

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها



وزارة التعليم
Ministry of Education

المملكة العربية السعودية

إنترنت الأشياء

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثانية



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

طبعة 2025-1447

ح) المركز الوطني للمناهج، ١٤٤٦ هـ

المركز الوطني للمناهج

إنترنت الأشياء - المرحلة الثانوية - نظام المسارات - السنة الثانية.

/ المركز الوطني للمناهج. - الرياض، ١٤٤٦ هـ

٣٥٢ ص ؛ ٢١ X ٢٥,٥ سم

رقم الإيداع: ١٨٧٣٢ / ١٤٤٦

ردمك: ٥-١٩-٠١٤-٥١٤-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"



ien.edu.sa

أعضاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.



fb.ien.edu.sa



وزارة التعليم

Ministry of Education

2025 - 1447

الناشر: شركة تطوير للخدمات التعليمية

تم النشر بموجب اتفاقية خاصة بين شركة Binary Logic SA وشركة تطوير للخدمات التعليمية
(عقد رقم 2023/0003) للاستخدام في المملكة العربية السعودية

حقوق النشر © Binary Logic SA 2025

جميع الحقوق محفوظة. لا يجوز نسخ أي جزء من هذا المنشور أو تخزينه في أنظمة استرجاع البيانات أو نقله بأي شكل أو بأي وسيلة إلكترونية أو ميكانيكية أو بالنسخ الضوئي أو التسجيل أو غير ذلك دون إذن كتابي من الناشرين.

يُرجى ملاحظة ما يلي: يحتوي هذا الكتاب على روابط إلى مواقع إلكترونية لا تُدار من قبل شركة Binary Logic. ورغم أنّ شركة Binary Logic تبذل قصارى جهدها لضمان دقة هذه الروابط وحدائتها وملاءمتها، إلا أنها لا تتحمل المسؤولية عن محتوى أي مواقع إلكترونية خارجية.

إشعار بالعلامات التجارية: أسماء المنتجات أو الشركات المذكورة هنا قد تكون علامات تجارية أو علامات تجارية مُسجّلة وتُستخدم فقط بغرض التعريف والتوضيح وليس هناك أي نية لانتهاك الحقوق. تنفي شركة Binary Logic وجود أي ارتباط أو رعاية أو تأييد من جانب مالكي العلامات التجارية المعنيين. تُعد Excel علامة تجارية مُسجّلة لشركة Microsoft Corporation. تُعد Tinkercad علامة تجارية مُسجّلة لشركة Autodesk Inc. تُعد "Python" وشعارات Python علامات تجارية مسجلة لشركة Python Software Foundation. تُعد Jupyter علامة تجارية مُسجّلة لشركة Project Jupyter. تُعد PyCharm علامة تجارية مُسجّلة لشركة JetBrains s.r.o. تُعد Multisim Live علامة تجارية مُسجّلة لشركة National Instruments Corporation. تُعد CupCarbon علامة تجارية مُسجّلة لشركة CupCarbon. تُعد Arduino علامة تجارية مُسجّلة لشركة Arduino SA. تُعد Micro:bit علامة تجارية مُسجّلة لشركة Micro:bit Educational Foundation. ولا ترعى الشركات أو المنظمات المذكورة أعلاه هذا الكتاب أو تصرح به أو تصادق عليه.

حاول الناشر جاهداً تتبع ملاك الحقوق الفكرية كافة، وإذا كان قد سقط اسم أيّ منهم سهواً فسيكون من دواعي سرور الناشر اتخاذ التدابير اللازمة في أقرب فرصة.

 binarylogic



مقدمة

إن تقدم الدول وتطورها يقاس بمدى قدرتها على الاستثمار في التعليم، ومدى استجابة نظامها التعليمي لمتطلبات العصر ومتغيراته. وحرصاً من وزارة التعليم على ديمومة تطوير أنظمتها التعليمية، واستجابة لرؤية المملكة العربية السعودية 2030 فقد بادرت الوزارة إلى اعتماد نظام «مسارات التعليم الثانوي» بهدف إحداث تغيير فاعل وشامل في المرحلة الثانوية.

إن نظام مسارات التعليم الثانوي يقدم أنموذجاً تعليمياً متميزاً وحديناً للتعليم الثانوي بالمملكة العربية السعودية يسهم بكفاءة في:

- تعزيز قيم الانتماء لوطننا المملكة العربية السعودية، والولاء لقيادته الرشيدة حفظهم الله، انطلاقاً من عقيدة صافية مستندة على التعاليم الإسلامية السمحة.
- تعزيز قيم المواطنة من خلال التركيز عليها في المواد الدراسية والأنشطة، اتساقاً مع مطالب التنمية المستدامة، والخطط التنموية في المملكة العربية السعودية التي تؤكد على ترسيخ ثنائية القيم والهوية، والقائمة على تعاليم الإسلام والوسطية.
- تأهيل الطلبة بما يتوافق مع التخصصات المستقبلية في الجامعات والكليات أو المهن المطلوبة؛ لضمان اتساق مخرجات التعليم مع متطلبات سوق العمل.
- تمكين الطلبة من متابعة التعليم في المسار المفضل لديهم في مراحل مبكرة، وفق ميولهم وقدراتهم.
- تمكين الطلبة من الالتحاق بالتخصصات العلمية والإدارية النوعية المرتبطة بسوق العمل، ووظائف المستقبل.
- دمج الطلبة في بيئة تعليمية ممتعة ومحفزة داخل المدرسة قائمة على فلسفة بناءية، وممارسات تطبيقية ضمن مناخ تعليمي نشط.
- نقل الطلبة عبر رحلة تعليمية متكاملة بدءاً من المرحلة الابتدائية حتى نهاية المرحلة الثانوية، وتسهيل عملية انتقالهم إلى مرحلة ما بعد التعليم العام.
- تزويد الطلبة بالمهارات التقنية والشخصية التي تساعدهم على التعامل مع الحياة، والتجاوب مع متطلبات المرحلة.
- توسيع الفرص أمام الطلبة الخريجين عبر خيارات متنوعة إضافة إلى الجامعات مثل: الحصول على شهادات مهنية، والالتحاق بالكليات التطبيقية، والحصول على دبلومات وظيفية.
- ويتكون نظام المسارات من تسعة فصول دراسية تُدرّس في ثلاث سنوات، تتضمن سنة أولى مشتركة يتلقى فيها الطلبة الدروس في مجالات علمية وإنسانية متنوعة، تليها سنتان تخصصيتان، يُسكن الطلبة بها في مسار عام وأربعة مسارات تخصصية تتسق مع ميولهم وقدراتهم، وهي: المسار الشرعي، مسار إدارة الأعمال، مسار علوم الحاسب والهندسة، مسار الصحة والحياة، وهو ما يجعل هذا النظام هو الأفضل للطلبة من حيث:
- وجود مواد دراسية جديدة تتوافق مع متطلبات الثورة الصناعية الرابعة والخطط التنموية، ورؤية المملكة 2030، تهدف لتنمية مهارات التفكير العليا وحل المشكلات، والمهارات البحثية.
- برامج المجال الاختياري التي تتسق مع احتياجات سوق العمل وميول الطلاب، حيث يُمكن الطلبة من الالتحاق بمجال اختياري محدد وفق مصفوفة مهارات وظيفية محددة.
- مقياس ميول يضمن تحقيق كفاءة الطلبة وفعاليتهم، ويساعدهم في تحديد اتجاهاتهم وميولهم، وكشف مكامن القوة لديهم، مما يعزز من فرص نجاحهم في المستقبل.
- العمل التطوعي المصمم للطلبة خصيصاً بما يتسق مع فلسفة النشاط في المدارس، ويعد أحد متطلبات التخرج؛ مما يساعد على تعزيز القيم الإنسانية، وبناء المجتمع وتنميته وتماسكه.
- التجسير الذي يمكن الطلبة من الانتقال من مسار إلى آخر وفق آليات محددة.
- حصص الإتقان التي يتم من خلالها تطوير المهارات وتحسين المستوى التحصيلي، من خلال تقديم حصص إتقان إثرائية وعلاجية.



- خيارات التعليم المدمج، والتعلم عن بعد، والذي بُني في نظام المسارات على أسس من المرونة، والملاءمة والتفاعل والفعالية.
 - مشروع التخرج الذي يساعد الطلبة على دمج الخبرات النظرية مع الممارسات التطبيقية.
 - شهادات مهنية ومهارية تمنح للطلبة بعد إنجازهم مهام محددة، واختبارات معينة بالشراكة مع جهات تخصصية.
- وبالتالي فإن مسار علوم الحاسب والهندسة كأحد المسارات المستحدثة في المرحلة الثانوية يسهم في تحقيق أفضل الممارسات عبر الاستثمار في رأس المال البشري، وتحويل الطالب إلى فرد مشارك ومنتج للعلوم والمعارف، مع إكسابه المهارات والخبرات اللازمة لاستكمال دراسته في تخصصات تتناسب مع ميوله وقدراته أو الالتحاق بسوق العمل.
- وتعد مادة إنترنت الأشياء أحد المواد الرئيسية في مسار علوم الحاسب والهندسة، حيث تسهم في توضيح ماهية إنترنت الأشياء والتقنيات المرتبطة بها بما يساعد على توظيف هذه التقنيات في عدة مجالات حياتية مثل المدن الذكية والتعليم والزراعة والطب وغيرها من المجالات الاقتصادية المتنوعة. وتهدف المادة إلى تعريف الطالب بأهمية إنترنت الأشياء ودورها في الجيل الرابع من الصناعة مع التعريف بالسياسات والتشريعات المتعلقة باستخدام الأمن والأخلاقي لتقنيات إنترنت الأشياء. وكذلك تركز على تعزيز مهارات الربط بين أجهزة إنترنت الأشياء، وكيفية إرسال واستقبال البيانات فيما بينها، ودورها في منظومة البيئات الذكية. كما تشمل هذه المادة على مشاريع وتمرين تطبيقية لما يتعلمه الطالب: لحل مشاكل واقعية تحاكي مستوياته المعرفية، بتوجيه وإشراف من المعلم.
- ويتميز كتاب إنترنت الأشياء بأساليب حديثة، تتوافر فيه عناصر الجذب والتشويق، والتي تجعل الطلبة يقبلون على تعلمه والتفاعل معه، من خلال ما يقدمه من تدريبات وأنشطة متنوعة، كما يؤكد هذا الكتاب على جوانب مهمة في تعليم إنترنت الأشياء وتعلمه، تتمثل في:

- الترابط الوثيق بين المحتويات والمواقف والمشكلات الحياتية.
 - تنوع طرائق عرض المحتوى بصورة جذابة ومشوقة.
 - إبراز دور المتعلم في عمليات التعليم والتعلم.
 - الاهتمام بترابط محتوياته مما يجعل منه كلاً متكاملًا.
 - الاهتمام بتوظيف التقنيات المناسبة في المواقف المختلفة.
 - الاهتمام بتوظيف أساليب متنوعة في تقويم الطلبة بما يتناسب مع الفروق الفردية بينهم.
- ولواكبة التطورات العالمية في هذا المجال، فإن كتاب مادة إنترنت الأشياء سوف يوفر للمعلم مجموعة متكاملة من المواد التعليمية المتنوعة التي تراعي الفروق الفردية بين الطلبة، بالإضافة إلى البرمجيات والمواقع التعليمية، التي توفر للطلبة فرصة توظيف التقنيات الحديثة والتواصل المبني على الممارسة؛ مما يؤكد دوره في عملية التعليم والتعلم.

ونحن إذ نقدم هذا الكتاب لأعزائنا الطلبة، نأمل أن يستحوذ على اهتمامهم، ويلبي متطلباتهم، ويجعل تعلمهم لهذه المادة أكثر متعة وفائدة.

والله ولي التوفيق



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



5. تطبيقات إنترنت الأشياء

المتقدمة.....168

الدرس الأول

مجالات تطبيق إنترنت الأشياء 169

تمريعات 176

الدرس الثاني

تقنيات شبكات إنترنت الأشياء 180

تمريعات 190

الدرس الثالث

أمان وخصوصية أنظمة إنترنت الأشياء 194

تمريعات 200

المشروع 204

6. برمجة إنترنت الأشياء

باستخدام لغة C++ 206

الدرس الأول

تطبيقات الحماية الذكية ولغة C++ 207

تمريعات 223

الدرس الثاني

الانتقال من اللبئات البرمجية

في تينكر كاد إلى لغة C++ 228

تمريعات 238

الدرس الثالث

برمجة جهاز التحكم الدقيق

باستخدام لغة C++ 242

تمريعات 258

المشروع 260

7. الرسائل في إنترنت الأشياء .. 262

الدرس الأول

المدن الذكية وبروتوكول MQTT 263

تمريعات 269

الدرس الثاني

تصميم وبرمجة جهاز ذكي

لإنترنت الأشياء 273

تمريعات 289

الدرس الثالث

إنشاء حل ذكي لإدارة النفايات 292

تمريعات 304

المشروع 306

8. محاكاة شبكة مُستشعرات

إنترنت الأشياء اللاسلكية 308

الدرس الأول

مقدمة إلى كاب كاريون 309

تمريعات 320

الدرس الثاني

الاتصال في شبكة إنترنت الأشياء 323

تمريعات 335

الدرس الثالث

إنترنت الأشياء والأجهزة المحمولة

المؤتمتة 336

تمريعات 349

المشروع 350



الجزء الثاني

الوحدة الخامسة

تطبيقات إنترنت الأشياء المتقدمة

الوحدة السادسة

برمجة إنترنت الأشياء باستخدام لغة ++C

الوحدة السابعة

الرسائل في إنترنت الأشياء

الوحدة الثامنة

محاكاة شبكة مُستشعرات إنترنت الأشياء اللاسلكية





5. تطبيقات إنترنت الأشياء المتقدمة

سيتعرف الطالب في هذه الوحدة على التطبيقات المستخدمة لحلول إنترنت الأشياء في مجال الزراعة ومجال الرعاية الصحية. وسيتعرف أيضاً على هيكليات إنترنت الأشياء، ويكتشف بروتوكولات الشبكات المختلفة. وفي الختام سيتعرف على مفاهيم الأمان والخصوصية في أنظمة إنترنت الأشياء.

أهداف التعلم

- بنهاية هذه الوحدة سيكون الطالب قادراً على أن:
 - يصف كيفية استخدام تقنيات إنترنت الأشياء في مجال الرعاية الصحية (IoHT).
 - يحدد تطبيقات الرعاية الصحية الذكية المختلفة.
 - يصف مساهمة تقنيات إنترنت الأشياء في تحسين قطاع الزراعة.
 - يُصنّف طبقات إنترنت الأشياء الأحادية من آلة إلى آلة (M2M).
 - يشرح وظائف طبقات الهيكلية العالمية لإنترنت الأشياء.
 - يُحدد الخصائص الرئيسية لتقنية تحديد الترددات الراديوية (RFID) وتقنية الاتصال قريب المدى (NFC).
 - يُحدد التقنيات والبروتوكولات المستخدمة في شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية (WPANS).
 - يُميز التحديات الأمنية في شبكة الجيل الخامس من أنظمة إنترنت الأشياء.
 - يُعرف المخاوف المتعلقة بالخصوصية الكامنة في إنترنت الأشياء وحلولها الممكنة.





مجالات تطبيق إنترنت الأشياء

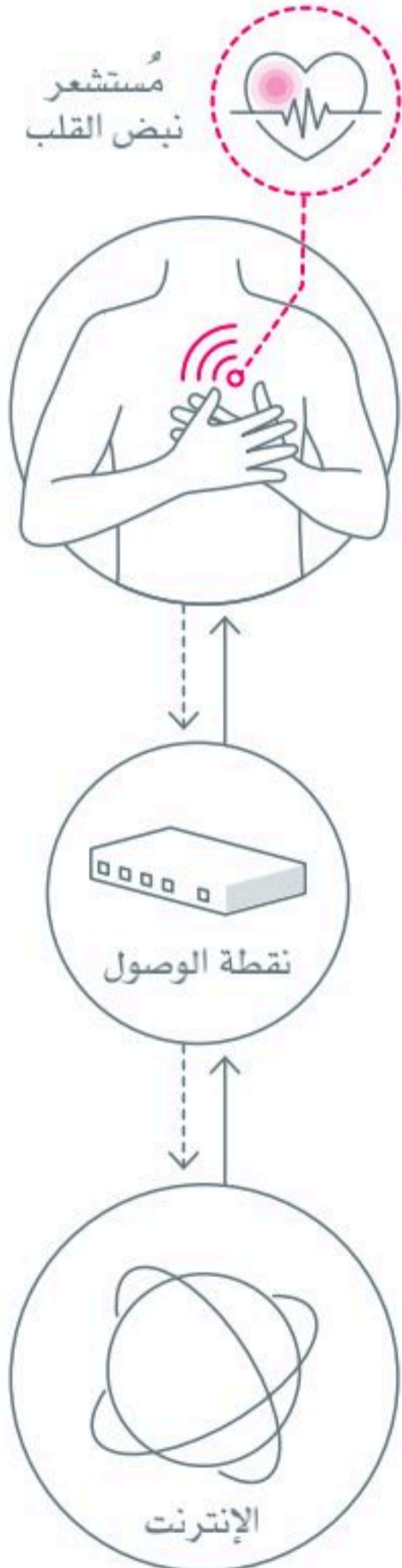
لقد سبق لك وأن تعرفت في الجزء الأول من كتاب إنترنت الأشياء على المفاهيم الأساسية لإنترنت الأشياء (IoT) بصفتها إحدى أهم التقنيات الناشئة، وتعرفت أيضاً على بعض التطبيقات الأساسية التي تُستخدم بها تقنية إنترنت الأشياء، وستوسع الآن معرفتك السابقة بتعلم تطبيقات جديدة لإنترنت الأشياء.

الرعاية الصحية الذكية Smart Healthcare

إن تطبيق إنترنت الأشياء في مجال الرعاية الصحية له أثرٌ كبيرٌ في المجتمع، فأجهزة إنترنت الأشياء المختلفة القابلة للارتداء مثل: المُستشعرات، وأجهزة مراقبة الصحة عن بُعد، وتنبهات الطوارئ، بالإضافة إلى أجهزة مراقبة المؤشرات الصحية، جميعها تشتمل على أدوات لمراقبة صحة الأشخاص وتتبعها من خلال تقنيات مبتكرة تهدف لتعزيز جودة حياة الإنسان ورفاهيته، وذلك بدءاً من مراقبة الأطفال المرضى إلى تشخيص الأمراض المزمنة ومراقبتها لدى كبار السن، مما يتيح توفير خدمات رعاية صحية فعالة لجميع الأعمار.

تطور الرعاية الصحية The Evolution of Healthcare

أدت الزيادة المُتسرّدة في عدد السكان إلى ظهور تحديات جديدة يمكن التغلب عليها من خلال الرعاية الصحية الذكية. يشير مصطلح الرعاية الصحية الذكية إلى تطبيق التقنية لتحسين نوعية الحياة. ورغم أن القصور العام في المعرفة الرقمية لدى بعض العاملين في مجال الرعاية الصحية أدى إلى إبطاء عملية الانتقال إلى الرعاية الصحية الذكية، إلا أن الحكومات والمؤسسات الخاصة تستثمر بشكلٍ واسعٍ في مشاريع دمج التقنيات لتحسين نظام الرعاية الصحية، ويعتمد النظام التقليدي للخدمات الطبية والصحية على مبدأ زيارة المريض لعيادة الطبيب أو المركز الطبي المحلي أو المستشفى عند الحاجة، أما النظام القائم على الرعاية الصحية الذكية فيتيح للمرضى التعامل مع الظروف الطارئة باستقلالية، وبذلك يتحول التركيز على الرعاية الصحية الفردية من العلاج التقليدي في المستشفى إلى الرعاية المنزلية الذكية. توفر الرعاية الصحية الذكية باستخدام أجهزة إنترنت الأشياء إمكانية مراقبة الصحة عن بُعد، وعرض تنبيهات الطوارئ، وتوفير خدمات علاجية بتكلفة معقولة، وكذلك ضمان توافر الخدمات الطبية للجميع بغض النظر عن الموقع أو البُعد والقرب من المراكز الطبية والمستشفيات. تتنوع أجهزة مراقبة الصحة هذه، بدءاً من أجهزة مراقبة اللياقة البدنية وأجهزة التتبع التي تقيس المؤشرات الصحية، مروراً بالتقنيات المتطورة القابلة للارتداء التي تجمع العديد من المؤشرات الحيوية معاً.



مراقبة حالة الطوارئ

شكل 5.1: مراقبة المؤشرات الصحية

إنترنت أشياء الرعاية الصحية (Internet of Healthcare Things)

إنترنت أشياء الرعاية الصحية (IoHT) هو أحد حلول إنترنت الأشياء التي تستخدم تلك التقنية لربط الأشخاص بخدمات الرعاية الصحية المختلفة، ويُمكن للأطباء الأخصائيين من خلال استخدام هذه التقنية القيام بمراجعة التقارير والسجلات الطبية للمرضى عن بُعد، وتقديم التشخيص والتوصيات دون الوجود الفعلي في نفس الموقع مع المريض. يتكون إنترنت أشياء الرعاية الصحية من شبكة متصلة من التقنيات الطبية تشمل: التصوير الطبي، وتقارير المختبرات الطبية، وأجهزة مراقبة الرعاية الصحية عن بُعد، ويشمل التصوير الطبي التصوير بالأشعة السينية، والتصوير بالرنين المغناطيسي (Magnetic Resonance Imaging - MRI)، والتصوير المقطعي المحوسب (Computerized Tomography - CT)، والأنواع الأخرى من التصوير، ويشمل إنترنت أشياء الرعاية الصحية أيضاً خدمات الطوارئ كسيارات الإسعاف الذكية والعيادات الذكية.

الأجهزة القابلة للارتداء (Wearables)

الأجهزة القابلة للارتداء هي أشياء ذكية توضع على جسم الإنسان، ويُمكنها جمع البيانات المتعلقة بصحة الشخص وتخزينها ومعالجتها وتحليلها؛ لتوفير المعلومات المطلوبة وإرسال التنبيهات في سيناريوهات الطوارئ، ويُعدّ المرضى الذين يعانون من إعاقات مؤقتة أو دائمة، وكذلك كبار السن والأطفال من المستخدمين الأساسيين لهذه الأجهزة، حيث تقوم المُستشعرات الحيوية المُدمجة في ملابس المريض بالتقاط البيانات وإنتاج مُخرجات كهربائية رقمية يمكن استخدامها لمراقبة المؤشرات الصحية الخاصة بذلك المريض، ويُعدّ المُستشعر البيولوجي أداة تحليلية مُصغرة مُدمجة مع مُكون حيوي يتعرف على إشارات معينة، وتختلف المُستشعرات والمُشغلات حسب طبيعة أنظمة المراقبة المنوطة بها، ويمكنها جمع البيانات ونقلها كإشارات حيوية، ودرجة حرارة الجسم، ومستوى تشبع الأكسجين في الدم (قياس التأكسج النبضي)، وحركة الإنسان، والموقع الجغرافي للشخص. توجد العديد من الإشارات الحيوية المتولدة من الجسم مثل: مخطط كهربية القلب (Electrocardiogram - ECG)، ومخطط كهربية الدماغ (Electroencephalogram - EEG)، ومخطط كهربية العضل (Electromyography - EMG). يمكن للمُستشعرات مراقبة المؤشرات الفسيولوجية أو الميكانيكية الحيوية للإنسان مثل: مُعدّل ضربات القلب، ونشاط العضلات، ومُعدّل التنفس، ودرجة حرارة الجسم، وضغط الدم، ووضع الجسم، والحركة، والتسارع، وعادةً ما تكون مُخرجات المُستشعرات الذكية وأجهزة إنترنت الأشياء عالية التعقيد، مما يستلزم تطبيق الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات وتقنيات أخرى مثل الحوسبة السحابية.

شبكة مُستشعرات الجسم (Body Sensor Network)

شبكة مُستشعرات الجسم (BSN) هي شبكة مُستشعرات لاسلكية (Wireless Sensor Network - WSN) تُستخدم لمراقبة جسم الإنسان، فهي عبارة عن شبكة عقدية حساسة يمكن ارتداؤها، ويمكنها الاتصال بالعُقد والكائنات الذكية الأخرى. تحتوي عُقد الاستشعار على قدرات الحوسبة والتخزين والإرسال اللاسلكي بالإضافة إلى الاستشعار. وكما يظهر في الشكل 5.2، يُرسل مُستشعر تدفق الدم بيانات المريض إلى جهاز ذكي يتصل بالإنترنت، ويُرسل هذه البيانات إلى المستشفى الذكي. وعلى الرغم من أن الأنظمة القائمة على شبكة مُستشعرات الجسم تضم مجموعة متنوعة من التطبيقات، إلا أنه يمكن استخدامها للمراقبة المستمرة وغير الجراحية للمؤشرات الحيوية، حيث تُوضع مُستشعرات لاسلكية صغيرة على الجلد، وقد تدمج في بعض الحالات بالملابس، وهذا من شأنه أن يُسهّل التعرف المبكر على المرض وتشخيصه. عادةً ما تكتشف هذه المُستشعرات بيانات عن حركة جسم الإنسان، ودرجة حرارة الجسم، ومعدل ضربات القلب، ومعدل مُوصلية الجلد، ووظائف العضلات.

مخطط كهربية الدماغ

(Electroencephalogram - EEG)

جهاز تخطيط كهربية الدماغ هو أداة لتشخيص النشاطات غير الطبيعية في الإشارات الكهربائية في الدماغ.



شكل 5.2: شبكات مُستشعرات الجسم المتصلة بشبكات إنترنت أشياء الرعاية الصحية



تطبيقات الرعاية الصحية الذكية Smart Healthcare Applications

مراقبة ضغط الدم Blood pressure monitoring



شكل 5.3: مراقبة ضغط الدم

يرتبط الاختلاف في المعدل النموذجي لضخ القلب للدم بارتفاع ضغط الدم لدى البشر، ويُعد ارتفاع ضغط الدم مشكلة صحية عالمية ناجمة عن ارتفاع ضغط الدم في الشرايين، ويتسبب ارتفاع ضغط الدم المُزمن في العديد من المشاكل الصحية بما فيها قصور عضلة القلب، وأمراض الكلى المزمنة، وتلف العصب البصري وبالتالي فقدان البصر. تُستخدم الساعات الذكية بصفاتها أجهزة إنترنت أشياء قابلة للارتداء في تتبع بيانات لياقة المستخدم وتسجيلها وقياس معدل ضربات القلب وكذلك في مراقبة مؤشرات حيوية أخرى كضغط الدم، حيث تقوم بإرسال تلك البيانات ومعالجتها، وقد أصبحت أنظمة إنترنت أشياء الرعاية الصحية القائمة على الحوسبة السحابية شائعة على نطاق واسع، مما يسمح للمرضى بمراقبة ضغط الدم والسيطرة عليه باستخدام أجهزة إنترنت الأشياء.

مراقبة الألم Pain monitoring



شكل 5.4: مراقبة الألم

يُعد التعرف على المشاعر والأنواع المختلفة من الألم لدى البشر أمراً ضرورياً لأجل تقديم رعاية صحية جيدة للمرضى. يكتسب التعرف على المشاعر والألم أهمية خاصة عند التعامل مع صغار السن والمسنين وأولئك المصابين بالأمراض العقلية أو الذين يفقدون القدرة على التعبير بشكل لفظي أو وصف مشاعرهم وألامهم بشكل واضح. تُعد تعابير الوجه مؤشراً سلوكياً للألم نظراً لأن الشعور بالألم يولد تغيرات في تعابير الوجه، فيمكن استخدامها كأسلوب تلقائي لتشخيص انزعاج الإنسان. توفر القدرة على قياس تعابير الوجه بديلاً عن الأساليب القياسية لقياس المشاعر والألم، ويمكن استخدامها مع من لا يستطيعون التعبير كمرضى العناية المركزة والرُضع، وفي الواقع يلاحظ الكثير من الآباء تعبيرات أوجه أطفالهم لأنها تنقل معلومات حول صحتهم، ويُعد تطوير نظام آلي للتعرف على الألم باستخدام مُدخلات فسيولوجية من مُستشعرات إنترنت الأشياء وتحليل البيانات مهماً في تقييم أنواع مختلفة من المشاعر والألم.

مراقبة مخطط كهربية القلب Electrocardiogram monitoring

تلتقط المُستشعرات التي توضع على الجلد الإشارات الكهربائية الناتجة عن ضربات القلب، وتوضع الأقطاب الكهربائية الخاصة بجهاز تخطيط كهربية القلب على مواضع محددة من صدر المريض في العيادات والمستشفيات، حيث لا يمكن للمرضى استخدام مثل تلك الأجهزة في المنزل، ولذلك فقد تم تطوير العديد من الأشياء الذكية التي تُستخدم لفحوصات تخطيط القلب عن بُعد، بحيث يُمكن للأطباء معاينة بيانات المرضى من خلال هذه الأجهزة القابلة للارتداء. تحتوي بعض هذه الأشياء الذكية على تطبيقات للتنبيه والتحذير في حالات النوبات القلبية وكذلك لتقديم توصيات لصحة القلب للأشخاص المعنيين.



شكل 5.5: مراقبة النوم

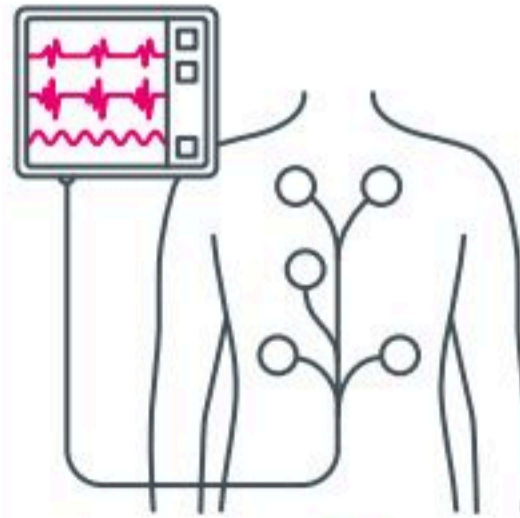
مراقبة النوم Sleep monitoring

النوم هو حالة طبيعية ودورية من الراحة النفسية والجسدية، وقد يعاني العديد من الأفراد من اضطرابات النوم، والتي تشمل الأرق وتوقف التنفس وانقطاع النفس الانسدادي أثناء النوم، ويُعد انقطاع النفس الانسدادي النومي (Obstructive Sleep Apnea - OSA) مرضاً نفسياً قاتلاً أثناء النوم يؤثر سلباً على حياة الشخص على الصعيد النفسي والجسدي. تتوفر أنظمة عديدة للكشف عن هذا المرض، مثل أجهزة مخطط كهربية الدماغ (EEG) في الأذن القابل للارتداء والمتصل بشبكة إنترنت الأشياء في الغرفة. تُوفّر هذه الأنظمة طريقة مستمرة وغير مزعجة لمراقبة النوم على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع وذلك لتقييم جودة النوم. تُستخدم البيانات المُجمّعة للتنبؤ بمراحل النوم باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي.

مخطط كهربية القلب

(Electrocardiogram - ECG) :

مخطط كهربية القلب هو اختبار يقيس النشاط الكهربائي للقلب لتحديد ما إذا كان القلب يعمل بشكل صحيح.



شكل 5.6: مراقبة

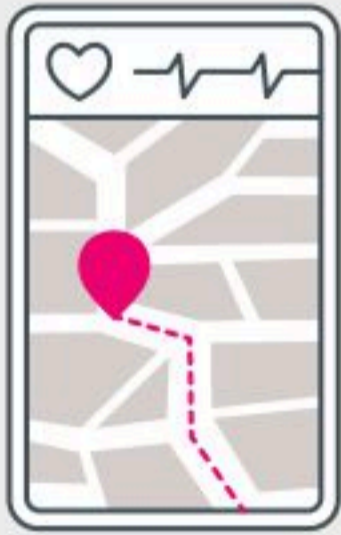
مخطط كهربية القلب

مراقبة علم الأمراض Pathology monitoring



شكل 5.7: مراقبة علم الأمراض

يُوصف علم الأمراض بأنه الدراسة العلمية لأصول وتأثيرات المرض والإصابة، ويقوم جهاز مخطط كهربية الدماغ (EEG) بتشخيص الأمراض من خلال توصيل أقرص معدنية صغيرة بأسلاك رفيعة بفرودة الرأس تُرسل إشارات إلى جهاز حاسب لتخزين النتائج، ويُستخدم جهاز مخطط كهربية الدماغ على نطاق واسع لتشخيص الاضطرابات المتعلقة بالدماغ بسبب تكلفته المنخفضة وطبيعته غير الجراحية، ويُمكن لجهاز تخطيط كهربية الدماغ تشخيص بعض الاضطرابات المتعلقة بالدماغ مثل: الصرع والسكتة الدماغية. يحتاج المرضى الذين يعانون من هذه الحالات إلى عناية فورية؛ لأن أي تأخير قد يؤثر على حياتهم. وهكذا يُمكن أن يكون نظام إنترنت الأشياء الذي يراقب حالة المريض مُنقذًا للحياة في مثل هذه المواقف.



شكل 5.8: مراقبة ذوي الإعاقة

مراقبة الأشخاص ذوي الإعاقة Disabled persons monitoring
تعدُّ الكراسي المتحركة الذكية (Smart Wheelchairs - SMW) المتصلة بأنظمة إنترنت الأشياء موضوعًا بحثيًا جديدًا، ويتكون تصميم هذه الأنظمة من عنصرين: خدمة الخرائط المستخدمة للملاحة، والكرسي المتحرك للمستخدم، وتتضمن الكراسي المتحركة الذكية تقنية قياس المسافات ثلاثية الأبعاد (3D LIDAR)، وذلك لرسم خرائط للمحيط الخارجي وحركتها المستقلة دون الحاجة إلى نظام تحديد المواقع العالمي (GPS - Global Positioning System). تستخدم هذه التقنية كلاً من هندسة التحكم للكرسي المتحرك المزود بمحرك، ونظامًا مُدمجًا لمراقبة المرضى ذوي الحالات الحرجة، ويستخدم النظام المُضمّن أيضًا الخصائص الحيوية للمستخدم لاكتشاف المواقف الخطرة المحتملة. يُصدر الكرسي المتحرك تحذيرًا عن طريق تنشيط تنبيه عند قياسه لنبضات القلب وارتفاع ضغط الدم بشكلٍ دوري.

تقنية اكتشاف الضوء والمدى

(Light Detection And Ranging - LIDAR)

هي تقنية لقياس المسافات عن طريق توجيه الليزر إلى عنصر أو سطح وقياس الوقت اللازم لانعكاس الضوء إلى المُرسِل.

مثال

أطلقت شركة اتصالات سعودية مشروع العيادة الافتراضية، وتُستخدم هذه العيادة من قِبل الأطباء لتشخيص مرضاهم عن بُعد، وتستخدم هذه الخدمات أنظمة شبكات إنترنت الأشياء من خلال الأجهزة القابلة للارتداء لمساعدة الأطباء لجمع البيانات الضرورية، والتي تُرسل للمستشفيات والمراكز الطبية المحلية لمتابعة حالات المرضى.

الزراعة الذكية Smart Agriculture

لقد قُمت في الوحدة السابقة بأولى خطواتك في مجال الزراعة الذكية، وذلك من خلال إنشاء نظام لري النبات. يمكن تحسين وتطوير القطاع الزراعي وسير عمله من خلال استخدام العديد من تقنيات إنترنت الأشياء، حيث يتيح تطبيق إنترنت الأشياء في القطاع الزراعي مزايا خاصة مثل: ترشيد استخدام الموارد كالأرض والمياه والأسمدة ومبيدات الآفات؛ وكذلك تحسين الأرباح وتحقيق الاستدامة، وسلامة الغذاء وحماية البيئة، وخفض تكاليف الإنتاج.



شكل 5.9: الزراعة الذكية باستخدام الطائرات دون طيار

تطبيقات الزراعة الذكية Smart Agriculture Applications

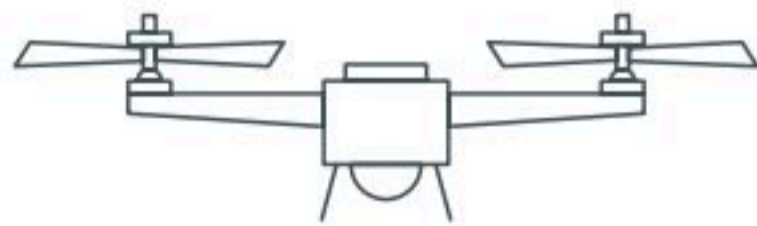
الزراعة الدقيقة Precision farming

تتضمن الزراعة الدقيقة ري النباتات حسب موقعها ووفق كميات المياه التي تحتاج إليها الأنواع المختلفة من النباتات، ويتطلب هذا النوع من الزراعة جمع وتحليل البيانات من خلال العديد من المُستشعرات مثل موقع النبات والرطوبة ودرجة حرارة الأرض، والتي يمكن الحصول عليها من خلال المسح والمراقبة الجوية، وقد اكتسبت الطائرات التي يُتحكم فيها عن بُعد، والتي تُعرف غالباً باسم المركبات الجوية دون طيار (Unmanned Aerial Vehicles - UAVs) أو الطائرات المسيرة (Drones)، شيوعاً كبيراً في عمليات المراقبة الجوية. فعلى مدار السنوات الماضية، استُخدمت الطائرات دون طيار على نطاق واسع لمراقبة الحقول والمزروعات، ولتقديم حلول زراعية دقيقة وفعالة. لقد أضحى من الممكن من خلال استخدام الاستشعار عن بُعد متابعة مجموعة متنوعة من المقاييس المتعلقة بالمحاصيل والغطاء النباتي، وذلك بالاستعانة بصور ذات أطوال موجية متفاوتة حلت بدلاً عن صور الأقمار الصناعية التي كان يُعتمد عليها في الماضي، وقد أثبتت أنظمة الطائرات دون طيار فعاليتها في العديد من تطبيقات الزراعة الدقيقة، بما فيها رش مبيدات الآفات، والتعرف على نقص المياه، وتحديد أمراض النباتات. وهكذا أصبح بالإمكان اتخاذ العديد من القرارات بناءً على البيانات المُلتقطة من الطائرات دون طيار لتقدير تكاليف معالجة المشاكل المحددة وتحسين جودة الإنتاج.

مركبة جوية دون طيار

(Unmanned Aerial Vehicle - UAV) :

يتم تسيير "المركبات الجوية دون طيار" دون طيارين أو طاقم أو ركاب.



طاقة قليلة

خفيفة الوزن

حجم صغير

شكل 5.10: المتطلبات الأساسية للمركبات الجوية دون طيار

يتمثل دور الطائرات دون طيار في التقاط البيانات بتفاصيل مكانية دقيقة، حيث تُستخدم العديد من المُستشعرات اعتماداً على المؤشرات الزراعية التي يجب مراقبتها، ويجب أن تفي مُستشعرات الطائرات دون طيار بثلاثة متطلبات أساسية: استهلاك مُنخفض للطاقة، وخفة الوزن، وصغر الحجم. تعمل هذه التقنيات على إنشاء خرائط بيئية تصور طبيعة التربة، مما يسمح بتخطيط أنظمة ري أكثر كفاءة لجميع المحاصيل، وتُستخدم تقنيات نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) على نطاق واسع للمساعدة في تحديد المواقع والإسناد الجغرافي للأشياء المُلتقطة بواسطة الاستشعار عن بُعد، ونظراً لأن معلومات الاستشعار عن بُعد تُعدُّ مصدرًا رئيساً للبيانات البيئية؛ فإنه يتم في العادة استيرادها إلى أنظمة المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems - GISs) ودمجها مع مجموعات البيانات الأخرى.

جدول 5.1: أنواع المُستشعرات الهامة المُستخدمة في المركبات الجوية دون طيار (UAVs)

| الوصف | نوع المُستشعر |
|---|---|
| تلتقط الصور في ظروف مختلفة، بما في ذلك الطقس المُشمس والغائم، وتعتمد جودة الصور على ظروف الإضاءة. |  <p>مُستشعرات الإضاءة المرئية</p> |
| تقيس مُستشعرات الأشعة تحت الحمراء الحرارية درجات حرارة السطح. فباستخدام مُستشعرات الأشعة تحت الحمراء وعدسة بصرية، تجمع الكاميرات الحرارية طاقة الأشعة تحت الحمراء. تركز كاميرات التصوير الحراري على الإشعاع وتكتشفه عند نفس الأطوال الموجية، ثم تحوله إلى صور ذات تدرجات رمادية تمثل الحرارة، ويمكن لأجهزة استشعار التصوير الحراري المتعددة إنشاء صور ملونة أيضًا. |  <p>مُستشعرات الأشعة تحت الحمراء الحرارية</p> |
| تجمع المُستشعرات متعددة الأطياف الأطوال الموجية المرئية وكذلك الأطوال الموجية التي تقع خارج الطيف المرئي، بما في ذلك الأشعة تحت الحمراء القريبة (Near-Infrared Radiation - NIR) والأشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة (Short-Wave Infrared Radiation - SWIR) وغيرها. تقوم الطائرات دون طيار المزودة بمُستشعرات متعددة الأطياف أو فائقة الطيف بجمع معلومات امتصاص المحاصيل للمياه، وعلى الرغم من تكلفتها العالية، إلا أن البيانات الطيفية يمكن أن تكون ذات قيمة كبيرة لتقييم العديد من الخصائص البيولوجية والفيزيائية للمحاصيل. |  <p>مُستشعرات التصوير متعددة الأطياف</p> |

الري الدقيق Precision irrigation

تعدُّ تقنية الري الدقيق تقنية زراعية تحافظ على العناصر الغذائية وتُحسِّن كمية المياه التي تتطلبها النباتات من خلال تزويد جذور النباتات بقطرات الماء ببطء تحت سطح التربة أو فوقه، كما يتم زيادة إنتاجية المحاصيل باستخدام تقنيات إنترنت الأشياء الدقيقة للري، حيث تحدّد المُستشعرات الثابتة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأراضي الزراعية، بما فيها الطقس ودرجة الحرارة والرطوبة، وصحة النبات، ورطوبة وحموضة التربة، ومغذيات التربة. يتم تحليل البيانات التي تُجمع لإبلاغ المزارعين بالتعديلات التي يتعين عليهم إجراؤها، كما يساعد تحليل البيانات في تحديد العناصر الغذائية المناسبة وكمياتها، وكذلك تحديد كمية المياه اللازمة للري.



شكل 5.11: تطبيق الري الدقيق

الزراعة العمودية Vertical farming

يتم في الزراعة العمودية زراعة النباتات بنطاق رأسي وليس أفقي، مما يسمح بإنتاج المزيد من المحاصيل في مساحات صغيرة، وكذلك زراعة أنواع متعددة من المحاصيل في ذات الوقت. يمكن التعامل مع الأجهزة باستخدام تقنيات إنترنت الأشياء عن بُعد باستخدام تقنيات الاتصال مثل البلوتوث والواي فاي وتقنية الاتصال اللاسلكي (RFID)، وتهدف الزراعة العمودية إلى زراعة المحاصيل في البيئات الحضرية، ويتمتع نظام الزراعة العمودية الداخلي بمناخ مثالي بعيداً عن القلق من المؤثرات البيئية الخارجية، وتُعدُّ تقنيات إنترنت الأشياء ضرورية في بيئة الزراعة لمراقبة صحة النبات والري، حيث تتطلب الزراعة العمودية معالجة كميات هائلة من البيانات وتحليلها للمساهمة في تطور المحاصيل بشكل فعال، كما يمكن تحسين الإنتاجية الزراعية بالزراعة العمودية مثل أتمتة العملية برمتها من وضع البذور إلى حصاد المحصول في بيئة مغلقة.



شكل 5.12: تطبيق الزراعة العمودية

مثال

من المخطط أن تكون مدينة نيوم العملاقة في المملكة العربية السعودية مدينة عمودية تُستخدم فيها أحدث التقنيات لحل مشاكل التلوث والنقل واستدامة الغذاء. ستحتوي مدينة نيوم على مبنين يبلغ ارتفاع كل منهما 500 متر، ويبعدان عن بعضهما مسافة 200 متر، ويمتدان بالتوازي لمسافة 170 كيلومتراً. تقع المدينة العمودية المتطورة في المنطقة الواقعة بين هذين المبنين، وتهدف نيوم إلى إنشاء أول نظام متكامل للاكتفاء الذاتي الغذائي الصحراوي. ومع ندرة المياه المتاحة، ستكون هناك حاجة لأنظمة زراعة ذكية لإنشاء مجتمعات مُكتفية ذاتياً. تُعزز تقنيات الزراعة الدائرية والزراعة العمودية من خلال تقنيات إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي لتحسين استخدام الموارد وتعزيز الإنتاج الزراعي. تعرف أكثر على مشروع ذا لاين بمدينة نيوم من هنا: <https://www.neom.com/ar-sa/about>.

تمرينات

1

| خاطئة | صحيحة | حدّد الجملة الصحيحة والجملة الخاطئة فيما يلي: |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. لا تسهم تقنيات إنترنت الأشياء في تحسين مجال الرعاية الصحية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. يُعدُّ إنترنت أشياء الرعاية الصحية امتداداً لإنترنت الأشياء. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. تتصل كافة الأجهزة الطبية القابلة للارتداء بصورة مستمرة بشبكة الإنترنت. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. يمكن لشبكات مُستشعرات الجسم أن تكون أنظمة إنترنت أشياء مستقلة. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. يتضمن الكرسي المتحرك الذكي نظاماً مُدمجاً يستخدم الخصائص الحيوية لمستخدمه لاكتشاف المواقف الخطرة المحتملة. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. يُمكن للمركبات الجوية دون طيار إجراء نوع واحد فقط من المسح للأراضي الزراعية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. تكتشف مُستشعرات الأشعة تحت الحمراء الحرارية أي إشعاع حراري. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 8. يُستخدم الري الدقيق لتحسين استخدام الموارد اللازمة للأنظمة الزراعية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 9. لا يحتاج نظام الري الدقيق إلى الكثير من المُستشعرات في عمله. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 10. تُستخدم الزراعة العمودية لإتاحة الاستخدام الأفضل للأراضي الزراعية. |

2 وضح المقصود بإنترنت أشياء الرعاية الصحية.



3 قارن بين أنواع البيانات التي يمكن جمعها بواسطة الأشياء الذكية القابلة للارتداء.

4 مم تتكون شبكة مُستشعرات الجسم؟

5 كيف يُمكن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي لحلول إنترنت الأشياء في مراقبة المشاعر والألم؟



6 صِف كيفية استخدام المركبات الجوية دون طيار في الزراعة الدقيقة لتطبيقات إنترنت الأشياء.

7 صَنِّف الأنواع المختلفة لمستشعرات المركبات الجوية دون طيار.



8 صَفْ كَيْفِيَّةَ مَسَاهِمَةِ أَنْظِمَةِ إِنْتَرْنَتِ الْأَشْيَاءِ فِي تَطْبِيقَاتِ الرِّيِّ الدَّقِيقِ.

9 مَا مَدَى اعْتِمَادِ الزَّرَاعَةِ الْعَمُودِيَّةِ عَلَى حُلُولِ إِنْتَرْنَتِ الْأَشْيَاءِ الْفَعَّالَةِ؟





الدرس الثاني تقنيات شبكات إنترنت الأشياء



المقارنة بين هيكلية شبكة oneM2M وهيكلية أنظمة إنترنت الأشياء العالمي

oneM2M Architecture Versus IoT World Forum Architecture

أدى التطور السريع للاتصالات من آلة إلى آلة (M2M) إلى إنشاء هيكلية إنترنت أشياء مختلفة. تساعد هذه الهيكلية في تسريع اعتماد تطبيقات وأجهزة (M2M) بما فيها إنترنت الأشياء، وتُعدُّ هيكلية (oneM2M) وهيكلية أنظمة إنترنت الأشياء العالمي من هيكلية إنترنت الأشياء الأكثر شيوعاً على نطاق واسع. تصمّم هيكلية (oneM2M) حلول إنترنت أشياء تختص بالأجهزة وتطبيقاتها فقط، بينما تراعي هيكلية أنظمة إنترنت الأشياء العالمية تقنيات أخرى مثل: تخزين البيانات ومعالجتها، والاتصال بالشبكة، والحوسبة المتطورة.

آلة إلى آلة

(Machine To Machine - M2M) :

يصف مصطلح آلة إلى آلة (M2M) أي تقنية تُمكن الأجهزة المتصلة بالشبكة من تبادل البيانات وتنفيذ المهام دون أي تدخل بشري.

هيكلية oneM2M Architecture oneM2M

يُعدُّ التعامل مع مجموعة متنوعة من الأجهزة والبرامج وطرائق الوصول أحد أكبر التحديات التي تواجهها عملية تطوير هيكلية إنترنت الأشياء. تقوم هيكلية (oneM2M) من خلال إنشاء تصميم منصة أفقية بإنشاء معايير التشغيل البيئي على جميع مستويات مراحل إنترنت الأشياء. بناءً على هيكلية (oneM2M)، يتم تقسيم وظائف إنترنت الأشياء إلى ثلاث طبقات: طبقة التطبيقات، وطبقة الخدمات، وطبقة الشبكة. قد تبدو هذه الهيكلية للوهلة الأولى أساسية وعامة نسبياً؛ ولكنها رغم ذلك غنية جداً وداعمة للتشغيل البيئي عبر واجهات برمجة لتطبيقات تقنية المعلومات، وتدعم مجموعة واسعة من تقنيات إنترنت الأشياء.

الشبكات المعرفة بالبرمجيات

(Software-Defined Networks - SDN) :

الشبكة المعرفة بالبرمجيات هي إحدى هيكلية الشبكات، والتي يُتحكّم بها من خلال وحدات تحكم قائمة على البرامج أو واجهات برمجة التطبيقات (Application Programming Interfaces - APIs) عوضاً عن استخدام المعدات أو الأجهزة المتخصصة.

طبقة التطبيقات Applications layer

تعطي هيكلية (oneM2M) الأولوية للاتصالات بين الأجهزة والتطبيقات الخاصة بها. يحتوي هذا المجال على بروتوكولات طبقة التطبيق والتكامل مع أنظمة ذكاء الأعمال (Business Intelligence - BI).



طبقة الخدمات Services layer

يتم تمثيل هذه الطبقة أفقياً عبر التطبيقات الخاصة بكل نوع من الصناعات المحددة. تتكون الوحدات الأفقية في هذا المستوى من الشبكة المادية التي تعمل عليها تطبيقات إنترنت الأشياء، وبروتوكولات الإدارة الأساسية، والأجهزة. من الأمثلة المهمة هنا: الاتصالات الخلوية، والتبديل متعدد الاتفاقيات باستخدام المؤشرات التعريفية (MPLS) والشبكات الافتراضية الخاصة (SDNs) وغيرها، وتُعدُّ طبقة الخدمات المشتركة أعلى طبقة هنا.

التبديل متعدد الاتفاقيات باستخدام المؤشرات التعريفية

(Multiprotocol Label Switching - MPLS) : يعمل التبديل متعدد الاتفاقيات باستخدام المؤشرات التعريفية على توجيه البيانات بين العُقد بناءً على المؤشرات التعريفية والوسوم وليس عناوين الشبكة.

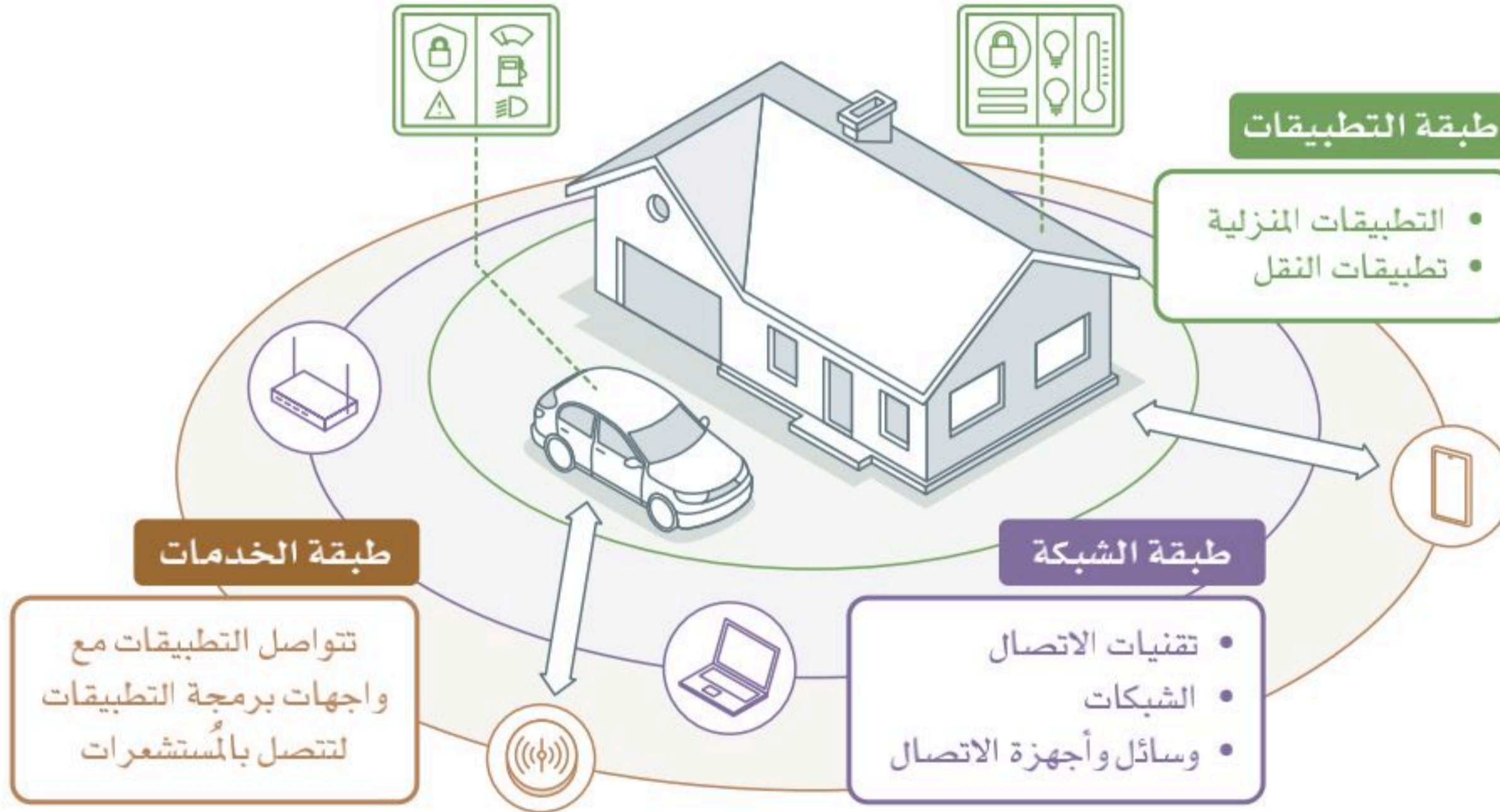
طبقة الشبكة Network layer

تُشكل هذه الطبقة مجال الاتصال بين أجهزة إنترنت الأشياء والنقاط النهائية، وتتكون طبقة الشبكة من كافة الأجهزة وشبكة الاتصالات التي تربط أنواعاً مختلفة من الشبكات، مثل الشبكات المتداخلة اللاسلكية وأنظمة النقطة إلى عدة نقاط.

نظام من نقطة إلى عدة نقاط

(Point-to-multipoint system)

يوفر نظام نقطة إلى عدة نقاط مسارات مختلفة من عُقدة شبكية واحدة إلى عُقد وجهات متعددة.



شكل 5.13: طبقات هيكلية oneM2M

تتواصل الآلات الذكية وغير الذكية مع بعضها البعض بشكل متكرر، وفي بعض الحالات، يكون الاتصال من آلة إلى آلة غير ضروري، حيث تتصل الأجهزة فقط بتطبيقات خاصة بالاستخدام في مجال تطبيق إنترنت الأشياء عبر شبكة منطقة ميدانية (Field Area Network – FAN). تُعدُّ هذه الشبكة أكثر العناصر تعقيداً في شبكة الاتصالات نظراً لكونها مسؤولة بشكل أساسي عن توفير اتصالات الميل الأخير (Last-Mile) للأجهزة الطرفية. يتكون نطاق الجهاز أيضاً من جهاز البوابة الذي يوفر اتصالات بالشبكة الأساسية ويعمل كحد بين نطاقات الجهاز والشبكة.



هيكلية أنظمة إنترنت الأشياء العالمي IoT World Forum Architecture

يُحدّد النموذج المرجعي لإنترنت الأشياء -الذي قُدّم في المنتدى العالمي لإنترنت الأشياء - سلسلةً من المستويات مع تحكمٍ رئيس من نقطة مركزية إلى طبقات الحافة، والتي تتكون من المُستشعرات والأجهزة والآلات وعُقد النهاية الذكية الأخرى. يمكن القول إنه بشكلٍ عام، تنتقل البيانات من الطبقات الطرفية إلى المركز.

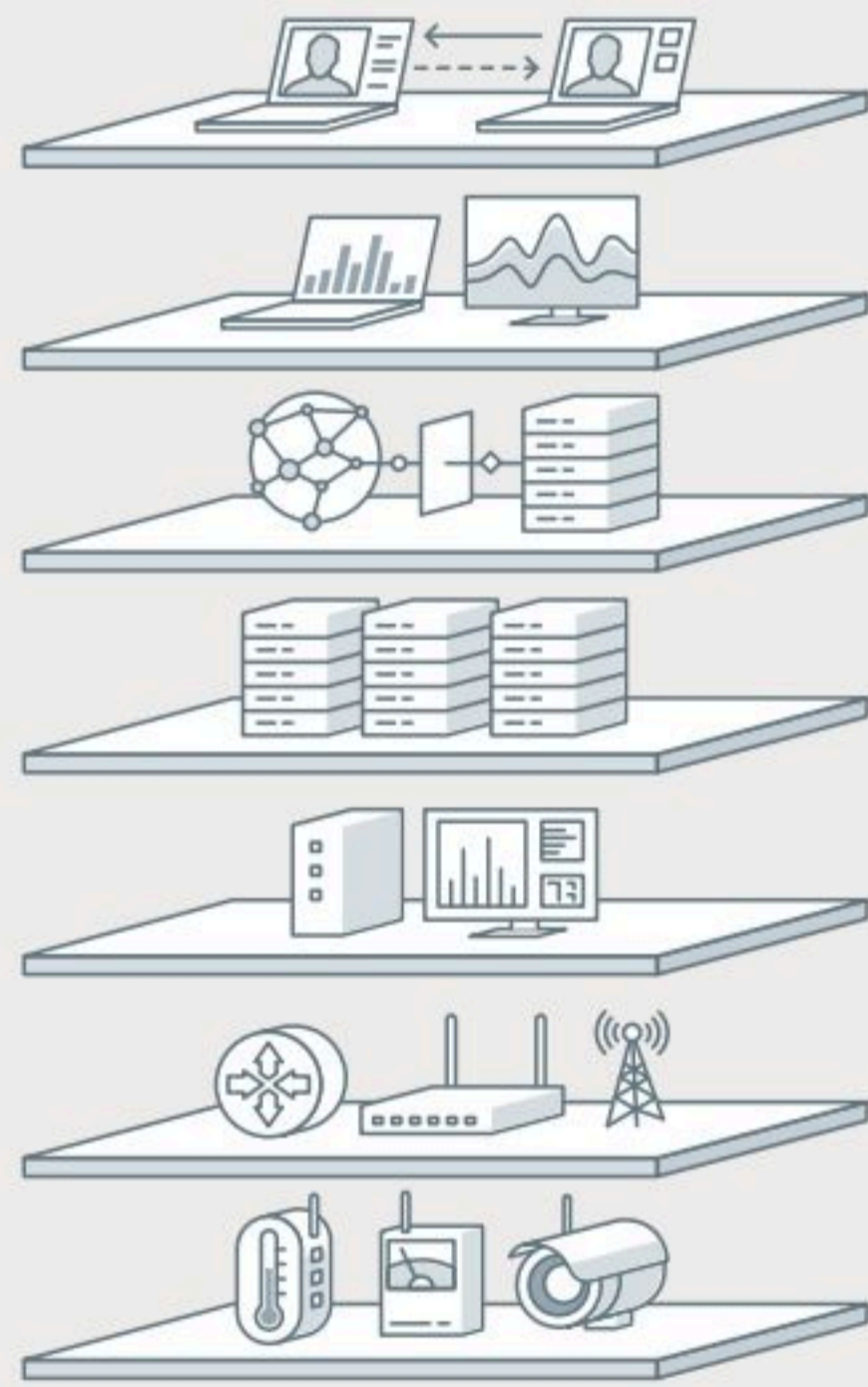
يشبه النموذج المرجعي لإنترنت الأشياء نموذج شبكات الربط البيئي للأنظمة المفتوحة (OSI).

يمكنك باستخدام هذا النموذج المرجعي تحقيق ما يلي:

- تقسيم التحديات التي تواجه إنترنت الأشياء إلى مشاكل فرعية.
- تحديد التقنيات المختلفة في كل طبقة وطبيعة العلاقة بينها.
- تعريف نظام متكامل قائم على مكونات متعددة من مزودين مختلفين.
- تحديد الواجهات (Interfaces) بطريقة تعزز إمكانية التشغيل البيئي.
- تحديد نموذج حماية متعدد الطبقات يُفرض في نقاط الانتقال لكل مستوى.

الطبقات Layers

- 7 التعاون والعمليات (إشراك الأفراد والعمليات التجارية).
- 6 التطبيقات (إعداد التقارير والتحليل والرقابة).
- 5 تجريد البيانات (التجميع والوصول).
- 4 تراكم البيانات (التخزين).
- 3 الحوسبة الطرفية (تحليل عناصر البيانات والتحويل).
- 2 الاتصال (الاتصال والمعالجة).
- 1 الأجهزة المادية والمتحكمات ("الأشياء" في إنترنت الأشياء).



شكل 5.14: طبقات هيكلية إنترنت الأشياء العالمي

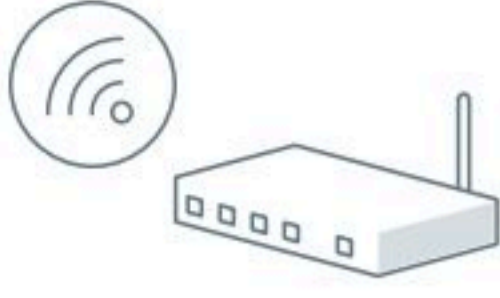
الطبقة الأولى: طبقة الأجهزة المادية والمتحكمات Layer 1: Physical Devices and Controllers Layer

إن أول طبقة في النموذج المرجعي لإنترنت الأشياء هي طبقة الأجهزة المادية والمتحكمات. تحتوي هذه الطبقة على "الأشياء" الخاصة بإنترنت الأشياء، مثل الأجهزة الطرفية والمُستشعرات التي تُرسل البيانات وتستقبلها. يمكن أن تتراوح هذه "الأشياء" في حجمها من مُستشعرات صغيرة للغاية إلى آلات تصنيع ضخمة، والمهمة الرئيسية لهذه الطبقة هي إنتاج البيانات والسماح بالتحكم عبر الشبكة.



شكل 5.15: طبقة الأجهزة والمتحكمات

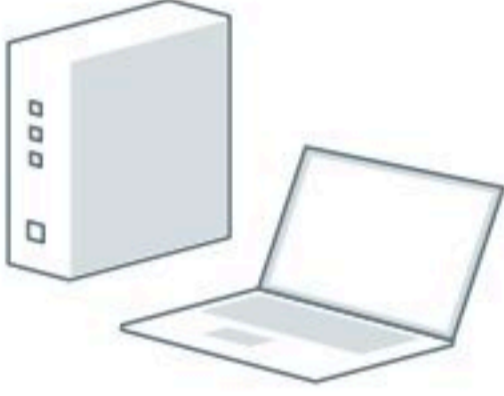
الطبقة الثانية: طبقة الاتصال Layer 2: Connectivity Layer



شكل 5.16: طبقة الاتصال

يتمثل دور طبقة الاتصال في نقل البيانات بطريقة موثوقة وفي الوقت المناسب، ويشمل هذا عمليات النقل بين أجهزة الطبقة الأولى والشبكة، وكذلك عمليات النقل بين الشبكة وطبقة الحوسبة الطرفية (معالجة معلومات الطبقة الثالثة). تشتمل طبقة الاتصال على جميع أجزاء الشبكات في إنترنت الأشياء، ولا تميز بين شبكة (الميل الأخير) - الشبكة بين المُستشعر أو نقطة النهاية وبوابة إنترنت الأشياء، والتي سيتم تناولها لاحقاً في هذا الفصل - وشبكة البوابة، والشبكة الرئيسية.

الطبقة الثالثة: طبقة الحوسبة الطرفية Layer 3: Edge Computing Layer



شكل 5.17: طبقة الحوسبة الطرفية

تلعب الحوسبة الطرفية دور الطبقة الثالثة في الهيكلية. تركز هذه الطبقة على تقليل البيانات وتحويل تدفقات بيانات الشبكة إلى معلومات جاهزة للتخزين والمعالجة بمستويات أعلى، وتتمثل إحدى الأهداف الأساسية لهذا النموذج المرجعي في بدء معالجة المعلومات بالقرب من حافة الشبكة بقدر الإمكان وبأسرع ما يمكن، كما تقوم الطبقة الثالثة أيضاً بفحص البيانات لمعرفة ما إذا كان يمكن تصفيتها أو تجميعها قبل نقلها إلى طبقة أعلى. يسمح هذا أيضاً بإعادة تنسيق البيانات أو فك تشفيرها، مما يُسهّل المعالجة الإضافية بواسطة الأنظمة الأخرى.

الطبقة الرابعة: طبقة تراكم البيانات Layer 4: Data Accumulation Layer

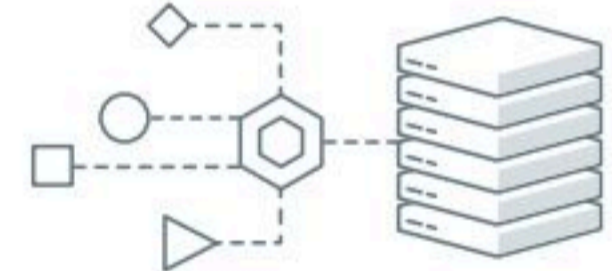
يتم في هذه الطبقة التقاط وحفظ البيانات حتى تتمكن البرامج من الوصول إليها عند الضرورة، كما تُحوّل البيانات المستندة على الأحداث إلى تنسيقات يمكن الاستعلام عنها بواسطة خدمات أخرى.



شكل 5.18: طبقة تراكم البيانات

الطبقة الخامسة: طبقة تجريد البيانات Layer 5: Data Abstraction Layer

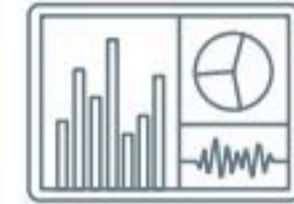
في هذه الطبقة يتم التوفيق بين تنسيقات البيانات المتنوعة وضمان اتساق الدلالات من المصادر المتنوعة، وفي هذه الطبقة يتم التحقق باستخدام الحوسبة والمحاكاة الافتراضية من أن مجموعة البيانات تحتوي على بيانات كاملة، كما تُدمج البيانات في موقع واحد أو عدة مخازن بيانات.



شكل 5.19: طبقة تجريد البيانات

الطبقة السادسة: طبقة التطبيقات Layer 6: Applications Layer

في هذه الطبقة تُستخدم البرامج لتفسير البيانات، حيث تتيح البرامج والتطبيقات مراقبة التقارير، وإنشاءها، وتنظيمها اعتماداً على تحليل البيانات.

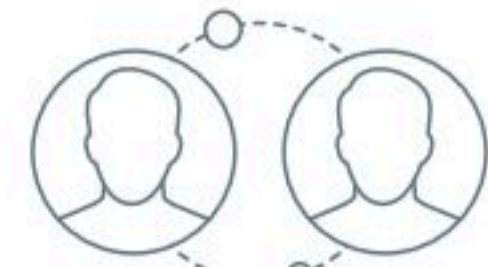


شكل 5.20: طبقة التطبيقات

الطبقة السابعة: طبقة التعاون والعمليات

Layer 7: Collaboration and Processes Layer

يتم هنا "استهلاك" وتوزيع بيانات التطبيق، وتنبع فائدة إنترنت الأشياء من حقيقة أن المشاركة في بيانات إنترنت الأشياء تتضمن في كثير من الأحيان العديد من الخطوات، ويمكن من خلال هذه الطبقة الحصول على بيانات تسهم في تغيير عمليات الشركة وتحسينها، وذلك بالاستفادة من مزايا إنترنت الأشياء.



شكل 5.21: طبقة التعاون والعمليات

بروتوكولات وشبكات الاتصالات قصيرة المدى ShortRange Communication Network and Protocols

تحديد الترددات الراديوية والاتصال قريب المدى RFID and NFC

تُعدّ تقنية تحديد الترددات الراديوية (Radio Frequency Identification - RFID) وتقنية الاتصال قريب المدى (Near Field Communication - NFC) من تقنيات الاتصال التي تسمح بالاتصالات قصيرة المدى بين أجهزة إنترنت الأشياء والشبكة، ويتم استخدام تقنيتي (RFID) و (NFC) لتخزين البيانات واستردادها عن بُعد، وتشتمل هذه التقنيات على جهاز إرسال وجهاز استقبال لاسلكي، حيث تستخدم الحقل الكهرومغناطيسية للتعرف تلقائياً وتتبع الرقاقات المدمجة بالأشياء الذكية. تُرسل الرقاقة البيانات الرقمية وتستقبلها عندما يتم تنشيطها بواسطة نبضة كهرومغناطيسية تصدر من قارئ (RFID) أو (NFC) قريبها. تتيح (RFID) تتبع الأدوات والمعدات والمواد في المخازن والمركبات والأشخاص، وذلك من خلال الرقاقات المُرفقة بها. يُمكن لأجهزة قراءة الرقاقات قراءة الرقاقة القريبة منها، حتى لو لم تكن مرئية، كما يمكن قراءة عدد كبير من الرقاقات في ذات الوقت سواء كانت ظاهرة أو مخفية داخل صندوق أو حاوية مثلاً، وذلك خلافاً للرموز الشريطية - الباركود (Barcodes)، والتي يجب أن تكون ظاهرة أمام جهاز القراءة ولا يمكن قراءتها إلا واحدة تلو الأخرى. تُستخدم تقنية (NFC) على نطاق واسع لتبادل البيانات بين الأجهزة في نطاق يبلغ حوالي 10 سنتيمترات، وتُستخدم هذه التقنية في عمليات الدفع غير التلامسية ببطاقات الائتمان، وكبديل لمفاتيح المكاتب التقليدية وغرف الفنادق، وفي ربط إعداد بعض الأجهزة مثل سماعات الرأس، ويتمثل الاختلاف الرئيس بين تقنيتي (RFID) و (NFC) في أن (NFC) صُممت لتبادل البيانات بشكل آمن، مما يجعلها مناسبة للمعاملات المالية، بينما تُستخدم (RFID) بصورة أساسية في التطبيقات التي نحتاج فيها إلى تحديد عناصر معينة لاسلكياً.

جدول 5.2: مقارنة بين (RFID) و (NFC)

| NFC | RFID | الخاصية |
|------------------------------|----------------------------------|----------------|
| 13.56 ميغاهيرتز. | 125 كيلوهرتز إلى 2.45 جيجاهيرتز. | تردد الاستخدام |
| في حدود 10 سم (مسافة قصيرة). | بحد أقصى 100 متر. | نطاق الاتصال |
| اتصال ثنائي الاتجاه. | اتصال أحادي الاتجاه. | الاتصال |
| أمان عالي. | التعرف خلال مسافات بعيدة. | الميزة |

شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية وبروتوكولاتها

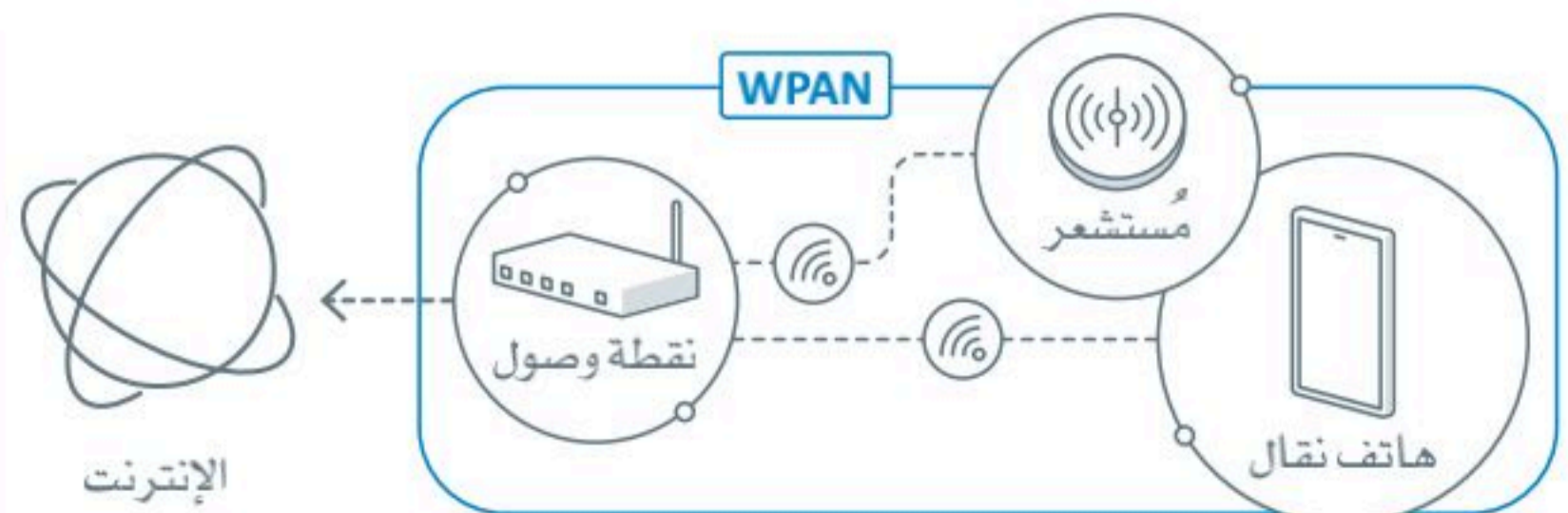
Wireless Personal Area Networks (WPANS) and Protocols

تتطلب المُستشعرات والكائنات الأخرى المتصلة بالإنترنت وسيلة معينة لنقل البيانات واستقبالها. سيتم في هذا الدرس تناول شبكات المنطقة الشخصية (PAN) وتقنية الاتصالات بعيدة المدى. يمكن للمُستشعرات والمُشغلات في بيئة إنترنت الأشياء الاتصال عبر الأسلاك أو من خلال شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية (WPAN).

شبكة المنطقة الشخصية

(Personal Area Network - PAN) :

شبكة المنطقة الشخصية هي إحدى شبكات الحاسب المستخدمة لتوصيل الأجهزة الإلكترونية داخل مساحة عمل المستخدم.



شكل 5.22: شبكة المنطقة الشخصية اللاسلكية

بروتوكولات شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية غير المستندة إلى عنوان

Non-IP Based WPANS Protocols

زيجبي Zigbee

يُعدُّ بروتوكول زيجبي أحد بروتوكولات (WPAN) القائم على أساس معيار (IEEE 802.15.4) الذي صُمم لشبكات إنترنت الأشياء التجارية والسكنية ذات التكلفة والطاقة والمساحة المحدودة. يمكن لزيجبي تكوين الشبكات، واكتشاف الأجهزة، وتأمين وإدارة الشبكة، ولكن بروتوكول زيجبي لا يوفر خدمات نقل البيانات أو بيئة لتنفيذ تطبيقات معينة. تُعدُّ زيجبي شبكة متداخلة (Mesh Network) ذاتية الإصلاح، ويوضِّح الجدول الآتي المكونات الرئيسة لهذه الشبكة:

جدول 5.3: المكونات الرئيسة لشبكة زيجبي

| المكون | الوصف |
|--|--|
| مُتحكم زيجبي (Zigbee Controller - ZC) | جهاز عالي القدرة يُستخدم لبناء وظائف الشبكة والبدء بها على شبكة زيجبي، قادر على تعيين عناوين الشبكة المنطقية والسماح للعقد بالانضمام إلى الشبكة أو مغادرتها. |
| مُوجه زيجبي (Zigbee Router - ZR) | يُعالج هذا المكون الاختياري جزءاً من الشبكة المتداخلة عن طريق تعيين عناوين الشبكة المنطقية والسماح للعقد بالانضمام إلى الشبكة أو الخروج منها. |
| جهاز زيجبي طرفي (Zigbee End Device - ZED) | يُعدُّ هذا الجهاز بمثابة نقطة نهاية بسيطة ومباشرة ذات قدرة على التواصل مع الوسيط. من هذه الأجهزة مفاتيح الإضاءة ومُنظم الحرارة. |

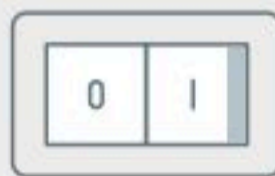


يُعالج زيجبي ثلاثة أنواع مُختلفة من حركة البيانات:

- 1 البيانات الدورية: يُحدِّد معدل التسليم الدوري للبيانات أو إرسالها من خلال التطبيقات (على سبيل المثال المُستشعرات التي تُرسل البيانات بصورة دورية). تُنتج بيانات متقطعة عند حدوث تطبيق أو مُحفزات خارجية بوتيرة عشوائية.
- 2 البيانات المُتقطعة: يُعدُّ مفاتيح الإضاءة مثلاً جيداً على البيانات المتقطعة المثالية لزيجبي.
- 3 بيانات زمن الانتقال المنخفض المتكررة: يُعيّن زيجبي فترات زمنية للإرسال، ويمكن أن يكون بزمن انتقال منخفض جداً، مما يجعله مناسباً لأجهزة الفأرة ولوحات المفاتيح.



مُستشعر



مفتاح الإضاءة



الفأرة

جدول 5.4: هيكليات زيجبي

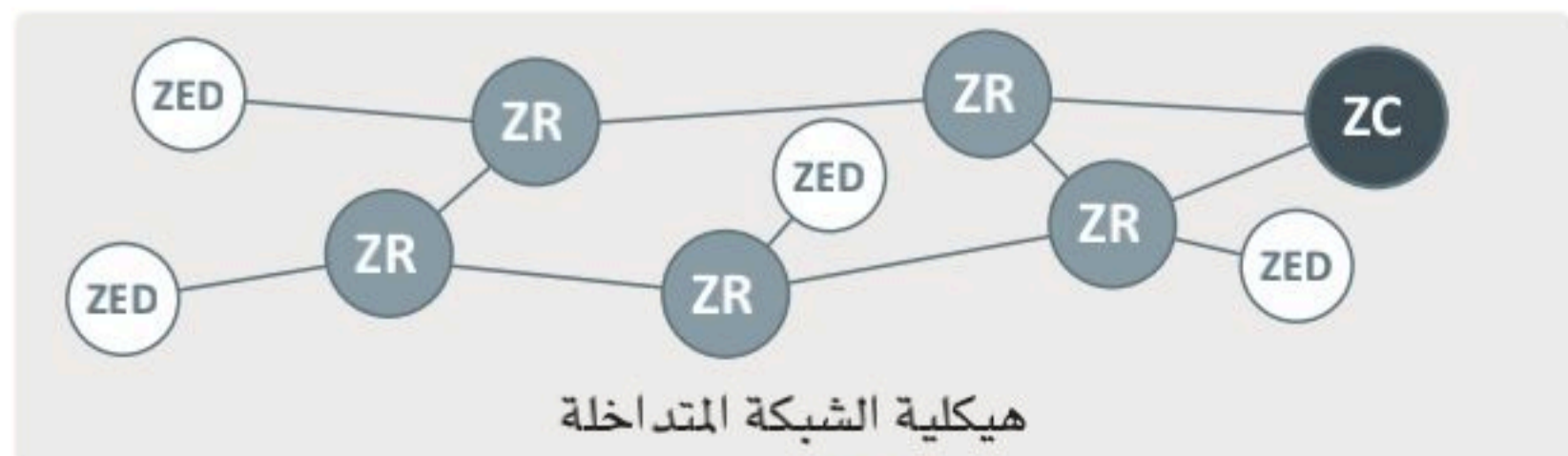
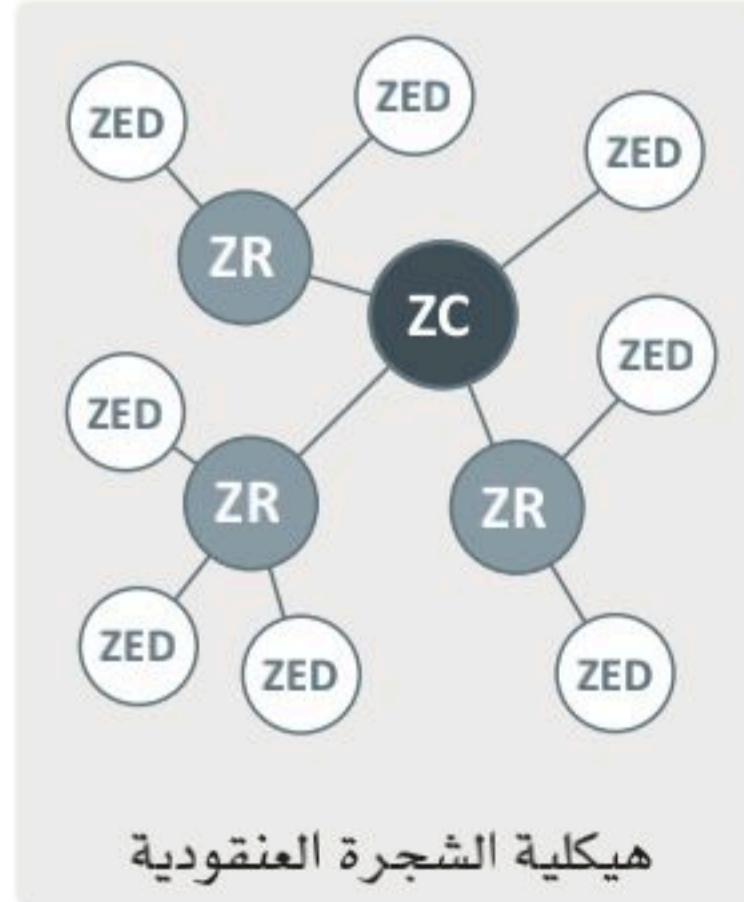
| الوصف | الهيكلية |
|---|--|
| يحتوي مُتحكم زيجبي على واحد أو أكثر من أجهزة الزيجبي. يمتد إلى نقطتين فقط، مما يحد المسافة بين العُقد. ويتطلب أيضاً وسيلة ارتباط يمكن الاعتماد عليها مع نقطة عطل مفردة في متحكم زيجبي. | هيكلية النجمة (Star Topology) |
| وهي شبكة متعددة النقاط (Multi-Hop) تستخدم أجهزة الإرشاد (Beacons) لتوسيع التغطية والمدى. تُعدُّ أجهزة الزيجبي بمثابة نقاط نهاية، ويمكن أن تحتوي عقدة مُوجه زيجبي (ZR) وعقدة مُتحكم الزيجبي (ZC) على عقد فرعية. تتواصل العُقد الفرعية مع العُقد الرئيسة فقط، ويمكن للعُقد الرئيسة التواصل مع العُقد الفرعية لأعلى (Upstream) أو لأسفل (Downstream) منها، وتُشكّل نقطة العُطل المركزية (Central Failure Point) مشكلة في هذه الهيكلية. | هيكلية الشجرة العنقودية (Cluster Tree topology) |
| يمكن توجيه أي جهاز مصدري إلى أي جهاز بصفته وجهة، وذلك باستخدام طرائق التوجيه المستند إلى الأشجار (Tree-Based Routing) والتوجيه المستند إلى الجداول (Table-Based Routing). يجب تشغيل موجات متحكمات الزيجبي وموجهاتها طوال الوقت لتنفيذ وظائف التوجيه، مما يؤدي إلى استنزاف عمر البطارية. يُسمح للموجهات الموجودة في نطاق محدد بالتفاعل بشكل مباشر، وتكمن الفائدة الأساسية في هذه الهيكلية في إمكانية توسُّع الشبكة ووجود مسارات متعددة للبيانات. | هيكلية الشبكة المتداخلة (Mesh Topology) |

القفزة (Hop):

تحدث القفزة عندما تُمرّر حزمة من قطاع في الشبكة إلى قطاع آخر.

المنارة (Beaconing):

ترمز المنارة في الشبكات إلى ما يشبه جهاز الإرشاد، وذلك عبر القيام بالبث الرقمي بصورة دورية.



شكل 5.23: هيكليات زيجبي



البلوتوث Bluetooth

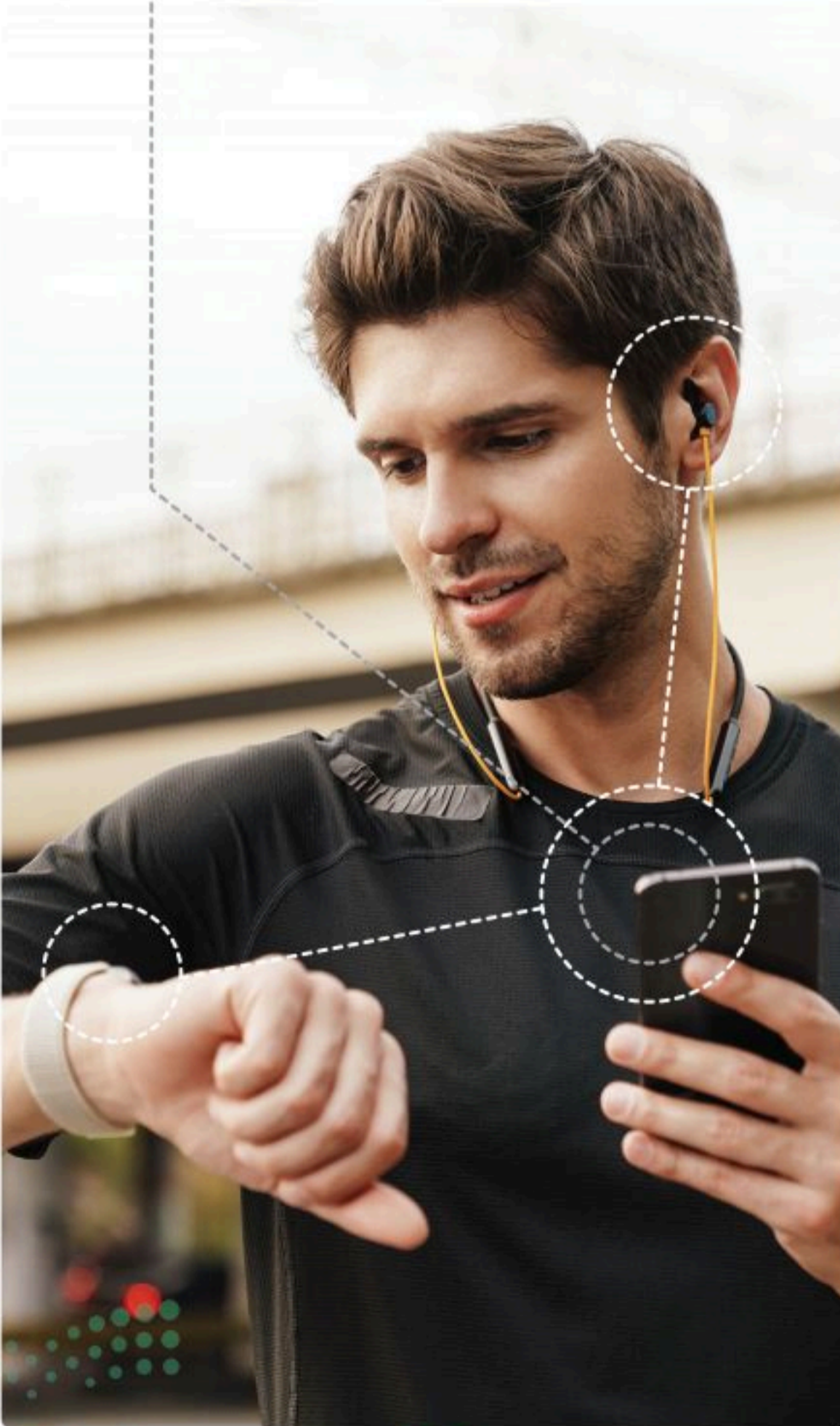
البلوتوث هي تقنية اتصال لاسلكية منخفضة الطاقة تُستخدم على نطاق واسع في الأجهزة الإلكترونية مثل: الهواتف المحمولة ووحدات التحكم في الألعاب ولوحات المفاتيح، وقد استُخدم البلوتوث على نطاق واسع في إنترنت الأشياء لإرسال الإشارات عند تشغيلها في وضع الطاقة المنخفض (Low Energy - LE)، وذلك في أجهزة الإرشاد (Beacons)، والمستشعرات اللاسلكية وأنظمة تتبع المركبات والأصول الأخرى، وأجهزة التحكم عن بُعد، وأجهزة المراقبة الصحية، وأجهزة الإنذار. تتميز شبكات البلوتوث الشخصية اللاسلكية بحصول ما يطلق عليه اسم: الأحداث (Events)، ويُعد الإعلان (Advertising) والتوصيل (Connecting) بمثابة الحدثين الرئيسيين في تلك الشبكات.

الإعلان Advertising

يبدأ الإعلان بوجود جهاز يطلب القيام بعملية اقتران مع الأجهزة الأخرى التي تقوم بالمسح، أو بإرسال رسالة تحتوي على معلومات التعارف.

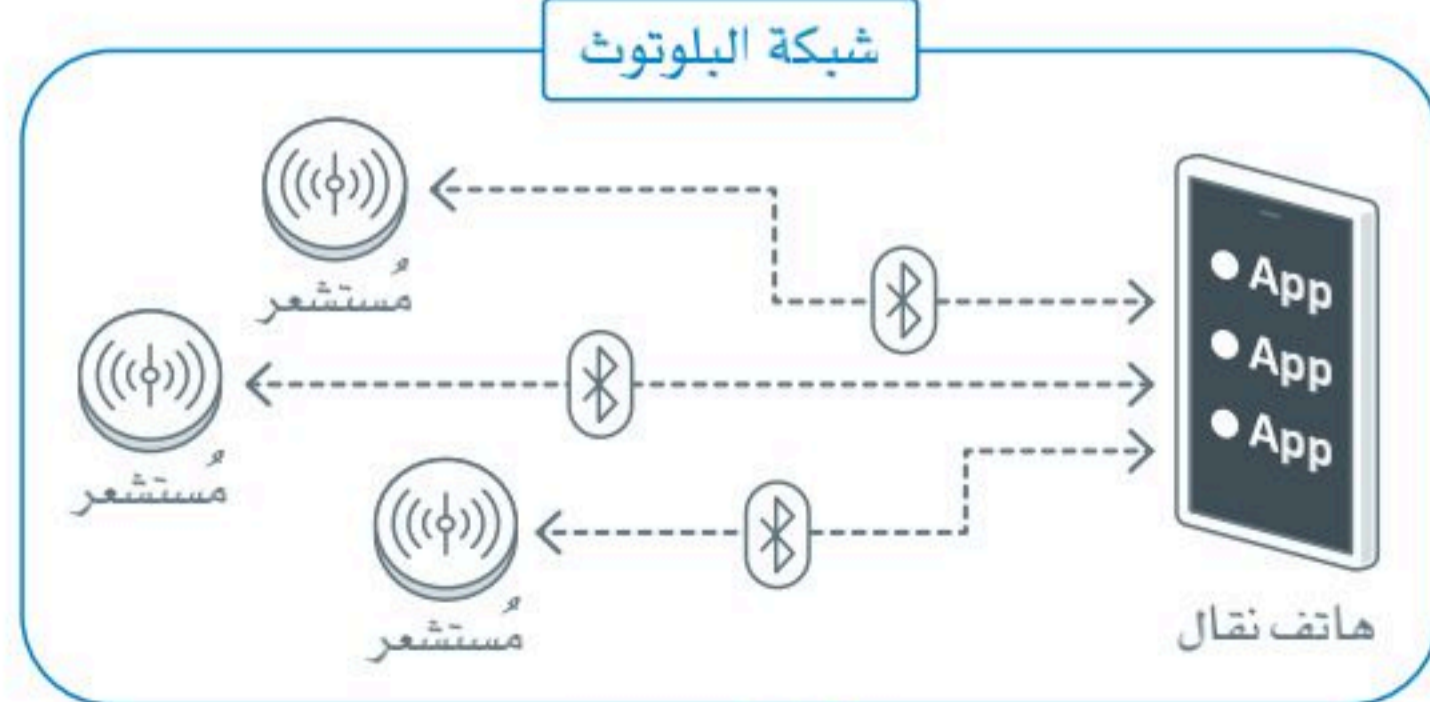
التوصيل Connecting

يصف هذا الحدث عملية اقتران الجهاز بجهاز آخر يسمى بالمضيف.



يمكن للجهاز في وضع الطاقة المنخفضة إجراء اتصال كامل باستخدام قناة الإعلان فقط. قد يكون هذا الاتصال أيضاً اتصالاً رسمياً ثنائي الاتجاه بين الأجهزة، وستبدأ الأجهزة حينها بالقيام بما يسمى بإجراء التكوين لإجراء الاتصال، وذلك من خلال الاستماع إلى حزم الإعلانات. في هذه الحالة، يُعدّ الجهاز المُستمع بادئاً، وإذا أرسل المُعلن حدثاً إعلانياً قابلاً للاتصال، يجوز للجهاز البادئ إرسال طلب اتصال باستخدام نفس القناة التي استلمت الحزمة الإعلانية من خلالها. يمكن للمُعلن أن يقرر بعد ذلك ما إذا كان سيُنشئ الارتباط أم لا، وإذا أنشئ الارتباط، ينتهي الحدث الإعلان، وحينها يُشار إلى البادئ باسم: رئيسي (Master) والمُعلن باسم: فرعي (Slave). يطلق على مثل هذا الاتصال بمصطلحات البلوتوث تسمية بيكونيت (Piconet)، حيث تحدث أحداث الاتصال بين الجهاز الرئيس والفرعي على نفس قناة البداية، وبعد نقل البيانات وانتهاء حدث الاتصال، يمكن تغيير التردد لتحديد قناة جديدة للمرسل والمستقبل.

شبكة البلوتوث



شكل 5.24: شبكة البلوتوث

شكل 5.25: توصيل البلوتوث وزارة التعليم

بروتوكولات شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية المستندة الى عنوان

IP Based WPANS Protocols

الاصدار السادس لبروتوكول الإنترنت عبر شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية منخفضة الطاقة 6LoWPAN
تُصمَّم شبكات (IP) عبر أنظمة اتصالات ترددات لاسلكية منخفضة الطاقة لتعمل مع الأجهزة ذات الطاقة والقدرات المحدودة التي لا تتطلب خدمات شبكات ذات نطاق ترددي عالٍ. يتوافق هذا البروتوكول مع العديد من اتصالات شبكات (WPAN) بما فيها معايير (IEEE.802.15.4)، وتقنيات البلوتوث (Bluetooth)، وتقنيات الترددات اللاسلكية الفرعية واحد جيجاهرتز (sub-1 GHz RF)، بالإضافة إلى الاتصالات عبر خطوط الكهرباء (Power Line Controller - PLC). تتمثل الميزة الأساسية لبروتوكول (6LoWPAN) في أن معظم المُستشعرات الأساسية تعمل بتوافق مع نظام عنوان (IP) وبذلك يمكنها أن تعمل كعناصر في الشبكة عبر موجّهات الشبكة المحلية أو الواي فاي أو شبكات الجيل الثالث وشبكات (LTE)، وشبكات الجيل الرابع. يمكن لعنوان (IPV6) تغطية ما يصل إلى 50 مليار جهاز متصل بالإنترنت، مما يسمح لها بالاستمرار كنظام للعنوان في المستقبل، وبالتالي إتاحة التوسع المطلوب في نشر إنترنت الأشياء.

تُعدُّ شبكات (6LoWPAN) شبكات متداخلة تبنى على جوانب شبكات أكبر. تتميز هذه الشبكات بهيكلاتها المرنة مما يسمح بوجود شبكات مخصصة (Ad hoc) ومفككة (Disjoined) دون اشتراط الارتباط بالإنترنت أو بأنظمة أخرى. يمكن لهذه الشبكات الارتباط بالشبكة الرئيسة أو بالإنترنت من خلال ما يسمى بموجّهات طرفية (Edge Routers). يمكن للموجّهات الطرفية المختلفة توصيل شبكات (6LoWPAN) متعددة من خلال ما يُعرف باسم التوجيه المتعدد (Multi-Homing)، ويمكن إنشاء الشبكات المخصصة دون الحاجة إلى الوصول إلى الإنترنت من الوجهة الطرفية، حيث تُنشئ الموجّهات الطرفية شبكات (6LoWPAN) متداخلة على محيط الشبكات التقليدية الأكبر حجماً، ويمكنها أيضاً تسهيل تبادلات عناوين (IPV6) إلى (IPV4) عند الضرورة. يتم التعامل مع حزم البيانات بشكل مشابه لشبكة عناوين (IP)، والتي تُقدّم بعض المزايا مقارنة بالبروتوكولات المعروفة الأخرى. تشترك جميع العُقد داخل شبكة (6LoWPAN) في بادئة (IPV6) التي أنشأها الوجهة الطرفية. يُسجّل العُقد مع الموجّهات الطرفية بشكل مستمر خلال مرحلة اكتشاف الشبكة. تحكم مرحلة اكتشاف الشبكة التفاعل بين المضيفين والموجّهات في شبكة (6LoWPAN) المحلية. وتُمكن خاصية التوجيه المتعدد (Multi-Homing) عدة موجّهات (6LoWPAN) من تشغيل الشبكة؛ على سبيل المثال، عندما يتطلب تجاوز العطل أو التجاوز عن الخطأ وسائط مختلفة (الجيل الرابع وواي فاي).

بروتوكول التشعب Thread

التشعب هو بروتوكول لشبكات إنترنت الأشياء يعتمد على (6LoWPAN) (IPV6). الهدف الأساسي لهذا البروتوكول هو إتاحة أتمتة المنازل والشبكات المنزلية، ويمكن وصف التشعب بأنه عنوان (IP) يستند إلى معايير وهيكلية (IEEE 802.15.4) و (6LoWPAN). يتشابه التشعب مع زيغبي ونسخ 802.15.4 الأخرى، ولكنه يختلف من حيث قابليته لعنوان (IP). يعتمد هذا البروتوكول على البيانات والطبقات المادية للمعايير التقنية 802.15.4 وخصائص الأمان والتوجيه لشبكات (6LoWPAN). يعتمد التشعب أيضاً على هيكلية الشبكة المتداخلة (Mesh Network) مما يجعله خياراً عملياً لأنظمة الإضاءة المنزلية الذكية، وذلك بسعة تصل إلى 250 جهاز لكل شبكة. يتميز بروتوكول التشعب بقابلية عنوان (IP) في الأجهزة المختلفة بما فيها المُستشعرات الصغيرة للغاية، وأنظمة تشغيل الأتمتة المنزلية، كما يتميز بتوفيره في استهلاك الطاقة؛ لأن البروتوكول لا يتطلب استمرار تنفيذه في طبقة الشبكة. يعني هذا أيضاً أن الوجهة الطرفية الذي يستضيف الشبكة المتداخلة لا يحتاج إلى التعامل مع بروتوكولات طبقة التطبيقات، مما يحد من متطلبات الطاقة والمعالجة، ويُعدُّ هذا البروتوكول آمناً جداً نظراً لكونه متوافقاً مع (IPV6) ولكون جميع الاتصالات مُشفرة باستخدام معيار التشفير المتقدم (Advanced Encryption Standard - AES).



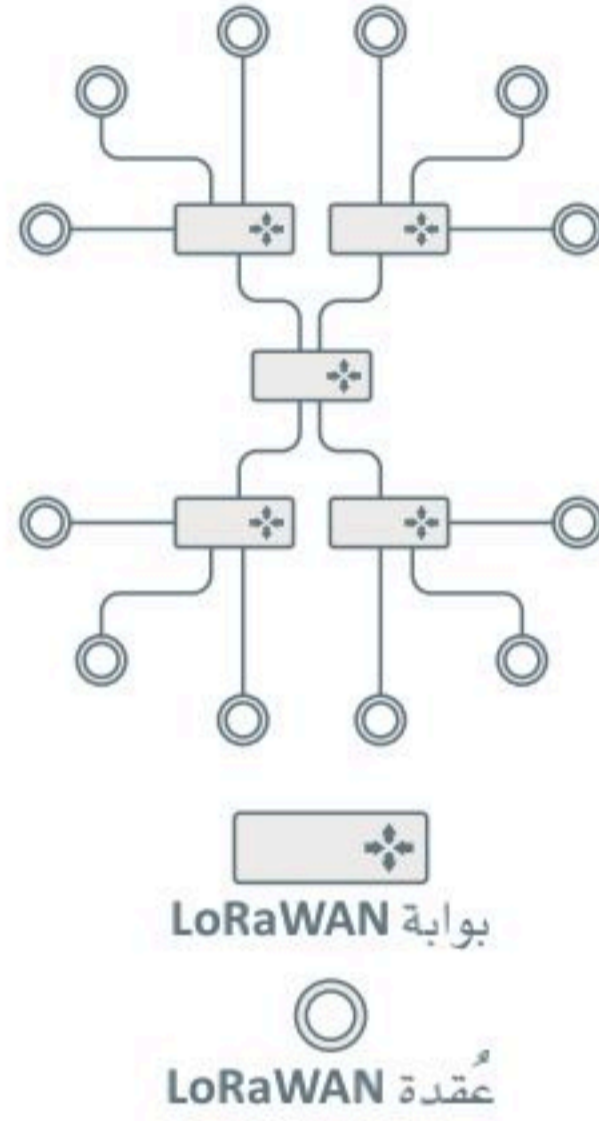
شكل 5.26: شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية

شبكات وبروتوكولات الاتصالات بعيدة المدى

Long Range Communication Networks and Protocols

تربط شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية (WPAN) وشبكات المنطقة المحلية اللاسلكية (Wireless Local Area Networks - WLAN) المُستشعرات بشبكة محلية، ولكن ليس بالضرورة بشبكة الإنترنت أو بأنظمة الشبكات الأخرى. تشمل بيئة إنترنت الأشياء المُستشعرات والمُشغلات والكاميرات والأدوات الذكية المُدمجة والمركبات، وحتى الروبوتات التي تعمل في الأماكن النائية. لقد أصبح من المُسلّم به أن علينا الاعتياد على التعامل مع شبكة المنطقة الواسعة (Wide Area Network - WAN) على المدى الطويل.

تقنية لوراوان LoRaWAN



شكل 5.27: هيكلية LoRaWAN "نجمة النجوم"

تُعدُّ التقنيات اللاسلكية منخفضة الطاقة واسعة النطاق (Low Power Wide Area - LPWA) مثالية لنقاط النهاية (الأجهزة المختلفة) طويلة المدى التي تعمل بالبطارية. عادةً ما يشار إلى هيكلية (LoRaWAN) باسم هيكلية نجمة النجوم (Star of Stars). تقوم نقاط النهاية بتبادل الحزم عبر بوابات تعمل كجسور، وذلك بوجود خادم شبكة (LoRaWAN) مركزي. تتصل نقاط النهاية مباشرة بوحدة أو بأكثر من البوابات، بينما تتصل المداخل بالشبكة الخلفية (Backend Network) عبر اتصالات (IP) العادية. يمكن في هذه التقنية استلام الحزم نفسها ونقلها بواسطة العديد من البوابات، وفي حال تلقي حزم مُكررة، يكون خادم الشبكة مسؤولاً عن إلغاء التكرار، وتوفر تقنيات (LPWA) المفتوحة المتوفرة خيارات جديدة لشبكات الشركات الخاصة والبنث ومُقدّمي الخدمات المتنقلة وغير المتنقلة لنشر البنى التحتية لإنترنت الأشياء وحلولها. تتوسع بيئة نقاط النهاية بسرعة، وستكون بلا شك العامل الحاسم بين تقنيات وحلول التقنيات اللاسلكية منخفضة الطاقة واسعة النطاق (LPWA) المختلفة مثل (LoRaWAN)، ويُعدُّ بناء البنى التحتية وتطويرها المحلية منها والإقليمية أمراً حيوياً لتفعيل استخدام إنترنت الأشياء على نطاق استهلاكي أوسع، ويتحمل مسؤولية ذلك الأشخاص المسؤولون عن المدن الذكية، وهيئات تنظيم البث والإذاعة، ومقدمو خدمات الاتصالات الخلوية والعادية.

الشبكات الخلوية (الجيل الخامس)

Cellular Networks (5G)

من أكثر أنواع الاتصالات شيوعاً استخدام الترددات الخلوية خاصةً البيانات الخلوية. فقبل تطور التقنية الخلوية، كانت تغطية أجهزة الاتصالات المحمولة محدودة، واستُخدمت مساحة ترددات مشتركة، فالأجهزة كانت بمثابة أجهزة إرسال لاسلكي ثنائية الاتجاه. ثم أصبحت الشبكات الخلوية ممتازة في نقل البيانات في كلا الاتجاهين بسرعات عالية، ولكن على حساب النطاق واستهلاك البطارية. يُعدُّ الجيل الخامس (5G) الجيل التالي من تقنية الاتصالات القائمة على بروتوكول الإنترنت والتي يتم تطويرها لتحل محل شبكات الجيل الرابع الخلوية، بالإضافة إلى ذلك تعمل شبكات الجيل الخامس على تحسين النطاق الترددي ووقت الاستجابة والكثافة وتقليل نفقات المستخدم، وتهدف إلى أن تكون معياراً شاملاً واحداً يشمل جميع الخدمات والفئات الخلوية، بدلاً من إنشاء خدمات وتصنيفات مميزة لكل حالة استخدام.

جدول 5.5: السمات الرئيسية لشبكات الجيل الخامس الحديثة

| الميزات | الوصف |
|---------|--|
| | النطاق العريض المتنقل المحسّن (Enhanced Mobile Broadband - eMBB) |
| | اتصالات فائقة الموثوقية وذات زمن انتقال منخفض (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications - URLLC) |
| | اتصالات نوع الآلة الضخمة (Massive Machine Type Communications - mMTC) |



تمرينات

1

| خاطئة | صحيحة | حدّد الجملة الصحيحة والجملة الخاطئة فيما يلي: |
|-----------------------|-----------------------|--|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 1. تحتوي هيكلية شبكة oneM2M على طبقة بيانات. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 2. يمكن استخدام خدمات الشبكة الافتراضية الخاصة (VPN) في طبقة الخدمات لهيكلية (oneM2M). |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 3. يمكن أن تحتوي طبقة التطبيقات على خدمات المراقبة في أنظمة إنترنت الأشياء العالمي. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 4. تُستخدم تقنيات (NFC) للاتصالات بعيدة المدى بين الأجهزة. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 5. يتصل بروتوكول زيغبي عبر قنوات شبكة بروتوكول (UDP). |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 6. يُعدُّ موجه زيغبي مسؤولاً عن خصائص الإصلاح الذاتي للشبكات المتداخلة. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 7. يُرسل الحدث الإعلاني لاتصالات البلوتوث حزم بيانات إلى الأجهزة المجاورة. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 8. لا يُعدُّ التشعب (Thread) بروتوكولاً قائماً على الشبكة. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 9. لا تحتاج أنظمة شبكات المدن الذكية إلى شبكات وبروتوكولات اتصالات بعيدة المدى. |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 10. تُصنّف شبكات الجيل الخامس (5G) بأنها منخفضة استهلاك الطاقة. |

2 صنف الطبقات الرئيسية لهيكلية (oneM2M) لأنظمة إنترنت الأشياء.



3 حلّ الطبقات الرئيسية لهيكلية أنظمة إنترنت الأشياء العالمي.

4 حدّد الخصائص الرئيسية لتقنية تحديد الترددات الراديوية (RFID) وتقنية الاتصال قريب المدى (NFC).

5 صنّف النوعين الرئيسيين لشبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية (WPANS)، واعرّض بعض الأمثلة على كل نوع.



6 حدّد المكونات الرئيسة الثلاثة لشبكة زيغبي (Zigbee).

7 قارن بين الحدثين الأساسيين اللذين يحدثان أثناء الاتصال بالبلوتوث.

8 قدّم وصفاً لبروتوكولي (WPANS) الرئيسين المُستَدين إلى عنوانة (IP).



9 وضح هيكلية "نجمة النجوم" التي تستخدمها شبكات (LoRaWAN).

10 قدم تحليلاً لكيفية تطور شبكات الجيل الخامس (5G) من تقنيات شبكات الجيل الرابع (4G).





أمان وخصوصية أنظمة إنترنت الأشياء

الأمان Security

النظام الإلكتروني الملموس (Cyber Physical System - CPS)

هو نظام محوسب يتحكم أو يراقب آلية معينة باستخدام خوارزميات محوسبة.

يُشكّل الإنترنت وأنظمة إنترنت الأشياء والخدمات السحابية والأنظمة الإلكترونية الملموسة (CPSS) والأجهزة المحمولة ملامح الحياة الحديثة في القرن الحادي والعشرين، فقد أسهمت التقنية في التواصل بين أطراف العالم بما يعود بالفائدة على كافة المجتمعات. ولكن هذا التطور التقني أدى إلى تمكّن مجرمي الإنترنت من استغلال العديد من نقاط الضعف لتهديد مستخدمي هذه التقنيات. يتزايد تأثير إنترنت الأشياء على المؤسسات ونماذج الأعمال، ويعتمد إنترنت الأشياء الشركات على ثقة المستهلك. ومع ذلك تُقدّم العديد من المنتجات والخدمات التقنية إلى الأسواق بصورة متسارعة مع اهتمام غير كافٍ بأمان وخصوصية المستخدمين، فالأمان يُعدُّ جزءاً مهماً من عملية التصميم من أدنى المستويات، إلى أعلاها؛ ولهذا يجب إنشاء السياسات والبروتوكولات والمعايير الأمنية بموازاة أي تطور تقني لدعمه وحمايته. يعرض الجدول الآتي أسس الأمان في إنترنت الأشياء:

جدول 5.6: أسس الأمان في إنترنت الأشياء

| الوصف | الأساس |
|--|------------------|
| السماح للمستخدمين أو الخدمات المُصرَّح لها فقط بالوصول إلى الجهاز أو البيانات. | الثقة |
| التحقق من هوية الأفراد والخدمات و"الأشياء". | التحقق من الهوية |
| الحفاظ على خصوصية جهاز المستخدم ومعلوماته الشخصية وبياناته الحساسة. | الخصوصية |
| حماية الأجهزة والمستخدمين من الأضرار المادية والمالية والمتعلقة بالسمعة. | الحماية |



تحديات أنظمة إنترنت الأشياء المرتكزة على المستخدم

User-Centered Challenges of IoT Systems



شكل 5.28: المساءلة في إنترنت الأشياء

أصبحت التدابير الأمنية التقليدية غير كافية لتوفير الأمان الكافي للعالم الحديث المتطور تقنياً والمتصل معاً، فعلى النقيض من الأجهزة الإلكترونية التقليدية، فإن أجهزة إنترنت الأشياء تتفاعل معاً ومع الخدمات على الإنترنت. لا يمكن تحقيق الفوائد المرجوة من تطبيق الأنظمة والتقنيات الحديثة دون الحصول على ثقة المستخدمين بهذه التقنيات الحديثة؛ لذلك تُعدّ المساءلة أمراً بالغ الأهمية لزرع الثقة بين المستخدمين ومُنشئي أنظمة إنترنت الأشياء، ويسهم تعقيد تدفق البيانات الموزعة، وآليات التوافق غير الكافية، ونقص المعلومات بالنسبة للمستخدمين في ظهور الحاجة إلى وجود نظام للمساءلة في إنترنت الأشياء.

الأمان في إنترنت الأشياء والجرائم الإلكترونية

IoT Security and Cybercrime

تُعدّ البنية التحتية للإنترنت بمثابة المنشآت الحيوية داخل الحدود الإقليمية للدول ذات السيادة. تمرّ البيانات المتدفقة عبر هذه البنية التحتية عبر العديد من الدول الأخرى، مما يشكّل مصدرًا للقلق فيما يتعلق بسلامة البيانات، فالجرائم الإلكترونية لا تعرف الحدود، بل وتتجاوز الحدود الجغرافية بسهولة. ومن الملاحظ أن القوانين المتعلقة بحماية البيانات وأمن المعلومات تتباين بين الدول المختلفة؛ لذا، تمثل الفجوة الواسعة بين التشريعات القانونية والتقنية عقبة رئيسة في مكافحة الجريمة الإلكترونية، ويواجه نظام العدالة لمكافحة هذه الجرائم تحديات كثيرة ويتسم بالبطء وعدم القدرة على تنظيم هذا الفضاء الإلكتروني. كما أن سرعة تبني التقنية في المجتمعات تفوق السرعة التي تُوضع بها السياسات والتشريعات لتنظيم وضبط هذه التقنية؛ لهذا السبب، يُتحكّم في الفضاء الإلكتروني والتقنية من خلال دمج مجموعة من القوانين غير الملائمة والقديمة والمتناقضة أحياناً، كما يصعب تحقيق توافق دولي أو إقليمي في الآراء حول معايير وقوانين السلامة الإلكترونية نظراً لأن لكل دولة معاييرها ومعتقداتها وممارساتها المستقلة، مما يقرر رؤى مختلفة لعملية تنظيم الفضاء الإلكتروني. تعزز بعض الدول سيادتها على الفضاء الإلكتروني بحجة أن سياساتها الوطنية العامة تنطبق على الفضاء الإلكتروني أيضاً، وبأن الدولة يجب أن تكون قادرة على تنظيم كيفية استخدام الأفراد والشركات للإنترنت داخل حدودها.



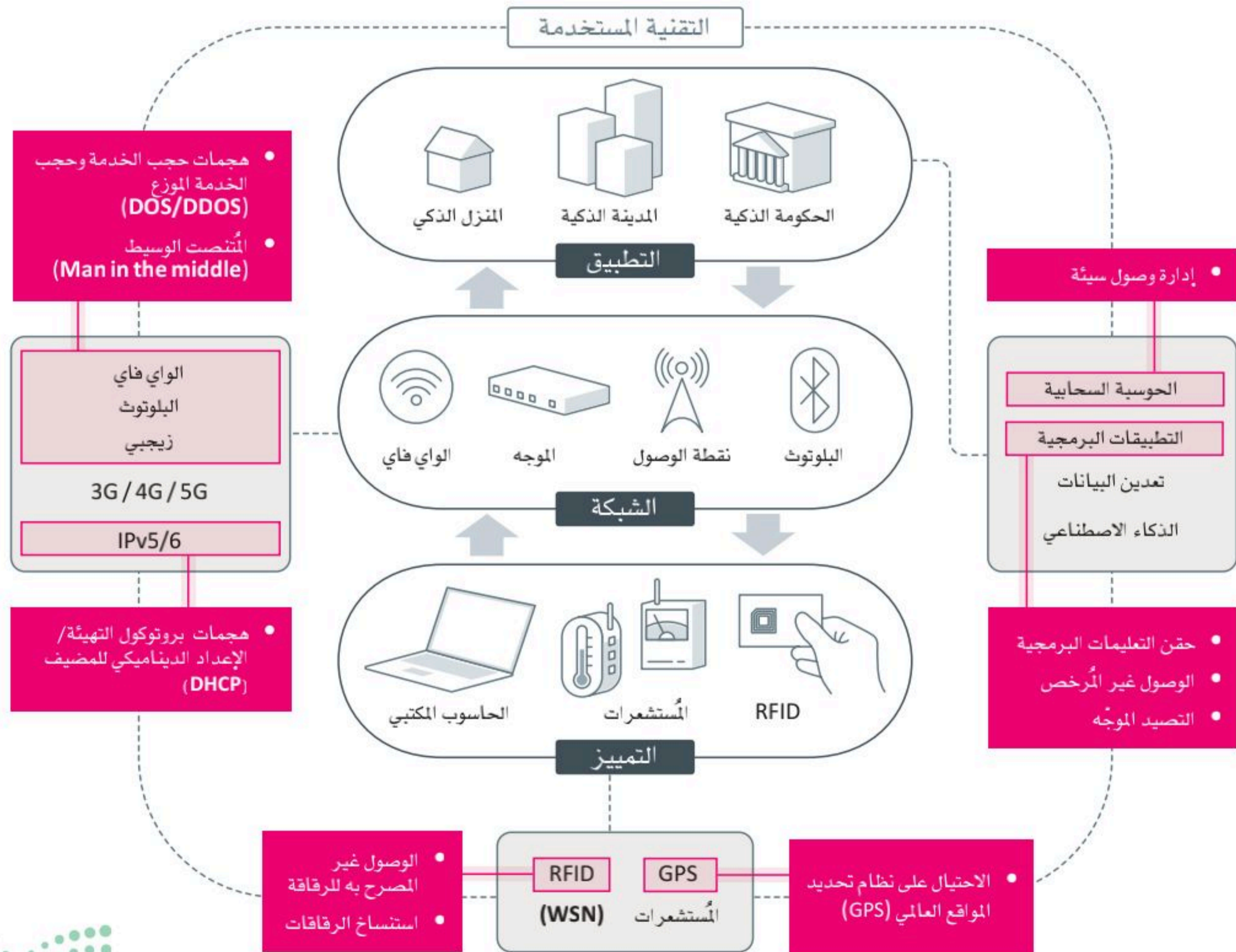
شكل 5.29: هجوم واختراق برامج الضارة

التحديات الهيكلية للأمان في إنترنت الأشياء

Architectural Challenges of IoT Security

يتطلب إنترنت الأشياء مجموعة من المعايير ووجود هيكلية مُحددة جيداً مع واجهات ونماذج بيانات وبروتوكولات تناسب التنوع في الأجهزة والبروتوكولات والخدمات المعنية. يمكن حدوث العديد من الهجمات عند اتصال أجهزة إنترنت الأشياء بالخدمات السحابية وتبادلها للبيانات لأول مرة، كما قد تتسبب خصائص أجهزة إنترنت الأشياء المختلفة في وجود مخاطر ومشكلات أمنية، حيث تقدم قابلية التنقل والاعتماد المتبادل والخصائص المماثلة الأخرى تحديات ومخاطر مختلفة، وتشمل هذه التحديات والمخاطر نقاط الضعف في البرامج الثابتة (Firmware)، والتخزين، وقوة المعالجة، وهجمات الشبكة والقواعد والمعايير، والتي تتطلب المزيد من الدراسات الإضافية. يتطلب إنترنت الأشياء المزيد من أجهزة النقل بين عنوانة (IPv4) إلى (IPv6)، مما يستلزم زيادة عرض النطاق الترددي (Bandwidth) للشبكات، حيث يؤدي اعتماد عنوانة (IPv6) وتقنية الجيل الخامس، واستخدام الجيل الجديد من الاتصالات فائق السرعة إلى ظهور مخاطر وصعوبات إضافية.

توضّح الرسوم التوضيحية الآتية كيفية تطور هيكلية نظام بسيط إلى نظام مُعقّد. وكما تلاحظ فإن إضافة كل طبقة من التعقيد تتسبب في ظهور نقاط ضعف جديدة لمكونات النظام.



شكل 5.30: الثغرات الأمنية في أنظمة إنترنت الأشياء



شبكات الجيل الخامس وأمان إنترنت الأشياء

5G Networks and IoT Security

تعدّ تقنية الجيل الخامس (5G) تقنية واعدة بصفتها المستقبل الواعد للتطور العالمي للاتصالات المتنقلة. إن تقنية الجيل الخامس هي المكون الرئيس لاتصال المجتمع بالشبكات وبأنظمة إنترنت الأشياء واتصال آلة إلى آلة (IoT / M2M)، مما يُتيح الوصول السريع إلى المعلومات والخدمات، وتهدف تقنية الجيل الخامس إلى تحقيق الاتصالات المحمولة بين البشر في كل مكان باستخدام أي جهاز أو تطبيق محوسب يمكنه أن يتصل بالإنترنت، مثل إنترنت الأشياء (IoT)، وويب الأشياء (Web of Things - WoT)، ونظراً لتطور شبكات الجيل الخامس، أصبح من الطبيعي ظهور مشكلات تتعلق بتأثير الجيل الخامس على الأمان في اتصالات أجهزة إنترنت الأشياء، وأصبحت هناك حاجة إلى برمجيات وسيطة لإنترنت الأشياء، ومعايير أمنية لتنفيذ طرائق جديدة لربط مختلف الشبكات والأجهزة المُعرّفة. وهكذا ومع وجود بُنية تحتية للشبكة أفضل وأسرع، سيكون هناك تفاعل أكبر بين الأشياء، لا سيما مع توزيع المعالجة عبر الخدمات السحابية، مما سيؤدي إلى إحداث تأثير كبير فيما يتعلق بأمن البيانات وتمكين تطوير تطبيقات جديدة تعمل على تحسين حياة البشر.

يوضّح الجدول الآتي المخاوف الأمنية الرئيسة لشبكات الجيل الخامس الخاصة بأنظمة إنترنت الأشياء.

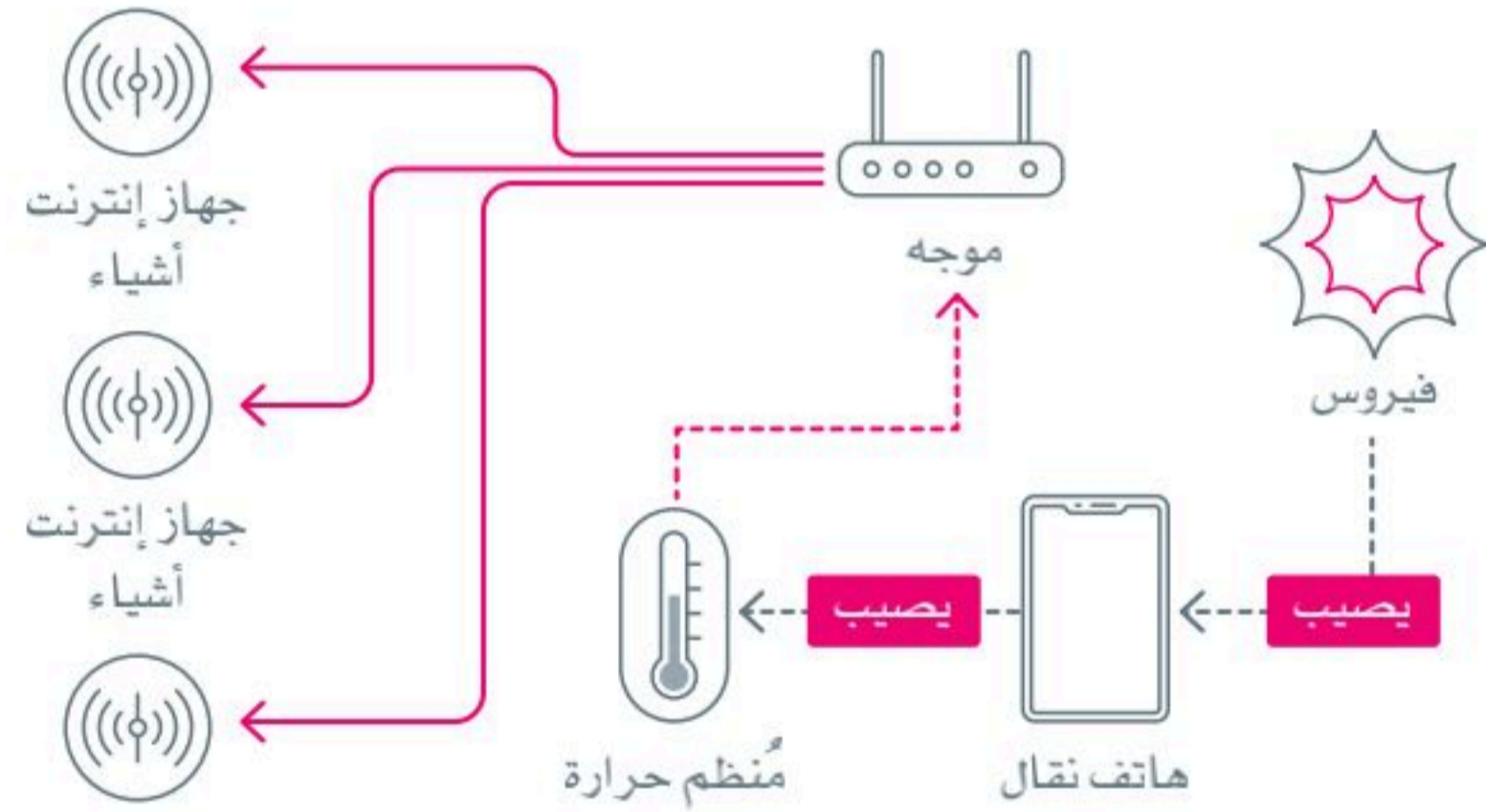
جدول 5.7: المخاوف الأمنية لشبكات الجيل الخامس لأنظمة إنترنت الأشياء

| المخاوف | الوصف |
|---|--|
|  أمن البيانات الضخمة | تنشئ أنظمة إنترنت الأشياء كميات كبيرة من البيانات غير المتجانسة وبصورة مستمرة. تتوسع متطلبات حركة البيانات للاتصالات المتنقلة في أنظمة إنترنت الأشياء بشكل كبير، ولذلك يُعدُّ ابتكار طريقة فعّالة لإدارة هذا الكم الكبير من البيانات التي أنشأتها أنظمة إنترنت الأشياء أمراً ضرورياً، وتوفر تقنيات شبكات الجيل الخامس إمكانية نقل البيانات بتكلفة أقل بكثير لكل بت من البيانات مقارنةً بالشبكات السابقة، ولكنها تخلق الحاجة إلى معايير بروتوكولات أمنة لإدارة وتنظيم هذا الكم الكبير من البيانات بشكل صحيح، وذلك من خلال وضع حلول أمنية تشمل إنترنت أشياء قائم على الجيل الخامس. |
|  حماية الأجهزة والتطبيقات | تمثل حماية العديد من الأجهزة والتطبيقات صعوبة إضافية. تتميز أنظمة إنترنت الأشياء القائمة على الجيل الخامس بقدرتها على دعم عدد أكبر بكثير من الأجهزة والتطبيقات مما هو موجود الآن، حيث ستؤدي الاتصالات بين ملايين الأجهزة والتطبيقات الإضافية إلى بروز مخاوف أمنية جديدة، فمثلاً قد يتسبب حدوث هجوم إلكتروني بسيط في منع السكان من مغادرة منازلهم وسياراتهم وغيرها من الأشياء المرتبطة بالشبكة. |
|  حماية قنوات الاتصال | الحفاظ على خصوصية جهاز المستخدم والمعلومات الشخصية والبيانات الحساسة. |



الخصوصية Privacy

تُشكّل مسألة الأمان عبر الإنترنت مصدر قلقٍ وتحدياً كبيراً في بيئة إنترنت الأشياء. ومن ناحيةٍ أخرى فإن الحفاظ على خصوصية بيانات المستخدمين يُشكّل تحدياً كبيراً أيضاً يتطلب اهتماماً إضافياً. قد تتعرض خصوصية المستخدمين لإنترنت الأشياء للخطر إذا تم تسريب البيانات الشخصية إلى جهات غير مُصرح لها، ونظراً لتنوع الأجهزة المتصلة بإنترنت الأشياء ونقاط الضعف الكامنة في الأجهزة والبرامج، فإن حماية خصوصية المستخدمين النهائيي تمثل العديد من التحديات الأمنية. يسمح الكم الهائل من البيانات الشخصية المُجمّعة من أنظمة البيانات الضخمة للمؤسسات بدمج مجموعات البيانات المختلفة، مما يزيد من القدرة على تحديد الأفراد، وتزداد القدرة على استخراج مجموعات البيانات وتحليل حجمها وتغييرها بشكل يومي. وللتغلب على هذا، فإن من الحكمة التأكد من إخفاء البيانات التي يمكن أن تدل على شخصية صاحبها وجعل تلك البيانات مجهولة المصدر (Anonymized Data)، كما يجب على المؤسسات التي تستخدم البيانات مجهولة المصدر إجراء تقييم شامل للمخاطر وتطبيق تقنيات أمنية فعّالة، ويشمل ذلك مجموعة متنوعة من الضمانات التقنية مثل: إخفاء البيانات، والتسمية المستعارة، فضلاً عن الضمانات القانونية والتنظيمية.



مثال

يمكن للقراصنة اختراق شبكة لإنترنت الأشياء، وجمع البيانات الخاصة عن طريق استغلال آلية التوصيل والتشغيل العالمي (UPnP)، والتي تتطلب تكويناً بسيطاً دون الحاجة إلى وجود مصادقة للاتصال، ويستغل المتسللون هذه الميزة لإصابة جهاز، ومن ثم إصابة شبكة إنترنت الأشياء. على سبيل المثال، يمكن للهاتف المحمول المصاب بفيروس أن يتصل بمنظم الحرارة في المنزل الذكي عبر شبكة الواي فاي. يوصل منظم الحرارة هذا من خلال (UPnP) بالموجة الخاص بالمنزل الذكي، وبالتالي تصاب شبكة إنترنت الأشياء المنزلية بأكملها بهذا الفيروس، مما يؤدي إلى خرق كامل لبيانات المعلومات الخاصة.

إخفاء البيانات (Data Masking) :

يتم في عملية إخفاء البيانات تغيير البيانات الحساسة. وهكذا فإن البيانات تصبح عديمة الجدوى بالنسبة للمتطفلين غير المصرح لهم، ولكن لا يزال بالإمكان استخدامها من قبل البرامج والموظفين المعتمدين للمزيد من التحليل.

الأسماء المستعارة

(Pseudonymization) :

تُستخدم الأسماء المستعارة لإدارة البيانات واستبدال محددات الهوية من تلك البيانات، وبالتالي تحل هذه الأسماء مكان حقول معلومات التعريف الشخصية في سجل البيانات، وذلك باستخدام قيم وأسماء مستعارة.

الخصوصية التفاضلية

(Differential Privacy) :

يُضاف مقدار عشوائي من الخصوصية، وهو عبارة عن مجموعة بيانات غير ذات أثر على دقة مجموعة البيانات. تُستخدم هذه التقنية لمنع تحديد أي معلومات شخصية للأفراد في مجموعة البيانات.

التوصيل والتشغيل العالمي

(Universal Plug and Play - UPnP) :

هي خدمة تُمكن الأجهزة الموجودة على نفس الشبكة المحلية من البحث والاتصال ببعضها تلقائياً باستخدام بروتوكولات الشبكات القياسية. تُعدُّ الطابعات والموجهات والأجهزة المحمولة وأجهزة التلفاز الذكية من أنواع أجهزة (UPnP).



| بيانات مجهولة المصدر | بيانات مستعارة | البيانات الشخصية الحساسة | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|--------------------------|-------|-------|--|--|--|--|---------------------------|---------------|---|-------------|-------|----------|---------------|--------------|-------------------|--------------|----------------|---------------------------|---------------|--|----------|-------|----------|---------------|----------------|-------------------|----------|----------------|---------------------------|---------------|
| <p>يتم حذف المُعرفات كما يتم تجميع البيانات الحساسة وظهورها بصورة عشوائية.</p> <table border="1"> <tr><td>Male</td><td>الجنس</td></tr> <tr><td>49-30</td><td>العمر</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>مرض السكري من النوع الأول</td><td>الحالة الصحية</td></tr> </table> | Male | الجنس | 49-30 | العمر | | | | | مرض السكري من النوع الأول | الحالة الصحية | <p>يتم استبدال المُعرفات ويتم تشفير البيانات الحساسة.</p> <table border="1"> <tr><td>User 458230</td><td>الاسم</td></tr> <tr><td>24.02.84</td><td>تاريخ الميلاد</td></tr> <tr><td>#Sd24@!04gTu</td><td>البريد الإلكتروني</td></tr> <tr><td>%UTopRg#Ku!1</td><td>مُعرف المستخدم</td></tr> <tr><td>مرض السكري من النوع الأول</td><td>الحالة الصحية</td></tr> </table> | User 458230 | الاسم | 24.02.84 | تاريخ الميلاد | #Sd24@!04gTu | البريد الإلكتروني | %UTopRg#Ku!1 | مُعرف المستخدم | مرض السكري من النوع الأول | الحالة الصحية | <p>هذه هي البيانات الكاملة بما فيها البيانات الشخصية والخاصة.</p> <table border="1"> <tr><td>علي سامي</td><td>الاسم</td></tr> <tr><td>24.02.84</td><td>تاريخ الميلاد</td></tr> <tr><td>asami@mail.com</td><td>البريد الإلكتروني</td></tr> <tr><td>ASami_84</td><td>مُعرف المستخدم</td></tr> <tr><td>مرض السكري من النوع الأول</td><td>الحالة الصحية</td></tr> </table> | علي سامي | الاسم | 24.02.84 | تاريخ الميلاد | asami@mail.com | البريد الإلكتروني | ASami_84 | مُعرف المستخدم | مرض السكري من النوع الأول | الحالة الصحية |
| Male | الجنس | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49-30 | العمر | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| مرض السكري من النوع الأول | الحالة الصحية | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| User 458230 | الاسم | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.02.84 | تاريخ الميلاد | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| #Sd24@!04gTu | البريد الإلكتروني | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| %UTopRg#Ku!1 | مُعرف المستخدم | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| مرض السكري من النوع الأول | الحالة الصحية | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| علي سامي | الاسم | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.02.84 | تاريخ الميلاد | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| asami@mail.com | البريد الإلكتروني | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ASami_84 | مُعرف المستخدم | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| مرض السكري من النوع الأول | الحالة الصحية | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

شكل 5.32: الأسماء المستعارة وإخفاء البيانات

تُعدُّ حماية البيانات وأمنها أمراً غير سهلٍ في بيئة إنترنت الأشياء، حيث يعتمد جوهر النظام على وجود واجهة اتصال بين الكائنات الذكية دون تدخل بشري. ونظراً للمعدل المتسارع لتطور مثل هذه الأنظمة، فإن التأخير الملحوظ في أنظمة حماية البيانات وكذلك في وعي المُشرِّعين بالمخاطر العملية المتعلقة بالحماية والأمان ليس مُستغرباً. يوضِّح الجدول الآتي مخاوف الخصوصية الحالية في إنترنت الأشياء والحلول الممكنة لها.

جدول 5.8: مخاوف خصوصية إنترنت الأشياء والحلول الممكنة لها

| الحلول المقترحة | مخاوف الخصوصية |
|---|---|
| استخدام الذكاء الاصطناعي للتحقق من دقة البيانات التي يتم جمعها. | جمع البيانات من مصادر مختلفة دون التحقق الدقيق من الملاءمة أو الدقة. |
| استخدام مجموعة متنوعة من الإجراءات الأمنية، مثل إخفاء البيانات وإخفاء الهوية والتسمية المستعارة والتجميع، بالإضافة إلى الضمانات القانونية والتنظيمية. | تُمكن أنظمة البيانات الضخمة المؤسسات من دمج مجموعات بيانات متعددة، مما يعزز احتمال أن تحدد البيانات الأفراد الأحياء. |
| تحسين مستوى الشفافية من خلال توفير معلومات حول سياسة الخصوصية قبل معالجة أي بيانات يتم الحصول عليها. | قد يسهم الغموض السائد في عمليات معالجة البيانات والتعقيدات المتعلقة بتحليلات البيانات الضخمة في انعدام الثقة. |
| قد تقوم المؤسسة بجمع البيانات الشخصية لغرض واحد ثم تحليلها لاحقاً لغرض مختلف تماماً. في مثل هذه الحالة، يجب إبلاغ المستخدمين بالتغيير وعند الضرورة يجب الحصول على الموافقة. | صعوبة تحديد ما إذا كانت الاستخدامات الفعلية للبيانات تتوافق مع الغرض الأصلي الذي تم جمعها لأجله. |
| تُستخدم الأساليب التقنية مثل بروتوكولات التشفير وتقنية سلسلة الكتل (Blockchain)، ويمكن أيضاً الاستعانة بأنظمة الأمان المادية كأنظمة التحكم في الوصول والمراقبة بالفيديو والسجلات الأمنية. | إن أي انتهاكات أو تهديد لخصوصية المستخدمين سيشكل ضرراً لمصادقية المُنشئين، وتتسبب في فقدان المستخدمين للثقة في المؤسسة والنظام ككل. |
| إن إجراء تقييم مخاطر الخصوصية يعطي تحذيرات مبكرة لاكتشاف مشكلات الخصوصية. | مراعاة حماية الخصوصية عند تصميم الأنظمة. |
| من الضروري اشتراك الدول والمنظمات الدولية والشركاء الصناعيين وخبراء الأمن وإنترنت الأشياء من الصناعة والأوساط الأكاديمية في تطوير حلول لحماية البيانات الشخصية الناتجة عن إنترنت الأشياء. | عدم وجود سياسات وأطر تنظيمية وطنية وإقليمية وعالمية ذات صلة بإنترنت الأشياء، والتي إن وجدت قد تتعارض مع التطور التقني أيضاً. |

تمرينات

1

| خاطئة | صحيحة | حدّد الجملة الصحيحة والجملة الخاطئة فيما يلي: |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. النظام الإلكتروني المادي هو نظام يراقب آلية محددة فقط. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. يشمل مبدأ حماية إنترنت الأشياء القيام بالحماية المادية لأجهزة إنترنت الأشياء. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. يتم تطبيق قوانين الأمان الإلكتروني بنفس الطريقة في كل الدول. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. تُعدّ تقنيات عنونة (IPv6) والجيل الخامس أمنة تماماً. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. يمكن إنشاء تقنيات آلة إلى آلة (M2M) دون أي تدخل بشري. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. تُشكّل الكائنات الذكية (أجهزة إنترنت الأشياء) المُخرقة خطراً على مستخدميها. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. تُعدّ أنظمة البرمجيات الوسيطة للاتصال بين شبكات الجيل الخامس عرضةً للهجمات الإلكترونية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 8. تُسفر البيانات الشخصية التي تُنشأ بواسطة أي كائن ذكي بشكل تلقائي. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 9. تقدم تقنيات إخفاء الهوية بيانات مزيفة لحماية البيانات الحقيقية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 10. يمكن أن تساعد تقنيات سلسلة الكتل (Blockchain) في حماية البيانات في أنظمة إنترنت الأشياء الموزعة. |

2 ما المسألة الأكثر إلحاحاً بشأن التطور والانتشار السريع لأنظمة إنترنت الأشياء؟



5 ميم بين الأنواع المختلفة للهجمات المحتملة على كل طبقة من هيكلية إنترنت الأشياء البسيطة.

6 ما التحدي الأمني التقني الأكثر أهمية الذي أسهمت شبكات الجيل الخامس في أنظمة إنترنت الأشياء في ظهوره؟
قدم أفكارك أدناه.



7 كيف أسهمت تقنيات البيانات الضخمة في ظهور تحديات جديدة للخصوصية؟

8 صنّف مخاوف الخصوصية الموجودة في أنظمة إنترنت الأشياء في الوقت الحالي.



المشروع

تُعدُّ الرعاية الصحية الذكية من أهم القطاعات التي تعمل على تحسين تقنيات إنترنت الأشياء، حيث ترتبط مجموعة متنوعة من الأجهزة والأنظمة ببعضها وتتبادل كميات كبيرة من البيانات، وتُعدُّ البيانات الطبية والحيوية للمرضى من أكثر البيانات خصوصية، والتي يجب على الشركات والحكومات حمايتها بشكل جيد.

1 يستخدم المرضى والأطباء والمراكز الطبية والمستشفيات البيانات الطبية والحيوية داخل تلك المستشفيات والمراكز، أما في الرعاية الصحية الذكية فيمكن الوصول إلى هذه البيانات من أي مكان. دُونَ أنواع الأجهزة والخدمات والأنظمة التي تنقل البيانات الحيوية الشخصية أو تعالجها أو تُخزنها من خلال أنظمة الرعاية الصحية الذكية.

2 لا تقتصر عملية حماية البيانات الحيوية على شركات التقنية التي تقوم بتطوير أنظمة إنترنت الأشياء، فالحكومات مسؤولة عن توفير التشريعات واللوائح لحماية المواطنين من إساءة استخدام البيانات الشخصية أو اختراقها. ابحث في الإنترنت عن أمثلة للتشريعات التي فرضتها المملكة العربية السعودية لأنظمة الرعاية الصحية الذكية، وعن تشريعات مُشابهة فرضتها دولة أخرى من اختيارك.

3 بعد تدوين ملاحظتك المتعلقة بالمشكلات المحتملة للأمان والخصوصية في الرعاية الصحية الذكية، والمقارنة بين التشريعات في المملكة العربية السعودية ودولة أخرى، قم بعرضها من خلال إنشاء عرض تقديمي باستخدام باوربوينت (PowerPoint).

ماذا تعلمت

- < كيفية استخدام شبكات مُستشعرات الجسم في تطبيقات الرعاية الصحية الذكية.
- < تحديد أنواع مُستشعرات الطائرات دون طيار المستخدمة في الزراعة الذكية باستخدام تطبيقات إنترنت الأشياء.
- < تحديد المجالات الرئيسية لهيكلية (oneM2M).
- < تمييز الطبقات المختلفة للهيكلية العالمية لأنظمة إنترنت الأشياء.
- < تحديد الاختلافات بين تقنية تحديد الترددات الراديوية (RFID) وتقنية الاتصال قريب المدى (NFC).
- < تحديد بروتوكولات الشبكة المستخدمة في شبكات المنطقة الشخصية اللاسلكية (WPANS).
- < تصنيف الأسس الرئيسية للأمان في إنترنت الأشياء.
- < التعرف على تقنيات الأمان المستخدمة في خصوصية إنترنت الأشياء.

المصطلحات الرئيسية

| | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Bluetooth | البلوتوث |
| Body Sensor Network | شبكة مُستشعرات الجسم |
| Cyber Physical System | النظام الإلكتروني الملموس |
| Data Masking | إخفاء البيانات |
| Edge Computing | الحوسبة الطرفية |
| Electrocardiogram | مخطط كهربية القلب |
| Electroencephalogram | مخطط كهربية الدماغ |
| Internet of Health Things | إنترنت أشياء الرعاية الصحية |
| IoT World Forum Architecture | هيكلية أنظمة إنترنت الأشياء العالمي |
| IPv6 | IP النسخة السادسة |

| | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| LoRaWAN | شبكة المنطقة الواسعة طويلة المدى |
| Machine To Machine | آلة إلى آلة |
| NFC | الاتصال قريب المدى |
| oneM2M Architecture | هيكلية oneM2M |
| Personal Area Network | شبكة المنطقة الشخصية |
| Pseudonymization | أسماء مستعارة |
| RFID | تحديد الترددات الراديوية |
| Thread | التشعب |
| UAV | مركبة جوية دون طيار |
| Wireless Personal Area Network | شبكة المنطقة الشخصية اللاسلكية |
| Zigbee | زيجبي |



6. برمجة إنترنت الأشياء باستخدام لغة C++

سيتعرف الطالب في هذه الوحدة على تطبيقات الحماية الذكية. وسيتعلم كذلك كيفية برمجة جهاز تحكم الأردوينو الدقيق (Arduino Microcontroller) باستخدام لغة برمجة C++. وكيفية الانتقال من اللبنة البرمجية إلى هذه اللغة في بيئة محاكاة دوائر تينكر كاد (Circuits Tinkercad). وفي الختام سيُنشئ مشروعاً للحماية الذكية بواسطة هذا الجهاز، وسيقوم ببرمجته باستخدام لغة C++.

أهداف التعلم

- بنهاية هذه الوحدة سيكون الطالب قادراً على أن:
 - < يُحدّد ميزات ومخاطر نظام الأمان في إنترنت الأشياء.
 - < يتعرّف على بعض أجهزة إنترنت الأشياء الأكثر استخداماً في أنظمة الحماية الذكية.
 - < يتعرّف على أنواع البيانات الشائعة في لغة C++.
 - < يستخدم المُعاملات في لغة C++.
 - < يستخدم الجُمْل الشرطية في C++.
 - < يستخدم التكرارات في C++.
 - < يُنشئ دالة في C++.
 - < يُحوّل اللبنة البرمجية في بيئة تينكر كاد إلى أوامر C++.
 - < يبرمج نظاماً للحماية الذكية باستخدام لوحة الأردوينو ولغة C++.

الأدوات:

- < بيئة محاكاة دوائر أوتوديسك تينكر كاد (Autodesk Tinkercad Circuits)





تطبيقات الحماية الذكية ولغة C++

الحماية الذكية Smart Security

يُعدّ نظام الحماية الذكي وسيلة أو عملية لحماية شيء ما باستخدام مجموعة من الأدوات والمكونات التي تعمل معاً. يُمكن لأنظمة إنترنت الأشياء التعامل مع عمليات المراقبة الداخلية والخارجية للبيوت والممتلكات، وتحديد مَنْ يمكنه الوصول إلى البوابات والأبواب من خلال استخدام الأقفال الذكية المثبتة عليها. على سبيل المثال، يُمكن الاستعانة بأجراس الباب الذكية للتعرف على الزائرين ومخاطبتهم قبل فتح باب المنزل، كما يُمكن دمج كاميرات عالية الدقة يتم تنشيطها بواسطة الحركة في هذه الأدوات لحماية المنزل، وتُوفّر أنظمة الحماية الذكية تحذيراً من أي تحركات غير اعتيادية، كما يُمكنها تنشيط إنذار معين أو حتى الاتصال بالشرطة.

الميزات Benefits

توجد العديد من الميزات لتكريب أنظمة الحماية المنزلية الذكية، حيث يتيح إنترنت الأشياء مراقبة المنزل وإدارته عن بُعد عبر تطبيقات الهاتف المحمول. تستخدم أجهزة الحماية الذكية تقنيات الذكاء الاصطناعي لاكتشاف الأخطار مبكراً لتحذير المستخدمين واتخاذ الإجراءات المحددة كالاتصال بالشرطة مثلاً، ويستثمر الناس في أنظمة الحماية المنزلية الذكية لجعل مساكنهم أكثر أماناً. توفر هذه التقنيات المتطورة إمكانية الدخول إلى منزلك دون الحاجة إلى المفتاح، وتمنحك تحديثات فورية في حال حصول أي أمور غير اعتيادية.

المخاطر Risks

رغم الميزات السابقة، إلا أن انعدام التشريعات الخاصة أو ضعفها باستخدام أجهزة إنترنت الأشياء وتوفير الحماية يُشكل تهديداً خطيراً عند تطبيق إنترنت الأشياء في المنزل الذكي. كما تبرز أخطار الخصوصية وأمن البيانات أثناء استخدام أجهزة إنترنت الأشياء في ظل عدم وجود معايير أمان عالمية. تجمع أدوات وأجهزة إنترنت الأشياء في منزلك البيانات، ولذلك عليك حماية كل نظام يجمع معلوماتك الشخصية ويحتفظ بها إذا أردت الحفاظ على خصوصيتك.

شكل 6.1: استخدام الهاتف الذكي لفتح بوابة أوتوماتيكية في مؤسسة



ستستكشف بعضًا من أكثر الأجهزة الشائعة القائمة على إنترنت الأشياء والمُستخدمة في أنظمة الحماية الذكية، مع أخذ المخاطر المختلفة بعين الاعتبار.

جدول 6.1: الأجهزة الشائعة التي تدعم إنترنت الأشياء

| الأجهزة | الاستخدامات في أنظمة الحماية الذكية |
|--|---|
|  <p>الأقفال الذكية</p> | <p>تعمل الأقفال الذكية على تحسين الأمان لمنزلك، وتسمح لك بالتحكم في البوابات عن بُعد، كما يمكنك وضع القيود على دخول الزوار في فترات زمنية معينة أو بناءً على جدول محدد، وتوفر بعض الأقفال الذكية ميزات أكثر تقدمًا كالتحكم من خلال بصمة الإصبع أو الوجه أو حتى المصادقة بمسح شبكية العين.</p> |
|  <p>الكاميرات الذكية</p> | <p>لا يكتمل نظام الحماية المنزلية دون استخدام الكاميرات الذكية، حيث تعمل الكاميرات كعيون رقمية لمنزلك، مما يسمح لك بمشاهدة أي نشاط داخل المنزل وخارجه بصورة فورية.</p> <p>توجد العديد من خيارات الكاميرا الذكية المتاحة بما فيها كاميرات بروتوكول الإنترنت (IP) اللاسلكية التي يمكن مراقبتها من أي مكان يتصل بالإنترنت. يمكن التقاط فيديو المراقبة للأماكن في محيط بوابات الدخول بواسطة كاميرات الباب أو البوابة.</p> |
|  <p>مُستشعرات الحرائق والدخان</p> | <p>تلعب أجهزة الكشف عن الحرائق والدخان دورًا مهمًا في الإنذار المبكر وإعلامك على الفور بوجود خطر ما في منزلك.</p> <p>غالبًا ما تُجهز المنازل الذكية بأجهزة كشف لغاز أول أكسيد الكربون، حيث توفر تنبيهات عند اكتشاف كميات كبيرة من هذا الغاز بشكل خطير.</p> <p>قد تقوم هذه الأجهزة بتنشيط نظام الإطفاء، أو بإخطار قسم الإطفاء للتأكد من عدم انتشار الحريق بصورة خطيرة مما قد يتسبب بخسائر أو إصابات في الممتلكات.</p> |
|  <p>مُستشعرات الحركة</p> | <p>تُعدُّ أجهزة الكشف عن الحركة مكونًا هامًا في نظام الحماية الذكي. تقوم هذه الأجهزة بتسجيل الاهتزازات والمعلومات وتحليلها من عدة أبعاد بواسطة هذه الأنظمة، والتي بدورها يمكنها أن تشير إلى أي حركة غير طبيعية. يمكن أن تقوم هذه المُستشعرات بتنشيط أجهزة الإنذار لإعلام المستخدمين بالأنشطة المشبوهة سواء داخل المنزل أو في محيطه الخارجي.</p> |



لغة C++

C++ Language

ليس من السهل تحقيق أمن المعلومات، ولذلك أنت بحاجة إلى استخدام لغات برمجة قوية مثل لغة C++ لبرمجة واجهات البرامج. تُعدّ لغة C++ برمجة تجميعية عالية المستوى تتضمن العديد من ميزات البرمجة الكائنية، إضافةً إلى العديد من الإمكانيات القوية في معالجة الذاكرة، كما تتميز هذه اللغة بكفاءتها وسرعة أدائها. صُمّمت لغة C++ كتطوير للغة برمجة C.

أنواع البيانات الأساسية Basic Data Types

على عكس الكثير من لغات البرمجة الأخرى، يجب تعريف نوع المتغير في لغة C++ قبل استخدامه، لأن نوع المتغير يشير إلى نوع البيانات التي يحملها. يحتاج البرنامج في C++ إلى هذه المعلومات لمعرفة مقدار الذاكرة المطلوب تخصيصها لهذه البيانات.

يمكنك تغيير نوع البيانات باستخدام مغير النوع، فعلى سبيل المثال (long int) يعني عدد صحيح طويل. تظهر التركيبات الممكنة لهذه المجموعات في الجدول أدناه:

| double | int | char | |
|--------|-----|------|----------|
| | ✓ | ✓ | signed |
| | ✓ | ✓ | unsigned |
| | ✓ | | short |
| ✓ | ✓ | | long |

يُمكن للمبرمج تعريف أنواع خاصة به من البيانات بناءً على احتياجاته.

جدول 6.2: أكثر أنواع البيانات شيوعاً في C++

| النوع | الرمز | مثال |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| الأعداد الصحيحة | (int) | -4, 5 |
| الأعداد العشرية أو الحقيقية | (float or double) | -7.5, 3.14 |
| النص | (char) | 'c' |
| البيانات المنطقية | (bool) | bool flag = true; |

هناك بعض قواعد التسمية التي تحتاج إلى اتباعها عند إنشاءك لمتغير.

شروط تسمية المتغيرات الصحيحة:

- يمكن لاسم المتغير أن يحتوي فقط على الحروف الأبجدية (A-Z, a-z) والأرقام (0-9) والشرطة السفلية (_).
- لا يُمكن أن يبدأ اسم المتغير برقم.
- لا يُمكن أن يكون اسم المتغير هو أحد كلمات لغة البرمجة، ككلمة int مثلاً، والتي هي كلمة أساسية تُستخدم للدلالة على الأعداد الصحيحة.

يُمكن تعريف المتغيرات مع تحديد قيمتها، أو دون ذلك.

المصفوفات Arrays

يُعدُّ هيكل المصفوفة (Array) من أكثر هياكل البيانات شيوعاً في C++. المصفوفة هي ببساطة مُتغيّر يمكنه الاحتفاظ بقيم بيانات متعددة من نفس النوع.

صيغة الإعلان عن المصفوفة:

```
datatype arrayName[arraySize];
```

نوع المصفوفة

حجم المصفوفة

اسم المصفوفة

لا يُمكنك تغيير نوع أو حجم المصفوفة بعد الإعلان عنها، ويمكنك الوصول إلى عناصرها باستخدام الدليل أو ما يسمى بفهرس المصفوفة (Array Index).

على سبيل المثال، إذا كنت تريد تخزين 10 قيم صحيحة، يُمكنك إنشاء مصفوفة تخزن فيها هذه القيم. عليك أولاً الإعلان عن نوع وحجم المصفوفة:

```
int values[10];
```

تُمثّل "int" نوع العناصر المُخزّنة في المصفوفة، و"values" هو اسم المصفوفة وحجمها هو 10. ولتعبئتها بالقيم يُستخدم الأمر الآتي:

```
values [10] = {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9};
```

للوصول إلى أي من عناصر المصفوفة، تحتاج إلى فهرس العنصر، فيكون الأمر:

```
int a = values[3];
```

يُعلن عن متغير باسم a، وهو عدد صحيح، وقيمه تساوي العنصر الرابع من المصفوفة "values" (تبدأ الفهرسة في C++ من 0). وعلى الرغم من إمكانية استخدام مصفوفات بأكثر من بُعد واحد، إلا أن أكثر أنواع المصفوفات شيوعاً هي المصفوفات أحادية وثنائية الأبعاد. لإنشاء مصفوفة ثنائية الأبعاد، تحتاج إلى إعلان حجم كل بُعد من أبعادها. على سبيل المثال:

```
char keys[4][2];
```

يُعلن عن مصفوفة تتكون من أربعة صفوف وعمودين، يمكنها تخزين قيم من نوع "char". ولتعبئة المصفوفة بقيمك، يجب أن تنفذ ذلك كما في المصفوفة أحادية الأبعاد:

```
keys[4][2] =  
{1,2},  
{3,4},  
{5,6},  
{7,8}  
};
```

ستحتاج هنا إلى زوج من القيم لكل صف من المصفوفة.



المُعامِلات الأساسية في C++ Basic Operators in C++

تتضمن المُعامِلات الأساسية كلاً من المُعامِلات الرياضية، ومُعامِلات الإسناد، والمُعامِلات العلائقية والمنطقية.

جدول 6.4: مُعامِلات الإسناد

| المُعامِل | مثال | يكافئ |
|-----------|---------|------------|
| = | a = b; | a = b; |
| += | a += b; | a = a + b; |
| -= | a -= b; | a = a - b; |
| *= | a *= b; | a = a * b; |
| /= | a /= b; | a = a / b; |
| %= | a %= b; | a = a % b; |

في الأعداد العشرية (float, double) يتم استخدام "/" فقط من أجل حاصل القسمة، مثلاً
5.0/2.0=2.5

جدول 6.3: المُعامِلات الرياضية

| المُعامِل | العملية |
|-----------|-------------|
| + | الجمع |
| - | الطرح |
| * | الضرب |
| / | القسمة |
| % | باقي القسمة |

في الأعداد الصحيحة (int)، يتم استخدام "/" لحساب حاصل القسمة و "%" لحساب باقي القسمة. مثلاً
5/2= 2, 5%2=1

جدول 6.5: المُعامِلات العلائقية

| المُعامِل | الوصف | مثال |
|-----------|------------------|------------------|
| == | يساوي | 3 == 5 يعطي خطأ |
| != | لا يساوي | 3 != 5 يعطي صواب |
| > | أكبر من | 3 > 5 يعطي خطأ |
| < | أصغر من | 3 < 5 يعطي صواب |
| >= | أكبر من أو يساوي | 3 >= 5 يعطي خطأ |
| <= | أصغر من أو يساوي | 3 <= 5 يعطي صواب |

جدول 6.6: المُعامِلات المنطقية

| المُعامِل | الوصف | مثال |
|-----------|---------------------------------|---|
| && | التعبير الأول && التعبير الثاني | AND (و) المنطقية تكون صائبة إذا كان التعبيران صائبين. |
| | التعبير الأول التعبير الثاني | OR (أو) المنطقية. تكون صائبة إذا كان أحد التعبيرين على الأقل صائباً. |
| ! | التعبير ! | NOT (لا) المنطقية تكون صائبة فقط إذا كان التعبير خاطئاً. |



التعليقات في لغة C++

Comments in C++

تدعم جميع لغات البرمجة ميزة إضافة التعليقات داخل التعليمات البرمجية. لا تُنفَّذ هذه التعليقات ضمن البرنامج، ولكنها تُستخدم لتحسين قابلية قراءة البرنامج، مما يُسهّل على المبرمجين أو مراجعي البرامج فهم وظائف البرنامج. توجد طريقتان لإضافة تعليق في C++، وذلك حسب الحاجة إلى إضافة التعليق في سطر واحد أو أسطر متعددة.

استخدم // لإضافة تعليق يتكون من سطر واحد.

```
// this is a comment
```

```
int y = 10;
```

```
cout << y;
```

تعليمات غير نشطة

استخدم /* لبدء تعليق متعدد و*/ لإنهائه. تُستخدم هذه الطريقة أيضًا لجعل جزء من التعليمات البرمجية غير نشط أثناء اختبار عمل البرنامج. على سبيل المثال يتم في البرنامج الآتي تخطي الجملة الشرطية if بواسطة مترجم لغة البرمجة.

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Enter password:");
```

```
bool correctPass = true;
```

```
char buttonPressed;
```

```
/*
```

```
int index = 4;
```

```
buttonPressed = keypad.waitForKey();
```

```
if(password[index] != buttonPressed){
```

```
    correctPass = false;
```

```
}
```

```
*/
```

```
lcd.setCursor(i, 1);
```

```
lcd.print(buttonPressed);
```

تعليمات غير نشطة



لطباعة المتغير x في C++، استخدم الأمر الآتي:

```
cout << x;
```

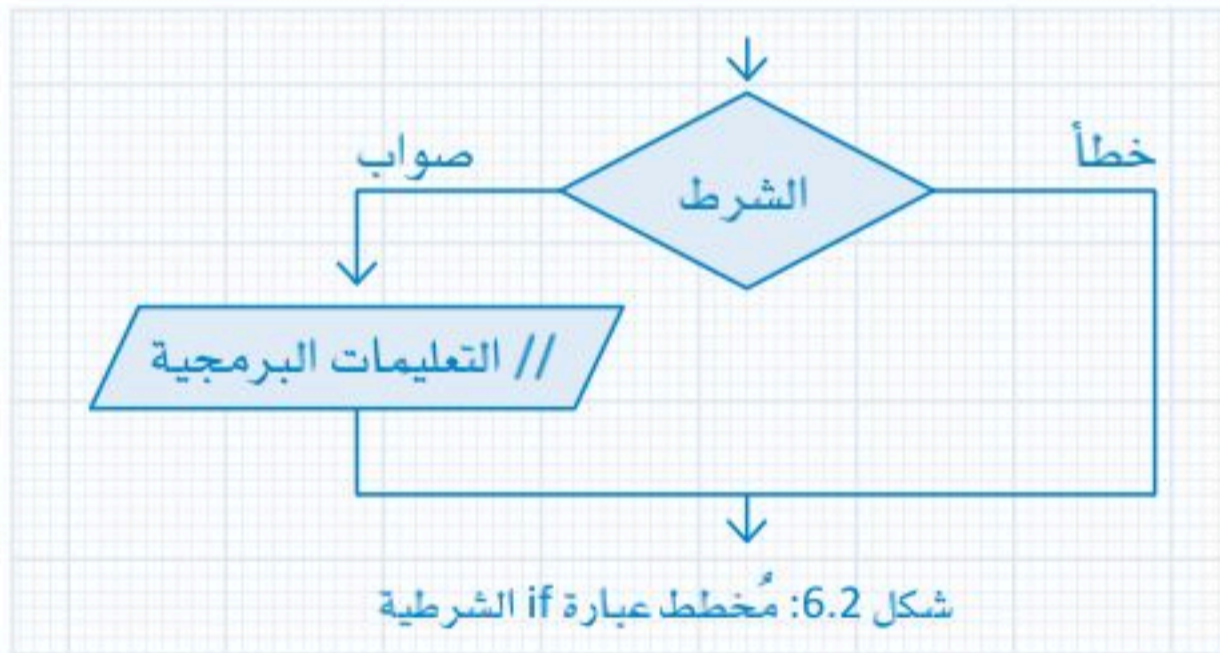
العبارات الشرطية في C++ Conditional Statements in C++

لتنفيذ مجموعة معينة من التعليمات البرمجية بناءً على تحقق شرط ما، يُمكنك استخدام مجموعة من الجُمَل الشرطية:

- عبارة if
- عبارة if... else
- عبارة if... else if... else

عبارة if الشرطية

يُستخدم هذا النوع من العبارات الشرطية إذا أردت تنفيذ مجموعة تعليمات برمجية حال تحقق شرط محدد.



صيغة عبارة if البسيطة في C++ كالآتي:

```
if (condition) {  
    // body of if statement  
}
```

يتم أولاً فحص الشرط الموجود بين قوسين، وفي حال كانت قيمته صائبة، تُنفَّذ التعليمات البرمجية الموجودة داخل الأقواس {}. أما إذا كانت خاطئة، فإنه يتم تخطي تلك التعليمات البرمجية. تعمل عبارة if كالآتي:

إذا كان الشرط خطأ:

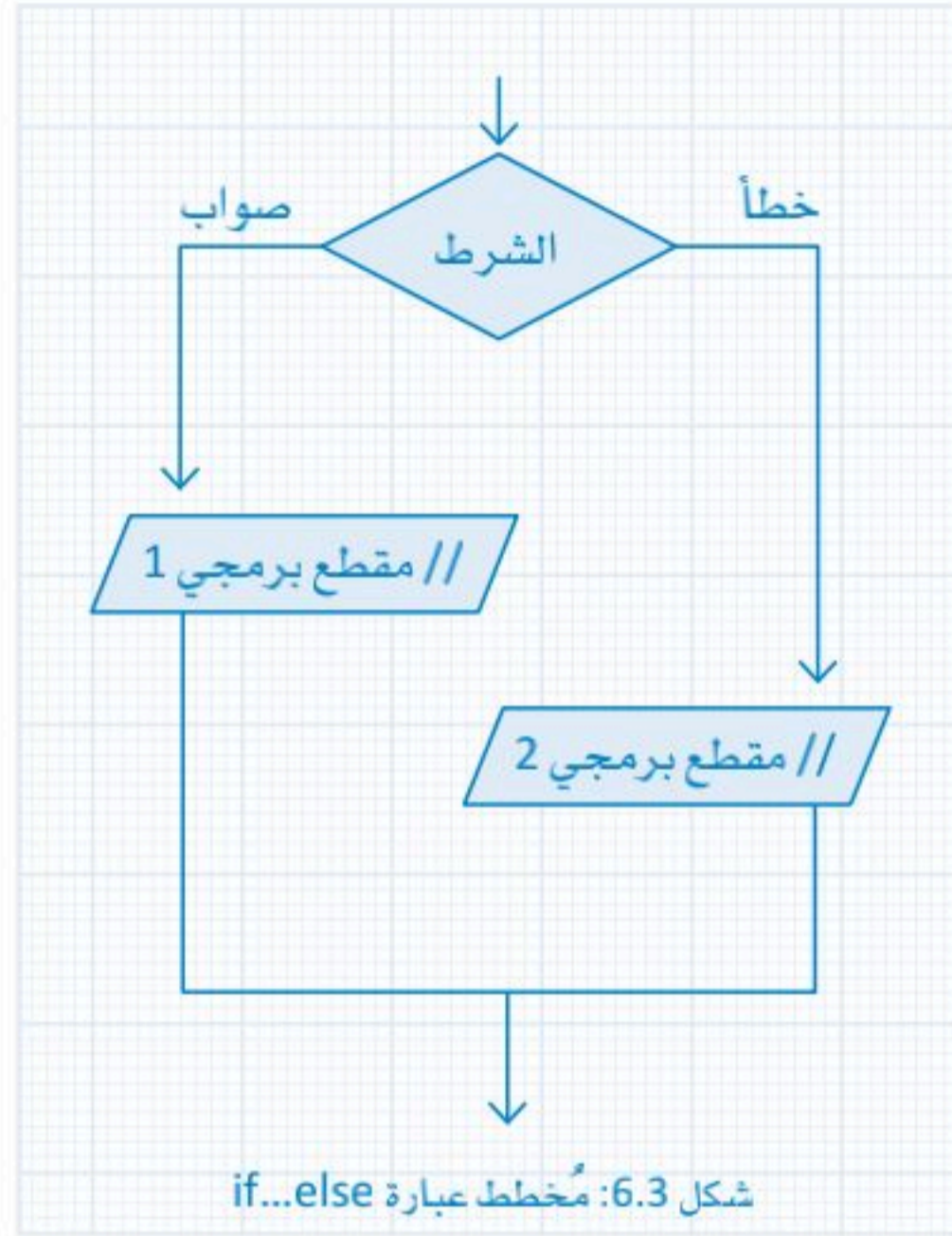
```
int number = 5;  
if (number < 0) {  
    // code  
}  
// code after if
```

إذا كان الشرط صائباً:

```
int number = 5;  
if (number > 0) {  
    // code  
}  
// code after if
```

عبارة if...else الشرطية

في هذا النوع من العبارات الشرطية، تُنفَّذ مجموعة التعليمات البرمجية داخل `{if}` ويتم تخطي التعليمات البرمجية الموجودة داخل `{else}`، أو يتم تخطي التعليمات البرمجية داخل `{if}` وتُنفَّذ التعليمات البرمجية الموجودة داخل `{else}`.



تركيب عبارة if...else:

```
if (condition) {  
    // block of code 1 if condition is true  
}  
else {  
    // block of code 2 if condition is false  
}
```

يتم أولاً تقييم الشرط الموجود بين قوسين وإذا كانت قيمته صائبة، فستُنفَّذ التعليمات البرمجية الموجودة داخل `{if}`، وإذا كان الشرط خطأ، فسيتم تنفيذ التعليمات البرمجية الموجودة داخل `{else}`. كيف تعمل عبارة if...else:

إذا كان الشرط خطأ:

```
int number = 5;  
if (number < 0) {  
    // code  
}  
else {  
    // code  
}  
  
// code after if...else
```

يتم تجاوزه

يتم تنفيذه

إذا كان الشرط صائباً:

```
int number = 5;  
if (number > 0) {  
    // code  
}  
else {  
    // code  
}  
  
// code after if...else
```

يتم تنفيذه

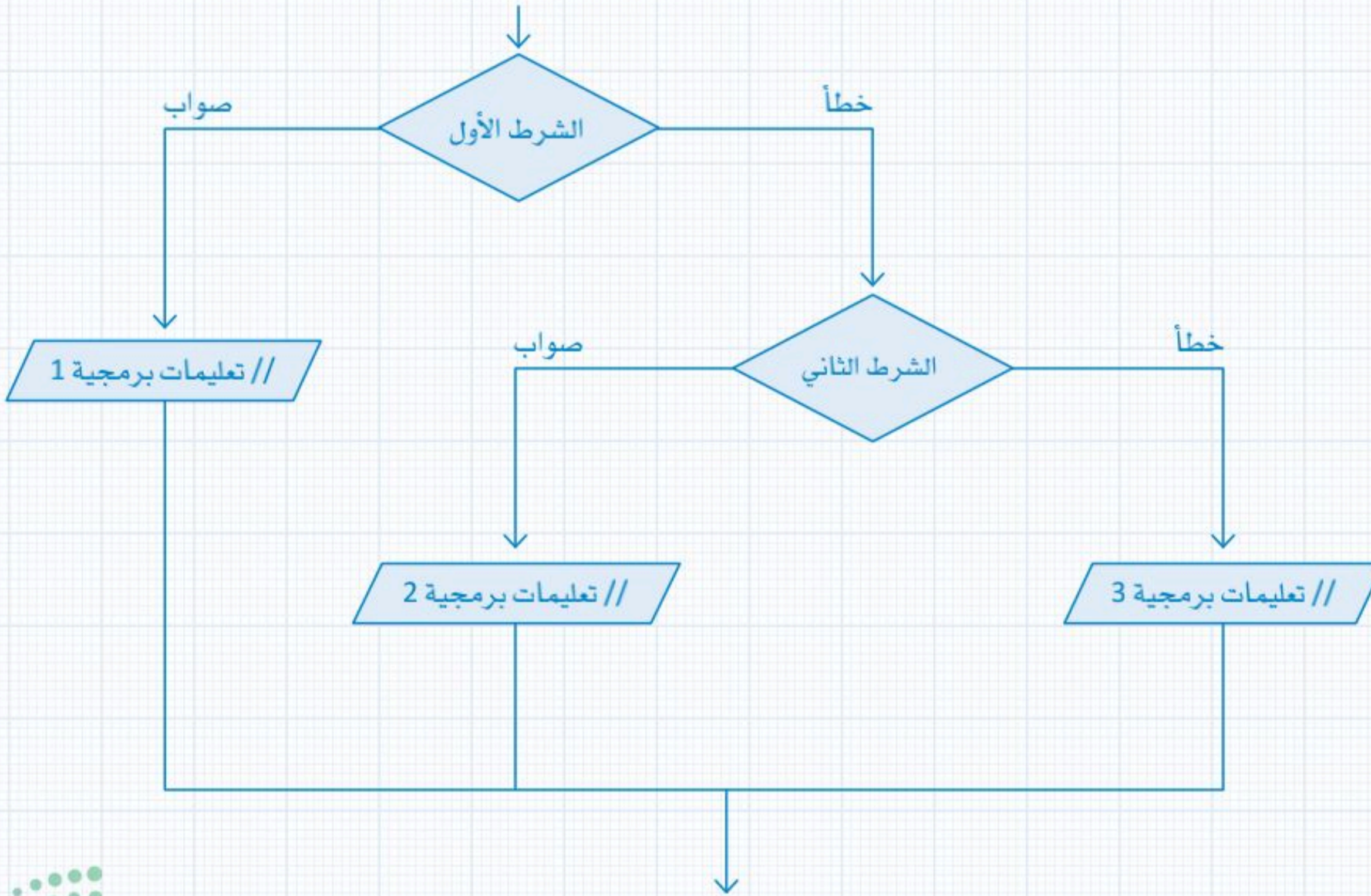
يتم تجاوزه



يُستخدم النوع الأخير من العبارات الشرطية if... else if... else عندما تحتاج إلى التحقق من أكثر من شرط واحد، أو عندما تحتاج إلى تنفيذ 3 مجموعات أو أكثر من التعليمات البرمجية وفقاً لبعض الشروط.

تركيب عبارة if .. else if .. else هو:

```
if (condition1) {
    // code block 1
}
else if (condition2) {
    // code block 2
}
else {
    // code block 3
}
```



شكل 6.4: مخطط عبارة if .. else if .. else



كيف تعمل عبارة if .. else if .. else

إذا كان الشرط الأول صائبًا، ستُنفَّذ مجموعة التعليمات البرمجية الأولى ويتم تخطي باقي التعليمات البرمجية.

إذا كان الشرط الأول خطأ وكان الشرط الثاني صائبًا، ستُنفَّذ مجموعة التعليمات البرمجية الثانية، وتخطي مجموعة التعليمات البرمجية الثالثة.

إذا كان الشرط الأول صائبًا:

```
int number = 2;
if (number > 0) {
    // code
}
else if (number == 0) {
    // code
}
else {
    // code
}
// code after if
```

إذا كان الشرط الثاني صائبًا:

```
int number = 0;
if (number > 0) {
    // code
}
else if (number == 0) {
    // code
}
else {
    // code
}
// code after if
```

إذا لم يكن أي من الشرط الأول أو الشرط الثاني صائبًا، ستُنفَّذ مجموعة التعليمات البرمجية الثالثة.

يمكنك أيضًا تضمين عبارة if داخل مجموعة التعليمات البرمجية لعبارة if أخرى. ولا يُشترط أن تكون من نفس النوع. فمثلًا:

كافة الشروط خطأ:

```
int number = -1;
if (number > 0) {
    // code
}
else if (number == 0) {
    // code
}
else {
    // code
}
// code after if
```

```
// outer if statement
if (condition1) {

    // statements

    // inner if statement
    if (condition2) {
    }
}
// code after if
```

التكرارات Loops

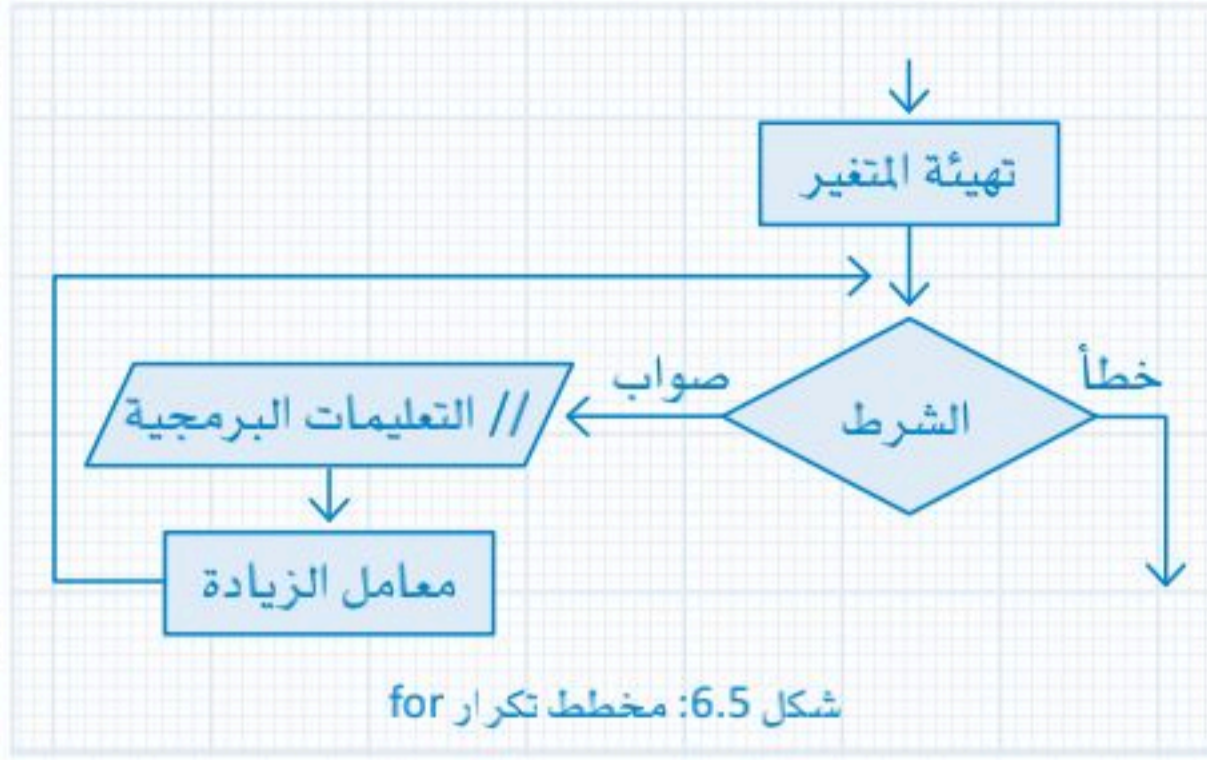
يمكنك في C++ استخدام ثلاثة أنواع من التكرارات البرمجية:

- تكرار for
- تكرار while
- تكرار do...while

تكرار for

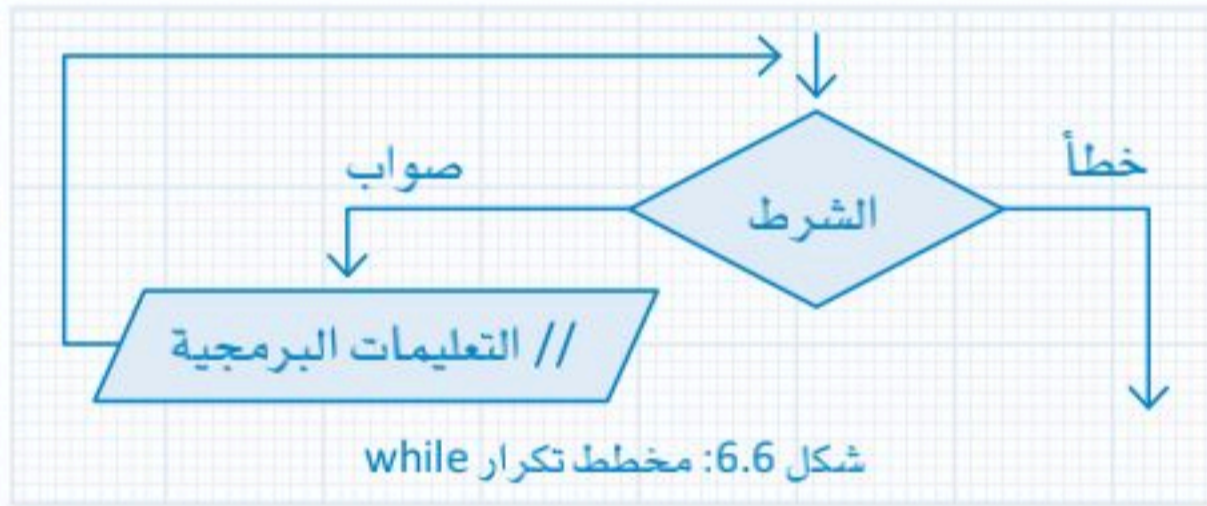
صيغة تكرار for هي:

```
for (variable initialization;  
condition; increment operation) {  
// loop statements;  
}
```



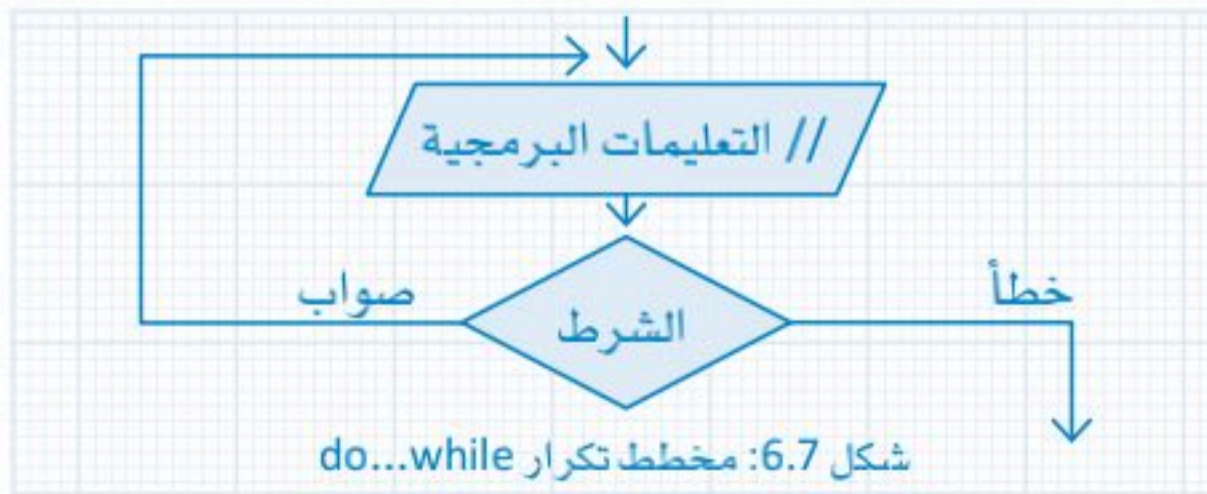
شكل 6.5: مخطط تكرار for

تُنفَّذ تهيئة المتغير مرة واحدة فقط قبل بدء التكرار وتعيين قيم البداية للمتغيرات التي تشكل جزءاً من الشرط. يمكنك أيضاً الإعلان عن متغير وتهيئته في هذه الخطوة، وغالباً يُستخدم عداد لتنفيذ التكرار عدة مرات حسب الشرط. فإذا كانت قيمة الشرط صواب، تُنفَّذ جمل التكرار ثم تتم الزيادة بتحديث قيم المتغيرات التي تمت تهيئتها. يستمر هذا حتى تتغير قيمة الشرط إلى خطأ.



شكل 6.6: مخطط تكرار while

حيث تُنفَّذ عبارات التكرار عندما يكون الشرط صائباً، وعندما يصبح الشرط خطأ، يتوقف التكرار ويتم تخطي عبارات التكرار.



شكل 6.7: مخطط تكرار do...while

يختلف هذا التكرار عن تكرار while في أنه في تكرار do... while loop يُفحص الشرط بعد جمل التكرار، وهذا يعني أن التعليمات البرمجية داخل جسم التكرار ستُنفَّذ مرة واحدة على الأقل. ويتوقف التكرار عند تحول الشرط إلى خطأ.

تكرار while

صيغة تكرار while هي:

```
while (condition) {  
// loop statements;  
}
```

تكرار do...while

النوع الثالث للتكرارات هو do... while، وهو نوع يختلف عن تكرار while وصيغته هي:

```
do {  
// statement execution;  
} while (condition);
```

عبارات التحكم البرمجية "break" و "continue" "break" and "continue" Statements

توجد عبارتان مفيدتان جداً عند التعامل مع التكرارات، وهما break و continue واللذان يعملان مع جميع أنواع التكرارات.

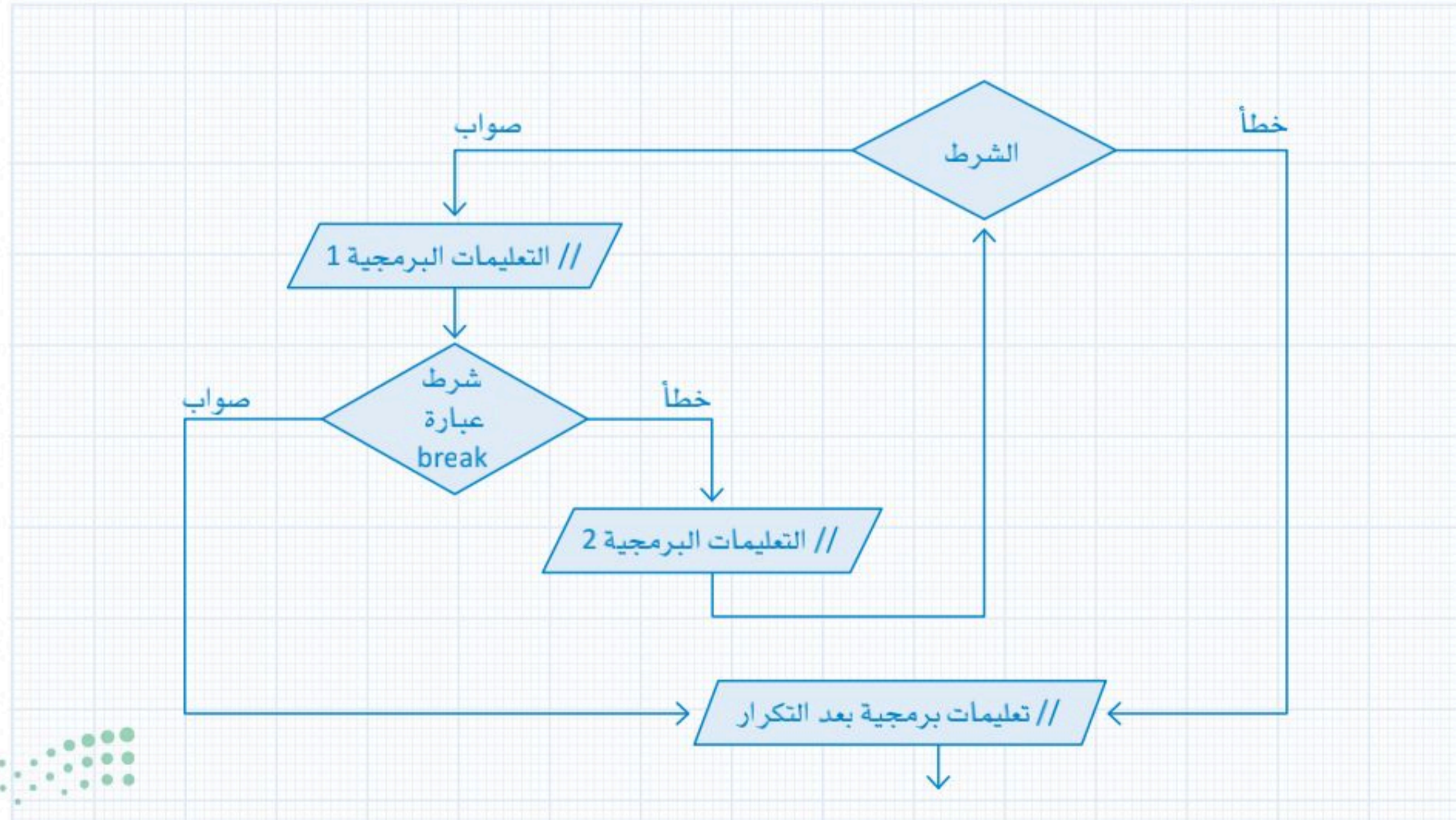
عبارة "break"

تهي عبارة break التكرار حيث تكون موجودة.

```
for (init; condition; update) {  
    // code block 1  
    if (condition to break) {  
        break  
    }  
    // code block 2  
}  
// code after loop
```

```
while (condition) {  
    // code block 1  
    if (condition to break) {  
        break  
    }  
    // code block 2  
}  
// code after loop
```

إذا عُثِر على عبارة break داخل تكرار مُتداخِل، فإنها تُنهي التكرار الداخلي.



شكل 6.8: مخطط عبارة break



تتخطى عبارة continue بقية التعليمات البرمجية داخل التكرار وتنتقل إلى التكرار التالي.

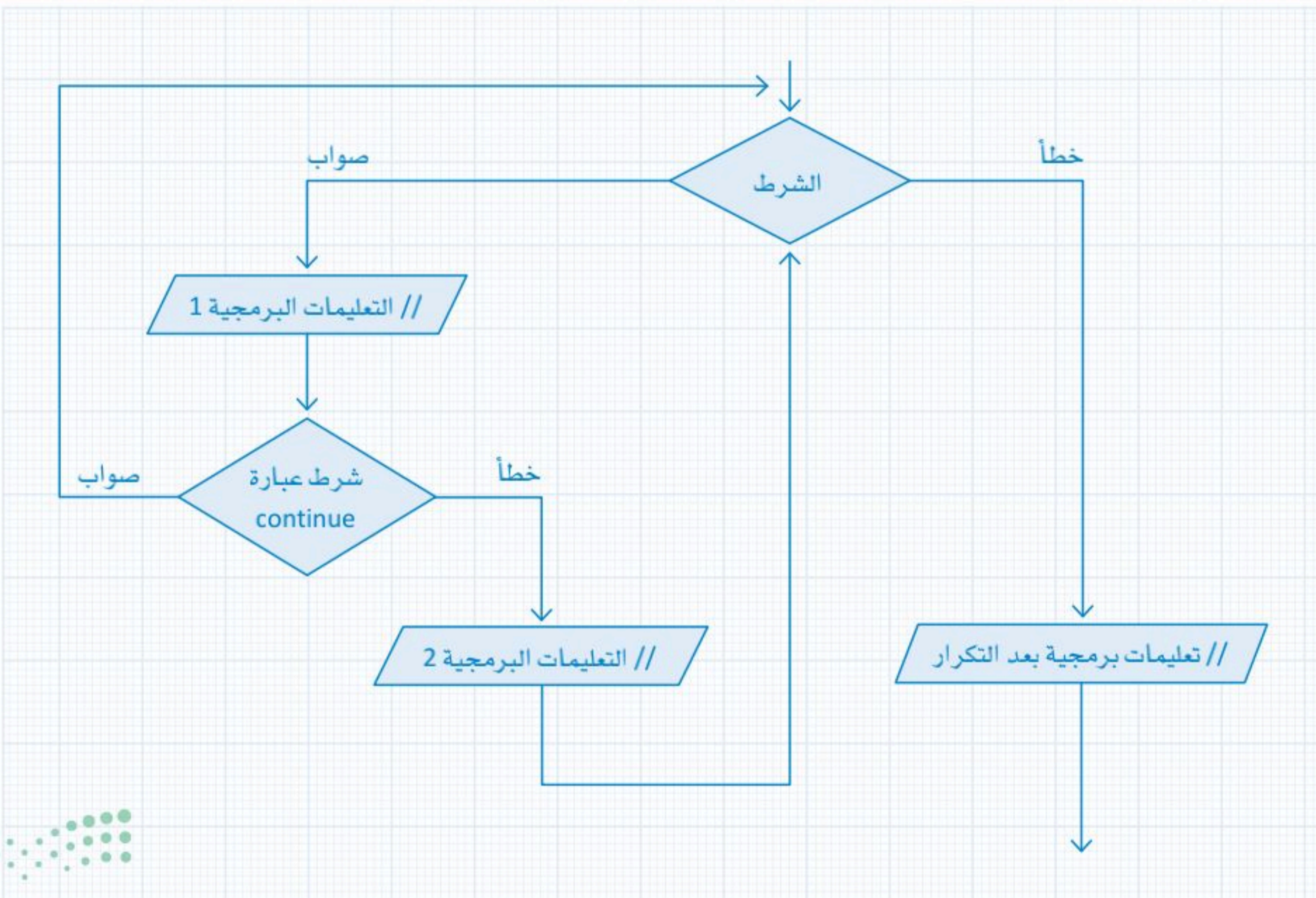
```

->for (init; condition; update) {
    // code block 1
    if (condition to continue) {
        continue
    }
    // code block 2
}
// code after loop
    
```

```

->while (condition) {
    // code block 1
    if (condition to continue) {
        continue
    }
    // code block 2
}
// code after loop
    
```

إذا وُجدت عبارة continue داخل التكرار المتداخل، سيتم تخطي التكرار الحالي في التكرار الداخلي.



شكل 6.9: مخطط عبارة continue

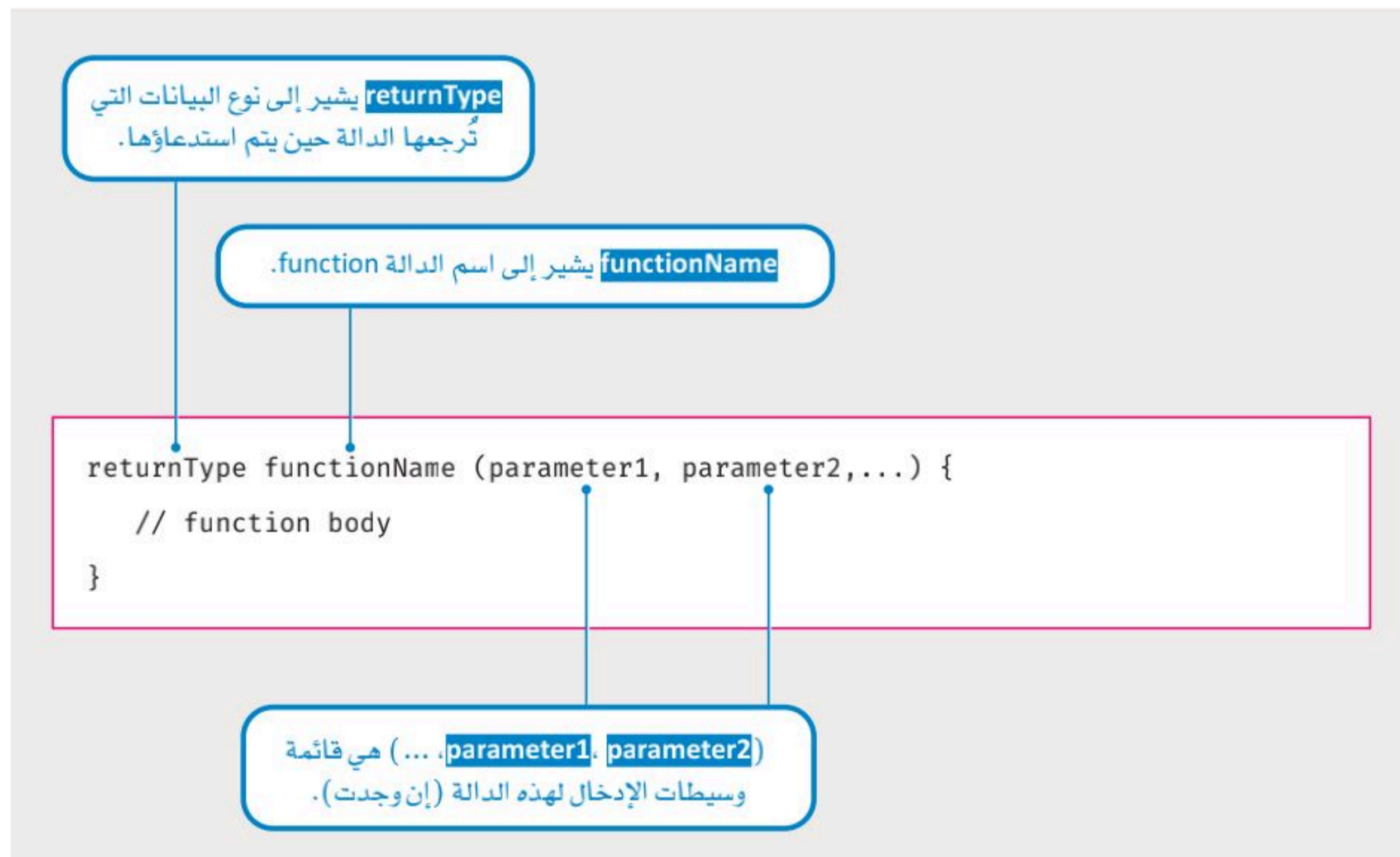


الدوال في C++

Functions in C++

عند القيام بكتابة البرامج، ستلاحظ أن الكثير من المهام البرمجية قد تحتاج إلى تنفيذ عمليات معينة عدة مرات خلال تشغيل البرنامج. يمكنك بالطبع كتابة نفس سطور التعليمات البرمجية كل مرة تحتاج فيها إلى تنفيذ هذه المهام، ولكن الحل الأفضل هو تجميع هذه التعليمات البرمجية وإنشاء دالة لتؤدي هذه المهام. توجد في C++ العديد من الدوال القياسية المضمنة والتي يمكن للمبرمجين استخدامها. يُمكن للمبرمجين أيضًا إنشاء دوالهم الخاصة بناءً على احتياجاتهم حيث يمكنهم تسميتها بأنفسهم. يمكن لكل دالة قبول بعض المتغيرات كمعاملات إدخال، وتنفيذ بعض التعليمات البرمجية المضمنة بين الأقواس {}, ولإنهاء الدالة توجد عبارة إرجاع (return) تُرجع قيمة.

لإنشاء دالة، تحتاج أولاً إلى الإعلان عنها:



مثال على دالة بسيطة تستقبل عددين صحيحين كوسيطين لتعيد مجموعهما:

```
// function declaration  
int adding (int a, int b) {  
    s = a+b;  
    return s  
}
```



لاستخدام هذه الدالة في برنامجك الرئيس، يمكنك استدعاؤها من خلال اسمها وتميرير عددين صحيحين لها كـمُعامِلات:

```
int main () {
    int a=2;
    int b=5;
    int c;
    //calling the function and passing a, b as arguments
    c = adding(a,b);
    //cout will print the value of c
    cout << c;
    return 0;
}
```

فقط في الدالة main() يكون تعبير الإرجاع (return) اختيارياً، ويمكن الاستغناء عنه.

كما تلاحظ فإن الدالة main هي أيضاً دالة تقوم بإرجاع القيمة 0، وهكذا فإن نوع البيانات الذي تُرجعه الدالة هو int (عدد صحيح)، ولكنه لا يقبل أي مُعامِلات إدخال في هذه الحالة ويشار إليها بالأقواس الفارغة (). دالة main هي نوع خاص من الدوال في C++، حيث يوجد الجزء الرئيس من البرنامج. يجب أن يتطابق النوع والعدد والترتيب للوسيطات التي تُمرر إلى دالة ما مع نوع المُعامِلات الموجود في إعلان الدالة.

من الممكن ألا تُرجع الدالة أي قيمة، وفي مثل هذه الحالة يكون نوع الإرجاع "void" (فارغاً).

```
void displayNumber () {
    // code
}
```

دالتي Setup() و Loop() Setup() and Loop() Functions

عند كتابة برنامج أردوينو في منصة تينكر كاد، توجد دالتان يجب استدعاؤهما لتنفيذ برنامج الدائرة. تُستدعى هذه الدوال تلقائياً عند بدء تنفيذ البرنامج، وذلك على عكس باقي الدوال التي يجب استدعاؤها يدوياً من خلال تعليماتك البرمجية. أول دالة تُنفَّذ هي void setup()، وتُنفَّذ هذه الدالة مرة واحدة فقط في البداية، وهي مسؤولة عن تكوين أجزاء الدائرة المختلفة مثل ضبط وضع أطراف الأردوينو الرقمية، وإنشاء اتصال مع الطرف التسلسلي وغيرها من الأمور. بعد تنفيذ دالة setup()، تُستدعى الدالة void loop() بشكل متكرر أثناء عمل النظام، وهذه الدالة هي التي تنفذ الوظيفة الرئيسة للدائرة.

بشكل عام، يجب أن تكتب برنامج الإعداد داخل دالة `void setup()`، وتكتب منطق البرنامج الرئيس داخل `void loop()`، وأي إعلان عن أي ثوابت أو دوال يكون خارج هاتين الدالتين.

مثال على برنامج أردوينو بلغة C++.

```
void setup() {
  int a = 10;
  int b = 20;
}

void loop() {
  for (int i = 0; i < b; i++) {
    a += i;
    cout << a;
  }
}
```

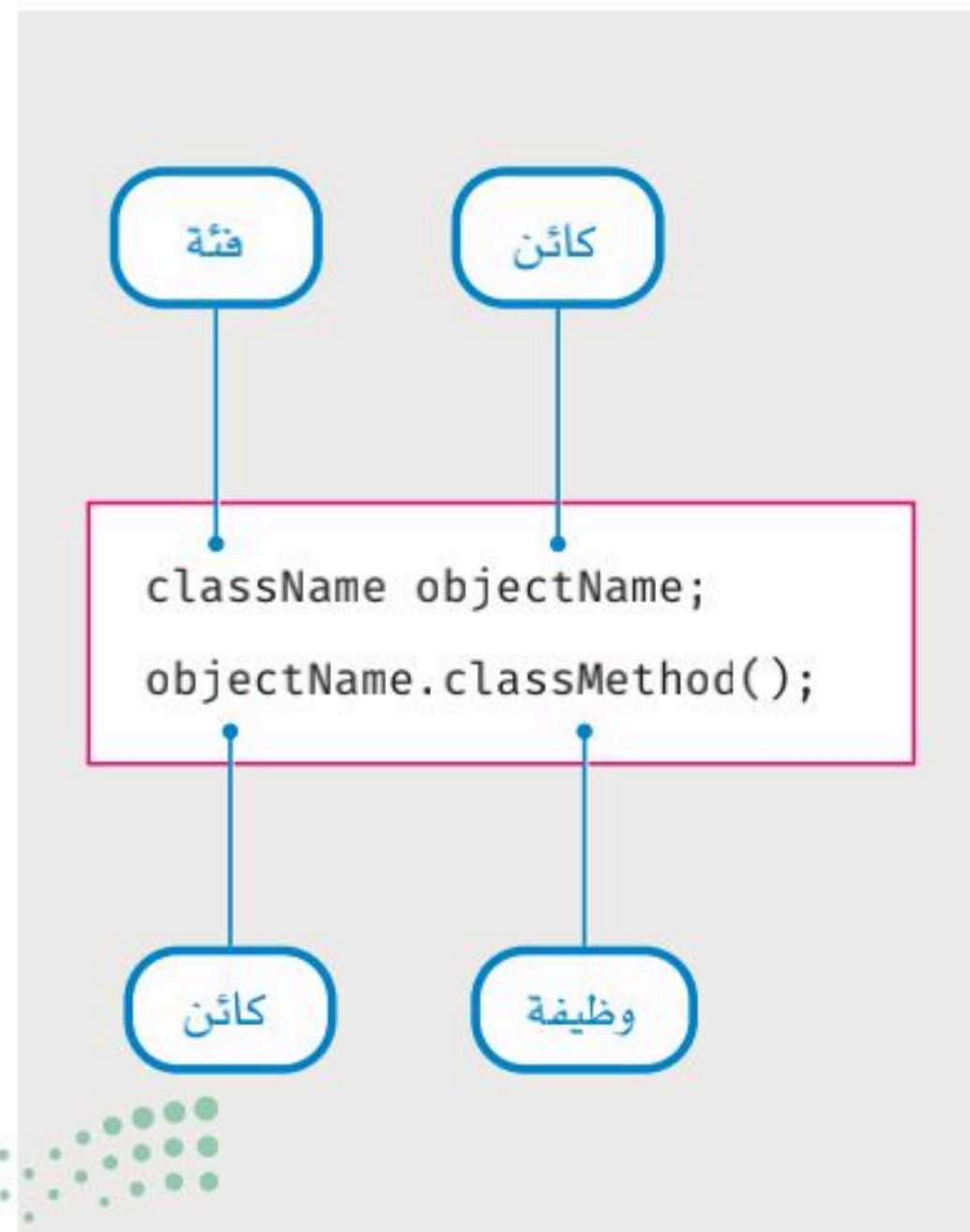
تُشغّل دالة `setup()` مرة واحدة فقط لتكوين المتغيرات والكائنات.

تعمل دالة `loop()` بصورة متكررة في الأردوينو.

الفئات والكائنات والوظائف

Classes, Objects, and Methods

ترتكز البرمجة الكائنية (Object-Oriented Programming) على إجراء جميع العمليات البرمجية على أساس "الكائنات". الكائن هو الوحدة الأساسية للبرمجة الكائنية. قد يكون لهذه الكائنات خصائص، كما يمكنها أن تنفذ بعض الأحداث (Actions) الأساسية. على سبيل المثال، يمكن اعتبار محرك سيرفو (Servo Motor) بمثابة كائن له بعض الخصائص مثل (الاسم والنوع)، ويمكنه تنفيذ بعض الإجراءات الأساسية مثل القراءة من طرف رقمي، وتدوير محركه بعدد معين من الدرجات وغيرها. تُسمى هذه الإجراءات التي يمكن لكل كائن تنفيذها بالوظائف (Methods)، وهي في لغة C++ بالأساس الدوال التي أُعلن عنها داخل جسم الكائن. من الناحية الفنية، يُعلن عن الخصائص والوظائف داخل جسم الفئة (Class) وليس الكائن (Object). لفهم الفرق بين الفئة والكائنات، يمكنك اعتبار الفئة كمفهوم، والكائنات على أنها تجسيد لهذا المفهوم. على سبيل المثال، في محاكاة الدائرة حيث سيكون هناك ثلاثة محركات سيرفو (Servo Motors)، فستحتاج أولاً إلى الإعلان عن فئة "Servo"، وسيكون كل من هذه المحركات الثلاثة كائناً مؤزرًا، ويطلق عليه عادةً تسمية العينة (Instance) من فئة "Servo".



تمريبات

1

| خاطئة | صحيحة | حدّد الجملة الصحيحة والجملة الخاطئة فيما يلي: |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. يمكن لأجهزة إنترنت الأشياء التحكم في أبواب المنزل، وإغلاقها. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. لا يمكنك مراقبة المنزل الذكي باستخدام الهاتف الذكي. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. تواكب التشريعات والقوانين القضايا المتعلقة بتطبيقات الحماية الذكية لإنترنت الأشياء. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. لا يمكن الوصول إلى أنظمة الكاميرات الذكية إلا من خلال الشبكة المنزلية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. يمكن لأنظمة المنزل الذكي الاتصال تلقائياً بخدمات الطوارئ. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. يمكن لأنظمة القفل الذكية استخدام البيانات الحيوية (البيولوجية) للتعرف على المستخدمين. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. تختلف لغة C++ تماماً عن لغة C. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 8. C++ هي لغة برمجة كائنية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 9. المصفوفات في لغة C++ مُحددة النوع دائماً. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 10. ليست هناك أي أهمية خاصة للدالتين (<code>setup()</code>) و (<code>loop()</code>) في برنامج الأردوينو. |

2

عدّد الفوائد التي توفرها تطبيقات الحماية الذكية في إنترنت الأشياء.



3 وضح المخاطر المحتملة للاستخدامات المتقدمة لإنترنت الأشياء للحماية الذكية.

4 صنّف أكثر الأجهزة المنزلية الذكية الشائعة التي تدعم إنترنت الأشياء.



5 حدّد الأنواع الأساسية للبيانات للبرمجة بلغة C++.

6 دوّن القواعد الأساسية التي يجب مراعاتها عند تسمية متغيرات C++.



7 وضح كيفية تنفيذ تكرارات for في لغة C++.

8 صِف الفرق بين تكرارات while و do... while في لغة C++.



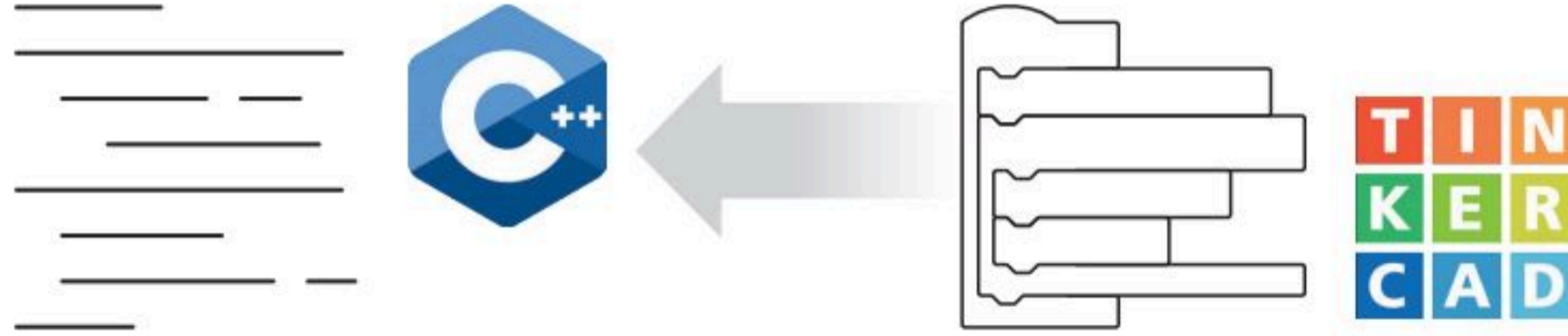


الانتقال من اللبئات البرمجية في تينكر كاد إلى لغة ++C

الانتقال من برمجة اللبئات المرئية إلى البرمجة في ++C

Migrating from Visual Blocks Programming to ++C Programming

ستتعلم في هذا الدرس كيفية الانتقال من برمجة الأردوينو (Arduino) بلبئات تينكر كاد (Tinkercad) البرمجية إلى برمجته باستخدام لغة البرمجة ++C. تُعدُّ اللبئات البرمجية في تينكر كاد مفيدة في تنفيذ النماذج الأولية والمهام البرمجية البسيطة، إلا أن استخدام ++C يُعدُّ ضرورياً للاستفادة الكاملة من إمكانيات مُتحكم الأردوينو. ستتعلم في هذا الدرس الدوال والجُمَل الأساسية لبدء برمجة متحكم الأردوينو باستخدام لغة ++C.



شكل 6.10: من اللبئات البرمجية في تينكر كاد إلى البرمجة في ++C

يوفر تينكر كاد بيئة محاكاة لبرمجة الأردوينو بالنمذجة، والتي لا تتطلب وجود أردوينو فعلياً وتوصيله بجهاز الحاسب.

مجموعة لبئات الأوامر المستخدمة:

- Output
- Input
- Notation
- Control
- Math
- Variables

الإعلان عن المتغيرات والعمليات

Variable Assignments and Operations

يتم إعلان المتغيرات وتغييرها في لبئات تينكر كاد البرمجية من خلال مجموعتي أوامر المتغيرات (Variables) والحساب (Math). يوضِّح الجدول الآتي أمثلة للأوامر المتاحة.

الإعلان عن متغير باسم x.

| لبنة تينكر كاد | ++C |
|----------------|-----------------------|
| | <pre>int x = 0;</pre> |

تعيين قيمة للمتغير.

| لبنة تينكر كاد | ++C |
|----------------|-------------------|
| | <pre>x = 3;</pre> |

تغيير قيمة متغير بقيمة محددة.

| | |
|----------------|--------------------|
| لبنة تينكر كاد | C++ |
| | <pre>x += 5;</pre> |

تنفيذ عملية رياضية بين المتغيرين X وY.

| | |
|----------------|-----------------------|
| لبنة تينكر كاد | C++ |
| | <pre>x = x - y;</pre> |

تعيين متغير ثالث Z لناتج عملية رياضية بين المتغيرين X وY.

| | |
|----------------|-----------------------|
| لبنة تينكر كاد | C++ |
| | <pre>z = x / y;</pre> |

إجراء مقارنة رياضية بين المتغيرين X وY.

| | |
|----------------|---------------------|
| لبنة تينكر كاد | C++ |
| | <pre>x < y</pre> |

إجراء مقارنة منطقية بين المتغيرين X وY.

| | |
|----------------|-------------------|
| لبنة تينكر كاد | C++ |
| | <pre>x != y</pre> |

إجراء عملية منطقية بين عبارتين.

| | |
|----------------|---------------------------------------|
| لبنة تينكر كاد | C++ |
| | <pre>x != y && x < y</pre> |

العبارات الشرطية والتكرارات ورسائل الإخراج

Conditional Statements, Loops and Output Messages

تُنشأ العبارات الشرطية والتكرارات ورسائل الإخراج في لبنات تينكر كاد من خلال مجموعات أوامر التحكم (Control) والإخراج (Output). يوضح الجدول الآتي أمثلة للأوامر المتوفرة.


طباعة رسالة على الشاشة التسلسلية (Serial Monitor).

مجموعة لبنات الأوامر المستخدمة:

- Output
- Control
- Input
- Math
- Notation
- Variables

| لبنة تينكر كاد | C++ |
|--|---|
|  | <pre>Serial.println("hello world");</pre> |

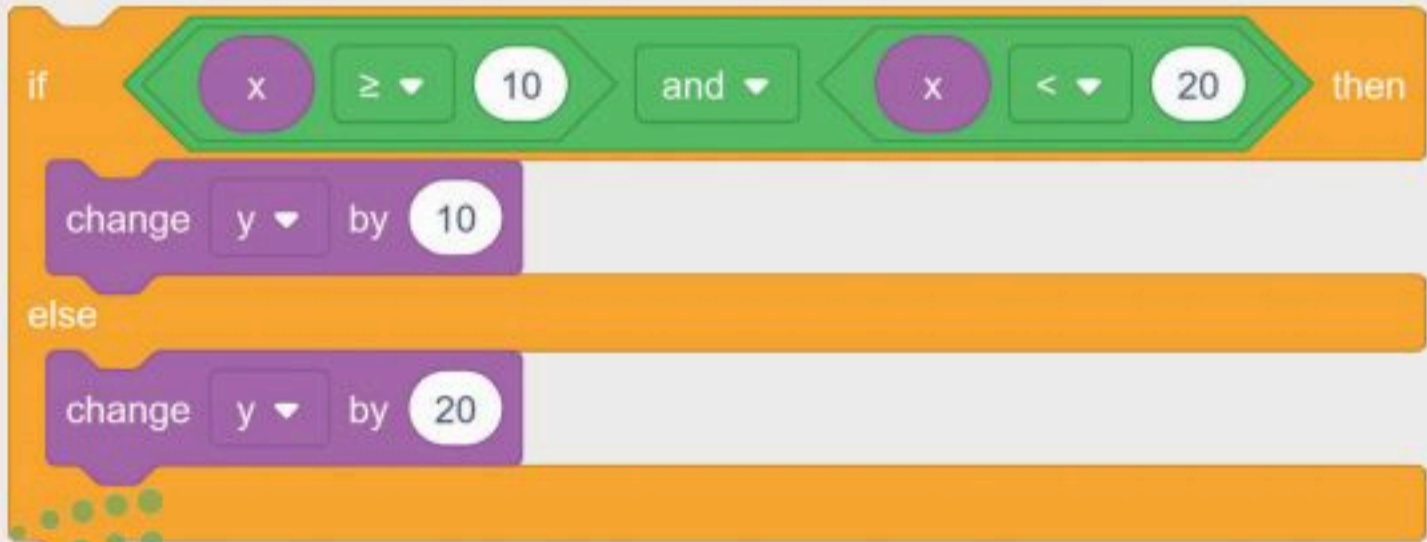
الانتظار 5 ثواني.

| لبنة تينكر كاد | C++ |
|---|-------------------------|
|  | <pre>delay(5000);</pre> |

تنفيذ التعليمات البرمجية داخل لبنة if إذا كان الشرط المنطقي صحيحًا.

| لبنة تينكر كاد | C++ |
|---|---|
|  | <pre>if (x < 10) { y += 5; }</pre> |

تنفيذ التعليمات البرمجية أعلى else داخل لبنة if إذا كان الشرط المنطقي صحيحًا، وإلا سيتم تنفيذ اللبنة الموجودة أسفل else.

| لبنة تينكر كاد | C++ |
|--|--|
|  | <pre>if (x >= 10 && x < 20) { y += 10; } else { y += 20; }</pre> |

تنفيذ التعليمات البرمجية داخل لبنة for إذا كان الشرط المنطقي صحيحًا.

لبنة تينكر كاد

C++

```
for (counter = 0; counter < 5; ++counter) {
    y += 1;
}
```

تنفيذ تكرار while في الحالة الآتية.

لبنة تينكر كاد

C++

```
while (x <= 10) {
    x += 1;
}
```

مُدخلات ومُخرجات أطراف أردوينو الرقمية والتناظرية

Arduino Digital and Analog Pin I/O

مجموعة لبنات الأوامر المستخدمة:

- | | |
|--|---|
| ● Output | ● Control |
| ● Input | ● Math |
| ● Notation | ● Variables |

يتم التفاعل مع الأطراف الرقمية والتناظرية للوحة الأردوينو في لبنات تينكر كاد من خلال مجموعات أوامر الإدخال (Input) والإخراج (Output)، والحساب (Math). في كل مرة يُستخدم فيها أحد أطراف الأردوينو التناظرية أو الرقمية، تتعرف لبنات تينكر كاد على ما إذا كان سيتم استخدامه للإدخال/الإخراج الرقمي أو التناظري. لاستخدام طرف تحتاج إلى تحديد ذلك في دالة setup() في الأردوينو لتوضيح ما إذا كان سيستخدم في الإدخال (Input) أو الإخراج (Output). يتم استخدام الأطراف 3، 5، 6، 9، 10، 11 مع تعديل قيمة عرض النبضة (PWM). يعرض الجدول أدناه أمثلة لبعض الأوامر المتوفرة.

الحصول على قيمة الطرف الرقمي 4 وتخزينه في المتغير x.

لبنة تينكر كاد

C++

```
pinMode(4, INPUT);
x = digitalRead(4);
```



ضبط قيمة الطرف الرقمي 4 على قيمة HIGH (مرتفعة).

| لبنة تينكر كاد | C++ |
|----------------|---|
| | <pre>pinMode(4, OUTPUT); digitalWrite(4, HIGH);</pre> |

الحصول على قيمة الطرف التناظري A3 وتخزينه في المتغير y.

| لبنة تينكر كاد | C++ |
|----------------|--|
| | <pre>pinMode(A3, INPUT); y = analogRead(A3);</pre> |

إعداد قيمة الطرف 10 من القيمة التناظرية 15 باستخدام تضمين عرض النبضة (PWM).

| لبنة تينكر كاد | C++ |
|----------------|--|
| | <pre>pinMode(10, OUTPUT); analogWrite(10, 15);</pre> |

أمثلة على الانتقال من لبنات تينكر كاد البرمجية إلى لغة C++

Examples of Migration from Tinkercad Blocks to C++

سُنشئ أمثلة بسيطة في تينكر كاد للانتقال من برمجة لوحة الأردوينو باستخدام لبنات تينكر كاد البرمجية إلى استخدام لغة البرمجة C++.

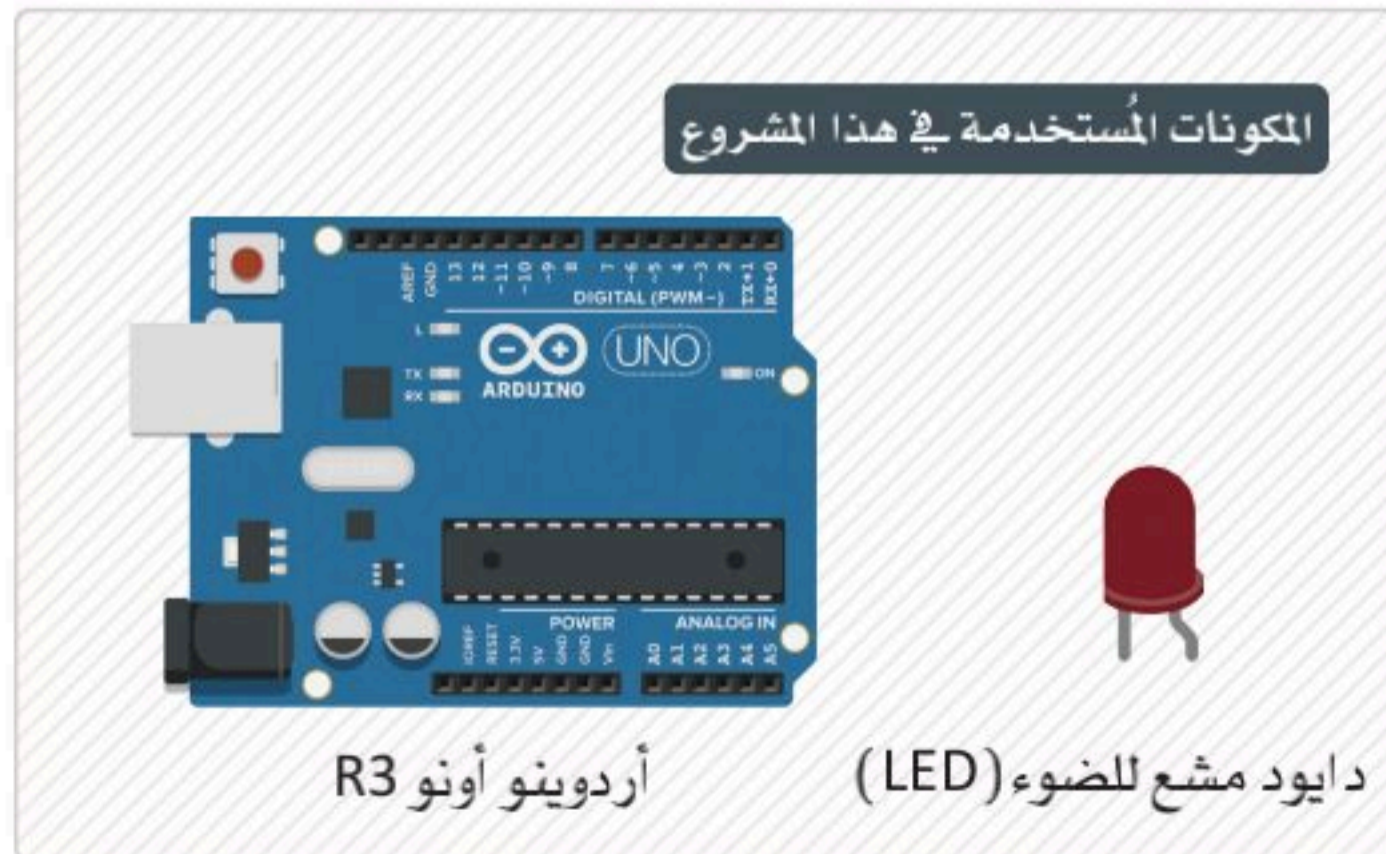
مثال الدايودات المشعة للضوء الوامضة

Blinking LEDs Example

سُنشئ برنامجًا بسيطًا يحتوي على تكرارين يجعلان دايود مشع للضوء يومض 5 مرات و10 مرات بشدة مختلفة.

المكونات المطلوبة:

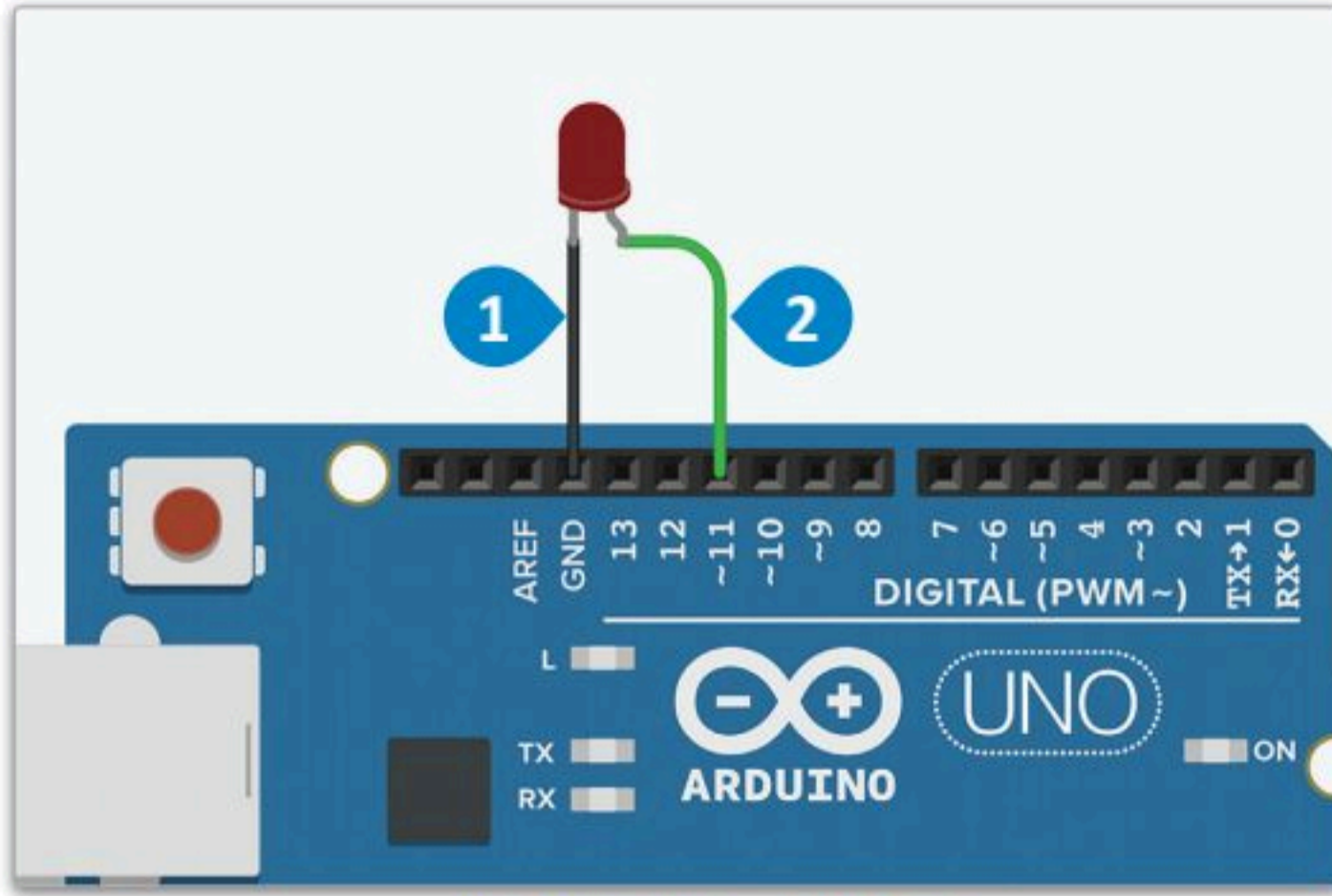
- 1 لوحة أردوينو أونو R3.
- 1 دايود مشع للضوء (LED).



شكل 6.11: مكونات المشروع

يمكن البرمجة بلغة C++ في تينكر كاد وذلك بتحويل نوع التحرير من لبنات (Blocks) إلى نص (Text).





شكل 6.12: توصيل الـ LED المشع للضوء

لتوصيل الـ LED الضوئي:

- < قُم بتوصيل Cathode (مهبط) LED (الدايود المشع للضوء) بالطرف GND (الطرف الأرضي) للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى black (الأسود). ①
- < قُم بتوصيل Anode (مصعد) الـ LED بالطرف Digital (الرقمي) 11 للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى green (الأخضر). ②

برمجة الأردوينو

عند تشغيل البرنامج، سيومض الـ LED المشع للضوء 5 مرات في الثانية الواحدة، ثم سيومض الـ LED المشع للضوء 10 مرات وذلك بفارق 200 ملي ثانية بين كل منها.

لبينات تينكر كاد

```

forever
  repeat 5 times
    set pin 11 to HIGH
    wait 1 secs
    set pin 11 to LOW
    wait 1 secs
  repeat 10 times
    set pin 11 to HIGH
    wait 0.2 secs
    set pin 11 to LOW
    wait 0.2 secs
  
```

C++

```

int counter;
int counter2;
void setup() {
  pinMode(11, OUTPUT);
}
void loop() {
  for (counter = 0; counter < 5; ++counter) {
    digitalWrite(11, HIGH);
    delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
    digitalWrite(11, LOW);
    delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
  }
  for (counter2 = 0; counter2 < 10; ++counter2) {
    digitalWrite(11, HIGH);
    delay(200); // Wait for 200 millisecond(s)
    digitalWrite(11, LOW);
    delay(200); // Wait for 200 millisecond(s)
  }
}
}

```



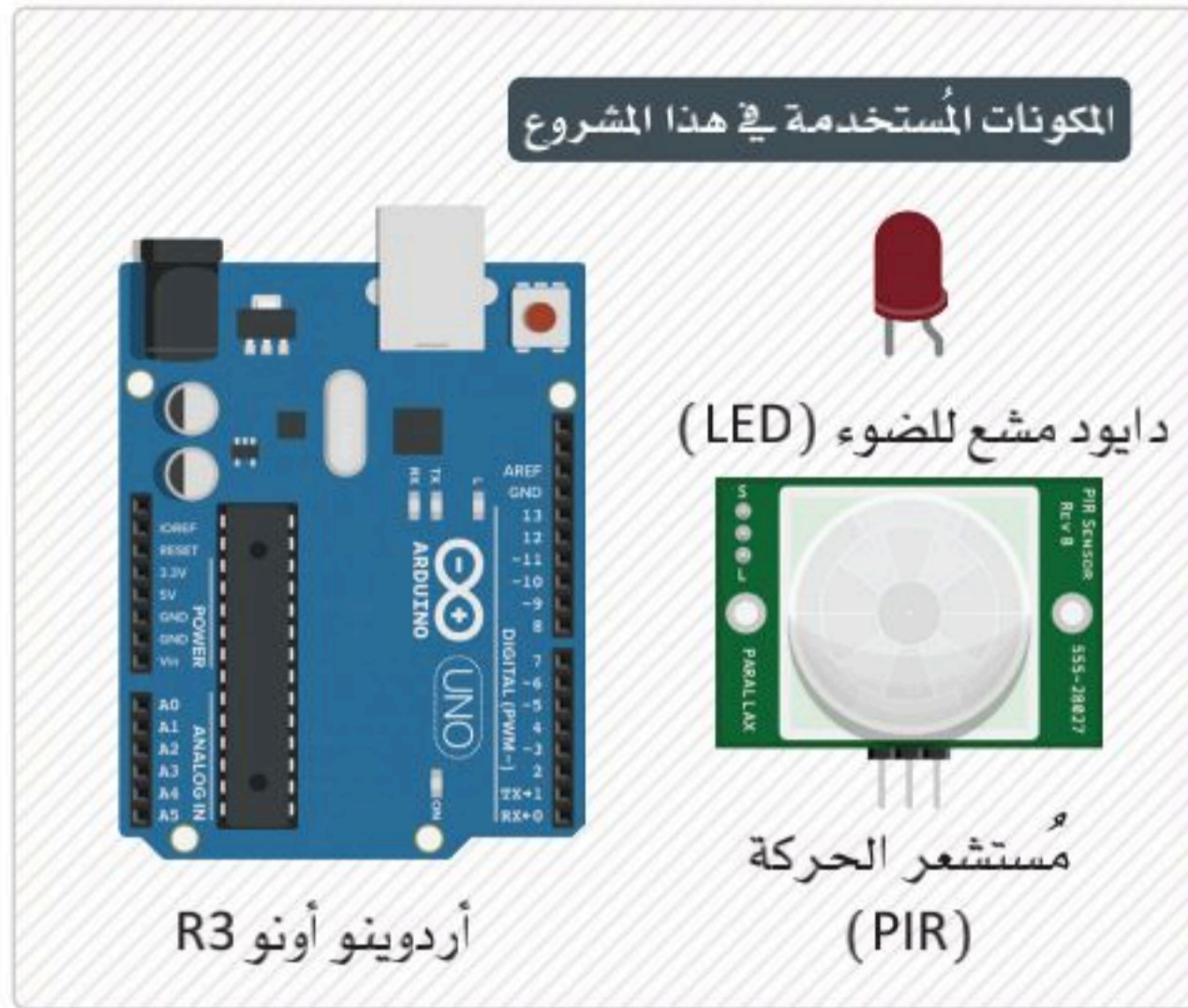
مثال إنذار مُستشعر الحركة

Passive Infrared Sensors (PIR) Alarm Example

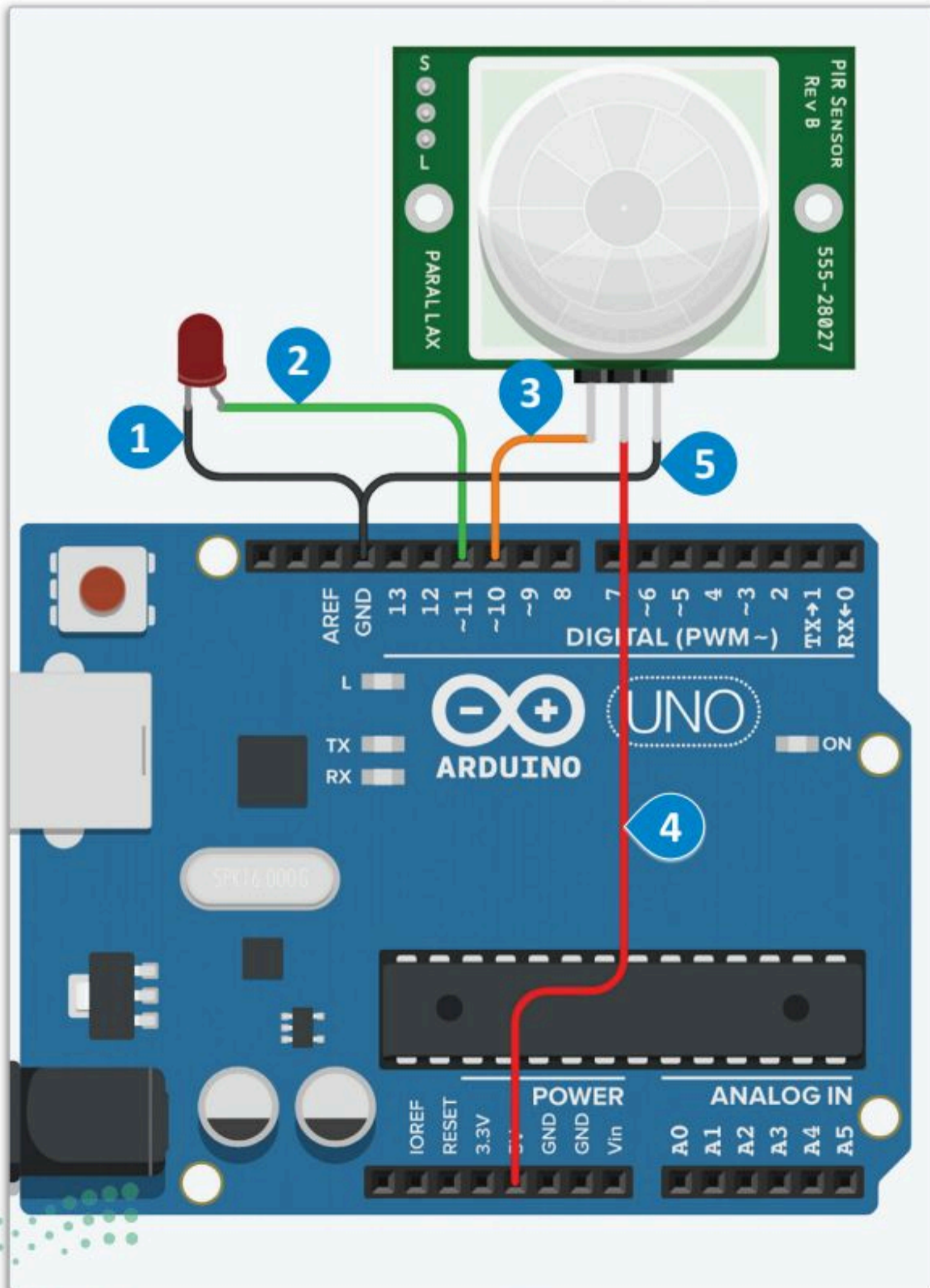
ستقوم بتوسيع المشروع السابق بإنشاء جهاز إنذار PIR يُرسل إشارة لإضاءة ثلاثة دايودات ضوئية مشعة في تتابع سريع.

المكونات المطلوبة:

- لوحة أردوينو أونو R3 (Arduino Uno R3).
- دايود مُشع للضوء (LED).
- مُستشعر الحركة (PIR).



شكل 6.13: المكونات المستخدمة بالمشروع



شكل 6.14: توصيل الدائرة

لإنشاء الدائرة:

< قم بتوصيل Cathode (مهبط) لـ LED (دايود مُشع للضوء) بالطرف GND (الطرف الأرضي) للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى black (الأسود). 1

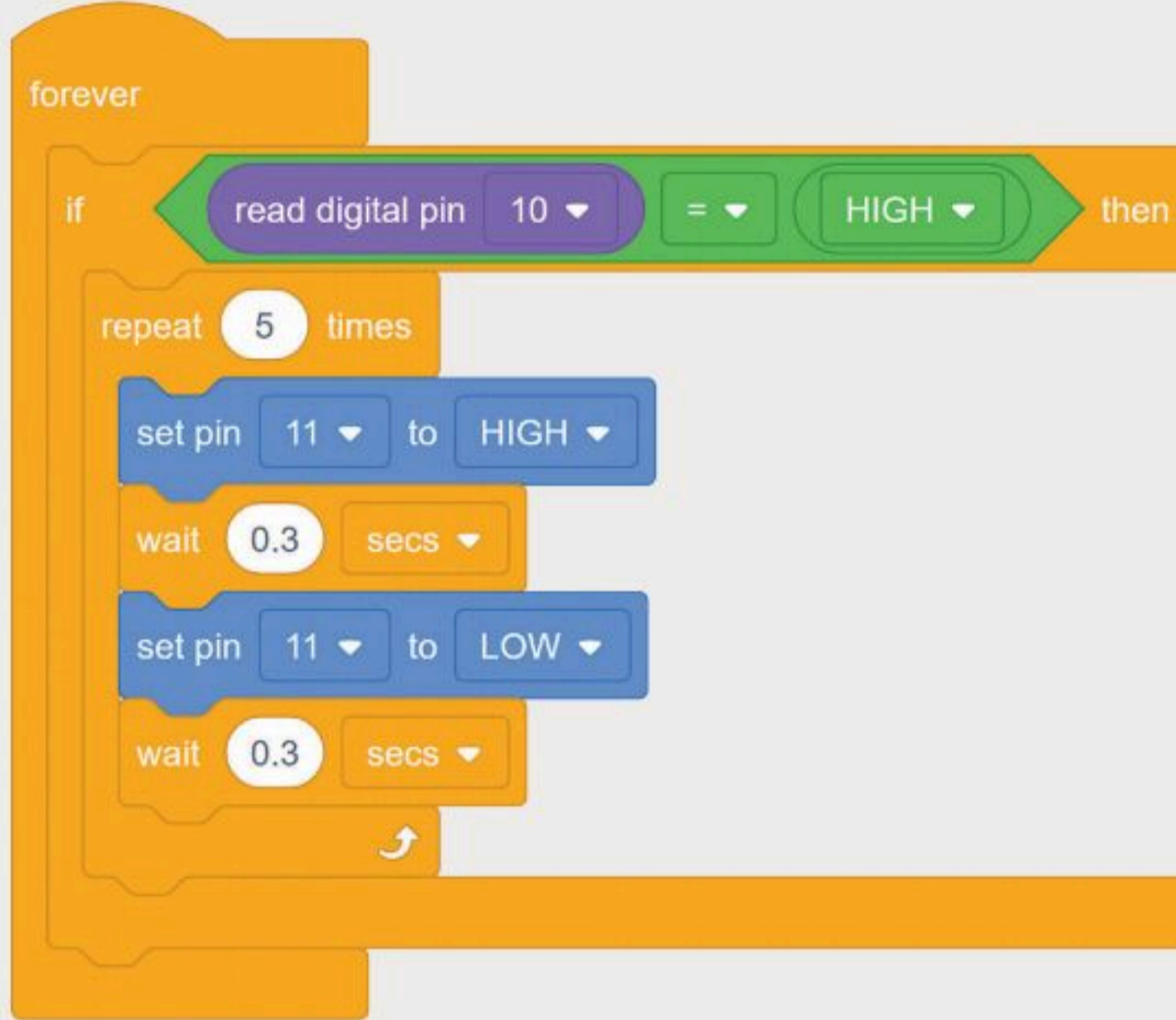
< قم بتوصيل Anode (مصعد) لـ LED (دايود مُشع للضوء) بالطرف Digital (الرقمي) 11 للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى green (الأخضر). 2

< قم بتوصيل طرف إشارة PIR (مُستشعر الحركة) بالطرف Digital (الرقمي) 10 للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى اللون orange (البرتقالي). 3

< قم بتوصيل طرف إشارة PIR (مُستشعر الحركة) بمصدر 5V (5 فولت) من لوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى red (الأحمر). 4

< قم بتوصيل GND (الطرف الأرضي) لـ PIR (مُستشعر الحركة) بالطرف GND (الطرف الأرضي) للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى black (الأسود). 5

لبينات تينكر كاد



برمجة الأردوينو

سيحقق البرنامج مما إذا كان مُستشعر الحركة (PIR) قد اكتشف كائنًا في مجال رؤيته، وعند اكتشافه لشيء ما، سيرسل إشارة للدايود المشع للضوء ليومض خمس ومضات سريعة متتابعة.

اختر وضع البرمجة نص (Text) في محرر التعليمات البرمجية لرؤية النص الناتج بلغة C++.

C++

```
int counter;
void setup() {
  pinMode(10, INPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
}
void loop() {
  if (digitalRead(10) == HIGH) {
    for (counter = 0; counter < 5; ++counter) {
      digitalWrite(11, HIGH);
      delay(300); // Wait for 300 millisecond(s)
      digitalWrite(11, LOW);
      delay(300); // Wait for 300 millisecond(s)
    }
  }
}
```

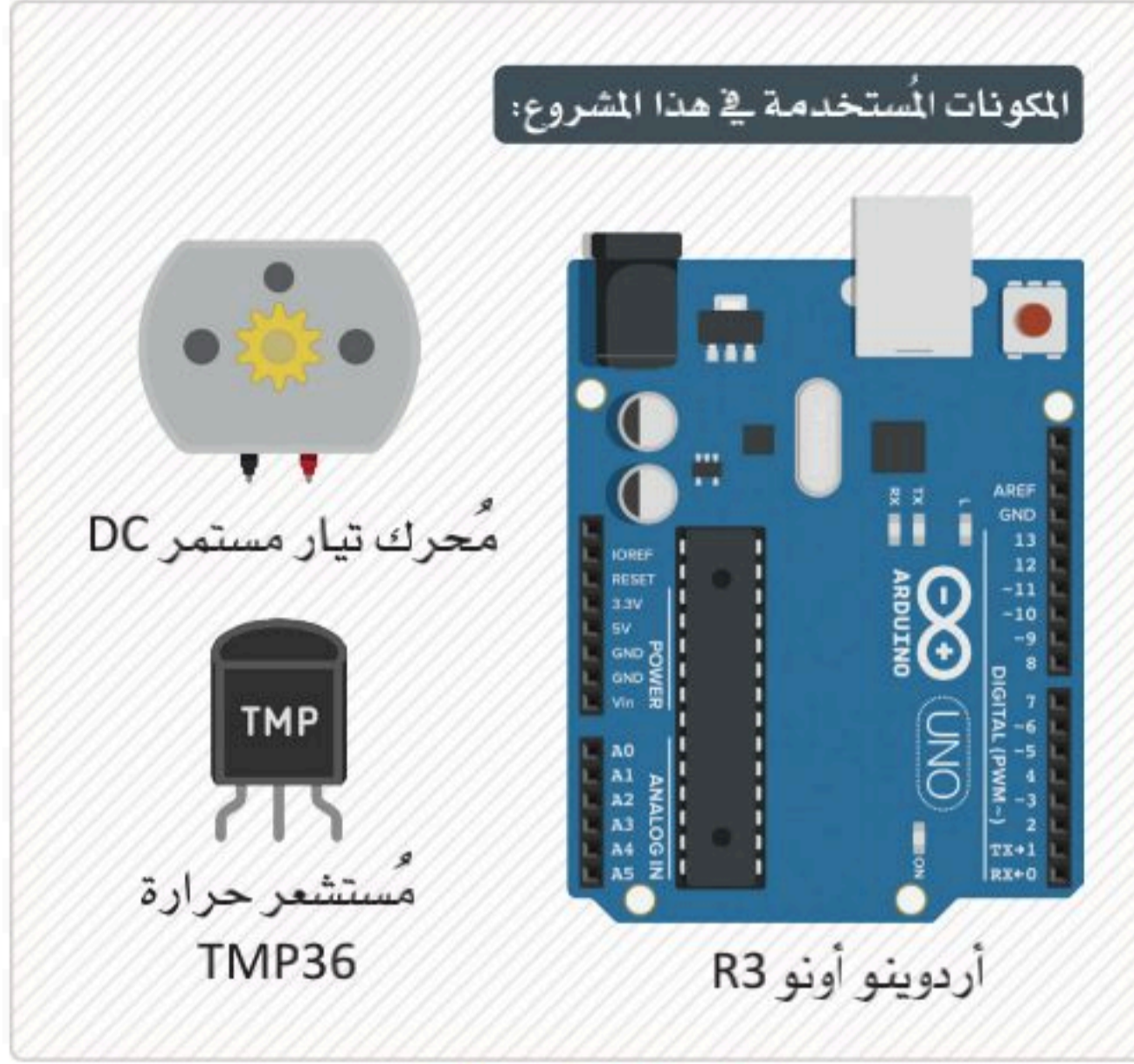


مثال محرك التيار المستمر

DC Motor Example

سننشئ دائرة بسيطة للتحكم في محرك DC وفق درجة الحرارة المحيطة به. ستحتاج إلى المكونات الآتية:

- لوحة أردوينو أونو R3 (Arduino Uno R3).
- محرك تيار مستمر (DC motor).
- مُستشعر درجة الحرارة (TMP36).



شكل 6.15: مكونات المشروع

لإنشاء الدائرة:

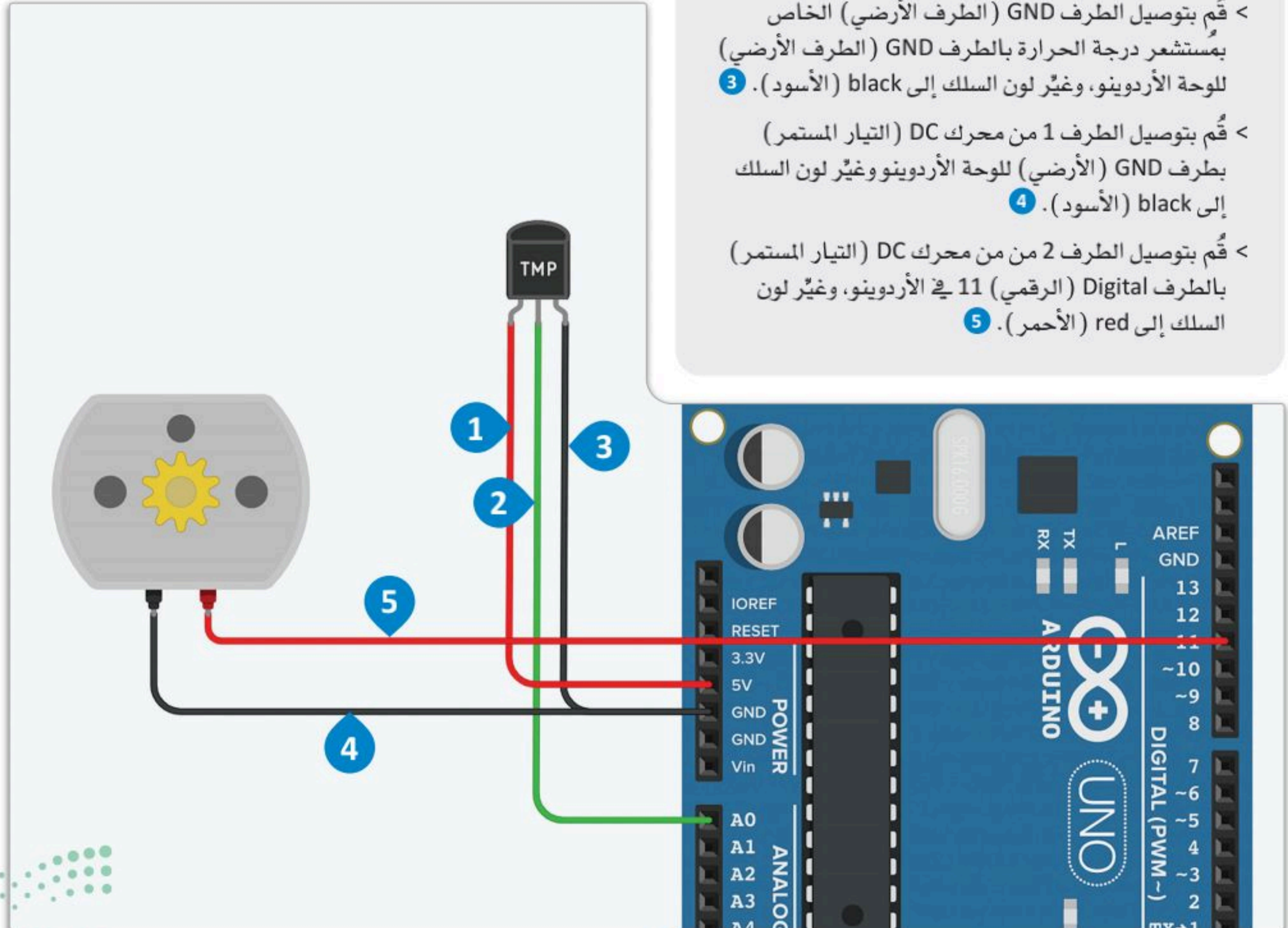
< قُم بتوصيل طرف Power (الطاقة) الخاص بمُستشعر درجة الحرارة بطرف 5V (5 فولت) من لوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى red (الأحمر). 1

< قُم بتوصيل طرف مخرج الجهد (Vout) الخاص بمُستشعر درجة الحرارة بالطرف التناظري (A0) للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى green (الأخضر). 2

< قُم بتوصيل الطرف GND (الطرف الأرضي) الخاص بمُستشعر درجة الحرارة بالطرف GND (الطرف الأرضي) للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى black (الأسود). 3

< قُم بتوصيل الطرف 1 من محرك DC (التيار المستمر) بطرف GND (الأرضي) للوحة الأردوينو وغيّر لون السلك إلى black (الأسود). 4

< قُم بتوصيل الطرف 2 من محرك DC (التيار المستمر) بالطرف Digital (الرقمي) 11 في الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى red (الأحمر). 5



شكل 6.16: توصيل الدائرة

لبينات تينكر كاد

برمجة الأردوينو

سيُنشئ البرنامج متغيِّراً باسم temperature وسيتم توصيله بالطرف التناظري A0 في لوحة الأردوينو لتسجيل درجة حرارة البيئة المحيطة. عندما يصل متغير درجة الحرارة temperature إلى القيمة 27 (درجة مئوية) في محاكي تينكر كاد، يُنشَط محرك التيار المستمر لمدة ثانيتين.

اختر وضع البرمجة نص (Text) في محرر التعليمات البرمجية لرؤية النص الناتج بلغة C++.

C++

```
int temperature = 0;
void setup() {
  pinMode(A0, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(11, OUTPUT);
}
void loop() {
  temperature = (-40 + 0.488155 * (analogRead(A0) - 20));
  Serial.println(temperature);
  if (temperature >= 27) {
    digitalWrite(11, HIGH);
    delay(2000); // Wait for 2000 millisecond(s)
    digitalWrite(11, LOW);
  }
}
```

يُستخدم الكائن التسلسلي (Serial) للطباعة على الشاشة التسلسلية. في دالة setup()، تقوم دالة start() بتهيئة الشاشة التسلسلية ليُمكن استخدامها لاحقاً. يُمكن للمستخدم بعد ذلك طباعة القيم والرسائل على الشاشة باستخدام دالة print() أو دالة println(). مع ملاحظة أن دالة println() ستضيف سطرًا جديدًا في نهاية الرسالة.



تمرينات

1 اكتب دالة بلغة C++ تستقبل وسيطين عشريين من نوع بيانات float، وإشارة تناظرية، ومضاعفًا. مع مراعاة أن تقوم الدالة بتضخيم (مضاعفة) الإشارة ثم إرجاعها.

2 ارسم مخطط C++ يقرأ إدخال إشارة تناظرية من طرف يُمثل قراءة درجة الحرارة بالفهرنهايت. ثم أنشئ دالة تُحوّل هذه القيمة إلى درجات مئوية، وتُرسلها إلى طرف كمخرج تناظري.



```
void loop() {
  for (counter = 0; counter < 5; --counter) {
    digitalWrite(11, HIGH);
    // Wait for 1000 millisecond(s)
    delay("1000");
    digitalWrite(11, LOW);
    // Wait for 1000 millisecond(s)
    delay("1000");
  }
}
```

خطأ قاعدي

خطأ منطقي

```
void loop() {
  temperature = digitalRead(A0);
  Serial.println(temperature);
  if (temperature >= 270) {
    digitalWrite(11, 1);
    // Wait for 2000 millisecond(s)
    delay(2000);
    digitalWrite(11, 0);
  }
}
```

خطأ قاعدي

خطأ منطقي



6

توسّع في المثال السابق الخاص بالإنذار باستخدام مُستشعر الحركة، وقم بإضافة إنذار بواسطة مُستشعر حركة آخر ودايود مشع للضوء بلون آخر. سيُوصل كل مُستشعر حركة بدايود مشع للضوء يومض بناءً على اكتشاف مُستشعر الحركة لشيء ما.

7

قم بضبط محرك التيار المستمر في المثال الخاص باستخدام المحرك لإرسال إشارة تناظرية إلى المحرك بناءً على درجة الحرارة التي يكتشفها مُستشعر درجة الحرارة.





الدرس الثالث برمجة جهاز التحكم الدقيق باستخدام لغة C++

إنشاء قفل باب ذكي Build a Smart Door Lock

ستستخدم في هذا المشروع المكونات الآتية:

- لوحة أردوينو أونو R3 (Arduino Uno R3).
- لوحة مفاتيح (مقاس 4x4).
- شاشة LCD مقاس 16x2 (I2C).
- محرك سيرفو مصغر (Micro Servo).

المكونات المستخدمة في هذا المشروع:



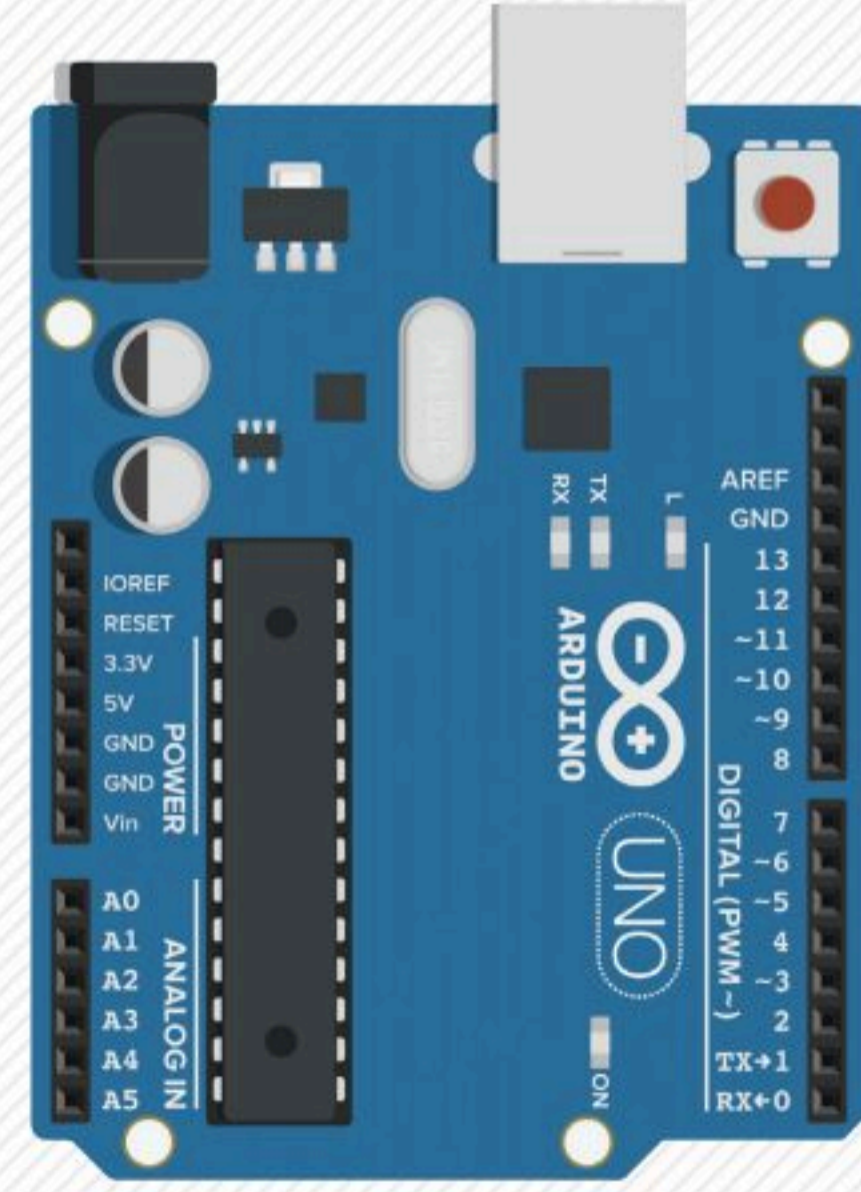
شاشة LCD مقاس 16x2 (I2C)



لوحة مفاتيح 4x4



محرك سيرفو مصغر



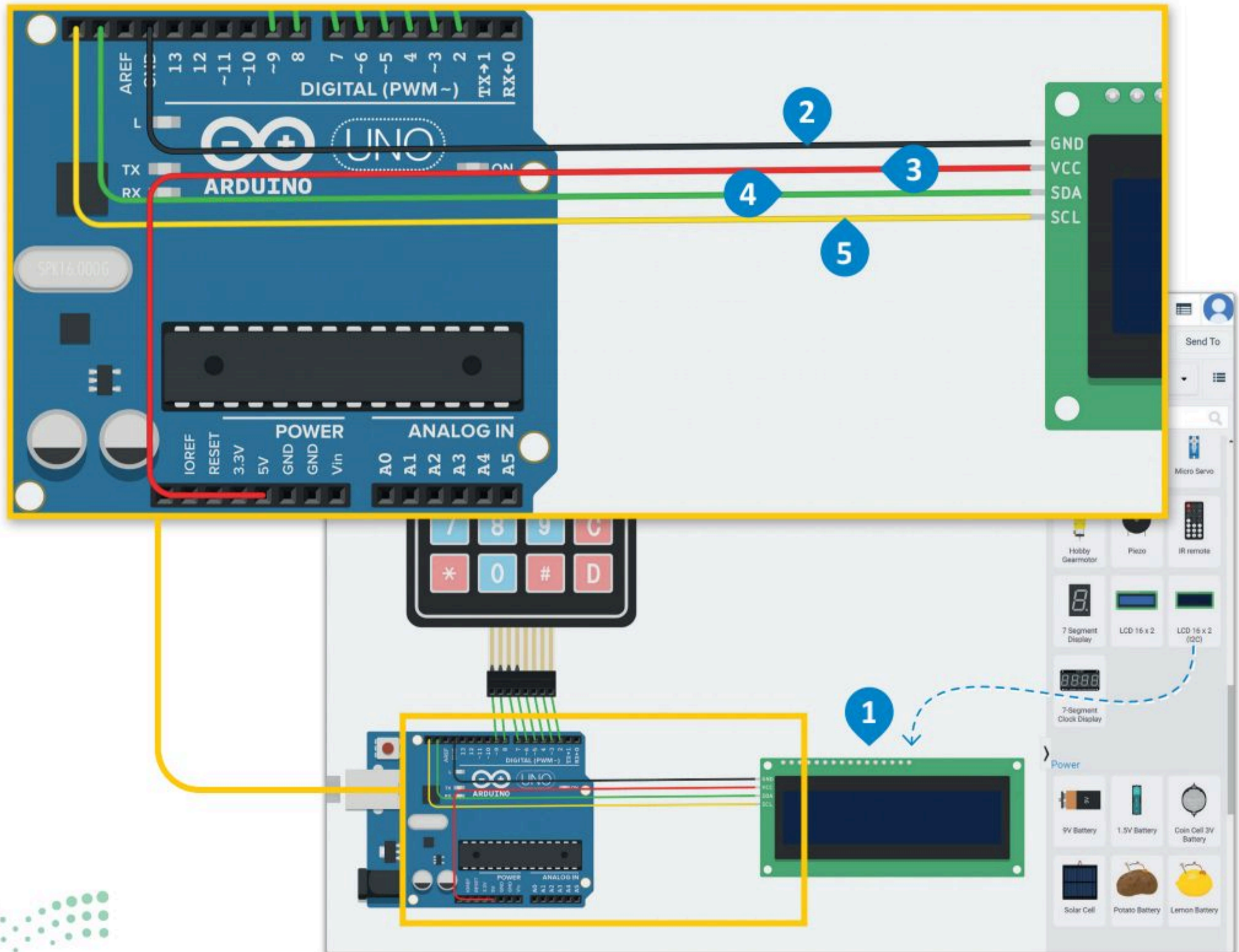
أردوينو أونو R3

شكل 6.17: مكونات المشروع

ابحث الآن عن شاشة LCD من فئة Output (الإخراج) من Components (المكونات) ، ووصلها بالآردوينو.

لتوصيل شاشة LCD ،

- < ابحث عن المكون LCD 16x2 (I2C) من فئة Output (الإخراج) من فئة Components (المكونات) ، واسحبه وأقلته في مساحة العمل. 1
- < قم بتوصيل الطرف GND (الأرضي) لشاشة LCD بطرف GND (الأرضي) الخاص بالآردوينو، وغير لون السلك إلى black (الأسود). 2
- < قم بتوصيل طرف Power (الطاقة) لشاشة LCD بالطرف 5V (5 فولت) بالآردوينو، وغير لون السلك إلى red (الأحمر). 3
- < قم بتوصيل طرف SDA لشاشة LCD بطرف SDA بالآردوينو، وغير لون السلك إلى green (الأخضر). 4
- < قم بتوصيل طرف SCL لشاشة LCD بطرف SCL بالآردوينو، وغير لون السلك إلى yellow (الأصفر). 5



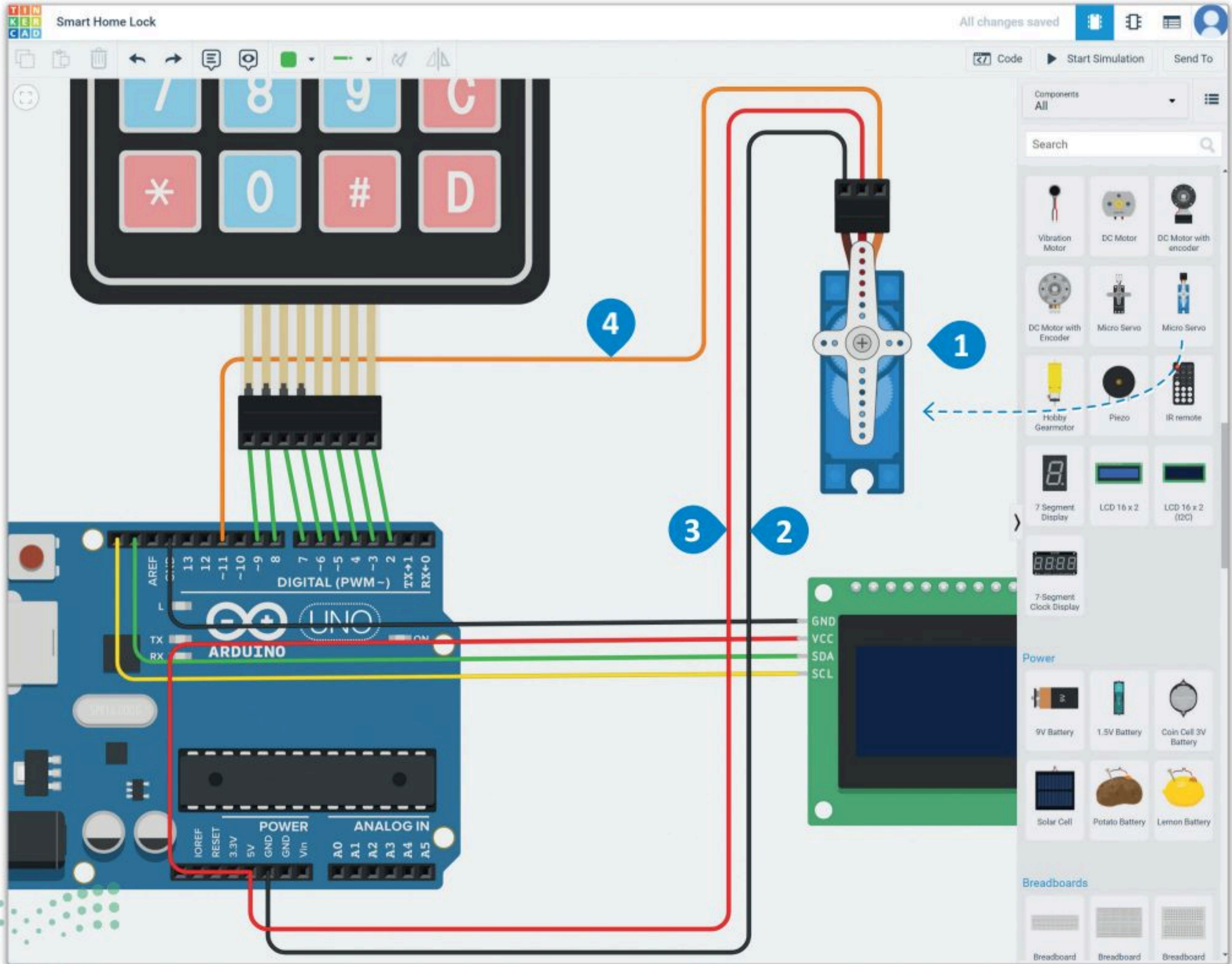
شكل 6.19: توصيل شاشة LCD

ختامًا ، ستقوم بتوصيل محرك سيرفو.

ابحث عن Micro Servo (محرك سيرفو مصغر) من فئة Output (الإخراج) في Components (المكونات) ، ووصله بالآردوينو.

لتوصيل محرك السيرفو المصغر:

- < ابحث عن Servo motor (محرك سيرفو مصغر) من فئة Output (الإخراج) في Components (المكونات) ، واسحبه وأقلته في مساحة العمل. **1**
- < قم بتوصيل الطرف GND (الأرضي) للمحرك بطرف GND (الأرضي) بالآردوينو، وغير لون السلك إلى black (الأسود). **2**
- < قم بتوصيل طرف Power (الطاقة) للمحرك بالطرف 5V (5 فولت) بالآردوينو، وغير لون السلك إلى red (الأحمر). **3**
- < قم بتوصيل طرف Signal (الإشارة) للمحرك بالطرف Digital (الرقمي) 11 بالآردوينو، وغير لون السلك إلى orange (البرتقالي). **4**



شكل 6.20: توصيل محرك السيرفو المصغر

تضمين المكتبات Include the Libraries

بعيداً عن وحدة تحكم الأردوينو، ولإستخدام باقي المكونات وبرمجة منطقتها بلغة C++، فأنت بحاجة أولاً إلى تضمين مكتباتها في قسم البرمجة في بيئة تينكر كاد الأساسية. تُوفّر هذه المكتبات العديد من الدوال الخاصة بكل مُكوّن.

ستحتاج إلى كتابة الصيغة الآتية لتضمين مكتبة في C++:

```
#include <library name>
```

بالنسبة للمشروع الحالي، ستحتاج إلى تضمين المكتبات الآتية:

بالنسبة للوحة LCD:

```
#include <Adafruit_LiquidCrystal.h>
```

بالنسبة للوحة المفاتيح:

```
#include <Keypad.h>
```

بالنسبة للمحرك المؤازر:

```
#include <Servo.h>
```

إنشاء الكائنات Create the Objects

بعد تضمينك للمكتبات الضرورية، ستحتاج إلى إنشاء بعض الكائنات وتهيئة بعض الوسيطات.

ستحتاج إلى إنشاء الكائنات الآتية:

- كائن لشاشة LCD.
- كائن للمحرك المؤازر (Servo motor).
- كائن للوحة المفاتيح.

عند إنشاء كائن (object) أو عينة (instance) لفئة (class)، تحتاج أحياناً إلى تزويد بعض الوسيطات إلى مُنشئ (constructor) هذا الكائن. المُنشئ هو وظيفة فئة خاصة تُستدعى عند إنشاء كائن، وتتمثل وظيفتها في تهيئة وسيطات الكائن.

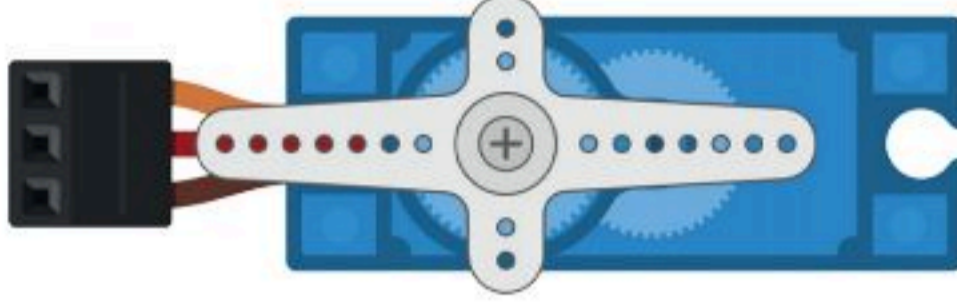


كائن محرك السيرفو المصغر

لإنشاء كائن للمحرك سيرفو:

```
Servo servo;
```

تشير دالة "Servo" إلى نوع الكائن، وتشير دالة "servo" إلى الكائن الفعلي المستخدم في البرنامج، وهنا لا تحتاج إلى إضافة أي معاملات للتهيئة.



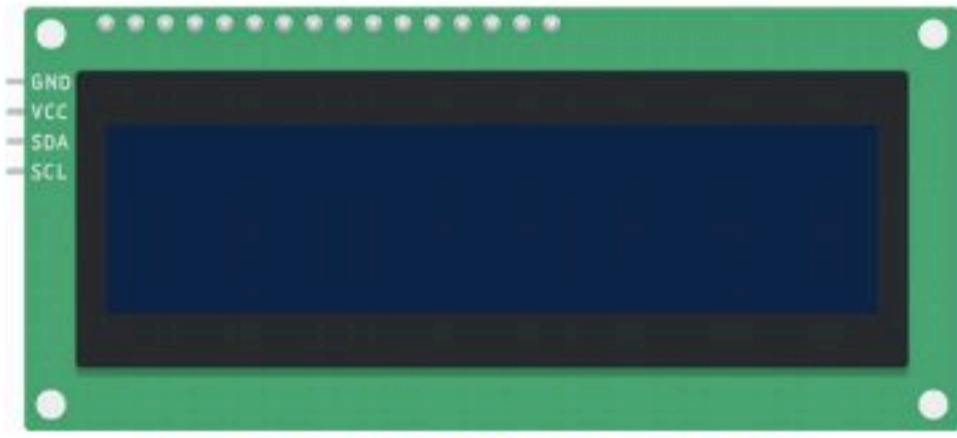
شكل 6.21: محرك السيرفو المصغر (كائن تينكر كاد)

كائن شاشة LCD

لإنشاء كائن لشاشة LCD:

```
Adafruit_LiquidCrystal lcd(0);
```

يمكنك باستخدام هذا الأمر تهيئة كائن من نوع Adafruit_LiquidCrystal، وتمرير عنوان الأردوينو الابتدائي الخاص به (وهو 0 افتراضياً) كوسيط إلى مُنشئ الفئة.



شكل 6.22: شاشة LCD (كائن تينكر كاد)

كائن لوحة المفاتيح

تحتاج عملية الإنشاء والتهيئة لكائن لوحة المفاتيح إلى بعض البرمجة لإعداده. ستحتاج في البداية إلى تحديد عدد الصفوف والأعمدة الموجودة في لوحة المفاتيح. يتم ذلك بهذه الأوامر:

```
const byte numRows = 4; // number of rows on the keypad  
const byte numCols = 4; // number of columns on the keypad
```

تُحدد هنا عدد الصفوف (numRows) من النوع "const byte" وقيمته هي 4. وينطبق الشيء ذاته على عدد الأعمدة (numCols).



شكل 6.23: لوحة المفاتيح (كائن تينكر كاد)



ستحتاج بعد ذلك إلى تحديد المفتاح المضغوط وفقاً للصف والعمود تماماً كما يظهر على لوحة المفاتيح. طريقة القيام بذلك هي:

```
// keymap defines the key pressed according to the rows and columns just as
they appear on the keypad

char keymap[numRows][numCols] =
{
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
```

ستُنشئ هنا مصفوفة keymap باستخدام numRows و numCols التي قُمت بتعريفها سابقاً، وتحديد المفاتيح الموجودة على لوحة المفاتيح بشكل صريح.

ستحتاج بعد ذلك إلى إعداد اتصالات لوحة المفاتيح بأطراف الأردوينو. يمكنك القيام بذلك عن طريق تحديد متغيرين من نوع byte:

```
// Code that shows the the keypad connections to the arduino terminals
byte rowPins[numRows] = {9,8,7,6}; //Rows 0 to 3
byte colPins[numCols] = {5,4,3,2}; //Columns 0 to 3
```

تتمثل الخطوة الأخيرة في تحديد كائن Keypad عن طريق استدعاء مُنشئه، وتوفير وسيطاته اللازمة.

```
// initializes an instance of the Keypad class
Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keymap), rowPins, colPins, numRows, numCols);
```

لاستكمال برنامج الإعداد، ستُعرّف متغيراً باسم password يقوم بتخزين كلمة مرور قفل الباب، وهو عبارة عن مجموعة من الأحرف بطول 4.

```
char password[4];
```

إيقاف البرنامج Break down the Code

في هذه المرحلة يكون برنامج الإعداد قد اكتمل. وكما تم التوضيح في الدرس الأول، فإن وحدة التحكم في الأردوينو تُنفذ دالة setup() مرة واحدة فقط عند تشغيلها، ثم تُنفذ دالة loop() بصورة مستمرة. دعونا الآن نوقف البرنامج.

تُستخدم دالتي servo من مكتبة Servo كما يلي:

servo.attach(11) تُرفق متغير Servo بالطرف 11.

servo.write(0) تُستخدم لكتابة قيمة إلى servo، في هذه الحالة تُكتب القيمة 0، وتتحكم في عمود الحركة وفقاً لذلك. يحدّد هذا زاوية العمود في محرك سيرفو القياسي (بالدرجات)، ثم يُحرّك العمود إلى هذا الاتجاه.

تُستخدم بعد ذلك ثلاث دوال لمكتبة Adafruit_LiquidCrystal كالآتي:

lcd.begin(col,row) تهيئ واجهة شاشة LCD، وتحدّد أبعاد الشاشة (العرض والارتفاع). يجب استدعاء هذه الدالة begin() قبل أي أوامر أخرى خاصة بمكتبة LCD. وسيطات هذه الدالة هي:

- cols، وهي عدد الأعمدة الموجودة في الشاشة.
- rows، وهي عدد الصفوف الموجودة في الشاشة؛ ولأن شاشة LCD المُستخدمة 16x2، فيمكن إعطاء الدالة الوسيطات col=16 وrow=2 وبالتالي تكون صياغتها lcd.begin(16,2).

الدالة الآتية هي:

تقوم دالة **lcd.setCursor(col,row)** بتحديد الموقع الذي سيُعرض فيه النص المكتوب على شاشة LCD. لعرض عبارة "Set 4 character password" (تعيين كلمة مرور مكونة من 4 أحرف)، فأنت بحاجة إلى كلا الصفيين لشاشة LCD. ستُعرض في الصف الأول عبارة "Set 4 character"، وفي الصف الثاني ستُعرض عبارة "password". للقيام بذلك، عليك استدعاء الدالة بالصيغة lcd.setCursor(0,0) قبل عرض العبارة الأولى، ثم استدعاء الدالة مرة أخرى بالصيغة lcd.setCursor(0,1) لعرض العبارة الثانية.

التعليمات البرمجية لدالة setup() هي:

```
void setup()
{
  //servo setup
  servo.attach(11);
  servo.write(0);

  //lcd setup and password set
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Set 4 character");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("password:");

  for(int i = 0; i < 4; i++) {
    password[i] = keypad.waitForKey();
  }
}
```

الجزء الأخير من البرمجة في دالة setup() هو تكرار for الذي يخزن كلمة مرور تتكون من 4 أحرف يكتبها المستخدم على لوحة المفاتيح، في متغير password[4]. للقيام بذلك، تُستخدم دالة مكتبة لوحة المفاتيح:

تُستدعى الدالة **keypad.waitForKey()** والتي ستتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه، وتخزنه في مصفوفة password (كلمة المرور).



الآن وبالنسبة للمهمة الرئيسة لهذا المشروع، سنُستدعى دالة التكرار (loop()) عدة مرات.

أوامر دالة (loop()) هي:

```
void loop()
{
  // clear the screen and display the new message
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Enter password:");

  bool correctPass = true;
  char buttonPressed;

  // this code checks each button pressed against the corresponding password
  digit
  // e.g. it will check the 1st button pressed against the first digit of the
  password and so on
  for (int i = 0; i < 4; i++) {
    buttonPressed = keypad.waitForKey();
    if(password[i] != buttonPressed){
      correctPass = false;
    }
    lcd.setCursor(i, 1);
    lcd.print(buttonPressed);
  }

  delay(1000);

  //this code will be executed if the password is correct
  if (correctPass) {
    // clear the lcd screen
    lcd.clear();
```



```

// set the cursor to the beginning of the 1st line
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Correct password!");
// set the cursor to the beginning of the 2nd line
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Unlocking...");
// write the angle by which the servo will rotate
servo.write(180);
// wait 5 sec and then rotate the servo to its original angle
delay(5000);
servo.write(0);
}
else {
// this code will be executed if the password is wrong
// clear the lcd screen
lcd.clear();
// set the cursor at the 1st col,row
lcd.setCursor(0, 0);
// print the message
lcd.print("Wrong password!");
}
}

```

إيقاف البرنامج Break this Code down

توجد في البرنامج بعض التعليمات البرمجية لمسح شاشة LCD، ولعرض رسالة تطلب كلمة المرور.

```

// clear the screen and display the new message
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Enter password:");

```



يتبع ذلك التعليمات البرمجية التي تستقبل كلمة المرور التي يقوم المستخدم بإدخالها وتتحقق من صحتها. يتم ذلك بالمقارنة بين الأزرار التي يتم الضغط عليها واحداً تلو الآخر بالتتابع مع رقم كلمة المرور الموجود في نفس الموضع.

على سبيل المثال، لنفترض أن كلمة المرور التي ضُبطت في البداية هي "5456" ويقوم المستخدم بكتابة كلمة المرور "5453". نظراً لأن كل مفتاح يضغط عليه المستخدم سيُقارن بمفتاح كلمة المرور المقابل، فإن ما سيحدث هو:

- 5 مقارنة مع 5 (نفس الشيء، لا توجد مشكلة)
- 4 مقارنة مع 4 (نفسها، لا توجد مشكلة)
- 5 مقارنة مع 5 (لا توجد مشكلة بعد)
- 3 مقارنة مع 6 (ليستا متطابقتين، لذا فإن كلمة المرور التي تم الضغط عليها غير صحيحة).

عندما يقارن البرنامج بين مفتاحين مختلفين، يجب تحديث المتغير بالمعلومات التي تفيد بأن كلمة المرور غير صحيحة. ولا يُهم ما إذا كان المفتاح الخطأ أول رقم أو آخره أو في أي مكان بينهما، فالنتيجة أن كلمة المرور بأكملها خطأ. لذلك، ولتخزين هذه المعلومات، يمكنك استخدام متغير منطقي يتم تهيئته على أنه صائب (true)، وعند الضغط على مفتاح خطأ، تتغير قيمة المتغير إلى خطأ (false). وبعد إجراء المقارنة يمكنك التحقق من قيمة هذا المتغير، وإذا كانت هذه القيمة صائبة، فهذا يعني أن المستخدم كتب كلمة المرور الصحيحة، أما إذا كانت هذه القيمة خطأ، فهذا يعني أن المستخدم كتب كلمة مرور خطأ.

يتم تنفيذ الدالة التي تم وصفها أعلاه بواسطة هذا الجزء من البرنامج:

```
bool correctPass = true;
char buttonPressed;

// this code checks each button pressed against the corresponding password
// digit
// e.g. it will check the 1st button pressed against the first digit of the
// password and so on
for (int i = 0; i < 4; i++) {
    buttonPressed = keypad.waitForKey();
    if(password[i] != buttonPressed){
        correctPass = false;
    }
    lcd.setCursor(i, 1);
    lcd.print(buttonPressed);
}
```



والآن نصل إلى الجزء المهم من البرنامج وهو عملية فتح الباب (تدوير محرك سيرفو) إذا كانت كلمة المرور المكتوبة صحيحة، وغلق القفل مرة أخرى بعد فترة من الوقت، أو عرض رسالة تفيد بأن كلمة المرور كانت خطأ.

يتم تنفيذ هذه الدالة بواسطة التعليمات البرمجية الآتية:

```
// this code will be executed if the password is correct
if(correctPass){
    // clear the lcd screen
    lcd.clear();
    // set the cursor to the beginning of the 1st line
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Correct password!");
    // set the cursor to the beginning of the 2nd line
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Unlocking...");
    // write the angle by which the servo will rotate
    servo.write(180);
    // wait 5 sec and then rotate the servo to its original angle
    delay(5000);
    servo.write(0);
}
else {
    // this code will be executed if the password is wrong
    // clear the lcd screen
    lcd.clear();
    // set the cursor at the 1st col,row
    lcd.setCursor(0, 0);
    // print the message
    lcd.print("Wrong password!");
}
```



البرنامج بأكمله Complete Code

```
// C++ code
//
#include <Adafruit_LiquidCrystal.h>
#include <Keypad.h>
#include <Servo.h>

Adafruit_LiquidCrystal lcd(0);
Servo servo;

const byte numRows = 4; //number of rows on the keypad
const byte numCols = 4; //number of columns on the keypad

// keymap defines the key pressed according to the rows and columns just as they
// appear on the //keypad
char keymap[numRows][numCols] =
{
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};

// Code that shows the the keypad connections to the arduino terminals
byte rowPins[numRows] = {9,8,7,6}; //Rows 0 to 3
byte colPins[numCols] = {5,4,3,2}; //Columns 0 to 3

// initializes an instance of the Keypad class
Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keymap), rowPins, colPins, numRows, numCols);
```

اختر وضع البرمجة نص (Text) في
محرر التعليمات البرمجية.



```

char password[4];

void setup()
{
  // servo setup
  servo.attach(11);
  servo.write(0);

  // lcd setup
  lcd.begin(16, 2);
  // lcd print 1st line
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Set 4 character");
  // lcd print 2nd line
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("password:");

  // gets and stores the password
  for(int i = 0; i < 4; i++){
    password[i] = keypad.waitForKey();
  }
}

void loop() {
  // clear the screen and display the new message
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Enter password:");

  bool correctPass = true;
  char buttonPressed;

```



```

// this code checks each button pressed against the corresponding password digit
// e.g. it will check the 1st button pressed against the first digit of the
password and so on
for(int i = 0; i < 4; i++) {
    buttonPressed = keypad.waitForKey();
    if(password[i] != buttonPressed) {
        correctPass = false;
    }
    lcd.setCursor(i, 1);
    lcd.print(buttonPressed);
}

delay(1000);

//this code will be executed if the password is correct
if (correctPass){
// clear the lcd screen
lcd.clear();
// set the cursor to the beginning of the 1st line
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Correct password!");
// set the cursor to the beginning of the 2nd line
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Unlocking...");
// write the angle by which the servo will rotate
servo.write(180);
// wait 5 sec and then rotate the servo to its original angle
delay(5000);
servo.write(0);
}
else {
//this code will be executed if the password is wrong

```



```
// clear the lcd screen
lcd.clear();
// set the cursor at the 1st col,row
lcd.setCursor(0, 0);
// print the message
lcd.print("Wrong password!");
}
}
```

بعد الانتهاء من كتابة البرنامج، اضغط على
زر بدء المحاكاة (Start Simulation).



3

أنشئ دائرة في برنامج تينكر كاد تتصل بلوحة مفاتيح 4x4 ودايودين مشعين للضوء، أحدهما أحمر والآخر أخضر. سيقوم المستخدم بتعيين كلمة مرور ثم سيحاول استخدامها. إذا كان الإدخال صائباً، سيضيئ الدايود المشع للضوء الأخضر، وإذا كان خطأ، فإن الدايود المشع للضوء الأحمر سيومض بصورة متكررة.

4

أنشئ دائرة في برنامج تينكر كاد تتصل بمستشعر رطوبة التربة ومحرك سيرفو، ثم قم ببرمجتها باستخدام لغة C++ لتشغيل محرك سيرفو عند وصول درجة رطوبة التربة إلى قيمة معينة.



المشروع

يُعدُّ نظام الحماية الذكية جزءاً واحداً فقط من نظام المنزل الذكي الكامل لإنترنت الأشياء. توجد العديد من التطبيقات الأخرى لإنترنت الأشياء المنزلية، من أهمها تنظيم درجة الحرارة. في هذا المشروع ستقوم بتوسعة الدائرة وبرمجة مشروع قفل الباب الذكي من جديد لإضافة المزيد من المكونات الإلكترونية للتحكم في درجة الحرارة المنزلية.

1 القراءات البيئية التي يجب مراقبتها هي درجة الحرارة والساعة الحالية. ستراقب درجة الحرارة بواسطة مُستشعر درجة الحرارة، والحصول على الوقت بواسطة ترانزستور ضوئي (Phototransistor) يشير إلى مستويات الضوء خارج المنزل.

2 قم بتوصيل محرك التيار المستمر بالدائرة التي تمثل مُنظم الحرارة وشاشة LCD أخرى. ستعرض شاشة LCD درجة الحرارة الحالية بالدرجات المئوية. سيُنشَط محرك التيار المستمر عن طريق إشارة تناظرية اعتماداً على القراءات من البيئة المحيطة.

3 أنشئ مستويات مختلفة من درجات الحرارة وظروف الإضاءة التي ستُرسل قيمًا تناظرية مختلفة إلى محرك التيار المستمر. تحتاج البيئات الأكثر برودة إلى المزيد من المُخرجات من منظم الحرارة (محرك التيار المستمر). أنشئ الدائرة وقم ببرمجتها باستخدام لغة C++ لتمثيل التنظيم التلقائي لدرجة الحرارة.



ماذا تعلمت

- < تحديد المزايا والمخاطر لأنظمة الأمان المبنية على إنترنت الأشياء.
- < تعيين أمثلة حول أجهزة إنترنت الأشياء المستخدمة في أنظمة الحماية الذكية.
- < استخدام الأوامر الأساسية في لغة C++.
- < برمجة جهاز تحكم الأردوينو الدقيق باستخدام لغة C++.
- < إنشاء دائرة إلكترونية في تينكر كاد وبرمجتها باستخدام لغة C++.

المصطلحات الرئيسية

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| C++ Programming Language | لغة برمجة C++ |
| Class | فئة |
| High Level Programming Language | لغة برمجة عالية المستوى |
| Keypad | لوحة مفاتيح |

| | |
|-----------------------------|------------------|
| LCD display | شاشة LCD |
| Object-Oriented Programming | البرمجة الكائنية |
| Object | كائن |
| Smart Security | الحماية الذكية |



7. الرسائل في إنترنت الأشياء

سيتعرف الطالب في هذه الوحدة على التطبيقات الخاصة بالمدن الذكية، وعلى أساسيات بروتوكول نقل القياس عن بعد في قائمة انتظار الرسائل (Message Queuing Telemetry Transport - MQTT)، كما سينشئ تطبيق إنترنت الأشياء باستخدام متحكم الأردوينو وبروتوكول (MQTT)، وفي الختام سيقوم بإجراء عمليات لتحليل البيانات على التطبيق المدمج.

أهداف التعلم

- بنهاية هذه الوحدة سيكون الطالب قادراً على أن:
 - < يتعرف على طبقات هيكلية المدن الذكية.
 - < يحدد أمثلة على المدن الذكية.
 - < يصف وظيفة بروتوكول (MQTT).
 - < يُصنّف جودة الخدمة (QoS) لبروتوكول (MQTT).
 - < يستخدم البرمجة النصية في بايثون لنشر الرسائل إلى عميل MQTT X.
 - < يُنشئ ملف بيانات جسون (JSON) لتخزين التقارير.
 - < يستخدم مُفكرة جوبيتر (Jupyter) لإجراء عمليات تحليل البيانات في ملف بيانات (JSON).

الأدوات

- < بيئة التطوير المتكاملة للأردوينو (Arduino IDE)
- < أداة جيت برينز باي تشارم (JetBrains PyCharm)
- < بيئة محاكاة دوائر أوتوديسك تينكر كاد (Autodesk Tinkercad Circuits)
- < عميل MQTT X





المدن الذكية Smart Cities

بدأت غالبية المدن كمراكز حضرية متواضعة، وذلك دون وجود تخطيط مسبق يدعم متطلبات الزيادة السكانية المتسارعة. يؤثر التوسع العمراني المطرد للمدن على بنيتها التحتية وخدماتها المختلفة، حيث يتم تجاوز الطاقة الاستيعابية القصوى للطرق والجسور وأنظمة الصرف الصحي، مما يصعب من طبيعة الحياة فيها، ويجعل توفير الأساسيات مثل الماء والكهرباء وتقليل الانبعاثات الكربونية يمثل تحدياً مباشراً في هذه المدن.

تزداد الانبعاثات الحرارية واستهلاك الطاقة مع الزيادة الكبيرة في عدد السكان على الكرة الأرضية، كما أن تركيز السكان في مناطق معينة يحد من قدرة النظام البيئي على التغلب على الملوثات، فالازدياد في الانبعاثات والنفايات يسهم في تسارع التغير المناخي. وتعد المدن في وقتنا الحاضر مسؤولة عما يقرب من 60-80% من انبعاثات الطاقة وغازات الاحتباس الحراري في العالم، حيث تستهلك المدن 60% من مجموع المياه الصالحة للشرب، بينما تصل نسبة الفاقد من تلك المياه إلى 20% بسبب التسريبات في شبكات المياه.

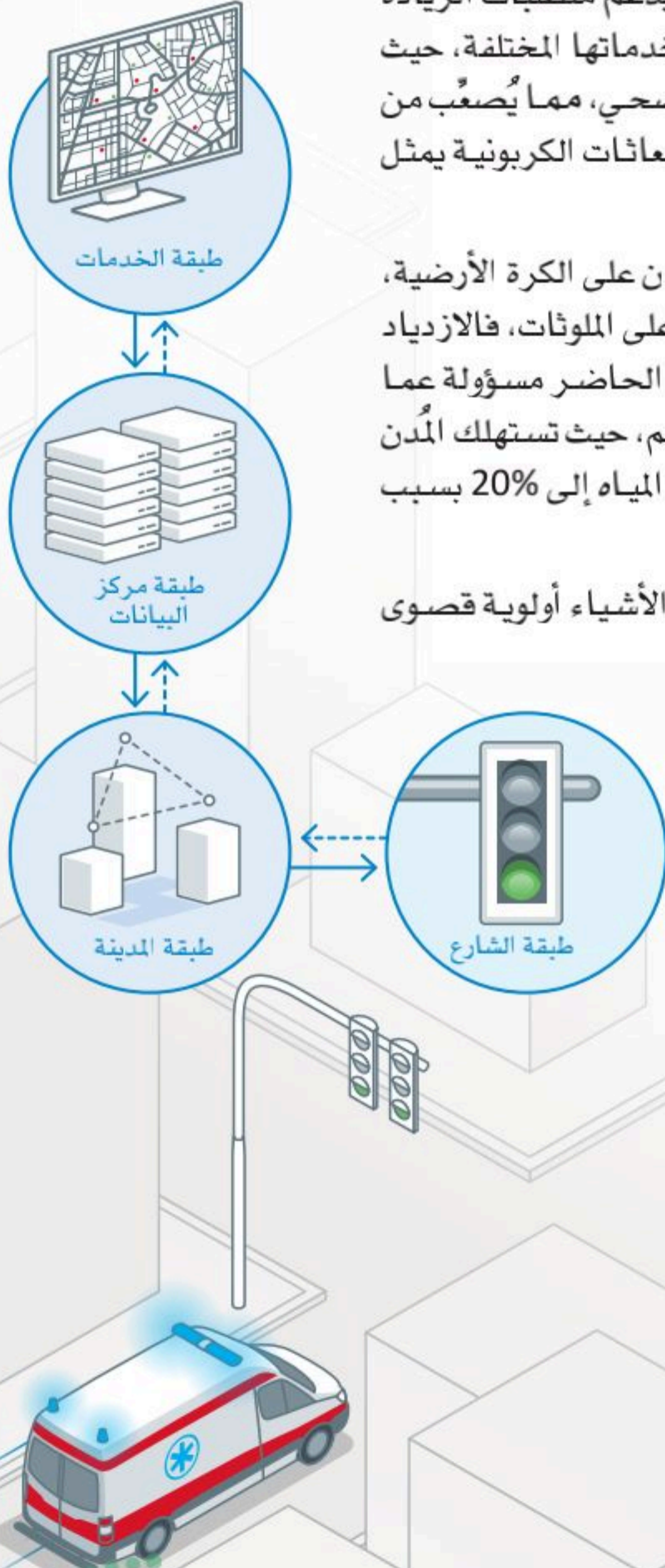
يُعدُّ تحسين الموارد ومعالجة النفايات والانبعاثات باستخدام تقنيات إنترنت الأشياء أولوية قصوى لجميع السلطات المسؤولة عن المدن في جميع أنحاء العالم.

هيكلية المدينة الذكية باستخدام إنترنت الأشياء

A Smart City IoT Architecture

يتمثل التحدي الرئيس لحلول إنترنت الأشياء الذكية في ربط أنظمة معقدة متعددة في تقنية موحدة، وتوجد العديد من مخططات المدن الذكية المقترحة، ومن أبرزها المخطط المبني على تقسيم شبكة إنترنت الأشياء للمدن الذكية إلى أربع طبقات، وتشمل كل من طبقة الشارع (Street)، وطبقة المدينة (City)، وطبقة مركز البيانات (Data Center)، وطبقة الخدمات (Services).

تنتقل البيانات من الأجهزة الموجودة في طبقة الشارع إلى طبقة شبكة المدينة، حيث يتم دمجها وتوحيدها وتخزينها، وتقوم طبقة مركز البيانات بتغذية المعلومات في طبقة الخدمات التي تشمل على تطبيقات مزود الخدمة للمدينة.

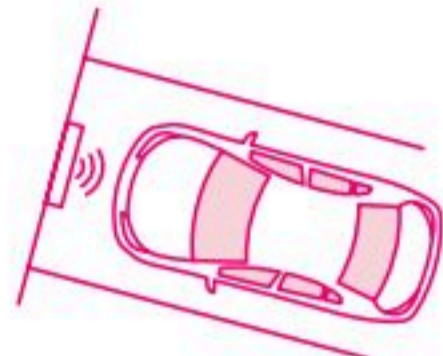
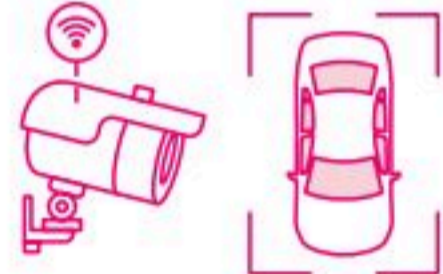



شكل 7.1: مخطط إنترنت الأشياء في المدينة الذكية

طبقة الشارع Street Layer

تتكون طبقة الشارع من أجهزة ومُستشعرات تجمع البيانات وتعمل وفقاً لمتطلبات النظام المتكامل، وذلك وفقاً لمكونات الشبكات اللازمة لجمع هذه البيانات واختزالها، وتُستخدم في طبقة الشارع مجموعة من الأجهزة ذات الاستخدامات المختلفة في المُدن الذكية، كما يظهر في الجدول أدناه:

جدول 7.1: أجهزة ومُستشعرات طبقة الشارع

| الوصف | النوع |
|--|---|
| يكتشف المُستشعر المغناطيسي عملية رَكْنِ المركبات، من خلال مراقبة التغيرات في المجال المغناطيسي له عند اقتراب جسم معدني ثقيل مثل سيارة أو شاحنة. |  <p>مُستشعر مغناطيسي (Magnetic Sensor)</p> |
| يمكن لمُستشعر الإضاءة التحكم في الإنارة بناءً على المتغيرات البيئية وعلى الوقت. |  <p>مُستشعرات الإضاءة (Lighting Controller)</p> |
| يمكن لكاميرات المراقبة وتقنيات تحليل الصور التعرف على السيارات والوجوه وحالة المرور في مختلف التطبيقات الخاصة بالمرور والحماية. |  <p>كاميرات المراقبة (Video Cameras)</p> |
| يمكن لمُستشعر جودة الهواء اكتشاف وتحديد كميات الغازات والجسيمات في الهواء، لمعرفة كمية التلوث بدقة في موقع محدد. |  <p>مُستشعر جودة الهواء (Air Quality Sensor)</p> |
| تستطيع العدادات المثبتة في الشوارع تسجيل عدد المركبات المتحركة في الشارع أو المتوقفة في منطقة وقوف عامة، وذلك من أجل توفير التحليلات المرورية وحالة المرور للسائقين. |  <p>العدادات (Counters)</p> |



طبقة المدينة City Layer

يُمكن النظر إلى طبقة المدينة على أنها طبقة النقل المباشرة بين أجهزة إنترنت الأشياء الطرفية (Edge Devices IoT)، ومراكز البيانات أو الإنترنت. ويجب نشر موجهات الشبكة ومحولاتها في هذه الطبقة في مستوى أعلى من طبقة الشارع لدعم نقل البيانات الضخمة، كما يجب أن تنقل طبقة المدينة البيانات من خلال أنواع عديدة من البروتوكولات لتطبيقات إنترنت الأشياء المختلفة. قد تتسم بعض هذه التطبيقات بالحساسية للتأخر الزمني أو لفقدان الحزم، حيث يمكن أن يؤدي فقدان حزمة معينة إلى تشغيل تنبيه أو إنشاء تقرير غير صحيح. لذلك، يجب أن تكون طبقة المدينة مرنة لضمان وصول حزمة البيانات المُرسلة من مُستشعر أو بوابة إلى وجهتها دائماً.

طبقة مركز البيانات Data Center Layer

تُرسل البيانات التي تجمعها المُستشعرات إلى مركز البيانات للمعالجة والتخزين، وبناءً على عمليات معالجة البيانات هذه، تُحدّد المعلومات والأنماط المهمة، ثم إنشاء الأفكار ودعم القرارات. على سبيل المثال، يمكن لمركز البيانات إعطاء تصور لحركة المرور على مستوى المدينة، ومساعدة السلطات في تحديد أهمية إضافة مركبات نقل جماعي إضافية أو تقليصها. ويمكن استخدام نفس بيانات حركة المرور لإدارة مدة عمل إشارات المرور في المدينة ومزامنتها تلقائياً للتحكم بالازدحام المروري. وتُعدّ الخدمات السحابية وتخزين البيانات سحائباً ضرورية لتطوير أي حل شامل لإنترنت الأشياء، كما يمكن تخزين هذه البيانات في مراكز البيانات التابعة لسلطات المدينة أو للشركات الخاصة، وذلك حسب التشريعات المحلية.

طبقة الخدمات Services Layer

تُكمن الأهمية الفعلية لإنترنت الأشياء في الخدمات التي تقدمها للسلطات والمواطنين، ويجب عرض البيانات التي تُعالج وفقاً للمتطلبات الخاصة بكل مُستهلك للبيانات، ووفق متطلبات تجربة المُستخدم وحالات الاستخدام المختلفة. يمكن مثلاً إعادة توجيه الحافلات وأنظمة النقل العام الأخرى لتجنب مواقع الازدحام المروري المتكررة، كما يمكن تسيير المزيد من قطارات الأنفاق بصورة تلقائية وذلك استجابةً لزيادة الازدحام المروري، وتوقع قرارات الركاب باختيار وسائل النقل العام للتنقل بدلاً من السيارات الخاصة في الأيام التي تشهد حركة مرور مكثفة.



شكل 7.2: التحديث الفوري للحركة المرورية

مثال

تُخطط وزارة الشؤون البلدية والقروية والإسكان لتنفيذ أكثر من 50 مشروعاً لمُدن ذكية متصلة بإنترنت الأشياء بحلول عام 2030. تشمل هذه المشاريع الإدارة الذكية لحركة المرور ومواقف السيارات وأنظمة الحفاظ على البيئة، وكذلك إدارة التخلص من النفايات، والإسكان الذكي، وأنظمة إدارة الأراضي، وذلك لتحقيق الهدف الرئيس وهو تحسين نوعية حياة المواطنين وتحقيق الاستدامة المالية وجودة الخدمة.



تطبيقات المدينة الذكية Smart City Applications



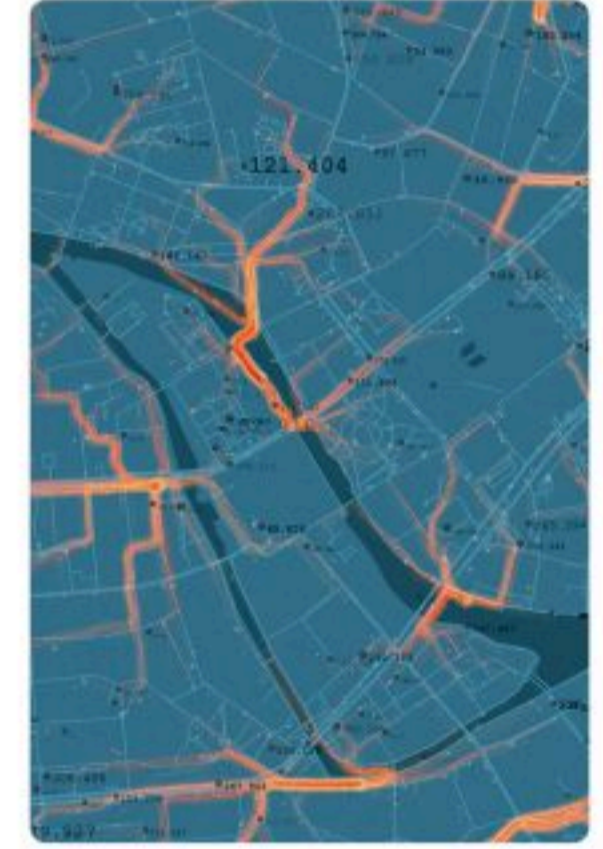
شكل 7.3: الإنارة الذكية للشوارع

الإنارة الذكية للشوارع Connected Street Lighting

تُعدُّ إنارة الشوارع إحدى أكثر المرافق الحضرية تكلفة، لكونها تمثل ما يصل إلى 40% من إجمالي تكلفة الطاقة، وتبحث المدن عن طرائق لخفض تكاليف الإنارة مع تحسين كفاءة التشغيل وخفض النفقات الأولية. يمكن أن يؤدي تثبيت نظام الإنارة الذكية للشوارع إلى توفير كبير في الطاقة مما يفتح المجال لتقديم خدمات جديدة. ويُعدُّ الانتقال إلى استخدام تقنيات الديودات المشعة للضوء (LEDs) في طليعة الوسائل المستخدمة للتحويل من الإنارة التقليدية إلى الإنارة الذكية للشوارع، وتتميز الديودات المشعة للضوء بالاستهلاك المنخفض للطاقة، مما يجعلها مناسبة بشكل مثالي لتطبيقات الحلول الذكية. ويمكن أيضاً تعديل ألوان الديودات المشعة للضوء وشدتها وفقاً للحاجة والظروف المحيطة.

التحكم الذكي في الحركة المرورية Smart Traffic Control

يُعدُّ الازدحام المروري من أكثر المشاكل شيوعاً في المدن الحديثة، حيث يسهم بشكل كبير في التلوث البيئي وفقدان الإنتاجية، ويشمل الحل الذكي لضبط وتنظيم الحركة المرورية في المدن توفير المعلومات حول عدد السكان، وحركة التنقل، وأعداد المركبات على الطريق، حيث يتم إرسال تلك البيانات إلى المسؤولين عن تخطيط وتنظيم حركة المرور لاتخاذ الإجراءات اللازمة. ومن الممكن تفعيل التطبيقات المرورية من خلال البيانات الواردة من مُستشعرات إنترنت الأشياء وذلك لتخفيف الازدحام والتحكم في الحركة المرورية، ويستطيع مخططو المدن من خلال تحليل البيانات التي تم جمعها خلال فترات زمنية معينة إنشاء استراتيجيات أكثر فاعلية لتقليل الازدحام المروري. يتسبب الازدحام المروري في ارتفاع حوادث المرور، والتي بدورها تزيد من الازدحام المروري حتى تلك البسيطة منها، ويتمثل أحد الحلول الشائعة في التحكم في تدفق حركة السيارات بناءً على كثافة الحركة المرورية. يمكن للتطبيق الذي يكتشف كثافة الحركة المرورية الفورية تنظيم مدة دورة إشارة المرور لتقييد أو إزالة تأثير الازدحام المروري بالتحكم في عدد المركبات المنضمة إلى حركة المرور على الطرق الرئيسية.



شكل 7.4: التحكم الذكي في الحركة المرورية

البيئة المتصلة Connected Environment

تُراقب غالبية المدن الكبيرة جودة الهواء، ولكن الكثير من محطات مراقبة جودة الهواء تستخدم معدات مراقبة قديمة ومكلفة لجمع هذه البيانات، وعادةً ما تجمع هذه المحطات قراءات دقيقة جداً، ولكنها تتسم بمحدودية المدى الذي تجمع منه البيانات، وبالتالي يُحتمل ألا يتم تغطية كامل المدينة بالنقاط الكافية، وتؤدي محدودية البيانات التي تُجمع إلى عدم القدرة على تحديد أنماط جودة الهواء بشكل صحيح. إن تكلفة محطات مراقبة جودة الهواء وحجمها يجعلان من الصعب توفير العدد الكافي من هذه المحطات لتوفير معلومات موثوقة على مستوى محلي وتتبع انتقال التلوث في أرجاء المدن على مدى فترة زمنية معينة.



شكل 7.5: محطة جودة هواء ذكية

تنبيهات الأمان الذكية Smart Safety Alerts

توجد على جانب الطريق وحدة اتصالات مخصصة للاتصالات قصيرة المدى (Dedicated Short-Range Communications – DSRC) تعمل كيوابة بين وحدة التواصل داخل المركبة (On-Board Unit – OBU) والبنية التحتية للاتصالات، كما تعمل وحدة الاتصال على جانب الطريق (Roadside Unit – RSU) بمثابة جهاز اتصال لاسلكي على جانب الطريق وتُوفّر الاتصال ودعم المعلومات للمركبات المارة بما فيها تحذيرات السلامة والمعلومات المرورية.



شكل 7.6: وحدة الاتصال على جانب الطريق (RSU)

مثال

يهدف مشروع ذا لاين (The Line) في مدينة نيوم الكبرى في المملكة العربية السعودية إلى دمج أحدث تقنيات المُدن الذكية المتطورة لتصبح البيئة الحضرية الأكثر تقدماً من الناحية التقنية. ستعتمد نيوم بشكل كبير على حلول إنترنت الأشياء للمُدن الذكية للوصول إلى هدفها المتمثل في أن تصبح مدينة خالية من الانبعاثات، دون سيارات أو ازدحام مروري.

تتطلب المدينة الذكية دائماً معرفة فورية وشاملة بجودة الهواء، ولجمع هذه البيانات تتطلب المُدن الذكية ما يلي:

- أنظمة بيانات مفتوحة تتلقى قياسات جودة الهواء من محطات المراقبة الموجودة.
- مُستشعرات إنترنت الأشياء منخفضة التكلفة وذات مستوى من الدقة مماثلاً لذلك الذي يمكن الحصول عليه من محطات جودة الهواء.
- إمكانية تمثيل للبيانات البيئية متوافر للسلطات وللمواطنين، وتخزين سجلات بيانات جودة الهواء السابقة لتتبع الانبعاثات زمنياً وتحديد اتجاهاتها.

بروتوكول نقل القياس عن بُعد في قائمة انتظار الرسائل

Message Queuing Telemetry Transport - MQTT

مقدمة إلى بروتوكول (MQTT)

Introduction to MQTT

طرح المهندسون من شركتي IBM و Arcom في نهاية التسعينيات من القرن الماضي فكرة تطوير بروتوكول غير معقد وموثوق وفعال، وكذلك منخفض التكلفة، وذلك لمراقبة الأعداد الكبيرة من المُستشعرات، وإدارتها والتعامل مع بياناتها من موقع خادم مركزي، وتحديدًا للاستخدام في قطاعي النفط والغاز، نتج عنه تطوير بروتوكول نقل القياس عن بُعد في قائمة انتظار الرسائل (MQTT)، والذي تم توحيدده الآن من قِبَل مؤسسة المعايير الدولية المنظمة (OASIS). يُستخدم بروتوكول (MQTT) على نطاق أوسع من استخدام بروتوكول (HTTP) في تطبيقات إنترنت الأشياء، وذلك بشكل أساسي لسهولة إنشاء هياكل مُعقدة باستخدام الأجهزة التي تُرسل وتستقبل حزم البيانات.

أساسيات MQTT Basics

يمكن لعميل (MQTT) أن يكون ناشراً (Publisher) لإرسال البيانات إلى خادم (MQTT) يعمل كخادم رسائل، ويسمى أيضاً بوسيط الرسائل (Message Broker). يتلقى خادم (MQTT) الاتصال من شبكة الناشرين ورسائل التطبيق، ويدير هذا الخادم أيضاً عمليات الاشتراك وإلغاء الاشتراك ويقدم بيانات التطبيق لعملاء (MQTT) الذين يعملون كمُستشعرين (Subscribers). يُمكن للعملاء الاشتراك لاستلام كافة البيانات أو جزء منها من مجموعة معلومات الناشر (MQTT). ويُطلق على عميل (MQTT) في هذه الحالة اسم المُستشعر (Subscriber). يؤدي تضمين وسيط الرسائل في (MQTT) إلى الفصل بين عملية نقل البيانات بين الناشرين والمُستشعرين، فالناشرون والمُستشعرون يجهلون بعضهم بعضاً، ويضمن وسيط رسائل (MQTT) إمكانية تأخير المعلومات وتخزينها في حالة فشل الشبكة، وهو ما يُعد ميزة لعملية الفصل بين الناشرين والمُستشعرين، ولهذا السبب، لا يُطلب من الناشرين والمُستشعرين الاتصال بالإنترنت في آن واحد. وتتكون جلسة (MQTT) لكل عميل وخادم من أربعة مراحل وهي: إنشاء الجلسة، والمصادقة، وتبادل البيانات، وإنهاء الجلسة، وكل عميل يتصل بخادم لديه مُعرف عميل فريد يحدد جلسة (MQTT) بين الطرفين، ويعامل الخادم كل عميل على حدة عند إرسال رسالة تطبيق إلى العديد من العملاء. من عيوب بروتوكول (MQTT) أنه أبطأ في الإرسال من بروتوكول (HTTP)، كما أنه يجب تنفيذ اكتشاف الموارد وخدمات النسخ الاحتياطي من قِبَل المستخدم، ويُؤخذ على هذا البروتوكول أيضاً قصوره الأمني في عملية التشفير، وكذلك صعوبة توسيع نطاقه مع زيادة عدد الأجهزة والوسطاء.





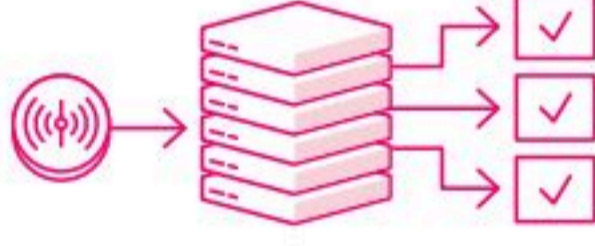
شكل 7.7: وظيفة MQTT

جودة الخدمة - QoS Quality of Service

يوفر بروتوكول (MQTT) ثلاث درجات من جودة الخدمة (QoS)، وتُطبَّق جودة الخدمة لبروتوكول (MQTT) أثناء تبادل رسائل التطبيق مع الناشرين أو المُشتركين، كما يتعلق بروتوكول التسليم بشكل أساسي بتسليم رسائل التطبيق من مُرسل واحد إلى مُستلم آخر.

يعرض الجدول الآتي مستويات جودة الخدمة الثلاثة لبروتوكول (MQTT):

جدول 7.2: جودة مستويات الخدمة

| الوصف | المستوى |
|--|--|
| هذه خدمة بيانات غير مؤكدة، وتعرف باسم أفضل جهد أو (مرة واحدة على الأكثر). يُسلم الناشر رسالة واحدة إلى الخادم الذي ينقلها إلى كل مُشترك، ولا يستقبل المُستلم أي إجابة، ولا يحاول المُرسل إرسال البيانات مرة أخرى. يتلقى المُستلم الرسالة إما مرة واحدة أو لا يتلقاها على الإطلاق. |  <p>مستوى جودة الخدمة 0 (مرة واحدة على الأكثر):</p> <ul style="list-style-type: none"> لا يمكنه التعامل مع الفشل. لا يتكرر أبداً. |
| يضمن مستوى جودة الخدمة هذا إرسال الرسائل مرة واحدة على الأقل بين الناشر والخادم، ثم بين الخادم والمُشتركين. يضمن هذا المستوى التسليم مرة واحدة على الأقل. |  <p>مستوى جودة الخدمة 1 (مرة واحدة على الأقل):</p> <ul style="list-style-type: none"> يستطيع التغلب على فقدان الاتصال. يمكن أن يتكرر. |
| يعدُّ هذا أعلى مستوى لجودة الخدمة، ويستخدم في الحالات التي لا تسمح بفقدان الرسالة أو تكرارها. يحتوي مستوى جودة الخدمة هذا على تكلفة إضافية نظراً لأن كل حزمة تتضمن متغيراً اختيارياً يحتوي على تعريف الحزمة، ويوفر هذا المستوى "خدمة مضمونة" تسمى التسليم "مرة واحدة بالضبط"، ولا يهم عدد مرات إعادة المحاولة طالما تم إرسال الرسالة مرة واحدة بدقة. |  <p>مستوى جودة الخدمة 2 (مرة واحدة بالضبط):</p> <ul style="list-style-type: none"> يستطيع التغلب على فقدان الاتصال. لا يمكن أن يتكرر. |

مثال

يُمكن أن تتعرض كائنات إنترنت الأشياء في المُدن الذكية للمخاطر بسبب هيكلتها المركزية، حيث لا تتناسب أساليب الحماية التقليدية مع بيئة إنترنت الأشياء المتطورة. ستطوّر في المملكة العربية السعودية تقنيات سلسلة الكتل (Blockchain) لإنترنت الأشياء في المُدن الكبرى لتقليل النقاط المركزية لحالة فشل الشبكة التي تعتمد على الهيكلية الموزعة. ستعتمد شبكة مشروع نيوم العملاق على تقنيات سلسلة الكتل لإنترنت الأشياء لتوفير بنية تحتية آمنة للشبكة وللمواطنيها.



تمرينات

1

| خاطئة | صحيحة | حدّد الجملة الصحيحة والجملة الخاطئة فيما يلي: |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. تُطوّر تقنيات المُدن الذكية لتحسين الحركة المرورية فقط. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. يجب أن تكون موجهات الشبكة في طبقة المدينة مرنة لمواجهة حالات فقدان البيانات المُحتملة في الحزم. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. تُرسل البيانات مباشرة من طبقة الشارع إلى طبقة مركز البيانات. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. يمكن تخزين البيانات الموجودة في طبقة مركز البيانات على الخوادم الخاصة للشركات. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. تحتوي طبقة الخدمات على التطبيقات التي يستخدمها سكان المدينة. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. ينحصر استخدام أنظمة إنارة الشوارع الذكية على الديودات المشعة للضوء (LEDs). |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. لا يُمكن استخدام البيانات التاريخية التي جُمعت على مدى فترات معينة في الماضي لتوقُّع الحركة المرورية المستقبلية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 8. يمكن استخدام حلول بيئية مبنية على إنترنت الأشياء للحد من الانبعاثات الضارة داخل المُدن. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 9. أنشئ بروتوكول (MQTT) لربط العديد من المُستشعرات من خلال نقطة خدمة واحدة. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 10. في الاتصال الأساسي ببروتوكول (MQTT)، يُدرك الناشر والمُشترك وجود الطرف الآخر. |

2

ما الدافع الأساسي وراء تطوير المُدن الذكية؟ دوّن أفكارك أدناه.



3 أنشئ مخططاً يوضح كيفية تدفق البيانات في هيكلية إنترنت الأشياء في المدينة الذكية.



4 اعرض أمثلة حول استخدام المستشعرات في طبقة الشارع في المدينة الذكية.



5 صِف كيف يُمكن استخدام الأنظمة المتطابقة في طبقة مركز البيانات في تطبيقات متعددة. دوّن أفكارك أدناه.

6 اعرض مثالين على تطبيقات المُدن الذكية وِصفهما بإيجاز. دوّن أفكارك أدناه.

7 صِف باختصار آلية عمل بروتوكول (MQTT).



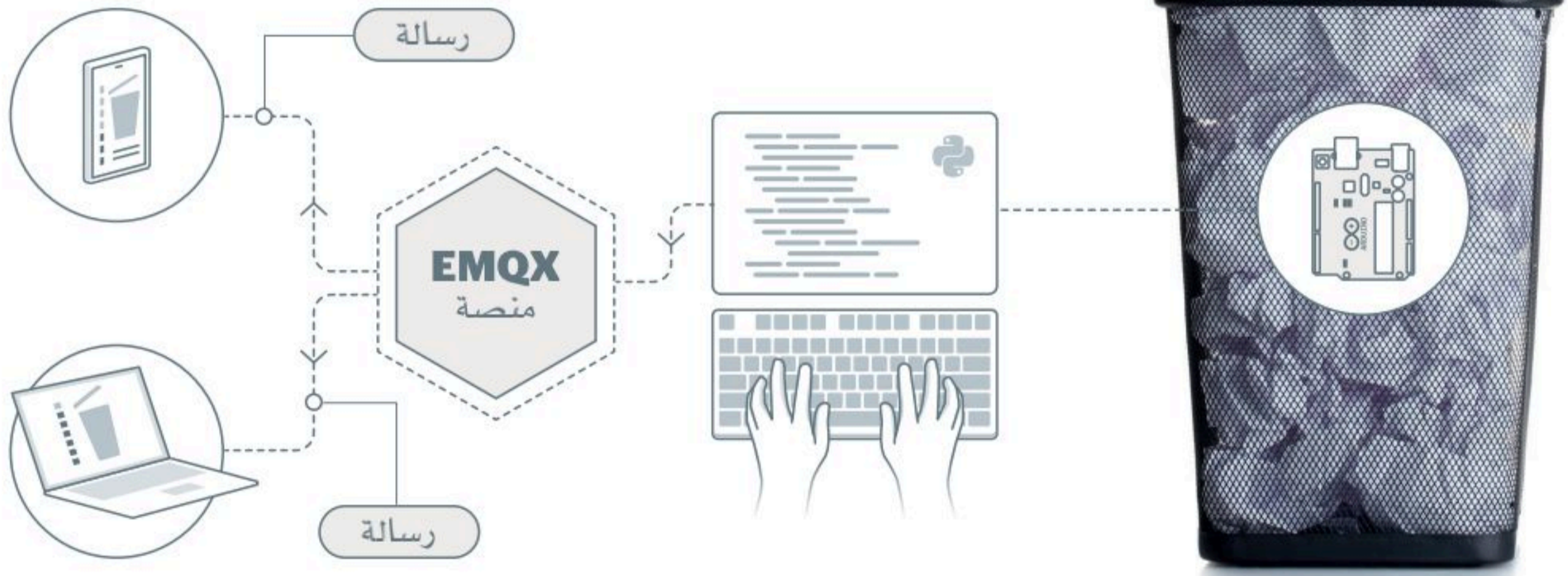


تصميم وبرمجة جهاز ذكي لإنترنت الأشياء

إدارة النفايات الذكية

Smart Waste Management

نظراً للاكتظاظ السكاني قد لا تُجمع ولا تُعالج كميات كبيرة جداً من النفايات والمخلفات بكفاءة، مما يتسبب في زيادة كمية النفايات في عدة أماكن، وتحدث هذه المشكلة بسبب تجاوز سعة حاويات القمامة دون إزالتها في الوقت المناسب. لكن باستخدام حاويات النفايات الذكية، يمكن أن تُرسل رسائل تنبيهية لإعلام مركبات جمع النفايات بهذه الحاويات. كذلك من خلال عمليات تحليل البيانات الملائمة يُمكن استنباط الأفكار حول كيفية تعبئة حاويات النفايات لتحسين العملية برمتها بشكل أكثر كفاءة.



شكل 7.8: مشروع إدارة النفايات الذكية بالأردوينو وبروتوكول MQTT



(EMQX) هو وسيط (MQTT) مفتوح المصدر عالي الأداء مع محرك لمعالجة الرسائل بصورة فورية. يُستخدم لدعم تدفق الأحداث بواسطة عدد كبير من أجهزة إنترنت الأشياء.

سُتُنشئ في هذا الدرس نموذجاً أولياً لحاوية قمامة ذكية تحسب متوسط عدد المرات المطلوبة لتصل إلى سعتها الكاملة. سترسل رسالة إلى وسيط (MQTT) كل مرة تُستخدم فيها الحاوية، وعندما تمتلئ الحاوية، تُرسل رسالة أخرى إلى مُتحكم النظام الذي يُنتج التقارير عن الحاوية. ستستخدم في هذا المشروع مُتحكم أردوينو يُمثل حاوية ذكية، وستقوم ببرمجته باستخدام بروتوكول (Firmata) والبايثون، كما ستستخدم منصة (MQTT) لتوزيع الرسائل.

مكونات وأدوات المشروع Components & Tools for Project

الترانزستور الضوئي Phototransistor

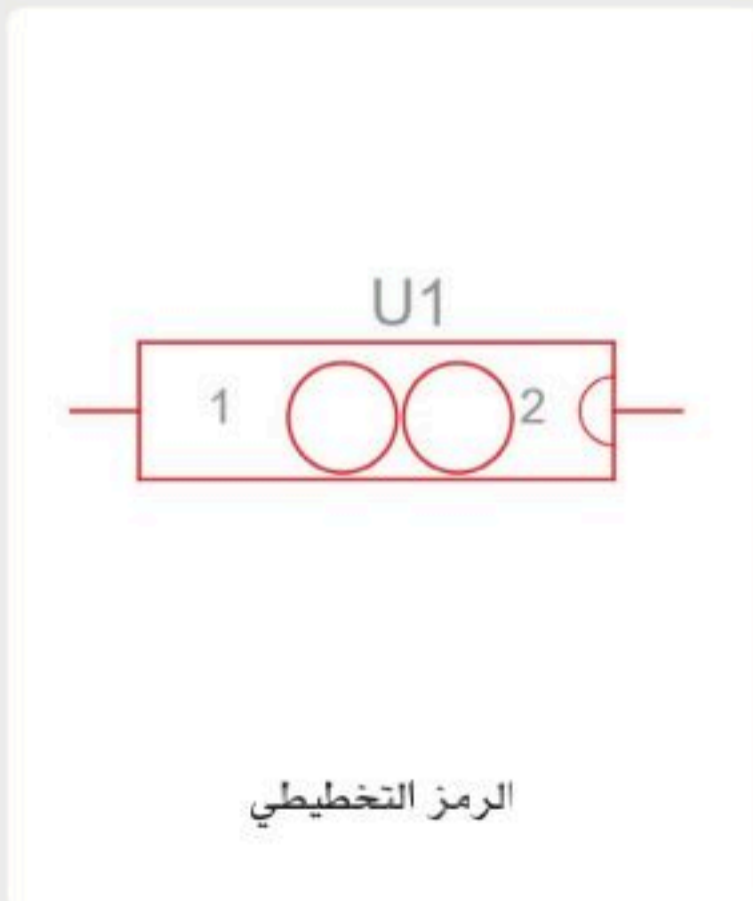
هو مكون كهربائي يعمل عند تعرضه للضوء، حيث تتدفق كمية متناسبة من التيار العكسي عند سقوط الضوء على المُستشعر، وتُستخدم أجهزة الترانزستورات الضوئية على نطاق واسع لاكتشاف وتحويل نبضات الإضاءة إلى إشارات كهربائية.



شكل 7.9: مُستشعر ضوئي

مُستشعر الإمالة Tilt Sensor

يُستخدم مُستشعر الإمالة لقياس درجة الميل على عدة محاور، وتقوم مُستشعرات الإمالة بتقييم وضع الميل بالنسبة للجاذبية وتُستخدم في تطبيقات مختلفة، حيث تجعل اكتشاف الميل أو الاتجاه أمراً ميسوراً.



شكل 7.10: مُستشعر الإمالة

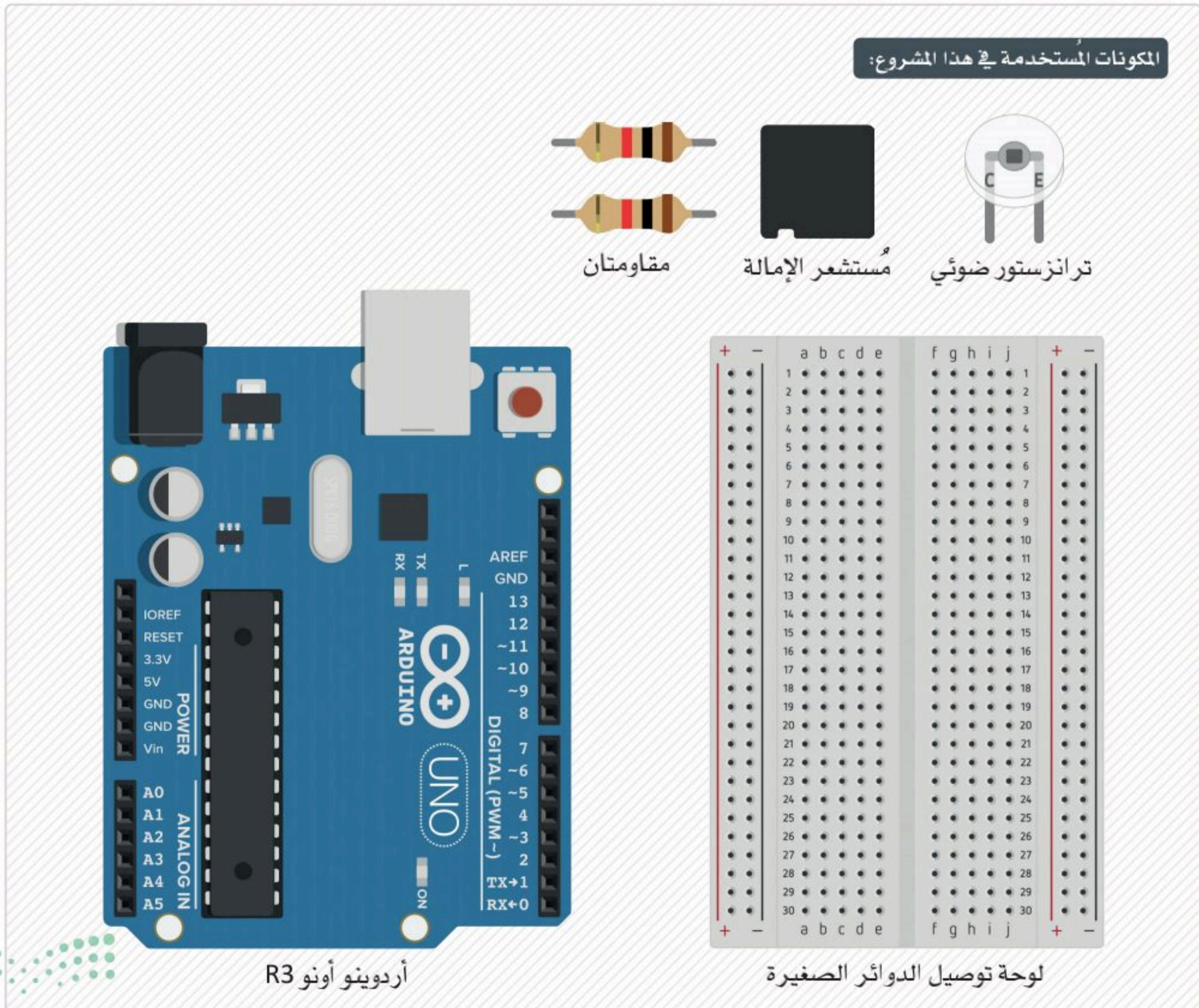


النموذج الأولي باستخدام الأردوينو Arduino Prototype

سيراقب جهاز تحكم الأردوينو الدقيق حالة الحاوية، ويجمع بيانات الأحداث المختلفة ويرسلها من خلال بروتوكول (Firmata). سيستخدم مُستشعر الإمالة لتسجيل استخدام الحاوية في كل مرة، ومحاكاة حركة غطاء الحاوية، وسيعمل الترانزستور الضوئي كمُستشعر عند الوصول إلى حد معين مما يعني أن الحاوية مليئة بالنفايات.

ستحتاج إلى المكونات الآتية:

- لوحة أردوينو أونو R3 (Arduino Uno R3).
- لوحة توصيل الدوائر الصغيرة (Breadboard Small).
- ترانزستور ضوئي (Phototransistor).
- مُستشعر إمالة (Tilt Sensor).
- مقاومتان 1 كيلو أوم (Two resistors 1k Ω).

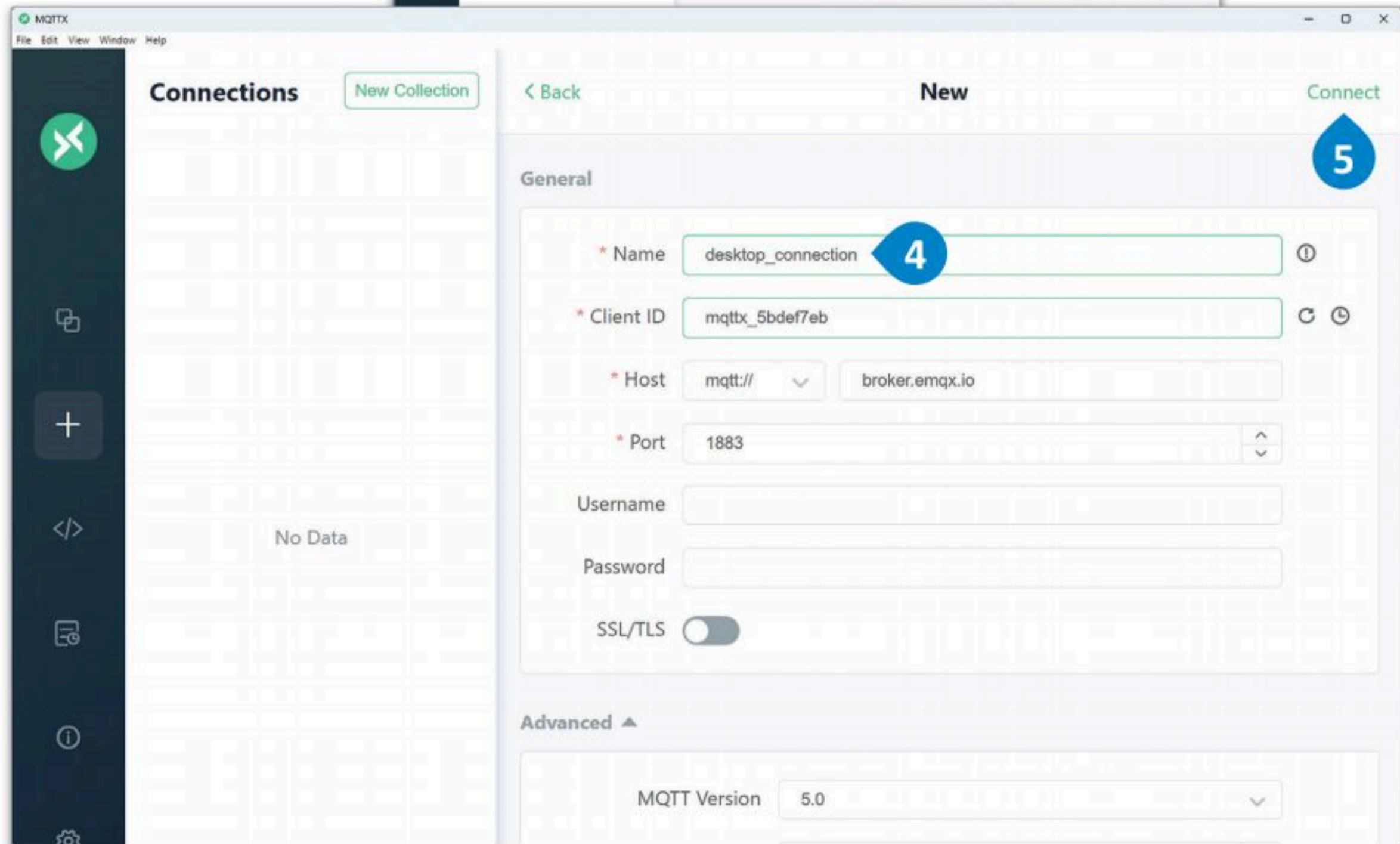
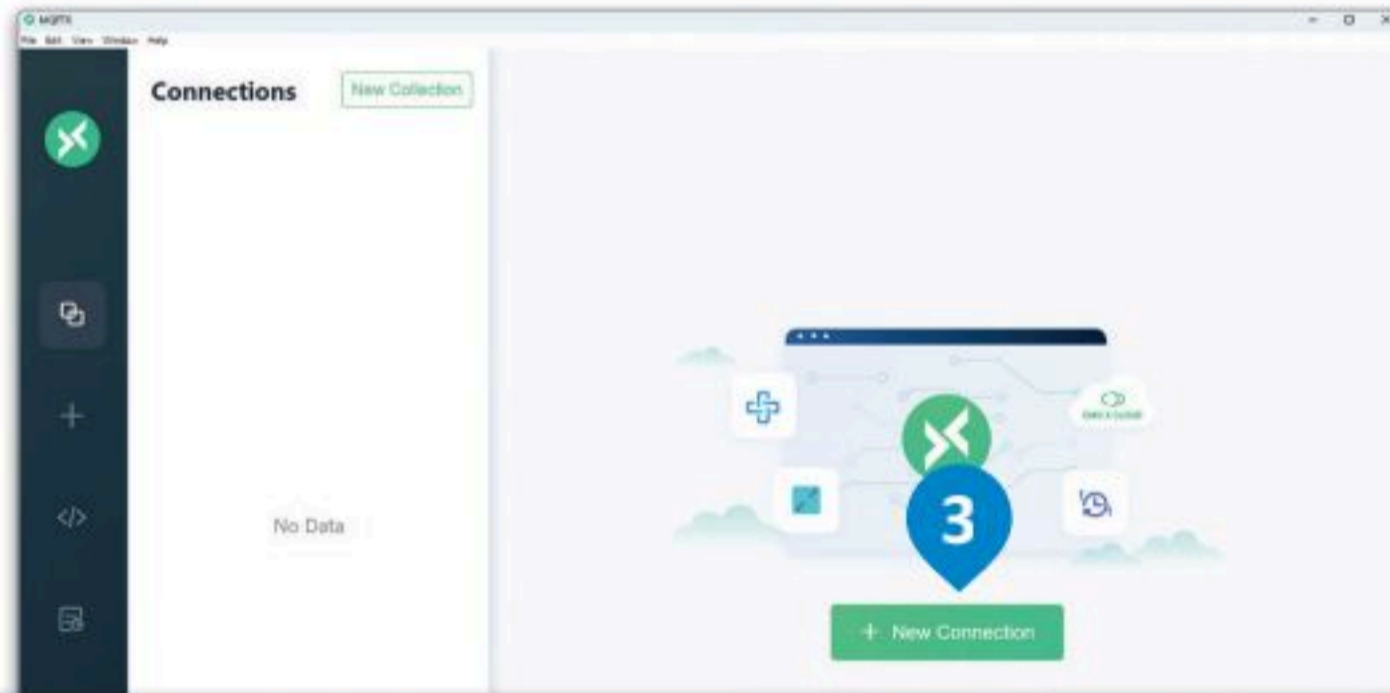
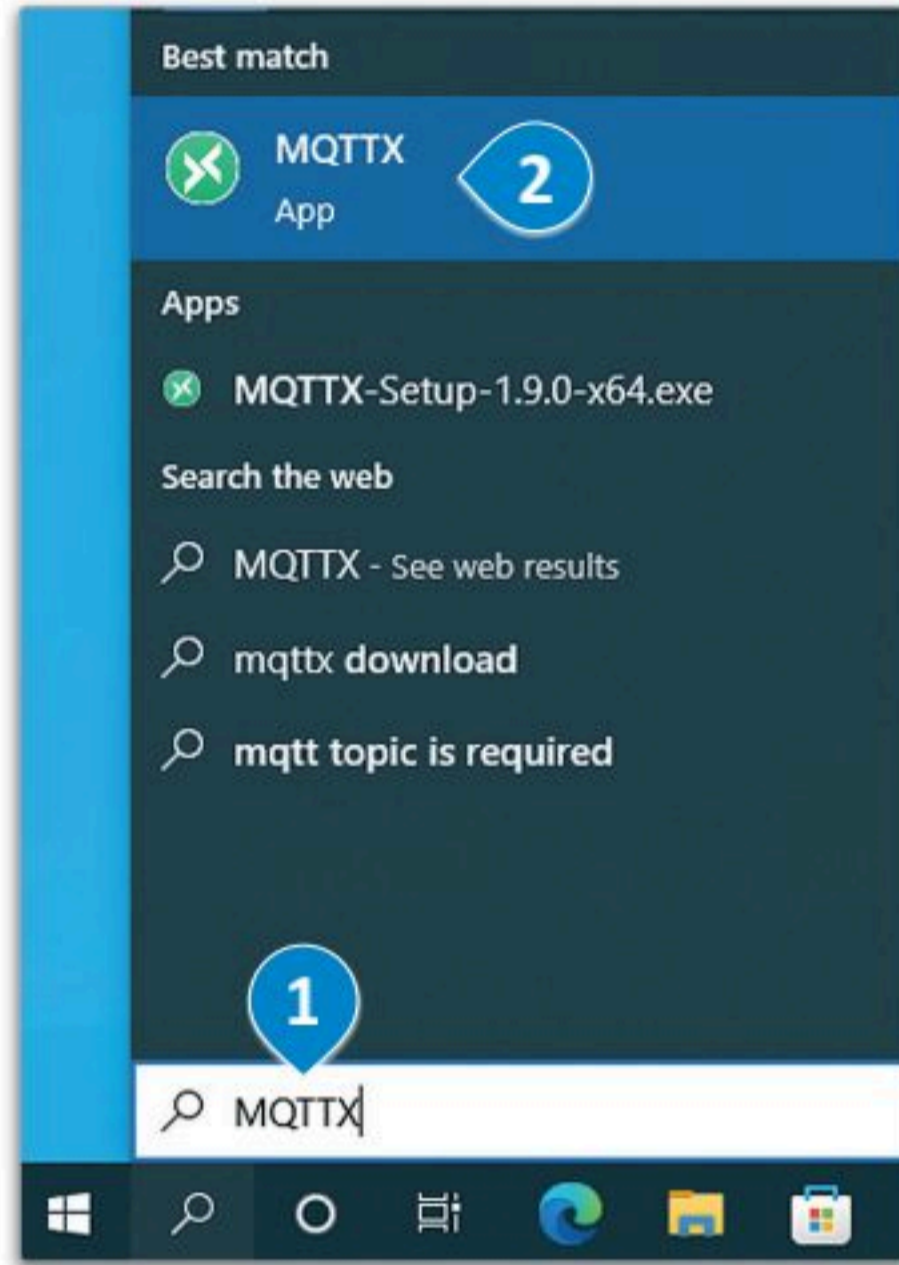


شكل 7.11: مكونات مشروع النفايات الذكية



الاتصال بوسيط EMQX العام

ستحتاج أولاً إلى تثبيت التطبيق المكتبي MQTTX client، ثم اختبار الاتصال مع وسيط (EMQX) العام. لتثبيت تطبيق MQTTX Agent، قم بزيارة موقع الويب: <https://mqttx.app/> وقم بتنزيل أحدث إصدار. قم بتشغيل المثبت لإكمال عملية التثبيت. ستقوم الآن بفتح البرنامج العميل، وإنشاء اتصال جديد مع وسيط (EMQX).

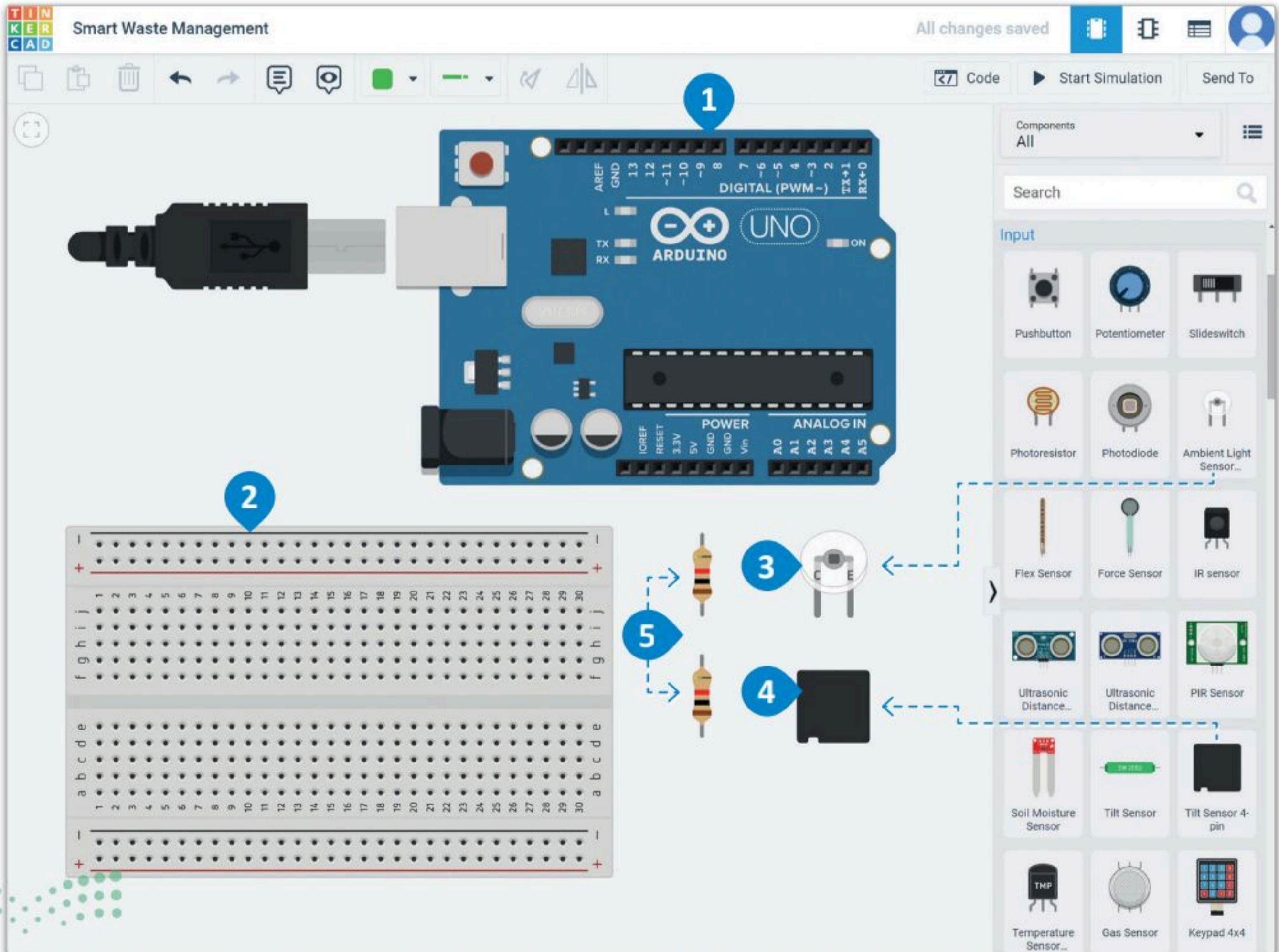


دائرة الأردوينو Arduino Circuit

ستبدأ في إنشاء دائرة الأردوينو عن طريق إضافة المكونات المطلوبة داخل مساحة عمل دوائر تنكر كاد.

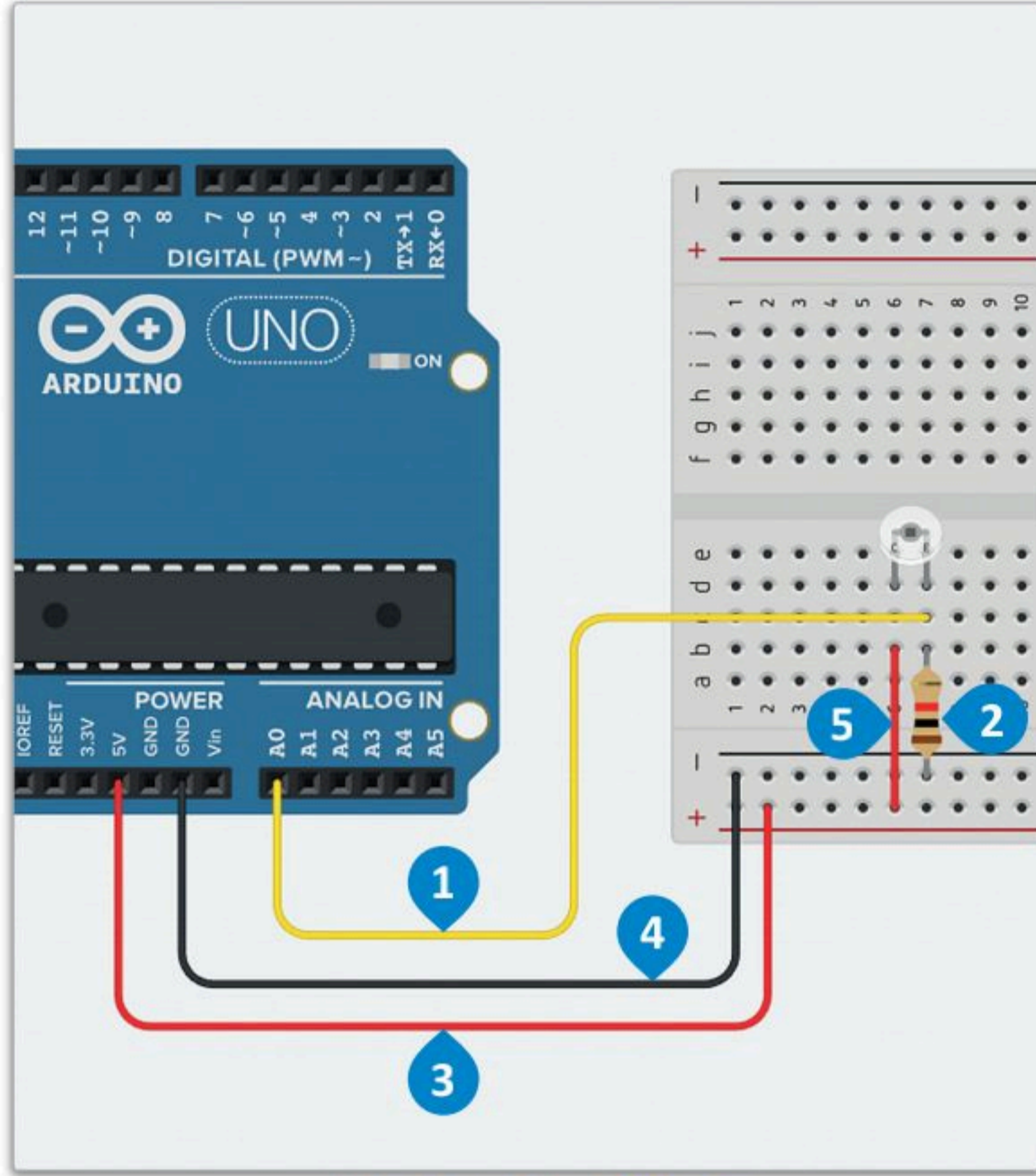
لتثبيت المكونات،

- 1 < ابحث عن Arduino Uno R3 (لوحة أردوينو أونو R3) من مكتبة Components (المكونات)، واسحبها وأفلتها في مساحة العمل.
- 2 < ابحث عن Breadboard Small (لوحة توصيل الدوائر الصغيرة) من مكتبة Components (المكونات)، واسحبها وأفلتها في مساحة العمل.
- 3 < ابحث عن Phototransistor (مُستشعر الإضاءة [الترانزستور الضوئي])، من مكتبة Components (المكونات) واسحبه وأفلته في مساحة العمل.
- 4 < ابحث عن Tilt Sensor 4-pin (مُستشعر الإمالة بأربعة أطراف) من مكتبة Components (المكونات)، واسحبه وأفلته في مساحة العمل.
- 5 < ابحث عن Resistor (المقاومة) من مكتبة Components (المكونات) واسحب اثنتين منها وأفلتهما في مساحة العمل.



شكل 7.13: تثبيت مكونات الدائرة

لتوصيل الترانزستور الضوئي،



شكل 7.14: توصيل الترانزستور الضوئي

< قم بتوصيل طرف Emitter (الباعث) الخاص بالترانزستور الضوئي بالطرف التناظري A0 في الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى yellow (الأصفر). ①

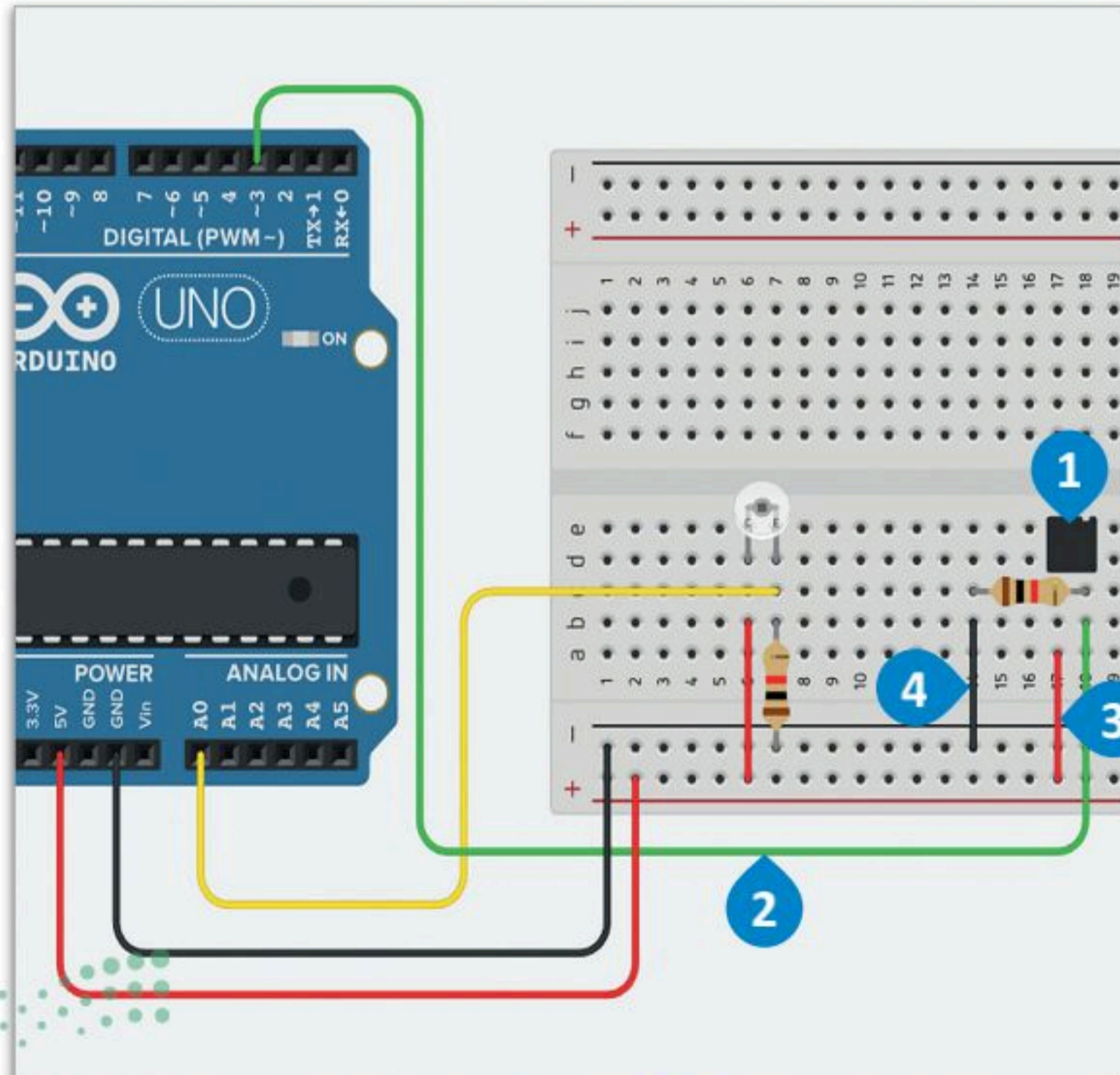
< قم بتوصيل الطرف الثاني للمقاومة الواحدة مع الصف نفسه الذي تم توصيل باعث الترانزستور الضوئي به، ثم وصل الطرف الأول من المقاومة بالعمود السالب من لوحة الدوائر الصغيرة. ②

< قم بتوصيل طرف 5v (5 فولت) للوحة الأردوينو أونو R3 بالعمود الموجب من لوحة التجارب، وغيّر لون السلك إلى Red (الأحمر). ③

< قم بتوصيل GND (الطرف الأرضي) للوحة الأردوينو أونو بالعمود السالب للوحة التجارب، وغيّر لون السلك إلى Black (الأسود). ④

< قم بتوصيل طرف المُجمع الخاص بالترانزستور الضوئي بالعمود الموجب في لوحة التوصيل المُصغرة. ⑤

لتوصيل مُستشعر الإمالة،



شكل 7.15: توصيل مُستشعر الإمالة

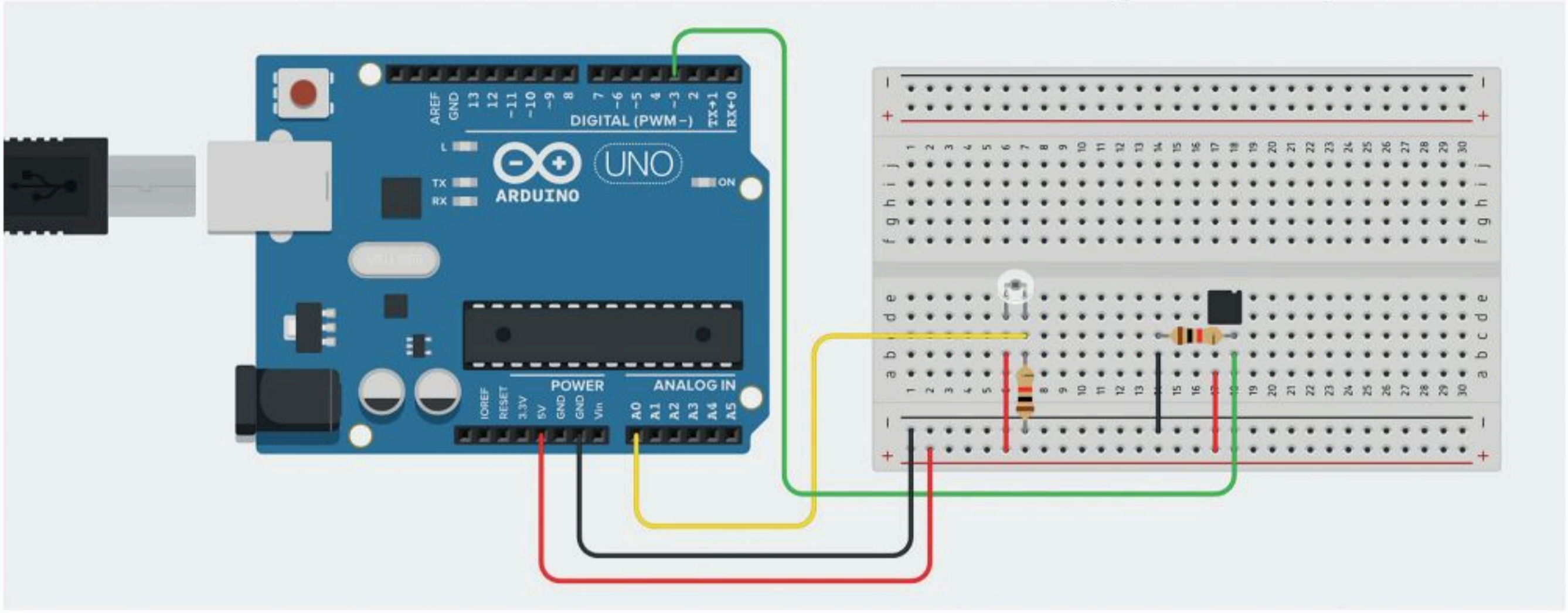
< قم بتوصيل الطرف الثاني للمقاومة الأخرى بالطرف الثاني لمُستشعر الإمالة. ①

< قم بتوصيل الطرف الثاني من مُستشعر الإمالة بالطرف الرقمي 3 للوحة الأردوينو، وغيّر لون السلك إلى Green (الأخضر). ②

< قم بتوصيل الطرف الرابع من مُستشعر الإمالة بالعمود الموجب من لوحة الدوائر الصغيرة وغيّر لون السلك إلى Red (الأحمر). ③

< قم بتوصيل الطرف الأول من المقاومة بالعمود السالب من لوحة الدوائر الصغيرة وغيّر لون السلك إلى Black (الأسود). ④

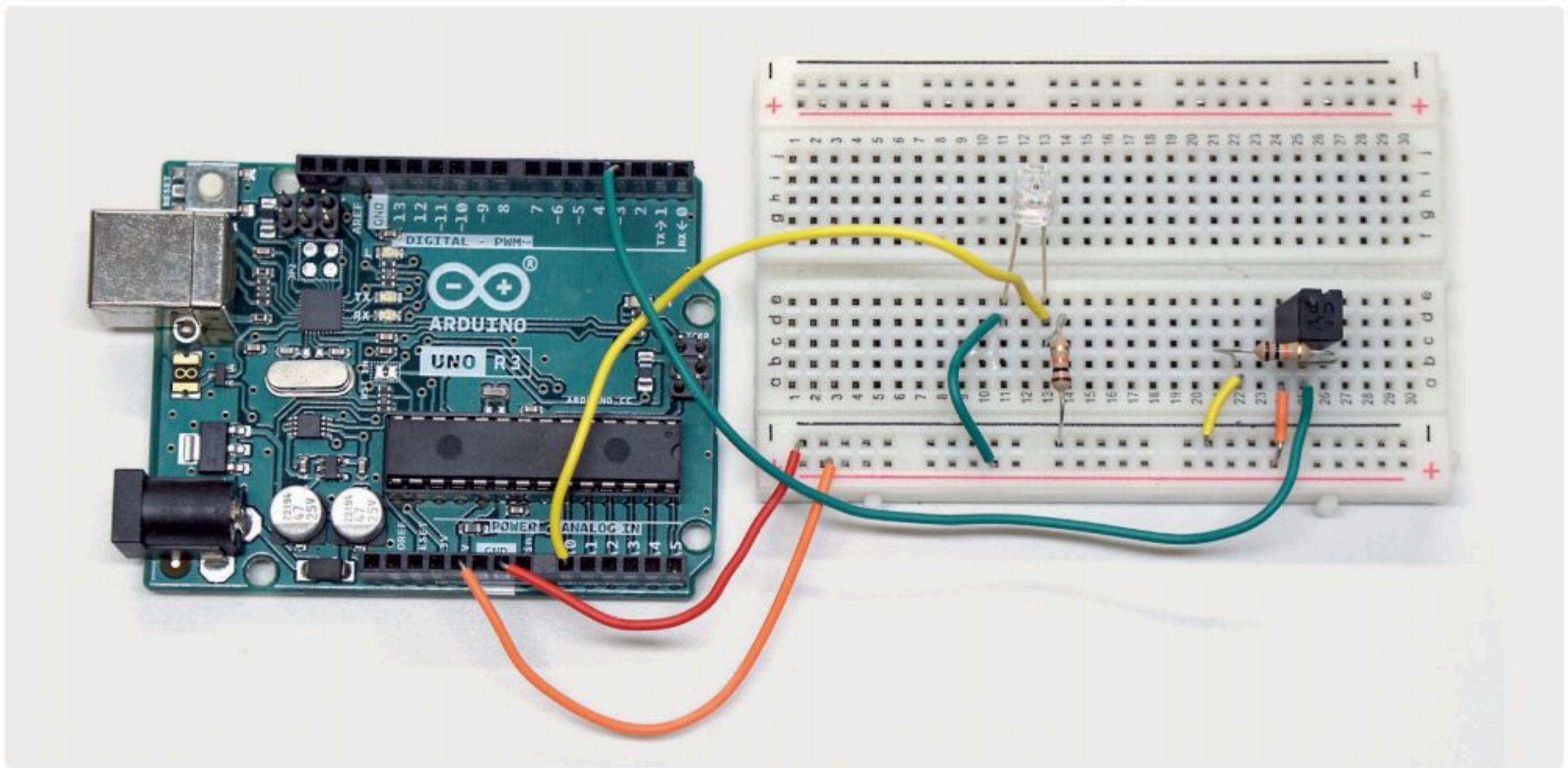
الدائرة بشكلها النهائي Complete Circuit



شكل 7.16: الدائرة بصورتها النهائية في تنكر كاد

صورة الدائرة الفعلية Physical Circuit

تمثل هذه الصورة الشكل الذي ستبدو عليه الدائرة.



شكل 7.17: صورة للدائرة



تتصل المكونات
بالأطراف الآتية:

شكل 7.18: توصيل الأطراف بالمكونات



برمجة الأردوينو Programming the Arduino

ستبدأ بتحميل بروتوكول StandardFirmata من خلال بيئة عمل Arduino IDE لإعداد قناة اتصال بين الأردوينو والبرنامج الذي ستقوم بكتابته بلغة برمجة البايثون (Python).

افتح PyCharm وقم بتثبيت حزمة paho-mqtt من خلال نظام إدارة الحزم (pip).
في PyCharm، افتح الواجهة الطرفية (Terminal) في مُجلد عملك، واكتب الأمر الآتي:

```
pip install paho-mqtt
```

قم بإنشاء ملف بايثون جديد باسم mqtt_arduino.py، ثم في بداية مقطعك البرمجي، ثم قم باستيراد الحزم الآتية:

- **datetime**: إنشاء طوابع زمنية للرسائل التي نرسلها.
- **time**: التحكم في سير البرنامج.
- **json**: العمل مع كائنات JSON.
- **pyfirmata**: التواصل مع لوحة الأردوينو من خلال بروتوكول Firmata.
- **paho.mqtt.client**: إنشاء عملاء للتواصل مع وسطاء MQTT.

```
from datetime import datetime
import time
import json
import pyfirmata
import paho.mqtt.client as mq
```

أنشئ المتغيرات الآتية التي ستستخدم لعميل MQTT الذي ستنشئه. سيكون اسم العميل CLIENT_ID. أما MQTT_BROKER فهو عنوان الوسيط العام الذي توفره EMQX الذي ستتصل به. ويشير TOPIC إلى اسم الموضوع الذي سيشترك فيه العميل. يشير PORT إلى منفذ الخادم الافتراضي للاتصال بالوسيط. وختاماً فإن FLAG_CONNECTED سيستخدم كمتغير إشارة في دالة معالج الأحداث لاحقاً.

```
# Variables to setup MQTT client
CLIENT_ID = "PUBLISHER_01"      # ID of the client
MQTT_BROKER = "broker.emqx.io"  # Address of the broker
TOPIC = "waste/drops"          # Topic to subscribe to
PORT = 1883                    # Default server port
FLAG_CONNECTED = False         # Connection flag
```



جدول 3.3: متغيرات الاتصال بوسيط MQTT

| الوصف | المتغير |
|-------------------------------------|-----------------|
| اسم عميل MQTT. | CLIENT__ID |
| عنوان وسيط MQTT المستهدف. | MQTT__BROKER |
| الموضوع الذي سيشترك فيه العميل. | TOPIC |
| منفذ الخادم المراد الاتصال به. | PORT |
| متغير إشارة للتحقق من اتصال الخادم. | FLAG__CONNECTED |

أضف الأسطر الآتية، والتي مهمتها تهيئة الاتصال بالأردوينو باستخدام بروتوكول (Firmata) وكذلك تكوين الأطراف الخاصة بمستشعر الإضاءة ومستشعر الإمالة المُستخدمين للحصول على البيانات.

```
board = pyfirmata.Arduino('COM4') # Specify communication port
it = pyfirmata.util.Iterator(board) # Select the board to connect
it.start() # Connect to board

# Selecting the sensor pins
light_sensor_pin = board.get_pin('a:0:i')
tilt_sensor_pin = board.get_pin('d:3:i')
```

أنشئ المتغيرات الآتية بالأسماء الآتية: `can_full` وهو وسمٌ يُحدد ما إذا كانت حاوية القمامة قد ملئت أم لا، و `garbage_drops` وهو عدّاد لتتبع عدد مرات الاستخدام لتعبئة الحاوية بالكامل.

```
can_full = False # Flag to indicate whether the can is full
garbage_drops = 0 # Counter for the garbage drops
```

قم بإنشاء الدالة الآتية التي تعيد تعيين متغيري `can_full` و `garbage_drops` في كل مرة تكون فيها الحاوية ممتلئة، وتُرسل رسالة إلى العميل حول هذا الموضوع.

```
def reset_can():
    global garbage_drops # Access the garbage_drops variable
    global can_full # Access the can_full variable
    garbage_drops = 0 # Reset the counter to 0
    can_full = False # Clear the can
```



قم بإنشاء الدالة الآتية لإرسال رسالة للعميل تفيد بأنه تم استخدام الحاوية. ستقوم أولاً بإنشاء متغير باسم `garbage_drops` و `timestamp` لتسجيل الوقت، وإنشاء كائن قاموس Dictionary بالخصائص `garbage_drops` و `timestamp` و `can_full`. ستقوم بتحويل هذا القاموس إلى كائن JSON، ثم نشره إلى موضوع المُشترك "waste/drops" من خلال العميل.

```
def publish_message():
    global garbage_drops # Access garbage_drops variable
    global can_full      # Access can_full variable
    # Create a custom format for the timestamp
    timestamp = str(datetime.now().strftime("%H:%M:%S"))
    msg_dictionary = { # Creating the JSON object
        "timestamp": timestamp,
        "garbage_drops": garbage_drops,
        "can_full": can_full
    }
    msg = json.dumps(msg_dictionary) # Convert dictionary to JSON
    try:
        result = client.publish(TOPIC, msg) # Publish message
    except:
        print("There was an error while publishing the message")
    time.sleep(2)
```

إنشاء تنسيق يتناسب مع بيانات الوقت.

إنشاء كائن قاموس JSON لإرسال البيانات.

قم بإنشاء دالة معالج الأحداث الآتية، والتي ستطبع رسالة تأكيد إلى الواجهة الطرفية Terminal حول نجاح الاتصال بالعميل أو فشله. وسيطرات الدالة هي وسيطرات افتراضية تُستخدم لربط هذه الدالة بمعالج الأحداث المناسب الذي توفره مكتبة `paho.mqtt.client`.

```
def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    global FLAG_CONNECTED # Access the FLAG_CONNECTED variable

    if rc == 0: # If rc is 0 the client connected successfully
        FLAG_CONNECTED = True
        print("Connected to MQTT Broker!")
    else:
        print("Failed to connect to MQTT Broker!")
```

هذا المتغير يُرسل من خلال مكتبة paho ليظهر حالة الاتصال.



ستقوم في الجزء الرئيس من البرنامج بتهيئة عميل MQTT، وربط معالج الأحداث on_connect بالدالة المذكورة أعلاه، ثم الاتصال بوسيط MQTT المُحدد، والاشتراك في الموضوع المُحدد.

```
client = mq.Client(CLIENT_ID) # Initialize an MQTT client
client.on_connect = on_connect # Bind the on_connect event handler
client.connect(MQTT_BROKER, PORT) # Connect to the specified MQTT broker
client.subscribe(TOPIC, 0) # Subscribe to the specified topic
```

قم بإنشاء التكرار الرئيس للبرنامج. إذا كانت قيمة light_value أقل من 0.200، فستُعدّ الحاوية ممتلئة.

```
while True:
    # Get sensor values
    light_value = light_sensor_pin.read()
    tilt_value = tilt_sensor_pin.read()

    if (light_value is not None) and (tilt_value is not None):
        print("Light levels : " + str(light_value))
        print("Tilt levels : " + str(tilt_value))
        print("Garbage drops : " + str(garbage_drops))

        # If there is a tilt, add 1 to the counter
        if (tilt_value == True):
            garbage_drops += 1
            # If there is a tilt and the can is full
            # publish a message and reset the can
            if (light_value <= 0.200):
                can_full = True
                publish_message()
                reset_can()
                publish_message()
            time.sleep(1)
```

سيبدأ في نشر البيانات عندما تملئ حاوية القمامة التي يُكشف عنها في ظروف الإضاءة المنخفضة.



البرنامج بشكله النهائي Complete Code

```
from datetime import datetime
import time
import json
import pyfirmata
import paho.mqtt.client as mq

# Variables to setup MQTT client
CLIENT_ID = "PUBLISHER_01"      # ID of the client
MQTT_BROKER = "broker.emqx.io"  # Address of the broker
TOPIC = "waste/drops"          # Topic to subscribe to
PORT = 1883                     # Default server port
FLAG_CONNECTED = False         # Connection flag

board = pyfirmata.Arduino('COM4') # Specify communication port
it = pyfirmata.util.Iterator(board) # Select the board to connect
it.start()                        # Connect to board

# Selecting the sensor pins
light_sensor_pin = board.get_pin('a:0:i')
tilt_sensor_pin = board.get_pin('d:3:i')

can_full = False    # Flag to indicate whether the can is full
garbage_drops = 0   # Counter for the garbage drops

def reset_can():
    global garbage_drops # Access garbage_drops variable
    global can_full     # Access can_full variable
    garbage_drops = 0   # Reset the counter to 0
    can_full = False   # Clear the can
```



```

def publish_message():
    global garbage_drops    # Access garbage_drops variable
    global can_full        # Access can_full variable

    # Create a custom format for the timestamp
    timestamp = str(datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S"))

    # Creating the dictionary object
    msg_dictionary = {
        "timestamp": timestamp,
        "garbage_drops": garbage_drops,
        "can_full": can_full
    }
    msg = json.dumps(msg_dictionary) # Convert dictionary to JSON

    try:
        result = client.publish(TOPIC, msg) # Publish message
    except:
        print("There was an error while publishing the message")

    time.sleep(2)
    print("Message sent to the MQTT broker")

def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    global FLAG_CONNECTED # Access the FLAG_CONNECTED variable

    if rc == 0:           # If rc is 0 the client connected successfully
        FLAG_CONNECTED = True
        print("Connected to MQTT Broker!")
    else:
        print("Failed to connect to MQTT Broker!")

```



```

client = mq.Client(CLIENT_ID)      # Initialize an MQTT client
client.on_connect = on_connect    # Bind the on_connect event handler
client.connect(MQTT_BROKER, PORT) # Connect to the specified MQTT broker
client.subscribe(TOPIC, 0)        # Subscribe to the specified topic

while True:
    # Get sensor values
    light_value = light_sensor_pin.read()
    tilt_value = tilt_sensor_pin.read()

    if (light_value is not None) and (tilt_value is not None):
        print("Light levels : " + str(light_value))
        print("Tilt levels : " + str(tilt_value))
        print("Garbage drops : " + str(garbage_drops))

        # If there is a tilt, add 1 to the counter
        if (tilt_value == True):
            garbage_drops += 1

            # If there is a tilt and the can is filled
            # publish a message and reset the can
            if (light_value <= 0.200):
                can_full = True
                publish_message()
                reset_can()

            publish_message()

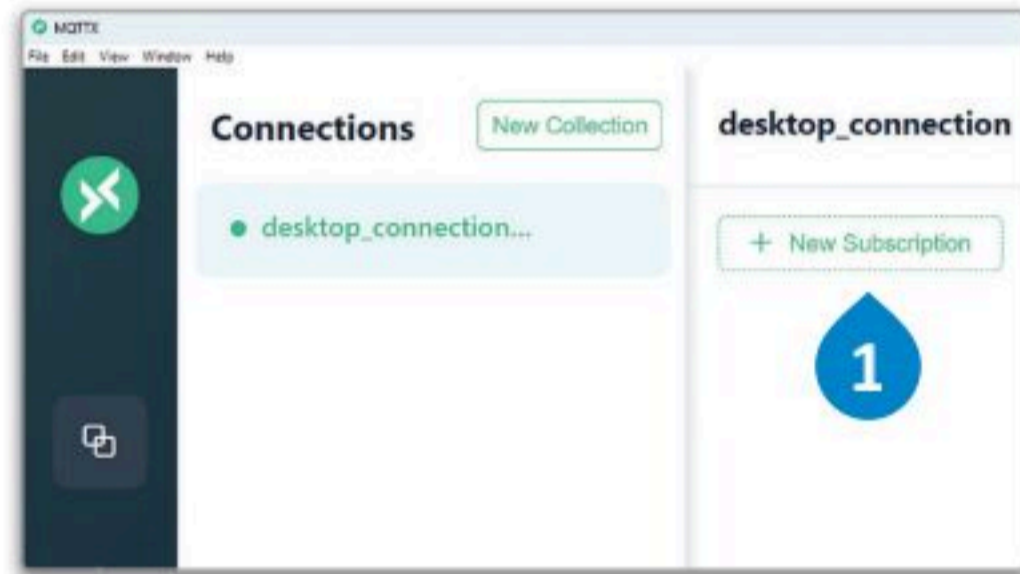
    time.sleep(1)

```



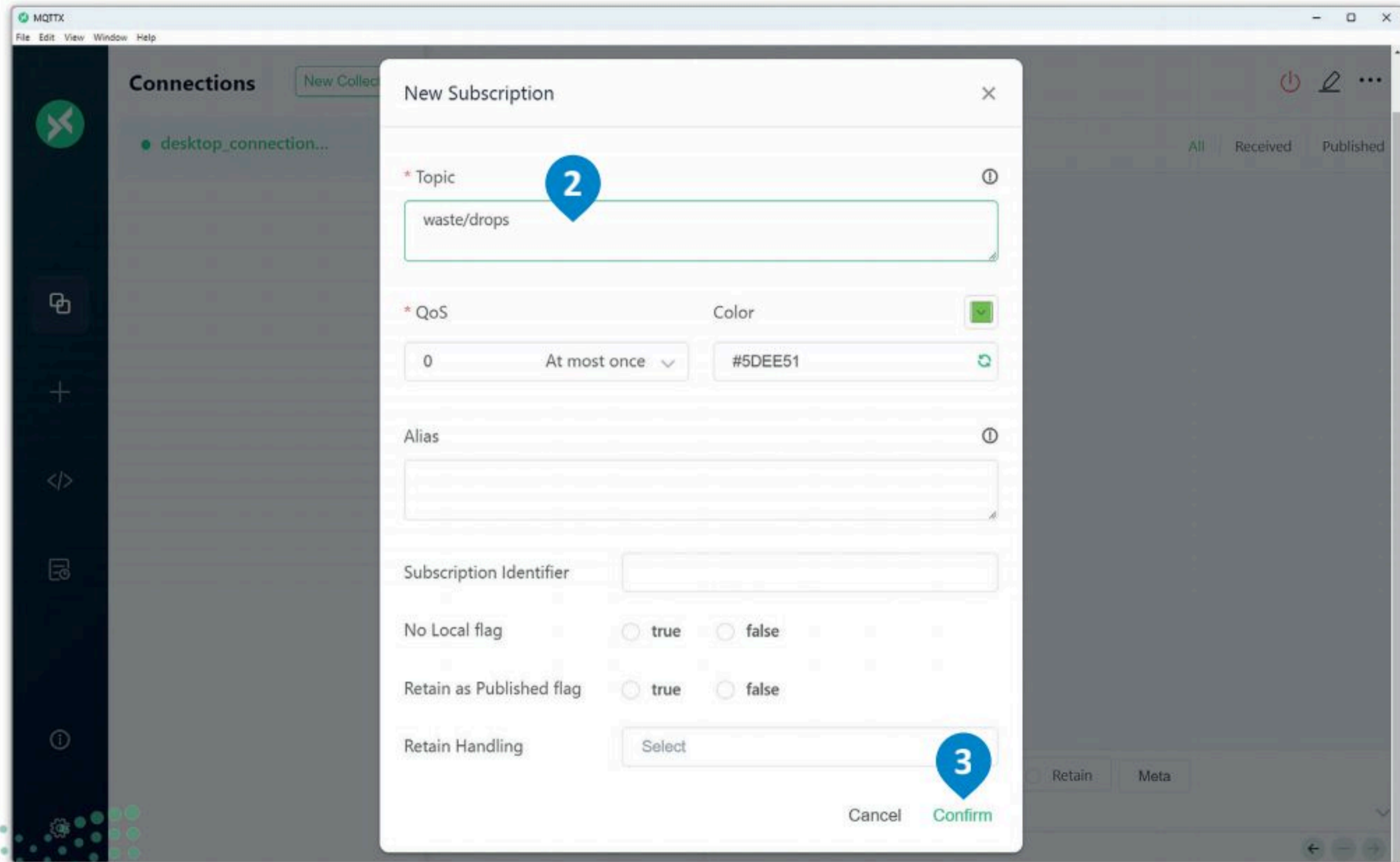
اختبار الوسيط MQTT Testing the Broker

تُعدُّ EMQX وسيط MQTT عام لاختبار وتطوير تطبيقات MQTT. تساعد EMQX في تطوير النماذج الأولية لتطبيقات إنترنت الأشياء دون الحاجة إلى وضع البنى التحتية وتطوير الوسيط. ستستخدم عميل MQTT client للتحقق من نشر الرسائل، ثم ستُنشئ مقطعاً برمجياً آخر في البايثون يستقبل الرسائل المنشورة، ويُنشئ تقارير عن الحاوية، ويحلل البيانات الموجودة في تلك التقارير. بعد تحميل مخطط StandardFirmata إلى الأردوينو، نُفذ تعليمات البايثون وحرك لوحة التجارب لتفعيل مُستشعر الإمالة. في كل مرة يُفعل بها المُستشعر، ستُزاد عداد النفايات والذي يشير إلى عدد المرات التي تم بها فتح الحاوية افتراضياً لوضع القمامة. وعند تفعيل مُستشعر الإمالة مع تغطية مُستشعر الإضاءة، سينشر البرنامج رسالة مفادها أن الحاوية مُمتلئة، ويعيد ضبط عداد النفايات. ستقوم في الدرس التالي بتحليل البيانات بناءً على الرسائل المنشورة. لاختبار نشر رسائلك بصورة صحيحة، ستستخدم العميل المكتبي MQTT Agent قبل تنفيذ مقاطع البايثون البرمجية، ستستخدم عميل MQTT للاشتراك في موضوع "waste/drops". سينتظر العميل الآن استلام الرسائل التي تُنشر من خلال برنامج البايثون وتُوزع من خلال وسيط EMQX العام.



لاستخدام MQTT للاشتراك في موضوع المحدد:

- < في قائمة Connections (اتصالات) في تبوية desktop_connection (سطح المكتب)، اضغط على زر New Subscription (اشترك جديد). 1
- < في مربع نص Topic (الموضوع)، اكتب "waste/drops". 2
- < اضغط على زر Confirm (تأكيد). 3



شكل 7.19: استخدام MQTT للاشتراك في موضوع محدد

عرض الرسائل من خلال عميل MQTT

Viewing Messages through the MQTT Client

بعد تنفيذ المقاطع البرمجية في البايثون، وبدء نشر الرسائل، سيتم استقبال الرسائل من خلال العميل المكتبي MQTT كما يظهر أدناه.

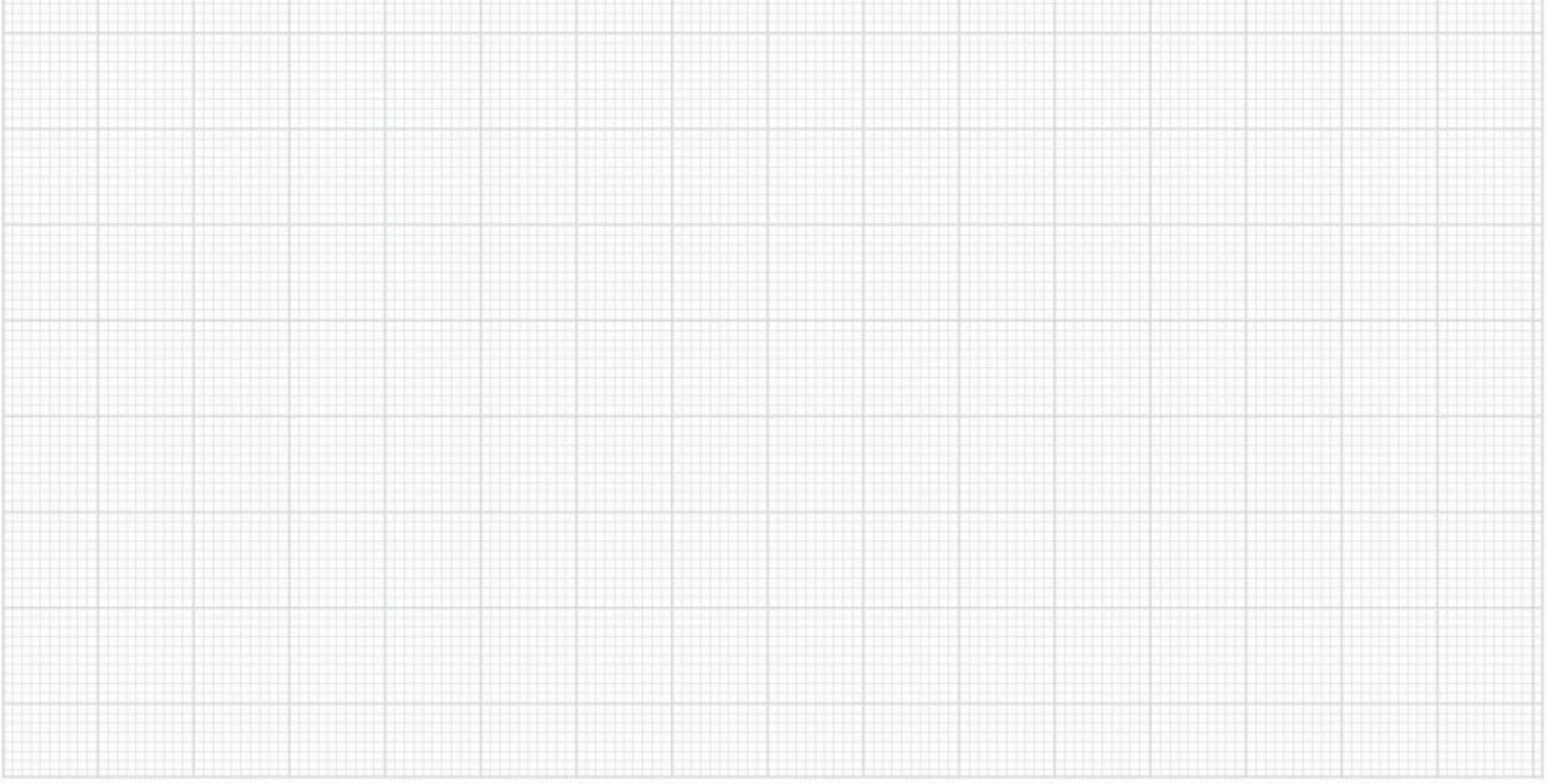
The screenshot shows the MQTTX client interface. On the left, there's a sidebar with a 'Connections' panel showing a connection named 'desktop_connection'. The main area displays a list of messages received on the 'waste/drops' topic. A yellow box highlights a message with the following details:

```
Topic: waste/drops QoS: 0
{"timestamp": "2022-10-03 11:14:54", "garbage_drops": 9, "can_filled": false}
2022-10-31 16:14:07:018
```

The interface also shows a 'New Subscription' button and a 'Plaintext' filter. At the bottom, there are controls for 'Payload' (JSON), 'QoS' (0), and 'Retain' (checked).

تمرينات

1 أنشئ مخططًا لشبكة MQTT مع لوحة أردوينو واحدة تعمل كناشر، واثنان تعملان كمستقبلات.



2 قدّم وصفًا للترانزستور الضوئي ومكونات مُستشعر الإمالة وحالات استخدامها.



6

أنشئ مقطعاً برمجياً بلغة البايثون يتيح للمستخدم كتابة الموضوع الذي يريد الاشتراك به، والرسالة التي يريد إرسالها ثم نشرها من خلال وسيط EMQX العام.

اختبر برنامجك باستخدام العميل المكتبي MQTT X.



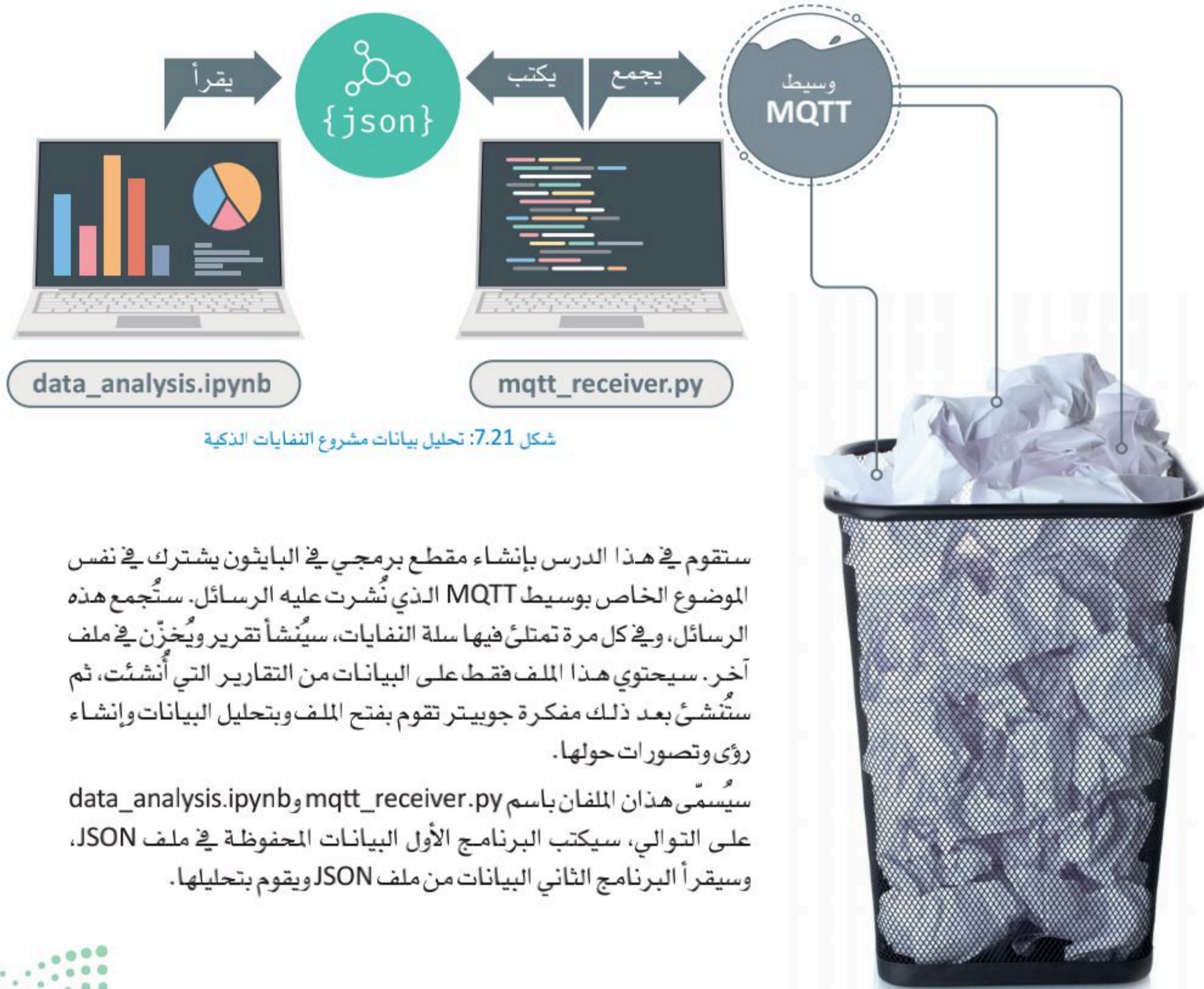


إنشاء حل ذكي لإدارة النفايات

إدارة النفايات الذكية وتحليل البيانات

Smart Waste Management and Data Analysis

لقد قُمت في الدرس السابق بإنشاء نموذج أولي ذكي لإدارة حاوية نفايات باستخدام جهاز تحكم أردوينو دقيق يراقب بيئته المحيطة، ثم يُنتج البيانات من المُستشعرات، وينشرها كرسائل إلى موضوع في MQTT. يجب أن يتم جمع البيانات ثم معالجتها لتكوين تصورات مختلفة ووضع الخطط بناءً على هذه البيانات.



شكل 7.21: تحليل بيانات مشروع النفايات الذكية

ستقوم في هذا الدرس بإنشاء مقطع برمجي في البايثون يشترك في نفس الموضوع الخاص بوسيط MQTT الذي نُشرت عليه الرسائل. ستُجمع هذه الرسائل، وفي كل مرة تمتلئ فيها سلة النفايات، سيُنشأ تقرير ويُخزن في ملف آخر. سيحتوي هذا الملف فقط على البيانات من التقارير التي أنشئت، ثم ستُنشأ بعد ذلك مفكرة جوبيتر تقوم بفتح الملف وتحليل البيانات وإنشاء رؤى وتصورات حولها.

سيُسمى هذان الملفان باسم data_analysis.ipynb و mqtt_receiver.py على التوالي، سيكتب البرنامج الأول البيانات المحفوظة في ملف JSON، وسيقرأ البرنامج الثاني البيانات من ملف JSON ويقوم بتحليلها.



إنشاء ملف بيانات جسون Creating the JSON Data File

ستقوم بإنشاء ملف بيانات JSON بواسطة مصفوفة فارغة، وسيقوم البرنامج `mqtt_receiver.py` بإلحاق كل تقرير أنشئ ككائن JSON بالمصفوفة، ثم سيفتح ملف `data_analysis.py` ملف JSON هذا، وسيقرأ محتويات مصفوفة JSON السابقة ويقوم بعمليات تحليل البيانات.

افتح PyCharm ثم أنشئ ملفاً جديداً في مجلدك الخاص باسم `data.json`، ثم أنشئ كائناً لمصفوفة فارغة داخل هذا الملف كما هو موضح أدناه. سيُلحق `mqtt_receiver.py` كائنات JSON الخاصة بالتقارير المنشأة بالمصفوفة المعروضة أدناه. احفظ الملف `data.json` ثم أغلقه.

```
[ ]
```

قم بإنشاء ملف بايثون جديد باسم `mqtt_receiver.py`، وفي بداية المقطع البرمجي، قم باستيراد الحزم الآتية:

- `datetime`: تُنشئ طابعاً زمنياً للرسائل المُرسلة.
- `json`: للتعامل مع كائنات JSON.
- `paho.mqtt.client`: لإنشاء عملاء للتواصل مع وسطاء MQTT.
- `os`: للتعامل مع الملفات الموجودة على حاسوبك الخاص.

```
from datetime import datetime
import json
import paho.mqtt.client as mq
from os import path
```

قم بإنشاء المتغيرات الآتية `data_file` و `data_file_objects` والتي ستتفاعل مع ملف بيانات JSON.

```
data_file = "your_file_path" # Absolute path to the JSON data file
data_file_objects = [] # This contains the objects from the JSON data file
```

تأكد من إدخال امتداد
ملف البيانات الصحيح.



قم بإنشاء المتغيرات الآتية التي ستستخدم لعميل MQTT الذي ستُنشئه باسم CLIENT_ID. بينما يشير MQTT_BROKER إلى عنوان الوسيط العام الذي توفره EMQX الذي سيتم الاتصال به، و TOPIC إلى اسم الموضوع الذي سيشترك فيه العميل. و PORT إلى مَنفذ الخادم الافتراضي للاتصال بالوسيط، و FLAG_CONNECTED الذي سيستخدم كمتغير إشارة في دالة معالج الأحداث لاحقاً.

```
# Variables to setup MQTT client
CLIENT_ID = "RECEIVER_01"      # ID of the client
MQTT_BROKER = "broker.emqx.io" # Address of the broker
TOPIC = "waste/drops"          # Topic to subscribe to
PORT = 1883                     # Default server port
FLAG_CONNECTED = False         # Connection flag
```

قم بإنشاء المتغيرات الآتية messages_stack و reports والتي ستستخدم لتخزين المعلومات من الرسائل المنشورة.

```
messages_stack = [] # The array with the messages per can filling
reports = []        # The array with all the generated report objects
```

قم بإنشاء دالة معالج الأحداث الآتية والتي تطبع رسالة تأكيد إلى الواجهة الطرفية Terminal حول نجاح الاتصال بالعميل من عدمه. وسيطات الدالة هي وسيطات افتراضية يجب استخدامها لربط هذه الدالة بمعالج الأحداث المناسب الذي توفره المكتبة paho.mqtt.client.

```
def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    global FLAG_CONNECTED # Access the FLAG_CONNECTED variable

    if rc == 0:           # If rc is 0 the client connected successfully
        FLAG_CONNECTED = True
        print("Connected to MQTT Broker!")
    else:
        print("Failed to connect to MQTT Broker!")
```



```

def on_message(client, userdata, msg):
    global messages_stack # Access the messages_stack variable

    # Decode the message payload
    payload = str(msg.payload.decode())

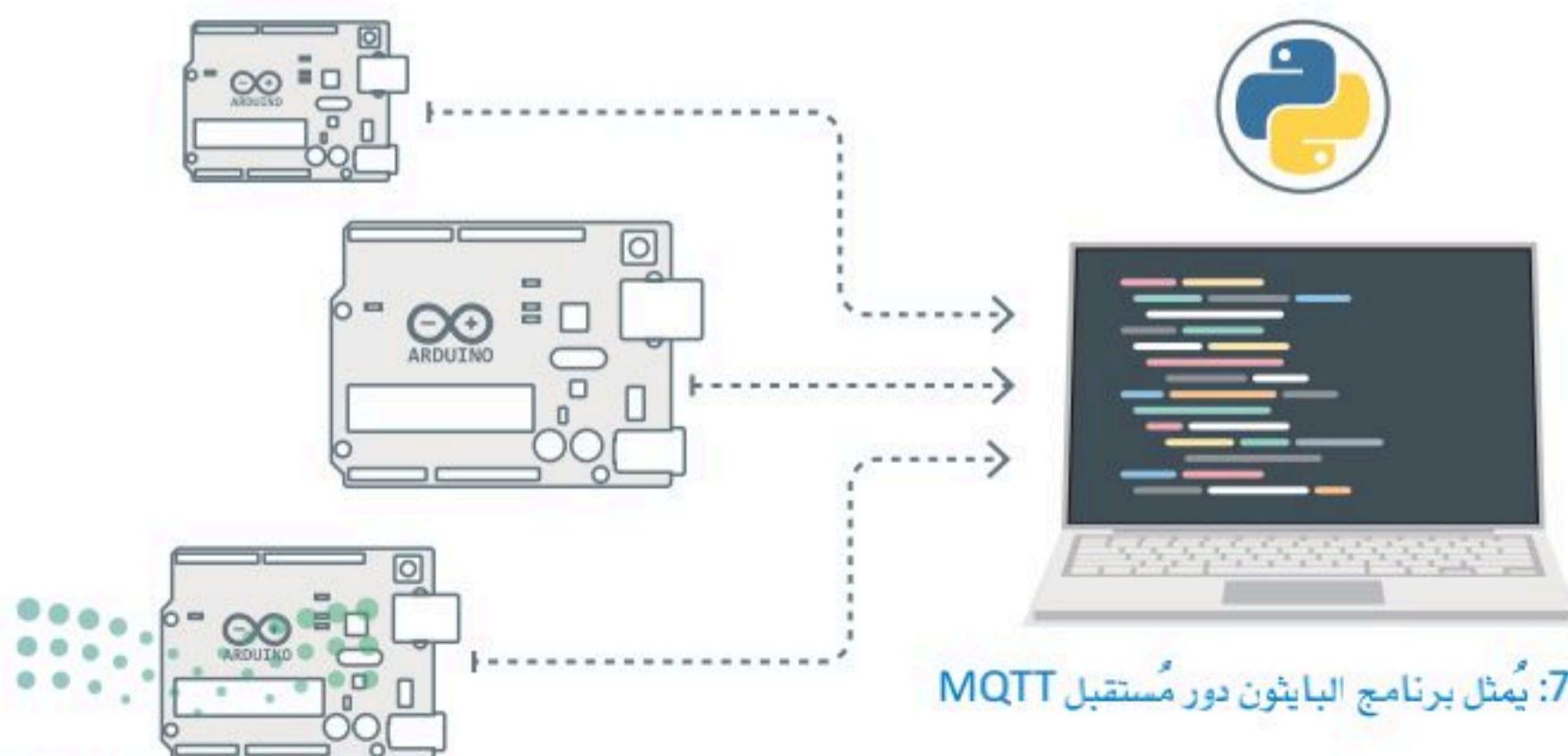
    # Convert the payload to a JSON object and append it
    # to the messages stack
    payload_object = json.loads(payload)
    messages_stack.append(payload_object)

    # When you receive a message, print it to the terminal
    print("||---- MESSAGE RECEIVED ----||\n")
    print("Payload: " + str(payload_object))

    # If the payload object has the can_filled flag set to True
    # generate a report for the filled can
    if payload_object["can_filled"] == True:
        generate_report()

```

إنشاء بيانات التقرير فقط
عند امتلاء حاوية القمامة.



شكل 7.22: يُمثل برنامج البايثون دور مُستقبل MQTT

يمكن لبرنامج البايثون هذا أن يعمل كمُستقبل MQTT لجمع رسائل من عدة ناشري أردوينو في نفس الوقت. يمكن توسعة هذا البرنامج ليتمكن من معالجة بيانات JSON مع إضافة المزيد من الحقول التي تحتوي على معلومات حول الناشرين أيضًا.

قم بإنشاء دالة generate_report الآتية والتي ستنشئ كائن JSON للتقرير وتلحقه بملف البيانات في كل مرة تُستلم فيها رسالة تشير إلى امتلاء حاوية النفايات.

```
def generate_report():
    global data_file_objects # Access data_file_objects variable
    global messages_stack # Access messages_stack variable
    global reports # Access reports variable

    # Getting the first and last objects from the messages_stack
    first_msg = messages_stack[0]
    last_msg = messages_stack[len(messages_stack) - 1]

    # Converting the string attributes of the messages objects to datetime
    time_filled_timestamp = last_msg["timestamp"]
    first_timestamp = datetime.strptime(first_msg["timestamp"], "%H:%M:%S")
    last_timestamp = datetime.strptime(last_msg["timestamp"], "%H:%M:%S")

    garbage_drops = last_msg["garbage_drops"]

    # Calculating the time_to_fill by comparing the timestamps
    # of the first and last fillings
    time_delta = last_timestamp - first_timestamp
    time_to_fill = time_delta.total_seconds() / 60
    report_id = len(reports) # This will be used for object indexing
    # The JSON object that will be appended to the JSON data file
    report = {
        "id": report_id,
        "timestamp": time_filled_timestamp,
        "garbage_drops": garbage_drops,
        "time_to_fill": time_to_fill
    }
```

ستُستخدم الرسالتان الأولى والأخيرة لحساب فرق الوقت.

ستُستخدم عملية الطابع الزمني لحساب فرق الوقت.



```

# Append the new report to the objects of the data file
# and write the data_file_objects array to the data file
data_file_objects.append(report)
with open(data_file, 'w') as file:
    json.dump(data_file_objects, file, indent=4, separators=(',', ': '))

# Append the report object to the reports array and to the JSON data file
# and clear the messages stack
reports.append(report)
messages_stack = []

```

تحديث محتويات
مصنوفة البيانات
وملف البيانات.

ستتحقق في الجزء الرئيس من البرنامج مما إذا كانت البيانات موجودة وتقوم بفتحها، ثم ستقوم بتهيئة عميل MQTT، وتربط معالجات الأحداث `on_connect` و `on_message` بالدوال المذكورة أعلاه، ثم تقوم بالاتصال بوسيط MQTT، والاشتراك في الموضوع المحدد والاستماع إلى الرسائل الواردة.

```

# Check if the data file exists
if path.isfile(data_file) is False:
    raise Exception("Data file not found")
# Read the contents of the JSON data file
with open(data_file) as fp:
    data_file_objects = json.load(fp)

client = mq.Client(CLIENT_ID) # Initialize an MQTT client
client.on_connect = on_connect # Bind the on_connect event handler
client.on_message = on_message # Bind the on_message event handler
client.connect(MQTT_BROKER, PORT) # Connect on the specified MQTT broker
client.subscribe(TOPIC, 0) # Subscribe to the specified topic
client.loop_forever() # Listen continuously for messages

```

التأكد من وجود ملف البيانات لتجنب الأخطاء.



البرنامج بشكله النهائي Complete Code

```
from datetime import datetime
import json
import paho.mqtt.client as mq
from os import path

data_file = "your_file_path" # Absolute path to the JSON data file
data_file_objects = [] # This contains the objects from the JSON data file

# Variables to setup MQTT client
CLIENT_ID = "RECEIVER_01" # ID of the client
MQTT_BROKER = "broker.emqx.io" # Address of the broker
TOPIC = "waste/drops" # Topic to subscribe to
PORT = 1883 # Default server port
FLAG_CONNECTED = False # Connection flag

messages_stack = [] # The array with the messages per can filling
reports = [] # The array with all the generated report objects

def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    global FLAG_CONNECTED # Access the FLAG_CONNECTED variable

    if rc == 0: # If rc is 0 the client connected successfully
        FLAG_CONNECTED = True
        print("Connected to MQTT Broker!")
    else:
        print("Failed to connect to MQTT Broker!")

def on_message(client, userdata, msg):
    global messages_stack # Access the messages_stack variable
```



```

# Decode the message payload
payload = str(msg.payload.decode())

# Convert the payload to a JSON object and append it
# to the messages stack
payload_object = json.loads(payload)
messages_stack.append(payload_object)

# When you receive a message, print it to the terminal
print("||---- MESSAGE RECEIVED ----||\n")
print("Payload: " + str(payload_object))

# If the payload object has the can_filled flag set to True
# generate a report for the filled can
if payload_object["can_filled"] == True:
    generate_report()
def generate_report():
    global data_file_objects # Access data_file_objects variable
    global messages_stack # Access messages_stack variable
    global reports # Access reports variable

    # Getting the first and last objects from the messages_stack
    first_msg = messages_stack[0]
    last_msg = messages_stack[len(messages_stack) - 1]

    # Converting the string datetimes to datetime objects
    first_timestamp = datetime.strptime(first_msg["timestamp"], "%H:%M:%S")
    last_timestamp = datetime.strptime(last_msg["timestamp"], "%H:%M:%S")
    garbage_drops = last_msg["garbage_drops"]

    # Calculating the time_to_fill by comparing the timestamps
    # of the first and last fillings
    time_delta = last_timestamp - first_timestamp

```



```

time_to_fill = time_delta.total_seconds() / 60
report_id = len(reports) # This will be used for object indexing

# The JSON object that will be appended to the JSON data file
report = {
    "id": report_id,
    "garbage_drops": garbage_drops,
    "time_to_fill": time_to_fill
}
# Append the new report to the objects of the data file
# and write the data_file_objects array to the data file
data_file_objects.append(report)
with open(data_file, 'w') as file:
    json.dump(data_file_objects, file, indent=4, separators=(',', ': '))

# Append the report object to the reports array and to the JSON data file
# and clear the messages stack
reports.append(report)
messages_stack = []

# Check if the data file exists
if path.isfile(data_file) is False:
    raise Exception("Data file not found")
# Read the contents of the JSON data file
with open(data_file) as fp:
    data_file_objects = json.load(fp)

client = mq.Client(CLIENT_ID) # Initialize an MQTT client
client.on_connect = on_connect # Bind the on_connect event handler
client.on_message = on_message # Bind the on_message event handler
client.connect(MQTT_BROKER, PORT) # Connect on the specified MQTT broker
client.subscribe(TOPIC, 0) # Subscribe to the specified topic
client.loop_forever() # Listen continuously for messages

```



تحليل البيانات في مفكرة جوبيتر Data Analysis in Jupyter Notebook



ستستخدم الآن مفكرة جوبيتر لإجراء عمليات تحليل البيانات على ملف بيانات JSON. ونظراً لأن جمع البيانات اللازمة وتحليلها يستغرق وقتاً طويلاً، فقد تم توفير مجموعة بيانات JSON جاهزة لكي تستخدمها. تحاكي مجموعة البيانات هذه ترك نموذج الأردوينو الأولي قيد التشغيل لفترة طويلة من الوقت.

ملف JSON متاح للتنزيل من هنا:

http://binary-academy.com/dnld/KSA/IOT2/U3_L3_DATA.json

ستقوم أولاً باستيراد المكتبات المطلوبة وقراءة بيانات JSON من الملف.

```
import os
import pandas as pd # library used for data manipulation
import matplotlib.pyplot as plt # library used for plotting data

# The data that will be used, extracted from the JSON dataset
data = pd.read_json('U3_L3_DATA.json', 'records', convert_dates=['timestamp'])
```

ستقوم بعد ذلك بوصف مجموعة البيانات لاستخراج الخصائص الإحصائية.

```
data.describe().round(0)
```

هذا هو ملف
البيانات الذي تم
تنزيله والذي يجب
وضعه في نفس
مجلد المشروع.

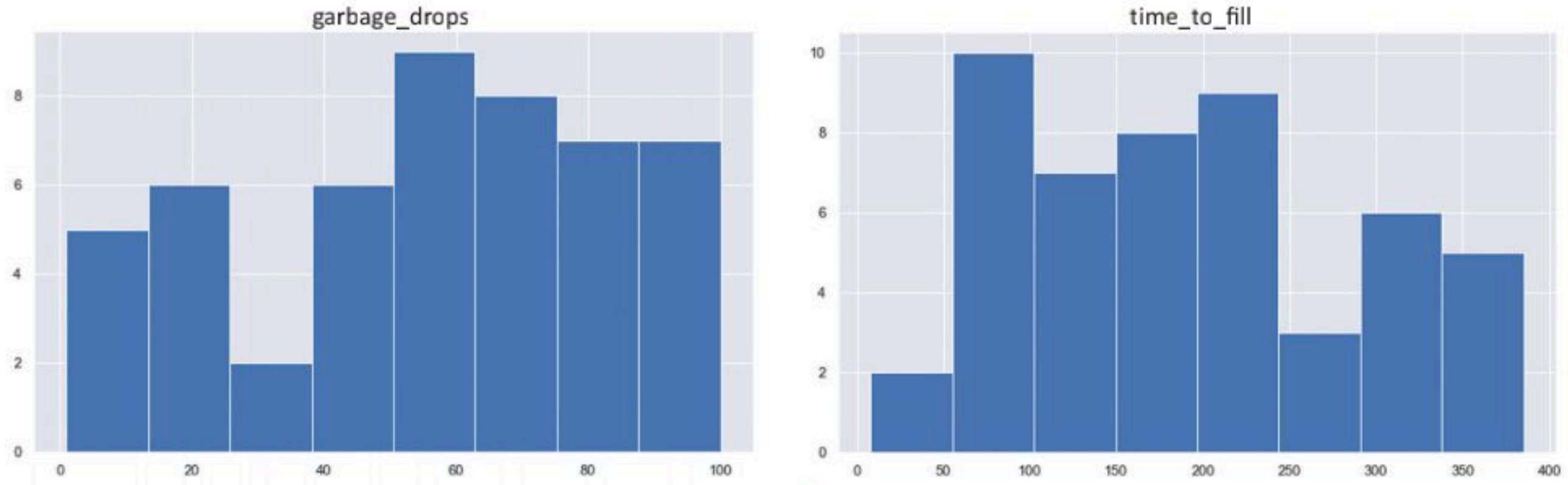
| | id | garbage_drops | time_to_fill |
|--------------|------|---------------|--------------|
| count | 50.0 | 50.0 | 50.0 |
| mean | 24.0 | 54.0 | 152.0 |
| std | 15.0 | 30.0 | 100.0 |
| min | 0.0 | 2.0 | 5.0 |
| 25% | 12.0 | 30.0 | 60.0 |
| 50% | 24.0 | 55.0 | 147.0 |
| 75% | 37.0 | 78.0 | 235.0 |
| max | 49.0 | 100.0 | 376.0 |

شكل 7.23: وصف البيانات



ستقوم بإنشاء مخططين بيانيين مُجمَّعين حسب خصائص `garbage_drops` و `time_to_fill`.

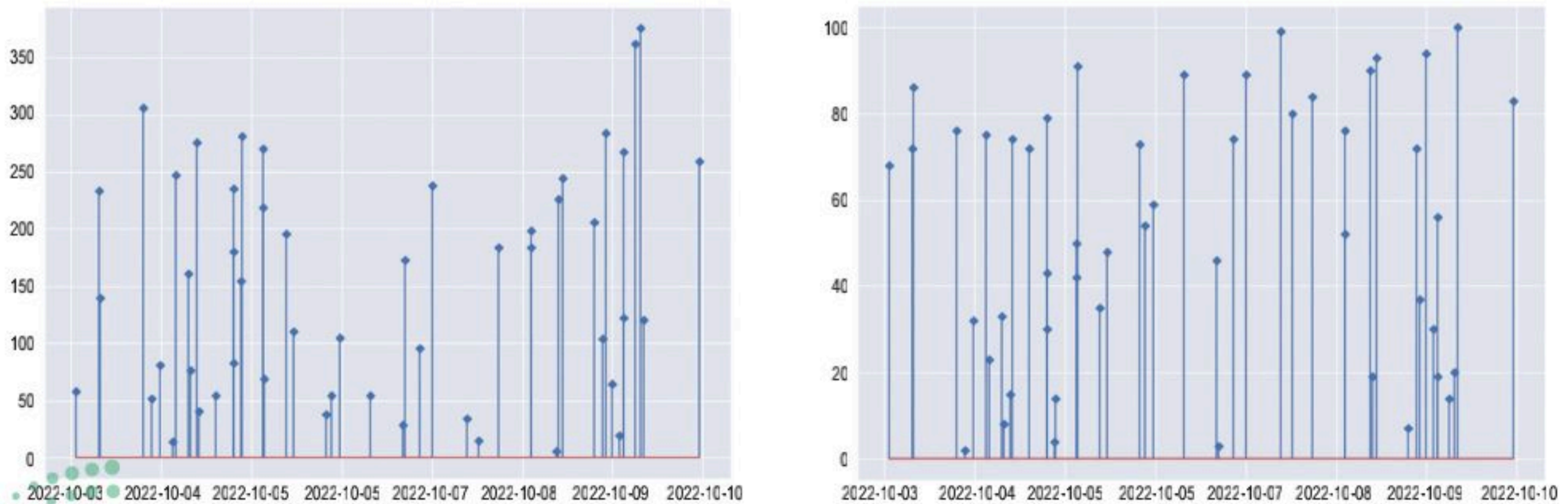
```
# Create histograms for the data using 8 groupings
hist = data.hist(['garbage_drops'],figsize=(10,6),bins=8)
hist = data.hist(['time_to_fill'],figsize=(10,6),bins=8)
```



شكل 7.24: المخططات البيانية

ستقوم بعد ذلك بإنشاء مخططين من نوع stem plots لعرض `garbage_drops` و `time_to_fill` في كل فترة زمنية.

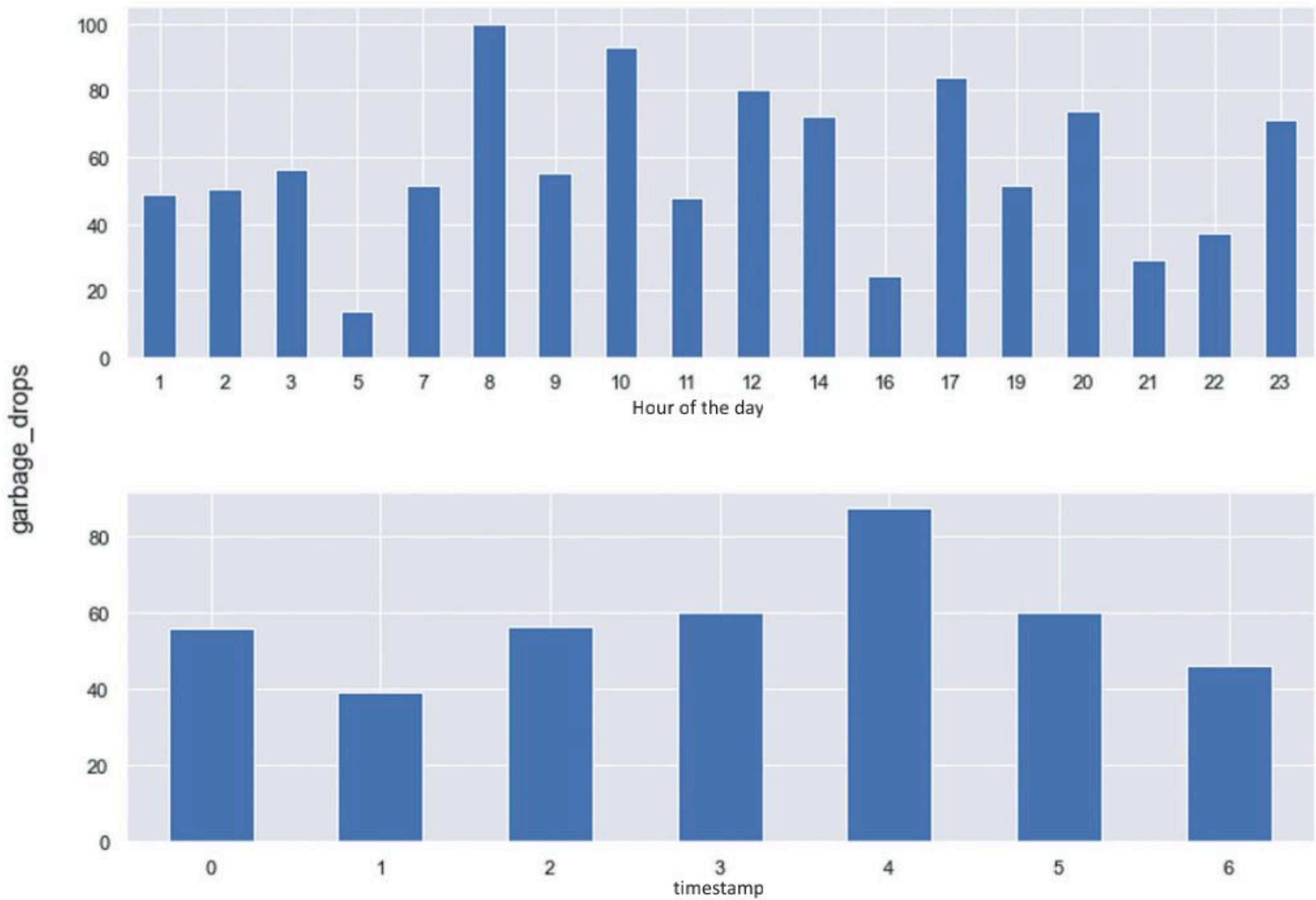
```
# Create stem plots for the data with diamond-shaped ('D') markers
plt.stem(data['timestamp'], data['time_to_fill'], markerfmt='D');
plt.stem(data['timestamp'], data['garbage_drops'], markerfmt='D');
```



شكل 7.25: مخططات stem plots البيانية

ستنشئ في الختام مخططين يجمعان عدد garbage_drops لكل ساعة من اليوم، ولكل ساعة خلال الأسبوع.

```
# Create 2 plots, one that groups mean garbage amount by hour and one by day
fig, (ax1,ax2) = plt.subplots(2,figsize=(12, 8))
fig.supylabel('garbage_drops')
data.groupby(data["timestamp"].dt.hour)["garbage_drops"].mean().plot(kind='bar',
rot=0, xlabel='Hour of the day', ax=ax1);
# Monday = 0, Sunday = 6
data.groupby(data["timestamp"].dt.day_of_week)["garbage_drops"].mean().
plot(kind='bar', rot=0, ax=ax2);
```

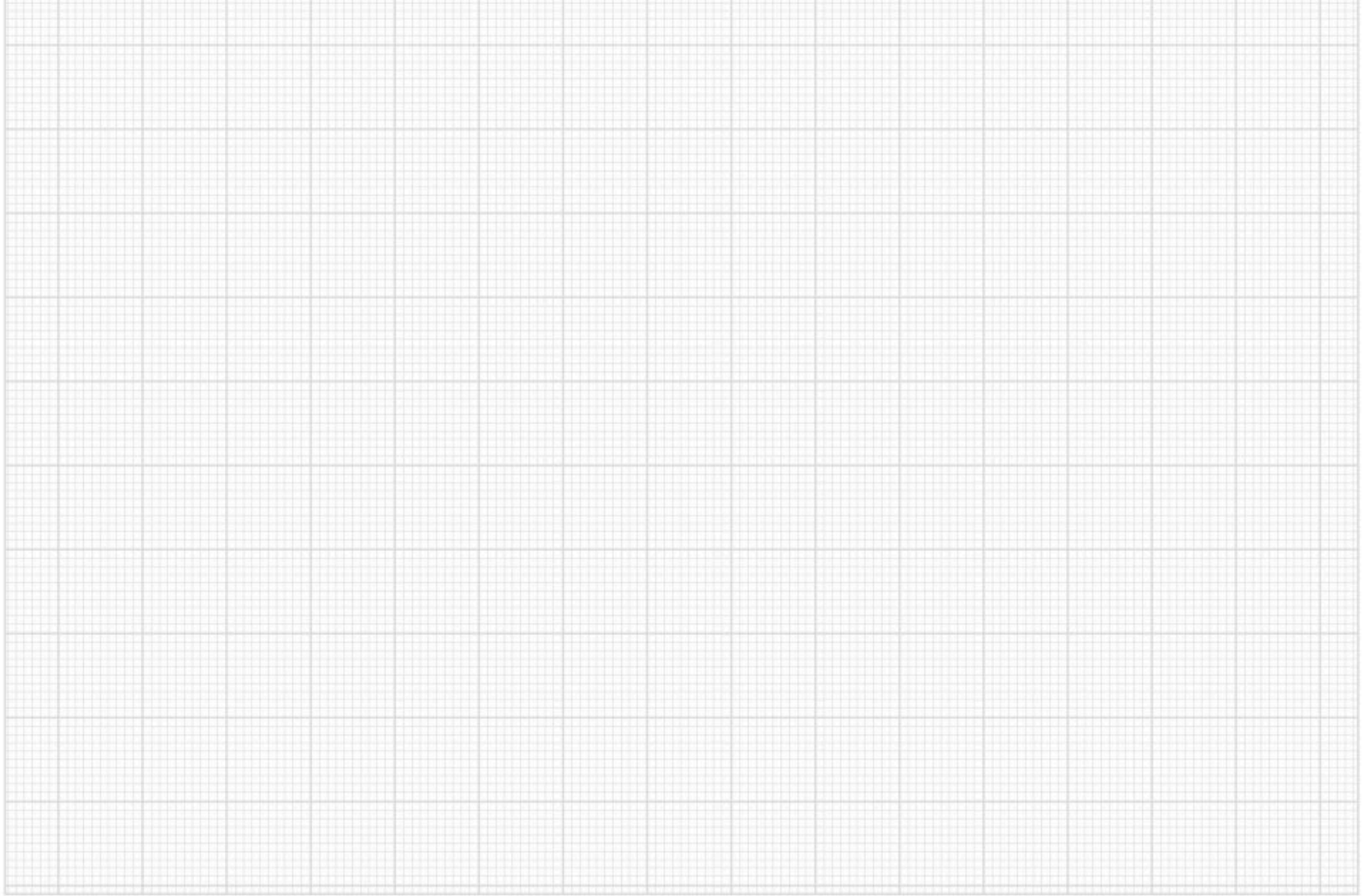


شكل 7.26: مخططات تجميعية



تمرينات

1 قم بإنشاء مخطط يوضح العلاقة بين ملفي البايثون وملف JSON المحتفظ بالبيانات.



2 قُم بإنشاء ملف بلغة البايثون يتصل بثلاثة موضوعات ويكتب معالج أحداث `on_connect` لطباعة معلومات التكوين والموضوعات التي اشترك فيها العميل إلى الواجهة الطرفية Terminal.



3 قُم بتحديث الكائن on_message لطباعة المعلومات إلى الواجهة الطرفية حول العميل الذي نشر البيانات، وكذلك الموضوع الذي استلمت البيانات منه.

4 قُم بإنشاء ملف JSON جديد يحتوي على جميع القيم من قائمة الرسائل، واستخدم دالة (create_report) لإلحاق قيم messages_stack بملف JSON الجديد.

5 في مُفكرة جوبيتر قم بإنشاء مُخطط مبعثر (Scatter Diagram) جديد لنفس البيانات التي قمت بمعالجتها في الدرس.

6 أضف مقطعاً برمجياً آخر بلغة البايثون يستقبل الرسائل التي نشرتها من البرنامج في التمرين السادس من الدرس الثاني. عندما تستقبل رسالة، اطبع المعلومات المتعلقة بالناشر والمستقبل والموضوع المشترك على الواجهة الطرفية Terminal.



المشروع

تُستخدم الاتصالات مع بروتوكول (MQTT) على نطاق واسع في المشاريع المختلفة على أرض الواقع. يُمكن تطبيق نفس الهيكليات الخاصة بالاتصال من خلال الناشرين والوسطاء والمُستلمين على مجالات أخرى مختلفة. ستقوم بإنشاء حل متكامل لحديقة ذكية متصلة تُراقب بواسطة بروتوكول (MQTT)، ويُمكن بعد ذلك تعميم مثل هذه الهيكليات على تطبيقات صناعية لحدائق ذكية أكبر حجمًا.

1 قم بإنشاء دائرة جديدة باستخدام لوحة أردوينو ومُستشعر درجة الحرارة ومُستشعر رطوبة التربة وترانزستور ضوئي.

2 قم بإنشاء برنامج بايثون آخر بمثابة مُستقبل للبيانات التي جُمعت بواسطة الأردوينو. سيُطلب من المستخدم اختيار الموضوع الذي سيتلقى حوله البيانات، ثم يقوم بإنشاء عميل للاشتراك في هذا الموضوع. ستُخزن الرسائل ويُعرض تنبيه إذا وجد ارتفاعًا في القيم المحدثة.

3 قم بإنشاء برنامج بايثون يشترك في موضوع بكافة القراءات ويحفظها في ملف JSON. سيُطلب من المستخدم اختيار ما إذا كان يريد الاستماع إلى الوسيط وجمع البيانات، أو إنشاء تمثيل للقراءات المُخزنة بالفعل.

4 قم بتشغيل مقاطع البايثون البرمجية الثلاثة في آن واحد، واضبط بيئة الأردوينو لتحديث قراءات البيانات ومراقبة النتائج.

ماذا تعلمت

- < تحليل الطبقات الهيكلية للمُدن الذكية.
- < نشر الرسائل باستخدام بروتوكول MQTT.
- < إنشاء برنامج البايثون لنشر الرسائل إلى عميل MQTT Client.
- < تخزين التقارير في ملف بيانات JSON.
- < إجراء عمليات تحليل البيانات على ملف بيانات JSON باستخدام مُفكرة جوبيتر.

المصطلحات الرئيسية

| | |
|-------------------|--------------------|
| City Layer | طبقة المدينة |
| Client | عميل |
| Data Center Layer | طبقة مركز البيانات |
| Message Broker | وسيط الرسائل |
| MQTT Server | خادم MQTT |
| Phototransistor | الترانزستور الضوئي |
| Prototype | نموذج أولي |

| | |
|--------------------|-----------------|
| Publisher | ناشر |
| Quality of Service | جودة الخدمة |
| Receiver | مُستقبل |
| Services Layer | طبقة الخدمات |
| Street Layer | طبقة الشارع |
| Subscriber | مُشترك |
| Tilt Sensor | مُستشعر الإمالة |



8. محاكاة شبكة مُستشعرات إنترنت الأشياء اللاسلكية

سيتعرف الطالب في هذه الوحدة على تقنيات إنترنت الأشياء المستخدمة في الصناعات الذكية. وسيستخدم بيئة كاب كربون (CupCarbon) لإنشاء شبكات من المُستشعرات ومحاكاتها. وفي الختام سَيُنشئ نموذجاً أولياً لنظام للإنذار ومراقبة الحرائق، ونموذجاً آخر أولياً خاصاً بالصناعة الذكية والأتمتة.

أهداف التعلم

- بنهاية هذه الوحدة سيكون الطالب قادراً على أن:
 - يتعرف على تقنيات إنترنت الأشياء المستخدمة في الأغراض الصناعية.
 - يتعرف على استخدام الأتمتة الصناعية وأنظمة التحكم في المصانع المتصلة بإنترنت الأشياء.
 - يُنشئ ويمثل شبكات إنترنت الأشياء باستخدام كاب كربون (CupCarbon).
 - يتعرف على محاكاة شبكة إنترنت الأشياء باستخدام كاب كربون (CupCarbon).
 - يُنشئ مقاطع برمجية بلغة البايثون لبرمجة عقد الشبكة.
 - يُنشئ نموذجاً أولياً لمراقبة الحرائق والإنذار بإنترنت الأشياء.
 - يُنشئ نموذجاً أولياً للصناعة الذكية والأتمتة بإنترنت الأشياء.

الأدوات

كاب كربون (CupCarbon)





الدرس الأول مقدمة إلى كاب كاربون

الصناعة الذكية Smart Industry

أصبحت لتقنيات إنترنت الأشياء تأثير كبير على جميع مجالات الحياة، بما فيها المجالات الصناعية، وذلك من أجل تقليل التكلفة وتحسين الكفاءة. أدى تطور النماذج الصناعية وازدياد المنافسة إلى تحول التركيز إلى الابتكار وتحسين نماذج الأعمال. قامت الشركات على مدى عقود طويلة بمحاولات لخفض التكلفة الإجمالية لمنتجاتها من خلال خفض تكلفة عمليات التصنيع وسلاسل التوريد، ولكنها أدركت أن المحاولات المستمرة لخفض التكلفة يؤثر بشكل سلبي على خدمة العملاء وجودة الإنتاج. أدت بعض تقنيات إنترنت الأشياء إلى إحداث تغييرات ذات أثر كبير في عمليات التصنيع ومن ذلك:

التصنيع القائم على البيانات Data-Driven Manufacturing

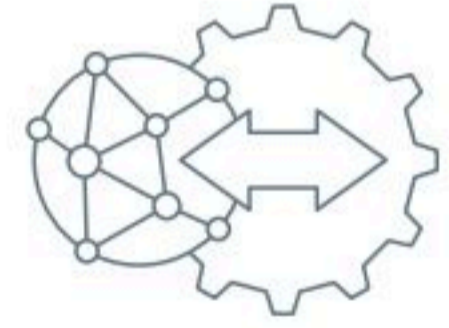
تعمل البيانات الضخمة على تغيير عالم الصناعة، فقد أصبح بإمكان المصنّعين الوصول إلى جميع البيانات التي تُنشأ وتُجمع بواسطة الآلات وذلك بهدف المراقبة الفورية للجودة، وتحسين كفاءة الآلات الكلية (Overall Equipment Effectiveness - OEE)، وتقليل وقت الإنتاج. يُعدّ مؤشر كفاءة الآلات الكلية (OEE) بمثابة المعيار العالمي لحساب الكفاءة الفعلية لعمليات الإنتاج الصناعية. يبحث المصنّعون عن طرائق لاستخدام البيانات الضخمة للاستجابة لتحويلات السوق والتغيرات في حاجات المستهلكين، وذلك من خلال إدخال تقنيات وأدوات صناعية جديدة.



تقارب تقنية التشغيل وتقنية المعلومات

Operational Technology (OT) and Information Technology (IT) Convergence

في سياق إنترنت الأشياء (Internet of Things - IoT) تضم التقنية التشغيلية في بيئة التصنيع وحدات تحكم منطقية قابلة للبرمجة (Programmable Logic Controllers - PLCs)، وأجهزة الحاسب، وغيرها من التقنيات التي تشبه لحد ما تقنية المعلومات، ولكنها تخضع للأعمال التجارية خارج نطاق إدارات تقنية المعلومات. تتيح الشبكات المبنية على بروتوكول IP تكاملاً أعمق بين الآلات وعمليات التصنيع، وتزيل الفجوة بين شبكات الصناعة والأعمال التجارية. يبحث المصنّعون عن طرائق لدمج عملياتهم في إطار بنية تحتية موحدة للشبكات تتجاوز طرائق التخزين التقليدية.



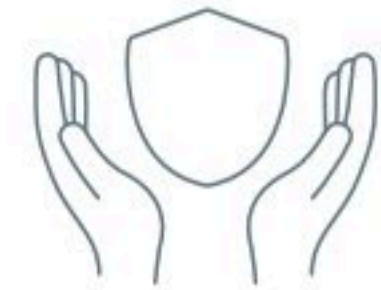
تقنية أفضل وتكلفة أقل Improved Technology with Lower Costs

أصبحت إمكانية الاتصال والمراقبة وتحسين الأجهزة قابلة للتطوير والأتمتة، وقائمة على بيانات تشغيلية متطورة نتيجة ظهور تقنيات جديدة. في ظل هذا التقدم التقني الكبير، يمكن اعتبار الآلات جزءاً من نظام شبكة متصل متكامل بدلاً من كونها نظاماً مستقلاً بذاته عن باقي عملية التصنيع، كما أدى التقارب في الحوسبة والشبكات والحماية إلى تقليل تكلفة توصيل الأجهزة في النظام المتكامل.



تعزيز الكفاءة والسلامة Enhanced Efficiency and Safety

تسعى المصانع، لاسيما في قطاعات الأغذية والمشروبات، إلى الوصول إلى التحكم الآلي والأتمتة والتصنيع دون التدخل البشري لمهام التصنيع المختلفة. يُمكن توظيف إنترنت الأشياء إضافة إلى استخدام الروبوتات ومعالجة الصور لتمكين المصانع الحديثة من تحسين الكفاءة والسلامة.



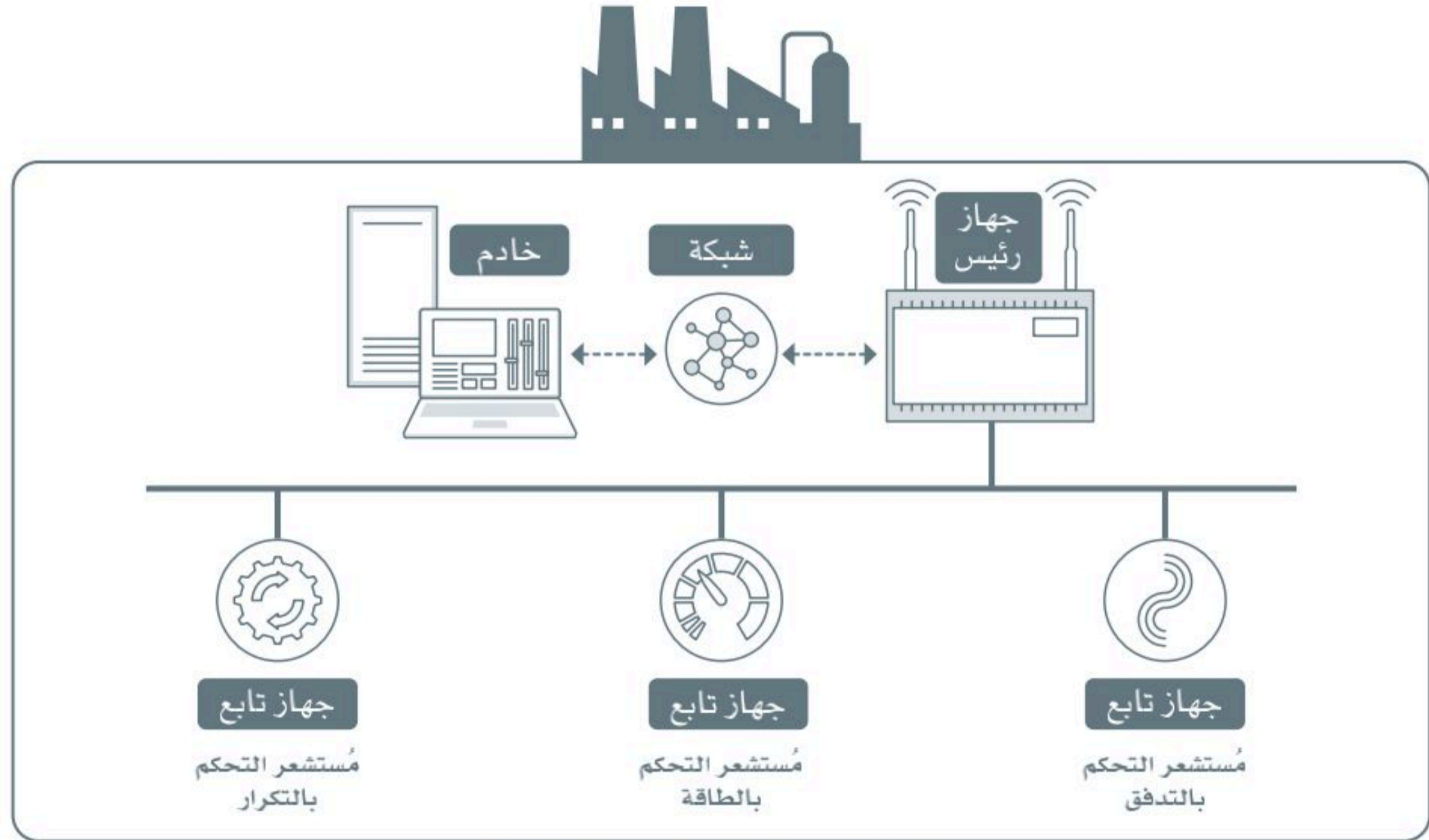
هيكلية المصنع المتصل An Architecture for the Connected Factory

بدأت الشركات بالدمج بين الأتمتة الصناعية وأنظمة التحكم (Industrial Automation and Control Systems – IACS) مع تطبيقات تقنية المعلومات وأدوات التحليلات لتوفير إمكانيات تحكم وتحليلات تشغيلية مفيدة للأعمال. يُستخدم هذا الدمج للتحكم في العمليات الأساسية، أو مراقبة استخدام تدابير السلامة عند حدوث أي طارئ. يهدف دمج الأتمتة الصناعية وأنظمة التحكم (IACS) إلى تحقيق الجودة والكفاءة في الإنتاج مع الحفاظ على مستوى عالٍ من التكامل والموثوقية.

بروتوكول التحكم في الإرسال وبروتوكول مودبس

Modbus / Transmission Control Protocol - TCP

يُستخدم بروتوكول مودبس (Modbus) في القطاع الصناعي بشكل شائع لإدارة الأجهزة الرئيسية والفرعية. تم تحويل مودبس (Modbus) إلى بروتوكولات الاتصالات المستخدمة على نطاق واسع مثل Ethernet و TCP/IP، وعلى غرار تقنيات التحكم الأخرى في الأتمتة، يُستخدم مودبس كبروتوكول معياري مفتوح موثوق ومُثبت في جميع أنحاء العالم. تُعد آلية بروتوكول مودبس في إدارة الأجهزة الرئيسية والتابعة مناسبة تماماً لطبيعة بروتوكول التحكم في الإرسال (TCP) الخاص بالاتصالات، ولكن بشكل أقل تنوعاً.



شكل 8.1: بروتوكول الشبكة مودبس (Modbus)

تحديات المصنع المتصل Connected Factory Challenges

أصبح القطاع الصناعي أحد أبرز أهداف القرصنة الإلكترونية ومهاجمي الإنترنت. تسبب التقارب الحاصل بين الشبكات في المصانع والأعمال التجارية بظهور ثغرات أمنية لعمليات التصنيع، والتي كانت تجري تقليدياً بمعزل عن العمليات الأخرى. يُعدّ الفصل بين شبكة المصنع الأساسية وشبكة تقنية المعلومات أبسط حل للتغلب على هذه الهجمات في الكثير من الأحيان. رغم أن هذا الحل يُعدّ فعالاً وعملياً، إلا أنه سيمنع التواصل مع عمليات الطبقة العليا وسيحدّ من القدرات الممكنة لتحسين الأعمال المدعّمة بالإنترنت الأشياء، وقد تظهر المزيد من المخاطر المُحتملة من أجهزة الحاسب المحمولة والأجهزة الحاسوبية الأخرى المتاحة في المصانع للعاملين الذين يتمتعون بوصول غير مُقيّد للأجهزة.

الحوسبة الطرفية في المصنع المتصل Edge Computing in the Connected Factory

يمكن للآلات الموجودة في المصنع إنتاج كميات هائلة من البيانات، وبالتالي تبرز مشكلة تخزين تلك البيانات، وقد عالجت العديد من المصانع هذه المشكلة من خلال نشر الحواسيب لتخزين هذه البيانات. أدى جمع البيانات من أجهزة الحاسب الموجودة في المصنع إلى ظهور مشكلات عديدة تتعلق بالصيانة والأمان، فكما هو معروف، يتطلب كل حاسب تصحيحات وترقيات لنظام تشغيله، كما تزداد أعطال الأجهزة بشكل ملحوظ في المصانع، إذ إن معظم تلك الأجهزة لا تُصمم لتحمل الظروف المختلفة فيها، وتشكل هذه المشكلات عائقاً أمام عمليات التصنيع في جمع البيانات ومعالجتها والاستجابة لها بكفاءة. يُمثل هذا النهج عائقاً كبيراً أمام تطوير الأفكار والفوائد التجارية المحتملة التي قد توفرها تحليلات البيانات الصناعية. تساعد التطورات الجديدة في إضافة القدرات الحوسبية في الشبكات الطرفية على حل هذه المشكلات. بدأ المُصنِّعون بإدراك ميزات توصيل الآلات بخدمات الحوسبة المتطورة مع أجهزة الحوسبة الطرفية المُدمجة بالآلة القريبة من الحافة، والتي تتضمن قدرات التبديل والتوجيه والأمن معاً بشكل دائم.



شكل 8.2: مراقبة إنتاج النفط

صناعة النفط والغاز Oil and Gas Industry

يُعدّ كل من النفط والغاز من أهم الموارد التي يستخدمها المجتمع الحديث، وذلك بدءاً بالبنى التحتية للمواصلات، إلى تصنيع المواد البلاستيكية. يعتمد كل عنصر من عناصر الحياة الحديثة تقريباً على توفر السلع التي تعتمد على هذه الصناعة. تهتم شركات النفط والغاز بشكل أساسي بخفض التكاليف، وزيادة الكفاءة والسرعة، وزيادة عوائد الاستثمارات. يُعدُّ التحكم في تكاليف الإنتاج وتعزيز الصحة والسلامة العامة وخاصة في الصناعات الخطرة من بين مؤشرات الأداء الرئيسية (Key Performance Indicators - KPIs) الأكثر أهمية في القطاع الصناعي. على غرار القطاعات الأخرى، تستخدم شركات النفط والغاز إنترنت الأشياء للعديد من الأغراض بما فيها ما يلي:

- مراقبة حالة المعدات الصناعية أو سلوكها للرؤية والتحكم.
- تحقيق أقصى قدر من الكفاءة للعمليات والموارد.
- تحسين عملية اتخاذ قرارات الأعمال التجارية.

تحديات الصناعة الرئيسية كمحركات للتحويل إلى الرقمنة Industry Key Challenges As Digitization Drivers

إن إنترنت الأشياء (IoT) والرقمنة - وهي عملية الاستفادة من التقدم الكبير في تقنية المعلومات لتطوير حلول وتقنيات جديدة للأعمال وإجراءاتها - تُمهّد الطريق لتحقيق مكاسب تحسين الكفاءة التي كانت مستحيلة سابقاً وكذلك نماذج الأعمال الجديدة.

- النمذجة والتحليلات المتقدمة.
- البيانات الضخمة.
- تقارب تقنية المعلومات (IT) / التقنية التشغيلية (OT).
- الآلات الذكية.
- التنقل والتخزين السحابي.
- إدارة أداء الأصول.

مثال

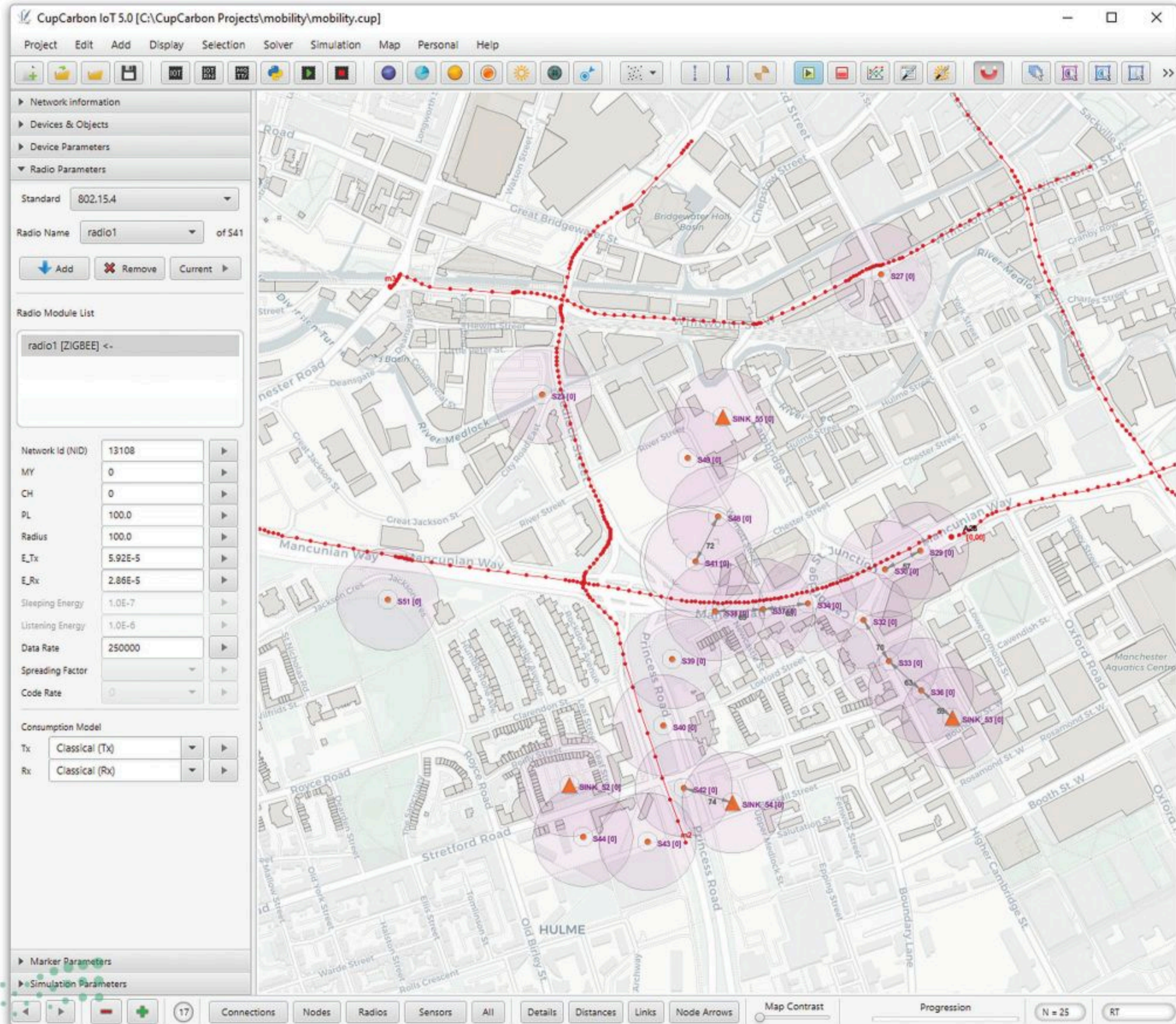
يُعدّ معمل الغاز في العثمانية أحد أكبر المصانع لمعالجة الغاز في المملكة العربية السعودية. تعمل حلول إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي على تحسين الإنتاجية وموثوقية هذه المنشأة. فتُستخدم الطائرات دون طيار، والكائنات الذكية لمراقبة معدات مصفاة خطوط أنابيب الغاز وتُستخدم طرائق تحليل البيانات لتحسين الاستخدام. يوجد الآلاف من مُستشعرات إنترنت الأشياء تراقب حقل خريص النفطي.



ما برنامج كاب كاربون؟ What CupCarbon is

برنامج كاب كاربون (CupCarbon) هو مدينة ذكية افتراضية، وبيئة محاكاة لشبكة مُستشعرات لاسلكية بإنترنت الأشياء. يُمكن استخدامه لتصميم وإنشاء وتمثيل شبكات إنترنت الأشياء المُكونة من عُقد وأجهزة وأحداث وأمور أخرى. يوفر هذا المحاكى عدداً كبيراً من الأدوات لتكوين الشبكات التي أنشئت لاختبارها وتحسينها. كما تم به تضمين البروتوكولات الشائعة التي عُرضت سابقاً مثل زيغبي (Zigbee) وواي فاي (Wi-Fi) ولورا (LoRa)، بالإضافة إلى استخدام خريطة الشارع المفتوح (OpenStreetMap) كواجهة للتمكن من إجراء عمليات المحاكاة من أي مكان.

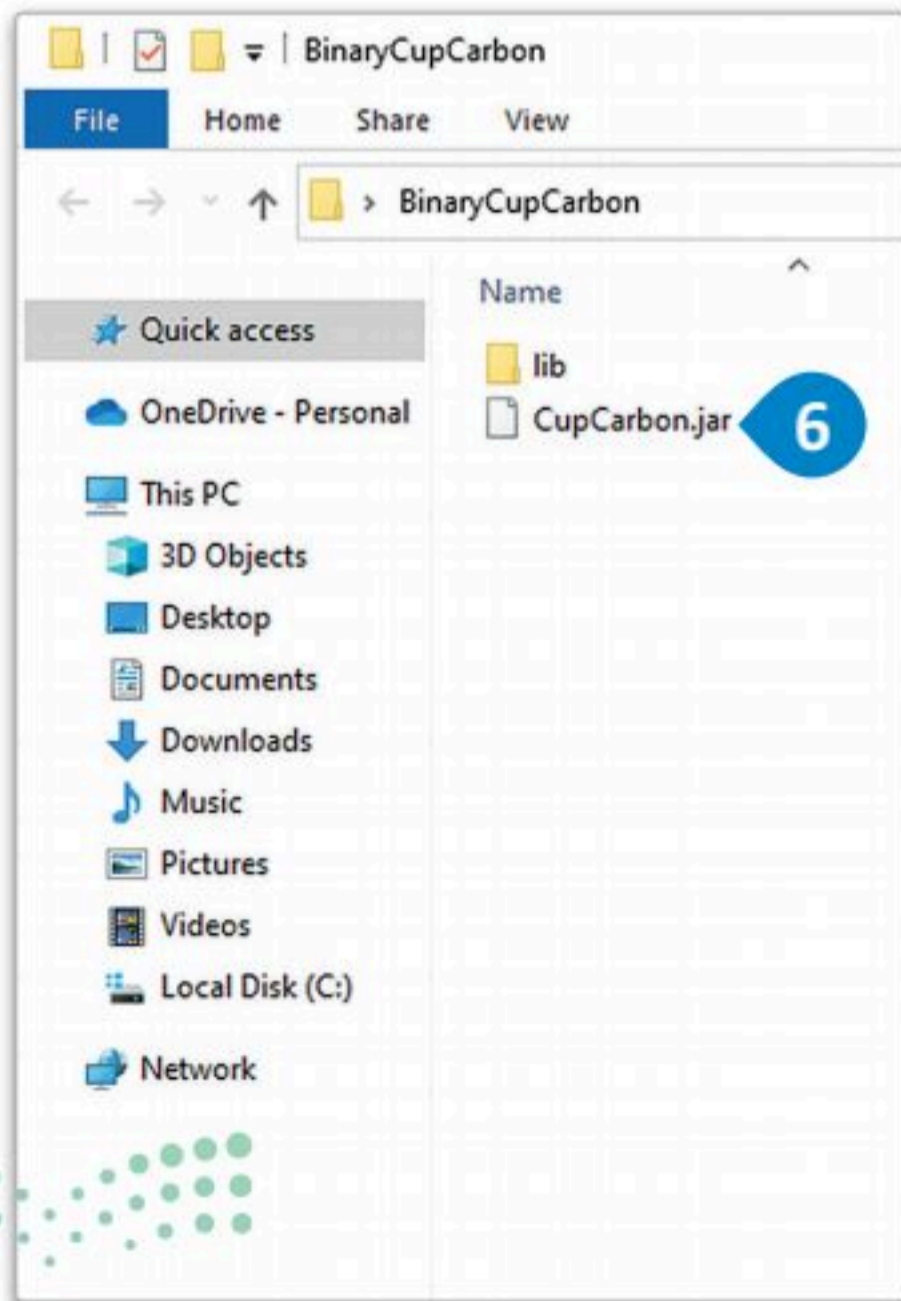
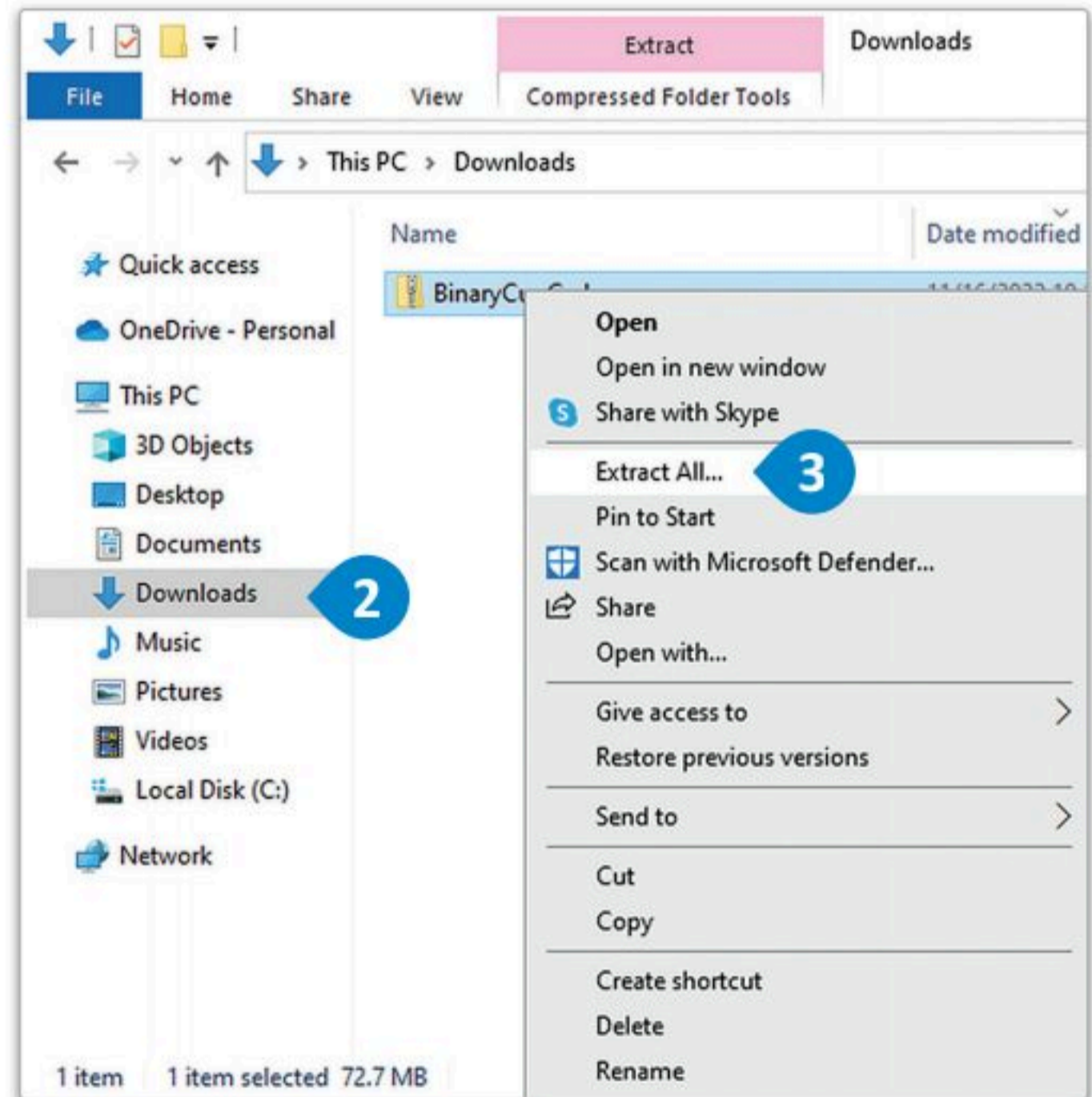
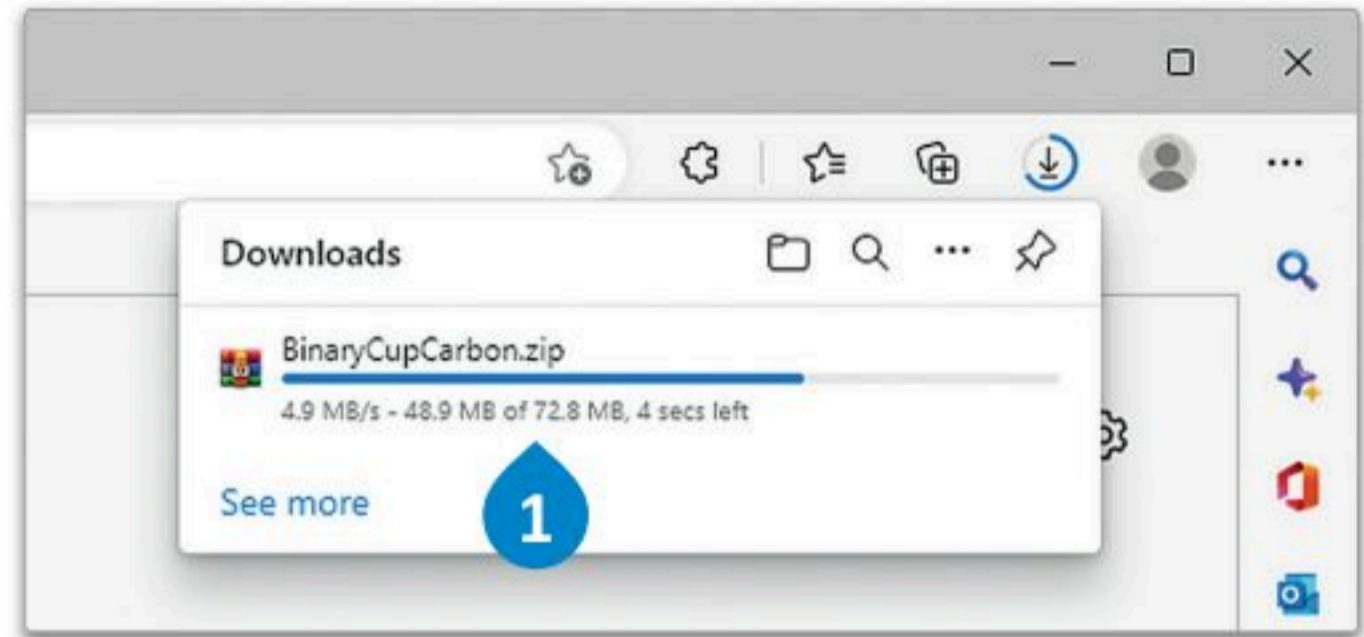
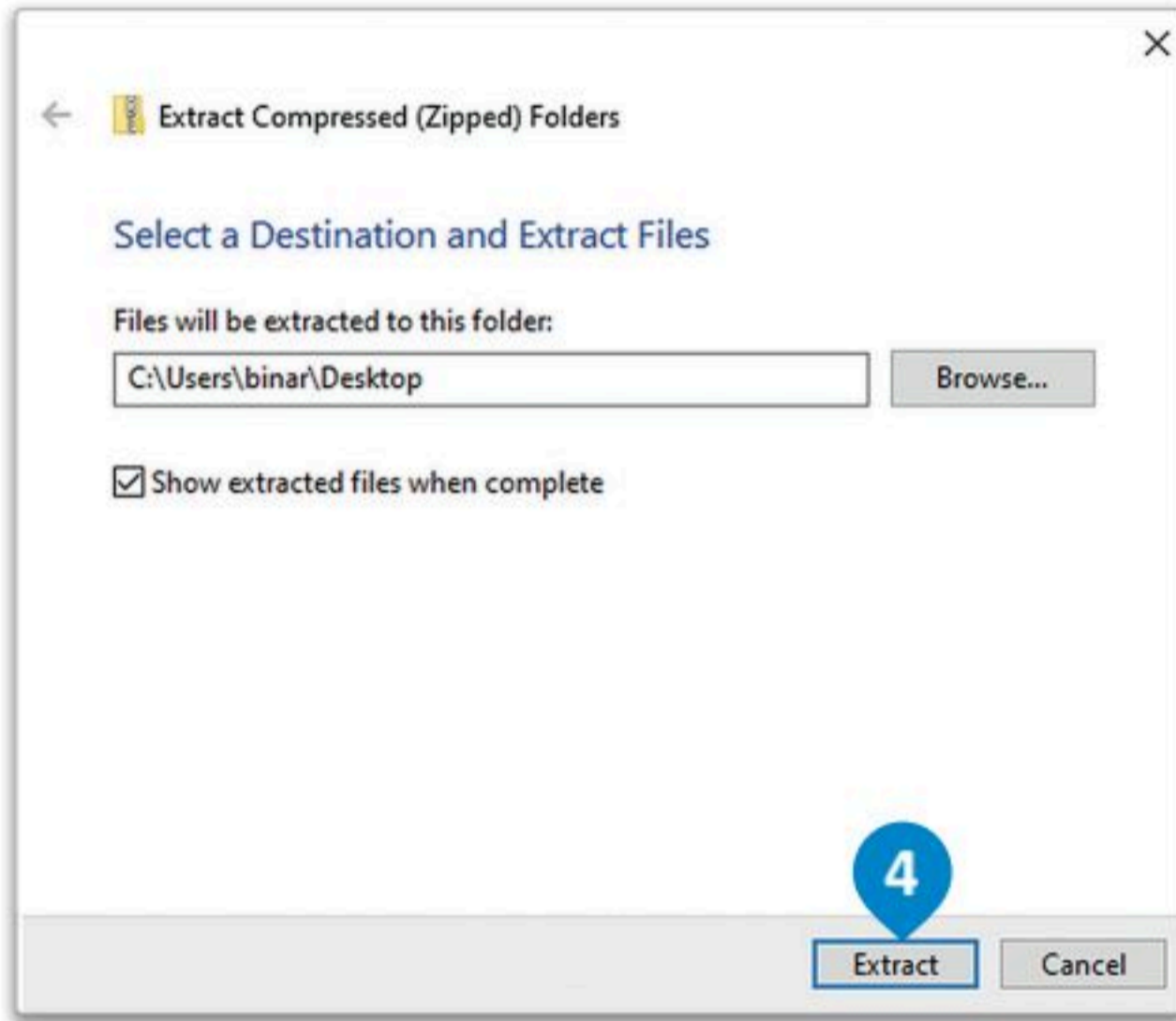
بعد إنشائك للشبكة المطلوبة بنجاح، يُمكنك استخدام برنامج كاب كاربون لبرمجة وحدة تحكم أروينو (Aruino) يُمكن تجربتها على أجهزة حقيقية. تتواصل العُقد مع بعضها باستخدام البرمجة النصية. يستخدم المحاكى لغته البرمجية الخاصة المعروفة باسم سينسكريبت (SenScript)، كما أنه يدعم لغة البايثون. ستقوم في هذه الوحدة ببرمجة العُقد باستخدام لغة البايثون.



شكل 8.3: مشروع في كاب كاربون (CupCarbon)

تتنزيل كاب كاربون (CupCarbon) وتشغيله :

- 1 < افتح متصفحك وقم بتنزيل الملف من الرابط: <http://binary-academy.com/dnld/KSA/IOT2/BinaryCupCarbon.zip>
- 2 < افتح مستكشف الملفات، وابحث عن الملف الذي تم تنزيله في مُجلد Downloads (التنزيلات).
- 3 < اضغط بزر الفأرة الأيمن على الملف واختر Extract All (استخراج الكل).
- 4 < اختر سطح المكتب الخاص بك كوجهة للاستخراج، واضغط على Extract (استخراج).
- 5 < ابحث عن المجلد المُستخرج في سطح المكتب وافتحه.
- 6 < اضغط ضغطًا مزدوجًا على CupCarbon.jar لبدء برنامج CupCarbon (كاب كاربون).



تأكد من تثبيت جافا (Java) على جهاز الحاسب الخاص بك حتى يعمل برنامج كاب كاربون بشكل صحيح.

شكل 8.4: خطوات تنزيل كاب كاربون

نافذة برنامج كاب كاربون The CupCarbon Windows

عند فتحك للبرنامج ستلاحظ نافذتين:

النافذة الرئيسة التي تحتوي على الخريطة ووحدة التحكم.



شكل 8.5: النافذة الرئيسة لبرنامج كاب كاربون

تستخدم وحدة التحكم لطباعة الرسائل التي أنشئت بواسطة المحاكاة، وإخراج رسائل الأخطاء لمساعدة المستخدم على تصحيح الخطأ في البرامج النصية.



شكل 8.6: وحدة تحكم كاب كاربون

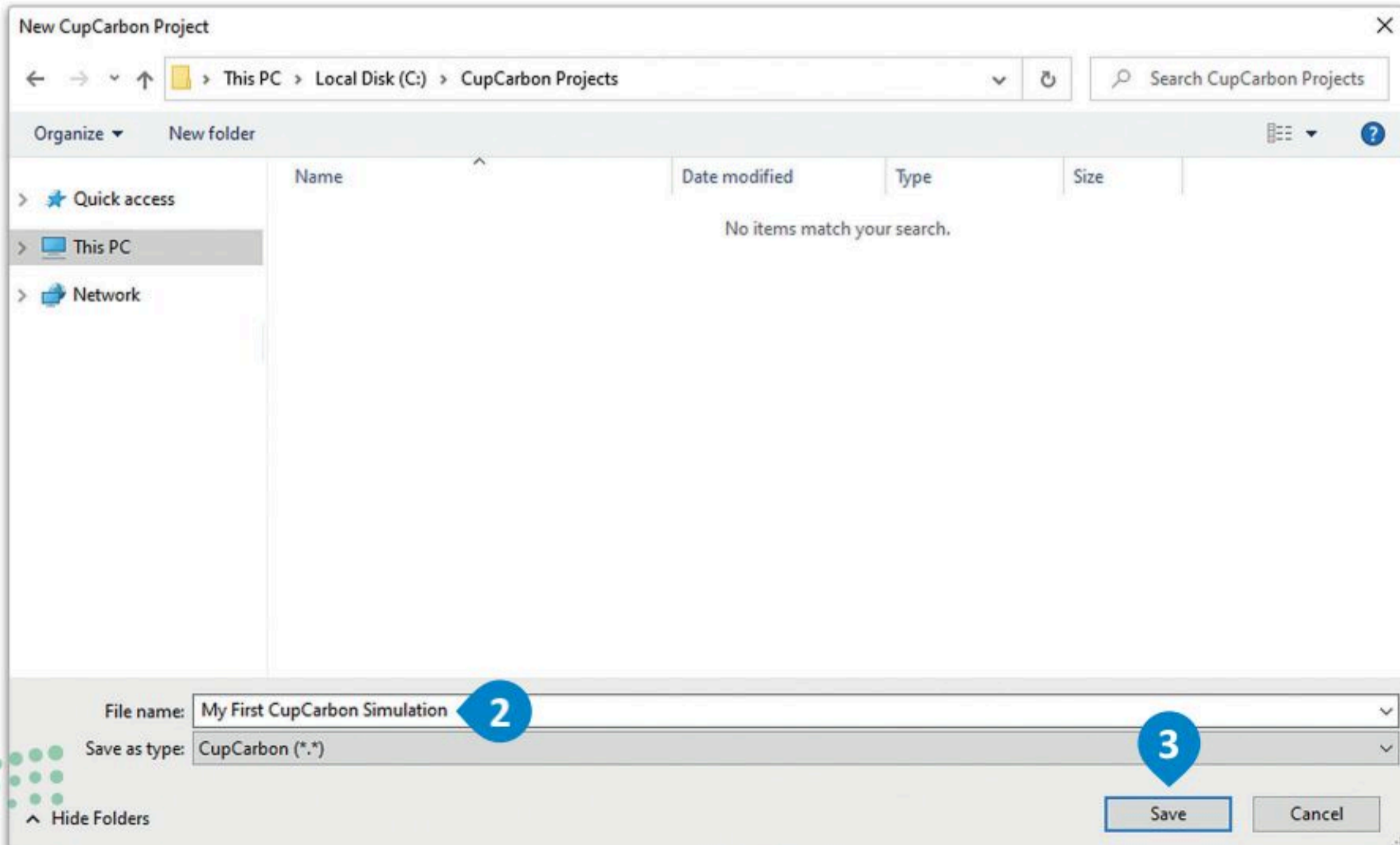
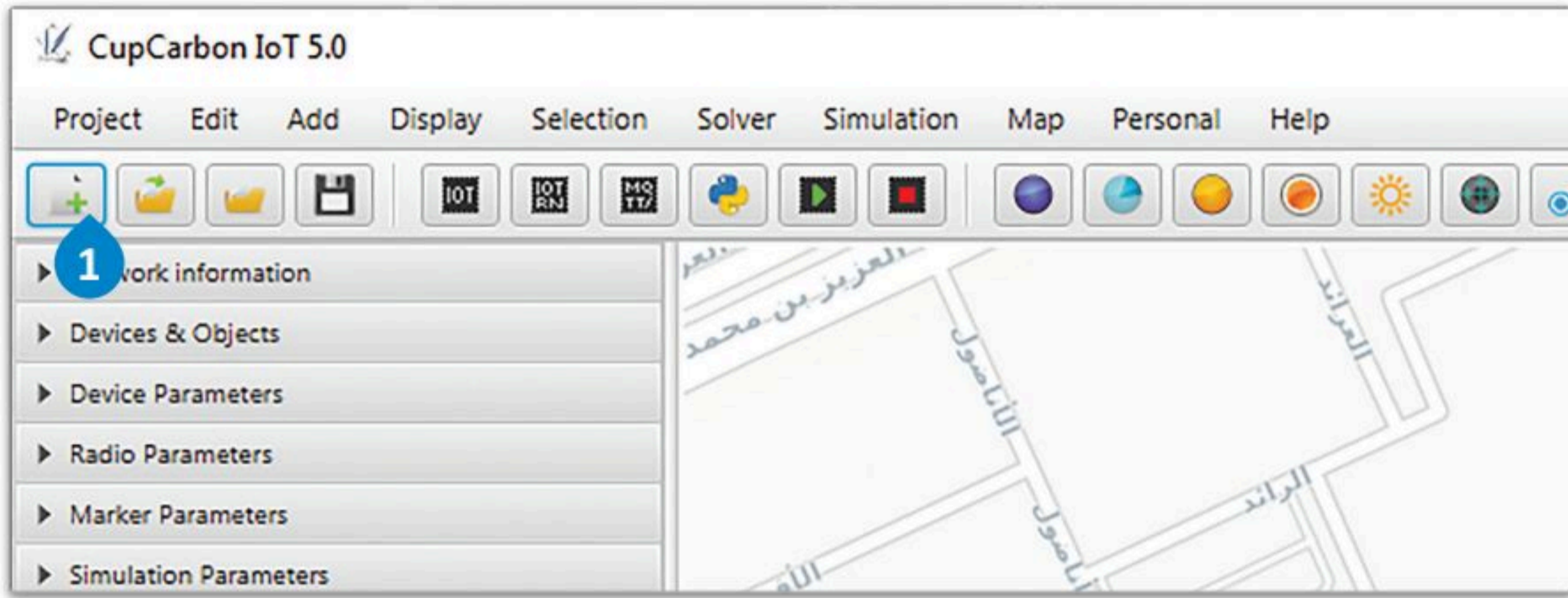
بدء الاستخدام Getting Started

ستُنشئ في هذا الدرس محاكاة بسيطة لعقدة إنترنت أشياء تطبع رسائل من أجل أن تعتاد على استخدام بيئة كاب
كاربون.

في البداية ستُنشئ مشروعاً جديداً:

لإنشاء مشروع جديد:

- 1 < اضغط على New Project (مشروع جديد) من شريط الأدوات.
- 2 < اختر الموقع الذي تريده لحفظ المشروع، ثم اكتب "My First CupCarbon Simulation" في حقل File name (اسم الملف)، ثم اضغط Save (حفظ).
- 3

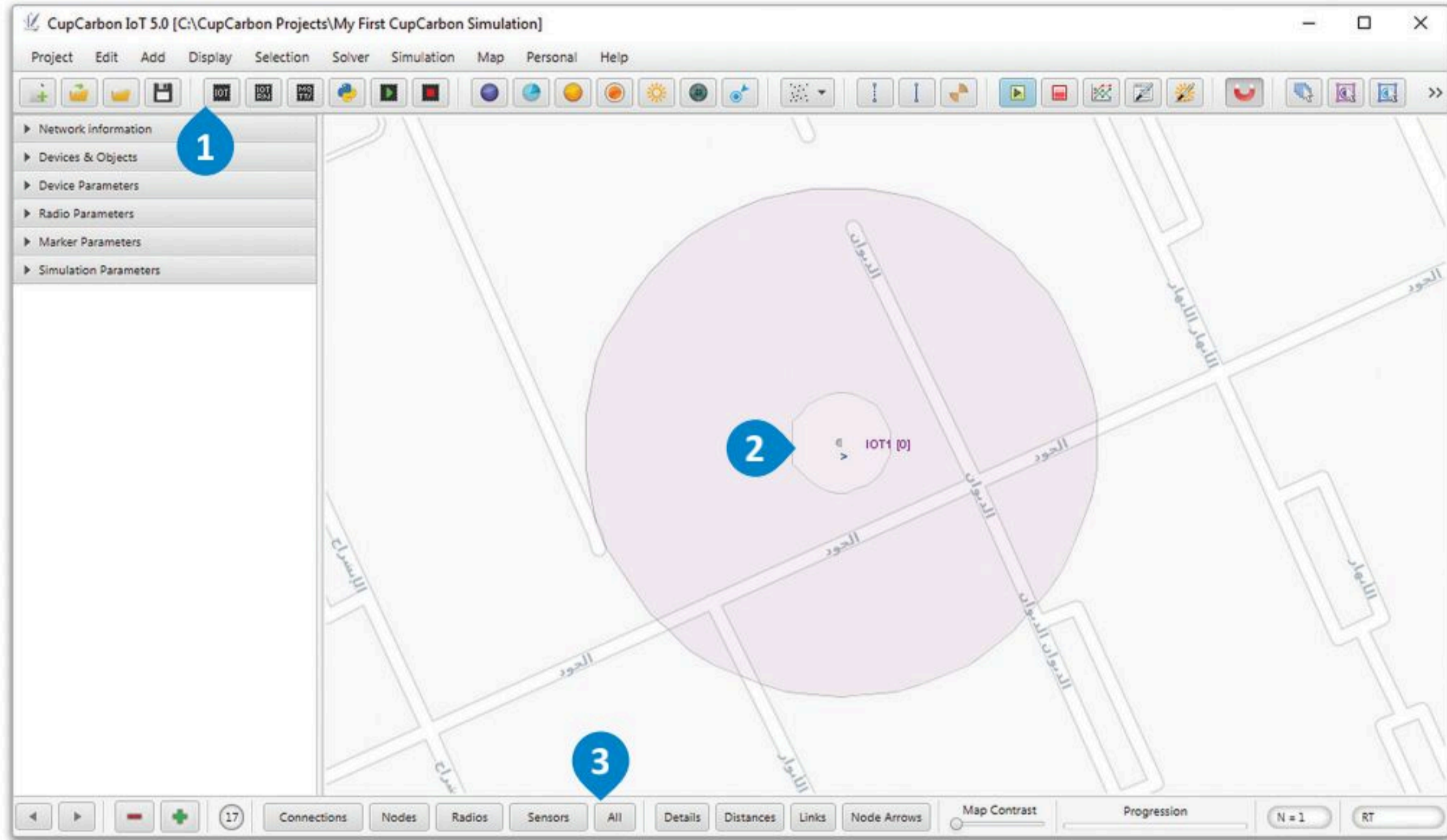


إضافة عُقدة Placing a Node

لإضافة عُقدة:

- < اضغط على IoT Node (عُقدة إنترنت أشياء) من شريط الأدوات. 1
- < اضغط على الخريطة لإضافة العُقدة. 2
- < اضغط على All (الكل) من شريط State (الحالة). 3
- < اضغط على ESC في لوحة المفاتيح.

يمكنك في شريط الأدوات العثور على الكائنات المختلفة التي ستستخدمها في مشاريعك، والتي ستنتج إما إشارات وتتواصل مع بعضها، أو ستنفذ إجراءات معينة. من هذه الكائنات الكائن IoT Node (عُقدة إنترنت أشياء) والذي يُمكن وضعه على الخريطة، ويمكن إعطاؤه مقطعاً برمجياً لتشغيله. العُقدة هي اللبنة الأساسية لتكوين كاب كربون. يُعرض في العُقدة المُعرّف الخاص بها مع دائرتين حولها، ودائرة داخلية تشير إلى نصف قطر المُستشعر المُستخدم للكشف عن المُستشعرات، ودائرة خارجية تكشف عن الأجهزة اللاسلكية مثل العُقدة الأخرى.



شكل 8.8: إنشاء مشروع جديد

إنشاء المقطع البرمجي Creating a Script

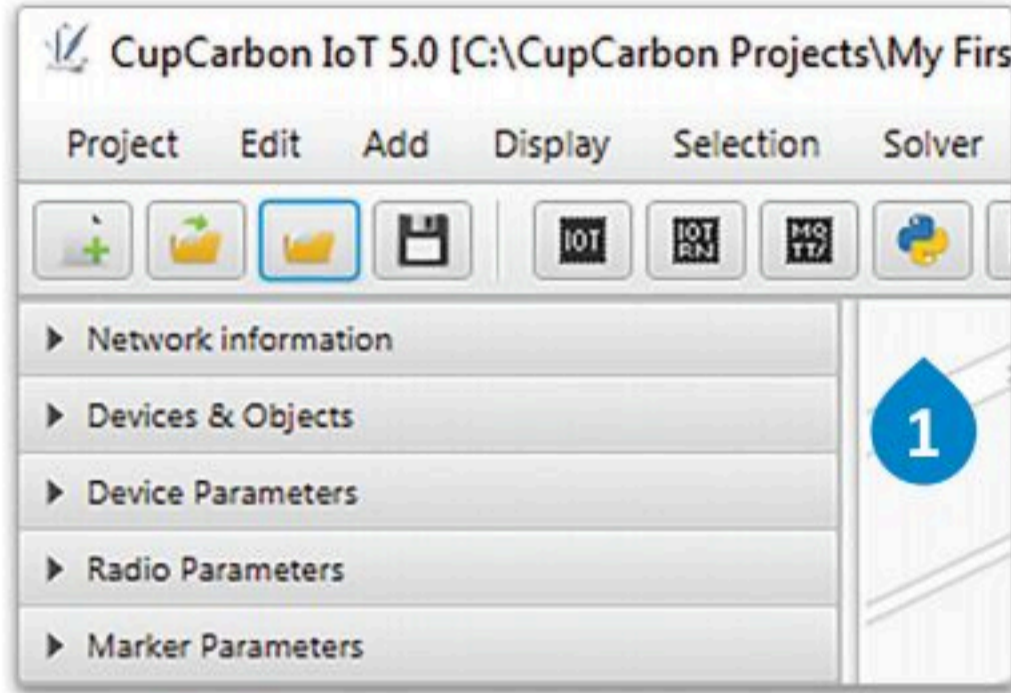
ستقوم الآن بإنشاء مقطع برمجي بسيط يطبع رسالتين ذاتيتين بالتناوب على العُقدة. المقطع البرمجي المُستخدم هو كما يلي:

```
import time
while node.loop():
    node.print("hello")
    time.sleep(1)
    node.print("world")
    time.sleep(1)
```

تأكد من استخدام المسافة البادئة المناسبة داخل التكرار (Loop) حتى يعمل المقطع البرمجي بشكل صحيح.

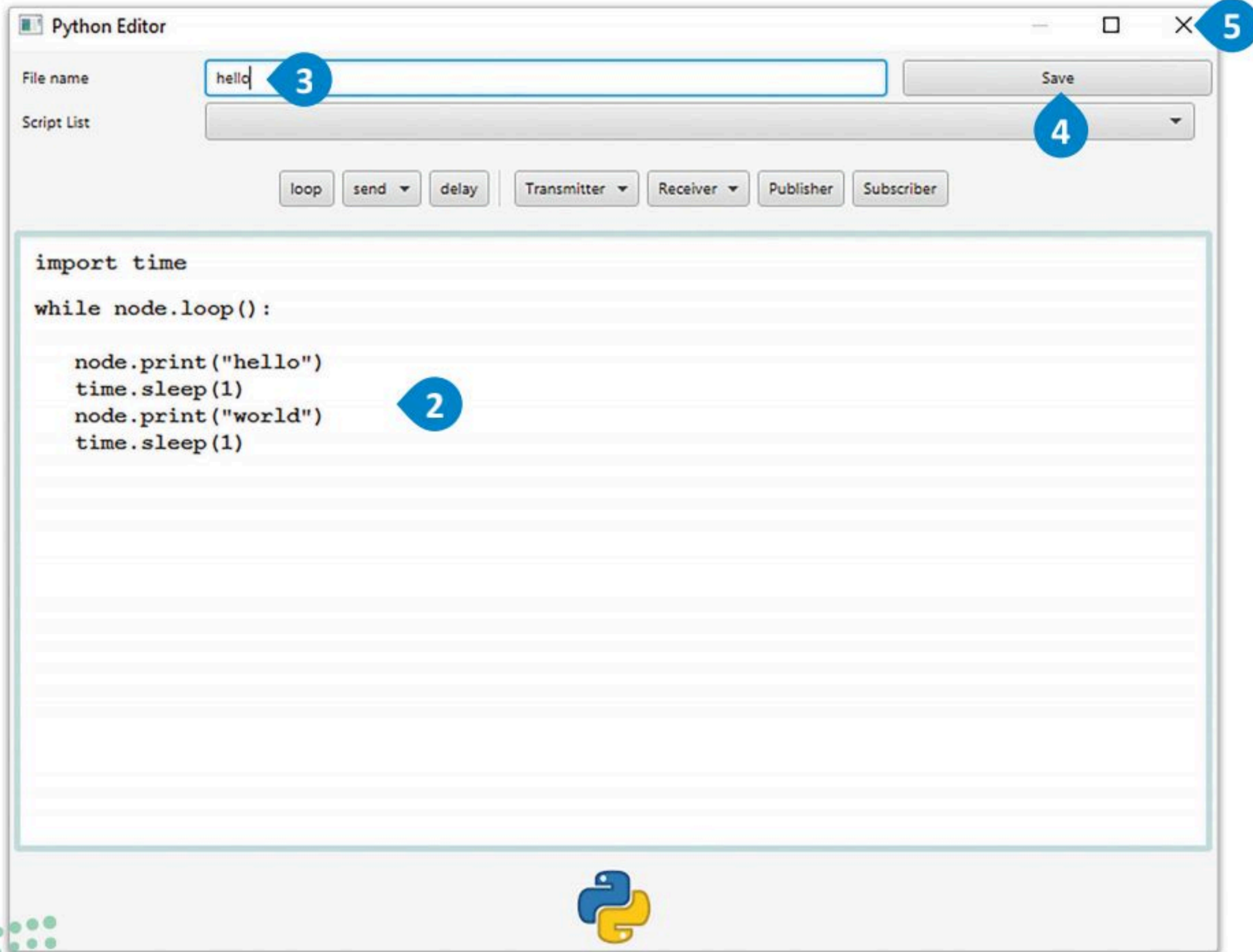


يجب عليك أولاً تضمين مكتبة time في البايثون، ستستخدم دالة sleep المدمجة لتأخير عملية الطباعة. يجب تضمين التعليمات البرمجية للعقدة داخل التكرار while node.loop(). يمكن للعقدة الطباعة الذاتية باستخدام node.print(). ويمكنها "السكون" - أي ألا تفعل شيئاً - باستخدام time.sleep(). تأخذ دالة print() كعامل الرسالة المراد طباعتها على شكل نص، على سبيل المثال node.print("hello world")، وتأخذ دالة sleep كعامل عدد موجب يشير لعدد الثواني التي تريدها للعقدة ليتم التأخير الزمني، على سبيل المثال مع time.sleep() سيُنْفَذ سكون للعقدة لمدة 3 ثوان. ستطبع العقدة في برنامجك كلمة "hello"، ثم ستنتظر لمدة ثانية واحدة وتطبع "world"، وتنتظر مرة أخرى لمدة ثانية واحدة، ثم تبدأ مرة أخرى من البداية بلا توقف ما لم يتم إنهاء المحاكاة.



لإنشاء المقطع البرمجي:

- 1 < اضغط على Python (البايثون) من شريط الأدوات.
- 2 < اكتب التعليمات البرمجية بلغة بايثون في المُحرر النصي.
- 3 < اكتب "hello" في حقل File name (اسم الملف).
- 4 < اضغط على Save (حفظ).
- 5 < أغلق نافذة محرر البايثون.

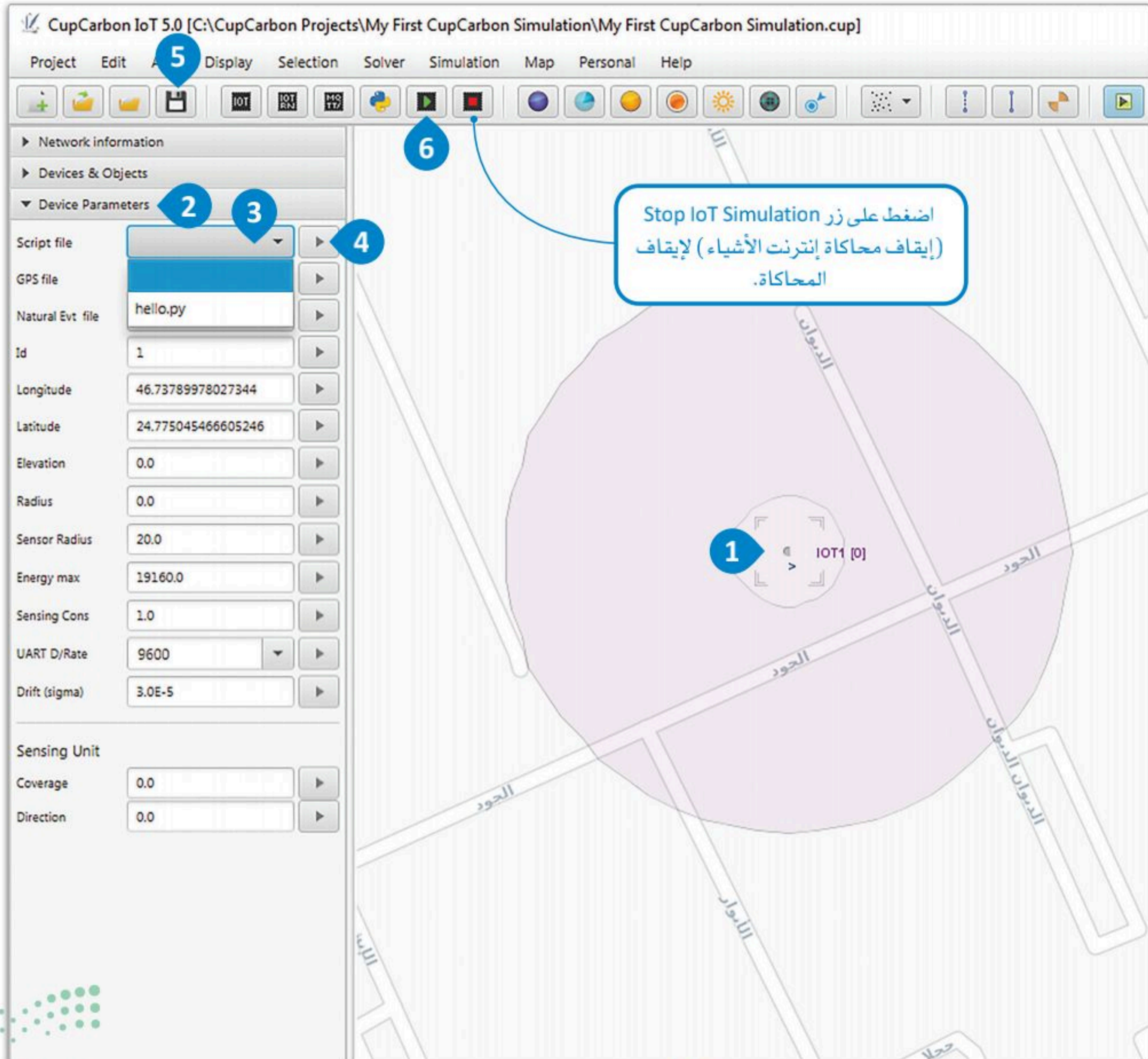


شكل 8.9: مُحرر البايثون



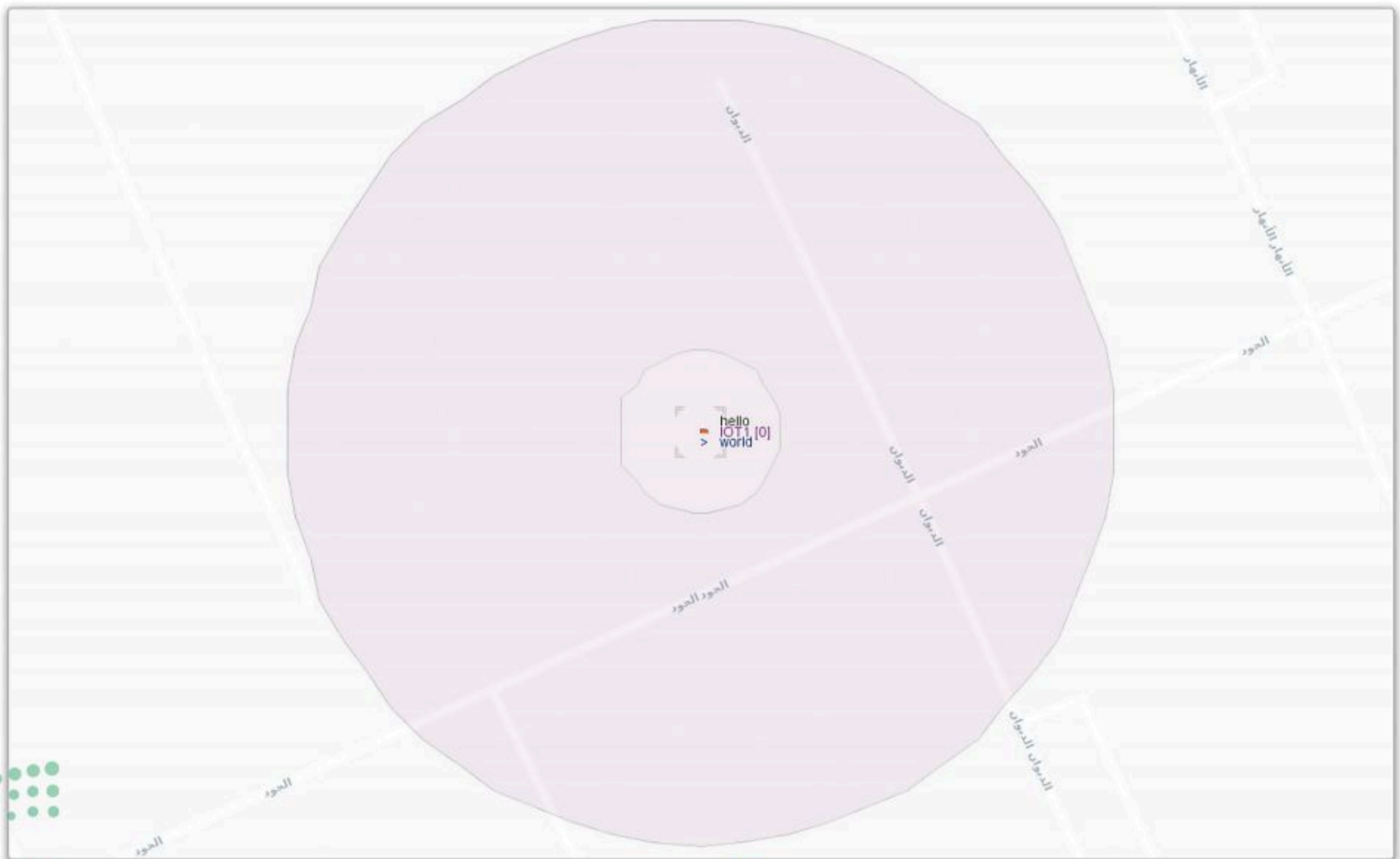
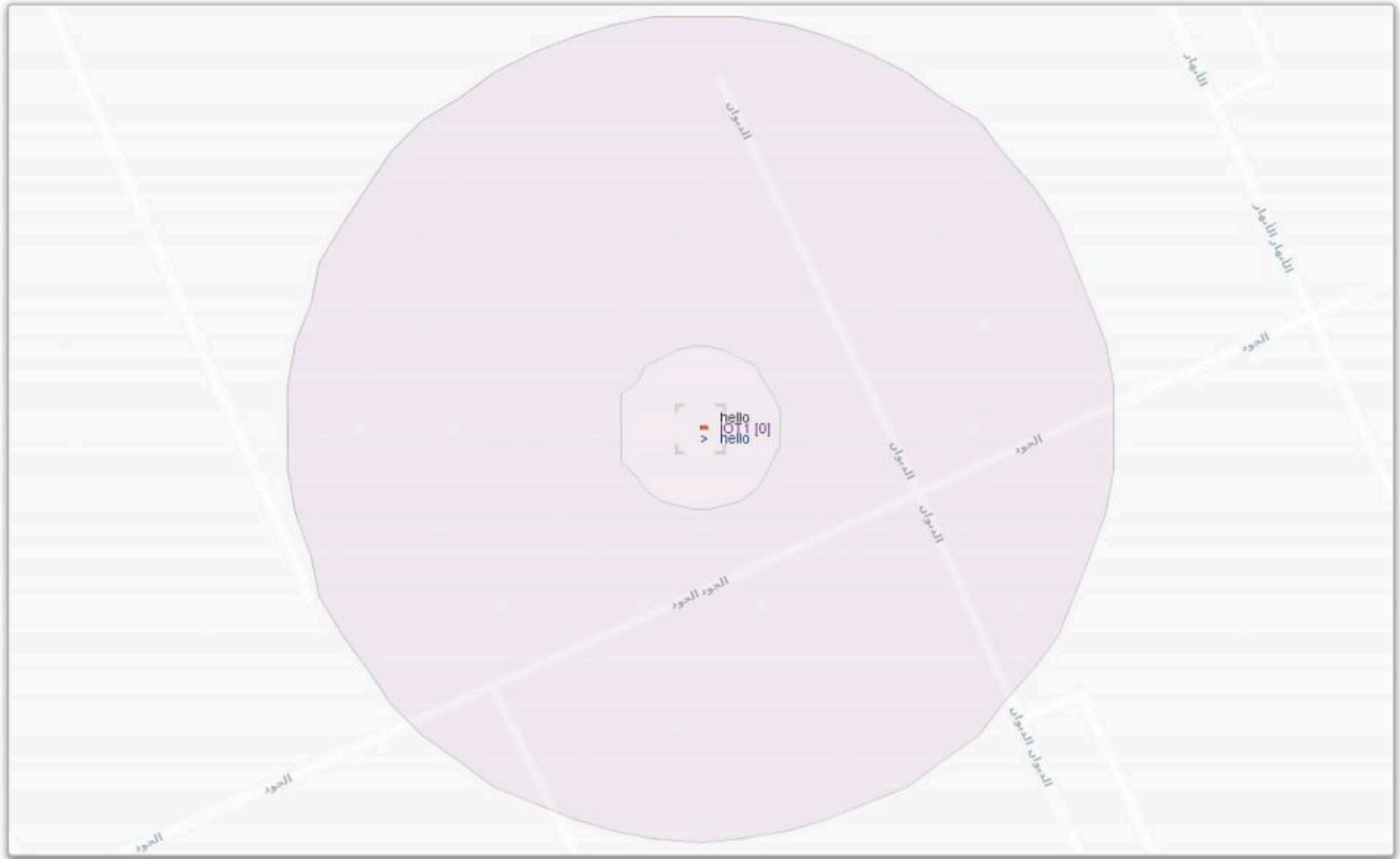
إدراج المقطع البرمجي وتشغيل المحاكاة:

- 1 < اضغط على العقدة.
- 2 < اضغط على علامة تبويب Device Parameter (مُعَامِلِ الجهاز) في قائمة Parameter (مُعَامِلِ).
- 3 < اضغط على صندوق Script file (ملف البرنامج).
- 4 < من القائمة المنسدلة، اختر المقطع البرمجي hello.py، واضغط على الزر الموجود على اليمين لإدراج المقطع البرمجي في العقدة.
- 5 < اضغط على Save project (حفظ المشروع) من شريط الأدوات.
- 6 < من شريط الأدوات، اضغط على Run IoT Simulation (تشغيل محاكاة إنترنت الأشياء).



شكل 8.10: إدراج المقطع البرمجي وتشغيل المحاكاة

كما هو متوقع، فإن العقدة ستتناوب في طباعة النصين "hello" و "world" لمدة ثانية واحدة لكل منهما.



شكل 8.11: حالات المحاكاة

تمرينات

1

| خاطئة | صحيحة | حدّد الجملة الصحيحة والجملة الخاطئة فيما يلي: |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. لا يُمكن استخدام مراقبة البيانات لزيادة كفاءة تحسين المعدات بشكل عام. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. يُمكن لأقسام التقنية التشغيلية (OT) وتقنية المعلومات (IT) الدمج بين جميع قطاعات التصنيع في نطاق شبكي واحد. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. يسهم توصيل أجهزة المصنع بشبكة واحدة في تقليل التكاليف. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. يمكن للعمليات الأوتوماتيكية التي لا تعمل باللمس في مصنع الأطعمة والمشروبات تحسين جودة المنتج النهائي. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. لا يُمكن أن تتعرض الحواسيب الداخلية في المصانع إلى مخاطر أمنية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. قد تفقد أجهزة المصنع غير الموصولة بالشبكة الطرفية بيانات قيمة في حالة تعطلها. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. يُمكن لأنظمة إنترنت الأشياء في صناعات النفط والغاز الحد من تعرض العمال للخطر. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 8. يُمكن في برنامج كاب كاربون (CupCarbon) محاكاة بروتوكول زيغبي (ZigBee) الخاص بالأشياء الذكية. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 9. يُمكن برمجة عُقد كاب كاربون بواسطة لغة البايثون فقط. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 10. يُمكن في برنامج كاب كاربون إنتاج مخططات لوحات التحكم الدقيقة مثل الأردوينو. |

2

صنّف تقنيات إنترنت الأشياء الرئيسية التي ستُغيّر عمليات التصنيع التقليدية.





الدرس الثاني الاتصال في شبكة إنترنت الأشياء

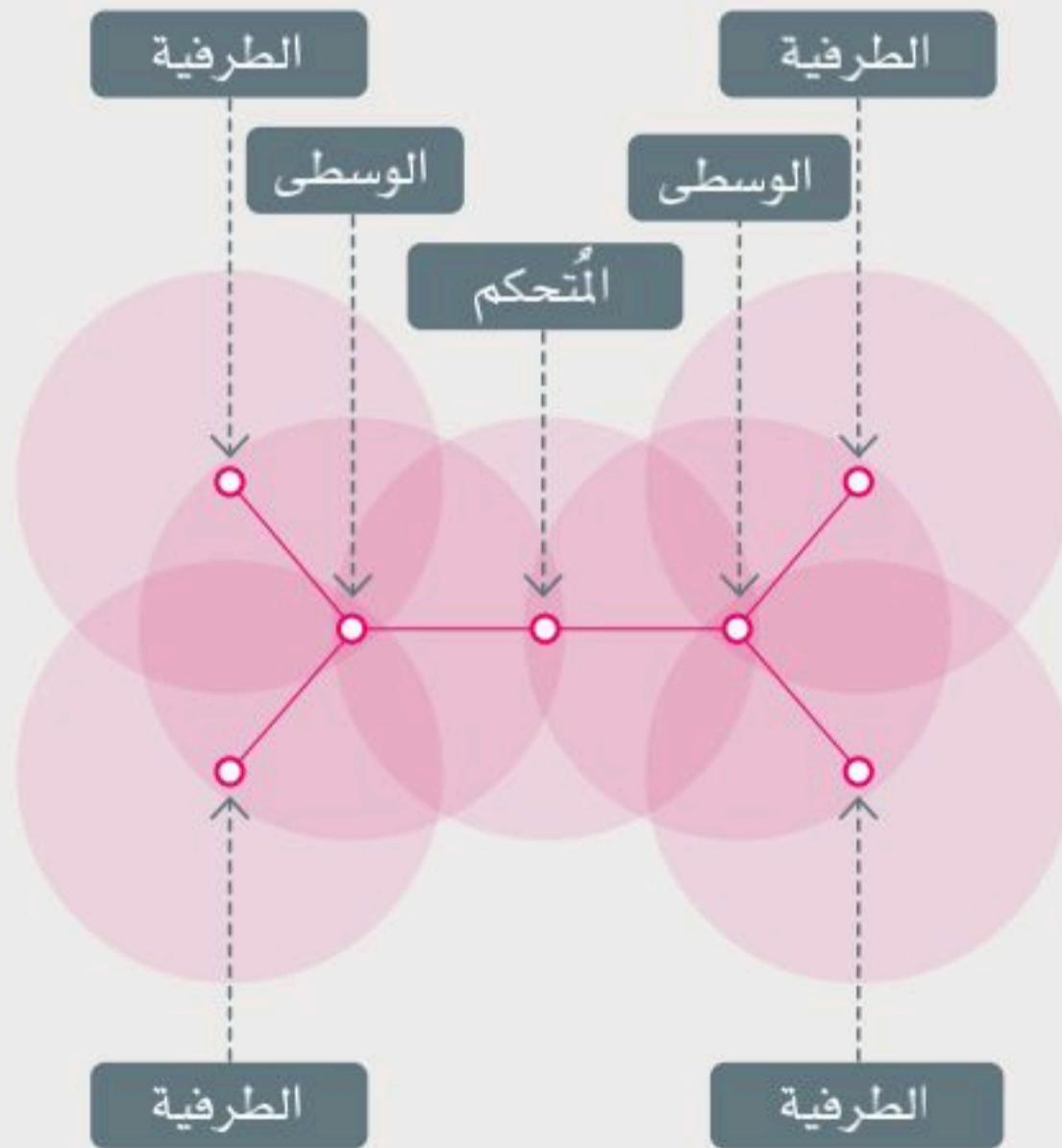
الاتصال بين الأجهزة Communication between Devices

تتكون شبكة إنترنت الأشياء من العديد من الأجهزة التي تُرسل وتستقبل البيانات بين بعضها. تتميز هذه الأجهزة في إمكانياتها المختلفة مثل النطاق، وعرض النطاق الترددي للبيانات، واستهلاكها للطاقة، وبالتالي تقوم بتشغيل مجموعات مختلفة من الأوامر لتوفير العديد من الوظائف. ستُنشئ في المشروع الآتي شبكة مثل هذه، وستستكشف اللبنة البرمجية الأساسية المكونة لها.

مراقبة الحريق والتحذيرات Fire Surveillance and Notification

ستُنشئ في هذا الدرس مشروعاً يحاكي نظام مراقبة الحرائق في المصانع.

سيتم في هذه المحاكاة إنشاء حرائق عشوائية في مصنع، وسيبلغ النظام وحدة التحكم الرئيسية بالمصنع عن القطاع الذي يوجد فيه الحريق. سيُنفذ ذلك باستخدام مجموعة متنوعة من العُقد ذات الوظائف المختلفة التي ستتواصل مع بعضها لتمرير الرسالة بدءاً من العُقد الطرفية (Edges) مروراً بالعُقد الوسطى (Proxies) لتصل أخيراً إلى العُقد الداخلية: وحدة المُتحكم الرئيسية (Main Controller).



شكل 8.12: العُقد ووظائفها

العُقد ووظائفها

The Nodes and their Functions

ستستخدم ثلاثة أنواع من العُقد في مشروعك لتمثيل قطاعات المصنع المختلفة:

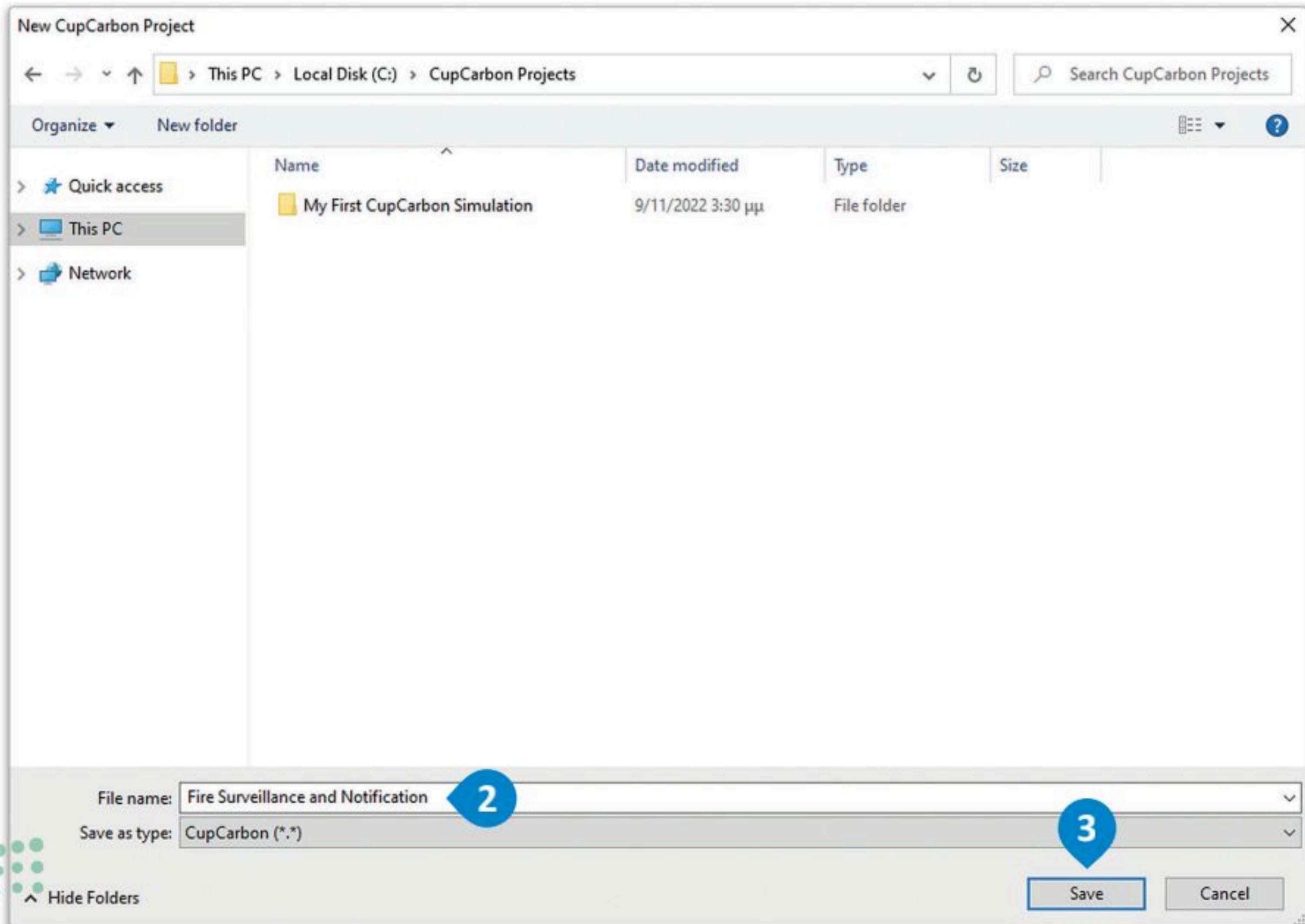
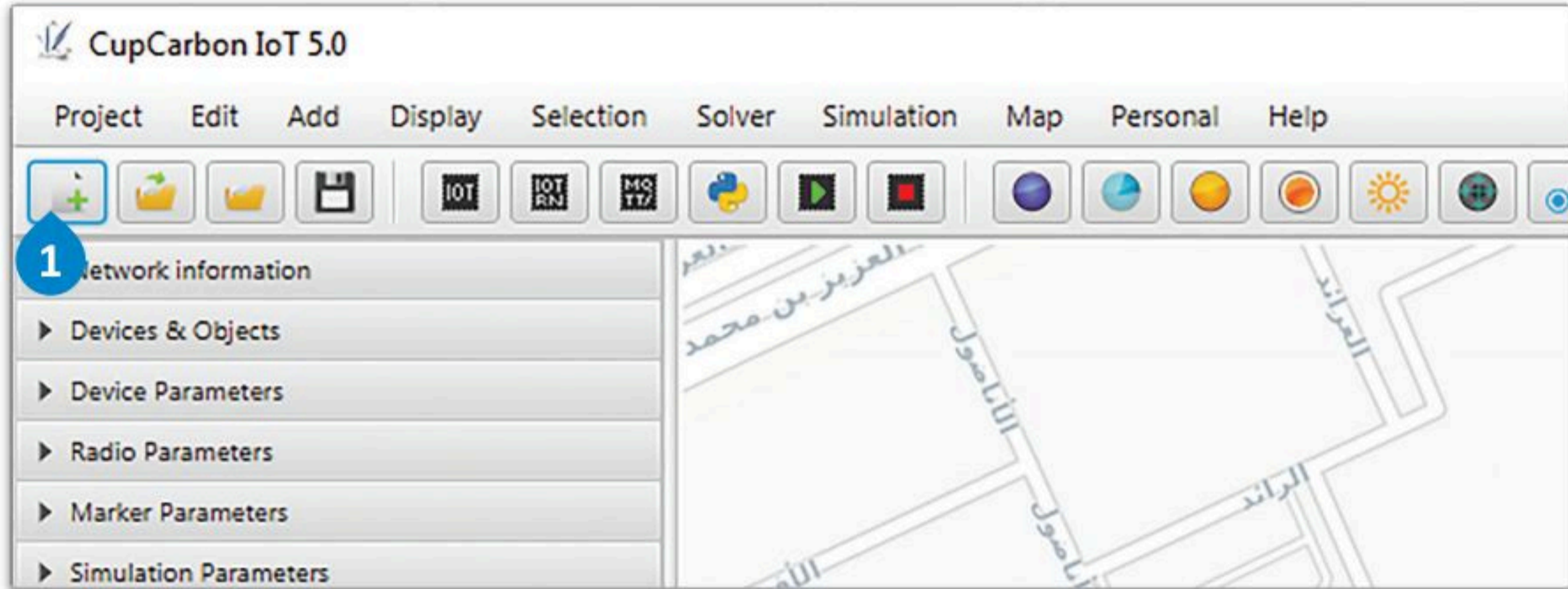
- قد يحدث حريق في الأطراف (Edges)، وسيتم تحديده بواسطة مولد أرقام عشوائي. في مثل هذه الحالات، ستطبع العُقد رسالة ذاتية وترسل رسالة مختلفة تحتوي على رقم القطاع إلى عُقد الوسطى (Proxy) المجاورة لها، ثم ستسكن لمدة زمنية محددة.
- سيقراً الوكلاء أي رسائل قد تلقوها ويعيدونها إلى وحدة المُتحكم الرئيسية (Main Controller). كما قد يقومون بطباعة رسالة ذاتية لإبلاغ المستخدم بما يقومون به.
- تقوم وحدة المُتحكم الرئيسية أيضاً بقراءة أي رسائل قد تكون تلقتها، وتطبع الرسائل التي أنشئت بواسطة العُقد الطرفية التي تخبر المستخدم بالحريق.



لنبدأ بإنشاء مشروع جديد:

لإنشاء مشروع جديد:

- 1 < اضغط على New Project (مشروع جديد) من شريط الأدوات.
- 2 < اختر الموقع الذي تريد تخزين المشروع فيه، ثم اكتب "Fire Surveillance and Notification" في حقل File name (اسم الملف)، واضغط على Save (حفظ).
- 3

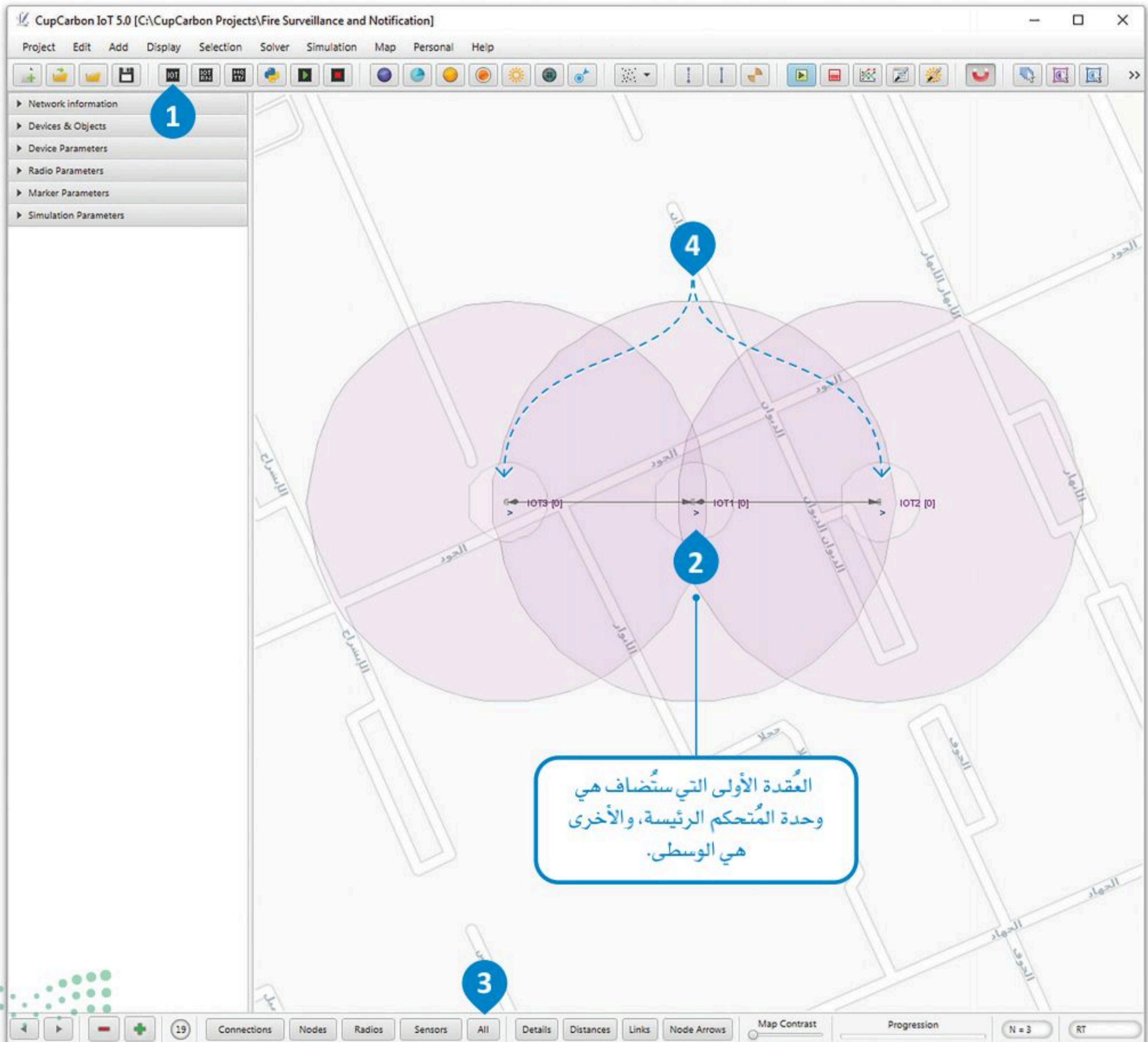


ابدأ بإنشاء شبكة العُقدة بإضافة وحدة المُتحكم الرئيسة والوسطى:

لإدراج وحدة المُتحكم وعُقد الوسطى:

- 1 < اضغط على IoT Node (عُقدة إنترنت أشياء) من شريط Toolbar (الأدوات).
- 2 < اضغط على الخريطة لإضافة العُقدة.
- 3 < اضغط على All (الكل) من شريط State (الحالة).
- 4 < ضع عُقتين أخريين على يسار ويمين العُقدة الأولى، وداخل دائرتها الخارجية.
- < اضغط على ESC في لوحة المفاتيح.

إذا لم يتم وضع العُقد داخل نصف قطر وحدة المُتحكم، فلن تتمكن من الاتصال. وللتغلب على ذلك اسحبها وأفلتها بالقرب من وحدة المُتحكم حتى يظهر سهم ثنائي الاتجاه يربط بين العُقتين.

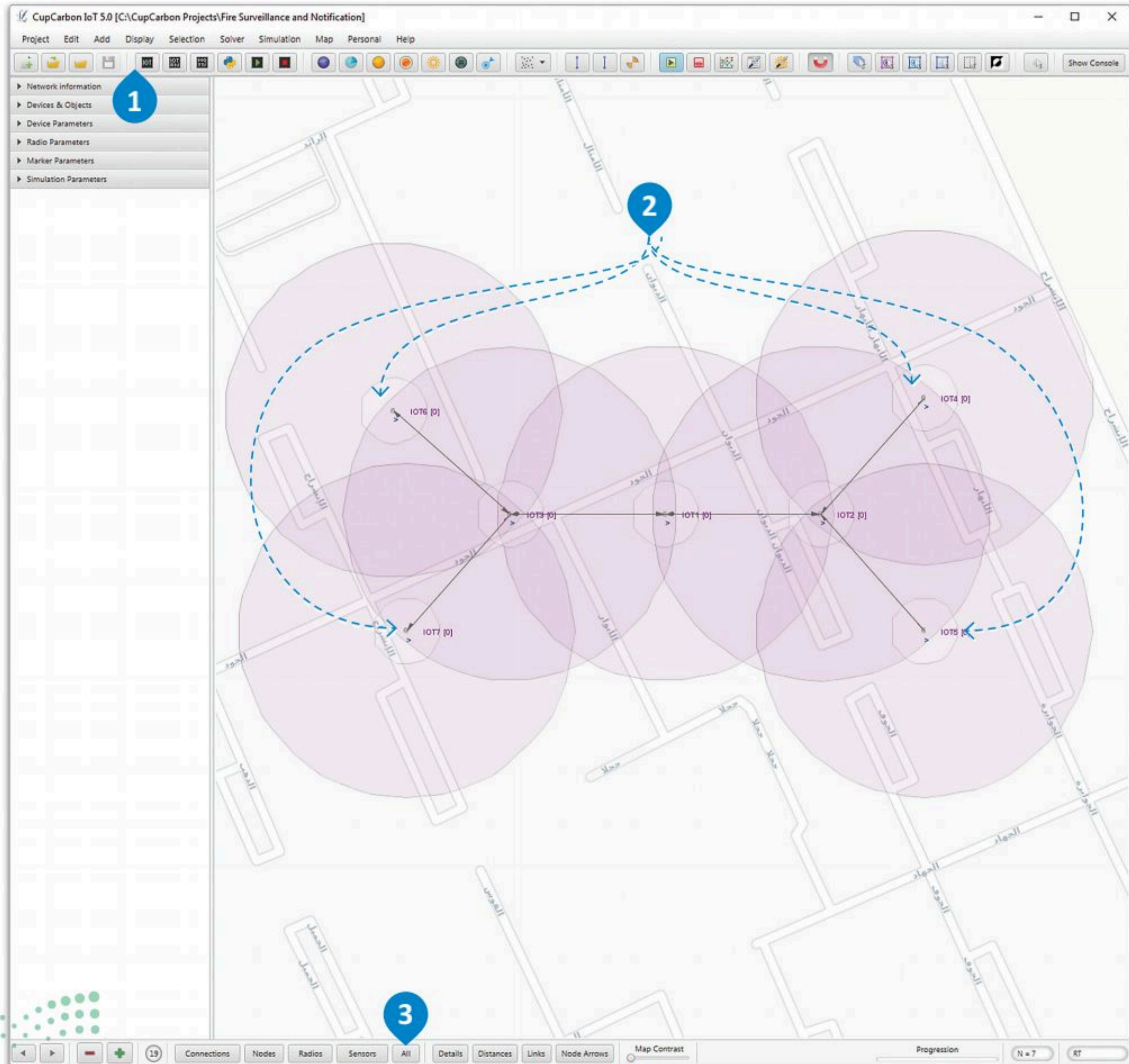


شكل 8.14: إدراج وحدة المُتحكم وعُقد الوسطى

تابع بإضافة العُقد الطرفية:

لإدراج العُقد الطرفية:

- 1 < اضغط على IoT Node (عُقدة إنترنت أشياء) من شريط Toolbar (الأدوات).
 - 2 < ضع عُقتين على كل proxy node (عُقدة الوسطى)، وذلك داخل دائرتها الخارجية، ولكن خارج نطاق أي عُقدة أخرى.
 - 3 < اضغط على All (الكل) من شريط الحالة.
- < اضغط على Esc في لوحة المفاتيح.



شكل 8.15: إدراج العُقد الطرفية

إنشاء المقاطع البرمجية Creating the Scripts

ستتعرف الآن على المقاطع البرمجية التي ستقوم بتشغيل العُقد. لنبدأ ببرمجة العُقد الطرفية.

في البداية، أضف المكتبات اللازمة.

```
import time
import random
```

تأخذ دالة توليد الأرقام العشرية (`randint()`) عددين صحيحين كوسيطين، وتعيد عددًا صحيحًا عشوائيًا داخل نطاق هذين العددين. على سبيل المثال، في الحالة السابقة سنُنشئ (`randint(1,6)`) عددًا صحيحًا بشكل عشوائي بقيمة بين 1 إلى 6. سيُستخدم الرقم ليمثل القطاع الذي قد يندلع فيه الحريق في كل فترة زمنية. وسيتم تخزين العدد الصحيح في متغير `fire`.

```
while node.loop():
    fire = random.randint(1, 6)
```

إذا افترضنا أن دالة (`randint()`) ستُرجع الرقم 1، فستكون النيران قد اندلعت افتراضياً في هذا القطاع. سيتحقق البرنامج مما إذا كانت قيمة المتغير `fire` تساوي 1، وإذا كان الأمر كذلك، فسيتم تشغيل سلسلة من الأوامر بما فيها طباعة الرسالة "FIRE!" (حريق) على العُقدة نفسها. وإرسال رسالة تحتوي على مُعرف القطاع الخاص بها إلى العُقد الوسطى (`proxy node`) المجاورة لها.

إن مُعرف القطاع هو نفسه رقم مُعرف العُقدة، وهو عدد صحيح فريد. إذا كان مُعرف القطاع 5، فستكون الرسالة المُرسلة "FIRE IN SECTOR 5" (حريق في قطاع 5). يمكن إرجاع مُعرف العُقدة وبالتالي القطاع بواسطة الدالة (`id()`). يتم إرجاع المُعرف كرقم، لذلك يجب "تحويله" إلى نوع نص قبل أن يُربط بالرسالة المتبقية.

```
if fire == 1:
    node.print("FIRE!")
    message = "FIRE IN SECTOR " + str(node.id())
```

يمكن للعُقد إرسال البيانات لبعضها باستخدام دالة (`send()`). تستخدم الدالة وسيطاً واحداً فقط، وهو نص الرسالة الذي تقوم ببثه إلى جميع العُقد داخل نطاقها.

```
node.send(message)
```



إذا أنتجت دالة توليد الأرقام العشوائية أي عدد صحيح آخر (في حالتنا أي رقم من 2 إلى 6)، فلا يوجد حريق في القطاع، ويتعين على العُقدة ببساطة طباعة نص ذاتي فارغ لمسح أي نص مطبوع سابقًا.

```
else:  
    node.print("")
```

في الختام، ستسكن العُقدة لفترة زمنية عشوائية، وذلك لمحاكاة عشوائية الأحداث في الحياة الواقعية. سيتحقق ذلك باستخدام الدالة (`uniform()`) التي تعمل مثل دالة (`randint()`)، ولكنها تُنتج أعدادًا حقيقية وليس فقط أعدادًا صحيحة. ستتراوح فترة السكون في مشروعك بين 1-4 ثوانٍ.

```
time.sleep(random.uniform(1, 4))
```

المقطع البرمجي النهائي (edge.py)

Complete Code (edge.py)

```
import time  
import random  
  
while node.loop():  
  
    fire = random.randint(1, 6)  
  
    if fire == 1:  
        node.print("FIRE!")  
        message = "FIRE IN SECTOR " + str(node.id())  
        node.send(message)  
    else:  
        node.print("")  
  
    time.sleep(random.uniform(1, 4))
```



التالي هو المقطع البرمجي الخاص بالعقد الوسطى.

عند استقبال العقدة للبيانات، تُخزّن في المخزن المؤقت (Buffer) الخاص بها حتى قراءتها، ولذلك يجب التحقق من حجم المخزن المؤقت في البداية حيث يجب أن تكون قيمته أكبر من صفر (غير فارغ). يُمكن إرجاع حجم المخزن المؤقت بواسطة الدالة `bufferSize()`.

```
import time

while node.loop():

    if node.bufferSize() > 0:
```

يُمكنك بعد ذلك قراءة البيانات المُستقبلة باستخدام الدالة `read()`. بعد قراءة الرسالة، تُخزّن في رسالة المتغير. تقوم العقدة أيضًا بطباعة رسالة "FORWARDING..." لتوضح أنها تعيد توجيه الرسالة إلى وحدة المتحكم الرئيسية.

```
message = node.read()
node.print("FORWARDING...")
```

كما هو الحال في البرنامج السابق، سترسل الرسالة المُخزنة في المتغير إلى وحدة المتحكم الرئيسية باستخدام الدالة `send()`. وفي هذه المرة وبصرف النظر عن الرسالة، سيستلم الأمر وسيطمة إضافية وهي معرف العقدة المُستقبلة (Node ID). نظرًا لكون الرسالة خاصة بعقدة واحدة وبمعرف مُحدد، فلا يلزم بث الرسالة، بل يمكن بدلًا من ذلك أن تكون أحادية الإرسال (أي تُرسل إلى عقدة واحدة فقط). في الحالة السابقة، أُضيفت وحدة المتحكم الرئيسية أولاً، وبالتالي يكون لها معرف مساويًا 1.

```
node.send(message, 1)
```

بعد ذلك، سوف تسكن العقدة لمدة ثانية واحدة لمنح المُستخدم وقتًا كافيًا لقراءة الرسالة التوضيحية المطبوعة على العقدة، ثم ستقوم العقدة بمسح الرسالة وذلك بطباعة نص فارغ.

```
time.sleep(1)
node.print("")
```

ينتهي المقطع البرمجي بسكون العقدة لفترة زمنية صغيرة جدًا (جزء من مائة من الثانية)، مما يمنحها القدرة على الاستجابة في حالة تلقيها الكثير من البيانات.

```
time.sleep(0.01)
```



المقطع البرمجي النهائي (proxy.py) Complete code (proxy.py)

```
import time
while node.loop():

    if node.bufferSize() > 0:
        message = node.read()
        node.print("FORWARDING...")
        node.send(message, 1)
        time.sleep(1)
        node.print("")

time.sleep(0.01)
```

مُعَامِل الرقم في
دالة send() هو
رقم مُعرِّف عُقدة
وحدة المُتحكم.

يتشابه المقطع البرمجي لوحدة المُتحكم نوعاً ما مع برامج العُقد الوسطى، فهو يفحص المخزن المؤقت، ويقرأ الرسالة المُستلمة، ولكن الرسالة الذاتية المطبوعة هي نفس الرسالة التي أُنشئت في الأصل بواسطة عُقدة الطرفية (Edge Node).

```
import time
while node.loop():

    if node.bufferSize() > 0:
        message = node.read()
        node.print(message)
```

بعد ذلك وكما حدث في عُقد الوسطى، ستسكُن وحدة المُتحكم، ولكن لمدة ثانيتين هذه المرة، ثم تطبع نصاً فارغاً. وفي الختام ستسكُن لفترة قصيرة بنفس الطريقة التي حدثت مع العُقد الوسطى.

```
time.sleep(2)
node.print("")

time.sleep(0.01)
```

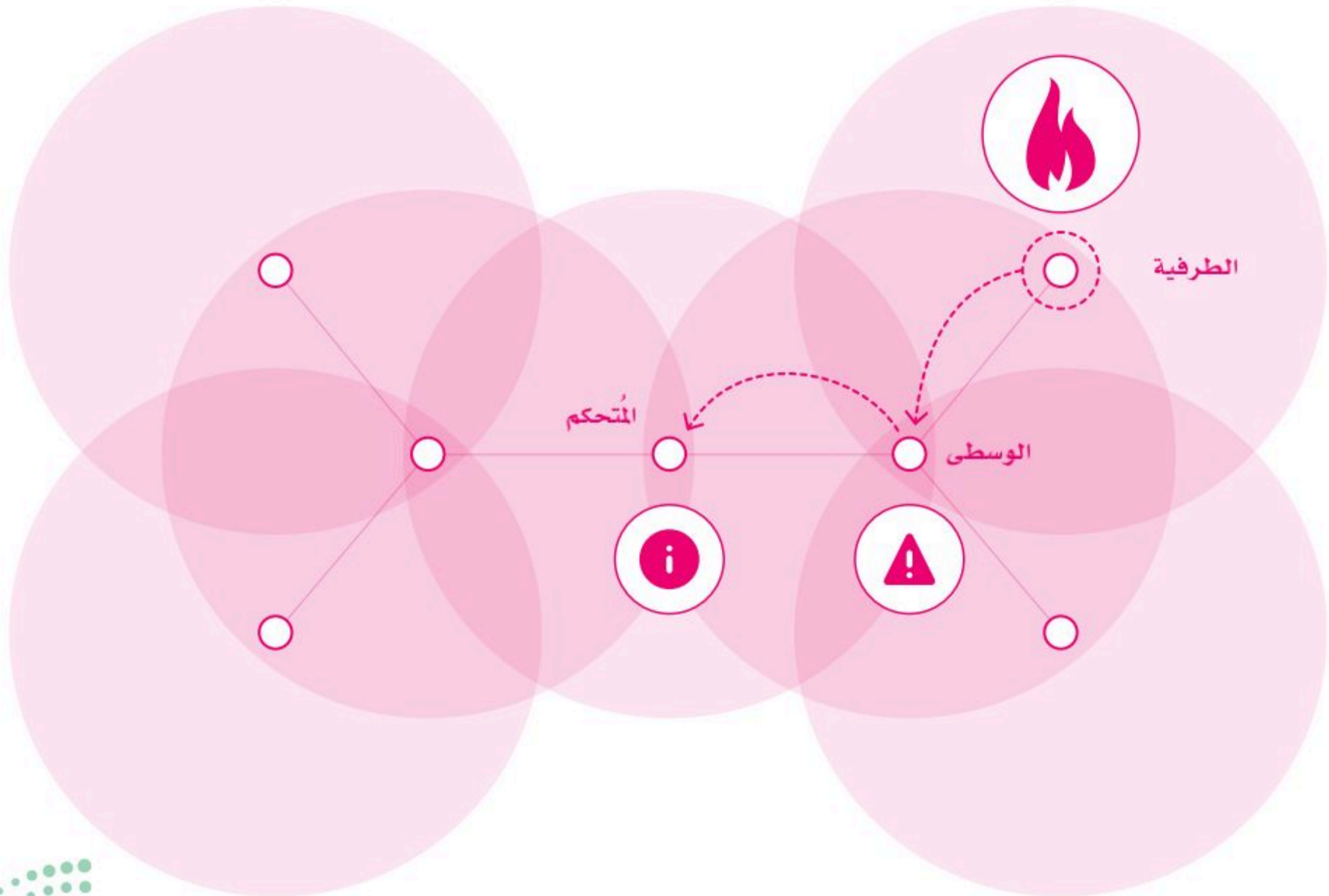


المقطع البرمجي النهائي (controller.py)
Complete code (controller.py)

```
import time
while node.loop():

    if node.bufferSize() > 0:
        message = node.read()
        node.print(message)
        time.sleep(2)
        node.print("")

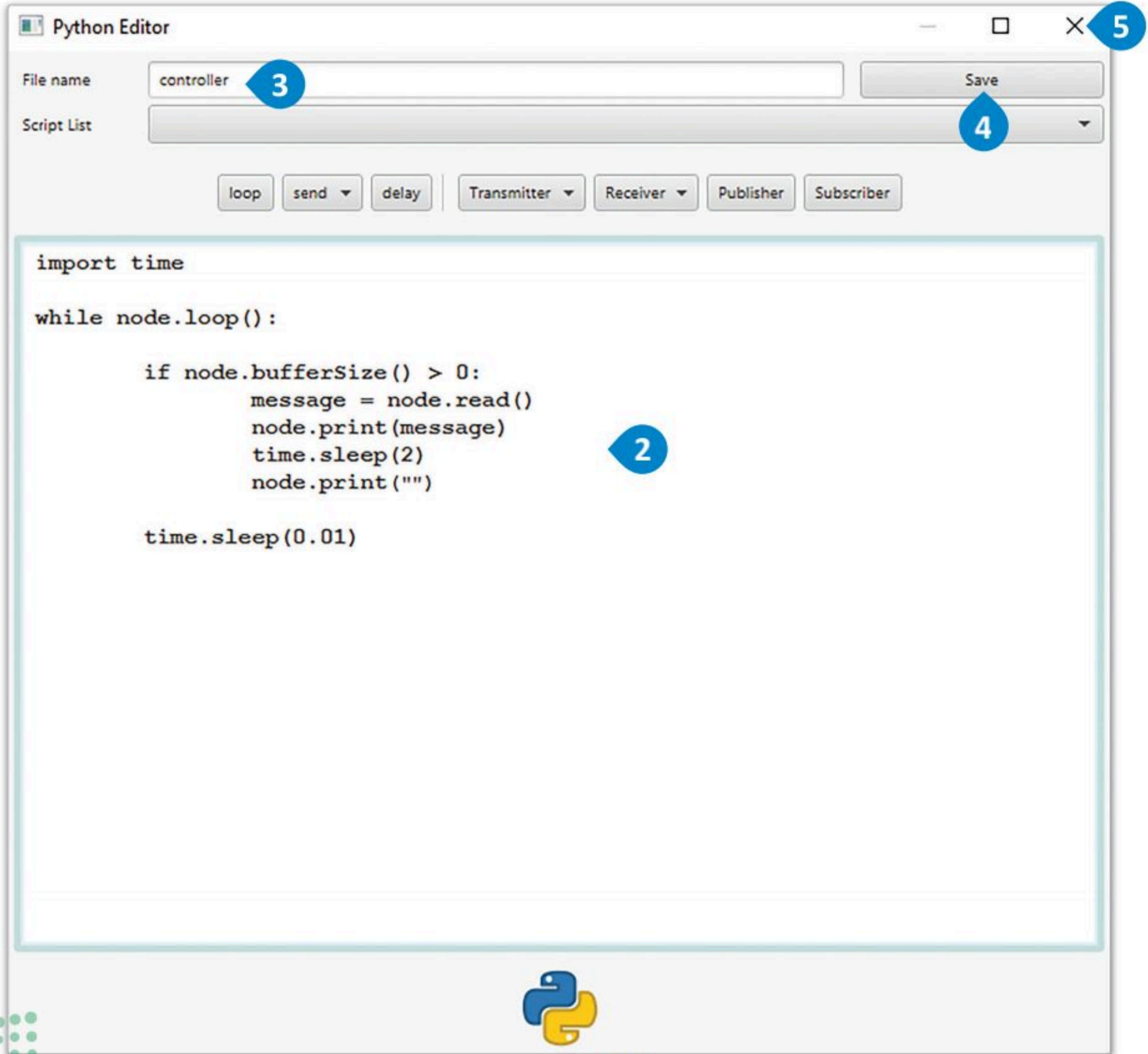
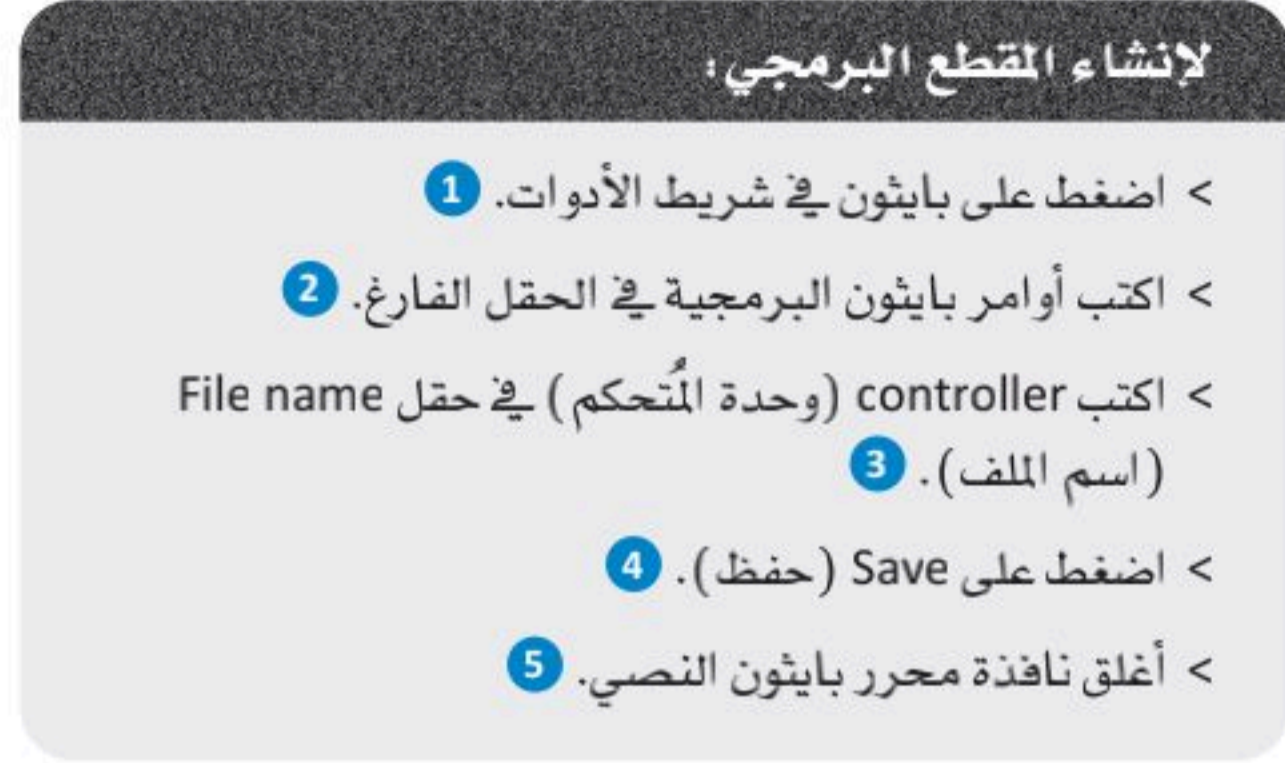
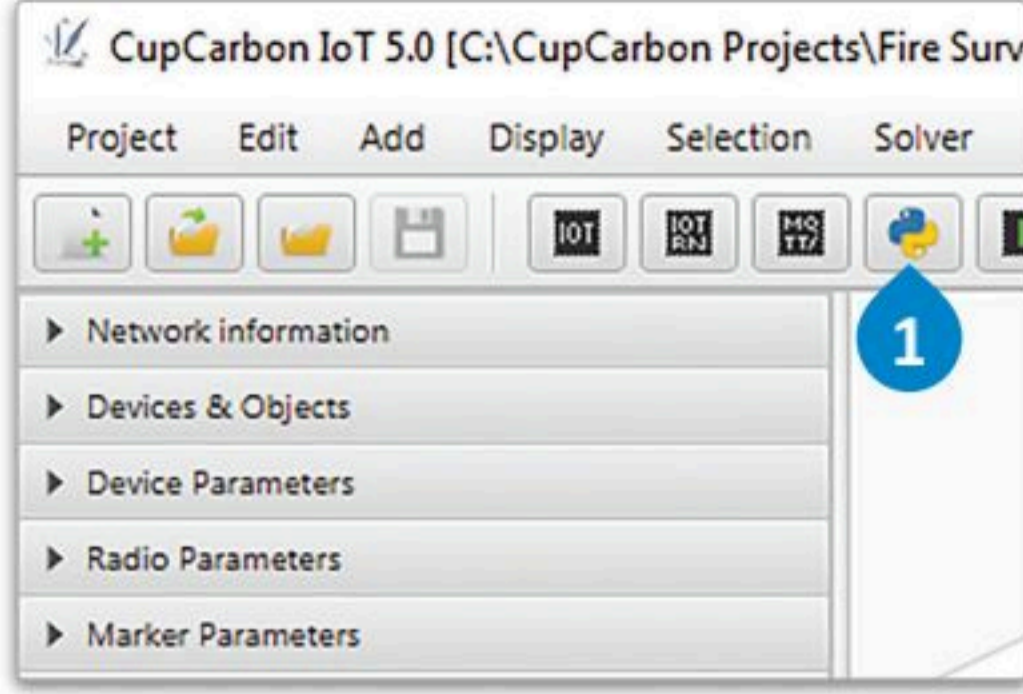
    time.sleep(0.01)
```



شكل 8.16: الشبكة بشكلها النهائي



الآن وبعد أن تعرّفت على وظيفة المقاطع البرمجية، تابع عملك وقم بإنشائها.
لإنشاء البرنامج وتطبيقه على عُقدة وحدة المُتحكم:

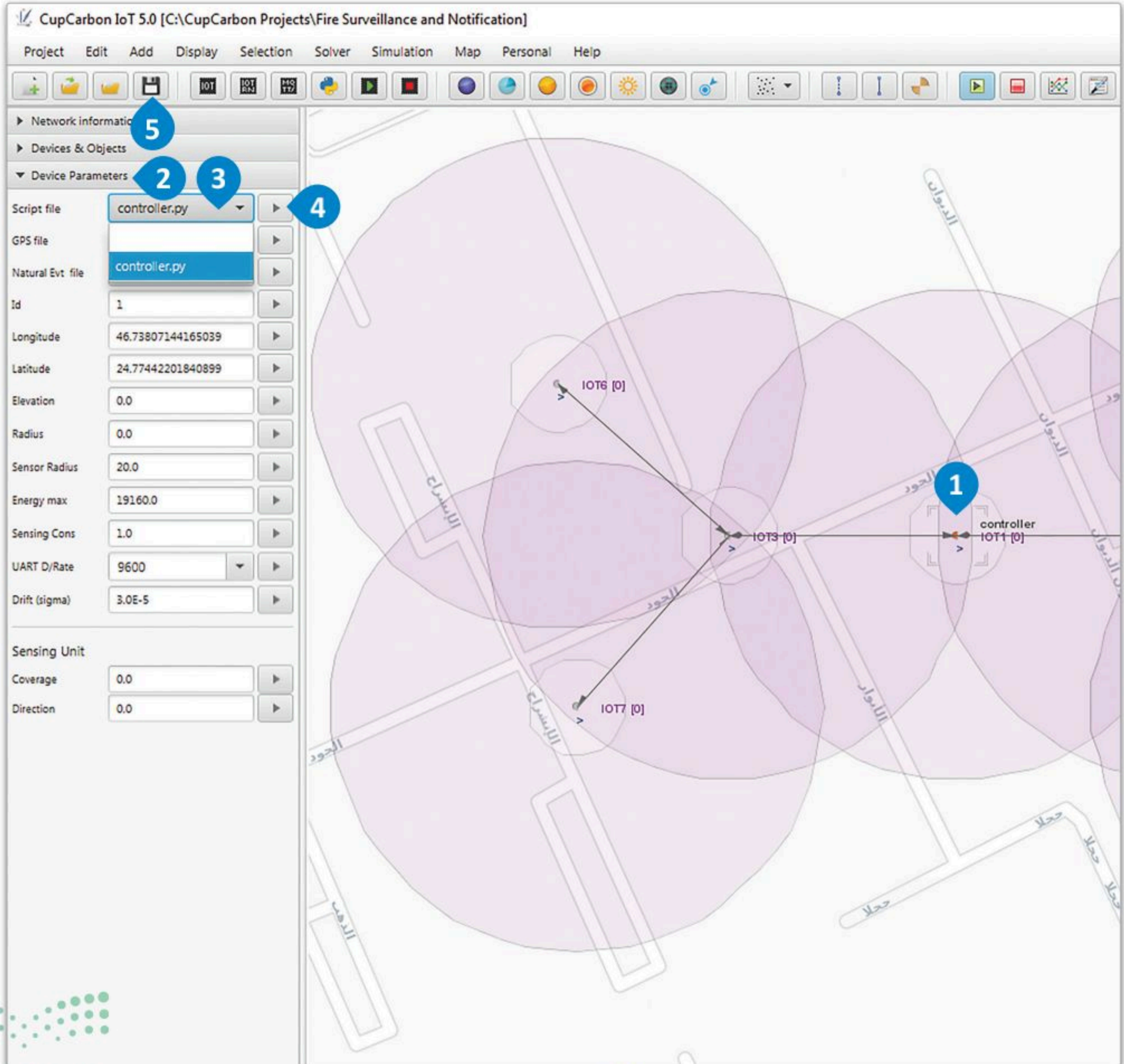


شكل 8.17: إنشاء المقطع البرمجي



إدراج البرنامج:

- 1 < اضغط على العقدة.
- 2 < اضغط على علامة تبويب Device Parameters (مُعَامِلَات الجهاز) في قائمة Parameters (المُعَامِلَات).
- 3 < اضغط على صندوق Script file (ملف المقطع البرمجي).
- 4 < من القائمة المنسدلة، اختر ملف controller.py واضغط على الزر الموجود على اليمين لإدراج المقطع البرمجي في العقدة.
- 5 < اضغط على Save Project (حفظ المشروع) من Toolbar (شريط الأدوات).

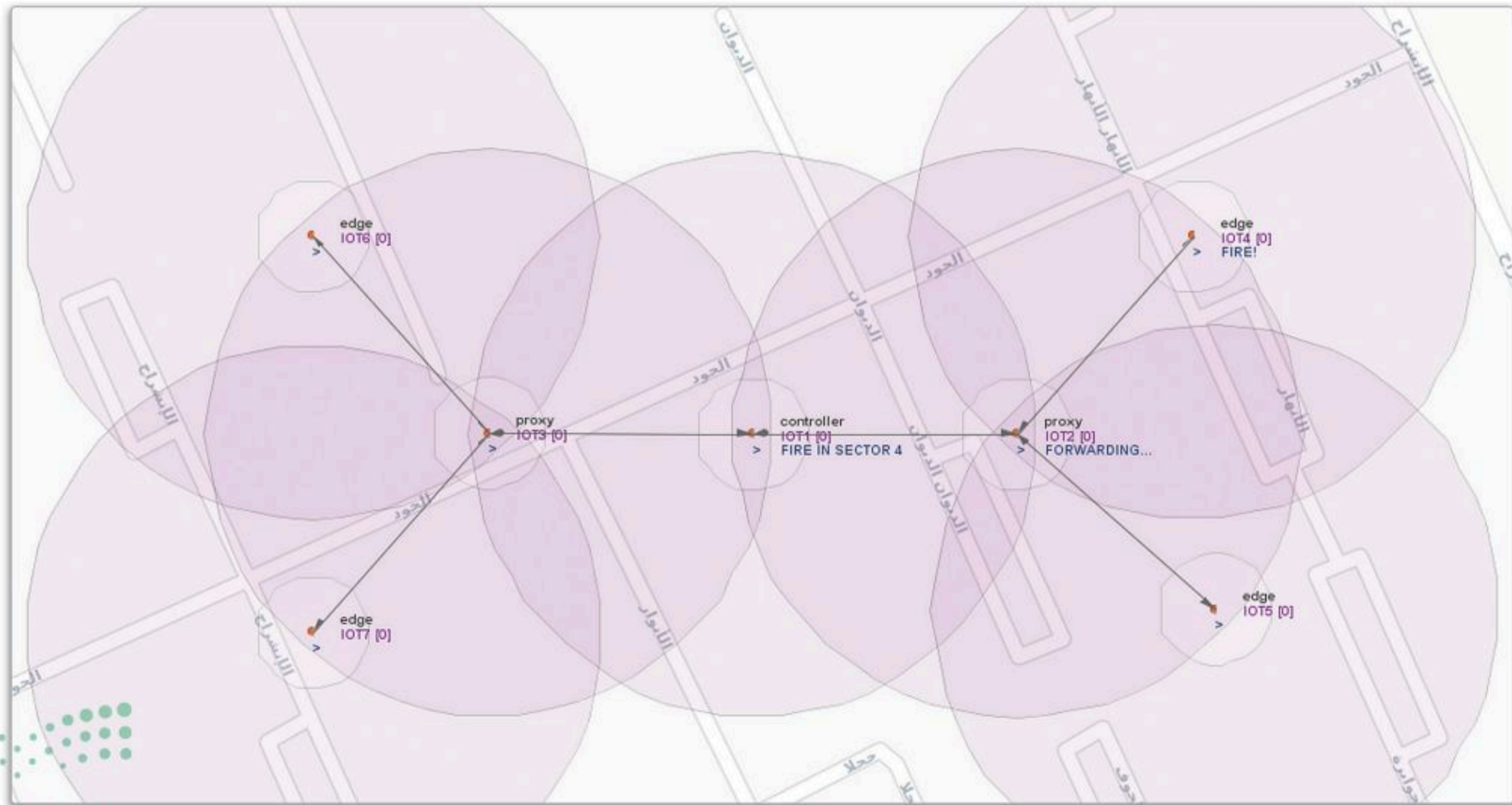
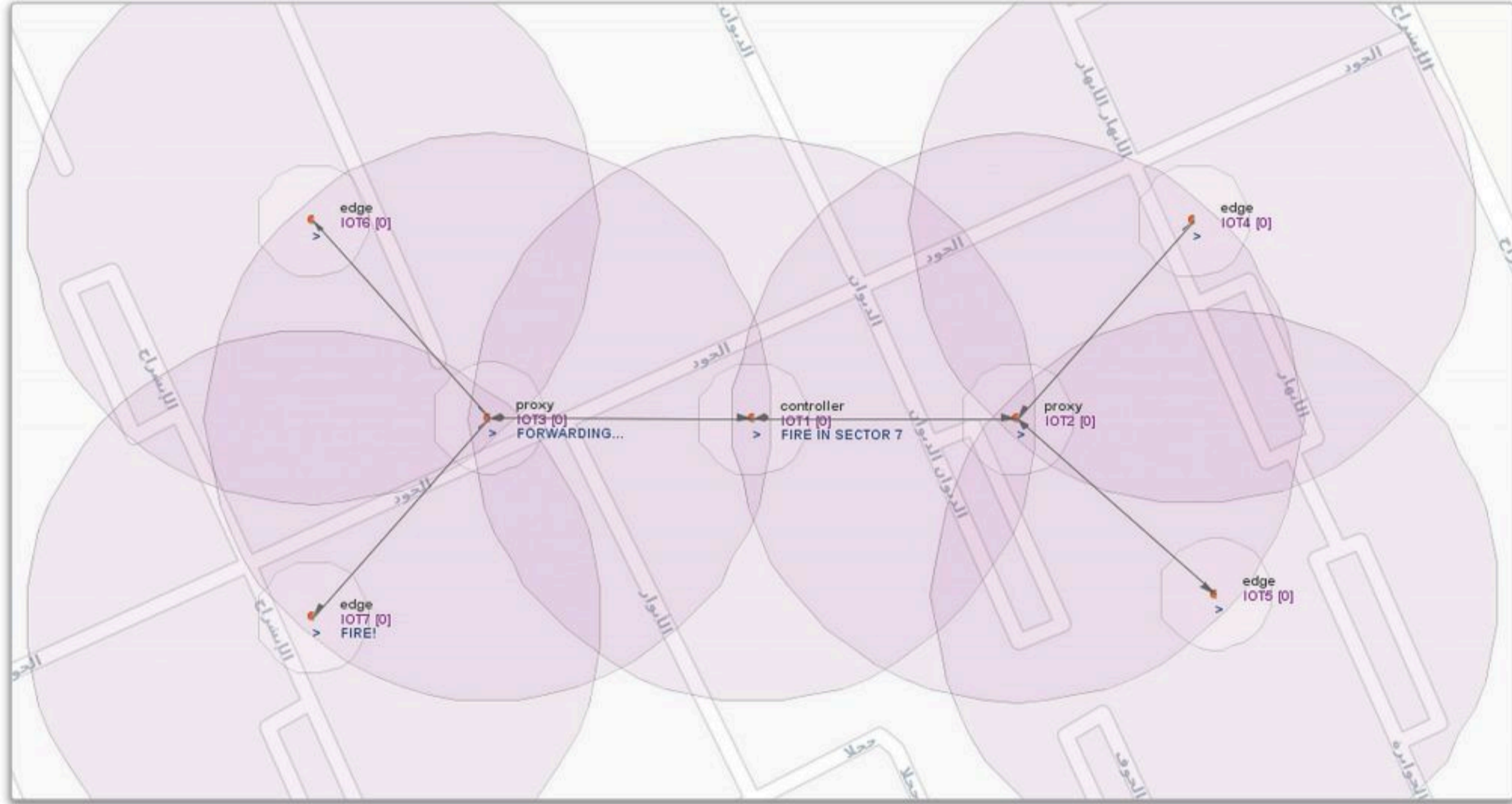


شكل 8.18: إضافة المقطع البرمجي

أنشئ المقاطع البرمجية الأخرى بنفس الطريقة، وانسخ أوامرهما وطبقها على العُقد المقابلة لها، بحيث تحتوي جميع العُقد على المقطع البرمجي. عند الانتهاء، اضغط على Run IoT Simulation (تشغيل محاكاة إنترنت الأشياء) من شريط الأدوات.

لاحظ أنه نظراً لاستخدامك مُولدات أرقام عشوائية، فقد تشتعل حرائق في بعض القطاعات الموجودة على الأطراف أكثر من غيرها والتي قد لا تشتعل فيها حرائق على الإطلاق.

استخدم أسماء نصية مُعبّرة وواضحة للمقاطع البرمجية مثل `edge.py` و `proxy.py`.



شكل 8.19: حالات المحاكاة

تمرينات

1 وسّع مشروعك لدعم عُقدة طرفية (Edge) تضاف لكل عُقدة وسطي (Proxy)، بحيث يكون لكل عُقدة وسطي ثلاثة عُقد طرفية. لا تنسَ إضافة المقاطع البرمجية داخل العُقد الجديدة.

2 وسّع مشروعك لدعم عُقدة وسطي إضافية، وأضف عقدتين طرفيتين جديدتين إلى الوسطى، بحيث يكون لدى وحدة المُتحكم الرئيسية ثلاث عُقد وسطي، ولكل عُقدة وسطي عقدتين طرفيتين. لا تنسَ إضافة المقاطع البرمجية داخل العُقد الجديدة.

3 حدّد أي قسم من التعليمات البرمجية يُقرر تكرار حدوث الحرائق. عدّل مشروعك في برنامج كاب كربون (CupCarbon) لزيادة احتمال حدوث الحرائق أكثر من السابق.

4 قد يؤدي أي تأخير زمني (Latency) في شبكة المصنع إلى تأخير الاتصال بين العُقد. قم بتعديل برنامجك الخاص بعُقد الوسطى لجعل العُقد في وضع السكون لفترة أطول. هل لاحظت وجود أي تأخير أو فقدان لأي رسائل؟ دوّن ملاحظتك أدناه.

5 وسّع مشروعك ليدعم احتمال حدوث تسرب المياه وحدث الفيضان. عدّل برنامجك للمقاطع المعرضة للحرائق، بحيث يعني إرجاع القيمة من دالة توليد الأرقام العشوائية () randint القيمة 2 حدوث تسرب للمياه أو فيضان في هذا القطاع. على العُقد القيام بطباعة الرسالة المناسبة وإرسالها.





إنترنت الأشياء والأجهزة المحمولة المؤتمتة

الصناعة الذكية والأتمتة Smart Industry and Automation

تعد الأتمتة ميزة مهمة للتقنية الحديثة، وكذلك فهي عاملٌ مُساهمٌ بشكل رئيس في الثورة الصناعية الرابعة. تُعزز الصناعة الذكية من خلال تقنيات الأتمتة التي تزيد من الإنتاجية، مما يُتيح تحقيق المزيد من الأرباح. ستُنشئ في المشروع الآتي محاكاة لنظام يفحص منطقة تخزين المصنع للحاويات التي تحتوي على مواد قابلة للتلف إذا تُركت دون تبريد طوال الليل، وذلك باستخدام مركبة تفتيش آلية. ستستخدم مركبة التفتيش الآلية مساراً مُحددًا سابقاً في منطقة تخزين المصنع، وستوضع علامات على الحاويات وفقاً لمحتوياتها من مواد قابلة للتلف، ومواد طويلة الأمد لا تحتاج إلى التبريد. تحتوي كل حاوية على رقاقة إنترنت الأشياء (IoT Tag) تُرسل رسالة باستخدام موجاتها اللاسلكية لتُبلغ المركبة الآلية بمحتوياتها. توجد أيضاً بعض محطات الشحن في كافة أنحاء منطقة التخزين لشحن بطارية المركبة التي ستخفف أثناء حركة المركبة.

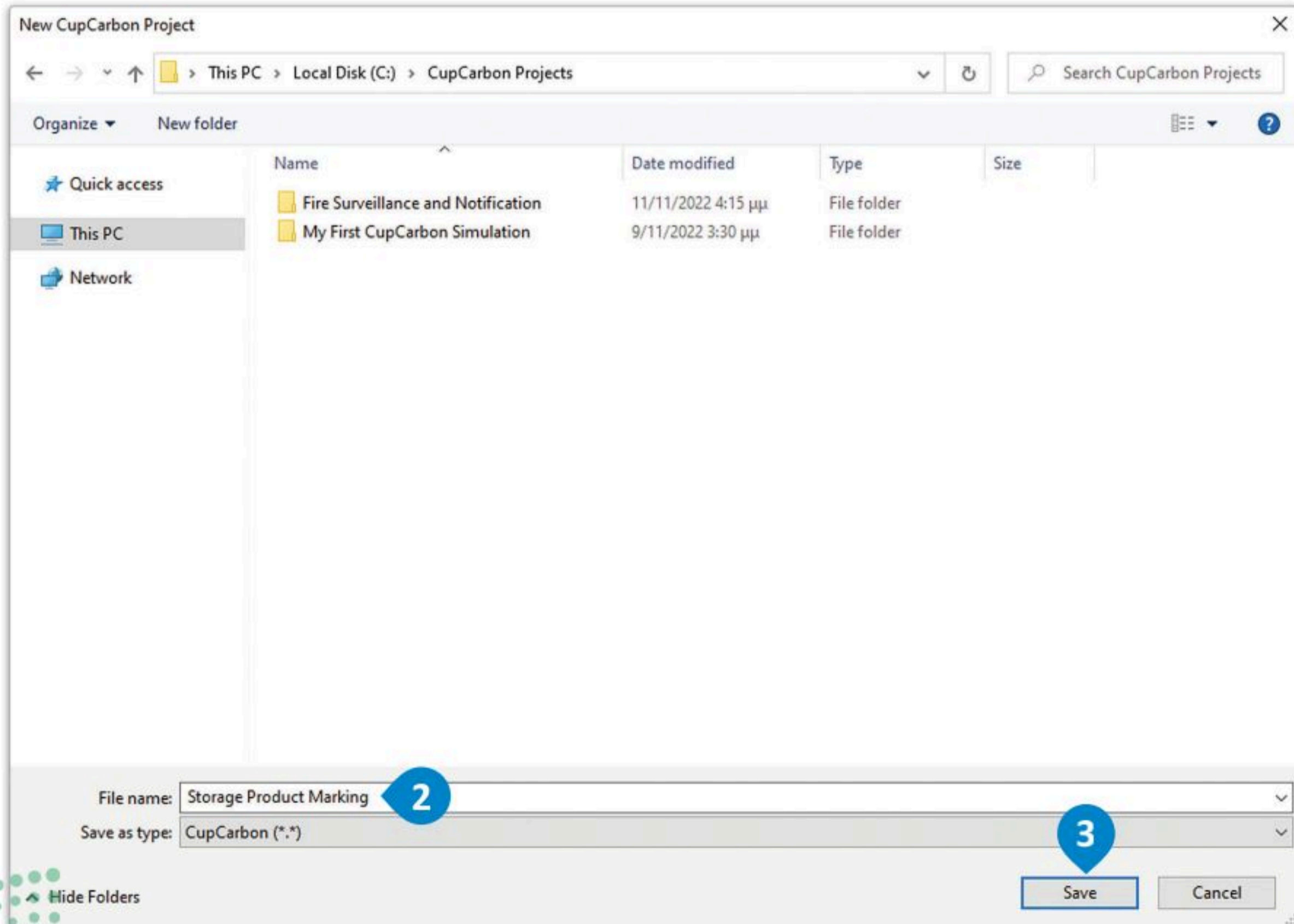
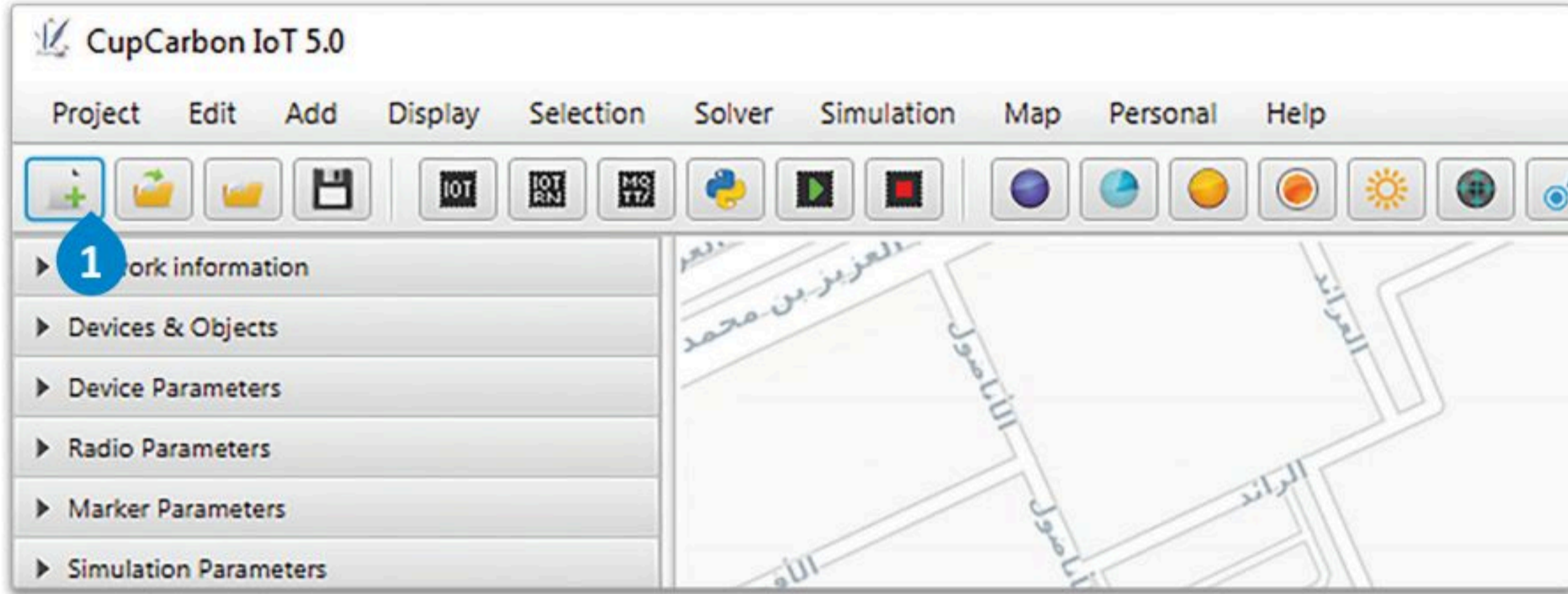


شكل 8.20: مركبة صناعية آلية

لتبدأ بإنشاء مشروع جديد:

لإنشاء مشروع جديد:

- 1 < اضغط على New Project (مشروع جديد) من Toolbar (شريط الأدوات).
- 2 < اختر الموقع الذي تريده لحفظ المشروع، اكتب "Storage Product Marking" في حقل File name (اسم الملف)، واضغط على Save (حفظ).
- 3



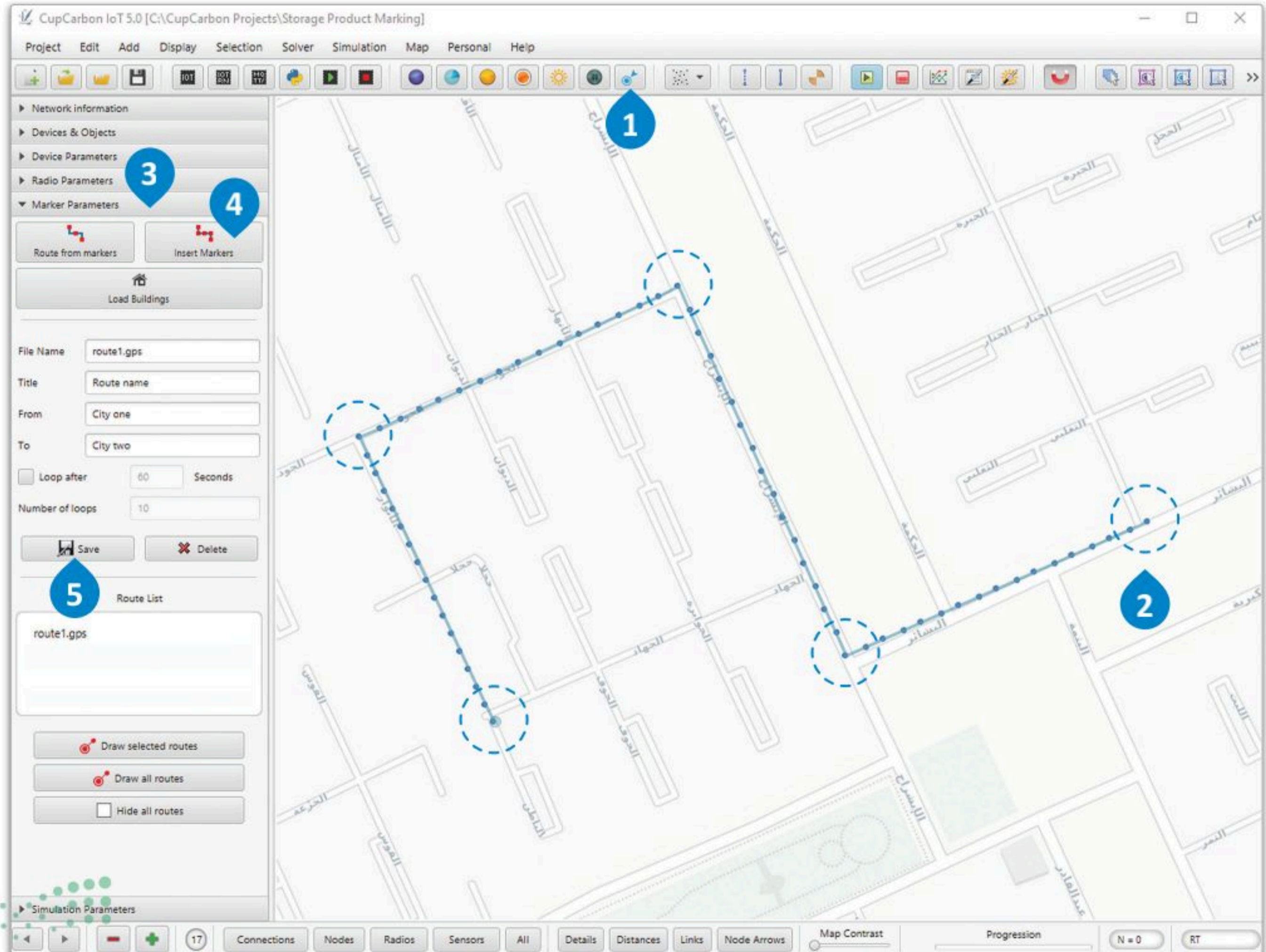
شكل 8.21: إنشاء مشروع جديد

إنشاء مسار مُحدد سابقًا

في البداية، ستنشئ المسار الذي ستسير عليه مركبة التفريش. أولاً، ستضع بعض العلامات على الخريطة لتحديد طبيعة المسار، ثم ستقوم بإضافة بعض العلامات الأخرى لتحديد المسار بشكل دقيق.

لإنشاء المسار:

- 1 < اضغط زر Marker (علامة) من Toolbar (شريط الأدوات).
- 2 < اضغط على الخريطة 5 مرات كما يظهر في الصورة أدناه، مما يُنشئ خطوطًا على طول المسارات.
- 3 < اضغط على Esc في لوحة المفاتيح.
- 4 < اضغط على علامة تبويب Marker Parameters (مُعَامِلَات العلامات) في قائمة Parameters (المُعَامِلَات).
- 5 < أضف المزيد من العلامات إلى المسار بالضغط على كل علامة من العلامات الأربعة المضافة، والضغط على Insert Markers (إدراج العلامات) 4 مرات.
- 6 < اضغط على Save (حفظ).



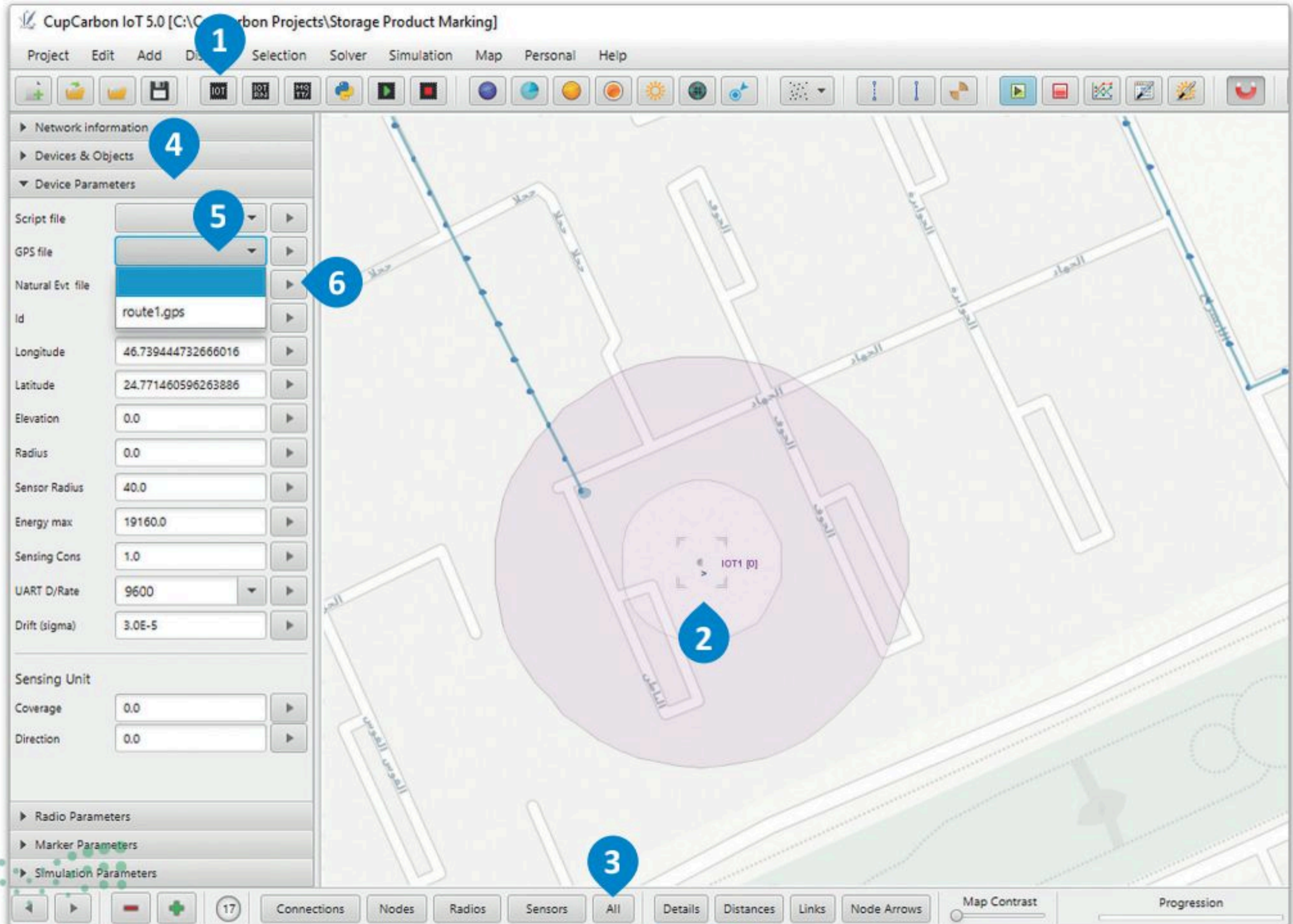
شكل 8.22: إنشاء مسار

إضافة عُقدة مركبة التفتيش Adding the Inspector Vehicle Node

ستتم محاكاة مركبة التفتيش بواسطة عُقدة تتحرك على طول المسار الذي أنشأته سابقًا. ستقوم أيضًا بزيادة نطاق الاستشعار للعُقدة (الدائرة الداخلية) بحيث يمكنها الوصول إلى نطاق محطة الشحن.

إضافة عُقدة مركبة التفتيش:

- 1 < اضغط على IoT Node (عُقدة إنترنت الأشياء) من شريط الأدوات.
- 2 < اضغط على الخريطة لإضافة العُقدة.
- 3 < اضغط على All (الكل) من State bar (شريط الحالة).
- 4 < اضغط على Esc في لوحة المفاتيح.
- 5 < اضغط على العُقدة واضغط على الزرين **Shift ↑** معًا أربع مرات لزيادة نطاق الاستشعار.
- 6 < اضغط على علامة التبويب Device Parameters (مُعاملات الجهاز) في قائمة parameter (المُعاملات).
- 5 < اضغط على الصندوق الموجود على يمين ملف GPS.
- 6 < من القائمة المنسدلة، حدّد برنامج route1.gps واضغط على الزر الموجود على اليمين لإدراج المسار في العُقدة.



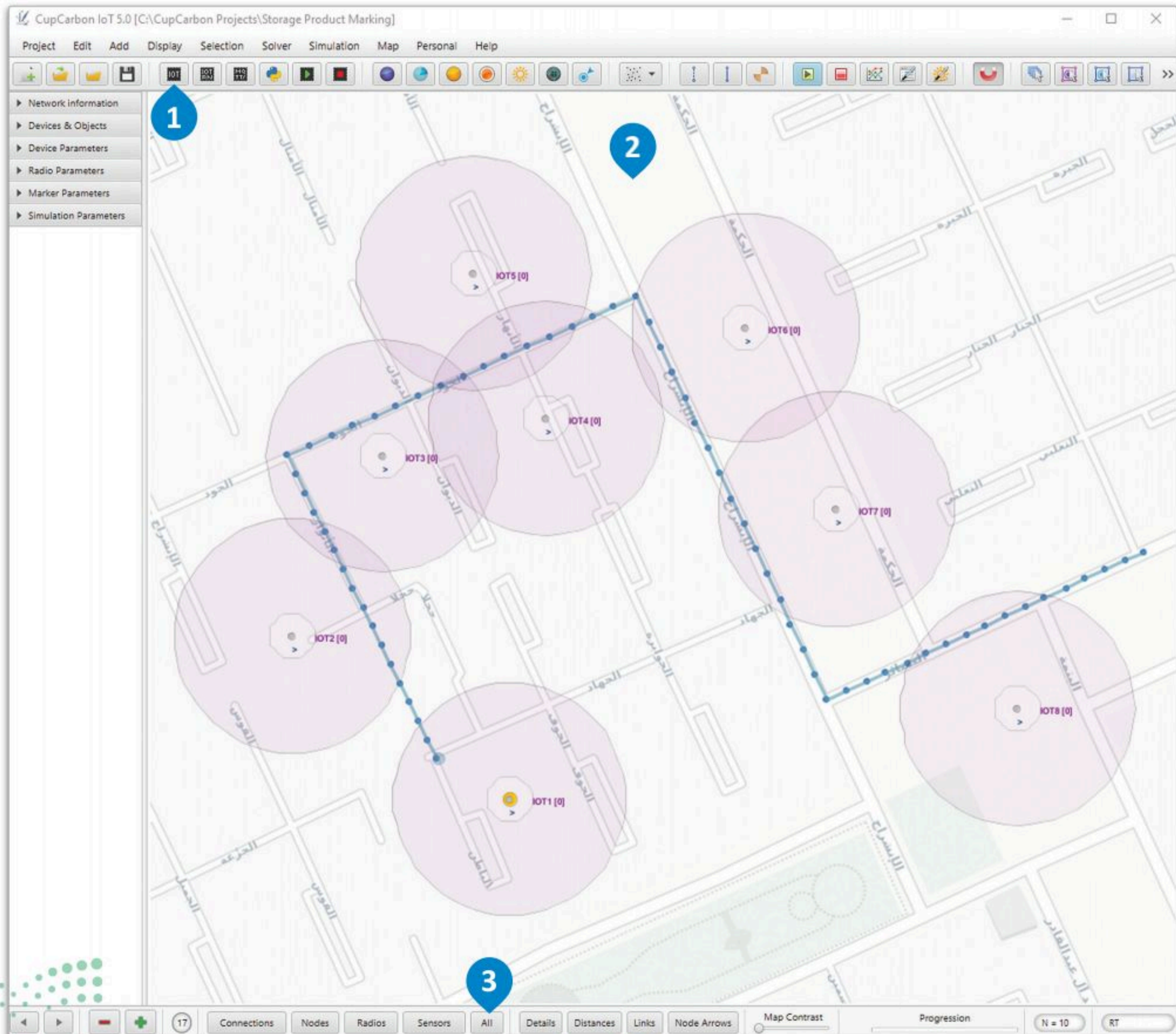
شكل 8.23: إنشاء عُقدة مركبة التفتيش

إضافة عُقد الحاوية Adding Container Nodes

حان الوقت الآن لإضافة العُقد التي تُمثل الحاويات.

إضافة عُقد الحاوية ،

- 1 < اضغط على IoT Node (عُقدة إنترنت الأشياء) من شريط الأدوات.
 - 2 < اضغط على الخريطة وأضف 7 عُقد بالقرب من المسار، بحيث يتضمن نصف قطر كل منها علامة واحدة من المسار على الأقل.
 - 3 < اضغط على All (الكل) من شريط الحالة.
- < اضغط على زر ESC في لوحة المفاتيح.



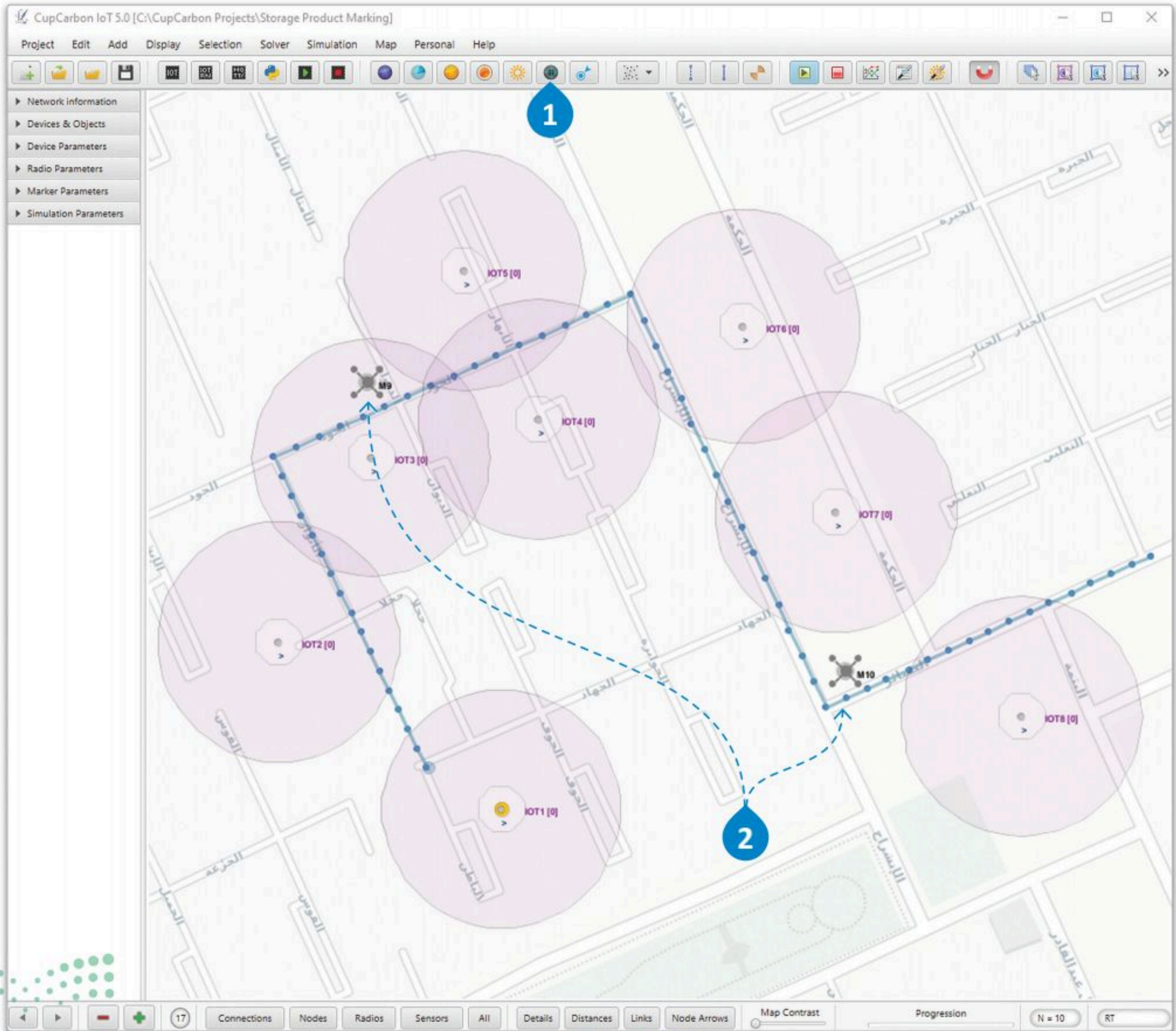
شكل 8.24: إنشاء عُقد الحاوية

إضافة محطات الشحن Adding Charging Stations

تستهلك مركبة التفتيش الطاقة خلال حركتها في المخزن، مما يتطلب إعادة شحنها. ستقوم بإضافة بعض محطات الشحن على المسار لشحن المركبة أثناء مرورها بقربها، ولهذا الغرض سيتم استخدام نطاق الاستشعار الداخلي.

لإضافة نقاط لمحطات الشحن:

- 1 < اضغط على Mobile (الهاتف المحمول) من Toolbar (شريط الأدوات).
- 2 < اضغط على map (الخريطة) وأضف عُقدتين على طول المسار بحيث يُمكنهما استشعار المركبة.
- < اضغط على زر ESC في لوحة المفاتيح.



شكل 8.25: إنشاء عُقد محطة الشحن

إنشاء المقاطع البرمجية Creating the Scripts

ستلقي الآن نظرة على كافة المقاطع البرمجية التي ستستخدمها بدءاً من برمجة الحاويات. مع العلم بأن برمجة النوعين المختلفين من الحاويات ستكون متطابقة.

ابدأ بإضافة المكتبة اللازمة، وطباعة نص فارغ على العُقدة لإزالة أي نصوص مطبوعة من عمليات التنفيذ السابقة.

```
import time

node.print("")
```

ستقوم حاويات المواد القابلة للتلف ببيث رسالة تتضمن محتوياتها ومُعرفها ليُمكن استخدامها من قبل مركبة التفيتش لتصنيف كل حاوية. المُعرف (ID) عدد صحيح، ويجب تحويل نوعه إلى مُتغير نصي قبل ربطه بالنص. تُوضع مسافة بين معلومات المحتويات والمُعرف بحيث يمكن إرسال نص واحد فقط في آن واحد باستخدام دالة () send للإرسال، ثم يتعين عليك إرسال جزئيتين من المعلومات يُفصل بينهما بواسطة المسافة.

```
while node.loop():

    node.send("CONSUMABLES " + str(node.id()))
```

بعد تحليل الحاوية للنص المُستقبل، سترسل إما "1" والتي تعني أنه يجب اختيارها، أو سترسل "2" والتي تعني أنه يجب ألا يتم ذلك. بدورها، ستطبع الحاوية النص الذاتي "PICK" (التقط) أو "DO NOT PICK" (لا تلتقط)، ثم ستسكن لمدة ثانية واحدة.

```
message = node.read()
if message == "1":
    node.print("PICK")
elif message == "2":
    node.print("DO NOT PICK")

time.sleep(1)
```



المقطع البرمجي النهائي (consumables.py) Complete Code (consumables.py)

```
import time

node.print("")
while node.loop():

    node.send("CONSUMABLES " + str(node.id()))
    message = node.read()
    if message == "1":
        node.print("PICK")
    elif message == "2":
        node.print("DO NOT PICK")

    time.sleep(1)
```

وجه الاختلاف بين البرمجة الخاصة بالمواد القابلة للتلف والمواد طويلة الأمد هو النص المرسل، ففي المقطع البرمجي الخاص بالمواد طويلة الأمد سيتغير النص من "CONSUMABLES" (قابلة للتلف) إلى "NONCONSUMABLES" (طويلة الأمد).

المقطع البرمجي النهائي (nonconsumables.py) Complete Code (nonconsumables.py)

```
import time

node.print("")
while node.loop():

    node.send("NONCONSUMABLES " + str(node.id()))
    message = node.read()
    if message == "1":
        node.print("PICK")
    elif message == "2":
        node.print("DO NOT PICK")

    time.sleep(1)
```



هنا المقطع البرمجي الخاص بمركبة التفتيش. في البداية ستُهيأ البطارية بضبط أقصى طاقة لها لتعادل 100 وحدة طاقة باستخدام الدالة `battery.setEMax()`، ثم ضبط مستواها الحالي إلى الحد الأقصى مع دالة `battery.init()`.

```
import time

node.battery.setEMax(100.0)
node.battery.init()
```

ستستهلك المركبة بمرور الزمن قدرًا معينًا من الطاقة. ولمحاكاة ذلك، استخدم الدالة `battery.consume(1.0)` لتنفيذ استهلاك وحدة طاقة لكل فترة زمنية محددة.

```
while node.loop():

    node.battery.consume(1.0)
```

لاكتشاف ما إذا كانت أي محطة شحن موجودة في نطاق المركبة، استخدم الدالة `isSensorDetecting()`، وعند اكتشاف محطة، استخدم `battery.init()` لشحنها إلى الحد الأقصى.

```
if node.isSensorDetecting():
    node.battery.init()
```

يتعين على المركبة التحقق الآن من جميع الرسائل التي استقبلتها، ثم الرد على مرسليها (الحاويات). سيتم في البداية تخزين مُتغير القراءة المحلي في `recvMsg`، ثم باستخدام دالة `split()` سيُفصل النص إلى جزأين وفقًا للمساحة المُستخدمة سابقًا، على شكل مصفوفة باسم `splitMsg`. وهذا يعني أنه في الخلية الأولى من المصفوفة `splitMsg[0]` سيُحتفظ بمحتويات الحاوية، بينما تحتفظ الخلية الثانية `splitMsg[1]` بمُعرّف الحاوية.

```
for n in range(node.bufferSize()):
    recvMsg = node.read()
    splitMsg = recvMsg.split()
```

إذا كان نص المحتوى "CONSUMABLES"، فستُرسل النص "1" بواسطة دالة `send()` إلى حاوية المُرسل باستخدام مُعرّفها، أما إذا كان نص المحتوى "NONCONSUMABLES" فسيُرسل النص "2". وفي الختام ستسكن لمدة 200 ملي ثانية؛ لأنها تحتاج إلى تحقيق استجابة أكثر من عُقد الحاوية بصفتها تتواصل مع المزيد من العُقد.

```
if splitMsg[0] == "CONSUMABLES":
    node.send("1", int(splitMsg[1]))
elif splitMsg[0] == "NONCONSUMABLES":
    node.send("2", int(splitMsg[1]))

time.sleep(0.2)
```

المقطع البرمجي النهائي (inspector.py) Complete Code (inspector.py)

```
import time

node.battery.setEMax(100.0)
node.battery.init()

while node.loop():

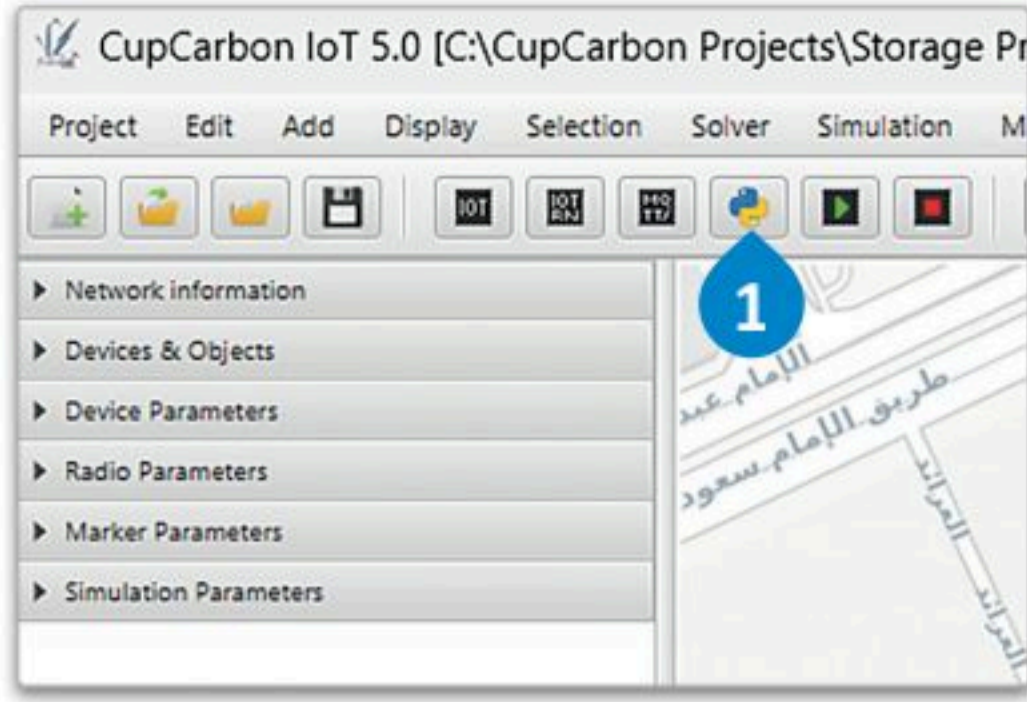
    node.battery.consume(1.0)

    if node.isSensorDetecting():
        node.battery.init()

    for n in range(node.bufferSize()):
        recvMsg = node.read()
        splitMsg = recvMsg.split()
        if splitMsg[0] == "CONSUMABLES":
            node.send("1", int(splitMsg[1]))
        elif splitMsg[0] == "NONCONSUMABLES":
            node.send("2", int(splitMsg[1]))

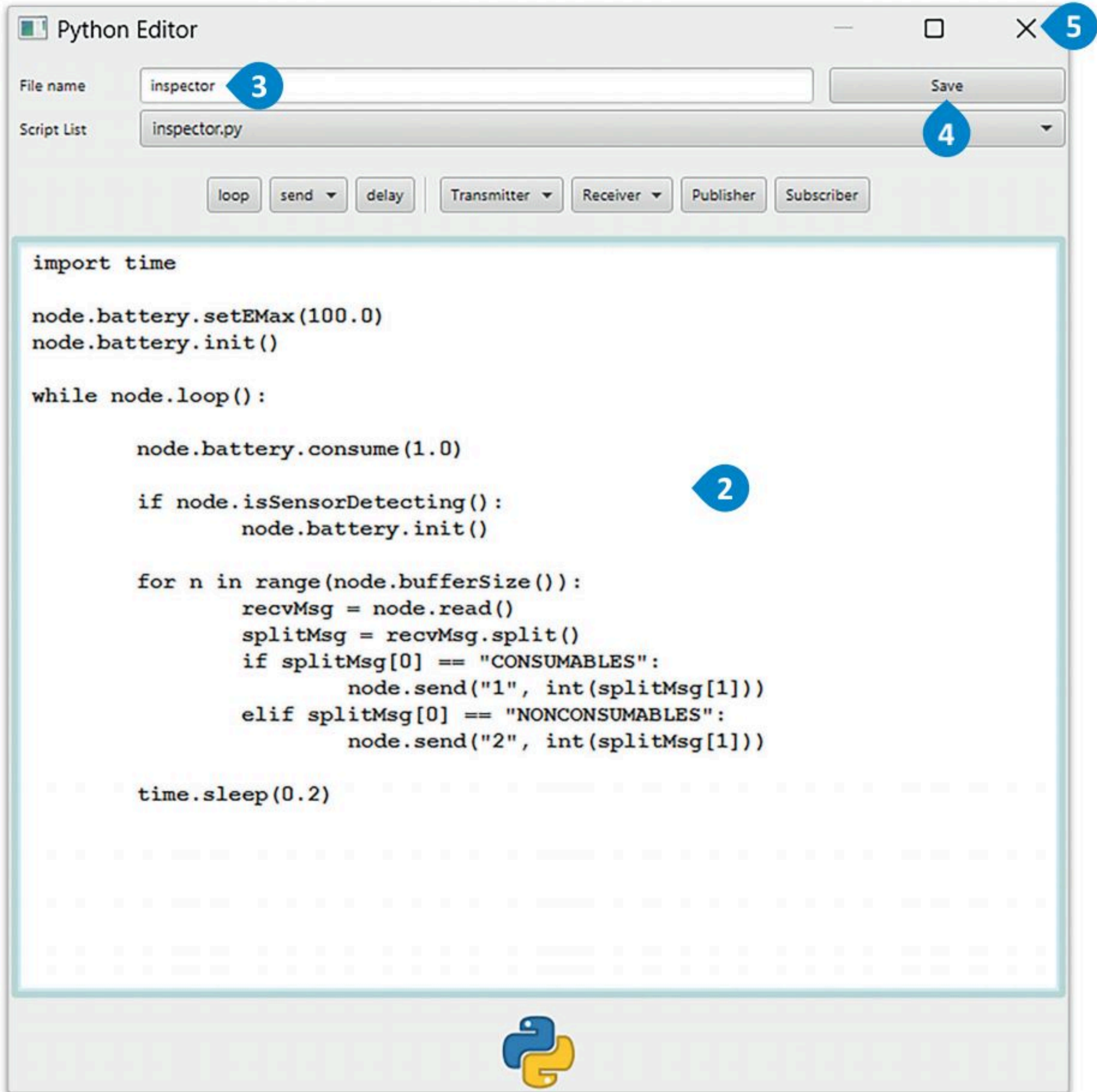
    time.sleep(0.2)
```





إنشاء المقطع البرمجي:

- 1 < اضغط على Python (بايثون) من شريط الأدوات.
- 2 < اكتب التعليمات البرمجية في الحقل النصي.
- 3 < في حقل File name (اسم الملف)، اكتب inspector.
- 4 < اضغط على Save (حفظ).
- 5 < أغلق نافذة محرر بايثون النصي.



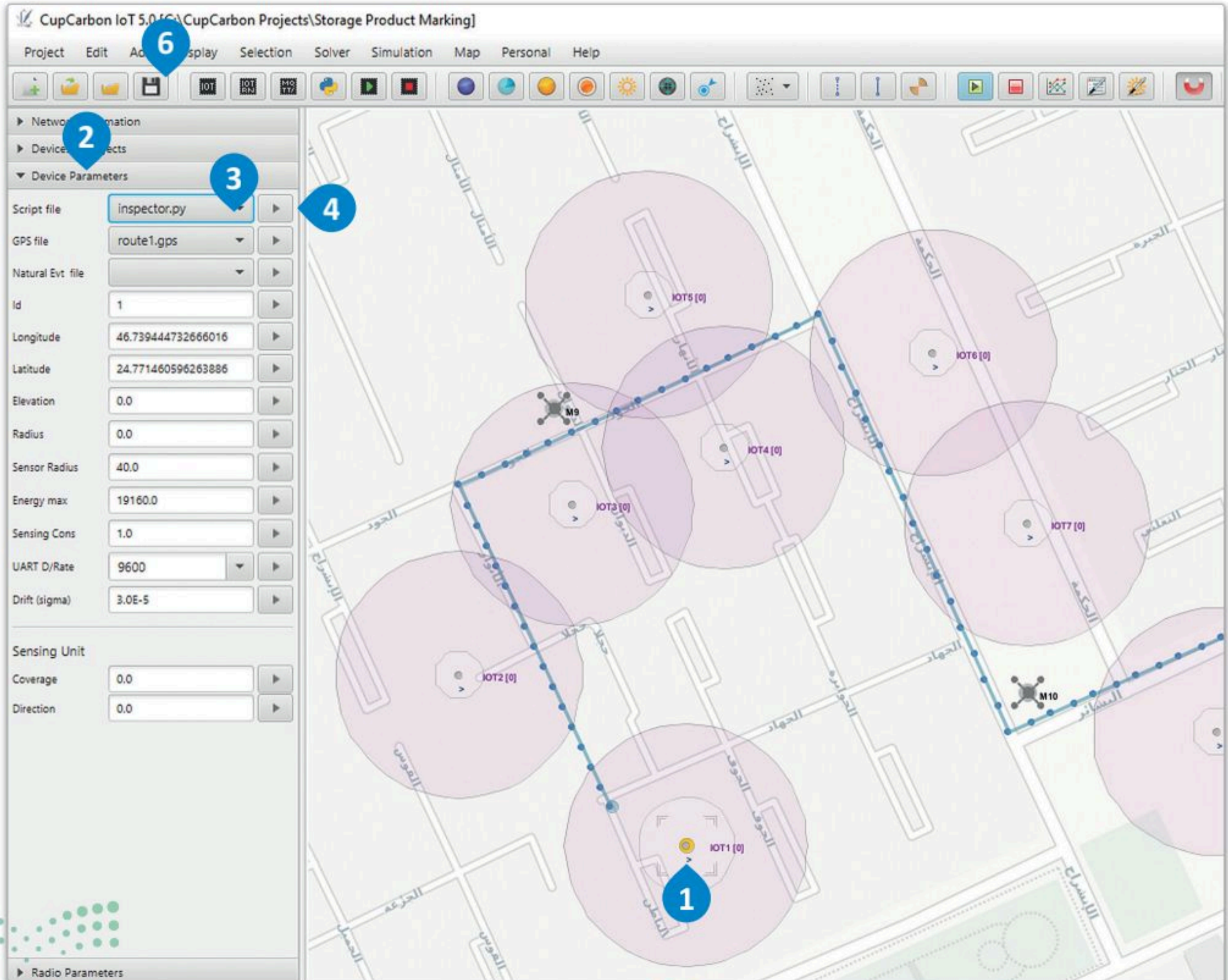
شكل 8.26: إنشاء المقطع البرمجي





إدراج المقطع البرمجي:

- 1 < اضغط على عُقدة مركبة التفتيش.
- 2 < اضغط على علامة تبويب Device Parameters (مُعَامِلَات الجِهَاز) في قائمة Parameters (المُعَامِلَات).
- 3 < اضغط صندوق Script file (ملف المقطع البرمجي).
- 4 < من القائمة المنسدلة، اختر Inspector.py واضغط على الزر الموجود على اليمين لإدراج المقطع البرمجي في العُقدة.
- 5 < اضغط على Display > Display/Hide Battery/Buffer levels (عرض / إخفاء مستويات البطارية / المخزن المؤقت)، من شريط Menu (القوائم).
- 6 < اضغط على Save Project (حفظ المشروع) من Toolbar (شريط الأدوات).



شكل 8.27: إدراج المقطع البرمجي

أنشئ المقاطع البرمجية `consumables.py` و `nonconsumables.py` بنفس الطريقة، وطبّق المقطع البرمجي الأول على بعض عُقد الحاويات، والثاني على بقيتها، بحيث تحتوي جميع عُقد الحاوية على أحد هذين المقطعين.
عند الانتهاء، يمكنك الضغط على زر `Run IoT Simulation` (تشغيل محاكاة إنترنت الأشياء) من شريط الأدوات لبدء المحاكاة.



شكل 8.28: تشغيل المحاكاة



تمرينات

1 وسّع مشروعك بإضافة المزيد من العُقد وإنشاء مسار بالمزيد من العلامات.
لا تنسَ إضافة المقاطع البرمجية في العُقد الجديدة.

2 حدّد ما إذا كان مشروعك يستخدم أقل عدد ممكن من مُحطات الشحن. حاول إزالة محطة، ونقل الأخرى لاختبار فرضيتك.

3 عدّل البرمجة الخاصة بمركبة التفتيش لكي تستهلك المزيد من الطاقة، ولكي تُستنزف بطايرتها بشكل أسرع. دوّن نتائجك أدناه.

4 وسّع مشروعك عن طريق إنشاء نوع ثالثٍ من عُقد الحاوية وهو حاوية فارغة ستُرسل النص Empty (فارغة)، ولن تُحدّد بواسطة مركبة التفتيش.

5 قد يكون لبطء اتصال شبكة المصنع آثار خطيرة على وظائف النظام. عدّل البرمجة الخاصة بعُقدة مركبة التفتيش لجعل العُقدة تسكُن لمدة أطول. هل حدث تأخير أو فقدان لأي رسائل؟ دوّن ملاحظتك أدناه.



المشروع

يُعدُّ الاتصال مهماً جداً داخل المصنع للتنسيق بين الإدارات والقطاعات المختلفة. عندما يُطبَّق الاتصال المتوازي ببراعة، يمكن زيادة الكفاءة والإنتاجية بشكل كبير.

1 ستقوم بمحاكاة نظام توصيل داخل المصنع يتكون من مركبة توصيل تتحرك على مسار مُحدد سابقاً بحيث تُوصل الأجزاء والمواد إلى قطاعات مختلفة. أنشئ شبكة تتكون من وحدة المُتحكم الرئيسة مع 3 عُقد وسطى و3 عُقد طرفية لكل عُقدة وسطى.

2 سوف تمر مركبة التوصيل على كل عُقدة طرفية وتوصل أي أجزاء أو مواد. اكتب مقطعاً برمجياً للعُقد الطرفية لطلب الأجزاء أو المواد عن طريق إرسال نص بهذا الطلب إلى المركبة، واطبّق مقطعاً برمجياً لتزويد المركبة بما طُلب بإعطاء تأكيد.

3 وسّع مشروعك بحيث تقوم العُقد الطرفية بعد تلقي طلبها بإعادة توجيه الرسالة إلى العُقد الوسطى المقابلة لها بحيث يمكن متابعة الإنتاج. وفي المقابل، ستقوم العُقد الوسطى بإعادة توجيه الرسالة إلى وحدة المُتحكم الرئيسة، والتي ستطبع رسالة إعلامية تفيد بأن طلب القطاع قد تم تلبية.

4 وسّع مشروعك ليشمل بطارية في المركبة تُستهلك طاقتها بالكامل في كل تحرك لها. أضف عدة محطات شحن عبر الطريق. هل تستخدم أقل عدد ممكن من محطات الشحن؟

ماذا تعلمت

- < التعرف على تقنيات إنترنت الأشياء في الصناعة.
- < استخدام برنامج كاب كربون (CupCarbon) لمحاكاة الشبكات.
- < إنشاء مقاطع برمجية بلغة البايثون لبرمجة عقد الشبكة.
- < استخدام بيئة محاكاة كاب كربون لإنشاء مشاريع إنترنت الأشياء.

المصطلحات الرئيسية

| | |
|---|-------------------------------|
| Connected Factory | المصنع المتصل |
| Data-Driven Manufacturing | التصنيع القائم على البيانات |
| Digitization | الرقمنة |
| Edge Computing | حوسبة طرفية |
| Industrial Automation and Control Systems | الآتمة الصناعية وأنظمة التحكم |

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Key Performance Indicators | مؤشرات الأداء الرئيسية |
| Modbus Protocol | بروتوكول مودبس |
| Operational Technology | تقنية التشغيل |
| Smart Industry | الصناعة الذكية |



ملاحظات

