

Н.Л. Халаев¹
А.В. Лебедь²
Д.Ю. Ляхов³

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Владивосток, Россия

Моделирование кодирования сигнала синхронизации модульных узлов АФАР с помощью инструментов NI Elvis II и Emona FOTEX

Модульное исполнение активных фазированных антенных решеток, выполненных на ТТЛ-технологии, требует выбора наиболее оптимальной системы кодирования цифровых сигналов, передаваемых по медным проводам. Используя метод виртуального моделирования на базе NI Elvis II с расширителем Emona FOTEX, проведено сравнение методов кодирования по степени пригодности для восстановления сигнала битовой синхронизации.

Ключевые слова и словосочетания: фазированная антенная решетка, биполярный метод, манчестерский код, метод кодирования с маркером инверсии, биполярный метод с маркером.

N.L. Khalaev
A.V. Lebed
D.Yu. Lyakhov

Vladivostok State University of Economics and Service
Vladivostok, Russia

Modeling the encoding of the synchronization signal unit nodes using AAPA the instrument NI ELVIS II Emona FOTEX

Modular active phased array antennas, implemented in TTL technology require a choice of the most optimal system of encoding digital signals transmitted via copper wires. Using the method of virtual modeling on the basis of the NI Elvis II and Emona Fotex expander, a comparison of coding methods on the suitability for restoration of a signal bit synchronization.

Keywords: phased array antenna, bipolar method, manchester code, method of encoding a marker inversion, the bipolar method with a marker.

Модульное исполнение активных элементов фазированных антенных решеток (АФАР) на современном уровне промышленного развития производства элементной

¹ Халаев Николай Лукич – канд. техн. наук, доцент кафедры информационных технологий и систем Института информационных технологий и систем; e-mail: halaevn@mail.ru.

² Лебедь Алексей Владимирович – студент 4 курса Института информационных технологий и систем; e-mail: alexlev13@yandex.ru.

³ Ляхов Дмитрий Юрьевич – студент 4 курса Института информационных технологий и систем; e-mail: vda94.25@mail.ru.

базы основано на транзисторно-транзисторной логике (ТТЛ). Поэтому при моделировании каналов обмена информацией между структурами антенной системы используются свойственные ТТЛ питающие напряжения [1].

Как правило, в цифровых системах логический ноль и логическая единица представляются в виде напряжений. Например, в ТТЛ логический 0 представляется напряжением 0 В, а логическая 1 представляется напряжением 5 В (или напряжениями? находящимися достаточно близко к 0 и 5). Это объясняется инженерными решениями, обеспечивающими определенные преимущества и возможности.

Важно отметить, что это характерно также при выборе уровней напряжений для передачи цифрового сигнала по медным коммуникационным каналам. По этим причинам цифровые сигналы до передачи по медным каналам подвергаются преобразованию, называемому линейным кодированием.

Подобное соотношение напряжений может быть сохранено при моделировании на модельной базе NI Elvis II с использованием модельной платы Emona FOTEX.

В данной модельной установке могут быть использованы следующие виды линейных кодов:

1. Без возврата к нулю – по уровню (биполярный) (Non Return to Zero, NRZ-L).

На рисунке 1 этот код представляет собой просто отмасштабированную и сдвинутую по уровню копию оригинального цифрового сигнала.

2. Бифазный код – по уровню (ВФ-Л, Манчестерский код).

На рисунке 1 при этом методе кодирования уровни напряжения изменяются с отрицательного на положительный в середине периода при передаче 1 и с положительного на отрицательный при передаче всех бит. При последовательной передаче одинаковых битов напряжение должно инвертироваться после половины длины бита.

3. С возвратом к нулю – метод кодирования с маркером инверсии (RZ-AMI).

При передаче используется нулевое напряжение, а при передаче 1 – импульс длительность в половину бита (рис. 1). Полярность импульса изменяется после каждой единицы.

4. Без возврата к нулю – с маркером (биполярный) (NRZ-M).

Этот код изменяет уровень напряжения при передаче каждой новой логической 1 и не изменяет уровень при передаче любого логического 0.

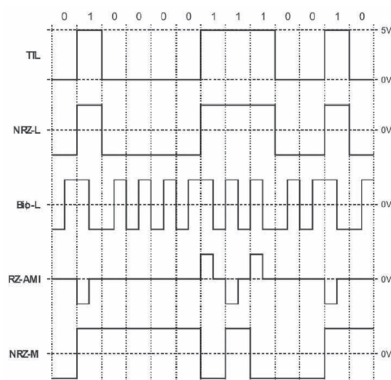


Рис. 1. Методы кодирования в модельной установке

Описание порядка проведения эксперимента по процессу моделирования кодов

В этом эксперименте проведено моделирование четырех методов линейного кодирования 31-разрядного ТТЛ-сигнала данных во временной области и сделано сравнение их с теоретически рассчитанной формой сигнала (рис. 1). Далее изучены сигналы в частотной области с использованием анализатора спектра NI ELVIS II. В ходе модельного процесса ожидается увидеть, что один из линейных кодов значительно отличается от остальных по спектральному составу. Кроме того, все четыре кода содержат гармонику, синхронизированную с сигналом битовой синхронизации исходного сигнала, которую можно использовать для восстановления сигнала битовой синхронизации.

Состав модельной установки:

- персональный компьютер с соответствующим установленным программным обеспечением;
- NI ELVIS II с USB-кабелем и блоком питания;
- модуль расширения Emona FOTEx для выполнения модельных экспериментов;
- три проводника с разъемами BNC – «банан» (2 мм);
- набор соединительных проводников с разъемами типа «банан» (2 мм).

Ход модельного эксперимента

Для начала эксперимента на плате Emona FOTEx собирается схема, как показано на рис. 2. Сигнал с выхода 2kHz DIGITAL генератора опорных сигналов используется для битовой синхронизации генератора последовательностей. На выходе X-генератора последовательностей появляется последовательное 31-разрядное двоичное число. На выходе LINE CODE генератора последовательно с ntq x-копии сигнала с выхода X, преобразованного в определяемый переключателем DIP линейный код. Импульсы с выхода SYNC генератора последовательностей соответствуют каждому первому биту последовательности при повторении кода и используются для запуска осциллографа.

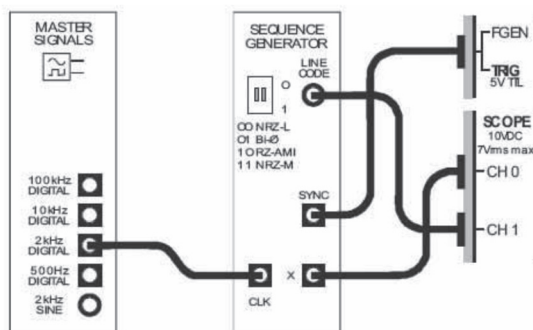


Рис. 2. Схема коммутации на плате расширения Emona FOTEX

Для контроля процесса запускается виртуальный прибор (ВП) – осциллограф NI ELVIS II и производится его настройка (рис. 3). После правильной настройки на экране наблюдается фрагмент 31-битной последовательности с выхода X (выделен

зеленым цветом), а также сигнал с выхода LINE CODE генератора последовательно-стей (выделен синим цветом). Следует обратить внимание, что линия 0 В канала 1 проходит посередине кодированного сигнала. Это значит, что сигнал является биполярным (NRZ-L).

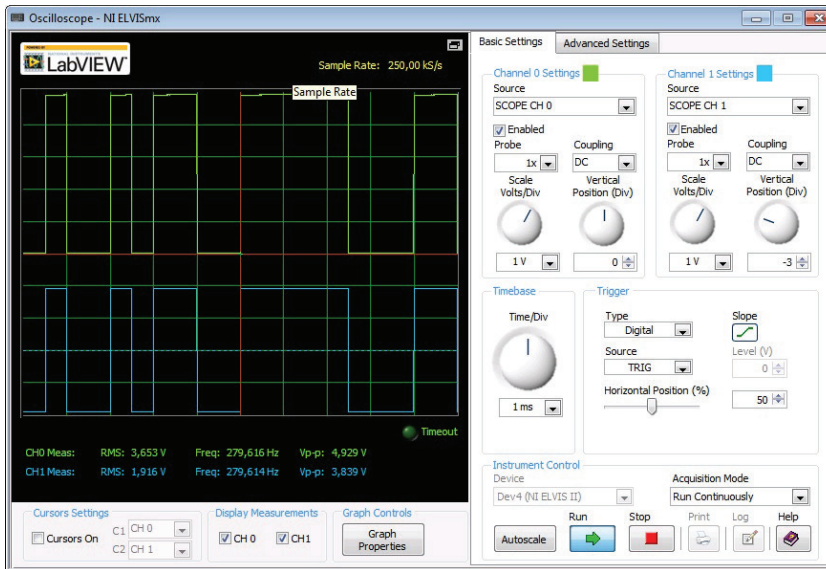


Рис. 3. Без возврата к нулю – по уровню (биполярный) (NRZ-L)

Выбирается следующий код – ViФ-L, для этого устанавливается на DIP-переключателе положение 01. Аналогично проводятся операции для всех оставшихся кодов (RZ-AMI, NRZ-M). Полученные осциллограммы изображены на рис. 4–6.

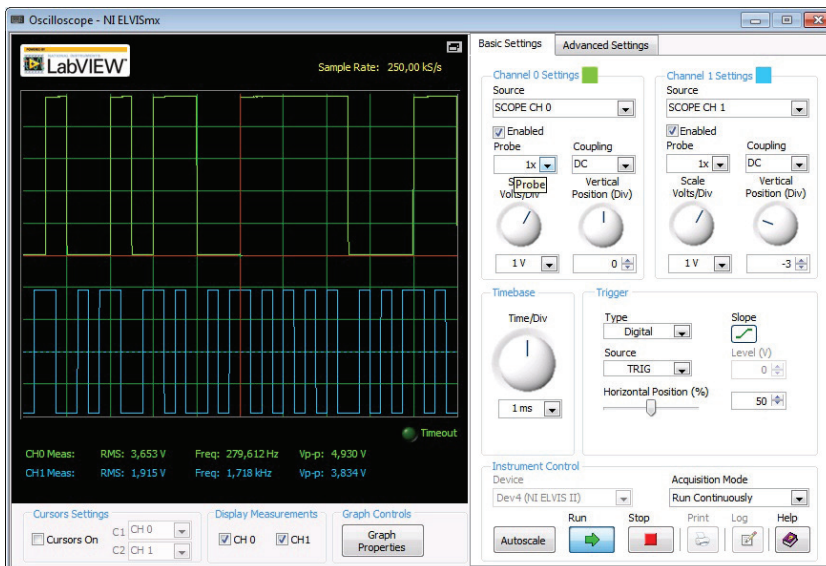


Рис. 4. Бифазный код – по уровню (ViФ-L, Манчестерский код)

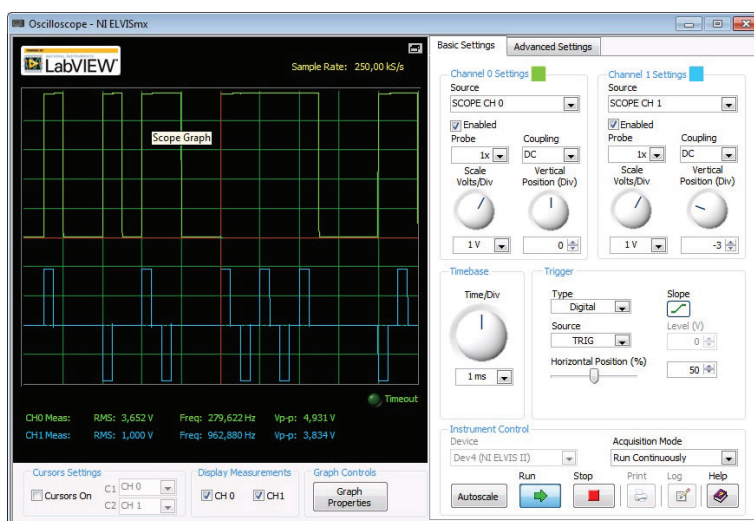


Рис. 5. С возвратом к нулю – метод кодирования с маркером инверсии (RZ-AMI)

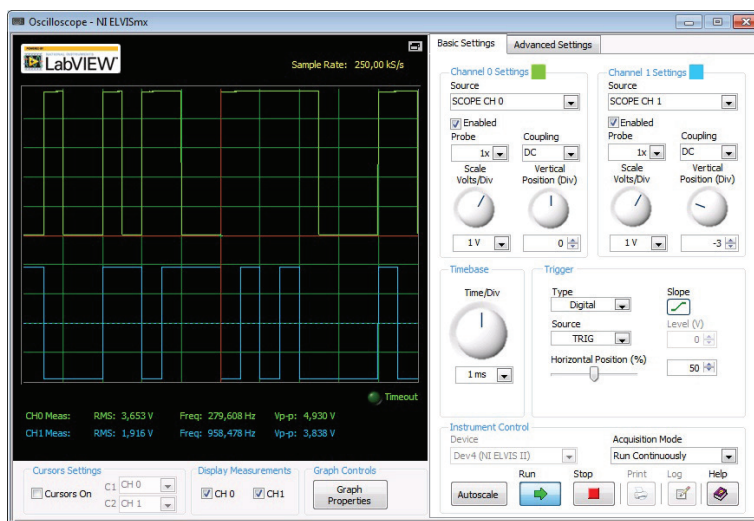


Рис. 6. Без возврата к нулю – с маркером (биполярный) (NRZ-M)

По полученным осциллограммам можно сделать следующие выводы:

- из всех четырех линейных кодов NRZ-L больше всего похож на исходный ТТЛ-сигнал;
- NRZ-L и NRZ-M являются биполярными кодами;
- код RZ-AMI представляет логический уровень 0 нулевым напряжением.

Следующим этапом модельного эксперимента является наблюдение за кодированными сигналами в частотной области с помощью анализатора спектра NI ELVIS II. Для этого необходимо закрыть программу осциллографа и запустить и настроить ВП-анализатор динамических сигналов NI ELVIS II. Анализ проводится по коду NRZ-L. Для этого необходимо установить DIP-переключатели генератора последовательностей в положение 00. Результат отображен на рис. 7.



Рис. 7. Результат анализа кода NRZ-L

Спектр линейного кода состоит из чередующихся пиков и впадин. Это общий вид спектра периодических импульсов, подобных последовательностям цифровых данных. Пики, или, как часто их называют, «лепестки», часты, потому что это регионы, состоящие из слишком большого числа гармоник, которые анализатор спектра не может показать отдельно. Впадины, или «нули», – заметные места отсутствия гармоник, возникающих на множестве частот, кратных частоте битовой синхронизации.

Для сравнения повторяется проделанная работа для остальных кодов ViФ-L, RZ-AMI, NRZ-M, полученные спектральные составы отображены на рис. 8–10. Дополнительно ведется регистрация количества полученных «лепестков» в табл. 1.



Рис. 8. Спектральный состав ViФ-L

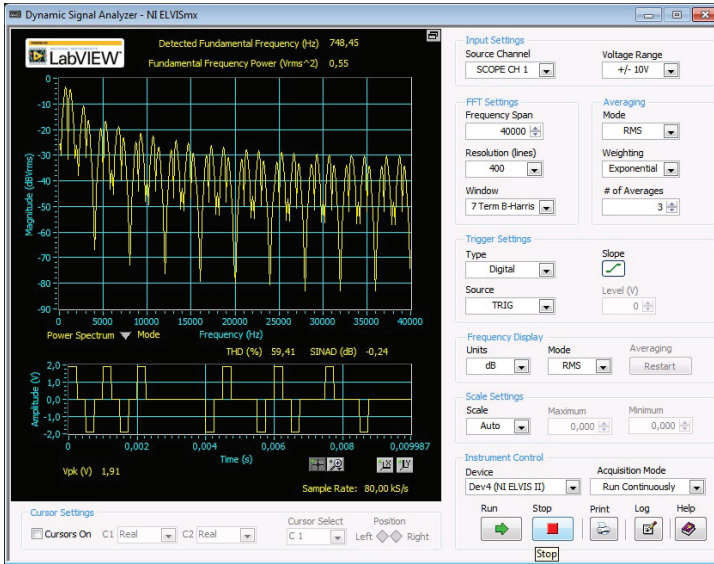


Рис. 9. Спектральный состав RZ-AMI.

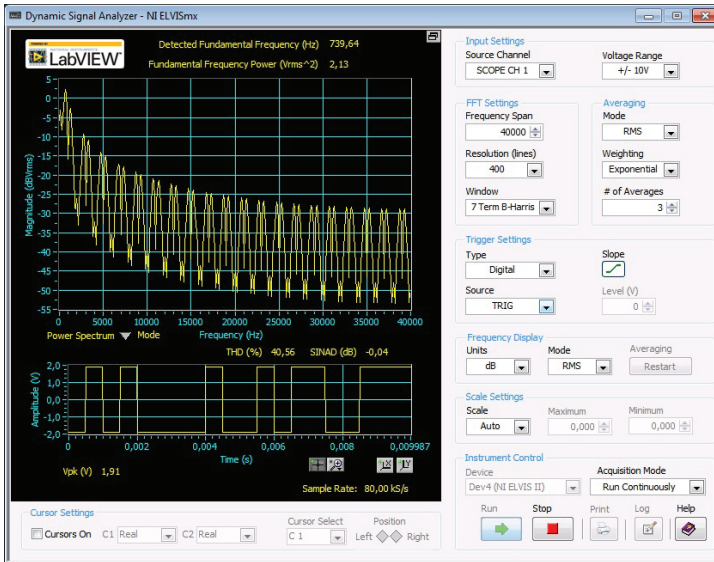


Рис. 10. Спектральный состав NRZ-M

Таблица 1

Регистрация лепестков в ходе исследования

| Метод кодирования | Количество лепестков (в пределах 40кГц) |
|-------------------|---|
| NRZ-L | 20 |
| BiФ-L | 10 |
| RZ-AMI | 10 |
| NRZ-M | 20 |

Примечание: сост. по результатам измерений.

Чтобы сравнить код ВiФ-Л с другими кодами, используются курсоры анализатора спектра для изучения частот с нулевой амплитудой. Для этого устанавливается генератор последовательностей на режим кодирования NRZ-L, активируются курсоры анализатора спектра (устанавливается флажок в окне Cursors On). Один из курсоров устанавливается на первую частоту с нулевой амплитудой (между первым и вторым лепестками). Измеряется эта частота и записывается в табл. 2. Прделанная работа повторяется для остальных кодов ВiФ-Л, RZ-AMI, NRZ-M (рис. 11–14).

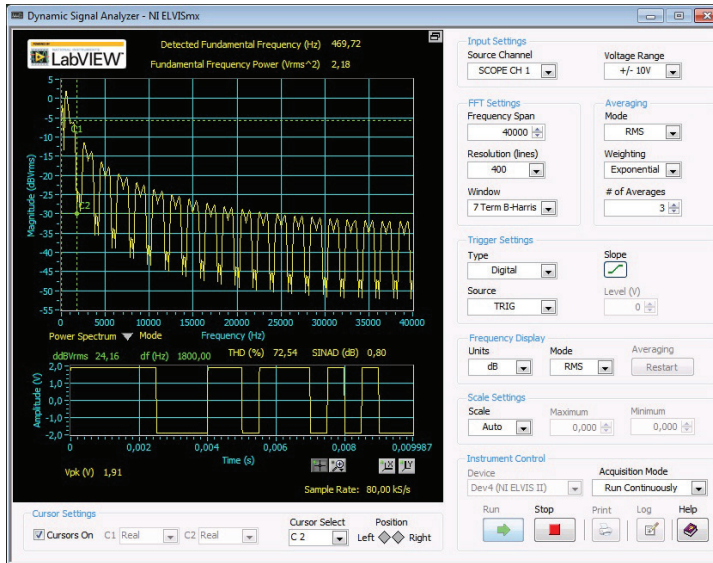


Рис. 11. Измерение частоты нулевой амплитуды на NRZ-L



Рис. 12. Измерение частоты с нулевой амплитудой ВiФ-Л



Рис. 13. Измерение частоты с нулевой амплитудой RZ-AMI

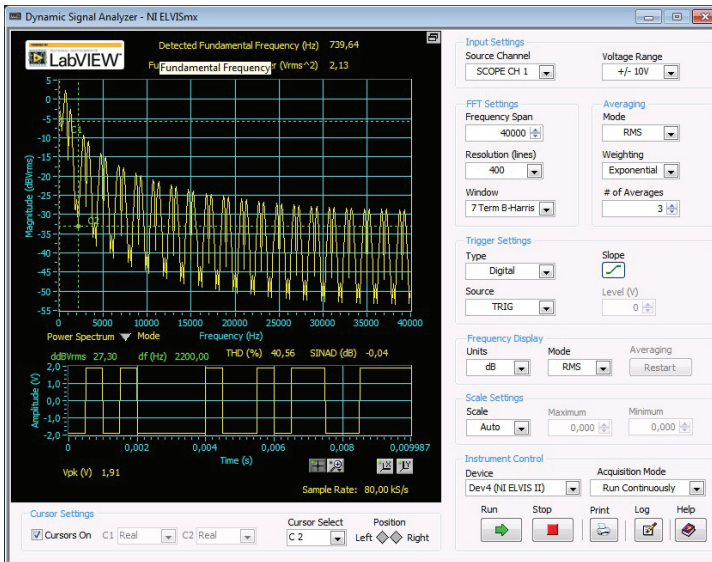


Рис. 14. Измерение частоты с нулевой амплитудой NRZ-M

Таблица 2

Фиксация первого нуля кодовой расстановки

| Метод кодирования | Частота первого нуля |
|-------------------|----------------------|
| NRZ-L | 1800hz |
| BiФ-L | 4000hz |
| RZ-AMI | 4000hz |
| NRZ-M | 2200hz |

Примечание: сост. по результатам измерений.

Исходя из данных табл. 1 и 2, сигнал NRZ (без возврата к нулю) в наибольшей степени подходит под реальные условия использования коммуникационных каналов в сложных системах АФАР.

В ходе модельного эксперимента установлено, что из четырех методов кодирования с учетом их особенностей по степени пригодности для восстановления сигнала битовой синхронизации наиболее эффективен метод NRZ-L.

Работа с виртуальными приборами на этапе моделирования позволила сэкономить огромные финансовые и людские ресурсы для выбора наиболее эффективного метода кодирования.

1. Бордовский, Г.А. Физические основы математического моделирования / Г.А. Бордовский, А.С. Кондратьев, А.Д.Р. Чоудери. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 320 с.
2. Дункан, Б. Эксперименты с современными волоконно-оптическими системами связи / Б. Дункан; пер. с англ. Г.А. Лосевой. – СПб.: Питер, 2010. – 224 с.
3. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс; пер. с англ. Л.Ф. Штейнмана. 2-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.

© Халаев, Н.Л., 2016

© Лебедь, А.В., 2016

© Ляхов, Д.Ю., 2016

Для цитирования: Халаев, Н.Л. Моделирование кодирования сигнала синхронизации модульных узлов АФАР с помощью инструментов NI Elvis II и Emona FOTEX / Н.Л. Халаев, А.В. Лебедь, Д.Ю. Ляхов // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2016. – №3. – С. 119–128.

For citation: Khalaev N.L. Modeling the encoding of the synchronization signal unit nodes using AAPA the instrument NI ELVIS II Emona FOTEX / N.L. Khalaev, A.V. Lebed, D.Yu. Lyakhov // The Territory Of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University of Economics and Service. – 2016. – № 3. – P. 119–128.

Дата поступления: 17.05.2016.