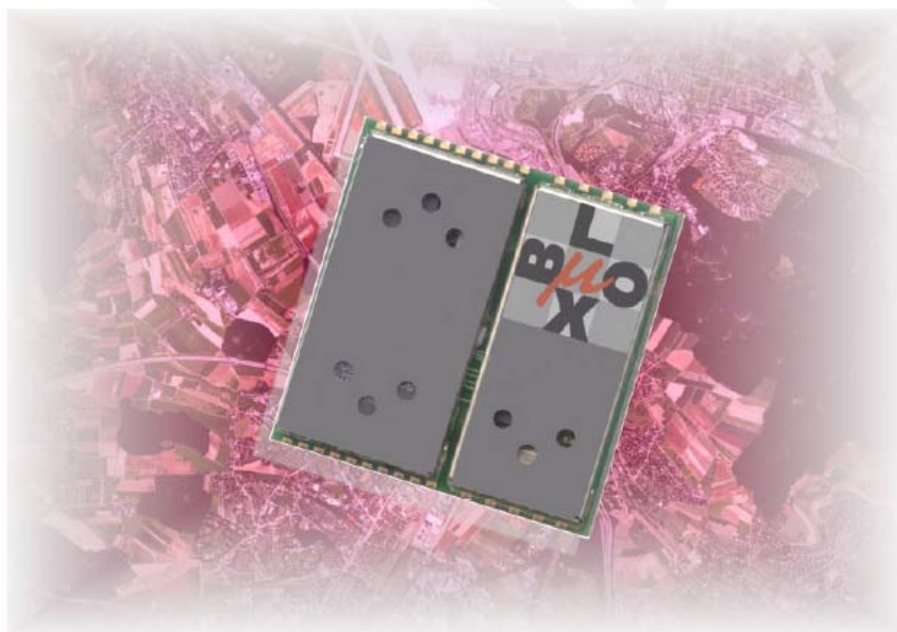


RF проект для GPS приемников

Описание



Название	RF проект для GPS приемников
Тип документа	Предварительное описание
ID документа	GPS-X-02015-A
Автор	Andreas Thiel
Дата	2 июня 2002 г.
Для более подробной информации обратитесь на сайт www.u-blox.com	

Мы резервируем все права на этот документ и информацию в нем. Воспроизведение или использование третьими лицами без разрешения строго запрещены.

Все торговые марки, упомянутые в этом документе - собственность их владельцев.
Copyright © 2002, u-blox ag

ЭТО ОПИСАНИЕ СОДЕРЖИТ ИНФОРМАЦИЮ ОБ ИЗДЕЛИЯХ U-blox ДЛЯ НАЧАЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ФАЗАХ РАЗРАБОТКИ. СПЕЦИФИКАЦИИ В ЭТОМ ОПИСАНИИ ИЗМЕНЕНЫ НА УСМОТРЕНИЕ u-blox. u-blox НЕ НЕСЕТ НИКАКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБЫЕ ПРЕТЕНЗИИ ИЛИ УБЫТКИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭТОГО ОПИСАНИЯ, ИЛИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДУЛЕЙ НА ЕГО ОСНОВЕ, ВКЛЮЧАЯ ПРЕТЕНЗИЯМИ ИЛИ УБЫТКИ ОТ НАРУШЕНИЯ ПАТЕНТОВ, АВТОРСКИХ ПРАВ ИЛИ ДРУГИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРАВ. u-blox НЕ ДАЕТ НИКАКИХ ГАРАНТИЙ, ЯВНЫХ ИЛИ НЕЯВНЫХ, ЧТО КАСАЕТСЯ ИНФОРМАЦИИ И СПЕЦИФИКАЦИЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ЭТОМ ОПИСАНИИ. РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, УКАЗАННЫЕ В ЭТОМ ОПИСАНИИ - ОЦЕНОЧНЫЕ И НЕ ДАЮТ ГАРАНТИЮ РАБОТЫ ИЗДЕЛИЯ.

Содержание

1 Обзор.....	5
1.1 Основные характеристики GPS RF-сигнала.....	5
1.1.1 Структура сигнала GPS на L1.....	5
1.1.2 Мощность термического шума.....	6
1.1.3 Уровни сигнала GPS на L1.....	7
1.2 Теория оценки шума.....	7
1.2.1 Примера вычисления исполнения сигнал приемника - шум.....	9
1.3 Соответствие импеданса.....	10
1.4 ДБ.....	11
1.5 Многолучевое распространение.....	13
1.6 Варианты RF при разработке приемника GPS.....	13
2 Антенны.....	15
2.1 Выбор правильной антенны.....	15
2.2 Активные и пассивные антенны.....	16
2.3 Плоские антенны.....	17
2.4 Спиралевидные антенны.....	18
2.5 Спиральная или плоская, какой выбор лучше?.....	18
2.6 Типы антенн.....	19
3 Кабели.....	20
3.1 Коаксиальный RF-Кабель.....	20
3.2 Внутренние соединения RF на печатной плате.....	22
3.3 Разъемы RF.....	24
4 Вопросы интерференции.....	27
4.1 Источники шума.....	27
4.2 Устранение цифровых источников шума.....	28
4.2.1 Силовые и заземленные слои.....	28
4.2.2 Высокоскоростные сигнальные линии.....	28
4.2.3 Блокировочные конденсаторы.....	29
4.3 Экранирование.....	30
4.3.1 Проведение через конденсаторы.....	31
4.3.2 Экранирование в системе.....	32
4.3.3 Описание защиты TIM.....	33
5 Для дальнейшего изучения.....	35
5.1 Компоненты подавления EMI.....	35
5.2 Производители антенн.....	35
5.3 Управление последовательным интерфейсом.....	35

5.4 Регуляторы напряжения	35
5.5 Обеспечение для разработки.....	35
A Ссылки на документы.....	36
B Термины.....	36
C Контакты	36

1 Обзор

Бывает, что спутники GPS посылают слабые сигналы, поэтому очевидно, что разработка антенны и входа RF приемника GPS требует внимательного отношения. Этот документ дает некоторое понимание, как стоит и как не стоит делать проект RF для приемников GPS. Критерии выбора антенны также обсуждены в виде определенного набора решений для соответствующего проекта ПСБ.

В главе 1 дан краткий обзор характеристик GPS RF сигнала, также некоторые основные определения и суммированы методы разработки RF. Читатели, которых не привлекает захватывающая длина уравнений в этой главе, могут предпочесть прочитать следующие главы и только потом возвратиться к этой главе за специфической информацией.

В главе 2 обсуждаются антенны GPS для коммерческих приложений. В ней собраны критерии выбора, а также характеристики исполнения.

В главе 3 рассмотрены все аспекты взаимосвязи RF, такие как кабели, разъемы и дорожки RF на печатной плате.

В главе 4 рассмотрена наиболее важная проблема - почему приемники GPS не работают, как ожидается, в практическом применении, то есть электромагнитная интерференция. Глава включает в себя аспекты защиты и методы, направленные на уменьшение цифровой эмиссии шума.

И в последней, 5 главе, описаны полезные ссылки для дальнейшего изучения.

1.1 Основные характеристики GPS RF сигнала

1.1.1 Структура сигнала GPS на L_1

Носитель сигнала 1.57542 ГГц модулируется с использованием схемы прямой частоты распространения спектра (DS-SS). Два различных кодирования сигналов модулируются на носителе L_1 : гражданский код C/A (грубый захват) и военный P(Y) (точный). Скорость составляет - 1.023 Mcps для C/A и 10.23 Mcps для P кода(Y). Кодовые периоды генераторов псевдослучайного шума - 1023 для кода C/A и 2.35469592765 1014 для кода P (более, чем 38 недель). Эти скорости кода были выбраны таким образом, чтобы 1 период кода C/A умещался точно в 1 мс. Код Y - безопасная версия кода P, где код известен только зарегистрированным пользователям. Код Y заменяет код P в правительственном решении США.

Комбинация двух сигналов кодирования на одном носителе L_1 реализуется квадратурной модуляцией, где код P модулирует компонент в фазе и квадратурный компонент модулируется кодом C/A.

При использовании только C/A кода сообщение может восприниматься как бинарная модуляция с автоматическим смещением фазы (BPSK), игнорирующая более низкую и более высокую частоту P-компонента. Поток двоичных данных 50 бод дополнительно модулируется в последовательности кода, используя модуль-2 как дополнение.

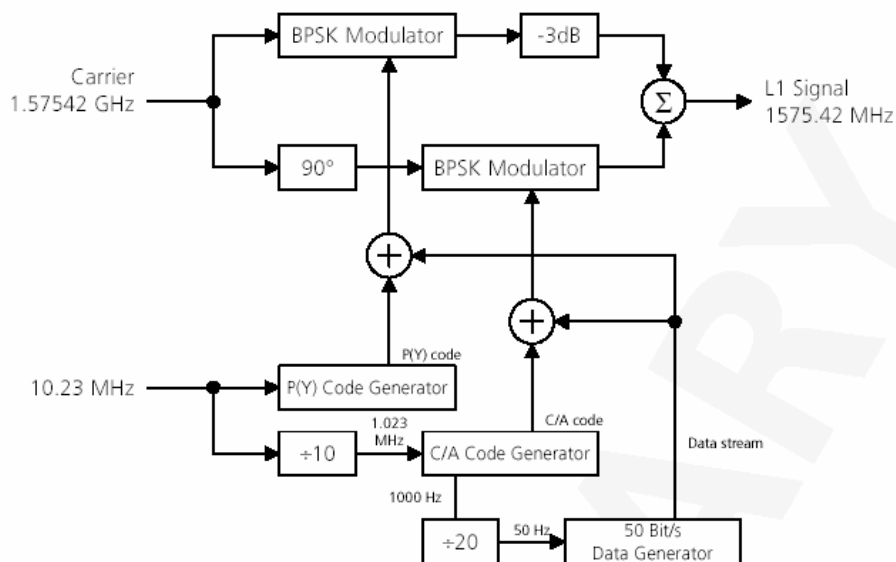


Рис.1-1 Структура сигнала GPS L₁

Результирующий сигнал для носителя L₁ дан в уравнении 1-1. Здесь P_c и P_p - напряжения сигналов C/A и P(Y) соответственно. P_c – на 3 Дб больше, чем P_p. φ представляет произвольную компенсацию фазы. Код P X_{P_i}(t) это a ± 1 последовательность псевдослучайного шума с тактовой скоростью 10.23 Mbps.. C/A-код X_{G_i}(t) это a ± 1 золотая кодовая последовательность с тактовой скоростью 1.023 Mbps и периодом 1023 бит. ω₁ = 2πf₁ = 2π * 154 * 10.23 МГц. D_i(t) это ± 1 поток двоичных данных 50 бит в сек.

$$S_{L_1}(t) = \sqrt{2P_c} XG_i(t)D_i(t) \cos(\omega_1 t + \Phi) + \sqrt{2P_p} XP_i(t)D_i(t) \sin(\omega_1 t + \Phi)$$

Уравнение 1-1

1.1.3 Мощность термического шума

Мощность термического шума источника (антенны) с нагрузкой в 50 Ом вычислена согласно уравнению 1-2. Заменяя null-to-null полосу частот 2.046 МГц модуляции C/A-кода для Δf и 290 К (17° С, 63° F) для температуры источника T в итоге получаем 8.5 pW или -111 dBm мощность шума или спектральная плотность мощности N₀ = -174 dBm/Гц. Мы используем соотношение P[dBm] = 10 * log(P[W])+30.

В зависимости от фактической реализации приемника возможно увеличение ширины полосы частот и, следовательно, более высокий уровень термического шума. Тем не менее, шумовая плотность мощности не влияет на фактическую ширину полосы частот.

$$P_{Noise} = k \cdot T_S \cdot \Delta f \quad \text{with} \quad k = 1.380 \cdot 10^{-23} \frac{Ws}{K}$$

Уравнение 1-2

Иногда в литературе принимается более низкая температура шума (напр. 130 K) антенны. Но влияние температуры антенны на плотность мощности шума только ограниченное (плотность термического шума антенны 175 K: -176 dBm/Гц). Оптимальная антенна должна только “смотреть” в “холодное” небо с температурой шума 4 K по сравнению с “теплой” землей с температурой 290 K. В этом оптимальном случае мы должны найти шум фона космического излучения с плотностью - 192.6 dBm/Гц. Для простоты мы продолжим наше обсуждение, основанное на плотности термического шума N₀ = -175 dBm/Гц. Позднее мы рассмотрим, какие характеристики антенны GPS общего направления всегда приводят в результате к сильному влиянию “теплой” земли на температуру антенного шума.

Только узкофокусированные параболические антенны могут получить температуры шумов, близкие к космическим, на земле.

Рисунок 1-2 показывает физически низкие пределы температуры шума в свободной космической среде антенны. Можно увидеть, что рабочая частота GPS была выбрана близкой к минимуму шума космического фона.

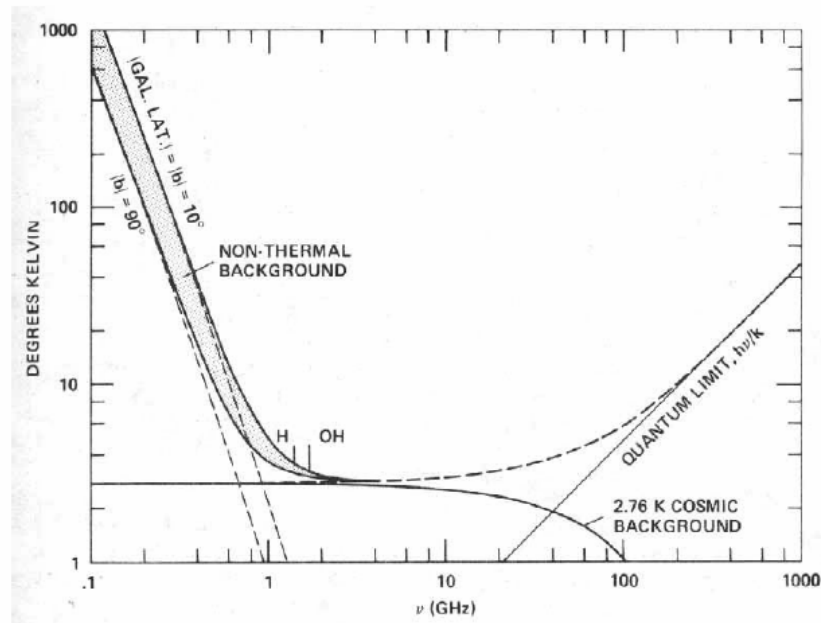


Рис. 1-2 Пределы температуры шума в свободном пространстве (NASA Document SP-419, <http://history.nasa.gov/>)

1.1.3 Уровни сигналов GPS на L₁

Спецификации GPS системы для приемника в полосе земли, минимальные и максимальные уровни сигналов для 0 dBic антенн с круговой правосторонней поляризацией определены от -133 dBm до -125 dBm для P_p и от -130 dBm до -123 dBm для P_c. 0 dBic идеальной антенны определен апертурой антенны $A = \lambda^2/4\pi \approx 2.9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$. Термин dBic имеет отношение к идеальному изотропическому круговому поляризованному источнику излучения, означающему идеальную антенну с характеристиками общего направления и круговой поляризацией. Для сигнала псевдошума со спектром $[\text{si}(\pi f/f_c)]^2$ максимальная спектральная плотность - P_s/f_c, где f_c – скорость кода. Для P_c = -130 dBm транслируется с максимальной спектральной плотностью -190.1 dBm/Гц, приблизительно на 15 Дб ниже порога термического шума N₀. Эти нижние сигнальные уровни были определены согласно спецификации ITU во избежание интерференции с земными связями.

Важным критерием оценки качества спектрального сигнала является соотношение носителя к плотности шума C/N₀. В основном, это дает величину соотношения сигнал-шум, если сигнал был полностью направлен. Для кода C/A и 0 dBic антенны максимальное число - P_{c,max}/N₀ = 50 ДбГц. Наихудшее значение для 0 dBic антенны это 45 ДбГц. Типичные базовые процессоры GPS требуют, по крайней мере, C/N₀ 30 ДбГц для сигнальной трассировки и C/N₀ порядка 40 ДбГц для быстрого захвата. Важно обратить внимание, что соотношение носитель - плотность шума может полностью перекрываться приемником идеального типа. Так, процедура распространения/нераспространения является по существу безубыточной.

Если кто-то хочет сравнить числа, приведенные выше, с фактическими величинами C/N₀, выданными приемником GPS, необходимо помнить некоторые детали. Первое, для реальных антенн GPS – особенно для миниатюрных версий, встроенных в мобильные телефоны - прирост - 5 dBic вполне реален. Очень хорошо сделанные плоские антенны с большой заземляющей плоскостью могут достигать +5 dBic для спутников высоко над землей. Второе, оказывается, что новые спутники GPS, которые недавно были помещены на орбиту, выдают немного более высокие уровни сигналов по сравнению со спецификацией. И, наконец, полная реализация зависит от того, как фактический приемник вычисляет C/N₀. В некоторых изделиях компенсированы даже внутренние потери приемников. Так, приемник сообщает C/N₀ антенны, а не C/N₀, которое вычисляется программным обеспечением навигации. Кроме того, значительное ослабление сигнала порядка 10 Дб может быть добавлено листвой или другими преградами на пути сигнала. Плотный снегопад также имеет некоторое влияние, по крайней мере, слой снега наверху антенны точно имеет.

1.2 Теория оценки шума

Оценка шума NF радиоприемника является величиной, которая показывает, как соотношение сигнал-шум уменьшается при дополнительном шуме приемника. Напр. величина шума 5 Дб говорит о том, что соотношение сигнал-шум 45 Дб на входе деградирует до 40 Дб в приемнике.

Значение шума приемника, прежде всего, определено первым этапом усиления, как видно из уравнения 1-3, где вычислена общая величина шума цепи усилителей. Здесь, NF_1 и G_1 - величина шума и прирост первого этапа усиления, NF_2 и G_2 - величина шума и прирост второго этапа усиления и так далее. Оба значения быть предусмотрены на линейной шкале. Сигнальное ослабление добавляется непосредственно к величине шума. 1 Дб пассивных потерь представлен как 1 Дб прирост и 1 Дб величина шума. При решении, значение шума приемника должно быть как можно более низким, для приемников GPS обычно в диапазоне 2-4 Дб. Кроме того, на первом этапе, где обычно низкое усиление шума, должен быть высокий прирост и очень маленькая величина шума.

$$NF_{Total} = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \frac{NF_4 - 1}{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3} + \dots$$

Уравнение 1-3

Другой метод для вычисления цепи приемника основан на понятии температуры шума. Здесь, шумовое построение блока фактически заменено бесшумным блоком прироста с запитанным терморезистором, который генерирует напряжение шума, показанное на выходе блока прироста. Температура шума всегда вычислена относительно "температуры системы", обычно $T_0 = 290$ К. В этой модели, бесшумный усилитель выдает на выходе напряжение шума, равное фактическому усилителю, если источник нагрет до температуры $T_0 + T_e$. T_e часто называют "чрезмерной температурой шума". Увеличение на выходе напряжения шума $P_{noise,additional}$ из-за горячего источника точно равно шуму, добавленному действительным (шумным) усилителем:

$$P_{Noise,additional} = k \cdot T_e \cdot \Delta f \cdot G$$

Уравнение 1-4

Температура шума используется чаще всего в спутниковых системах связи по нескольким причинам. Во-первых, объекты в небе, как правило, не имеют эффективную температуру около 290 К, так что выбор такой температуры имеет слабое физическое оправдание. Во-вторых, космические системы связи обычно имеют исключительно низкие значения шума, и температура шума является в результате величиной, более высокой, чем значения очень низкого шума.

Взаимосвязь между значением шума и чрезмерной температурой шума T_e :

$$T_e = T_0 \cdot (NF - 1) \quad or \quad NF = 1 + \frac{T_e}{T_0}$$

Уравнение 1-5

Для многоступенчатой цепи этапов обработки сигнала, уравнение 1-3 переходит в уравнение 1-6.

$$T_{e,Total} = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_1} + \frac{T_{e3}}{G_1 \cdot G_2} + \dots$$

Уравнение 1-6

Если кто-то хочет вычислить силовую плотность шума в данной точке в цепи обработки с каскадной температурой шума, это интересно:

$$P_{Noise,Total} = k \cdot \Delta f \cdot (T_S + T_{e,Total}) \cdot G_{Total} \quad with \quad G_{Total} = G_1 \cdot G_2 \cdot \dots$$

Уравнение 1-7

Заменяя $T_{e,Total}$ в уравнении 1-7 выражением из уравнения 1-6 получаем рекурсивную формулу:

$$P_{Noise,Total} = k \cdot \Delta f \cdot (((((T_S + T_{e1}) \cdot G_1 + T_{e2}) \cdot G_2 + T_{e3}) \cdot G_3 + \dots)) \dots$$

Уравнение 1-8

Температуру каскадного шума T_{Cn} после этапа n и в то же самое время мощность шума $P_{Noise,n}$ можно теперь рекурсивно определить из температуры каскадного шума после этапа $n-1$:

$$P_{Noise,n} = k \cdot \Delta f \cdot T_{Cn} \quad \text{with} \quad T_{Cn} = (T_{Cn-1} + T_{en}) \cdot G_n \quad \text{and} \quad T_{C0} = T_S$$

Уравнение 1-9

Эта формулировка предпочтительнее уравнения 1-3, поскольку она допускает более простое вычисление каскадов, зная только температуры каскадного шума предыдущих этапов.

1.2.1 Пример вычисления исполнения сигнал приемника – шум

Рисунок 1-3 показывает типичную установку системы приемника GPS. Как показано в уравнении 1-3, величина шума LNA, то есть F_1 будет доминировать над шумом приемника. Если это не так, потери между антенной и входом приемника будут низкими насколько возможно. Эти потери представлены G_1 и F_1 в уравнении 1-3 ($G_1 < 1!$). Если сетевые потери достаточно низкие, то на первом этапе усиления приемника GPS доминирует шум системы. Но даже самый лучший приемник не может компенсировать сетевые потери, в лучшем случае это только не добавит никаких дополнительных потерь.

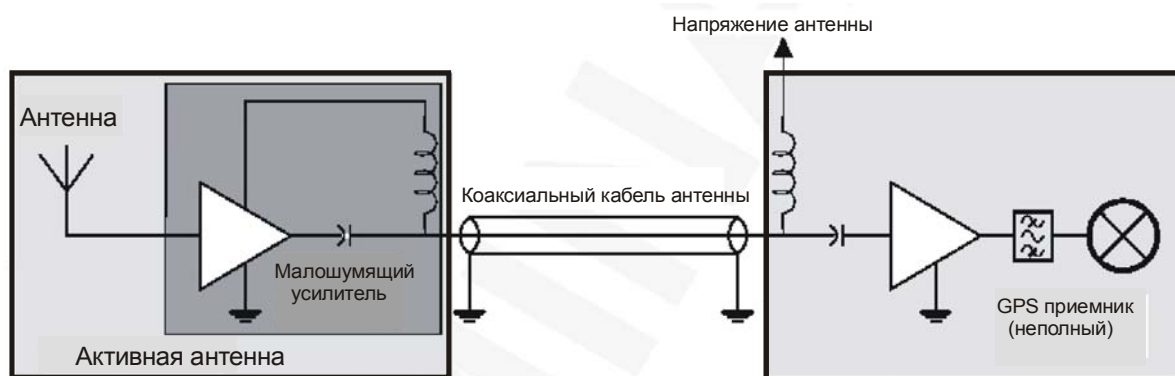


Рис. 1-3 Установка GPS приемника с антенной

Таблица 1-1 показывает примерное вычисление для цепи обработки типичного приемника GPS, как показано на рис. 1-3. Последний этап приемника суммирован в колонке с названием "Приемник". Прирост и значение шума выбраны произвольно, поскольку эти значения не включают переход к обрабатываемой области цифрового сигнала. Потребителю GPS RF чипа внутреннее аналоговое значение шума приемника обычно не видно, поскольку он имеет доступ только к цифровым выходным сигналам этого этапа. Если архитектура дискретизатора и механизмы контроля за усилением известны, можно, тем не менее, возобновить вычисление величины шума аналоговой части. В итоге, при цифровой обработке сигнала присутствуют шумы, которые не указаны в теории оценки шума. Проще говоря, ошибки дискретизации всегда будут приводить к фиксированному количеству шума, независимо от сигнального усиления.

Этап	Прирост напряжения	Каскадный прирост напряжения	Значение шума	Каскадное значение шума	Мощность носителя	Плотность шума	C/N ₀
	[Дб]	[Дб]	[Дб]	[Дб]	[Дбм]	[Дбм/Гц]	[ДбГц]
Антенна				0.00	-130	-173.98	43.98
Кабель	-1	-1	1	1.00	-131	-173.98	42.98
1-й LNA	-10	9	2	3.00	-121	-161.98	40.98
Кабель	-3	6	3	3.26	-124	-164.71	40.71
2-й LNA	10	16	2	3.56	-114	-154.42	40.42
Приемник	60	76	10	3.97	-54	-94.01	40.01

Таблица 1-1 Пример вычисления шума и усиления приемника

Выделенные области в таблице 1-1 - входные величины, другие области показывают результаты, вычисленные на основе этих чисел. Для более высокого усиления антенны можно увеличить мощность носителя на первой линии усиления антенны, указанного в dBc. Можно также сделать различные предположения для температуры шума антенны на первой линии и изменять начальную плотность шума соответственно. Конечно, прирост и значение шума на этапе обработки аналогового сигнала отличаются для каждого конкретного варианта приемника.

Рисунок 1-4 иллюстрирует прямое соотношение между значением шума приемника и величиной C/N₀, которое доступно приемнику. Кроме того, можно легко видеть доминирующее влияние первых этапов обработки. Если первый LNA будет иметь более высокое усиление, напр. 25 Дб вместо 10 Дб, то влияние последующих этапов на уменьшение чувствительности будет незначительным.

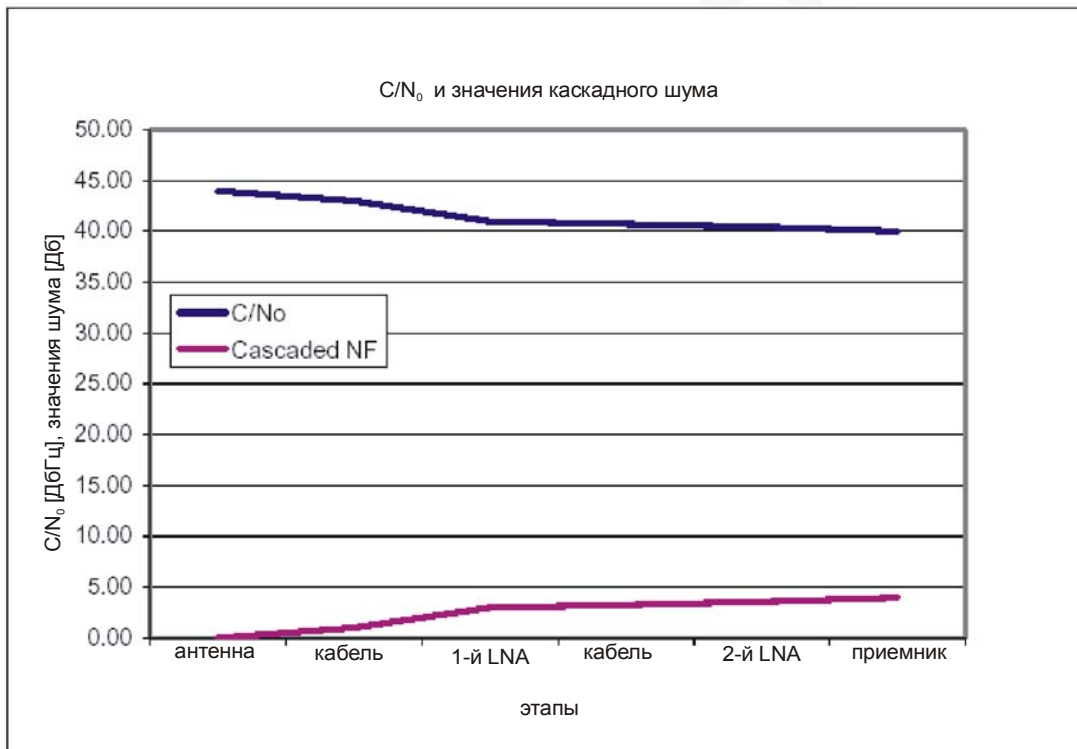


Рис.1-4 C/N₀ и значение шума приемника в цепи обработки

1.3 Соответствие импеданса

В проекте RF очень часто сводят все особенности нагрузки к стандартному сопротивлению в 50 Ом. Данное приложение не рассматривает детали S-параметров. Однако, понятие сопоставления нагрузки критично для понимания возможных потерь при реализации.

Если у нас есть источник, то есть генератор с напряжением сигнала U_S и сопротивлением R_S, мы можем вычислить мощность P_L, которая зависит от сопротивления нагрузки R_L следующим образом:

$$P_L = U_L \cdot I_L = \frac{U_L^2}{R_L} = \frac{U_S^2 \cdot \left(\frac{R_L}{R_L + R_S}\right)^2}{R_L} = U_S^2 \cdot \frac{R_L}{(R_L + R_S)^2}$$

Уравнение 1-10

А теперь сразу дальше покажем, что:

$$\frac{\partial P_L}{\partial R_L} = U_S^2 \cdot \frac{(R_L + R_S)^2 - R_L \cdot (2R_L + 2R_S)}{(R_L + R_S)^4} = U_S^2 \cdot \frac{R_S^2 - R_L^2}{(R_L + R_S)^4}$$

Уравнение 1-11

Допустим, что $R_S = R_L$, и мы получим максимальную мощность, передающую форму исходной мощности сопротивлению нагрузки.

Существует много величин для выражения качества сопоставления между двумя сопротивлениями, Z - это полное сопротивление нагрузки, напр. антенна и Z_0 - это полное сопротивление, напр. Коаксиального кабеля 50 Ом. Давайте начнем с показателя отражения ρ , который определен как:

$$\rho = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad \text{or} \quad Z = Z_0 \cdot \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

Уравнение 1-12

Для пассивных сопротивлений ($|Z| > 0$) величина ρ никогда не будет больше 1. Величина ρ часто выражена в Дб и обратно пропорциональна потерям $R = 20 \log(|\rho|)$, ρ также известен как S-параметр S_{11} . Вот еще одно общее представление является коэффициентом напряжения стоящей волны VSWR, который дан в следующей формуле:

$$VSWR = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|} \quad \text{or} \quad |\rho| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

Уравнение 1-13

Относительные потери мощности сигнала из-за ошибок вычислялись как $L = 1 - |\rho|^2$ или в децибелах: $L[\text{Дб}] = 10 \log(1 - |\rho|^2)$. Таблица 1-2 содержит некоторые справочные значения для $Z_0 = 50$ Ом. Следует иметь в виду, что потерь перед первым этапом усиления непосредственно добавляются к значению шума приемника. Например, если обратные потери входа RF составляют 6 Дб, то около 1.3 Дб будут добавлены к значению шума приемника.

Z [Ohms]	Rho	R [dB]	VSWR	L [dB]
1	-0.96	-0.35	50	-11.14
5	-0.82	-1.74	10	-4.81
6.25	-0.78	-2.18	8	-4.03
12.5	-0.60	-4.44	4	-1.94
16.614	-0.50	-6.00	3.0095	-1.26
25	-0.33	-9.54	2	-0.51
29.924	-0.25	-12.00	1.6709	-0.28
38.818	-0.13	-18.00	1.2881	-0.07
50	0.00	- infinity	1	0.00
64.402	0.13	-18.00	1.288	-0.07
83.545	0.25	-12.00	1.6709	-0.28
100	0.33	-9.54	2	-0.51
150.476	0.50	-6.00	3.0095	-1.26
200	0.60	-4.44	4	-1.94
400	0.78	-2.18	8	-4.03
500	0.82	-1.74	10	-4.81
2500	0.96	-0.35	50	-11.14

Таблица 1-2 Сопоставление сопротивления 50 Ом, некоторые примеры

1.4 Децибелы

RF инженерам нравится пользоваться логарифмической шкалой, так называемой децибельной шкалой.

Может быть дело в том, что количество транзисторов в чипе RF такое небольшое, что Вы можете только сравнить его с числом в цифровом чипе на логарифмической шкале. Есть два различных конверсионных уравнения связи между Дб и линейной шкалой. В зависимости от них мы говорим о показателях напряжения или мощности. Для показателей напряжения находим:

$$\frac{V_1}{V_2} [dB] = 20 \cdot \log\left(\frac{V_1 [lin]}{V_2 [lin]}\right) \quad \text{or} \quad \frac{V_1}{V_2} [lin] = 10^{\frac{V_1 [dB] - V_2 [dB]}{20}}$$

Уравнение 1-14

Для показателей мощности используем следующее уравнение:

$$\frac{P_1}{P_2} [dB] = 10 \cdot \log\left(\frac{P_1 [lin]}{P_2 [lin]}\right) \quad \text{or} \quad \frac{P_1}{P_2} [lin] = 10^{\frac{P_1 [dB] - P_2 [dB]}{10}}$$

Уравнение 1-15

Если показатели напряжения и мощности измерены на том же сопротивлении R, мы находим, что показатель мощности увеличивается пропорционально квадрату напряжения, то есть $\Delta P = \Delta V^2 / R$. Это означает, что, используя выражение в Дб, мы получим то же абсолютное число для показателей в случае этого конкретного резистора, независимо от того, какой показатель мы имеем в виду - напряжения или мощности.

Есть стандартные "Дб", используемые при ссылке на абсолютные значения, например, на 1 мВт или на 1 мкВ. Следующая таблица демонстрирует некоторые наиболее часто используемые значения:

Аббревиатура	Уравнение	Примечание
dBm	$10 \cdot \log(P/1 \text{ mW})$	дБ по отношению к 1 <u>м</u> Вт, равно dBW - 30.
dBW	$10 \cdot \log(P/1 \text{ W})$	дБ по отношению к 1 <u>В</u> , равно dBm + 30.
dBuV	$20 \cdot \log(V/1 \text{ } \mu\text{V})$	дБ по отношению к 1 <u>м</u> кВ, равно dBV + 120.
dBV	$20 \cdot \log(V/1 \text{ V})$	дБ по отношению к 1 <u>В</u> , равно dBu - 120.
dB _i		Антенное усиление при идеальном изотропическом источнике излучения ¹
dB _{ic}		Антенное усиление при идеальном изотропическом круговом поляризованном источнике излучения
dB _d		Антенное усиление при идеальном линейном поляризованном диполе с полудлиной волны

¹ Источник излучения изотропический. Гипотетическая антенна, имеющая равную интенсивность излучения во всех направлениях. Примечание: изотропический источник излучения представляет удобную модель для выражения определенных свойств фактических антенн.

1.5 Многолучевое распространение

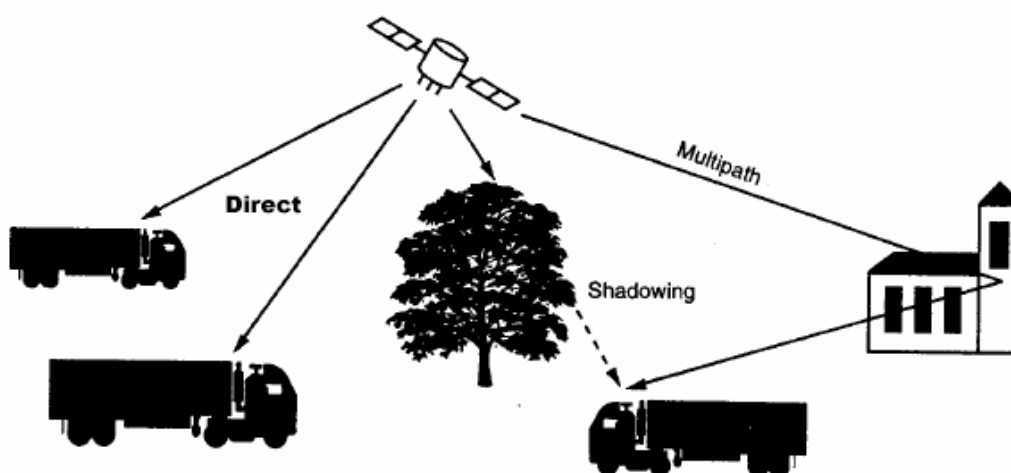


Рис. 1-5 Многолучевое оборудование

Многолучевое распространение существует, если сигналы GPS поступают на антенну непосредственно от спутника, (line of sight, LOS) а также от отражающих поверхностей, например стены здания или воды. Если есть прямой и отраженный сигнал, приемник может обнаруживать положение и давать компенсацию до некоторой степени. Если есть только отраженные сигналы, приемник не способен обнаружить положение. При многолучевом распространении от спутников приемник обеспечит менее точное положение. Если к тому же в поле зрения приемника мало спутников, ошибка может быть несколько сот метров.

Если присутствуют и прямой и отраженный сигналы, эффект многолучевого распространения действительно двойственный. Во-первых, корреляционные пики будут искажены, что ухудшает точность определения положения. Этот эффект может быть компенсирован новой технологией приемника. Во-вторых, из-за сдвига фазы прямого и отраженного сигнала, возникает эффект интерференции. Сигналы могут как уравновесить друг друга, так и дополнить. Даже если положение приемника остается постоянным, движение спутника изменит сдвиг фаз между прямым и отраженным сигналом, что приводит к периодической модуляции C/N_0 . Приемник не может компенсировать этот второй эффект, поскольку сигнал уже нейтрализуется в антенне. Но, до тех пор, пока отраженный сигнал значительно слабее прямого сигнала, они не нейтрализуются полностью. Отраженный сигнал будет также иметь инвертированную полярность (левостороннюю круговую вместо правосторонней круговой), которая будет уменьшать уровень сигнала, даже если антенна имеет хорошую избирательность поляризации.

Вода - очень хороший отражатель; так морские приборы требуют специального внимания к отраженным сигналам, достигающим антенны от нижней стороны, то есть с водной поверхности. Также, расположение антенны близко к вертикальным металлическим поверхностям может быть очень вредно, так как металл - почти совершенный отражатель. При установке антенны на вершине отражающей поверхности, антенна должна быть установлена настолько близко к поверхности насколько возможно. Тогда, отражающая поверхность будет действовать как расширение основания антенны, а не как источник отраженных сигналов.

Поскольку периодичность модуляции C/N_0 видно в серьезных многолучевых условиях, то эта ситуация может быть легко обнаружена потребителем.

1.6 Варианты RF при разработке приемника GPS

Если мы смотрим на это со стороны входа RF и суммируем сведения предшествующих глав, следующие параметры могут значительно ухудшить работу приемника GPS:

- Плохой усиление антенны GPS
- Плохая направленность (ограниченное излучение) антенны GPS
- Неправильная ориентация антенны в небо
- Задержка сигнала строениями, листвой, покрытиями, снегом, и т.п.
- Высокий уровень шумов
- Многолучевые эффекты

- Плохое соответствие между антенным и сетевым сопротивлением
- Помехи от внешних сигналов
- Помехи от сигналов, генерируемых непосредственно приемником

Вопросы, связанные с антенной будут обсуждены в главе 2. Эффект задержки сигнала не требует разъяснений. Помехи и вопросы интерференции будут подробно обсуждаться в главе 4.

2 Антенны

Даже лучший приемник не может вернуть то, что было потеряно в антенне.

2.1 Выбор правильной антенны

Несколько различных конструкций антенн, применяемых на рынке GPS. Сигнал GPS – имеет круговую правоориентированную поляризацию (RHCP). В результате антенны отличаются от широко распространенных штыревых антенн, используемых для линейных поляризованных сигналов. Самые известные антенны для GPS – плоские антенны как показано на рисунке 2-1.



Рис.2-1 Плоские антенны, EMTAC Technology Corp.

Другой конструктив – спиральная антенна, показанная на рисунке 2-2. Фактический геометрический размер обеих антенн зависит от диэлектрика, который заполняет место между активными частями антенны. Если антенна заполнена только воздухом, она будет иметь сравнительно больший размер, чем керамическая антенна. Чем меньше размеры антенны, тем требуется большая точность изготовления антенны. Кроме того, меньшая антенна имеет меньшую апертуру, получает меньшую энергию сигнала от спутника, что приводит к более низкому усилению антенны. Это – результат чистой физики и никаким "волшебством" не обойти эту проблему. Усиливая сигнал после антенны невозможно улучшить отношение сигнал-шум.

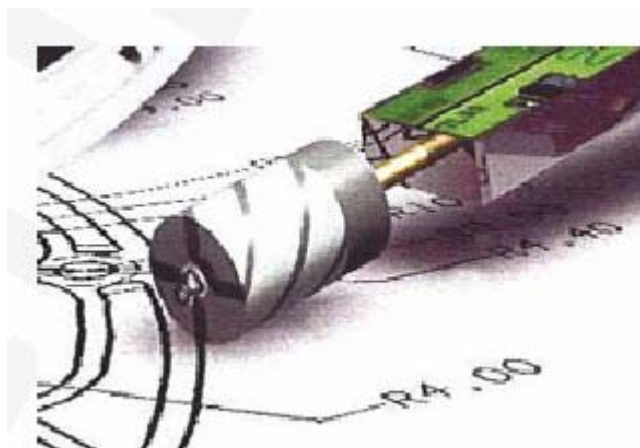


Рис.2-2 Quadrifilar спиральная антенна, Sarantel, Ltd.

В отличие от спиральных антенн, плоские антенны требуют заземленного основания для работы. Спиральные антенны могут быть предназначены для использования с заземлённым основанием или без него.

Для высокоточных применений типа геодезии или определения очень точного времени, существуют очень высококачественные системы. Обычно для этих проектов характерно высокое потребление мощности, большой размер и очень высокая цена, см. рис. 2-3. Антенны для таких устройств высоко оптимизированы для подавления отраженных сигналов. Другая область оптимизации - точное определение центра антенны. Для GPS приложений с определением координат с точностью до миллиметров, необходимо, чтобы сигналы от всех спутников виртуально встречались в одной и той же точке антенны. Для этого типа применения часто требуются приемники с несколькими входами для антенны.



Рис.2-3 Антенна GPS оптимизировалась для увеличения WAAS и сертифицировалась FAA, Micropulse, Inc.

Если пользователь может мириться с большими потерями сигнала – можно использовать простой линейный поляризованный штырь или полосковую антенну. По сравнению с поляризованной антенной, как минимум 3 децибела отношения сигнал-шум будет потеряно.

2.2 Активные и Пассивные Антенны

Пассивные антенны содержат только принимающий элемент, например керамическая плоская или спиральная. Иногда они также содержат цепь согласования, чтобы подключать их к кабелю с импедансом на 50 Ом.

Активные антенны имеют встроенный малошумящий усилитель - LNA. Активные антенны нуждаются в электропитании, которое вносит коррективы в энергопотребление всей системы GPS, увеличивая её на 10 - 20 мА. Обычно, антенна питается через среднюю жилу коаксиального кабеля RF. В антенне, цепь постоянного тока будет отделена от сигнала RF, см.рис.1-3 .

Использование активной антенны желательно всегда, если длина RF кабеля между приемником и антенной превышает 10 см. Надо следить, что бы усиление LNA в антенне не вело к состоянию перегрузки в приемнике. Для приемников, которые также работают с пассивными антеннами, усиление антенн LNA равное 15 децибелов обычно достаточно, даже для кабеля длиной до 5 м. Нет никакой потребности в усилении более чем на 26 децибелов для приёмников u-blox. С более коротким кабелем и усилением LNA более чем 25 децибел, на некоторых приемниках возможно возникновение состояния перегрузки.

При сравнении активных и пассивных антенн каждый должен иметь в виду, что усиление активной антенны состоит из двух компонентов - усиления пассивной антенны, измеряемой в dBic, и увеличении мощности сигнала за счёт LNA, измеряемой в децибелах Дб. Как обсуждалось в главе 1.2.1, низкое усиление антенны нельзя компенсировать высоким усилением LNA. Если производитель антенн приводит только один коэффициент усиления, этого не достаточно, чтобы судить о качестве антенны. Для комплексной оценки качества антенны необходимо иметь информацию об усилении антенны (в dBic), усилении усилителя dB, и уровне шума усилителя.

2.3 Антенны плоской формы

Антенны плоской формы идеальны для применения там, где антенна установлена на плоской поверхности, например, крыша автомобиля. Антенны плоской формы могут показать очень высокое усиление, особенно если они установлены на вершине большого основания. Керамические антенны плоской формы очень популярны из-за небольшого размера, от $25 \times 25 \text{ мм}^2$ до $12 \times 12 \text{ мм}^2$. Для удешевления конструкции можно бы также использовать обычный материал для печатных плат подобный FR-4 или даже воздушный диэлектрик, но это приведёт к значительному увеличению размеров, приблизительно до $10 \times 10 \text{ см}^2$. Рисунок 2-4 показывает типичный пример $16 \times 16 \text{ мм}^2$ керамических антенн плоской формы.

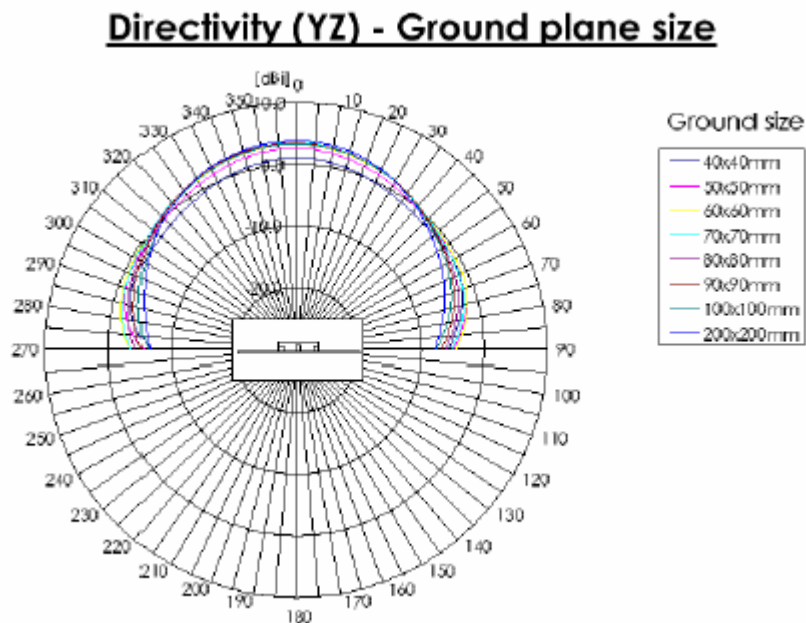


Рис.2-4 Типичный образец излучения корректирующей антенны, MuRata, Inc.

На приведённой выше диаграмме легко видеть, что так называемое осевое отношение (axial ratio), то есть отношение между максимальным усилением антенны в зените и усилением при 90 градусах, может достигнуть порядка 10 децибелов при больших размерах основания. Поэтому выбирая размер основания необходимо помнить о диаграмме направленности антенны.

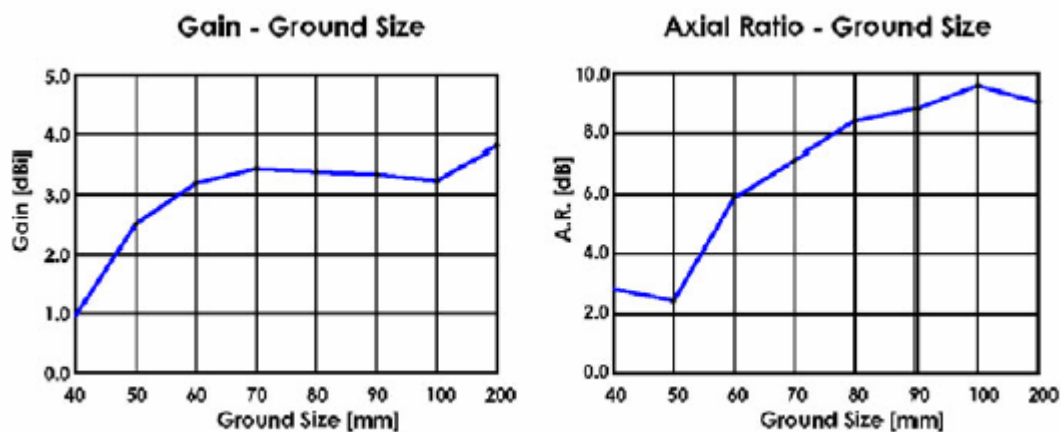


Рис. 2-5 Типичное усиление и аксиальный коэффициент корректирующей антенны по отношению к плоскости земли, MuRata, Inc.

Оптимальный размер основания имеет площадь 50 - 70 квадратных мм. Это число мало зависит от размера керамической антенны. Антенны плоской формы с маленьким основанием будут также иметь некоторый обратный лепесток, делая их восприимчивым к излучению с задней стороны антенны, например к сигналам, отраженным от земли. Чем больше размер основания, тем меньше проявляется этот эффект.

Антенны плоской формы меньшего размера обычно достигают своего максимального усиления с немного меньшим основанием по сравнению с антенной большего размера. Однако, максимальное усиление маленькой антенны с оптимальным основанием может все же быть намного ниже, чем усиление антенны большего размера при неоптимальном основании.

Размер основания влияет не только на усиление и осевое отношение антенны, но также и согласование антенны с кабелем на 50 Ом от приемника. См. *Секцию 2.6* для получения дополнительной информации.

2.4 Спиральные Антенны

Спиральные антенны могут быть предназначены как для использования с заземлённым основанием, так и без него. Например, антенны на борту спутника GPS действительно имеют основания. Используя множество спиральных антенн, спутники GPS могут управлять направлением испускаемого луча. Если спиральная антенна не имеет основания, она может быть повернута так, чтобы благодаря диаграмме направленности гасить отражённые сигналы.

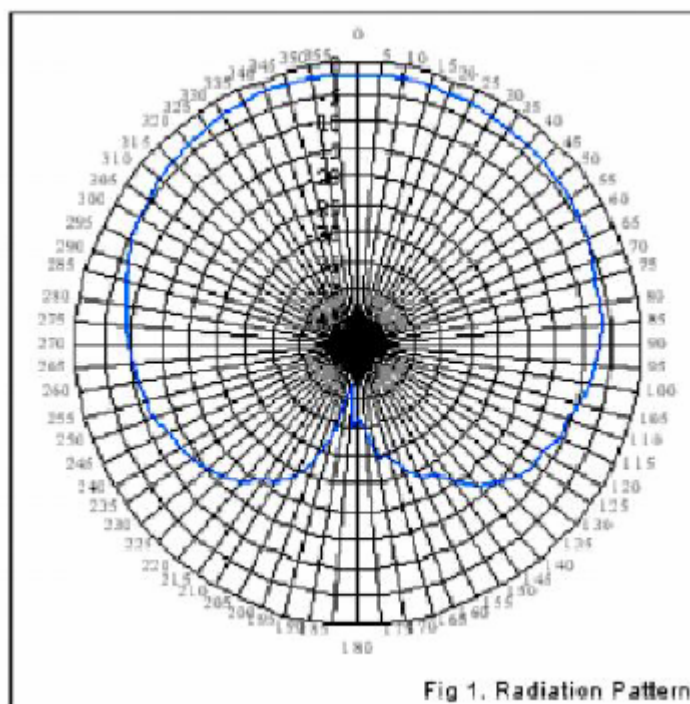


Рис.2-6 Образец излучения спиральной антенны без заземляющей плоскости, Sarantel, Ltd.

Хотя мы имеем осевое отношение близкое к 9, по сравнению с плоской антенной, обратный лепесток спиральной антенны практически отсутствует. Напротив, обратный лепесток плоской антенны очень зависит от размера и формы основания. Как и с плоскими антеннами, заполняя спиральную антенну материалом с высокой диэлектрической постоянной, можно уменьшить размер антенн. Стандартные размеры антенн, предлагаемых на рынке - 18 мм длиной и 10 мм в диаметре.

2.5 Спиральная антенна или плоская, какой выбор является лучшим?

Для практических применений возможности объединения нескольких типов антенн в одно устройство. Некоторые проекты, естественно, предпочитают плоскую антенну, например, для размещения на крыше. Другие предпочитают спиральную антенну, которая является весьма похожей на антенну мобильного телефона. Кроме того, важно, чтобы главный лепесток антенны указывал на небо, чтобы получить сигнал от максимального количества спутников с максимальным усилением антенны. Если рассматривать носимые GPS устройства, то антенна должна быть разработана так, чтобы пользователь при естественном расположении такого устройства ориентировал антенну оптимальным образом. Спиральная антенна, более подходит в этом отношении.

Однако, каждый должен иметь в виду, что при сопоставимом усилении антенны, спиральная антенна будет иметь большие габариты по сравнению с плоской антенной. Спиральные антенны будут, как правило, показывать более низкую чувствительность по сравнению с аналогичными по размеру плоскими антеннами.

Спиральная антенна может показывать “большее количество спутников на экране” в ситуациях с трудным окружением, по сравнению с плоской антенной. Это потому что, спираль более легко соберет отраженные сигналы. Однако, практическое использование этих сигналов очень ограничено из-за сомнительного пути прохождения отраженного сигнала. Поэтому, приемники могут видеть больше спутников, но навигация будет ухудшена из-за искаженных измерений при работе с многолучевыми сигналами.

2.6 Согласование сопротивления антенны

Все обычные антенны GPS предназначены для работы с нагрузкой на 50 Ом. Поэтому, нужно выбрать кабель на 50 Ом, чтобы соединить антенну с приемником. Однако, есть несколько обстоятельств, при которых соответствующий импеданс антенны может значительно измениться. Другими словами, это означает, что антенна больше не имеет исходный импеданс на 50 Ом. Обычно это случается, когда центральная резонансная частота антенны смещена далеко от частоты GPS (обычно к более низким частотам) из-за некоторого внешнего влияния. Причиной этого эффекта является возмущающее действие объектов, находящихся в области антенны. Это может случиться из-за заземленного основания, которое отличается от размера, для которого антенна была разработана. Это может быть диэлектрик с отличной от воздуха диэлектрической постоянной.

Чтобы анализировать эффекты подобно этому, обычно используется моделирование электрического поля, которое заканчивается точным представлением электрического поля около антенны. Кроме того, из-за возмущающего действия объектов, расположенных вблизи от антенны, может измениться характер её диаграммы направленности. К сожалению, не существует простой формулы, чтобы вычислить изменение частоты данной антенны в указанной окружающей среде. Так что нужно либо проводить обширное моделирование, либо делать некоторую экспериментальную работу. Обычно, изготовители антенны предлагают широкий выбор уже настроенных антенн, так что пользователь может проверить и выбрать версию, которая соответствует его окружающей среде лучше всего. Для проведения исследований необходимо сложное оборудование, типа анализатора.

Опять же, нужно заметить, что, чем меньше размер антенны, тем более чувствительной она будет к влияниям окружающих предметов. Также полоса пропускания антенны уменьшится с уменьшающимся размером антенны, затрудняя достижение оптимальной настройки.

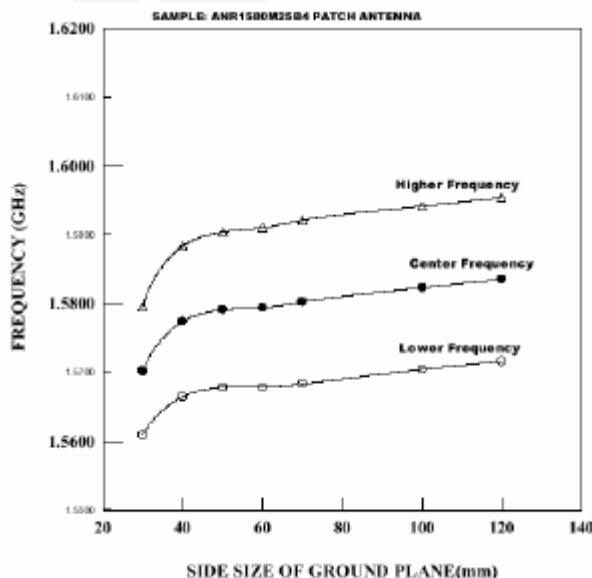


Рис.2-7 Зависимость центральной частоты на заземляющей плоскости с размером корректора 25 x 25 мм, ЕМТАС

LNA, помещенный очень близко к антенне, помогает ослабить соответствующие влияния. Если длина соединения между антенной и LNA намного короче, чем длина волны (9.5 см на плате из материала FR-4), потери от несогласованности становятся менее важными. При этих условиях становится более важным согласование импеданса кабеля и LNA. В разумных пределах диапазона несовпадения, встроенные LNAs могут привести к уменьшению усиления на несколько дБ, тогда как рисунок шума может увеличиться на десятки долей дБ. Если приложение требует очень маленькой антенны, LNA может помочь согласовать импеданс антенны и кабеля на 50 Ом.

Этот эффект также достигается, если кабель между антенной и приемником очень короток. В этом случае, нет никакой потребности в увеличении усиления LNA выше 10-15 децибелов. В этом случае единственная цель LNA состоит в том, чтобы обеспечить согласование импеданса, а не для усиления сигнала.

3. Кабели

3.1 Коаксиальные RF-кабели

Если антенна и приемник невозможно разместить на одной плате, необходим кабель для связи. Нужно использовать только коаксиальный кабель с сопротивлением 50 Ом.



Рис.3-1 RF коаксиальные кабели, Huber + Suhner AG

Существует почти неограниченное количество кабелей для RF соединений. Они указаны в руководстве к радиосхеме (RG). К тому же, есть другая нумерация схемы согласно стандарту MIL-C-17. Таблица 3-1 демонстрирует список самых популярных моделей.

Type	Cable Diameter [mm]	Loss @ 1.6 GHz [dB/10m]	Remarks
RG 58 C/U M17/155-00001 M17/28-RG58	4.9	7	Polyethylen
RG 141 /U	4.4	6	Teflon®
RG 142 B/U M17/158-00001 M17/60-RG142	4.95	6	Teflon®
RG 165 /U M17/159-00001 M17/65-RG165	10.4	3.5	Teflon®
RG 174 A/U M17/173-00001 M17/119-RG174	2.8	13	Polyethylen
RG 178 B/U M17/169-00001 M17/93-RG178	1.8	20	Teflon®
RG 188 A/U	2.6	12	Teflon®
RG 196 A/U	1.95	20	Teflon®
RG 213 /U	10.3	3.5	Polyethylen

Type	Cable Diameter [mm]	Loss @ 1.6 GHz [dB/10m]	Remarks
M17/163-00001 M17/74-RG213			
RG214 /U M17/164-00001 M17/75-RG214	10.8	3.5	Polyethylen
RG 217 /U M17/165-00001 M17/78-RG217	11.2	2.5	Polyethylen
RG 223 /U M17/167-00001 M17/84-RG223	5.4	6.5	Polyethylen
RG 225 /U M17/86-00001	10.9	3.5	Teflon [®]
RG 303 /U M17/170-00001 M17/111-RG303	4.3	6	Teflon [®]
RG 316 /U M17/172-00001 M17/113-RG316	2.5	12	Teflon [®]
RG 393 /U M17/174-00001 M17/127-RG393	9.9	3.5	Teflon [®]
RG 400 /U M17/175-00001 M17/128-RG400	4.95	6.5	Teflon [®]
RG 401 /U M17/129-RG401 H+S EZ250/M17 or SM250	6.3	3.0	Semi-Rigid, Teflon [®]
RG 402 /U M17/130-RG402 H+S EZ141/M17 or SM141	3.6	4.8	Semi-Rigid, Teflon [®]
RG 405 /U M17/133-RG405 H+S EZ86/M17 or SM86	2.2	8.6	Semi-Rigid, Teflon [®]

Таблица 3-1 Сравнение стандартных коаксиальных кабелей сопротивлением 50 Ом

Простой вывод из этой таблицы – чем больше диаметр кабеля, тем ниже соответствующие потери. Там, где возможно следует использовать кабель с минимальными потерями. Если кабельные потери фактической связи достигают порядка Дб, значит, необходима активная антенна.

До тех пор, пока есть достаточное усиление LNA со стороны антенны, фактически никакого ограничения по длине кабеля нет. Усиление LNA можно вычислить из ожидаемых потерь в кабеле. Важно помнить, что LNA только поможет, если его разместить со стороны антенны, прежде чем начнутся потери.

Приемник всегда вычислит позицию и время антенны. Если Вам нужно точное время на приемнике, необходимо компенсировать длину кабеля. Некоторые приемники предлагают установки, определяемые пользователем, чтобы передавать правильные компенсационные величины.

3.2 Внутренние связи RF на печатной плате

Существует много вариантов разводки платы. Общее в них то, что вычисление электрических параметров - это непростой процесс. Бесплатное обеспечение, подобное AppCAD из Agilent, является большим подспорьем. Его можно загрузить с сайта www.agilent.com.

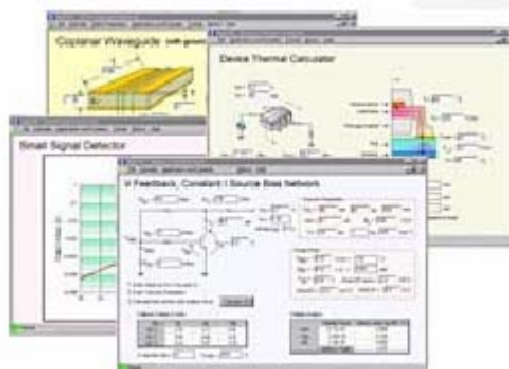


Рис.3-2 Скриншоты AppCAD из Agilent

Микропроводник является наиболее популярной конфигурацией для печатной платы. Основная конфигурация показана на Рисунке 3-3. Согласно правилу, для материала FR-4 ширина проводника равна приблизительно двойной толщине диэлектрика для линии с сопротивлением в 50 Ом.

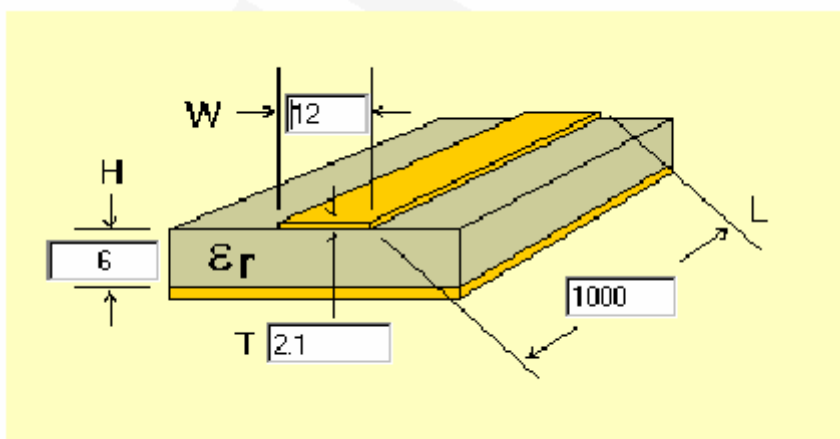


Рис.3-3 Microstrip, Agilent AppCAD

Микропроводник очень легко разработать, но, тем не менее, он подвержен интерференции полей, распространяющихся над проводником. Кроме того, соседние проводники должны находиться далеко от сигнальной линии во избежание пересечения сигналов. По правилу, следующий проводник должен быть в несколько раз толще диэлектрика, отделяющего сигнальную линию. Земляные дорожки между сигнальными линиями уменьшат пересечения сигналов. Земляные линии должны быть подключены к заземляющей плоскости так часто, как это возможно. Они должны также располагаться не слишком близко к сигнальной линии для избежания уменьшения импеданса.

Таблица 3-2 и рис. 3-4 показывают почти линейное соотношение между шириной проводника W и диэлектрической толщиной H для линии 50 Ом. Стоит также отметить, что влияние медных покрытий толщиной T незначительно для общих величин. Большинство изготовителей определяют диэлектрическую константу материала FR-4 ПСБ с диэлектрической константой где-нибудь между 4.1 и 4.6. Убедитесь, что числа предусмотренные изготовителем ПСБ также верны в диапазоне 1.5 ГГц.

H	W $\epsilon_r = 4.1$ T = 35 μm	W $\epsilon_r = 4.1$ T = 18 μm	W $\epsilon_r = 4.6$ T = 35 μm	W $\epsilon_r = 4.6$ T = 18 μm
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
0.25	0.47	0.49	0.43	0.44
0.50	0.97	0.99	0.89	0.90
0.75	1.47	1.49	1.35	1.36
1.00	1.97	1.99	1.81	1.83
1.25	2.47	2.49	2.27	2.29
1.50	2.98	3.00	2.73	2.75
1.75	3.48	3.50	3.19	3.21
2.00	3.98	4.00	3.65	3.67

Таблица 3-2 Ширина микропроводника для материала FR-4, медное покрытие 35 мкм и 18 мкм, Agilent AppCAD

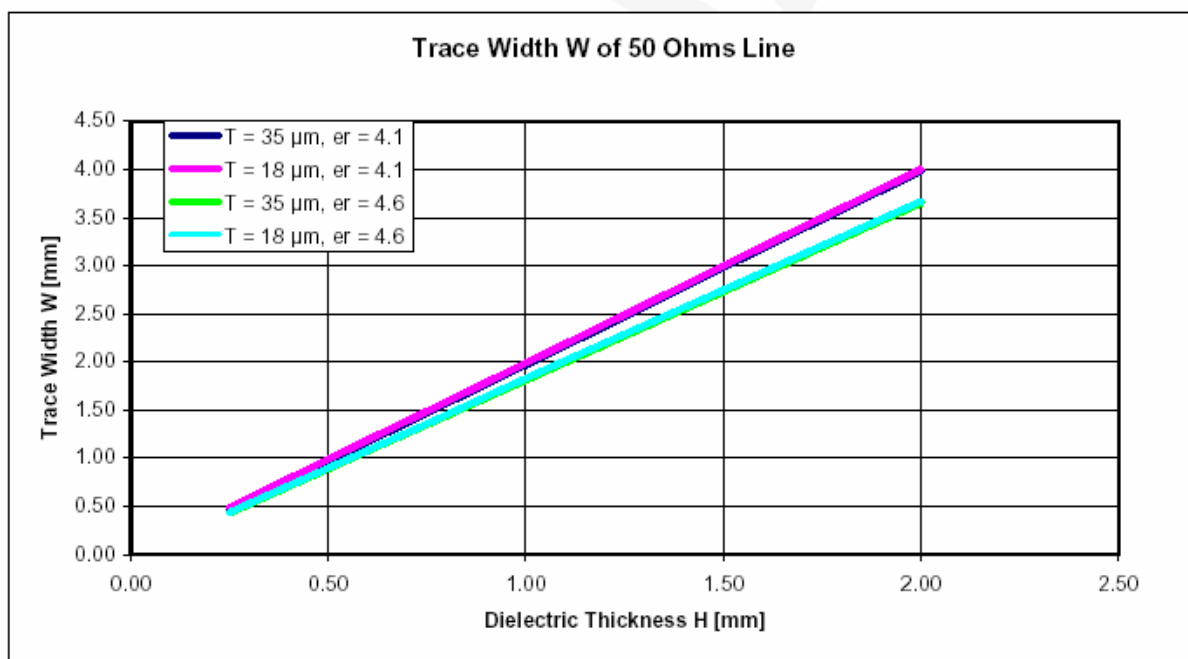


Рис.3-4 Зависимость ширины дорожки линии в 50 Ом с диэлектрической константой ϵ_r и медным покрытием толщиной T

Другая очень популярная конфигурация - это, если микропроводник расположен между двумя экранирующими слоями. Основная конфигурация показана на Рисунке 3-5. Важно, чтобы расстояние от двух заземляющих плоскостей было одинаковым до внутреннего проводника, то есть проводник находится точно посередине двух плоскостей.

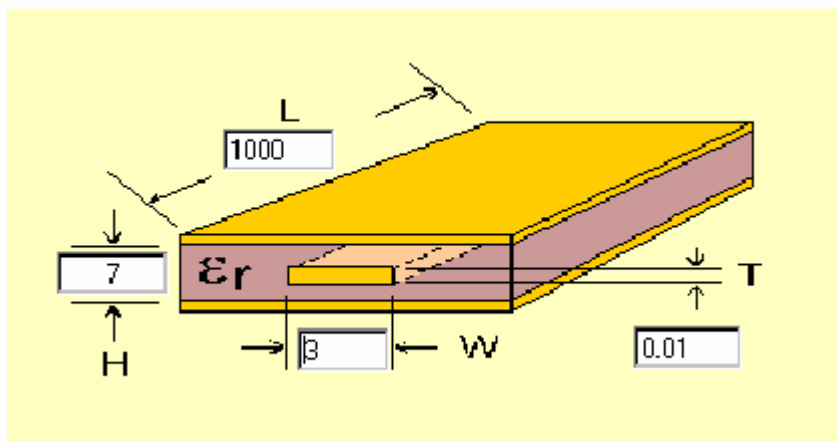


Рис.3-5 Проводник, Agilent AppCAD

Эта конфигурация обеспечивает лучшее экранирование по сравнению с микропроводником. Сделать три таких слоя очень трудно. Кроме того, заземляющая дорожка с большим количеством отверстий может помочь с изоляцией соседних сигнальных линий. Обе заземляющих плоскости должны быть связаны как можно большим количеством отверстий, но не слишком близко к сигнальной линии.

3.3 RF разъемы

Есть практически неограниченное число разъемов RF, доступных на рынке. В области GPS можно натолкнуться на один из вариантов разъема RF, указанных в таблице 3-3. Очень важными являются следующие опции кабеля: чем больше размер разъема, тем лучше работа RF и надежность. При конфигурации антенн часто предлагают выбор разъемов. Любой из разъемов из таблицы 3-3 будет работать с GPS. Первичные критерии выбора - это размер, доступность, надежность и цена.

При использовании пассивной антенны без дополнительного LNA, потери в разьеме необходимо сохранить, по возможности, низкими, что приводит к выбору одного из разъемов очень высокого качества (напр. SMA). Конечно, это лучше, чем не использовать разъем совсем или пользоваться паяльником или гофросоединением.

Кроме того, не все разъемы подходят ко всем типам кабеля. Небольшие по размеру разъемы используются в тонком кабеле с более высокими потерями. Для кабелей большого диаметра с низкими потерями потребуется разъем большого размера (напр. TNC или N). Изготовители разъема обычно предлагают множество версий одного стиля разъема, приспособляющегося точно к выбору кабеля RF-.

Технология сборки кабеля очень важна. Неправильное соединение кабеля с разъемом может закончиться большими потерями RF. Все высококачественные разъемы RF требуют специальную технологию сборки. Часто изготовители разъема также предлагают подобрать кабельную сборку согласно спецификации клиента. Это Ваш выбор, если есть необходимый инструмент.

Серия разъема	Фото	Описание
N		<p>Разъемы N бывают с импедансом 50 Ом и 75 Ом. Частотный диапазон составляет 18 ГГц, в зависимости от разъема и типа кабеля. Винтовой механизм обеспечивает крепкую и надежную связь.</p> <p>Разъемы N разделяются для гибкого кабеля, для полужесткого кабеля и для кабелей в гофрированной медной трубке.</p> <p>Размер обычно слишком большой для приложений GPS. Работа RF- отличная.</p>

Серия разъема	Фото	Описание
BNC		<p>BNC - самая популярная серия разъема RF, представляющая собой двухштырьковый механизм, который особенно удачен для частого соединения-разъединения RF разъемов с частотами вплоть до 4 ГГц.</p> <p>Размер очень большой. Работа RF- хорошая.</p>
TNC		<p>Разъемы TNC являются резьбовыми разъемами RF, применяемыми от DC вплоть до 11 ГГц. Точность, обеспечиваемая использованием диэлектрической цепочки, пригодна для работы вплоть до 18 ГГц.</p> <p>Механизм на резьбе улучшает контроль над размерами интерфейса и допускает использование при условии более высокой нагрузки, чем BNC, особенно при высокой вибрационной нагрузке.</p> <p>Размер очень большой. Работа RF- очень хорошая.</p>
SMA		<p>Разъемы SMA являются прецизионными разъемами для микроволновых приложений вплоть до 18 ГГц/ 26.5 ГГц. Они отличаются высокой механической прочностью, высокой долговечностью, надежностью и низким уровнем VSWR.</p> <p>Установки SMA являются предпочтительным элементом связи для разнообразных микроволновых цепей, включая герметически запечатанные варианты. Есть огромное количество вариаций разъемов SMA, как, например, тест + измерение, мобильная связь, авиационная радиоэлектроника, и т.п.</p> <p>Размер - подходит для большинства приложений. Работа RF- отличная</p>
PC 3.5		<p>Разъемы PC 3.5 являются прецизионными разъемами для использования в микроволновых приложениях вплоть до 33 ГГц. Они особенно удобны для использования с полужестким кабелем и микроволновыми компонентами.</p> <p>Они являются промежуточным вариантом между SMA, K и SK разъемами. Благодаря воздушному диэлектрическому интерфейсу и более прочной конструкции, хорошая повторяемость улучшает работу.</p> <p>Очень дорогой. Конечное исполнение RF. Используется для приложений с прецизионными измерениями.</p>
SMB		<p>Сверхминиатюрные разъемы SMB, пригодные для приложений из DC вплоть до 4 ГГц. Защелкивающийся SMB механизм обеспечивает быструю и надежную связь для приложений с высокой плотностью упаковки. Они используются в стационарном и мобильном оборудовании связи для внутренней проводки.</p> <p>В соответствии с международной спецификацией, съемные разъемы - центральные контакты "мама" и джек - центральные контакты "папа".</p> <p><i>Сверхминиатюрные разъемы серии SMB, SMC, SMS имеют тот же основной вид. Они отличаются только механизмом связи.</i></p> <p>Легко соединяющийся механизм. Достойная работа RF. Небольшой размер.</p>





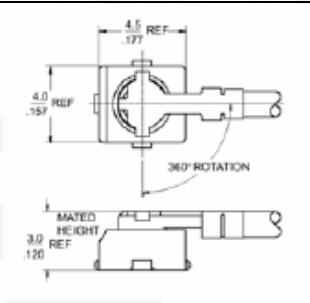
Серия разъема	Фото	Описание
SMC		<p>Сверхминиатюрная серия разъемов SMC сделана на той же основе, что SMB и SMS серии. Но из-за своего винтового механизма связи, сверхминиатюрные разъемы SUHNER SMC пригодны для приложений вплоть до 10 ГГц.</p> <p>Этот механизм связи позволяет осуществлять вибростойкое соединение, пригодное для редких связей и для использования в мобильном оборудовании с низкими требованиями VSWR.</p> <p>Надежная связь механизма. Небольшой размер. Хорошее исполнение RF-.</p>
SMS		<p>Разъемы SMS используются в приложениях, требующих быстрого соединения и разъединения. Небольшое усилие при подключении/отключении из-за скользящего механизма делает эти разъемы подходящими для модульных или панельных систем. Эти разъемы пригодны для приложений вплоть до 4 ГГц.</p> <p>Используйте только для лабораторных приложений, нет блокировки механизма. Хорошая работа RF.</p>
MCX (OSX)		<p>Разъемы MCX показывают существенное уменьшение пространства (до 30%) по сравнению с серией SMB.</p> <p>Эти разъемы MCX с защелкивающимся механизмом связи предлагают Вам отличное сочетание размера, веса, долговечности и исполнения для таких приложений, как, например, GPS, беспроводных систем или систем с постоянными соединениями и инструментов. Разъемы MCX могут использоваться от DC до 6 ГГц и протестированы в соответствии с CECC 22220.</p> <p>Очень популярен для GPS. Хорошее исполнение RF-. Небольшой размер.</p>
MMCX		<p>Разъемы MMCX предназначены для использования в приложениях, где необходимы минимальные размеры.</p> <p>Разъемы MMCX могут использоваться в приложениях от DC на 6 ГГц.</p> <p>Надежный защелкивающийся механизм связи гарантирует точное воспроизведение всех электрических параметров.</p> <p>Из-за своего нешлифованного внешнего контакта, серия MMCX обеспечивает низкую утечку RF-.</p> <p>Размер меньше, чем MCX. Хорошее исполнение RF-.</p>
SSMT		<p>Система связи SSMT последовательно достигает широкополосного электрического исполнения от 6 ГГц с максимумом VSWR 1.20:1 в 2 ГГц. SSMT Использует общий разъем подключения OSMT, который разработан для большого объема сборки с использованием технологии поверхностного крепления и доступен на ленте и бобине, упакованных для автоматической расстановки на плате.</p> <p>Подключаемый сетевой джек выполнен на очень гибком микроаксиальном кабеле или "косичке", применяются джампер или стандартный разъем для нужд различных приложений.</p> <p>Систему связи SSMT можно собрать вручную для уменьшения высокого объема сборки и устранения потребности в специальном инструменте. Долговечность интерфейса оценивается в 100 циклов соединения.</p> <p>Используется на GPS-MS1E и GPS-PS1E. Очень небольшой размер. Доступен только из Tyco, AMP-Division, раньше M/A-Com.</p>

Таблица 3-3 RF-разъемы, Huber + Suhner, Tyco Electronics

4 Интерференционные проблемы

Типичный приёмник GPS имеет очень низкий динамический диапазон. Это потому, что антенна должна принимать только тепловой шум в полосе частот GPS, при условии, что пиковая мощность сигнала GPS на 15 децибелов ниже порога теплового шума. Порог теплового шума обычно мало изменяется с течением времени. Большинство архитектур приемника использует схему автоматической регулировки усиления (АРУ) для автоматической подстройки к уровням сигнала на входе, полученных от различных комбинаций антенны и предварительного усилителя. Диапазон регулирования АРУ может достигать 50 децибел. Однако, динамический диапазон для сигнала помех, превышающего порог теплового шума – обычно лежит в диапазоне от 6 до 12 децибел из-за схем квантования на один или два бита, обычно используемых в GPS приемниках.

Если в антенне присутствуют сигналы помех, уровни которых превышают мощность теплового шума, то в результате работы АРУ сигнал GPS может быть потерян. В зависимости от характеристик фильтра антенны и предварительного усилителя приемника GPS, чувствительность к таким сигналам помех может уменьшаться достаточно быстро, когда частота сигнала помех отклоняется от частоты сигнала GPS. Мы можем заключить, что сигнал помех, превышающий порог теплового шума в пределах полосы пропускания приёмника, например в диапазоне 100 МГц от частоты сигнала GPS, значительно ухудшит характеристику.

Но даже внеполосные сигналы могут воздействовать на характеристики приемника GPS. Если эти сигналы помех достаточно сильны, для того чтобы антенна и входной фильтр их отсеял, и они включают АРУ. Кроме того, очень высокий уровень сигнала помех может создавать нелинейные эффекты в каскадах предусилителя приемника, и как результат – нарушить работу всего приемника. Один из особенно неприятных вариантов помех - передающая антенна телефона цифровой сотовой связи (макс. 30 dBm в 1710 МГц) в непосредственной близости к антенне GPS. При объединении GPS с другими передатчиками RF необходимы меры предосторожности.

Если специфика устройства требует интегрирования антенны с другими цифровыми системами, необходимо удостовериться, что уровни помех сводятся к абсолютному минимуму. Даже излучение от центрального процессора, частота которого может достигать 1.5 ГГц и выше, превышает порог теплового шума.

Не существует методов, которые могли бы заметно улучшить ситуацию со стороны проектирования приёмника, без существенного его усложнения. Конечно, в дорогостоящих военных приемниках принимают специальные меры против умышленного создания помех. Но используемые там методы недопустимы для коммерческих приборов и даже могут находиться в противоречии с экспортными ограничениями для товаров двойного назначения.

Этот раздел содержит множество общих рекомендаций. Однако их применение полностью зависит от конкретной ситуации. В случаях, когда активная антенна используется на расстоянии больше 1 м. от другой электронной аппаратуры, она не должна оказывать сильного влияния на приёмник GPS.

Если антенна и электроника должны быть тесно интегрированы, на следующие разделы нужно обратить особое внимание.

4.1 Источники шума

Существует два основных источника помех, отвечающих за большинство интерференционных проблем с приемниками GPS:

1. сильные передатчики RF, работающие на частоте, близкой к частоте GPS. Например, цифровая сотовая связь в 1710 МГц или радары в 1300 МГц.
2. гармоники тактовой частоты, испускаемые цифровой электрической схемой.

Первая проблема трудно решается, но если GPS и передатчик RF объединены в одно устройство, должен быть инженер, который знает спецификации передатчика RF. В большинстве случаев, требуется применение фильтров с передатчиком, для ограничения его излучений, которые идут ниже шумового порога в пределах частоты GPS.

Даже если передатчик работает за пределами полосы пропускания GPS, существует очень сильное излучение, близкое к полосе GPS, которое может привести к насыщению входные цепи приемника. Как правило, проблемы возникают на стадии включения и выключения приёмника. Срабатывание АРУ в этот момент увеличивает общий коэффициент шума. В этом случае, только специальные фильтры между антенной GPS и входом приемника помогут понизить уровни сигнала в области линейного режима каскада.

Вторая задача является более общей, но также вызывает определённые трудности. В данном случае, источник излучения не конкретизирован, и излучение может лежать в широком диапазоне частот, делая очень трудными контрмеры. Кроме того, полоса GPS далека от предела на 1 ГГц, который ограничивается требованиями на EMC. Так что, даже если устройство отвечает стандартам EMC, оно может сильно нарушить работу приемника GPS.

Если антенна GPS должна находиться близко к другой электронике, например, непосредственно к приемнику GPS или PDA-подобному прибору, проблема EMC должна быть учтена непосредственно на стадии проекта. Это одна из большинства задач в электротехнике при проектировании системы, которая должна учитывать возможность излучения в широкой полосе частот.

4.2 Устранение цифровых источников шума

Цифровой шум вызван кратковременным нарастанием цифровых сигналов. По шинам данных и адресным шинам проходят сигналы со временами фронтов в диапазоне наносекунды, которые излучают гармоники до нескольких ГГц. Следующие разделы содержат некоторые общие сведения о том, как уменьшить уровень шума, испускаемого от плат цифровых устройств, которые находятся вблизи приемника GPS или антенны.

4.2.1 Силовые и заземлённые слои

Используйте “твёрдые” слои для силовых и заземлённых цепей. Это приведёт к использованию, по крайней мере, четырёхслойной печатной платы, но зато значительно понизит излучение. Слои должны быть твердыми, в том смысле, что не должны содержать внутри себя щелей и больших отверстий. Заземлённые экранные слои гарантируют, что всегда есть возможность заземления цепей, разведённых на сигнальном слое. Это уменьшит область действия петли антенны. Внешняя граница силовых цепей должна перекрываться экранирующим слоем. Это не позволяет краям двух слоёв сформировать щелевую антенну на краях платы. Правильным подходом будет расположение заземлённых участков на всех сигнальных слоях, которые связаны с экранирующим слоем, с максимальным количеством переходных отверстий. Если необходимо, то экран может легко перекрыть сигнальный слой (см. Рис 4-1). Кроме того, свободное пространство на наиболее отдаленных слоях может быть заполнено заземлёнными участками, связанными с экранирующей поверхностью, которая защищает внутренние слои от излучения.

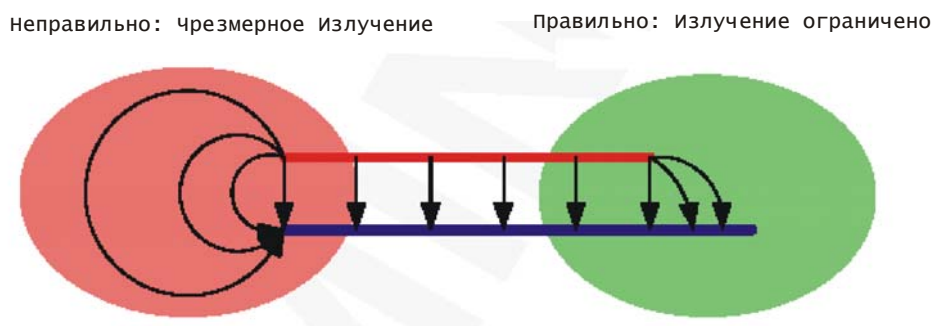


Рис.4-1: Сигнальная и силовая плоскости должно лежать в пределах заземляющей плоскости



Рис.4-2 Дальнейшее улучшение для уменьшения излучения силовой плоскости

4.2.2 Высокоскоростные сигнальные линии

Высокоскоростные линии должны быть короткими, насколько возможно. Это уменьшит площадь, которая наводит шум на антенну за счет индуктивной связи. Также используйте микросхемы драйвера с контролем скорости нарастания фронта, когда сигнал идет к большой сигнальной шине. Как альтернатива, высокоскоростная линия может быть завершена резистором или активным терминатором для уменьшения высокочастотных излучений.

Слой диэлектрика должен быть толстым по сравнению с шириной проводящей дорожки. Необходимо сделать экранирующую дорожку для защиты. Это особенно необходимо, если плата только двухслойная(рис 4-3).

Неправильно: чрезмерное излучение

Правильно: Излучение ограничено



Рис. 4-3: Ограничение излучения сигнальных линий

4.2.3 Блокировочные конденсаторы

Используйте блокировочные конденсаторы между шиной питания и землей. Малогабаритные конденсаторы малой емкости уменьшают высокочастотное излучение. Конденсаторы большого размера с высокой емкостью стабилизируют низкочастотные изменения питания. Необходимо использовать большое количество маленьких конденсаторов наряду с небольшим количеством крупных. Каждый конденсатор имеет внутреннюю индуктивность, включенную последовательно со своей емкостью. На высоких частотах конденсатор будет вести себя как индуктивность. Если много конденсаторов соединены параллельно, общая индуктивность будет уменьшаться, а емкость увеличиваться (рис 4-4).

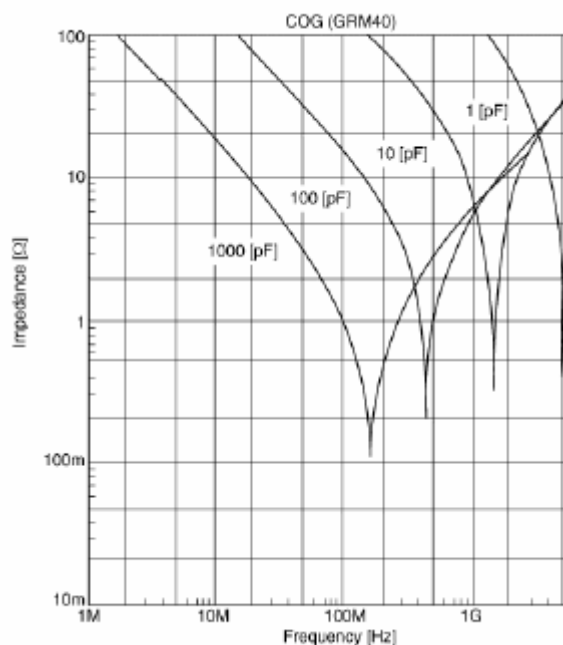


Рис.4-4 Зависимость сопротивления SMD конденсаторов размера 0805 от частоты, MuRata

Если конденсаторы не соединены с шиной земли и питания, то шина питания может излучать как антенна. Керамические конденсаторы изготавливаются с разными материалами диэлектрика. Материалы показывают разные температурные зависимости. Для промышленного температурного диапазона необходимо выбирать материал диэлектрика X5R. Y5V или Z5U могут сильно изменить емкость при низкой и высокой температуре, в результате устройство перестанет работать. Танталовые конденсаторы показывают хорошую температурную стабильность, однако имеют высокие потери на частотах выше 100 кГц.

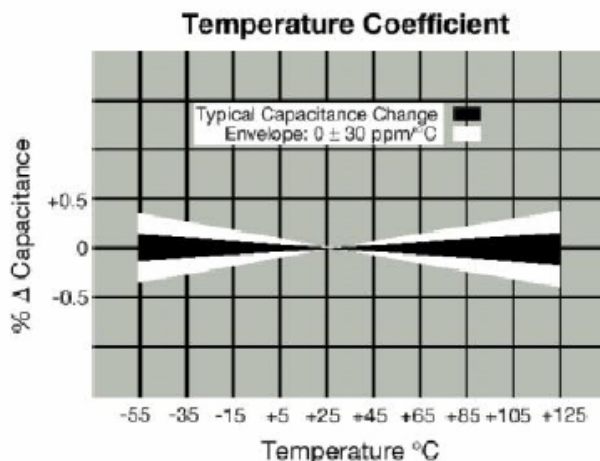


Рис.4-5 Температурная зависимость диэлектрика COG/NPO, AVX

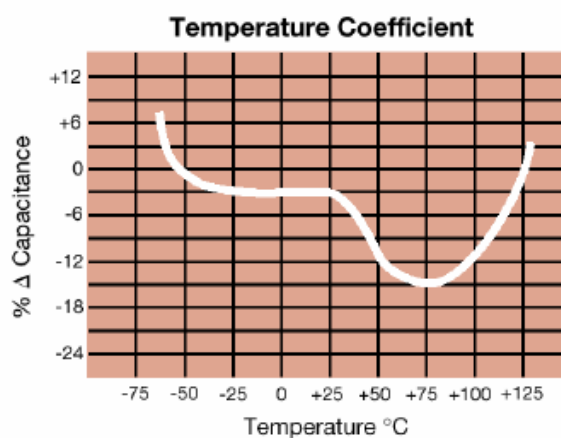


Рис.4-6 Температурная зависимость диэлектрика X7R, AVX

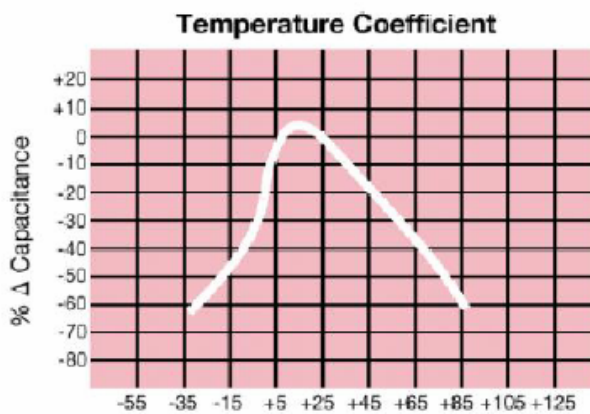


Рис.4-7 Температурная зависимость диэлектрика Y5V, AVX

4.3 Экранирование

Если разработчики методами, указанными в главе 4.2, не могут решить проблемы с электромагнитными наводками (EMI), то необходимо экранировать источник помех. Но полное экранирование не возможно. Эффективное экранирование (примерно на 30-40 дБ) вы можете ожидать от экрана из жесткого металла. Если тонкий медный слой на плате используется как экран, экранирование будет слабее. Экран с отверстиями (перфорированный) также будет менее эффективным. Длинная щель в экране может излучать как щелевая антенна. Правильный экран должен плотно соприкасаться и хорошо соединяться с шиной земли.

4.3.1 Проведение через конденсаторы

В идеале экран это металлическая коробка, которая будет гасить все электрические поля на поверхности. Практически мы имеем проблемы, потому что нам необходимо передавать сигналы изнутри наружу экранированной коробки.

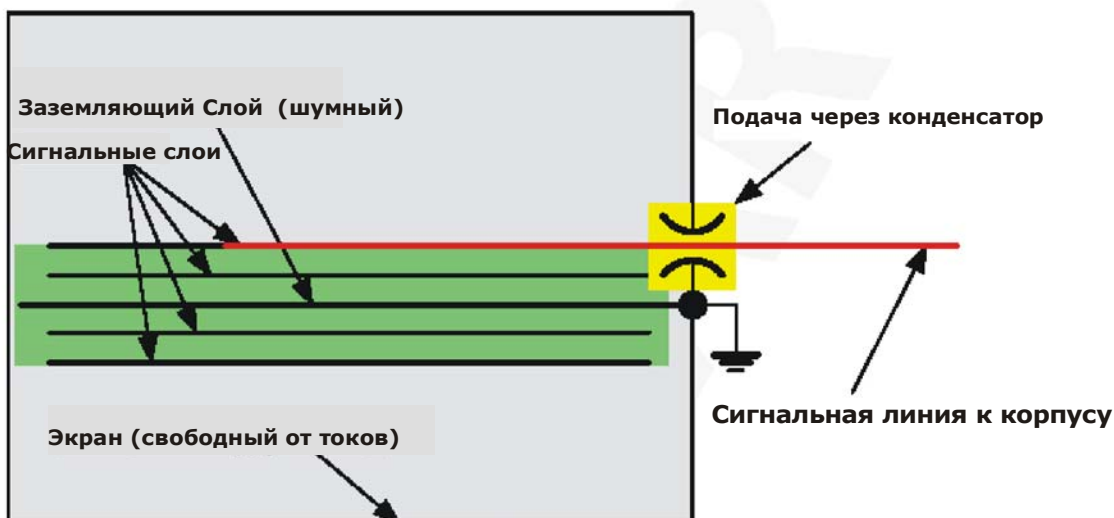


Рис. 4-8 Идеальная защита

Это показано на рисунке 4-8. Проходной конденсатор отфильтровывает все высокочастотные помехи из сигнала, выходящего наружу. Важно заметить, что проводники внутри экранированной коробки собирают наводки и, выходя из коробки, излучают электромагнитные помехи наружу, независимо от характера полезного сигнала. Поэтому даже статические сигналы, например шина питания, должны отфильтровываться проходным конденсатором. Когда выбираешь проходной конденсатор очень важно обращать внимание на его частотную характеристику. Для стандартного конденсатора малое значение емкости покажет лучшее ослабление наводок на высокой частоте(см. рис 4-9).

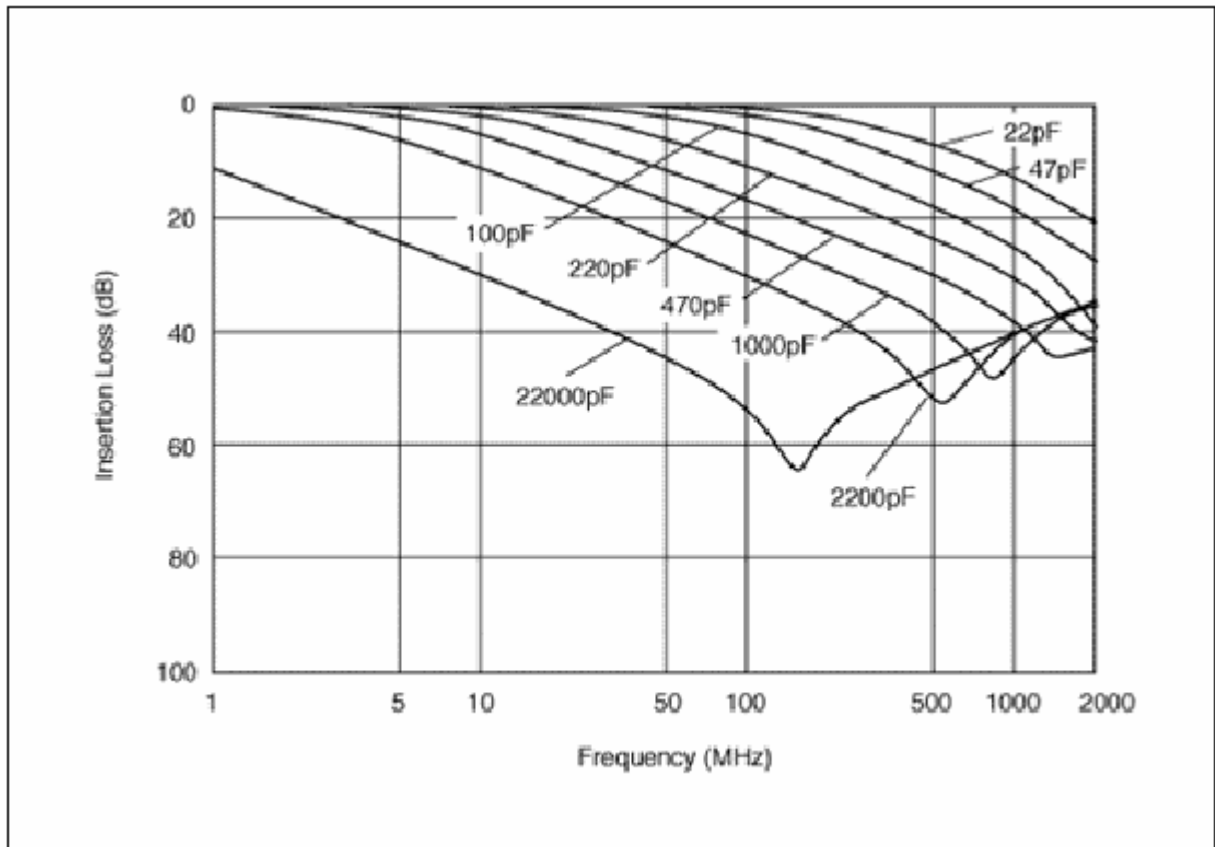


Рис. 4-9 MuRata's NFM21C Feed Trough конденсаторы

Проходной конденсатор должен быть хорошо заземлен. В случае невозможности использования проходных конденсаторов можно использовать обычные конденсаторы, но располагать их как можно ближе к выходу сигнала за пределы экрана. Рекомендуем SMD конденсатор 12пФ для GPS частоты. Конденсаторы большей емкости менее эффективны. Вы должны понять, что проходные конденсаторы замыкают высокочастотную составляющую сигнала на землю. Плохое заземление проходных конденсаторов может привести к возникновению высокочастотных помех на шине земли. Вы должны расположить проходные конденсаторы как можно дальше от цепей чувствительных к помехам. Для одиночной сигнальной линии необходимо можно поставить резистор 1К, который вместе с паразитной емкостью выполнит функцию низкочастотного фильтра.

4.3.2 Экранирование в системе

Существует ещё одна проблема, когда система состоит из нескольких экранированных корпусов. Рисунок 4-10 показывает один из возможных сценариев. В этом случае, текущий ток проходит сквозь индуктивность шины земли между двумя корпусами. В случае разности потенциалов между двумя экранами экранированный корпус будет излучать как антенна и влиять на принимающую антенну.

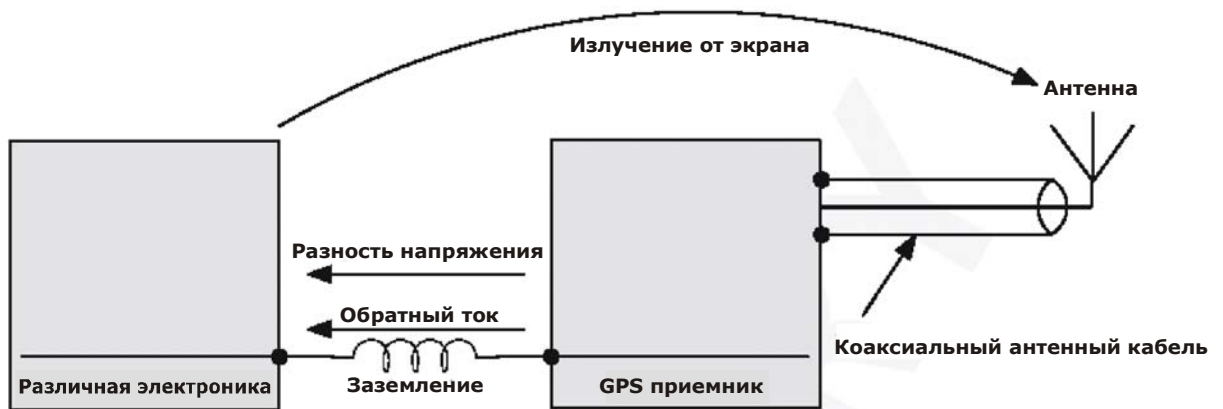


Рис. 4-10 Две экранированные подсистемы, связанные заземлением 'roof'

Этого можно избежать с помощью обеспечения маленькой индуктивности для соединения шин заземления. Если трудно контролировать путь прохождения тока от блока питания сквозь экран, необходимо соединение блока питания с шиной земли в нескольких точках. Решение проблемы показано на рисунке 4-11. Очень важно низкоиндуктивное соединение между экранами и общим экраном системы в одной точке. Важно, чтобы не проходил ток с высокочастотными составляющими сквозь экран. Дополнительное соединение экрана с шиной земли (например, с экраном другого модуля) необходимо осуществлять большой индуктивностью.

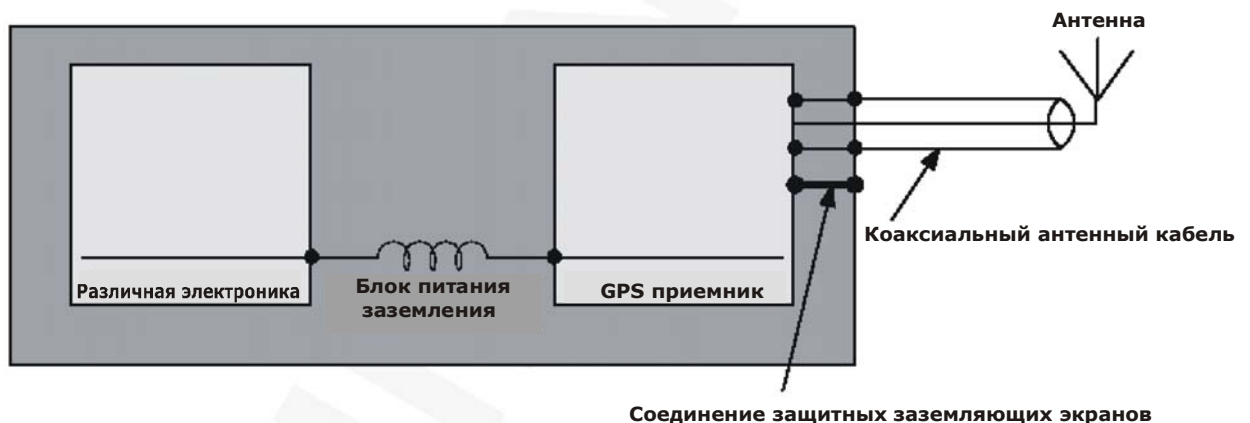


Рис. 4-11 Соответствующее экранирование подсистемы в сборке

Ясно, что ситуация, изображенная на рис. 4-11 может стать произвольным комплексом, если "Some other electronics" содержит другую беспроводную систему передатчика, требующую вторую антенну, к которой обращаются системы защитного заземления. Как уже отмечено, в установке подобной этой, важно держать экран свободным от приложенных токов с высокочастотной спектральной составляющей. Если есть дополнительные соединения в заземляющем экране, они должны обладать высокой индуктивностью.

4.3.3 Описание защиты TIM

В TIM понятия защиты рассмотрены перед применением. Рисунок 4-12 показывает поперечное сечение внутреннего заземляющего слоя TIM, Rev. В. Поскольку большинство приложений не требует нулевых эмиссий шума, TIM не содержит конденсаторы на входе своего сигнала и пинах VCC. При определенных требованиях к эмиссии шума рекомендуется добавить конденсаторы емкостью 12 пФ или даже конденсаторы-перемычки для защитного заземления на тех сигналах, которые выходят из TIM. Нет необходимости также добавлять конденсаторы к пинам, которые не соединяются с линиями, идущими из TIM. В u-blox SAM смарт антенных изделиях было обнаружено, что последовательных резисторов номиналом 1 КОм на цифровых линиях Ввода/Вывода достаточно для уменьшения излучения от плоского кабеля до приемлемого уровня.

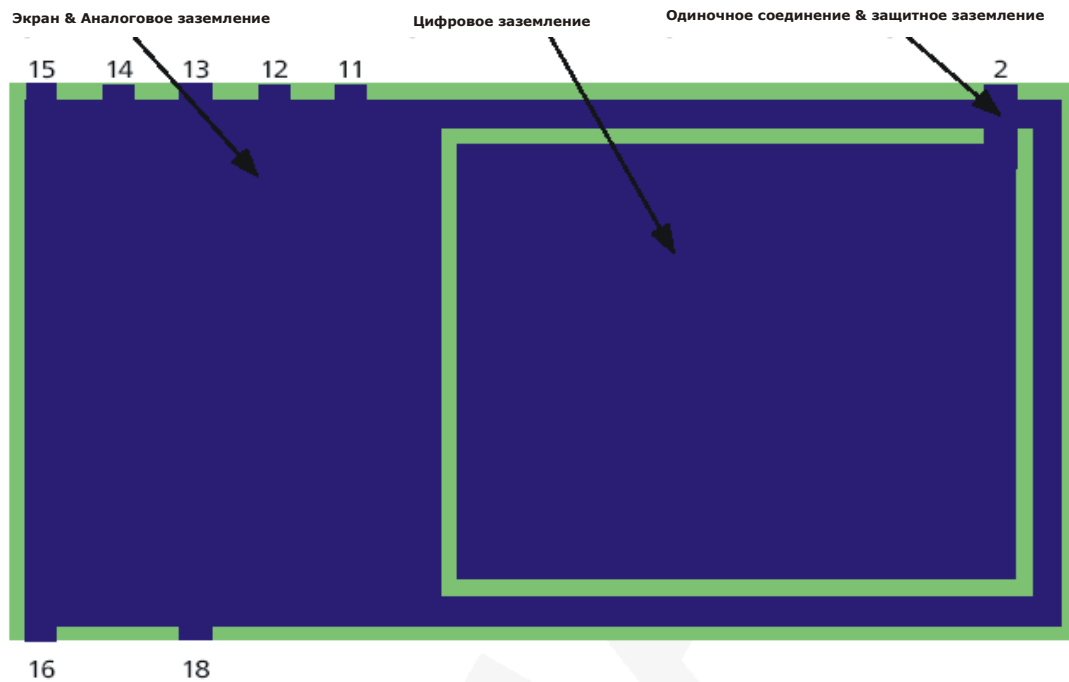


Рис.4-12 Защита & основа заземления TIM, Rev. B, с номерами пинов

Пины с номерами 10 и 30 подключены к внутренней цифровой земле для обратной совместимости с TIM, Rev. A. Тем не менее, эти два пина не должны использоваться для новых проектов. Изменение в работе этих пинов, подключенных к заземляющей плоскости платы очень мало. Таким образом, нет необходимости изменять плату на основе TIM, Rev. рекомендаций. Но для будущих проектов, эти два пина могут стать официально NCs и позже использоваться для некоторых сигналов Ввода/Вывода.

5 Дальнейшее изучение

5.1 Компоненты подавления ЕМІ

MuRata <http://www.murata.com/>

AVX <http://www.avx.com/>

5.2 Производители антенн

Sarantel <http://www.sarantel.com/>

EMTAC <http://www.emtac.com.tw/>

Micropulse <http://www.micropulse.com/>

NAIS <http://dmedia.mew.co.jp/nais-automotive/e-index.html>

5.3 Управление последовательным интерфейсом

Maxim <http://www.maxim-ic.com/>

5.4 Регуляторы напряжение

Analog Devices <http://www.analog.com/>

Linear Technology <http://www.linear.com/>

Maxim <http://www.maxim-ic.com/>

National <http://www.national.com/>

5.5 Обеспечение для разработки

Agilent <http://www.agilent.com/>

Ansoft <http://www.ansoft.com/>

Advanced Wave Research <http://www.mwoffice.com/>

А Ссылки на документы

- [1] TIM GPS Receiver Macro Component – Data Sheet, GPS.G2-MS2-01001
- [2] SAM GPS Smart Antenna – Data Sheet, GPS.G2-SA-02004
- [3] The GPS Dictionary, GPS-X-00001

Все эти документы доступны на нашей домашней странице (<http://www.u-blox.com>).

В Термины

Пожалуйста, обратитесь к терминам GPS, [3].

С Контакты

Главный офис

u-blox ag
Zuercherstrasse 68
CH-8800 Thalwil
Switzerland

Phone: +41 1 722 74 44
Fax: +41 1 722 74 47
E-mail: info@u-blox.com
www.u-blox.com

Филиалы

u-blox Deutschland GmbH
Berliner Ring 89
D-64625 Bensheim
Germany

Phone: +49 (0) 6251 17566-0
Fax: +49 (0) 6251 17566-11
E-mail: info_de@u-blox.de
www.u-blox.de

Tech. Support:
Phone: +41 1 722 74 74
support_de@u-blox.de

u-blox Europe Ltd.
Barham Court
Maidstone, Kent ME18 5BZ
United Kingdom

Phone: +44 1622 618628
Fax: +44 1622 618629
E-mail: info_uk@u-blox.co.uk
www.u-blox.co.uk

Tech. Support:
Phone: +44 1622 618628
support_uk@u-blox.co.uk

u-blox Asia Pacific Ltd.
22/F., City Landmark I
68 Chung On Street
Tsuen Wan, Hong Kong

Phone: +852-2940-0085
Fax: +852-2615-2285
E-mail: info_ap@u-blox.com
www.u-blox.com

Tech. Support:
Phone: +852-2940-0085
support_ap@u-blox.com

u-blox America, Inc.
13800 Coppermine Road
Herndon, VA 20171
USA

Phone: +1 (703) 234 5290
Fax: +1 (703) 234 5770
E-mail: info_us@u-blox.com
www.u-blox.com

Tech. Support:
Phone: + 1 (703) 234 5290
support_us@u-blox.com