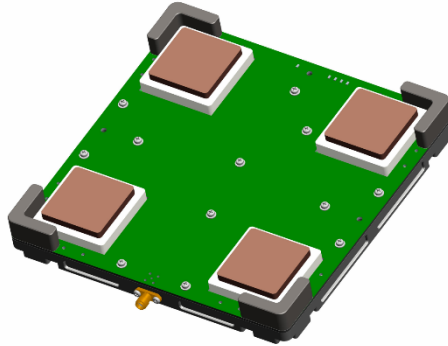

GPS CRPA (v0.3)

Активна завадостійка антена



1 Описова частина

1.1 Анотація

Сигнал GPS-супутника, що досягає приймача користувача є досить слабким (приблизно -130 dBm). З урахуванням цього, навіть слабкі за потужністю завади можуть перешкоджати роботі звичайних GPS приймачів. Технологія захисту GPS від перешкод стала ключовим питанням, яке потребує вирішення як для цивільного так і для військового застосування.

Отже, основним спрямуванням при розробці програмно-апаратного засобу є:

1. Підсилення корисного GPS сигналу, що надходить зі супутників;
2. Фільтрування отриманого GPS сигналу від штучно створених завад з використанням принципу адаптивної антенної решітки.

1.2 Алгоритм роботи

Для усунення завад та виокремлення корисного сигналу застосовано технологію адаптивної антенної решітки. Розміщено чотири незалежні антенні елементи та розроблено алгоритм адаптивної обробки сигналів, за рахунок якого реалізовано автоматичне керування параметрами налаштування антени. Головний промінь антени в автоматичному режимі спрямовується на корисний сигнал, а нульова точка в режимі реального часу спрямовується у напрямку перешкод, реалізуючи ефективну протидію завадам.

В роботі використано принцип цифрового частотного зсуву та цифровий контролер підсилення. При обробці сигналу використовуються векторні математичні перетворення. Враховуючи те, що сила сигналу супутника значно нижча за ймовірну потужність шумового сигналу нами було використано схему інверсії потужності. Розроблений алгоритм визначає співвідношення інвертованих сигналів супутників до шумового сигналу. Коригування вектору ваги кожного з елементів антенної решітки відбувається шляхом використання обчислень середньоквадратичної різниці між сигналами. Додатково реалізовано алгоритм корекції помилок, що покращує стійкість до завад. Принцип «занулення» сигналу від завади зображено на рисунку 1.

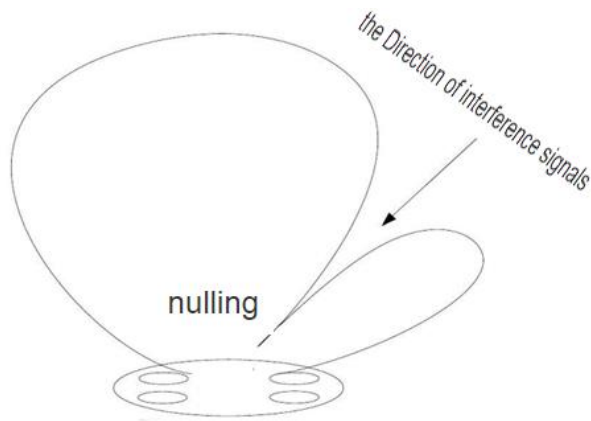
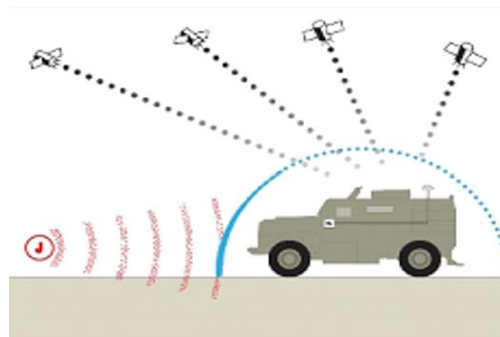


Рисунок 1 – формування променя направленості антенної решітки на корисний сигнал та «занулення» завади

1.3 Сценарії застосування розробленого продукту



А) Безпілотники літакового типу



Б) Безпілотники наземного чи водного базування

2 Технічні характеристики

2.1 Характеристики антени

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕННЯ | КОМЕНТАР |
|------------------------------|---------------------|----------------|
| Підтримувані частоти | GPS L1/L2/L5 | |
| Поляризація | RHCP | |
| Осьове співвідношення (AR) | 3dB | мінімум |
| VSWR | ≤2.0 | |
| Імпеданс | 50Ω | |
| Горизонтальний кут охоплення | 360 | |
| К-сть антенних елементів | 4 | |
| Antenna Isolation | >20dB | |

2.2 Характеристики LNA

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕННЯ | КОМЕНТАР |
|----------------------|---------------|----------|
| Gain | 30±2dB | |
| Noise Figure | ≤1.5dB | |
| Passband fluctuation | ±1.5dB | |
| VSWR | ≤2.0 | |

2.3 Стійкість до завад

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕННЯ | КОМЕНТАР |
|---------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Вхідний сигнал | -130~-60dBm | |
| Подавлення перешкод | >35dB | Широкосмугових |
| J/S Capability <i>(співвідношення сили завади до</i> | >90dB | |

| | | |
|--------------------|------------|--|
| сигналу) | | |
| К-сть джерел завад | 1~3 | |

2.4 Фізичні характеристики

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕННЯ | КОМЕНТАР |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|
| Тип конектора | SMA-F | |
| Розміри | 174мм*174мм*26мм | |
| Вага | 0.65 кг | |
| Живлення | 12V, ≤ 1A | Середня потужність: ≤ 8.4 W |

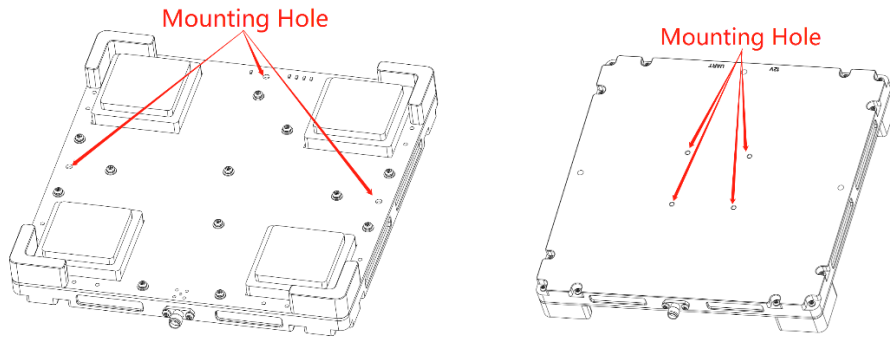
2.5 Умови до роботи в навколишньому середовищі

| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕННЯ | КОМЕНТАР |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Робочий діапазон температур | -40С~+85С | |
| Відносна вологість | до 95% | |
| Стійкість до вібрацій | 10 - 55Hz з 1.5мм амплітудою протягом 2 годин | |
| Режим охолодження | Пасивний радіатор | |
| Висота застосування | ≤5000 метрів | |

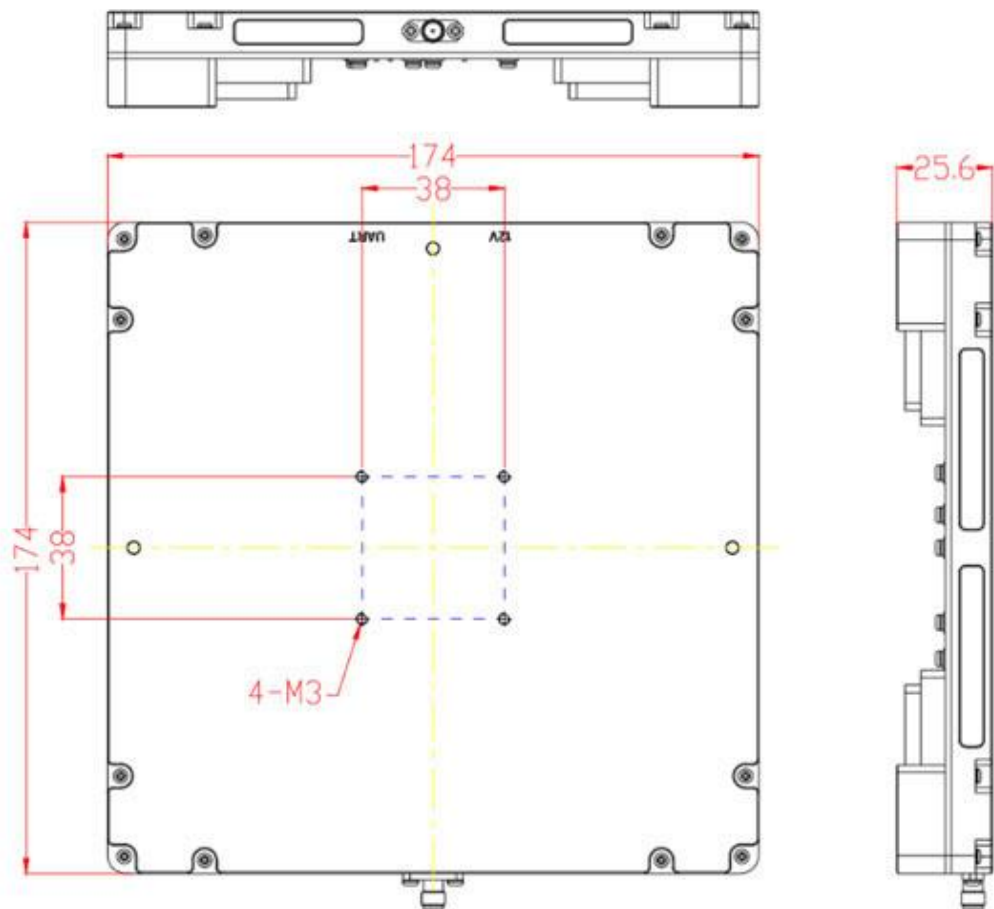
3 Опис інтерфейсів та габаритів пристрою

3.1 Фізична модель пристрою

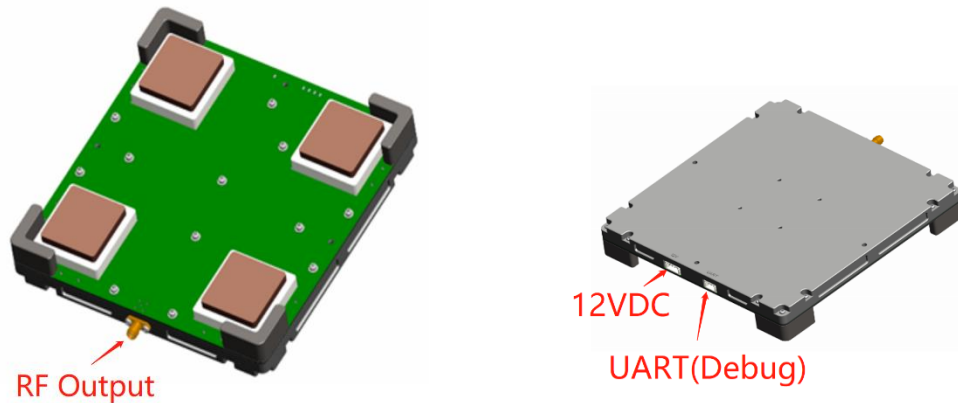
Кріплення



Розмір пристрою (мм)



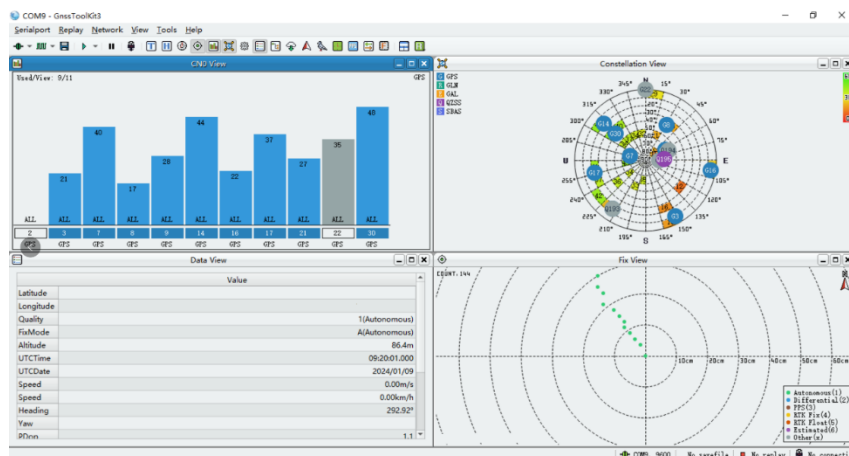
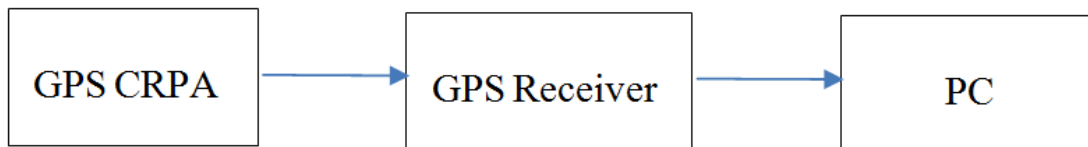
3.2 Комунікаційні інтерфейси



4 Тестування роботи пристрою

4.1 Схема підключення

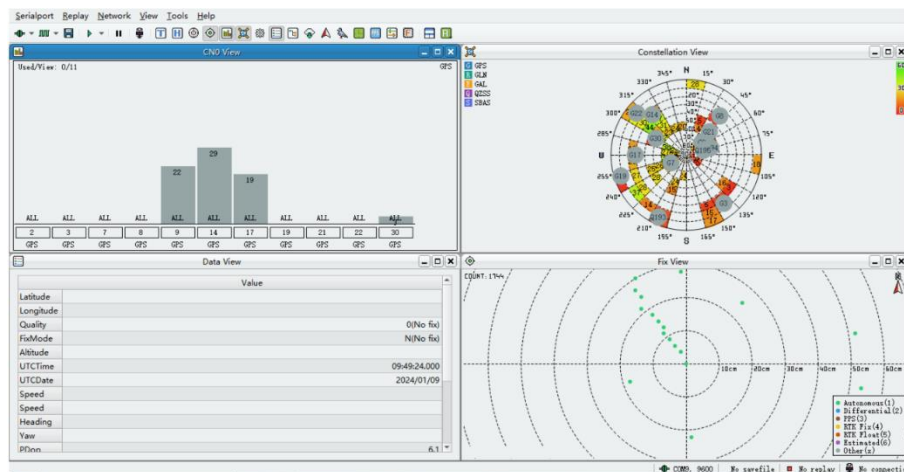
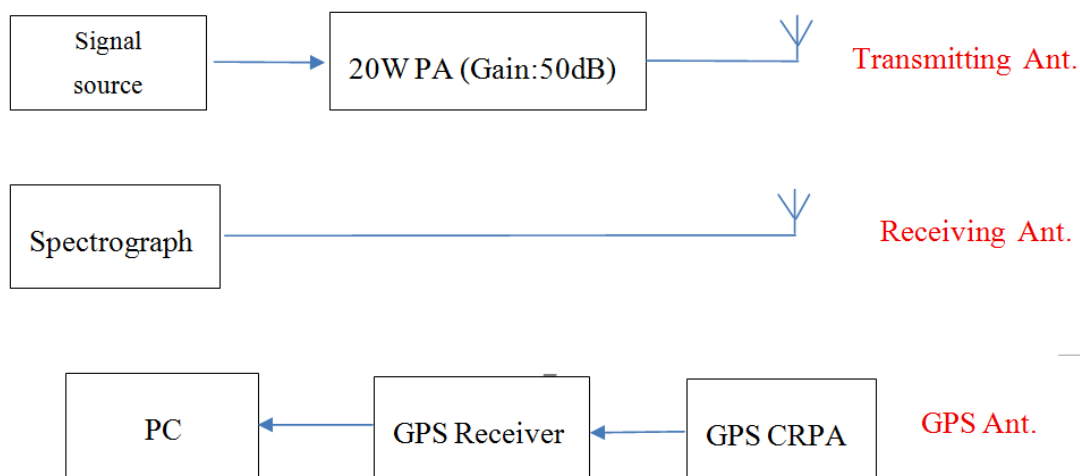
В ході проведення лабораторного тестування нами було підключено розроблену завадостійку антену (GPS CRPA) до звичайного GPS приймача, який в свою чергу був підключений до персонального комп'ютера для відображення параметрів прийому супутників та сили сигналу. Для оцінки роботи GPS було використано програмне забезпечення «GnssToolKit3». Схема підключення та результат роботи приймача за звичайних умов наведено на рисунках нижче.



4.2 Тестування без режиму протидії завадам

З метою тестування можливостей протидії завадам нами було використано джерело завад, підключене до всенаправленої антени. Джерело завад було налаштовано на генерацію радіочастотного шуму на частоті 1.574GHz. Замір потужності випромінювання завади було здійснено аналізатором RF спектру через звичайну GPS антену. Тестування проходило в два етапи – тестування без режиму протидії завадам та тестування з увімкненим режимом протидії завадам.

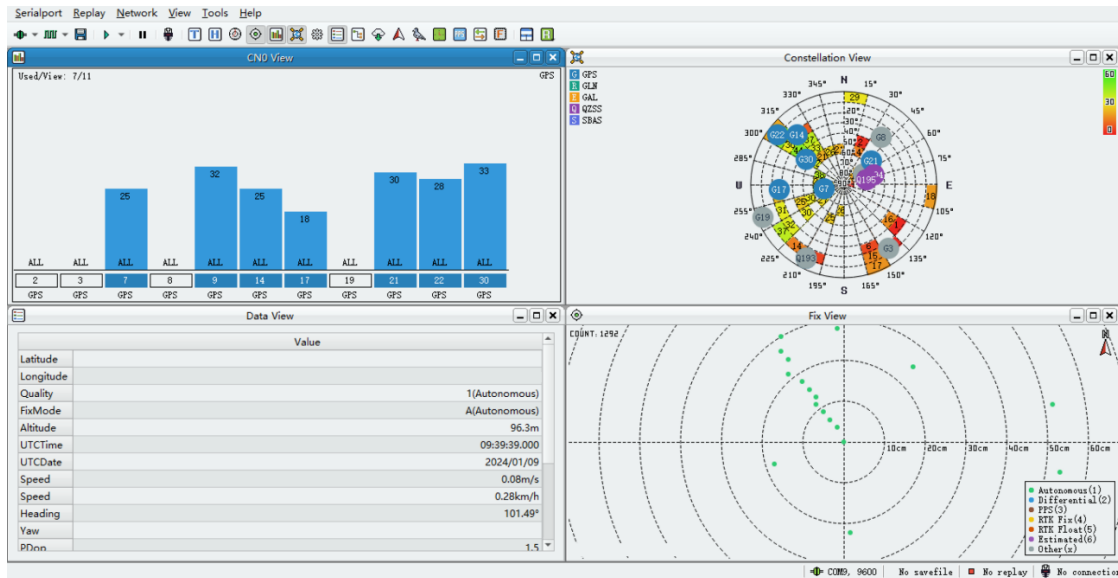
Схема підключення компонентів в процесі тестування зображена нижче:



Проведемо перевірку стійкості GPS антени з **вимкненою** функцією протидії завад. Для цього ми поступово збільшуємо потужність завади та виконуємо огляд показників аналізатора спектру та ПЗ «GnsToolKit3». Коли потужність завади досягла 10dBm, GPS приймач не зміг отримувати та опрацьовувати дані зі супутників. Функція визначення поточного положення більше не доступна. Нижче зображено, що GPS приймач не бачить активних супутників:

4.3 Тестування в режимі протидії завадам

Для перевірки здатності розробленого пристрою протидіяти завадам увімкнемо функцію адаптивної антенної решітки. GPS модуль знову зміг отримувати корисний сигнал та продовжив роботу. Результат роботи програми «GnssToolKit3» зображено нижче.



Продовжуємо підвищувати потужність джерела завади для визначення граничного значення здатності відокремлення корисного сигналу від шуму. В ході поступового збільшення потужності джерела завади було встановлено, що розроблений пристрій зміг протидіяти заваді потужністю до 40 dBm. Зображення вікна ПЗ «GnssToolKit3» при заваді потужністю 40 dBm наведено нижче.

