

1. Структура библиотеки дополнительных элементов Sig&SysProc

Ниже показаны дополнительные элементы библиотеки **Sig&SysProc**. Необходимо скопировать эту библиотеку, папка **Lib** с подпапками **Sym** и **Sub**, в папку **LTspiceIV**. При стандартной установке программы целевая папка находится по адресу **C:\Program_Files\LTC\LTspiceIV**.

Библиотека **Sig&SysProc** содержит следующие подразделы:

- **Набор базовых элементов** – сложение, вычитание, умножение, константа, масштабирующее звено, инвертор.
- **DynUnits** – библиотека типовых динамических звеньев, задаваемых уравнениями Лапласа. Например: $\frac{k}{1+\tau \cdot p}$; $\frac{k \cdot p}{1+\tau \cdot p}$; $\frac{k}{1+\tau \cdot \varepsilon \cdot p + \tau^2 \cdot p^2}$.
- **Stimul** – библиотека источников стимулирующих воздействий: ступенчатая функция; линейная функция; синусоида; прямоугольный импульс; пилообразный импульс и др.
- **IntDif** – библиотека интегрирующих и дифференцирующих звеньев.
- **Functions** – библиотека часто используемых алгебраических функций: $\sin(x)$; $\cos(x)$; $\ln(x)$; $\exp(x)$; x^N и др.
- **noLine** – библиотека нелинейных элементов: элемент мертвая зона; двухпороговый гистерезис; ограничитель и др.
- **TimeDomain** – библиотека элементов для обработки сигналов во временной области, в т.ч. для дискретизации и фильтрации на элементах задержки Z^{-1} .

Ниже приводится описание дополнительных элементов библиотеки **Sig&SysProc**, используемых в примерах.

2. Схема включения элементов собственной разработки в пакет LTspice

Смоделировать произвольную функцию в пакете LTspice можно с помощью источников напряжения управляемых напряжением - **Arbitrary behavioral voltage source**, или зависимых источников напряжения - **Voltage Dependent Voltage Source**. На рис. 1 показаны примеры реализации простых функций.

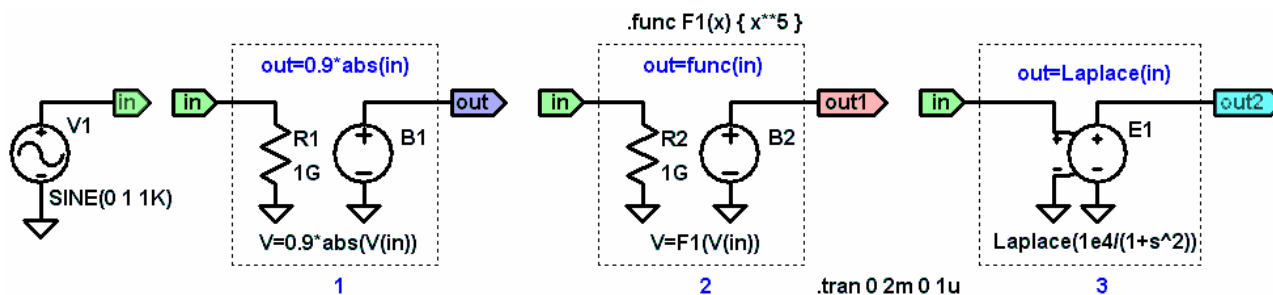


Рис.1. Примеры реализации произвольных функций.

Здесь представлен стандартный источник **V1** синусоидального воздействия **SINE** с амплитудой 1V и частотой 1KHz. Источник имеет выходной терминал с меткой “in”. Сигнал этого терминала подается на входы трех функциональных генераторов выделенных на схеме пунктиром:

1. Функциональный генератор на элементе **B1** с явным указанием моделируемой функции. Напряжение генератора задано выражением **V=0.9*abs(V(in))**. Здесь **V(in)** – напряжение на входном терминале “in”.

2. Функциональный генератор на элементе **B2** с указанием ссылки на моделируемую функцию с именем **F1**, которой, в качестве параметра, передается напряжение **V(in)** на входном терминале.
Функция **F1** описана директивой **.func F1(x){x**5}**
Здесь “**.func**” ключевое слово для обозначения функции; параметр функции в круглых скобках (если параметров несколько они разделяются запятыми); тело функции в фигурных скобках.
3. Функциональный генератор на элементе **E1**. Здесь используется ключевое слово **Laplace** для обозначения функциональной зависимости в виде преобразования Лапласа от частотного параметра **s**.

На рис. 2 показаны примеры временных реализаций отклика рассмотренных выше функциональных модулей на синусоидальное входное воздействие.

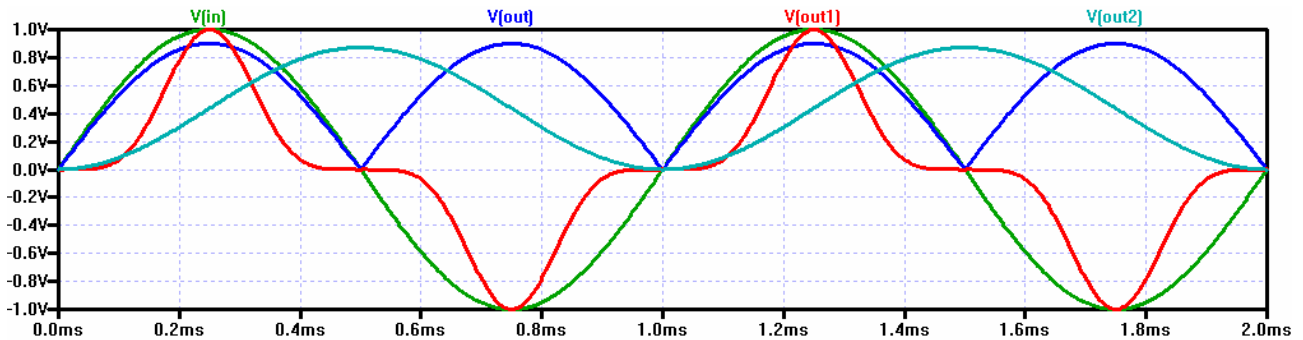


Рис.2. Примеры временных реализаций откликов функциональных модулей.

Комбинируя рассмотренные выше элементы можно получить любые требуемые функциональные зависимости. Именно таким образом и были сконструированы дополнительные элементы.

LTspice имеет встроенный редактор графических символов. С помощью этого редактора можно создавать графические образы символов. На рис.3 показан пример окна графического редактора символов и набор графических примитивов.

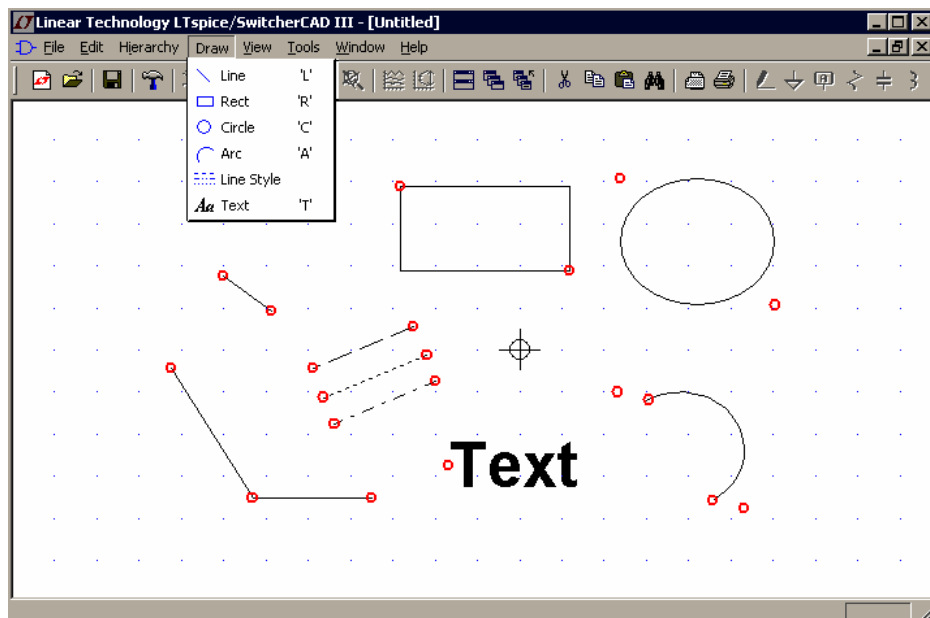


Рис.3. Окно графического редактора символов с примерами графических примитивов.

С помощью этого редактора можно создать практически любое изображение для графического обозначения символа.

Для полного определения символа необходимо указать терминалы, к которым подключаются проводники связей; указать имя процедуры (функции) и имя библиотечного файла со SPICE-описанием этого элемента. Все SPICE-описания дополнительных элементов библиотеки **Sig&SysProc** собраны в файле **Sig&SysProc.lib**.

3. Описание функциональных элементов

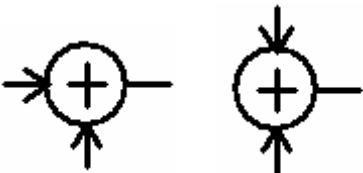
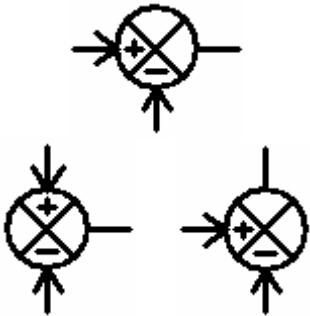
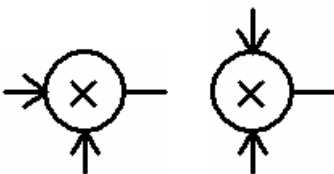
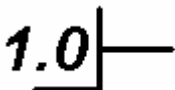
Описания символов находятся в файлах с расширением *.asy. Эти файлы должны находится в папке ... \LTspiceIV\Lib\Sym\Sig&SysProc\. Графические изображения символов и их атрибуты приведены в следующих таблицах тематических разделов.

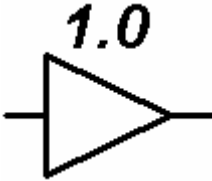
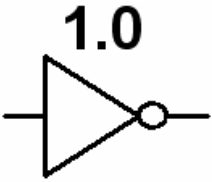
В таблицах указаны атрибуты элементов задаваемых по умолчанию. Значения атрибутов можно изменять на требуемые значения в окне свойств элемента. Для вызова окна свойств элемента следует щелкнуть правой кнопкой мыши на элементе.

Некоторые из элементов имеют несколько вариантов изображения, в т.ч. зеркального изображения – вход справа, выход слева. Имена таких элементов имеют дополнительные суффиксы в конце имени.

Набор базовых элементов

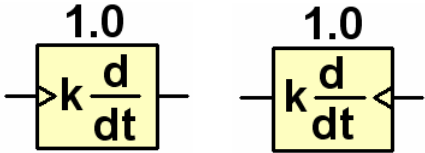
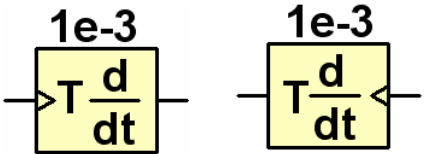
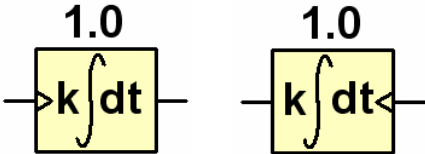
Здесь расположены часто используемые элементы, такие как: сложение, вычитание, умножение, константа, масштабирующее звено, инвертор.

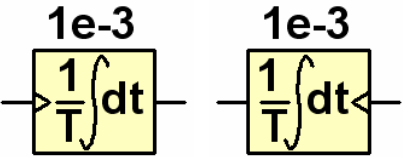
Название Назначение	Изображение	Атрибуты	
Sum.asy Sum1.asy Сумма		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Sum
		Value	
		Value2	
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Subtr.asy Subtr1.asy Subtr2.asy Разность		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Subtr
		Value	
		Value2	
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Mul.asy Mul1.asy Умножение		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Mul
		Value	
		Value2	
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Const.asy Константа		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Const
		Value	C=
		Value2	1.0
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

Scale.asy Масштабный усилитель		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Amp
		Value	K=
		Value2	1.0
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
Invertor.asy Инвертор		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	AmpInv
		Value	K=
		Value2	1.0
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

IntDif

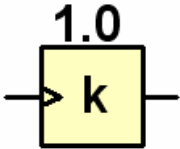
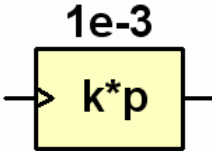
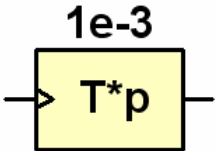
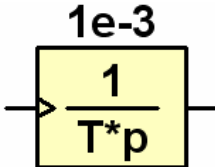
Библиотека интегрирующих и дифференцирующих звеньев.

Название Назначение	Изображение	Атрибуты	
Deriv.asy Deriv_.asy Производная		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Deriv
		Value	K=
		Value2	1.0
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
DerivT.asy DerivT_.asy Производная		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	DerivT
		Value	T=1e-3
		Value2	
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
Integral.asy Integral_.asy Интеграл		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Integ
		Value	K=
		Value2	1.0
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

IntegralT.asy IntegralT_.asy Интеграл		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	IntegT
		Value	T=
		Value2	1e-3
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

DynUnits

Библиотека типовых динамических звеньев, задаваемых уравнениями Лапласа.

Название Назначение	Изображение	Атрибуты	
Amp.asy Линейное звено		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Amp
		Value	K=
		Value2	1.0
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Dif.asy Дифференцирующее звено		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	DifK
		Value	K=
		Value2	1e-3
		SpiceLine	T=1
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
DifT.asy Дифференцирующее звено		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	DifK
		Value	T=
		Value2	1e-3
		SpiceLine	K=1
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Int.asy Интегрирующее звено		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	IntK
		Value	T=
		Value2	1e-3
		SpiceLine	K=1
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

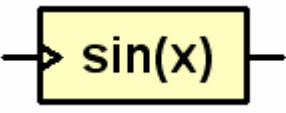
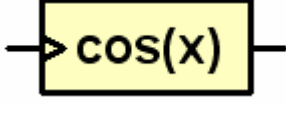
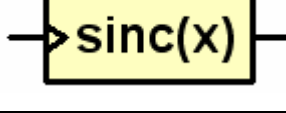
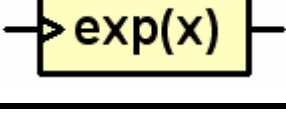
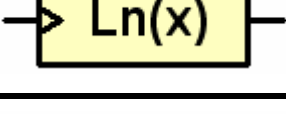
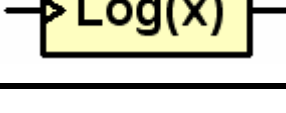
<div>IntK.asy</div> <div>Интегрирующее звено</div>	<div>1e3</div> <div><div><div></div><div>k</div><div>p</div></div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>IntK</td></tr><tr><td>Value</td><td>K=</td></tr><tr><td>Value2</td><td>1e3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>T=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	IntK	Value	K=	Value2	1e3	SpiceLine	T=1	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	IntK																			
Value	K=																			
Value2	1e3																			
SpiceLine	T=1																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>IntKT.asy</div> <div>Интегрирующее звено</div>	<div>k=1</div> <div><div><div></div><div>k</div><div>T*p</div></div></div> <div>T=1e-3</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>IntK</td></tr><tr><td>Value</td><td>K=1</td></tr><tr><td>Value2</td><td>T=1e-3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	IntK	Value	K=1	Value2	T=1e-3	SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	IntK																			
Value	K=1																			
Value2	T=1e-3																			
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>DifDelay.asy</div> <div>Дифференцирующее звено с задержкой</div>	<div>k=1e-3</div> <div><div><div></div><div>k*p</div><div>1+T*p</div></div></div> <div>T=1e-3</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>DifDelayK</td></tr><tr><td>Value</td><td>T=1e-3</td></tr><tr><td>Value2</td><td>K=1e-3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	DifDelayK	Value	T=1e-3	Value2	K=1e-3	SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	DifDelayK																			
Value	T=1e-3																			
Value2	K=1e-3																			
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>IntDelay.asy</div> <div>Интегрирующее звено с задержкой</div>	<div>1e-3</div> <div><div><div></div><div>1</div><div>1+T*p</div></div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>IntDelayK</td></tr><tr><td>Value</td><td>T=</td></tr><tr><td>Value2</td><td>1e-3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>K=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	IntDelayK	Value	T=	Value2	1e-3	SpiceLine	K=1	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	IntDelayK																			
Value	T=																			
Value2	1e-3																			
SpiceLine	K=1																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>IntDelayK.asy</div> <div>Интегрирующее звено с задержкой</div>	<div>k=1</div> <div><div><div></div><div>k</div><div>1+T*p</div></div></div> <div>T=1e-3</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>IntDelayK</td></tr><tr><td>Value</td><td>K=1</td></tr><tr><td>Value2</td><td>T=1e-3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	IntDelayK	Value	K=1	Value2	T=1e-3	SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	IntDelayK																			
Value	K=1																			
Value2	T=1e-3																			
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>Osc.asy</div> <div>Осциллятор с затуханием</div>	<div>E=0.3</div> <div><div><div></div><div>1</div><div>1+2*T*E*p (T*p)^2</div></div></div> <div>T=1e-3</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>OscK</td></tr><tr><td>Value</td><td>E=0.3</td></tr><tr><td>Value2</td><td>T=1e-3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>K=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	OscK	Value	E=0.3	Value2	T=1e-3	SpiceLine	K=1	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	OscK																			
Value	E=0.3																			
Value2	T=1e-3																			
SpiceLine	K=1																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			

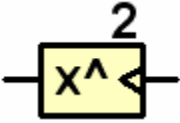
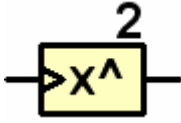
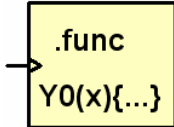
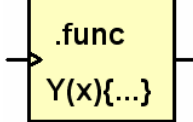
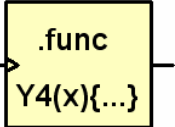
OscK.asy Осциллятор с затуханием	<div><div>k=1</div><div><div><div><div><div></div><div>1+2*T*E*p</div><div>+(T*p)^2</div></div></div><div></div></div></div><div>E=0.3 T=1e-3</div></div>	Attribute	Value
		Prefix	X
Lap.asy Lap0.asy ... Lap4.asy Звенья заданные уравнениями Лапласа	<div><div><div><div><div></div><div>.func</div><div>W(p){...}</div></div></div><div><div><div><div><div></div><div>.func</div><div>W0(p){...}</div></div></div><div>...</div><div><div><div><div><div></div><div>.func</div><div>W4(p){...}</div></div></div></div></div></div></div></div></div>	SpiceModel	OscK
		Value	K=1
		Value2	E=0.3 T=1e-3
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
		Attribute	Value
		Prefix	X
SpiceModel	Laplace...		
Value			
Value2			
SpiceLine			
SpiceLine2			
Description			
ModelFile	Sig&SysProc.lib		

Для звена заданного уравнением Лапласа следует указать директиву вида: **.func W(p){...}**
Где в теле функции в фигурных скобках указать необходимое алгебраическое выражение от частотного параметра **p**. В библиотеке предусмотрено 6 заготовок под функции W(p), W0(p), W1(p), W2(p), W3(p), W4(p).

Functions

Библиотека часто используемых и определяемых пользователем функций. Неиспользуемые поля атрибутов в таблице опущены.

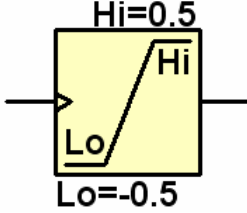
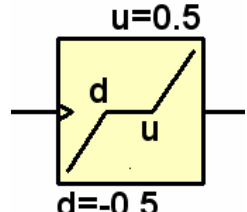
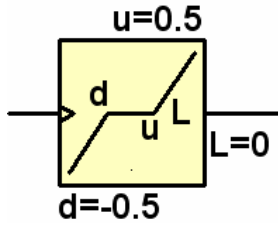
Название Назначение	Изображение	Атрибуты	
sinX.asy sin(x)		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	sinX
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
cosX.asy cos(x)		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	cosX
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
sincX.asy sinc(x)=sin(x)/x		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	sincX
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
expX.asy exp(x)		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	expX
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
LnX.asy Ln(x) натуральный		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	LnX
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
LogX.asy Log(x) десятичный		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	LogX
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

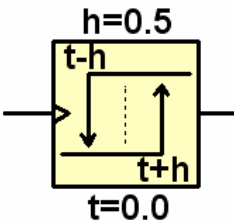
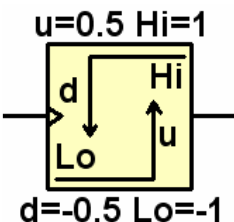
<div><div>PowN.asy</div><div>PowN_.asy</div><div>x^N возведение в степень</div></div>	<div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>powN</td></tr><tr><td>Value</td><td>N=</td></tr><tr><td>Value2</td><td>2</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	powN	Value	N=	Value2	2	SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	powN																			
Value	N=																			
Value2	2																			
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div><div>Func.asy</div><div>Func0.asy</div><div>...</div><div>Func4.asy</div><div>Функции задаваемые пользователем</div></div>	<div><div>...</div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>Func...</td></tr><tr><td>Value</td><td></td></tr><tr><td>Value2</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	Func...	Value		Value2		SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	Func...																			
Value																				
Value2																				
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			

Для функций задаваемых пользователем следует указать директиву вида: **.func Y(x){...}**
Где в теле функции в фигурных скобках указать необходимое алгебраическое выражение от параметра **x**. В библиотеке предусмотрено 6 заготовок под функции **Y(x)**, **Y0(x)**, **Y1(x)**, **Y2(x)**, **Y3(x)**, **Y4(x)**.

noLine

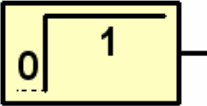
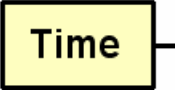
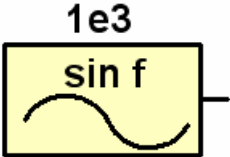
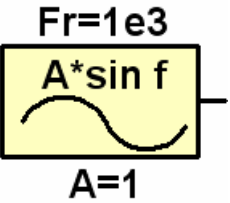
Библиотека нелинейных звеньев и звеньев с гистерезисом.

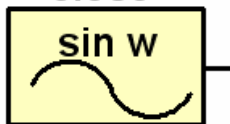
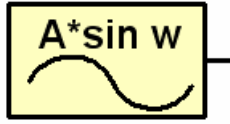
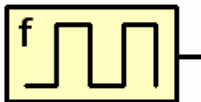
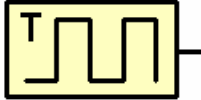
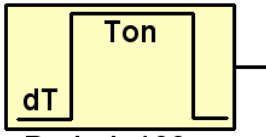
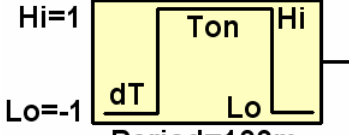
Название Назначение	Изображение	Атрибуты	
Limit.asy Двухсторонний ограничитель сверху и снизу		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	LimitB
		Value	Hi=0.5
		Value2	Lo=-0.5
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Dead.asy Звено с мертвой зоной на нуле		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	Dead
		Value	U=0.5
		Value2	D=-0.5
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
DeadB.asy Звено с мертвой зоной на заданном уровне		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	DeadB
		Value	U=0.5
		Value2	D=-0.5
		SpiceLine	L=0
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

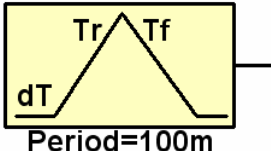
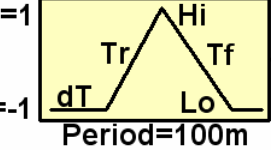
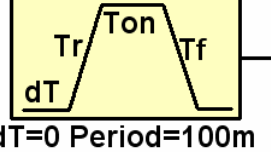
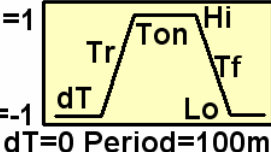
<div>Hyster.asy</div> <div>Звено с гистерезисом и выходными уровнями 0 и 1</div>		<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>Hyster</td></tr><tr><td>Value</td><td>H=0.5</td></tr><tr><td>Value2</td><td>T=0.0</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	Hyster	Value	H=0.5	Value2	T=0.0	SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	Hyster																			
Value	H=0.5																			
Value2	T=0.0																			
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>HysterB.asy</div> <div>Звено с гистерезисом и заданными выходными уровнями</div>		<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>HysterB</td></tr><tr><td>Value</td><td>H=0.5 Hi=1</td></tr><tr><td>Value2</td><td>T=0.0 Lo=-1</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	HysterB	Value	H=0.5 Hi=1	Value2	T=0.0 Lo=-1	SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	HysterB																			
Value	H=0.5 Hi=1																			
Value2	T=0.0 Lo=-1																			
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			

Stimul

Библиотека источников стимулирующих воздействий. Неиспользуемые поля атрибутов в таблице опущены.

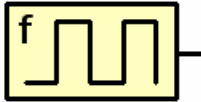
Название Назначение	Изображение	Атрибуты	
genStep1.asy Ступенчатая единичная функция		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	GenStep1
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
genTime.asy Линейная функция (время)		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	GenTime
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
genSin.asy Синусоидальный сигнал заданной частоты единичной амплитуды		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	genSinA
		Value	Fr=
		Value2	1e3
		SpiceLine	A=1
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib
genSinA.asy Синусоидальный сигнал заданной частоты и амплитуды		Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	genSinA
		Value	Fr=1e3
		Value2	A=1
		SpiceLine	
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

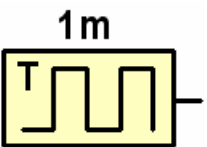
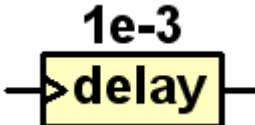
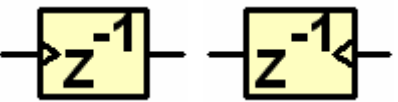
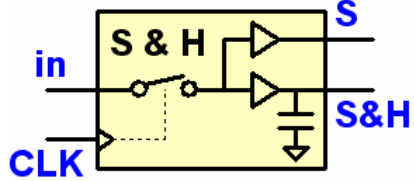
<div>genSinW.asy</div> <div>Синусоидальный сигнал заданной круговой частоты единичной амплитуды</div>	<div>6.3e3</div> <div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genSinAW</td></tr><tr><td>Value</td><td>Wf=</td></tr><tr><td>Value2</td><td>6.3e3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>A=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genSinAW	Value	Wf=	Value2	6.3e3	SpiceLine	A=1	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genSinAW																			
Value	Wf=																			
Value2	6.3e3																			
SpiceLine	A=1																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>genSinAW.asy</div> <div>Синусоидальный сигнал заданной круговой частоты и амплитуды</div>	<div>Wf=6.3e3</div> <div></div> <div>A=1</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genSinAW</td></tr><tr><td>Value</td><td>Wf=6.3e3</td></tr><tr><td>Value2</td><td>A=1</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genSinAW	Value	Wf=6.3e3	Value2	A=1	SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genSinAW																			
Value	Wf=6.3e3																			
Value2	A=1																			
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>genCLK_F.asy</div> <div>Генератор меандра заданной частоты с выходным уровнем от 0 до 1</div>	<div>1K</div> <div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genCLK_F</td></tr><tr><td>Value</td><td>Fr=</td></tr><tr><td>Value2</td><td>1e3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Q=0.5</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genCLK_F	Value	Fr=	Value2	1e3	SpiceLine	Q=0.5	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genCLK_F																			
Value	Fr=																			
Value2	1e3																			
SpiceLine	Q=0.5																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>genCLK_T.asy</div> <div>Генератор меандра заданного периода с выходным уровнем от 0 до 1</div>	<div>1m</div> <div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genCLK_T</td></tr><tr><td>Value</td><td>T=</td></tr><tr><td>Value2</td><td>1e-3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Q=0.5</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genCLK_T	Value	T=	Value2	1e-3	SpiceLine	Q=0.5	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genCLK_T																			
Value	T=																			
Value2	1e-3																			
SpiceLine	Q=0.5																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>genPulse.asy</div> <div>Генератор прямоугольных импульсов с выходным уровнем от 0 до 1</div>	<div>dT=1m Ton=1m</div> <div></div> <div>Period=100m</div> <div>dT- задержка; Ton – длительность включения; Period –период повторения</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genPulseB</td></tr><tr><td>Value</td><td>dT=1m Ton=1m</td></tr><tr><td>Value2</td><td>Period=100m</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Lo=0 Hi=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genPulseB	Value	dT=1m Ton=1m	Value2	Period=100m	SpiceLine	Lo=0 Hi=1	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genPulseB																			
Value	dT=1m Ton=1m																			
Value2	Period=100m																			
SpiceLine	Lo=0 Hi=1																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>genPulseB.asy</div> <div>Генератор прямоугольных импульсов с заданными выходными уровнями Lo и Hi</div>	<div>Hi=1</div> <div>dT=1m Ton=1m</div> <div></div> <div>Lo=-1</div> <div>Period=100m</div> <div>dT- задержка; Ton – длительность включения; Period –период повторения</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genPulseB</td></tr><tr><td>Value</td><td>dT=1m Ton=1m</td></tr><tr><td>Value2</td><td>Period=100m</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Hi=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td>Lo=-1</td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genPulseB	Value	dT=1m Ton=1m	Value2	Period=100m	SpiceLine	Hi=1	SpiceLine2	Lo=-1	Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genPulseB																			
Value	dT=1m Ton=1m																			
Value2	Period=100m																			
SpiceLine	Hi=1																			
SpiceLine2	Lo=-1																			
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			

<div>genLine.asy</div> <div>Генератор треугольных импульсов с выходным уровнем от 0 до 1</div>	<div>dT=0 Tr=50m Tf=50m</div> <div></div> <div>Period=100m</div> <div>dT- задержка; Tr, Tf – длительности нарастания и спада; Period –период повторения</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genLineB</td></tr><tr><td>Value</td><td>dT=1m Ton=1m</td></tr><tr><td>Value2</td><td>Period=100m</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Lo=0 Hi=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genLineB	Value	dT=1m Ton=1m	Value2	Period=100m	SpiceLine	Lo=0 Hi=1	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genLineB																			
Value	dT=1m Ton=1m																			
Value2	Period=100m																			
SpiceLine	Lo=0 Hi=1																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>genLineB.asy</div> <div>Генератор треугольных импульсов с заданными выходными уровнями Lo и Hi</div>	<div>dT=0 Tr=50m Tf=50m Hi=1</div> <div></div> <div>Lo=-1</div> <div>Period=100m</div> <div>dT- задержка; Tr, Tf – длительности нарастания и спада; Period –период повторения</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genLineB</td></tr><tr><td>Value</td><td>dT=1m Ton=1m</td></tr><tr><td>Value2</td><td>Period=100m</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Hi=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td>Lo=-1</td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genLineB	Value	dT=1m Ton=1m	Value2	Period=100m	SpiceLine	Hi=1	SpiceLine2	Lo=-1	Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genLineB																			
Value	dT=1m Ton=1m																			
Value2	Period=100m																			
SpiceLine	Hi=1																			
SpiceLine2	Lo=-1																			
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>genTrap.asy</div> <div>Генератор трапециидальных импульсов с выходным уровнем от 0 до 1</div>	<div>Tr=1m Ton=1m Tf=1m</div> <div></div> <div>dT=0 Period=100m</div> <div>dT- задержка; Tr, Ton, Tf - длительности нарастания, включения и спада; Period –период повторения</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genLineB</td></tr><tr><td>Value</td><td>dT=1m Ton=1m</td></tr><tr><td>Value2</td><td>Period=100m</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Lo=0 Hi=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genLineB	Value	dT=1m Ton=1m	Value2	Period=100m	SpiceLine	Lo=0 Hi=1	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genLineB																			
Value	dT=1m Ton=1m																			
Value2	Period=100m																			
SpiceLine	Lo=0 Hi=1																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>genTrapB.asy</div> <div>Генератор трапециидальных импульсов с заданными выходными уровнями Lo и Hi</div>	<div>Tr=1m Ton=1m Tf=1m Hi=1</div> <div></div> <div>Lo=-1</div> <div>dT=0 Period=100m</div> <div>dT- задержка; Tr, Ton, Tf - длительности нарастания, включения и спада; Period –период повторения</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genTrapB</td></tr><tr><td>Value</td><td>dT=1m Ton=1m</td></tr><tr><td>Value2</td><td>Period=100m</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Hi=1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td>Lo=-1</td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genTrapB	Value	dT=1m Ton=1m	Value2	Period=100m	SpiceLine	Hi=1	SpiceLine2	Lo=-1	Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genTrapB																			
Value	dT=1m Ton=1m																			
Value2	Period=100m																			
SpiceLine	Hi=1																			
SpiceLine2	Lo=-1																			
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			

TimeDomain

Библиотека элементов для моделирования обработки и фильтрации во временной области.

Название Назначение	Изображение	Атрибуты	
CLK_F.asy Генератор узких импульсов заданной частоты с выходным уровнем от 0 до 1	<div>1K</div> 	Attribute	Value
		Prefix	X
		SpiceModel	genCLK_F
		Value	Fr=
		Value2	1e3
		SpiceLine	Q=0.1
		SpiceLine2	
		Description	
		ModelFile	Sig&SysProc.lib

<div>CLK_T.asy</div> <div>Генератор узких импульсов заданного периода с выходным уровнем от 0 до 1</div>	<div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>genCLK_T</td></tr><tr><td>Value</td><td>T=</td></tr><tr><td>Value2</td><td>1e-3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td>Q=0.1</td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	genCLK_T	Value	T=	Value2	1e-3	SpiceLine	Q=0.1	SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	genCLK_T																			
Value	T=																			
Value2	1e-3																			
SpiceLine	Q=0.1																			
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>delay.asy</div> <div>Задержка на заданное время</div>	<div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>delayT</td></tr><tr><td>Value</td><td>T=</td></tr><tr><td>Value2</td><td>1e-3</td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	delayT	Value	T=	Value2	1e-3	SpiceLine		ModelFile	Sig&SysProc.lib				
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	delayT																			
Value	T=																			
Value2	1e-3																			
SpiceLine																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>Z1.asy</div> <div>Z1_.asy</div> <div>Задержка на заданный квант времени</div>	<div></div> <div>Удобно квант времени определить в атрибутах одним общим для всех элементов параметром. Например: T={Tclk} и .param Tclk=...</div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>delayT</td></tr><tr><td>Value</td><td>T=1m</td></tr><tr><td>Value2</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine</td><td></td></tr><tr><td>SpiceLine2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	delayT	Value	T=1m	Value2		SpiceLine		SpiceLine2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	delayT																			
Value	T=1m																			
Value2																				
SpiceLine																				
SpiceLine2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			
<div>S&H2.asy</div> <div>Элемент выборки и хранения (Sample and Hold)</div>	<div></div>	<table><tr><th>Attribute</th><th>Value</th></tr><tr><td>Prefix</td><td>X</td></tr><tr><td>SpiceModel</td><td>S&H2</td></tr><tr><td>Value</td><td></td></tr><tr><td>Value2</td><td></td></tr><tr><td>Description</td><td></td></tr><tr><td>ModelFile</td><td>Sig&SysProc.lib</td></tr></table>	Attribute	Value	Prefix	X	SpiceModel	S&H2	Value		Value2		Description		ModelFile	Sig&SysProc.lib				
Attribute	Value																			
Prefix	X																			
SpiceModel	S&H2																			
Value																				
Value2																				
Description																				
ModelFile	Sig&SysProc.lib																			

Элемент **S&H2** имеет два входа: **in** и **CLK**, и два выхода: **S** и **S&H**.

Входной сигнал **in** подается на ключ. Ключ управляется сигналом синхронизации **CLK**, и фиксирует амплитуду сигнала по переднему фронту сигнала синхронизации.

На выходе хранения **S&H** сохраняется зафиксированное в момент выборки значение амплитуды сигнала.

На выходе **S** формируется дискретный сигнал шириной импульса синхронизации и амплитудой равной амплитуде зафиксированного сигнала. Схема фиксирует входной сигнал на интервале, где сигнал **CLK** превышает уровень порога заданного в процедуре параметром **Thr** (по умолчанию **Thr=0.5**). Это значение можно переопределить, указав явно значение **Thr=...** в строке **Value** окна атрибутов элемента.

При использовании дискретного выхода элемента **S&H2** совместно с элементами задержки следует учитывать, что изменения сигнала привязаны к переднему фронту сигнала синхронизации. Поэтому, при восстановлении сигнала из дискретных по времени значений амплитуд, следует вводить небольшую дополнительную задержку (порядка половины ширины импульса синхронизации), с тем, что бы вывести точку выборки из области фронта сигнала в область устойчивых значений посередине импульсного сигнала.

На рис.4 и 5 приведены примеры схемы обработки сигнала во временной области и временные диаграммы сигналов в характерных точках схемы.

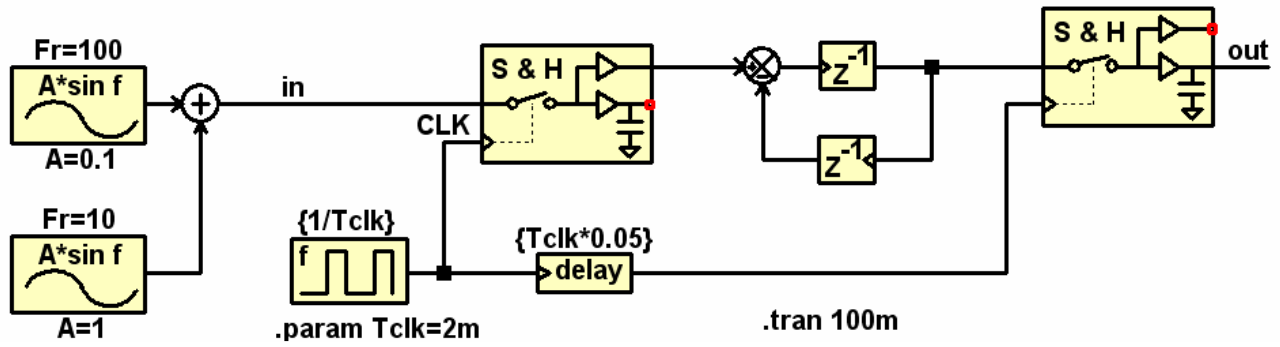


Рис.4. Пример моделирования обработки сигналов во временной области.

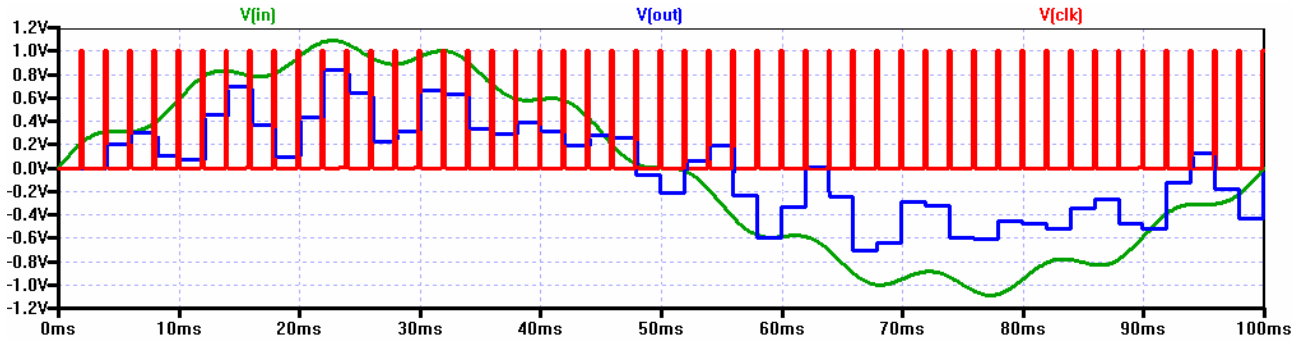


Рис.5. Временные реализации сигналов в характерных точках схемы

II. Библиотека дополнительных элементов DigitalLogic

Эта библиотека использует стандартные описания моделей цифровых элементов из пакета LTspice, но с иными, более привычными и, возможно, более понятными обозначениями этих элементов.

Ниже показаны дополнительные элементы библиотеки **DigitalLogic**. Необходимо скопировать эту библиотеку, папка **Lib** с подпапками **Sym** и **Sub**, в папку **LTspiceIV**.. При стандартной установке программы целевая папка находится по адресу **C:\Program_Files\LTC\LTspiceIV**.

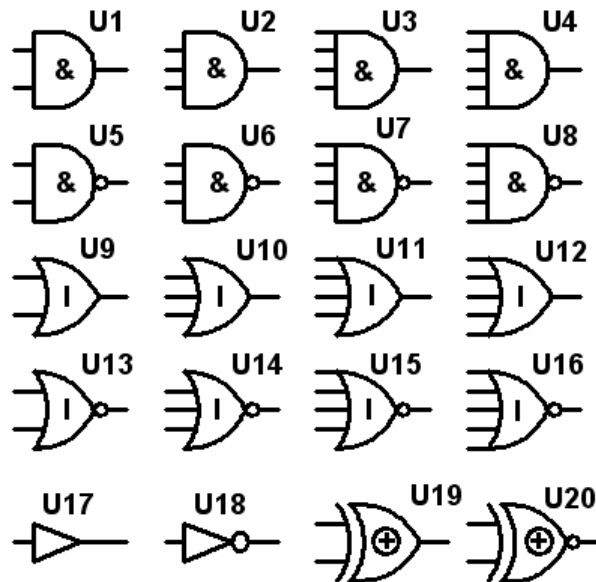


Рис.6. Базовые логические элементы.

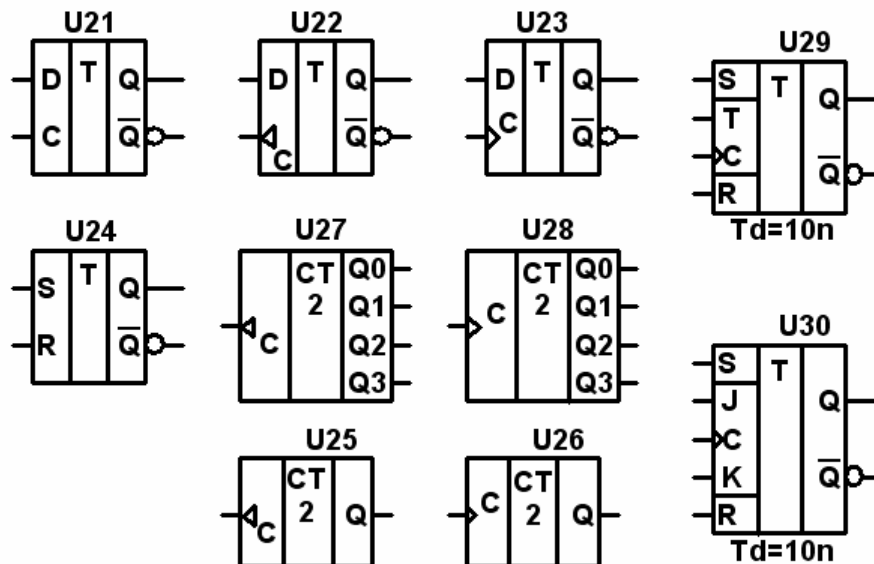


Рис.7. Триггеры и счетчики.