

Підключення зовнішньої GPS-антени до терміналу Starlink

[Oleg Kutkov](#) / 7 листопада, 2023

У цій статті я хотів би обговорити реалізацію Starlink GPS, потенційні проблеми та шляхи їх вирішення. Давайте домовимося, що стаття буде присвячена GNSS в цілому і для зручності я буду називати її GPS. Але спочатку...

Навіщо Starlink потрібен GPS?

Для успішного зв'язку з супутниками термінал Starlink повинен знати положення кожного супутника і бути здатним прогнозувати це положення. Антена Starlink не рухається майже не рухається, але використовує фазовану антенну решітку для електронного керування вузьким радіочастотним променем і спрямовує його на потрібний супутник у небі.

Використовуючи дані [TLE](#), відносно легко обчислити місцезнаходження супутника. Все, що вам потрібно - це останні дані TLE, координати станції і точний час. І саме тут у гру вступає GPS.

Starlink використовує вбудований GPS-приймач як джерело координат і часу для розрахунку положення супутників у небі. Крім того, GPS забезпечує стабільний часовий імпульс (1PPS), що контролює точність годинника. Правильний годинник має вирішальне значення, оскільки Starlink використовує спільний доступ до часу ([time-division](#)) і надає розклад для всіх терміналів у певній стільниці.

Після увімкнення і завантаження термінал Starlink починає процедуру "пошуку неба". По суті, він сканує все небо, шукаючи знайомі сплески сигналу. Потім, після успішного входу в мережу, Starlink може завантажити останню TLE з сервера даних "сузір'я" (який недоступний в Інтернеті). З цього моменту можна розрахувати точне положення всіх супутників Starlink і підтримувати стабільні сеанси зв'язку на основі мережевого розкладу.

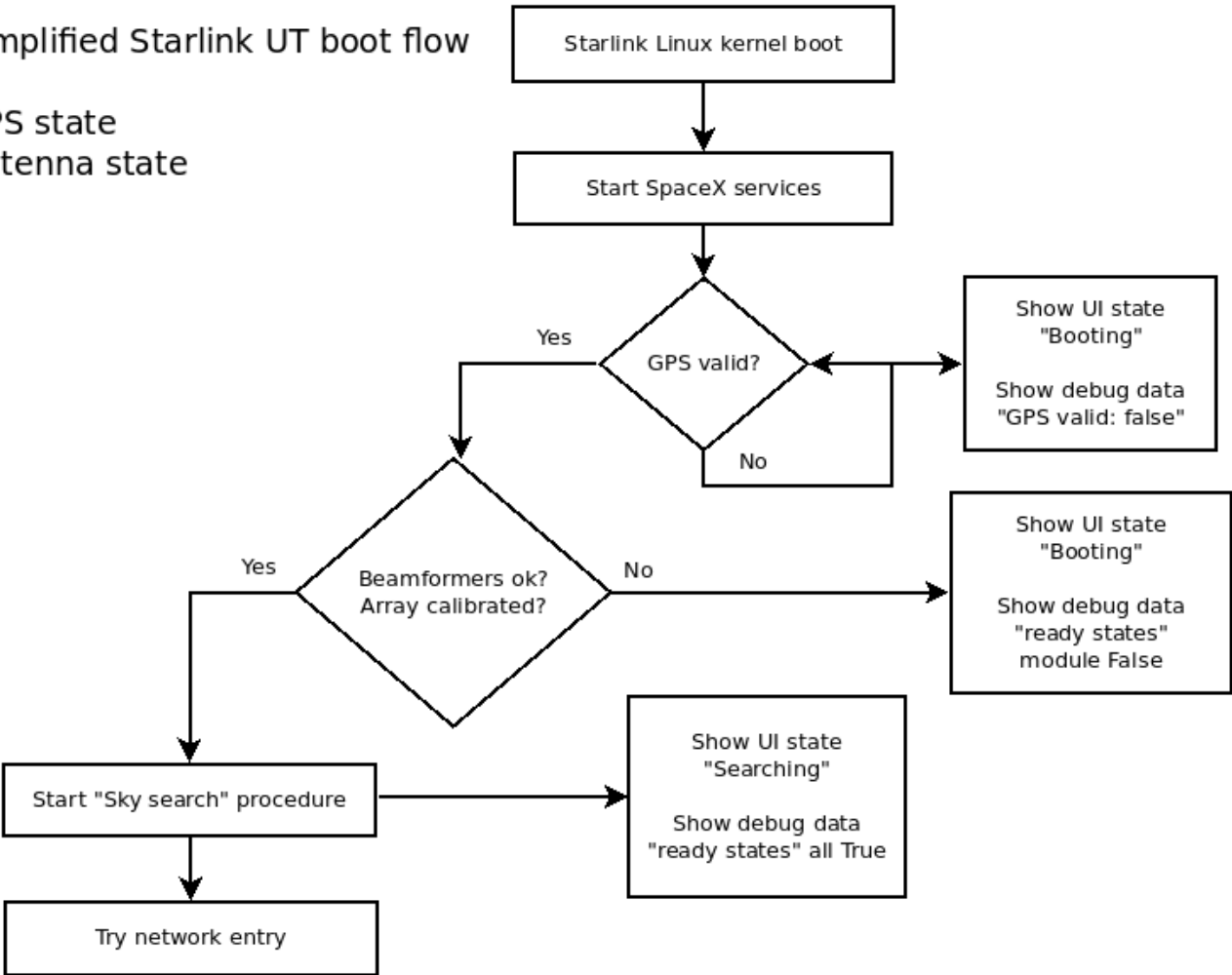
Таким чином, перед початком процедури "пошуку в небі" Starlink повинен отримати GPS координати і час (GPS прив'язку). Якщо координати недоступні, Starlink застрягне у стані "завантаження".



Цей стан вводить в оману. Термінал Starlink повністю завантажений, але застряг на якійсь процедурі ініціалізації верхнього рівня. Це може бути відсутність GPS Fix або проблема з антенною решіткою (невдале самокалібрування). Завжди перевіряйте "налагоджувальні дані", щоб з'ясувати, що пішло не так.

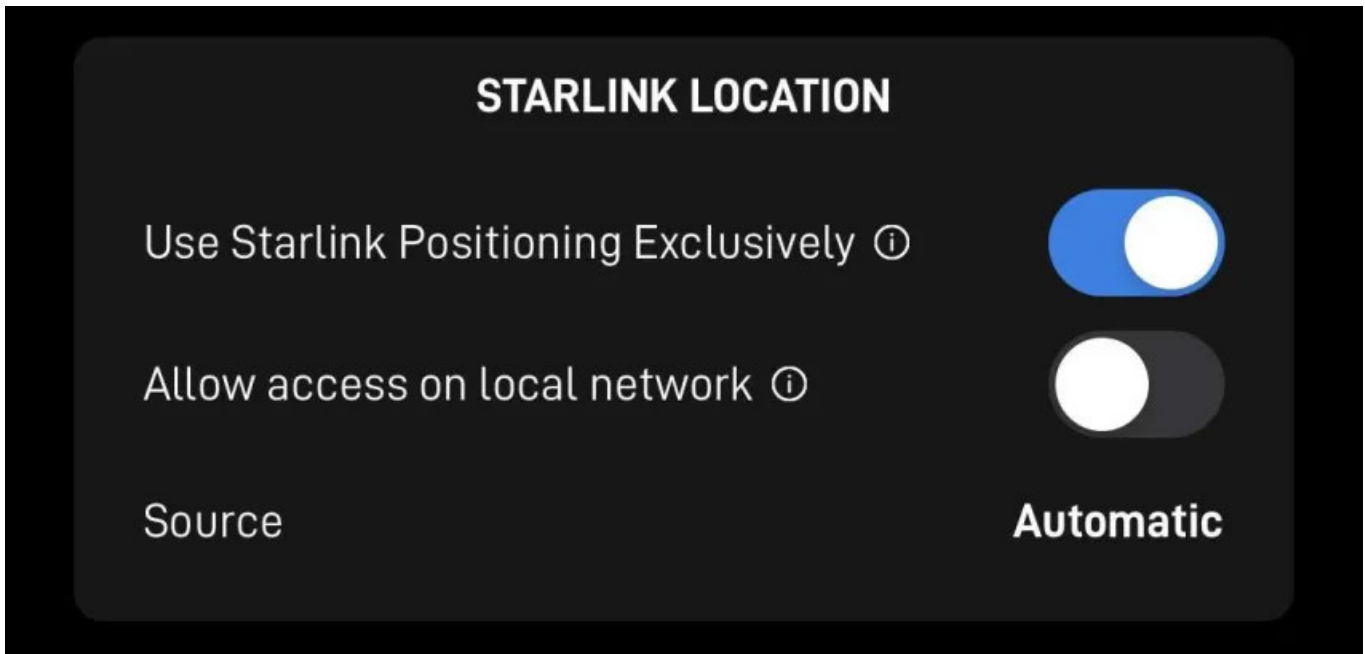
Simplified Starlink UT boot flow

GPS state
Antenna state



Starlink без GPS

Ні для кого [не секрет](#), що сузір'я Starlink можна використовувати для навігації. Термінал Starlink можна переключити з використання даних GPS на дані сузір'я. У мобільному додатку Starlink є спеціальний перемикач.



Ця опція дуже корисна, якщо у вас немає стабільного GPS-сигналу або якщо GPS-дані не є надійними. Цивільний GPS є вразливим і може бути заглушений або підроблений у деяких місцях. Або GPS-приймач може бути зламаний. Використання сузір'я Starlink дозволяє використовувати Starlink в таких умовах.

Але все має свою ціну. Обчислення координат на основі сузір'я Starlink вимагає більше ресурсів, і це не так швидко. Крім того, його не можна коректно використовувати в русі. Накопичені помилки можуть бути настільки значними, що Starlink не зможе працювати.

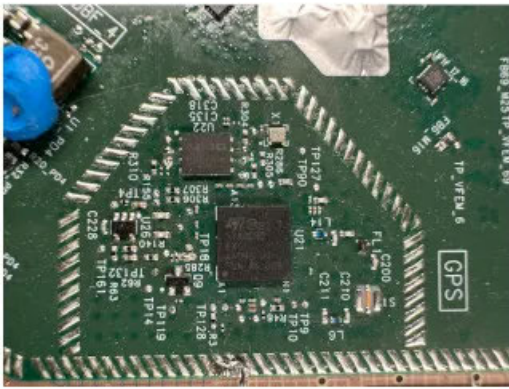
Реалізація Starlink GPS

У всіх версіях терміналу Starlink використовується GNSS-приймач автомобільного класу Teseo GNSS від ST. Це мультисистемний GPS/Galileo/GLONASS/BeiDou/QZSS приймач. Він досить надійний і багатофункціональний, але чутливий до навантажень, його відносно легко пошкодити досить сильним радіосигналом. Отже, **ніколи** не намагайтеся опромінювати ваш термінал Starlink з невеликої відстані за допомогою GPS-глушилки/спуфера.

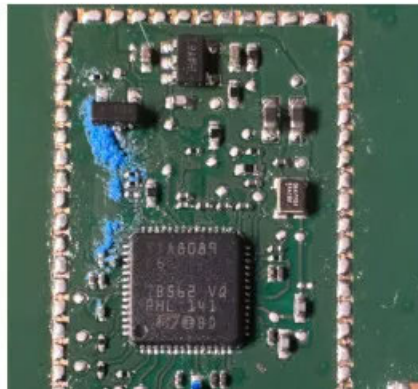
На оригінальному круглому терміналі Dishy (rev1) SpaceX використовувала набагато потужнішу мікросхему [STA8090](#) із зовнішньою флеш-пам'яттю. Потім вони перейшли на дешевше рішення з мікросхемою [STA8089](#).

Starlink GNSS receiver

User terminal rev1



User terminal rev2



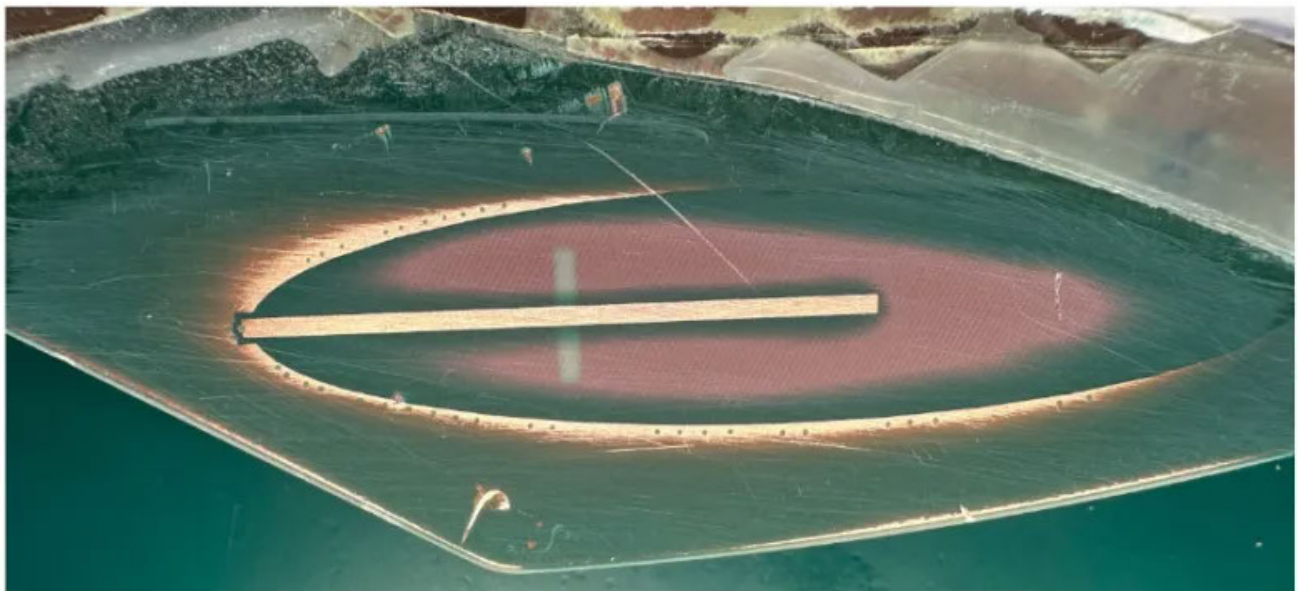
User terminal rev3



Обидві IC мають схожий інтерфейс NMEA і можуть бути налаштовані для надання конкретних даних для різних сузір'їв GNSS. У цій статті я не буду вдаватися до точної конфігурації, яку використовує Starlink.

Антени також відрізняються. Деякі користувачі помітили, що круглі UT (rev1 і rev2) отримують GPS швидше, навіть у поганих умовах. Це не дивно. Круглий термінал Starlink (rev1 і rev2) був набагато більшим і мав більше місця. Таким чином, тут ми бачимо патч-антену на чверть довжини хвилі. Коефіцієнт підсилення невідомий.

Starlink GNSS patch antenna rev1 and rev2 (round Dishy)



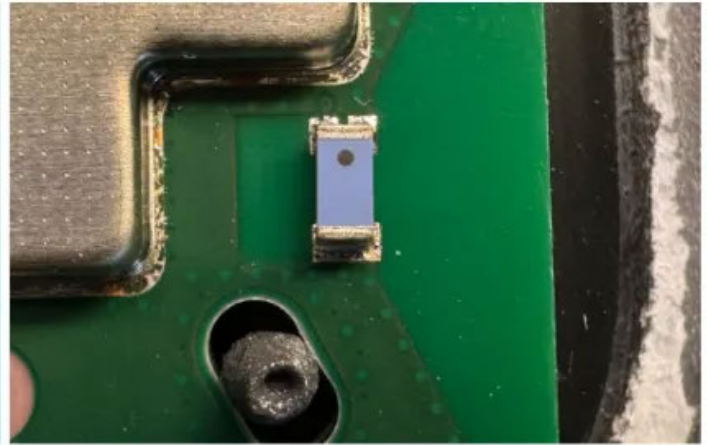
Від найпоширенішого квадратного терміналу (rev3) SpaceX перейшла на компактну антену з керамічних чіпів. Відомо дві версії цієї антени.

Starlink GNSS chip antenna rev3 (square Dishy)

Version A



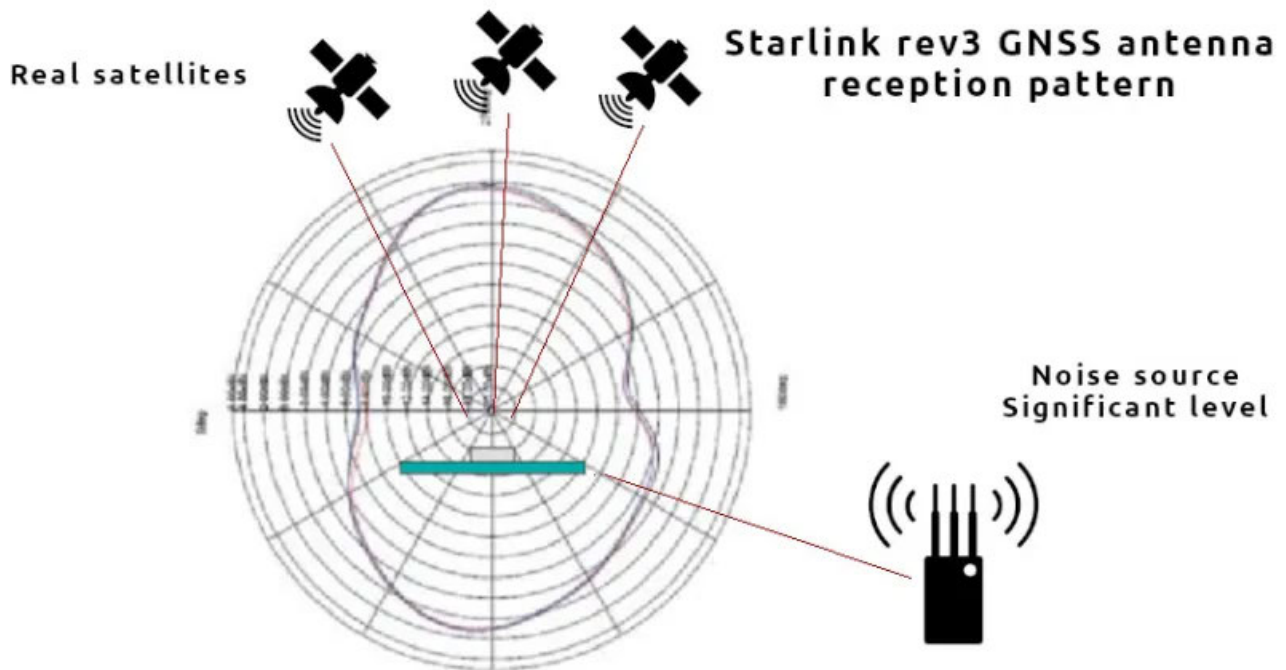
Version B



Це всеспрямована антена з низьким коефіцієнтом підсилення (~3 дБ). У них не так багато вільного місця на друкованій платі rev3, тому я вважаю, що ця дешева антена була найкращим вибором. Вона працює в більшості випадків.

Основною проблемою GPS-антени Starlink є не низький коефіцієнт підсилення, а діаграма спрямованості, яка дозволяє цій антені "чути" все: супутники в небі і можливі джерела перешкод/спотворення поблизу.

Крім того, обидві антени лінійно поляризовані, але GNSS-сигнали мають кругову поляризацію. Таким чином, антена Starlink втрачає частину корисного сигналу. Водночас вона може бути більш чутливою до сигналу перешкод, який поширюється в тій самій площині поляризації.



Зазвичай це призводить до вічного "завантаження" або, в гіршому випадку, до пошкодження мікросхеми STA8089.

На щастя, багато проблем можна вирішити за допомогою належної зовнішньої GPS-антени або навіть антени [CRPA](#) (якщо є якісь особливі вимоги).

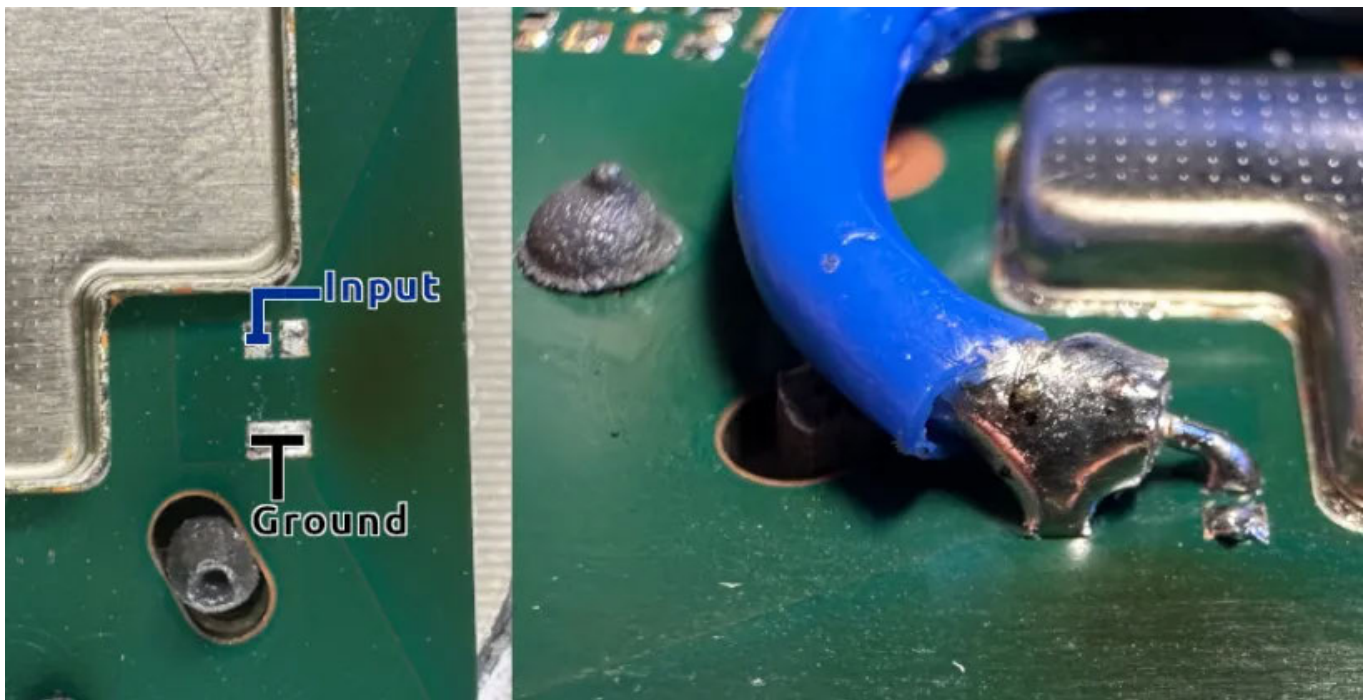
Альтернативна антена

Можна підключити як пасивну, так і активну патч-антену. Кругова поляризована спрямована патч-антена може забезпечити кращий захист від глушіння сигналів і швидше блокування GPS. У випадку захисту від перешкод я маю на увазі джерела, які розміщені десь далеко від головної пелюстки антени. Фактичне придушення бічних пелюсток залежить від типу антени. Для прикладу я буду використовувати користувацький термінал rev3_prot2.

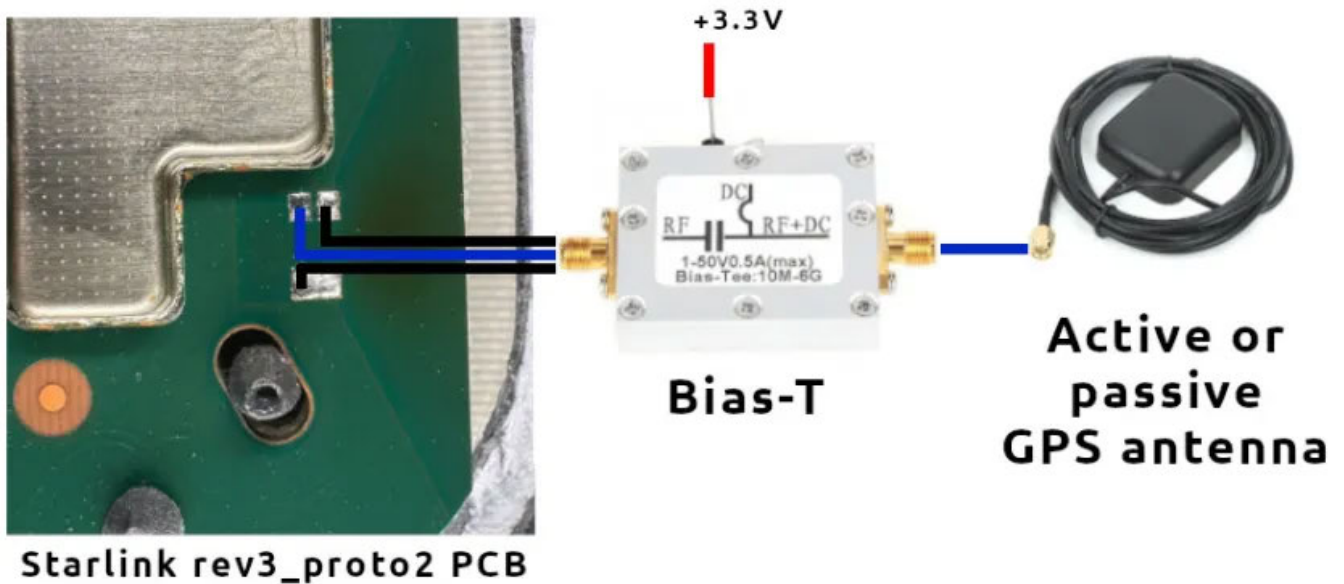
Кабель зовнішньої антени можна під'єднати безпосередньо до друкованої плати Starlink замість антени на мікросхемі. Існує зручна 50-омна лінія живлення.

По-перше, зніміть мікросхему антени. По-друге, припаяйте коаксіальний кабель безпосередньо до печатної плати. Зручно припаяти екран кабелю до нижнього виводу заземлення.

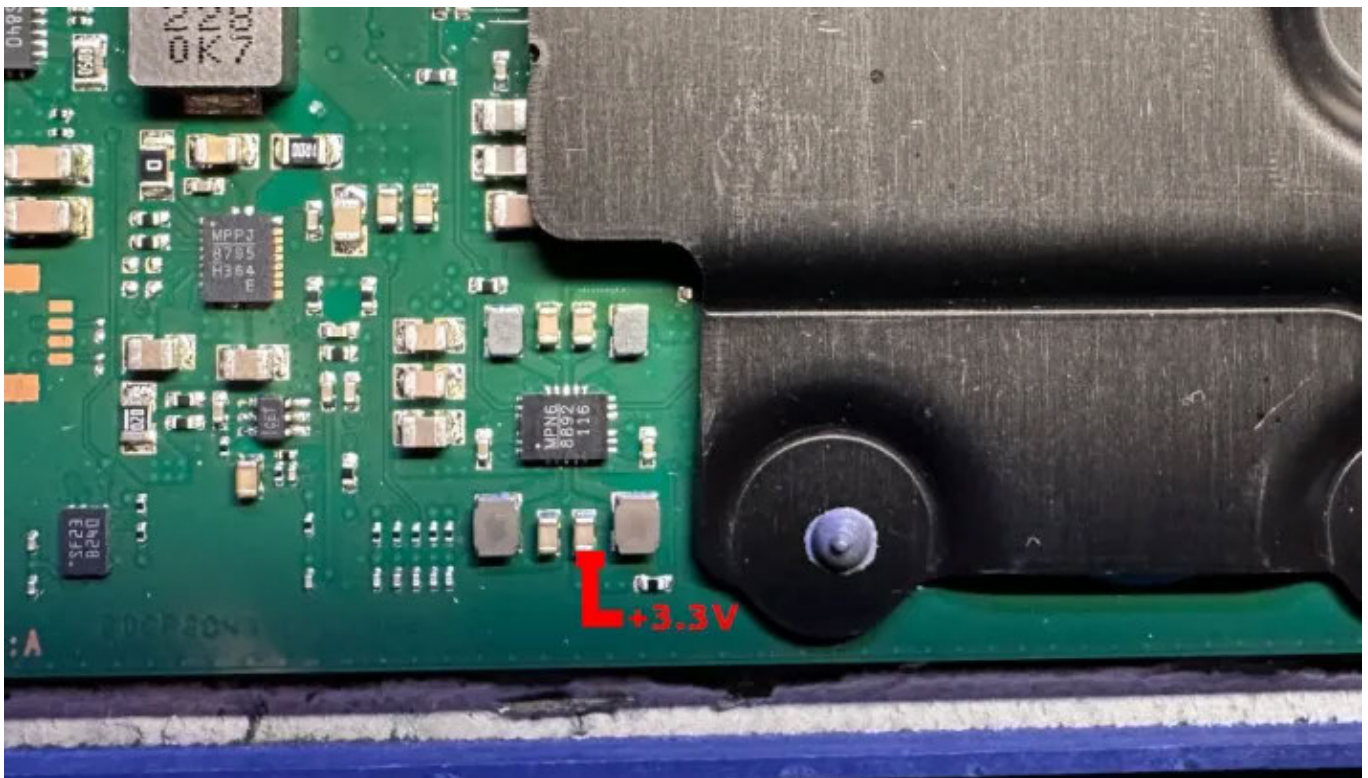
Будь ласка, постарайтеся якимось закріпити кабель, щоб уникнути відриву контактів.



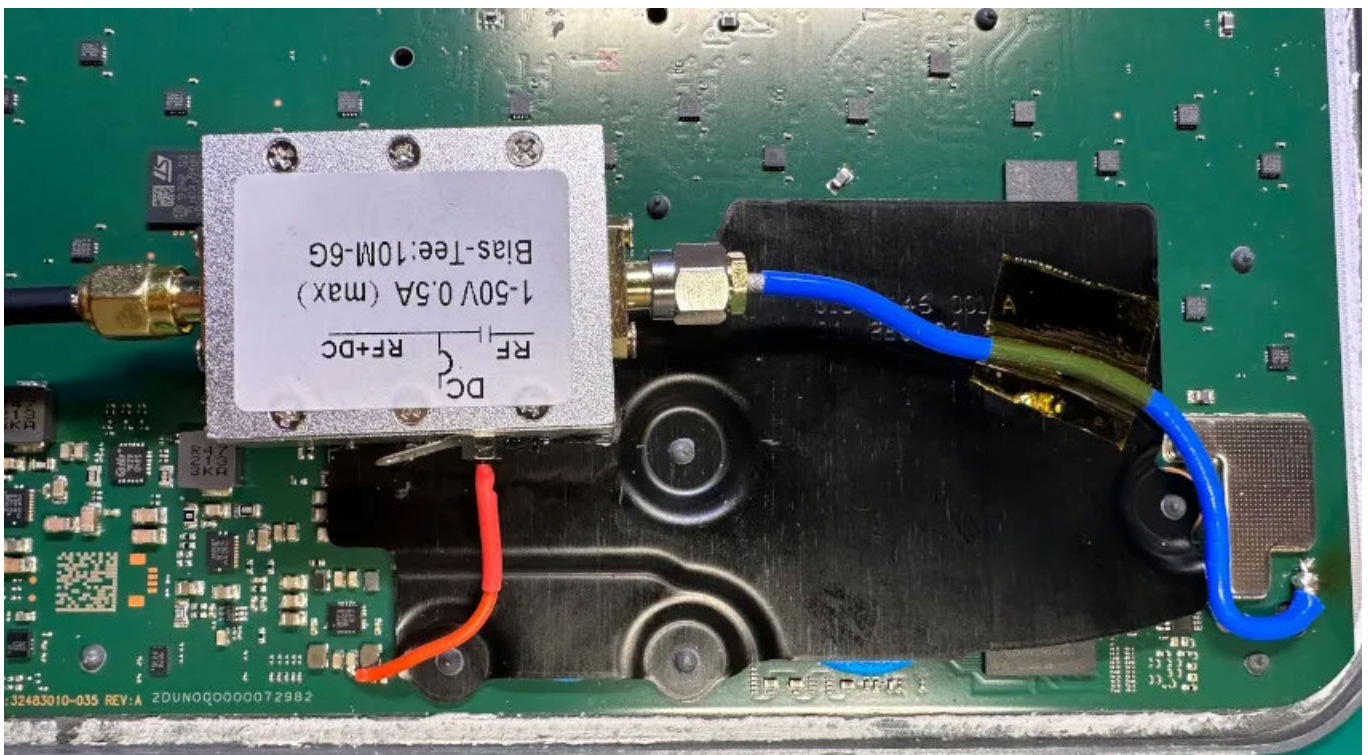
Кабель можна приєднати безпосередньо до пасивної зовнішньої антени або до Bias-T для живлення активної антени. Можна використовувати Bias-T з пасивною антеною. Тільки будьте обережні і не замикайте його на землю.



Зручно брати 3,3 вольт з печатної плати Dishy. Поруч є стабілізатор напруги. Його вистачить для живлення ще одного маленького пристрою.



Я використовував популярний і дешевий модуль [Bias-T](#). Він досить якісний і добре працює на частоті 1575 МГц. Цей модуль можна приклеїти безпосередньо до радіатора Dishy. Положення було підігнано так, щоб можна було встановити задню кришку користувацького терміналу. Розташований зверху, цей модуль не сильно впливає на роботу радіатора.



У цьому корпусі на задній панелі встановлено додатковий водонепроникний роз'єм SMA. Це дозволяє легко від'єднувати та замінювати GPS-антени.



Я проводжу тести з трьома GPS-антенами. Номери 2 і 3 дуже схожі між собою. Умови тестування були навмисно неоптимальними, з частково заблокованим небом.



Ось результати порівняно зі стандартною чип-антенною:

Антенa	Час готовності	Супутників, шт	GPS активний (пошук неба)
Built-in chip	3 хвилин	5	Так
1	30 секунд	10	Так

Антенa	Час готовності	Супутників, шт	GPS активний (пошук неба)
2	30 секунд	10	Так
3	45 секунд	13	Так

Як бачите, всі зовнішні активні антени забезпечують швидший час запуску і більшу кількість супутників, що може бути важливо в деяких випадках.

Мої друзі допомогли протестувати цю модифікацію в місцевості з постійним придушенням діапазонів GPS. Дякую, команда 14!

На додаток до придушення сигналу, місце тестування було не оптимальним через додаткові перешкоди.

У тестуванні брали участь два пристрої: немодифікований і з зовнішньою активною антеною. Результати наведено нижче.

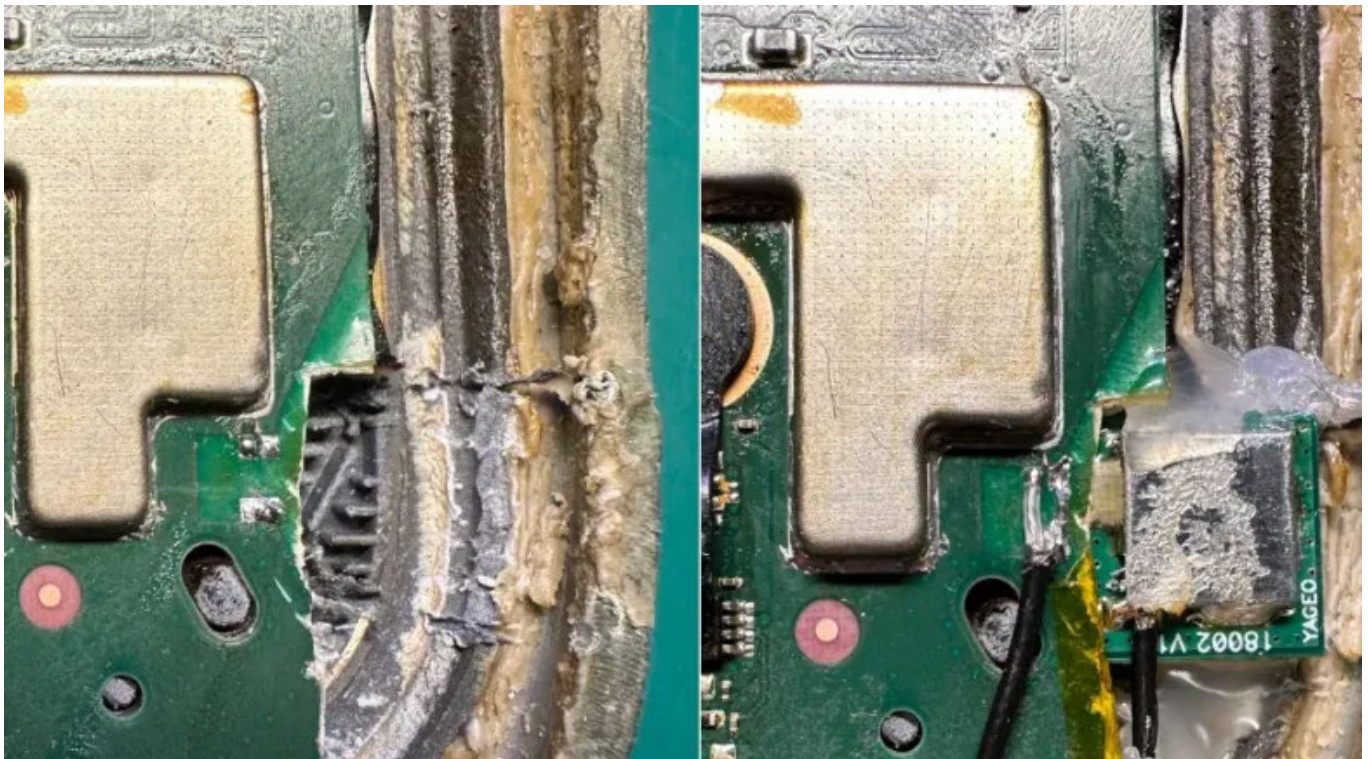
Тип терміналу користувача	Час готовності	Супутників, шт	Онлайн режим
Немодифікований	2 хвилини	0	Ні
Немодифікований	5 хвилин	0	Ні
Немодифікований	30 хвилин	0	Ні
Модифікована активна GPS-антена	2 хвилини	13	Так
Модифікована активна GPS-антена	5 хвилин	17	Так
Модифікована активна GPS-антена	30 хвилин	15	Так

Крім того, в Dishy можна інтегрувати невелику пасивну патч-антену у випадку нестандартного (автомобільного) монтажу.

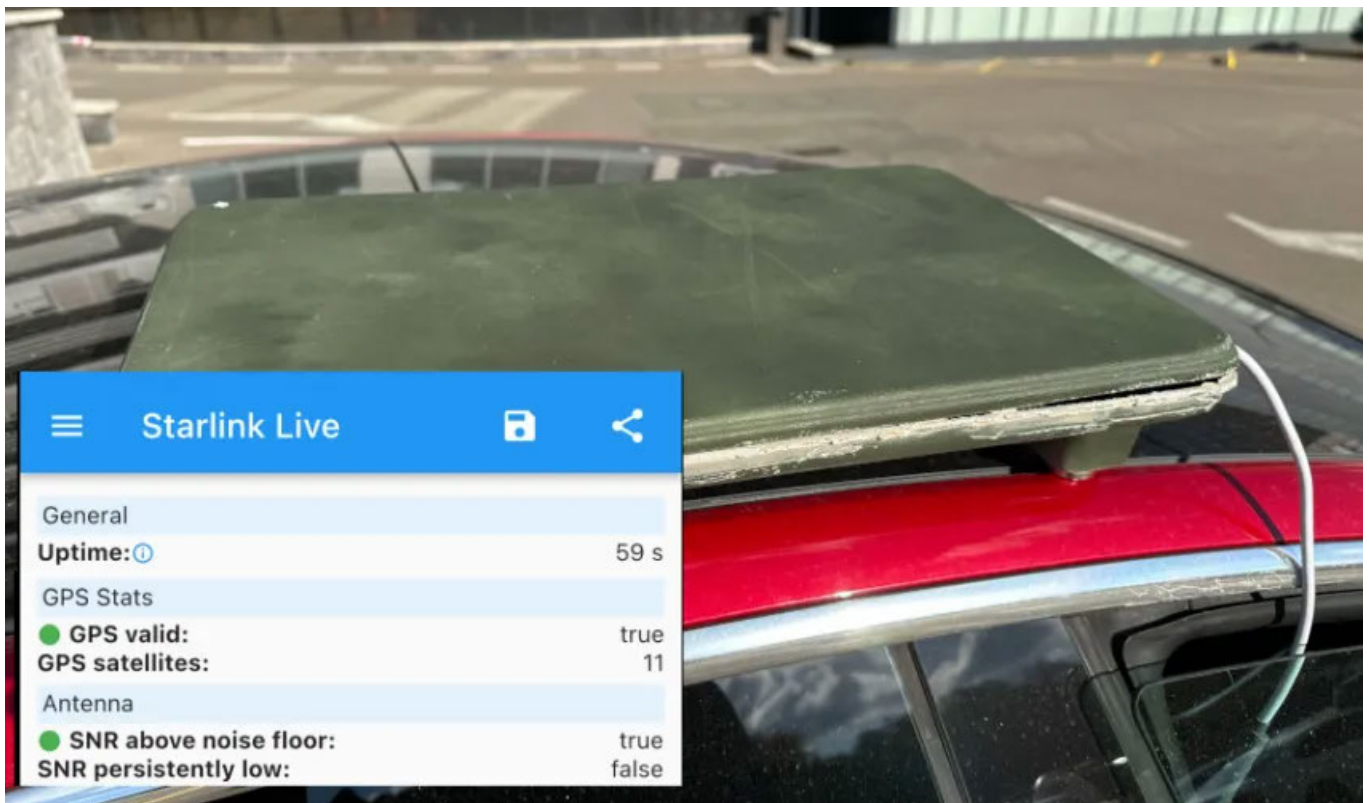
Ця антена має відносно невеликий коефіцієнт підсилення, але все одно забезпечує достатньо хороше посилення і спрямованість.



Виглядає страшнуvато, але тут можна безпечно розрізати печатну плату, щоб акуратно вмонтувати антену.



Результат - 11 супутників і онлайн менш ніж за хвилину:



Дякую, що прочитали!

Теги [antenna](#), [dishy](#), [gps](#), [starlink](#)