



КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ



Основы программирования информационных систем

Преподаватель:

Олег Чеславович Ролич

кандидат технических наук, доцент



Лабораторная работа 3
***СПЕКТРАЛЬНЫЙ
И
СТАТИСТИЧЕСКИЙ
АНАЛИЗ ДАННЫХ***



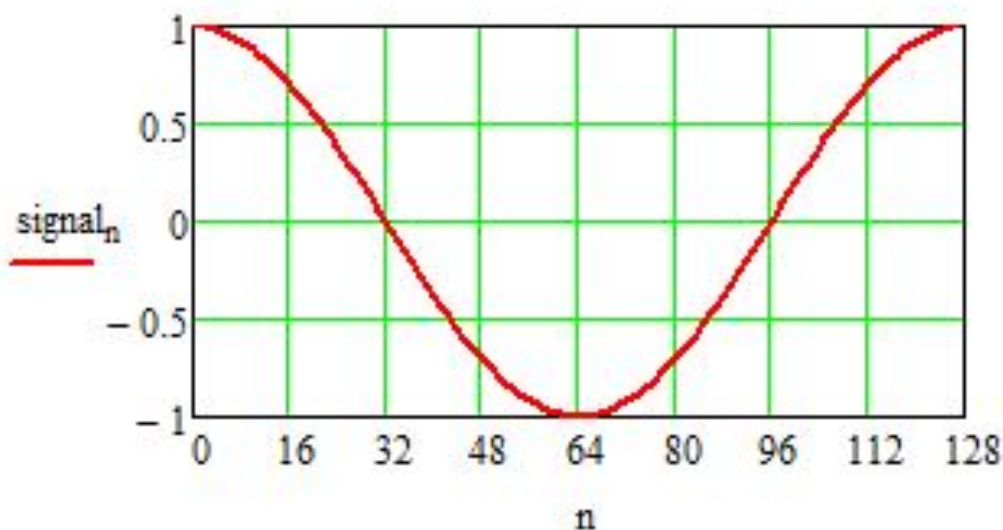
$N := 128$

Спектральный анализ

$n := 0..(N - 1)$

$$\cos\left(\frac{2\pi}{N} \cdot 1 \cdot n\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{N} \cdot 3 \cdot n\right) + \cos\left[\frac{2\pi}{N} \cdot 9 \cdot \left(n - \frac{N}{2}\right)\right]$$

$$\text{signal}_n := \cos\left(\frac{2\pi}{N} \cdot 1 \cdot n\right)$$



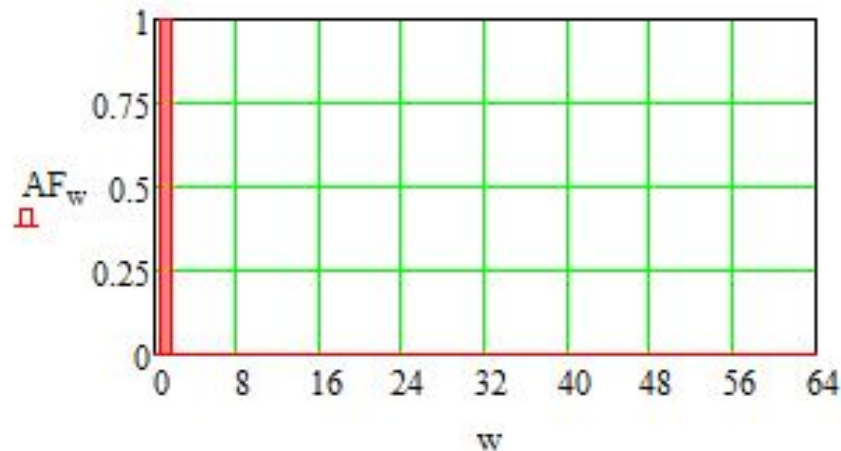
$FS := \text{FFT}(\text{signal})$


$$\text{funAF}(X) := \left\{ \begin{array}{l} m \leftarrow \text{rows}(X) \\ \text{for } w \in 0..(m-1) \\ Y_w \leftarrow \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot |X_w| \text{ if } (w \neq 0) \\ |X_w| \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ Y \end{array} \right.$$

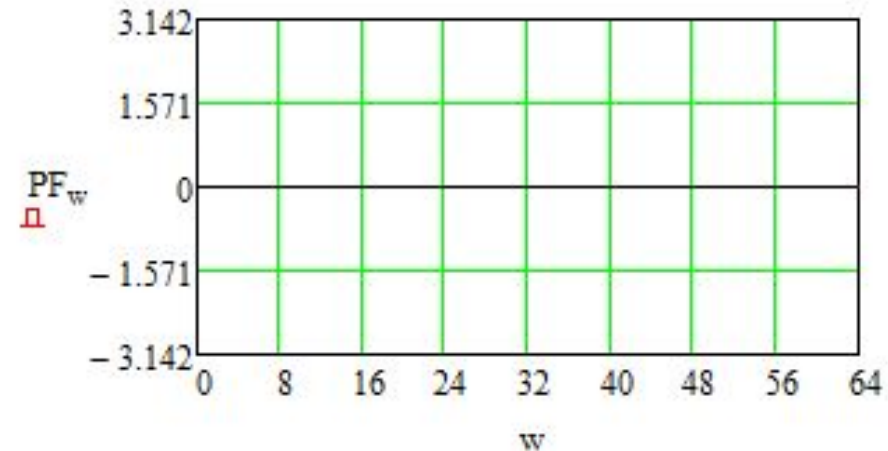
$$w := 0.. \frac{N}{2}$$

$$\text{funPF}(X, q) := \left\{ \begin{array}{l} m \leftarrow \text{rows}(X) \\ n \leftarrow \text{cols}(X) \\ \text{for } i \in 0..(m-1) \\ \text{for } j \in 0..(n-1) \\ Y_{i,j} \leftarrow \left\{ \begin{array}{l} \arg(X_{i,j}) \text{ if } (\text{round}(|X_{i,j}|, q) \neq 0) \\ 0 \text{ otherwise} \end{array} \right. \\ Y \end{array} \right.$$

AF := funAF(FS)



PF := funPF(FS, 5)



ВЫПОЛНИТЬ АНИМАЦИЮ!!!



$\phi := \text{FRAME}$

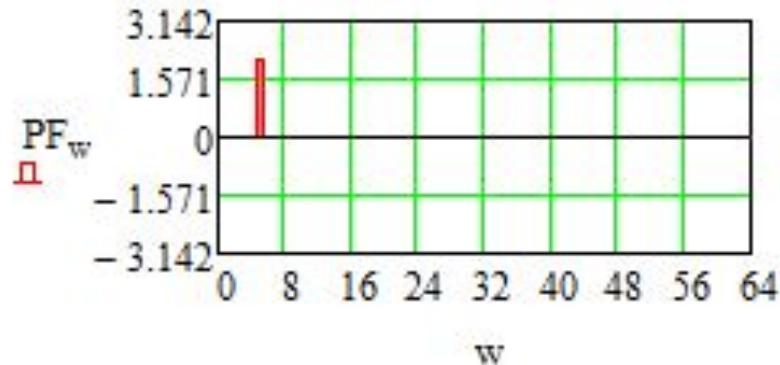
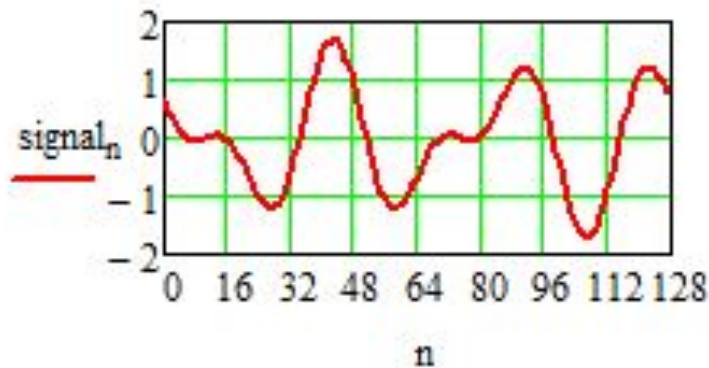
$$\text{signal}_n := \cos\left[\frac{2\pi}{N} \cdot 3 \cdot (n - \phi)\right] + 0.7 \cdot \cos\left[\frac{2\pi}{N} \cdot 5 \cdot \left(n - \frac{N}{3}\right)\right]$$

$\text{FS} := \text{FFT}(\text{signal})$

$\text{AF} := \text{funAF}(\text{FS})$

$\text{PF} := \text{funPF}(\text{FS}, 5)$

**Область
анимации**
Для FRAME от 0 до 128





```
Spectrogram(sprWidth, stream, start, step) :=  
  for i ∈ 0..(sprWidth - 1)  
    for j ∈ 0.. $\frac{N}{2}$   
      Si,j ← 0  
    for fr ∈ max(0, FRAME - sprWidth)..FRAME  
      for n ∈ 0..(N - 1)  
        Winn ← streamstart+fr·step+n,0  
      SWin ← FFT(Win)  
      for j ∈ 1.. $\frac{N}{2}$   
        for i ∈ (sprWidth - 1)..1  
          Si,j ← Si-1,j  
        S0,j ← |SWinj|  
      mxS ← max(S)  
      for i ∈ 0..(sprWidth - 1)  
        for j ∈ 1.. $\frac{N}{2}$   
          SPGRi,j ← 255· $\frac{S_{i,j}}{mxS}$   
    return SPGR
```

wavfile := "ALARM.wav"

M := READWAV(wavfile)

Header := GETWAVINFO(wavfile)

m := rows(M) = 16986

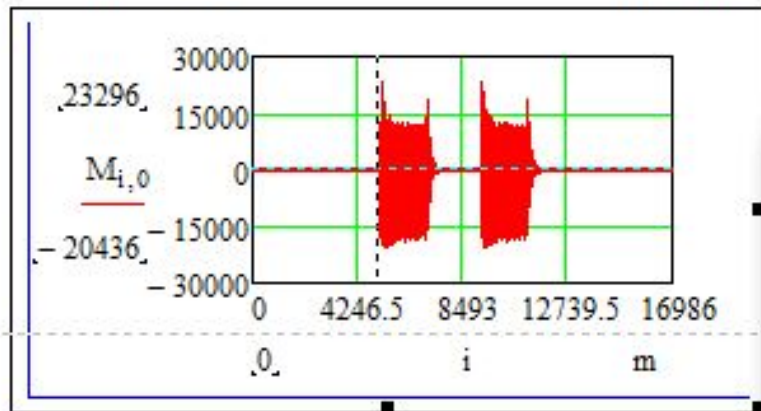
i := 0..(m - 1)

Header =

1
22050
16
44100

wav-файл выбирается из списка, доступного на текущем компьютере, например, в папке C:\Windows\Media

	0
0	0
1	0
2	0
3	0
4	1
5	1
6	-2
7	0
8	0
9	0
10	0
11	...



t_start := 5050

t_step := 5

Win_n := M_{t_start+FRAME*t_step+n,0}

X-Y Trace

X-Value: 5050 [Copy X]

Y-Value: 65 [Copy Y]

Y2-Value: [Copy Y2]

Track data points [Close]

Примерное значение определяется с помощью трассировки (для каждого wav-файла оно разное)

Вход в режим трассировки нажатие правой клавиши мыши в области графика

$$S_{Win} := FFT(Win)$$

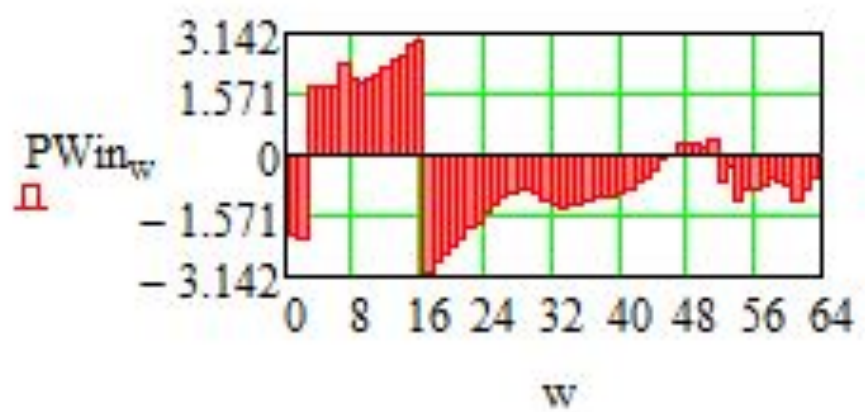
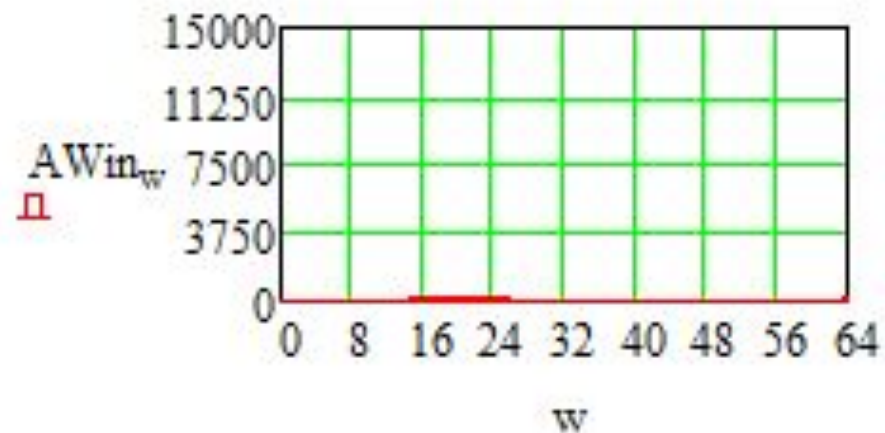
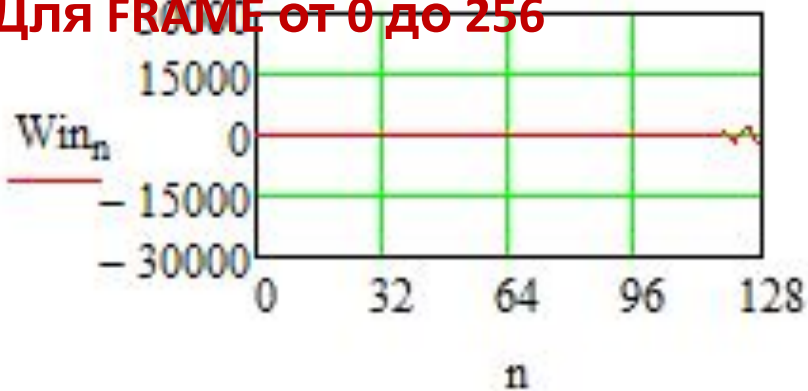


Область анимации

$$A_{Win} := funAF(S_{Win})$$

$$P_{Win} := funPF(S_{Win}, 5)$$

Для FRAME от 0 до 256



Spectrogram(N, M, t_start, t_step) 8

Способы управления объектами на примере органов чувств человека

Широтно-импульсное управление (ШИМ)

Период импульсной последовательности $pwmPeriod := 16$

Ширина отдельного импульса $pwmWidth = 10$

$k := 0..(pwmPeriod - 1)$

$pulseFunc_k := \begin{cases} 1 & \text{if } (k < pwmWidth) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

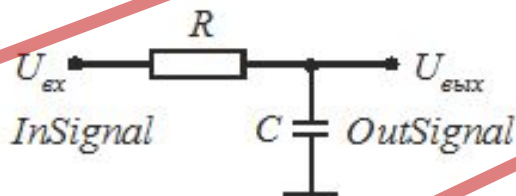
Скважность $\frac{pwmPeriod}{pwmWidth} = 1.6$

Коэффициент заполнения $\frac{pwmWidth}{pwmPeriod} = 0.625$

$InSignal_n := pulseFunc_{mod(n, pwmPeriod)}$

$$R := 10^6 \quad C := 10^{-4}$$

$$EyeH_w := \frac{1}{1 + i \cdot \omega \cdot R \cdot C}$$



$OSpectrum_w := FFT(InSignal)_w \cdot EyeH_w$

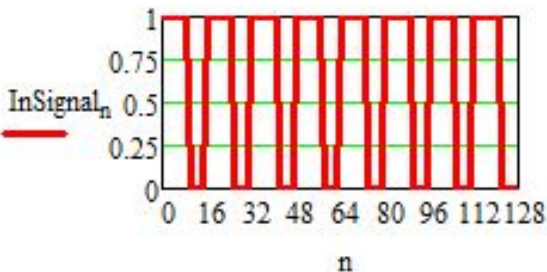
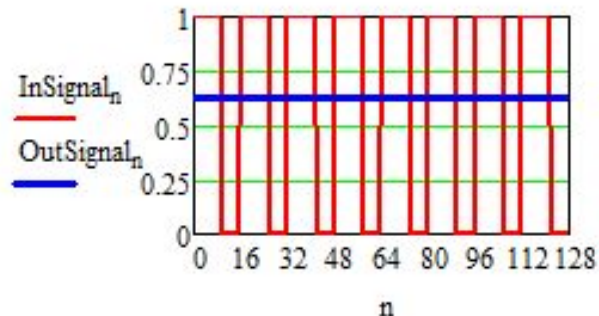
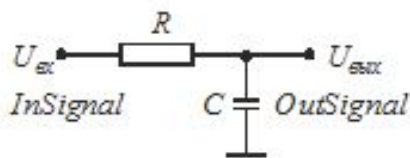
$OutSignal := IFFT(OSpectrum)$

Регулирование ширины импульса



Ширина импульса равна 10
pwmWidth

pwmPeriod



Мнимая единица

i

Компоненты
MathCAD-BAS
IC



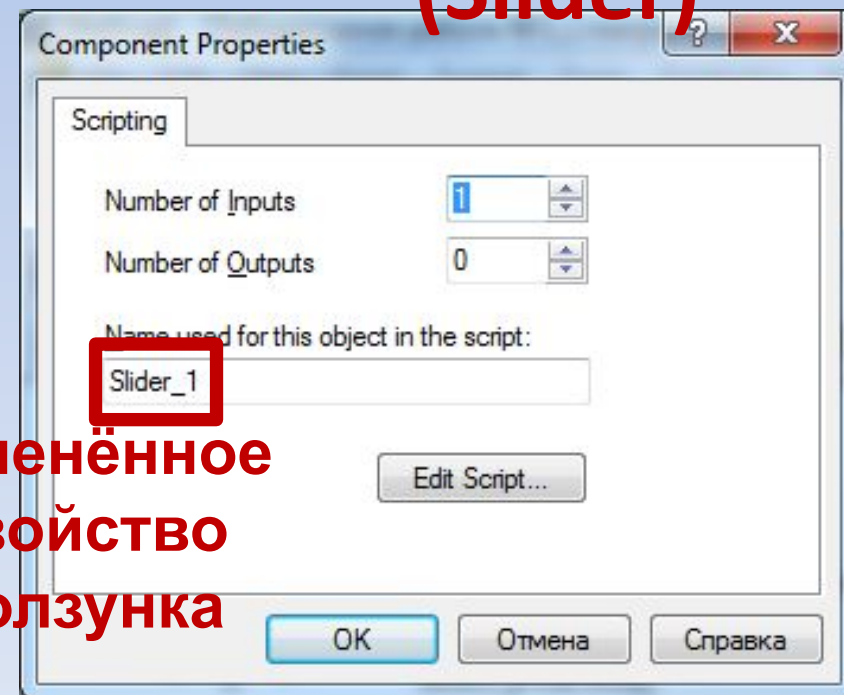
```
Sub Slider_1Event_Start()  
  Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```

```
Sub Slider_1Event_Exec(Inputs,Outputs)  
  T = Inputs(0).value  
  Slider_1.MaxRange = T  
  pwmWidth = Slider_1.Position  
  If (pwmWidth <= 0) Then  
    pwmWidth= 0  
  Elself (pwmWidth >= T) Then  
    pwmWidth= T  
  End If  
  Worksheet.SetValue "pwmWidth", pwmWidth  
End Sub
```

```
Sub Slider_1Event_Stop()  
  Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```

```
Sub Slider_1_ValueChanged()  
  Slider_1.Recalculate()  
End Sub
```

Скрипт для ползунка (Slider)



**Изменённое
свойство
ползунка**



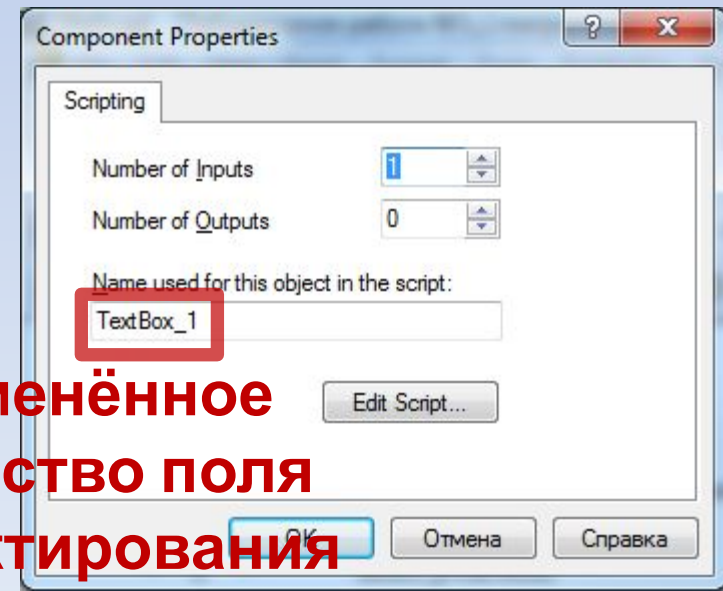
Скрипт для поля

редактирования (TextBox)

```
Sub TextBox_1Event_Start()  
  Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```

```
Sub TextBox_1Event_Exec(Inputs,Outputs)  
  TextBox_1.Text = "Ширина импульса равна " & Inputs(0).value  
End Sub
```

```
Sub TextBox_1Event_Stop()  
  Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```



Изменённое
свойство поля
редактирования



Mathcad - [Лабораторная работа №3_Спектральный ...]

File Edit View Insert Format Tools Symbolic

Graph

Matrix... Ctrl+M
Function... Ctrl+E
Unit... Ctrl+U
Picture Ctrl+T
Area
Page Break Ctrl+J
Math Region Ctrl+Shift+A
Text Region "

Component...
Data
Control
Object...
Reference...
Hyperlink... Ctrl+K

Rich text editor toolbar with bold, italic, underline, bulleted list, numbered list, link, unlink, math symbols, and other formatting options.

**Добавление
иных скриптовых
компонентов,
в частности, скроллинга**

Частотно

Регулирование периода следования импульсов

Small toolbar with mathematical symbols like pi, infinity, and fractions.

$$\text{InSignal}_n := \begin{cases} 1 & \text{if } (\text{mod}(n, \text{pdmPeriod}) = 0) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

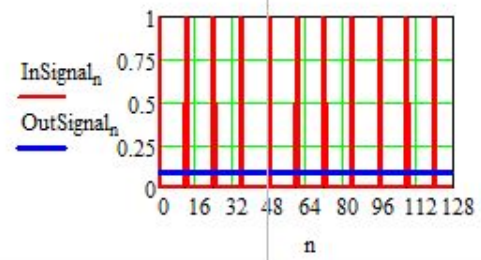
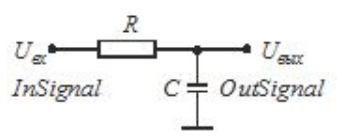
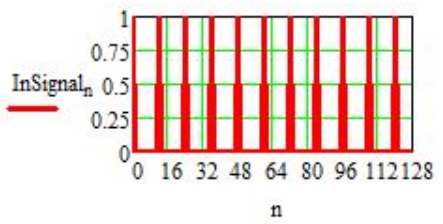
$$\text{OSpectrum}_w := \text{FFT}(\text{InSignal})_w \cdot \text{EyeH}_w$$

$$\text{OutSignal} := \text{IFFT}(\text{OSpectrum})$$

Slider control for pdmPeriod, currently set to 12.

pdmPeriod

**Компоненты
JavaScript**

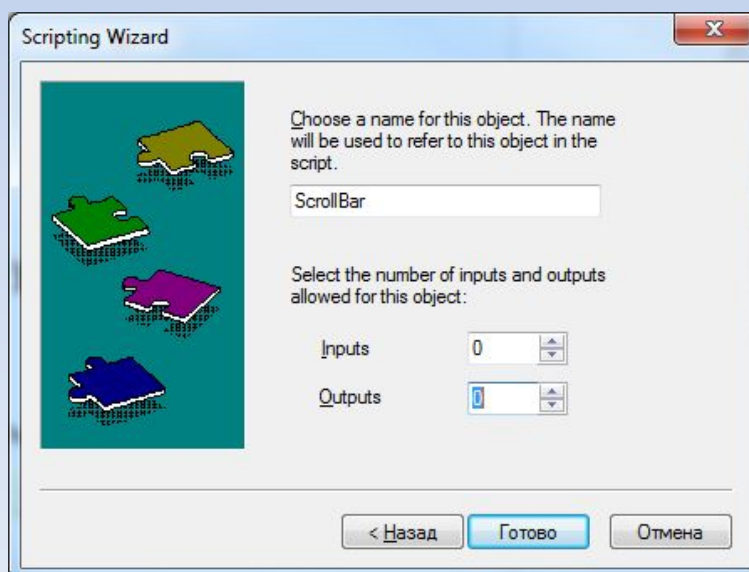
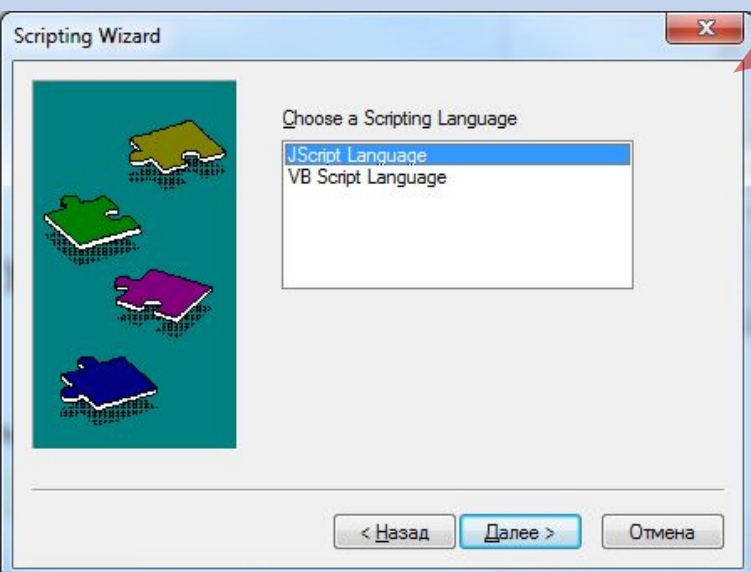
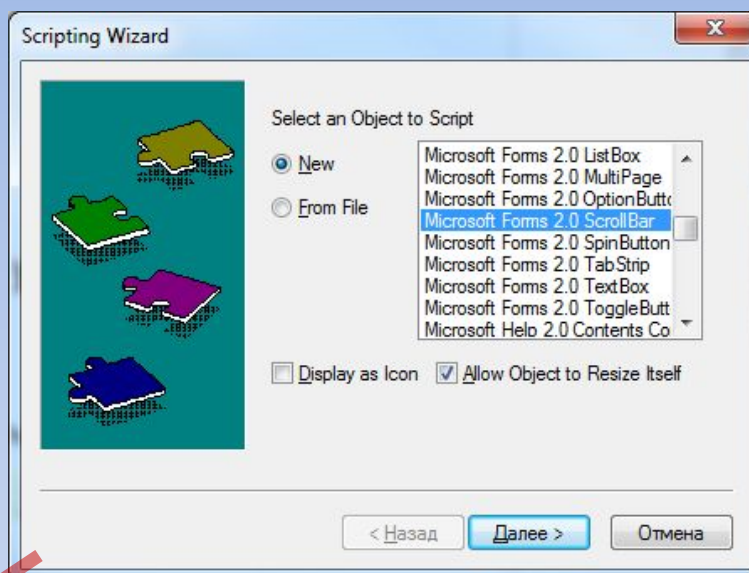
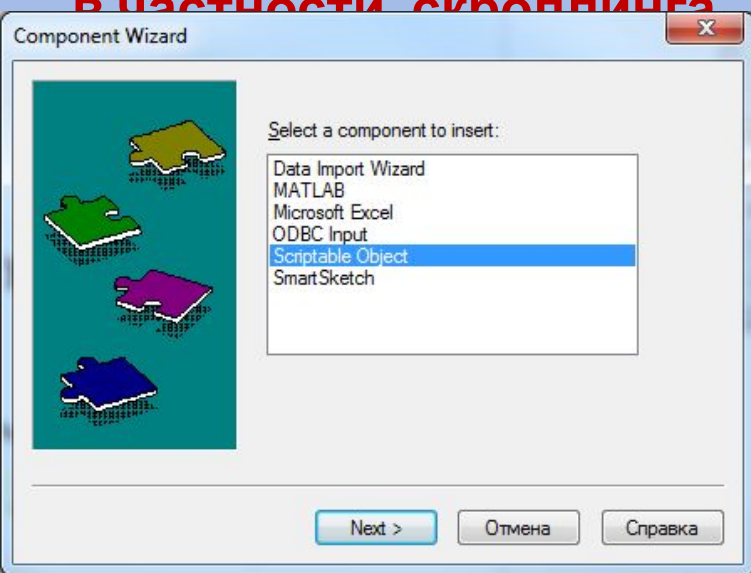


Добавление иных скриптовых компонентов,

в частности, скроллбара



КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ





Частотно-импульсное управление (ЧИМ, PDM)

$$\text{InSignal}_n := \begin{cases} 1 & \text{if } (\text{mod}(n, \text{pdmPeriod}) = 0) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{OSpectrum}_w := \text{FFT}(\text{InSignal})_w \cdot \text{EyeH}_w$$

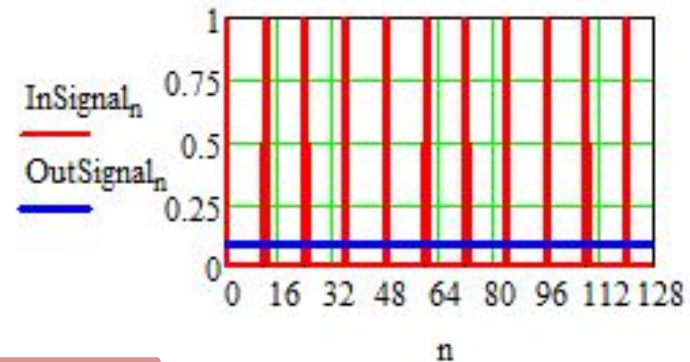
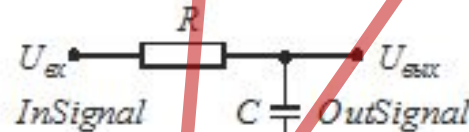
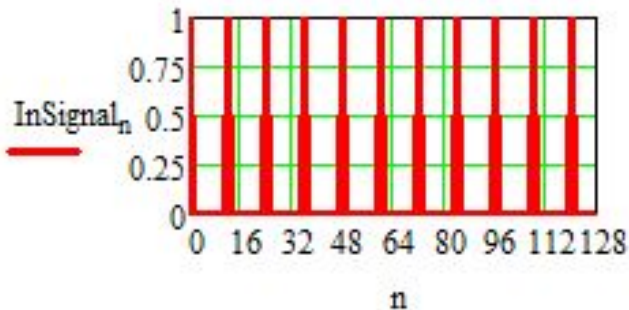
$$\text{OutSignal} := \text{IFFT}(\text{OSpectrum})$$

Регулирование периода следования импульсов



12

pdmPeriod



Компоненты

JavaScript



```
function ScrollBarEvent::Start()
```

```
{  
  // TODO: Add code here  
  ScrollBar.Min = 1;  
  ScrollBar.Max = 128;  
}
```

```
function ScrollBarEvent::Exec(Inputs,Outputs)
```

```
{  
  // TODO: Add code here  
  Worksheet.SetValue("pdmPeriod", ScrollBar.Value);  
}
```

```
function ScrollBarEvent::Stop()
```

```
{  
  // TODO: Add code here  
}
```

JS-скрипт для скроллинга (ScrollBar)



```
function LabelEvent::Start()
```

```
{  
  // TODO: Add code here  
  Label.TextAlign = 2;  
}
```

```
function LabelEvent::Exec(Inputs,Outputs)
```

```
{  
  // TODO: Add code here  
  // Label.Caption = Worksheet.GetValue("pdmPeriod");  
  Label.Caption = Inputs(0).value;  
}
```

```
function LabelEvent::Stop()
```

```
{  
  // TODO: Add code here  
}
```

JS-скрипт для метки (Label)

Фазово-импульсное управление (ФИМ)

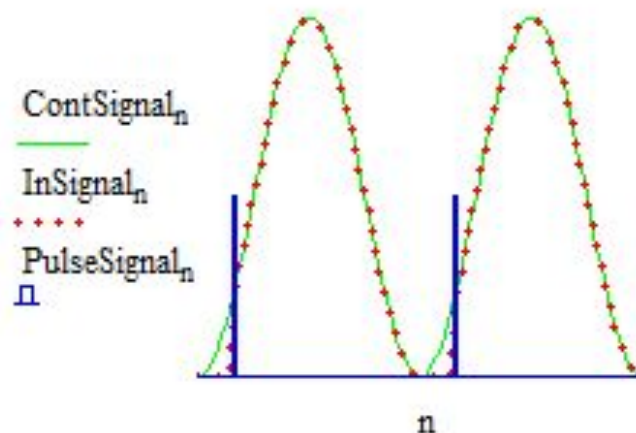
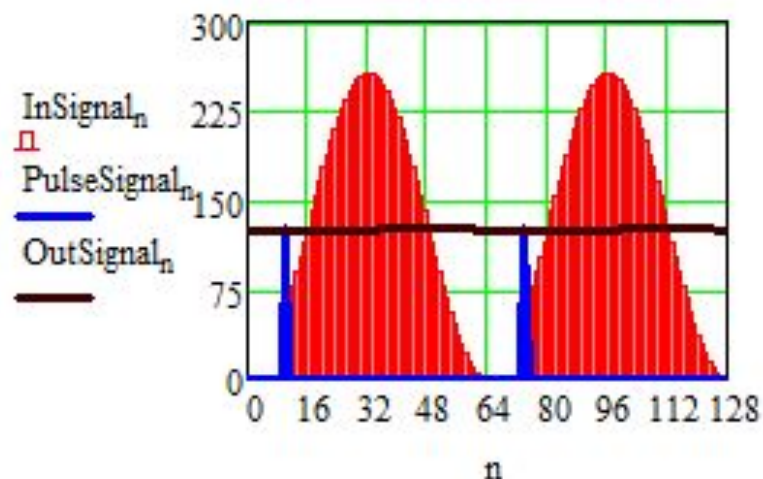
$$\text{ContSignal}_n := 128 \cdot \left[1 + \sin \left[\frac{2\pi}{N} \cdot (n - \text{ppmPhase}_0) \cdot \text{ppmFreq} \right] \right]$$

$$\text{InSignal}_n := \begin{cases} \text{ContSignal}_n & \text{if } \left(\text{mod} \left(n, \frac{N}{\text{ppmFreq}} \right) \geq \text{ppmControlPhase} \right) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{PulseSignal}_n := \begin{cases} 128 & \text{if } \left(\text{mod} \left(n, \text{round} \left(\frac{N}{\text{ppmFreq}} \right) \right) = \text{ppmControlPhase} \right) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{OSpectrum}_w := \text{FFT}(\text{InSignal})_w \cdot \text{EyeH}_w$$

$$\text{OutSignal} := \text{IFFT}(\text{OSpectrum})$$





Частота исходного сигнала

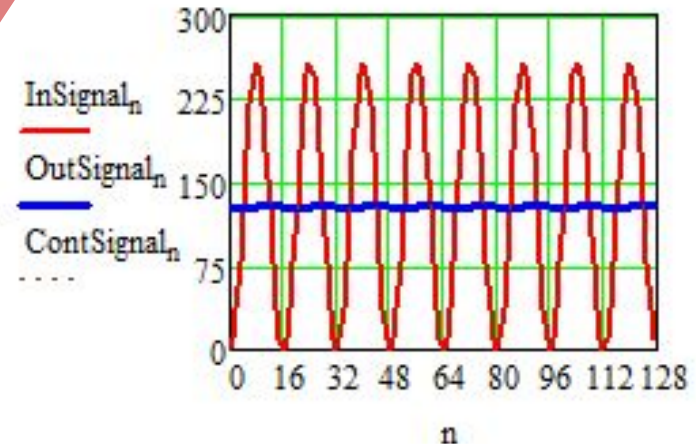
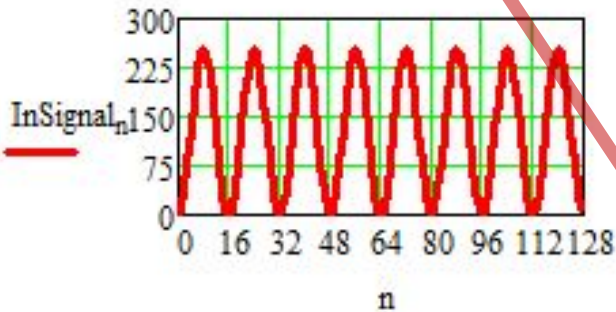
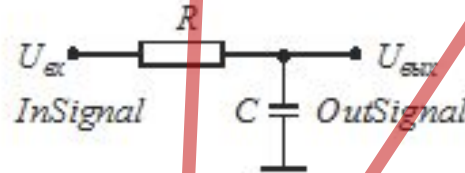
5
6
7
8

Регулирование фазы управления

Фаза управления равна 0

ppmControlPhase

(ppmFreq N)



Компоненты

MathCAD BASIC



```
Rem Initialize List Box  
ListBox_1.ResetContent()
```

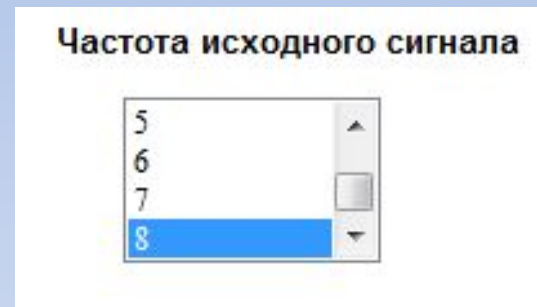
```
x = Worksheet.GetValue("N")
```

```
If ListBox_1.Count = 0 Then  
    For i = 1 To 8  
        ListBox_1.AddString(i)  
    Next  
End If
```

```
Rem Initialize Selection If desired  
ListBox_1.CurSel = 0
```

```
Sub ListBox_1Event_Start()  
End Sub
```

Скрипт (начало) для списка





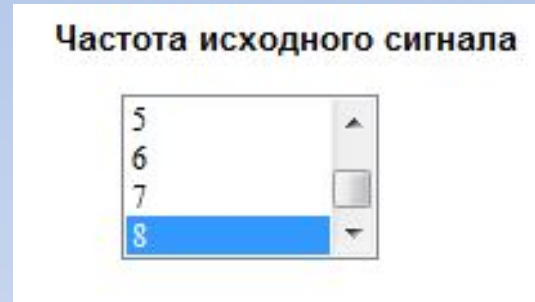
Скрипт (конец) для списка

```
Sub ListBox_1Event_Exec(Inputs,Outputs)  
End Sub
```

```
Sub ListBox_1Event_Stop()  
    Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```

```
Sub ListBox_1_SelChanged()  
    Worksheet.SetValue "ppmFreq", ListBox_1.CurSel + 1  
    Worksheet.SetValue "ppmPhase_0", x/4/(ListBox_1.CurSel + 1)  
End Sub
```

```
Sub ListBox_1_DblClick()  
End Sub
```





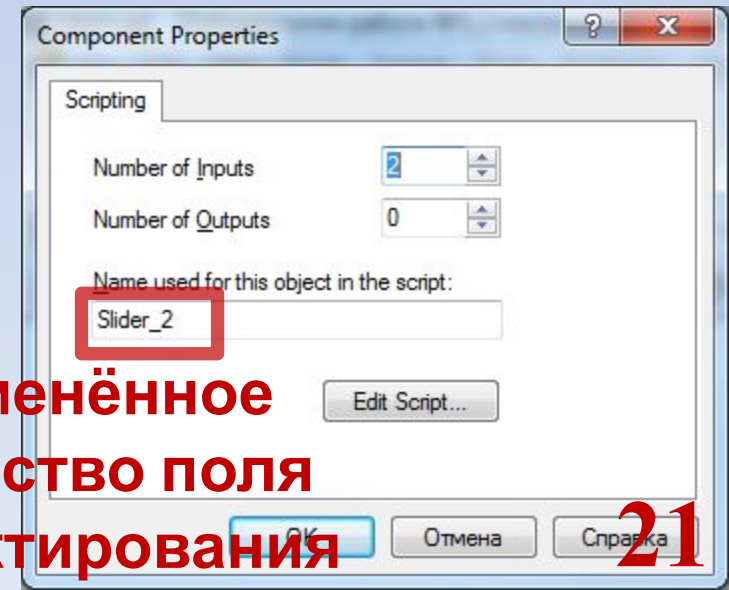
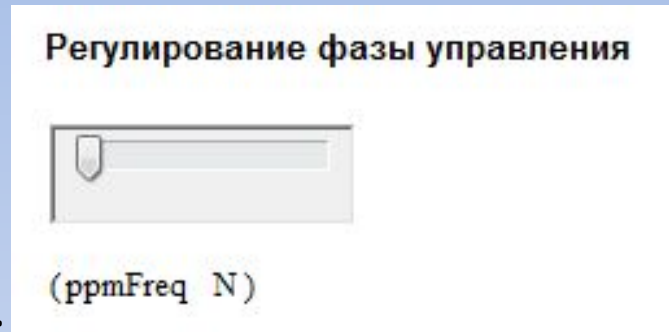
Скрипт для ползунка (Slider)

```
Sub Slider_2Event_Start()  
  Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```

```
Sub Slider_2Event_Exec(Inputs,Outputs)  
  ppmFreq = Inputs(0).value  
  N = Inputs(1).value  
  Slider_2.MinRange = 0  
  Slider_2.MaxRange = N / ppmFreq  
  Worksheet.SetValue "ppmControlPhase", Slider_2.Position  
End Sub
```

```
Sub Slider_2Event_Stop()  
  Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```

```
Sub Slider_2_ValueChanged()  
  Slider_2.Recalculate()  
End Sub
```



**Изменённое
свойство поля
редактирования**

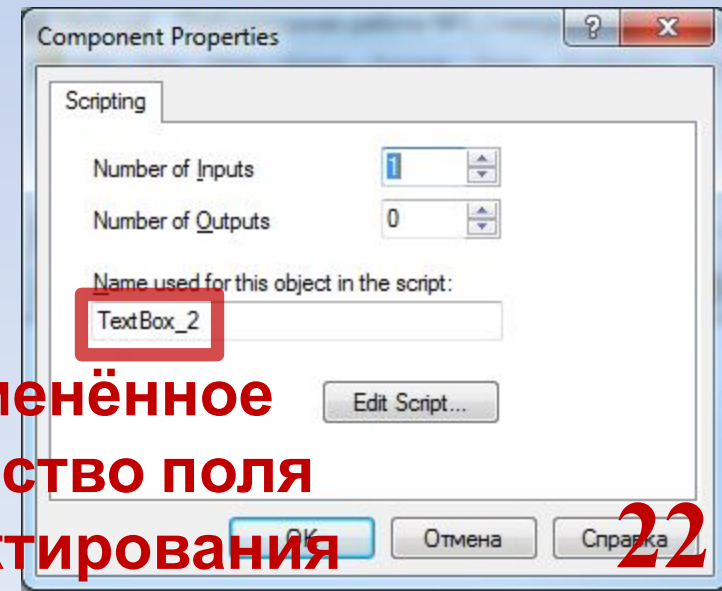
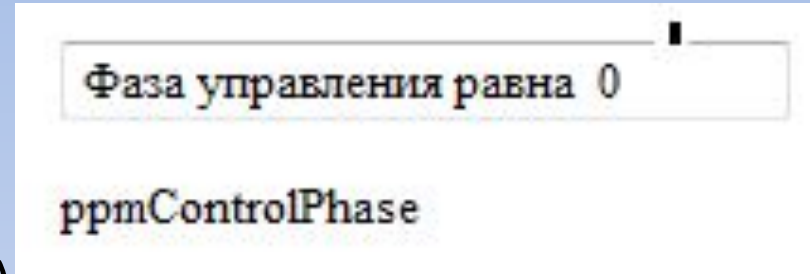


Скрипт для ТЕКСТОВОГО ПОЛЯ

```
Sub TextBox_2Event_Start()  
  Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```

```
Sub TextBox_2Event_Exec(Inputs,Outputs)  
  TextBox_2.Text = "Фаза управления равна " & Inputs(0).value  
End Sub
```

```
Sub TextBox_2Event_Stop()  
  Rem TODO: Add your code here  
End Sub
```



**Изменённое
свойство поля
редактирования**



$m := 32$

$n := 64$

$i := 0..(m - 1)$

$j := 0..(n - 1)$

$$P_{i,j} := \text{floor} \left[63 \cdot \left[1 + \cos \left[\frac{2\pi}{n} \cdot 8 \cdot \left(j - \frac{n}{7} \right) \right] \right] \cdot \left[1 + \cos \left[\frac{2\pi}{m} \cdot 3 \cdot \left(i - \frac{m}{9} \right) \right] \right] \right]$$

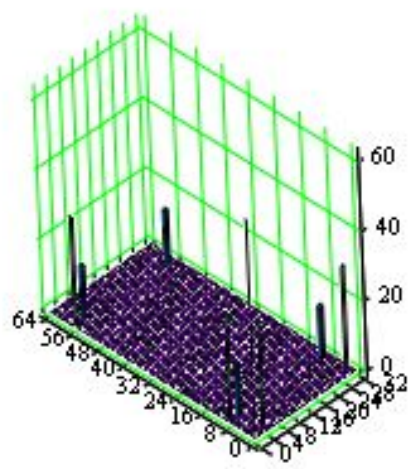


P

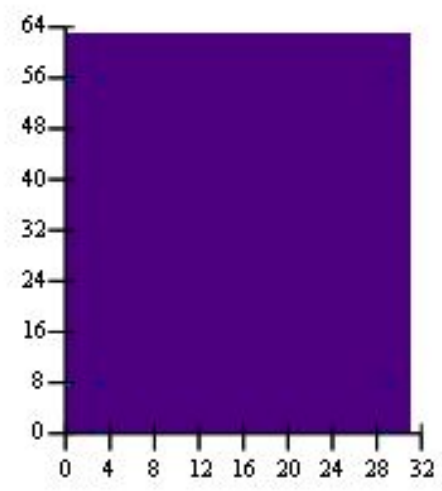
FP := CFFT(P)

$AFP_{i,j} := |FP_{i,j}|$

PFP := funPF(FP, 0)



AFP



AFP

Статистический анализ

```
N := 4096  
i := 0..(N - 1)
```

```
Noise := mnorm(N, 0, 0.1)
```



КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ



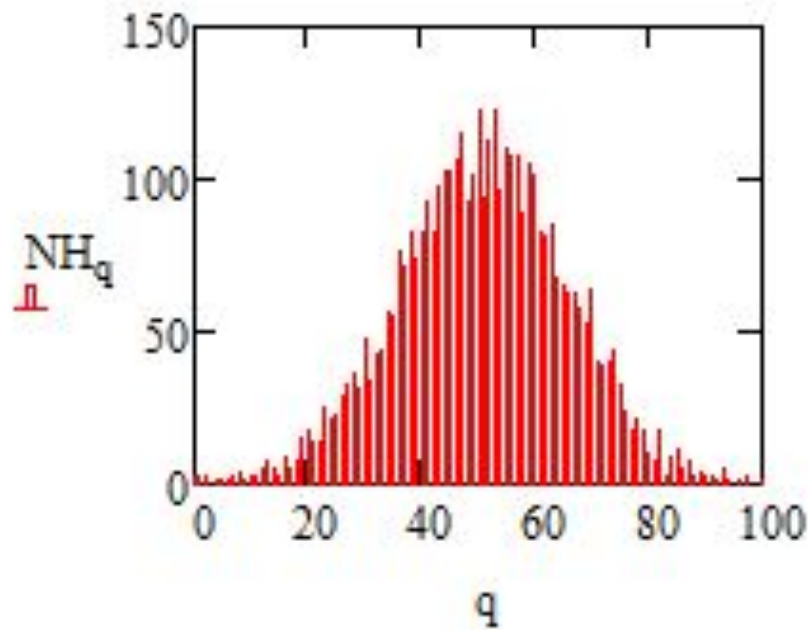
```
NHist(X, Q) :=  
  mn ← min(X)  
  mx ← max(X)  
  Δ ←  $\frac{mx - mn}{Q}$   
  for q ∈ 0..Q  
    Hq ← 0  
  m ← rows(X)  
  n ← cols(X)  
  for i ∈ 0..(m - 1)  
    for j ∈ 0..(n - 1)  
      Hfloor $\left[\frac{(X_{i,j} - mn)}{\Delta}\right]$  ← Hfloor $\left[\frac{(X_{i,j} - mn)}{\Delta}\right]$  + 1
```




$Q := 100$

$q := 0..Q$

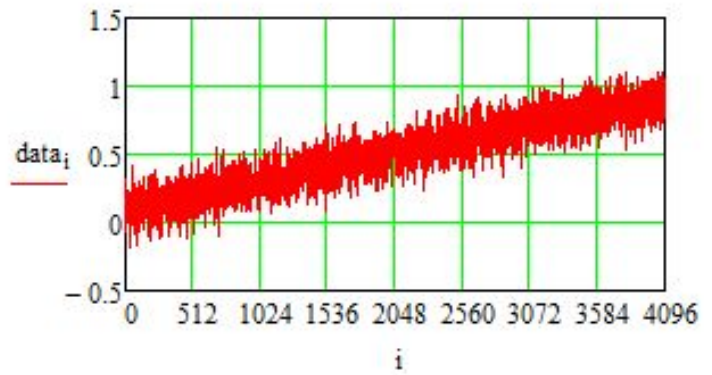
$NH := NHist(Noise, Q)$



$$\sum_q NH_q = 4096$$



$$data_i := 0.0002 \cdot i + 0.1 + Noise_i$$

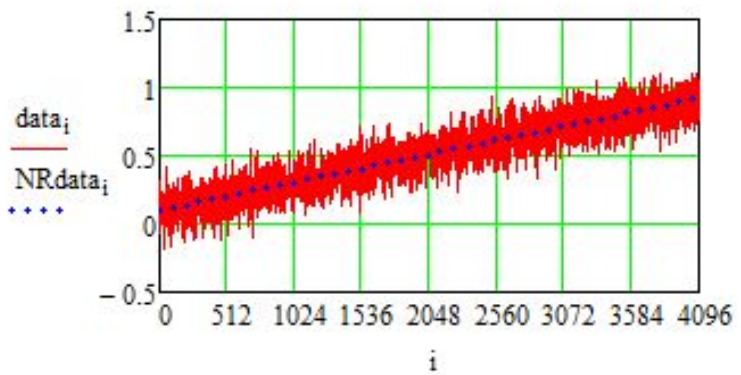


$$x_1 := i$$

$$Rdata := line(x, data)$$

$$Rdata = \begin{pmatrix} 0.098272 \\ 0.000201 \end{pmatrix}$$

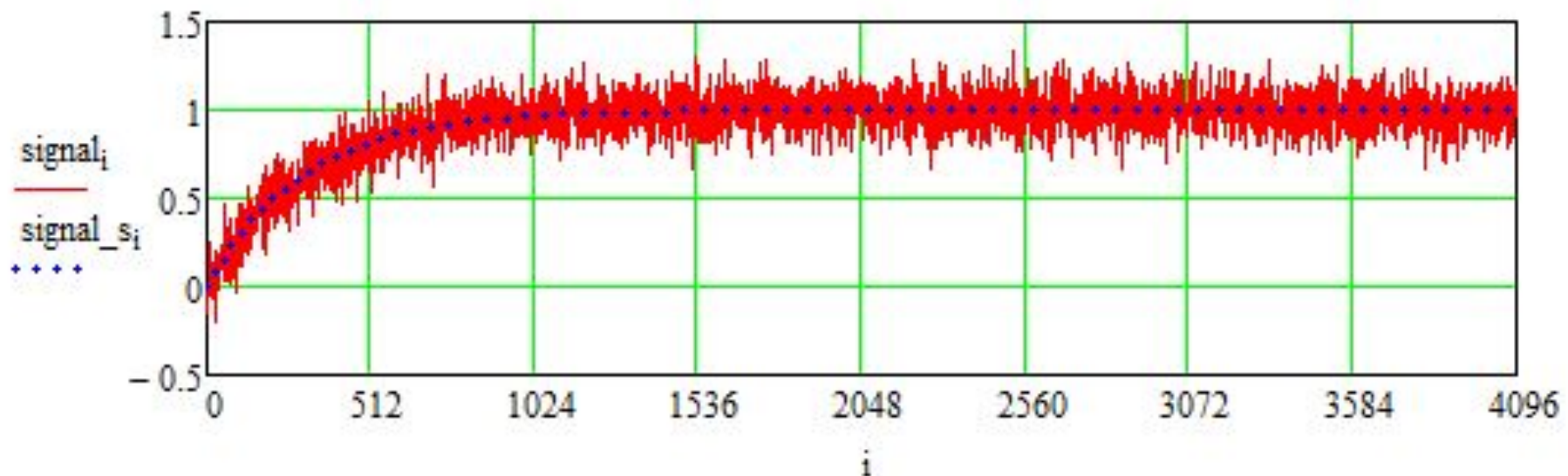
$$NRdata_i := Rdata_0 + Rdata_1 \cdot x_i$$





$$\text{signal}_i := 1 - e^{\frac{-i}{300}} + \text{Noise}_i \quad \text{signal}_{s_i} := 1 - e^{\frac{-i}{300}}$$

$$\sum_i |\text{signal}_i - \text{signal}_{s_i}| = 323.832$$





$\text{err}(X, a, b_{\max}, b_{\text{step}}, T_{\max}, T_{\text{step}}) :=$

$N \leftarrow \text{rows}(X)$

$T \leftarrow 1$

$kT \leftarrow 0$

while ($T < T_{\max}$)

$b \leftarrow 0$

$kb \leftarrow 0$

 while ($b < b_{\max}$)

$$\Sigma \Delta_{kT, kb} \leftarrow \sum_{n=0}^{N-1} \left| X_n - a - b \cdot \left(1 - e^{-\frac{n}{T}} \right) \right|$$

$b \leftarrow b + b_{\text{step}}$

$kb \leftarrow kb + 1$

$T \leftarrow T + T_{\text{step}}$

$kT \leftarrow kT + 1$

$\Sigma \Delta$

bstep := 0.2

Tstep := 2

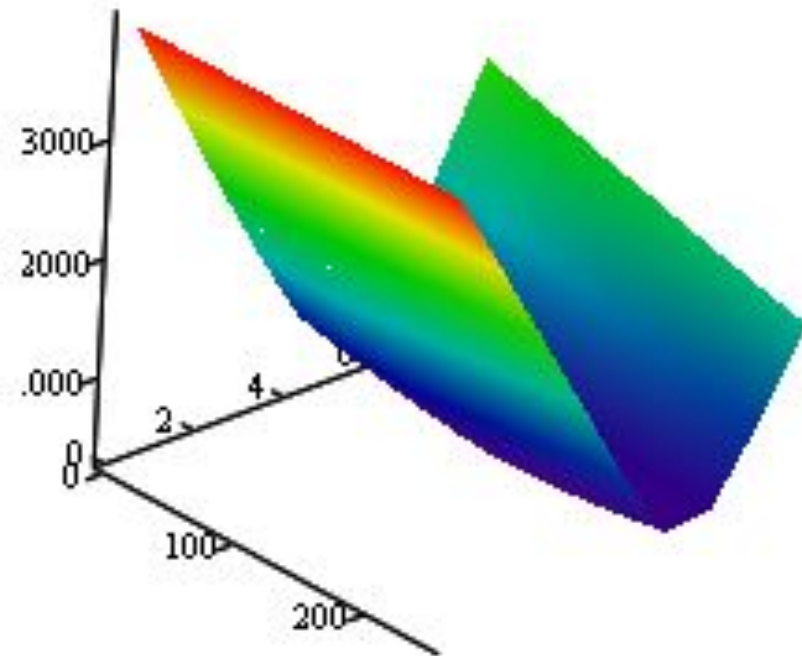


КАФЕДРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ



Err := err(signal, signal₀, 1.6, bstep, 500, Tstep)

min(Err) = 350.568



```
fmin(X) := 
$$\left| \begin{array}{l} Y \leftarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ mn \leftarrow X_{(Y_0), Y_1} \\ m \leftarrow \text{rows}(X) \\ n \leftarrow \text{cols}(X) \\ \text{for } i \in 0..(m-1) \\ \quad \text{for } j \in 0..(n-1) \\ \quad \quad \text{if } (X_{i,j} < mn) \\ \quad \quad \quad \left| \begin{array}{l} Y \leftarrow \begin{pmatrix} i \\ j \end{pmatrix} \\ mn \leftarrow X_{i,j} \end{array} \right. \\ \quad \quad \quad Y \end{array} \right.$$

```



$$f_{\min}(\text{Err}) = \begin{pmatrix} 129 \\ 5 \end{pmatrix}$$

$$T := f_{\min}(\text{Err})_0 \cdot T_{\text{step}} = 258$$

$$b := f_{\min}(\text{Err})_1 \cdot b_{\text{step}} = 1$$

$$a := \text{signal}_0 = -0.044$$

Результирующая зависимость

$$a + b \cdot \left(1 - e^{-\frac{i}{T}} \right)$$