

Список вопросов для итогового контроля по дисциплине “Радиочастотные интегральные схемы” для студентов 4 курса по направлению 60611500 – “Радиоэлектронные устройства и системы”

1. Дайте определение радиочастотных интегральных схем (RFIC) и укажите, какие задачи они решают в приёмопередающих устройствах.
2. Перечислите основные функциональные блоки радиоприёмника (по назначению) и кратко поясните роль каждого блока.
3. Перечислите основные функциональные блоки радиопередатчика и кратко поясните роль каждого блока.
4. Назовите основные типы активных приборов, применяемых в RFIC, и укажите, где они чаще всего используются.
5. Дайте определение частоты отсечки транзистора f_T и укажите, чем она ограничивается на практике.
6. Перечислите основные пассивные компоненты RFIC (катушки, конденсаторы, резисторы) и укажите, какие параметры для них критичны на ВЧ.
7. Дайте определение коэффициента добротности QQQ и укажите, для каких элементов и узлов он используется в ВЧ-технике.
8. Назовите основные виды шума, встречающиеся в радиочастотных схемах (минимум три), и укажите типичные источники каждого.
9. Дайте определение коэффициента шума (noise figure) и поясните, что означает его рост для приёмника.
10. Назовите основные показатели линейности усилителей (минимум два) и поясните, что они характеризуют.
11. Дайте определение интермодуляционных искажений второго и третьего порядка (IM2/IM3).
12. Дайте определение точки компрессии на 1 дБ и поясните, почему она используется на практике.
13. Назовите назначение микшера в тракте и укажите, какие частоты возникают на его выходе в общем виде.
14. Перечислите основные архитектуры приёмников, упомянутые в курсе (минимум три).
15. Дайте определение генератора, управляемого напряжением (VCO), и укажите его место в радиосистеме.
16. Перечислите показатели качества цифровой передачи, рассматриваемые в курсе (например, отношение сигнал/шум, вероятность ошибки и т.д.) и кратко поясните смысл каждого.
17. Поясните, почему для ВЧ-проектирования требуются специальные модели МОП/биполярных транзисторов, а не «низкочастотные» модели.
18. Объясните, как паразитные ёмкости и индуктивности изменяют поведение пассивных компонентов при переходе в ВЧ-диапазон.

19. Поясните связь между коэффициентом добротности контура и шириной полосы пропускания.

20. Объясните, почему согласование импедансов повышает эффективность передачи мощности и улучшает работу тракта.

21. Поясните, каким образом тепловой шум формируется в резисторах и активных приборах.

22. Объясните, почему шум первого каскада приёмника определяет чувствительность сильнее, чем шум последующих каскадов.

23. Поясните, почему шум типа $1/f$ особенно заметен в некоторых режимах и узлах радиочастотных схем.

24. Объясните, почему рост усиления может ухудшать линейность и как это проявляется в измеряемых параметрах.

25. Поясните механизм возникновения IM3 при подаче двух близких по частоте сигналов на нелинейный элемент.

26. Объясните смысл точки компрессии на 1 дБ через изменение «идеального» и реального коэффициента усиления.

27. Поясните принцип преобразования частоты в микшере на примере суммарной и разностной частот.

28. Объясните, чем по принципу работы отличаются активный и пассивный микшеры (без углубления в схемные детали).

29. Поясните, зачем применяется I/Q-обработка и какие проблемы она помогает решать в трактах приёма/передачи.

30. Объясните, что такое зеркальный канал и почему он возникает при преобразовании частоты.

31. Поясните принцип гетеродинной архитектуры приёмника на уровне блоков и сигналов (без схем).

32. Поясните принцип прямого преобразования на уровне блоков и сигналов (без схем) и укажите типичную трудность этой архитектуры.

33. Поясните, почему фазовый шум VCO влияет на качество приёма/демодуляции и к каким эффектам это приводит.

34. Усилитель имеет коэффициент усиления по мощности 20 дБ. На вход подаётся сигнал мощностью -30 дБм. Найдите выходную мощность в дБм и в мВт.

35. Для LC-контура заданы: индуктивность $L=10$ нГн, ёмкость $C=1$ пФ. Найдите резонансную частоту f_0 в ГГц.

36. Катушка имеет $L=8$ нГн и активное сопротивление потерь $R=20$ Ом на частоте $f=2$ ГГц. Найдите добротность QQQ.

37. Источник имеет сопротивление 50 Ом, вход усилителя 30 Ом. Найдите коэффициент отражения Γ по модулю и укажите, какая часть мощности приблизительно отражается.

38. Коэффициент шума усилителя равен 3 дБ. Переведите это значение в линейный коэффициент и поясните, что означает полученное число.

39. Усилитель имеет линейное усиление 15 дБ. Точка компрессии 1 дБ соответствует выходной мощности 10 дБм. Найдите выходную мощность, при которой усилитель работает без сжатия (идеализированно).

40. Требуется согласовать нагрузку 100 Ом с линией/трактом 50 Ом на частоте 1 ГГц. Запишите возможный расчётный путь (какие величины находить по шагам), не рисуя схем.

41. VCO построен на LC-контуре: частота 2,4 ГГц, индуктивность 5 нГн. Найдите требуемую ёмкость контура в пФ.

42. На нелинейный элемент подаются два сигнала: 2,00 ГГц и 2,01 ГГц. Найдите частоты интермодуляционных составляющих третьего порядка (две ближайшие к рабочей полосе).

43. Усилитель имеет коэффициент усиления 25 дБ. Входная мощность -20 дБм. Найдите выходную мощность в дБм и в мВт.

44. Резонансная частота контура 1,5 ГГц, добротность $Q=15$. Найдите полосу пропускания Δf в МГц.

45. Микшер: частота входного сигнала 2,20 ГГц, частота гетеродина 2,00 ГГц. Найдите промежуточную частоту при разностном преобразовании.

46. Выходная мощность передатчика 100 мВт. Переведите в дБм и поясните, какие шаги преобразования использованы.

47. Отношение сигнал/шум на входе приёмника 15 дБ. Переведите это значение в линейное отношение и покажите расчёт.

48. Нестабильность генератора ± 100 кГц при частоте 2,0 ГГц. Найдите относительную нестабильность (безразмерно и в ppm).

49. Усилитель работает в диапазоне 1,8–2,2 ГГц. Найдите центральную частоту и относительную полосу $\Delta f/f_0$.

50. Усиление каскада увеличили на 3 дБ. Во сколько раз изменилось усиление по мощности (в линейном виде)? Покажите вычисление.

51. Разберите, какие паразитные параметры транзистора наиболее опасны для устойчивости ВЧ-усилителя и почему именно они проявляются на высоких частотах.

52. Разберите, как потери в катушках и конденсаторах ухудшают работу согласующих цепей и к каким практическим последствиям это приводит.

53. Объясните, почему повышение добротности полезно для селективности, но может усложнять выполнение требований по полосе.

54. Разберите, почему входной каскад чаще всего задаёт общий уровень шума приёмника, даже если последующие каскады имеют высокий шум.

55. Разберите, как нелинейность усилителя приводит к появлению новых спектральных составляющих при двухтоновом возбуждении.

56. Разберите, почему IM3 обычно опаснее IM2 в радиосистемах с близкорасположенными каналами.

57. Объясните, почему рост усиления может приводить к компрессии искажений и как это отражается на выходном спектре.

58. Разберите, какие факторы в микшере влияют на уровень шума на выходе и почему микшер часто ухудшает чувствительность тракта.

59. Разберите, почему гомодинные архитектуры чувствительны к проблемам нулевой промежуточной частоты и к каким эффектам это приводит.

60. Разберите, как появляется зеркальный канал в супергетеродинном приёмнике и почему простое усиление не решает проблему.

61. Объясните, почему ошибки I/Q-баланса приводят к ухудшению подавления зеркального канала.

62. Разберите, как фазовый шум VCO «размазывает» спектр и почему это ухудшает демодуляцию.

63. Разберите, какие ограничения накладывает диапазон перестройки VCO на выбор добротности и на уровни потерь в контуре.

64. Разберите, почему расширение полосы приёма часто ухудшает чувствительность, даже если усиление остаётся прежним.

65. Разберите влияние рассогласования импедансов на передачу мощности и на шумовые характеристики входного тракта.

66. Разберите, как технологический разброс параметров влияет на повторяемость характеристик RFIC и какие блоки наиболее чувствительны.

67. Составьте связное описание работы приёмного RF-тракта: от антенны до низкой частоты/базовой полосы, указав роль каждого блока и порядок прохождения сигнала.

68. Составьте связное описание работы передающего тракта: от базовой полосы до выхода на антенну, указав роль каждого блока и где формируется частота передачи.

69. Сформируйте перечень параметров, которые нужно задать перед расчётом LNA (усиление, полоса, шум, линейность и т.п.), и укажите, какие из них конфликтуют между собой.

70. Сформируйте перечень параметров, которые нужно задать перед расчётом микшера (потери/усиление преобразования, шум, линейность и т.п.), и укажите, какие из них конфликтуют между собой.

71. Опишите последовательность действий при выборе пассивных компонентов для ВЧ-узла (что проверять в первую очередь и почему), учитывая добротность и потери.

72. Составьте порядок действий при построении согласования импедансов между источником и нагрузкой, указав, какие исходные данные обязательно нужны.

73. Составьте текстовую “структурную карту” источников шума в приёмнике: какие блоки дают вклад и в каком порядке учитывать их при расчёте тракта.

74. Сформируйте правила, по которым выбирается рабочая промежуточная частота в гетеродинной архитектуре, с учётом зеркального канала и фильтрации.

75. Сформируйте набор условий, при которых прямое преобразование выгодно, и набор условий, при которых оно создаёт проблемы (формат: условия → последствия).

76. Составьте последовательность рассуждений для выбора точки компрессии/линейности усилителя при известной окружающей помеховой обстановке.

77. Сформируйте “цепочку влияний”: что произойдёт с качеством приёма, если ухудшится фазовый шум VCO (от генератора до демодуляции).

78. Составьте перечень параметров VCO, которые нужно указать в техническом задании, и поясните, какие измерения подтверждают каждый параметр.

79. Сформируйте пошаговое объяснение, как I/Q-обработка используется для подавления зеркального канала и какие условия должны соблюдаться для результата.

80. Составьте логическую схему выбора архитектуры приёмника из двух вариантов (гетеродин/гомодин) в виде: входные требования → какие свойства важны → какое решение получается.

81. Сформируйте связное описание того, как выбирают тип модуляции (например, по требованиям к ошибкам, полосе и устойчивости), не используя формулы, но указывая причинные связи.

82. Составьте перечень узлов тракта, параметры которых сильнее всего влияют на качество передачи цифрового сигнала, и объясните механизм влияния каждого узла.

83. Составьте единый текст (структурированный пунктами), показывающий, как в одной системе увязаны три группы требований: шум, линейность, согласование.

84. Для приёмника около 2 ГГц нужно минимизировать коэффициент шума при ограничении по потребляемой мощности. Выберите, на какой блок тракта направить основной “ресурс улучшения” в первую очередь, и приведите минимум 3 аргумента.

85. Для системы допустимы умеренные искажения, но требуется максимально простая архитектура. Выберите подходящую архитектуру приёмника и перечислите критерии выбора (минимум 3).

86. Для мобильного устройства важно, чтобы частота генератора была устойчивой при температурных изменениях. Выберите, какие требования к VCO ставятся первыми, и укажите, какие параметры могут быть “вторыми” (минимум 3 пункта с пояснением).

87. В приёмном тракте чувствительность заметно ухудшается при увеличении полосы. Укажите, какие 2–3 параметра нужно зафиксировать как “неподлежащие ухудшению”, и почему именно эти.

88. В передающем тракте ключевое ограничение — спектральная маска. Укажите, какие параметры усилителя мощности нужно зафиксировать в ТЗ в первую очередь и почему (минимум 3).

89. В системе с плотным частотным размещением каналов основная проблема — интермодуляционные искажения. Укажите, какие узлы тракта должны иметь приоритет по линейности и почему (минимум 3 аргумента).

90. При расширении диапазона перестройки VCO фазовый шум растёт. Укажите, какие параметры LC-контура следует удерживать на заданном уровне, чтобы ограничить деградацию, и дайте пояснение.

91. Требуется высокая повторяемость характеристик RFIC при технологическом разбросе. Укажите, какие архитектурные решения обычно выбирают, чтобы снизить чувствительность к разбросу, и почему (минимум 3 пункта).

92. В приёмнике прямого преобразования появились ошибки I/Q-баланса. Укажите, какой путь исправления предпочтительнее в массовом устройстве (аналоговая точность или цифровая компенсация), и приведите аргументы (минимум 3).

93. Для цифровой системы приоритет — минимизация ошибок демодуляции. Укажите, какие блоки RF-тракта должны быть “жёстко ограничены” по параметрам, и почему (минимум 3).

94. Нужно уменьшить энергопотребление без заметной потери качества сигнала. Укажите, какими параметрами допустимо поступиться в первую очередь и какие параметры трогать нельзя (минимум 3+3 с пояснением).

95. Нужно выбрать между высокой добротностью пассивных элементов и широкой полосой. Выберите направление для приёмника широкополосного типа и укажите последствия выбранного направления (минимум 3 последствия).

96. При увеличении усиления тракта ухудшается отношение сигнал/шум на выходе. Укажите, какие ограничения по распределению усиления по каскадам следует ввести, чтобы этого не происходило, и почему.

97. У передатчика ограничена выходная мощность, но нужна приемлемая дальность. Укажите, какие параметры системы и тракта можно улучшать вместо мощности, и почему (минимум 3).

98. Требуется архитектура RFIC с минимальной чувствительностью к паразитным параметрам. Укажите, какие решения по размещению функций и преобразованиям частоты обычно дают более стабильный результат, и почему.

99. Есть два решения тракта с одинаковыми заявленными электрическими параметрами, но одно значительно сложнее в реализации. Выберите, какое решение взять для промышленного изделия, и приведите критерии выбора (минимум 4).

100. В ТЗ одновременно присутствуют требования по шуму, линейности и потреблению, которые конфликтуют. Укажите порядок приоритизации этих требований для приёмника и объясните, почему такой порядок снижает риск провала итоговых характеристик.