Визуализация графических данных средствами GDI+

Что такое GDI+

Платформа .NET обеспечивает целый набор пространств имен для поддержки визуализации двумерной графики.

Эти пространства имен формируют тот набор возможностей .NET, который называется GDI+ (Graphics Device Interface — интерфейс графических устройств, интерфейс GDI) и который является управляемой альтернативой Win32 GDI API (Application Programming Interface — программный интерфейс приложения).

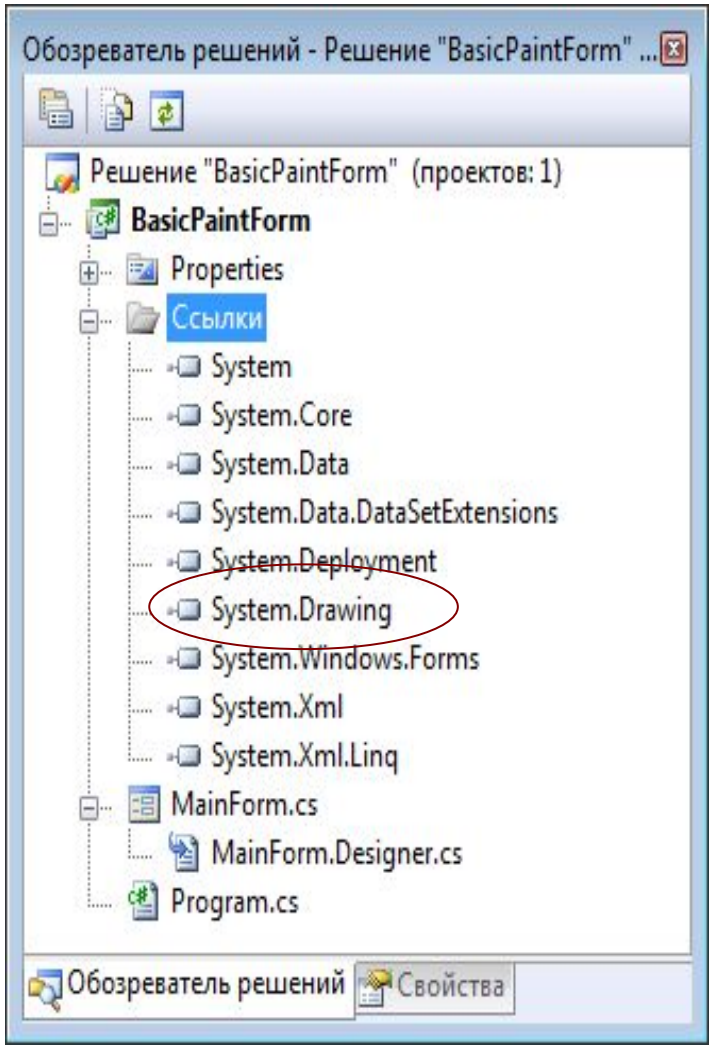
Обзор пространств имен GDI+

Пространство имен	Описание
System.Drawing	Базовое пространство имен GDI+, определяющее множество типов для основных операций визуализации (шрифты, перья, основные кисти и т.д.), а также основной тип **Graphics**
System.Drawing.Drawing2D	Предлагает типы, используемые для более сложной двумерной/векторной графики (градиентные кисти, стили концов линий для перьев, геометрические трансформации и т.д.)
System.Drawing.Imaging	Предлагает типы, обеспечивающие обработку графических изображений (изменение палитры, извлечение метаданных изображения, работа с метафайлами и т.д.)
System.Drawing.Printing	Предлагает типы, обеспечивающие отображение графики на печатной странице, непосредственное взаимодействие с принтером и определение полного формата задания печати
System.Drawing.Text	Дает возможность управлять коллекциями шрифтов

System.Drawing.dll

Все пространства имен GDI+ определены в компоновочном блоке **System.Drawing.dll**.

Многие типы проектов Visual Studio устанавливают ссылку на эту библиотеку программного кода автоматически, но вы можете при необходимости сослаться на **System.Drawing.dll** вручную, используя диалоговое окно **Add References** (Добавление ссылок).



Пространство имен System.Drawing

- Большинство типов, которые придется использовать при создании GDI-приложений, содержится в пространстве имен **System.Drawing**.

- Здесь есть классы, представляющие изображения, кисти, перья и шрифты.

- Кроме того, **System.Drawing** определяет ряд связанных утилитарных типов, таких как **Color** (цвет), **Point** (точка) и **Rectangle** (прямоугольник).

Базовые типы System.Drawing

Тип	Описание
Bitmap	Тип, инкапсулирующий данные изображения (*.bmp или какого-то другого)
Brush, Brushes, SolidBrush, SystemBrushes, TextureBrush	Объекты **Brush** используются для заполнения внутренних областей графических форм, например, таких как прямоугольники, эллипсы и многоугольники
BufferedGraphics	Тип **.NET 2.0**, обеспечивающий графический буфер для двойной буферизации, которая используется, для уменьшения или полного исключения влияния эффекта мелькания, возникающего при перерисовке изображений
Color, SystemColors	Типы **Color** и **SystemColors** определяют ряд статических свойств, доступных только для чтения и используемых для получения нужного цвета при использовании различных перьев и кистей

Базовые типы System.Drawing (продолжение)

Тип	Описание
Font, FontFamily	Тип **Font** инкапсулирует характеристики данного шрифта (название, плотность, начертание, размер и т.д.). **FontFamily** предлагает абстракцию для группы шрифтов, имеющих аналогичный дизайн, но определенные вариации стиля
Graphics	Представляет реальную поверхность нанесения изображения, а также предлагает ряд методов для визуализации текста, изображений и геометрических шаблонов
Icon, SystemIcons	Представляют пользовательские пиктограммы, а также набор стандартных пиктограмм, предлагаемых системой

Базовые типы System (продолжение)

Тип	Описание
Image, ImageAnimator	Тип **Image** — это абстрактный базовый класс, необходимый для поддержки функциональных возможностей типов **Bitmap**, **Icon** и **Cursor**. Тип **ImageAnimator** обеспечивает возможность выполнения цикла по набору типов **Image** из некоторого заданного интервала
Pen, Pens, SystemPens	**Pens** — это объекты, используемые для построения линий и кривых. Тип **Pen** определяет ряд статических свойств, возвращающих новый объект **Pen** заданного цвета
Point, PointF	Структуры, представляющие отображение координаты (x, y) в соответствующее целое значение или значение с плавающей точкой, соответственно
Rectangle, RectangleF	Структуры, представляющие размеры прямоугольника (снова с отображением в соответствующее целое значение или значение с плавающей точкой)

Базовые типы System (продолжение)

Тип	Описание
Size, SizeF	Структуры, представляющие заданные высоту/ширину (снова с отображением в соответствующее целое значение или значение с плавающей точкой)
StringFormat	Тип, используемый для инкапсуляции различных характеристик размещения текста (выравнивание, промежутки между строками и т.д.)
Region	Тип, описывающий геометрический образ, скомпонованный из прямоугольников и траекторий

Класс Graphics

Класс **System.Drawing.Graphics** — это "вход" в функциональные возможности визуализации GDI+.

Этот класс не только представляет поверхность, на которой можно разместить изображение (например, поверхность формы, поверхность элемента управления или область в памяти), но определяет также десятки членов, которые позволяют отображать текст, изображения (пиктограммы, точечные рисунки и т.д.) и самые разные геометрические формы

Методы класса Graphics

Методы	**Описание**
FromHdc(), **FromHwnd(),** **FromImage()**	Статические методы, обеспечивающие возможность получения действительного объекта **Graphics** из данного изображения (например, пиктограммы, точечного рисунка и т.п.) или GUI-элемента
Clear()	Заполняет объект **Graphics** заданным цветом, выполняя в процессе заполнения очистку поверхности рисования
DrawArc() **DrawCurve()** **DrawEllipse()** **DrawIcon()** **DrawLine()** **DrawString()** **DrawRectangle()**	Эти методы используются для визуализации данного изображения или геометрического шаблона. Некоторые методы **Draw**XXX() требуют использования объектов **Pen** GDI+

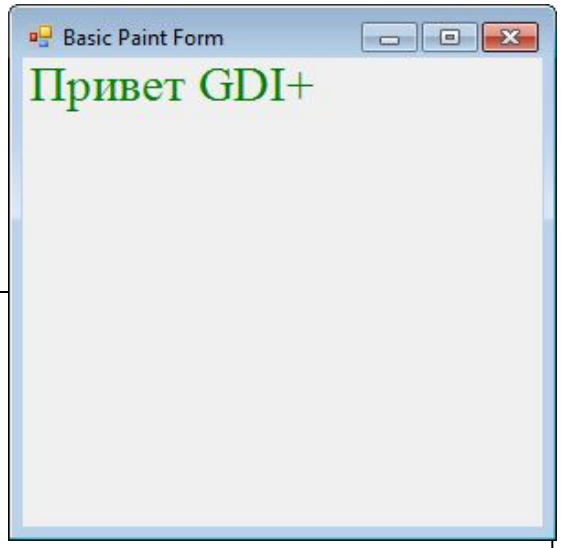
Методы класса Graphics

Методы	**Описание**
FillEllipse() **FillPath()** **FillPie()** **FillPolygon()** **FillRectangle()**	Эти методы используются для заполнения внутренности данной геометрической формы. Методы **Fill**XXX() требуют использования объектов **Brush GDI+**

Свойства класса Graphics

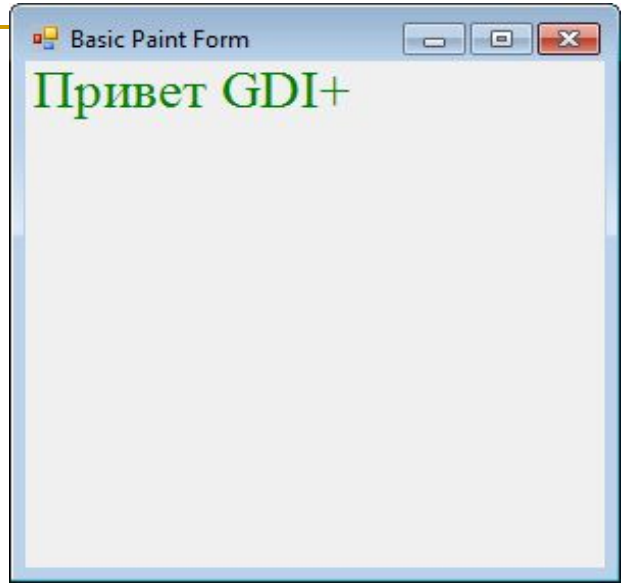
Свойства	**Описание**
Clip, ClipBounds, VisibleClipBounds, IsClipEmpty, IsVisibleClipEmpty	Позволяют установить опции отсечения, используемые с текущим объектом **Graphics**
Transform	Позволяет трансформировать "мировые координаты"
PageUnit, PageScale, DpiX, DpiY	Позволяют указать начало координат для операций визуализации, а также единицу измерения
SmoothingMode, PixelOffsetMode, TextRenderingHint	Позволяют задать параметры гладкости геометрических объектов и текста
CompositingMode, CompositingQuality	Свойство **CompositingMode** задает режим визуализации: либо рисование поверх фона, либо сопряжение с фоном
InterpolationMode	Указывает режим интерполяции данных между конечными точками

Сеансы Paint




```
public partial class MainForm : Form
 {
      public MainForm()
      {
            InitializeComponent();
            CenterToScreen();
            this.Text = "Basic Paint Form";
      }
      protected override void OnPaint(PaintEventArgs e)
      {
         //При переопределении OnPaint() не забудьте вызвать
         //реализацию базового класса
       base.OnPaint(e);
         //Получение объекта Graphics из поступившего на вход
PaintEventArgs
       Graphics g = e.Graphics;
         //Визуализация текстового сообщения с заданными цветом и шрифтом
       string str = "Привет GDI+";
       g.DrawString(str,new Font("Times New Roman", 20),Brushes.Green,0,0);
      }
 }
```

Обработка события Paint




```
public partial class MainForm : Form
 {
        public MainForm()
        {
          InitializeComponent();
          CenterToScreen();
          this.Text = "Basic Paint Form";
          this.Paint += new PaintEventHandler(MainForm_Paint);
        }
        private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
        {
          Graphics g = e.Graphics;
          string str = "Привет GDI+";
          string nameFont = "Times New Roman";
          g.DrawString
                (str, new Font(nameFont, 20), Brushes.Green, 0, 0);
        }
}
```

О событии Paint

Событие **Paint** генерируется всегда, когда окно становится "грязным". Окно считается "грязным", если переопределяется его размер, окно (или его часть) открывается из-под другого окна, или окно сначала минимизируется, а затем восстанавливается.

Во всех случаях, когда требуется перерисовка формы, платформа .NET гарантирует, что обработчик события **Paint** (или переопределенный метод OnPaint( )) будет вызван автоматически

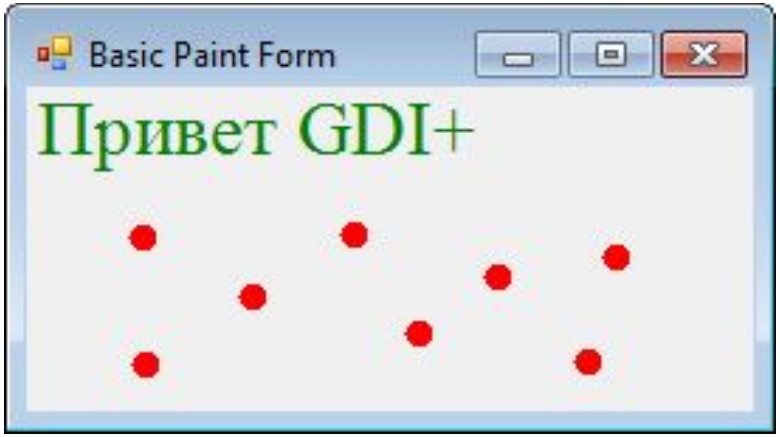
Обновление области клиента формы

В ходе выполнения приложения GDI+ может возникнуть необходимость в явном вызове события Paint вместо ожидания того, что окно станет “естественно грязным”. Чтобы вызвать перерисовку окна программно, просто вызовите наследуемый метод **Invalidate( )** .

public void Invalidate( ) - делает недействительной всю поверхность элемента управления и вызывает его перерисовку.

Доступ к объекту Graphics вне обработчика Paint

```
private void MainForm_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
        {
            //Получение объекта Graphics через Hwnd.
            Graphics g = Graphics.FromHwnd(this.Handle);
            //Рисование круга 10*10 по щелчку мыши.
            g.FillEllipse(Brushes.Red, e.X, e.Y, 10, 10);
            //Освобождение объектов Graphics, созданных напрямую.
            g.Dispose();
        }
```



Доступ к объекту Graphics вне обработчика Paint

```
public partial class MainForm : Form
{
        //Используется для храненнния всех Point
        private List<Point> myPts = new List<Point>();
        public MainForm()
        {
            InitializeComponent();
            CenterToScreen();
            this.Text = "Basic Paint Form";
            this.Paint += new PaintEventHandler(MainForm_Paint);
        }
        private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
        {
            Graphics g = e.Graphics;
            string str = "Привет GDI+";
            string nameFont = "Times New Roman";
            g.DrawString
                (str, new Font(nameFont, 20), Brushes.Green, 0, 0);
            foreach (Point p in myPts)
            {
                g.FillEllipse(Brushes.Red, p.X, p.Y, 10, 10);
            }
        }
        private void MainForm_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
        {
            myPts.Add(new Point(e.X, e.Y));
            this.Invalidate();
        }
}
```

Освобождение объекта Graphics

- Если объект **Graphics** был создан вами непосредственно, после окончания его использования его следует освободить
- Если вы ссылаетесь на существующий объект **Graphics**, его освобождать не следует

```
private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
{
  //Загрузка локального файла *.jpg
  Image myImageFile = Image.FromFile("photo.jpg") ;
  //Создание нового объекта Graphics на основе изображения
  Graphics imgGraphics = Graphics.FromImage(myImageFile);
  //Визуализация новых данных
  imgGraphics.FillEllipse(Brushes.DarkOrange, 50, 50, 150, 150);
  //Нанесение изображения на форму.
  Graphics g = e.Graphics;
  g.DrawImage(myImageFile, new Point(0,0));
  //Освобождение созданного нами объекта Graphics.
  imgGraphics.Dispose();
}
```

Системы координат GDI+

- *Мировые координаты (*или внешние координаты) - представляют абстракцию размеров данного типа GDI+, независимую от единиц измерения.

- *Страничные координаты* (координаты страницы) - представляют смещение в применении к оригинальным мировым координатам.

- *Приборные координаты* (координаты устройства) - представляют результат применения страничных координат к оригинальным мировым координатам. Эта координатная система используется для определения того, где именно будет показан соответствующий тип GDI+.

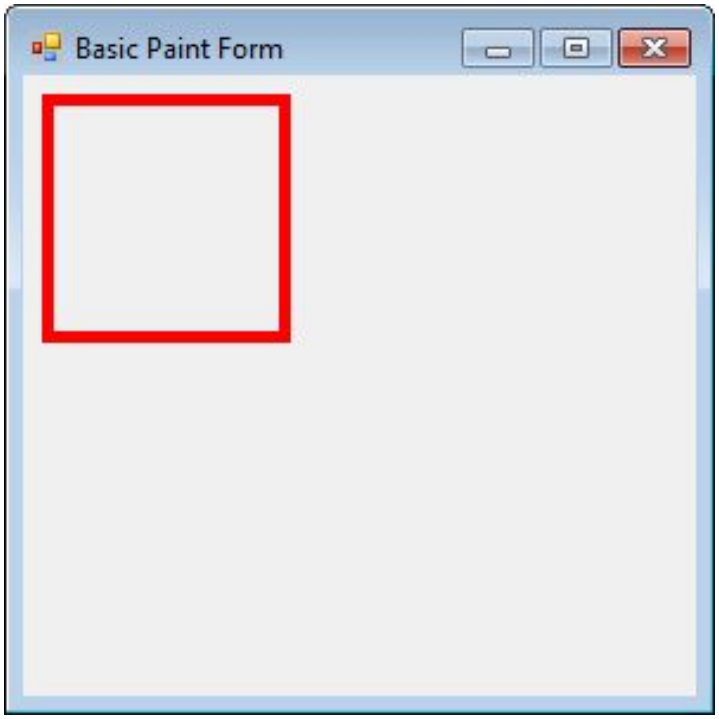
Система координат

Единицы измерения

В GDI+ единицей измерения по умолчанию является пиксель.

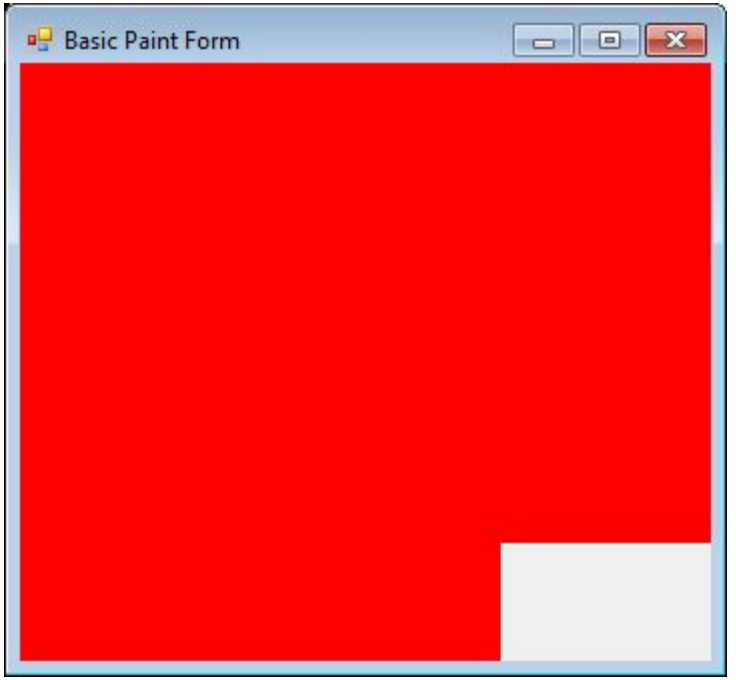
```
public enum GraphicsUnit
{
//Мировые координаты.
    World,
//Пиксель для видео дисплея и 1/100 дюйма для принтера
    Display,
//Пиксель,
    Pixel,
//Стандартная точка принтера (1/72 дюйма)
    Point,
//Дюйм
    Inch,
//Стандартная единица документа (1/300 дюйма)
    Document,
//Миллиметр
    Millimeter
}
```

Выбор единиц измерения




```
private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
  {
     //Установка мировых координат с использованием единиц измерения,
     //предлагаемых по умолчанию.
     Graphics g = e.Graphics;
     g.DrawRectangle(new Pen(Color.Red, 5), 10, 10, 100, 100);
   }
```

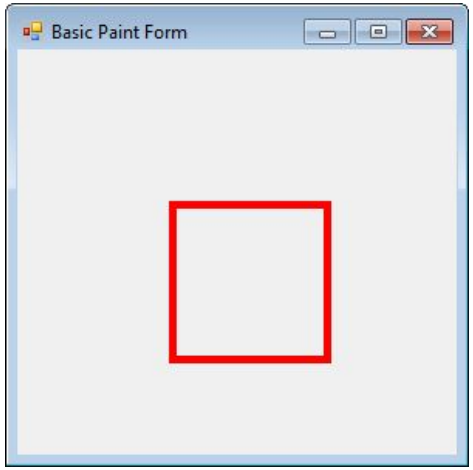
Выбор единиц измерения




```
private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
    {
      //Отображение прямоугольника в дюймах, а не в пикселях...
      Graphics g = e.Graphics;
      g.PageUnit = GraphicsUnit.Inch;
      g.DrawRectangle(new Pen (Color.Red, 5), 0, 0, 100, 100);
    }
```

Изменение начала координат

```
private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
  {
     Graphics g = e.Graphics;
     //Установка смещения (100, 100) для страничных координат
     g.TranslateTransform(100, 100);
     //Значениями мировых координат остаются (0, 0, 100, 100),
     //но приборные координаты теперь равны (100, 100, 200, 200).
     g.DrawRectangle(new Pen (Color.Red, 5), 0, 0, 100, 100);
  }
```



Определение цветовых значений

Структура **System.Drawing.Color** представляет цветовую константу ARGB (от Alpha-Red-Green-Blue— альфа, красный, зеленый, синий).

```
//Один из множества встроенных цветов...
Color c = Color.RoyalBlue;
//Указание ARGB вручную.
Color myColor = Color.FromArgb(0, 255, 128, 64);
```

Члены типа Color:

GetBrightness ( ) — возвращает значение яркости типа Color на основании измерения HSB (Hue-Saturation-Brightness — оттенок, насыщенность, яркость).

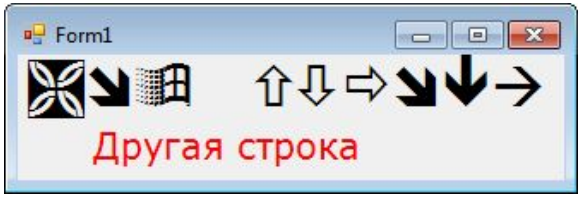
GetSaturation ( ) — возвращает значение насыщенности типа Color на основании измерения HSB.

GetHue ( ) — возвращает значение оттенка типа **Color** на основании измерения HSB.

IsSystemColor — индикатор того, что данный тип **Color** является зарегистрированным системным цветом.

A, R, G, B — возвращают значения, присвоенные для альфа, красной, зеленой и синей составляющих типа **Color**.

Работа со шрифтами



Тип **System.Drawing.Font** представляет шрифт, установленный на машине пользователя.

```
//Создание Font с заданными именем типа и размером.
Font f = new Font("Times New Roman", 12);
//Создание Font с заданными именем типа, размером и начертанием
Font f2 =
    new Font("WingDings", 50, FontStyle.Bold|
FontStyle.Underline);
```

```
 private void Form1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
   {
     Graphics g = e.Graphics;
     g.DrawString
                ("Моя строка", new Font("WingDings", 25),
                Brushes.Black, new Point(0, 0));
     g.DrawString
                ("Другая строка", new Font("Verdana", 16),
                Brushes.Red, 40, 40);
        }
```

Классы System.Drawing.Drawing2D

Классы	**Описание**
AdjustableArrowCap **CustomLineCap**	Используются для изменения формы концов линий для перьев. Данные типы задают, соответственно, регулируемую стрелку и пользовательскую форму конца линии
Blend **ColorBlend**	Позволяют определить шаблон смешивания (и цвет) для использования с **LinearGradientBrush**
GraphicsPath **GraphicsPathIterator** **PathData**	Объект **GraphicsPath** представляет серию линий и кривых. Этот класс позволяет добавлять в траектории геометрические шаблоны практически любого вида (дуги, прямоугольники, линии, строки, многоугольники и т.д.). **PathData** содержит графические данные, формирующие траекторию
HatchBrush **LinearGradientBrush** **PathGradientBrush**	Экзотические типы кистей

Работа с типами Pen

Типы **Pen** GDI+ используются для построения линий, соединяющих конечные точки.

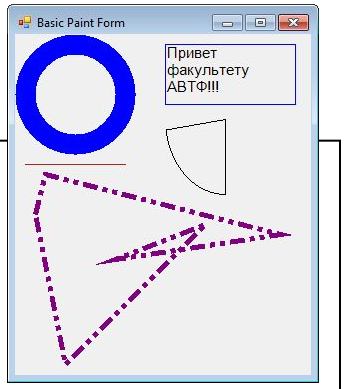
Для выполнения визуализации геометрической формы на поверхности производного от **Control** типа действительный тип **Pen** следует направить подходящему методу визуализации, определенному классом **Graphics**.

С объектами **Pen** обычно используются методы **Draw**XXX(), позволяющие отобразить некоторый набор линий на соответствующей графической поверхности.

Свойства Pen

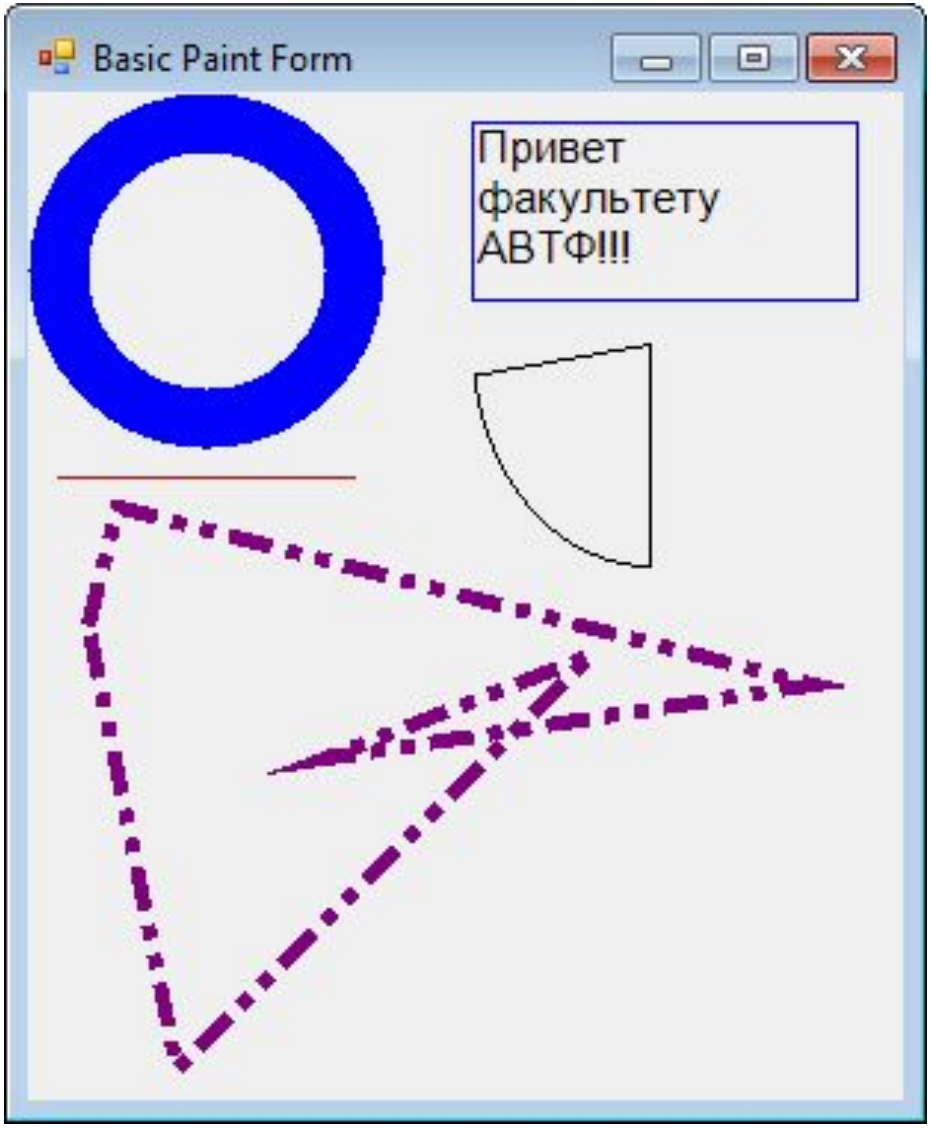
Свойства	Описание
Brush	Определяет тип Brush для использования с данным типом **Pen**
Color	Определяет тип **Color** для использования с данным типом **Pen**
CustomStartCap **CnstomEndCap**	Читает или устанавливает параметры пользовательского стиля концов линий, создаваемых с помощью данного типа **Pen,** Стиль *концов* линий — это просто термин, используемый для обозначения того, как должен выглядеть начальный и заключительный "штрих" данного пера.
DashCap	Читает или устанавливает параметры стиля концов линий, используемого для прерывистых линий, создаваемых с помощью данного типа **Pen**
DashPattern	Читает или устанавливает массив пользовательской маски для рисования прерывистых линий. Соответствующие "тире" складываются из сегментов линий
DashStyle	Читает или устанавливает параметры стиля, используемого для прерывистых линий, создаваемых с помощью данного типа **Pen**
StartCap **EndCap**	Читает или устанавливает встроенный стиль концов линий, создаваемых с помощью данного типа **Pen**. Стиль концов линий **Pen** устанавливается в соответствии с перечнем LineCap из пространства имен **System.Drawing.Drawing2D**
Width	Читает или устанавливает ширину данного **Pen**
DashOffset	Читает или устанавливает расстояние от начала линии до начала шаблона прерывистой линии

Пример кода

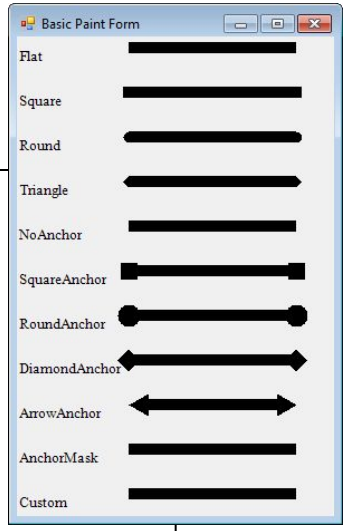



```
private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
        {
            Graphics g = e.Graphics;
            //Создание большого пера синего цвета.
            Pen bluePen = new Pen(Color.Blue, 20);
            //Получение готового пера из типа Pens.
            Pen pen2 = Pens.Firebrick;
            //Визуализация некоторых шаблонов.
            g.DrawEllipse (bluePen, 10, 10, 100, 100);
            g.DrawLine(pen2, 10, 130, 110, 130);
            g.DrawPie(Pens.Black, 150, 10, 120, 150, 90, 80);
            //Рисование пурпурного полигона с пунктирной границей...
            Pen pen3 = new Pen(Color.Purple, 5);
            pen3.DashStyle = DashStyle.DashDotDot;
            g.DrawPolygon (pen3, new Point[]
                {   new Point(30, 140), new Point(265, 200),
                    new Point(100, 225), new Point(190, 190),
                    new Point(50, 330), new Point (20, 180)
                });
            //... и прямоугольника, содержащего текст...
            Rectangle r = new Rectangle(150, 10, 130, 60);
            g.DrawRectangle (Pens.Blue, r);
            string str = "Привет факультету АВТФ!!!";
            g.DrawString(str, new Font("Arial", 11), Brushes.Black, r) ;
        }
```

Пример кода

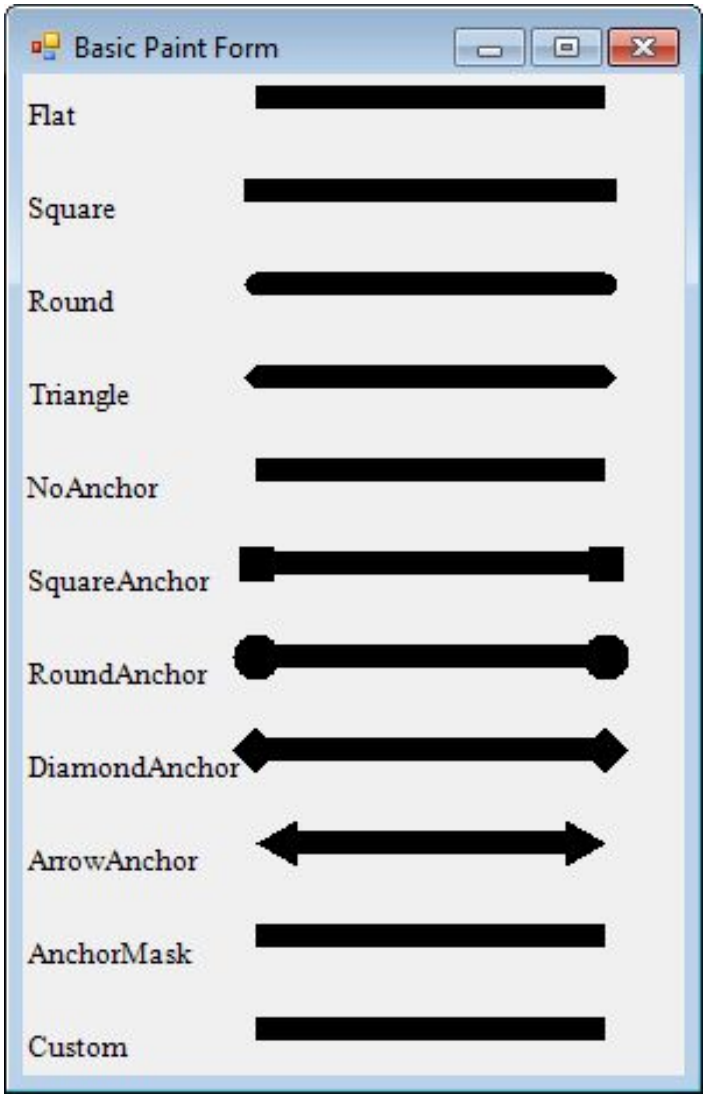


Концы линий




```
private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
  {
    Graphics g = e.Graphics;
    Pen thePen = new Pen(Color.Black, 10);
    int yOffset = 10;
    //Получение всех членов перечня LineCap.
    Array obj = Enum.GetValues(typeof(LineCap));
    //Рисование линии для данного члена LineCap.
    for (int x = 0; x < obj.Length; x++)
        {
         //Получение следующего стиля конца линии и настройка
пера.
         LineCap temp = (LineCap)obj.GetValue(x);
         thePen.StartCap = temp; thePen.EndCap = temp;
         //Вывод имени из перечня LineCap.
         g.DrawString(temp.ToString(),
         new Font("Times New Roman", 10),
         new SolidBrush(Color.Black), 0, yOffset);
         //Рисование линии с соответствующим стилем концов.
         g.DrawLine(thePen, 100, yOffset, Width - 50, yOffset);
         yOffset += 40;
         }
  }
```

Концы линий


Basic Paint Form
Flat
Square
Round
Triangle
NoAnchor
SquareAnchor
RoundAnchor
DiamondAnchor
ArrowAnchor
AnchorMask
Custom

Работа с типами Brush

Типы, производные от **System.Drawing.Brush**, используются для заполнения имеющегося региона заданным цветом, узором или изображением.

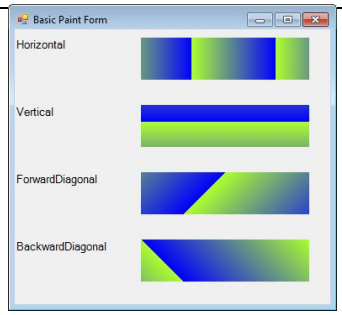
Сам класс **Brush** является абстрактным типом, поэтому он не позволяет создать соответствующий экземпляр непосредственно.

Однако **Brush** может играть роль базового класса для родственных ему типов кисти (например, **SolidBrush**, **HatchBrush**, **LinearGradientBrush** и др.).

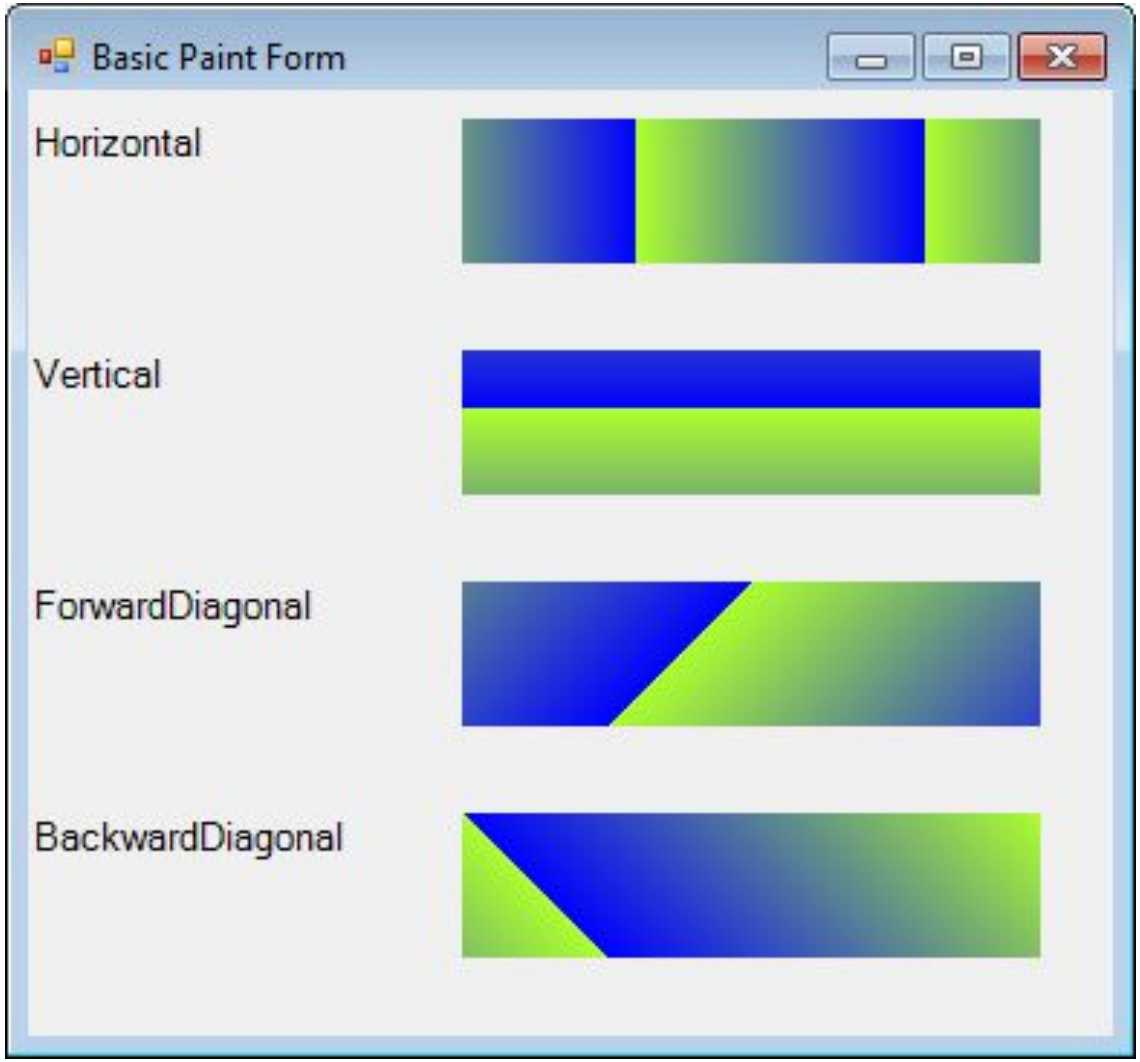
Имея кисть, вы получаете возможность вызвать любой из методов **Fill**XXX() типа **Graphics**.

Работа с LinearGradientBrush

```
private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
        {
            Graphics g = e.Graphics;
            Rectangle r = new Rectangle (10, 10, 100, 100);
            //Градиентная кисть.
            LinearGradientBrush theBrush = null;
            int yOffset = 10;
            //Получение членов перечня LinearGradientMode.
            Array obj = Enum.GetValues(typeof(LinearGradientMode));
            //Отображение прямоугольников для членов LinearGradientMode.
            for (int x = 0; x < obj.Length; x++)
            {
                //Конфигурация кисти.
                LinearGradientMode temp = (LinearGradientMode)obj.GetValue(x);
                theBrush = new LinearGradientBrush
            (r, Color.GreenYellow, Color.Blue, temp);
                //Вывод имени из перечня LinearGradientMode.
                g.DrawString(temp.ToString(), new Font("Times Sew Raman", 10),
                    new SolidBrush(Color.Black), 0, yOffset);
                //Закраска прямоугольника подходящей кистью.
                g.FillRectangle(theBrush, 150, yOffset, 200, 50);
                yOffset += 80;
            }
        }
```



Работа с LinearGradientBrush

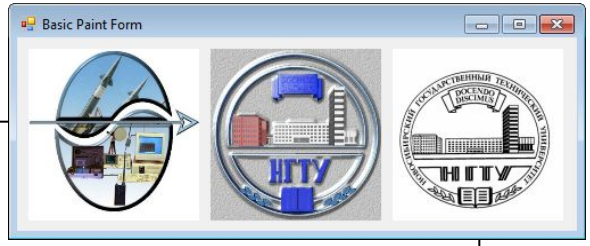


Визуализация изображений

Абстрактный тип **System.Drawing.Image** определяет ряд методов и свойств, хранящих различную информацию о том изображении, которое этот тип представляет.

Члены типа Image	**Описание**
FromFile()	Статический метод, создающий объект **Image** из указанного файла
FromStream()	Статический метод, создающий объект image из указанного потока данных
Height, Width, Size, HorizontaIResolution, VerticaIResolution	Свойства, возвращающие информацию о размерах данного объекта **Image**
Palette	Свойство, возвращающее тип данных **ColorPalette**, который представляет палитру, используемую для данного объекта **Image**
GetBounds	Метод, возвращающий объект **Rectangle**, который представляет текущие размеры данного объекта **Image**
Save()	Метод, сохраняющий в файл данные, содержащиеся в производном от **Image** типе

Класс Bitmap




```
public partial class MainForm : Form
    {
        private Bitmap[] myImages = new Bitmap[3];
        public MainForm()
        {
            // Загрузка локальных изображений.
            myImages[0] = new Bitmap ("image1.jpg");
            myImages[1] = new Bitmap ("image2.jpg");
            myImages[2] = new Bitmap ("image3.jpg");
            InitializeComponent();
            this.Text = "Basic Paint Form";
            this.Paint += new PaintEventHandler(MainForm_Paint);
        }
        private void MainForm_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
        {
            Graphics g = e.Graphics;
            //Визуализация изображений.
            int xOffset = 10;
            foreach (Bitmap b in myImages)
            {
                g.DrawImage(b, xOffset, 10, 150, 150);
                xOffset += 160;
            }
        }
}
```

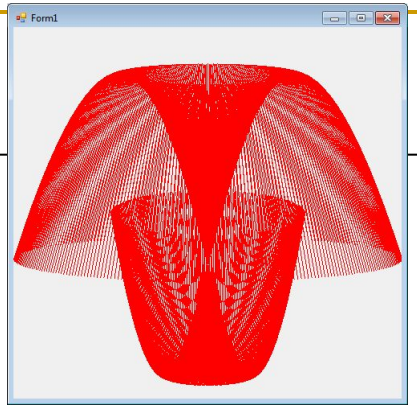
Двойная буферизация

Мерцание является распространенной проблемой при программировании графики. Графические операции, требующие нескольких сложных операций рисования могут привести к тому, что визуализируемые изображения будут мерцать или иметь неприемлемый внешний вид. Чтобы устранить эти неполадки, **.NET Framework** предоставляет доступ к двойной буферизации.

При двойной буферизации все операции рисования сначала выполняются в памяти, а лишь затем на экране компьютера. После завершения всех операций рисования содержимое буфера копируется из памяти непосредственно на связанную с ним область экрана.

```
public Form1()
{
    InitializeComponent();
    //Включение двойной буферизации
        this.DoubleBuffered = true;
}
```

Двойная буферизация

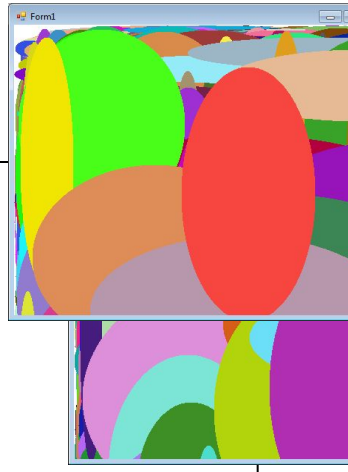



```
public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            this.Size = new Size(500, 500);
            this.DoubleBuffered = true;
        }
        private void Form1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
        {
            Graphics g = e.Graphics;
            int num = 300;
            int cx = ClientSize.Width;
            int cy = ClientSize.Height;
            Pen pen = new Pen(Color.Red);
            PointF[] aptf = new PointF[4];
            for (int i = 0; i < num; i++)
            {
                double dAngle = 2 * i * Math.PI / num;
                aptf[0].X = cx / 2 + cx / 2 * (float)Math.Cos(dAngle);
                aptf[0].Y = 5 * cy / 8 + cy / 16 * (float)Math.Sin(dAngle);
                aptf[1] = new PointF(cx / 2, -cy);
                aptf[2] = new PointF(cx / 2, 2 * cy);
                dAngle += Math.PI;
                aptf[3].X = cx / 2 + cx / 4 * (float)Math.Cos(dAngle);
                aptf[3].Y = cy / 2 + cy / 16 * (float)Math.Sin(dAngle);
                g.DrawBeziers(pen, aptf);
            }
        }
```

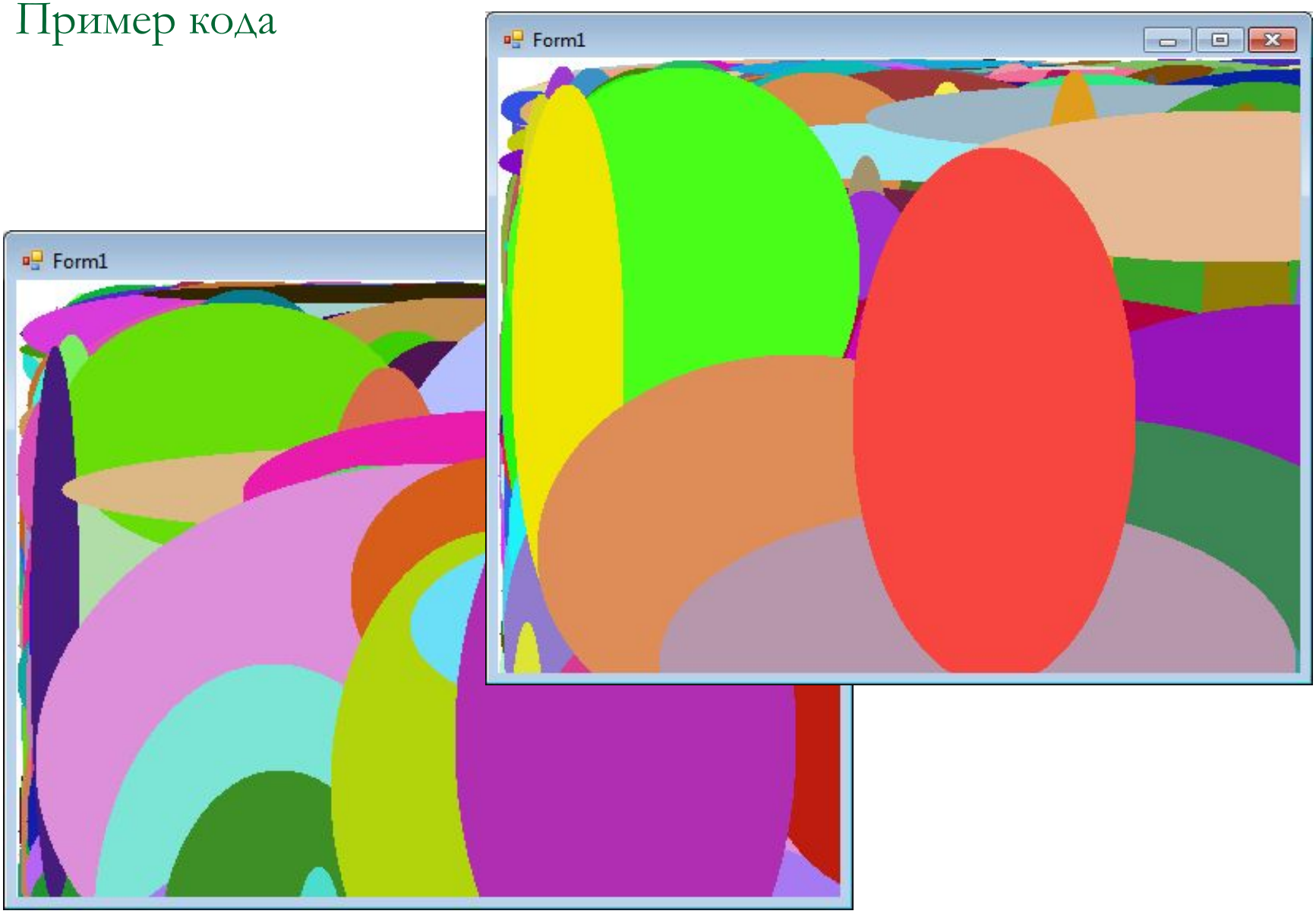
Пример кода

```
public partial class MyForm : Form
   {
      Random rnd = new Random();
      int n = 5000;
      Bitmap bitmap;
      public MyForm()
      {
         InitializeComponent();
         bitmap = new Bitmap(1, 1);
      }
      private void MyForm_Paint
        (object sender, PaintEventArgs e)
      {
         Graphics grFrom = e.Graphics;
         grFrom.DrawImage(bitmap, 0, 0);
      }
}
```

```
private void MyForm_MouseDown(object sender,
MouseEventArgs e)
  {
     int x1, y1, x2, y2;
     Color col;
     SolidBrush sb;
      int r, g, b;
      int maxC = 255;
      int maxX = this.ClientRectangle.Width;
      int maxY = this.ClientRectangle.Height;
      bitmap = new Bitmap(maxX, maxY);
      Graphics grImage = Graphics.FromImage(bitmap);
      grImage.Clear(Color.White);
         for (int i = 0; i < n; i++)
         {
            r = rnd.Next(maxC);
            g = rnd.Next(maxC);
            b = rnd.Next(maxC);
            col = Color.FromArgb(r, g, b);
            sb = new SolidBrush(col);
            x1 = rnd.Next(maxX); x2 = rnd.Next(maxX);
            y1 = rnd.Next(maxY); y2 = rnd.Next(maxY);
            grImage.FillEllipse(sb, x1, y1, x2, y2);
         }
       this.Invalidate();
   }
```



Пример кода



Анимация

```
public partial class Form1 : Form
   {
      Bitmap myImage;
      int h = 30;
      int w = 30;
      SolidBrush sbFon;
      SolidBrush sbFill;
      Thread thread;
      public Form1()
      {
         InitializeComponent();
         this.Size = new Size(500, 500);
         myImage = new Bitmap
            (ClientRectangle.Width, ClientRectangle.Height);
         this.DoubleBuffered = true;
         sbFon = new SolidBrush(this.BackColor);
         sbFill = new SolidBrush(Color.Red);
      }

      private void Form1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
      {
         lock (this)
         {
            Graphics g = e.Graphics;
            g.DrawImage(myImage, 0, 0);
         }
      }
```

```
private void Animator()
      {
         int x = 0, y = 0;
         Rectangle r;
         Graphics g = Graphics.FromImage(myImage);
         while (x < ClientRectangle.Width)
         {
            r = new Rectangle(x, y, w, h);
            lock (this)
            {
               g.FillEllipse(sbFill, r);
            }
            this.Invalidate();
            Thread.Sleep(5);
            x++;
            y++;
            lock (this)
            {
               g.FillEllipse(sbFon, r);
            }
         }
      }
      private void Form1_MouseDown
        (object sender, MouseEventArgs e)
      {
         thread = new Thread(this.Animator);
         thread.Start();
      }
   }
```

Анимация