

Санкт-Петербургский государственный университет

Кафедра системного программирования

Группа 21.Б10-мм

Поддержка программирования LEGO NXT на Linux в TRIK Studio

Житнухина Мария Андреевна

Отчёт по учебной практике
в форме «Решение»

Научный руководитель:
старший преподаватель кафедры системного программирования Я. А. Кириленко

Санкт-Петербург
2024

Оглавление

Введение	3
1. Постановка задачи	4
2. Обзор	5
2.1. TRIK Studio	5
2.2. Существующие способы компиляции кода под LEGO NXT на ОС семейства GNU/Linux	5
2.3. Процесс сборки кода на ОС Windows в TRIK Studio . . .	6
3. Реализация	8
4. Апробация	11
Заключение	12
Список литературы	13

Введение

Lego Mindstorms NXT — конструктор, выпущенный компанией LEGO в 2006 году. Он создавался преимущественно в образовательных целях для обучения робототехнике, программированию и конструированию. В его комплект входит NXT Intelligent Brick — контроллер на основе микропроцессора архитектуры ARM7. TRIK Studio — одна из сред разработки, позволяющая писать, компилировать и загружать код на NXT Intelligent Brick. Она позволяет создавать программы для него на языке C и используя визуальное программирование, но только на ОС Windows. TRIK Studio — кроссплатформенное приложение, но на текущий момент не обладает такой же функциональностью на GNU/Linux как на операционной системе Windows. Ее удобство заключается в том, что достаточно нажатия кнопки, чтобы скомпилировать программу и отправить на контроллер. Процент пользователей операционных систем семейства GNU/Linux составляет около 3.21% согласно Statcounter [3]. Их количество составляет более 30 миллионов. Помимо этого, в России обсуждается [4] переход на ОС GNU/Linux в школах. Существует запрос на поддержку программирования на NXT Intelligent Brick на операционных системах семейства GNU/Linux.

1. Постановка задачи

Целью работы является добавление новой функциональности в TRIK Studio, дающей возможность пользователям операционных систем семейства GNU/Linux загружать и исполнять программы на NXT Intelligent Brick с таким же удобством, как это сделано для пользователей ОС Windows.

Для выполнения работы были поставлены следующие задачи.

- Проанализировать текущие способы компиляции кода, исполняемого на NXT Intelligent Brick, на ОС семейства GNU/Linux.
- Встроить в TRIK Studio компиляцию кода для семейства ОС GNU/Linux, сохранив кроссплатформенность.
- Дополнить документацию TRIK Studio.
- Провести апробацию.

2. Обзор

Было принято решение добавить поддержку Lego Mindstorms NXT в TRIK Studio.

2.1. TRIK Studio

TRIK Studio¹ — среда разработки, позволяющая создавать программы с помощью визуального программирования и языка C для различных контроллеров, в частности для NXT Intelligent Brick. Является кроссплатформенным приложением, но на данный момент не поддерживает Lego Mindstorms NXT на ОС семейства GNU/Linux.

2.2. Существующие способы компиляции кода под LEGO NXT на ОС семейства GNU/Linux

Существует несколько способов компиляции кода для Lego Intelligent Brick на ОС семейства GNU/Linux. Можно собирать код на языке C с помощью командной строки с помощью кросс-компилятора в исполняемый код, например, с помощью gcc-arm-none-eabi², можно с помощью среды разработки. Далее будет рассмотрено, как компилируется код в нескольких средах разработки для Lego Intelligent Brick.

2.2.1. nxcEDITOR

nxcEDITOR³ — среда разработки, позволяющая вести разработку под Lego Mindstorms NXT, но исключительно на ОС семейства GNU/Linux. Позволяет писать код на языке NXC (Not eXactly C). Сборка кода происходит с помощью nbc⁴. nbc — компилятор для программ на языках Not eXactly C (NXC) или NeXT Byte Code (NBC).

¹<https://trikset.com/products/trik-studio> (дата обращения: 10.12.2023)

²https://lejos-osek.sourceforge.net/installation_linux.htm (дата обращения: 10.12.2023)

³<https://nxceditor.sourceforge.net/> (дата обращения: 10.12.2023)

⁴<https://bricxcc.sourceforge.net/nbc/> (дата обращения: 10.12.2023)

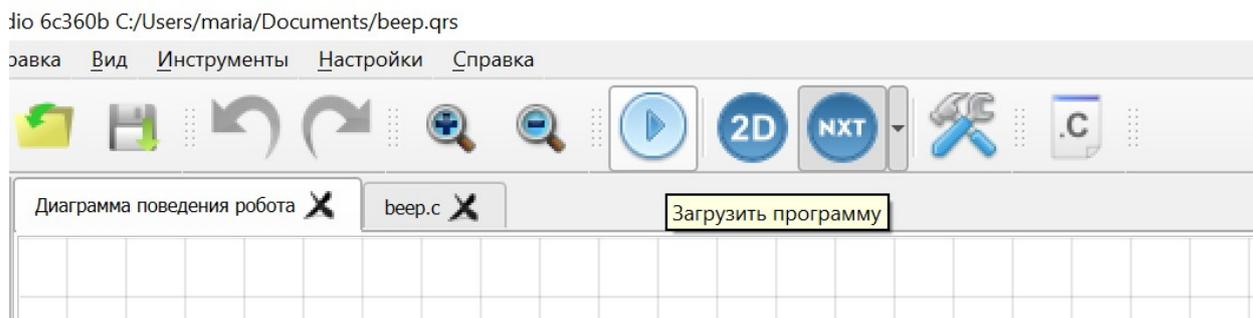


Рис. 1: Интерфейс загрузки кода в TRIK Studio

2.2.2. MINDED

MINDED⁵ — среда разработки, которая позволяет с ОС семейства GNU/Linux писать программы, исполняемые на NXT Intelligent Brick. Сборка так же происходит с помощью `ncs`.

2.3. Процесс сборки кода на ОС Windows в TRIK Studio

Перед началом работы с NXT Intelligent Brick необходимо установить драйвера для NXT и прошить контроллер, используя TRIK Studio. Для загрузки кода на контроллер пользователю достаточно нажатия одной кнопки, которая изображена на рис. 1. После нажатия кнопки «Загрузить программу» на ОС Windows вызывается скрипт `compile.bat`, запускающий тулчейн сборки исполняемого файла с расширением `RXE`, который в дальнейшем будет загружен на NXT Intelligent Brick.

Рассмотрим используемые технологии при сборке кода с помощью TRIK Studio.

2.3.1. `nxtOSEK`

`nxtOSEK` [5] — операционная система для контроллера из конструктора Lego Mindstorms NXT. Прежде, чем загружать программы на NXT Intelligent Brick из TRIK Studio, необходимо прошить контроллер. Она

⁵<https://github.com/bsellentin/minded> (дата обращения: 10.12.2023)

была реализована на основе архитектуры OSEK, предназначенной для автомобильной электроники.

2.3.2. ECRobot

nxtOSEK предоставляет C/C++ API под названием ECRobot⁶. ECRobot позволяет осуществлять взаимодействие с датчиками и моторами, подключенными к NXT Intelligent Brick из кода, написанного на языке C или C++.

2.3.3. gcc-arm-none-eabi

Кросс-компилятор [1] — компилятор, производящий исполняемый код для платформы, отличной от той, на которой исполняется данный компилятор. NXT Intelligent Brick работает на микропроцессоре архитектуры ARM7. В процессе сборки кода используется кросс-компилятор gcc-arm-none-eabi.

2.3.4. libusb

Загрузка бинарного файла на контроллер происходит посредством libusb. libusb — библиотека, предоставляющая доступ к USB-устройствам. Является кроссплатформенной.

⁶<https://lejos-osek.sourceforge.net/api.htm> (дата обращения: 10.12.2023)

3. Реализация

В TRIK Studio пользователь, не принадлежащий группе dialout, без прав суперпользователя не может обнаружить NXT. Dialout — группа, принадлежность к которой позволяет обращаться ко всем COM-портам. Было принято решение не добавлять пользователя в группу dialout, поскольку нет необходимости к доступу ко всем портам и это не является безопасным решением. Был создан файл в каталоге `/etc/udev/rules` с данными об устройстве и создана группа пользователей `legonxt`, которые могут взаимодействовать с устройством. В эту группу был добавлен пользователь.

На Windows уже реализована кодогенерация C из визуального языка. Чтобы переиспользовать кодогенерацию, было принято решение использовать кросс-компилятор `gcc-arm-none-eabi` для компиляции программ для NXT на языке C. Он компилирует для микропроцессора архитектуры ARM7, и такой же компилятор используется в реализации сборки на ОС Windows.

На ОС семейства GNU/Linux по умолчанию компилятор искал бы библиотечные файлы по пути `/usr/lib` и `/usr/include`, тогда как там находятся пользовательские библиотечные файлы, а сборка проходит под другую платформу и необходимо искать в директории с компилятором. Для корректной сборки необходимо при компиляции указывать аргумент `sysroot`. `Sysroot` — компиляторная опция, позволяющая передать путь к корневой директории, в которой идет поиск заголовочных файлов и библиотек. Было принято решение передавать путь к папке с необходимыми для компиляции файлами как аргумент в скрипт `compile.sh`, запускающий сборку программы для NXT Intelligent Brick, и впоследствии этот аргумент передавать как `sysroot`. Он был указан в `nxt-tools/nxtOSEK/ecrobot/tool_gcc.mk`.

Arm GNU toolchain содержит в себе кросс-компилятор и необходимые библиотеки. Его можно установить как с официального сайта, так и через пакетный менеджер `apt`. Было выяснено, что выбранный кросс-компилятор, установленный через пакетный менеджер, был собран без

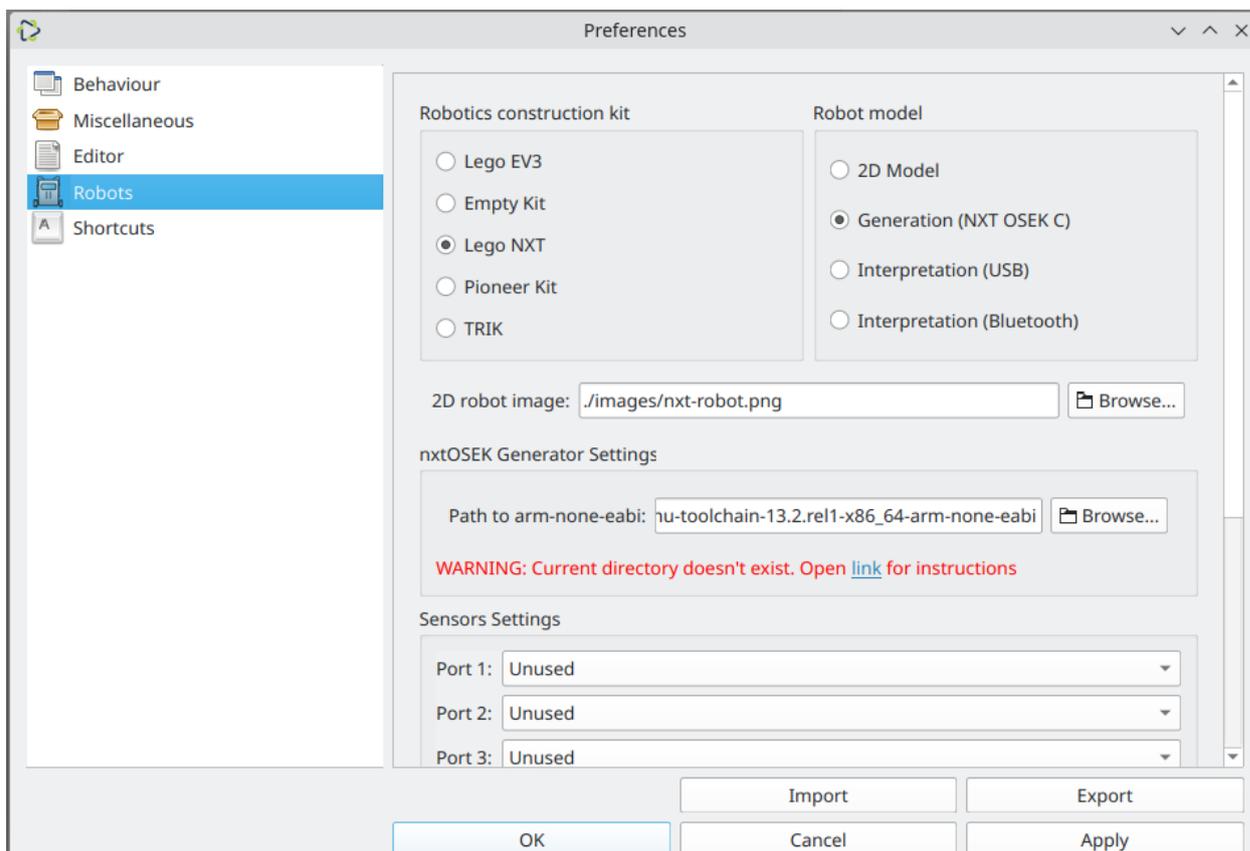


Рис. 2: Интерфейс загрузки кода в TRIK Studio

поддержки опции `sysroot` [2]. Спустя время было выяснено, что версия 13.2 с официального сайта поддерживает эту опцию и его возможно использовать в контексте данной задачи.

Arm GNU toolchain распространяется под лицензией GNU General Public License. В реализации сборки кода на Windows он располагается в папке `nxt-tools`, тем самым увеличивая объем инсталлятора. Не всем пользователям TRIK Studio нужна возможность разрабатывать под NXT, поэтому было принято решение не увеличивать объем инсталлятора на 1Гб и предоставить пользователю возможность при необходимости удобно установить кросс-компилятор. Был написан скрипт, позволяющий пользователю установить Arm GNU toolchain, разархивировать и положить в заданное место одной командой.

Была предусмотрена возможность пользователю изменять путь, по которому TRIK Studio ищет кросс-компилятор. Это было реализовано посредством добавление переменной, хранящий путь к кросс-компилятору, в `SettingsManager` и расширение пользовательского меню

настроек, как изображено на рис.рис. 2.

Был произведен рефакторинг кода, в котором использовались макросы для сборки кода, основываясь на операционной системе. Были добавлены сообщения об ошибках в случае отсутствия компилятора, предлагающие пользователю перейти на страницу с документацией.

В ходе исполнения файла `esrobot.mak` генерировались файлы `kernel_id.h` и `kernel_cfg.c` с помощью `wine`, поскольку для их генерации используется `sg`, парсер файлов расширения `oil`. `sg` реализован исключительно для ОС Windows. Конфигурационный файл, благодаря которому они генерировались, каждый раз один и тот же. Было принято решение не использовать `wine` и не генерировать каждый раз при сборке один и тот же файл, а просто копировать его в папку с проектом в процессе сборки.

Конечной целью сборки кода является создание исполняемого файла формата RXE, который можно загрузить на NXT Intelligent Brick через USB-порт. Он может исполняться на операционной системе `nxtOSEK`, которой должен быть прошит контроллер.

В папке `nxt-tools` находятся необходимые утилиты для использования NXT в TRIK Studio. В предыдущей архитектуре `nxt-tools` было деление на папки `win` и `linux` для соответствующих операционных систем. Было принято решение избавиться от разделения на папки и уменьшить количество дублируемого контента почти в два раза.

Была дописана документация, на которую переводится пользователь в случае отсутствия у него компилятора или при неверно указанном пути к кросс-компилятору. В ней описывается, как пользователю настроить свою систему, чтобы работать на ОС семейства GNU/Linux с NXT Intelligent Brick.

4. Апробация

Было найден пользователь операционной системы Ubuntu 22.04 LTS, не имеющий опыта работы с TRIK Studio. Ему было предложено установить версию TRIK Studio с поддержкой NXT Intelligent Brick и было предложено собрать и загрузить программу, следуя инструкции⁷. Пользователь справился с поставленной задачей без затруднений.

Помимо этого, была проведена проверка работоспособности на ОС Ubuntu 20.04 LTS, которая показала, что приложение работает на Ubuntu версий 20.04 и выше.

⁷<https://github.com/zhitm/trik-help/blob/main-ru/nxt/run-upload-programs.md> (дата обращения: 25.12.2023)

Заключение

Были выполнены следующие задачи.

- Проанализировать текущие способы компиляции кода, исполняемого на LEGO NXT на ОС семейства GNU/Linux.
- Встроить в TRIK Studio компиляцию кода для семейства ОС GNU/Linux, сохранив кроссплатформенность.
- Дополнить документацию TRIK Studio.
- Провести апробацию.

Реализация находится по ссылке <https://github.com/zhitm/trik-studio-forked> в ветке main, дополненная документация находится по ссылке <https://github.com/zhitm/trik-help>, разработка ведется под аккаунтом zhitm. Был создан pull request по ссылке <https://github.com/trikset/trik-studio/pull/1696>.

Список литературы

- [1] Collection GNU Compiler. GCC documentation, cross-compiler. — URL: <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc-3.0.4/gcc/Cross-Compiler.html> (online; accessed: 2023-01-06).
- [2] Collection GNU Compiler. GCC documentation, sysroot option. — URL: <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Directory-Options.html> (online; accessed: 2023-01-06).
- [3] GlobalStats Statcounter. Statcounter is a web analytics service. — URL: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/desktop/worldwide> (online; accessed: 2023-12-10).
- [4] NEWS C. News website. — URL: https://www.cnews.ru/news/top/2022-09-14_rossijskie_razrabotchiki (online; accessed: 2023-12-21).
- [5] nxtOSEK. Official site. — URL: <https://lejos-osek.sourceforge.net/> (online; accessed: 2023-01-06).