

Отчет по первому домашнему заданию

На вход подавалась следующая картинка (Рис. 1):



Рис. 1. Милая картинка

В рамках данного задания была реализована следующая схема (Рис. 2):

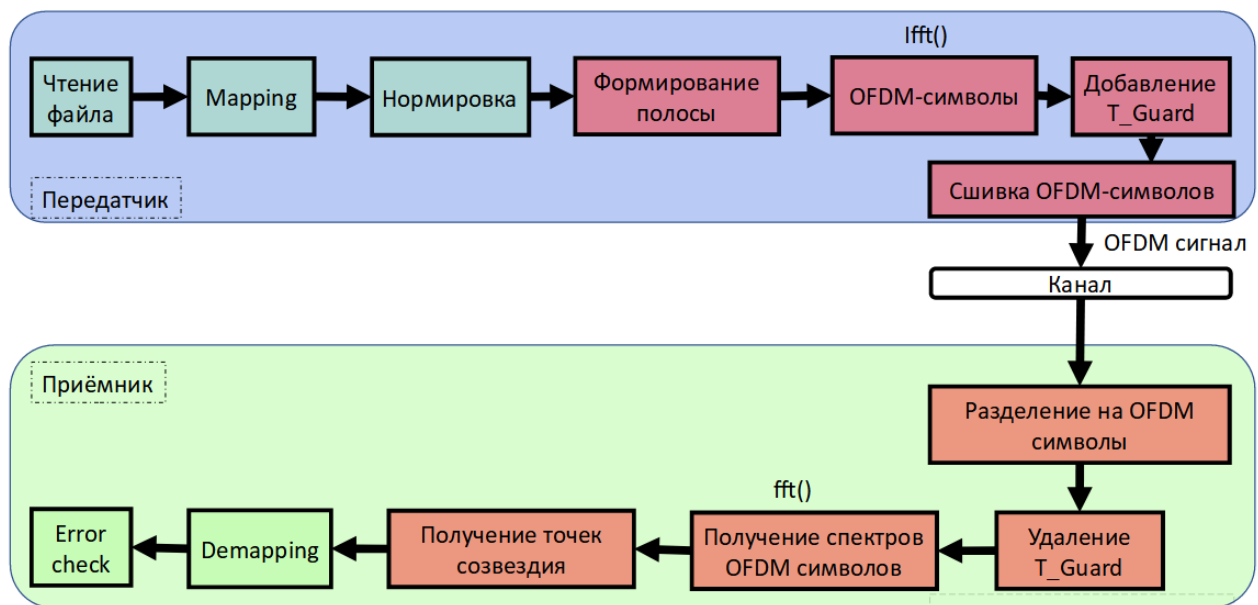


Рис. 2. Схема OFDM приемника-передатчика

Параметры приемника и передатчика:

`constellation = "16-QAM";`

`N_carrier = 400;`

`N_fft = 1024;`

`T_guard = N_fft / 8;`

`Amount_OFDM_Frames = 60;`

`Amount_OFDM_Symbols_per_Frame = 5;`

Защитный интервал формируется по принципу циклического префикса (cyclic prefix), а именно символ расширяется на длину защитного интервала, и в начало ставится защитный интервал, который является конечной частью OFDM символа (Рис. 3). Защитный символ формируется именно так, потому что используется преобразование Фурье, то есть синусоиды, ограниченные по времени, и преследуется цель избавиться от скачков амплитуд и фаз внутри одного символа.

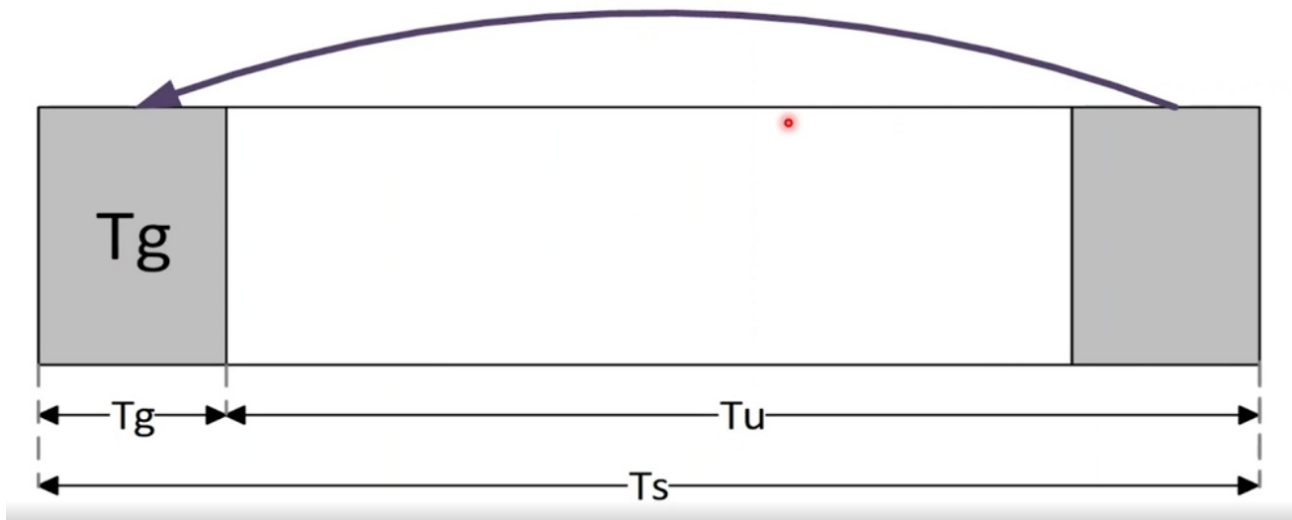


Рис. 3. Схема добавления защитного интервала

Его добавление позволяет OFDM сигналу быть устойчивым к многолучевому распространению, из-за которого наблюдается наложение конца одного символа на начало следующего (межсимвольная интерференция, в результате которой появляется несколько отсчетов в символе, которые зависят от предыдущего символа, хотя в OFDM каждый символ генерируется независимо от соседних символов, из-за этого может потеряться часть сигнала). Это позволяет сохранить некоторое количество отсчетов в символе, которые не будут подвержены межсимвольной интерференции. Длина защитного интервала зависит от задержек, наблюдаемых в конкретном канале.

Удаление T_{Guard} было реализовано следующим способом: OFDM сигнал был разделен на части по $N_{\text{fft}} + T_{\text{guard}}$ отсчетов и затем были удалены первых T_{guard} отсчетов в каждой части.

В таком случае на этапе получения точек созвездия при идеальном канале сигнальное созвездие будет выглядеть так (Рис. 4):

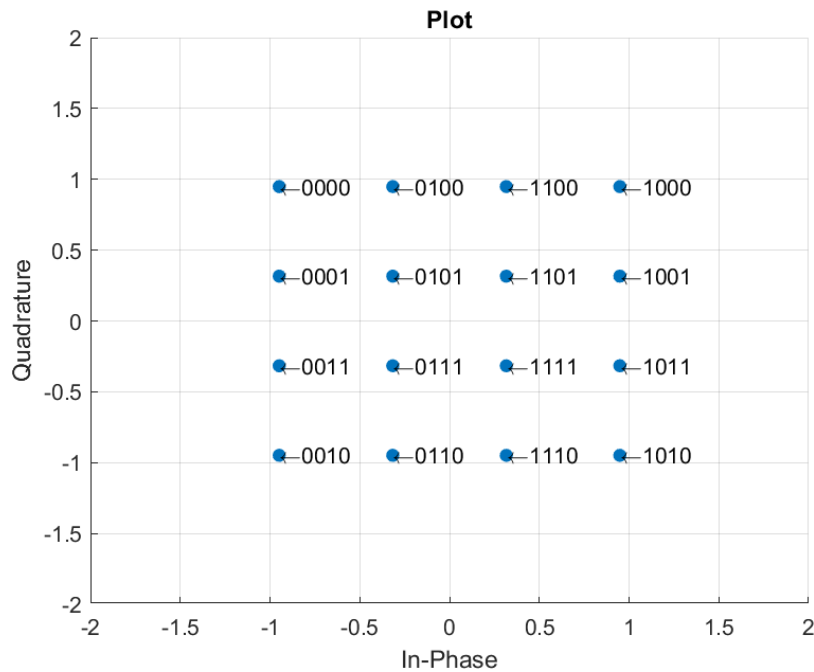


Рис. 4. Сигнальное созвездие

АЧХ будет выглядеть так (Рис. 5):

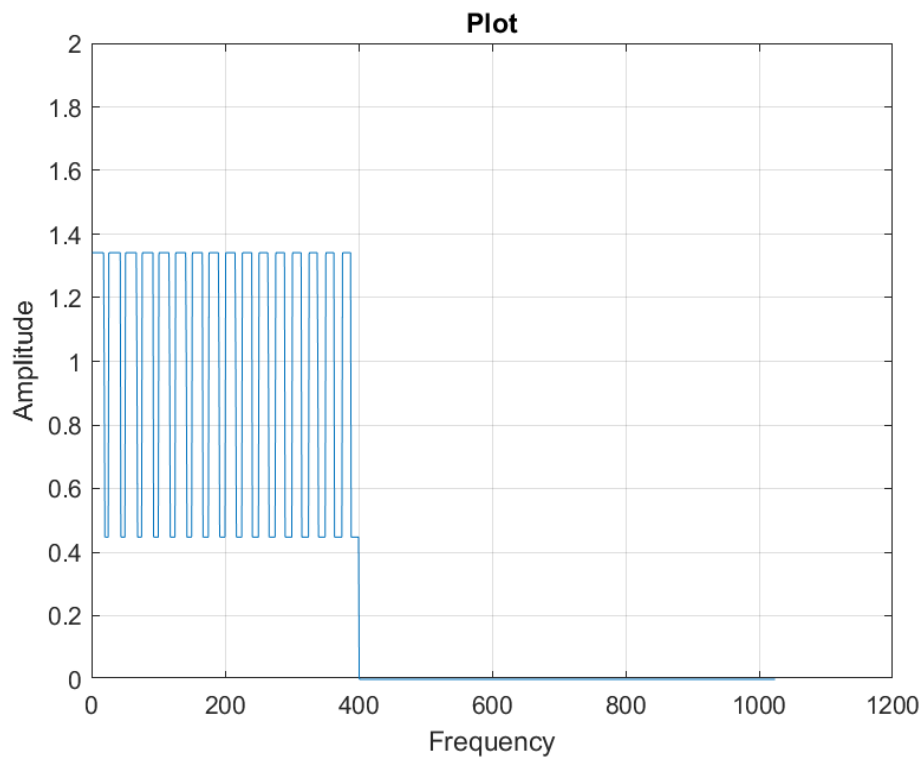


Рис. 5. АЧХ

При временной рассинхронизации OFDM сигнала в канале на 1 отсчёт сигнальное созвездие и АЧХ имеют вид (Рис. 6 и Рис. 7):

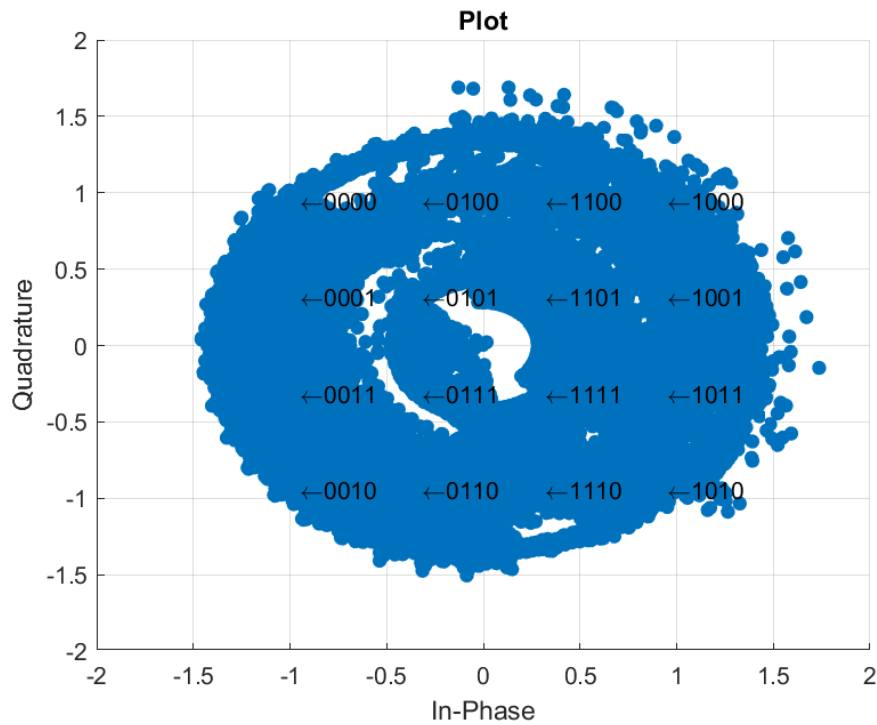


Рис. 6. Сигнальное созвездие

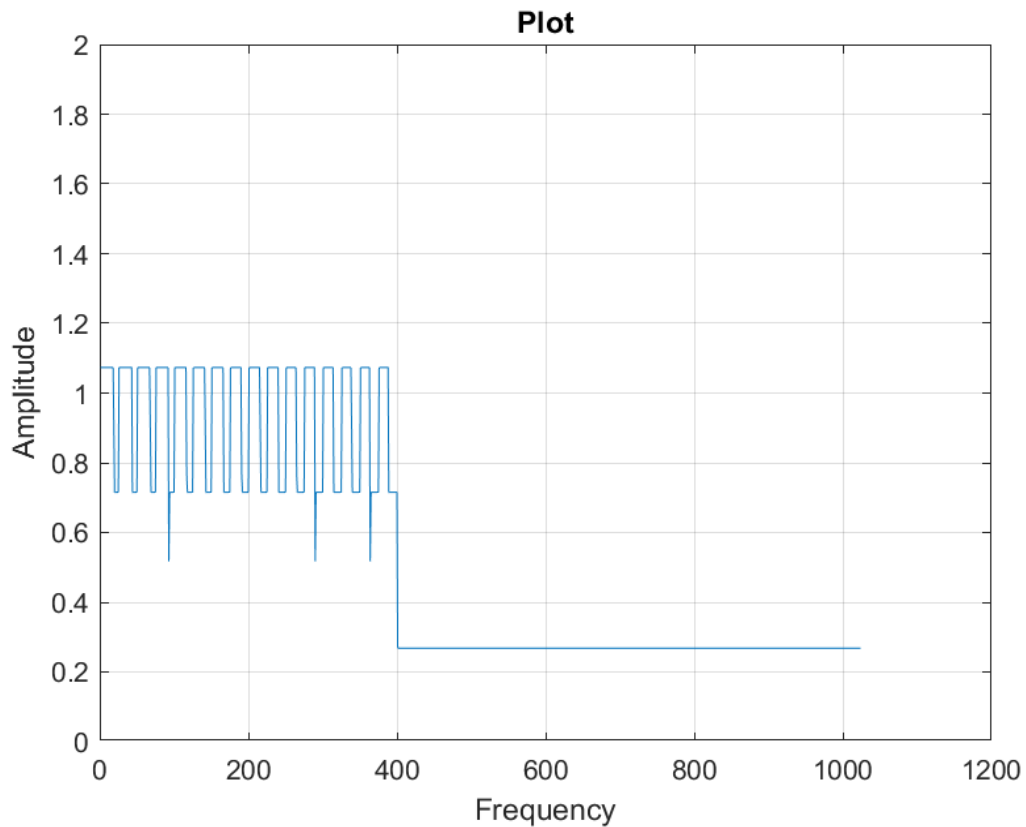


Рис. 7. АЧХ

При такой временной рассинхронизации конец защитного интервала и начало полезной части символа определяется неверно, более того, теряется часть отсчетов, принадлежащих полезной части символа. Как раз происходит то, что при определении полезных данных

символа в них оказываются отсчеты, принадлежавшие изначально соседнему символу, - межсимвольная интерференция. Результатом является то, что об ортогональности поднесущих больше речи быть не может, из-за чего появляются внеполосовые компоненты, изменяются фаза и амплитуда внутриполосных компонент. Те же причины у искажений, наблюдаемых при сдвигах на $T_{\text{guard}} / 2$ и T_{guard} .

Схема (Рис. 8), на которой показано, как из-за наличия временной рассинхронизации неверно определяется начало полезной части OFDM символа:

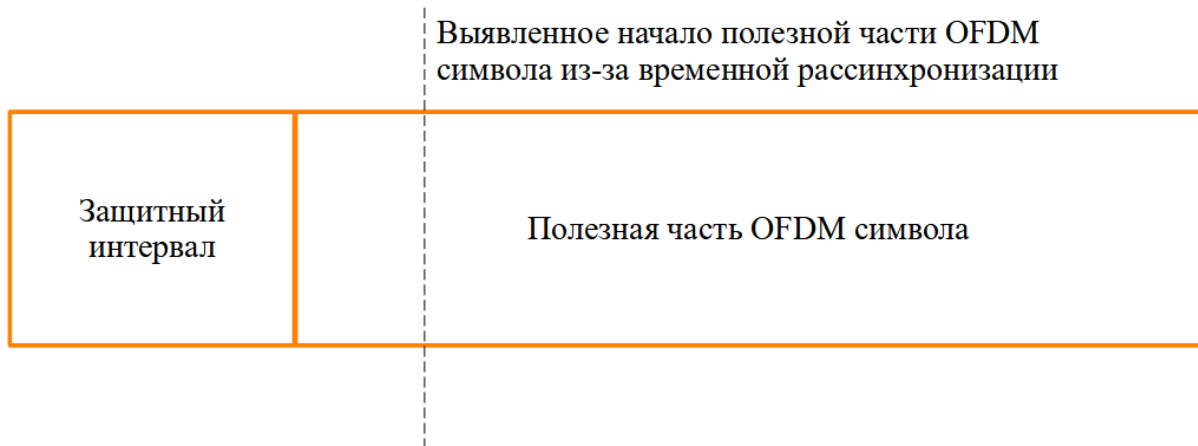


Рис. 8. Схема, показывающая влияние временной рассинхронизации

При временной рассинхронизации OFDM сигнала в канале на $T_{\text{guard}} / 2$ отсчётов сигнальное созвездие и АЧХ имеют вид (Рис. 9 и Рис. 10):

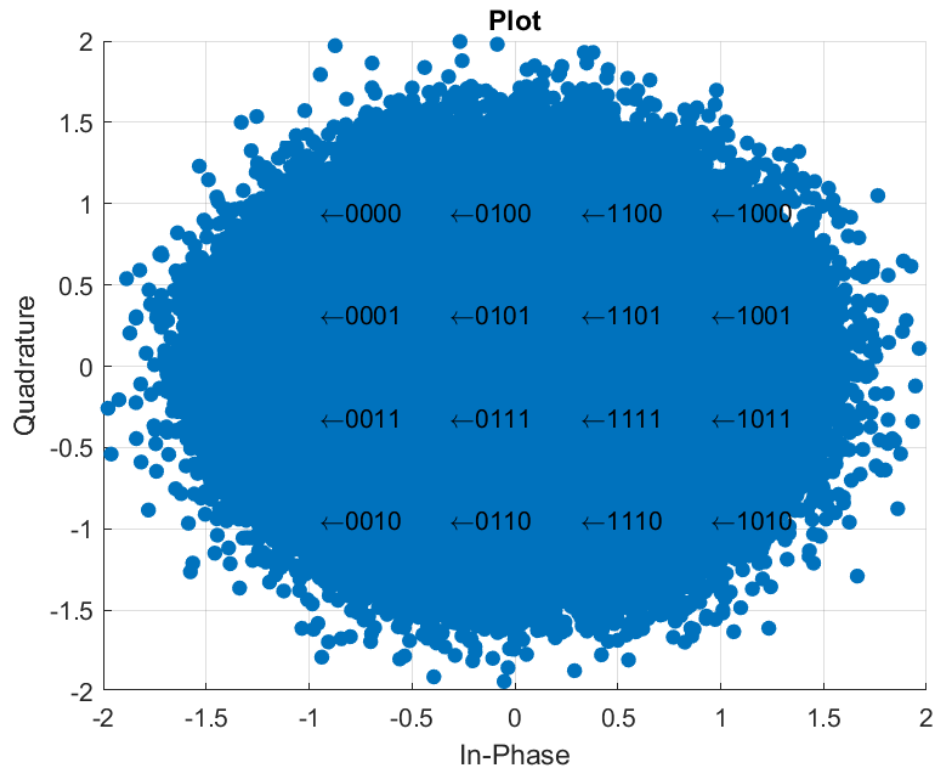


Рис. 9. Сигнальное созвездие

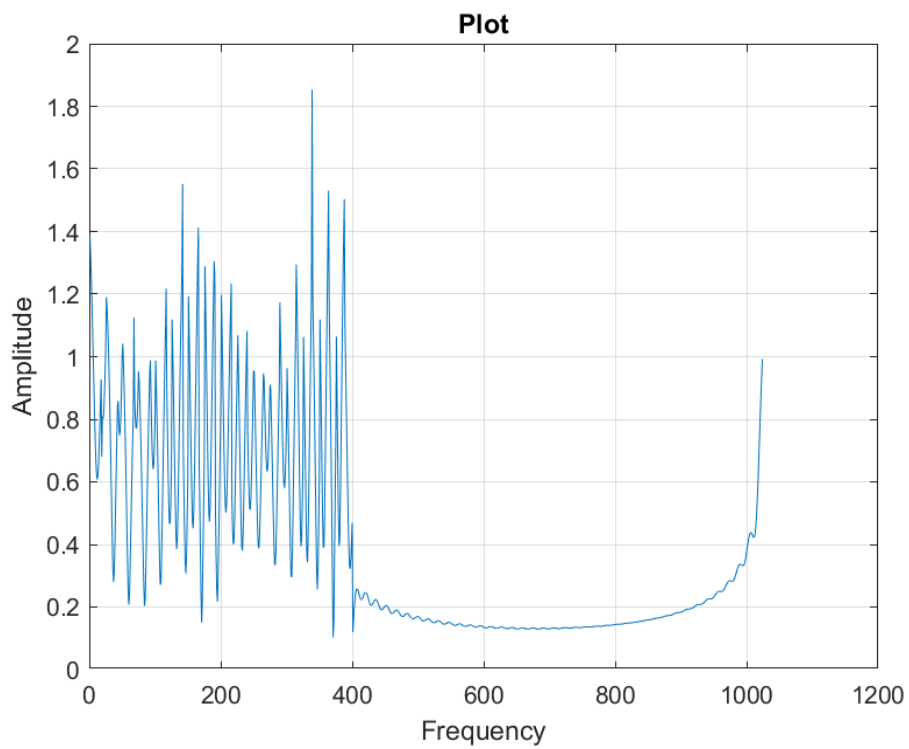


Рис. 10. АЧХ

При временной рассинхронизации OFDM сигнала в канале на T_{guard} отсчётов сигнальное созвездие и АЧХ имеют вид (Рис. 11 и Рис. 12):

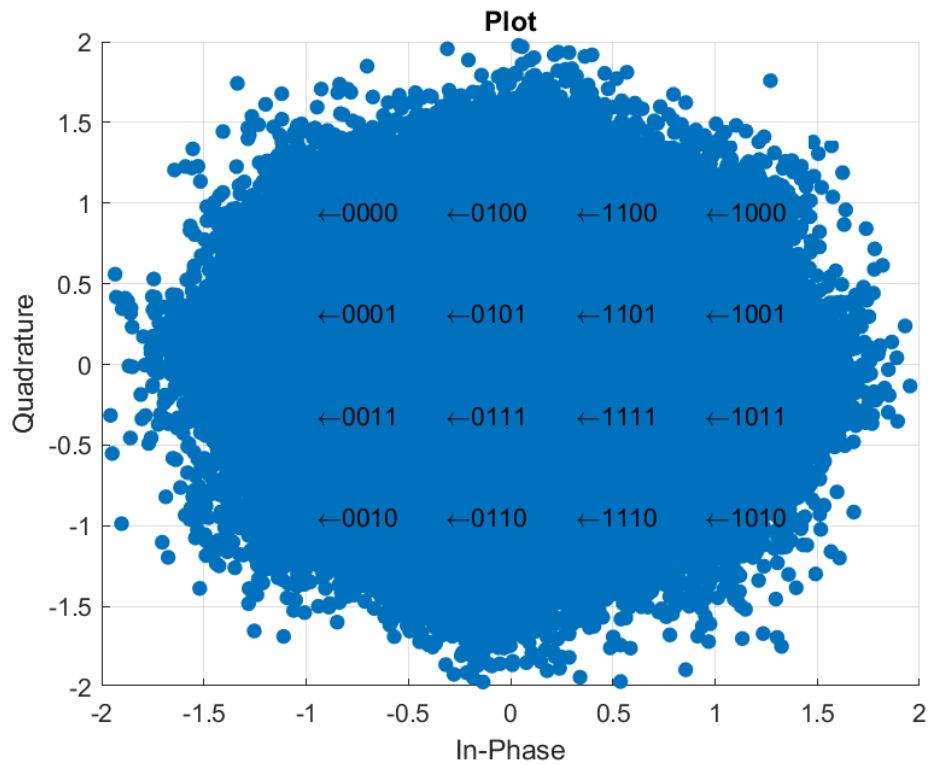


Рис. 11. Сигнальное созвездие

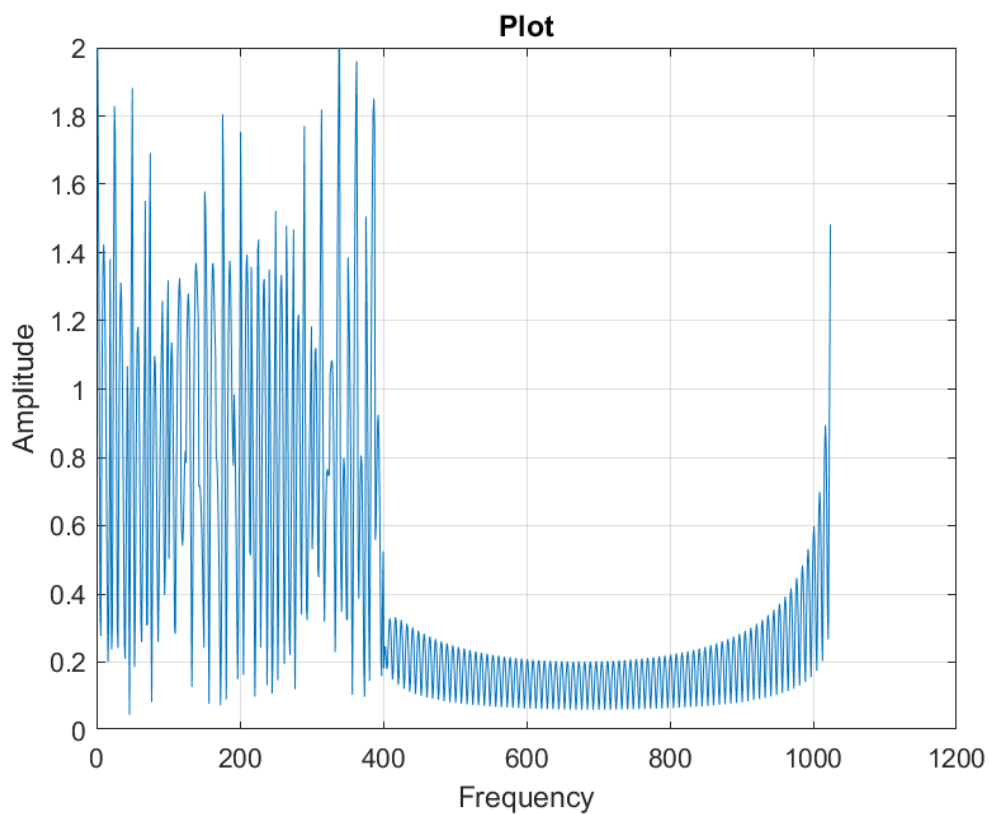


Рис. 12. АЧХ

Видно, что чем больше рассинхронизация, тем хуже выглядят созвездие и АЧХ из-за того, что защитный интервал определяется неверно, в результате чего удаляются частично полезные данные. Это ведет к ошибкам при маппинге.

Таким образом, на графиках (Рис. 7, Рис. 9, Рис. 11) можно наблюдать последствия межсимвольной интерференции, из-за которой нарушается ортогональность поднесущих. Она не будет наблюдаться при сдвиге на величину, равную целому числу длин OFDM символа (включая в эту величину длину защитного интервала), или при отрицательном сдвиге, не большем по модулю, чем длина защитного интервала: так как защитный интервал совпадает с концом OFDM-символа, то это будут те же синусоиды, только сдвинутые по фазе, а амплитуды будут те же (см. следующую страницу).

При временной рассинхронизации OFDM сигнала в канале на (-1) отсчёт сигнальное созвездие и АЧХ имеют вид (Рис. 12 и Рис. 13):

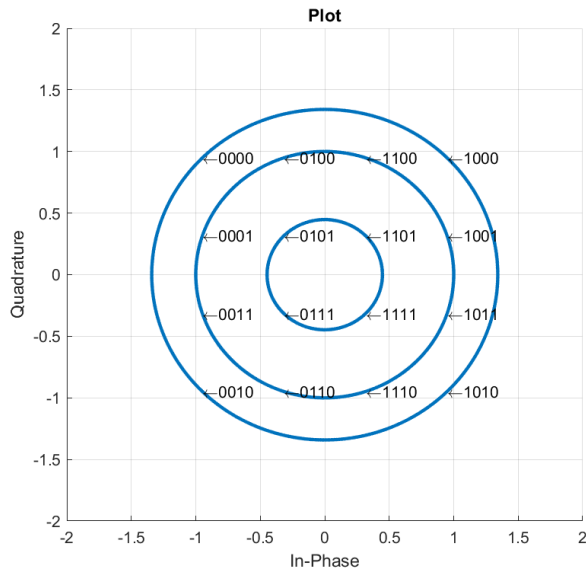


Рис. 12. Сигнальное созвездие

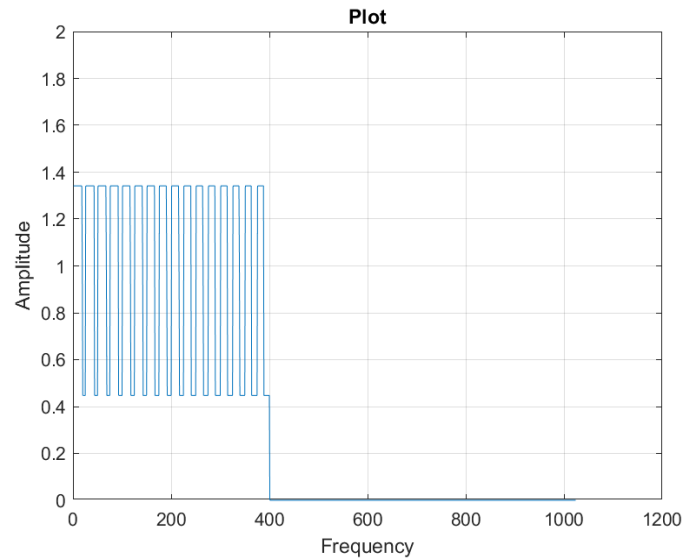


Рис. 13. АЧХ

В случае отрицательном сдвига, не большего по модулю, чем длина защитного интервала, АЧХ и сигнальное созвездие будут выглядеть так, как показано на Рис. 12 и Рис. 13. Они имеют такую форму из-за того, что защитный интервал совпадает с концом OFDM-символа, таким образом, это будут те же синусоиды, только сдвинутые по фазе, что объясняет форму сигнального созвездия, а их амплитуды останутся такими же, что объясняет форму АЧХ. Схема (Рис. 14), на которой показано, как из-за наличия временной рассинхронизации неверно определяется начало полезной части OFDM символа:

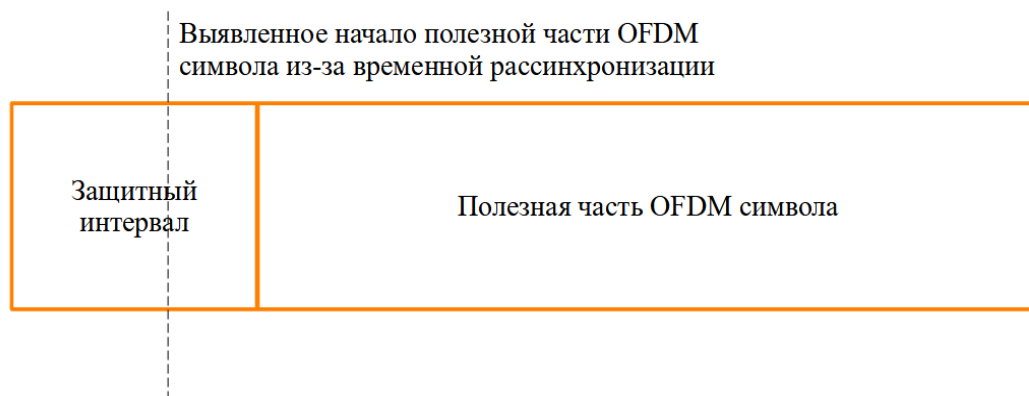


Рис. 14. Схема, показывающая влияние временной рассинхронизации

В итоге на приемнике получилась такая картинка (Рис. 15):

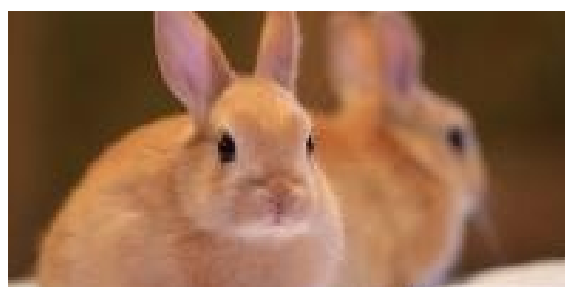


Рис. 15. Картинка