



جامعة حلبي

كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
السنة الخامسة – قسم هندسة الميكاترونكس

التعرف على وحدة استقبال GPS (Adafruit Ultimate)

إشراف الدكتور المهندس: عبد القادر جوخدار

إعداد المهندسة: علا جزماتي

محتويات المحاضرة

1

• مقدمة حول نظام تحديد المواقع العالمي GPS

2

• دراسة عملية لجهاز استقبال (Adafruit Ultimate GPS)

3

• مصادر أخطاء جهاز استقبال GPS ومدى تأثيرها على دقة القياس



نظام تحديد المواقع العالمي

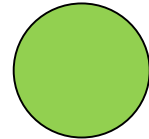


Global Positioning System

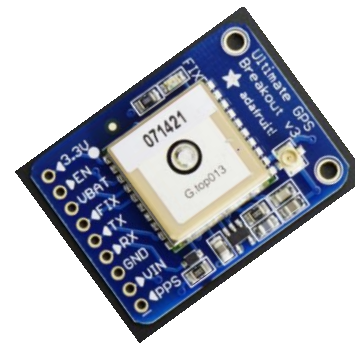
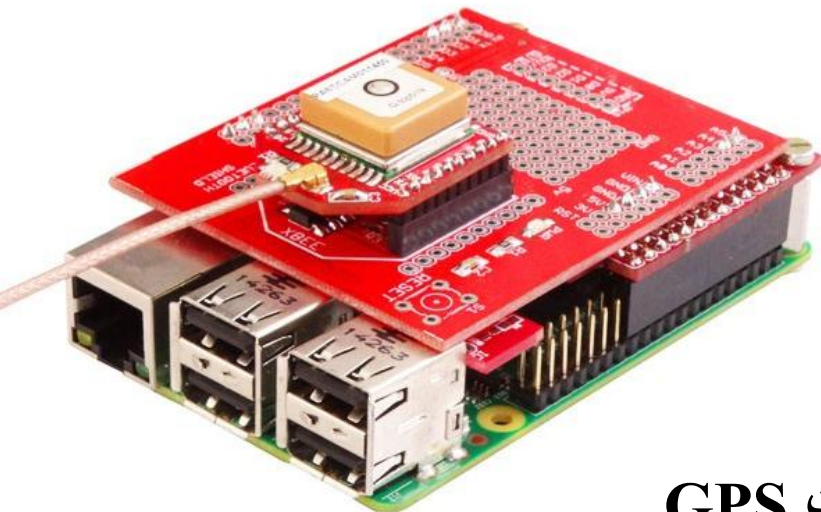
هو نظام يتكون مجموعة أقمار صناعية تعمل بشكل متواصل لتحديد المواقع بدقة وتغطي كامل الكوكب. استخدمته وزارة الدفاع الأمريكية منذ عام 1960 للأغراض العسكرية ثم أصبح متاحاً للاستخدام المدني في الثمانينات.

يملك نظام تحديد المواقع العالمي 31 قمراً صناعياً فعالاً وأقمار أخرى احتياطية في مدارات تميل بمقدار 55 درجة عن خط الاستواء.

تبعد هذه المدارات حوالي 20 000 Km عن سطح الأرض، وقد صممت هذه المدارات بحيث يمكن رؤية ستة منها معاً من أي نقطة على سطح الأرض.



دراسة جهاز الاستقبال GPS

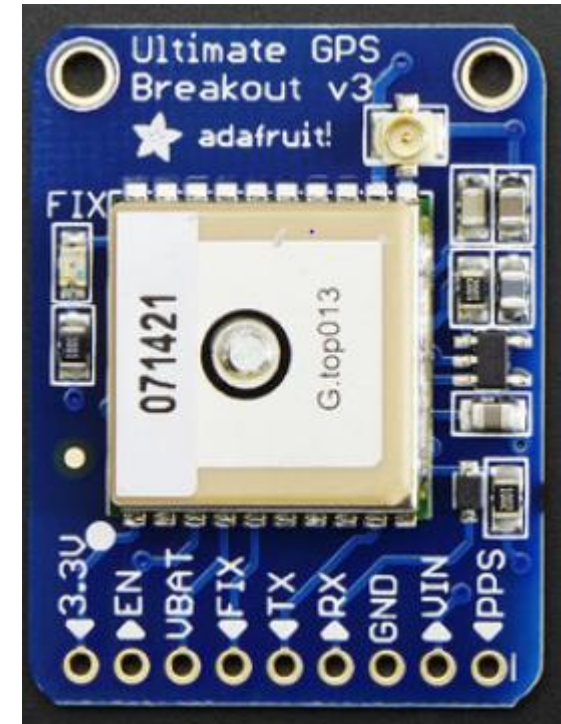
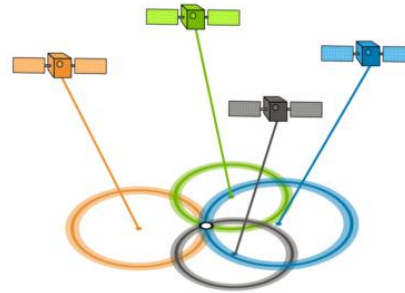


نماذج مختلفة لمستقبلات GPS

دراسة جهاز الاستقبال GPS

المواصفات :

- **Satellites: 22 tracking**
- **Size: 15mm x 15mm x 4mm - Weight : 8.5g**
- **Update rate: 10 Hz**
- **Position Accuracy: 1.8 meters**
- **Velocity Accuracy: 0.1 meters/s**
- **Maximum Velocity: 515m/s**
- **MTK3339 Operating current: 25mA -20 mA**
- **Output: NMEA 0183, 9600 baud default**
- **Multi-path detection and compensation**



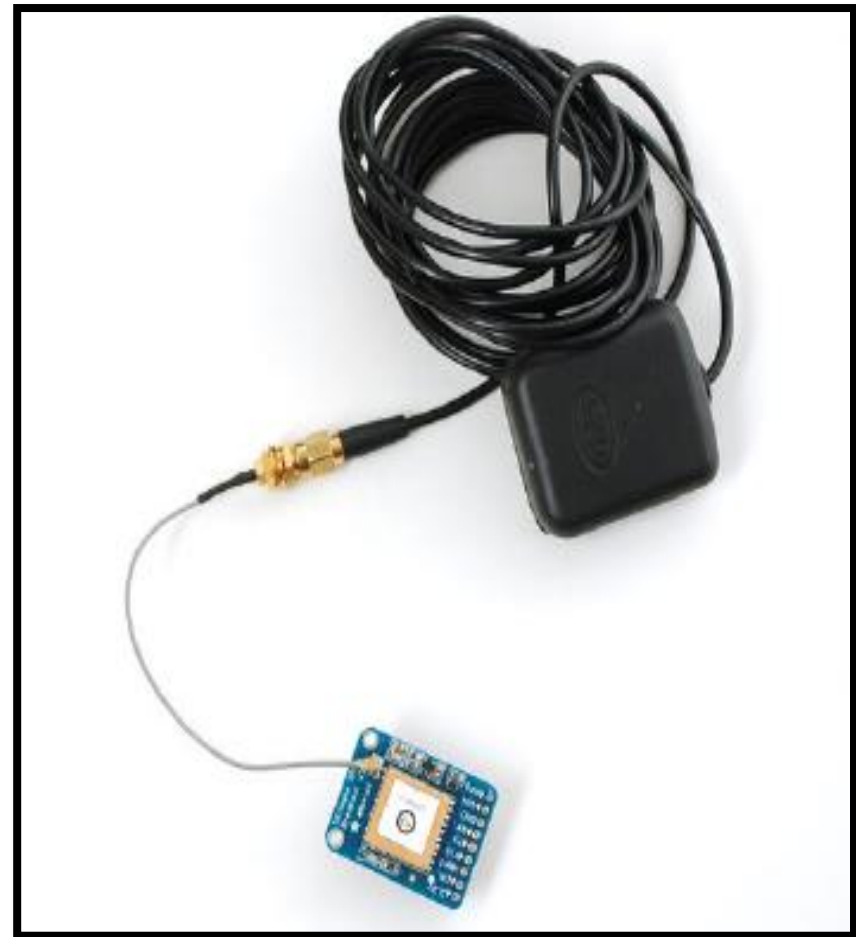
**Adafruit Ultimate
GPS**

PA6C MTK3339

دراسة جهاز الاستقبال GPS

الهوائي الخارجي (External Antenna)

All Ultimate GPS modules have a built in patch antenna - this antenna provides -165 dBm sensitivity and is perfect for many projects. However, if you want to place your project in a box, it might not be possible to have the antenna pointing up, or it might be in a metal shield, or you may need more sensitivity. In these cases, you may want to use an external active antenna. Active antennas draw current, so they do provide more gain but at a power cost and **10-20mA**



دراسة جهاز الاستقبال GPS

الأقطاب:

قطب 3.3 v هو قطب خرج منظم الجهد يعطي (3.3v – 100 mA)

قطب التفعيل EN: يوصل عبر مقاومة رفع 10K resistor إلى التغذية .

قطب VBAT دخل لوصل بطارية خارجية غير التي يمكن تثبيتها خلف الشريحة.

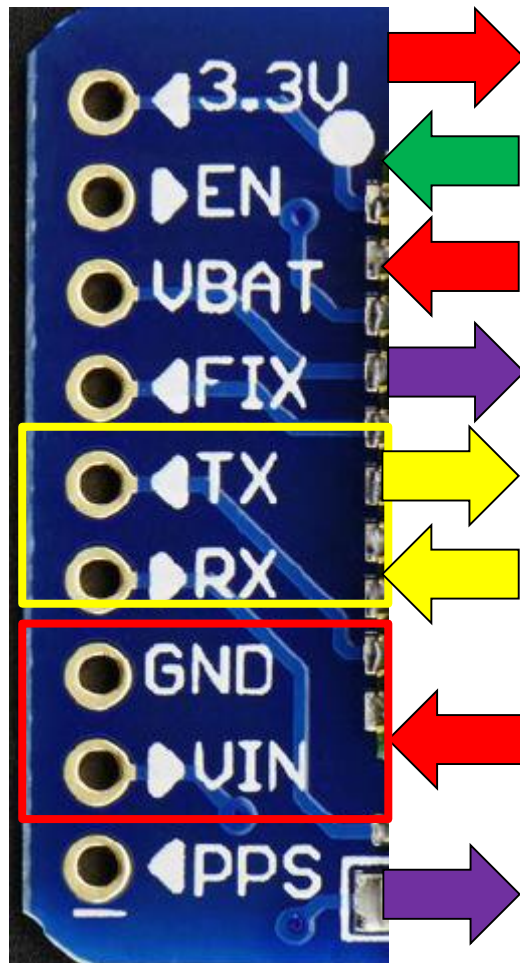
قطب Tx يرسل البيانات من المستقبل إلى المعالج بمعدل افتراضي 9600 baud
3.3 v - rate

قطب Rx يستقبل البيانات القادمة (NMEA sentences) من المعالج بمعدل نقل
افتراضي 3.3/5 v - 9600 baud rate

قطب Fix قطب خرج موصول إلى المتصل الضوئي أيضاً، بحيث يضيء 200ms ، كل ثانية.

قطب PPS (pulse per second) قطب خرج يعطي نبضة (50 - 100 ms) كل ثانية يستخدم لمزامنة المعالج مع المستقبل.

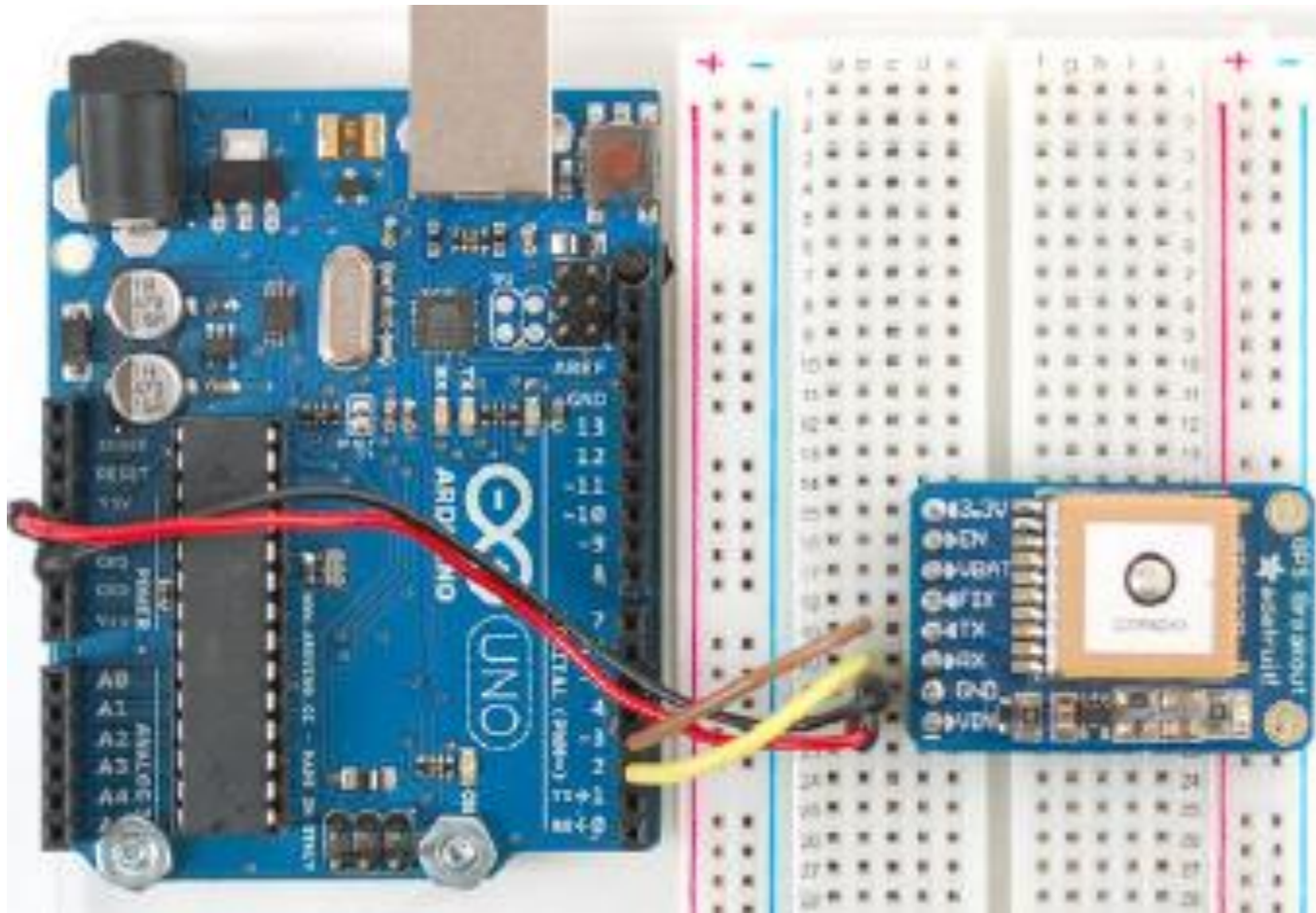
أقطاب التغذية Vin range: 3.0-5.5VDC : Vin - GND



دراسة جهاز الاستقبال GPS

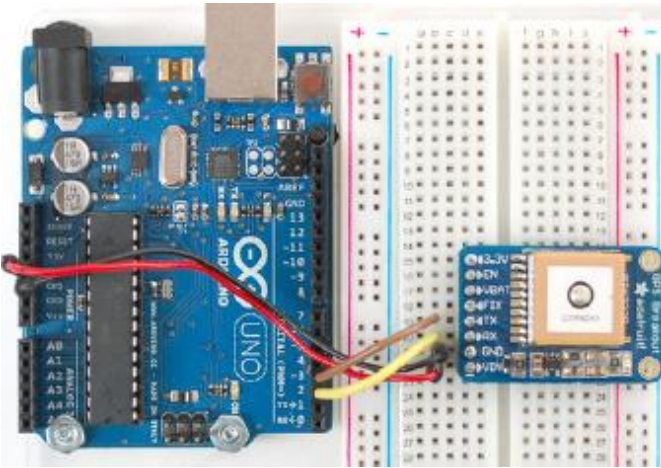
Arduino

اختبار مستقبل GPS:



دراسة جهاز الاستقبال GPS

اختبار مستقبل GPS:



blank

```
// this sketch will allow you to bypass the Atmega chip  
// and connect the GPS sensor directly to the USB/Seria  
// chip converter.
```

```
// Connect VIN to +5V  
// Connect GND to Ground  
// Connect GPS RX (data into GPS) to Digital 0  
// Connect GPS TX (data out from GPS) to Digital 1
```

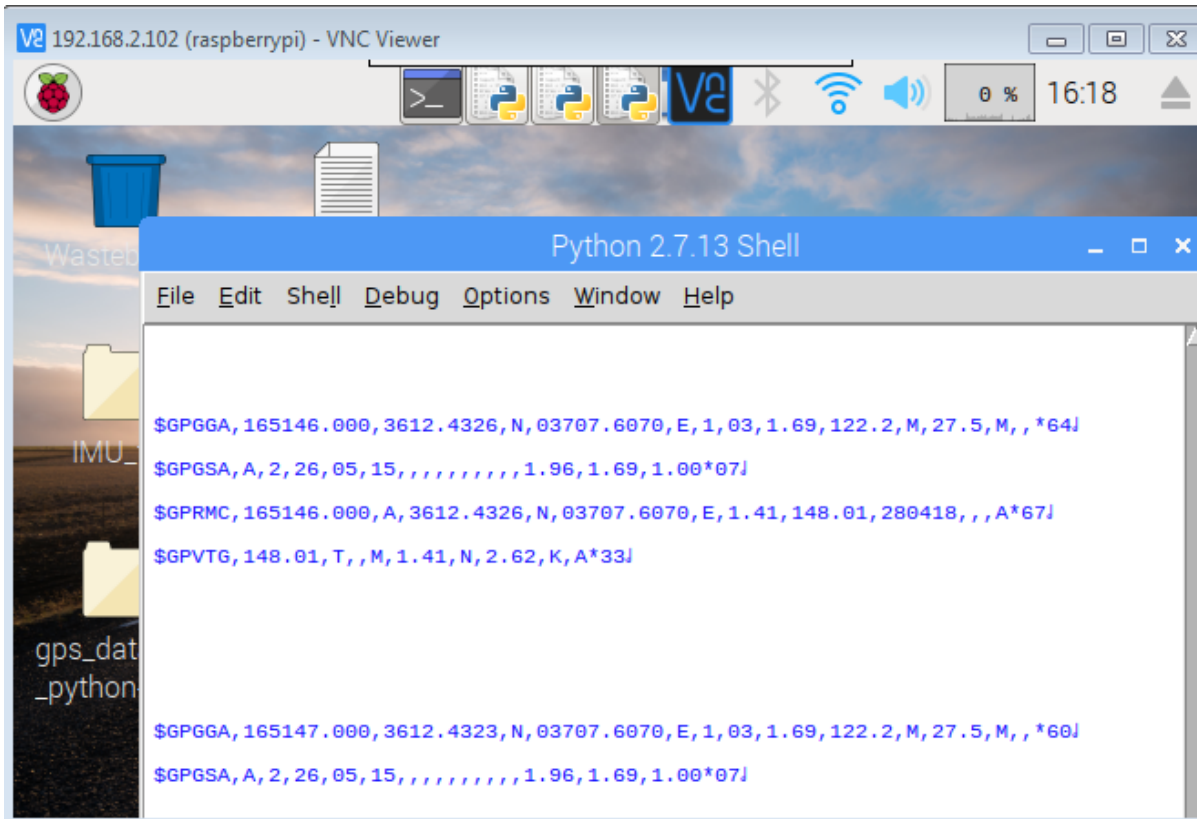
```
void setup() {}  
void loop() {}
```

دراسة جهاز الاستقبال GPS

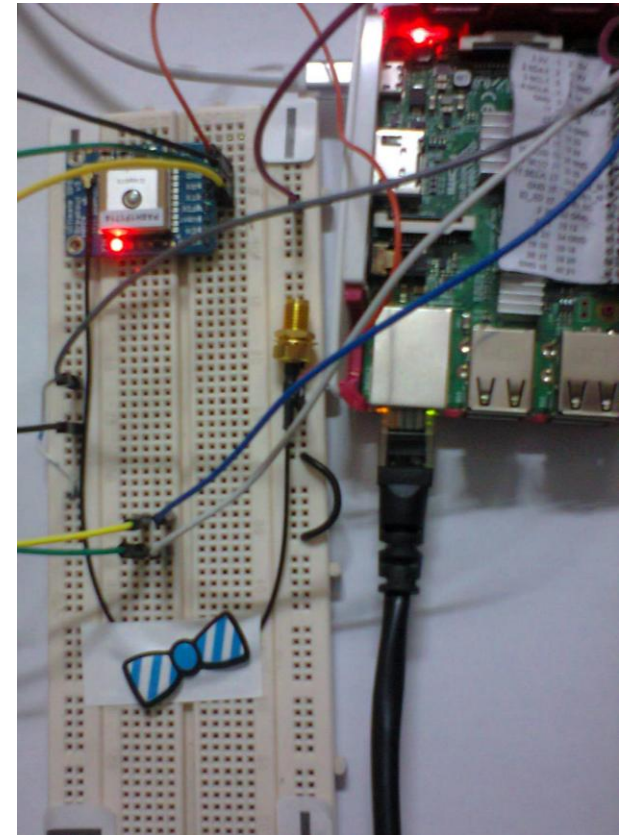
Raspberry pi

اختبار مستقبل GPS:

GPS module pin	Raspberry Pi pin
3v3 pin	Pin 2
Gnd pin	Pin 6
Txd pin or Data Out pin	Pin 10
Rxd pin or Data In pin	Pin 8



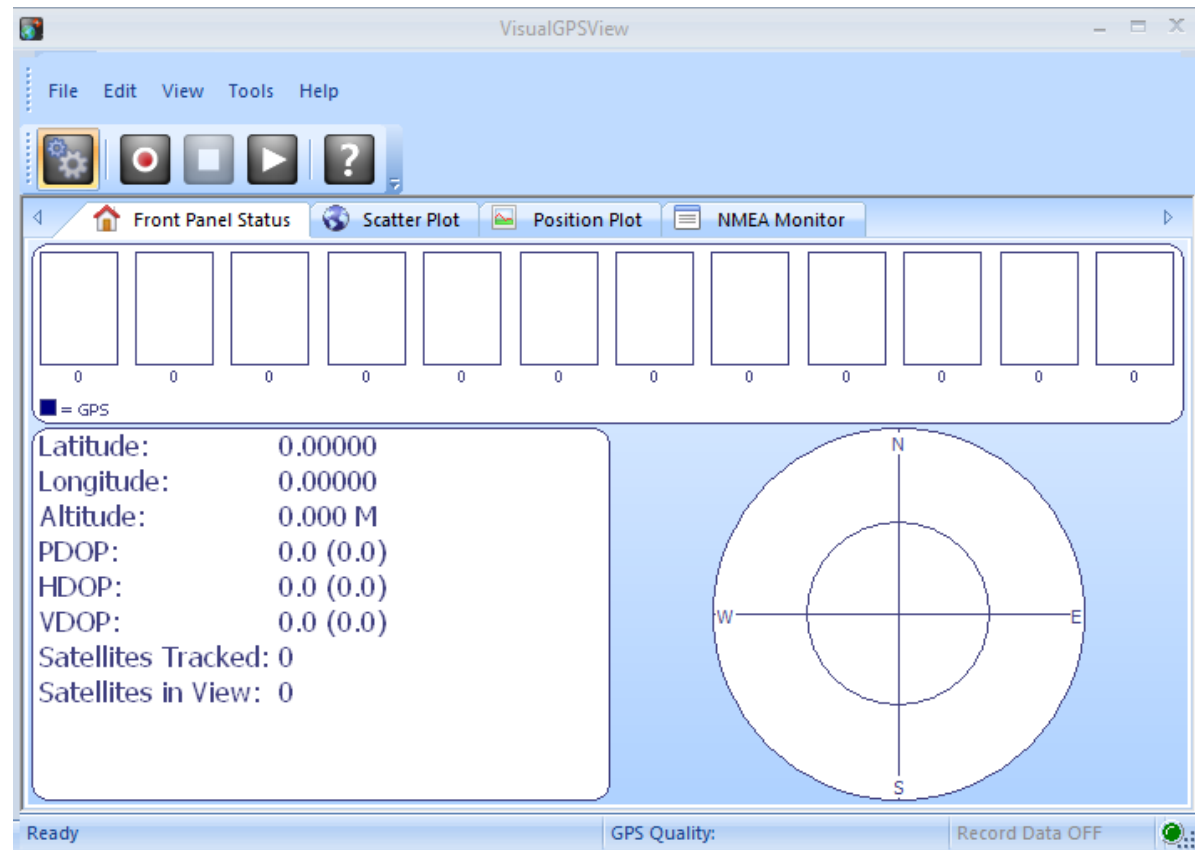
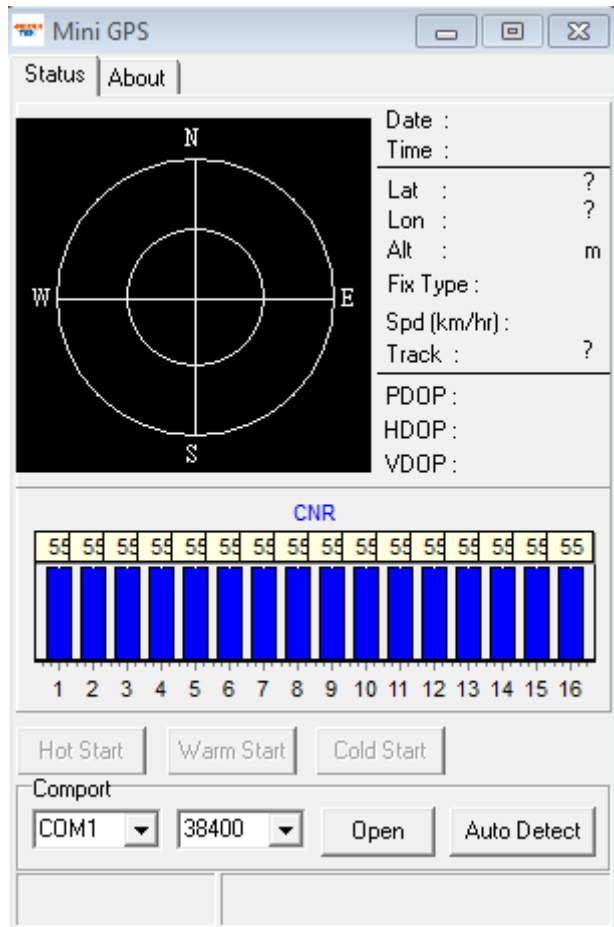
```
V2 192.168.2.102 (raspberrypi) - VNC Viewer
Python 2.7.13 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
$GPGGA,165146.000,3612.4326,N,03707.6070,E,1,03,1.69,122.2,M,27.5,M,,*64J
$GPGSA,A,2,26,05,15,,,,,,,,,1.96,1.69,1.00*07J
$GPRMC,165146.000,A,3612.4326,N,03707.6070,E,1.41,148.01,280418,,,A*67J
$GPVTG,148.01,T,,M,1.41,N,2.62,K,A*33J
$GPGGA,165147.000,3612.4323,N,03707.6070,E,1,03,1.69,122.2,M,27.5,M,,*60J
$GPGSA,A,2,26,05,15,,,,,,,,,1.96,1.69,1.00*07J
```



دراسة جهاز الاستقبال GPS

برمجيات مساعدة لمراقبة الأقمار والمسار المدروس

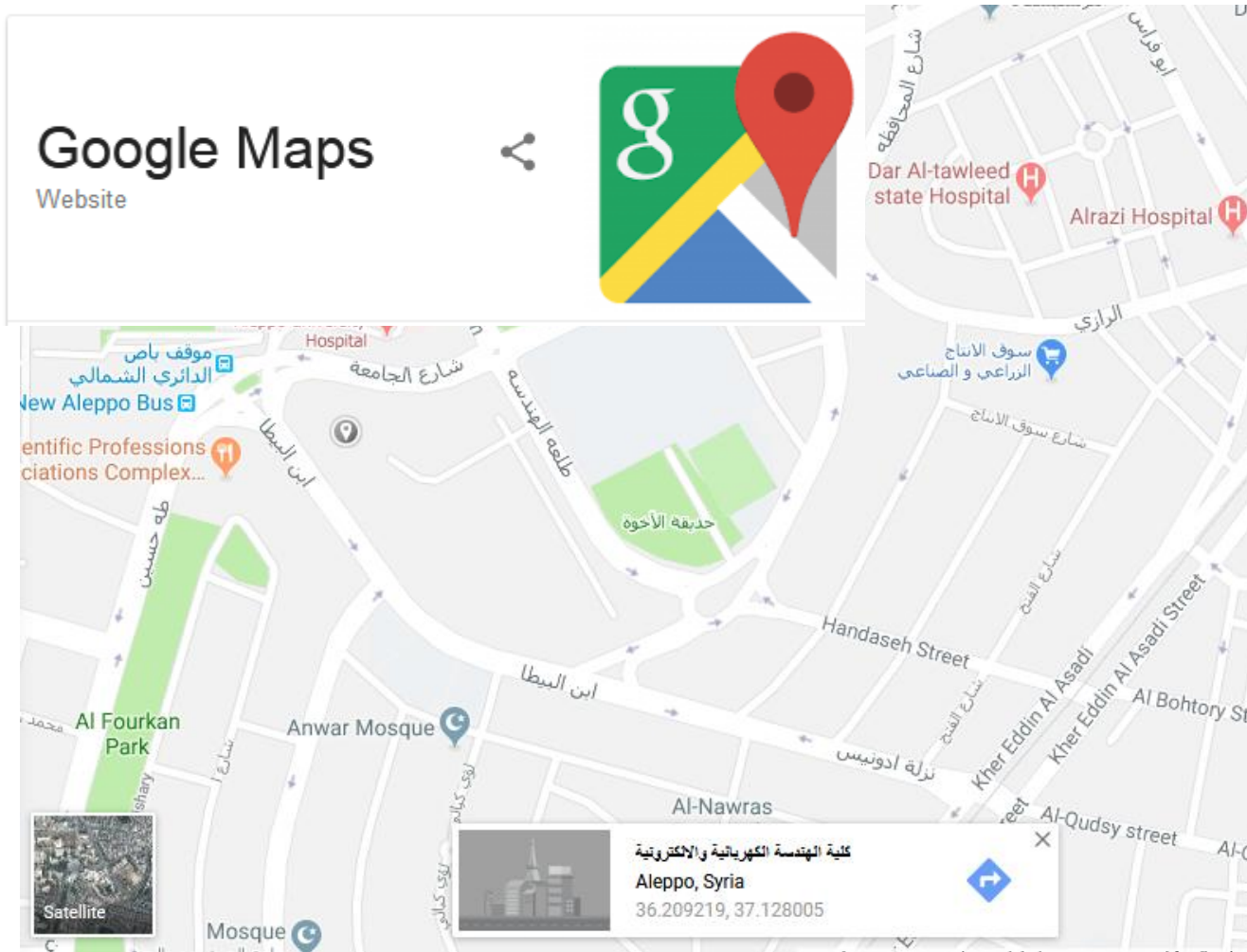
اختبار مستقبل GPS:



دراسة جهاز الاستقبال GPS

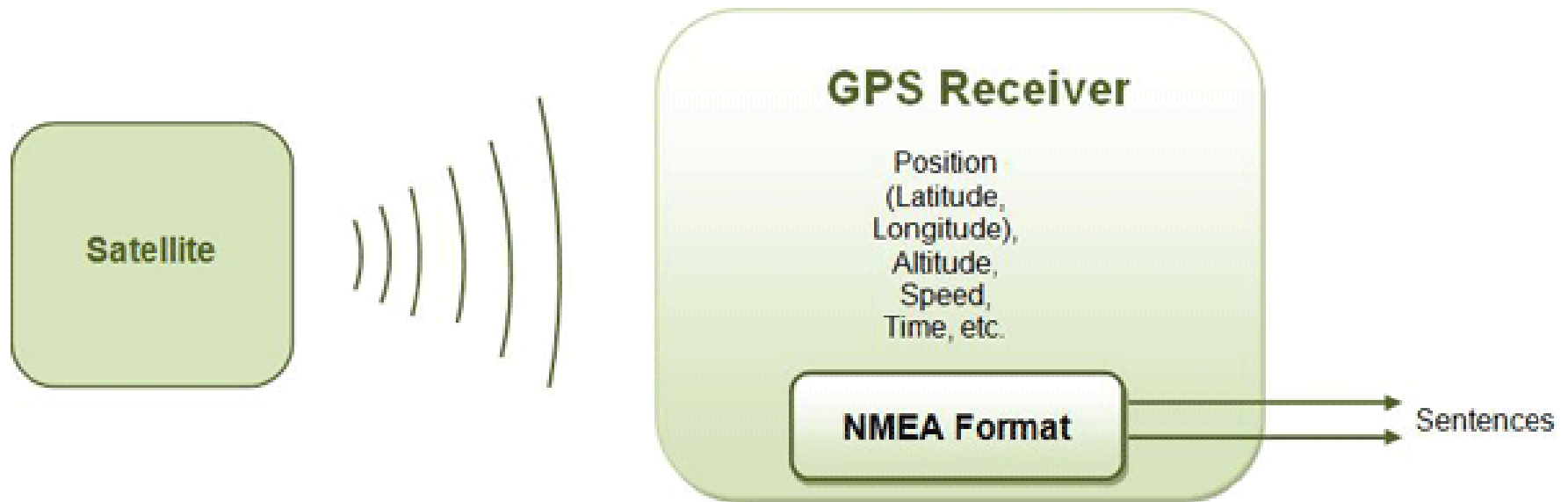
برمجيات مساعدة لمطابقة الإحداثيات

اختبار مستقبل GPS:



NMEA Message Structure

دراسة البيانات التي يعطيها المستقبل :



National Marine Electronics Association

NMEA Sentence Format

StartChar	SentenceName	Separator	Data ₁	Separator	Data ₂	Separator	...	Data _N	CheckChar	Checksum	EndChar
-----------	--------------	-----------	-------------------	-----------	-------------------	-----------	-----	-------------------	-----------	----------	---------

NMEA Header	Value	Description
StartChar	\$	ASCII for 36
SentenceName	For example, GPGGA	NMEA Sentence Identifier
Separator	,	ASCII for 44
Data ₁ to Data _N	For example, 083445.00,1256.60109,N	Data fields, such as latitude and longitude
CheckChar	*	ASCII for 42
Checksum	For example, 7E	Hexadecimal number representing 8-bit exclusive OR of all characters between \$ and *
EndChar	CR	Carriage return

دراسة جهاز الاستقبال GPS

NMEA Message Structure

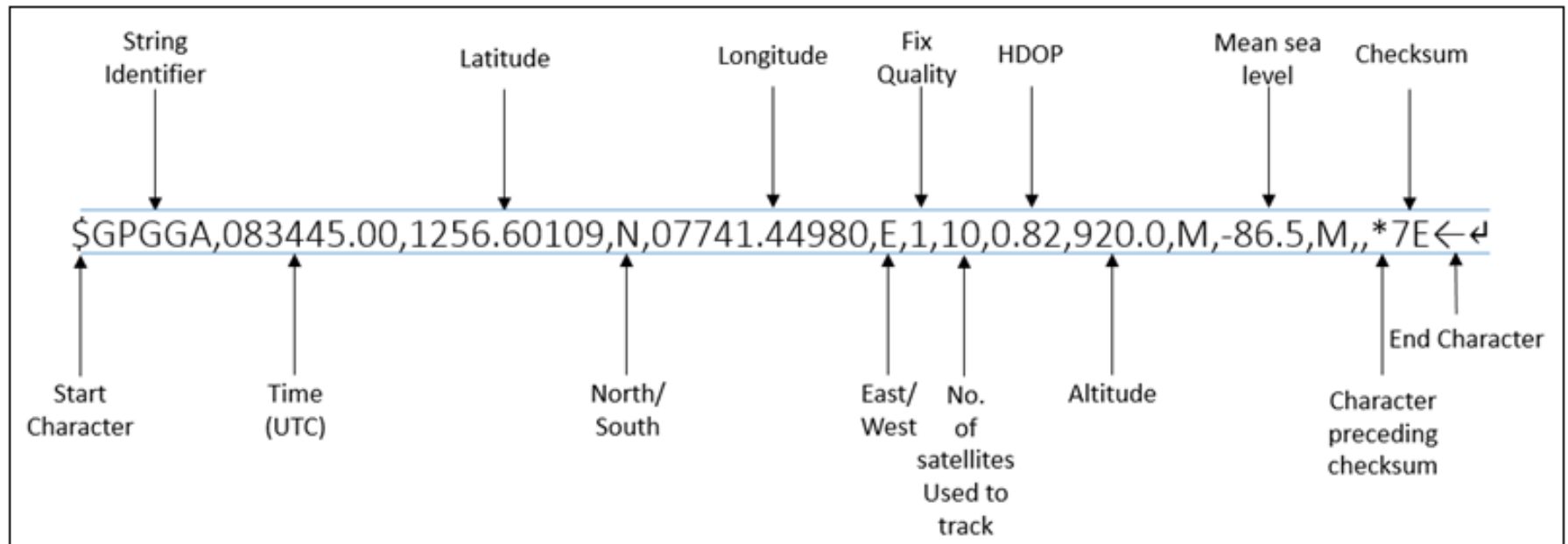
دراسة البيانات التي يعطيها المستقبل :

```
$GPGGA,171110.600,3912.4598,N,03007.6659,E,1,05,1.29,347.0,M,27.5,M,,*6B  
$GPRMC,171110.600,A,3912.4598,N,03107.6659,E,0.71,140.84,240418,,A*62  
$PGTOP,11,2*6E
```

\$GPGGA NMEA Sentence Nomenclature

GGA - Global Positioning System Fix Data

```
$GPGGA,171110.600,3612.4598,N,03707.6659,E,1,05,1.29,347.0,M,27.5,M,,*6B
```



دراسة جهاز الاستقبال GPS

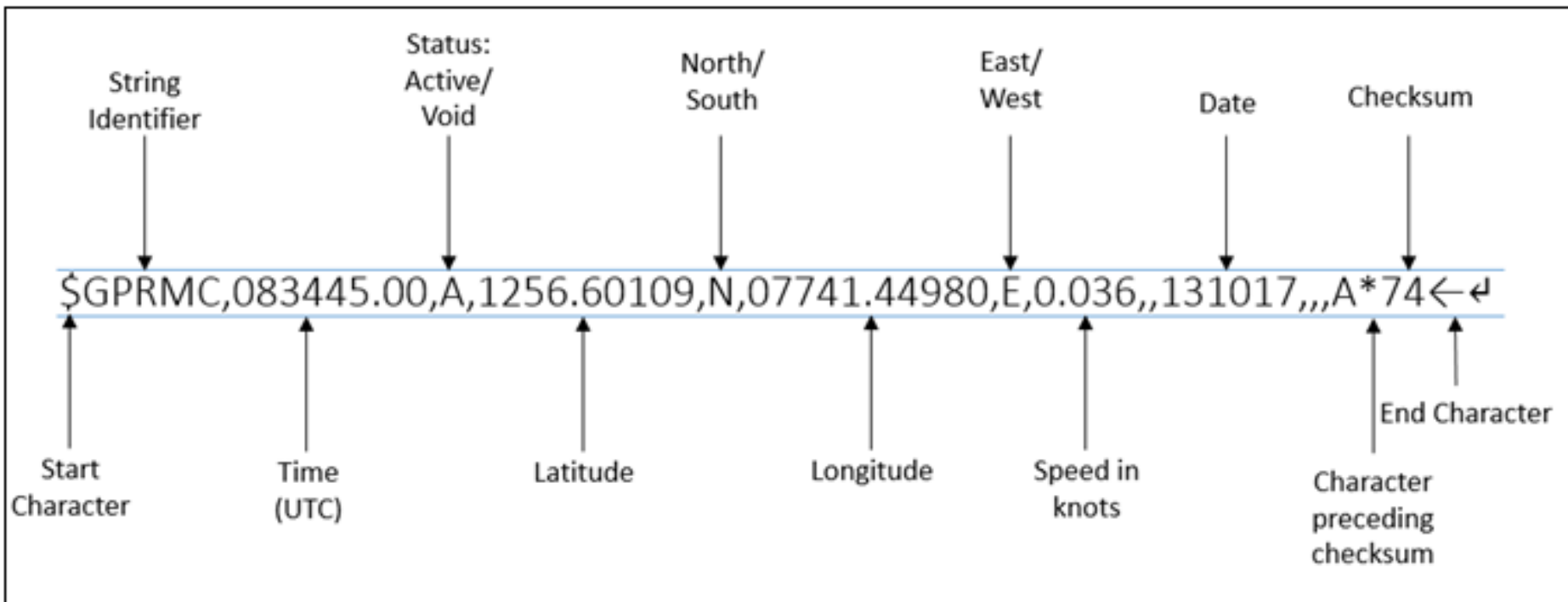
NMEA Message Structure

دراسة البيانات التي يعطيها المستقبل :

```
$GPGGA,171110.600,3712.4598,N,03007.6659,E,1,05,1.29,347.0,M,27.5,M,,*6B
$GPRMC,171110.600,A,3812.4598,N,03007.6659,E,0.71,140.84,240418,,,A*62
$PGTOP,11,2*6E
```

\$GPRMC NMEA Sentence Nomenclature

RMC - Recommended Minimum Specific GPS Data



دراسة جهاز الاستقبال GPS

NMEA Message Structure

دراسة البيانات التي يعطيها المستقبل :

ملاحظة :

\$GPRMC NMEA Sentence Nomenclature

Speed

1

=

0.514444

Knot

Meter per second

NMEA Message Structure

دراسة البيانات التي يعطيها المستقبل :

\$PGTOP,11,2*6E

```
$GPRMC,000102.799,V,,,,,0.00,0.00,060180,,,N*46
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32
$PGTOP,11,3*6F ←
$GPGGA,000103.799,,,,,0,0,,,M,,M,,*4D
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,1,1,00*79
$GPRMC,000103.799,V,,,,,0.00,0.00,060180,,,N*47
$GPVTG,0.00,T,,M,0.00,N,0.00,K,N*32
$PGTOP,11,2*6E ←
```

There is an output sentence that will tell you the **status of the antenna**.

\$PGTOP,11,x where x is the status number. If x is 3 that means it is using the external antenna. If x is 2 it's using the internal antenna and if x is 1 there was an antenna short or problem.

قاعدة Haversine

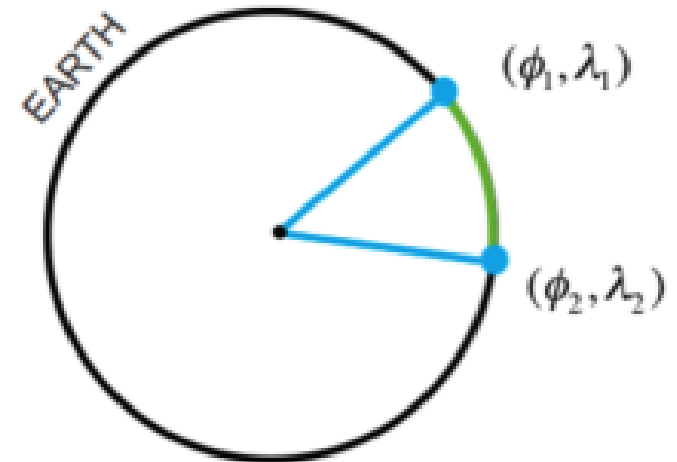
حساب المسافة بين نقطتين (GPS Coordinates)

The **haversine formula** determines the great-circle distance between two points on a sphere given their longitudes and latitudes

For any two points on a sphere, the haversine of the central angle between them is given by

$$\text{hav}\left(\frac{d}{r}\right) = \text{hav}(\varphi_2 - \varphi_1) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \text{hav}(\lambda_2 - \lambda_1)$$

$$\text{hav}(\theta) = \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{1 - \cos(\theta)}{2}$$



- d is the distance between the two points
- r is the radius of the sphere, $R = 6371$ (Earth's mean radius in km)
- φ_1, φ_2 : latitude of point 1 and latitude of point 2, in radians
- λ_1, λ_2 : longitude of point 1 and longitude of point 2, in radians

قاعدة Haversine

حساب المسافة بين نقطتين (GPS Coordinates)

$$d = r \operatorname{hav}^{-1}(h) = 2r \arcsin(\sqrt{h})$$

where h is $\operatorname{hav}(\frac{d}{r})$, or more explicitly:

$$\begin{aligned} d &= 2r \arcsin\left(\sqrt{\operatorname{hav}(\varphi_2 - \varphi_1) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \operatorname{hav}(\lambda_2 - \lambda_1)}\right) \\ &= 2r \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2\left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}\right)}\right) \end{aligned}$$

- d is the distance between the two points
- r is the radius of the sphere, $R = 6371$ (Earth's mean radius in km)
- φ_1, φ_2 : latitude of point 1 and latitude of point 2, in radians
- λ_1, λ_2 : longitude of point 1 and longitude of point 2, in radians

Latitude/Longitude \Leftrightarrow X/Y Coordinates

```
x = R * cos(lat) * cos(lon)
y = R * cos(lat) * sin(lon)
z = R * sin(lat)
```

```
lat = asin(z / R)
lon = atan2(y, x)
```

$R = 6371$ (Earth's mean radius in km)



مصادر أخطاء مستقبل GPS ومدى تأثيرها على دقة القياس

الأخطاء في ساعة القمر الصناعي.

تأثير عدد الأقمار الصناعية المرئية لجهاز الاستقبال.

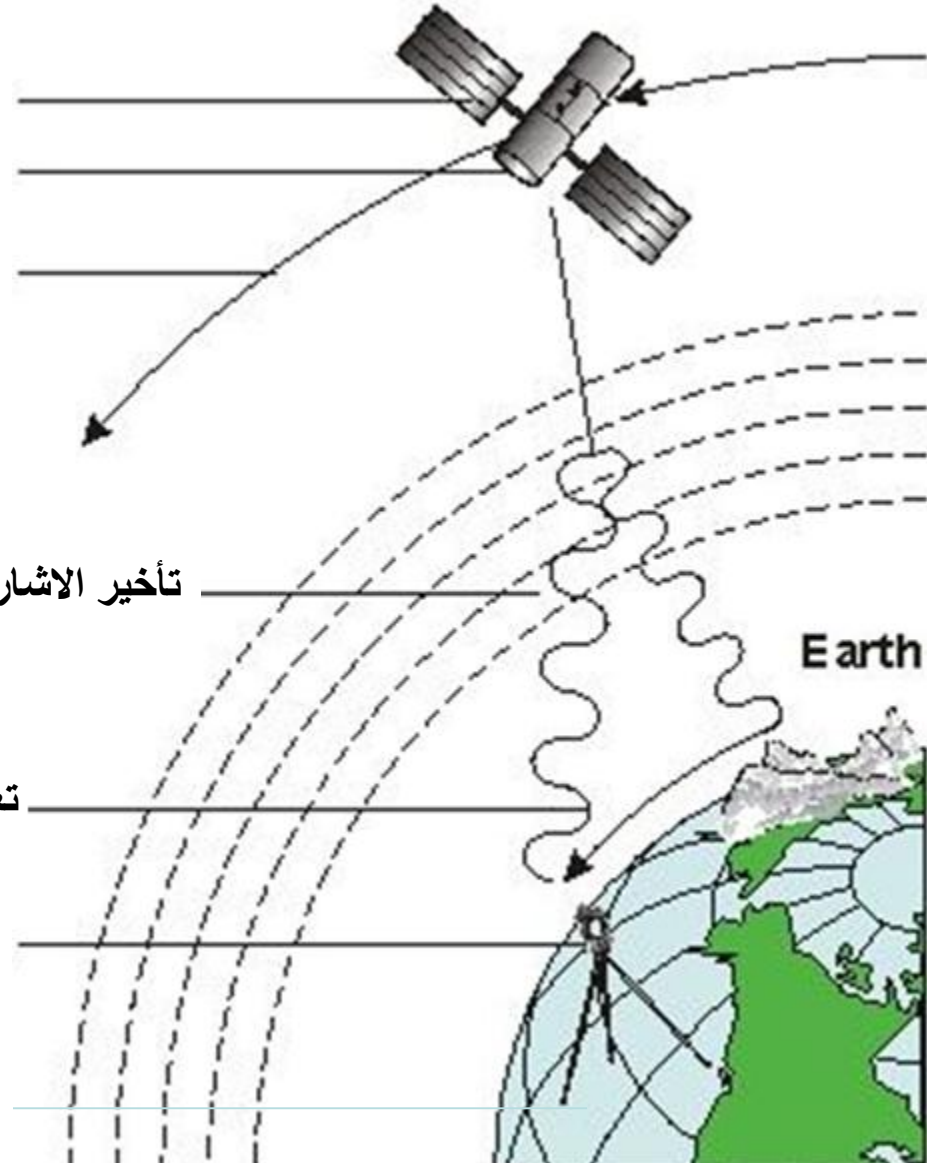
تأثير طريقة توزيع الأقمار فوق كوكب الأرض.

تأخير الإشارة عند مرورها عبر الغلاف الجوي.

تعدد مسارات الإشارة multipath error

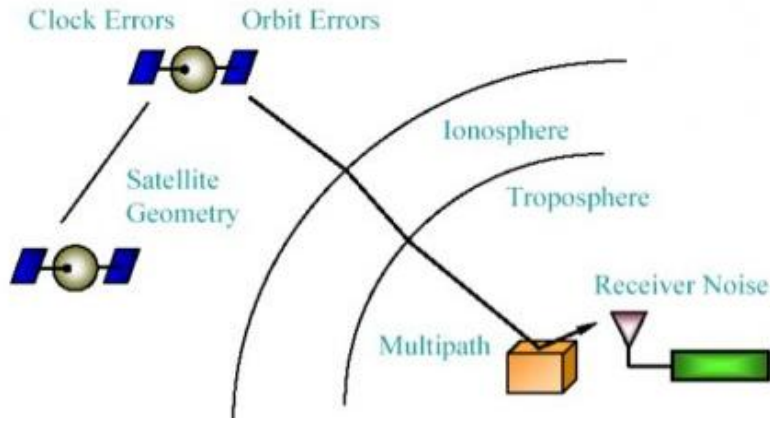
أخطاء ساعة مستقبل الإشارة.

عدم وصول الإشارة في الأماكن ذات التضاريس الوعرة أو تحت الماء أو تحت الأرض



دراسة جهاز الاستقبال GPS

مصادر أخطاء مستقبل GPS ومدى تأثيرها على دقة القياس



قيمة الخطأ (meter)	مصدر الخطأ
+/- 5	تأثير الغلاف الجوي عند مرور الإشارة بطبقة الأيونوسفير (Ionosphere)
+/- 2.5	أخطاء انزياحات الأقمار الصناعية عن مدارها
+/- 2	أخطاء التزامن والتوقيت مع الأقمار الصناعية
+/-1	تأثير ظاهرة المسارات المتعددة (multipath effect)
+/-0.5	تأثير الغلاف الجوي عند مرور الإشارة بطبقة التروبوسفير (Tropospheric)
+/- 1	أخطاء ناتجة عن الضجيج المؤثر على أجهزة الاستقبال

مصادر أخطاء مستقبل GPS ومدى تأثيرها على دقة القياس

حساب معامل تخامد الدقة (Dilution of precision -DOP)

Dilution of precision (DOP), or **geometric dilution of precision (GDOP)**, is a term used in satellite navigation and geometrics engineering to specify the additional multiplicative effect of navigation satellite geometry on positional measurement precision.

$$Q = (A^T A)^{-1} = \begin{bmatrix} (S_x)^2 & S_x \cdot S_y & S_x \cdot S_z & S_x \cdot S_t \\ S_x \cdot S_y & (S_y)^2 & S_y \cdot S_z & S_y \cdot S_t \\ S_x \cdot S_z & S_y \cdot S_z & (S_z)^2 & S_z \cdot S_t \\ S_x \cdot S_t & S_y \cdot S_t & S_z \cdot S_t & (S_t)^2 \end{bmatrix}$$

حساب معامل تخامد الدقة (Dilution of precision -DOP)

DOP can be expressed as a number of separate measurements:

- معامل تخامد الدقة الهندسية GDOP - geometric dilution of precision
- معامل تخامد الدقة من أجل التوضع في الفراغ PDOP – position (3D) dilution of precision
- معامل تخامد الدقة الزمنية TDOP – time dilution of precision
- معامل تخامد الدقة من أجل التوضع الأفقي HDOP – horizontal dilution of precision
- معامل تخامد الدقة من أجل التوضع العمودي VDOP – vertical dilution of precision

$$\text{GDOP} = \sqrt{(s_x)^2 + (s_y)^2 + (s_z)^2 + (s_t)^2}$$

$$\text{TDOP} = \sqrt{(s_t)^2}$$

$$\text{PDOP} = \sqrt{(s_x)^2 + (s_y)^2 + (s_z)^2}$$

$$\text{HDOP} = \sqrt{(s_x)^2 + (s_y)^2}$$

$$\text{VDOP} = \sqrt{(s_z)^2}$$

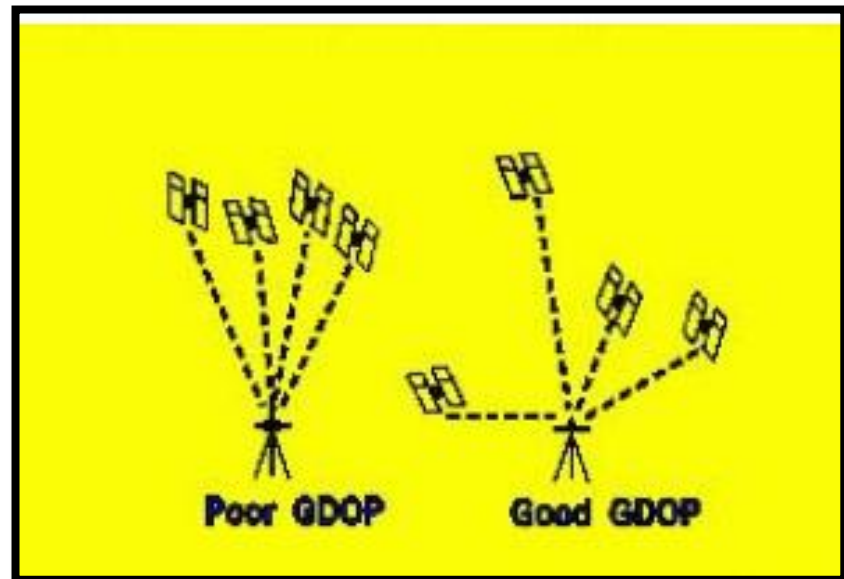
مصادر أخطاء مستقبل GPS ومدى تأثيرها على دقة القياس

حساب معامل تخامد الدقة (Dilution of precision -DOP)

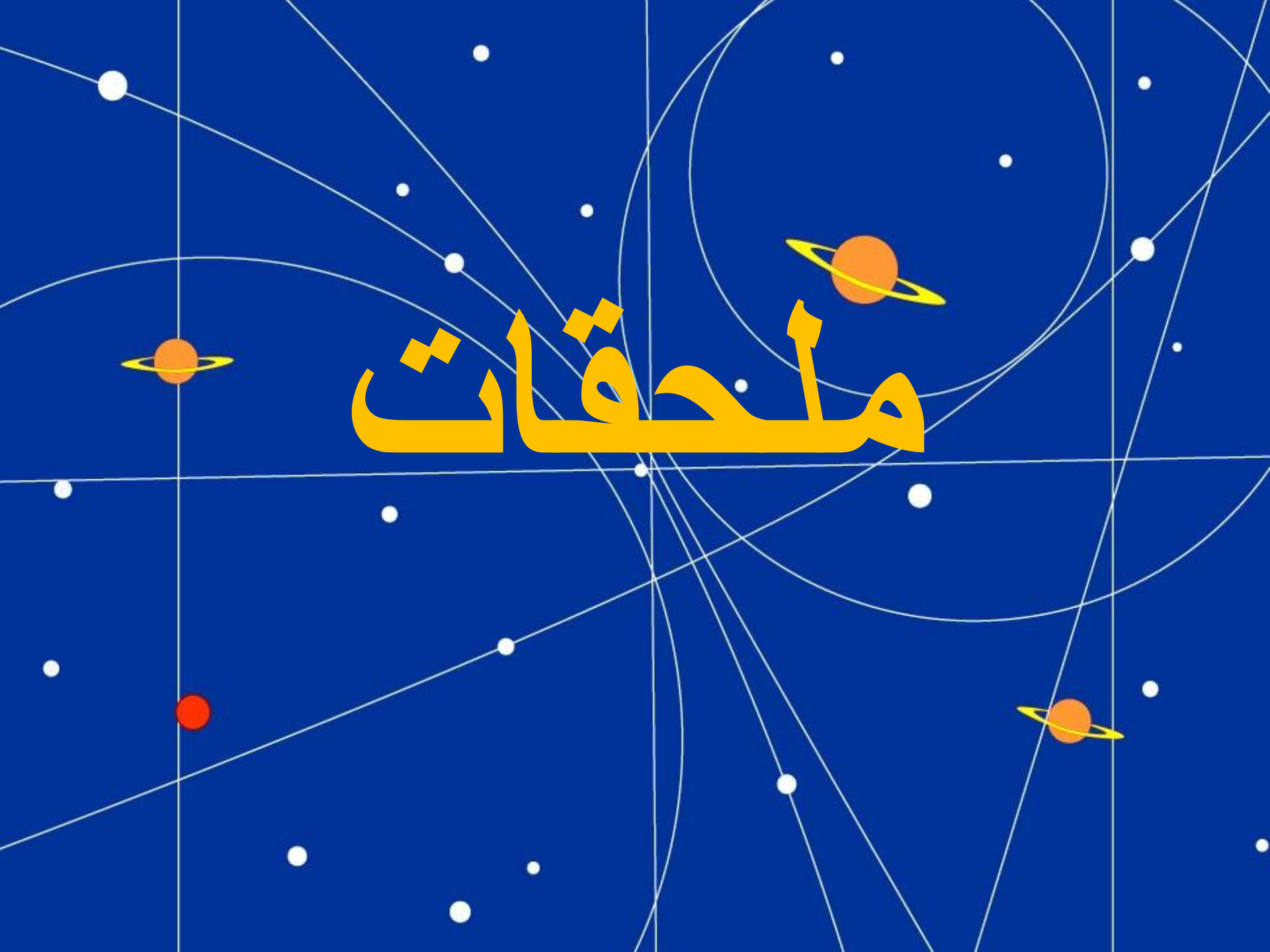
GDOP Value	Rating
1	Ideal
1-2	Excellent
2-5	Good
5-10	Moderate
10-20	Fair
>20	Poor

Meaning of DOP Values

$$\text{PDOP}^2 = \text{HDOP}^2 + \text{VDOP}^2$$
$$\text{GDOP}^2 = \text{PDOP}^2 + \text{TDOP}^2$$



ملقات



● مبادئ أساسية ●

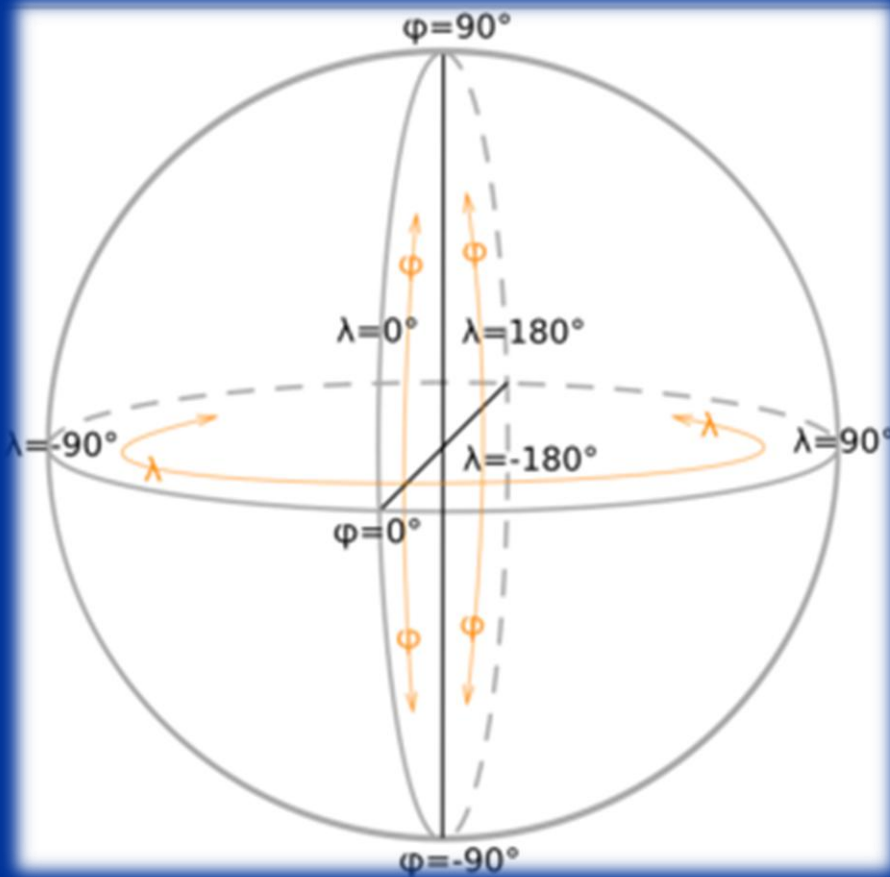
خط العرض (Lat. أو (φ))

هو الزاوية بين نقطة على سطح الأرض والمستوى الاستوائي، مقاسة من مركز الكرة.

الخطوط الواصلة بين نقط ذات نفس خط العرض تسمى المتوازيات، وهي دوائر مشتركة المركز على سطح الأرض، موازية لخط الاستواء. القطب الشمالي هو 90° (N)؛ والقطب الجنوبي هو -90° (S). و 0° عند خط الاستواء.

خط الاستواء هو مستوى أساسي لكل أنظمة الإحداثيات الجغرافية. خط الاستواء يقسم الكرة الأرضية إلى نصف الكرة الشمالي ونصف الكرة الجنوبي.

● مبادئ أساسية ●



مبادئ أساسية

خط الطول (Long. أو (λ)) هو الزاوية شرق أو غرب خط زوال مرجعي بين القطبين الجغرافيين إلى خط زوال آخر مار خلال نقطة عشوائية.

خطوط الزوال هي عبارة عن أنصاف دوائر افتراضية رُسمت حول الكرة الأرضية، تصل ما بين القطبين الشمالي والجنوبي، وتقطع خط الاستواء متعامدة عليه، إذ يبلغ عددها 360 خطاً. وقسمت الأرض حسب خطوط الطول على أساس خط جرينتش، الذي يقع قرب مدينة لندن حيث تبلغ درجة هذا الخط صفراً، ومن ثمّ تم تقسيم الأرض إلى 180 درجة شرق جرينتش و180 درجة غربه.

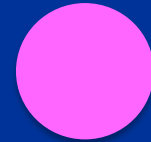


مبادئ أساسية



لقياس الزاوية لخطوط العرض والطول
هناك العديد من الصيغ لكتابة
الدرجات، أهمها طريقة **DMS**:
درجات : دقائق : ثواني، وهي
الطريقة المتعارف عليها في كل
الرسومات والخرائط، وكذلك في نظم
تحديد الموقع العالمي **GPS**.

Thank you



15\5\2018