



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

На тему **Создание и испытание серии**  
**датчиков влажности и**  
**температуры почвы в натуральных**  
**исследованиях районов арктики**

Исполнитель Дембский Андрей Дмитриевич  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель К.Г.Н, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Гаврилов Илья Сергеевич  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
(подпись)

К.Г.Н, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич  
(фамилия, имя, отчество)

15.06 2020г.

Санкт-Петербург  
2020

1.

-

1.1

,

.

.

- 36788 км<sup>2</sup>,

,

:

(13708 км<sup>2</sup>),

(11312 км<sup>2</sup>),

(9006 км<sup>2</sup>),

(1522 км<sup>2</sup>).

1.2

-

,

.

-

-

,

,

.

,

,

.

-

.

.

,

,

.

,

200

,

,

,

,



180 -200

140-150

100-120

40 80-100

1.3

-13-14 °C,



. ,  
 ,  
 1-2° .  
 10° .  
 15-17 ° ,  
 - .  
 2-3° .  
 0°  
 - , -  
 - .  
 ,  
 400  
 , - 240-260 / .  
 100-120 , - 80 .  
 70% .  
 , - .  
 , ,  
 , - .  
 . 80  
 ,  
 , - 18-19  
 . ,  
 , , ,  
 , ,

1957 .

18325,5 км<sup>2</sup>,

49.8%

км<sup>2</sup>

, 300 ,

5500 .

200

2-3

5-7 .

1.5

3

— 20 120 .  
— 20 212 ,

20-30 ,

39.5 км²

97 .

10 км²,

pH

7-7.2.

1.6

0.3-0.4 ,

0.9

，  
，  
· · ·  
，  
：1)  
-  
，  
；2)  
-  
；3)  
-  
·  
10%  
·  
， 20-30  
，  
，

2  
2.1  
：

( . ,

« « »)

1.

2.2

- ( -  
2017 .) - « «  
» ,

:

1)

,

, - ;

2)

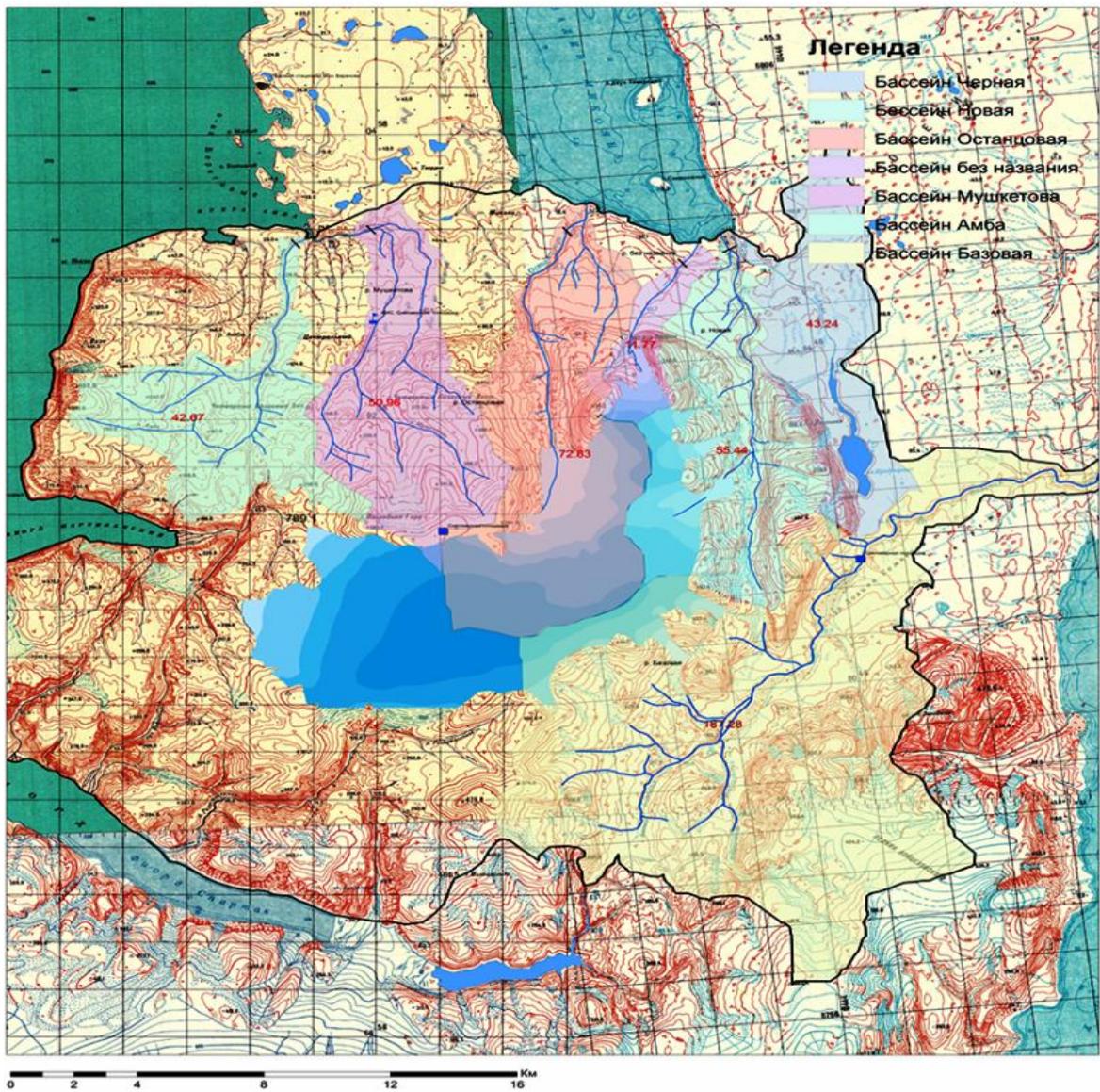
;

3)

;

4)

.



1 —

2019 .

2.3

2017

1.

1						27.04 - 11.07. 2017	14 4 . 2
2				1, -104- 43	5	25.04 - 28.05. 2017	5 19,2 , 4-
3				« -2»	6	27.05 - 17.06. 2017	22 - 25
4						14.06- 11.07. 2017	23
5				Solinst Levelogger Edge	15	7-23.07- 29.08. 2017	12038
6				LTC Levelogger Junior	15	23.07- 11.09. 2017	16406
7				Barologger Edge	15	06.07- 11.09. 2017	6432
8				VEGA L32 (C)		2-7.07- 05-11.09 2017	50
9				VEGA L32 (C)	2	27.07, 29 .08. 2017	12
10						23.07, 06 .08. 2017	5
11				-1		2-7.07- 05-11.09. 2017	32
12			10				
13							
14			pH,	HACH-LANGE HQ30D		07.07.20 17-05-	32



2.4

,

2.4.1

2017

-

.

(

)

-

,

.

,

-

-

,

.

[1],

10 100 <sup>2</sup>

( ),

-

[2-

4]

.

-

[

5-8].

6

(4 -

, 2 -

),

5

,

« »

-

6 , 25 .  
40 .

: GPS- , -  
43, , , , , .

### 2.4.2

18 2014- ( )

, , 2

, ( ) .

4)

(

,

, 1-4

, 2017

( , ),

( )

)

100

GPS-

3

12

10

65

( - )

( 3 ),

2-

4

( , ),

1

14

2

2.4.3

-

(

)

(

)

,

2014-

2016

2.5

, ( )

. 2014

( - ) ( )  
).

,

, -

, . , ,

.) - ,

2017

. ( 2015 )

-

, .

1

, 4

№ п/п	Объект	Площадь водосбора км2	Площадь оледенения						Питание	Длина водотока км	Период наблюдений
			ледники		снежники		общая				
			км2	%	км2	%	км2	%			
Водотоки:											
1	р. Амба	42.7	0	0%	0	0%	0.0	0%	снего-дождевое	14.4	2014-2016
2	р. Мушкетова	51.0	0	0%	2.37	5%	2.4	5%	снего-дождевое	13.8	2014-2017
3	р. Останцовая	72.8	29.8	41%	2.28	3%	32.1	44%	смешанное*	14.1	2014-2017
4	руч. Без названия	11.8	2.5	21%	1.00	8%	3.5	30%	смешанное	5.1	2015-2017
5	р. Новая	55.4	10.8	19%	9.71	18%	20.5	37%	смешанное	16.7	2015-2017
6	р. Черная	43.2	0	0%	1.20	3%	1.2	3%	снего-дождевое	7.5	2015-2016
7	р. Базовая	187	24.4	13%	17.1	9%	41.5	22%	смешанное	27.8	с 2017
<b>Гидролого- криосферный полигон:</b>		<b>463.9</b>	<b>67.5</b>	<b>14%</b>	<b>33.66</b>	<b>6%</b>	<b>159</b>	<b>20%</b>			
смешанное* - снего-дождевое, ледниковое											

4 —

, , ,  
.  
« » [1, 9  
, 10].

2.5.1

( )

«VEGA L32(C)»

( )

Solinst (LT Levellogger Edge, LT Levellogger Junior).

Barologger Edge,

17.

5.

5 —

Solinst

		LT levellogger E
-	1,5	
-	30	
-	100	
(	)	±0,05
	, %	-
	, %	200
	, °	
	, °	±0,05
	, °	0,003
-	:	
-	, °	
	35 ° , %,	
	( x ), ,	22x159
	, ,	129
	,	30000
	,	

«

»,

4.1.1

,

15 ,

.

2.5.2

,

0.2-

0.5%.

1.

-56 ,  
( 0,5 ).  
4

-1 ,  
« »

6.

6—

/		-
1	-1	2
2		1
3	-104	1
4		1
5	50	1
6	-10	2
7	-56	1
8	, 1	1

2.6



·  
·  
( · , « «  
»),

·  
1. :  
· ,  
++ ,

- 2.
- 3.

·  
1. :  
0.5 · ,  
150, · ,  
2. · ,  
3. ·  
5, 15, 30 ,  
50 , 10  
1 „

iBDLR,

2.

				( )		-
			SEN 0193, Arduino UNO	1	08.08.19- 29.08.19	504
			DS1 8B20, Arduin o UNO	1	04.06.19 - 02.07.19, 08.08.19- 29.08.19	504
			( ) «HO BO U30»	0,016	04.06.19 - 02.07.19	
			«MA WS»	0,0002	04.06.19 - 02.07.19,	

3.1

52.33.217,

8 .

(

1-2

0°C –

).

( ).

5, 10, 15 .

0.5 .,

UTC 0.

DS18B20

1 Wire

SEN0193 -

1. Arduino UNO – 1 .
2. Data logger shield – 1 .

- 3. Transcend 4gb – 1 .
- 4. SEN0193 – 3 .
- 4. DS18B20 – 3 .
- 5. 12 7 – 1 .

SEN0193,

	3.3-5.5 .
	0-3.0 .
	5
	PH2.0-3P
	9.8x 2,29 .
	15 .

DS18B20

DS18B20

	3.3-5.5 .

	-55...+125 °C
	1
	1-Wire
	6
	±0,5°C

3.2

09.05

ds18620 DF Robots SEN0193 ( )

04.06

( ) U -30

MAWS:

2 .

ds18620 DF Robots SEN01 93 ( ),

iBDLR-L (8 ). 02.07.19

HOBO U30 c

28-29.07

3

ds18620

DF Robots SEN0193 ( )

06.08

0,5

15

3

ds18620

DF Robots SEN0193 ( ).

2

1

iBDLR-L

0 ( ), 1 2

11.08

ds18620

DF Robots SEN0193 ( ),

iBDLR - L 5,

10, 15, 20

( ) 5

29.08

ds18620

DF Robots SEN0193 ( ),

iBDLR- L (8 ).

3.3

DS18B20

SEN019,

Excel.

	08.08.2019-		504
	29.08.2019		



·  
· - ,  
· , ,  
·

Arduino,

: ,

, ,

·

data-logger

$$e = A \frac{f_2 - f_1}{z_2 - z_1}$$

$$e = \frac{f_2 - f_1}{z_2 - z_1} \text{ /cm}^2, \quad \left( \frac{f_2 - f_1}{z_2 - z_1} \text{ /cm}^2 \right)$$

(.).

1)

2)

3)

$$Q = c \left( 1 - \frac{R}{100} \right)$$

Q — ( ) , — —  
 ; — ,  
 ( 0.3 - 0.8).

$$Q = at \left( 1 - \frac{R}{100} \right)$$

Q — , t — ; R —  
 ; — , 0,6 1,1  
 — 1 .

∴ :

$$Q = \frac{\Sigma t}{10}$$

Q — ; 21 — ' 10°.

$$Q = W_H + P - W_k$$

Q — , WH — , WK —  
 , — .

( 1-2 , , ).

MLCM . .)

1

· - ·  
 ,  
 , ·  
 ,  
 , - ,  
 - ,  
 - ,  
 ,  
 · ,  
 ·

1.1

· 200  
 1000 1 ,  
 , c pa o  
 ,  
 ,  
 -  
 ·  
 ,  
 ·  
 ,

1.2

10-14

: , . -  
 . ,  
 : , , ,  
 , , -  
 ,  
 (F ( ), 1( ) ,  
 ( )2), ( , (CaSO4 \* 2 H2O),  
 (Na2SO4 \* 10 H2O) .);  
 400 - 600 ° .

. ,  
 , , ,  
 - ,  
 , .  
 : ( ,  
 , , ),  
 ( ,  
 , ) ( ,  
 , , ),  
 , ,  
 .





1.5-2.5 .[1]

1.3

( ( , ) , ) ,





( )

( ) -

,

.

,

.

-

-

,

,

.

( %

):

- 4-9,

- 10-17,

18-30,

23-40.

,

-

.

( )

,

(

).

,

50 %

.

30-50 %,

- 50-60 %,

-60-70 %,

(

)-80-90 %

.

.



(1 % 1 )

( ) ( )  
) , ( )  
( ).

:

$$B = W_n * d_v * H \quad (1)$$

- ,  $3/$  , W - ,  $d_v$ -  
,  $/$   $^3$  , - , .

W  
3/ , 0,1

( 1 1 10 ).

:

= - . 1.

1.

0 – 20	> 40	
	40 – 20	
	< 20	
0 – 100	> 160	
	160 – 130	
	130 – 90	
	90 – 60	
	< 60	

1.4

, , . ,  
 , , ..  
 - ,  
 - .  
 : , ( , ) ,  
 ) ,  
 -  
 .  
 ( , ) ,  
 .  
 - ,

,  
 ( .H. ) 0,1 3: - 1,33, -1,  
 -0,67, -0,33, -0,15.

:

, , , ,

.

( ,

.

,

,

,

.

( ,  
 ),

( > 1).

,

,

( , - , ).

,

.

( »1, 0,8 1,2)

:

,

(

),

( )

.

,

, ,  
.  
( < 1, 0,1 0,6) ,  
,  
( .10, ).

.  
«  
» , , .  
, , , .  
, , , -  
.

( < 1)  
, , .  
, .  
( .)

. ,  
. ,  
. ,  
,  
. ,  
- ,  
,  
. ,

(  
- ).

( 3 ).

),

(

,

-

.

.

.

,

:

,

.

,

,

,

.

,

,

,

,

,

·  
,  
,

(

),

,

.[3]

2

·

,

,

·

·

,

,

,

.[2]

2.1

·

·

·

,

·

·

,

·



,  
:

(3)

0%

:

(4)

,  $M_{H2O}$  - , ; . - , .  
:

(5)

0 100%.

0.01 .

5 ,

1 .

3

100 - 105 .

2 .

0.01 .

150-160 .

100 — 105 .

2.3

2.4

[4]

3

Arduino. Arduino

Arduino

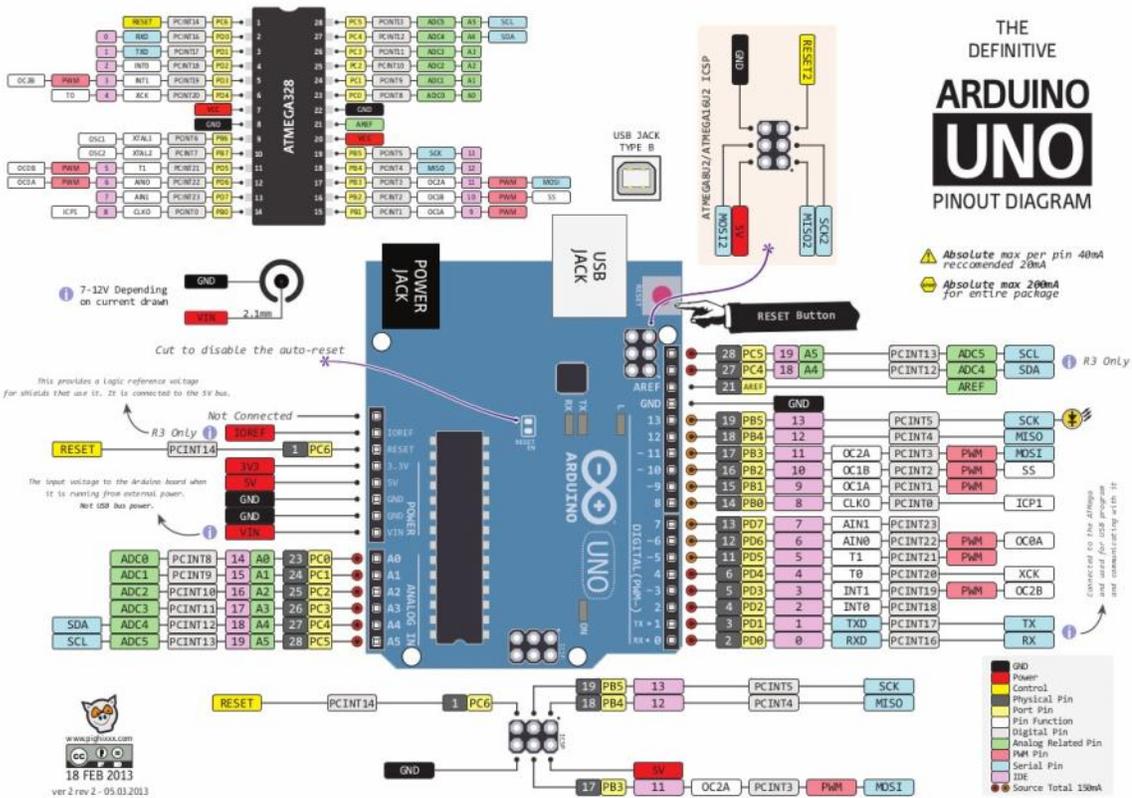
- ;
- ( Windows, Linux Macintosh);
- ;
- ;
- .



### 3.1 - Arduino UNO.

Arduino UNO -  
ATmega328.

USB , 5 .  
 Arduino UNO 5 , flash- 32  
 (2 ), 8 , 14  
 , / 40 ,  
 19 , 7 .

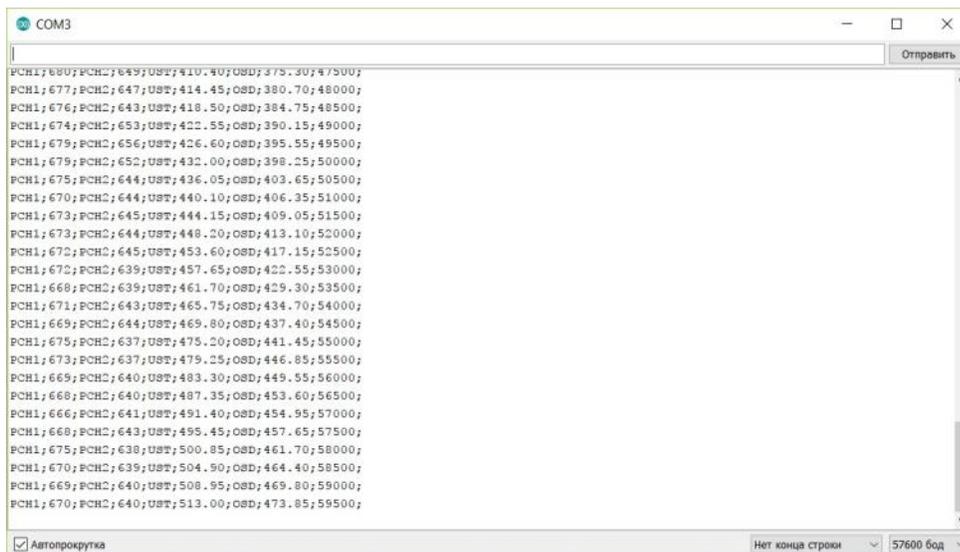


3.2 - Arduino UNO

14

, pinMode (),  
 digitalWrite () digitalRead (). 5 .  
 40 ,  
 ( ) 20-50 10  
 ( 1024 ). ,  
 0 (RX) 1  
 (TX) (RX) (TX)  
 TTL.  
 FTDI USB-to-TTL. A4 (SDA) A5  
 (SCL) I2C (TWI) Wire.

Arduino UNO ,  
 Arduino .  
 ATmega328 UART TTL (5 )  
 , 0 (RX) 1  
 (TX). FTDI FT232RL USB  
 FTDI ( Arduino IDE) COM-  
 Arduino



### 3.3 -

RX TX  
 FTDI USB- ( )  
 0 1). SoftwareSerial  
 Arduino Nano. ,  
 ATmega328 I2C (TWI) SPI.  
 Arduino Wire  
 I2C. SPI- , .  
 ATmega328.

3.1

Arduino IDE

Arduino IDE

Arduino.

++ #.

Arduino

( )

,

. [5]



ATmeg328a

USART, I2C 2x SPI. USART

SPI I2C

ATmega328

1,8 5,5

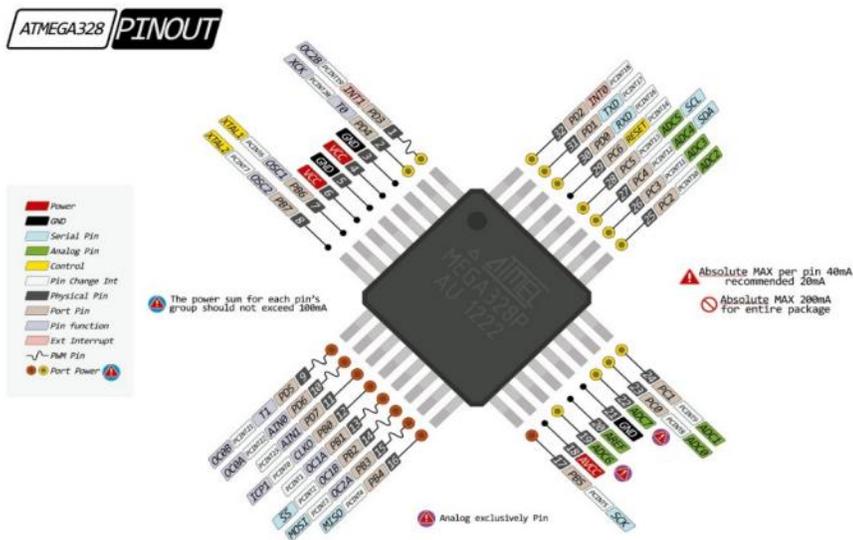
3

0,2

0,75

32

[6]



3.5 -

Atmel ATmega328

3.3

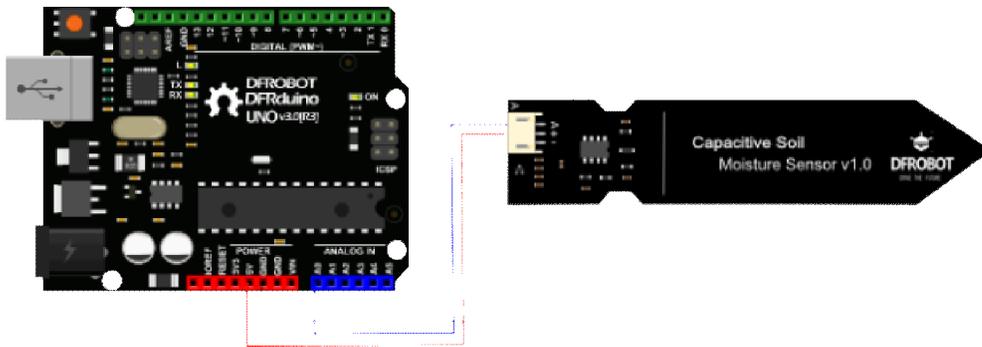
SEN0193



3.6 -

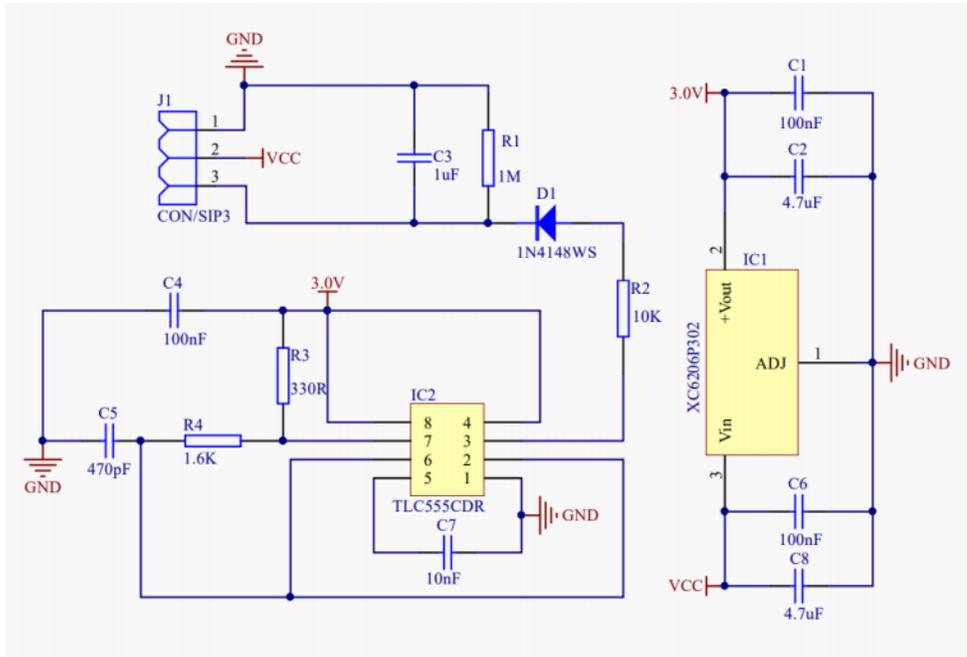
SEN0193

: 3,3 ~ 5,5  
 : 0 ~ 3,0  
 : 5  
 : PH2.0-3P  
 : 3,86 x 0,905 ( )  
 : 15 .[8]



3.7 -

1. VCC -
2. GND -
3. A0 -



3.8 -

SEN0193

3.4

0-580,

Arduino

Python.

390 23:12;42  
390 23:12;47  
389 23:12;52  
387 23:12;57  
387 23:13;02  
385 23:13;08  
384 23:13;13  
383 23:13;18  
382 23:13;23  
381 23:13;28  
381 23:13;33  
379 23:13;38  
380 23:13;43  
379 23:13;48  
379 23:13;53  
379 23:13;58  
380 23:14;03  
380 23:14;08  
381 23:14;13  
381 23:14;18  
383 23:14;23  
385 23:14;28  
388 23:14;33  
388 23:14;38  
390 23:14;43  
391 23:14;48  
392 23:14;53  
392 23:14;58  
391 23:15;03  
392 23:15;08  
---

3.9. -

3.5

SEN0193

580 -

310 580

310 -

100%.

10

3.1 -

311	14:03	650,75
312	14:16	649,95
400	14:31	644,15
400	14:44	637,05
402	14:59	630,45
436	15:13	621,60
448	15:26	611,25
460	15:41	597,90
494	15:53	590,15
516	16:05	582,85
538	16:18	576,70
560	16:32	568,54

Excel

«FORECAST».

y,

x. x y ;

x

# !.



### 3.1.0



4.

4.1

8

100 45

4.2

:

,

,

,

,

,

.

Arduino

,

Python,

,

,

.