

Программа управления DDS_Ctrl для Arduino Mega 2560.

Введение.

Предлагаемая программа управления предназначена для работы на платформе Arduino Mega 2560 или любой совместимой с ней плате. Программа обеспечивает управление DDS-синтезатором RN3AUS с любой версией микропрограммы, в том числе и с микропрограммой, предложенной радиолюбителем GM. Кроме того, поддерживается управление синтезатором на базе микросхемы AD9834.

Отображение информации может осуществляться как LCD-модуля («LCD KeyPad-шилд для Ардуино»), так и OLED дисплея с интерфейсом I2C. Управление осуществляется с помощью простейшей пятикнопочной клавиатуры, подключаемой к входу A0 платы Ардуино. Такая клавиатура входит в состав «LCD-шилда». В противном случае не составит труда изготовить такую клавиатуру самостоятельно по приведенной схеме.

Программа обеспечивает:

- Передачу в режимах: CW, QRSS, DFCW, HELL, OP-32, WSPR-2 и-15, JT-9, FST-4(W)
- Индивидуальную установку рабочих частот для каждого режима
- Ввод с клавиатуры сообщений для каждого из режимов
- Программирование «циклограммы» автоматического маяка, состоящей из передач в любых режимах, до 15 передач в серии.
- Установку точного времени как вручную, так и с помощью подключаемого GPS-модуля NEO-6M или подобного ему. При этом обеспечивается автоматическое определение QTH-локатора. При подключении дополнительного RTC-модуля на базе DS1307 с интерфейсом I2C точное время при отсутствии данных GPS берется с него.
- Возможность подключения компьютера с программой DDS_Ctrl.exe для прямого управления синтезатором, что бывает полезно при работе в других режимах, не реализованных в программе управления Ардуино.
- Обеспечение прямого подключения к GPS-модулю, при этом на компьютере можно использовать программу (U-center) для настройки этого модуля и получения подробной навигационной информации.
- Во всех случаях связь изделия с компьютером осуществляется штатным для Ардуино способом — через USB-порт.

Установка необходимого программного обеспечения и загрузка «скетча» в Ардуино.

Для загрузки программы («скетча») в Ардуино, необходимо установить на Ваш компьютер среду разработки Ардуино, загрузить которую можно по адресу: <https://www.arduino.cc/en/software>

Примечание: при использовании Windows XP могут быть трудности с установкой драйвером USB-порта. На версиях, начиная с Win7, установка проходит без проблем.

Далее выполнить процесс установки в папку, например, c:\Program Files\Arduino\

Распаковать в папку c:\Program Files\Arduino\libraries\ прилагаемые библиотеки RTCLib.zip и OLED_I2C.zip. Внимание! Используйте именно прилагаемую библиотеку OLED_I2C, так как она была исправлена для обеспечения ее работы в реальном времени. Стандартная одноименная библиотека, имеющаяся в Интернете, будет работать с большим отставанием системных часов Ардуино!

Скопировать на жесткий диск папку со скетчем, например c:\Radio\DDS_Ctrl_Arduino\myDDS_Ctrl\

Запустить среду разработки.

Загрузить скетч: Файл-Открыть-
C:\Radio\DDS_Ctrl_Arduino\myDDS_Ctrl\myDDS_Ctrl.ino

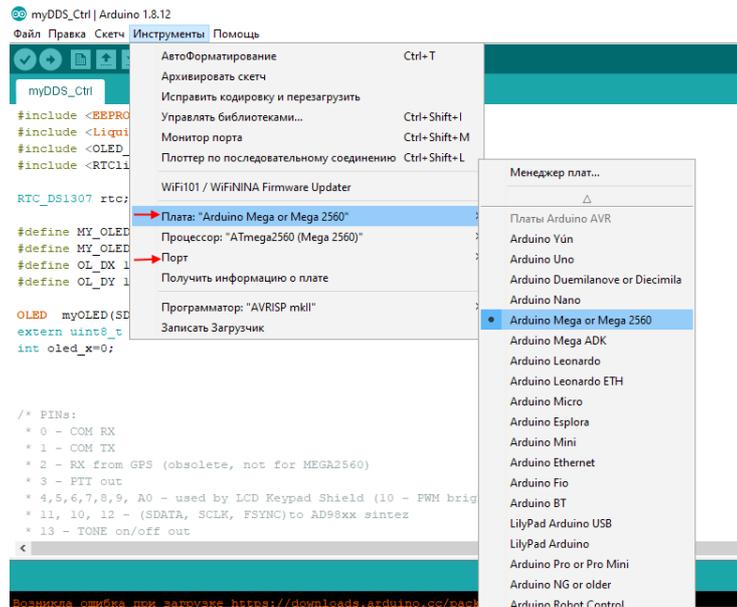
Подключить плату Ардуино к USB-порту компьютера.

Выбрать порт: Инструменты-Порт-COM4 — в Вашей системе номер порта может быть другим.

Выбрать Инструменты-Плата-Ардуино Мега 2560.

Запустить компиляцию и заливку скетча, нажав кнопку «Загрузка» (Меню-Скетч-Загрузка)

Процесс займет пару минут и должен завершиться успешно. При этом в зоне сообщений компилятора будет выведено несколько предупреждений, касающихся синтаксиса языка, эти сообщения можно игнорировать.



На этом подготовка платы Ардуино к работе закончена.

Подключение к синтезатору и вспомогательным модулям.

Плату Ардуино требуется подключить:

- к DDS-синтезатору RN3AUS
- к GPS-модулю
- к LCD-модулю (устанавливается как «мезонин» поверх платы Ардуино) или к OLED-дисплею и клавиатуре.
- К RTC-модулю (при наличии)

Способ подключения зависит от того, какой корпус Вы планируете использовать. Плата DDS-синтезатора RN3AUS разработана в формате «шилда» для Ардуино Мега 2560, на этой же плате устанавливается и GPS-модуль. Таким образом, в простейшем случае собранный комплект будет состоять из трех плат. Нижняя — Ардуино Мега. Поверх нее устанавливается плата DDS-синтезатора. И, наконец, верхняя плата — LCD-шилд или самодельная плата с OLED-дисплеем и клавиатурой.



Возможно расположить платы рядом, осуществив подключение гибкими соединителями.



Управление изделием. Система меню.

После включения изделия происходит загрузка программного обеспечения, в ходе которой идет поиск подключенных устройств — синтезатора, LCD или OLED дисплея, RTC-модуля.

По завершении загрузки изделие ожидает установки точного времени: вручную, либо от GPS-модуля.

Управление работой и настройками изделия осуществляется с помощью простой системы меню, состоящей из двух уровней: текущие (оперативные) настройки, необходимые для непосредственной работы, и настройки постоянные, которые не требуется менять часто.

Перемещение по пунктам меню осуществляется стрелками «Влево/LEFT» и «Вправо/RIGHT». Изменение значений стрелками «Вверх/UP» и «Вниз/DOWN». Ввод значения, старт и остановка передачи и т. п. - кнопкой «SELECT».

Структура меню первого уровня (оперативное):

SET TIME	BEACON	SETUP...	CW	OP-32	WSPR -2	WSPR -15	JT-9	FST4	QRSS	DFCW
Установить точное время UP/DW – ввод минут, SELECT – установить в 00 сек	Настроить/запустить циклограмму маяка	SELECT - вход в меню настроек	UP/DW – частота для CW, передавать телеграфным ключем.	UP/DW – частота, SELECT – старт/стоп TX	UP/DW – частота, SELECT – старт/стоп TX Передача начнется в с ожиданием нужного момента времени.			UP/DW – частота, SELECT – старт/стоп TX	UP/DW – частота, SELECT – старт/стоп TX	

HELL	MSG QRSS	MSG DFCW	MSG HELL	MSG JT-9	MSG FST4	DOT QRSS	DOT DFCW	DOT HELL	DOT JT-9	DOT FST4
UP/DW – частота, SELECT – старт/стоп TX	UP/DW – набор знаков кодом Морзе (UP-тире, DW -точка, на индикаторе выводится в DFCW-стиле) SELECT – ввод/удаление набранного символа				UP/DW-выбор из списка SELECT-запись	UP/DW – выбор длительности точки из списка, SELECT - запомнить				

Структура меню второго уровня (настроек):

Exit...	CALL	QTH	PWR	FREQ GEN	LF/LF2	FREQ in LF/FREE	TIMMER CORRECTIONS	GPS	USB-GPS LINK
Выход из меню настроек, возврат в основное меню	Позывной UP/DW – набор знаков кодом Морзе (UP-тире, DW -точка, на индикаторе выводится в DFCW-стиле) SELECT – ввод/удаление набранного символа	Ввод QTH	Ввод мощности UP/DW – выбор из списка, SELECT - запомнить	Выбор частоты опорного генератора DDS из списка, UP/DW SELECT-запомнить	Вкл/откл удвоения выходной частоты UP/DW, SELECT - запомнить	Вкл/откл запрета на выход за пределы 135.7-137.8 кГц UP/DW, SELECT - запомнить	Ввод величины коррекции системных часов Ардуино. UP/DW – измененит, SELECT - запомнить	Просмотр сообщений GPS	Подключен ие компьютера к GPS-модулю

USB-SYNT LINK	LOAD FST4 TONES	CLEAR EEPROM
Подключен ие компьютера к DDS	Загрузка с компьютера тонов для FST4/4W. По окончании загрузки SELECT – записать тоны в EEPROM	Очистить память EEPROM (сброс настроек) UP/DW – выбор Yes/No, SELECT - выполнить

Ввод сообщений

Ввод сообщений реализован посредством набора каждого из символов кодом Морзе. При этом кнопка «UP» соответствует тире, «DOWN» соответствует точке. Вывод набираемых знаков на экран производится в «стиле DFCW».

Например, чтобы ввести цифру 7 набираем: UP, UP, DW, DW, DW и нажимаем SELECT. На экране будет отображено: - - _ _ _

Таблица допустимых символов:

0	- - - - -	C	- _ - _	O	- - -
1	_ - - - -	D	- _ _	P	_ - - _
2	_ _ - - -	E	_	Q	- - _ -
3	_ _ _ - -	F	_ _ - _	R	_ - _
4	_ _ _ _ -	G	- - _	S	_ _ _
5	_ _ _ _ _	H	_ _ _ _	T	-
6	- _ _ _ _	I	_ _	U	_ _ -
7	- - _ _ _	J	_ - - -	V	_ _ _ -
8	- - - _ _	K	- _ -	W	_ - -
9	- - - - _	L	_ - _ _	X	- _ _ -
A	_ -	M	- -	Y	- _ - -
B	- _ _ _	N	- _	Z	- - _ _
ПРОБЕЛ	- _ _ _ -	ДРОБЬ	- _ _ - _		

Стереть ошибочно введенный символ можно повторным нажатием SELECT.

Установка частоты.

Установка частоты осуществляется индивидуально для каждого режима работы. Изменить частоту можно кнопками UP — увеличение и DW — уменьшение. При первых нажатиях изменениям подвергаются доли Герца, при последующих (или удержании кнопки нажатой) шаг изменения частоты постепенно увеличивается — единицы Гц, десятки Гц, сотни Гц. При инверсии направления изменения частоты шаг сбрасывается к минимальному. Это позволяет максимально точно выставить требуемую частоту с минимальным количеством нажатий кнопок.

Если включен режим FREQ in LF (в подменю SETUP...), то для каждого режима будут действовать соответствующие частотные границы по достижении которых частота перестает изменяться. Если же выбрано FREQ is FREE, то таких границ нет и можно установить любую желаемую частоту. При нажатии кнопки SELECT установленная частота запоимнается в EEPROM и начинается передача выбранного режима на этой частоте, которую можно прекратить повторным нажатием SELECT.

Установка точного времени.

Для работы многих цифровых режимов (WSPR, JT-9, FST4) требуется точное время. Поэтому после включения система ожидает ввода точного времени либо вручную, либо от GPS-модуля. На экран выводится время в формате ММ:СС, то есть минуты и секунды текущего часа. Так сделано из соображений, что для всех цифровых режимов важна привязка к точному времени в пределах текущего часа, то есть к минутам и секундам.

Вручную точное время вводится следующим образом: кнопками UP/DW устанавливается ближайшее значение минут (например, 18), при этом поле секунд остается равным :00. Затем дожидаются, когда на эталонных часах время покажет ЧЧ:18:00 и нажимают SELECT. Часы изделия начинают идти.

Если в составе изделия есть RTC-модуль, то значение текущего времени будет считано с него, остается лишь убедиться, что время отображается правильно. При ручном вводе значение хранимого в RTC времени также будет скорректировано.

Если подключен GPS модуль, то на экране будет индицироваться мигающий значок «GPS». Когда модуль поймает спутники и примет точное время, на экран будет выводиться мигающая надпись «GPS =>» и время изделия установится автоматически.

Коррекция системного таймера.

В зависимости от конкретной модели приобретенной Вами платы Arduino Mega 2560 может зависеть точность хода ее системного таймера. Часто тактирование осуществляется от простого кварца, в других случаях на плате оказывается установлен генератор TCXO. Разумеется предпочтение нужно отдавать более качественным платам. Однако в программе предусмотрена возможность калибровки хода системного таймера. Это необходимо для правильного формирования длительностей посылок в каждом из режимов передачи, что может довольно чувствительно сказываться на качестве приема во всех цифровых режимах.

Первоначально необходимо измерить величину «выбега» системного таймера. Для этого потребуются образцовые часы. Кроме того, нужно обеспечить отсутствие приема сигнала GPS-модулем (накрыть изделие куском фольги). Включают изделие, устанавливают вручную точное время и засекают **ровно десять минут** по часам на экране изделия. По образцовым часам определяют, сколько прошло времени на самом деле.

Далее находят разность **$\Delta T = \text{Тистинное} - \text{Tarduino}$** .

Если часы Ардуино идут точно, то $\Delta T = 0$. Если часы Ардуино отстают, то $\Delta T > 0$; иначе, когда они спешат $\Delta T < 0$.

Более точный результат можно получить, если увеличить период измерения до 30 минут или часа. Найденное значение нужно пересчитать к 10 минутному интервалу. Например за 30 минут разница времени

составила 12,3 секунды, тогда $\text{deltaT} = 12,3 * 10 / 30 = 4,1$ секунды. Именно это значение и нужно вводить.

Еще один способ измерения deltaT без отключения GPS-модуля — выполнить передачу в OP-32. Время передачи должно составить ровно 1957,8 сек. Если получилось, например, 1962 секунды, то

$$\begin{aligned} \text{deltaT} &= (\text{Тардуино} - 1957,8) * 600 / 1957,8 = \\ &= (\text{Тардуино} - 1957,8) * 0.306 \end{aligned}$$

В нашем примере получится $(1962-1957.8)*0.306=1,258$ сек

Теперь найденное калибровочное значение нужно ввести в меню настроек: **Setup... - Timer Correction**, стрелками UP или DW выставляем найденную поправку, нажимаем SELECT. Теперь полезно рестартовать программу и вновь померить точность хода системного таймера. Если все было сделано правильно, разность хода часов будет исчезающе мала. Если же разность наоборот возросла, значит ошиблись при вводе со знаком поправки.

Процедуру коррекции обычно требуется выполнить лишь один раз, при подготовке изделия к работе.

Подготовка циклограммы маяка.

Изделие может работать как автономный мульти-режимный маяк. Для подготовки циклограммы служит пункт меню BEACON. Стрелками UP/DW выбирают необходимый режим или команду. Кнопка SELECT подтверждает выбор режима или исполняет команду. Введенные команды и режимы отображаются во второй строке в виде краткой записи. Максимальная длина этой записи равна 15.

Режимы/команды:

load		Команда, загрузить циклограмму из EEPROM
run		Команда, старт циклограммы (запуск маяка)
QRSS	Q	режим QRSS
DFCW	D	режим DFCW
HELL	H	режим HELL
OP32	O	режим OP32
WSPR	w	режим WSPR-2
WR15	W	режим WSPR-15
JT-9	J	режим JT-9
FST4	F	режим FST4/FST4W
RPT	R	Команда повтора циклограммы с начала
save		Команда, записать циклограмму в память EEPROM
clr		Команда, стереть последний режим
T=00	T	Режим ожидания начала часа 00:00
T=30	t	Режим ожидания получаса 00:00 или 00:30

Например, мы можем набрать следующую последовательность:

T O w w W R

После запуска маяка (командой run) будет происходить следующее:

- ожидание начала часа 00:00
- передача OP32 на частоте, установленной для этого режима. (Конец передачи в 32:38)
- передача WSPR-2 с ожиданием начала очередной четной минуты (34:00)
- передача WSPR-2 с ожиданием начала очередной четной минуты (36:00)
- передача WSPR-15 с ожиданием начала минуты, кратной 15 (00:00 или 15:00 или 30:00 или 45:00). В данном случае 45:00. Конец передачи в 59:сс.
- возврат к началу циклограммы.

Исполнение циклограммы можно прекратить в любой момент нажатием кнопки SELECT.

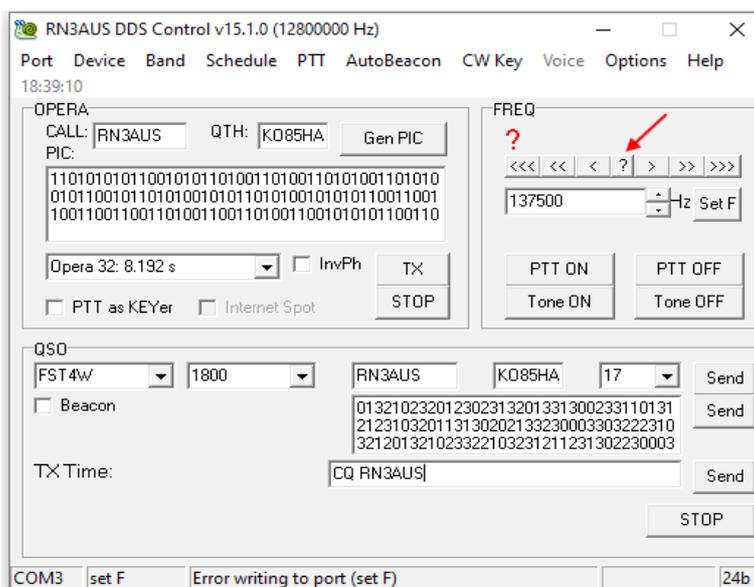
Если маяк был активен и внезапно изделие было выключено, то после рестарта режим маяка активизируется автоматически и начнется исполнение циклограммы с ее начала. Коррекция времени от GPS осуществится в моменты ожидания начала любого из синхронных режимов. Это позволяет эксплуатировать изделие в полностью автономном режиме, без гарантированного электропитания. В любом случае после восстановления питания работа маяка возобновляется.

Признаком активности маяка служит надпись «BCN» в правом нижнем углу.

Управление синтезатором от компьютера.

Если подключить изделие к USB порту компьютера, то для работы можно использовать программу DDS_Ctrl, которая имеет более широкие возможности по сравнению с программой для Ардуино.

В программе DDS_Ctrl необходимо выбрать COM-порт, которому соответствует подключенное устройство (обычно тот же номер порта, что определен в среде разработки Ардуино, когда мы «заливали» скетч). Далее в поле установки частоты можно нажать кнопку «?», либо сделать то же самое через меню Help – DDS version.



Возможно, первоначально появится сообщение DDS not connected. Повторите команду еще 1-2 раза. Появится сообщение «DDS version 4» и на экране отобразится текущая установленная частота синтезатора. Проверьте, что синтезатор управляется подачей команды PPT ON – PTT OFF, должно быть слышно срабатывание реле PTT синтезатора.

На дисплее изделия появится надпись «USB link to SINTH». Изделие находится в прямом управлении от компьютера.

По окончании использования внешнего управления можно либо рестартовать изделие, либо выйти из указанного режима кнопками LEFT/RIGHT и далее выйти из меню настроек (Exit...).

Ручной ввод тонов FST4/FST4W.

Для работы в режиме FST4/FST4W необходимо в память изделия ввести заранее подготовленные тоны. К сожалению, процесс кодирования сообщения в этих режимах достаточно сложен и для его реализации недостаточно памяти Ардуино. Поэтому вычисление последовательности тонов для желаемого сообщения необходимо предварительно выполнить на компьютере. Это можно сделать с помощью программы DDS_Ctrl.exe, либо

с помощью утилиты **fst4sim.exe**, входившей в состав дистрибутива WSJT-X2.3-rc1. (Эта же утилита прилагается в архиве с программой DDS_Ctrl в папке fst4, вместе с файлами библиотек: libfftw3f-3.dll, libgcc_s_dw2-1.dll, libgfortran-4.dll, libquadmath-0.dll и libwinpthread-1.dll).

Создайте командный файл fst4w_make_tones.bat, содержащий строку:

```
fst4sim "RN3AUS KO85 20" 60 1500 0.0 1 0.1 1.0 0 0 T > fst4tones.txt
```

(Вы должны ввести свои данные в кавычках — позывной, локатор и уровень мощности — как для WSPR). Такой формат соответствует режиму FST4W (маяк).

После запуска командного файла образуется файл fst4tones.txt:

```
Message: RN3AUS KO85 20          W: T iwspr: 1
f0: 1500.000 DT: 0.00 hmod: 1 TxT: 51.8 SNR: 0.0
```

```
Message bits:
11000111100011100110110001101001100000111010011000011001110111001000111000000
00000000000000000000000000000000
```

Channel symbols:

```
0132102320
1230231320
1331300233
1301312123
1032012030
2302111233
3131330030
0011310132
1023131132
3001000103
0223130031
0033231032
0131332103
1022130330
3122111023
1001321023
```

Нам потребуются Channel symbols – это и есть искомая последовательность из 160 тонов.

Для передачи произвольных сообщений в режиме FST4 (для QSO) необходимо скорректировать строку, например:

```
fst4sim "CQ RN3AUS KO85" 60 1500 0.0 1 0.1 1.0 0 0 F > fst4tones.txt
```

Будут сформированы тоны для этого сообщения.

Ручной ввод тонов обеспечивается в меню FST4 TONES. Принцип ввода подобен тому, как это было описано при создании циклограммы маяка. Стрелками UP/DW выбираем пункт из списка, кнопкой SELECT выполняем его. Тоны обозначаются цифрами **0...3**. Выбрав очередной тон, нажимаем SELECT. Во второй строке будут индцироваться введенные тоны и их количество. Если какой-то тон введен ошибочно, его можно стереть командой **<-del**. По окончании набора (или в его процессе, чтобы не потерять введенные данные) последовательность тонов необходимо записать в EEPROM, выбрав и выполнив команду **SAVE**. Загрузить ранее набранные тоны для продолжения редактирования можно командой **LOAD**. Стереть набранную строку можно командой **ERASE** (Внимание! Вся строка будет стерта целиком! Не потеряйте свой труд!). Однако стирается только содержимое строки в оперативной памяти, информация в EEPROM не

изменяется. Если команда была дана ошибочно, можно повторно загрузить ранее сохраненную строку командой **LOAD**.

Загрузка тонов FST4/FST4W.

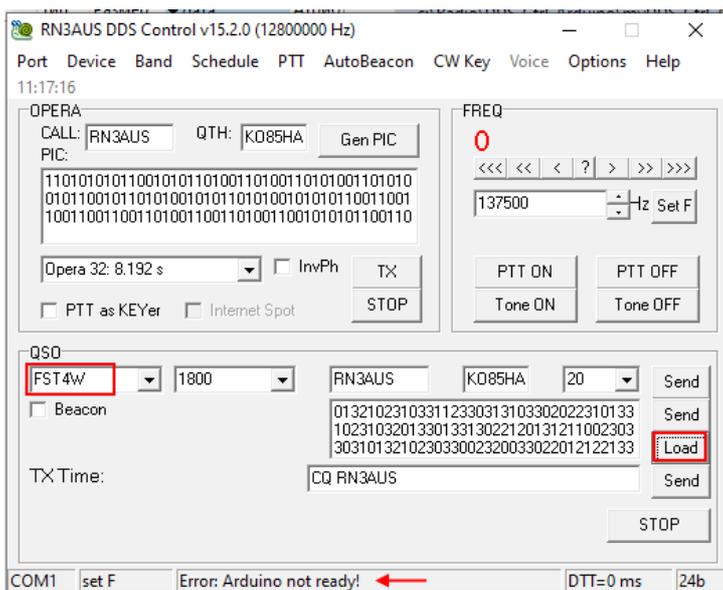
Вводить тоны FST4 вручную достаточно долго, необходимо без ошибок ввести 160 символов. Ускорить процесс можно путем загрузки этих тонов с компьютера. Для этого необходимо войти в меню настроек SETUP... - LOAD FST4 TONES.

Подготовив тоны на компьютере, нужно их направить в соответствующий COM-порт в виде строки, начинающейся символом Z:

Z0321020302032231231233012.....

После флага Z должно следовать 160 цифр, обозначающих тоны FST4/4W. В ответ Ардуино возвращает компьютеру полученные символы, начиная с флага Z. Любые символы, отличающиеся от 0...3 игнорируются и в память не заносятся.

Программа DDS_Ctrl.exe поддерживает режим записи тонов FST4 в Ардуино. Для этого служит кнопка Load рядом с полем, содержащим сформированные тоны FST4. В строке состояния программы отображается ход обмена с Ардуино.



По мере приема символов на дисплее изделия будет индцироваться увеличивающийся счетчик и содержимое строки тонов. Когда строка принята, счетчик будет показывать 160. Для записи тонов в EEPROM необходимо нажать SELECT. В противном случае ввод тонов можно повторить, послав с компьютера новую строку с флагом Z.

Когда тоны введены и записаны в EEPROM, следует покинуть меню настроек.

Работа в режиме CW.

Ручной режим.

Изделие позволяет работать классическим телеграфом. Для подключения вертикального телеграфного ключа предназначен разъем XS1.

В основном меню следует перейти в режим CW. Кнопками UP/DW установить желаемую частоту передачи, нажать SELECT.

Далее можно начать манипуляцию телеграфным ключом, при этом будет происходить автоматическое включение РТТ и его последующее отключение при отсутствии манипуляции более 0,5 сек(QSK).

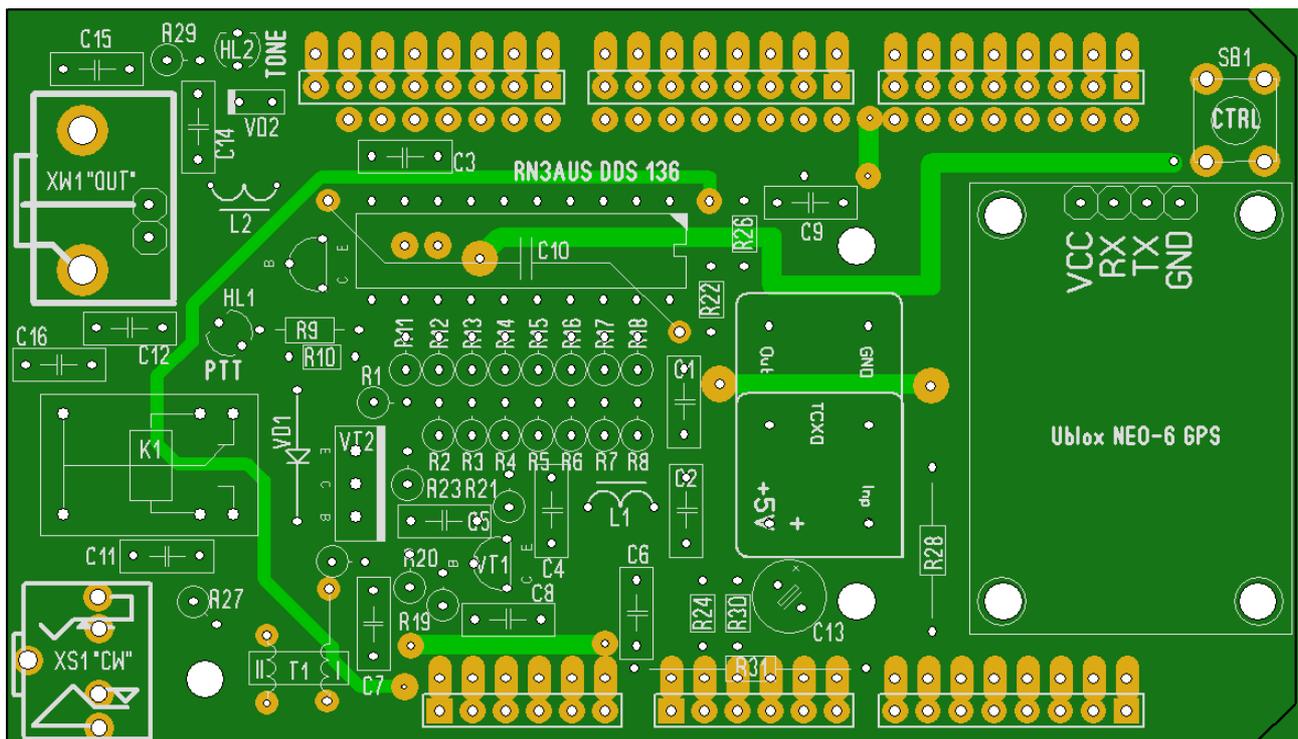
Автоматический режим.

Для передачи CW-маяка или короткого опознавательного маркера между циклами передач цифровых режимов следует в меню QRRS DOT выбрать значение длительности точки равной 0 сек, при этом передача сообщения будет происходить со скоростью 10 wpm. Текст сообщения вводится в меню MSG QRSS и имеет максимальную длину 15 символов.

Перечень элементов синтезатора.

C5	= 1 x 0,01мк
C7	= 1 x 2н2
C10	= 1 x 4,7мк тантал
C13	= 1 x 100мк x 6,3В
C12,C15	= 2 x 22нФ
C2,C4	= 2 x 220
C1,C3,C6,C8,C9,C11, C14,C16	= 8 x 0,1мк
DD1	= 1 x АТТіny 2313 или АТТіny 4313 (лучше 4313)
G1	= 1 x 12,8 МГц ТСХО
HL1	= 1 x "РТТ"
HL2	= 1 x "Тone"
K1	= 1 x NRP02-C05DH
L1	= 1 x 6мГн (120 витков на кольце К10Х6Х3 2000НМ)
L2	= 1 x 100 мкГн (17 витков на кольце К10Х6Х3 2000НМ)
R27	= 1 x 10
R25	= 1 x 20к *
R1,R11,R12,R13, R14,R15,R16, R17,R18	= 9 x 20к
R10,R24,R28, R30	= 4 x 1к
R2,R3,R4,R5,R6, R7,R8,R19,R20,	
R31	= 10 x 10к
R22,R26	= 2 x 4к7
R9,R21,R23,R29	= 4 x 470
SB1	= 1 x "Управление"
T1	= 1 x К10х6х4.5
VD1,VD2	= 2 x 1N4148
VT2	= 1 x КТ817А
VT1,VT3	= 2 x 2N222А
XS1	= 1 x Стерео ST-111 3,5 мм или подобное ("CW")
XW1	= 1 x BNC-7043 ("OUT 50 Ом")

Расположение элементов на плате синтезатора.



Примечания:

Резистор R25 находится рядом с VT2 (ниже его), не подписан.

Конденсатор C10 устанавливается с обратной стороны платы.

При монтаже транзисторов VT1 и VT3 ориентируйтесь на обозначение электродов C, B, E! Цоколевка на плате (ориентация корпуса) на плате соответствует транзистору BC547. Для транзисторов 2N2222 в зависимости от производителя цоколевка может отличаться! Чаще всего встречаются 2N2222 с обратной цоколевкой (E-B-C), при этом на плату они ставятся "задом на перед" относительно обозначенной на плате ориентации корпуса транзистора. Будьте внимательны!

Под панелькой микроконтроллера находятся контактные площадки, соединенные с выводами 8 и 9 МК. Установить перемычку между ними (или джампер) с обратной стороны платы. Когда перемычка установлена, синтезатор работает в штатном режиме.

Если перемычку **удалить**, то будет **выключен** режим автоотключения РТТ при отсутствии команд более 20 минут (защита от зависания управляющей программы). При этом, однако, появляется возможность передачи длительной (многочасовой) когерентной несущей.

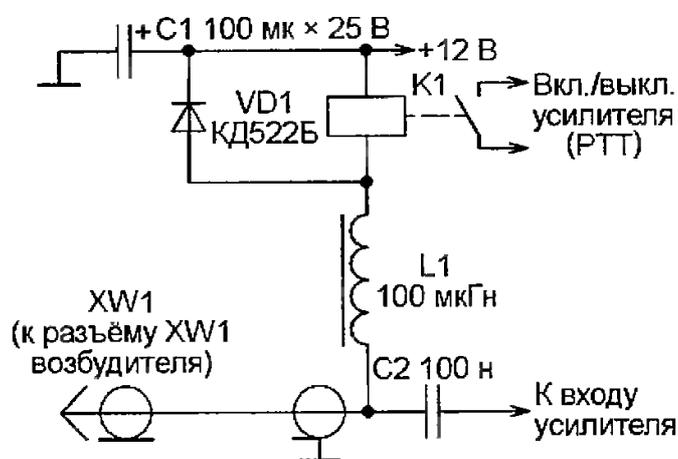
Налаживание синтезатора обычно сводится к подбору такой величины резистора R25, чтобы напряжение на базе VT2 при отсутствии сигнала равнялось 0,3-0,4 В (при подаче питания +9В), транзистор закрыт.

Первичная обмотка трансформатора T1 (20 витков) имеет индуктивность около 600 мкГн и настраивается в резонанс конденсатором C7 на частоту 137 кГц. При этом на коллекторе VT2 сигнал должен иметь

форму синусоидальных импульсов с отсечкой, без выбросов. Если у Вас получилось другое значение индуктивности первичной обмотки — подберите С7.

Обратите внимание, что вторичная обмотка Т1 (15 витков) и корпус коаксиального разъема ХW1 гальванически развязаны с общей шиной изделия и заземляются по ВЧ через С16. Такая развязка сделана для уменьшения возможных наводок при работе синтезатора с усилителем мощности.

Управление включением усилителя мощности (РТТ) осуществляется с помощью реле К1, которое своими контактами замыкает цепь постоянного тока, шунтируя конденсатор С11. При этом подача сигнала РТТ происходит по тому же коаксиальному кабелю, что и сигнала 137 кГц. На входе передатчика должна присутствовать схема разделения ВЧ-сигнала и РТТ:



Как видно из схемы, в передатчике также присутствует реле, обмотка которого получает питание +12В, а второй ее конец через развязывающий дроссель, центральную жилу коаксиального кабеля и далее контакты реле К1 в синтезаторе, коммутируется на «землю».

Такая подача сигнала РТТ на передатчик кажется несколько усложненной, однако этому есть объяснение. Чаще всего приходится вместе с синтезатором располагаться на удалении от мощного передатчика во избежании наводок и длительного присутствия оператора в ВЧ-поле большой напряженности (если удлиняющая катушка расположена у передатчика). В этой ситуации сокращение количества проводов, соединяющих передатчик и синтезатор, до одного оказывается очень удобным.

Катушка L1 (120 витков) с конденсаторами С2, С4 образуют ФНЧ с частотой среза около 200 кГц. От качества этого ФНЧ (добротности катушки L1) зависит степень присутствия «джиттера», дрожания фазы, формируемого сигнала. Можно использовать готовую катушку с указанной индуктивностью. Если при налаживании уровень сигнала на выходе ФНЧ оказывается малым (доли вольта), то, очевидно, индуктивность L1 получилась слишком большой.

На выходе усилителя синтезатора также установлен низкоомный ФНЧ

L2, C12, C15. Для обеспечения устойчивости усилителя при работе на рассогласованную нагрузку (холостой ход или короткое замыкание) перед ФНЧ установлен резистор R27. Допустимо использовать готовый дроссель 100 мкГн. Если сигнал на разъеме XW1 мал (доли вольта) и светодиод HL2 не зажигается, при этом на коллекторе VT2 присутствуют импульсы амплитудой в несколько вольт — это является признаком слишком большой индуктивности L2. Частота среза ФНЧ получилась ниже требуемой и сигнал 137 кГц подавляется.

Проверить собранный синтезатор можно автономно, без подключения к Ардуино. Для этого на контакты платы +5В и +9В подают напряжение +5В (выходной каскад может работать и при пониженном напряжении). Далее коротким нажатием кнопки SB1 включают генерацию несущей 137500 Гц, повторным коротким нажатием несущая отключается. Длинное нажатие (более 2-3 секунд) включает/отключает РТТ, срабатывает реле K1.

Если наблюдается неуверенное срабатывание кнопки SB1, следует увеличить емкости конденсатора C3 – возможно, присутствует дребезг контактов. Важно также наличие танталового конденсатора C10, устанавливаемого с обратной стороны платы максимально близко к выводам питания и земли микроконтроллера — на шине питания могут присутствовать паразитные ВЧ-импульсы, нарушающие нормальную работу МК.

Схема соединений при монтаже гибкими соединителями.

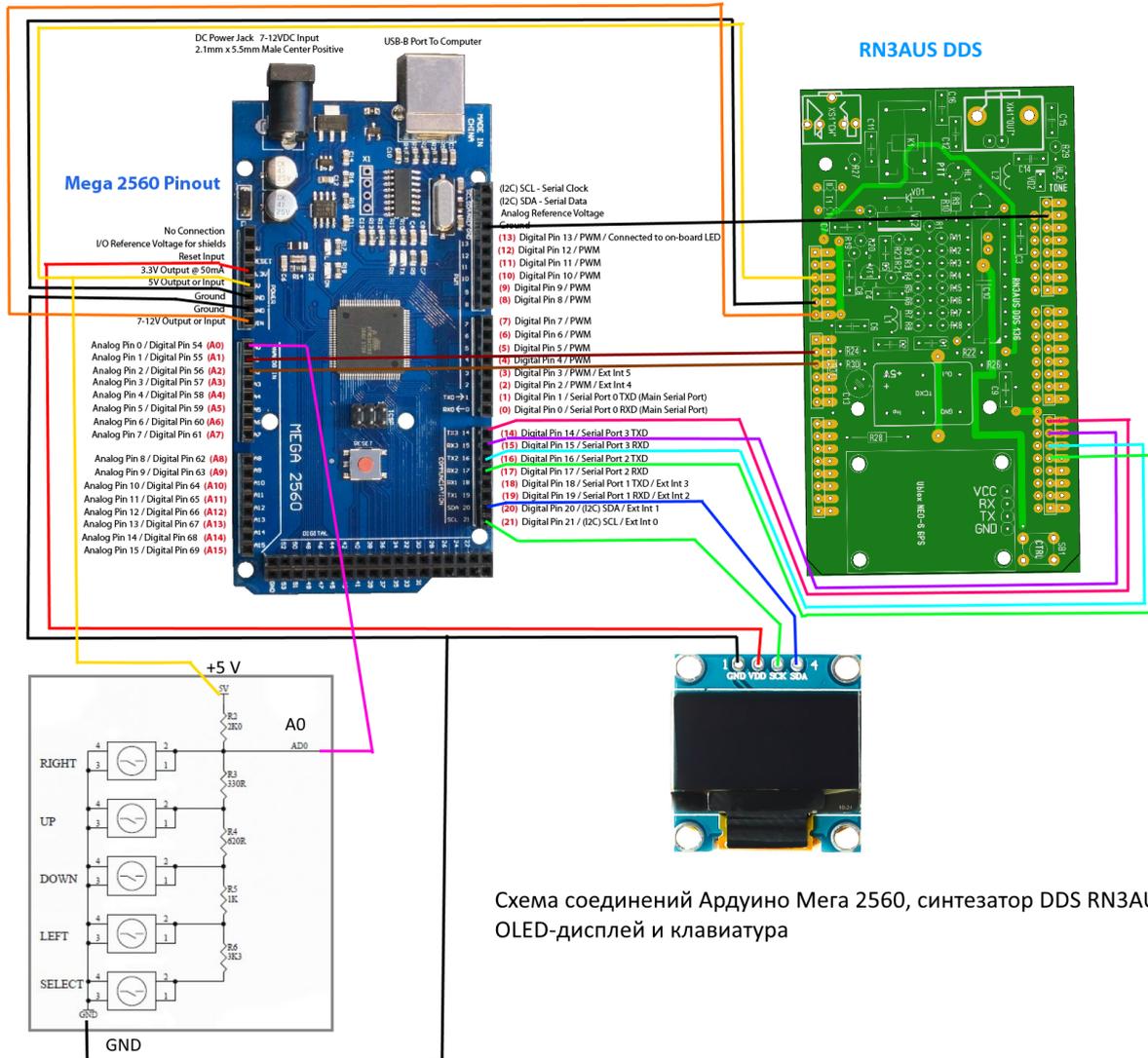
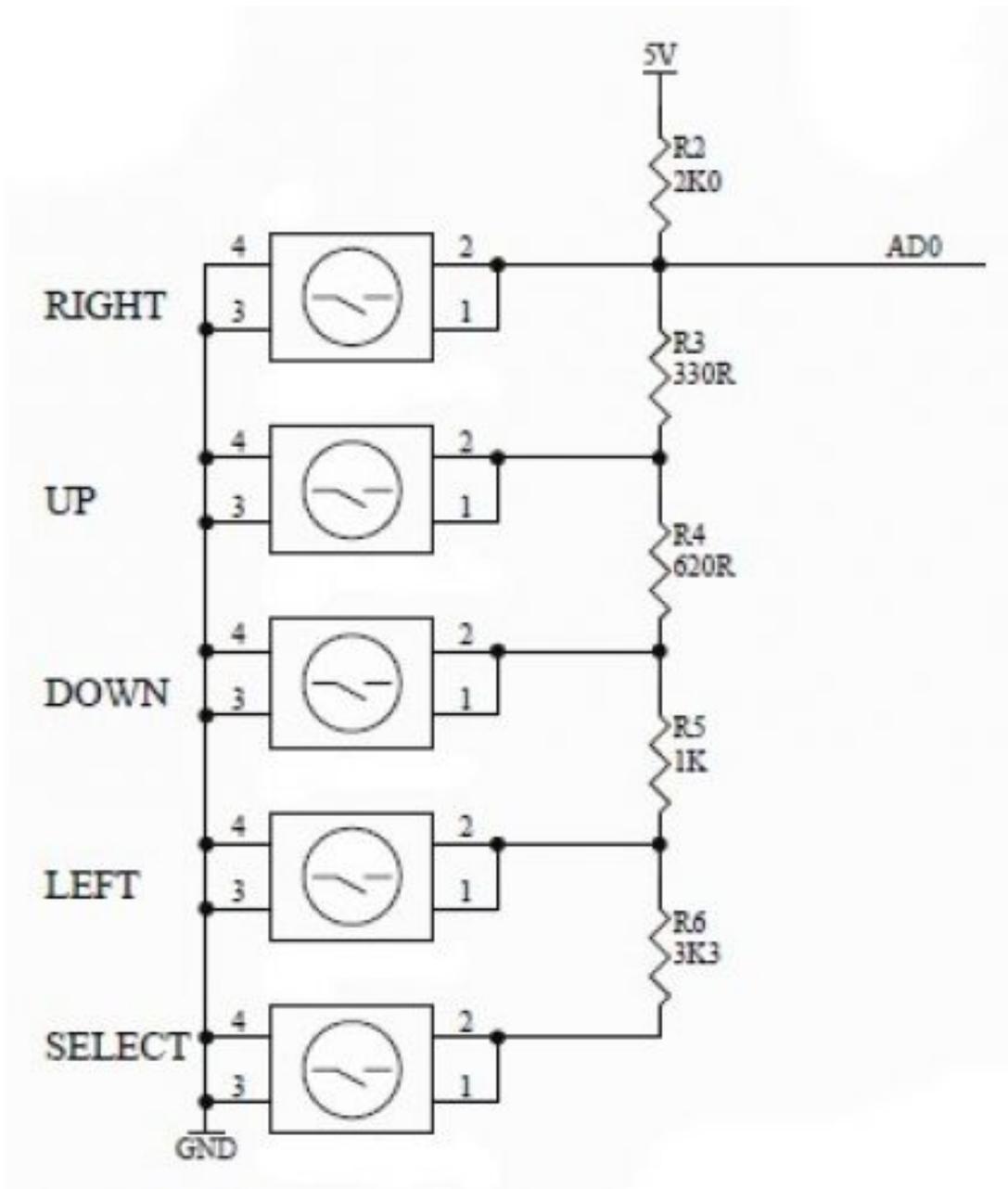


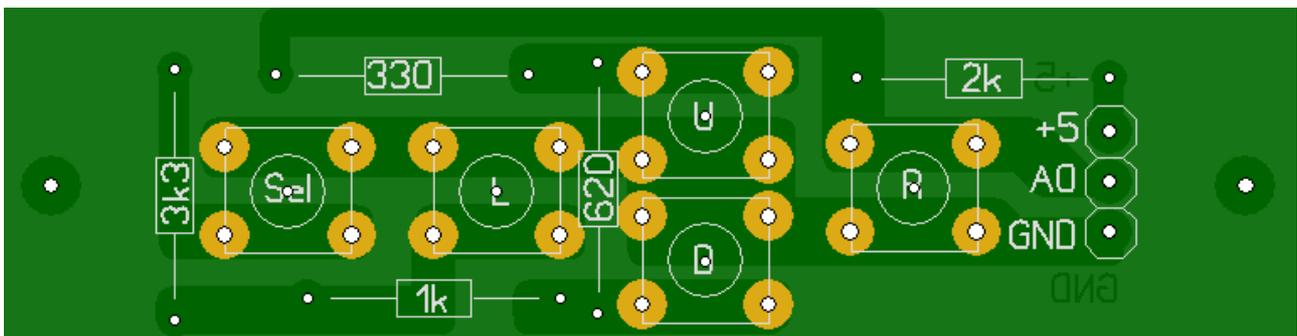
Схема соединений Ардуино Мера 2560, синтезатор DDS RN3AUS, OLED-дисплей и клавиатура

Примечание: GPS-модуль Ublox NEO-6M устанавливается на плату синтезатора. Антенну следует расположить активной стороной вверх, наклеив ее с помощью двустороннего скотча на кусочек пенопласта, как показано на фотографии.

Схема клавиатуры.



Печатная плата клавиатуры имеет размер 65 x 17 мм



Клавиатура монтируется на лицевую панель с помощью двух винтов М2. Чтобы лицевая панель не изгибалась при затягивании винтов, на них между платой и лицевой панелью надеваются шайбы и гайка М3, общая высота которых равна высоте корпуса кнопки.

