



Space Radio for Ukraine

Інструкція зі складання навчального радіотелескопа

Воркшоп для викладачів і вчителів з радіоастрономії

Автор інструкції: Valentyna Babur, DESY

За підтримки: Martin Schwinzerl (DZA) та Pavlo Plotko (DZA)

Контакт: Pavlo Plotko (DZA) · pavlo.plotko@dzastro.de

Зміст

1 Вступ	2
2 Складання конічної рупорної антени	2
2.1 Матеріали та інструменти	2
2.2 Шаблони деталей	3
2.3 Покрокова інструкція	3
3 Електронний блок: перелік компонентів	11
4 Вправа 1. Широкосмуговий аналіз з логоперіодичною антеною	14
4.1 Потрібні компоненти	14
4.2 Схема підключення	14
5 Вправа 2. Детектування 21-см лінії нейтрального водню	15
5.1 Потрібні компоненти	15
5.2 Схема підключення	15
5.3 Порядок складання тракту	15
6 Калібрування та базові перевірки	18

1. Вступ

Цей посібник підготовлено для учасників воркшопу **Space Radio for Ukraine**. Його мета — допомогти зібрати навчальний радіотелескоп, правильно під'єднати електронний блок і виконати дві базові вправи з радіоастрономії.

2. Складання конічної рупорної антени

2.1. Матеріали та інструменти

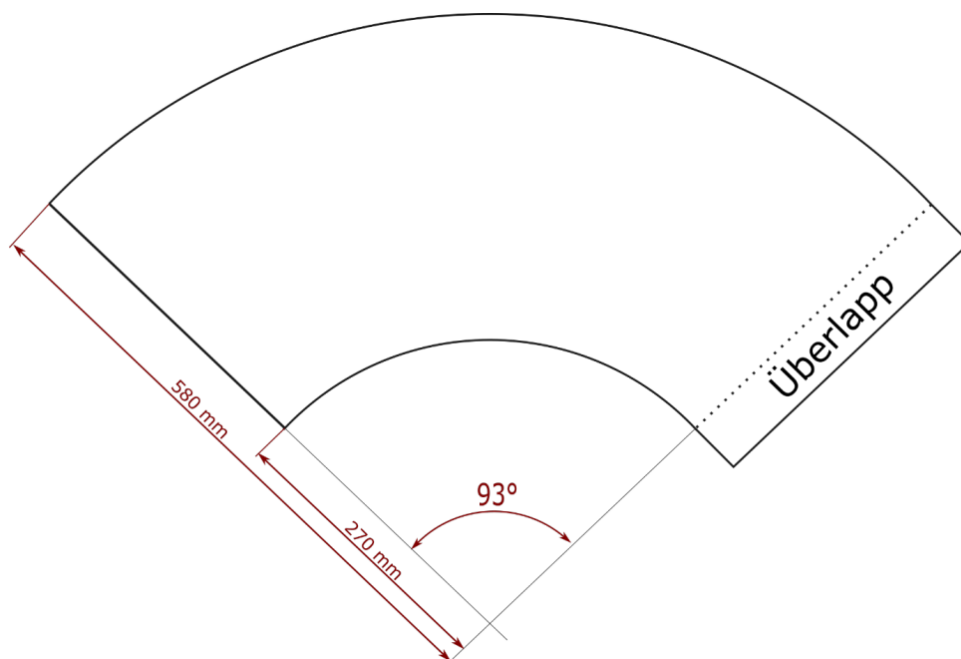
Основні матеріали

- 2 аркуші картону формату DIN A1;
- 1 рулон провідної клейкої стрічки;
- 1 рулон алюмінієвої фольги;
- 1 порожня жерстяна банка об'ємом 2,5 л (140 × 180 мм);
- 1 антенний елемент;
- 1 штатив;
- 1 кріплення для антени.

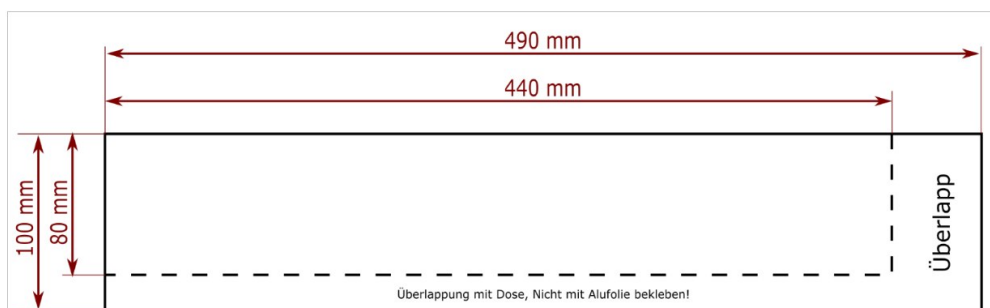
Допоміжні матеріали

- олівець;
- ножиці;
- нитка;
- транспортир;
- лінійка;
- клей.

2.2. Шаблони деталей



(a) Шаблон конічної воронки



(б) Шаблон манжета

Рисунок 1. Макети елементів рупорної антени

2.3. Покрокова інструкція

Крок 1. Склейте два аркуші картону з перекриттям приблизно 7 см, як показано на рис. 2.



Рисунок 2. Склеювання двох аркушів картону

Крок 2. За шаблонами на рис. 1 накресліть елементи кінчної частини антени: **воронку** та **манжет**. Для побудови дуги воронки використовуйте нитку, прикріплену до олівця, як показано на рис. 3.

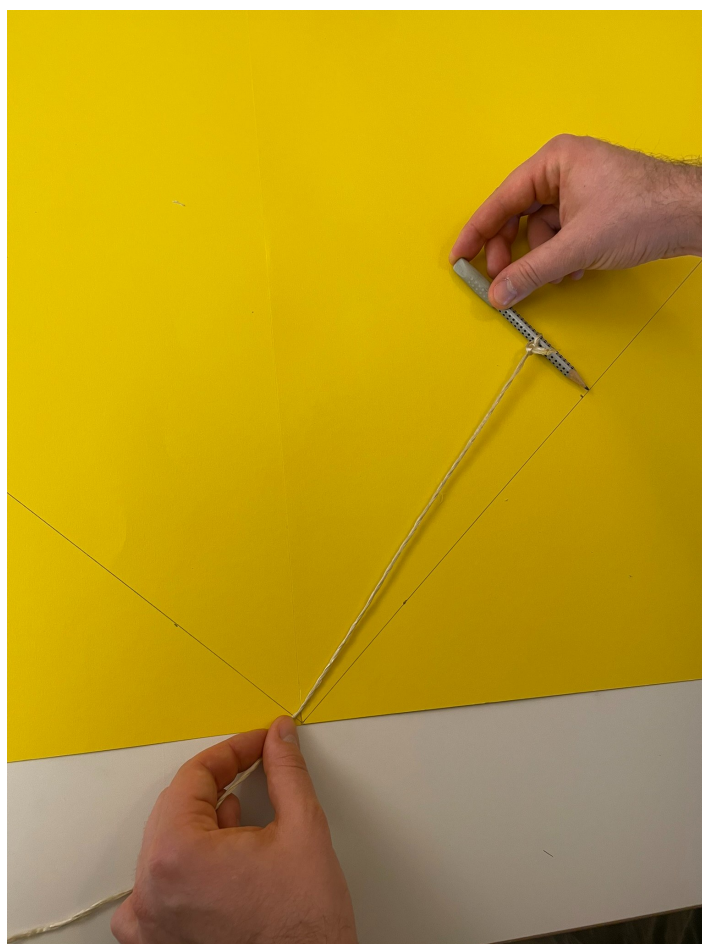


Рисунок 3. Побудова дуги за допомогою нитки та олівця

Крок 3. Виріжте накреслені елементи. На рис. 4 показано вигляд заготовок після розмітки.



Рисунок 4. Розмічені елементи перед вирізанням

Крок 4. Обклейте воронку та манжет фольгою з одного боку. На воронці залиште смугу шириною приблизно 7 см без фольги для подальшого склеювання. Малу дугу воронки та довгий край манжета бажано додатково обклеїти провідною клейкою стрічкою.

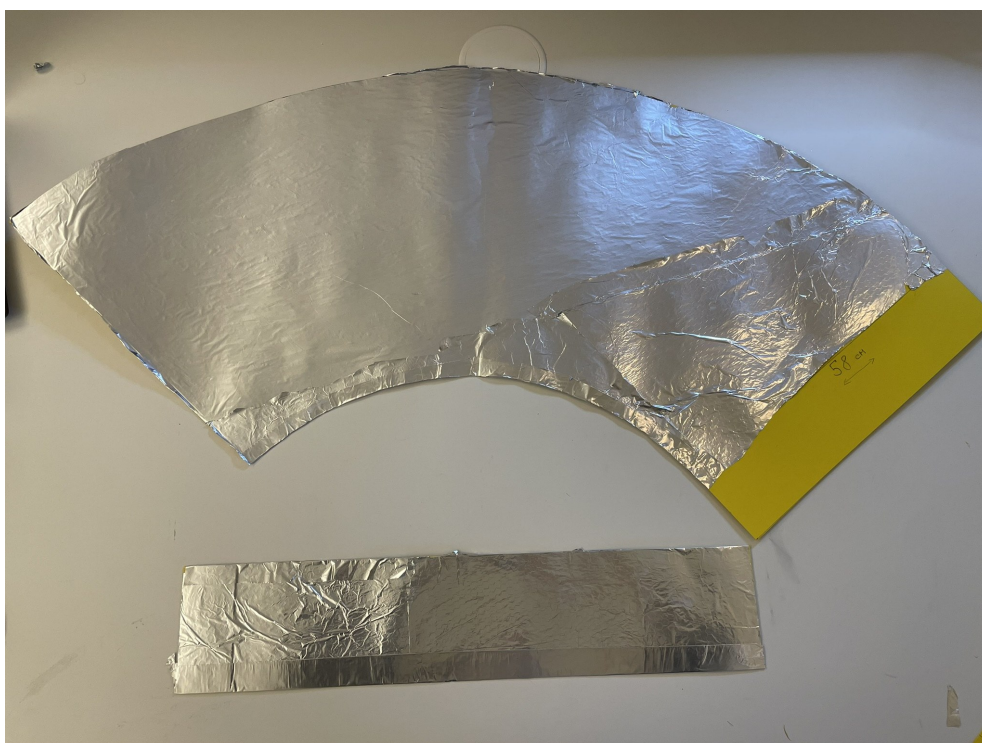


Рисунок 5. Вирізані елементи, обклеєні фольгою

Крок 5. Сформуйте та склейте воронку, як показано на рис. 6.



Рисунок 6. Готова конічна воронка

Крок 6. Підготуйте антенний елемент і встановіть його в заздалегідь підготовлений отвір у жерстяній банці. Надійно зафіксуйте його гайкою.



Рисунок 7. Установлення антени в банку

Крок 7. Щільно закріпіть манжет на банці за допомогою провідної клейкої стрічки.



Рисунок 8. Закріплений манжет.

Крок 8. Приєднайте воронку до манжета та переконайтеся, що всі провідні частини елементів щільно контактують одна з одною. За потреби використайте додаткову провідну клейку стрічку.

Крок 9. Перевірте електричну провідність усієї конструкції мультиметром як на рис. 9.



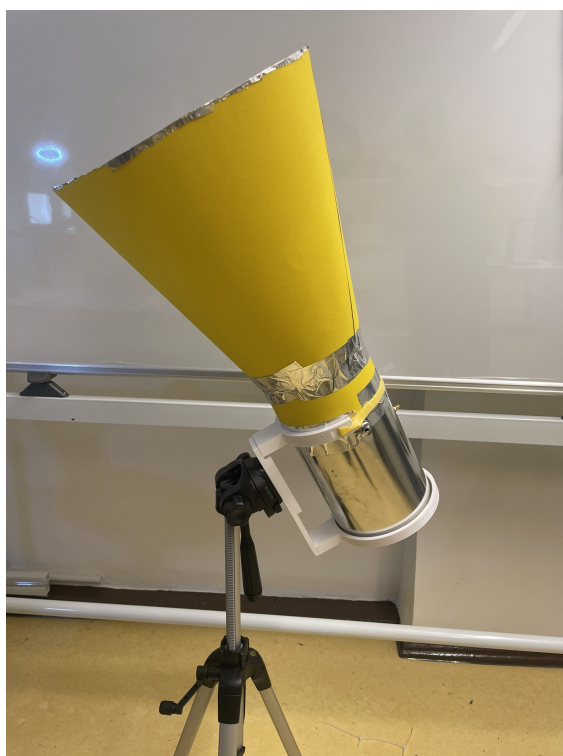
Рисунок 9. Перевірка на провідність.

Крок 10. Зберіть кріплення для штативу як на рис. 10.



Рисунок 10. Готове кріплення.

Крок 11. Встановіть кріплення з антеною на штатив.



Конічна рупорна антена готова!

Антенa готова до підключення електронного блоку та подальших спостережень.

3. Електронний блок: перелік компонентів

На фото компоненти позначено номерами. Для зручності в таблиці нижче використано ту саму нумерацію.



Рисунок 11. Компоненти електронного блоку

№	Компонент	К-сть
1	Низькошумовий підсилювач (Low-Noise Amplifier, LNA), 0.1 МГц – 6 ГГц	1
2	Підсилювачі SPF5189Z або TQP3M9009	2
3	Т-подібний змішувач (Bias Tee)	1
4	Смуговий фільтр 1420 МГц (Bandpass Filter, BPF)	1
5	SDR-модуль (Software Defined Radio)	1
6	Червоно-чорний кабель живлення, 250 см	1
7	Портативний зарядний пристрій	1
8	SMA-перехідники “мама–мама”	2
9	SMA-кабелі 30 см “мама–мама”	2
10	SMA-кабелі 15 см “мама–мама”	2
11	SMA-кабель 100 см “мама–мама”	1
12	$\lambda/4$ антена	1
13	Широкосмугова логоперіодична антена	1
14	Фільтр	1
15	Аналізатор спектра TinySA	1

4. Вправа 1. Широко смуговий аналіз з логоперіодичною антеною

4.1. Потрібні компоненти

- логоперіодична антена (13);
- за потреби — підсилювач (1);
- фільтр (14);
- аналізатор спектра TinySA (15).

4.2. Схема підключення

У найпростішому варіанті використовується така послідовність:

логоперіодична антена (13) → фільтр (14) → аналізатор спектра TinySA (15)

За потреби до схеми можна додати підсилювач (1):

логоперіодична антена (13) → підсилювач (1) → фільтр (14) → аналізатор спектра TinySA (15)

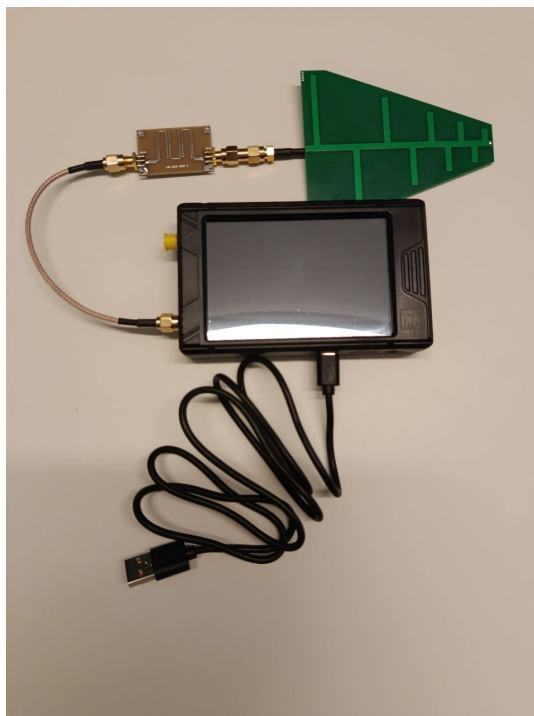


Рисунок 12. Підключення логоперіодичної антени до аналізатора спектра

5. Вправа 2. Детектування 21-см лінії нейтрального водню

5.1. Потрібні компоненти

- антена (12), уже встановлена в конструкцію рупорної антени;
- підсилювач (1);
- Bias Tee (3);
- фільтр 1420 МГц (4);
- два підсилювачі (2);
- SDR-модуль (5);
- кабель живлення (6);
- портативний зарядний пристрій (7);
- SMA-перехідники (8);
- SMA-кабелі 30 см (9);
- SMA-кабелі 15 см (10).

5.2. Схема підключення

Рекомендована послідовність:

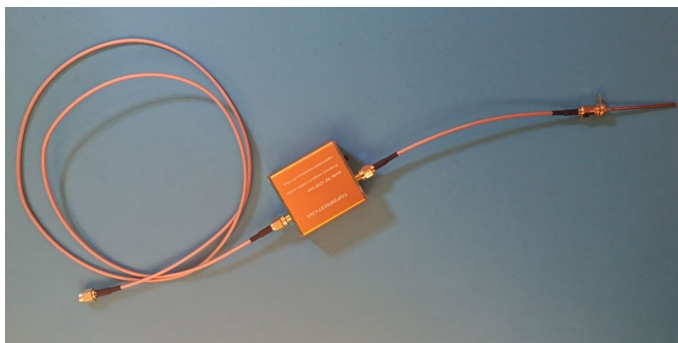
антена (12) → підсилювач (1) → кабель 30 см (9) → Bias Tee (3) → перехідник (8) → фільтр 1420 МГц (4) → кабель 15 см (10) → підсилювач (2) → перехідник (8) → підсилювач (2) → кабель 30 см (9) → SDR-модуль (5)

Важливо: смуговий фільтр 1420 МГц завжди має бути **після** Bias Tee. Неправильна послідовність може пошкодити фільтр.

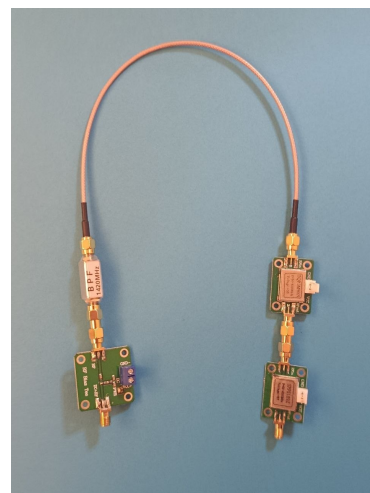
5.3. Порядок складання тракту

1. Під'єднайте антену (12), установлену в рупорній конструкції, до підсилювача (1).
2. Під'єднайте підсилювач (1) до Bias Tee (3) за допомогою кабелю 30 см (9).
3. З'єднайте Bias Tee (3) з фільтром 1420 МГц (4), використовуючи перехідник (8).
4. Після фільтра під'єднайте перший підсилювач (2) за допомогою кабелю 15 см (10).

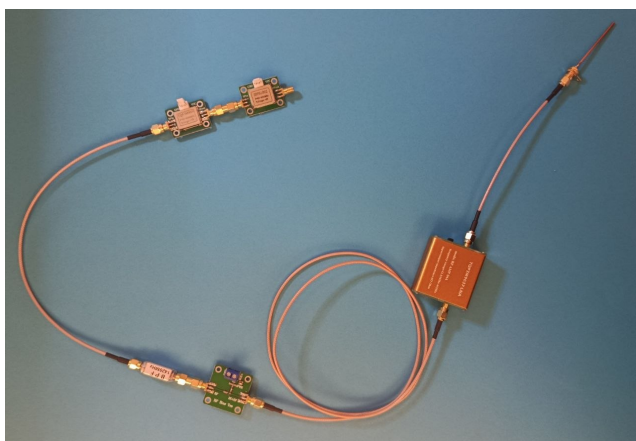
5. З'єднайте два підсилювачі (2) між собою, використовуючи перехідник (8).
6. До виходу другого підсилювача під'єднайте SDR-модуль (5) через кабель 30 см (9).
7. Під'єднайте живлення до відповідних елементів тракту за допомогою кабелю (6) та портативного зарядного пристрою (7). Для підключення Bias Tee використайте викрутку.



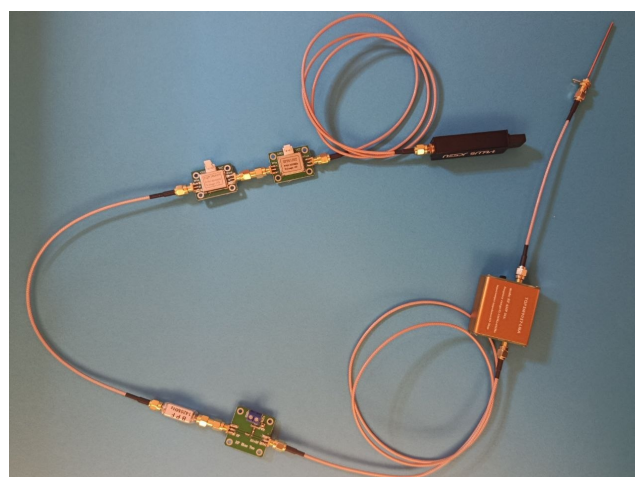
(а) Антена, підсилювач та Bias Tee



(б) Фільтр та підсилювачі



(в) Проміжний етап складання тракту



(г) Підключення SDR-модуля

Рисунок 13. Послідовність складання приймального тракту для спостереження 21-см лінії

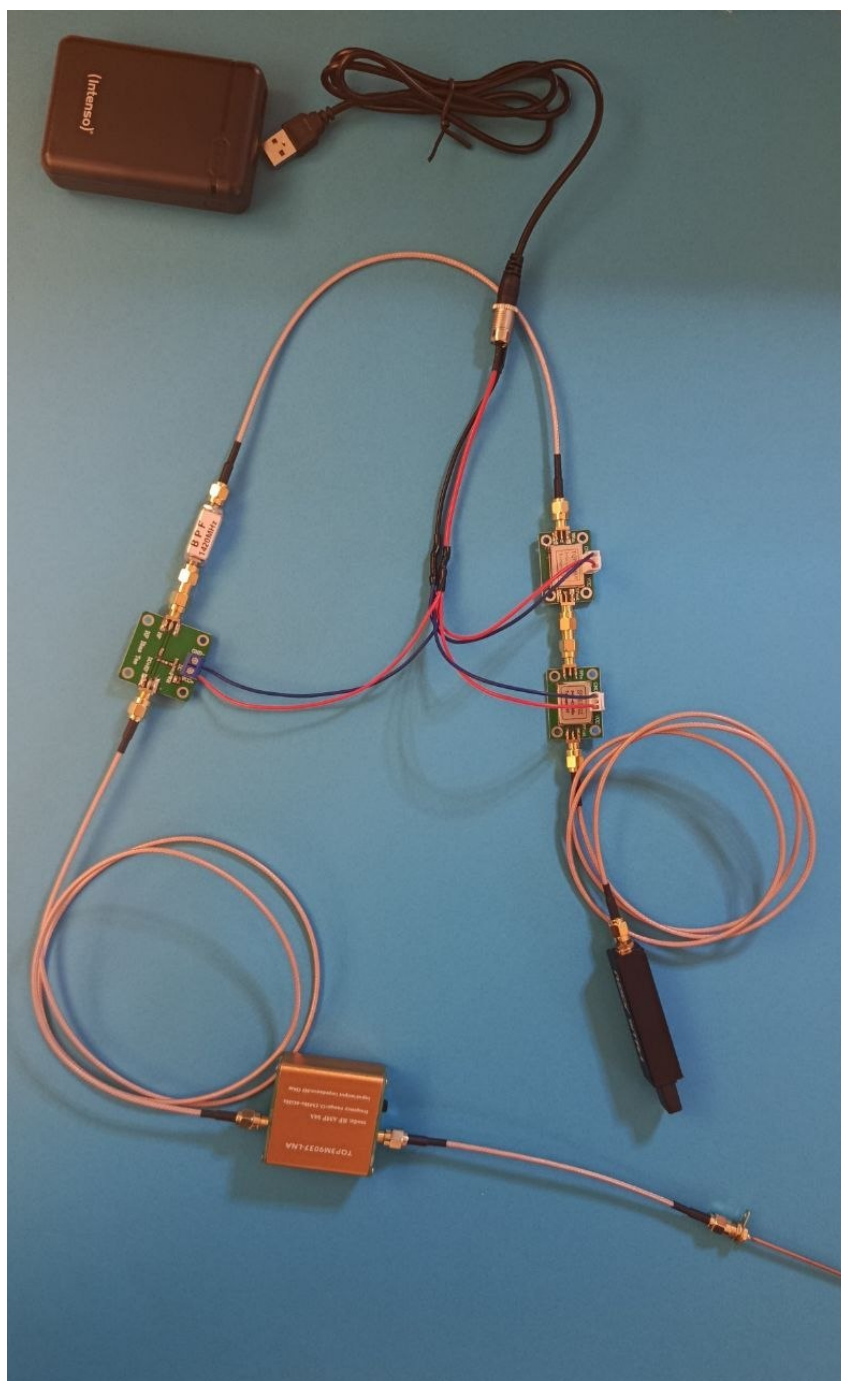


Рисунок 14. Повністю зібраний тракт для реєстрації 21-см лінії

6. Калібрування та базові перевірки

Перед початком будь-яких спостережень виконайте такі перевірки:

1. **Перевірка провідності антени.** Переконайтеся за допомогою мультиметра, що провідні частини рупорної антени мають електричний контакт.
2. **Перевірка механічної стабільності.** Переконайтеся, що антена надійно закріплена на кріпленні та штативі.
3. **Перевірка SMA-з'єднань.** Усі роз'єми мають бути щільно закручені, але без надмірного зусилля.
4. **Перевірка правильності послідовності елементів.** Особливо уважно перевірте розміщення Bias Tee, фільтра та підсилювачів.
5. **Перевірка живлення.** Переконайтеся, що всі активні компоненти, які потребують живлення, підключені правильно.

Порада: Якщо сигнал слабкий або відсутній, направте антену у бік відкритого неба, подалі від будівель та металевих конструкцій, які можуть відбивати або поглинати сигнал.