

VRX 0.6–5.0 GHz

Опис роботи модуля та керування за протоколом TBS Fusion

Модуль прийому аналогового відео 600–5000 МГц

Живлення. Модуль живиться від +5 В. Для RF-тракту рекомендоване стабільне малопотужне джерело живлення 5 В.

Відеовихід. Аналогове композитне відео CVBS доступне на контакті VIDEO.

Керування. Використовується формат повідомлень TBS Fusion Serial Interface. Лінія DATA підключена до контакту RX і працює як half-duplex UART 115200 бод, 8N1. Контакт TX використовується як TXEN: він переходить у високий рівень, коли модуль передає дані.

1. Загальний принцип роботи

VRX-модуль приймає аналоговий відеосигнал у RF-діапазоні 0,6–5,0 ГГц. Зовнішній контролер задає бажану частоту прийому через серійний інтерфейс, сумісний за форматом з TBS Fusion.

Host-контролеру не потрібно передавати band, rtc_freq та lo_freq окремо. Після отримання команди встановлення частоти модуль сам виконує внутрішній вибір RF-тракту та розрахунок параметрів перетворення.

Антенa

→

RF-тракт

→

Міксер / RTC

→

CVBS VIDEO

2. Електричні сигнали та підключення

Контакт / сигнал	Функція	Параметри	Примітка
+5V	Живлення	5 В DC	Живлення модуля
GND	Земля	Спільна земля	Для живлення та UART
VIDEO	Відеовихід	CVBS	Аналогове композитне відео
RX	DATA	Half-duplex UART	Спільна лінія приймання/передавання даних
TX	TXEN	Цифровий вихід	Високий рівень під час передавання модулем

UART. 115200 бод, 8 біт даних, без парності, 1 стоп-біт (8N1), half-duplex.

RX і TX. RX є двонапрямною лінією DATA. Контакт TX не містить UART-поток даних: він використовується як TXEN і піднімається, коли модуль передає відповідь.

3. Формат кадру TBS Fusion

Кожне повідомлення починається з двобайтового стартового коду, після якого передаються CRC, адреса, тип повідомлення, довжина та payload.

Поле	Довжина	Формат	Опис
START CODE	2 байти	0xAA 0x55	Початок кадру
CRC	2 байти	uint16 LE	CRC16-CCITT-FALSE
ADDRESS	1 байт	uint8	У цьому модулі значення ігнорується
TYPE	1 байт	uint8	Тип команди / відповіді
LENGTH	1 байт	uint8	Кількість байтів payload
PAYLOAD	N байт	залежить від TYPE	Дані повідомлення

4. CRC16

CRC обчислюється від поля ADDRESS до останнього байта PAYLOAD. START CODE та саме поле CRC у розрахунок не входять.

Параметр	Значення
Алгоритм	CRC16-CCITT-FALSE
Поліном	0x1021
Початкове значення	0xFFFF
RefIn / RefOut	False / False
XorOut	0x0000

Поле ADDRESS. Адреса не використовується для вибору цього VRX-модуля і може мати довільне значення. Водночас фактично переданий байт ADDRESS обов'язково враховується під час розрахунку CRC.

5. Керування частотою

Для встановлення робочої частоти використовується команда TBS Fusion типу 0x03 (Command Set Frequency). Для цього VRX-модуля допустима частота входу F_IN: 600-5000 МГц.

Поле	Довжина	Значення	Опис
TYPE	1 байт	0x03	Встановити частоту
LENGTH	1 байт	0x02	Payload містить 2 байти
FREQUENCY	2 байти	uint16 LE	Частота F_IN у МГц, 600-5000

Сумісність. Оригінальна документація TBS Fusion для TYPE 0x03 описує діапазон 4900-6200 МГц. У цій реалізації зберігається формат кадру й команди, але RF-діапазон модуля становить 600-5000 МГц.

6. Внутрішня перебудова RF-тракту

Після отримання F_IN прошивка модуля самостійно вибирає RF-маршрут, робочу частоту RTC та частоту локального генератора міксер.

$$F_{LO} = \text{abs}(F_{RTC} - F_{IN})$$

- F_IN - частота, передана контролером у команді TYPE 0x03.
- F_RTC - внутрішня частота RTC у межах 2385-2515 МГц; бажано поза ISM-смугою 2400-2483,5 МГц.
- F_LO - частота локального генератора, що подається на міксер.

7. Внутрішній вибір RF-маршруту

band	RF-маршрут	Призначення
0	Низькочастотний фільтр до ~2300 МГц	Нижня частина RF-діапазону
1	Антенa → RTC	Прямий тракт до RTC
2	Високочастотний фільтр від ~2400 МГц	Верхня частина RF-діапазону

Для host-контролера. Параметр band не передається через TBS Fusion. Це внутрішній параметр модуля, який прошивка визначає після отримання бажаної F_IN.

8. Приклад команди встановлення 4500 МГц

Приклад використовує ADDRESS = 0x00. Оскільки ADDRESS ігнорується модулем, це лише зручне фіксоване значення для host-контролера.

```
F_IN = 4500 МГц = 0x1194  
Payload FREQUENCY (LE): 94 11
```

```
Дані для CRC: 00 03 02 94 11  
CRC16-CCITT-FALSE = 0x328F  
CRC у кадрі (LE): 8F 32
```

```
Повний кадр:  
AA 55 8F 32 00 03 02 94 11
```

9. Підтвердження команди

Команда, що не запитує дані, підтверджується повідомленням TYPE 0x00. Payload містить тип підтвердженої команди та код повернення.

Поле payload	Довжина	Приклад	Значення
MESSAGE TYPE	1 байт	0x03	Підтвердження Set Frequency
RETURN CODE	1 байт	0x00	Успіх

```
При ADDRESS = 0x00:  
Дані для CRC: 00 00 02 03 00  
CRC = 0x2A3F → LE: 3F 2A  
Відповідь: AA 55 3F 2A 00 00 02 03 00
```

10. Послідовність роботи host-контролера

1. Подати на модуль +5 В та з'єднати GND.
2. Підключити VIDEO до входу CVBS приймача/монітора.
3. Налаштувати UART: 115200 бод, 8N1, half-duplex.
4. Використовувати RX модуля як спільну DATA-лінію.
5. Контакт TX трактувати як TXEN. Високий рівень означає, що модуль передає.
6. Сформувати кадр TBS Fusion із START CODE 0xAA 0x55.
7. Встановити TYPE = 0x03 та передати F_IN як uint16 little-endian у МГц.
8. Обчислити CRC16-CCITT-FALSE від ADDRESS до кінця payload і вставити CRC у кадр little-endian.
9. Передати кадр по DATA.
10. Перейти в режим приймання та обробити відповідь TYPE 0x00.

11. Приклад псевдокоду

```
// UART: 115200 8N1, half-duplex
uint16_t fin_mhz = 4500;
uint8_t address = 0x00;      // модулем ігнорується
uint8_t type = 0x03;
uint8_t length = 0x02;

uint8_t crc_data[] = {
    address, type, length,
    (uint8_t)(fin_mhz & 0xFF),
    (uint8_t)(fin_mhz >> 8)
};

uint16_t crc = crc16_ccitt_false(crc_data, sizeof(crc_data));

// Кадр: AA 55, CRC_L, CRC_H, ADDRESS, TYPE, LENGTH, PAYLOAD...
```

12. Підтримка інших команд TBS Fusion

Оригінальний TBS Fusion Serial Interface також визначає запит поточної частоти/RSSI та команди сканування частот. Наявність цих команд у стандарті не означає автоматичної підтримки цим VRX-модулем. У цій версії документа гарантовано описано інтерфейс і керування частотою через TYPE 0x03; додаткові типи повідомлень слід фіксувати окремо після їх реалізації у прошивці.

13. Фото модуля

Фото плати наведене без додаткових позначень поверх зображення.

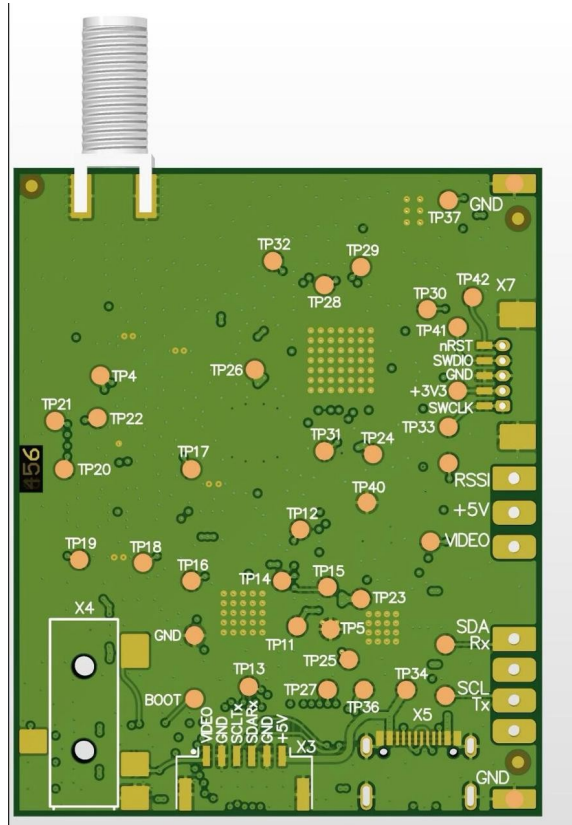


Рисунок 1. VRX-модуль прийому аналогового відео 0,6-5,0 ГГц.

14. Коротка специфікація

Параметр	Значення
Тип / RF-діапазон	Приймач аналогового відео, 600–5000 МГц
Живлення / відео	+5 В; CVBS на контакті VIDEO
Керування	TBS Fusion Serial Interface
DATA	RX, half-duplex UART
UART	115200 бод, 8N1
TX	TXEN; високий рівень під час передачі модулем
ADDRESS	Присутнє в кадрі й CRC, але модулем ігнорується
LO мікзера	$F_{LO} = \text{abs}(F_{RTC} - F_{IN})$

15. Джерело протоколу

Team BlackSheep — «TBS Fusion Serial Interface». Офіційна специфікація:

<https://www.team-blacksheep.com/media/files/tbs-fusion-serial-interface.pdf>