

## Тема 4. РАБОТА С СИГНАЛАМИ В СРЕДЕ SIMULINK

- Понятие сигнала. Атрибуты сигналов
- Дискретные и аналоговые сигналы
- Представление сигналов сэмплами и фреймами
- Одноканальные и многоканальные сигналы
- Создание сигналов и работа с ними

### 4.1 Понятие сигнала. Атрибуты сигналов.

Сигналом называется изменяющаяся во времени величина, определенная в любой момент времени. Пользователь может задавать атрибуты сигналов, такие как имя сигнала, тип данных, тип числа (действительное или комплексное) и размерность.

Большинство блоков могут принимать или выдавать сигналы любого типа данных (8 бит, 16 бит и т.д.), типа чисел и размерности. Однако некоторые блоки допускают строго определенные атрибуты сигналов, с которыми они работают.






SIMULINK определяет сигналы как выходные параметры динамической системы, представленной блоками модели и/или всей моделью в целом. Линии на блок-схеме отражают математические зависимости между сигналами, определяемые блок-схемой.

Создаются сигналы с помощью блоков, представляющих источники сигнала. Например, синусоидально меняющийся сигнал можно создать, перетащив блок Sine из библиотеки в модель.

Сигналу может быть присвоено имя двойным щелчком по соответствующей линии.

Требования к синтаксису зависят от того, как предполагается использовать имя сигнала в дальнейшем:

1. Сигнал называется таким образом, чтобы он мог быть преобразован в SIMULINK Signal object. В этом случае имя должно быть идентификатором MATLAB.
2. Сигнал называется именем, которое позволяет распознавать сигнал и обращаться к нему при обработке сигнала. По сравнению с первым вариантом может дополнительно содержать пробелы и подчеркивания.
3. Имя сигнала используется только для пояснения блок-схемы и не используется при вычислениях. Ограничений в этом случае нет.

<b>Signal Type</b>	<b>Line Style</b>	<b>Description</b>
Scalar and Nonscalar		Simulink uses a thin, solid line to represent a diagram's scalar and nonscalar signals.
Nonscalar		When the <b>Wide nonscalar lines</b> option is enabled, Simulink uses a thick, solid line to represent a diagram's nonscalar signals. See also "Using Muxes" on page 10-16.
Control		Simulink uses a thin, dash-dot line to represent a diagram's control signals.
Virtual Bus		Simulink uses a triple line with a solid core to represent a diagram's virtual signal buses. See "Using Buses" on page 11-3.
Nonvirtual Bus		Simulink uses a triple line with a dotted core to represent a diagram's nonvirtual signal buses. See "Using Buses" on page 11-3.

## 4.2 Дискретные сигналы

Модели в среде SIMULINK могут работать как с дискретными так и с аналоговыми сигналами. Однако необходимо учитывать, что большинство моделей, создаваемые с использованием Signal Processing Blockset предназначены для обработки только дискретных сигналов.

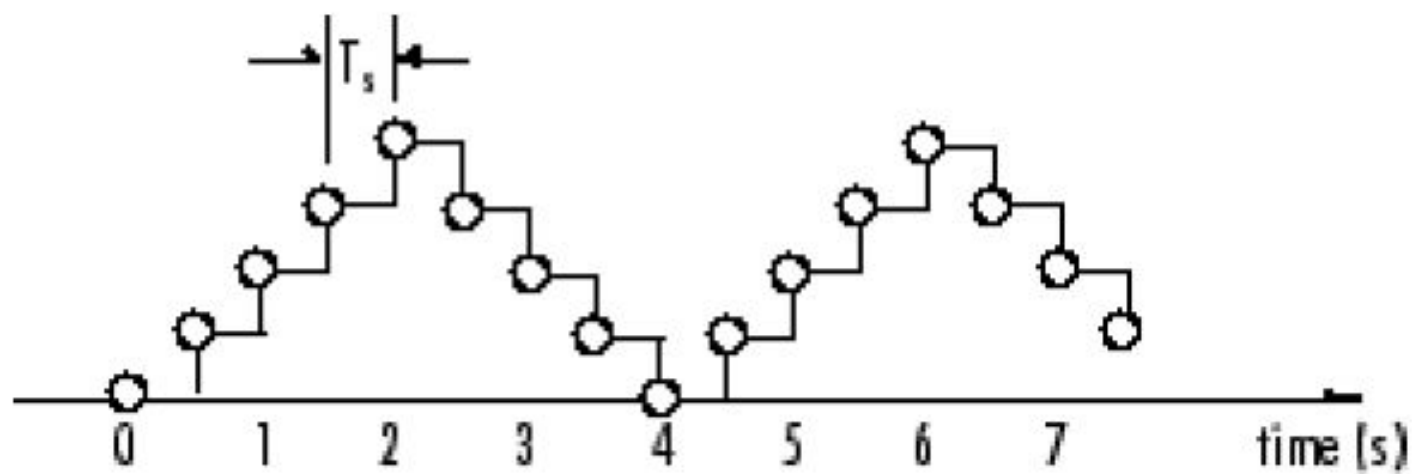
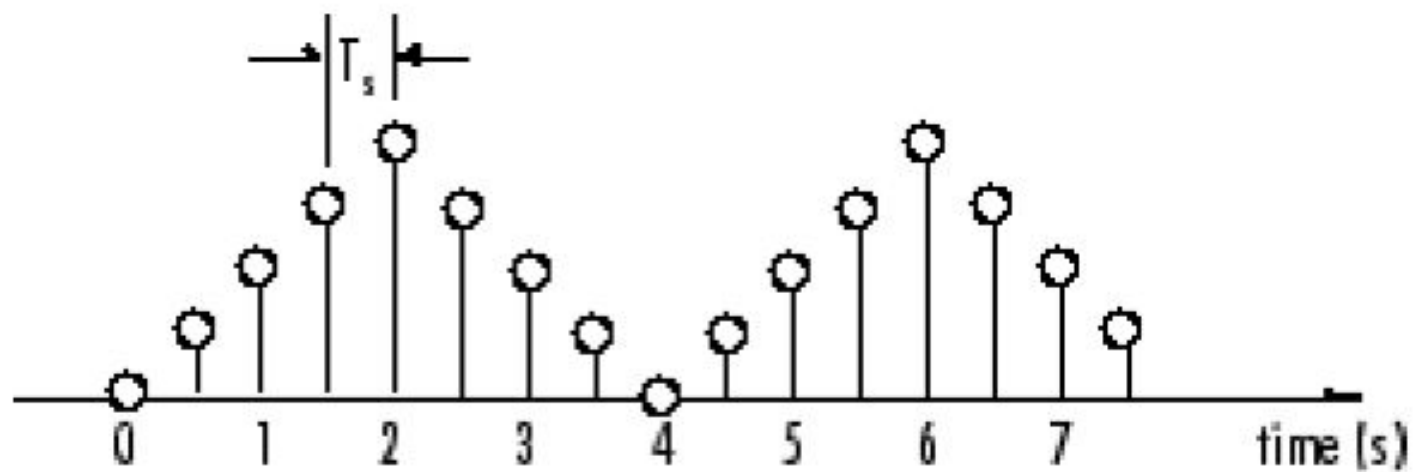
Дискретный сигнал представляет собой последовательность значений соответствующих определенным моментам времени.

Моменты времени, в которые определен сигнал, называется моментами выработки сигнала, а соответственно значения выработками сигнала.

Как правило, дискретный сигнал считается неопределенными в промежутки времени между моментами выборки.

Для сигнала, выборки которого следуют через равные промежутки времени, вводится понятие периода выборки  $T_s$ , соответствующий временному интервалу между двумя выборками.

Скорость выборки  $F_s$  – обратно пропорциональна  $T_s$  – количеству выборок в секунду.



При следующих параметрах конфигурации дискретный сигнал немного отличается от классического понятия, рассмотренного выше, тем что сохраняет определенное значение между моментами выборки:

Type Fixed-step | Solver: Discrete | Fixed-step size: auto | Tasking mode: Single tasking |

В момент выборки сигнал может менять свое значение, сохраняя его между выборками. Как следствие, SIMULINK допускает такие операции, как сложение сигналов с разными скоростями выборки.

При параметрах конфигурации Fixed-step, Multitasking, дискретные сигналы не определены в интервалах между моментами выборки. SIMULINK выдает сообщение об ошибке, когда производится попытка обратиться к неопределенному участку сигнала, как и при сложении двух сигналов с разными скоростями выборки. При использовании дискретные сигналы остаются определенными между моментами выборки.

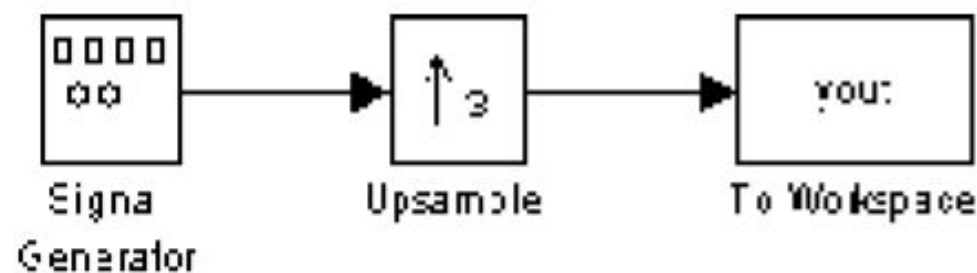
При выборе Auto setting, SIMULINK автоматически устанавливает режим, соответствующий задаче, руководствуясь заранее указанным критерием. Как правило, для моделей с несколькими критериями выборки устанавливается Multitasking mode.

### 4.3 Аналоговые сигналы

Хотя большинство сигналов являются дискретными, многие блоки допускают работу с аналоговыми сигналами, значения которых непрерывно меняются во времени. Период выборки для таких сигналов равен нулю. Изображаются черным цветом на блок-схеме. Примерами являются Signal Generator и Constant.

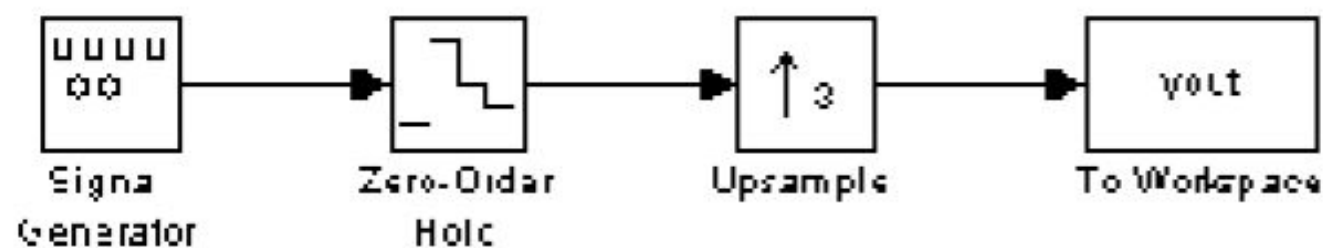
Когда блок-источник сигнала подключен к дискретным блокам, необходимо использовать Zero-Order Hold блок для дискретизации сигнала. Необходимое значение периода выборки устанавливается с помощью параметра Sample time в Zero-Order Hold block. Блоки, не являющиеся источниками, как правило, выдают на выходе сигналы того же типа, что и на входе, наследуя период выборки входного сигнала.

**Wrong:**



Error: Continuous sample times not allowed for upsample blocks.

**Correct:**





## 4.4 Представление сигналов сэмплами

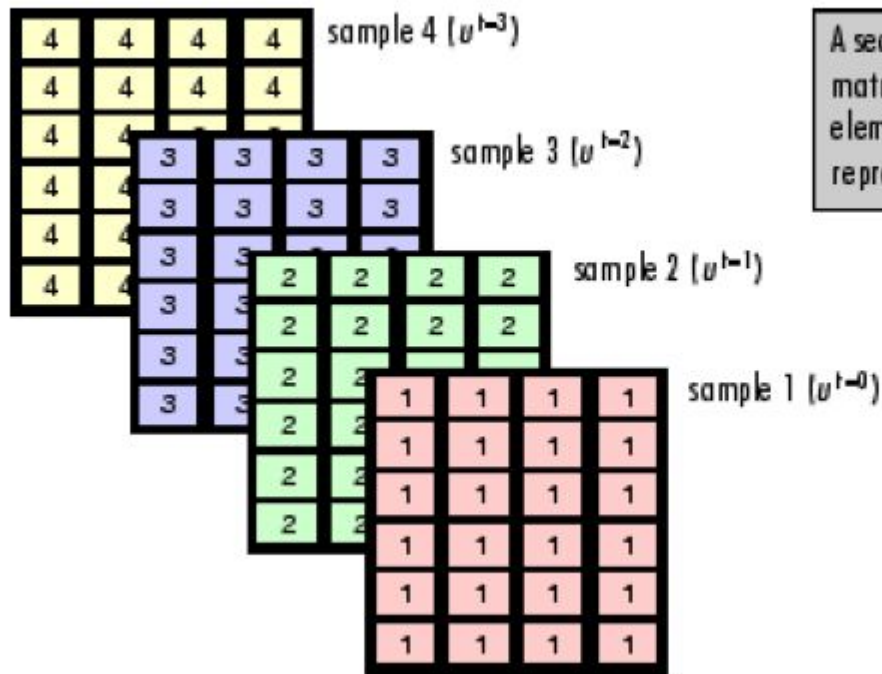
Сигналы в среде SIMULINK могут быть представлены выборками или фреймами, одноканальными или многоканальными.

Если сигнал распространяется по модели последовательно, выборка за выборкой, а не группами выборок, он называется Sample-based. Он так же является одноканальным, поскольку представляет собой одну-единственную независимую последовательность чисел.

Sample-based многоканальные сигналы представляются с помощью матриц.  $M \times N$  sample-based матрица представляет  $M \times N$  независимых каналов, каждый из которых содержит одиночное значение. Каждый элемент матрицы представляет собой выборку.

Канал 1 образует последовательность

На практике выборки сигнала часто передаются группами, или фреймами, и несколько каналов данных передаются одновременно, для ускорения симуляции. Поэтому большинство сигналов является Frame-based и многоканальными.



A sequence of sample-based matrices. Each of the 24 elements in a given matrix represents a single channel.

The signal in channel 1

$$u_{11}^{t=0}, u_{11}^{t=1}, u_{11}^{t=2}, \dots$$

channel 9

$$u_{32}^{t=0}, u_{32}^{t=1}, u_{32}^{t=2}, \dots$$

## 4.5 Представление сигналов фреймами.

Если сигнал распространяется в модели группами выборок, он называется frame-based.

В среде Simulink Frame-based сигналы представляются с помощью векторов.  $M \times 1$  frame-based вектор представляет  $M$  последовательных (смежных) выборок одного канала, каждая строка матрицы представляет собой одну выборку, или моментальный снимок, одного отдельного канала.

Многоканальные frame-based сигналы представляются с помощью матриц. Матрица  $M \times N$  представляет  $M$  последовательных выборок каждого из  $N$  независимых каналов. Каждая строка матрицы представляет собой одну выборку, или моментальный снимок,  $N$  независимых каналов, и каждый столбец матрицы представляет  $M$  последовательных выборок одного канала.

1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6

ch1 ch2 ch3 ch4

**Frame matrix:**

4 channels,  
1 frame per channel,  
6 samples per frame

sample 5	5	5	5	5
sample 6	6	6	6	6

frame 3 ( $v^{t=2}$ )

sample 3	3	3	3	3
sample 4	4	4	4	4

frame 2 ( $v^{t=1}$ )

sample 1	1	1	1	1
sample 2	2	2	2	2

frame 1 ( $v^{t=0}$ )

ch1 ch2 ch3 ch4

A sequence of frame-based matrices. Each column in a given matrix represents a single channel.

channel 1  $u_{11}^{t=0}, u_{21}^{t=0}, u_{31}^{t=0}, \dots, u_{M1}^{t=0}, u_{11}^{t=1}, u_{21}^{t=1}, u_{31}^{t=1}, \dots, u_{M1}^{t=1}, u_{11}^{t=2}, u_{21}^{t=2}, \dots$

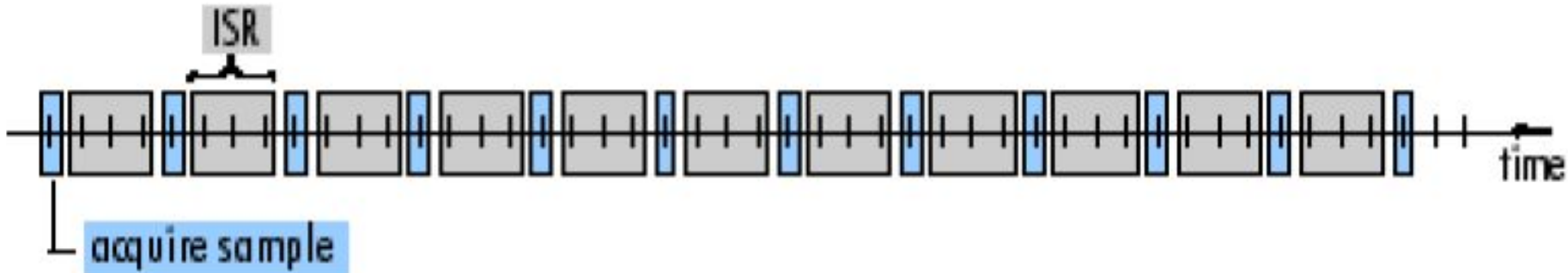
channel 3  $u_{13}^{t=0}, u_{23}^{t=0}, u_{33}^{t=0}, \dots, u_{M3}^{t=0}, u_{13}^{t=1}, u_{23}^{t=1}, u_{33}^{t=1}, \dots, u_{M3}^{t=1}, u_{13}^{t=2}, u_{23}^{t=2}, \dots$

Представление сигналов фреймами позволяет ускорить процесс обработки сигнала, как в режиме реального времени, так и при симуляции.

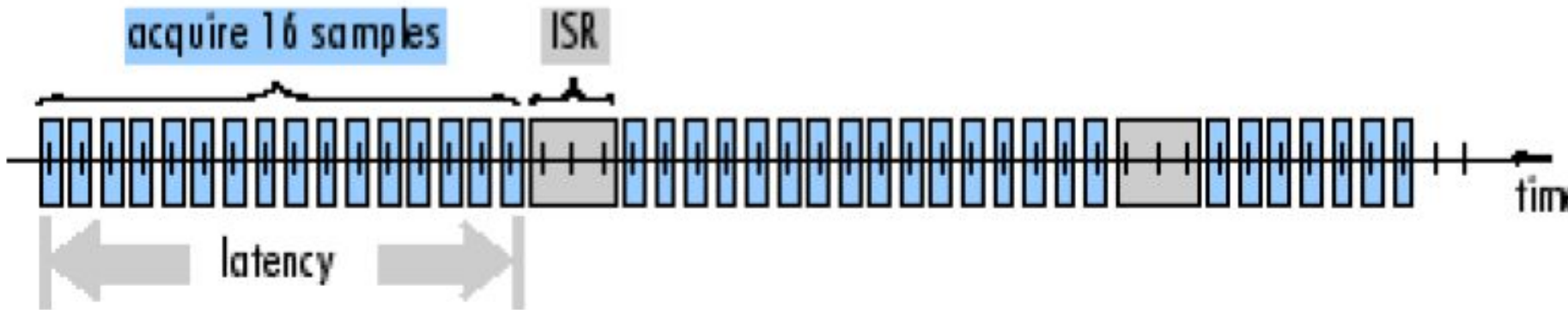
Аппаратура сбора данных часто работает по принципу накопления большого количества выборок в систему обработки в реальном массиве времени в виде блока данных. В результате возрастает эффективность обработки: короткие интервалы выборки разделяются длительными интервалами обработки прерывания не через каждую выборку, а через каждый фрейм, содержащий много выборок.

Возможное количество выборок определяется допустимым запаздыванием исходя из особенностей конкретной системы.

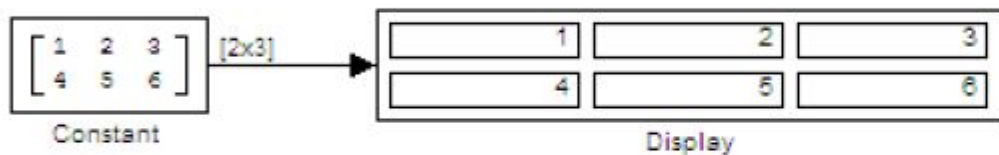
### Sample-based operation



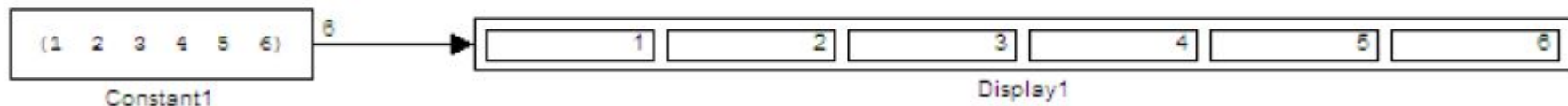
### Frame-based operation



# Creating Sample-Based Signals Using the Constant Block



Doc Example  
Info

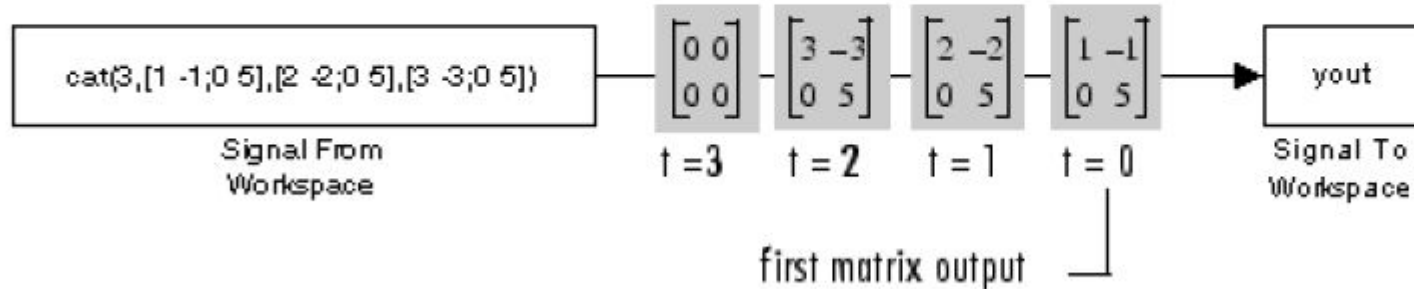


Copyright 2004-2008 The MathWorks, Inc.

- 1 Create a new Simulink model.
- 2 From the Signal Processing Sources library, click-and-drag a Constant block into the model.
- 3 From the Signal Processing Sinks library, click-and-drag a Display block into the model.
- 4 Connect the two blocks.
- 5 Double-click the Constant block, and set the block parameters as follows:
  - Constant value = [1 2 3; 4 5 6]
  - Interpret vector parameters as 1-D = Clear this check box
  - Sampling Mode = Sample based
  - Sample time = 1
- 6 Save these parameters and close the dialog box by clicking **OK**.
- 7 From the **Format** menu, point to **Port/ Signal Displays** and select **Signal Dimensions**.
- 8 Run the model and expand the Display block so you can view the entire signal.

- 1 To add another sample-based signal to your model, copy the block diagram you created in the previous section and paste it below the existing sample-based signal in your model.
- 2 Double-click the Constant1 block, and set the block parameters as follows:
  - Constant value = [1 2 3 4 5 6]
  - Interpret vector parameters as 1-D = Check this box
  - Sample time = 1
- 3 Save these parameters and close the dialog box by clicking **OK**.
- 4 Run the model and expand the Display1 block so you can view the entire signal.

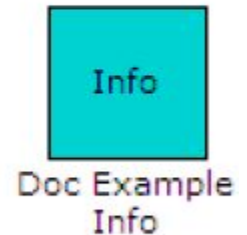
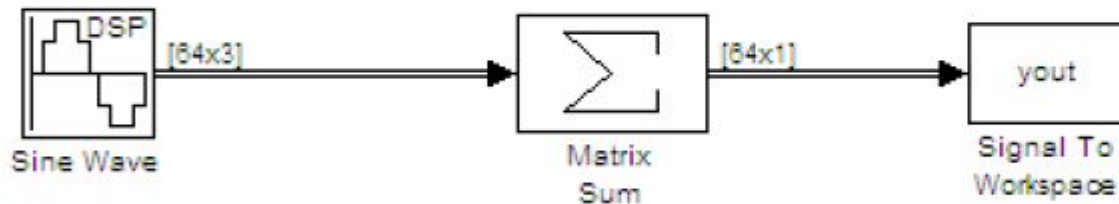
# Creating Sample-Based Signals Using the Signal From Workspace Block



- 1 Create a new Simulink model.
- 2 From the Signal Processing Sources library, click-and-drag a Signal From Workspace block into the model.
- 3 From the Signal Processing Sinks library, click-and-drag a Signal To Workspace block into the model.
- 4 Connect the two blocks.
- 5 Double-click the Signal From Workspace block, and set the block parameters as follows:
  - Signal = `cat(3,[1 -1;0 5],[2 -2;0 5],[3 -3;0 5])`
  - Sample time = 1
  - Samples per frame = 1
  - Form output after final data value by = Setting to zero
- 6 Save these parameters and close the dialog box by clicking **OK**.
- 7 From the **Format** menu, point to **Port/Signal Displays**, and select **Signal Dimensions**.
- 8 Run the model.



# Creating Frame-Based Signals Using the Sine Wave Block



Copyright 2004-2008 The MathWorks, Inc.

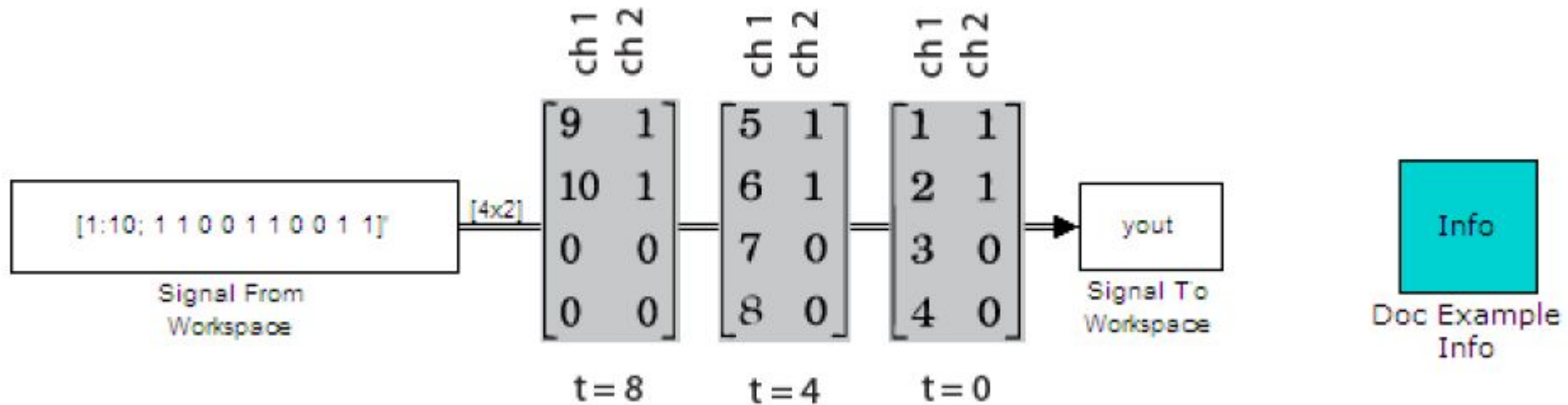
- 1 Create a new Simulink model.
- 2 From the Signal Processing Sources library, click-and-drag a Sine Wave block into the model.
- 3 From the Matrix Operations library, click-and-drag a Matrix Sum block into the model.
- 4 From the Signal Processing Sinks library, click-and-drag a Signal to Workspace block into the model.
- 5 Connect the blocks in the order in which you added them to your model.
- 6 Double-click the Sine Wave block, and set the block parameters as follows:
  - **Amplitude** = [1 3 2]
  - **Frequency** = [100 250 500]
  - **Sample time** = 1/5000
  - **Samples per frame** = 64

- 7 Save these parameters and close the dialog box by clicking **OK**.

You have now successfully created a three-channel frame-based signal using the Sine Wave block. The rest of this procedure describes how to add these three sinusoids together.

- 8 Double-click the Matrix Sum block. Set the **Sum over** parameter to Specified dimension, and set the **Dimension** parameter to 2. Click **OK**.
- 9 From the **Format** menu, point to **Port/Signal Displays**, and select **Signal Dimensions**.
- 10 Run the model.

# Creating Frame-Based Signals Using the Signal From Workspace Block



- 1 Create a new Simulink model.
- 2 From the Signal Processing Sources library, click-and-drag a Signal From Workspace block into the model.
- 3 From the Signal Processing Sinks library, click-and-drag a Signal To Workspace block into the model.
- 4 Connect the two blocks.
- 5 Double-click the Signal From Workspace block, and set the block parameters as follows:
  - Signal = [1:10; 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1]'
  - Sample time = 1
  - Samples per frame = 4
  - Form output after final data value by = Setting to zero

## first matrix output

- 6 Save these parameters and close the dialog box by clicking OK.
- 7 From the Format menu, point to Port/Signal Displays, and select Signal Dimensions.
- 8 Run the model.