

Труды МАИ. 2021. № 121
Trudy MAI, 2021, no. 121

Научная статья

УДК 621.396

DOI: [10.34759/trd-2021-121-23](https://doi.org/10.34759/trd-2021-121-23)

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ СТРУКТУРНО- ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ LTCC С ПРИМЕНЕНИЕМ QT SQLITE

Дмитрий Александрович Сударенко^{1,2}

¹ПАО «Радиофизика»,

Москва, Россия

²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),

Москва, Россия

sudar1977@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена технология SQLite, ее основные элементы и операции при работе с базой данных (БД) в Qt. Представлен путь агрегирования данных в общем виде и в укрупненных показателях. Предложена методология создания БД производства СВЧ-компонентов на основе низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC) с применением технологии SQLite фреймворка Qt.

Ключевые слова: технология SQLite, низкотемпературная совместно обжигаемая керамика (LTCC), структурно-параметрическое описание (СПО), база данных (БД), СУБД, фреймворк Qt

Для цитирования: Сударенко Д.А. Разработка базы данных структурно-параметрического описания технологии LTCC с применением Qt SQLite // Труды МАИ. 2021. № 121. DOI: [10.34759/trd-2021-121-23](https://doi.org/10.34759/trd-2021-121-23)

DEVELOPMENT OF A DATABASE MANAGEMENT SYSTEM FOR A STRUCTURAL AND PARAMETRIC DESCRIPTION OF LTCC TECHNOLOGY USING QT SQLITE

Dmitry A. Sudarenko^{1,2}

¹Company «Radiofizika»,
Moscow, Russia

²Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia
sudar1977@gmail.com

Abstract. The low temperature co-fired ceramic (LTCC) technology was selected as the technology under study. This technology has found wide application for the manufacture of RF and microwave microcircuits of low and medium degree of integration and can be applied in various industries such as telecommunications, medicine, automotive, military and space technology.

Variable data of LTCC technology (sheet sizes, pastes naming, time, equipment setup, and others) are scattered throughout the documentation. The number of documents and procedures for production, control and management is quite large.

The presented article proposes a method of structural-parametric description of the LTCC technology to improve the quality of the of microwave components production.

Based on this method, a database based on MS Access was developed.

The MS Access database has a number of disadvantages, since it is non-networked and does not allow making multi-user systems.

These problems are being solved by the SQLite DBMS, which will be discussed in detail in this article.

The process of a database creating in the SQLite DBMS for the microwave components production developed on the Qt framework is proposed.

SQLite is a C ++ Qt framework library that implements a small, fast, self-contained, highly reliable, full-featured SQL database engine.

Databases are being partitioned into: 1) server databases, to which one can connect from different devices, and the data itself is stored on a specially dedicated server (MySQL, MS SQL, PostgreSQL); 2) stand-alone databases, to which SQLite belongs.

SQLite implements a standalone (serverless) transactional SQL database engine with no installation, setup, or configuration required. Its code is an open source, and it is free to use for any purpose, commercial or personal. SQLite reads and writes directly to regular files on the disk. Thus, a complete database with multiple tables, indexes, triggers, and views is contained in a single file. The database file format is cross-platform, i.e. one can freely copy the database between 32-bit and 64-bit systems or between direct order and inverted order bites architectures. The Qt framework contains a universal interface for working with various databases. The databases in the Qt view are the drivers for the QSql

module. By default, when installing the framework, the SQLite database is available, for the rest of the databases, one need to install and build drivers for Qt.

Qt provides an extensive database compatibility, with support for both open source and proprietary products. SQL support is integrated with Qt's "model-view" architecture, simplifying GUI applications integration with databases

The way of data aggregation in general form, as well as the relationship of tables in which the data is stored, and the way of data aggregation into aggregated indicators and portraits are presented.

Assembly and connection of the other database libraries (PostgreSQL / MySQL / ETS) are adduced.

A detailed process of a database creating in the SQLite DBMS for the microwave components production based on the LTCC SQLite Qt is shown.

Keywords: SQLite technology, low temperature co-fired ceramics (LTCC), structural and parametric description, database, database management systems, framework Qt.

For citation: Sudarenko D.A. Development of a database management system for a structural and parametric description of LTCC technology using Qt SQLite. *Trudy MAI*, 2021, no. 121. DOI: [10.34759/trd-2021-121-23](https://doi.org/10.34759/trd-2021-121-23)

Введение

Технология LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic (LTCC) переводится как технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики) нашла широкое применение для изготовления ВЧ- и СВЧ-микросхем низкой и средней степени интеграции и может быть использована в различных отраслях промышленности,

таких как телекоммуникация, медицина, автомобильная, военная и космическая техника. [1,14]

Переменные данные LTCC технологии (размеры листов, наименования паст, время, настройка оборудования и другие) рассредоточены по документации. Количество документов и процедур производства, контроля и управления достаточно большое.

В настоящей работе предлагается для повышения качества производства СВЧ-компонентов метод структурно-параметрического описания технологии LTCC. [2,3]

На основе этого метода была разработана база данных на основе MS Access.

БД MS Access обладает рядом недостатков: не позволяет делать многопользовательские системы, несетевая. [7-13]

Эти проблемы решает СУБД SQLite, которая будет рассмотрена подробно в данной статье.

Предложен процесс создания БД в СУБД SQLite производства СВЧ-компонентов разработанный на фреймворке Qt. [4-6]

Интерфейс SQLite

SQLite — это библиотека фреймворка Qt на языке C++, которая реализует небольшой, быстрый, автономный, высоконадежный, полнофункциональный механизм базы данных SQL.

БД делятся на: 1) серверные БД, к которым можно подключаться с разных устройств, а сами данные хранятся на специально выделенном сервере (MySQL, MS SQL, PostgreSQL); 2) автономные БД, к которым и относится SQLite.

SQLite реализует автономный (бессерверный) транзакционный механизм базы данных SQL без необходимости установки, настройки и конфигурации. Ее код открыт, и она бесплатна для использования в любых целях, коммерческих или личных. [14-20]

SQLite читает и пишет напрямую в обычные файлы на диске: полная база данных с несколькими таблицами, индексами, триггерами и представлениями содержится в одном файле. Формат файла базы данных кроссплатформенный — вы можете свободно копировать БД между 32-разрядными и 64-разрядными системами или между архитектурами с прямым и обратным порядком байтов (рисунок 1).

Следующие два объекта и восемь методов — основные элементы интерфейса SQLite:

1. **SQLite** — объект подключения к базе данных. Создается при помощи метода **sqlite3_open()** и уничтожается методом **sqlite3_close()**;
2. **SQLite_stmt** — подготовленный объект заявления (запроса в БД). Создается методом **sqlite3_prepare()** и уничтожается с помощью **sqlite3_finalize()**;
3. **sqlite_open()** — открывает соединение с новой или существующей базой данных SQLite. Конструктор для **sqlite3**;
4. **sqlite_prepare()** — компилирует текст SQL в байт-код, который будет выполнять запросы или обновлять базу данных. Конструктор для **sqlite3_stmt**;
5. **sqlite_bind()** — хранит данные приложения в параметрах исходного SQL;
6. **sqlite_step()** — переход **sqlite3_stmt** к следующей строке результатов или до завершения;

7. `sqlite_column()` — значения столбцов в текущей строке результатов для `sqlite3_stmt`;
8. `sqlite_finalize()` — деструктор для `sqlite3_stmt`;
9. `sqlite_close()` — деструктор для `sqlite3`;
10. `sqlite_exec()` — функция-оболочка, которая выполняет `sqlite3_prepare()`, `sqlite3_step()`, `sqlite3_column()` и `sqlite3_finalize()` для строки из одного или нескольких операторов SQL.

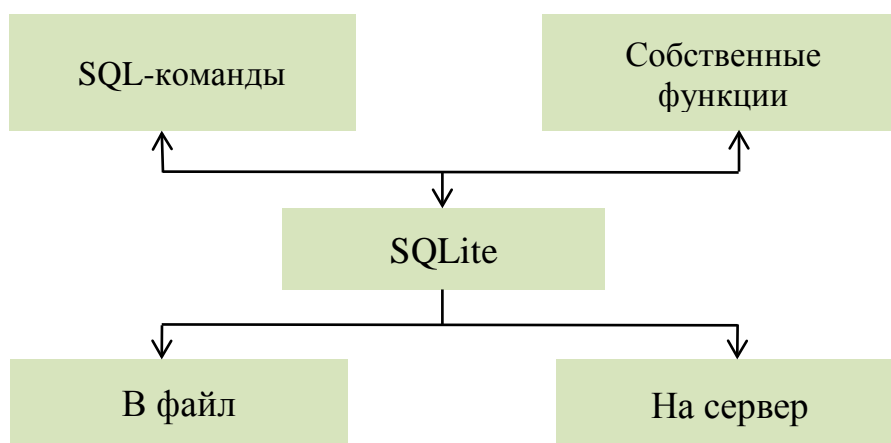


Рисунок 1 – Реализация SQLite

Основные операции при работе с БД в Qt

Путь агрегирования данных в общем виде представлен на рисунке 2.

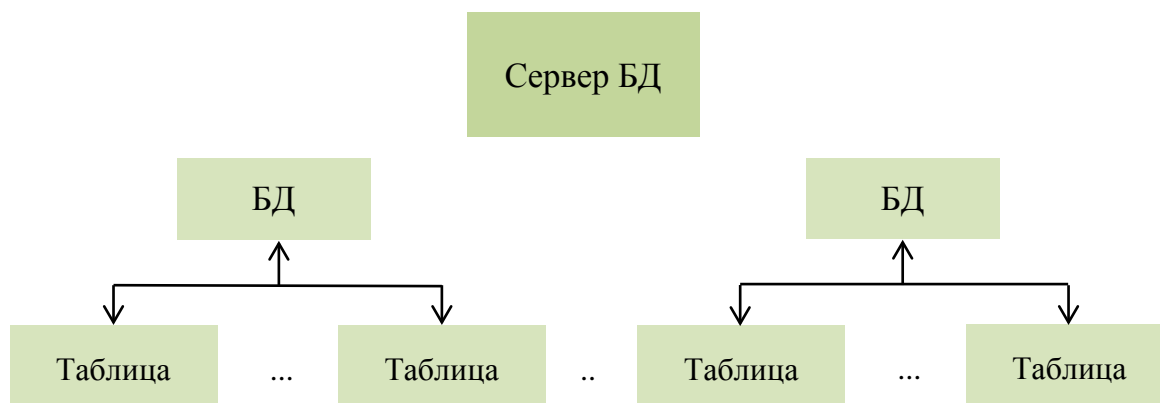


Рисунок 2 – БД в общем виде

На рисунке 3 видна взаимосвязь таблиц, в которых хранятся данные, и путь агрегирования данных в укрупненные показатели и портреты.

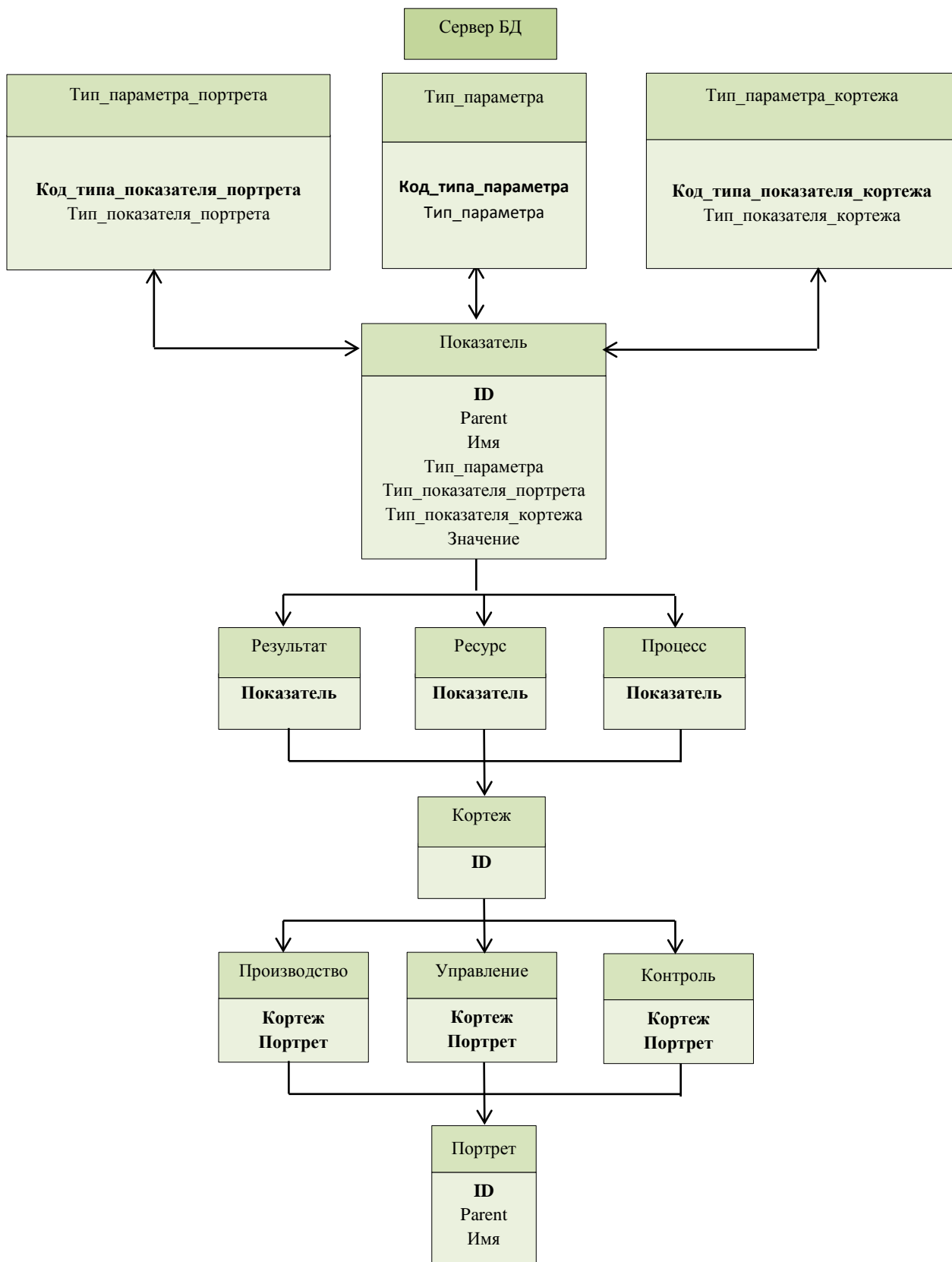


Рисунок 3 – База данных SQL

Основные операции:

- создание БД;
- создание таблицы;
- поиск по ключу в таблице;
- удаление элементов в таблице по ключу;
- удаление таблицы;
- удаление базы данных.

Первый и последний пункты относятся к серверным БД, когда по одному сетевому адресу располагаются несколько различных БД.

Фреймворк Qt содержит универсальный интерфейс по работе с различными БД. БД в представлении Qt являются драйверами к модулю QSql. По умолчанию при установке фреймворка доступна БД SQLite, для остальных БД необходима установка и сборка драйверов под Qt.

Для работы с БД необходимо:

- 1) Создать БД с подключением необходимого драйвера;
- 2) Настроить HOST (если это подключение к серверной БД);
- 3) Ввести порт, имя пользователя и пароль (если это подключение к серверной БД);
- 4) Ввести название БД (для SQLite — путь к файлу);
- 5) Открыть БД и проверить, успешно ли была выполнена операция;
- 6) Создать объект для обмена сообщениями с драйвером БД.

Инструменты Qt для работы с SQLite

Qt обеспечивает обширную совместимость с базами данных, с поддержкой как открытых, так и проприетарных продуктов. Поддержка SQL интегрирована с архитектурой «модель — представление» Qt, что упрощает интеграцию GUI приложений с базами данных.

Создадим нашу БД. Для этого понадобится класс **QSqlDatabase**: он нужен для создания объекта подключения к БД (рисунок 4).

Этапы:

- 1) Создаем объект с драйвером БД (для SQLite: QSQLITE);
- 2) Устанавливаем имя БД;
- 3) Открываем/устанавливаем соединение с БД.

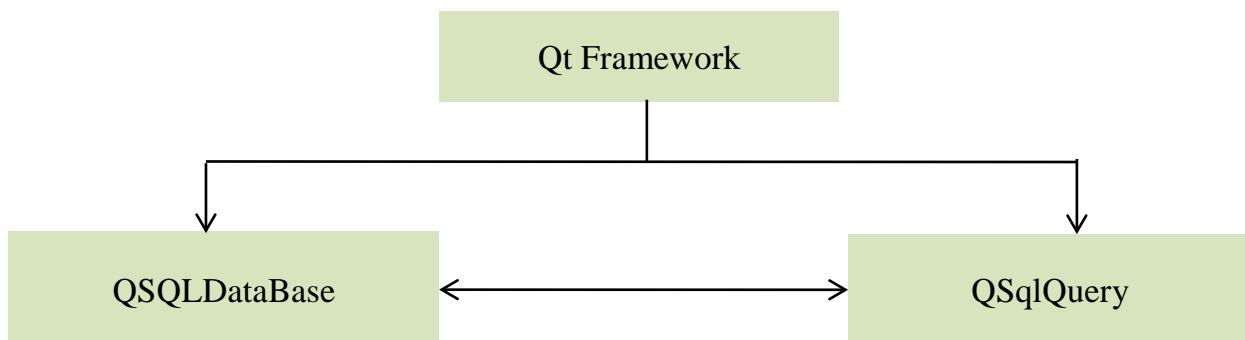


Рисунок 4 – Инструменты Qt для работы с SQLite

Сборка и подключение других библиотек баз данных (PostgreSQL/MySQL/ETS)

Для подключения БД необходимо с драйвером по работе с выбранной БД.

Драйвер БД указывается так: `var = QSqlDatabase::addDatabase("<Драйвер БД>");`

| Строка названия драйвера | Используемая БД |
|--------------------------|------------------------------|
| QDB2 | IBM DB2 (версия 7.1 и новее) |
| QIBASE | Borland InterBase |
| QMYSQL | MySQL |
| QOCI | Драйвер интерфейса Oracle |
| QODBC | MS SQL |
| QPSQL | Postgresql с версии 7.3 |
| QSQLITE2 | SQLite 2.0 |
| QSQLITE | SQLite 3.0 |

Драйверы БД можно добавлять в фреймворк Qt или удалять из него путем пересборки библиотек.

Программно-методический комплекс БД производства СВЧ-компонентов на основе LTCC SQL

Созданы таблицы параметров портрета и кортежа в БД SQLite Qt и заполнены списки сущностей исходными данными.

Для типов параметров портретов и кортежей была предусмотрена визуализация (отображение). Это можно сделать с использованием ComboBox, TreeView или ListView.

Предусмотрено редактирование отображения показателей портретов и кортежей. Присутствует возможность изменения (добавить и удалить) типа показателя портрета и кортежа.

Результат показан на рисунке 6.

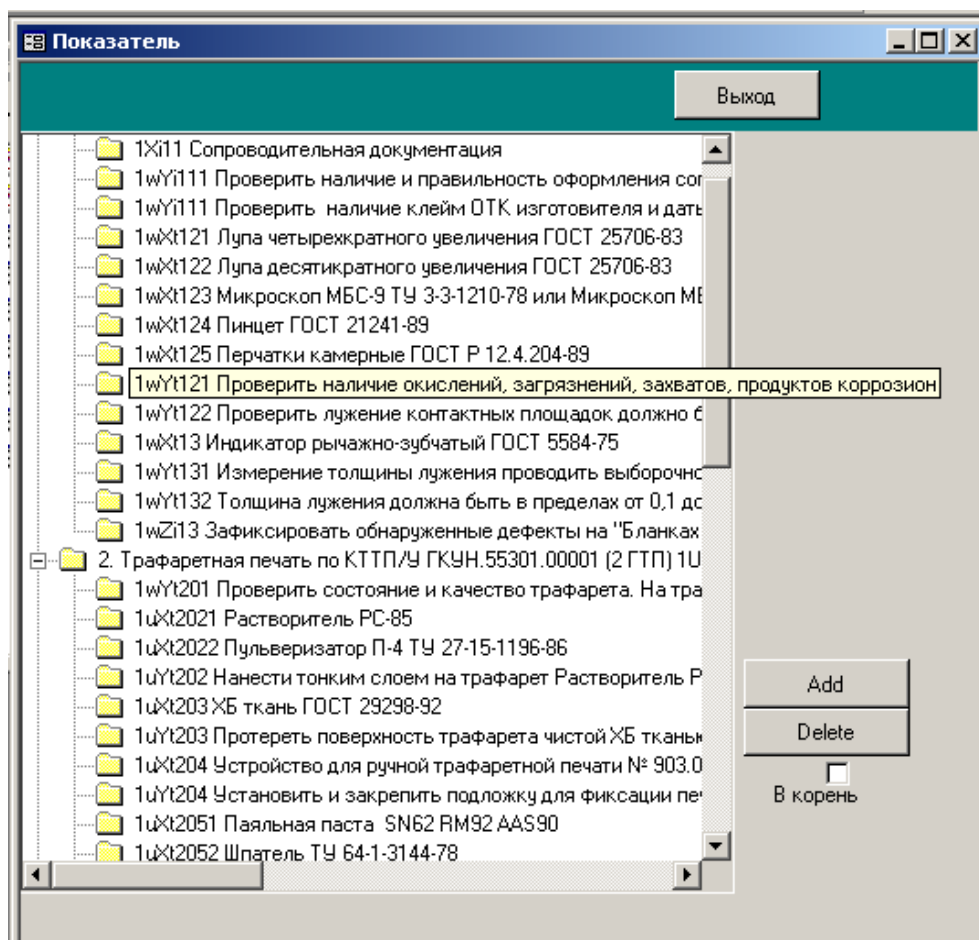


Рис 6 – Форма отображения показателей

Данные о кортежах представлены в виде формата (рис. 7.), в котором присутствуют следующие поля: поле с деревом кортежей; три поля, где сгруппированы показатели по типу показателя кортежа; поля, соответствующие «Ресурсам», «Процессам» и «Результатам».

Имеются кнопки для удаления, добавления кортежа в дерево (Delete, Add).

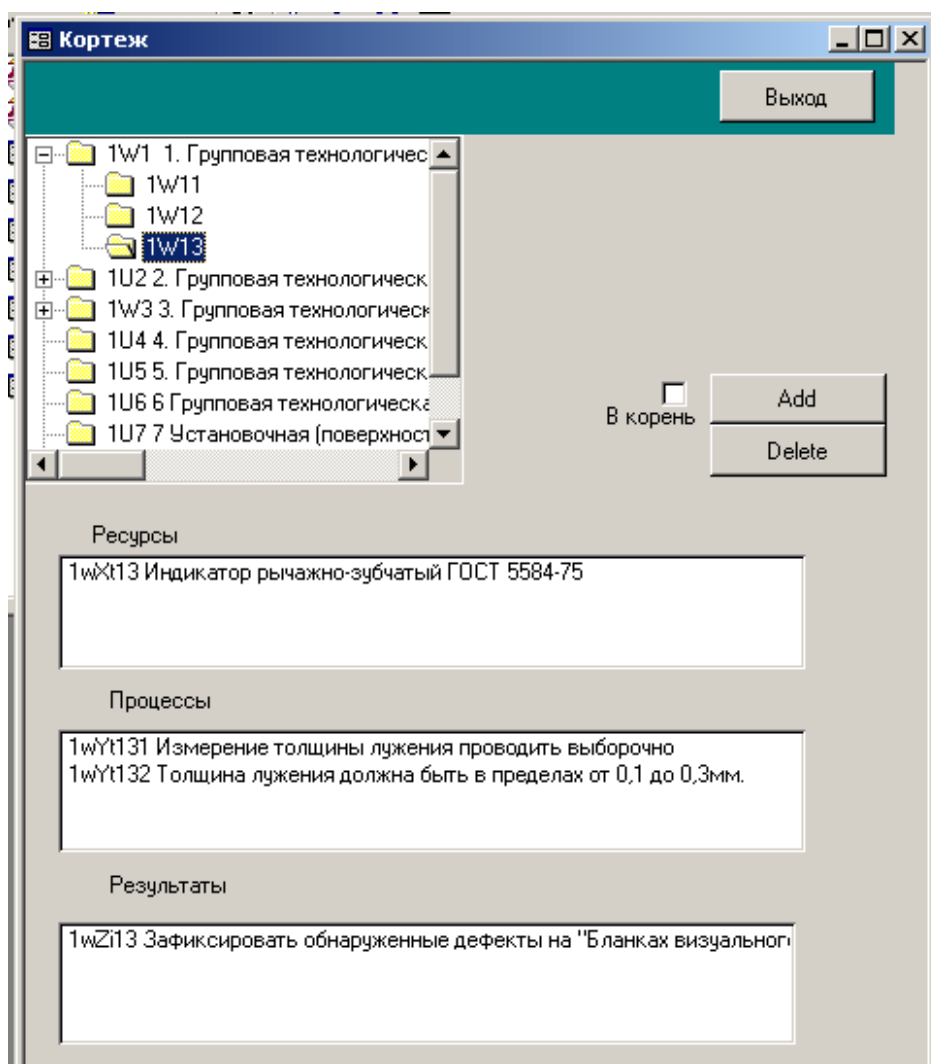


Рис. 7. Форма отображения кортежей

Заключение

В статье предложен подход к разработке программно-методического комплекса на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики с применением фреймворка Qt.

Рассмотрены главные элементы интерфейса SQLite, основные операции при работе с БД в Qt и инструменты Qt для работы с SQLite.

Представлен путь агрегирования данных в общем виде, а также взаимосвязь таблиц, в которых хранятся данные, и путь агрегирования данных в укрупненные показатели и портреты.

Приведена сборка и подключение других библиотек баз данных (PostgreSQL/MySQL/ETS).

Показан подробный процесс создания БД в СУБД SQLite производства СВЧ-компонентов на основе LTCC SQLite Qt.

Список источников

1. Потапов Ю.В. Особенности технологии LTCC проектирования и производства LTCC-модулей // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 3. С. 59 - 64.
URL: http://www.eurointech.ru/products/AWR/AWR_PrEl_1_2008.pdf
2. Тушнов П.А., Невокшенов А.В., Казаков А.В., Голубев А.В. Методика отработки технологического процесса изготовления СВЧ-модулей на основе многослойной LTCC-структуры и апробация на опытной партии // Радиотехника. 2016. № 10. С. 52-63.
3. Ляпин Л.В., Осипов А.В., Далингер А.Г. Низкотемпературная керамика в технологии изготовления многослойных керамических плат LTCC // Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника. 2017. № 4 (535). С. 28-43.
4. Anne Boehm, Ged Mead. Murach's ADO.NET 4 Database Programming with C# 2010 (Murach: Training & Reference) 4th Edition, 756 p.

5. Litschke O., Simon W., Holzwarth S. A 30 GHz highly integrated LTCC antenna element for digital beam forming arrays // Conference proceedings APS 2006. Washington, 2006. DOI:[10.1109/APS.2005.1552498](https://doi.org/10.1109/APS.2005.1552498)
6. Симин А, Холодняк Д, Вендик И. Многослойные интегральные схемы сверхвысоких частот на основе керамики с низкой температурой обжига // Компоненты и технологии. 2005. № 5. С. 208-213.
7. Чигиринский С. А. Особенности и преимущества производства многослойных структур на основе керамики (LTCC, HTCC, MLCC) // Компоненты и технологии. № 11. 2009. С. 130-131.
8. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Пути повышения качества производства СВЧ компонентов на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики // Радиотехника. 2016. № 4. С. 45 - 48.
9. Thick film paste via fill composition for use in LTCC applications. Patent US 7722732, 2010.
10. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Информационное обеспечение производства СВЧ компонентов на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики // Радиотехника. 2017. № 4. С. 54 - 59.
11. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Создание базы данных структурно-параметрического описания технологии LTCC в СУБД ACCESS // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 10 (15). С. 58-64. DOI: [10.18127/j00338486-201910\(15\)-10](https://doi.org/10.18127/j00338486-201910(15)-10)
12. Кондратюк Р.И. Низкотемпературная совместно обжигаемая керамика (LTCC). Преимущества. Технология. Материалы // Информационный бюллетень «Степень интеграции». 2011. № 5. С. 14-18.

13. Uhlig P., Holzwarth S., Litschke O., Simon W., Baggen R. A Digital Beam-Forming Antenna Module for a Mobile Multimedia Terminal in LTCC Multilayer Technique // EMPS 2005, 12 – 15 June 2005, Belgium, Brugge, pp. 467-470.
14. Uhlig P., Manteuffel D., Malkmus S. High Layer Count in LTCC Dual Band Antenna for Galileo GNSS/CICMT // Journal of Microelectronics and Electronic Packaging, 2008, no. 5 (4), pp. 156 – 160. DOI:[10.4071/1551-4897-5.4.156](https://doi.org/10.4071/1551-4897-5.4.156)
15. Закирова Э.А. Исследование печатных плат с многослойными диэлектрическими подложками и разработка микрополосковых СВЧ устройств на их основе: автореферат дисс...канд. техн. наук. - М.: Высшая школа экономики, 2014. - 24 с.
16. Сударенко Д.А. Типовое параметрическое описание интеллектуальных информационных систем // Исследовано в России. 2002. № 124. С. 1381-1384. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/124.pdf>
17. Сударенко Д.А. Методы структурно-параметрического описания производственных систем // Исследовано в России. 2003. № 201. С. 2379 – 2381. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/201.pdf>
18. Аджибеков А.А., Жуков А.А., Алексеев О.А. Экспериментальный стенд для сборки и испытаний антенных модулей на основе микроминиатюрных слоистых метаматериалов // Труды МАИ. 2016. № 87. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=69728>
19. Дудаков Н.С., Макаров К.В., Тимошенко А.В. Методика проектирования баз данных для автоматизированных систем управления специального назначения // Труды МАИ. 2016. № 90. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=74844>

20. Кузнецов А.С., Кузнецов С.Н., Постникова В.Н. Методы конвертации параметрических моделей модулей компонентов при проектировании радиотехнических систем // Труды МАИ. 2015. № 83. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=62218>

References

1. Potapov Yu.V. *Tekhnologii v elektronnoi promyshlennosti*, 2008, no. 3, pp. 59-64.
URL:http://www.eurointech.ru/products/AWR/AWR_PrEl_1_2008.pdf
2. Tushnov P.A., Nevokshenov A.V., Kazakov A.V., Golubev A.V. *Radiotekhnika*, 2016, no. 10, pp. 52-63.
3. Lyapin L.V., Osipov A.V., Dalinger A.G. *Elektronnaya tekhnika. Seriya 1: SVCh-tekhnika*, 2017, no. 4 (535), pp. 28-43.
4. Anne Boehm, Ged Mead. *Murach's ADO.NET 4 Database Programming with C# 2010 (Murach: Training & Reference)*, 4th Edition, 756 p.
5. Litschke O., Simon W., Holzwarth S. A 30 GHz highly integrated LTCC antenna element for digital beam forming arrays, *Conference proceedings APS 2006*. Washington, 2006. DOI:[10.1109/APS.2005.1552498](https://doi.org/10.1109/APS.2005.1552498)
6. Simin A., Kholodnyak D. *Komponenty i tekhnologii*, 2005, no. 7 (51), pp. 208-213.
7. Chigirinskii S.A. *Komponenty i tekhnologii*, 2009, no. 11, pp. 130-131.
8. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Radiotekhnika*, 2016, no. 4, pp. 45-48.
9. *Thick film paste via fill composition for use in LTCC applications. Patent US 7722732*, 2010.
10. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Radiotekhnika*, 2017, no. 4, pp. 54-59.

11. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Radiotekhnika*, 2019, vol. 83, no. 10 (15), pp. 58-64.
DOI: [10.18127/j00338486-201910\(15\)-10](https://doi.org/10.18127/j00338486-201910(15)-10)
12. Kondratyuk R.I. *Informatsionnyi byulleten' «Stepen' integratsii»*, 2011, no. 5, pp. 14-18.
13. Uhlig P., Holzwarth S., Litschke O., Simon W., Baggen R. A Digital Beam-Forming Antenna Module for a Mobile Multimedia Terminal in LTCC Multilayer Technique, *EMPS 2005*, 12 – 15 June 2005, Belgium, Brugge, pp. 467-470.
14. Uhlig P., Manteuffel D., Malkmus S. High Layer Count in LTCC Dual Band Antenna for Galileo GNSS/CICMT, *Journal of Microelectronics and Electronic Packaging*, 2008, no. 5 (4), pp. 156–160. DOI: [10.4071/1551-4897-5.4.156](https://doi.org/10.4071/1551-4897-5.4.156)
15. Zakirova E.A. *Issledovanie pechatnykh plat c mnogosloinymi dielektricheskimi podlozhkami i razrabotka mikropoloskovykh SVCh ustroystv na ikh osnove* (Research of printed circuit boards with multilayer dielectric substrates and development of microstrip microwave devices based on them), author's abstract, Moscow, Vysshaya shkola ekonomiki, 2014, 24 p.
16. Sudarenko D.A. *Issledovano v Rossii*, 2002, no. 124, pp. 1381-1384. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/124.pdf>
17. Sudarenko D.A. *Issledovano v Rossii*, 2003, no. 201, pp. 2379–2381. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/201.pdf>
18. Adzhibekov A.A., Zhukov A.A., Alekseev O.A. *Trudy MAI*, 2016, no. 87. URL: <http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=69728>
19. Dudakov N.S., Makarov K.V., Timoshenko A.V. *Trudy MAI*, 2016, no. 90. URL: <http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=74844>

20. Kuznetsov A.S., Kuznetsov S.N., Postnikova V.N. *Trudy MAI*, 2015, no. 83. URL:
<http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=62218>

Статья поступила в редакцию 10.08.2021; одобрена после рецензирования 30.08.2021; принята к публикации 21.12.2021.

The article was submitted on 10.08.2021; approved after reviewing on 30.08.2021; accepted for publication on 21.12.2021.