

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ FM-ПЕРЕДАТЧИК

Стереофонический FM-передатчик - устройство для передачи звука в эфир на любой частоте всего FM-диапазона. Применение современных микросхем и транзисторов позволило создать передатчик, отличающийся высоким качеством сигнала, полнотью цифровым управлением параметрами, высоким КПД и малыми габаритами.

Основные характеристики передатчика:

Напряжение питания (стабилизированное), В.....	12
Ток потребления(max), А.....	1.8
Сопротивление нагрузки, Ом.....	50
Выходная мощность (max), Вт.....	15
Число градаций регулировки мощности.....	10
Диапазон частот, МГц.....	87 - 108
Шаг перестройки частоты, кГц.....	100
Размеры, мм.....	60x60x25
Вес без блока питания, гр.....	125

Параметры звукового канала:

Отношение с/ш, (моно) дБ.....	63
Отношение с/ш, (стерео) дБ.....	58
Разделение стереоканалов, дБ.....	35
Пределы регулировки входного аттенюатора, дБ.....	0-20
Девиация звука, кГц.....	0-90
Число предустановок компрессора*.....	4

* нулевая компрессия, лёгкая компрессия, агрессивная компрессия, работа с микрофоном

Дополнительные функции:

КСВ-метр для настройки антенны
Защита от обрыва антенны
Защита от перегрева
Защита от переполсовки питания
Электростатическая защита входов
Интеллектуальная система охлаждения*
Программируемое имя радиостанции**

*для увеличения ресурса вентилятора

**передается по RDS, до 8 символов



Описание передатчика



Передатчик собран на современных SMD элементах. Сердце передатчика - микросхема Si4711, спроектированная американской фирмой **Silicon Laboratories** специально для построения миниатюрных передатчиков, включающая в себя все необходимые узлы:

- схему управления динамическим звуковым диапазоном
- частотный синтезатор
- генератор, управляемый напряжением
- цифровой стереомодулятор
- кодер RDS

Для достижения качественной модуляции аналоговые звуковые сигналы, поступающие на вход микросхемы, оцифровываются и дальнейшее их преобразование (усиление, ограничение, предискажения и девиация) происходит в цифровой форме. Благодаря этому качество передаваемого сигнала существенно выше, чем у передатчиков, собранных на аналоговых микросхемах (BA1404, NJM2035 и др.). Стабильность частоты обеспечивается встроенным синтезатором частоты с интегрированным генератором, управляемым напряжением (VCO). Встроенная функция RDS позволяет передавать имя радиостанции, предварительно записанное в память передатчика.

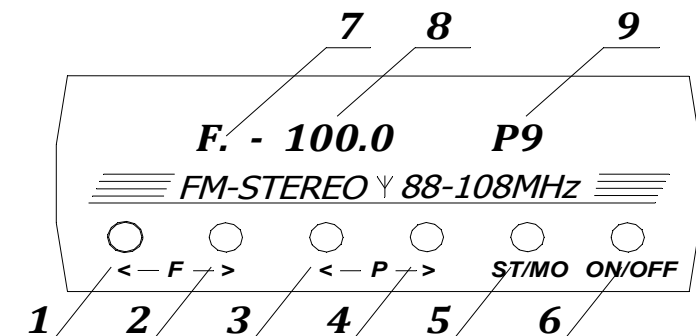
Для настройки передающей антенны передатчик имеет встроенный КСВ-метр. При высоких уровнях КСВ (например, при не настроенной антенне или обрыве антенного кабеля) срабатывает аварийная защита и передатчик выключается. Встроенный термодатчик позволяет отслеживать температуру выходного каскада и управлять работой вентилятора по определенному алгоритму, продлевающему ресурс вентилятора. При превышении рабочей температуры передатчик также отключается.

По сравнению с более ранними конструкциями, в данном передатчике используется более современный процессор серии STM32, электростатическая защита входов, позолоченные SMA разъёмы. Это позволило повысить функциональные и эксплуатационные свойства передатчика.

Подключение и настройка

Для начала работы в первую очередь необходимо подключить к передатчику разъём блока питания, антенну или её эквивалент 50 Ом, с помощью аудиокабеля подключить источник звука, например, звуковую карту компьютера или MP3-проигрыватель и после этого включить блок питания в сеть. На индикаторе начнет мигать точка, свидетельствующая о готовности передатчика к включению.

Управление передатчиком осуществляется кнопками на передней панели:



- 1- кнопка уменьшения частоты
- 2- кнопка увеличения частоты
- 3- кнопка уменьшения мощности
- 4- кнопка увеличения мощности
- 5- кнопка переключения режима моно/стерео и дополнительных настроек
- 6- кнопка включения/выключения
- 7- индикация режима стерео
- 8- индикация текущей частоты передачи
- 9- индикация выходной мощности

После этого в источнике звука надо установить минимальный уровень и нажать кнопку ON/OFF. При этом передатчик включится с параметрами, установленными при производстве по умолчанию или с параметрами предыдущего включения. Затем надо установить необходимую частоту, минимальную мощность (P.1) и настроить приемник на ту же частоту. Затем необходимо постепенно прибавлять громкость источника звука до тех пор, пока в приёмнике звук не начнёт искажаться (хрипеть). После этого надо немного громкость уменьшить - это и будет оптимальный уровень входного сигнала. Частота передачи может изменяться кнопками <F и F> с шагом 0.1МГц в пределах от 87 до 108 МГц. Включение режима стерео производится нажатием на кнопку MO/ST - на индикаторе появится точка. Повторное нажатие на эту кнопку приведет к переходу передачи в режим моно. Иногда это нужно для увеличения дальности передачи (для уменьшения шумов в приёмнике при слабом сигнале). Для настройки дополнительных параметров необходимо войти в меню настроек. Для этого надо нажать на несколько секунд кнопку MO/ST. На индикаторе появятся дополнительные функции, описание которых приведено в таблице. Перебор функций осуществляется нажатием кнопок <F>, перебор значений функций производится нажатием кнопок <P>.

Функция	Показания индикатора	Значение функции	Функция	Показания индикатора	Значение функции
Компрессор звука	CP - OFF	Выключен	Девиация звука	A.-68.25	По умолчанию
	CP - 1	Слабая компрессия	КСВ метр	АН.-x.xx	Настройка антенны
	CP - 2	Сильная компрессия	Режим индикатора	dS - On	Включен постоянно
	CP - 3	Работа с микрофоном		dS - OFF	Включается на 20 сек*
Усиление	GaIn-0	Усиление 0 дБ	RDS	rdS-1	RDS включена
	GaIn-1	Усиление 5 дБ		rdS-0	RDS выключена
	GaIn-2	Усиление 10 дБ	* Для экономии энергии при автономном питании		
	GaIn-3	Усиление 15 дБ			
	GaIn-4	Усиление 20 дБ			

Настройка звука

Линейный звуковой вход передатчика имеет встроенные пассивные и активные сглаживающие фильтры для защиты его от высокочастотных помех, наводки от которых могут привести к ухудшению работы передатчика. Для обеспечения оптимального звучания, в передатчике предусмотрена установка параметров аттенюатора, компрессора, усиления входного сигнала и девиации звука.

Аттенюатор

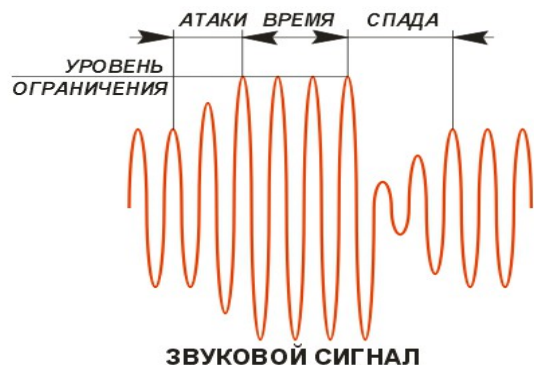
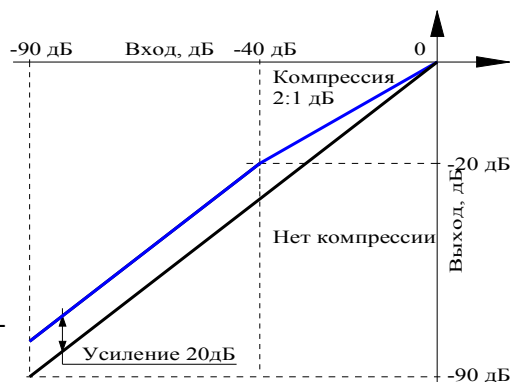
Аттенюатор необходим в случае, когда во избежание искажений звука и перемодуляции при большой амплитуде входного сигнала надо ослабить его значение. Встроенный в передатчик аттенюатор имеет четыре значения коэффициента ослабления, соответствующие максимально возможным амплитудам входного сигнала - 190 мВ, 301 мВ, 416 мВ и 636 мВ.

Программно этот параметр установлен таким, чтобы максимальный уровень входного сигнала не превышал 636 мВ.

Компрессор

Компрессор звукового сигнала позволяет сократить динамический диапазон, уменьшить пиковые значения амплитуды звукового сигнала и увеличить уровень сигналов с малой амплитудой. Другими словами, компрессор усиливает сигнал ниже определённого порога и ограничивает сигнал выше определённого уровня ограничения.

На рисунке показан пример сжатия звукового сигнала с порогом -40дБ и усиления в 20дБ относительно несжатого сигнала. Для сигналов ниже порога в -40дБ, сигнал будет усилен на 20 дБ относительно несжатого сигнала, а сигналы, находящиеся выше порога, сжаты в соотношении 2:1 дБ - т.е. увеличение входного сигнала на каждые 2дБ приведет к возрастанию уровня выходного всего на 1дБ. Таким образом, в показанном примере динамический диапазон в 90дБ был уменьшен до 70дБ. Компрессор передатчика имеет 4 программируемых параметра:



Уровень ограничения - определяет уровень, выше которого компрессор начинает ослаблять сигнал, а ниже которого — усиливать. Этот параметр лежит в пределах от -40 дБ до 0.

Время атаки - это время между превышением порогового значения и моментом срабатывания компрессора, находится в пределах от 0.5 до 5 мсек.

Время спада - это время между понижением уровня сигнала ниже порогового и моментом, когда компрессор перестает ослаблять сигнал, находится в пределах 100 до 1000 мсек.

Усиление - коэффициент усиления входного сигнала, который находится ниже уровня ограничения, может быть в пределах от 0 до 20 дБ. Для упрощения настройки компрессора, в передатчике предусмотрен набор фиксированных настроек, представленных в таблице:

Установки компрессора	Индикатор	Порог срабатывания, дБ	Время атаки, мсек	Время спада, мсек	Усиление, дБ
Легкая компрессия	CP-1	-40	5	100	
Сильная компрессия	CP-2	-15	0.5	1000	***
Работа с микрофоном	CP-3	-25	3	350	***
Выключен	CP-OFF	-	-	-	***

*** Усиление **Gain** устанавливается отдельно и может принимать 5 фиксированных значений — 0дБ, 5дБ, 10дБ, 15дБ и 20 дБ. Если компрессор выключен, то установкой этого параметра можно установить коэффициент усиления входного сигнала, который не будет ограничиваться компрессором.

Предыскажения

В FM-вещании для уменьшения шумов применяют частотные предыскажения. В передатчике верх задираются - **pre-emphasis**, в приемнике обрезаются вместе с шумами - **de-emphasis**. Постоянная времени коррекции выбирается в зависимости от страны, в которой происходит вещание. В России и Европе постоянная времени коррекции принята равной 50 мкс и в передатчике установлена программно. Функции всех дополнительных настроек указаны в таблице:

Параметры излучения

Девияция частоты напрямую связана с громкостью сигнала в приёмнике. При её установке необходимо помнить, что сумма девиации звука, пилот-тона и RDS не должна суммарно превышать **75 кГц**, чтобы не нарушать стандарт, принятый в России и Европе.

Параметр передачи	Индикатор	Значение
Девияция частоты	A - 68.25	0...90 кГц
Девияция пилот-тона	Установлено программно	6.75 кГц
Частота пилот-тона	Установлено программно	19000 Гц
Девияция RDS	Установлено программно	2 кГц

Установка выходной мощности

Значение выходной мощности устанавливается кнопками <P>, имеет 10 градаций, каждая из которых соответствует определённой мощности в процентах от максимальной, приведённой в Таблице.

Значение P	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P1
Мощность, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

При выключении передатчика (нажатием кнопки ON/OFF) все предварительно установленные параметры сохраняются в памяти микроконтроллера.

Настройка антенны

Дальность передачи зависит не только от выходной мощности передатчика, но и от согласованности антенны с высокочастотным кабелем. Поэтому перед началом работы антенну надо настроить. В работающем передатчике часть высокочастотной энергии, передаваемой в антенну, всегда отражается обратно. Отражённая волна ухудшает работу передатчика, а чрезмерная её амплитуда может его повредить. Поэтому использование антенны без предварительной настройки не рекомендуется. Для того, чтобы добиться минимального отражения энергии, антенну необходимо согласовать с высокочастотным кабелем, т.е. сделать входное сопротивление антенны равным волновому сопротивлению кабеля 50 Ом. Степень согласования характеризуется коэффициентом стоячей волны КСВ. Эквивалентное сопротивление антенны представляет собой последовательно соединённые активное и реактивное сопротивления. Компенсация реактивной составляющей позволяет точно согласовать антенну и привести КСВ к единице. Компенсировать реактивную составляющую можно путем изменения геометрических размеров антенны, подключению к ней индуктивных и ёмкостных элементов.

Встроенный в передатчик КСВ-метр позволяет согласовать антенну с передатчиком, и, таким образом, достичь максимального излучения полезного сигнала в эфир. Для этого надо в работающем передатчике войти в меню дополнительных настроек и найти там функцию **АН -х.хх**. При этом установится мощность передатчика равной 10% от максимальной. При настройке антенны необходимо добиться показаний КСВ, равным или близким к единице, что будет соответствовать максимальной дальности передачи с данной антенной. Если произошёл обрыв антенны или она оказалась не подключена, то выходная мощность падает до 10% от максимальной, а на индикаторе вместо указания выходной мощности мигает надпись **АН**.

Защита от аварийных ситуаций

Для защиты передатчика от аварийных ситуаций предусмотрено несколько систем защиты:

1. От случайной переполосовки питания. Вместо традиционного диода в конструкции стоит мощный полевой транзистор, благодаря которому было уменьшено падение питающего напряжения и выделение тепла при большом токе нагрузки.
2. Защита от перегрева. С помощью температурного датчика микроконтроллер постоянно отслеживает температуру выходного каскада и поддерживает обороты вентилятора на оптимальном уровне. Это позволяет увеличить ресурс работы вентилятора. Термозащита имеет 2 порога срабатывания. При достижении первого порога, начинают мигать все показания индикатора, предупреждающие о том, что надо обратить внимание на охлаждения передатчика. При достижении второго порога передатчик выключается и на индикаторе появляется надпись **-Hot -**. В этом случае надо выключить передатчик, проверить вентиляционные отверстия и работу вентилятора. В этом случае надо кнопкой ON/OFF выключить передатчик и заново включить.
3. Защита от обрыва антенного кабеля. В случае обрыва антенного кабеля или сильного рассогласования антенны с передатчиком отражённая волна может повредить выходной транзистор. Для предотвращения выхода из строя транзистора микроконтроллер постоянно отслеживает показания встроенного КСВ-метра и в случае возникновения такой ситуации уменьшает выходную мощность передатчика до 10% от максимальной. При этом на индикаторе мигает надпись **АН**. В этом случае надо выключить передатчик, проверить состояние антенны и антенного кабеля и включить передатчик вновь.

RDS...

RDS (Radio Data System, англ.) - многоцелевой стандарт, предназначенный для передачи информационных сообщений по каналам радиовещания в FM-диапазоне. Этот метод нашёл широкое применение в автомобильных приёмниках для отображения на их дисплеях сопутствующей радиопередачам информации, передаваемой радиостанциями.

В передатчике можно запрограммировать имя радиостанции, которое будет передаваться по RDS. Для этого надо войти в меню настроек (несколько секунд удерживая кнопку MO/ST), кнопками <F> найти там функцию **rdS**, кнопками <P> установить её в положение **On**, затем нажать на кнопку MO/ST - на индикаторе появится меню программирования символов, которые нужно передавать: **L1 -*****, где **L1**-ячейка памяти, в которой будет храниться числовой код первого символа, *******- числовой код символа из таблицы. Кнопками <P> надо выбрать соответствующее этому символу число и нажатием на кнопку ST/MO записать его в ячейку памяти. На индикаторе появится надпись **SAVE**, свидетельствующая об успешной записи символа. Затем нажатием кнопки <P> необходимо перейти к записи второго символа **L2** и так до **L8**. После записи всех символов, нажатием кнопки ON/OFF надо выйти из меню записи символов RDS в меню дополнительных настроек. Повторное нажатие кнопки ON/OFF приведёт к выходу из меню дополнительных настроек и переходу передатчика в основной режим.

Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код	Символ	Код
!	33	-	45	9	57	E	69	Q	81	]	93	i	105	u	117
"	34	.	46	:	58	F	70	R	82	^	94	j	106	v	118
#	35	/	47	;	59	G	71	S	83	_	95	k	107	w	119
\$	36	0	48	<	60	H	72	T	84	`	96	l	108	x	120
%	37	1	49	c	61	I	73	U	85	a	97	m	109	y	121
&	38	2	50	с	62	J	74	V	86	b	98	n	110	z	122
'	39	3	51	?	63	K	75	W	87	c	99	o	111		
(	40	4	52	@	64	L	76	X	88	d	100	p	112		
)	41	5	53	A	65	M	77	Y	89	e	101	q	113		
*	42	6	54	B	66	N	78	Z	90	f	102	r	114		
+	43	7	55	C	67	O	79	[	91	g	103	s	115		
,	44	8	56	D	68	P	80	\	92	h	104	t	116		