

SlReciever

Оглавление

- Описание 1
- Описание верхнего уровня 1
 - Входные сигналы 1
 - Выходные сигналы 1
 - Двунаправленные сигналы 1
- Программная модель 1
 - Регистр конфигурации и состояния 1
 - Регистр полученных данных 3
- Описание работы 3
- Алгоритмы работы 6

Описание

Данный проект подразумевает реализацию RTL-описания на языке Verilog одноканального приемника SL-канала.

Описание верхнего уровня

Входные сигналы

- rst_n - асинхронный общий сигнал сброса
- clk - сигнал тактовой частоты
- [31:0] D_in - порт для записи данных в регистры
- wr_en - После установки в 1 в выбранный портом addr регистр записывается необходимое число
- addr - адрес регистра "0" - регистр данных, "1" - регистр конфигурации и состояния
- serial_line_zeroes_a - асинхронный вход линии нулей SL-канала
- serial_line_ones_a - асинхронный вход линии единиц SL-канала

Выходные сигналы

- [31:0] D_out - порт для чтения регистров
- irq - вывод прерывания

Двунаправленные сигналы

Отсутствуют.

Программная модель

Пользователю для работы доступно несколько регистров:

- Регистр конфигурации и состояния (config_r и status_r)
- Регистр последнего успешно принятого сообщения (buffered_data_r)

Регистр конфигурации и состояния

Регистр конфигурации и состояния состоит из двух объединенных регистров - регистра конфигурации и регистра состояния. Регистру конфигурации соответствуют младшие 16 разрядов, регистру состояния - старшие.

Таблица 1. Назначение разрядов регистра конфигурации (config_r)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

SR	BC[6:0]	PCE	IRQM	Res*	Res*
----	---------	-----	------	------	------

Описание разрядов регистра конфигурации (config_r)

1. SR - soft reset, включает (SR=1) и выключает (SR=0) приемник
2. BC - bit count, количество бит в слове
3. IRQM - interrupt request mask, маскирование прерываний модуля
4. PCE - parity check enable, разрешение контроля четности(PCE = 1), или запрещение(PCE = 0)

Таблица 2. Связь разрядов IRQM и маскирования причин прерываний

Разряд поля IRQM	Маскируемый бит
IRQM[0]	IRQRM
IRQM[1]	IRQPEM
IRQM[2]	IRQWLC
IRQM[3]	IRQLE
IRQM[4]	IRQWCC
IRQM[5]	IRQICC

Таблица 3. Назначение разрядов регистра состояния (status_r)

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
WRP	PEF	Res*	Res*	Res*	Res*	Res*	Res*	Res*	IRQRM	IRQPEM	IRQWLC	IRQLE	IRQWCC	IRQICC	Res*

Описание разрядов регистра состояния (status_r)

1. WRP - word receiving process, флаг идущего процесса приема слова по SL-каналу
2. PEF - parity error flag, присутствует ли ошибка четности в хранящемся в буфере сообщении
3. IRQRM - interrupt request of recieved message - прерывание успешно принятого сообщения
4. IRQPEM - interrupt request of parity error message, принято слово не прошедшее проверку четности
5. IRQWLC - interrupt request of word length check, принято слово не прошедшее проверку длины полученного слова на равенство значению BC регистра config_r
6. IRQLE - interrupt request of level error on line, прерывание ошибки уровня напряжения на линии SL-канала
7. IRQWCC - interrupt request of wrong configuration changed - прерывание смены конфигурации во время приема сообщения
8. IRQICC - interrupt request of incorrect configuration прерывание попытки смены конфигурации на неверную
9. Res* - Зарезервированно

Регистр полученных данных

buffered_data_r[31:0]

Таблица 4. Назначение разрядов регистра полученных данных (buffered_data_r)

0 - 31
Data

Data - данные к отправке.

Описание работы

Модуль принимает SL-сообщения. Сообщения могут иметь четную длину от 8 до 32 бит. Бит четности проверяется автоматически. Частота импульсов принимаемых сообщений может меняться от 500кГц до 2МГц (при частоте тактового сигнала = 16МГц).

Запись и чтение регистров

Управление модулем осуществляется путем записи/чтения регистров.

Для считывания текущего значения одного из регистров блока необходимо сформировать на шине addr соответствующее ему значение, указанное в таблице, длительностью не меньше такта опорной тактовой частоты. Значение регистра будет сформировано на шине d_out через такт опорной после фронта сигнала на шине addr.

Для записи значения в один из регистров блока необходимо сформировать:

- на шине addr значение соответствующее регистру
- на шине d_in записываемую информацию,
- на порт wr_en - значение "1".

Также на на шине d_out через такт опорной после фронта сигнала на шине addr будет сформировано значение записанного регистра. Значение шины d_out будет соответствовать значению последнего опрошенного или записанного регистра до формирования следующего запроса.

Таблица 5. Адреса регистров

Значение шины addr	Выбранный регистр
1'b0	регистр данных
1'b1	регистр конфигурации и состояния

Смена конфигурации

Для изменения конфигурации приемника необходимо перезаписать регистр конфигурации и состояния. В конфигурационной части может быть установлена длина слова, маскировка причин запроса прерывания или осуществлен сброс модуля к исходным настройкам. Неверной считается

конфигурация с нечетными длинами слова или длиной слова лежащей вне промежутка от 8 до 32 бит.

Прием сообщений

Если на вход модуля начинают поступать импульсы, модуль переходит в режим приема сообщения, выставляется бит $WRP = 1$.

Модуль переходит в режим ожидания нового сообщения в ситуациях:

- Успешного приема сообщения
- Приема сообщения с ошибкой
- Завершившейся ошибки уровня на линии
- Попытки изменить конфигурацию модуля во время приема сообщения

Успешным приемом сообщения называется прием сообщения с совпадающим со значением поля BC количеством информационных бит и, если включен контроль четности, верной четностью.

В случае, если успешно принято слово с правильной четностью выставляются биты $IRQRM = 1$ и $WRP = 0$. Если контроль четности отключен и принято слово с неправильной четностью, выставляются биты $IRQPEM = 1$, $PEF = 1$ и $WRP = 0$.

В случае приема сообщения с ошибкой выставляются биты:

- Контроль четности включен и принято сообщение с ошибкой четности — $IRQPEM = 1$ и $WRP = 0$
- Принято сообщение с несовпадающим с конфигурацией количеством бит — $IRQWLC = 1$ и $WRP = 0$

В случае, если во время приема произошла ошибка уровня, выставляется флаг $IRQLEF = 1$. Модуль вернется в режим ожидания сообщения только когда уровень на линиях будет восстановлен. До этого момента будет флаг $WRP = 1$, а бит причины прерывания $IRQLEF$ будет невозможно сбросить.

В случае, если во время приема произошла попытка изменить поля PCE и BC регистра конфигурации, выставляются биты $IRQWCC = 1$ и $WRP = 0$. Если новая конфигурация верна, она записывается в регистр. Если новая конфигурация неверна, выставляется бит $IRQICC$, поля PCE и BC остаются неизменными.

В регистре данных всегда хранится последнее успешно принятое сообщение. А в поле PEF регистра состояния - наличие ошибки четности последнего успешно принятого сообщения.

После считывания сообщения необходимо сбросить возникшие биты причин прерываний, и ожидать приема следующего сообщения.

Прерывания

Запрос прерывания происходит произошло одно из событий и бит этого события не замаскирован :

- Успешно принято сообщение ($IRQRM$)

- Принято сообщение с ошибкой четности (IRQPEM)
- Принято сообщение неверной длины (IRQWLC)
- Произошла ошибка уровня на линии (IRQLE)
- Была предпринята попытка записать некорректные данные в конфигурационный регистр (IRQICC)
- Изменение конфигурации в процессе отправки сообщения (IRQWCC)

Причину возникновения можно посмотреть в соответствующих полях регистра состояния. Для сбрасывания прерываний, вам необходимо считать регистр конфигурации и состояния и записать считанное снова, занулив биты прерываний. Более подробно работа прерываний рассмотрена в разделе Алгоритм работы.

Выключение модуля

Чтобы выключить модуль необходимо выставить поле регистра конфигурации SR = "1". Если сделать это во время отправки сообщения, прием сообщения прекращается. Регистры конфигурации и состояния возвращаются в начальное состояние. Когда приемник выключен, он не реагирует на сигналы на входах SL0 и SL1.

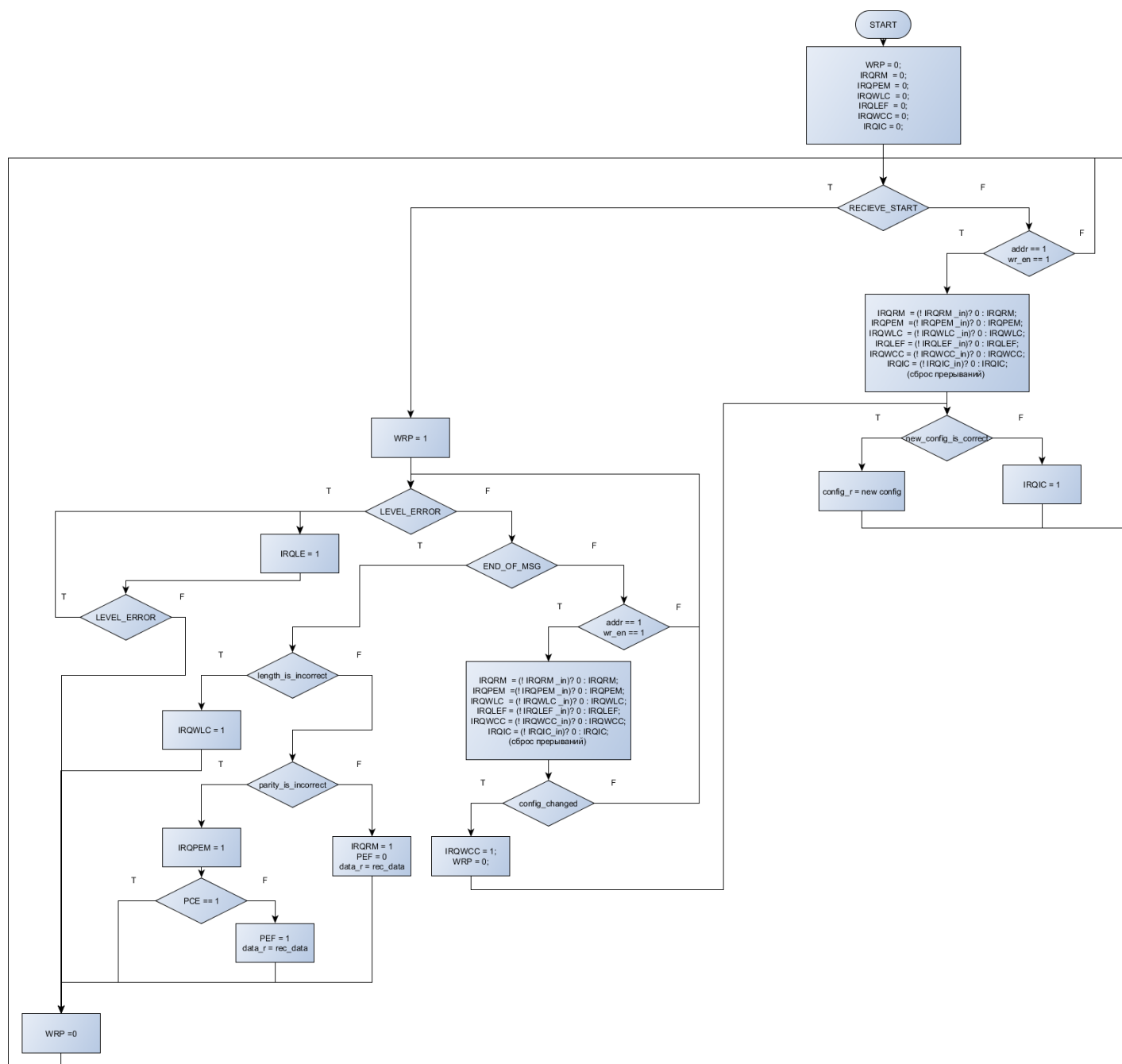


Рисунок 1. Алгоритм работы регистра состояния модуля SIReceiver

Модуль может находиться в двух режимах: режим приема и режим ожидания. После включения модуля, все биты регистра состояния устанавливаются в 0, модуль находится в режиме ожидания.

Смена конфигурации и сброс прерываний в режиме ожидания

Чтобы сменить конфигурацию, необходимо записать новую конфигурацию в регистр конфигурации и состояния. При записи регистра конфигурации и состояния в режиме ожидания происходит проверка битов причин прерываний: если значения соответствующих записываемых битов прерываний равны 0, то они сбрасываются.

Если конфигурация некорректна, выставляется $IRQICC = 1$, конфигурация не изменяется. Если бит $IRQICC$ не замаскирован формируется запрос на прерывание.

Если конфигурация корректна она записывается в регистр. Модуль остается в режиме ожидания.

Прием сообщения

Если на одной из линий возникает импульс, модуль переходит в режим приема, устанавливается поле регистра состояний $WRP = 1$. Если импульс слишком короткий или слишком длинный, возникает ошибка уровня, выставляется бит $IRQLE = 1$. Бит выставляется каждый такт, пока уровень на линии не будет восстановлен. После этого модуль возвращается в режим отправки сообщения, выставляется бит $WRP = 0$.

Если импульс является синхроимпульсом модуль выставляет соответствующие принятому сообщению биты статусного регистра и, если сообщение принято успешно, запоминает сообщение в регистр данных, выставляется бит $WRP = 0$.

Анализ принятого сообщения

При приеме синхроимпульса (условие END_OF_MSG на рис. 1) сначала проверяется длина принятого сообщения, если длина не совпадает с конфигурацией (значение поля $BC + 1$ за счет бита четности) выставляется $IRQWLC = 1$. Если бит $IRQWLC$ не замаскирован, формируется запрос на прерывание.

Если длина совпадает с выставленной в конфигурации, проверяется четность полученного сообщения. Если четность верна, сообщение считается успешно принятым, выставляется $IRQRM = 1$, содержимое сдвигового регистра с удаленным битом четности записывается в регистр данных. Если бит $IRQRM$ не замаскирован, формируется запрос на прерывание.

Если четность неверна, выставляется бит $IRQPEM = 1$. Однако, если контроль четности отключен, сообщение все равно считается успешно принятым, данные сдвигового регистра с удаленным битом четности переписываются в регистр данных. Выставляется бит $PEF = 1$. Если бит $IRQPEM$ не замаскирован, формируется запрос на прерывание.

Дублирование битов проверки четности

Бит причины прерывания $IRQPEM$ и бит четности PEF дублируют функции друг друга. Тем не менее эта система необходима для разрешения следующего конфликта: Допустим с приемником с отключенным контролем четности, и за время, прошедшее с последнего опроса пришло 2 сообщения, одно с верной четностью, а другое с ошибкой. Тогда флаг PEF - единственный способ определить, верна ли четность сообщения, лежащего в регистре данных.

Изменение конфигурации и сброс прерываний во время приема сообщения

Когда модуль находится в режиме приема сообщения, то без отмены приема возможно только изменение полей маскирования прерываний, и сброс битов причин прерываний. Если изменить длину сообщения в середине приема сообщения, прием сообщения будет отменен, а остаток сообщения будет воспринят как новое сообщение неправильной длины.

Если в режиме отправки происходит запись регистра конфигурации и состояния, сначала проверяются биты прерываний: если значения соответствующих записываемых битов прерываний равны 0, то они сбрасываются. После этого, проверяется изменяются ли биты конфигурации (поля PCE, BC). Если они не изменяются, модуль остается в режиме приема сообщения. Если они изменяются то прием завершается, выставляются биты WRP = 0 и IRQWCC = 1. Если бит IRQDWCC не замаскирован формируется запрос на прерывание. Если конфигурация корректна, она записывается в регистр, если же нет, выставляется бит IRQICC = 1. Модуль переходит в режим ожидания сообщения.

Формирование запроса на прерывание

Запрос на прерывание формируется на выходе irq, через один такт после возникновения причины прерывания, если причина этого прерывания не замаскирована в поле IRQM.

После включения приемника сдвиговый регистр приема сообщения shift_r заполняется нулями, Сдвиговых регистры sl_0_tmp и sl_1_tmp - единицами, счетчик количества бит bit_i устанавливается в 0, счетчик циклов cycle_i устанавливается в 0, регистры контроля четности par_0 и par_1 устанавливаются в 0 и 1 соответственно.

Каждый такт значение с асинхронных входов serial_line_zeroes_a и serial_line_ones_a помещаются в нулевые разряды сдвиговых регистров sl_0_tmp и sl_1_tmp. Остальные разряды при этом сдвигаются. Условия bit_started, и bit_ended получаются при сравнении содержимого sl_0_tmp и sl_1_tmp с масками.

Таблица 6. Условия переходов

Обозначение	Выражение
bit_started	(sl0_tmp_r == 12'hF??0) (sl1_tmp_r == 12'hF??0)
bit_ended	(sl0_tmp_r == 12'h0??F) (sl1_tmp_r == 12'h0??F)

Таблица 7. Значения констант счетчика cycle_i

Обозначение	Значение
const_1	3
const_2	32

Состояние BIT_WAIT_FLUSH

В начале приема машина состояний находится в состоянии BIT_WAIT_FLUSH. В этом состоянии счетчик циклов приравнивается к константе const1. Если выполняется условие bit_started, происходит переход в состояние BIT_DETECTED.

Состояние BIT_DETECTED

В состоянии BIT_DETECTED работает счетчик циклов cycle_i. Как только этот счетчик становится равным до 0, производится анализ, какой именно бит принят, и в зависимости от значения первых разрядов сдвиговых регистров sl_0_tmp и sl_1_tmp определяется, на какую из линий поступил импульс и происходит переход в состояние обработки определенного бита: ONE_BIT, ZERO_BIT или STOP_BIT. При этом, если импульс отсутствует, происходит переход в состояние LEV_ERR.

Состояния ONE_BIT и ZERO_BIT

В состояниях ONE_BIT и ZERO_BIT соответствующее значение 0 или 1 загружаются в бит с номером BC сдвигового регистра shift_r. Сам сдвиговый регистр при этом сдвигается вправо. В состоянии ONE_BIT инвертируется значение бита четности единиц par_1, в состоянии ZERO_BIT - значение par_0. В регистр cycle_i помещается значение const2. Счетчик принятых bit_i инкрементируется.

Состояние STOP_BIT

В состоянии STOP_BIT происходит анализ полученного сообщения. Сравняется количество принятых бит с установленным в конфигурации, Проверяется четность. Если количество бит и четность верны, или, если верно количество бит, контроль четности отключен и не верна четность, значение из сдвигового регистра shift_r переписывается в регистр данных с обнулением

бита четности shift_r[BC].

Для приема следующего сообщения регистры shift_r и bit_i устанавливаются в нулевые значения. В регистры подсчета четности загружаются значения par_0 = 1, par_1 = 0. В регистр cycle_i помещается значение const2.

Особенности контроля честности

Считая бит честности, количество импульсов на линии единиц с учетом разряда четности должно быть нечетным, а на линии нулей - четным.

Для проверки этого, до приема сообщения в регистры подсчета четности загружаются значения par_0 = 0, par_1 = 1. При принятии единицы меняет значение на противоположное регистр par_1, а при принятии нуля — par_0.

Таким образом, после принятия всех бит корректного сообщения (считая бит четности), регистр par_0 должен поменять свое значение четное количество раз, т.е. сохранить значение par_0 = 0, а регистр par_1 свое значение нечетное количество раз, т.е. приобрести значение par_1 = 0.

При обработке стоп бита считается, что четность нарушена, если хотя бы один из регистров par_0 и par_1 не равен нулю.

Состояние WAIT_BIT_END

После обработки импульса в состояниях ONE_BIT, ZERO_BIT или STOP_BIT, схема переходит в состояние WAIT_BIT_END. Модуль находится в этом состоянии, пока счетчик cycle_i не достиг нулевого значения, или не выполниться условие bit_ended.

Если выполнилось условие bit_ended, модуль возвращается в состояние BIT_WAIT_FLUSH. Если же счетчик досчитал до нулевого значения, это значит, что импульс не закончился вовремя, и произошла ошибка уровня на линии - модуль переходит в состояние LEV_ERR.

Состояние LEV_ERR

Модуль оказывается в состоянии LEV_ERR в случаях, когда длинна импульса оказалось слишком большой или слишком маленькой, т.е. произошла ошибка уровня на линии. Когда уровень на обеих линиях восстановлен, модуль переходит в состояние BIT_WAIT_FLUSH. Для приема следующего сообщения регистры shift_r и bit_i устанавливаются в нулевые значения. В регистры подсчета четности загружаются значения par_0 = 0 и par_1 = 1.