع أسّي
Bluetooth LE	خادم GATT؛ الخدمة `4fafc201-1fb5-459e-8fcc-c5c9c331914b`	هوائي 2.4 GHz مشترك	يُعلَن باسم `<5Tech-IoT-Bridge-<mac6`؛ GATT مفتوح، دون إقران
MQTT	TCP، نص صريح؛ مضيف الوسيط ومنفذه **قابلان للتهيئة** (الافتراضي في القالب `1883`)؛ الجذر `5tech/iotbridge`	فوق Wi-Fi	مواضيع القياس عن بُعد / الحدث / الحالة / الأمر / التنقيح؛ QoS لكل موضوع
وحدة التحكّم التسلسلية	USB UART، 115 200 باود	USB	نفس قواعد الأوامر في BLE وMQTT
Det1	مدخل رقمي، نشط عند المستوى المنخفض، سحب لأعلى	GPIO18	التفعيل ← WARNING؛ مكشوف كخاصية BLE
Det2	مدخل رقمي، نشط عند المستوى المنخفض، سحب لأعلى	GPIO19	التفعيل ← DANGER؛ مكشوف كخاصية BLE
Con1	مخرج تماس، قابل للضبط عن بُعد	GPIO23	قابل للضبط عبر BLE / MQTT / تسلسلي
مؤشّر LED للحالة	نمط وميض لكل حالة	GPIO2	مؤشّر LED مدمج في معظم لوحات ESP32
زر	مدخل، نشط عند المستوى المنخفض، سحب لأعلى	GPIO0	زر BOOT المدمج؛ ضغطة قصيرة = تحذير/مسح، ضغطة طويلة ≥1.5 s = خطر
جرس *(اختياري)*	مخرج	GPIO25	`ENABLE_BUZZER = 0` افتراضيًّا

خصائص GATT لـ BLE (جميعها ضمن UUID الخدمة أعلاه):

الخاصية	UUID	الخصائص
Det1	`beb5483e-36e1-4688-b7f5-ea07361b26a8`	Read, Notify
Det2	`beb5483f-36e1-4688-b7f5-ea07361b26a9`	Read, Notify
Con1	`beb54840-36e1-4688-b7f5-ea07361b26aa`	Read, Write
Cmd	`beb54841-36e1-4688-b7f5-ea07361b26ab`	Write
Resp	`beb54842-36e1-4688-b7f5-ea07361b26ac`	Read, Notify

مواضيع MQTT (الجذر `5tech-bridge-<mac6>` = `<id>`، `5tech/iotbridge>`):

الموضوع	الاتجاه	QOS (ESP-IDF)	RETAIN
`id>/telemetry>/...`	يُنشَر، كل 5 s	0	لا
`id>/event>/...`	يُنشَر، فور التغيّر	1	لا
`id>/status>/...`	يُنشَر عند التغيّر **وكل 30 s** (نبضة)؛ مُحتفَظ به؛ وأيضًا الـ Last Will	1	نعم
`id>/command>/...`	مُشترَك فيه	1 مطلوب	—
`id>/debug>/...`	يُنشَر	0	لا
`all/command/...`	مُشترَك فيه (بثّ)	1 مطلوب	—

وتيرة النشر (مُتحقَّق منها بالبرنامج الثابت). تُنشر القياسات عن بُعد كل **5** (`TELEMETRY_INTERVAL_MS = 5000`) **s**؛ وتُعاد الحالة عند كل تغيّر للحالة **وعند نبضة كل 30** (`STATUS_INTERVAL_MS = 30000`) **s**، بحيث يرى المشترك المتأخر دائمًا حالة مُحتفَظًا بها وحيّة؛ وتُنشر الأحداث فور التغيّر. ومدة keep-alive في MQTT هي **30 s** (`MQTT_KEEPALIVE_S = 30`).

> تنشر نسخة Arduino / PlatformIO كل موضوع بـ **QoS 0** (إذ لا يملك عميل MQTT فيها معامل QoS)؛ ومع ذلك تظلّ اشتراكاتها والـ Last Will مسجّلة بـ QoS 1. وجميع المواضيع ومفاتيح الحمولة وترتيب المفاتيح متطابقة عدا ذلك بايتًا ببايت بين النسختين وتُتحقَّق من تطابقها في عملية البناء.

---

8. المواصفات البيئية والتصنيفات

هذه **لوحة تطوير مجرّدة دون أي إحكام أو تصنيف بيئي**. شغّلها على منضدة في بيئة جافة وداخلية وبدرجة حرارة الغرفة.

المعامل	القيمة	ملاحظة
الحماية من دخول الأجسام (IP)	لا شيء	PCB مجرّدة؛ لا حاوية في المرحلة الأولى
درجة حرارة التشغيل	0 °C إلى +40 °C‡ (التجميعة)	تقدير ‡ منضدي / داخلي للوحة **المُجمَّعة**؛ **أضيق** عمدًا من تصنيف وحدة ESP32-WROOM-32 نفسها من −40 °C إلى +85 °C، الذي لا يرثه منظّم الـ devkit وUSB والمكوّنات المنفعلة. يُؤكَّد بالاختبار
درجة حرارة التخزين	−40 °C إلى +85 °C‡	فئة ESP32-WROOM-32؛ تعتمد على اللوحة
الرطوبة	`[TBD]`	استخدام منضدي، دون تكاثف
الاهتزاز / الصدمة	غير منطبق	نموذج أولي؛ غير مصنّف

9. الامتثال والمعايير

غير منطبق — نموذج أولي للتطوير. لا يحمل هذا الجهاز **أي شهادات منتج**، ولا يُدّعى أيٌّ منها. تحمل وحدة ESP32-WROOM-32 نفسها موافقة راديو **معيارية (modular) FCC / ISED (IC) / CE-RED** خاصة بها، لكن تلك الموافقة على مستوى الوحدة **لا** تنتقل إلى النموذج المُجمَّع للمرحلة الأولى، الذي **ليس** منتجًا معتمدًا ويجب عدم تقديمه على أنه كذلك. أما الاعتماد (الراديو/الاتصالات، EMC، السلامة، البيئي) فهو من عمل المرحلة الثانية، بمجرّد توفّر لوحة إنتاج لاعتمادها.

المجال	الحالة
الراديو / الاتصالات	غير منطبق — نموذج أولي للتطوير (لا موافقة على مستوى المنتج). تحمل وحدة ESP32-WROOM-32 موافقة راديو **معيارية (modular) FCC / ISED (IC) / CE-RED** خاصة بها؛ وتلك الموافقة على مستوى الوحدة **لا** تنقل الاعتماد إلى النموذج المُجمَّع
EMC	غير منطبق — نموذج أولي للتطوير
السلامة	غير منطبق — نموذج أولي للتطوير؛ **ليس جهازًا معتمدًا للسلامة**
البيئي (RoHS/REACH)	غير منطبق — نموذج أولي للتطوير

هذا ليس جهاز سلامة. لا يحمل أي شهادة سلامة من أي نوع ويجب عدم الاعتماد عليه لحماية الأشخاص أو المعدات.

---

10. الملحقات والمنتجات ذات الصلة

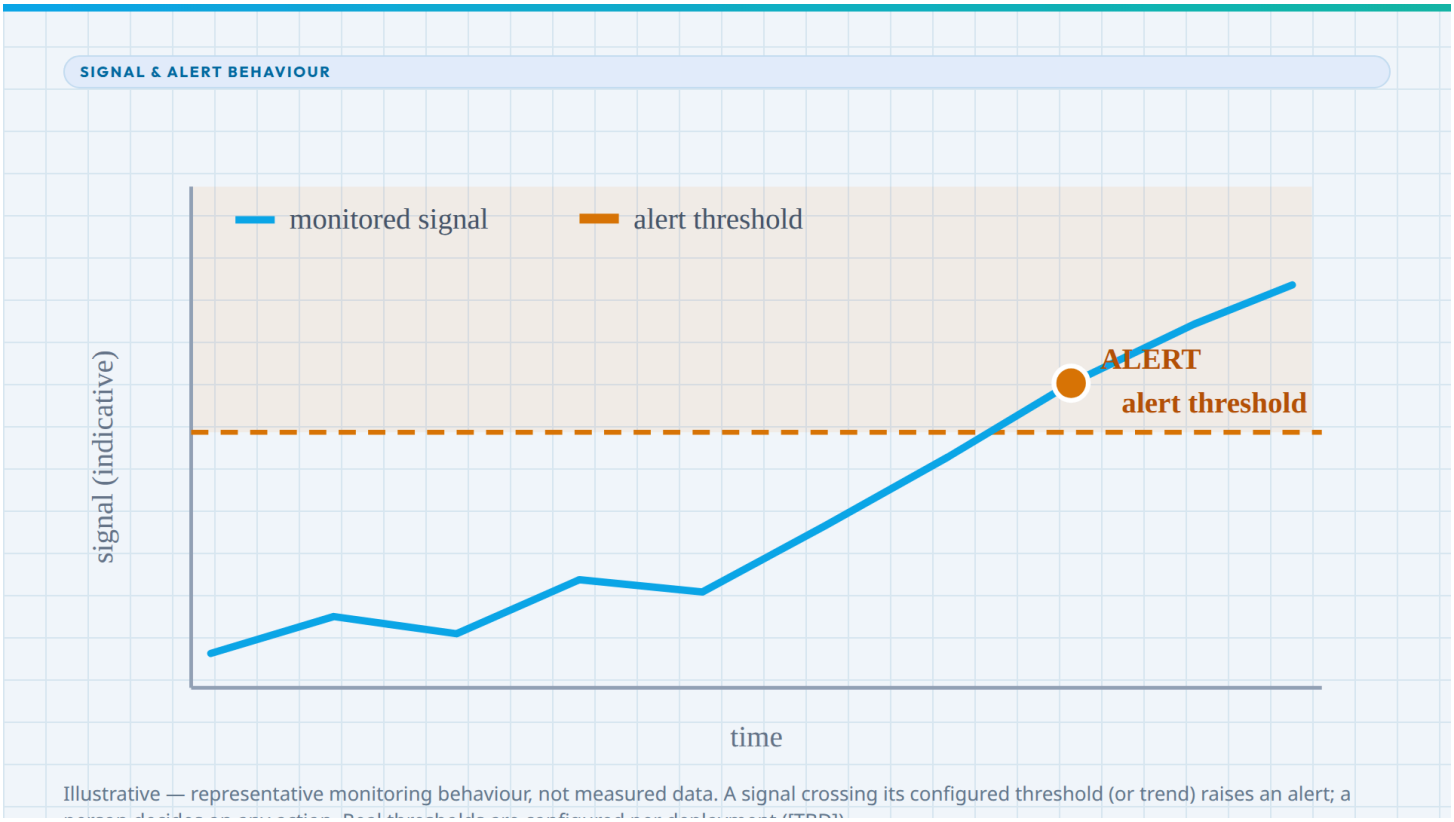
العنصر	رمز الطلب	الغرض
كابل بيانات USB	`[TBD]`	الطاقة، الوميض، وحدة التحكّم التسلسلية
مستشعر رقمي / تماس جاف	`[TBD]`	مدخل Det1 / Det2 اختياري
جرس	`[TBD]`	إشعار محلي اختياري (GPIO25)

مستندات ذات صلة

- **الدليل:** `/manuals/esp32-edge-bridge-manual` — الإعداد، الوميض، التهيئة، تدفّق العرض التوضيحي.
- **نظرة عامة على المنتج:** `/products/esp32-edge-bridge` — التموضع وأبرز النقاط.
- **البرنامج الثابت ووثائق الهندسة الكاملة:** `/modules/5tech-edge-iot-bridge` — البنية، وواجهة برمجة MQTT، وواجهة برمجة Bluetooth، ونطاق المرحلة الأولى، وخارطة طريق لوحة PCB للمرحلة الثانية.
- **عتاد ذو صلة: Sensorium™ Gateway** — منتج منفصل يؤدّي دور *Connect* الخاص بالتجميع المركزي لـ BLE (بجمع كثير من عقد Sensorium™ إلى الأعلى). الـ Edge Bridge **لا** يُنفّذ هذا الدور ولا يستهدفه؛ بل يتحقّق من أنماط الاكتساب الحافّي والنشر عبر MQTT على جهاز واحد (انظر §2).

---

11. سلوك الإشارة والتنبيه



الشكل FIG-004 — توضيحي — إشارة مراقَبة تتجاوز عتبة التنبيه المهيّأة لها (أو تُظهر اتجاهًا غير طبيعي) تُطلق تنبيهًا؛ ويقرّر شخصٌ أي إجراء. سلوك تمثيلي، وليس بيانات مقيسة.

يُبلّغ الـ Edge Bridge عن إشارة مراقَبة ويقيّم قاعدة بسيطة؛ وعندما تتجاوز إحدى المدخلات عتبتها المهيّأة (حالة DANGER) أو تُظهر اتجاهًا غير طبيعي، يُطلق **تنبيهًا** ويقرّر شخصٌ أي إجراء. وهو نموذج أولي يتحقّق من هذا المسار — لا يتّخذ **أي إجراء ذاتي** و**ليس جهاز سلامة**. الرسم البياني توضيحي؛ وتُهيّأ العتبات لكل عملية نشر (`[TBD]`).

أمثلة على الإشارات المراقَبة ومُطلِقات التنبيه

الإشارة	مثال على مُطلِق التنبيه	الاستجابة
حدث مستشعر / مدخل (Det1 / Det2)	تجاوز مدخل مراقَب عتبته المهيّأة	تنبيه + إشعار (يقرّر شخص)
حالة DANGER	تقييم نواة القرار قاعدتها إلى حالة DANGER	تنبيه + إشعار (يقرّر شخص)
الاتصال / النقل	تعطّل إحدى وسائل النقل الصاعدة أو توقّف الجهاز عن الإبلاغ	تنبيه + إشعار (يقرّر شخص)

توضيحي — تمثيلي وليس مقيسًا؛ القيم `[TBD]`.

12. المراجعة وضبط التغييرات

المراجعة	التاريخ	التغيير	المؤلف
مسودة (مبدئية)	2026-07-08	محتوى مُحرَّر أولي، بالاستناد إلى `modules/5tech-edge-iot-bridge`؛ القيم المجهولة `[TBD]`.	التوثيق
مسودة (مبدئية)	2026-07-18	تم توضيح حدّ المنتج بوصفه طرف BLE / جهاز واحد مقابل Sensorium™ Gateway؛ وأُضيفت عتبات مدخلَي Det1/Det2، وتصنيف دفع Con1، وقيد انعدام حماية المدخل؛ ومُيّزت بـ ‡ كلٌّ من تيار التغذية غير المقيس ونطاق حرارة التجميعة؛ ووُثّقت نبضة الحالة كل 30 s ومنفذ MQTT القابل للتهيئة؛ وأُعيدت تسمية FIG-001. **لم تُغيَّر أي ثابتة مُتحقَّق منها بالبرنامج الثابت.**	التوثيق

سجلّ التغييرات الكامل: `revision.md`. المصادر والمعايير المُستشهَد بها: `references.md`.

الأشكال

المعرّف	العنوان	الحالة	اسم الملف	الغرض
FIG-001	Edge Bridge — رندر رئيسي للنموذج الأولي	مفقودة	`renders/hero_edge-bridge.png`	صورة الغلاف / الرئيسية
FIG-002	سياق النظام	مفقودة	`diagrams/system_context.png`	موضع المنتج في سلسلة Sense → Connect → Decide
FIG-003	مخطط الكتل الوظيفي	مفقودة	`diagrams/block_diagram.png`	البنية الوظيفية الداخلية
FIG-004	سلوك الإشارة والتنبيه (توضيحي)	مفقودة	`diagrams/signal_threshold_chart.png`	كيف تُطلق إشارةٌ مراقَبة تتجاوز عتبةً تنبيهًا (توضيحي، وليس بيانات مقيسة)

المواصفات مبدئية وخاضعة للتغيير. انظر `revision.md` لضبط التغييرات، و`references.md` للمصادر، و`image_prompts.md` لفهرس الأشكال/المطالبات.