دليل إعداد Raspberry Pi

بث كاميرا HQ إلى QGroundControl عبر UDP

إعداد خدمة MAVLink Router للتحكم بالطائرة

مارس 2026

فهرس المحتويات

1. متطلبات الأجهزة
2. الجزء الأول — تثبيت نظام التشغيل Raspberry Pi OS
3. الجزء الثاني — الاتصال بـ Raspberry Pi عبر SSH
4. الجزء الثالث — إعداد الكاميرا
5. الجزء الرابع — المشاكل الشائعة وحلولها
6. الجزء الخامس — بث الفيديو المباشر إلى QGroundControl
7. الجزء السادس — MAVLink Router للتحكم بالطائرة
8. الجزء السابع — البث عن بُعد عبر Tailscale
9. استكشاف الأخطاء وإصلاحها
10. المراجع والروابط

متطلبات الأجهزة

- Raspberry Pi 5
- كاميرا Raspberry Pi HQ Camera (IMX477) مع عدسة متوافقة
- بطاقة MicroSD (16 جيجابايت أو أكثر)
- قارئ بطاقة MicroSD عبر USB
- مصدر طاقة (USB-C، 5V/5A لـ RPi 5)
- جهاز كمبيوتر (Mac أو Windows أو Linux)

الجزء الأول — تثبيت نظام التشغيل

الخطوة الأولى: تحميل Raspberry Pi Imager

حمّل وثبّت برنامج **Raspberry Pi Imager** (https://www.raspberrypi.com/software/) على جهازك.

الخطوة الثانية: ضبط الإعدادات قبل الكتابة

افتح البرنامج، اختر الجهاز ونظام التشغيل، ثم انقر على **Next**. سيعرض عليك البرنامج تخصيص الإعدادات — اختر **Edit Settings** وأدخل القيم التالية:

الحقل	القيمة
اسم الجهاز (Hostname)	`lab2` (أو أي اسم تفضله)
اسم المستخدم (Username)	`lab2`
كلمة المرور	كلمة مرور قوية
اسم شبكة WiFi	اسم شبكتك
كلمة مرور WiFi	كلمة مرور شبكتك
تفعيل SSH	✅ مفعّل (تبويب Services)
نوع المصادقة	مفتاح عام — SSH public key (موصى به)

> ملاحظة: لا يشترط أن يكون اسم الجهاز واسم المستخدم متطابقَين، لكن التطابق يجعل الاتصال أسهل.

الخطوة الثالثة: تفعيل Raspberry Pi Connect

في تبويب **General** بنفس نافذة الإعدادات، فعّل خيار **Raspberry Pi Connect** وسجّل دخولك بحساب Raspberry Pi لربط الجهاز تلقائياً.

> هذه الميزة تتيح لك الوصول إلى سطر الأوامر عبر المتصفح من أي مكان — مفيدة جداً إذا لم يعمل SSH بعد أو احتجت للوصول عن بُعد دون إعداد إضافي.

الخطوة الرابعة: إضافة مفتاح SSH العام اختياري

هذه الخطوة اختيارية وتُغني عن إدخال كلمة المرور في كل مرة تتصل فيها عبر SSH. إذا أردت تفعيلها، افتح الطرفية (Terminal) على جهازك ونفّذ الأمر التالي لعرض مفتاحك العام:

```
cat ~/.ssh/id_rsa.pub
```

إذا لم يكن لديك مفتاح SSH بعد، يمكنك إنشاء واحد باتباع هذا الدليل من GitHub (https://docs.github.com/en/authentication/connecting-to-github-with-ssh/generating-a-new-ssh-key-and-adding-it-to-the-ssh-agent)، أو بتنفيذ:

```
ssh-keygen -t rsa -b 4096
```

انسخ الناتج والصقه في حقل **مفتاح SSH العام** في إعدادات RPi Imager.

الخطوة الخامسة: كتابة بطاقة SD

انقر على **Save** ثم **Yes** للبدء بالكتابة. انتظر حتى يكتمل النقل، أدخل البطاقة في Raspberry Pi وشغّله.

بعد الإقلاع، يمكنك الوصول إليه من: `connect.raspberrypi.com` (https://connect.raspberrypi.com)

الجزء الثاني — الاتصال عبر SSH

الخطوة الأولى: الاتصال مباشرة باسم الجهاز

بعد إقلاع الجهاز (انتظر دقيقة إلى دقيقتين)، افتح الطرفية واتصل باستخدام:

```
ssh lab2@lab2.local
```

> الصيغة دائماً: `username@hostname.local` — يعمل هذا تلقائياً على نفس شبكة WiFi دون الحاجة لمعرفة عنوان IP.

الخطوة الثانية: إذا لم يعمل اسم الجهاز

ابحث عن عنوان IP يدوياً عبر مسح الشبكة:

```
for i in $(seq 1 254); do (nc -zv -w 1 192.168.0.$i 22 2>&&1 | grep -q succeeded && echo "SSH open: 19
2.168.0.$i") & done; wait
```

أو تحقق من صفحة إدارة الراوتر على `192.168.0.1` وابحث عن الجهاز في قائمة الأجهزة المتصلة.

ثم اتصل باستخدام IP:

```
ssh lab2@192.168.0.127
```

> نصيحة: لضمان نفس IP دائماً، احجز IP ثابتاً في إعدادات DHCP بالراوتر باستخدام MAC address الخاص بـ Pi.

الجزء الثالث — إعداد الكاميرا

الخطوة الأولى: توصيل الكاميرا

وصّل كاميرا HQ بالـ Pi عبر كابل CSI الشريطي. تأكد من إدخاله بشكل صحيح وإغلاق المشبك.

الخطوة الثانية: تثبيت الحزم المطلوبة

```
sudo apt update
sudo apt install -y rpicam-apps libcamera-apps gstreamer1.0-tools \
  gstreamer1.0-plugins-base gstreamer1.0-plugins-good \
  gstreamer1.0-plugins-bad gstreamer1.0-libav gstreamer1.0-libcamera \
  v4l-utils
```

الخطوة الثالثة: التحقق من اكتشاف الكاميرا

```
rpicam-hello --list-cameras
```

الناتج المتوقع:

```
Available cameras
-----------------
0 : imx477 [4056x3040 12-bit RGGB] (...)
```

الخطوة الرابعة: التقاط صورة اختبارية

```
rpicam-still -o test.jpg
```

لنسخ الصورة إلى جهازك:

```
scp lab2@192.168.0.127:~/test.jpg ~/Desktop/test.jpg
```

الجزء الرابع — المشاكل الشائعة وحلولها

المشكلة الأولى: صورة ضبابية / غير واضحة

كاميرا HQ تستخدم **عدسة ذات بؤرة يدوية**. إذا كانت الصورة ضبابية، يجب ضبط التركيز يدوياً.

- شغّل البث المباشر (انظر الجزء الخامس)
- شاهد الصورة في QGroundControl
- أدر العدسة ببطء في اتجاه عقارب الساعة أو عكسه
- أوقف الدوران عندما تصبح الصورة حادة وواضحة

المشكلة الثانية: ألوان أرجوانية أو قرمزية

كاميرا IMX477 تحتوي على **مرشح قطع الأشعة تحت الحمراء (IR cut filter)**. إذا كان المرشح مفقوداً أو غير مثبّت بشكل صحيح، ستظهر الصور بلون أرجواني.

- افحص حامل العدسة على لوحة الكاميرا بحثاً عن زجاجة صغيرة
- تأكد من تثبيته بشكل صحيح
- إذا كان مفقوداً، يجب شراء بديل

> ملاحظة: قد يظهر البث المباشر بألوان صحيحة حتى بدون المرشح حسب الإعدادات المستخدمة، لكن الصور الثابتة ستظهر دائماً أرجوانية.

الجزء الخامس — البث المباشر إلى QGroundControl

الخطوة الأولى: تحميل سكريبت البث

على Raspberry Pi، استنسخ المستودع:

```
git clone https://github.com/salemaljebaly/rpi-setup-docs.git
cd rpi-setup-docs
```

الخطوة الثانية: إعداد IP الهدف

انسخ ملف الإعداد المثالي وحرّره:

```
cp config/stream.conf.example config/stream.conf
nano config/stream.conf
```

لمعرفة IP جهازك، افتح الطرفية ونفّذ:

```
# على macOS
ipconfig getifaddr en0

# على Linux
hostname -I | awk '{print $1}'

# على Windows
ipconfig
```

ضع القيمة في حقل `TARGET_IP` داخل `stream.conf` .

الخطوة الثالثة: تشغيل البث يدوياً (للاختبار)

```
bash scripts/start_stream.sh
```

الخطوة الرابعة: إعداد QGroundControl

1. افتح QGroundControl (https://qgroundcontrol.com/) على جهازك

2. انقر على **أيقونة Q** (أعلى اليسار) ← **Video** ← **Application Settings**
3. اضبط **Video Source** على `UDP h.264 Video Stream`
4. اضبط **UDP Port** على `5600`
5. أغلق الإعدادات — يجب أن يظهر الفيديو في واجهة HUD الرئيسية

الخطوة الخامسة: تفعيل البدء التلقائي عند الإقلاع

بعد التحقق من عمل البث، ثبّته كخدمة systemd:

```
bash scripts/install_service.sh
```

للتحقق من حالة الخدمة:

```
sudo systemctl status camera-stream
```

لإيقاف الخدمة أو إعادة تشغيلها:

```
sudo systemctl stop camera-stream
sudo systemctl restart camera-stream
```

الجزء السادس — MAVLink Router للتحكم بالطائرة

لتوصيل وحدة التحكم الطيراني (مثل Cube Orange+) بـ QGroundControl عبر Raspberry Pi، نستخدم برنامج **mavlink-router** (https://github.com/mavlink-router/mavlink-router).

الخطوة الأولى: تثبيت التبعيات

```
sudo apt install -y git meson ninja-build pkg-config gcc g++ \
  libsystemd-dev python3-pip
```

الخطوة الثانية: بناء وتثبيت mavlink-router

```
git clone https://github.com/mavlink-router/mavlink-router.git
cd mavlink-router
git submodule update --init --recursive
meson setup build -Dsystemdsystemunitdir=/lib/systemd/system
ninja -C build
sudo ninja -C build install
```

الخطوة الثالثة: إنشاء ملف الإعداد

```
sudo mkdir -p /etc/mavlink-router
sudo nano /etc/mavlink-router/main.conf
```

محتوى الملف:

```
[General]
Log=/var/log/mavlink-router
MavlinkDialect=ardupilotmega

[UartEndpoint cube]
Device=/dev/ttyACM0
Baud=115200
FlowControl=false

[UdpEndpoint qgc]
Mode=Normal
Address=192.168.0.125
Port=14550
```

> استبدل `192.168.0.125` بعنوان IP جهازك. المنفذ `14550` هو المنفذ الافتراضي لـ QGroundControl للاستماع لاتصالات MAVLink.

الخطوة الرابعة: تشغيل الخدمة

```
sudo systemctl enable mavlink-router
sudo systemctl start mavlink-router
sudo systemctl status mavlink-router
```

الخطوة الخامسة: إعداد QGroundControl

1. افتح QGroundControl
2. انتقل إلى **Comm Links** ← **Application Settings**

3. أضف اتصالاً جديداً من نوع **UDP** على المنفذ `14550`
4. انقر **Connect** — يجب أن يظهر الجهاز الطائر

الجزء السابع — البث عن بُعد عبر Tailscale

للوصول عن بُعد عبر الإنترنت (عندما يكون Pi وجهازك على شبكات مختلفة)، استخدم **Tailscale VPN** (https://tailscale.com/).

تثبيت Tailscale على Raspberry Pi

```
curl -fsSL https://tailscale.com/install.sh | sh
sudo tailscale up
```

تثبيت Tailscale على جهازك

حمّل التطبيق من tailscale.com/download (https://tailscale.com/download) وسجّل دخولك بنفس الحساب.

استخدام Tailscale IP في البث

بعد الاتصال، استبدل IP الهدف في `stream.conf` بـ **Tailscale IP** الخاص بجهازك (يبدأ عادة بـ `100.x.x.x`).

اعثر على Tailscale IP لجهازك:

```
tailscale ip -4
```

> نفس الأسلوب ينطبق على MAVLink Router — استبدل عنوان IP في `main.conf` بعنوان Tailscale الخاص بجهازك.

استكشاف الأخطاء وإصلاحها

المشكلة	السبب	الحل
لا يمكن العثور على Pi في الشبكة	لم يكتمل الإقلاع أو بيانات WiFi خاطئة	انتظر دقيقتين، راجع إعدادات WiFi في RPi Imager
رفض SSH (Permission denied)	اسم مستخدم خاطئ أو مفتاح غير مضاف	راجع اسم المستخدم، أعد إضافة المفتاح العام
الكاميرا غير مكتشفة	الكابل غير متصل بشكل صحيح	أعد تركيب كابل CSI الشريطي
صورة ضبابية	العدسة غير مضبوطة التركيز	أدر العدسة يدوياً أثناء مشاهدة البث
صورة أرجوانية	مرشح IR مفقود أو غير مثبّت	افحص وثبّت المرشح على حامل العدسة
"Waiting for video" في QGC	البث متوقف أو إعدادات خاطئة	أعد تشغيل سكريبت البث، تحقق من المنفذ 5600
تأخر في الفيديو	إعدادات الترميز البطيئة	تأكد من استخدام `preset=ultrafast;tune=zerolatency`
الفيديو مقلوب	الكاميرا مركّبة بشكل معكوس	أضف `--rotation 180` لسكريبت البث
QGC لا يستلم MAVLink	IP خاطئ في إعداد mavlink-router	تحقق من IP في `/etc/mavlink-router/main.conf`

المراجع والروابط

المرجع	الرابط
Raspberry Pi Imager — أداة تثبيت نظام التشغيل	https://www.raspberrypi.com/software/
Raspberry Pi Connect — الوصول عن بُعد عبر المتصفح	https://connect.raspberrypi.com
GitHub — دليل إنشاء مفتاح SSH	https://docs.github.com/en/authentication/connecting-to-github-with-ssh/generating-a-new-ssh-key-and-adding-it-to-the-ssh-agent
QGroundControl — برنامج التحكم الأرضي	https://qgroundcontrol.com/
mavlink-router — توجيه بروتوكول MAVLink	https://github.com/mavlink-router/mavlink-router
Tailscale — شبكة VPN للوصول عن بُعد	https://tailscale.com/download
مستودع هذا الدليل	https://github.com/salemaljebaly/rpi-setup-docs