

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА NFC В ИМПЛАНТИРУЕМЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАТЧИКАХ

Сокольчик М. А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Урбанович С. П. – м.т.н., ведущий инженер Отраслевой Лаборатории «Приборы, системы и технологии медицинского назначения» БГУИР

Аннотация. Предлагается обоснование применения NFC интерфейса в подкожном имплантируемом датчике измерения глюкозы, его варианты аппаратной реализации.

Ключевые слова: Интерфейс NFC, имплантируемые датчики, региональная актуальность.

Введение. Существующие системы непрерывного мониторинга глюкозы в крови, такие как Abbott FreeStyle Libre, ICan и Senseonics Eversense, обладают следующими преимуществами: оперативность измерения уровня глюкозы, снижение HbA1c [1,2], адаптация периода измерения глюкозы к индивидуальным особенностям пациента, и, как следствие, снижение частоты госпитализаций по причине гипо-гипергликемии [3]. Однако описанные системы характеризуются высокой стоимостью. В Республике Беларуси не существует серийно выпускаемых устройств для вышеуказанных задач. Следовательно, актуализируется задача создания подобного имплантируемого датчика (ИД). Важной составляющей так же является минимизация себестоимости ИД при полном сохранении функциональности. В связи с этим в Отраслевой Лаборатории «Приборы, системы и технологии медицинского назначения» БГУИР разработан ИД непрерывного измерения глюкозы в крови, содержащий для связи с внешним устройством интерфейс NFC.

Способы обмена информации в ИД. Используются два основных способа: технология Bluetooth и интерфейс NFC. Bluetooth характеризуется рядом преимуществ: скорость и дальность передачи данных. Однако существуют недостатки: необходимо независимое питание для работы ИД и, как следствие, увеличенные габаритные размеры, не позволяют создать миниатюрный, энергоэффективный ИД. NFC способен запитывать энергией ИД и при этом обеспечивает в большинстве случаев достаточную скорость обмена информацией. Также частота передачи данных NFC – 13.56 МГц не требует региональной сертификации, в то время как частота Bluetooth – требует.

Существует ряд требований к обмену информацией с имплантируемыми медицинскими датчиками: только беспроводная связь [4], электро-магнитная совместимость [5], биосовместимость [6]. Существуют и технические стандарты связи для бесконтактных карт ближнего действия (NFC Type A/B) — ISO/IEC 14443, ISO/IEC 15693, ISO/IEC 18092, которые описывают физическую и канальную модель связи.

Принцип работы NFC. Ниже приведена структурная схема интерфейса (рисунок 1). Согласно структурной схеме, обмен данных между носимым устройством и ИД происходит с помощью магнитной индукции, на частоте 13.56 МГц. Считыватель подносится на расстояние до 10 см в воздушной среде, для подкожной среды расстояние должно быть 2-3 см к имплантируемому датчику. Создаётся переменное магнитное поле на нужной частоте. В ИД находится радиометка (катушка индуктивности) [7], которая по принципу трансформатора передаёт энергию магнитного поля от катушки к контроллеру с помощью схемы Energy harvesting и Блока Питания. Тем самым микроконтроллер активируется. Далее ИД начинает работать по описанным разработчиком инструкциям (замеры контролируемых показателей, например). Затем, происходит обмен готовыми данными между ИД и носимым устройством. Блок-схема алгоритма обмена данными между носимым устройством и ИД приведена на рисунке

2. Считыватель регистрирует начало передачи информации, путём изменения добротности антенного контура. Изменяются фаза и частота переменного магнитного поля. Это происходит, так как ИД изменяет импеданс своей антенной цепи, изменение импеданса влияет на добротность контура и через взаимную индуктивность изменяется импеданс контура считывателя.

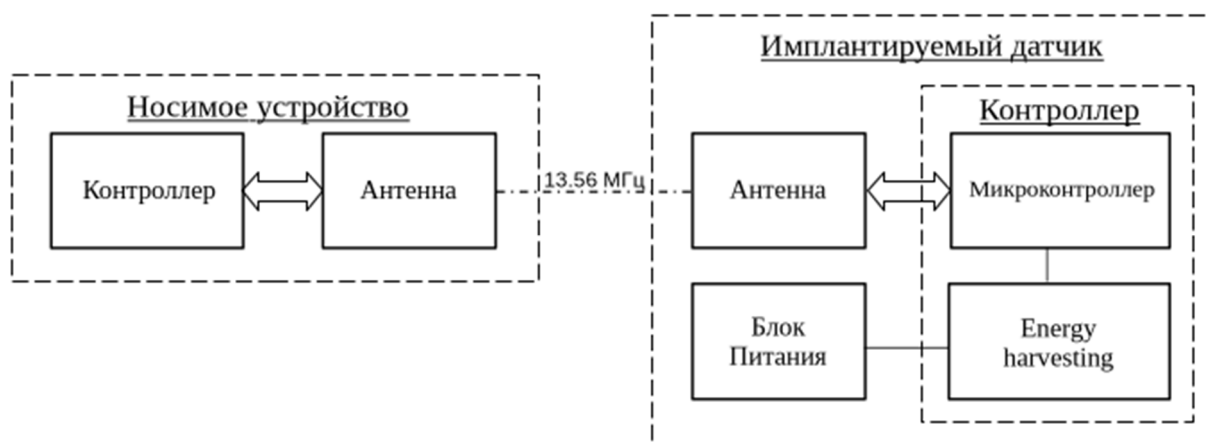


Рисунок 1 – Структурная схема NFC-интерфейса

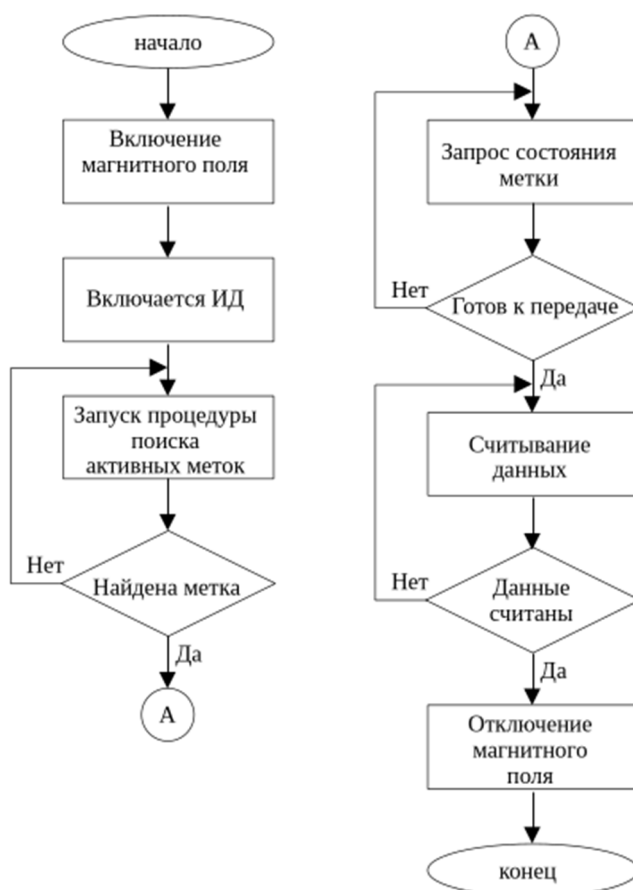


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма обмена данными

По схеме также стоит пояснить следующие моменты: блок «данные считаны» и блок «считывание данных». В ходе работ с технологией, исследователи пришли к выводу, что хорошим решением будут следующие операции: ввод на стадии проверки корректности считанных данных CRC/контрольной суммы; счётчик неудачных попыток; разделить передаваемую информацию на пакеты, с их последовательным подтверждением (ACK/NACK); будут полезны таймеры, защищающие систему от закливания и

непредсказуемого поведения. Вышеуказанный алгоритм обеспечивает стабильность соединения при проведении исследования.

Аппаратные решения. При разработке мы ориентировались на существующие аналоги и их технические решения. Существуют аппаратные решения и специализированные платформы, оптимизированные под конкретные клинические задачи. Такой подход обеспечивает максимальную интеграцию и энергоэффективность, однако требует значительных затрат на НИОКР и удлиняет цикл разработки. Нашей командой был выбран путь использования готовых коммерческих NFC-транспондеров. Так как подобные интерфейсы содержат необходимое аппаратное окружение; хорошо документированы; поддерживаются ПО для разработки и отладки; имеют определённый период эксплуатации, за который были выявлены и устранены их недостатки. На данный момент существует как отдельные микросхемы NFC-интерфейса, так и системы на кристалле, содержащие NFC-интерфейс с интегрированным процессором. Отдельные – ST25DV, NT3H2211, FM11NT0. Их ключевые преимущества – активный интерфейс ответа, блок памяти SRAM с неограниченным числом перезаписей (у аналогов с EEPROM 10^5 - 10^6), поддержка Energy harvesting для питания внешней схемы, компактный корпус. Однако в ходе работ над проектом нам понадобилось в ИД поместить микросхему отдельного NFC и микроконтроллер с другими датчиками. Мы посчитали разумным в таком случае использовать NHS3152. Данная система на кристалле имеет как интерфейс обмена данными, так и современный процессор с датчиками.

Заключение. Таким образом использование коммерческих интерфейсов NFC позволяет существенно снизить стоимость прототипирования, сокращает время выхода на рынок, снижает риски разработки, уменьшает габаритные размеры конечного устройства. Описанный принцип обмена информации дефакто стал стандартом для подкожных ИД, и рассмотренные аппаратные решения будут полезны при проектировании ИД других направленностей.

Список литературы

1. U.S. Food and Drug Administration. Premarket Approval (PMA) P160030 [Электронный ресурс] : [официальный документ]. – Silver Spring : FDA, 2016. – Режим доступа: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfpma/pma.cfm?id=P160030>. – Дата доступа: 15.03.2026.
2. Evans, M. Reductions in HbA1c with Flash Glucose Monitoring Are Sustained for up to 24 Months: A Meta-Analysis of 75 Real-World Observational Studies / M. Evans, Z. Welsh, A. Seibold // *Diabetes Therapy*. – 2022. – Vol. 13, № 6. – P. 1175–1185. – DOI: 10.1007/s13300-022-01253-9.
3. Eeg-Olofsson, K. Real-world study of flash glucose monitoring among adults with type 2 diabetes within the Swedish National Diabetes Register / K. Eeg-Olofsson, A.-M. Svensson, S. Franzén [и др.] // *Diabetes and Vascular Disease Research*. – 2023. – Vol. 20, № 1. – Art. 14791641211067418. – DOI: 10.1177/14791641211067418.
4. ГОСТ ISO 14708-1-2012. Имплантаты хирургические. Активные имплантируемые медицинские изделия. Часть 1. Общие требования к безопасности, маркировке и информации, предоставляемой изготовителем [Текст]. – Введ. 2014-01-01. – Минск : Госстандарт, 2013. – 45 с.
5. СТБ МЭК 60601-1-2-2024. Изделия медицинские электрические. Часть 1-2. Общие требования к безопасности, включая основные эксплуатационные характеристики. Дополнительный стандарт. Электромагнитная совместимость. Требования и испытания [Текст]. – Введ. 2024-07-01. – Минск : Госстандарт, 2024. – 156 с.
6. ГОСТ ISO 10993-1-2021. Биологическая оценка медицинских изделий. Часть 1. Оценка и исследования в рамках системы менеджмента рисков [Текст]. – Введ. 2022-07-01. – Минск : Госстандарт, 2021. – 68 с.
7. Microchip Technology Inc. Antenna Circuit Design for RFID Applications [Электронный ресурс] : application note AN00710C / Microchip Technology Inc. – Chandler : Microchip Technology Inc., 2015. – Режим доступа: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00710c.pdf>. – Дата доступа: 15.03.2026.

UDC 621.396.6:615.47:616.379-008.64

USING NFC INTERFACE IN IMPLANTED SENSORS

Sakolchik M.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Urbanovich S.P. – leading research engineer Branch “Laboratory Medical Instruments, Systems and Technologies”

Annotation. The article proposes a rationale for using the NFC interface in a subcutaneous implantable glucose sensor and its hardware implementation options.

Keywords: Near Field Communication (NFC), implantable sensors, regional relevance.