## Tiny Machine Learning Workshop for STM32L5 - Digit Recognition

### Содержание

#### Что будет происходить

В ходе данного воркшопа вы сможете:

- 1. Научиться использовать инструменты для удаленной работы с платами сервиса <u>https://all-hw.com/</u>
- 2. Обучить нейронную сеть с помощью библиотеки TensorFlow и сервиса <u>Google</u> <u>Colab</u> для распознавания рукописных цифр
- Подготовить прошивку с обученной нейронной сетью для поставки на микроконтроллер с помощью инструмента <u>STM32CubeMX</u> и пакета расширения X-CUBE-AI Pack
- 4. Удаленно запустить полученную нейронную сеть глубоко обучения на микроконтроллере и проверить ее работу на собственных примерах

#### Что потребуется

#### Оборудование

- Компьютер или ноутбук с доступом в Internet
- Веб-камера
- Белая бумага и маркер

#### План воркшопа

- 1. <u>Подготовка окружения на локальной машине</u> необходимые действия по установке программ и утилит, желательно сделать до воркшопа, чтобы не тратить время
- 2. <u>Обучение нейронной сети для распознавания цифр</u> выполнить обучение и проверку нейронной сети для распознавания рукописных цифр
- 3. <u>Создание прошивки для платы с помощью CubeMX X-CUBE-AI Pack</u> пошаговая подготовка прошивки с обученной нейронной сетью для поставки на плату
- Использование сервиса all-hw.com для распознавания рукописных цифр поставка и запуск платы с подготовленной прошивкой для проверки качества распознавания цифр

# Подготовка окружения на локальной машине

- 1. Регистрация в сервисе <u>https://all-hw.com/</u>
  - a. Нажать Sign Up

| b.<br>B Ablantage x +  | - σ ×   |
|--|---------|
| C A http://dl.hwcen/upp/Winder   |         |
| This website uses cookies to ensure you get the best experience <u>More into</u> | Got it! |

с. Выбрать Create New Account

| 0 x x &   |
|---|
| unt X   |
|   |
|   |
| Log In<br>privacy publicy and terms of service. |
|   |
| 10  |

- е. Ввести данные для регистрации
- f. После авторизации будут доступны платы для аренды и использования
- Скачать и установить STM32CubeIDE с сайта производителя <u>https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html</u>
  - При загрузке потребуется или пройти регистрацию или заполнить данные с действующим адресом электронной почты, на который придет ссылка для скачивания

| b.   |  | <b>0</b> - 0 ×                           |
|--|--|--|
| ← → C ☆ a st.com/en/development-tools/stm32cubeid    | e.html   |  |
| 🏢 Сервисы 🛊 Вооктанкя 🛞 SHODAN - Comput 🏺 Айкор Хост | нт 😧 Кручинкина Техни 🚯 Регистрация обра 🚱 Заполнита форму 🎓 TensorFlow Lite                 | Другие закладои                          |
|  | Products ¥ Search  | 🗮 Contact Us English 🗸 🏠                 |
| III Products 👂 Applications 🖉 Solutions 👂 T          | ools & Software 🕮 About ST   | Sample & Buy Support & Community 💄 Login |
|  | - STM32 microcontroller, microprocessor, development platform and example project selection  |  |
|  | <ul> <li>Pinout, clock, peripheral, and middleware configuration</li> </ul>                  |  |
|  |  |  |
|  | Read more \vee   |  |
|  | Get Software   |  |
|  | Part Number 🍐 General Description 🗄 Software Version 🖞 Download 🖞 Previous versions 🕴        |  |
|  | + STM32CubeIDE-DEB STM32CubeIDE Debian Linux Installer 1.6.1 Oct Software Select version     |  |
|  | + STM32CubeIDE-Lmx STM32CubeIDE Generic Linux Installer 1.6.1 Cet Software Salect version    |  |
|  | + STM32CubeIDE-Mac STM32CubeIDE macOS Installer 1.6.1 Get Software Select version $\vee$     |  |
|  | + STM32CubeIDE-RPM STM32CubeIDE RPM Linux Installer 1.6.1 Get Software Select version $\lor$ | _  |
|  | + STM32CubeIDE-Win STM32CubeIDE Windows Installer 1.6.1 Download Select version <            | Ŧ  |
|  |  |  |
| М  | ore from the product line  |  |
|  |  |  |
|  | STM32 IDEs   | 1  |
|  |  |  |

- с. Скачать последнюю версию для вашей операционной системы
- d. Распаковать архив и выполнить установку по шагам из исполняемого файла
- 3. Скачать проект с демо-прошивкой платы в сервисе <u>https://all-hw.com/</u>
  - а. Авторизоваться в сервисе станут доступны платы для аренды
  - b. Перейти в раздел Boards воркшоп предназначен для плат STM32L562E Discovery (обычно - верхняя в списке доступных плат)

| ₩ All-H<br>← →<br>₩ Centr | ardware X + C   all-hw.com/app/#/hardwa | rre<br>Alano Korper 🗿 Konversora Terrer | Procraws of a      A Banners Annue      Terrorfing lite                     |   |
|---------------------------|---|---|---|---|
| A                         | HARDWARE Boards Fo                      | orum Contacts                           |   | Alexander Logout                          |
|                           |   | Board Reservatio                        | n   |   |
|                           | Board Reservation O                     | STM32L562E Discovery<br>TrustZone(c)    | ARM Contex M33 / Flash Si2 Kb / SRAM 256 Kb / 1.54 "TFT-LCD 240x246]        | Many items available for booking          |
| 铰                         | Connection and Tools                    | LPCXpresso55569                         | Dual core ARM Cortex-M33 / Flach 640 Kb / SRAM 320 Kb                       | Just a few items available for<br>booking |
| ٢.,                       | Video and Interaction                   | STM32F429I Discovery                    | ARM Contex-M4 / Flash 2Mb / RAM 256K / 64-MBH SDRAM / 2.4" TFT 320x420      | Just a few items available for<br>booking |
|                           |   | STM32G474RE DPOW1<br>Discovery          | ARM Contex-M4 / Flash 512K / RAM 128K / CORDIC / FMAC / HRTIM               | Many items available for booking          |
|                           |   | STM32F469I Discovery                    | ARM Contex-M4 / Flash 2Mb / RAM 324Kb / 128-Mbit SDRAM / 4* TFT-LCD 800x480 | Just a few items available for<br>booking |
|                           | 4                                       |   |   |   |

d. Выбрать нужную плату, нажать Book this board

| Серенсы | * Bookmarks SHODAN - Co | mput 9 | <ul> <li>Адхор Хостинг 😵 Кручинонна Техни.</li> </ul> | - 🕑 Perv | страция обра 🚱 Запалнить форму 🎓 TensorFlow Lite                            | 🛄 Другие закл                             |
|---------|-------------------------|--------|---|----------|---|---|
| ALL     | HARDWARE Boards         | Forum  | Board Reservatio                                      | on       |   | Alexander Logour<br>Book this board       |
|         | Board Reservation       | °      | STM32L562E Discovery<br>TrustZone(c)                  | (i)      | ARM Contex-M33 / Flash 512 Kb / SRAM 256 Kb / 1.54* TFT-LCD 240x240         | Many items available for booking          |
| τą      | Connection and Tools    | 0      | LPCXpresso55569                                       | i        | Dual core ARM Cortex-M33 / Flash 640 Kb / SRAM 320 Kb                       | Just a few items available for booking    |
|         | Video and Interaction   | •      | STM32F429I Discovery                                  | i        | ARM Contex-M4 / Flash 2Mb / RAM 256K / 64-MBH SDRAM / 2.4" TFT 320x420      | Just a few items available for<br>booking |
|         |                         |        | STM32G474RE DPOW1<br>Discovery                        | (i)      | ARM Contex-M4 / Flash 512K / RAM 128K/ CORDIC / FMAC / HRTIM                | Many items available for booking          |
|         |                         |        | STM32F469I Discovery                                  | i        | ARM Cortex-M4 / Flash 2Mb / RAM 324Kb / 128-Mbit SDRAM / 4" TFT-LCD 800x480 | Just a few items available for booking    |
|         |                         |        |   |          |   | 1   |

f. Дождаться окончания инициализации аренды - автоматически произойдет переход в раздел Connection and Tools

| g.     |                              |  |                           |
|--------|------------------------------|--|---------------------------|
| All-Ha | rdware X +                   |  | • - • ×                   |
| ← →    | C 🛆 🔒 all-hw.com/app/#/conne | lection 🔤 🕁 🖶 O  |                           |
| AL     | HARDWARE Boards F            | orum Contacts  | Alexander Logout          |
|        |                              | Board reservation ends in: 00:59:35 Cancel   |                           |
|        |                              | Connection and Tools   |                           |
|        | Board Reservation            | The board STM32L562E-DK #2 has been successfully reserved for you.   |                           |
|        |                              | O The countdown for your reservation is above. You can cancel it at any time or extend it during the last 15 minutes of the reservation. A button will appear next to the countdown at<br>this time offering an extension. The extension can only be requested once per reservation.   | ×                         |
| 礅      | Connection and Tools         | 0 On this page (Connection and Tools), you can download a demo project and set up your IDE and other tools. If desired you may skip this step for now and return to it later. The next page (Video and Interaction) will show a video stream of the board and some instrument controls to allow you to interact with the board within the browser. To navigate the page use the panel on the left. | ×                         |
| -      | Video and Interaction C      | First of all, let's check your network environment This is required to make sure you can interact with the remote board not only via browser, but also via your locally installed tools, like IDE/debugger/etc. Checking Done  |                           |
|        |                              | Demo Project / Default Firmware  |                           |
|        |                              | The source files of the demo project / default firmware are below. You may go to the "Video and Interaction" page to see how it works and then return here to download it. Creating the pro<br>setting up your IDE and downloading this demo project is the simplest way to do it. Later, you can change these source files as you want or even create your own project from scratch.              | ject is the first step in |
|        |                              | Make sure that you read readme.txt in the package and perform all of the instructions detailed within.   |                           |
|        | +                            | 🛓 Download demo project  |                           |

- h. Убедиться, что результат проверки Result: Everything is working.
- По ссылке <u>https://all-hw.com/app/download/STM32L5\_Demo.zip</u> скачать проект с демо-прошивкой к плате (это простая демонстрационная прошивка, без нейронной сети, которая демонстрирует возможности сервиса по удаленной отладке платы)
- j. По ссылке <u>https://www.st.com/content/st\_com/en/products/embedded-</u> software/mcu-mpu-embedded-software/stm32-embedded-software/stm32cube-<u>mcu-mpu-packages/stm32cubeI5.html</u> скачать STM32Cube MCU Package for STM32L5 series - пакет содержит основные низкоуровневые API для взаимодействия и работы с платой

| ← → C ①                               | cts/embedded-software/mcu-mj<br>Ихор Хостинг 📀 Кручинкина Те   | u-embedded-software/stm32-em<br>онл 🔮 Регистрация обра 🔮  | bedded-software/stm32cube-mcu-mpu-p<br>Заполнить форму 📪 TensorFlow Lite   | ckages/stm32cubel5.html  | <b>G</b> ∂                       |                     | ▶ ≡/  Другие заклад: |
|---------------------------------------|--|---|--|--|----------------------------------|---------------------|----------------------|
| Life.ougmented                        |  | Products ~  |  | Search   |                                  | Contact Us          | English 🗸            |
| 🚻 Products 👂 Applications 🧷 Solutions | Tools & Software<br>Tools and LL Ar Is are<br>STM32L5 devices sup<br>following security func<br>software IP protection | About ST<br>watable in open-source DSD<br>port Arm <sup>®</sup> PSA security mode<br>tions: Secure Boot, Secure Fit | icense iur user convenience.<br>I. A Trusted Firmware M (TF-M) refer<br>mware Update, secure storage, resc             | nce code is provided within STM32Cube to implem<br>ince isolation, secure execution, cryptographic engin | Sample & Buy<br>ent the<br>e and | Support & Community | Login 🗜              |
|                                       | All features   |   |  |  |                                  |                     |                      |
|                                       | <ul> <li>Consistent and c</li> <li>Maximized portal</li> <li>More than 300 es<br/>graphical tool.</li> </ul>           | implete embedded software ti<br>ility between all STM32 serie:<br>amples and applications for e                     | at provides hardware abstraction to<br>s supported by STM32Cube<br>asy understanding, all compatible wi<br>Read more ~ | assily develop end-user firmware   | gh a                             |                     |                      |
|                                       |  |   | Get Software   |  |                                  |                     |                      |
|                                       | +  | Part Number Download  | Get Software<br>Get from GitHub  | Previous versions  |                                  |                     | Feedback             |
|                                       |  |   |  |  |                                  |                     | 1                    |
|                                       |  |   | Featured Products  |  |                                  |                     |                      |

- 4. Запустить проект с демо-прошивкой
  - a. Распаковать папку из STM32Cube MCU Package в любое удобное место на вашем компьютере (<Packet\_Folder>)
  - b. Перейти в <Packet\_Folder>\STM32Cube\_FW\_L5\_V1.4.0\Projects\ STM32L562E-DK\Examples
  - c. Распаковать проект с демо-прошивкой в папку с примерами (<Packet\_Folder>\STM32Cube\_FW\_L5\_V1.4.0\Projects\STM32L562E-DK\ Examples)
  - d. Перейти в папку STM32L5\_Demo\STM32CubeIDE и запустить проект с помощью STM32CubeIDE
  - e. В IDE в проекте добавить файлы в папку STM32L5xx\_HAL\_Driver (можно перетащить из проводника и выбрать опцию Сору):
    - -- <Packet\_Folder>\STM32Cube\_FW\_L5\_V1.4.0\Drivers\ STM32L5xx\_HAL\_Driver\Src\stm32l5xx\_hal\_uart.c
    - -- <Packet\_Folder>\STM32Cube\_FW\_L5\_V1.4.0\Drivers\ STM32L5xx\_HAL\_Driver\Src\stm32l5xx\_hal\_uart\_ex.c

| । - 🔝 🐚 - 🐐 - 🛗 🔌 🙆 🚮 - 🚳 - 🕻 - G             | * * * • O • Q • @ 4 • J B | 11   21 - 17 - 10 4 - 0                | - 0                                     |  |                 |     | Q 📷 💀  |
|---|---------------------------|--|---|--|-----------------|-----|--|
| Project Explorer 33                           | 8881-0                    | S startup_stm @ main.c                 | 🖻 stm32l5xx_it.c 💽 app_x-cub            | -aic 💽 alValidation.c 🕄 💽 stm3215xx_h  | pb_decode.c **6 | - 0 | 😫 Outline 💠 🛞 Build Targets 👘  |
| 85P (in STM32CubeIDE)                         |                           | <pre>663 systemSettingLog(); 663</pre> |   |  |                 | ^   | 日 12 夜 😪 • 🗮   |
| > 🚰 Binaries                                  |                           | 665 return 0:                          |   |  |                 |     | ailestHelper.h   |
| includes                                      |                           | 656 }                                  |   |  |                 |     | aiPbMgr.h  |
| 🗁 Debug                                       |                           | 667                                    |   |  |                 |     | 🖬 bsp_ai.h   |
| 🗁 Doc   |                           | 6688 int aiValidationProces            | (void)                                  |  |                 |     | ai_platform.h  |
| Drivers                                       |                           | 639 (at at                             |   |  |                 |     | core_datatypes.h   |
| > 🗁 BSP                                       |                           | 671                                    |   |  |                 |     | ai_datatypes_internal.h  |
| > 🗁 CMSIS                                     |                           | 0672 r = aiInit();                     |   |  |                 |     | core_common.h  |
| STM32L5xx_HAL_Driver                          |                           | 673 if (r) (                           |   |  |                 |     | # _APP_DEBUG_  |
| > is stm32l5xx_hal_cortex.c                   |                           | 674 printf( \r\nEl al                  | () () (******************************** |  |                 |     | # _APP_VERSION_MAJOR_  |
| > k stm32l5xx_hal_dfsdm_ex.c                  |                           | 676 return r:                          |   |  |                 |     | # _APP_VERSION_MINOR_  |
| > [g stmS20xx_hal_dtsdm.c                     |                           | 677 ) else (                           |   |  |                 |     | # _APP_VERSION_  |
| > & stm32l5xx_hal_dma_ex.c                    |                           | 678 printf("\r\n");                    |   |  |                 |     | # _APP_NAME_   |
| > is stms2box_hal_dma.c                       |                           | 679 printf(                            |   | \r\n");  |                 |     | > S ai_network_user_obs_ctx  |
| > ig stm32box_hal_extr.c                      |                           | 681 neintf("                           | receive a the from the hust             | in the second se |                 |     | net_obs_ctx : struct ai_network_user_obs_c   |
| S Is stmillion naightor                       |                           | 682 printf("\r\n");                    |   |  |                 |     | > 😔 ai_network_exec_ctx  |
| > In stmszbiochal.izc.ex.c                    |                           | 683 printf("# Note: At                 | this point, default ASCII-base          | terminal should be closed\r\n");   |                 |     | net_exec_ctx : struct ai_network_exec_ctx[]  |
| > is stmszbox_hal_ize.c                       |                           | 684 printf("# and a st                 | 32com-base interface should be          | used\r\n");  |                 |     | 8 activations : ai_u8[]  |
| > Be stmazisky_nat_ospic                      |                           | 635 print+("# (1.e. Py                 | hon stm32com module). Protocol          | version = 3d.3d\r\n",  |                 |     | data_in_1:ai_i0[]  |
| > is stmszisix_nal_pwr_ex.c                   |                           | 617 Enumyersion P                      | TRSION NINOR):                          |  |                 |     | * data_ins : ai_i3*[]  |
| > In sumselsky nat pwile                      |                           | 638 }                                  |   |  |                 |     | data_out_1: ai_i8[]  |
| > in the start black had one a                |                           | 689                                    |   |  |                 |     | data_outs : ai_i3*[]   |
| > igg stm32tbix_hal_rec.c                     |                           | 690 aiPbMgrInit(pbCmdFun               | :Tab);                                  |  |                 |     | <ul> <li>aiOnExecNode_cb(const ai_handle, const a</li> </ul>                             |
| > In subschool and sale and                   |                           | 691<br>602 de l                        |   |  |                 |     | <ul> <li>aiObserverAdjustInferenceTime(struct ai_n</li> </ul>                            |
| > lig stm32000,nat_sate                       |                           | 693 r = aiPbMgrWaitAnd                 | rocess():                               |  |                 |     | <ul> <li>aiObserverSendReport(const reqMsg*, resp</li> </ul>                             |
| > Les stm32tox_nal_so_er.c                    |                           | 694 } while (r==0);                    |   |  |                 |     | aiObserverConfig(struct ai_network_exec_or<br>aiObserverConfig(struct ai_network_exec_or |
| > in subscholonal succ                        |                           | 695                                    |   |  |                 |     | <ul> <li>aiObserverBind(struct ai_network_exec_ctx)</li> </ul>                           |
| > In star22fing hal used as a                 |                           | 696 return r;                          |   |  |                 |     | <ul> <li>aiObserverUnbind(struct ai_network_exec_</li> </ul>                             |
| <ul> <li>Contraction (interaction)</li> </ul> |                           | 697                                    |   |  |                 |     | <ul> <li>* aitxecCtx(const char*, int): struct aunetw</li> </ul>                         |
| > Subscholoning Galice                        |                           | 6998 yoid aiValidationDeIni            | (void)                                  |  |                 |     | <ul> <li>aiBootstrap(struct ai_network_exec_ctx*, c</li> </ul>                           |
| > In star2000 natio                           |                           | 700 (                                  |   |  |                 |     | • ainit(void) : int  |
| C star 200 million II administra              |                           | <pre>701 printf("\r\n");</pre>         |   |  |                 |     | • * alDeinth(void) : void  |
| 5 (g subjective) submer                       |                           | 702 aiDeInit();                        |   |  |                 |     | <ul> <li>aiPbCmdNNinfo(const reqMsg*, respMsg*</li> </ul>                                |
| Cample  |                           | 765 printr( bye bye                    | ·w );                                   |  |                 | •   | <ul> <li>aiPbCmdNNRun(const reqMsg*, respMsg*</li> </ul>                                 |
| B RSP Debug launch                            |                           | 705                                    |   |  |                 |     | pbCmdFunclab:ai/bCmdFunc[]   |
| CTM3315620EDV0 ELASH M                        |                           | 786                                    |   |  |                 | *   | <ul> <li>a/ValidationInit(void) : int</li> </ul>   |
| Cobal S                                       |                           |  |   |  |                 |     | <  |
| CONCI   |                           | P Deskings (D Testa D Canada           | 12 December                             |  |                 |     |  |
|   |                           | I Problems en lasis Console            | 55 Properes                             |  |                 |     |  |
|   |                           | CDT Build Console [BSP]                |   |  |                 |     |  |
|   |                           | 10:58:43 Incremental But               | id of configuration bebug for           | project asp  |                 |     |  |
|   |                           | arm-none-eabi-size #SP.elf             |   |  |                 |     |  |
|   |                           | text data bss d                        | lec hex filename                        |  |                 |     |  |
|   |                           | 47896 192 6856 543                     | 44 d388 B5P.elf                         |  |                 |     |  |
|   |                           | Finished building: default.s:          | ze.stdowt                               |  |                 |     |  |
|   |                           |  |   |  |                 |     |  |
|   |                           | 16:38:44 Build Finished. 8 er          | rors, 8 warnings. (took 1s.146          | s)   |                 |     |  |
|   |                           |  |   |  |                 |     |  |
|   |                           |  |   |  |                 |     |  |
|   |                           |  |   |  |                 |     |  |
|   |                           |  |   |  |                 |     |  |

g. Собрать проект командой из меню Project/Build all



i. На странице сервиса посмотреть данные для подключения к удаленной отладке IP - address и Port

| j.                            |                                |  |                    |
|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------------|
| AILH                          | ardware X +                    |  | D - 6 ×            |
| $\leftrightarrow \rightarrow$ | C 🟠 🔒 all-hw.com/app/#/co      | mecton 🖣 🖈 😑 🔾 🖸   | os 🛊 🗊 🔕 E         |
| 🔢 Серви                       | cei 🗰 Bookmarks 🛞 SHODAN - Cor | прит. 🖗 Айлар Хастинг 🕐 Кручинкина Телини. 🚱 Регистрация обран. 😨 Запозлинга форму. 🎓 Тепсолбон Цле  | Другие закладки    |
| A                             | L HARDWARE Boards              | Forum Contacts Alexa   | nder Logout        |
|                               |                                | Board reservation ends in: 00:29:35 Cancel   |                    |
|                               |                                | Circk on the logo of your preside not below and the setup gade will be opened in a new willow, you can see logos for all of the locs that are supported by this service for the doal of you have   | selected.          |
|                               |                                | The setup guide may refer to the terms "project", "IP" or "port". You can download a demo project from the link in the "Demo Project / Default Firmware" section above and then find IP and<br>in the "Session information" section below. | . port information |
|                               | Board Reservation              | O STAR   |                    |
|                               |                                | Session Information  |                    |
| ~                             |                                | This information may be required to setup your IDE and other locally installed tools.  |                    |
| 102                           | Connection and Tools           | Device name: STM3215620FL IP, address: 78.37.24.188  |                    |
|                               |                                | Debugger: STLink GDB Port: 160/17  |                    |
|                               |                                | Virtual COM Port Configuration   |                    |
|                               | Video and Interaction          | This board supports the ability to bring the UART port of the remote board to your local PC as a virtual COM port. This feature is currently supported by Windows only. All details are provided in the first link below.                  | the manual at      |
|                               |                                | O How to use Virtual COM port  |                    |
|                               |                                | Download Virtual COM port configuration file   |                    |
|                               |                                | 🛓 Download Virtual COM port application  |                    |
|                               |                                | OpenVPN Configuration  |                    |
|                               |                                | In order to work through our VPN server, which may be required if some ports are not available in your network environment, use the information below.   |                    |
|                               | •                              | How to configure OpenVPN   |                    |

k. В STM32CubeIDE выбрать пункт меню Run/Debug configurations

| <pre>     the state of the stat</pre>  | workspace_1.6.1 - Cubel_5/Src/ai/lalidation.c - STM<br>la Edit Source Refector Navigate Search | M32CubeIDE<br>Resisct Bun Window Helm   |  | - 0 3   |
|---|--|---|--|---|
| Image: Second  | 9 - 🕞 🐘   10 - 4 - 🔜   1   1   1   1   1   | • 👸 • 💁 Run   | III 9 191 × 51 × to ⇔ + 0 ×   ≠   <b>0</b>   | 9. 🖻 🖬  |
| <pre>Notions to the state of th</pre>  | Project Fundamer 12  | 16 Debug F11  | R startun stm. D main r D stm 22/5rv it r D ann vurubeuair. D abhildation r 12 D stm 32/5rv h D ob deroda r 34 | P D Pr Outine 11 @ Build Terrets                              |
| <pre></pre>   | PSR 6n STM22CuburDE)   | Bus Mintery )   | (43 systemSettingLog();  |   |
| <pre>i i i i i i i i i i i i i i i i i i i</pre>  | > et Binaries  | C Run for   | 664  |   |
| <pre></pre>   | > 🗊 Includes   |   | bios return 0;   | a alburepeta  |
| <pre></pre>   | > 🗁 Debug  | Kun Configurations  | 667  | tio aih   |
| <pre></pre>   | > 🗁 Doc  | Debug History >   | GASE int aiValidationProcess(void)   | ai_platform.h   |
| <pre></pre>   | V 👝 Drivers  | 🕸 Debug As >  | 639 intr:  | core_datatypes.h  |
| <pre>     Automation plantage from the first plantage</pre>   | > 🗁 BSP  | Debug Configurations  | 671  | ai_datatypes_internal.h                                       |
| <pre>     with the second seco</pre>  | > CMSS   |   | 0672 r = alInit();   | core_common.h   |
| <pre>i gendlow, defame.cc<br/>i ge</pre>  | <ul> <li>Control Content</li> <li>Content Content</li> </ul>                                   | Breakpoint types >  | 0/3 1* (?) (<br>674 mrintf(")r)nF: alInit() r=%d(r)n", r):   | # _APP_DEBUG_   |
| <pre>     f = true: true</pre>  | s in stration had disting on a   | <ul> <li>Toggle Breakpoint Ctrl+Shift+B</li> </ul>  | 675 HAL_Delay(2000);   | # _APP_VERSION_MAJOR_   |
| <pre>     Building Augustan     Building Aug</pre>  | > in stm32l5xx hal dfsdm.c   | 0 Toggle Line Breakpoint  | 676 return r;  | ADD VERSION   |
| <pre>     Section_sides     Se</pre>  | > a stm32l5xx_hal_dma_ex.c   | 1 Toggle Watchpoint   | 6/7 } else {   | # 400 NAME  |
| <pre>i @ existex.kukefs<br/>@ Barblow.kukefs<br/>@ Barblow.kukefs<br/>@ Barblow.kukefs<br/>@ existex.kukefs<br/>@ existex.kukefs</pre>  | > & stm32l5xx_hal_dma.c  | Topole Method Presinciet  | 679 printf("\r\n");  | a network user obs ctv  |
| <pre>i de collection de la collection de</pre>  | > R stm32l5xx_hal_extite   | > Of the state of | 680 printf("  READY to receive a CHD from the HOST  \r\n");  | net obs ctr: struct ai network user obs ct                    |
| <pre>i de molecule de la construction de la constru</pre>  | > 🙀 stm32l5xx_hal_gpio.c   | Ctri+AE+B   | 681 printf("\r\n");  | > S ai_network_exec_ctx                                       |
| <pre></pre>   | > & stm32l5xx_hal_i2c_ex.c   | agg Remove All Breakpoints  | or print('('W Note: At this point, default ASCII-base terminal should be closed\r\n'):                         | net_exec_ctx : struct ai_network_exec_ctx[]                   |
| <pre>i i de collected market legel<br/>i de coll</pre>  | > 💽 stm32l5xx_hal_i2c.c  | Q External Tools  | 684 printf("# and a stm32com-base interface should be used\r\n");  | S activations : ai_u8[]                                       |
| <pre>     definition_state_de     definite     definition_state_de     definition_state_de     definit</pre>  | > in stm32l5xx_hal_ospi.c  | -   | 685 printf("= (i.e. Python stm32com module). Protocol version = %d.%d\r\n",                                    | data_in_1 : ai_i8[]   |
| <pre>     Ballow, Mused     Ba</pre>  | > [6] stm320xx_hal_pwr_ex.c  |   | 537 Enumerical Public Status   | data_ins : ai_i8*[]   |
| <pre></pre>   | > [6 stm32bio_hal_pwr.c  |   | 688 }  | ()8i_is:[_tuo_steb  |
| <pre>     Bindlow disk     Bindlow disk</pre>   | > is stm32bix_hal_rcc_er.c   |   | 689  | # data_outs : ai_i8*[]  |
| <pre>i and the state of the sta</pre>  | > timozosoc_nat_rec.c  |   | <pre>690 aiPbMgrInit(pbCmdfuncTab);</pre>  | aiOnExecNode_cb(const ai_handle, const ai                     |
| <pre>     Building Add Ar     Building Add Ar</pre>   | S Les stm320xx_nal_sal_er.c  |   | 071<br>692 de /  | aiObserverAdjustInferenceTime(struct ai_ne                    |
| <pre>     Bandbookulad     Bandbookulad</pre>   | > In stms2bix_hal_sal.c  |   | 02 00 (i = aiPMerMaitAndProcess():   | <ul> <li>aiObserverSendReport(const reqMsg*, respl</li> </ul> |
| <pre>     Bit Status Audies     Bit Status A</pre>  | > In stmsztoxx, nati sojette   |   | <pre>094 } while (r==0);</pre>   | aiObserverConfig(struct ai_network_exec_ct                    |
| <pre></pre>   | > lig stm320xx,nat_set.c   |   | 695  | <ul> <li>aiObserverBind(struct ai_network_exec_cb/</li> </ul> |
| <pre></pre>   | > Is stms20xx_hal_sram.c   |   | 696 return rj  | <ul> <li>aiObserverUnbind(struct ai_network_erec_i</li> </ul> |
| <pre>     Construction     Construction</pre>   | > c stmszbioc_hal_uart_ec.c  |   | 677 J  | aiExecCtx(const char*, int) : struct ai_netwo                 |
| <pre>&gt; i monto_file<br/>&gt; i monto</pre> | > C stmsziskonaljoante   |   | 500 wid aivalidationDeTnit(wid)  | ø <sup>b</sup> aißootstrap(struct ai_network_exec_ctx*, cr    |
| <pre>     Belle State St</pre>  | > les stmillion ll fore e  |   | 700 {  | <ul> <li>alinit(void): int</li> </ul>                         |
| <pre># district('py = v/w');<br/># Minux/SCOD_7.64949<br/>Centry Centry C</pre>   | > In subschool of more   |   | <pre>701 printf("\r\n");</pre>   | • * aiDelnit(void) : void                                     |
| tomain<br>tomain<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense<br>Sense  | > (i) stmsziskoji semmele  |   | 702 aiDErnit();  | <ul> <li>aiPbCmdNNinfo(const reqMsg*, respMsg*,</li> </ul>    |
| INITIALISCOND,AASHAB       1000         Canada       10000         Canada       10000         Canada       100000         Canada       1000000         Canada       1000000000000000000000000000000000000   | Example Contraction  |   | 200 print("bye byev.v.");  | <ul> <li>aiPbCmdNNRun(const reqMsg*, respMsg*,</li> </ul>     |
| Cade and a second secon  |  |   | 785  | * pbCmdFuncTab : aiPbCmdFunc[]                                |
| 2 meter       Implement     Implement <td>Coded 5</td> <td></td> <td>766</td> <td><ul> <li>arialidationInit(void) : int</li> </ul></td>   | Coded 5  |   | 766  | <ul> <li>arialidationInit(void) : int</li> </ul>              |
| Endern 3 biels (Context II) Endernin  | CONCI  |   |  | > <   |
| CCFEduktionmettyp)<br>cate-jota<br>cate-jota<br>prove-statistics Board or configuration being for project BDF offer<br>prove-statistics Board of the file<br>prove-statistics Board of the file<br>prove-statistics and the statistics of the<br>file board board of file board of the statistics of the<br>statistics of file file board of the statistics of the<br>statistics of the statistics of the statistics of the<br>statistics of the statistics of  |  |   | 🝸 Problems 🔊 Tasks 🗳 Console 🔅 🥅 Properties  | 🕹 😌 🕵 💷 🔊 = 🗽 🖻 • 😁 • 😁                                       |
| <pre>10.10.10 *******************************</pre>   |  |   | CDT Build Censole (BSP)  |   |
| anka - 54 21 (-121 25 25 21 f<br>er ter 2 data 155 dec her filmsme<br>4796 122 dat5 5444 data 25 vif<br>filmshe bulldfyrdinkti.list.thou<br>15:35:46 Bulld filmlahd. 0 error, 0 wardags. (tock 11.540ms)<br>-   |  |   | 16:38:43 **** Incremental Build of configuration Debug for project BSP ****                                    |   |
| vert Gesta kas i det kas filosov<br>roboj 120 dizi tala dila Bosisti<br>roboj 200 dizi tala dila Bosisti<br>roboj di provinci di provinci di provinci di provinci di provinci di provinci<br>roboj di provinci  |  |   | make -j8 all   |   |
| anna 1932 anna 1932 anna 1938 salad anna 1939 anna 1939<br>Faisheachadh Suididh anna 1931 ain scathart<br>1819 Salad Faished, 8 annara, 8 annaings, (took 11.1880s)   |  |   | ann-none-eabl-slife BSP.elf<br>tast data bre der bay filmann   |   |
| Plainhed bullding: default.size.stdoxt<br>IS:DE:As Bulld Flainhed. 0 every, 0 wavelagt. (took 11.1480s)   |  |   | 47096 192 6856 54144 d300 85P.elf  |   |
| 1612546 Build Fielderic, B wordings. (took 11.1680s)  |  |   | Finished building: default.size.stdout   |   |
| 36:36:64 Build Flainheit B errors, B wurdingt. (took 11:1680)<br><  |  |   |  |   |
|   |  |   | 16:33:44 Build Finished. 0 errors, 0 warnings. (took 1s.140ms)   |   |
| c   |  |   |  |   |
|   |  |   |  |   |
| (B) Doi now (PBD) S for MAL Doing   | In the second Babby Sec. MAL Driver  |   |  |   |
| (at the add 2 man 2 mar 2 m   | or converse a minute and print Driver  |   |  | 1   |

| m.  |   |    |       |    |
|---|---|----|-------|----|
| Debug Configurations  |   |    |       | ×  |
| Create, manage, and run configurations  |   |    | Ŕ     | 5. |
| Image: Control of the second secon | <ul> <li>Configure launch settings from this dialog:</li> <li>Press the 'New Configuration' button to create a configuration of the selected type.</li> <li>Press the 'New Prototype' button to create a launch configuration prototype of the selected type.</li> <li>Press the 'Export' button to export the selected configurations.</li> <li>Press the 'Duplicate' button to copy the selected configuration.</li> <li>Press the 'Duplicate' button to remove the selected configuration.</li> <li>Press the 'Filter' button to configuration by selecting attion.</li> <li>Press the 'Filter' button to configuration by selecting it.</li> <li>Select launch configuration(s) and then select 'Unik Prototype' menu item to link a prototype.</li> <li>Select launch configuration(s) and then select 'Whit Prototype' menu item to reset with prototype values.</li> <li>Configure launch perspective settings from the 'Perspectives' preference page.</li> </ul> |    |       |    |
| Filter matched 8 of 9 items   |   |    |       |    |
| 0   | <u>D</u> ebu  | ıg | Close | 2  |

n. Выбрать STM32 Cortex-M C/C++ Application, нажать правой клавишей, во всплывающем меню выбрать New Configuration

|   | · [2 · @ · [   |   | Q P   |
|---|--|---|---|
| Basiast Evaluate 10   | Debug Configurations   | - 0   | X B B Dates 12 Chaile Innet   |
| Vroject Explorer 35     Voject Explorer 35  | Create, manage, and run configuration  | ·   | Be Dotsine 13 (* bolio largets     B 12 % % * * *   |
| > 😕 Debug   | □ 2 9 10 11 10 7 •   | Configure launch settings from this dialog:   | u bip_si.h  |
| Crivers     Compared by the second seco | C/C++ Application  | - Press the 'New Configuration' button to create a configuration of the selected type.     Press the 'New Prototype' button to create a launch configuration prototype of the selected type.  | core_datatypes.h  |
| <ul> <li>STM1215xx_HAL_Driver</li> <li>Stm3215xx_HaL_Oriver</li> <li>Stm3215xx_HaL_oritex.c</li> <li>Stm3215xx_HaL_dfidm_ex.c</li> <li>Stm3215xx_HaL_dfidm.c</li> </ul>   | C/C++ Postmotem Debugger<br>C/C++ Postmote Application<br>C/C++ Remote Application<br>C GD8 Hardware Debugging<br>Loanch Group | erse the "Expert button to export the selected configuration.     erse the "Expert button to copy the selected configuration.     # - Press the "Deletef" button to envoy the selected configuration.   | # _APP_DEBUG_<br># _APP_VERSION_MAJOR_<br># _APP_VERSION_MINOR_<br># _APP_VERSION_  |
| > @; stm3255oc,hal_dma_ex.c<br>> @; stm3255oc,hal_dma.c<br>> @; stm3255oc,hal_getic<br>> @; stm3255oc,hal_gpio.c  | Launch Group (Deprecated)     STMB2 Contex-M C/C++ Application   | Press the Filter' button to configure filtering options.     New Configuration     purties by setColing it.     New Configuration     Tax - Kilk Petothype' mean item to link a prototype.  | <ul> <li># _APP_NAME_</li> <li>S al_instructiv_suiser_obs_ctx</li> <li>net_obs_ctx : struct al_inetwork_user_obs_</li> <li>S al_instructive(seec_tx</li> </ul>  |
| > (k) stm32t5xc_hal_i2c_ex.c<br>> (k) stm32t5xc_hal_i2c.c<br>> (k) stm32t5xc_hal_i2c.c<br>> (k) stm32t5xc_hal_par.ex.c<br>> (k) stm32t5xc_hal_par.c   | 5<br>11<br>3   | Epoch     Experiment or comparison     Experiment or comparison     Experiment     Experime | <ul> <li>net_exec_cbc:struct ai_network_exec_cbi</li> <li>f activation::ai_ubij</li> <li>dota_in_i:ai_ubij</li> <li>f activation::ai_ubij</li> <li>f activation::ai_ubij</li> <li>f activation::ai_ubij</li> <li>dota_in_i:ai_ubij</li> </ul>   |
| <ul> <li>Bit utm 22565, July rec, esc.</li> <li>Bit stm 22566, July rec, esc.</li> <li>Bit utm 2256</li></ul>  |  | Lak hetige For the <u>Projection</u> polenos pape.  | <ul> <li>4 dat, que :: 48"1</li> <li>4 date de la construcción de la hardie, conse<br/>e la diseaventáguintérecentimiento de<br/>e diseaventáguintéreción registry :<br/>e diseaventáguintéreción de la diseaventáguintéreción<br/>e diseaventágiinter di a retenda, esc.;<br/>e diseaventágiinter di a retenda esc.;<br/>e diseaventágiinter di a retenda</li></ul> |
| > 🚡 stm3205xc_hal.c<br>> 🗟 stm3205xx_ll_fmc.c<br>> 🗟 stm3205xx_ll_sdmmc.c   | Filter matched 8 of 9 items  |   | <ul> <li><sup>6</sup> ai/nt(void) : int</li> <li><sup>6</sup> ai/Deint(void) : void</li> <li>ai/PtrCmdNNinfo(const regMsg*, respMs</li> </ul>   |
| > S Example<br>> S Utilities<br>3 STM32L562QEDIQ_FLASH.Id   | 0  | Debug Clo   | se aiðbCmdNNRun(const reqMig*, respM<br>• \$pbCmdFuncTab : aiðbCmdFunc[]<br>• aiðlalidation/nit(void) : int   |
| CubeLS  |  |   | > <   |
|   |  | Problems → Tasks □ Console □ □ Properties     109 Build Console (859)     104 Build of configuration Datus for conject 859     104 Build of configuration Datus for conject 859     104 Build 014     104       |   |
|   |  | wake -j8 11<br>menoneredbil:size BSP.elf<br>text data bus dec her filename<br>47005 132 (205 54344 4380 55P.elf<br>finished building: defmult.size.stdout   |   |
|   |  | 16:38:44 Build Finished. 0 errors, 0 warnings. (took 1s.140ms)  |   |
|   |  | <   |   |

р. На вкладке Debugger выбрать Connect to remote GDB server

| q.   |  |              |
|--|--|--------------|
| Debug Configurations   |  | – 🗆 X        |
| Create, manage, and run configurations   |  | TO.          |
| Image: Control of the second seco | Name:     BSP Debug       Main     % Debugge:       GDB Connection Settings       Autostart local CDB server       Host name or IP address       Interface       @ Some Command Line Options       Interface       @ SWD       O JTAG       St-LINK S/N       Frequency (kHz):       Auto       Access port:       0 - Cortex-M33       Vir       Strail Wire Viewer (SWV) |              |
|  | Clock Settings<br>Core Clock: 16.0 MHz   | <b>v</b>     |
| Filter matched 9 of 10 items   |  | Revert Apply |
| 0  |  | Debug Close  |

- r. Указать ip address и port из параметров платы
- s. Нажать Apply

| L.  |   | х                   |
|---|---|---------------------|
| Create, manage, and run configurations  |   |                     |
| Image: Second | Name:       BSP Debug         Main St Debugger       > Startup 5 Source Common         GDB Connection Settings       O Autostant local GDB server         Host name or IP address       78.37.24.188            © Connection Settings        O Autostant local GDB server         O Autostant local GDB server       Port number         16047       Debug probe         Debug probe       ST-LINK (ST-LINK GDB server) ▼         GDB Server Command Line Options       Interface         Interface       O //TAG         SFI-LINK S/N       ▼         Access port:       0 - Corter-M33         Reset behaviour       Type:         Serial Wire Viewer (SWV)       Enable         Core Clock:       16.0 |                     |
| Filter matched 9 of 10 items  |   | Revert Apply        |
| (?)   |   | <u>D</u> ebug Close |

- Запустить Debug, дождаться инициализации отладки, отладка приостановится в точке остановки по умолчанию, после чего необходимо нажать на кнопку продолжения отладки
- v. В результате проект запустится с демонстрационной прошивкой в режиме удаленной отладки
- w. На вкладке Video and Interaction можно наблюдать за экраном платы и взаимодействовать с платой через терминал



- 5. Скачать и установить STM32CubeMX с сайта производителя <u>https://www.st.com/content/st\_com/en/products/development-tools/</u> <u>software-development-tools/stm32-software-development-tools/stm32-configurators-and-</u> <u>code-generators/stm32cubemx.html</u>
  - При загрузке потребуется или пройти регистрацию или заполнить данные с действующим адресом электронной почты, на который придет ссылка для скачивания

| Life.ougmented              |                               | Produc                              | ts 🗸 Search                                 | Search  |   |              | Contact Us          | English · |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|--------------|---------------------|-----------|
| III Products P Applications | 🕈 Solutions 🏼 🖌 Tools & Sol   | ware 🕼 About ST                     | [밝고등 두 다 밥 두 김 두 년 주                        |   |   | Sample & Buy | Support & Community | 💄 La      |
|                             | - Per                         | ipherals and middleware func        | tional modes with dynamic validation of par | ameter constraints for Arm                    | Cortex <sup>®</sup> -M core                         |              |                     |           |
|                             | • Clo                         | ck tree with dynamic validation     | n of the configuration                      |   |   |              |                     |           |
|                             | • Por                         | wer sequence with estimated of      | consumption results                         |   |   |              |                     |           |
|                             | <ul> <li>Generat</li> </ul>   | ion of initialization C code proj   | ect, compliant with IAR™, Keil® and STM3    | 2CubeIDE (GCC compilers                       | s) for Arm <sup>®</sup> Cortex <sup>®</sup> -M core |              |                     |           |
|                             | <ul> <li>Generat</li> </ul>   | ion of a partial Linux® Device      | Tree for Arm® Cortex®-A core (STM32 micr    | oprocessors)                                  |   |              |                     |           |
|                             | <ul> <li>Develop</li> </ul>   | ment of enhanced STM32Cub           | e Expansion Packages thanks to STM32P       | ackCreator                                    |   |              |                     |           |
|                             | <ul> <li>Integrati</li> </ul> | on of STM32Cube Expansion           | packages into the project                   |   |   |              |                     |           |
|                             | <ul> <li>Availabit</li> </ul> | ity as standalone software run      | ining on Windows®, Linux® and macOS® (r     | nacOS <sup>®</sup> is a trademark of <i>I</i> | Apple Inc. registered in the U                      | .S. and      |                     |           |
|                             | other co                      | untries.) operating systems ar      | id 64-bit Java Runtime environment          |   |   |              |                     |           |
|                             |                               |                                     | Read less ^                                 |   |   |              |                     |           |
|                             |                               |                                     | Get Software                                |   |   |              |                     |           |
|                             |                               | Part Number                         | General Description                         | 0 Download 0                                  | Previous versions                                   |              |                     |           |
|                             |                               | + STM32CubeMX-Lin                   | STM32Cube init code generator for Linux     | Get Software                                  | Select version $\lor$                               |              |                     |           |
|                             |                               | <ul> <li>STM32CubeMX-Mac</li> </ul> | STM32Cube init code generator for macOS     | Get Software                                  | Select version $\lor$                               |              |                     |           |
|                             |                               | - STM32CubeMX-Win                   | STM32Cube init code generator for Windows   | Get Software                                  | Select version $\lor$                               |              |                     |           |
|                             |                               | Software Version                    | 62.1  |   |   |              |                     |           |
|                             |                               | Summiliar                           | ST  |   |   |              |                     |           |
|                             |                               | Soldway                             |   |   |   |              |                     |           |

- с. Скачать последнюю версию для вашей операционной системы
- Распаковать архив и выполнить установку по шагам из исполняемого файла
- 6. Установить пакет X-CUBE-AI в приложении STM32CubeMX через управление пакетами дополнительного программного обеспечения
  - a. запустить приложение STM32CubeMX, в верхнем меню нажать на Help, в выпадающем списке выбрать Manage Embedded Software Packages



с. Найти в списке X-CUBE-AI, раскрыть, выбрать и установить последнюю версию по шагам

| d.  |                   |
|---|-------------------|
| Embedded Software Packages Manager  | ×                 |
| STM32Cube MCU Packages and embedded software packs releases   |                   |
| Releases Information was last refreshed 21 hours ago.   |                   |
| 「 STM32Cube MCU Packages 「 STMicroelectronics RoweBots wolfSSL  |                   |
| Status Description  | Available Version |
| ▼ X-CUBE-AI   |                   |
| Artificial Intelligence   | 6.0.0             |
| Artificial Intelligence (Size : 24.77 MB)   | 5.2.0             |
| Artificial Intelligence (Size : 23.42 MB) Details   | 5.1.2             |
| Release version : 6.0.0   |                   |
| Release information :   |                   |
| Artificial Intelligence Pack version 6.0.0 for STM32 Cortex M7, M4 and M33 MCUs   |                   |
| <ul> <li>- add support of code generation with TensorFlow Lite Micro runtime</li> <li>- new operators: ONNX 20+, TFLite 20+, KERAS Lambda/Custom</li> </ul> |                   |
| From Local From Url Refresh Install Now Remove  | e Now Close       |

- 7. Установить утилиту для проброски UART порта удаленной платы на виртуальный СОМ порт локальной машины
  - a. После выполнения шагов a-h пункта 3 из раздела Connection and Tools необходимо скачать Virtual COM port application

| b.   |  |
|--|--|
| 🛲 STM32CubeMX+STM32Cube in 🗴 🎬 All-Pardware 🗴 🔛 How to configure Visibal COM P. 🗴 🕂                    | • • • ×  |
| ← → C △ ( ≜ all-hw.com/app/#/connection  | a x) ⊕ O O A # ≅ () ()   |
| 🏢 Серенсы ★ Вооктан'я 🧐 SHODAN - Comput 🖗 Адхор Хостинг 🧿 Кручинина Техни 🌚 Регистрация обра 🕲 Заполни | а форму 🎓 TensorFlow Lite  |
| ALLHARDWARE Boards Forum Contacts  | Alexander Logout   |
| Board reserv   | ution ends in: 00:59:03 Cancel   |
| in the "Session information" section below.  |  |
| STM:22 CubeIDE   |  |
| Board Reservation  |  |
| Session Information  |  |
| This information may be required to setup your IDE and other loc                                       | Ily installed tools.   |
| Device name: STM32L562OEL UP - address: 78.37.24.1   | 18 D Terminal' HART connected to ST-Link serial  |
| Connection and Tools O Debugger: STLink GDB Port: 16086  |  |
| Virtual COM Port Configuration   |  |
| This board supports the ability to bring the UART port of the remo                                     | e board to your local PC as a virtual COM port. This feature is currently supported by Windows only. All details are provided in the manual at |
| the first link below.  |  |
| Modeo and Interaction     O <u>How to use Virtual COM port</u>   |  |
| Download Virtual COM port configuration file   |  |
| Download Virtual COM port application  |  |
| OpenVPN Configuration  |  |
| In order to work through our VPN server, which may be required it                                      | some ports are not available in your network environment, use the information below.   |
| How to configure OpenVPN   |  |
|  |  |
| https://all-hw.com/app/download/All-Hardware-Setup.exe   |  |

- с. Установить утилиту из исполняемого файла по шагам, перезагрузить компьютер после установки
- Tеперь при аренде платы можно скачивать конфигурацию для виртуального СОМ порта (для каждой платы своя конфигурация, скачивайте ее каждый раз при аренде платы) и запускать с ней утилиту
- e. Запустите утилиту из места куда вы ее установили (название по умолчанию ALL-Hardware), она появится системном трее панели задач (иконка зеленого цвета)



g. При нажатии правой клавиши на иконке ALL-Hardware появится меню в котором через Open можно выбрать нужную конфигурацию



i. Выберите файл с конфигурацией, если все сделано верно, то при повторном нажатии на иконку ALL-Hardware вы увидите подключенные виртуальные СОМ порты



k. Теперь эти порты доступны на локальной машине как системные, можно проверить в диспетчере устройств



m. На сайте сервиса с удаленной платой после подключения утилиты в разделе Video and Interaction можно увидеть, что UART терминал недоступен, поскольку теперь он пробрасывается на виртуальный COM порт локальной машине и принимает подключения через него

| n.   |   |
|--|---|
| 🗃 STM32CubeVX - STM32Cube in 🗙 🔛 All-Randmare 🗙 🔛 How to configure Volumi COM P. 🗴 +   |   |
| ← → C ① ③ # all-hexcom/app/%/ession Ⅲ Opserva ★ Boatmaks ③ SHODAN-Comput. ④ Alexp Xocreer ④ Kpyrumena Texm ④ Percepague obpa ④ Janosema oppy. ● Tessofice Lite | ିହା ଝା 🗢 O O O 🚱 🌢 🗐 🖉 :<br>  🛄 Другие зэкладог |
| ALL HARDWARE Boards Forum Contacts   | Alexander Logout                                |
| Board reservation ends in: 00:37:56  | Cancel  |
| Board: STM32L562E-DK #2  | Switch the board's power:                       |
| Board Reservation Connection and Tools Connection and Tools Video and Interaction  | UART Terminal Virtual Sensor (* 1999)           |
| 🖉 sest,4710.portuil-tw 🔨   | Позлать ког Х                                   |

 Важно! При каждой новой аренде необходимо заново скачивать конфигурацию для утилиты и использовать ее для подключения виртуального COM порта

## Обучение нейронной сети для распознавания цифр

Для распознавания цифр на микроконтроллере мы будем использовать модель нейронной сети. Эту модель необходимо предварительно подготовить для разворачивания на архитектуре микроконтроллера.

Для подготовки и формирования модели нейросети мы будем использовать библиотеку TensorFlow Lite для микроконтроллеров.

Подготовка нейронной сети будет состоять из следующих этапов:

- 1. Обучение модели нейронной сети
- 2. Проверка работы модели нейронной сети
- 3. Преобразование модели к требуемому формату

После чего модель в требуемом формате будет готова для разворачивания на устройстве микроконтроллера.

Обучение модели на микроконтроллерах пока не поддерживается библиотекой TensorFlow Lite, поэтому для обучения мы воспользуемся сервисом от Google - <u>Colaboratory</u>, или просто <u>Colab</u>.

Colab, позволяет писать и выполнять код Python в браузере. При этом:

- не требуется никакой настройки;
- вы получаете бесплатный доступ к графическим процессорам;
- предоставлять доступ к документам другим людям очень просто.

Для использования всех возможностей <u>Colab</u> необходимо войти с помощью учетной записи Google.

Мы подготовили блокнот (ноутбук) для <u>Colaboratory</u> в котором подробно описан процесс обучения модели нейронной сети. Давайте воспользуемся им.

Блокнот для глубоко обучения распознавания рукописных цифр

#### Блокнот (ноутбук)

Jupyter Notebook — это командная оболочка для интерактивных вычислений. Этот инструмент может использоваться не только с Python, но и другими языками программирования: Julia, R, Haskell и Ruby. Он часто используется для работы с данными, статистическим моделированием и машинным обучением.

Для этого:

 Перейдем в сервис <u>Colaboratory</u>, на вкладке Загрузить нужно выбрать предварительно скачанный <u>блокнот</u>

| ← → C ①  | le.com/notebooks/intro.ipynb#recent=true   | A Resultance of   | a. <b>A</b> 20000000 dag  | nu 🕐 Terrorfiou i ite   |  |                                 | @ ☆ ⊕ 0 □ @ ♠ ≕ @ :               |
|--|--|---|---|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| СО Добро пожаловать в Colaborat  | tory!  | - C reacipação  | in the second second  | n) Vicialition die  |  |                                 | ер Поделиться 💠 🚺                 |
| 😑 Содержание 🛛 🗙   | + Код + Текст 🌢 Копировать на Диск   |   |   |   |  |                                 | Подключиться 👻 🧨 Редактирование 🗠 |
| <ul> <li>Q. Начало работы<br/>Аналися и обработка денных</li> <li>Мациянове обучение</li> <li>Рекорода по таме<br/>Примера использования в мациянном<br/>обучения</li> </ul> | Собаротати собаротат<br>Собаротатоту, или просто Собар, позволяе<br>на требуется никакой настрой<br>вы получаете бесплатный дост<br>о растоствелоть лостой к раки                | огу?<br>т писать и выполня<br>Примеры   | ять код Python в брауз<br>Недавние  | ере. При этом:<br>Google Диск   | GitHub   | Загрузить                       |                                   |
| Pasgen   | <ul> <li>предоставлять доступ к докум</li> <li>Это отличное решение для студенто</li> <li>Чтобы узнать больше, посмотрите о</li> </ul>   |   |   |   |  |                                 |                                   |
|  | <ul> <li>Начало работы<br/>Документ, который вы читаете, разк<br/>позволяснией писать и выполнять «<br/>Например, вот ячейка с коротким ск<br/>распечатать результат:</li> </ul> |   | Выбе  | рите файл ) Файл не выбран  |  |                                 |                                   |
|  | <ul> <li>seconds_in_s_day = 24 * 60 * 60<br/>seconds_in_s_day</li> <li>86400</li> <li>Чтобы выполнить код в ячейке выш.</li> </ul>   |   |   |   |  |                                 |                                   |
|  | сочетание клавиш Cmd/Ctrl + Веод ·<br>Переменные, заданные в одной яче<br>[]] seconds_in_s_week = 7 * seconds_in_<br>seconds_in_s_week   | a_day   |   |   | создат   | ь БЛОКНОТ ОТМЕНА                |                                   |
| <b>a</b>   | ензее<br>Благодара блокнотам Colab вы можете<br>разметку HTML, набор LaTeX и не тольк<br>доступ коллегам или друзьми, разрешин<br>Подробная информация доступна на это           | использовать в оди<br>5. Блокноты Colab I<br>8 им просматриват<br><u>й странице</u> . Чтобы | чом документе <b>испол</b> н<br>будут храниться на ва<br>ь или даже редактиро<br>г создать блокнот Cola | яемый код, форматирова<br>шем Google Диске. Вы см<br>вать документ, а также ос<br>b, можно воспользоватьс | иный текст, изобра<br>жете открыть к ни<br>гавлять коммента<br>а меню "Файл" выц | зжения,<br>ім<br>рии.<br>ве или |                                   |

•

 После чего файл откроется и в нем по шагам вы сможете создать и обучить свою нейронную сеть

|   | and and and and and and a set all accession up  |                                 |
|---|---|---------------------------------|
| Сервисы 🖈 Bookmarks 🔏 SHODAN -  | Comput 🖗 Айкор Хастинг 🔞 Кручинкина Техик 🚷 Регистрация обра 🚷 Запалнить форму 🕎 TensorFlow Lite  | 🛄 Другие за                     |
| Обучение_сети_для_расп<br>Файл Изменить Вид Вставка Ср  | ззнавания_цифр.lpynb 12<br>еда выполнения Инструменты Справка <u>Последнее сокранение 13.16</u>   | 🔲 Комментировать 🏩 Поделиться 🏚 |
| Содержание  | + Код + Текст   | Подключиться 👻 🎤 Редактирование |
| Prevention     P | 0. Приветствую         B. Stop documents the documents of the particular seasons by productions (undop. Ecrit is a concert notify the stop document of a stop docume  |                                 |
|   | figor tanks as the start and the start as a start of the |                                 |

• Внимательно читайте и следуйте инструкциям из блокнота

Также мы подготовили примеры изображений цифр, которые можно распознать:



Они вам понадобятся в блокноте при проверке обученной нейронной сети.

#### Создание прошивки для платы с помощью CubeMX X-CUBE-AI Pack

#### Описание инструмента

Приложение STM32CubeMX - - это графический инструмент, который позволяет очень легко настраивать микроконтроллеры и микропроцессоры STM32, а также генерировать соответствующий код инициализации С для ядра Arm ® Cortex ® -М или частичного дерева устройств Linux ® для Arm ® Cortex ® - Ядро) с помощью пошагового процесса.

Стандартные стеки программного обеспечения и промежуточного программного обеспечения могут быть расширены благодаря улучшенным пакетам расширения STM32Cube. Пакеты партнеров STMicrolectronics можно загрузить непосредственно из специального диспетчера пакетов, доступного в STM32CubeMX, а другие пакеты можно установить с локального диска. Кроме того, уникальная утилита в поставке STM32CubeMX, STM32PackCreator, поможет разработчикам создавать свои собственные улучшенные пакеты расширения STM32Cube.

Особенности инструмента:

- Интуитивно понятный выбор микроконтроллера или микропроцессора STM32;
- Богатый и простой в использовании пользовательский интерфейс, позволяющий настраивать:
  - Распиновку с автоматическим разрешением конфликтов
  - Функциональные режимы периферийных устройств и промежуточного программного обеспечения с динамической проверкой ограничений параметров для ядра Arm ® Cortex ® -M
  - Последовательность энергопотребления с расчетными результатами потребления
- Генерация инициализирующего кода проекта на языке C, совместимого с IAR ™, Keil
   ® и STM32CubeIDE (GCC компиляторы) для Arm ® Cortex ® ядра -M
- Разработка пакетов расширений STM32Cube с помощью STM32PackCreator
- Интеграция пакетов расширения STM32Cube в проект

#### Вам понадобятся

- 1. Обученная и подготовленная модель нейронной сети в формате .tflite (см. <u>Обучение</u> нейронной сети для распознавания цифр)
- 2. Установленное приложение <u>STM32CubeMX</u> с пакетом X-CUBE-AI Pack (см. <u>Подготовка окружения на локальной машине</u>)

# Создание прошивки для микроконтроллера

Прошивку с обученной нейронной сетью мы будем создавать для платы <u>STM32L562E</u> <u>Discovery</u>

Характеристики платы: ARM Cortex-M33 / Flash 512 Kb / SRAM 256 Kb / 1.54" TFT-LCD 240x240

Для создания прошивки необходимо сделать следующее:

• Запустить STM32CubeMX

- Внимание! В процессе создания прошивки утилита STM32CubeMX может скачивать дополнительные пакеты и обновления и подключаться к внешней базе данных.
- На начальном экране в разделе New Project выбрать Start My project from ST Board -Access to Board Selector



В списке доступных плат выберете необходимую нам <u>STM32L562E-DK</u>

| * SMJ215 Se                     | Active<br>in mass production | STMicroelectronics STM<br>Part Number: STM32L562E-OK<br>Commercial Part Number: STM32  | I32L562E-DK Disco  | Very board<br>Unit Price (US\$) : 76.0<br>Mounted Device : <u>STM32L56</u><br>The STM32L562E-DK Disco  | 20E1x0  |
|---------------------------------|------------------------------|--|--|--|---|
| ACTIVE<br>Product is<br>MB1373C | Active<br>in mass production | Part Number : STM32L562E-DK<br>Commercial Part Number : STM32  | L562E-DK   | Unit Price (US\$) : 76.0<br>Mounted Device : <u>STM32L56</u><br>The STM32L562E-DK Disco  | 2QEIXQ  |
| Product is                      | ALIVE                        | Commercial Part Number : STM32   | L562E-DK   | Mounted Device : <u>STM32L56</u><br>The STM32L562E-DK Disc   | 2QEIXQ  |
| MB1373C                         |                              |  |  | The STM32L562E-DK Disco  |   |
|                                 |                              |  |  | platform for Am <sup>®</sup> Contec <sup>®</sup> , and ARM-8-M<br>extension core-based STM:<br>microcontroller, with 512 kK Styles of<br>the STM322.562-DK Disc.<br>The STM322.562-DK Disc.<br>difference and the STM322.562-DK Disc.<br>protokyping for many wears<br>applications, with state-off-<br>protokyping for many wears<br>applications, with state-off-<br>ficiency, secure boot, and<br>software toold.   | W33 with Arm <sup>®</sup><br>mainline security<br>32L562QEIGQU<br>yites of Flash<br>SRAM.<br>overy kit makes use<br>innovative<br>atures to enable<br>ble or sensor<br>e-art energy<br>I TrustZone-based<br>ness, the on-board<br>i/des out-of-the-box  |
| Boards List: 3 items            | 3                            |  |  |  | ሰ E   |
| • Over                          | riew X Commercial Par        | No 🕈 Type  | × Marketing Sta  | tus × Unit Price (US\$)  | × Mounted Dev   |
| ☆ <b>1</b>                      | NUCLEO-L552ZE-Q              | Nucleo-144   | Active   | 20.0   | STM32L552ZETXQ  |
| \$                              | STM32L652E-EV                | Evaluation Board   | Active   | 275.0  | STM32L552ZETxQ  |
|                                 |                              |  |  |  |   |
|                                 | Boards List: 3 items         | Boards List: 3 items           Image: Commercial Part           Image: Commercial Part | Description         Commercial Part No         Type           Image: Commercial Part No         Type         Nucleo-144           Image: Commercial Part No         STM32L552E-EV         Evaluation Board | Deards List: 3 items           Image: Commercial Part No         Type         Marketing State           Image: Commercial Part No         Type         Marketing State <td>Image: Status in the second part to a second par</td> | Image: Status in the second part to a second par |

• Нажмите Start Project, в появившемся диалоговом окне нажмите NO

| eMX 🔤  | New Project from a Board<br>MCU/MPU Selector Board Selec   | tor Example Se | ector Cross | Selector                                      |   |                   |  |  | GENERAT   |  |
|--|--|----------------|-------------|---|---|-------------------|--|--|---|--|
| Existing Proj  | Board Filters  | 0              | _           | Features Large Picture                        | e Docs & Resources  | 📑 Datasheet       | 📑 Buy  | Start Project  |   |  |
| Recent Ope   | Commercial<br>Part Number  | ~              | * STM3      | STM32L562E-DK                                 | STMicroelectronics S                                      | TM32L562E-DK Dis  | covery board   |  | kanos undatos   |  |
| Cube5L.ic  | Vendor<br>Type   | >              | P           | ACTIVE Active<br>roduct is in mass production | Part Number : STM32L562E-C<br>Commercial Part Number : S1 | 0K<br>M32L562E-DK | Unit Price (US\$) : 76.0<br>Mounted Device : STM3:   | 1.562QENQ  | IATES   |  |
| Last modifie<br>Test.loc<br>Last modifie<br>CUBE5L_<br>Last modifie<br>Other Proje | MCUMPU Series<br>Check/Uncheck A<br>STM32F0<br>STM32F1<br>STM32F3<br>STM32F3<br>STM32F4<br>STM32F4<br>STM32F4<br>STM32F4<br>STM32F4<br>STM32F4 | v<br>u         |             | NE 1970                                       | pton: STMILLSEE K   |                   | The STM32L562E-DK I<br>complete demonstration<br>platform for Am <sup>®</sup> Corte<br>vertersion corre-based 3<br>microcontroller, with 51<br>memory and 256 Kbyte<br>The STM32L562E-DK i<br>utiliza low-pointer onlighted<br>of the STM32L5622-DK i<br>utiliza low-pointer onlighted<br>applications, with state-<br>efficiency, secure bod,<br>software isolation.<br>For even more user-rift<br>STLINK-V3E debuase | Discovery kil is a<br>and development<br>and development<br>"A Most with Arm <sup>®</sup><br>-At mainine security<br>TM32L5620E/60U<br>Koytes of Flash<br>of SRAM.<br>Joinsvathe<br>Instautes to ensore<br>Instautes to ensore<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instautes<br>Instaut | The Configuration<br>The Configuration Project Marc<br>Theory Theory<br>Project Marc<br>Theory Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configuration<br>Configur | Control Evention are<br>Control Evention are<br>Control Evention areas<br>Control Evention<br>Control Evention<br>Control<br>Control Evention<br>Control Evention<br>Control<br>Control Evention<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control<br>Control |
|  | STM32H7     STM32L0     STM32L1  |                | Boards List | : 3 items                                     |   |                   |  | 🔥 Export   |   | Middleware   |
|  | STM32L4  |                |             | Overview X Commerce                           | cial Part No 🗢 Type                                       | × Marketing       | Status 🛛 Unit Price (U   | S) X Mounted Device  | Timera Connectivity   | falimeda Security  |
|  | STM32L4+ STM32L5 STM32MP1  |                | ¢           | NUCLEO-L552ZE                                 | -Q Nucleo-144   | Active            | 20.0   | STM32L562ZETxQ   |   |  |
|  | STM32WB  |                | ¢           | STM32L552E-EV                                 | Evaluation Boar   | d Active          | 275.0  | STW32L552ZETXQ   | 0070691 ©   |  |
|  | Other  | >              |             |   |   |                   |  |  | 0 (TAKI)  |  |
|  | Peripheral   | >              | *           | STM32L562E-DK                                 | Discovery Kit   | Active            | 76.0   |  | 9.4411 0<br>194 0   |  |
| Ľ  |  |                | _           |   |   |                   |  |  |   |  |
|  |  |                |             |   |   |                   |  | -0   |   |  |

• В следующем окне выберите вариант "without TrustZone activated"

| TM32<br>CubeMX                   | File                              | Window          | Help |  | 🧐 🖬 🖻 🎽 🖯  |
|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------|--|--|
| Home > STM32L56                  | 2QEIXQ - STM32L562E-DH            | Cube5Lioc - Too | ls > |  | GENERATE CODE  |
| Existing Projects                | s                                 |                 |      | New Project  | Manage software installations  |
| Recent Opened                    | Projects                          |                 |      | I need to :  | Check for STM32CubeMX and embedded software packages updates   |
| Cube5L.ioc<br>Last modified date | e : 20/05/2021 12:38:54           |                 | MX   | Start My project from MCU  | CHECK FOR UPDATES  |
| Test.ioc<br>Last modified date   | e : 18/05/2021 17:26:02           |                 | MX   | ACCESS TO MCU SELECTOR   | Install or remove embedded software packages INSTALL / REMOVE  |
| CUBE5L_UAR                       | IT.ioc<br>e : 18/05/2021 16:58:47 |                 | MX   | Start My project from ST Board   | X Window Help  |
| Other Projects                   |                                   |                 | Ea   | Start My projec<br>Access T<br>Constant of the start of the s | Add powerful<br>libraries to your  |
|                                  |                                   |                 |      |  | roject wards and a second seco |
|                                  |                                   |                 |      |  | ST partners or your own  |
|                                  |                                   |                 |      |  |  |
|                                  |                                   |                 |      |  | About STM32 P External Tools   |

- Утилита начнет инициализацию прошивки (может начаться скачивание дополнительных программных пакетов)
- Далее из верхнего меню выберите Software Packs Select Components

| beMX             |                         | <u></u>                    |                       |  |   |
|------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--|---|
| me > STM32L5     | 32QEIXQ - STM32L562E-DK | Untitled - Pinout & Config | uration >             |  | GENERATE CODE   |
|                  |                         |                            | Clock Configuration   | Project Manager  | Tools   |
|                  |                         |                            | Select Components     | Pinout   |   |
| tegories A->Z    |                         |                            | Manage Software Packs | tware component to the project   |   |
| ystem Core       | >                       |                            | (C                    |  |   |
| nalog            | >                       |                            | SAN S SAN S .         | 00) (Rea) (Rea) (Rea) (Rea) (Rea) (Rea) (Rea) (Rea)  | PD12 NODUSA   |
| mers             | >                       |                            | a a                   | ACCOCCA ACC  | S (A)   |
| unnectivity      | >                       |                            |                       |  |   |
| ultimedia        | >                       |                            | RCC 0. SAILS          | PEO PEO PEO PEO POIO ED PUD DEBUG DE   | BUG SEE DW  |
| ecurity          | >                       |                            | mood smood            | NO VOD STOL AND AND VODIOS VOD UBART AS  |   |
| mouting          | >                       |                            |                       |  |   |
| iddleware        | >                       |                            | SOLO_D STP_INP        |  | SDUR .  |
| ace and Debug    | >                       |                            | 100 PT 100            | TOS DOTOS (VSS (VDD ) BIE NT BEDOU   |   |
| ower and Thermal |                         |                            |                       |  |   |
|                  |                         |                            | PHLOS MAST D          |  | Charles and the second s |
| oncies           |                         |                            | VSSAV.) DOTOS         | AUP) (vss) ( | 510 Start ( 210   |
|                  |                         |                            | (VARPA) (PAR) (       |  |   |
|                  |                         |                            |                       |  |   |
|                  |                         |                            | (VDDA) DETOS DE       | TOS DETOS STUDD AUDIO, SUC D SUC D (PUAR) (PS13 DE   | PO SUCPOS   |
|                  |                         |                            | boros boros ha        | and and the start start and and start  | and the second se |
|                  |                         |                            |                       |  |   |
|                  |                         |                            | PAS                   | en seres en seres and seres seres seres for  | SSAM SAME D   |
|                  |                         |                            |                       | UFBGA132 (Top view)  |   |
|                  |                         |                            | Q []                  | 2 🗅 🖉 💷 💻 q  | ~   |

В появившемся окне с пакетами (должно быть заранее скачано расширение X-CUBE-AI Pack, см. Подготовка окружения на локальной машине) раскройте STMicroelectronics X-CUBE-AI и укажите параметры как на картинке (Artificial Intelligence X-CUBE-AI: Core - галочка, Device Application: Application - Validation)

| 📅 🔗 🕕 🗦  |          |             |              |
|--|----------|-------------|--------------|
| Pack / Bundle / Component                        | Status   | Version     | Selection    |
| > RoweBots.I-CUBE-UNISONRTOS                     | 0        | 5.5.0-4 🖻 😜 | Install      |
| <ul> <li>STMicroelectronics.X-CUBE-AI</li> </ul> | $\odot$  | 6.0.0       |              |
| ✓ Artificial Intelligence X-CUBE-AI              | $\odot$  | 6.0.0       |              |
| Core   | $\odot$  |             | <b>V</b>     |
| Device Application                               | $\odot$  | 6.0.0       |              |
| Application                                      | $\odot$  |             | Validation ~ |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-ALGOBUILD            |          | 1.2.0 👜     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-AZRTOS-H7            | <b>Ö</b> | 1.0.0 🗎     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-BLE1                 |          | 6.2.0 😫 🕒   | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-BLE2                 |          | 3.2.0 👜     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-DISPLAY              | <b>Ö</b> | 1.0.0       |              |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-EEPRMA1              |          | 3.0.0 👜     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-GNSS1                |          | 5.2.0 👜     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-MEMS1                |          | 8.3.0 🖨     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-NFC4                 |          | 2.0.2 🖨     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-SFXS2LP1             |          | 3.0.0 🖨     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-SUBG2                |          | 4.0.0 🖆     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-TOF1                 |          | 1.0.0 👜     | Install      |
| > STMicroelectronics.X-CUBE-TOUCHGFX             |          | 4.16.1 😐    | Install      |
| > wolfSSLI-CUBE-wolfSSL                          |          | 4.7.0 😐     | Install      |
| > FreeRTOS                                       | _>       |             |              |
| > HAL Drivers                                    | G⊗       |             |              |
| > MBEDTLS  | Ð        |             |              |
|  | ÷        |             |              |

В панели слева появится пункт внизу Software Packs, в нем нажмите на STMicroelectronics X-CUBE-AI - утилита начнет конфигурирование прошивки, после чего экран обновится

| Pin                   | out & Configuration          |                         | Clock Configuration                                |                | Project Manager                      | Tools   |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------|--|----------------|--------------------------------------|---|
|                       |                              |                         | ✓ Software Packs                                   | ✓ Pinout       | rojoermanagor                        |   |
|                       | ~ ©                          | STMicroelectr           | onics.X-CUBE-AI.6.0.0 Mode and Configuration       | 1              | 😳 Pir                                | rout view III System view                           |
| gories A->Z           |                              | Listallisses X CLIPE AL | Mode   |                |                                      |   |
| utern Core            | > Device                     | Application             |  |                |                                      |   |
| log                   | <u> </u>                     |                         |  |                | Volume volume volume volume volume   | An Andres the bar for the for the former with the   |
| ers                   | >                            |                         |  |                | OPANES OCTOSES OCTOSES PAD OCTOS     | TE NEST PTS ETFINE PHO AS BAN SOL BAN SOL BAN SOL   |
| nnectivity            | >                            |                         |  |                | - AAAAA                              | AAAAAAA   |
| timedia               | >                            |                         |  |                | Contraction (see the second          |   |
| unity                 | >                            |                         |  |                | CTOSPE COTOSPE COTOSPE ( VDD ) ( VSS | DAT OCTOSPE VSS VDD PDD VISSMPS PDD                 |
| nputing               | >                            |                         |  |                |                                      | A Case former of the                                |
| dleware               | >                            |                         |  |                |                                      |   |
| ce and Debug          | >                            |                         |  |                | POD OTP RST AUDIO R FMC DAS          | VDD VSS COPD.B GEBUOL PRAINUT ED. OR                |
| wer and Thermal       | >                            |                         |  |                | THE ONE PHE DAS THE DAS PHE DAS      |   |
| lities                | · · ·                        |                         | Configuration                                      |                | 8888 B                               |   |
| tware Packs           | Reset Conf                   | guration                | Add network  | Delete network | THE DAL FUE DAL FINE DAL FINE DAD    | vooroz? EED RED FUC NOS (MC WWS                     |
| ٠                     | Mein MEin<br>Model manag     | orm.Settings +          |  |                | COSSMPS (PUARTS (PUARTS VOD) VSS     | SPILLAS ALL INT VSS VDD THE DAS FUELDAS CONNECT     |
| STMicroelectronics X- | CUBE-AI.6.0.0 N<br>Total (0) | ame R.<br>- (256.0      | AM Flash<br>I0 KiB present) - (512.00 KiB present) | Complexity     |                                      |   |
|                       |                              |                         |  |                | Para Para Para                       | ten Sor branne Per tente tentes touter touter       |
|                       |                              |                         |  |                |                                      | a fer uns Per townes cantte seaves townes corpies   |
|                       |                              |                         |  |                | AAAAA                                |   |
|                       |                              |                         |  |                | THE DAT FUE DAT HEPDI C PDI2 FMC     | AN ALE CON CELEBRE COMMENT COD TR JOB ON JUST HOUSE |
|                       |                              |                         |  |                | UFBGA1                               | 32 (Top view - Rotated +90°)                        |
|                       |                              |                         |  |                |                                      |   |

• Проверьте разделы Connectivity - USART1 (сравните с изображением)

| me STM32LE          | 562QEkQ - STM32L562E-DK | Untitled - Pinout & Con            | Figuration >  |                      |   | GENERATE CODE                                  |
|---------------------|-------------------------|------------------------------------|---|----------------------|---|--|
|                     | Pinout & Configuration  |                                    | Clock Configuration   |                      | Project Manager                             | Tools  |
|                     |                         |                                    |   |                      |   |  |
| tennies A.>7        | ~ @                     |                                    | USART1 Mode and Configuration<br>Mode                       |                      | Pinout view                                 | 11 System view                                 |
| System Core         | > Mod                   | Asynchronous                       |   | ~                    |   |  |
| nalog               | > Har                   | vare Flow Control (RS232) Disable  |   | ~                    | PAS OCTOSPE (VDDA) (VREF+) (SSAVR) AH- OSC  | LCO PW DIO DE RCC.05 RCC.06 VBAT BAILEC        |
| imers               | > Slav                  | Select(NSS) Management Disable     |   | ~                    |   |  |
| onnectivity         | ~                       |                                    |   |                      |   |  |
| e<br>EDCAN1         |                         |                                    |   |                      | Pos (sus to tobe Pos (example totoet        |  |
| FMC<br>I2C1         |                         |                                    |   |                      | CTOSPE OCTOSPE OCTOSPE (VDD) (VSS) (PAT)    | 00105PE (VSS (VDD (PDD (155MP) (PDD            |
| 12C2                |                         |                                    |   |                      |   | - AAAAA  |
| I2C4<br>IRTIM       |                         |                                    |   |                      | and they then                               |  |
| UPUART1<br>OCTOSPI1 |                         |                                    |   |                      |   | VSS CPD D AEBUO E PRAIMUE ED ONE               |
| SPI1                |                         |                                    |   |                      | Fue and Fue and Fue and Fue and             |  |
| SPI3<br>LIART4      |                         |                                    | Configuration   |                      |   |  |
| UART5<br>UCPD1      | Res                     | t Configuration                    |   | NO Callings          | FINE DAY FINE DAY FINE DAY                  | VOICOS LED RED FLIC HOS THE AND                |
| USART1<br>0 USART2  |                         | ameter Settings 🖉 Oser Constan     | is White Settings We been settings We                       | io settings          | COSSMPS (PUANTS (PUANTS (VDD) (VSS) SPIT_MO | THE INT (VSS ) (VDD ) HIC OND FULL ON BOUNDED  |
| USART3<br>USB       | Search                  | Signals<br>(Cr(I+F)                | □ Sh  | w only Modified Pins | CARRY STRUPS PART FUC DAL TWO DAL OF        | ersone Per dante staue a sounde boundet        |
|                     | Pin                     | Signal o Pin Cont Pin Privil 0     | GPIO ou GPIO m GPIO P Maximu Fast Mo                        | User Label Modified  |   |  |
| ultimedia           | > PA9<br>PA10           | USART n/a n/a r<br>USART n/a n/a r | va Alternat No pull Low n/a<br>v/a Alternat Pull-up Low n/a | USART 🗹              | (TSSMP) BESSUI (BED) (POII) (POII) (POII)   | ( res towiet teaning tenes towiet tereis       |
| ecurity             |                         |                                    |   |                      |   | ALE AST CONVICT: COD TE DISE OUT USE DE COUUSE |
| omputing            | >                       |                                    |   |                      |   |  |
| fiddleware          | <u> </u>                |                                    |   |                      | UFBGA132 (Top vi                            | ew - Rotated +90°)                             |
| race and Debug      |                         |                                    |   |                      | 0 11 0 12 0                                 |  |

• Проверьте раздел Computing - CRC должен быть Activated

| ne 🔰 STM32L562QI | EkQ - STM32L562E-DF | Untitled - Pinout 8          | & Configuration >          |  | GENERATE CODE                            |                             |   |
|------------------|---------------------|------------------------------|----------------------------|--|--|-----------------------------|---|
| Pino             | ut & Configuration  |                              | Clock Configuration        |  | Project Manager                          |                             | Tools                                   |
|                  |                     |                              | ✓ Software Packs           | Y Pinout   |  |                             |   |
|                  | ✓ Ø                 |                              | CRC Mode and Configuration |  |  | Pinout view H System        | niew                                    |
| egories A->Z     |                     |                              | Mode                       |  |  |                             |   |
| 1203             | 5                   | Activated                    |                            |  | Turne unter unter                        | 101775; 10175; 10175; 101   | P                                       |
| IRTIM            |                     |                              |                            |  | PAS OCTOSPE VDDA VREF+ )                 | SSAVR PHI-OSOL CO PUS 100   | DE RCC OS RCC OS (VBAT ) BAIL SC        |
| OCTOSPI1         |                     |                              |                            |  |  |                             |   |
| SDMMC1           |                     |                              |                            |  | PAMPE OCTOSPE OCTOSPE PAG                | CTOSPE NEST PES CTP         | THE PHO AD BAN TO SAN TO SAN TO         |
| SPI2             |                     |                              |                            |  |  |                             |   |
| SPI3             |                     |                              |                            |  | PC4 : VBUS ST ACTOSPE PC5 :              | PAMPE ACTOSPE ACTOSPE PI    | A SYRO AS USER BI SAIL MC. (CD BL.)     |
| UARTS            |                     |                              |                            |  |  |                             |   |
| UCPD1            |                     |                              |                            |  | SCTOSPE SCTOSPE SCTOSPE VDD              | VSS PAT OCTOSPE VS          | S VOD PED GISSMPS PEP                   |
| USART1<br>USART2 |                     |                              |                            |  | 0000                                     |                             | 1000                                    |
| USART3           |                     |                              |                            |  | PETRO STUDE STUDE CONT                   |                             | 001 104 PRS PR0 800 001 800             |
| USB              |                     |                              |                            |  | 0000                                     |                             | 0000                                    |
|                  |                     |                              |                            |  | The second second second second          |                             | Borning Armin & Practice and            |
| ultimedia        | >                   |                              |                            |  |  |                             | <b>AAAA</b>                             |
|                  |                     |                              |                            |  | A 4 4 4                                  |                             |   |
| scunty           | <b></b>             |                              | Configuration              |  | the two the two the two the              |                             | Carlo Carlo Carlo                       |
| omputing         | × .                 |                              |                            |  | A A A A                                  |                             |   |
| +                | R                   | set Configuration            |                            |  | ANG DE ANG DE ANG DE ANG DE              |                             | And the second second                   |
| CRC              | • P                 | arameter Settings 🛛 📀 User C | Constants                  |  |  |                             |   |
| OF GOTHET        | Gun                 | h Constants                  |                            |  | Approved famous famous Approved Approved | AND BLUDWO CONTRACT         | and the one the on bounder              |
|                  | Creat               | a constanta                  |                            | add remove   | COC.                                     | A. (R. (R. (                | A 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 |
| ddleware         | >                   | an (onerry                   |                            |  | VEXSUPS VSSSUPS Para Fue DAL             | EMC_DAD SPI1_SOK PESOMIC PI | THEARTY DEBUG & SDUMOS SDUMOS           |
| ace and Debug    | >                   | Constant Name                | Constant Valu              | De la companya de la |  |                             | 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5   |
|                  |                     |                              |                            |  | VISSIN'S DESDATE HEPDINE PDINE           | POTS SPIT_MIS PC6 SOM       | NCT STARTE GEBUOLE SDAMCT SCPDILG       |
| wer and Thermal  | >                   |                              |                            |  | A A A A                                  | A A A A                     |   |
| ilities          | >                   |                              |                            |  | THE DA FUE DA ROPOL C POI2               | MOLDAN PLEICSN ALE AST ADM  | COTE SEEDY SEEDY AND DO DOUB            |
| Burne Dasks      | ~                   |                              |                            |  |  |                             |   |
| onimend FidCho   |                     |                              |                            |  | UFB                                      | IGA132 (Top view - Rotate   | d +90°)                                 |
| \$               | REALCOO             |                              |                            |  |  |                             |   |

- Далее переходим к упаковке нейронной сети для запуска на удаленной плате
- Снова нажимаем на STMicroelectronics X-CUBE-AI в Software Packs

| Direct & Oceanization                       |                    | Cleak Configuration                |                                 | Droject Manager                          | Teals  |
|---|--------------------|------------------------------------|---------------------------------|--|--|
|   | it & Configuration | Clock Configuration                |                                 | Project Manager                          | 10015  |
|   |                    | <ul> <li>Software Packs</li> </ul> | ✓ Pinout                        |  |  |
|   | @                  | CRC Mode and Configuration         | }                               | El Pinot                                 | tt view System view  |
| A-22  |                    | Mode                               |                                 |  |  |
| 1203  | Activated          |                                    |                                 | · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·    |  |
|   |                    |                                    |                                 |  |  |
| LPUART1                                     |                    |                                    |                                 | PAS PAS POTOSPE VDDA VREF+ VSSAVR        | PHI-OSC. CO_PWE GOODEE RCC_OS: RCC_OSE VEAT : CANLECT  |
| OCTOSPI1                                    |                    |                                    |                                 |  |  |
| SDMMC1                                      |                    |                                    |                                 | beauer: Account boroset : PAD : Account  | APART I PER I PTP INT PAR ANT RAIL ON SAIL ON THAT SAIL  |
| SPI1  |                    |                                    |                                 |  |  |
| 0 5142                                      |                    |                                    |                                 | 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 1 |  |
| SPIJ  |                    |                                    |                                 | PC4 : VBUS_S: OCTOSPE : PCS : OPAMPI     | OCTOSPE OCTOSPE : PFA : OVRO AC USER BE SAIL MC (CD_BL.)   |
| CO LIARTE                                   |                    |                                    |                                 |  |  |
| LICED1                                      |                    |                                    |                                 | a a a a                                  |  |
| USART1                                      |                    |                                    |                                 | OCTOSPE OCTOSPE OCTOSPE VDD VSS          | PAT OCTOSPE VSS VDD PDD VISSMPS PDP  |
| Ø USART2                                    |                    |                                    |                                 | and and and and                          | and and and and and and  |
| ▲ USART3                                    |                    |                                    |                                 | and brunn brunn for the                  | pres and app & support pressent  |
| USB   |                    |                                    |                                 | and the first first                      | Action ( 100 - Grand Horizon   |
|   |                    |                                    |                                 | 100 MB 400 MB                            |  |
|   |                    |                                    |                                 | POD : OTP RST AUDIO R. FMC DAS           | VOD : VSS : UCPD_DE DEBUG_E PRAINUTE ERD_ORE   |
| Multimedia                                  | >                  |                                    |                                 |  |  |
|   |                    |                                    |                                 | 13.13.13.13.                             |  |
| Security                                    | >                  |                                    |                                 | FMC_DAG FMC_DAG FMC_DAG FMC_DAG          | VSS VDD PMC_NET POID POD PDB   |
|   |                    | Configuration                      | the second second second second |  |  |
| Computing                                   | ~                  |                                    |                                 | 69.69.69.69                              |  |
|   | Reset Config       | uration                            |                                 | AND DR AND DR AND DR AND DR              | Anonosi englara tanjana tanjana  |
| CRC CRC                                     | Parameter S        | Settings Settings                  |                                 | and the second second                    |  |
| A DFSDM1                                    |                    |                                    |                                 | VODEMPE (PUARTE EPUARTE VOD ) VES        | SPIT MOT BLE INT VSS : VOD : FMC DAS FMC DAS DOMMONT   |
|   | Search Constar     | nts                                |                                 |  |  |
|   |                    | ad                                 | d romovo                        |  | a a a a a a a  |
| /iddleware                                  | > [Search (Citi+F) |                                    | remore                          | VEXSMPS VSSSMPS PB13 FMC_DAC FMC_DAC     | \$PI1_SOR PESONIE PC7 : 4SARTI & EBUG_& \$DMMCE \$DMMCE  |
|   |                    | Constant Name Constant Value       |                                 |  |  |
| race and Debug                              | >                  |                                    |                                 |  | 199 (1 |
|   |                    |                                    |                                 | VIOSUPS OF SUIL GOTO JE. ( POTI ) POTI   | ShiTmis fore former device former devolution   |
| Power and Thermal                           | >                  |                                    |                                 |  | 0 0 0 0 0 0 0 0  |
|   |                    |                                    |                                 | THE DAT THE DAT HEPDI C PDI2 THE DAT     | ALE CON ALE AST SOMMEN LOD TE USE ONE USE OP VOOUSE  |
| Jtilities                                   | >                  |                                    |                                 | and the start of the                     |  |
| and the second second                       |                    |                                    |                                 |  |  |
| Software Packs                              |                    |                                    |                                 | UFBGA132                                 | (Top view - Rotated +90°)  |
| •   |                    |                                    |                                 |  |  |
| <ul> <li>STMicroelectronics.X-CU</li> </ul> | BE-AI.6.0.0        |                                    |                                 |  |  |
|   |                    |                                    |                                 | O CLO D                                  |  |
|   |                    |                                    |                                 |  |  |

• Нажимаем на Add network - появится вкладка network в нижней панели посередине

| Pino               | ut & Configuratio | Clock Configuration                                    |                           | Project Manager  | Tools  |
|--------------------|-------------------|--|---------------------------|--|--|
|                    |                   | ✓ Software Packs                                       | s V Pinout                |  |  |
|                    | × 0               | STMicroelectronics.X-CUBE-AI.6.0.0 Mode and Configura  | tion                      | 🔅 Pi   | inout view 💾 System view   |
| gories A->Z        |                   | Mode   |                           |  |  |
| FDCAN1<br>FMC      |                   | Z Arthcial Intelligence X-CUBE-A                       |                           | $ \frown  \frown $   |  |
| 12C1               |                   | Device Application                                     |                           | PAS ACTOSPE VDDA VREF+ VSSA  | WR PHI-OSC CO PAR GOODE RCCOS RCCOS VEAT ANISC   |
| 12C2<br>12C3       |                   |  |                           | <u>AAAAA</u>   | A A A A A A A  |
| 12C4               |                   |  |                           | OPAMP2 OCTOSPE OCTOSPE PAD O OCTO  | ISPE WEST PTS BIRLINE WICAG BAILESS BAILINE BAILESS  |
| LPUART1            | 1.                | Configuration  |                           |  |  |
| OCTOSPI1<br>SDMMC1 |                   | Reset Configuration Ad                                 | Id network Delete network | Contraction ( Co |  |
| SPI1               |                   | Asin Platform Settings network +                       |                           | ACTORPE ACTORPE ACTORPE ( VOD ) ( VS   | The structure was from the structure the   |
| SPI2<br>SPI3       | ĥ                 | fodel inputs<br>etwork                                 |                           | 00000  |  |
| UART4              |                   | ann y Saud medel                                       |                           | PETS STUDD STUDD CON HIST  | COL SOA PER PROPORT COL SOL  |
| UCPD1              |                   | eraa - Canao moore                                     |                           |  |  |
| USART1             |                   |  |                           | POO TE RE AUDIO R FUC DAS  | VOD VSS UCPD DE BEBUO E PRAINUT: LED ONE   |
| USART3             |                   | Model:   | Browse                    |  |  |
| USB                |                   | E  | Browse                    | TIME OND FINE DAS TIME DAS FINE DAS  | ( VSS ) ( VDD ) PMC NET ( PO10 ) ( PDS )   |
|                    |                   |  |                           | ă ă ă ă ă  |  |
| Itimedia           | ~                 | Compression: None ~                                    | 101                       | AWC DAT AWC DAT AWC DAT AND DAD  | (voorce) teo see the nee the we  |
| curity             | >                 | Validation inputs: Random numbers ~                    | 101                       | - AAAAAA   |  |
| metina             |                   | Validation extants: Name                               | Show graph                | DOSMPS (PUARTE QUARTE VDD ) VS   | S SPIL NO. BLE HE VSS VDD MC DA2 MC DA3 BOMHOT   |
| nputing            |                   | Valuation outputs.                                     | Analyze                   | - AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA   | A A A A A A A A  |
| Idleware           | >                 | Complexity: -  | Melline on dealers        | VEXSUPS VSSSUPS PRIS FILE DAY FILE   | DAS SPIT SOL DISONT PCT - VEARTIN DEBUG & SOUNCE SOUNCE  |
| ce and Debug       | >                 | Flash occupation: - (512.00 KiB present)               | vandate on desktop        |  |  |
| and The sead       |                   | RAM: - (256.00 KiB present)<br>Achieved compression: - | Validate on target        | Allowing on the Control Contro | a super contraction of the second states and the second states and the second states and state |
| wer and Thermal    |                   | Analysis status: -                                     |                           | THE DA FILE DA HEPDI C DALL  | DAT ALE CAN ALE ART COMMENT AND THE ARE ON THE ARE ON  |
| ities              | >                 |  |                           | 00000  |  |
| tware Packs        | ~                 | Validation metrics                                     |                           |  | 100 (Terrishing Detailed 1000)   |
|                    |                   | ,  |                           | UFBGA  | 132 (10p view - Rotated #30 )  |

- Далее начинаем конфигурировать нейронную сеть
- Вводим название digit\_recogniser

| Pinoul  | & Configura | ation   | Clock Configuration                         |                      | Project Manager                    |                                 | Tools                       |
|---|-------------|---|---|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|   |             |   | ✓ Software Packs                            | ✓ Pinout             |                                    |                                 |                             |
|   | ~ ©         | STMicroelectro  | nics.X-CUBE-AI.6.0.0 Mode and Configuration |                      |                                    | Pinout view III System v        | iew                         |
| ÷   | _           | Artificial Intelligence X-CUBE-AI   | wooe  |                      |                                    |                                 |                             |
| FAC     F |             | Derice Application     Reset Configuration     Man: Distance Setting: Interest.     #distance Setting: Interest.     #distance Setting: Interest.     #distance Setting: Interest.     #distance Setting: Interest. | Configuration Add m                         | tausk Deiste melausk |                                    |                                 |                             |
| Ø USART2<br>▲ USART3<br>USB<br>Multimedia   | >           | Model:  | Brow  | ise<br>ise           | The Case France in the Case France |                                 |                             |
| Security  | >           | Validation inputs: Random numbers V   |   | ٢                    | XXXX                               |                                 | XXXX                        |
| Computing   | >           | Validation outputs: None ~  |   | Show graph           | COSSIPE (PUARTE (PUARTE VI         | DD VSS SPILING BLE INT VSS      | VDD MOLDAS MOLDAS BOMMOS    |
| Middleware  | >           |   |   | Analyze              | CASHPS (SSSNPS (Pass) Fuo          | DA THE DAS PHI SCH DESOME POT   | BARTI AFBUG & SDUNCT SDUNCT |
| Trace and Debug   | >           | Complexity: -<br>Flash occupation: - (512.00 KiB present)   |   | Validate on desktop  |                                    |                                 | AAAA                        |
| Power and Thermal   | >           | Achieved compression: -   |   | Validate on target   | A DA DA DA                         |                                 |                             |
| Utilities   | >           | Childry olo oldius  |   |                      | FINC OAL FINC DAL HEPDI C          | 12 THO DAT BLE CON ALE AST SOMU | to te use out use of voouse |
| Software Packs  | ~           | Validation metrics<br>(No data to display, please perform a   | alidation first)                            |                      |                                    | LIFEGA132 (Top view - Rotated   | +90")                       |
| •   |             |   |   |                      |                                    |                                 |                             |

 Выбираем тип модели TFLite (в списке выбора справа от типа модели должно оставаться STM32Cube.Al runtime)

| 16 STM32L0020    | ERG - STM32L56 | 2E-DR Ontitled - Pinout & Configuration                                 |                              |                                      | GENERATE CODE   |
|------------------|----------------|---|------------------------------|--------------------------------------|---|
|                  |                | ion Cloc  | k Configuration              | Project Manager                      | Tools   |
|                  |                |   | ✓ Software Packs ✓ Pinout    |                                      |   |
| andon 0.57       | 🛛              | STMicroelectronics.X-CUBE-AI.6  | 6.0.0 Mode and Configuration | Pine                                 | out view Vistem view                                      |
| \$               | r              | Atificial Intelligence V CLIDE AL                                       | ~                            |                                      |   |
| FDCAN1<br>FMC    |                |   |                              |                                      |   |
| I2C1             |                | Device Application  |                              | PAS QOTOSPE VDDA VREF+ VSSAVI        | R AHLOSC CO PHE GOODEL RCC.OS RCC.OS (VBAT ) BAN SC       |
| /2C2<br>/2C3     |                |   |                              |                                      |   |
| 2C4              |                |   |                              | PAMP2 QOTOSPE QOTOSPE PAD QOTOSPE    | TE NEST PES ETPINE MICAS BATISS ANT PE BATISS             |
| IRTIM<br>PLIART1 |                | Configura   | ration                       |                                      | A A A A A A   |
| OCTOSPI1         |                | Reset Configuration   | Add network Delete network   | PC4 VEUS S OCTOSPE PCS PANP          | 1 OCTOSPE OCTOSPE PF4 OVROAT USER BE SAIT MC COLBL        |
| SDMMC1           |                | Main Platform Settings digit_recogniser +                               |                              | A A A A A                            |   |
| SPI2             |                | Model inputs  |                              | CTOSPE OCTOSPE OCTOSPE ( VDD ) ( VSS | PAT OCTOSPE VSS VDD PED VISSMPS PBP                       |
| SPI3             |                | digit_recogniser  |                              |                                      |   |
| UART5            |                | TFLite V STM  | 132Cube.Al runtime V         | PF13 STMOD STMOD CD_RST              | 201_SOA PB8 PHS BOOL 201_SCL                              |
| UCPD1            |                | Choose model  |                              |                                      |   |
| USART2           |                | Keras   |                              | POD TTP_RST AUDIO_RE FUIC DAS        | voo ) vss ) ucro_o. desuo c. esa (Nuri Leo_on)            |
| USART3           |                | ONIX  | Browse                       |                                      |   |
| USB              |                |   | Browse                       | THE DAY FAC DAY THE DAY FAC DAY      | VSS VDD PMC.NET POID POD PDS                              |
|                  |                |   |                              |                                      |   |
| Itimedia         | >              | Commention: None v  |                              | FINC DAT FINC DAT FINC DAT FINC DAD  | VODIO2 TED AND THE NOS THE NOS                            |
| -unity           | >              | Compression. Income -   | ٢                            |                                      |   |
| ,                |                | Validation inputs: Random numbers V                                     | Show arash                   | DOSMPS (PUARTS (PUARTS VOD ) VSS     | SPITINOL BLE INT ( VSS ) ( VDD ) FINC DAD FUNC DAD BOMMEN |
| nputing          | >              | Validation outputs: None ~  | Criter Stephen               |                                      |   |
| dieware          | >              |   | Analyze                      | CASSARS (SSSARS POIS FAC DA FAC DA   | A SPIT SOR DESONIE POT USARTE DEBUG & SDUNCE SOMUCE       |
|                  |                | Complexity: -   | Validate on desktop          |                                      |   |
| e and Debug      | >              | Plash occupation: - (512.00 KiB present)<br>RAM: - (256.00 KiB present) | Validate on terret           | VISSMPS DESDAT GORD PUL POIS         | SPIT_MIS POR BONNET GEARTER BEBUG_& SDIMACT SCHOLE        |
| ver and Thermal  | >              | Achieved compression: -   | vanuare on raiger            |                                      |   |
|                  |                | Analysis status: -  |                              | THE OAT THE DAT HERDI C POIL TANE DA | AT BLE CON ALE AST. SOMMON LOD TE? USB OM USB OP VOOUSB   |
| ties             | <u>&gt;</u>    |   |                              |                                      |   |
| tware Packs      | ~              | Validation metrics  |                              |                                      |   |
|                  |                | pro out to onpay, prose percent a validation moly                       |                              | UFBGA13                              | 32 (Top view - Rotated +90")                              |
|                  |                |   |                              |                                      |   |

 Выбираем файл с сохраненной моделью в формате .tflite (см. <u>Обучение нейронной</u> <u>сети для распознавания цифр</u>)



 Далее выставляем параметры проверки сети Compression - 4, Validation inputs выбираем .csv файл с числом для распознавания (можно использовать файл полученный в <u>Обучение нейронной сети для распознавания цифр</u>)



Нажимаем на Validate on Desktop - проверяем результат работы сети по распознаванию цифры из переданного файла



 Так же можно посмотреть на характеристики сети при нажатии на кнопку Analyse можно увидеть состав по слоям, значения весов и прочее

| id  | layer (type)                      | shape                 | param/size        | macc         | connected to    | Т   | c_size           | c_macc           | c |
|-----|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------|-----------------|-----|------------------|------------------|---|
| 0   | conv2d input (Input)              | (h:28, w:28, c:1)     |                   |              |                 | 1   |                  |                  |   |
|     | conv2d_0 (Conv2D)                 | (h:26, w:26, c:32)    | 320/1,280         | 194,720      | conv2d_input    | 1   |                  | +43,264(+22.2%)  | c |
|     | <pre>nl_0_nl (Nonlinearity)</pre> | (h:26, w:26, c:32)    |                   | 21,632       | conv2d_0        | 1   |                  | -21,632(-100.0%) |   |
| 1   | pool_l (Pool)                     | (h:13, w:13, c:32)    |                   | 21,632       | nl_0_nl         | T   |                  | -21,632(-100.0%) |   |
| 2   | conv2d 2 (Conv2D)                 | (h:11, w:11, c:64)    | 18,496/73,984     | 2,230,336    | pool 1          | 1   |                  | +14,144(+0.6%)   | c |
|     | nl_2_nl (Nonlinearity)            | (h:11, w:11, c:64)    |                   | 7,744        | conv2d_2        | 1   |                  | -7,744(-100.0%)  |   |
| 3   | pool_3 (Pool)                     | (h:5, w:5, c:64)      |                   | 6,400        | nl_2_nl         | I   |                  | -6,400(-100.0%)  |   |
| 4   | conv2d 4 (Conv2D)                 | (h:3, w:3, c:64)      | 36,928/147,712    | 331,840      | pool 3          | I   |                  | +576(+0.2%)      |   |
|     | nl_4_nl (Nonlinearity)            | (h:3, w:3, c:64)      |                   | 576          | conv2d_4        | 1   |                  | -576(-100.0%)    |   |
| 5   | reshape_5 (Reshape)               | (c:576)               |                   |              | nl_4_nl         | I   |                  |                  |   |
| 6   | dense_6 (Dense)                   | (c:64)                | 36,928/147,712    | 36,928       | reshape_5       | T   | -109,568(-74.2%) |                  |   |
|     | <pre>nl_6_nl (Nonlinearity)</pre> | (c:64)                |                   | 64           | dense_6         | 1   |                  |                  | 1 |
| 7   | dense_7 (Dense)                   | (c:10)                | 650/2,600         | 650          | nl_6_nl         | I   |                  |                  | c |
| 8   | nl_8 (Nonlinearity)               | (c:10)                |                   | 150          | dense_7         | T   |                  |                  | r |
| mod | el/c-model: macc=2.852.67         | 2/2.852.672 weights=  | 373.288/263.720 - | 109.568(-29. | 4%) activations | =/: | 29.824 10=/3.176 |                  |   |
|     |                                   |                       |                   |              |                 |     |                  |                  |   |
| Com | plexity report per layer          | - macc=2,852,672 weig | hts=263,720 act=2 | 9,824 ram_io | =3,176          |     |                  |                  |   |
| id  | name c_macc                       | c_rom                 |                   | c_id         |                 |     |                  |                  |   |
|     |                                   |                       |                   |              |                 |     |                  |                  |   |

- Далее переходим в раздел Project Manager и приступаем к формированию проекта с прошивкой в разделе Project
- Укажите имя проекта Project name ваше имя проекта, Project location укажите относительно папки куда установили STM32Cube MCU Package (см. <u>Подготовка</u> <u>окружения на локальной машине</u> раздел 4, пункт а) <Packet\_Folder>\ STM32Cube\_FW\_L5\_V1.4.0\Projects\STM32L562E-DK\Examples, Application Structure -Basic, Toolchain / IDE - STM32CubeIDE

| ome 🔰 STM32L5   | i62QEkQ - STM32L562E-DK 🔰 Untitled - Proj | oct Manager 🔪                       |                       | GENERATE CODE |
|-----------------|---|-------------------------------------|-----------------------|---------------|
| F               | Pinout & Configuration                    | Clock Configuration                 | Project Manager       | Tools         |
|                 | Project Settings                          |                                     |                       |               |
| Desired         | MyLSProject                               |                                     |                       |               |
| Project         | Project Location                          | since OTM22 ECCE DV/Examples) Brown |                       |               |
|                 | Application Structure                     | UTWISE UTWISE UTWISE                |                       |               |
|                 | Basic 🗸 I                                 | Do not generate the main()          |                       |               |
|                 | Toolchain Folder Location                 |                                     |                       |               |
| ode Generator   | Toolchain / IDE                           |                                     |                       |               |
|                 | STM32CubeIDE ~                            | Generate Under Root                 |                       |               |
|                 | Linker Settings                           |                                     |                       |               |
|                 | Minimum Heap Size 0x800                   |                                     |                       |               |
| wanced Settings | WITHIN COLO 02 0X 1000                    |                                     |                       |               |
|                 | /Mcu and Firmware Package                 |                                     |                       |               |
|                 | Mcu Reference<br>STM32L562QEIxQ           |                                     |                       |               |
|                 | Firmware Package Name and Version         |                                     |                       |               |
|                 | STM32Cube FW_L5 V1.4.0                    |                                     |                       |               |
|                 | Use Default Firmware Location             | 15 V14.0 Browse                     |                       |               |
|                 |   |                                     |                       |               |
|                 | ro un Conorato C                          |                                     |                       |               |
| ажили           | e ha Generale C                           | оче в правом верхно                 | зм ушу экрана утилиты |               |
| осле г          | енерации кода г                           | ЮЯВИТСЯ ОКНО                        |                       |               |
| Code            | Generation                                |                                     |                       |               |
| •               |   |                                     |                       |               |
| U.              | The Code is successf                      | ully generated under :              |                       |               |
|                 | The code is successi                      | unv denerated under .               |                       |               |
|                 | The code is successi                      | any generated under .               |                       |               |

Open Folder Open Project

- Если вы правильно указали все пути к STM32Cube MCU Package, то при нажатии на Open Project запустится STM32CubeIDE в которой после добавление в рабочему пространству, будет доступен ваш проект с созданной прошивкой
- Поздравляю! Двигаемся к следующей части!

## Использование сервиса all-hw.com для распознавания рукописных цифр

#### Описание инструмента

Приложение <u>STM32CubeIDE</u> - это универсальный инструмент разработки на C / C ++ с периферийной конфигурацией, генерацией кода, компиляцией кода и функциями отладки для микроконтроллеров и микропроцессоров STM32, который является частью программной экосистемы STM32Cube. Он основан на фреймворке Eclipse®/CDT и тулчейне GCC для разработки, и GDB для отладки.

STM32CubeIDE включает функциональность конфигуририрования и создания проектов из STM32CubeMX, что позволяет сэкономить время на установку, разработку и конфигурирование проектов.

STM32CubeIDE включает в себя анализаторы сборки и стека, которые предоставляют пользователю полезную информацию о состоянии проекта и требованиях к памяти. STM32CubeIDE также включает стандартные и расширенные функции отладки, включая просмотр регистров ядра процессора, памяти и периферийных регистров, а также наблюдение за переменными в реальном времени.

#### Вам понадобятся

- 1. Проект с прошивкой для платы <u>STM32L562E Discovery</u> (см. <u>Создание прошивки для</u> платы с помощью CubeMX X-CUBE-AI Pack)
- 2. Установленное приложение <u>STM32CubeMX</u> с пакетом X-CUBE-AI Pack (см. <u>Подготовка окружения на локальной машине</u>)
- 3. Установленное приложение <u>STM32CubeIDE</u> (см. <u>Подготовка окружения на локальной</u> <u>машине</u>)
- 4. Установленая утилита Virtual COM port application для создания вирутального COM порта на локальной машине, подключенного к удаленной плате (см. <u>Подготовка</u> <u>окружения на локальной машине</u>)

# Распознавание рукописных цифр на удаленной плате

Итак, мы уже <u>обучили нейронную сеть</u> для распознавания рукописных цифр, <u>собрали</u> <u>прошивку для платы с микроконтроллером</u> и сейчас полностью готовы для запуска нашего проекта на удаленном устройстве при помощи сервиса <u>all-hw.com</u>.

#### Начнем!

- 1. Аренда платы на сервисе <u>all-hw.com</u>
  - Заходим на страничку сервиса, авторизуемся, нам становятся доступны платы для аренды (создание учетной записи см. <u>Подготовка окружения на</u><u>локальной машине</u>)

| рғисы 🛊 Bookmarks 🤫 SHODAN - Comput | 🍄 Айхор Хостинг 😵 Кручинкина Техни.  | . 🍪 Регистрация обра 😵 Заполнить форму 🧌 Tensorfliow Lite                   | 📴 Другие зак                              |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| ALL HARDWARE Boards Foru            | m Contacts Board Reservatio          | n   | Coupons Alexander Logout                  |
| Board Reservation O                 | STM32L562E Discovery<br>TrustZone(c) | ARM Contex-M33 / Flach 512 Kb / SRAM 256 Kb / 154* TFT-LCD 240x240          | Many items available for booking          |
| Connection and Tools                | LPCXpresso55569                      | Dual core ARM Cortex-M33 / Flach 640 Kb / SRAM 320 Kb                       | Just a few items available for booking    |
| Video and Interaction               | STM32F429I Discovery                 | ARM Contex-M4 / Flash 2Mb / RAM 256K / 64-MBH SDRAM / 2.4* TFT 320+420      | Just a few items available for booking    |
|                                     | STM32G474RE DPOW1<br>Discovery       | ARM Contex-M4 / Flash S12K / RAM 128K / CORDIC / FMAC / HRTIM               | Many items available for booking          |
|                                     | STM32F469I Discovery                 | ARM Cortex M4 / Flash 2Mb / RAM 324Kb / 128 Mbit SDRAM / 4* TFF-LCD 800x480 | Just a few items available for<br>booking |

c. Прошивку мы готовили для определенной платы <u>STM32L562E Discovery</u>, ее и будем арендовать из списка доступных - Book this Board

| ALLHARDWARE Boards Foru | m Contacts                           |   | Coupons Alexander Lo                      |
|-------------------------|--------------------------------------|---|---|
|                         | Board Reservation                    | on  | Book this bo                              |
| Board Reservation O     | STM32L562E Discovery<br>TrustZone(c) | ① ARM Contex-M33 / Flach 512 Kb / SRAM 256 Kb / 1.54* TFT-LCD 240x240     | Many items available for book             |
| Connection and Tools    | LPCXpresso55569                      | Dual core ARM Cortex-M33 / Flash 640 Kb / SRAM 320 Kb                     | Just a few items available for<br>booking |
| Video and Interaction   | STM32F429I Discovery                 | ARM Contex-M4 / Flash 2Mb / RAM 256K / 64-MBIs SDRAM / 2.4" TFT 320x420   | Just a few items available for<br>booking |
| ,                       | STM32G474RE DPOW1<br>Discovery       | ARM Contex-M4 / Flash 512K / RAM 128K / CORDIC / FMAC / HRTIM             | Many items available for book             |
|                         | STM32F469I Discovery                 | ARM Contex-M4 / Flash 2Mb / RAM 324Kb / 128 Mbit SDRAM / 4" TFFLCD 800480 | Just a few items available for<br>booking |
| ,                       |                                      |   |   |

e. В разделе Connection and Tools смотрим настройки для удаленной отладки и запоминаем их

| All-Hardware x ₩ How     C ① A all-hw.com/app/index. | a configure Vinue CCM / - X +   |
|--|---|
| 🗄 Сервисы 🖈 Bookmarks 🧐 SHODAN - Com                 | uzl. 🕆 Alexo Toccare 🕲 Opynoonea Tenno. 🕲 Perceptante dopas. 🕲 Inscienting dopas. 🕐 Inscienting dopas. 🌪 Inscienting dopas.   |
| ALL HARDWARE Boards                                  | Forum Contacts Alexander Logou  |
|  | Board reservation ends in: 00:59:42 Cancel  |
|  | STM:2 <sup>*</sup> CubelDE  |
| Board Reservation                                    | Session Information   |
|  | This information may be required to setup your IDE and other locally installed tools.   |
|  | Device name: STM32L562QEI IP - address: 78.37.24.188 🗍 Terminal: UART connected to ST-Link serial   |
| Connection and Tools                                 | Debugger: STLink GDB Port: 16019  |
| ~  | Virtual COM Port Configuration  |
|  | This board supports the ability to bring the UART port of the remote board to your local PC as a virtual COM port. This feature is currently supported by Windows only. All details are provided in the manual at the first link below. |
| Video and Interaction                                | How to use Virtual COM cont   |
|  | Download Virtual COM port configuration file  |
|  | 2. Download Virtual COM port application  |
|  | OpenVPN Configuration   |
|  | In order to work through our VPN server, which may be required if some ports are not available in your network environment, use the information below.  |
|  | The to configure OpenVPN  |
| <del>(</del>   | Download Opervion configuration file  |
| sess 4710 ports all-bay                              | Rouzent por   |

g. В разделе Video and Interaction видим, что на плате стоит прошивка по умолчанию, которая считает тики и выводит их на экран



- і. Плата готова к перепрошивке
- 2. Перерошивка удаленной платы прошивкой с нейронной сетью для распознавания цифр
  - а. Идем в папку с нашим проектом и выбираем файл .project запуститься STM32CubeIDE
  - b. В верхнем меню выберите Project/Build All проект начнет собираться

| workspace_1.6.1 - STM32CubeIDE        |          |   |   |   |                    |     |   | - 8 > |
|---------------------------------------|----------|---|---|---|--------------------|-----|---|-------|
| e Edit Source Refactor Navigate Searc | :h Proje | t Run Window                                  | elp   |   |                    |     |   |       |
| • 🗟 🕲 • 🗞 • 🗎 🗶 🕲 🖉                   | 8        | Open Project                                  | • 🥭 🛷 • 🕼 🗉   | ■ #  到・初・♡ ◇・◇・ 12  | 0                  |     |   | ९ 😰 🔯 |
| Project Explorer 12                   |          | Close Project                                 |   |   |                    | - 0 | BE Outline 11 (8) Build Targets                   | 8 -   |
| MyLSProject                           |          | Build All<br>Build Confirmations<br>Build All | Ctrl+8  |   |                    |     | There is no active editor that provides an outlin | к.    |
| > 😬 Drivers                           |          | Build Project                                 |   |   |                    |     |   |       |
| > 😂 Sec                               |          | Sund working set                              | · · ·   |   |                    |     |   |       |
| > 😂 Startup                           | 100      | Prild Antomatically                           |   |   |                    |     |   |       |
| > De Inc                              |          | Pana Pratonitian any                          |   |   |                    |     |   |       |
| > 🗁 Middlewares                       |          | Build Targets                                 | >   |   |                    |     |   |       |
| digit_recogniser_generate_report.tat  |          | Generate Report                               |   |   |                    |     |   |       |
| MyLSProject.ioc                       | 0        | Generate Code                                 |   |   |                    |     |   |       |
| STM32L562QE00Q_FLASH.M                |          | Properties                                    |   |   |                    |     |   |       |
| STIMBELSKEQEDIQ_RAMJd                 | _        |   |   |   |                    |     |   |       |
|                                       |          |   |   |   |                    |     |   |       |
|                                       |          |   | Dunblance D Tache D Cascala   | te 92 III Descention  |                    |     | A & 00 00 00 00 00 1 - 01 - 01                    |       |
|                                       |          |   | <pre>protection of inter a Content<br/>5:27:29 **** Incremental Dui<br/>ake -5% all<br/>memone-cabi-size MyLSProj<br/>text data bss d<br/>941396 3122 40624 3053<br/>inished building: default.si</pre> | w compression Debug for projection of the state of | t MyLSProject **** |     | A 0 100 10 00 - 100 10 4                          |       |
|                                       |          |   |   |   |                    |     |   |       |
|                                       |          |   | 5:27:30 Guild Finished. 0 er  | errors, 0 warnings. (took 807ms)  |                    |     |   |       |
|                                       |          |   | 5:27:30 Duild Finished. 0 er  | errors, 0 warnings. (took 607ms)  |                    |     |   | 2     |
|                                       |          |   | 5:27:30 Duild Finished. 0 er  | errors, 0 warnings. (took 507ms)  |                    |     |   |       |

d. В STM32CubeIDE выбрать пункт меню Run/Debug configurations



g. Выбрать STM32 Cortex-M C/C++ Application, нажать правой клавишей, во всплывающем меню выбрать New Configuration

| File Edit source Heractor Navigate Search Project   | Kun Window Hep   |   |   |
|---|--|---|---|
|   | C C Debug Configurations   |   |   |
| Project Explorer 12   | Create manage and run configuration  |   | Outline 11 @ Build Targets  |
| > \$ <sup>™</sup> Binaries<br>> \$ <sup>™</sup> Bindudes<br>> \$ <sup>™</sup> Debug<br>> \$ <sup>™</sup> Doc  |  | Configure launch settings from this dialog  | S allettidgerh  |
| Import           Import         Import           Import <tdimport< td=""></tdimport<>   | OF- Application     OF- Application     OF- Application     OF- Application     OF- Frence Application     OF- Frence Application     OF- Frence Application     OF- Application | Image: Second                            | <ul> <li>identifying strends</li> <li>identifying strends&lt;</li></ul>   |
| Second Seco | ٢  | getos   | arbumtrantocont reptory; reptory;     end of the second reptory; reptory;     end of the second reptory; r |
|   |  |   |   |
|   |  | g romen, ga me gu centh II in Property<br>(Thinka Centh (D))<br>111 - 112 - 122 - | €¥39,⊔₩ = № (3,0,0, -   |
|   |  |   |   |
|   |  |   | ,   |
| /BSP/Drivers/STM32L5xx_HAL_Driver   |  |   |   |

i. На вкладке Debugger выбрать Connect to remote GDB server

| Create, manage, and run configurations   |   |                               |                     | - L X                        |
|--|---|-------------------------------|---------------------|------------------------------|
|  |   |                               |                     | Ť.                           |
| Image: Solution provided and solution  | me: BSP Debug<br>] Main (券 Debugger ) Startup<br>GDB Connection Settings  | Source) 🛄 <u>C</u> ommon)     |                     | ^                            |
| C/C++ Auctin O Application     C/C++ Remote Application     C/C++ Remote Application     C/C++ Remote Application     C/DE+Hardware Debugging     Launch Group     Launch Group     Launch Group     SP Jobug     SP Debug | Autostar local GDB server Host      Connect to remote GDB server Port n ebug probe ST-LINK (ST-LINK GDB serve     GDB server Command Line Options     Interface | ame or IP address   localhost | ✓ Scan              |                              |
|  | Frequency (kHz): Auto<br>Access port: 0 - Cortex-M33<br>Reset behaviour<br>Type: Software system reset ~  |                               | <ul><li>▼</li></ul> |                              |
|  | Serial Wire Viewer (SWV)  Enable Clock Settings Core Clock: 16.0 M  | iz                            |                     | Revert Apply                 |
| Filter matched 9 of 10 items   |   |                               |                     | ке <u>ч</u> ен Аррі <u>х</u> |

- k. Указать ip address и port из параметров платы, которые запомнили в пункте е. раздела 1.
- I. Нажать Apply

| m.  |  |   |        |          |
|---|--|---|--------|----------|
| Debug Configurations  |  |   |        | - 🗆 X    |
| Create, manage, and run configurations  |  |   |        | Ť.       |
| 📑 🖻 😳 🗎 🗶 🖻 🎽 🗉   | Name: BSP Debug                        |   |        |          |
| type filter text         €       C/C++ Application         €       C/C++ Atach to Application         €       C/C++ Postmortem Debugger         €       C/C++ Remote Application         €       GBH andware Debugging         €       Launch Group         ▶       Launch Group (Deprecated)         Image: M322 Cortex-M C/C++ Application         Image: BSP Debug | Main Stochaster Verwer (SWV)           | urce) Common<br>e or IP address 78.37.24.188<br>ber 16047 | Scan   |          |
|   | Clock Settings<br>Core Clock: 16.0 MHz |   | 2000   |          |
| Filter matched 9 of 10 items  |  |   | Revert | Apply    |
| ?   |  |   | Debu   | Jg Close |

- n. Запустить Debug, дождаться сборки и начала дебага.
- о. В проекте предусмотрена точка остановки по умолчанию: Temporary breakpoint 2, main () at ../Src/main.c:79 HAL\_Init(); При ее достижении надо нажать на продолжение отладки, после чего плата продолжит работу.
- р. В результате в разделе Video and Interaction сервиса можно увидеть результат работы обновленной прошивки в окне терминала

| q.                               |  |   |
|----------------------------------|--|---|
| All-Hardware X R How to co       | enfigure Virtual COM F: x +  | • • • • ×   |
| ← → C ☆ all-hw.com/app/index.htm | (#/session   | 町 会 🙂 🖸 😘 部 🖉 🔕 🗄   |
| ALL HARDWARE Boards Fo           | r τη σκατρικώτη το πρηγοποιοί πόπος. Ο πετισμοριστοφίας Ο μουσιστά φορογ για πουστού ματ<br>rum Contacts | Alexander Logout  |
|                                  | Board reservation ends in: 00:17:20 Cancel   |   |
|                                  | Board: STM32L562E-DK #4  | Switch the board's power:   |
| Board Reservation O              |  | UART Terminal Virtual Sensor 🕸  |
| ស៊្លិវ Connection and Tools O    |  | Totad network "Adjuit_recognizes"<br>Totad network "Adjuit_recognizes".<br>Tallializing the network"<br>model signature : f371af374c2c2c3c34593133b%ma570<br>model signature : f371af374c2c2c3c34593133b%ma570<br>model signature : f571af374c2c2c3c34593133b%ma570<br>model signature : f6.0<br>omplexity : 2358472 MOCC<br>omplexity : 2358472 MOCC |
| Video and Interaction            |  | ren Peset Download  |
| ÷                                |  |   |
| sess_4710_ports.all-hw           |  | Показать все Х  |
| Поиск                            | 14 <u>-                                   </u>   | ∧ 🛥 /k 4∎ PVC 1632<br>20.65.2021 😽  |

- г. Обратите внимание, что дефолтная прошивка платы была заменена на собранную нами: экран платы перестал показывать адрес сервиса и вести отсчет тиков, а в терминале появилась информация о нашей нейронной сети
- s. Плата готова распознавать изображения цифр!
- 3. Захват изображений с веб-камеры сервиса all-hw.com
  - а. Сейчас сервис <u>all-hw.com</u> позволяет получать с веб камеры локальной машины снимок и формировать из него подготовленное изображения для распознавания нейронной сетью на микроконтроллере в ручном режиме
  - b. Сама подготовка изображения для передачи его на вход нейронной сети тема отдельного семинара(учесть ограничения памяти, соответствие

входу сети и пр.), в нашем воркшопе мы ограничимся ручной последовательной обработкой

с. Для этого необходимо в разделе Video and Interaction перейти на вкладку справа Web Camera



- e. Запустить трансляцию с камеры можно по кнопке Start streaming
- f. После старта трансляции видеопотока с камеры кнопка Start streaming поменяет название на Stop streaming и станут доступны другие кнопки для подготовки изображения

| g.   |   |
|--|---|
| TT All-Hardware • × +  | • - • ×   |
| ← → C ☆ all-hw.com/app/index.html#/session   | 🖿 🔯 Q 🛧) 🌐 📿 🗖 🍪 🗯 🔕 🗄  |
| 🏢 Сервисы ★ Вооктанкз 🤗 SHODAN - Comput 🌵 Айхор Хостинг 📀 Кручинкина Техни 📀 Регистрация обра 📀 Заполнит | ть форму 🏫 TensorFlow Lite 📃 Другие закладки  |
| ALL HARDWARE Boards Forum Contacts   | Alexander Logout  |
| Board reservation ends in: 00:59:25 Cancel   |   |
| Board: STM32L562E-DK #4  | Switch the board's power:   |
| Board Reservation O  | UART Terminal Virtual Sensor Web Camera<br>Stop streaming Take a shot Preprocess image 50.329.159.3 |
| Connection and Tools O WWW.all-hw.com  |   |
| Video and Interaction O  |   |
|  | Contrast 50 Invert  |
|  | Brightness 50 Dilate  |
| <del>(</del>   | Threshold 120 Postoro   |
| # 2 O H <u>= 2 2 2 1 0 0 0 0 0 0 10 10 10 0 0 0 0 0 </u>   |   |

- h. После старта трансляции нарисуйте на бумаге цифру, которую хотите распознать лучше использовать маркер, и покажите ее в камеру
- i. Нажмите на кнопку Take a shot изображение зафиксируется



k. Далее изображение можно скорректировать при помощи различных фильтров и обработчиков, кнопки: Invert, Contrast, Convolute, Dilate, Threshold, Brightness, Crop Image



m. Можете попробовать различные преобразования, изменяя параметры преобразования в соответствующих полях ввода



- о. Кнопка Restore восстанавливает изображение к исходному виду
- р. Кнопка Resize 28\*28 преобразует изображение к нужному размеру для передачи на плату, после чего итоговый файл можно скачать по кнопке Make CSV



- г. Для обеспечения лучшего качества картинки для распознавания следует провести операции в такой последовательности:
  - Invert
  - Threshold со значением около 180 подобрать под освещение
  - Crop
  - Resize 28\*28
- s. Так же есть кнопка Preprocess image, которая позволит сразу подготовить изображение для передачи на плату. Она запускает последовательное применение необходимых фильтров к изображению для его подготовки
- t. Пример обработанного кадра с рекомендуемыми параметрами преобразования, данный кадр хорошо подходит для нейронной сети



50,3,20,50,3



- После сохранения изображения в .cvs файл его можно через CubeMX отправить на плату с предварительно установленной прошивкой для распознавания (см. следующий раздел)
- 4. Распознавание рукописных цифр на удаленной плате

u.

- Подготовьте изображение, которое хотите распознать сохраните файл .csv на локальной машине
- b. Скачайте конфигурацию для виртуального СОМ порта со страницы Connection and Tools арендованной платы (должно быть установлено Virtual COM port application, см. <u>Подготовка окружения на</u><u>локальной машине</u> раздел 7)
- с. Подключите конфигурацию через утилиту Virtual COM port application, терминал арендованной платы станет недоступен
- d. Внимание! особенность работы утилиты состоит в том, что отключать ее нужно из диспетчера задач (задача All-Hardware). Тогда терминал платы станет снова доступен. Так же виртуальные СОМ порты могут оставаться в системе в диспетчере устройств до момента перезагрузки.



- f. Плата готова к приему изображения для распознавания по СОМ порту локальной машины!
- для передачи файлов с изображениями воспользуемся средствами STM32CubeMX
- h. Идем в папку с нашим проектом и выбираем файл с расширением .ioc это файл проекта для STM32CubeMX

i. Запускается STM32CubeMX с нашим проектом прошивки с нейронной сетью

| n 🔪 STM32L562QEXQ - STM32L562E-DK 🔪 MyL5Proje | t.ioc - Pinout & Configuration >  |                              |                                       |                 | GENERATE CODE |
|---|---|------------------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|
| Pinout & Configuration                        | Clock Configuration   |                              | Project Manager                       |                 | Tools         |
| © [   | <ul> <li>Software Packs</li> </ul>  | Pinout                       | at view III System view               |                 |               |
| egorijes A->Z                                 |   |                              |                                       |                 |               |
| rstem Care >                                  | PAS   | STORE (VODA) (VET-) VESAV    |                                       | VEAT BAILSO     |               |
| mets >  |   | AAAA                         | ACAAA                                 | A A             |               |
| annectivity >                                 |   |                              |                                       | 22              |               |
| ultimedia >                                   | Prod  | VEUS E OCTOPP POS OPAMP      | DETOSPI OTTOSPI (P74 DVNO) USEN       | ANTIN COLOR     |               |
| ecurity >                                     | borrow.   | 05105P 06105P VS0 VSS        | PAT 00105P (VSS ) (VDO ) (PE          | 1 VIISMPS (PED) |               |
| amputing >                                    | (mag)   |                              | CON CON                               | PHO BO DE 1 SCL |               |
| iddieware >                                   | $\sim$  |                              |                                       |                 |               |
| ace and Debug                                 | POO   | the set wood the set         | voo vas bred                          | Porting Const   |               |
| wer and Thermal                               | in the  | THE SAS THE SAS THE SAS      | (VSS (VOD )                           | a) (PO2) (PD2)  |               |
| itties >                                      | PHO BAL   | HUC SAL FUC SAL FUC SAS      | (VD0102) CC                           |                 |               |
| atware Packs                                  |   | XXXA                         |                                       | 22              |               |
|   | (occur)   | (Prunit) (Prunit) (VSO) (VSS | etting and have have                  | and the second  |               |
|   | (LEANING)   | (2554 PB13) PMC OA PMC O     | b sent tor brasent (PCT) beautit been | and the second  |               |
|   | Constant of the second s |                              |                                       | A CAR CAR       |               |
|   |   |                              |                                       |                 |               |
|   | two bas   | THE SAC COPOL POID THE D     | aus an aus sounde unte las            | aturas at atur  |               |
|   |   |                              |                                       |                 |               |

k. Переходим в раздел Software Packs, нажимаем на STMicroelectronics X-CUBE-AI

|                         | File Window                       | Help   |                              |  |
|-------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------|--|
| STM32L562QEIx0          | a - STM32L582E-DK > MyL5Project.i | ec - Pinout & Configuration  | -                            | GENERATE CODE  |
|                         | s Configuration                   | Clock Configuration  | Project Manager              | I õõis   |
|                         | × (0)                             | STMicroelectronics X-CUBE-AL6.0.0 Mode and Configuration             | 1                            | Pinout view III System view  |
| is A+>Z                 |                                   | Mode   |                              |  |
| n Core                  | > Artificial In                   | Itelligence X-CUBE-AI  | 0.00                         |  |
|                         | > Device Ap                       | picanon  | PAS DETOSP V                 |  |
|                         | >                                 |  | PAMPE berose be              | TOTO AND ACTOR AND AND AND AND AND AND AND AND AND   |
| cthity                  | >                                 |  |                              |  |
| redia                   | >                                 |  | Por Venus or                 | TOP CALL CARD CLORE CLUB ALL CALL CALL   |
| rity                    | >                                 |  | berdse berdse be             | TOP (VD) (VSS PAT 0000P (VSS (VD) PED (155MP) PSS  |
| uting                   | >                                 |  |                              |  |
| ware                    | > Reset Cordinu                   | Configuration  |                              |  |
| and Debug               | > Main Platform                   | <u>1 Settings</u> digit_recogniser +                                 | P00 877_83                   | 100 (100 (100 (100 (100 (100 (100 (100   |
| r and Thermal           | > Model manager-                  | DAM Davb Co  | THE DA FUE DA FUE            | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  |
| es                      | > digt_recogniser<br>Total (1)    | 32.23 KiB 257.54 KiB<br>32.23 KiB (256.00 KiB 257.54 KiB (512.00 KiB | 2852672 MACC<br>2852672 MACC |  |
| are Packs               | ~                                 |  | with with the                | nega (nega (nega (nega (nega (nega   |
| ÷                       |                                   |  | (DOSMP) (PULAT) (P           |  |
| Microelectronics.X-CUBE | -41.6.0.0                         |  |                              | A A A A A A A A A A  |
|                         |                                   |  | Access barrens               | HAC DA LINE DAS SAL DER SALDAL DEL GRAND SERDE SANDER SANDER   |
|                         |                                   |  | (issues bradus) be           | POT POTT (POTT SPIT AL (POS) SOLUCE SAME DESUS SOLUCE SCOT   |
|                         |                                   |  | a a a                        | ACAAAAAAA  |
|                         |                                   |  | inclusion inclusion          | han the set of the set |
|                         |                                   |  |                              | UFBGA132 (Top view - Rotated +90")   |
|                         |                                   |  |                              |  |
|                         |                                   |  | Q [] (                       | Q 🗳 💷 🔳 🗖 🖉  |

m. Переходим на вкладку с названием нейронной сети для распознавания в нижней панели по центру

| OTHER ERODELO - OT                                    |                | relastica - Dinaut & Canfleyration                                 |                |  |   |
|---|----------------|--|----------------|--|---|
| Pinout & Cor  | information    | Clock Configuration  |                | Project Manager                              | Tools   |
|   |                | ✓ Software Packs   | ✓ Pinout       |  |   |
| ~   | 0              | STMicroelectronics X-CUBE-AI.6.0.0 Mode and Configuration          | 1              | Pinout view                                  | III System view                               |
| eponies Ar>Z  |                | Mode   |                |  |   |
| ystem Core  | > 🛛 Ar         | tificial Intelligence X-CUBE-AI                                    |                |  |   |
| polen   | > Di           | nice Application   |                | PAS DETOSE (VODA) (VREF-) VSSAV) PHLOS       | CO. PR (DID OF RCC. OF RCC. OF (VEAT) BAIL SC |
| mare  | >              |  |                |  |   |
|   |                |  |                | OPAMPS OCTOBE OCTOBE OCTOBE OCTOBE           | ALL REAL AND YOU RAILED ANTICES ANTICES       |
| annectivity   | ,              | Configuration  |                | PCA DELE DETOIR PES DEALERS DETOIR           | ATTA AND AND AND AND                          |
| lultimedia  | > Reset        | Longursson Add assessment to                                       | Delece network |  |   |
| ecurity   | > Model in     | puts   |                | betospi betospi betospi (vdb ) (vss ) (PAT ) | OCTOSP (VSS) (VOD) (PED) (PESMPS (PEA)        |
| omputing  | > digit_rec    | sgniser  |                | AAAA   | A A A   |
| liddewater  | TFLite         | <ul> <li>STM32Cube Al runtime</li> </ul>                           | ~              | and the second                               | Dell'apr Les Aureo Bell'apr                   |
|   |                | Model: /C:/Users/adarlo/Downloads/mnist.tfite Browse               |                |  | VII CON CON CONCERNING CONCERNING             |
| race and Debug  |                | Browse   |                |  | XXXX  |
| ower and Thermal                                      | Comp           | ression: 4 🗸   | ~              | the day the day the day the day              | V00 PM0 N21 (P010) (P02 (P03                  |
| tiities   | > Valida       | ation inputs: Random numbers ~                                     | <u> </u>       | 8888   |   |
| oftware Packs   | ~ Valida       | ation outputs: None 🗸  | Show graph     |  |   |
| 0   |                |  | Analyze        | COSSME LAUGERT CAUGERT VDS VSS SPIT NOT      | LE INT VIS VOD PHO DAD PHO DAD POUVOT         |
| <ul> <li>STMicroelectronics.X-CUBE-AL6.0.1</li> </ul> | Compl          | exity: 2852672 MACC<br>pocupation: 257.54 KiB (512.00 KiB present) | ate on desktop |  |   |
|   | RAM:<br>Achim  | 32.23 KB (256.00 KB present) Valid                                 | date on target | (usues (ssame) (ent) fue de fue de en see    | PET SANTE DESUS SOUNCE SOUNCE                 |
|   | Analys         | is status: -   |                |  |   |
|   |                |  |                |  |   |
|   | Valid:<br>V-X- | Alon metrics<br>cross #1   |                | FUE DA FUE DA UTPOT POTE FUE DAT HER CON     | LEAR DEVICE COTE LEAR DE LEAR DE LORISE       |
|   |                | Accuracy: 100.00%  |                | <u> </u>                                     |   |
|   |                | MAE: 0.0001  |                | UFBGA132 (Top vie                            | ew - Rotated +90")                            |
|   |                | L2R 0.0004   |                |  |   |
|   |                | Tensor name: nl. 8, ai float, ((1, 1, 10)), m id=[8]               |                | QTQDD  | 0 . Q   |

| me STM32L562QEXQ - STM32L562E-DK  | MyL5Project.icc - Pinout & Configuration   |                     |  | GENERATE CODE   |
|-----------------------------------|--|---------------------|--|---|
| Pinout & Configuration            | Clock Configuration  |                     | Project Manager  | Tools   |
|                                   | ✓ Software Packs   | ✓ Pinout            |  |   |
|                                   | STMicroelectronics X-CUBE-AL6.0.0 Mode and Configuration<br>Mode                     | on                  | © Pinc   | ut view System view                                   |
| eguise woo                        | Antificial Intellinence YuCLIRE-AL   |                     |  |   |
| ystem Core >                      | - B Davies Andiesting  |                     |  |   |
| nalog >                           | - Cruck Addentation  |                     | PAD OCTOSE VIOA VEEPA USAAV  | PHILOS CO PW GOODER ROC OS ROC OS VIAT CARLES         |
| mers >                            |  |                     | DPAMPE OCTOSPE OCTOSPE PAD DOCTOSP   | ARET PTE OTAN PAR AN AN ANTE ANTE                     |
| onnectivity                       | Configuration  |                     |  |   |
| hitimedia >                       | Reset Configuration Add met  | work Delete network | POL DUS S DETOSP POS PANP  | FOTOER GETER (PIA) BONG BERCH SAULA ECO.              |
|                                   | Main Platform Settings digt_recogniser +   |                     | A A A CO   |   |
| ecurity /                         | Model inputs   |                     | the second secon |   |
| omputing >                        | TELite STM32Cube Al natime   |                     | (****) (TANO) (TANO) (CO. 41)  | DE1 TOP PER PHARON DE1 TOP                            |
| fiddieware >                      | Market: 10-11 Learner (and and 10 munitive and 10 minute 100 me                      |                     |  |   |
| Trace and Debug                   | wide. Crosessadarobownoadsminschild  | A 20                | (rec) trains wood trains   | voo vss koro b besuit versuit (er ort                 |
| Power and Thermal                 |  |                     | and a survey and the survey  | (ver (ver)  |
| BOGLes A                          | Compression: 4 V   | 0                   | AAAA   |   |
| ,                                 | Validation inputs:adark\Downloads\tigt.csv ~   | Show graph          | FILL DAY FILL DAY FILL DAY FILL DAY  | (VORIOS) (ED. ME ME NOR (MC. NOR (MC. N)              |
| otware Packs ~                    | Validation outputs: None V   | Analyze             | - AAAAAA   |   |
| STMicroelectronics X-CUBE-AL6.0.0 | Complexity: 2852672 MACC   | telever and address | COSME CENTE CONTENTS VOD / VSS   | I ALL TAR AND ARE |
|                                   | Flash occupation: 257.54 KB (512.00 KB present)<br>PAM: 22.22 KB (256.00 KB present) | variale on ceskiop  | a must some man her as her as  | and and and and and and                               |
|                                   | Achieved compression: 1.43   | validate on target  |  | <u><u> </u></u>                                       |
|                                   | Analysis status: -   |                     | VISSUPS PESONIE DEPOSE POTT POTS   | fern und res founder sauter peaus fonner scrot        |
|                                   | Validation metrics   |                     | AAAAA  | AAAAAAA   |
|                                   | ✓ X-cross #1<br>Accuracy 100 00%   |                     | AMOTONE AMOTONE PICKARE AMOTON   | HERE ARE AND A AND A ARE ARE A AREA A                 |
|                                   | MAE: 0.0001  |                     |  |   |
|                                   | RMSE: 0.0002   |                     | UFBGA13  | 2 (Top view - Rotated +90")                           |
|                                   | L2R: 0.00104   |                     |  |   |

o. Выбираем в качестве Validation inputs один из файлов с вашими цифрами

q. Нажимаем на Validate on Target

| Use communication port: | <ul> <li>Automatic</li> </ul> |                |                     | Baudrate: | 115,200     |
|-------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|-----------|-------------|
|                         | O Manual CON                  | /11            | $\sim$              |           |             |
| Automatic compilation a | nd download                   |                |                     |           |             |
|                         |                               |                |                     | TX pin    | RX pin      |
| Enabled                 | Communication port            | on the target: | ST-Link ~           | ✓ PA9 ∨   | PA10 $\sim$ |
|                         |                               |                | Toolchain / IDE     | STM32Cu   | belDE 🗸     |
|                         |                               |                | MCU Debug interface | SWD       | $\sim$      |

s. Нажимаем на переключатель Manual, выбираем СОМ порт с НЕЧЕТНЫМ номером, который создали с помощью утилиты в пункте "с" данного раздела

| Use communication port: | <ul> <li>Automatic</li> </ul> |                     | E                    | audrate:   | 115,200 |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|------------|---------|
|                         | Manual                        | COM5                | ~                    |            |         |
| Automatic compilation a | nd download —                 |                     |                      |            |         |
|                         |                               |                     |                      | TX pin     | RX pin  |
| Enabled                 | Communication                 | port on the target: | ST-Link 🗸            | PA9 $\sim$ | PA10    |
|                         |                               |                     | Toolchain / IDE      | STM32Cut   | belDE   |
|                         |                               |                     | MCU Debug interface: | SWD        |         |

 Иажимаем ОК - STM32CubeMX начинает отправлять данные на удаленную плату, через какое-то время с платы придет ответ - какая цифра была распознана.

|   | arget   |  |  |   |  |  |   |   |   |                        |                                    |        |  |
|---|---|--|--|---|--|--|---|---|---|------------------------|------------------------------------|--------|--|
| cycles/1  | ACC : 7.5   | (avera   | ge for   | all l   | ayers)   |  |   |   |   |                        |                                    |        |  |
| c_nodes   | : 7   |  |  |   |  |  |   |   |   |                        |                                    |        |  |
| c_id i  | d de  | c  |  |   |  | oshape   |   | fmt   | ms  | (%)                    |                                    |        |  |
| 0 1   | Co  | v2dPool  | (0x109   | )   |  | (13, 1   | 3, 32)  | float32   | 44.405  | 22.8%                  |                                    |        |  |
| 1 3   | Co  | v2dPool  | (0x109   | )   |  | (5, 5,   | 64)   | float32   | 125.816   | 64.7%                  |                                    |        |  |
| 2 4   | Co  | v2D (0x  | LO3)   |   |  | (3, 3,   | 64)   | float32   | 21.212  | 10.9%                  |                                    |        |  |
| 3 (   | De  | se (0x1  | 04)  |   |  | (1, 1,   | 64)   | float32   | 3.043   | 1.6%                   |                                    |        |  |
| 4 (   | NL  | (0x107)  |  |   |  | (1, 1,   | 64)   | float32   | 0.010   | 0.0%                   |                                    |        |  |
| 5 5   | De  | se (0x1  | 94)  |   |  | (1, 1,   | 10)   | float32   | 0.057   | 0.0%                   |                                    |        |  |
| 6 8   | NL  | (0x107)  |  |   |  | (1, 1,   | 10)   | float32   | 0.022   | 0.0%                   |                                    |        |  |
|   |   |  |  |   |  |  |   |   | 194.565 (1  | total)                 |                                    |        |  |
| Running th  | e TFlite :  | odel   |  |   |  |  |   |   |   |                        |                                    |        |  |
| Saving dat  | a in the  | C:\User  | -<br>adark   | \.stm   | 32cuber  | ux" dire   | ctory   |   |   |                        |                                    |        |  |
|   |   |  |  |   | 1 4  | z with   | all data  |   |   |                        |                                    |        |  |
| creating  | the file:   | digit r  | cognis   | er va   | T TO'HC  |  |   |   |   |                        |                                    |        |  |
| creating  | the file:   | digit_r  | cognis   | er_va   | n_io.np  | -32 min  | /max=[0   | 000 0 008   | 1 maan/et/  | 100 01=1               | 0 2001                             |        |  |
| creating<br>m_outputs   | the file:<br>_1: shape  | digit_r<br>(1, 1,  | cognis<br>L, 10),  | er_va<br>dtyp   | e=float  | 32, min  | /max=[0.  | 000, 0.998  | ], mean/sto   | d=[0.100,              | 0.299]                             |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs  | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape   | digit_r<br>(1, 1,<br>(1, 1,  | cognis<br>L, 10),<br>L, 10),                                       | er_va<br>dtyp<br>dtyp   | e=float<br>e=float   | 32, min<br>32, min   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998                          | ], mean/sto<br>], mean/sto  | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri  | digit_r<br>(1, 1,<br>(1, 1,<br>:s  | cognis<br>L, 10),<br>L, 10),                                       | dtyp<br>dtyp  | e=float<br>e=float   | 32, min<br>32, min   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998                          | ], mean/sto<br>], mean/sto  | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross accu   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metric<br>racy repo  | digit_r<br>(1, 1,<br>(1, 1,<br>s<br>t #1 (r  | cognis<br>L, 10),<br>L, 10),<br>ferenc                             | dtyp<br>dtyp<br>dtyp  | r_float<br>e=float<br>e=float<br>C-model                   | :32, min.<br>:32, min.<br>.)   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998                          | ], mean/sto<br>], mean/sto  | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross accu   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri<br>racy repo   | digit_r<br>(1, 1,<br>(1, 1,<br>s<br>t #1 (r  | cognis<br>L, 10),<br>L, 10),<br>eferenc                            | dtyp<br>dtyp<br>dtyp  | e=float<br>e=float<br>C-model                              | :32, min<br>:32, min<br>.)   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998                          | ], mean/sto<br>], mean/sto  | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross accu<br>   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metric<br>racy repo-<br>output of  | digit_r<br>(1, 1, 1,<br>(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1  | ecognis<br>L, 10),<br>L, 10),<br>eference<br>erence                | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>e vs<br>model  | r_no.np<br>e=float<br>e=float<br>C-model<br>               | :32, min<br>:32, min<br>:)<br>:d as gro  | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/sto<br>], mean/sto<br>ce value                            | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross accu<br>   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri.<br>racy repo<br>output of<br>0%, rmse=  | digit_r<br>(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1   | cognis<br>1, 10),<br>1, 10),<br>eference<br>rence<br>700, ma       | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>e vs<br>model<br>e=0.0   | c-model<br>is use  | :32, min<br>:32, min<br>:)<br>:d as gr<br>i1, 12r=   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/sto<br>], mean/sto<br>ce value                            | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Cross accu  | the file:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>the metri:<br>racy repo<br>  | digit_r<br>(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1   | cognis<br>L, 10),<br>ference<br>rence<br>700, ma                   | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>e vs<br>model<br>e=0.0   | r_no.np<br>e=float<br>c-model<br><br>is use<br>0000484     | :32, min,<br>:32, min,<br>:)<br>:d as gr<br>i1, 12r=   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/sto<br>], mean/sto<br><br>ce value                        | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross accu-<br>NOTE: the<br>acc=100.(<br>10 classe   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metric<br>racy repo<br>  | digit_r(<br>(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1  | ecognis<br>L, 10),<br>eference<br>rence<br>700, ma                 | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>e vs<br>model<br>e=0.0   | r_no.np<br>e=float<br>c-model<br>is use<br>0000484         | :32, min,<br>:32, min,<br>:)<br>:d as gr(<br>:1, 12r=)   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/std<br>], mean/std<br>ce value                            | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross accu<br>NOTE: the<br>acc=100.(<br>10 classe  | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri.<br>racy repo<br>output of<br>0%, rmse=<br>s (1 samp<br>0                                      | digit_r(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1   | cognis<br>1, 10),<br>1, 10),<br>eference<br>rence<br>700, ma       | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>e=0.0   | r_float<br>e=float<br>C-model<br>                          | :32, min,<br>:32, min,<br>:)<br>:d as gru<br>11, 12r=1   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/sta<br>], mean/sta<br>ce value                            | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross accu<br>NOTE: the<br>acc=100.(<br>10 classe<br><br>C0<br>cl  | the file:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>the metri.<br>racy repo<br><br>output of<br>0%, rmse=<br>s (1 samp<br><br>0<br>0                       | digit_r(<br>(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1  | cognis<br>1, 10),<br>1, 10),<br>eference<br>rence<br>700, ma       | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>e vs<br>model<br>e=0.0   | r_tonp<br>e=float<br>c-model<br>is use<br>0000484          | :32, min,<br>:32, min,<br>:)<br>:d as gro<br>:1, 12r=:   | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/std<br>], mean/std<br>ce value                            | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross accu-<br>NOTE: the<br>acc=100.(<br>10 classe<br>   | the file:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>the metri.<br>racy repo.<br>output of<br>0%, rmse=<br>s (1 samp<br>0 .<br>0                            | digit_r(1, 1, 1, 2);<br>(1, 1, | cognis<br>1, 10),<br>1, 10),<br>eference<br>rence<br>700, ma       | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>e=0.0   | r_tonp<br>e=float<br>c-model<br>is use<br>0000484          | :32, min,<br>:32, min,<br>:)<br>ed as gro<br>il, 12r=  | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/std<br>], mean/std<br>ce value                            | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Computing<br>Cross acco<br>NOTE: the<br>acc=l00.(<br>10 classe<br>  | the file:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>the metri.<br>racy repo.<br>output of<br>0%, rmse=<br>s (1 samp<br>0<br>0<br>0                         | digit_r:<br>(1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,   | cognis<br>L, 10),<br>L, 10),<br>eference<br>rence<br>700, ma       | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>.e=0.0  | r_tonp<br>e=float<br>c-model<br>is use<br>0000484          | 32, min.<br>32, min.<br>1)<br>2d as gru<br>1, 12r=<br>1<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2<br>2  | /max=[0.<br>/max=[0.<br>pund tru<br>0.000033<br>  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/std<br>], mean/std<br>ce value                            | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_output:<br>c_output:<br>Computing<br>Cross accu<br>NOTE: the<br>acc=100.0<br>10 classe<br>  | the file:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>the metri:<br>racy repo-<br>output of<br>0%, rmse=<br>s (1 samp<br>0<br>. 0<br>                        | digit_r.<br>(1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,   | cognis<br>(, 10),<br>(, 10),<br>eference<br>rence<br>700, ma       | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>  | I_10.Hp<br>e=float<br>C-model<br><br>is use<br>0000484<br> |  | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/sta<br>], mean/sta  | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_output:<br>computing<br>Cross acco  | the file:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>the metri<br>racy repo<br><br>output of<br>0%, rms==<br>s (1 samp<br><br>0               | digit_r.<br>(1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,   | cognis<br>(, 10),<br>(, 10),<br>eference<br>700, ma                | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>  | I_10.Hp<br>e=float<br>C-model<br><br>is use<br>0000484     | <pre>32, min,<br/>32, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.<br><br>bund tru<br>0.000033<br>  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br><br>th/referen<br>907 | ], mean/sta<br>], mean/sta  | d=[0.100,<br>d=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_output:<br>c_output:<br>Computing<br>Cross accu-<br>NOTE: the<br>acc=100.(<br>10 classe<br>   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri:<br>racy repo<br>output of<br>0%, rms=<br>s (1 samp<br>0                          | digit_r:<br>(1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,   | cognis<br>(, 10),<br>(, 10),<br>eference<br>700, ma                | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>e=0.0   | 1_10.Hp<br>e=float<br>c-model<br><br>is use<br>0000484<br> | .32, min.<br>.32, min.<br>.32, min.<br>  | /max=[0.<br>/max=[0.<br>ound tru<br>0.000033  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/sta<br>], mean/sta  | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_output:<br>c_output:<br>Computing<br>Cross acc:<br>NOTE: the<br>acc=100.1<br>Cl<br>C2<br>C3<br>C4<br>C5<br>C6   | the file:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>   | digit_r.<br>(1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,   | cognis<br>1, 10),<br>1, 10),<br>eference<br>700, ma                | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>e=0.0   | 1_10.Hp<br>e=float<br>c-model<br>                          | <pre>32, min.<br/>32, min.<br/>33, min.<br/>34, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.<br>  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/sta<br>], mean/sta  | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_outputs<br>c_outputs<br>Cross accu<br>acc=l00.(<br>l0 class<br>   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>_1: the metri:<br>racy repo<br>  | digit_r:<br>(1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,   | cognis<br>(, 10),<br>(, 10),<br>eference<br>crence<br>700, ma      | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>.e=0.0  | ic.np<br>e=float<br>c-model<br>is use<br>0000484<br>i      | <pre>32, min.<br/>32, min.<br/>34, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/std<br>], mean/std<br><br>ce value                        | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]                             |        |  |
| creating<br>m_output:<br>c_output:<br>Computing<br>Cross acc:<br>NOTE: the<br>acc=l00.(<br>l0 class<br>c0<br>c1<br>c2<br>c3<br>c4<br>c5<br>c6<br>c7<br>c8   | the file:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>_1: shape:<br>   | digit_r:<br>(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1  | cognis<br>(, 10),<br>(, 10),<br>eference<br>crence<br>700, ma      | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>e=0.0   | is use<br>0000484  | <pre>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>33, min.<br/>33, min.<br/>34, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.<br>  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/std<br>], mean/std  | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]                             |        |  |
| Creating<br>m_output:<br>c_output:<br>Computing<br>Cross acc:<br>   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri<br>racy repo<br>output of<br>0%, rms=<br>s (1 samp<br>0  | digit_r:<br>(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1  | cognis<br>(, 10),<br>(, 10),<br>eference<br>rence<br>700, ma       | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>  | float<br>e=float<br>C-model<br>                            | <pre>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>33, min.<br/>34, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.<br>  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/std<br>], mean/std  | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| creating<br>m_output:<br>output:<br>Computing<br>Cross acc:<br>   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri<br>racy repo<br>output of<br>0%, rms=<br>s (1 samp<br>0  | digit_r:<br>(1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2,   | <pre>cognis L, 10), L, 10), eference rence roo, ma</pre>           | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model<br>e vs<br><br>model<br>e=0.0  | <br>e=float<br>c-model<br><br>is use<br>0000484<br>        | <pre>332, min.<br/>332, min.<br/>32, min.<br/>332, min.<br/>332, min.<br/>332, min.<br/>333, min.<br/>33</pre>   | /max=[0.<br>/max=[0.<br>  | 000, 0.998<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/std<br>], mean/std  | i=[0.100,<br>i=[0.100, | 0.299]                             |        |  |
| creating<br>m_output.<br>c_output.<br>Computing<br>Cross accu-<br>norte: the<br>acc=l00.(<br>l0 class<br>Cl Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>Cl<br>C                 | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri<br>racy repo<br>output of<br>0%, rms=<br>0 0<br>. 0<br>. 0<br>. 0<br><br><br><br> | <pre>digit_r:<br/>(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1</pre>  | <pre>cognis<br/>(, 10),<br/>(, 10),<br/>eference<br/>700, ma</pre> | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model  | e=float<br>c=model<br>                                     | <pre>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>33, min.<br/>34, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.<br>ound tru<br>0.000033<br><br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- | 000, 0.998<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/std   | =[0.100,<br>4=[0.100,  | 0.299]<br>0.299]                   |        |  |
| Creating<br>m_output.<br>c_output.<br>Computing<br>Cross acc:<br>   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri<br>racy repo<br>output of<br>0%, rms=<br>0 .<br>0 .                               | digit_r:<br>(1, 1, ;<br>(1, 1, ;<br>;s<br>t #1 (r<br>the ref(<br>.000010<br><br>1<br>1<br><br><br><br><br><br>   | <pre>ccognis L, 10), .ference</pre>                                | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>model  |  | <pre>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>33, min.<br/>34, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.<br>  | 000, 0.988<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/st  | =[0.100,<br>a=[0.100,  | 0.299]                             |        |  |
| Creating<br>m_output:<br>c_output:<br>Computing<br>Cross acc:<br>   | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri<br>racy repo<br>output of<br>0%, rms=<br>0 .<br>0 .<br>0 .                        | digit_r:<br>((, 1, 1, (, (, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1,   | <pre>ccogn1s<br/>L, 10),<br/>sference<br/>rrence<br/>700, ma</pre> | <pre>etr_va dtyp dtyp etryp model</pre>   | =  | <pre>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>33, min.<br/>34, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.<br>  | 000, 0.988<br>000, 0.998<br>                      | ], mean/st<br>], mean/st<br>ce value<br>ai_float,                 | =[0.100,<br>=[0.100,   | 0.299]<br>0.299]<br><br>)), m_id=[ | <br>3] |  |
| creating<br>m_output:<br>c_output:<br>Computing<br>Cross acc:<br>NOTE: the<br>acc=l00.(<br>l0 class<br>c0<br>c1<br>c2<br>c3<br>c4<br>c5<br>c6<br>c7<br>c8<br>c9<br>Evaluation<br>X-cross \$1<br>Y-cross \$1 | the file:<br>_1: shape<br>_1: shape<br>_1: shape<br>the metri<br>racy repo<br>output of<br>0%, rms=<br>0 .<br>0<br>0<br>0                       | digit_r:<br>((1, 1, -<br>((1, 1, -<br>   | <pre>ccognis<br/>L, 10),<br/>.; ference<br/>rrence</pre>           | er_va<br>dtyp<br>dtyp<br>ee vs<br>model<br><br>0<br><br>0<br><br>0<br><br>0<br><br>0<br><br>0<br><br>0<br><br>0<br> | <br>e=float<br>C-model<br>is use<br>00000484               | <pre>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>32, min.<br/>33, min.<br/>34, min</pre> | /max=[0.<br>/max=[0.<br>ound tru<br>0.000033<br>  | 000, 0.988<br>000, 0.998<br>                      | <pre>], mean/stu<br/>], mean/stu<br/>ce value<br/>ai_float,</pre> | =[0.100,<br>=[0.100,   | 0.299]<br>0.299]<br>               | <br>3] |  |

v. На данной картинке плата распознала двойку

- Поздравляю! у вас получилось распознать цифру на удаленной плате! Теперь можете попробовать сформировать другие цифры и передать их для распознавания (повторите разделы 3 и 4)
- Рассмотренный пример показывает возможность развертывания типовой прошивки на микроконтроллере. Вы можете в сгенерированный проект внести свои изменения, например, в области источника данных или вывода результата в терминал, чтобы получить решение с учетом ваших потребностей.

6. По аналогии с рассмотренным примером для платы <u>STM32L562E Discovery</u> можно создавать прошивки для других плат, присутствующих в сервисе all-hw.com, с другими моделями машинного обучения.

### Ссылки на материалы воркшопа

# При подготовке воркшопа были использованы материалы из следующих источников:

- 1. TensorFlow Lite руководство: <u>https://www.tensorflow.org/lite/guide</u>
- 2. Почему будущее машинного обучения «крошечное»
- 3. <u>Почему TinyML это гигантские возможности</u>
- 4. Google Colab ваше рабочее пространство на Python в облаке
- 5. MNIST Inference STM32F746 пример: <u>dimtass/stm32f746-tflite-micro-mnist: MNIST</u> inference on STM32F746 using TensorFlow Lite for Microcontrollers (github.com)
- 6. How to run neural network on STM32: <u>How to run Neural Network on STM32</u> (mirzafahad.github.io)
- 7. Getting Started with STM32CubeAI: Getting Started with STM32Cube.AI

# Дополнительные ссылки на материалы по теме воркшопа:

- 1. TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers by Pete Warden (<u>Amazon</u>)
- 2. <u>Микроконтроллеры MicroNets: архитектуры нейронных сетей для развертывания</u> <u>TinyML-приложений на бытовых микроконтроллерах</u>
- 3. <u>TensorFlow Lite Micro: Встроенное машинное обучение в TinyML-системах</u>
- 4. Библиотека глубокого обучения Tensorflow
- 5. Machine Learning on Embedded (Part 1)
- 6. Machine Learning on Embedded (Part 2)
- 7. Machine Learning on Embedded (Part 3)
- 8. Machine Learning on Embedded (Part 4)
- 9. Machine Learning on Embedded (Part 5)
- 10. <u>Академия Google TinyML</u>