

PAL Super Nintendo Entertainment System

Реальные осциллограммы основных сигналов

Приложение к методике диагностики S-CPU, S-PPU и видеотракта

В документ включены 59 реальных снимков осциллографа. Для каждой контрольной точки указаны микросхема, вывод, назначение, характер ожидаемой формы и краткая диагностическая оценка.

Обозначение S-NEC из исходных имён файлов нормализовано как U7 S-ENC. Значения частоты для непериодических шинных и видеосигналов нельзя трактовать как постоянную спецификацию: автоматический измеритель считает переходы только в выбранном временном окне.

Дата составления: 31.08.2026

Как читать эти измерения

- Большинство цифровых сигналов измерено щупом x10 с входом 1 МОм. Уровни около 0 и 5 В считаются нормальными для логической части PAL SNES.
- Выбросы выше 5 В и ниже 0 В на быстрых фронтах часто вызваны индуктивностью длинного провода земли щупа. Перед выводом о реальном ringing повторить измерение с короткой пружинной землёй.
- Для пакетных сигналов /CPUWR, /CPURD, /ROMSEL, /RAMSEL, VDA, RGB и YI показание Frequency зависит от программы и масштаба. Диагностически важны активность, полный размах и отсутствие зависания.
- Для clock, HBLANK, VBLANK, CSYNC и BURST частота имеет прямое физическое значение и может сравниваться с номиналом.

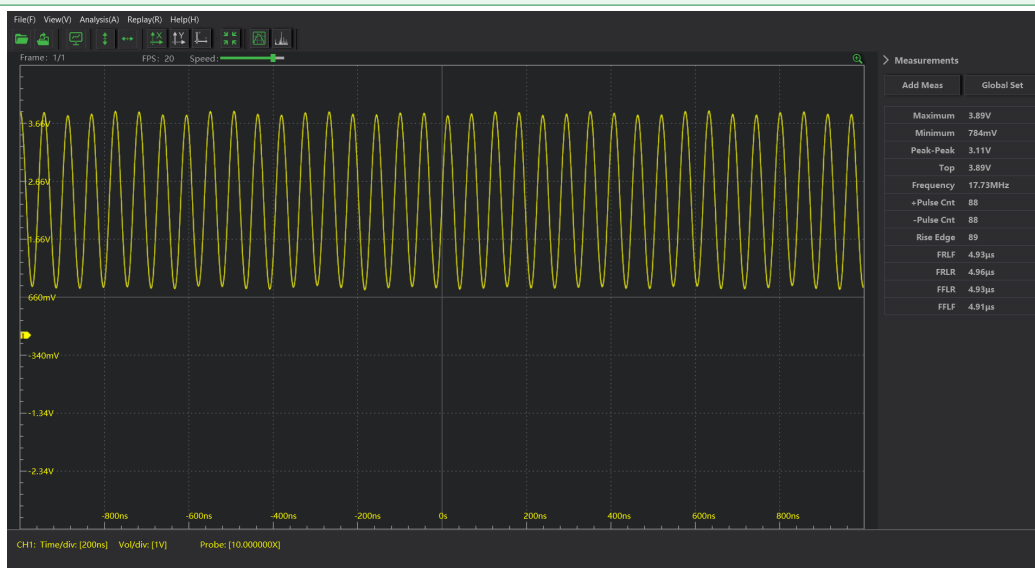
Контрольная точка	Реальный замер	Оценка
X1	17,73 МГц	Норма
U1 pin 48 XIN	21,2821 МГц	Норма
U18 pin 5	4,43 МГц	Норма PAL
U18 pin 6	3,55 МГц	Норма
U1 pin 72 SYSCK	около 2,7 МГц в кадре	Активен
HBLANK / VBLANK	15,6 кГц / 50,01 Гц	Норма PAL
U3 /CSYNC, /BURST	15,6 кГц	Норма
U7 RGB-входы	около 0,78...0,79 Вpp	Норма
U7 pin 7 VO	около 1,16 Вpp	Композит сформирован

1. Тактовые сигналы

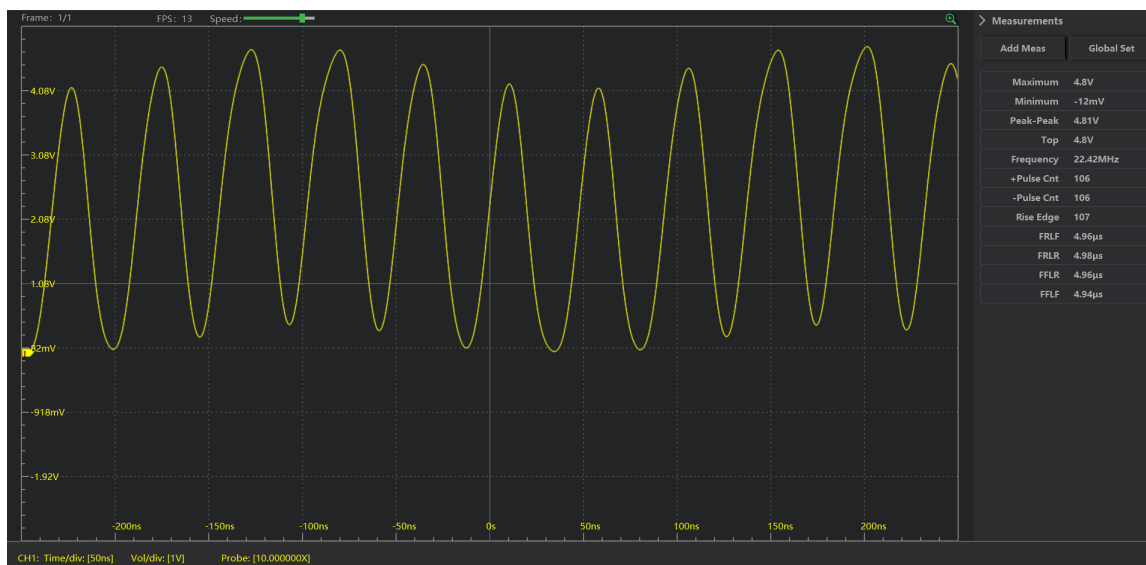
X1 17,734 МГц и U18 pin 4 XOUT

Кварц X1 задаёт PAL-частоту 17,734 МГц. На реальном замере X1 получено 17,73 МГц при размахе около 3,11 В. U18 S-CLOCK преобразует эту опорную частоту и на pin 4 формирует master clock для узла XIN. Автоматическое измерение 22,42 МГц на втором снимке ненадёжно из-за округлённой формы и выбора порога; эталонное значение подтверждается далее непосредственно на U1, U2 и U3.

Диагностическая оценка: Вывод: генератор на X1 запущен. Для решения о частоте master clock использовать частотомер или курсоры на нескольких периодах, а не одиночное автоизмерение U18 pin 4.



Исходный файл: X1 Quartz.png



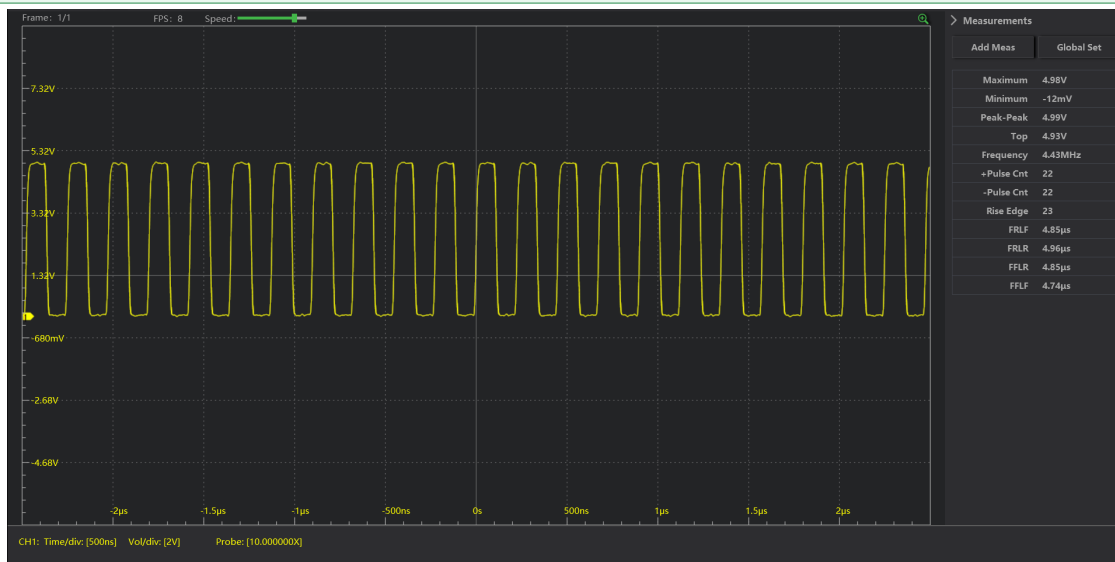
Исходный файл: U18_PIN4_XOUT.png

1. Тактовые сигналы

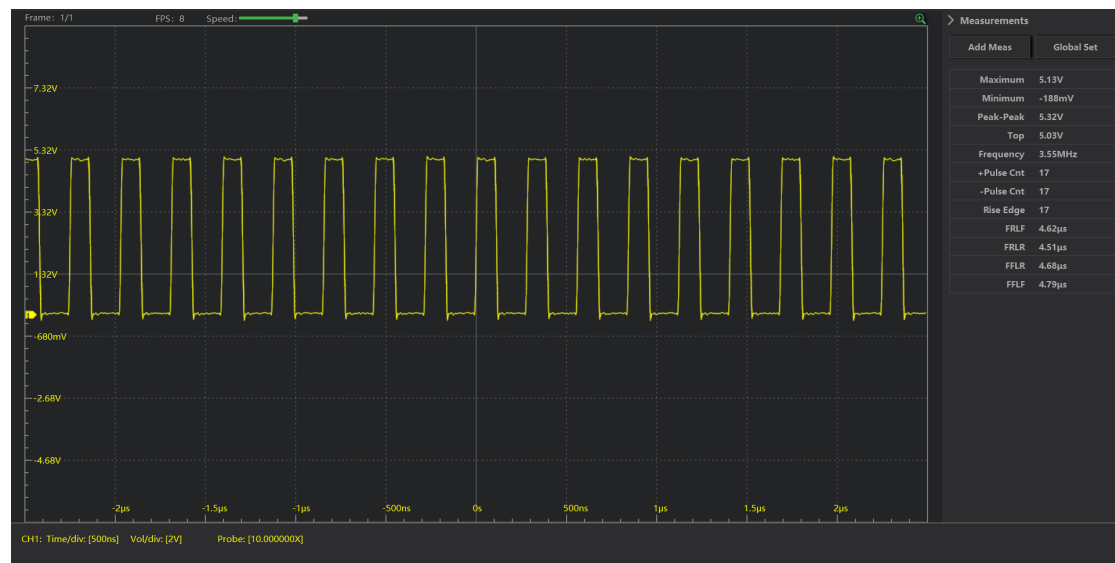
U18 pin 5 4,433 МГц и pin 6 3,546 МГц

Pin 5 формирует цветовую PAL-поднесущую. Зафиксировано 4,43 МГц, уровни около 0...5 В. Pin 6 выдаёт тактовый сигнал 3,546 МГц; измерено 3,55 МГц. Оба сигнала имеют устойчивую периодическую форму без выпадений.

Диагностическая оценка: Вывод: делители S-CLK для 4,433 МГц и 3,546 МГц работают штатно.



Исходный файл: U18_PIN5_PAL Clock.png



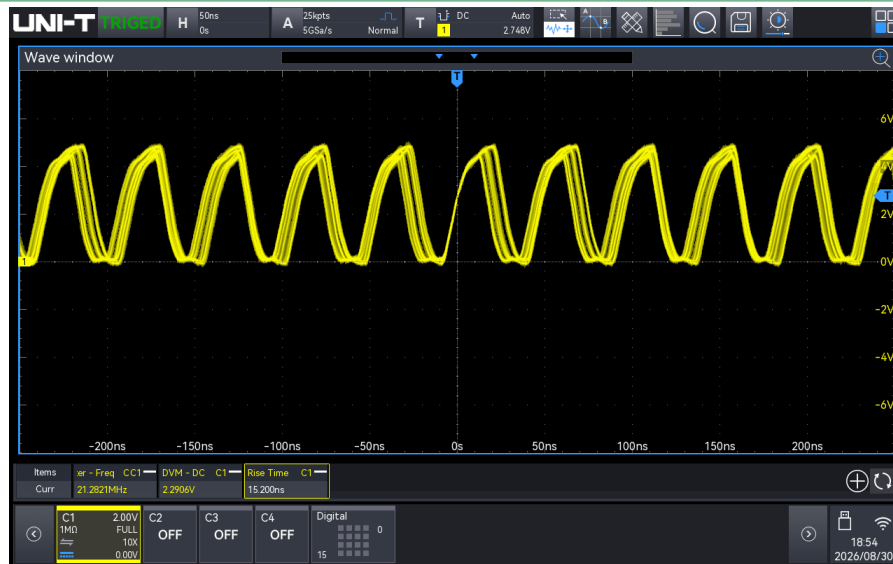
Исходный файл: U18_PIN6_sacale_clock.png

1. Тактовые сигналы

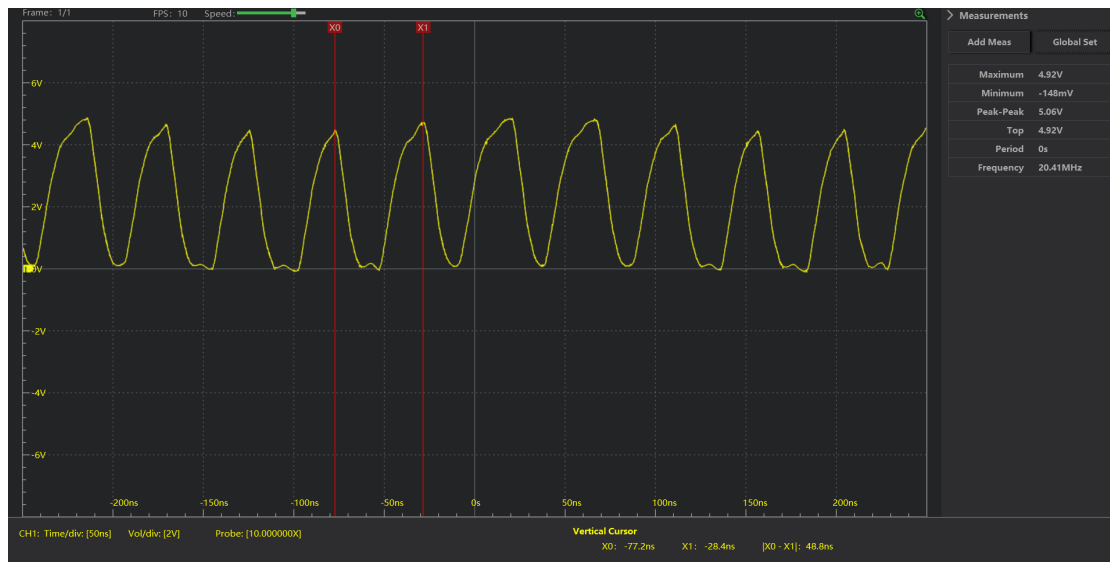
U1 S-CPU pin 48 XIN

Master clock поступает на S-CPU через pin 48. На точном захвате UNI-T частотомер показал 21,2821 МГц, что практически совпадает с расчётными 21,28137 МГц для PAL. На другом приборе автоматический алгоритм показал 20,41 МГц, хотя форма и период визуально близки к правильным. Это пример того, почему для округлённого быстрого сигнала полезно сверять несколько периодов и другой узел той же тактовой сети.

Диагностическая оценка: Вывод: XIN S-CPU присутствует и подтверждён независимым измерением 21,2821 МГц. Широкий захват показывает непрерывность clock во времени.



Исходный файл: U1_pin48_XIN_1.png

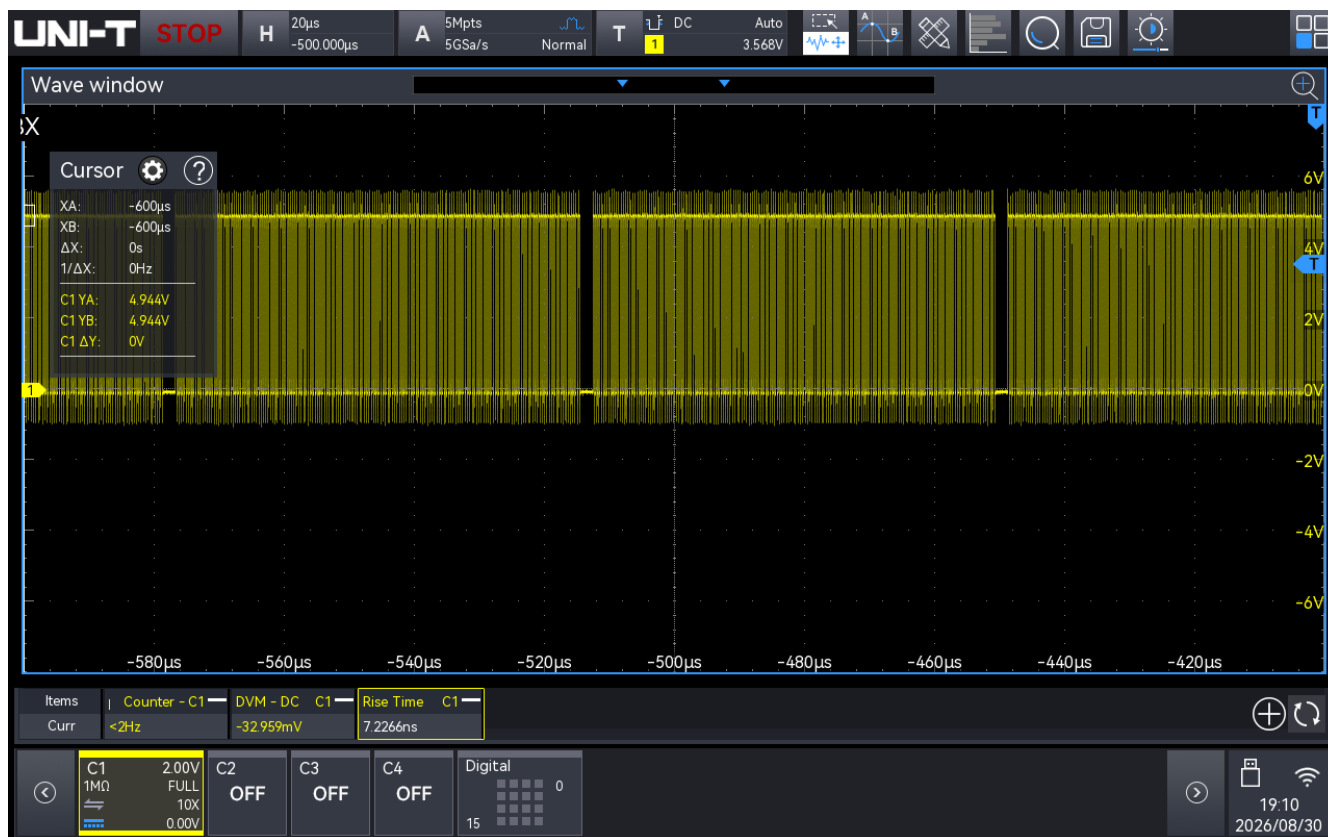


Исходный файл: U1_pin48_XIN.png

1. Тактовые сигналы

U1 S-CPU pin 48 XIN - продолжение

Дополнительная развёртка той же контрольной точки.



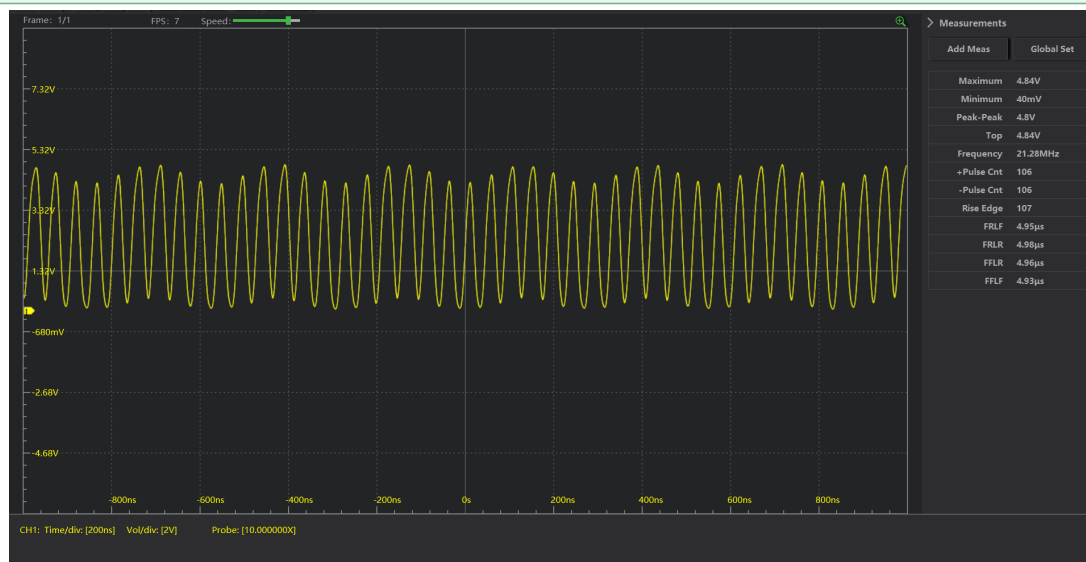
Исходный файл: U1_pin48_XIN_2.png

1. Тактовые сигналы

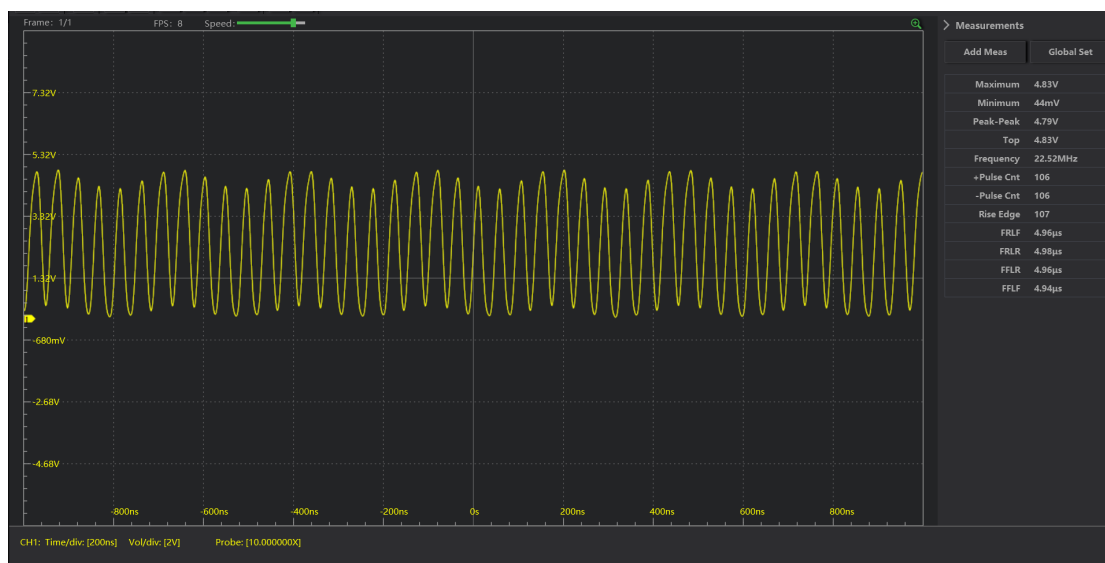
U2 S-PPU1 pin 100 и U3 S-PPU2 pin 31 XIN

Обе PPU получают ту же master clock. На U2 pin 100 и U3 pin 31 зафиксировано 21,28 МГц с полным логическим размахом. Синусоидально-округлённая форма на такой частоте нормальна для измерения щупом x10 непосредственно на выводе микросхемы.

Диагностическая оценка: Вывод: master clock доходит до обеих PPU; общий тактовый тракт исправен.



Исходный файл: U2_PIN100_XIN.png



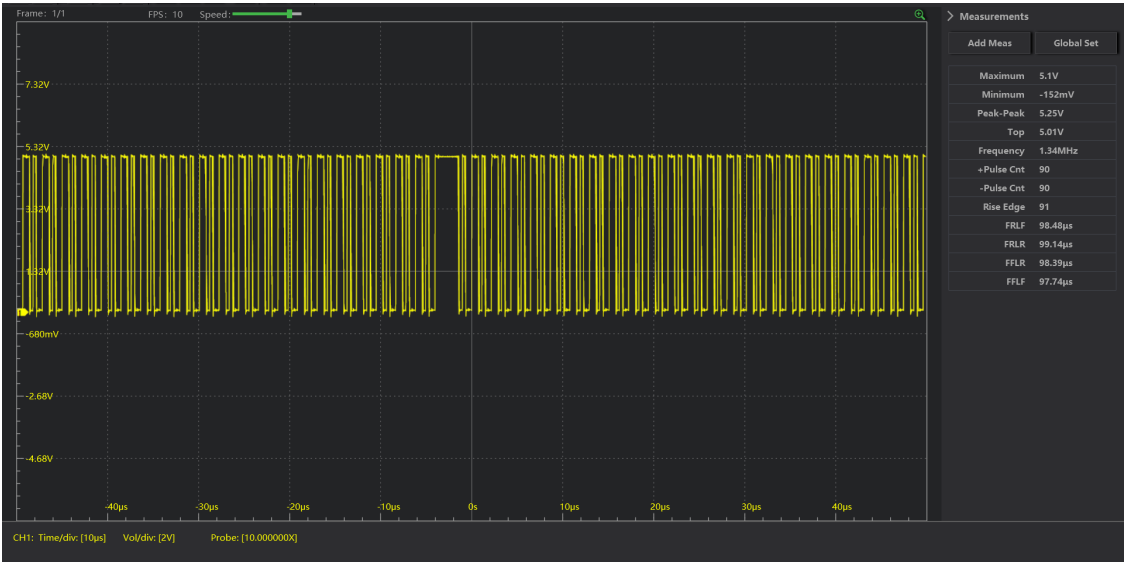
Исходный файл: U3_PIN31_XIN.png

2. Адресная и информационная шины S-CPU

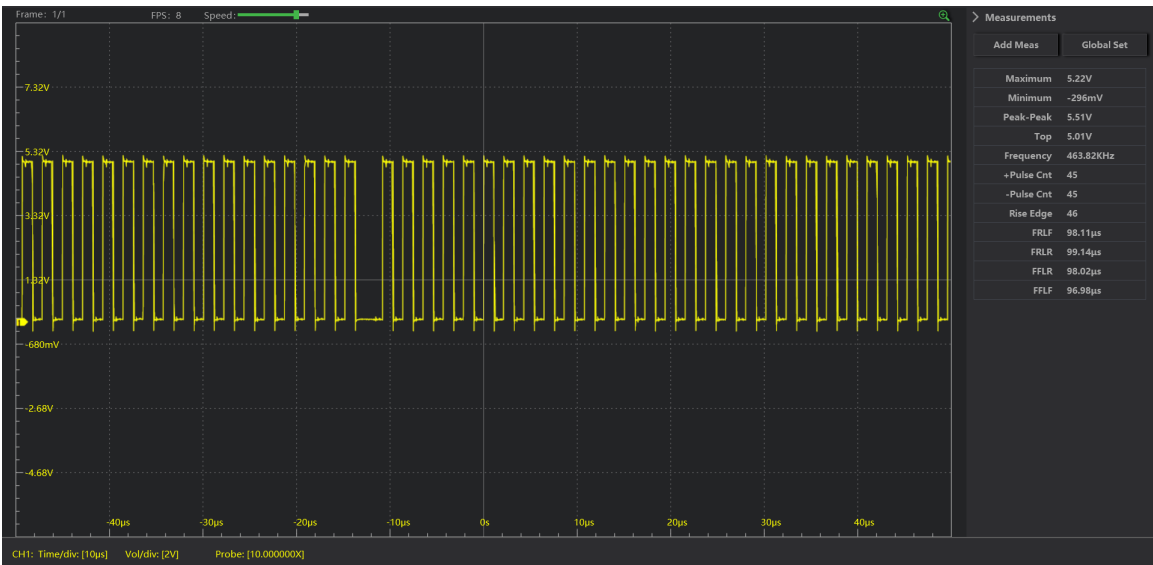
U1 CA0 и CA1

CA0 и CA1 являются младшими линиями 24-битной A-bus. Их постоянная активность показывает последовательную выборку команд и данных. Частота автоизмерения здесь не является параметром CPU: она зависит от выполняемого кода и выбранного участка записи.

Диагностическая оценка: Вывод: младшие адресные разряды переключаются между полноценными уровнями 0 и 5 В.



Исходный файл: U1_CPU CA0.png



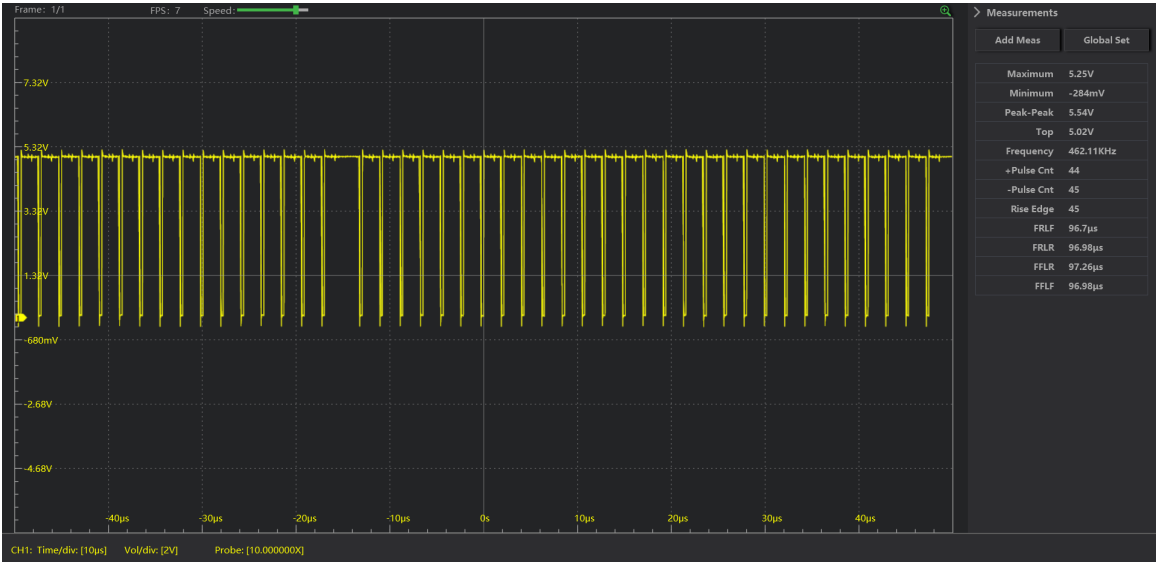
Исходный файл: U1_CPU CA1.png

2. Адресная и информационная шины S-CPU

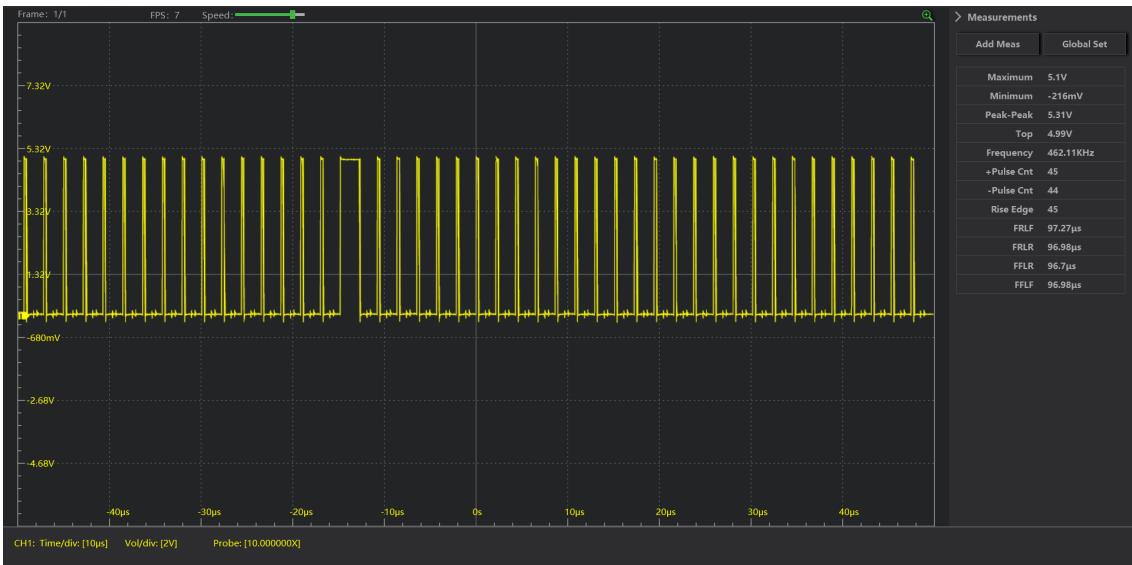
U1 CA2 и CA6

Формы CA2 и CA6 демонстрируют различную плотность переключений, что ожидаемо для разных разрядов адреса. Короткие паузы соответствуют участкам, где значение данного разряда не изменяется, а не остановке процессора.

Диагностическая оценка: Вывод: исследованные линии CA2 и CA6 активны; признаков зависшего разряда нет.



Исходный файл: U1_CPU CA 2.png



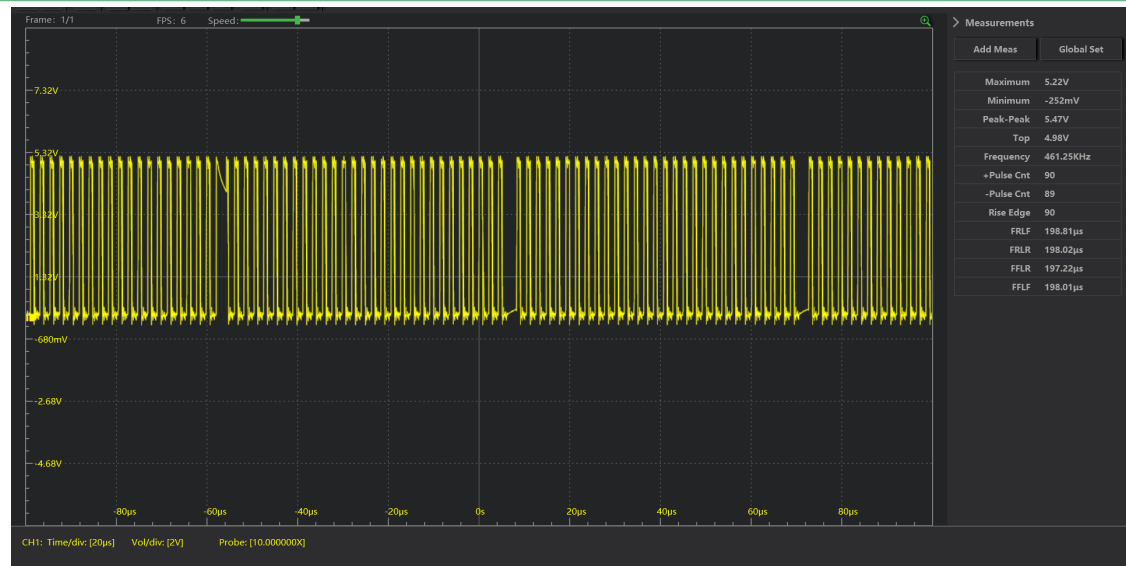
Исходный файл: U1_CPU CA6.png

2. Адресная и информационная шины S-CPU

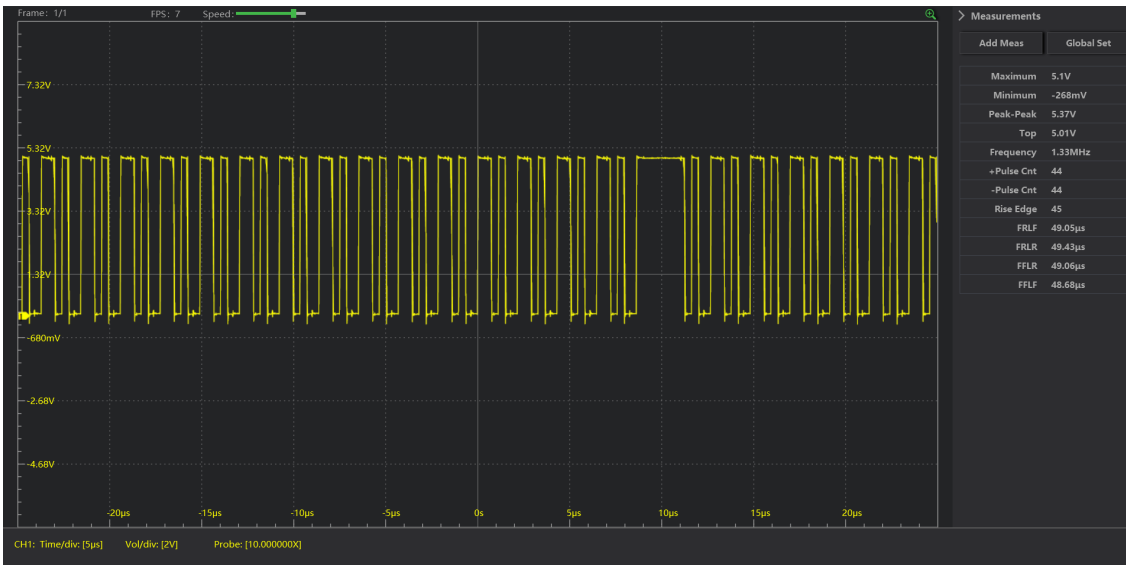
U1 pin 60 D0 и pin 51 PA0

U1 pin 60 является D0 общей 8-битной шины данных. U1 pin 51 по схеме является PA0 V-bus, несмотря на имя файла PA1. На обеих линиях видна активность с нормальными логическими уровнями. Для оценки передаваемого байта требуется одновременный захват D0...D7.

Диагностическая оценка: Вывод: D0 и младшая адресная линия V-bus не зафиксированы в постоянном состоянии.



Исходный файл: U1_PIN60.png



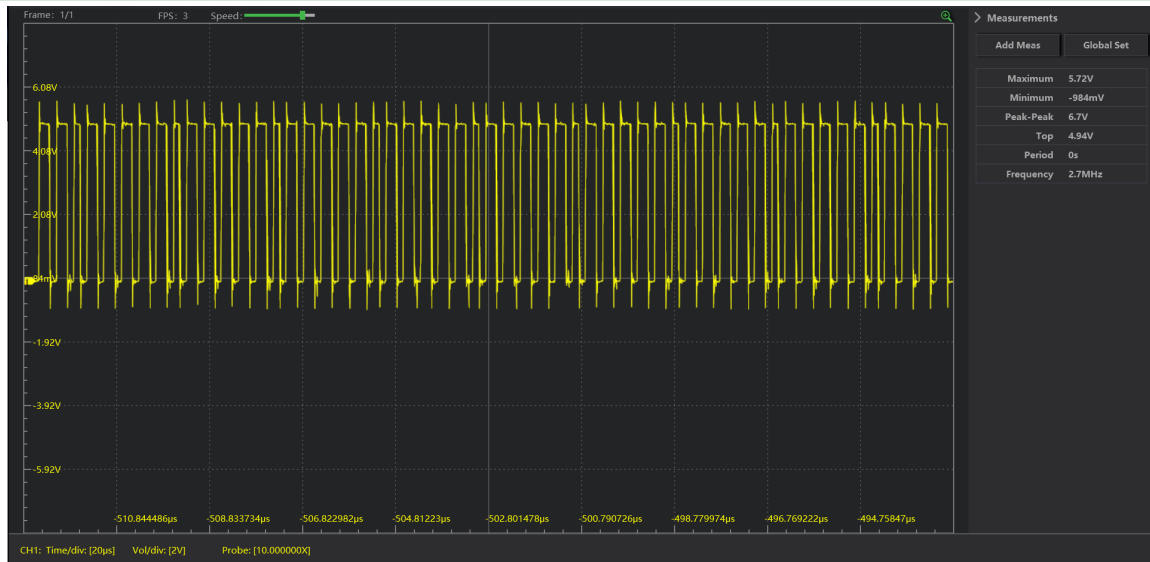
Исходный файл: U1_PIN51_PA1.png

3. Тактирование и признаки выполнения кода

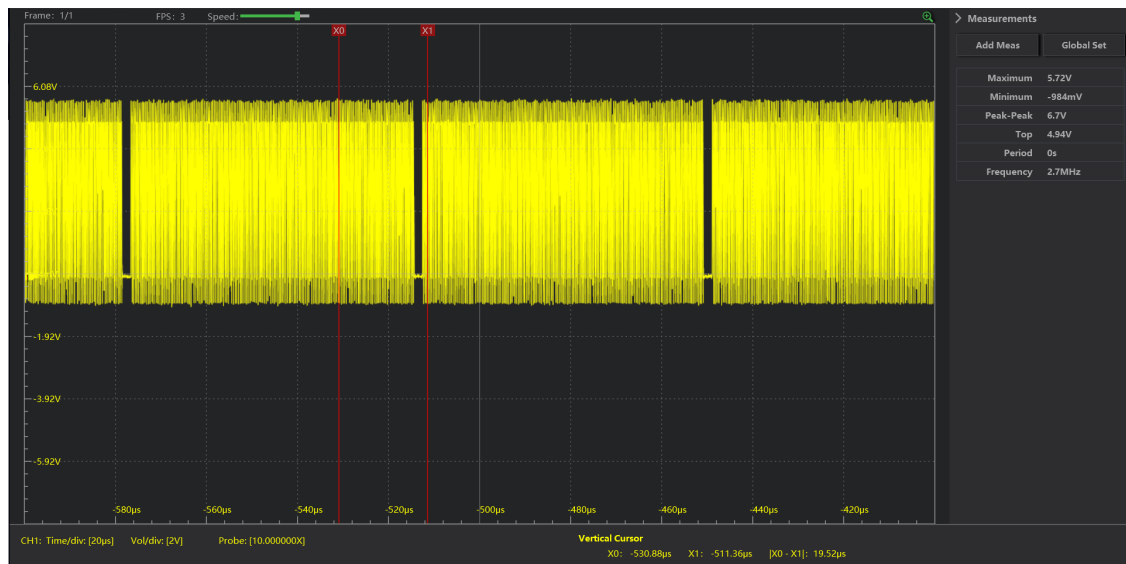
U1 pin 72 SYSCK

SYSCK является системным clock текущего цикла доступа. На увеличенной развёртке получено около 2,7 МГц; на длинной развёртке видны группы непрерывной активности. Он не обязан быть идеальным меандром одной частоты: S-CPU использует циклы разной длительности для разных областей памяти.

Диагностическая оценка: Вывод: S-CPU формирует SYSCK и выполняет циклы шины. Выбросы до 5,72 В и ниже 0 В следует перепроверять короткой пружинной землёй; характер формы похож на щуповой ringing.



Исходный файл: U1_PIN72_SYSCK_1.png



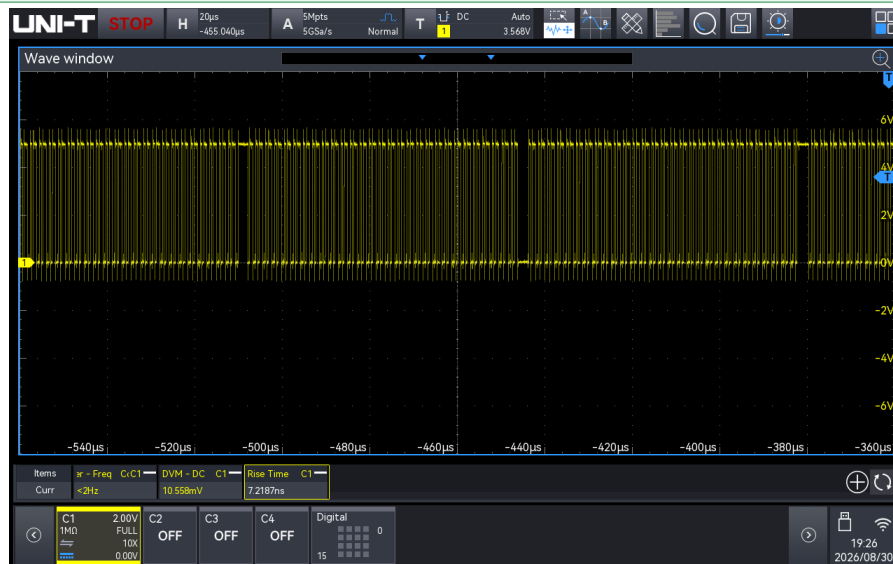
Исходный файл: U1_PIN72_SYSCK.png

3. Тактирование и признаки выполнения кода

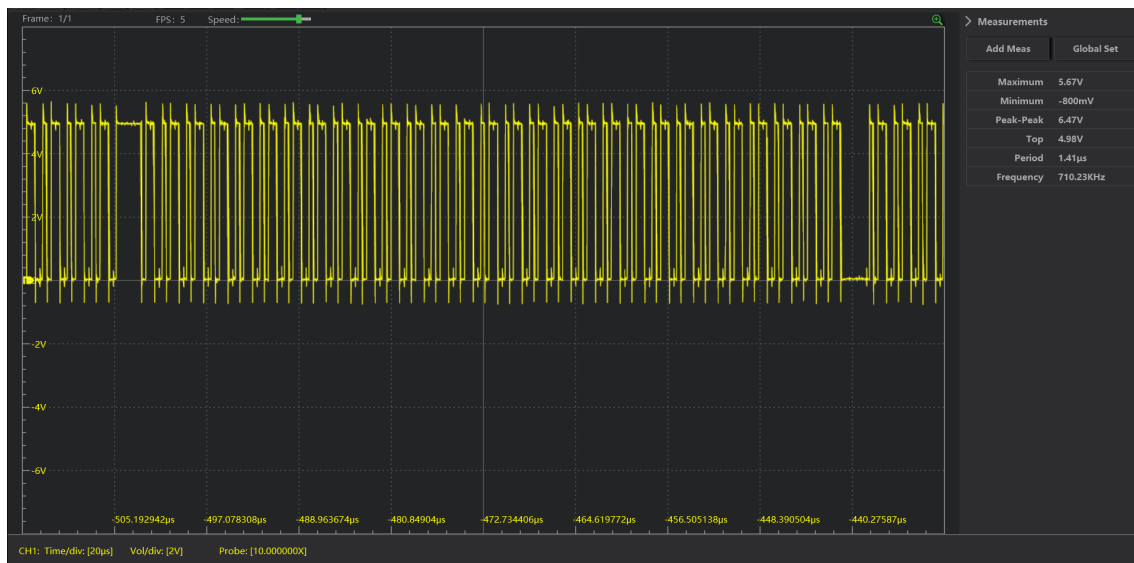
U1 pin 87 VDA - Valid Data Address

VDA показывает циклы, в которых на A-bus присутствует действительный адрес данных. Несколько развёрток иллюстрируют как отдельные циклы, так и длительную картину выполнения. Плотность импульсов меняется вместе с кодом, DMA и обращениями к памяти; поэтому измеренная частота 0,71...0,98 МГц не является фиксированной спецификацией.

Диагностическая оценка: Вывод: S-CPU регулярно формирует действительные циклы данных; выполнение не остановлено.



Исходный файл: U1_PIN87_VDA_2.png

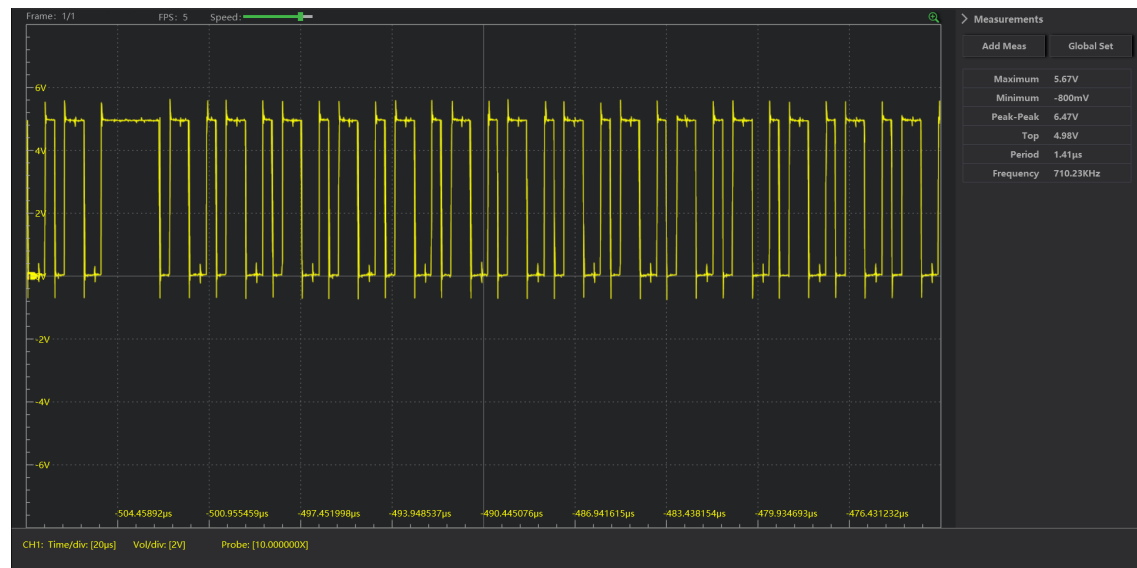


Исходный файл: U1_PIN87_VDA.png

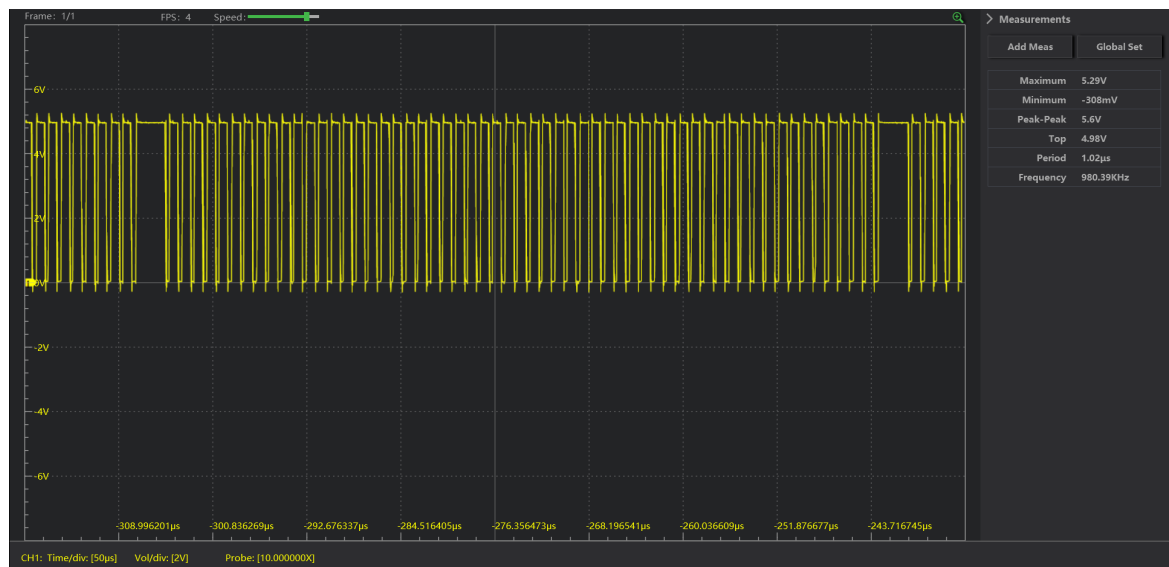
3. Тактирование и признаки выполнения кода

U1 pin 87 VDA - Valid Data Address - продолжение

Дополнительная развёртка той же контрольной точки.



Исходный файл: U1_PIN87_VDA_1.png

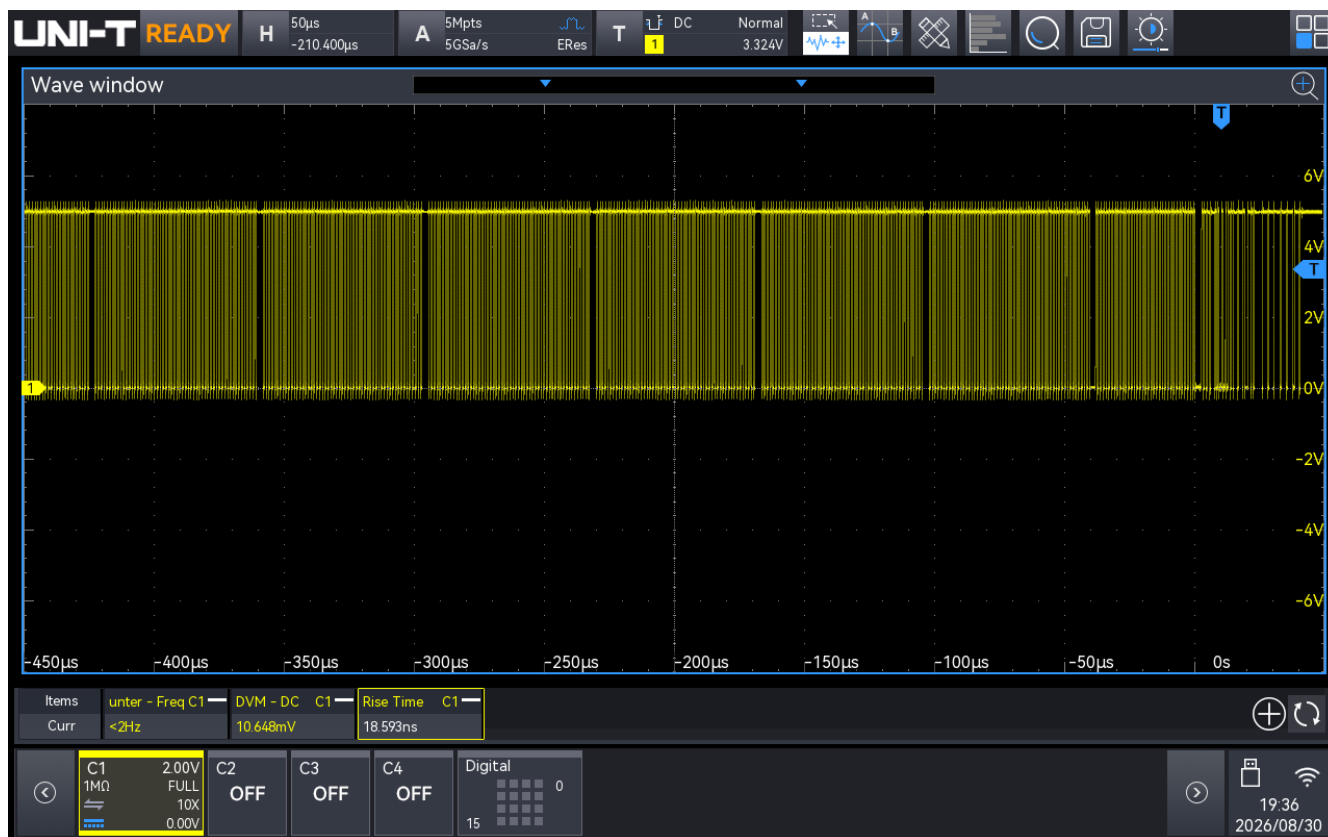


Исходный файл: U1_PIN87_VDA_3.png

3. Тактирование и признаки выполнения кода

U1 pin 87 VDA - Valid Data Address - продолжение

Дополнительная развёртка той же контрольной точки.



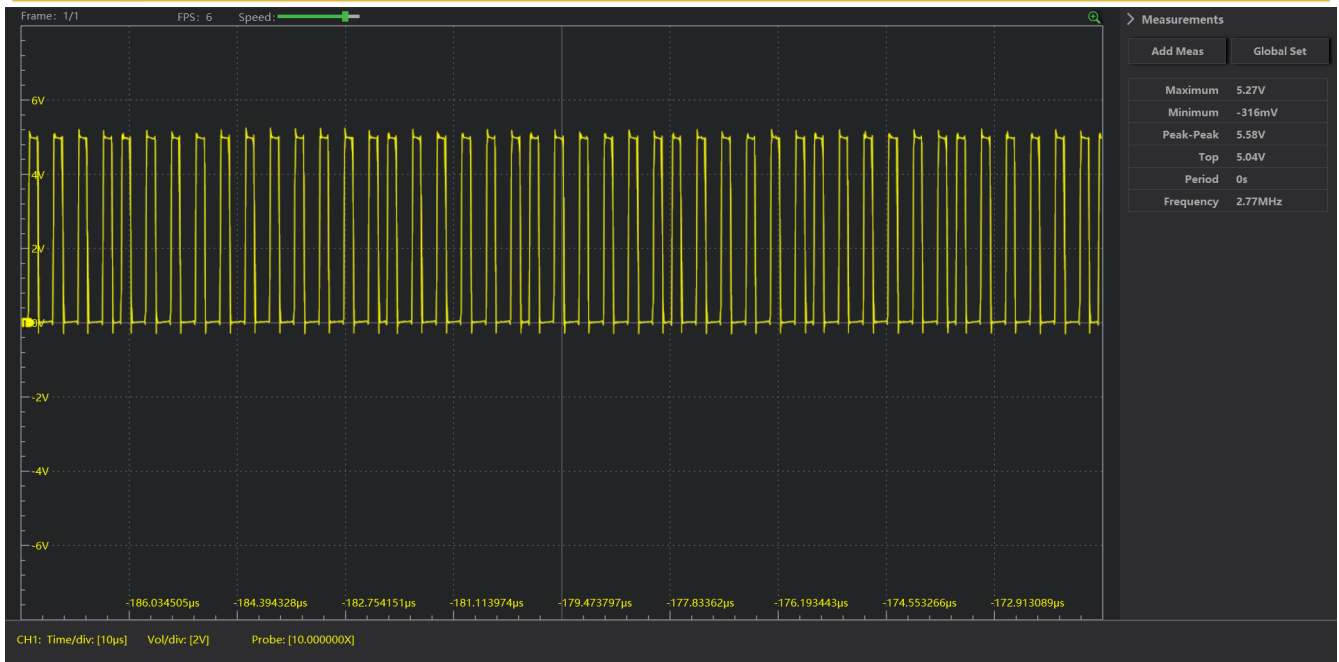
Исходный файл: U1_PIN87_VDA_4.png

3. Тактирование и признаки выполнения кода

U1 pin 89 /VP - захват требует перепроверки

По распиновке pin 89 является активным низким Vector Pull и должен отмечать чтение адресов векторов исключений. Представленная форма выглядит как непрерывный clock около 2,77 МГц, что не соответствует обычному поведению /VP при нормальном выполнении игры.

Внимание: Проверить отсчёт ножек. Вероятно, щуп оказался на соседнем pin 88 ALCK либо имя файла не соответствует фактической точке. Эту форму нельзя использовать как эталон /VP до повторного замера.



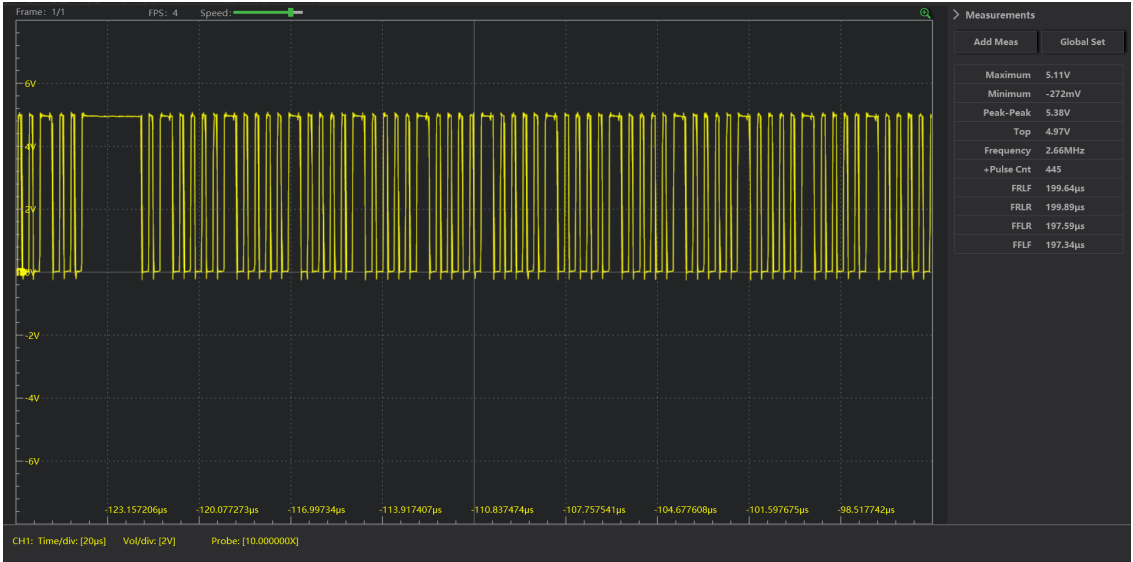
Исходный файл: U1_PIN89_VP.png

4. Стробы A-bus и выбор памяти

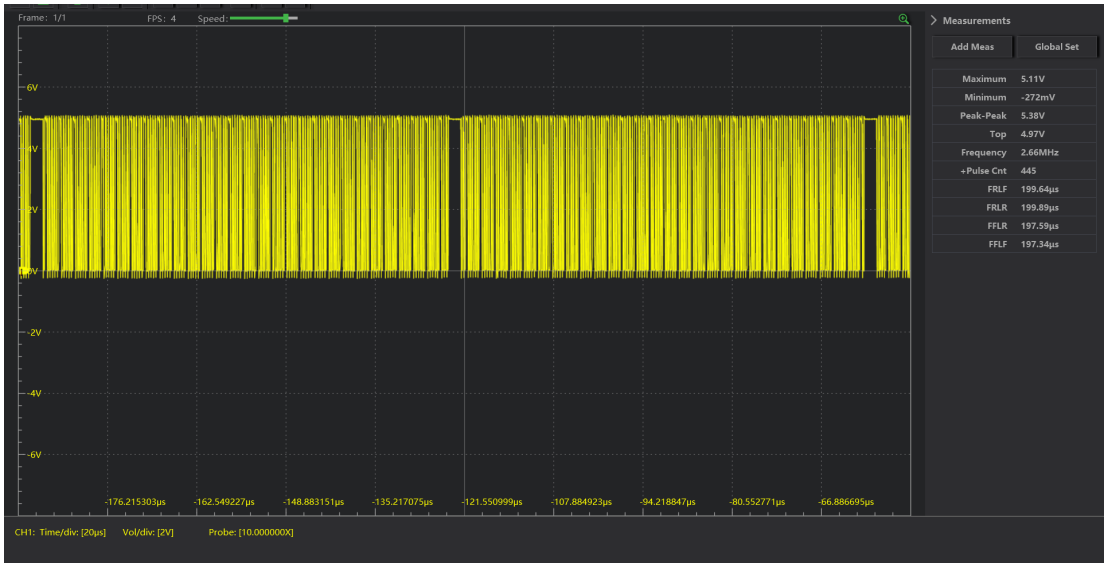
U1 pin 92 /CPURD

Активный низкий /CPURD сопровождается чтения A-bus. На короткой развёртке отдельные импульсы имеют полный логический размах; длинная развёртка показывает высокую плотность чтений из ROM и других областей. Автоизмерение около 2,66 МГц относится только к выбранному фрагменту.

Диагностическая оценка: Вывод: S-CPU устойчиво формирует чтения A-bus.



Исходный файл: U1_PIN92_CPURD_1.png



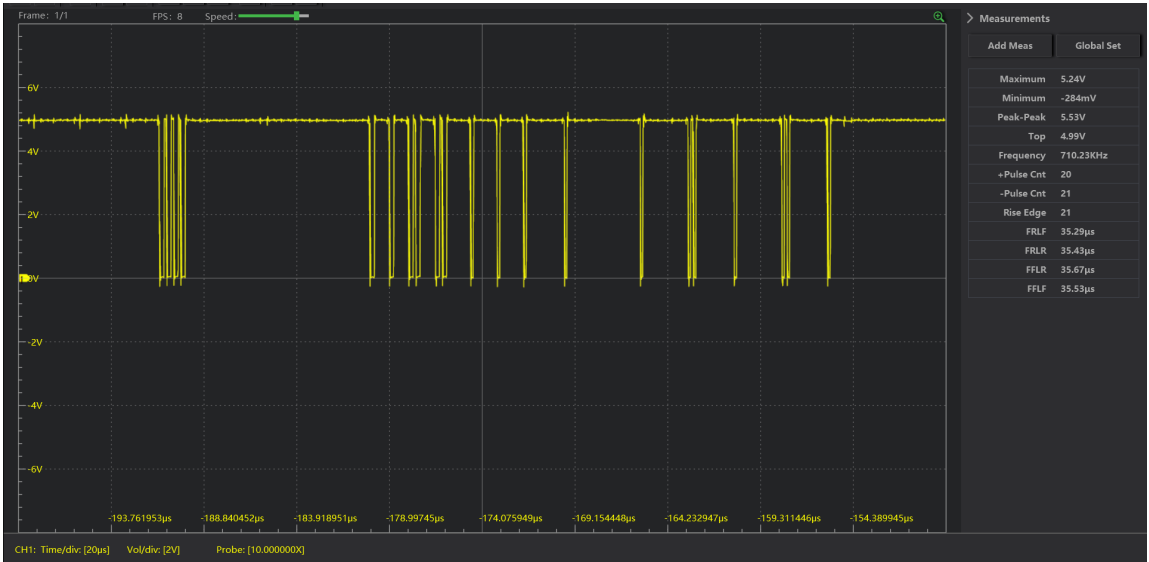
Исходный файл: U1_PIN92_CPURD.png

4. Стробы A-bus и выбор памяти

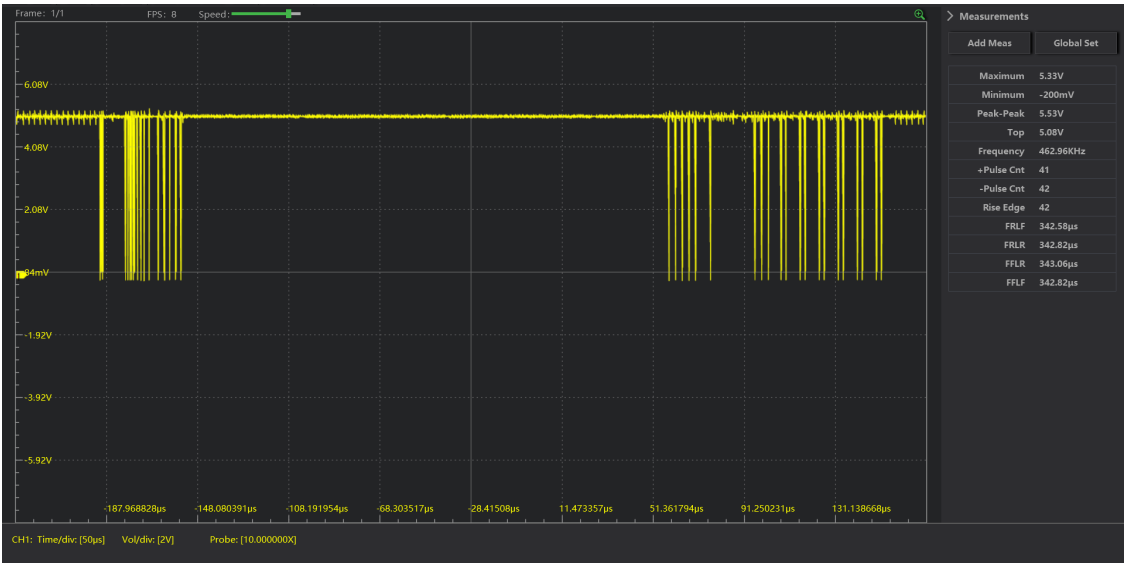
U1 pin 91 /CPUWR

Активный низкий /CPUWR отмечает записи A-bus. Разные развёртки показывают как одиночные записи, так и группы операций. Промежутки без импульсов нормальны: большинство циклов игры являются чтениями.

Диагностическая оценка: Вывод: канал записи A-bus работает; выход не завис в высоком или низком уровне.



Исходный файл: U1_PIN91_CPUWR.png

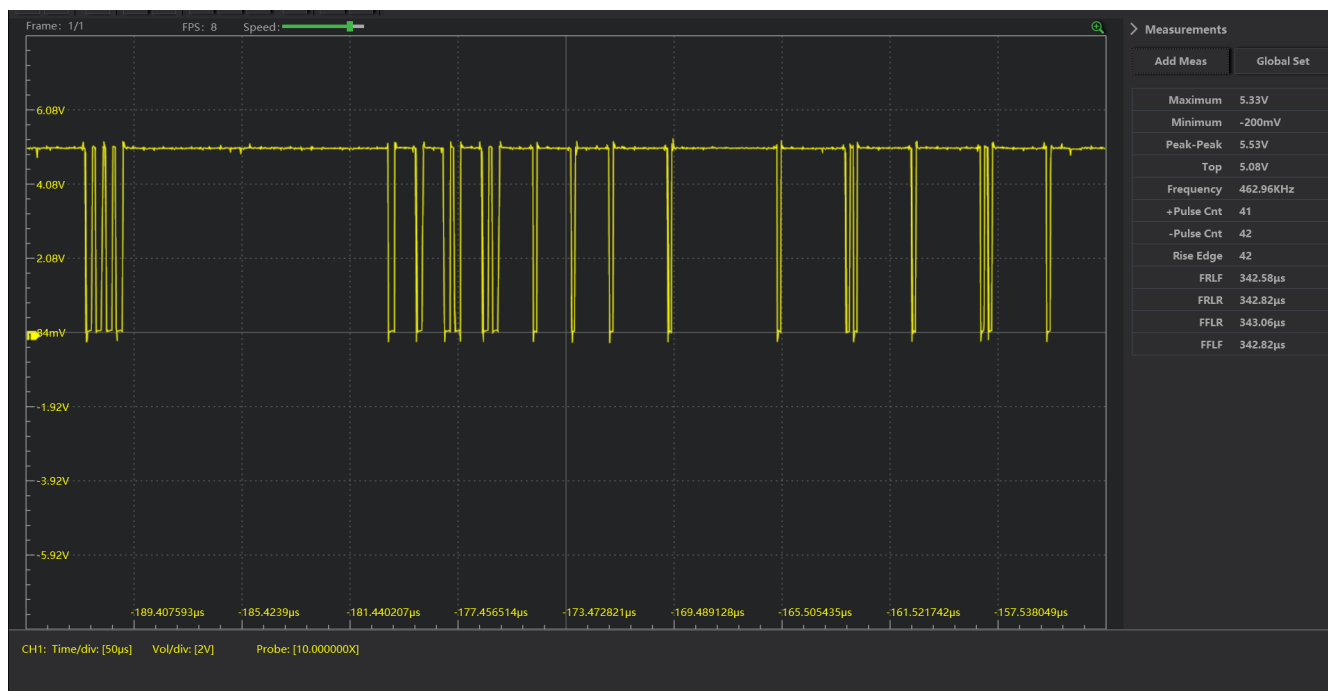


Исходный файл: U1_PIN91_CPUWR_1.png

4. Стробы A-bus и выбор памяти

U1 pin 91 /CPUWR - продолжение

Дополнительная развёртка той же контрольной точки.



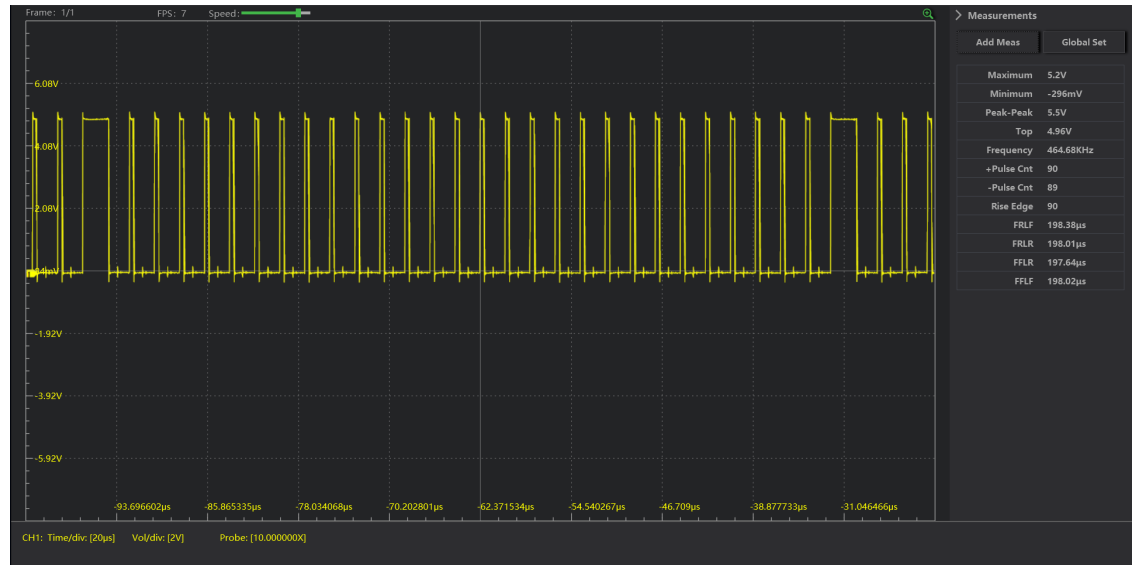
Исходный файл: U1_PIN91_CPUWR_2.png

4. Стробы A-bus и выбор памяти

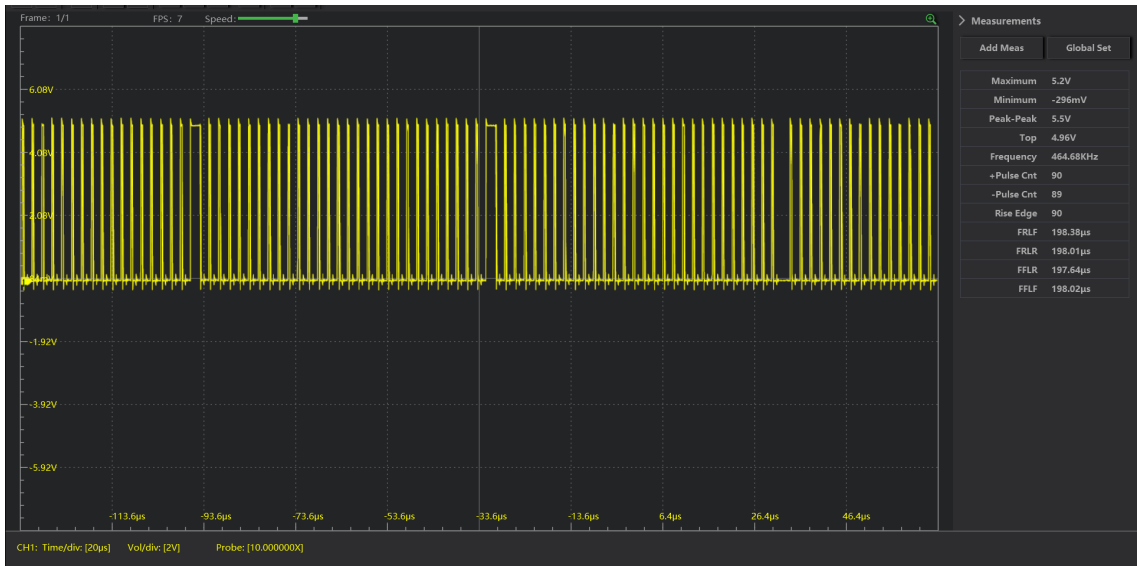
U1 pin 77 /ROMSEL

/ROMSEL активируется низким уровнем при обращении к области ROM картриджа. Видны регулярные выборки с уровнями около 0 и 5 В. Частота около 465 кГц характеризует конкретный программный цикл, а не постоянную частоту ROM.

Диагностическая оценка: Вывод: дешифрация области ROM и чтение кода продолжаются.



Исходный файл: U1_PIN77_ROMSEL_1.png



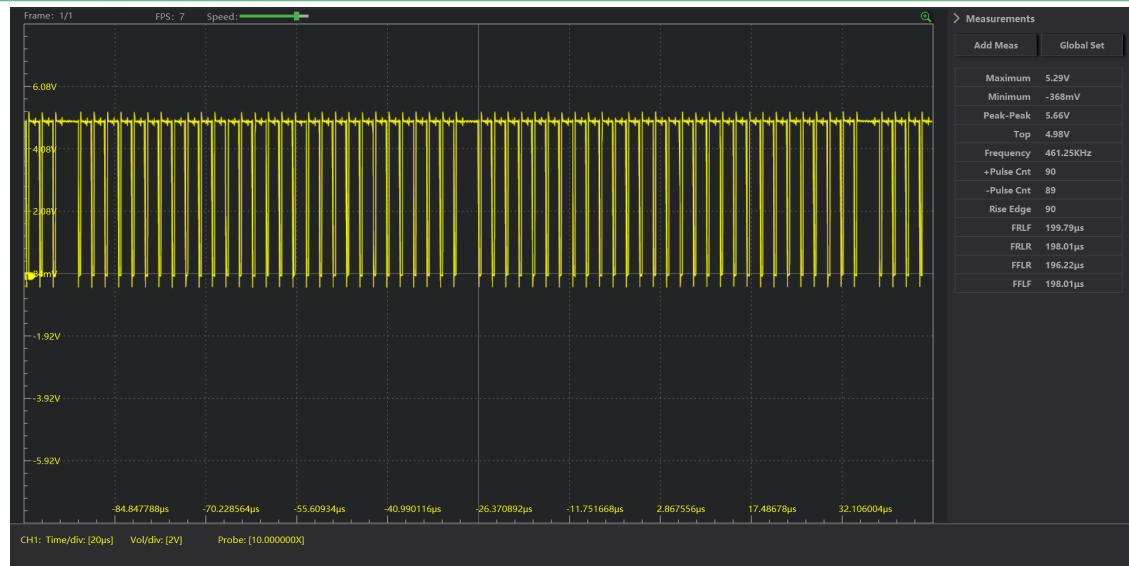
Исходный файл: U1_PIN77_ROMSEL.png

4. Стробы A-bus и выбор памяти

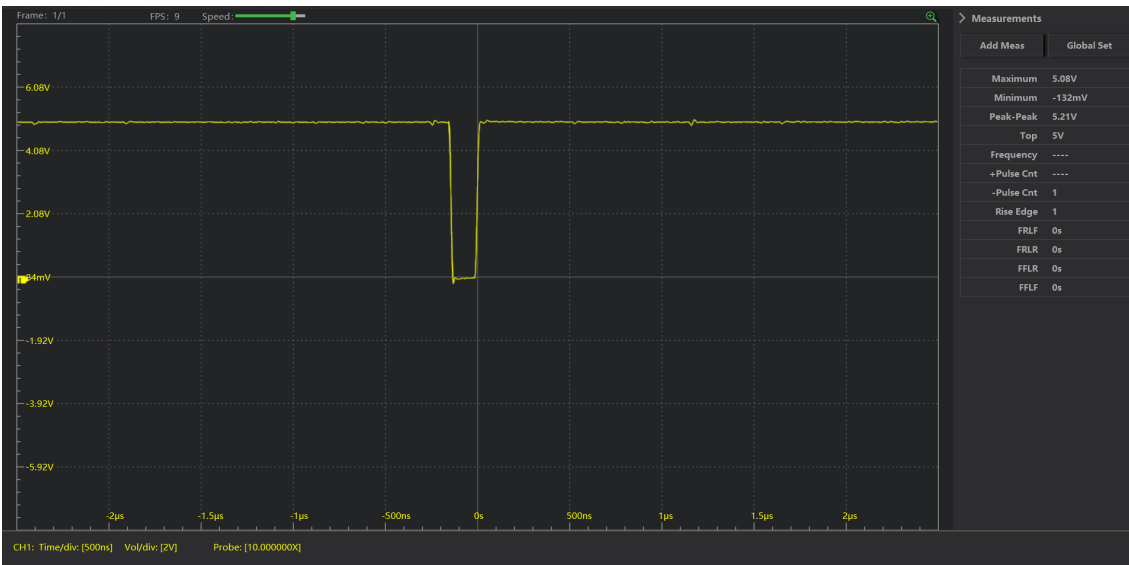
U1 pin 78 /RAMSEL и pin 68 /PARD

/RAMSEL выбирает внутреннюю WRAM, а /PARD является стробом чтения B-bus. На /RAMSEL видны повторяющиеся циклы доступа. /PARD в выбранном временном окне проявился одним активным низким импульсом, что допустимо: игры намного чаще записывают регистры PPU, чем читают их.

Диагностическая оценка: Вывод: обращения к WRAM присутствуют; редкий импульс /PARD подтверждает чтение B-bus.



Исходный файл: U1_PIN78_RAMSEL.png



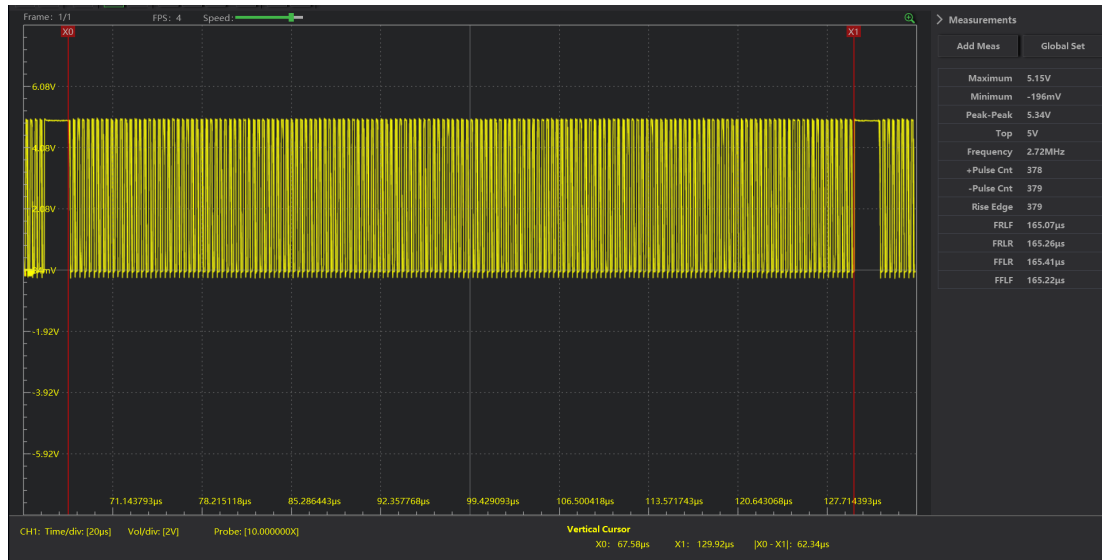
Исходный файл: U1_PIN68_PARD.png

4. Стробы A-bus и выбор памяти

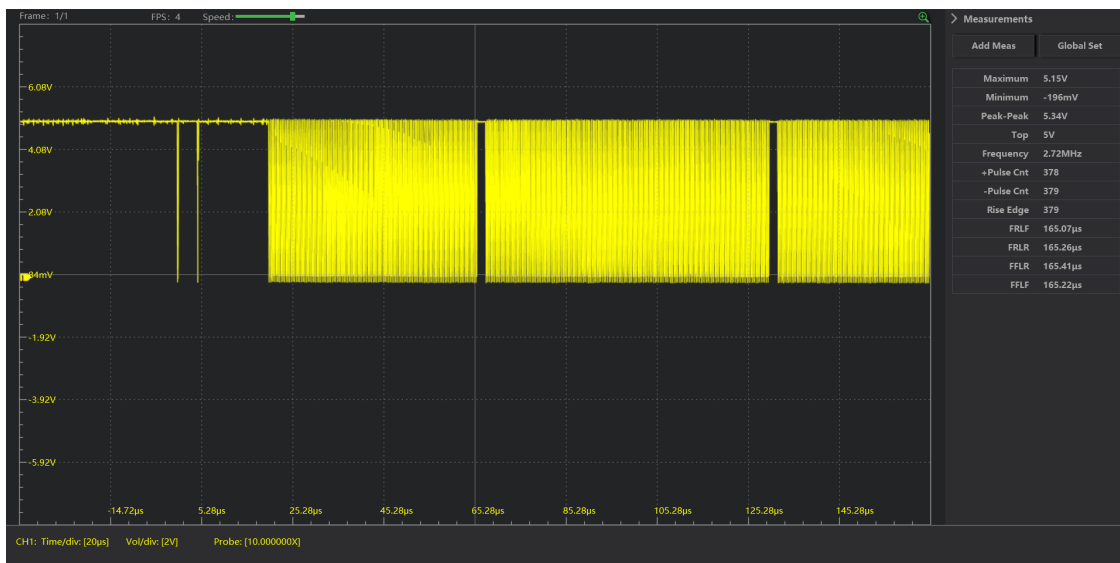
U1 pin 69 /PAWR

/PAWR является активным низким стробом записи B-bus, включая регистры PPU \$2100...\$213F. На захватах видны длинные плотные серии записей и короткие паузы. Это сильный признак того, что CPU выполняет код и инициализирует видеоподсистему.

Диагностическая оценка: Вывод: S-CPU дошёл до активной работы с PPU и другими устройствами B-bus.



Исходный файл: U1_PIN69_PAWR_1.png



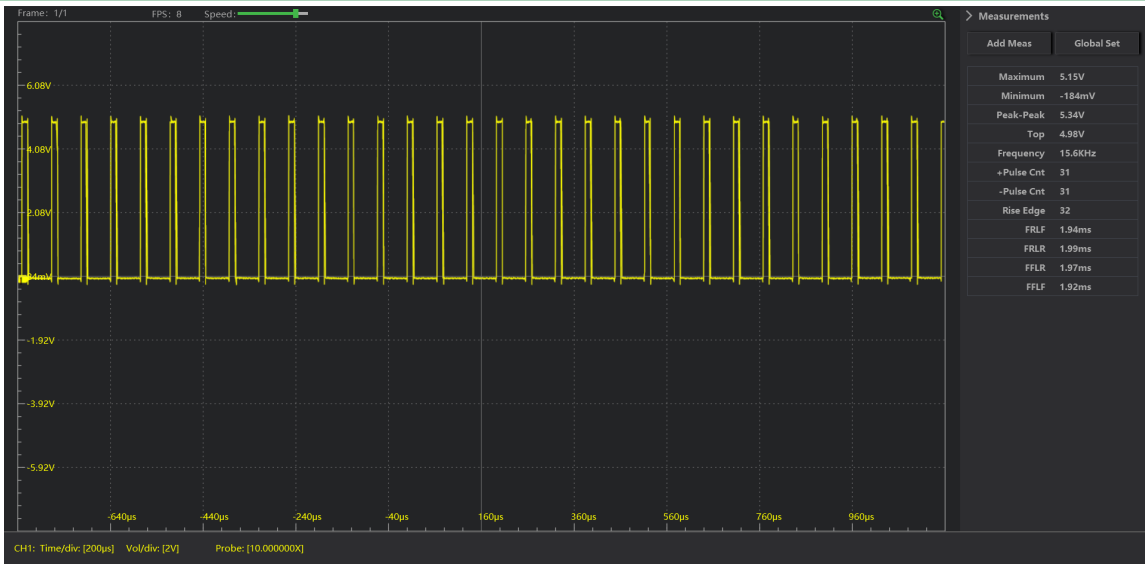
Исходный файл: U1_PIN69_PAWR.png

5. Временные сигналы изображения и контроллеров

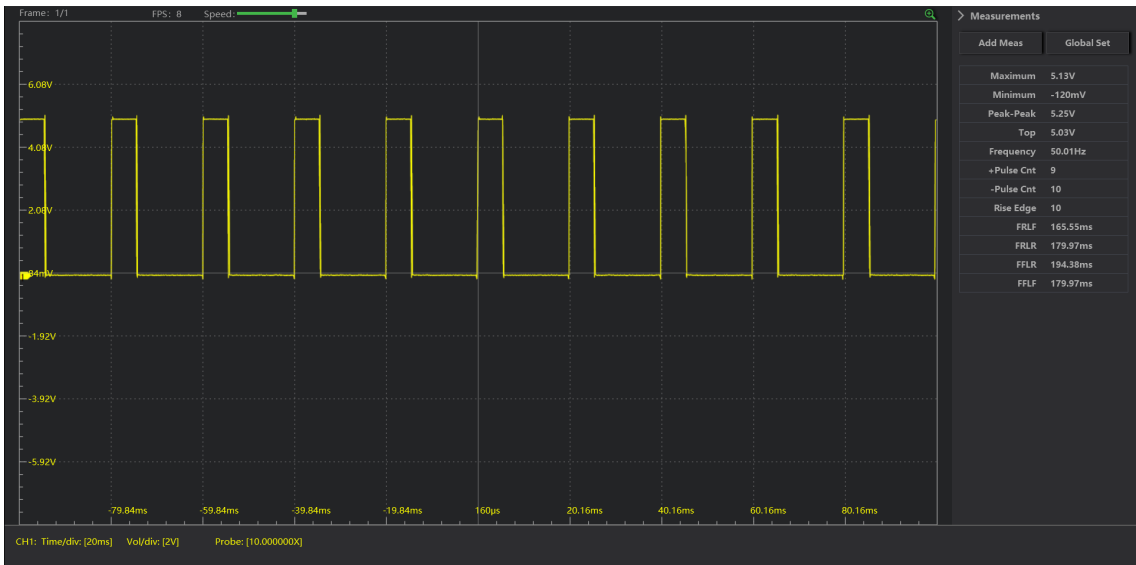
U1 pin 43 HBLANK и pin 44 VBLANK

HBLANK повторяется с частотой строки 15,6 кГц. VBLANK повторяется с кадровой частотой 50,01 Гц. В имени второго файла ошибочно указан pin 43; по схеме VBLANK приходит на U1 pin 44.

Диагностическая оценка: Вывод: PAL-развёртка сформирована; S-CPU получает горизонтальный и вертикальный blanking.



Исходный файл: U1_PIN43_HBLANK.png



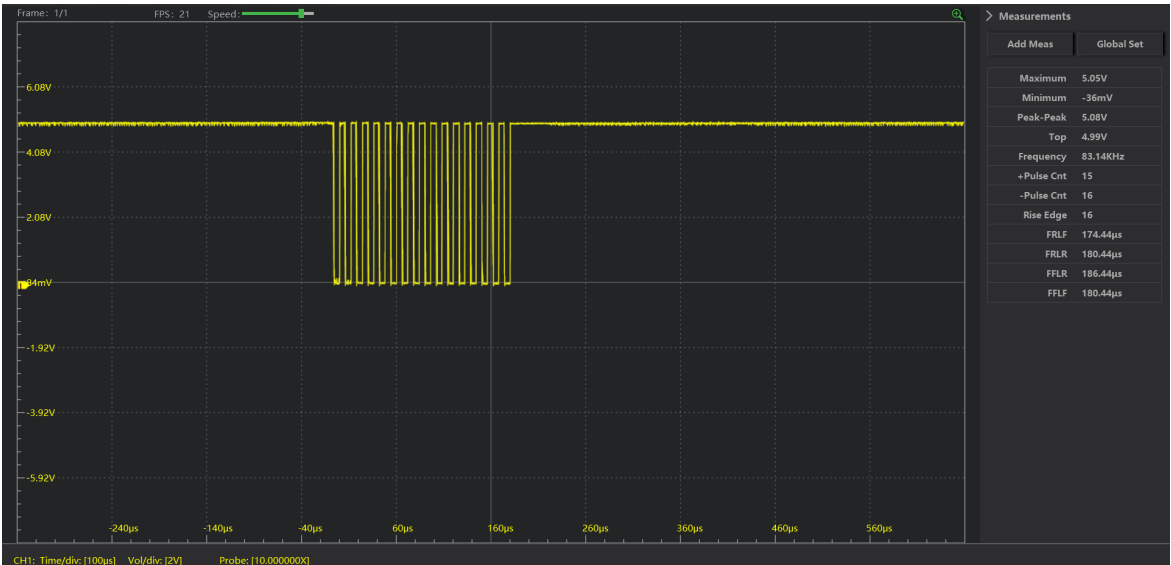
Исходный файл: U1_PIN43_VBLANK.png

5. Временные сигналы изображения и контроллеров

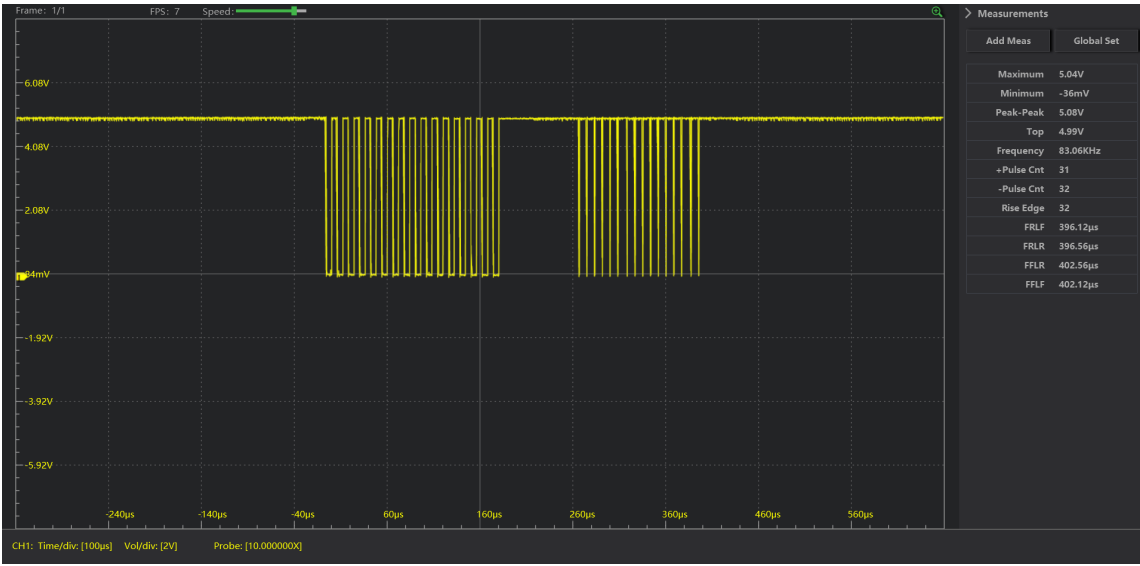
U1 pin 35 JPCLK1 и pin 36 JPCLK2

Тактовые посылки чтения контроллеров возникают пакетами. Внутри пакета измерено около 83 кГц. Отсутствие импульсов между пакетами нормально; это не непрерывный clock.

Диагностическая оценка: Вывод: интерфейс последовательного чтения обоих портов контроллеров активен.



Исходный файл: U1_PIN35_JPCLK1.png



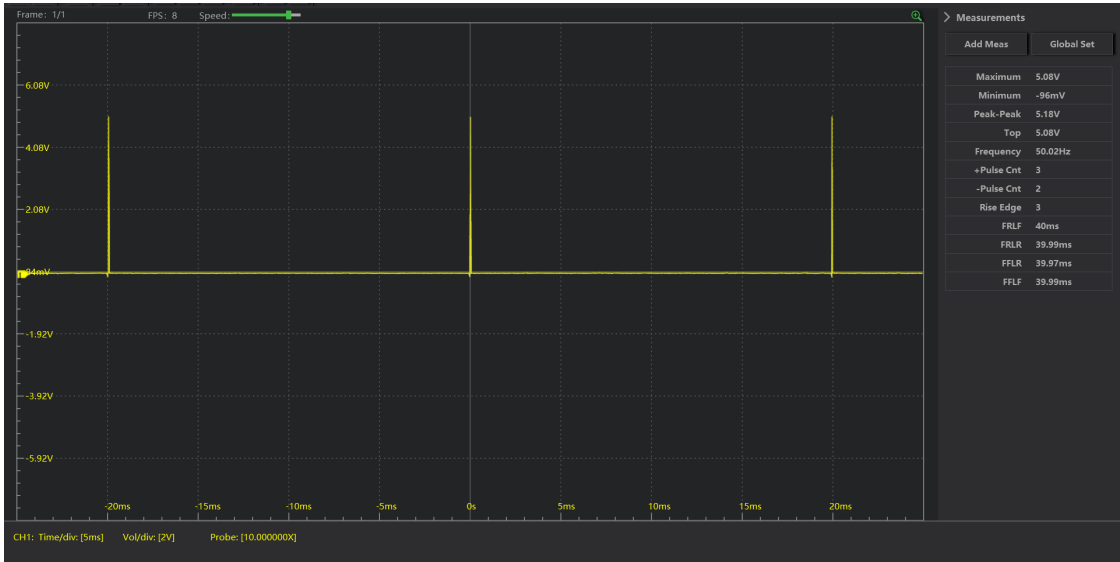
Исходный файл: U1_PIN36_JPCLK2.png

5. Временные сигналы изображения и контроллеров

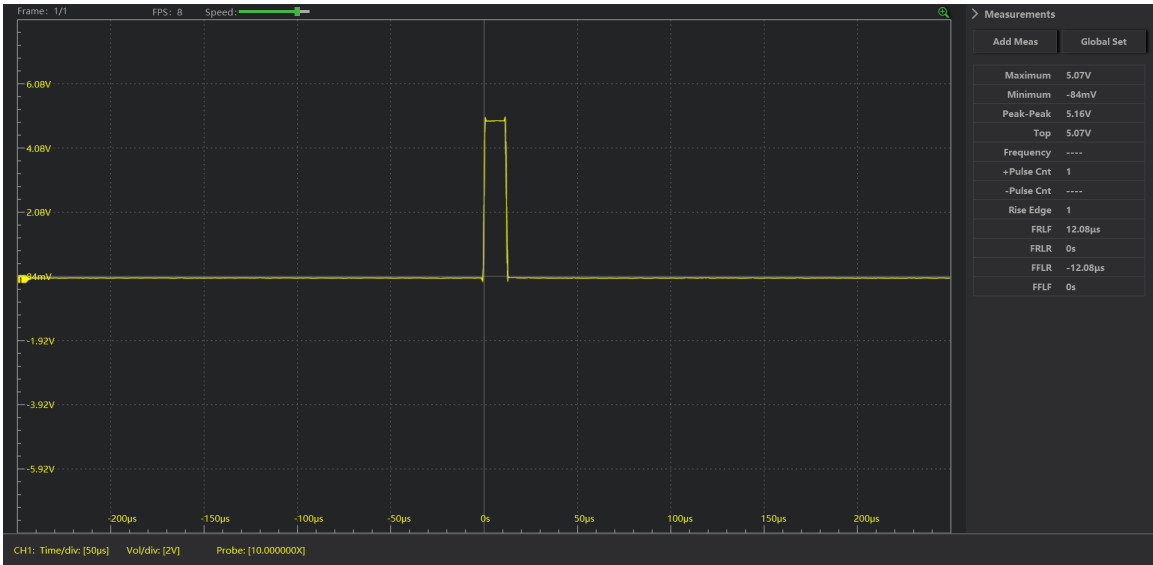
U1 pin 37 JPOUT0

JPOUT0 формирует latch для контроллеров. На длинной развёртке повторение составляет около 50,02 Гц, то есть один раз за PAL-кадр. Увеличенная развёртка показывает короткий импульс защёлки.

Диагностическая оценка: Вывод: игра или автоматический опрос CPU дошли до кадрового чтения контроллеров.



Исходный файл: U1_PIN37_JPOUT0.png



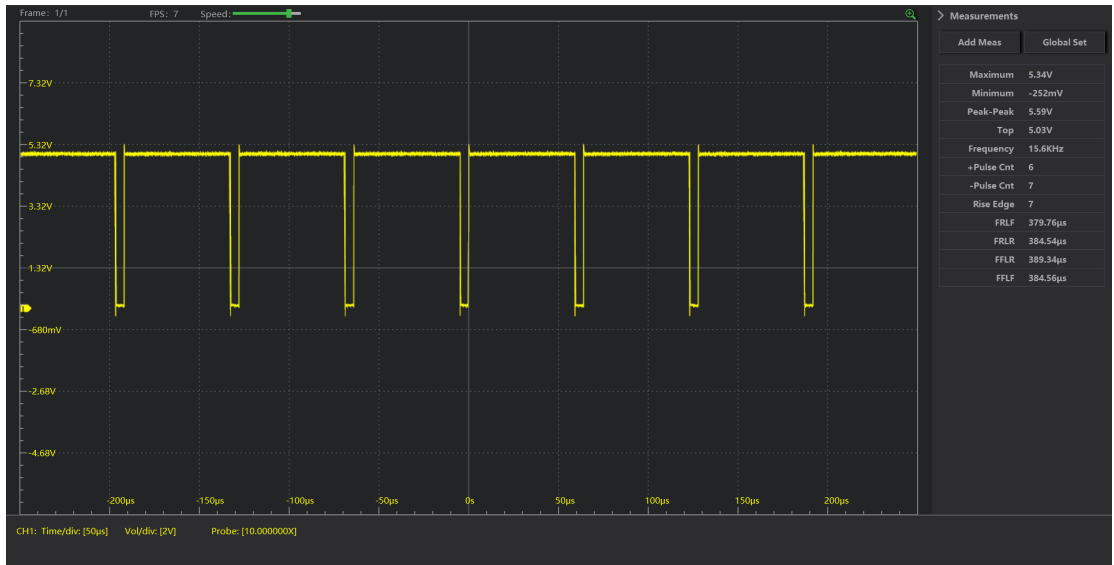
Исходный файл: U1_PIN37_JPOUT0_1.png

6. Выходы S-PPU2

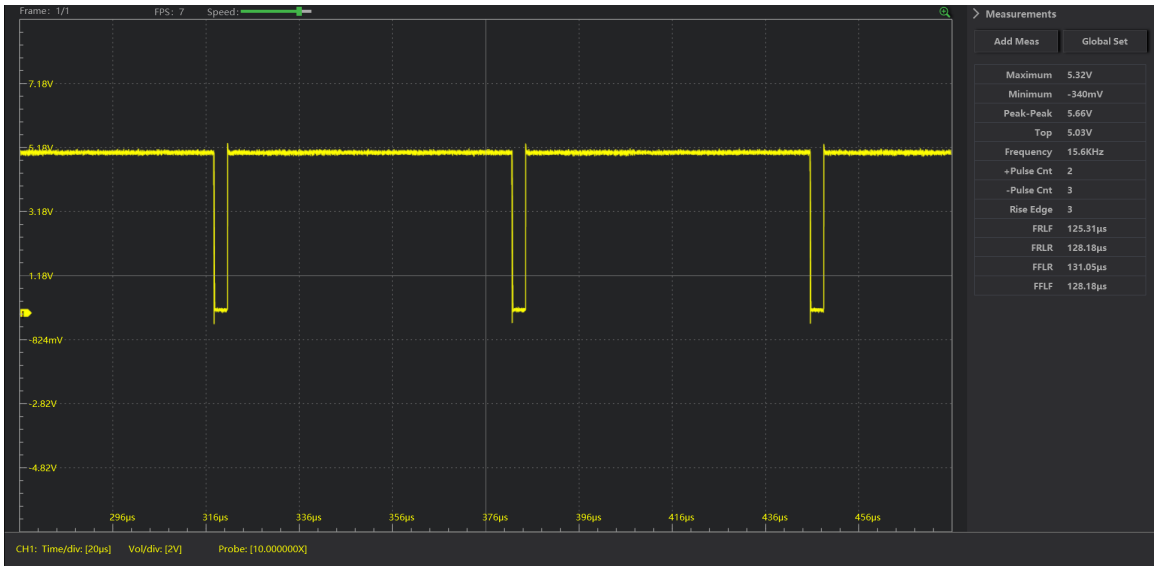
U3 pin 100 /CSYNC и pin 1 /BURST

Оба активных низких сигнала повторяются с частотой строки 15,6 кГц. /CSYNC содержит строчные синхроимпульсы и кадровую структуру; /BURST задаёт окно цветовой вспышки. Зафиксирован полный логический размах около 5 В.

Диагностическая оценка: Вывод: S-PPU2 формирует синхронизацию и burst для видеокодера.



Исходный файл: U3_PIN100_csync.png



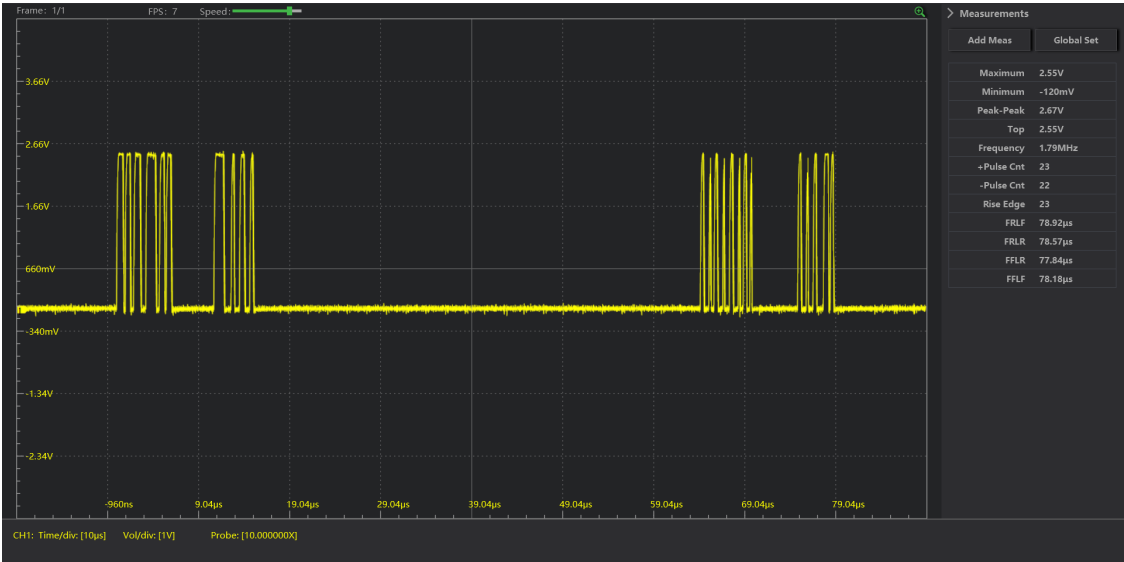
Исходный файл: U3_PIN1_BRST.png

6. Выходы S-PPU2

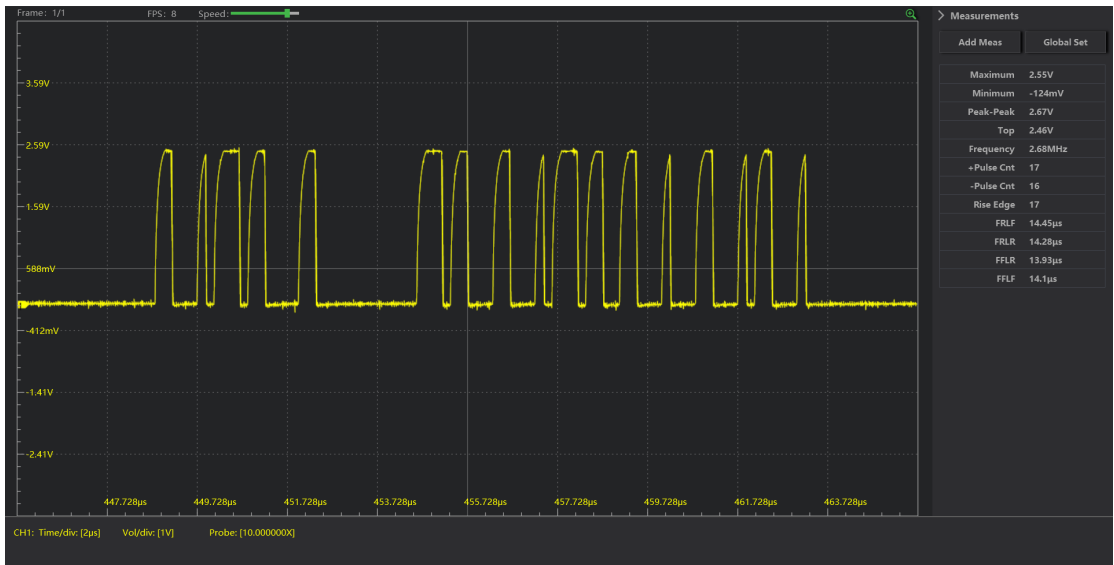
U3 pin 95 R - две развёртки

Красный аналоговый компонент меняется в соответствии с пикселями текущего изображения. Разная плотность импульсов на двух развёртках отражает содержимое строк и выбранный временной масштаб.

Диагностическая оценка: Вывод: красный видеоканал S-PPU2 активен и не удерживается в постоянном уровне.



Исходный файл: U3_PIN95_Red.png



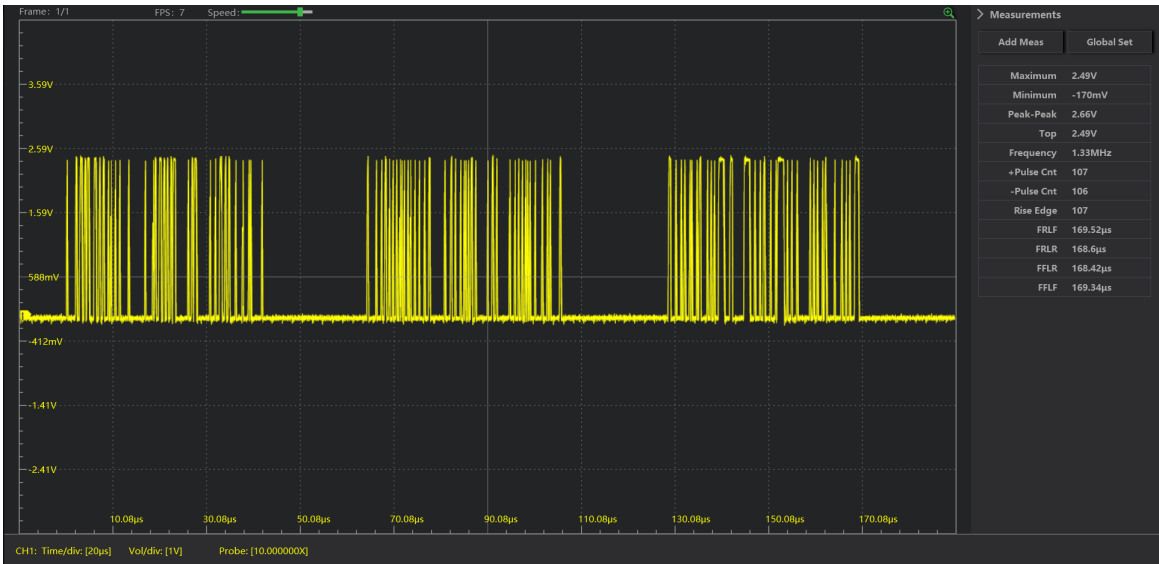
Исходный файл: U3_PIN95_Red_1.png

6. Выходы S-PPU2

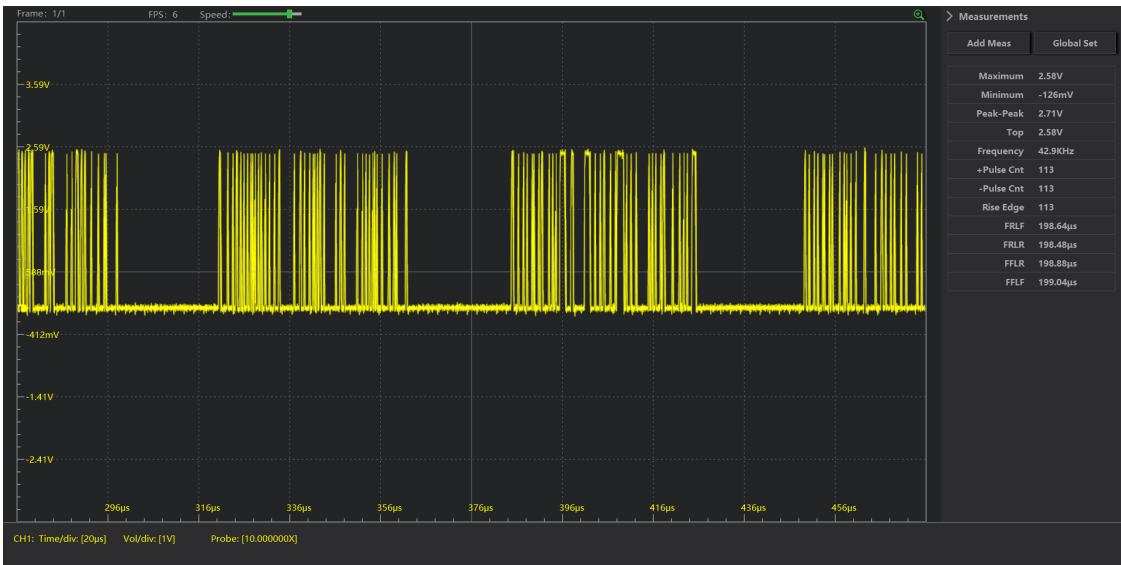
U3 pin 96 G и pin 97 B

Зелёный и синий аналоговые каналы демонстрируют пиксельную активность, различающуюся по содержимому изображения. Для этих сигналов автоматическая частота не имеет физического смысла: важны наличие уровней и изменение внутри активной части строки.

Диагностическая оценка: Вывод: все три RGB-выхода S-PPU2 работают и передают изображение дальше.



Исходный файл: U3_PIN96_Gr.png



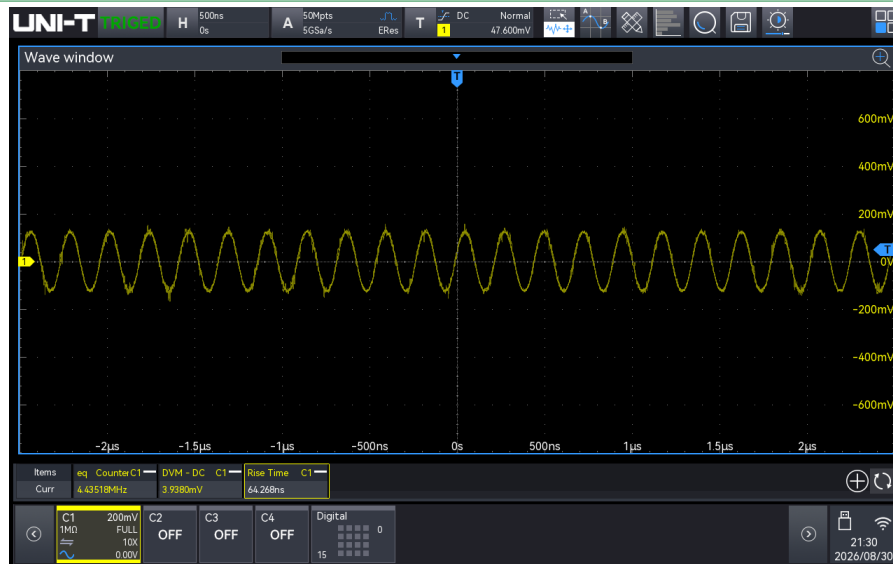
Исходный файл: U3_PIN97_B.png

7. U7 S-ENC - опорные и управляющие сигналы

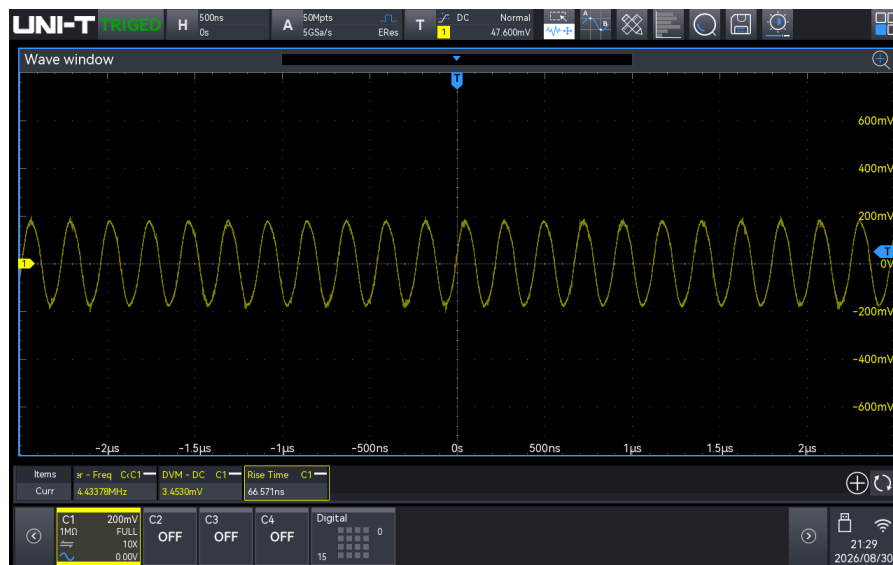
U7 pin 13 VC и pin 14 VB

VC и VB относятся к фазовой цепи цветовой поднесущей. На обоих выводах наблюдается синусоидальная составляющая 4,433 МГц небольшого размаха. Это внутренние аналоговые точки, поэтому их амплитуда не должна сравниваться с логическими уровнями 0...5 В.

Диагностическая оценка: Вывод: PAL-поднесущая присутствует в фазовой цепи S-ENC.



Исходный файл: U7_P13.png



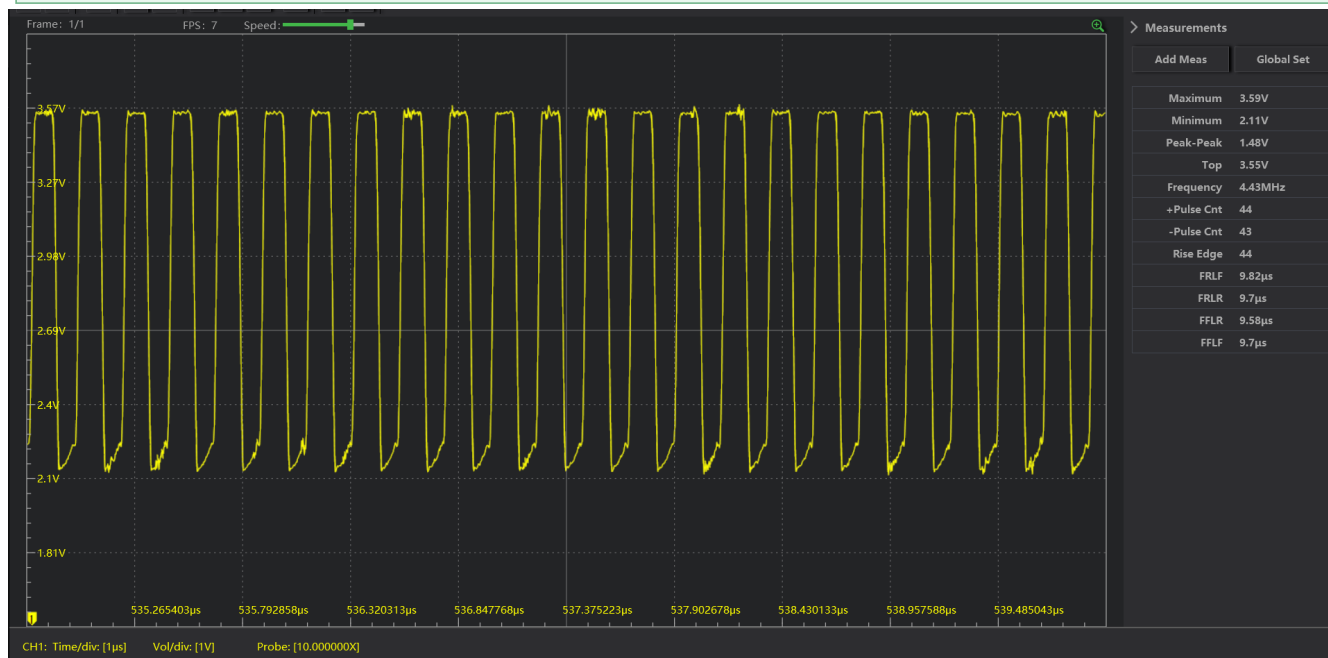
Исходный файл: U7_P14.png

7. U7 S-ENC - опорные и управляющие сигналы

U7 pin 15 VA

На выходе VA зафиксирована устойчивая частота 4,43 МГц, минимум около 2,11 В, максимум около 3,59 В и размах около 1,48 В. Смещение относительно земли является нормальной частью аналогового генератора S-ENC.

Диагностическая оценка: Вывод: внутренний узел поднесущей S-ENC активен.



Исходный файл: U7 S-ENC_PIN15.png

7. U7 S-ENC - опорные и управляющие сигналы

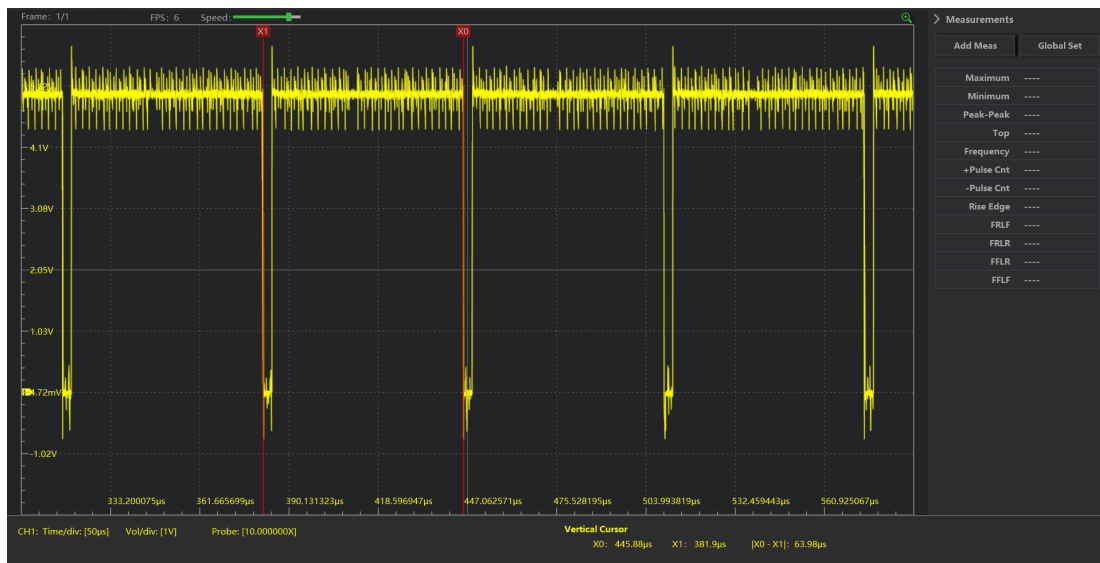
U7 pin 3 /PCP и pin 16 /BFP

Pedestal Clamp Pulse и Burst Flag Pulse активны низким уровнем и привязаны к каждой строке. На обеих точках видны узкие отрицательные импульсы на фоне высокого уровня, повторяющиеся примерно через 64 мкс. Высокочастотная штриховка между ними связана с развёрткой и наложением быстрого сигнала на длинном временном окне.

Диагностическая оценка: Вывод: кодер получает временные окна фиксации чёрного и формирования burst.



Исходный файл: U7 S-ENC_PIN3.png



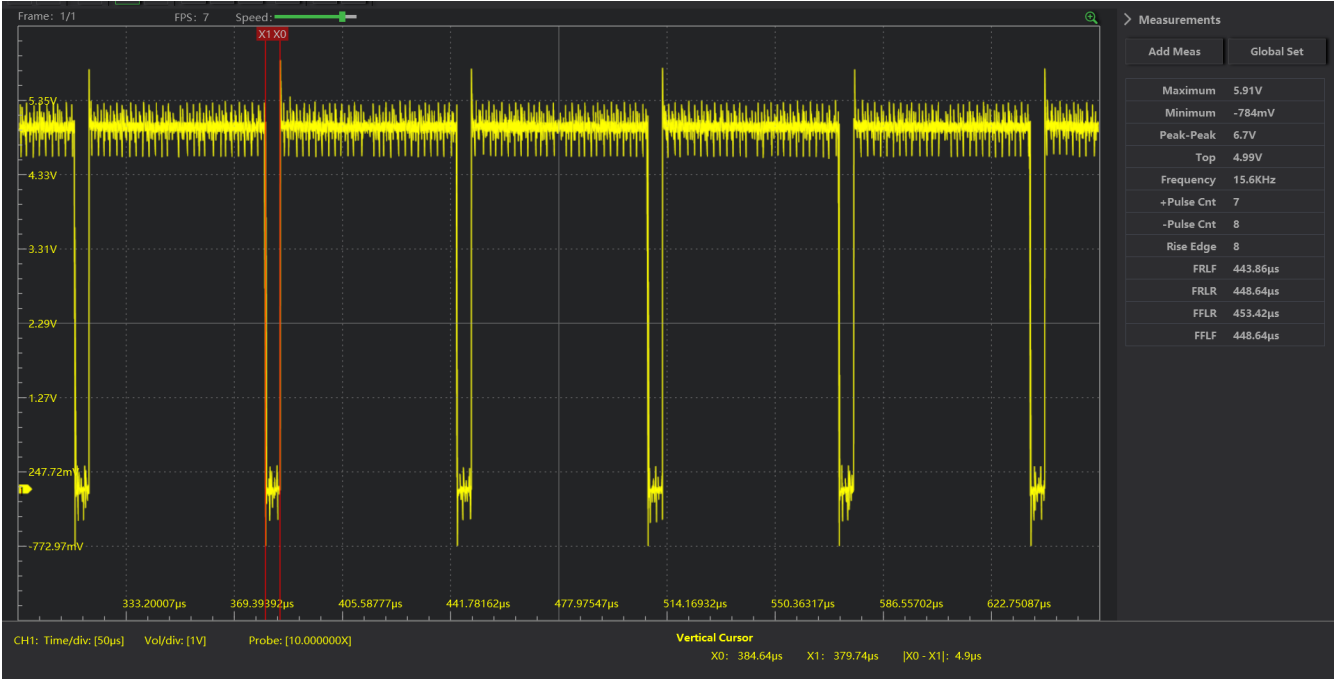
Исходный файл: U7 S-ENC_PIN16.png

7. U7 S-ENC - опорные и управляющие сигналы

U7 pin 8 /SYNC

На входе /SYNC S-ENC присутствует активная низкая синхронизация 15,6 кГц. Форма соответствует сигналу U3 pin 100, то есть синхронизация дошла от S-PPU2 до кодера.

Диагностическая оценка: Вывод: отсутствие изображения нельзя объяснить потерей синхронизации между U3 и U7.



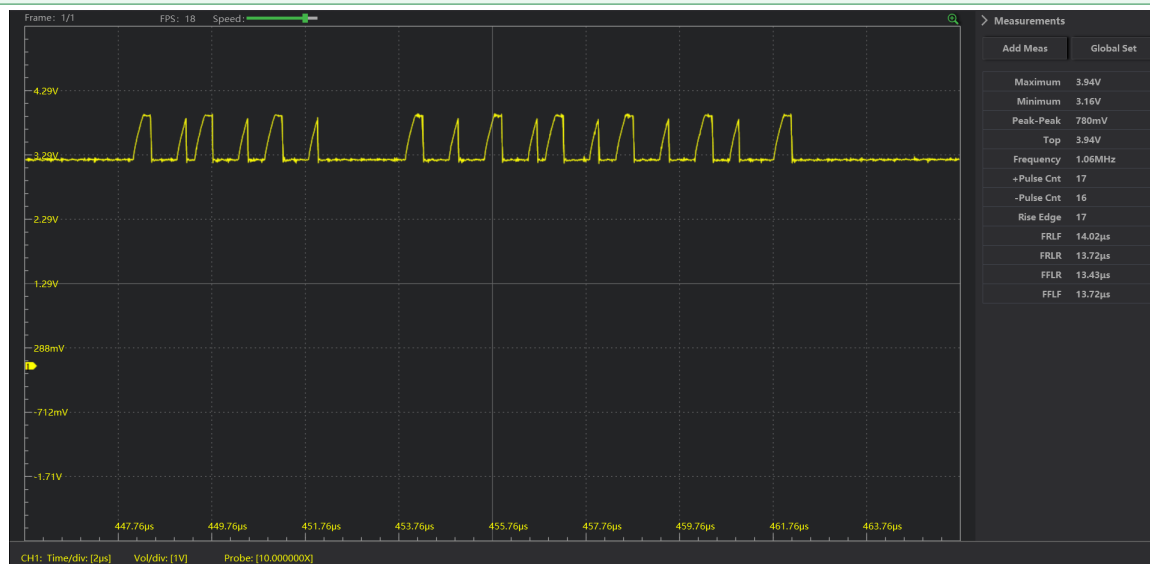
Исходный файл: U7 S-ENC_PIN8.png

8. U7 S-ENC - RGB и видеовыходы

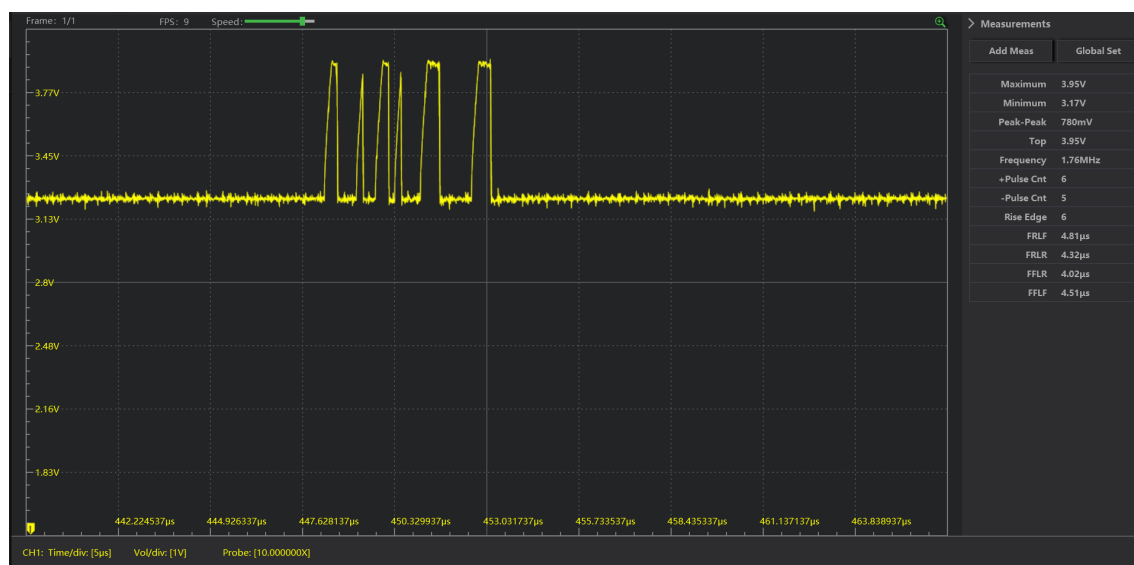
U7 pin 20 AR, pin 21 AG и pin 22 AB

После транзисторных буферов RGB поступают на аналоговые входы U7. На всех трёх каналах наблюдается пиксельная активность. Зафиксированный размах составляет примерно 0,78...0,79 В, что близко к ожидаемому уровню около 0,7 Вpp для входов кодера. Постоянное смещение около 3,2 В является нормальным.

Диагностическая оценка: Вывод: RGB доходят до S-ENC; буферы Q3, Q5, Q7 и разделительные цепи работают.



Исходный файл: U7 S-ENC_PIN20.png

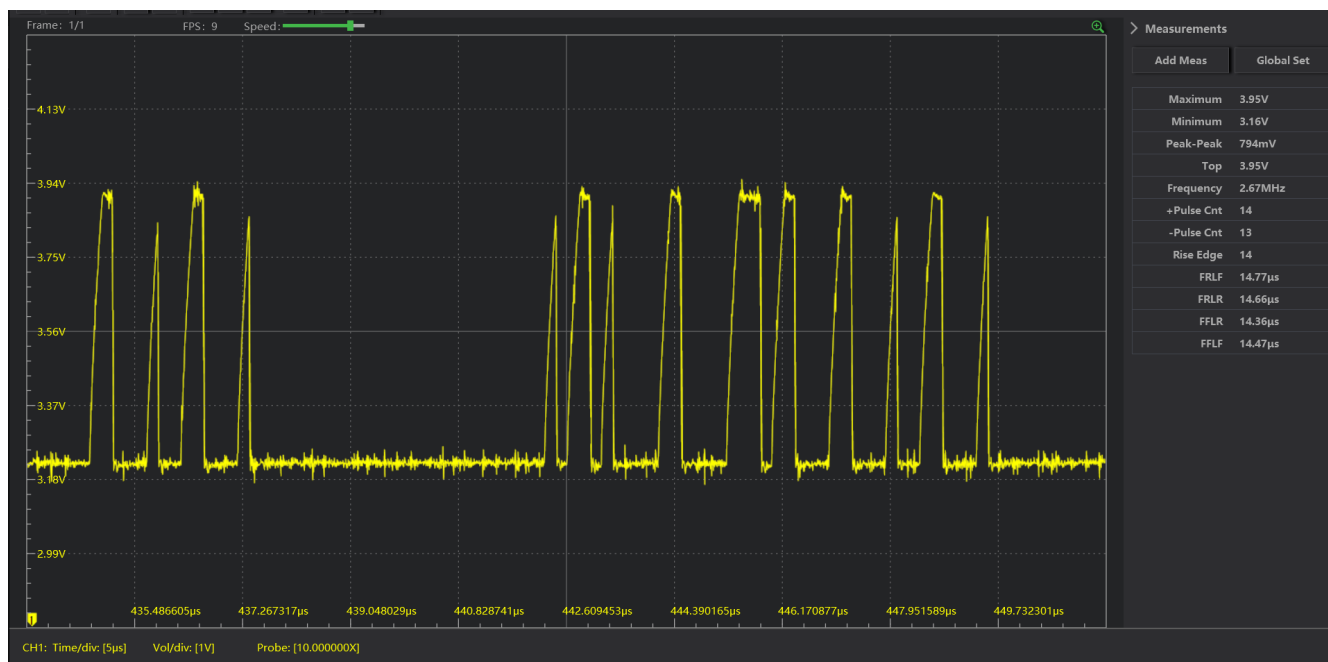


Исходный файл: U7 S-ENC_PIN21.png

8. U7 S-ENC - RGB и видеовыходы

U7 pin 20 AR, pin 21 AG и pin 22 AB - продолжение

Дополнительная развёртка той же контрольной точки.



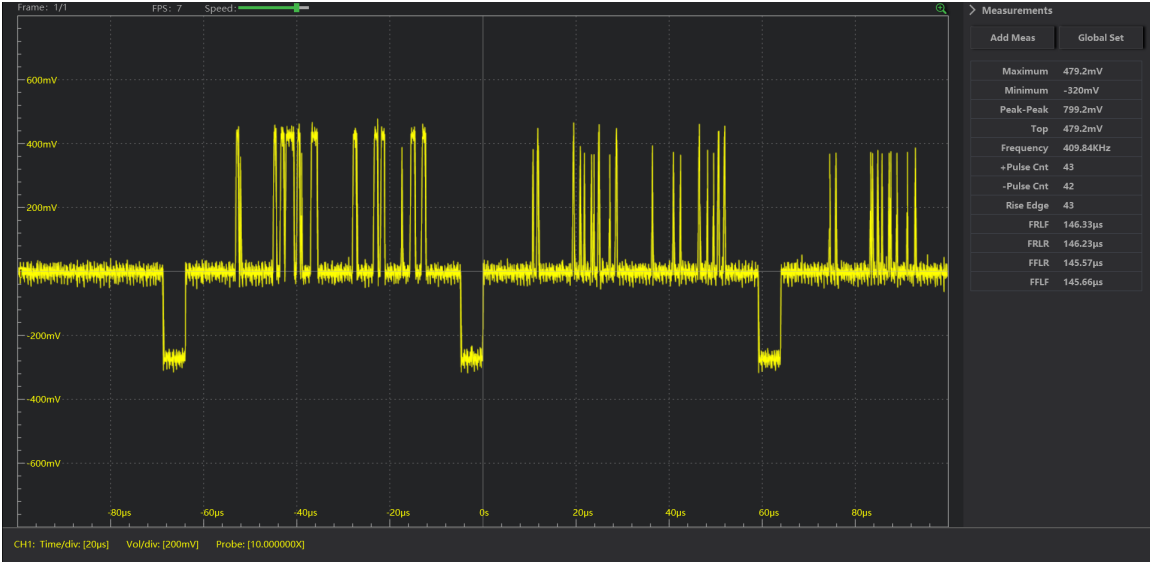
Исходный файл: U7 S-ENC_PIN22.png

8. U7 S-ENC - RGB и видеовыходы

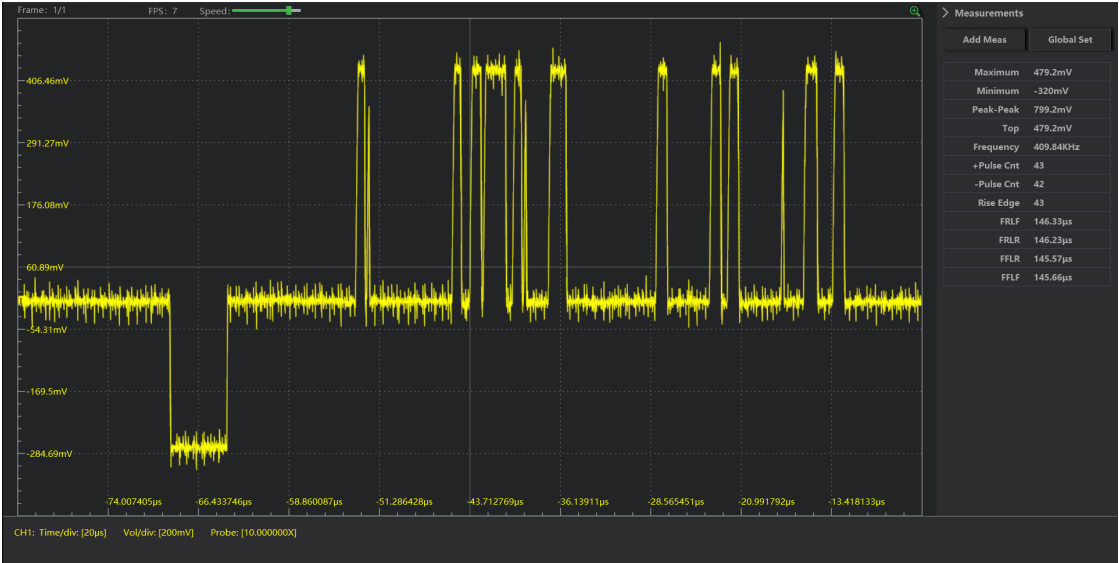
U7 pin 9 YI

YI является внутренним яркостным входом/возвратом. На двух развёртках видны синхронная составляющая и изменения яркости. Измеренный размах около 0,80 В. Автоматическая частота 409,84 кГц описывает рисунок выбранного кадра и не является частотой видеостандарта.

Диагностическая оценка: Вывод: яркостный тракт внутри внешней обвязки S-ENC активен.



Исходный файл: U7 S-ENC_PIN09.png



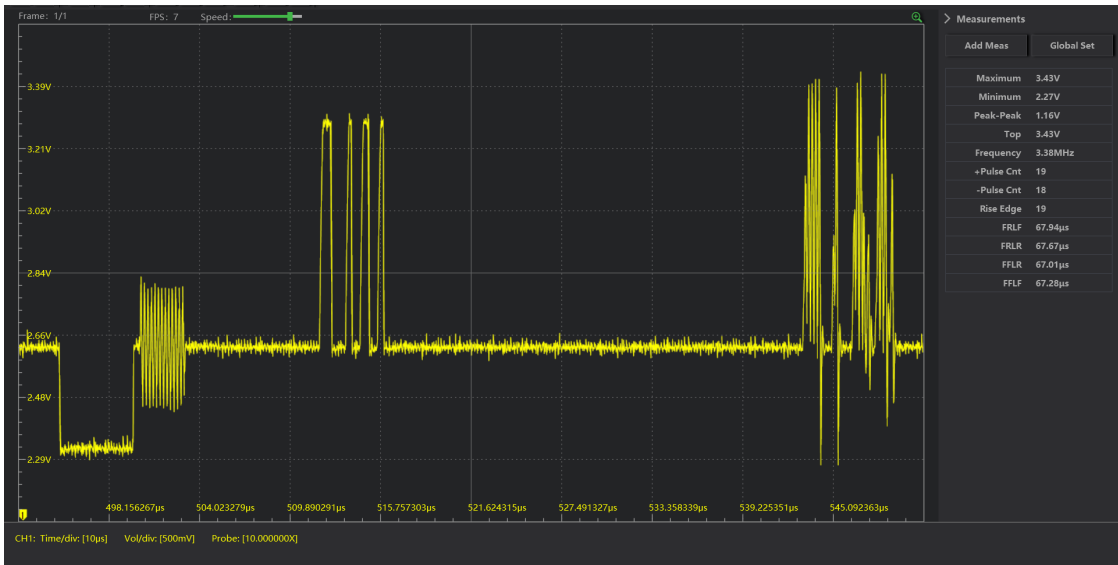
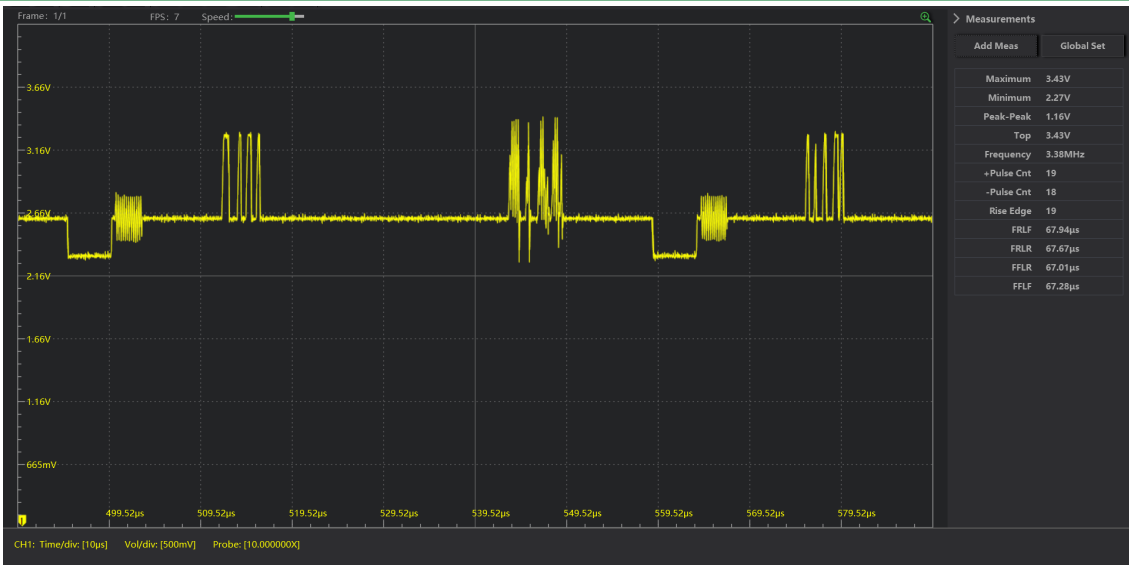
Исходный файл: U7 S-ENC_PIN9_2.png

8. U7 S-ENC - RGB и видеовыходы

U7 pin 7 VO - композитное видео

VO является полным композитным видеосигналом. На захватах различимы синхроимпульс, участок цветовой вспышки и активная часть строки. Непосредственно на выводе U7 измерены примерно 2,27...3,43 В, то есть около 1,16 Вpp с постоянным смещением. После выходного буфера и согласования уровень на разъёме зависит от нагрузки 75 Ом.

Диагностическая оценка: Вывод: S-ENC формирует композитное видео; при отсутствии изображения искать дальше в выходном буфере, кабеле и нагрузке.



Итоговая диагностическая картина

Совокупность измерений подтверждает наличие master clock на S-CPU и обеих PPU, активное выполнение кода, обращения к ROM и WRAM, записи в B-bus/PPU, кадровый опрос контроллеров, формирование PAL-синхронизации, RGB и композитного видео.

Эти формы пригодны как практический эталон исправно запущенной платы. Они не доказывают исправность каждого opcode или внутреннего аппаратного блока S-CPU: например, отдельный дефект умножителя/делителя может существовать при полностью нормальных внешних clock и bus-сигналах.

Наблюдение	Практический вывод
Нет XIN на U1/U2/U3	Проверять X1, U18 S-CLK и распределение master clock
XIN есть, SYSCK отсутствует	Сильное подозрение на S-CPU или reset/configuration
Нет /ROMSEL и /CPURD	CPU не выполняет код ROM либо нарушена адресная шина
Есть /ROMSEL, /RAMSEL и VDA	CPU выполняет код и работает с памятью
Есть плотный /PAWR	CPU дошёл до инициализации PPU/B-bus
Есть HBLANK/VBLANK и U3 /CSYNC	PPU формирует PAL-развёртку
Есть U3 RGB, но нет U7 RGB	Проверять транзисторные RGB-буферы и C6...C8
Есть U7 RGB и /SYNC, но нет VO	Проверять S-ENC и его аналоговую обвязку
VO есть на U7, но нет на разъёме	Проверять выходной буфер, резисторы, кабель и нагрузку 75 Ом

Основа документа: PAL-SNES Schematic SNSP-CPU-01/02, распиновки S-CPU/S-PPU/S-ENC и пользовательские осциллограммы из архива signals.zip.