



Qt 绘图

徐枫

清华大学软件学院

feng-xu@tsinghua.edu.cn



课程主要内容

- 基本流程
- Qt绘制事件
- Qt 2D绘图
- 画笔、画刷
- 基本图形和文本绘制
- 渐变填充
- 绘制文本
- 图像处理
- 坐标系统与坐标变换
- 绘图举例：表盘



Qt绘制事件



Qt绘制事件（Painting）

- 当应用程序收到绘制事件时，就会调用 `QWidget::paintEvent()`，该函数就是绘制控件的地方
- 有两种方法要求重绘一个控件（发出绘制事件）
 - `update()` – 把重绘事件添加到事件队列中
 - 重复调用 `update()` 会被Qt合并为一次
 - 不会产生图像的闪烁
 - 可带参数指定重绘某个区域

安全性高，有优化
 - `repaint()` – 立即产生绘制事件
 - 一般情况下不推荐使用此方法
 - 只使用在需要立即重绘的特效情况下
 - 可带参数指定重绘某个区域

安全性低，无优化



事件处理和绘制（Painting）

- 为处理绘制事件，只需要重写 **paintEvent** 函数，并在该函数中 **实例化** 一个 **QPainter** 对象进行绘制

```
class MyWidget : public QWidget
{
    ...

protected:
    void paintEvent(QPaintEvent*);
```

```
void MyWidget::paintEvent(QPaintEvent *ev)
{
    QPainter p(this);

    ...
```



基本绘制流程

- **QPainter**类提供绘制操作
- **QPaintEngine**类提供平台相关的API（通常隐藏）
- **QPaintDevice**代表绘制2D图像的画布
- 如下继承QPaintDevice的类对象都可用于QPainter绘制
 - QWidget, QImage, QPixmap, QPicture, QPrinter, QSvgGenerator ,
QGLPixelBuffer, QGLFrameBufferObject, ...



这种设计方式的优点在于确保了所有的绘图操作遵循**相同的流程**，可以很容易的开发相应的功能特性来支持**其它的设备类型**。



Qt 2D绘图



QT 2D绘图

- Qt4中的2D绘图部分由3个类支撑整个框架：
 - **QPainter**用来执行具体的绘图相关操作如画点，画线，填充，变换，alpha通道等。
 - **QPaintDevice**是QPainter用来绘图的绘图设备，Qt中有几种预定义的绘图设备，如QWidget，QPixmap，QImage等。他们都从QPaintDevice继承。
 - **QPaintEngine**提供了QPainter在不同设备上绘制的统一接口，通常对开发人员是透明的。使用QPainter在QPaintDevice上进行绘制，它们之间使用QPaintEngine进行通讯。
- 从Qt4.2开始，Graphics View框架取代了QCanvas，QGraphicsView框架，适合对大量2D图元的管理，Graphics View框架中，场景(QGraphicsScene)存储了图形数据，它通过**视图**(QGraphicsView)以多种形式表现，每个**图元**(QGraphicsItem)可以单独进行控制。适合开发交互性强的应用。



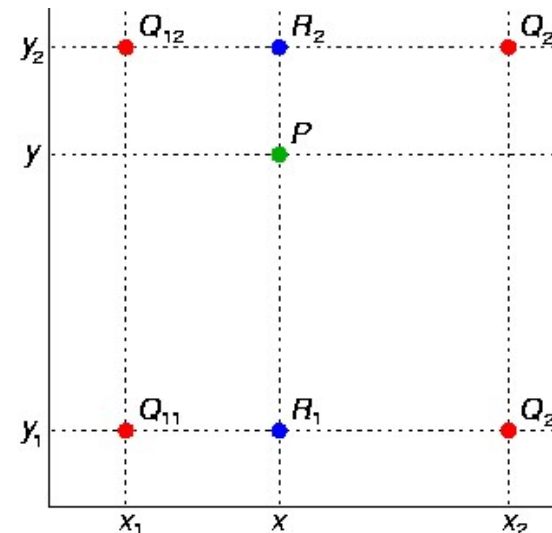
QPainter

- 线和轮廓都可以用画笔(QPen)进行绘制，用画刷(QBrush)进行填充。
- 字体使用QFont类定义，当绘制文字时，Qt使用指定字体的属性，如果没有匹配的字体，Qt将使用最接近的字体
- 通常情况下，QPainter以默认的坐标系统进行绘制，也可以用QMatrix类对坐标进行变换



QPainter

- 当绘制时，可以使用`QPainter::RenderHint`来告诉绘图引擎是否启用反锯齿功能使图变得平滑
- `QPainter::RenderHint`的可取值
 - `QPainter::Antialiasing`: 告诉绘图引擎应该在可能的情况下进行反锯齿绘制
 - `QPainter::TextAntialiasing`: 尽可能的情况下文字的反锯齿绘制
 - `QPainter::SmoothPixmapTransform`: 使用平滑的pixmap变换算法(双线性插值算法)，而不是近邻插值算法





QPainter的绘图函数

- | | | | |
|-----------------------|---------------|----------------------|--------------|
| • drawArc() | 弧 | • drawPixmap() | QPixmap表示的图像 |
| • drawChord() | 弦 | • drawPoint() | 点 |
| • drawConvexPolygon() | 凸多边形 | • drawPoints() | 多个点 |
| • drawEllipse() | 椭圆 | • drawPolygon() | 多边形 |
| • drawImage() | QImage表示的图像 | • drawPolyline() | 多折线 |
| • drawLine() | 线 | • drawRect() | 矩形 |
| • drawLines() | 多条线 | • drawRects() | 多个矩形 |
| • drawPath() | 路径 | • drawRoundRect() | 圆角矩形 |
| • drawPicture() | 按QPainter指令绘制 | • drawText() | 文字 |
| • drawPie() | 扇形 | • drawTiledPixmap() | 平铺图像 |
| | | • drawLineSegments() | 绘制折线 |



QPaintDevice

- QPaintDevice是所有可绘图设备的基类
 - QWidget在Qt Widgets模块中是所有用户界面元素类的基类，可以接收鼠标，键盘及其它系统信息并且绘制自身呈现在屏幕上
 - QImage提供了硬件无关的图像表示形式，极大简化了I/O与像素存取，支持单色，8位，32位和alpha透明图像。QImage的优点在于可以在不同平台确保像素的精确度，并且绘图过程是另外的线程而非当前GUI线程 **I/O处理**
 - QPixmap提供了与屏幕无关的图像显示方式，简化了图像在屏幕上的呈现。与QImage不同的是，QPixmap的像素数据是被底层的操作系统管理的，只能通过QPainter函数来操作或者转化为QImage来操作 QPixmap被直接绘制在**屏幕**



QPaintDevice

- QPixmap子类来绘制单色图，主要用来构建自定义QCursor与QBrush对象及构建QRegion对象
- QOpenGLPaintDevice为QPainter提供了OpenGLAPI的支持，简化了OpenGL在Qt应用程序中的使用
- QPicture是用来记录与重现QPainter命令的绘图设备，将绘制命令连续的传递，与IO设备与平台无关。同时QPicture也是与分辨率无关的，即可在不同设备（像svg、pdf、ps、printer和屏幕）显示相同的效果。
QPicture::load()与QPicture::save()可用来实行图像的数据流操作



画笔



画笔（QPen）

- 画笔的属性包括线型、线宽、颜色等。画笔属性可以在构造函数中指定，也可以使用setStyle(), setWidth(), setBrush(), setCapStyle(), setJoinStyle()等函数设定
- Qt中，使用Qt::PenStyle定义了6种画笔风格，分别是
 - Qt::SolidLine, Qt::DashLine, Qt::DotLine, Qt::DashDotLine, Qt::DashDotDotLine, Qt::CustomDashLine。
 - 自定义线风格(Qt::CustomDashLine)，需要使用QPen的setDashPattern()函数来设定自定义风格。

线型

- Qt::SolidLine
- Qt::DashLine
- Qt::DotLine
- Qt::DashDotLine
- Qt::DashDotDotLine
- Qt::CustomDashLine – 由dashPattern控制





画笔

- 端点风格(cap style)

- 端点风格决定了线的端点样式，只对线宽大于1的线有效。
- Qt中定义了三种端点风格用枚举类型Qt::PenCapStyle表示，分别为Qt::SquareCap, Qt::FlatCap, Qt::RoundCap。

- 连接风格(Join style)

- 连接风格是两条线如何连接，连接风格对线宽大于等于1的线有效。
- Qt定义了四种连接方式，用枚举类型Qt::PenStyle表示。分别是Qt::MiterJoin, Qt::BevelJoin, Qt::RoundJoin, Qt::SvgMiterJoin。



端点风格和连接风格

- 连接风格

- Qt::BevelJoin (default)



- Qt::MiterJoin



- Qt::RoundJoin



- ◆ 端点风格

- ◆ Qt::SquareCap (default): 矩形封线尾



- ◆ Qt::FlatCap: 不封线尾



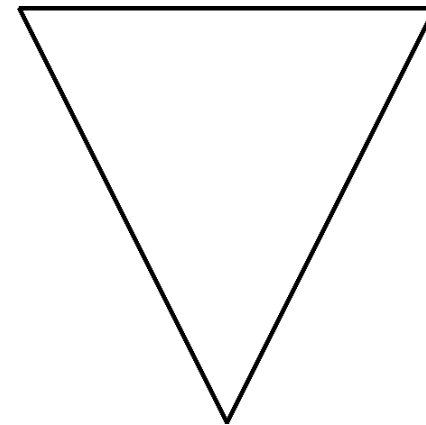
- ◆ Qt::RoundCap





画笔示例

```
QPainter p(this);  
QPen pen(Qt::black, 5);  
p.setPen(pen);  
p.drawPolygon(polygon);
```





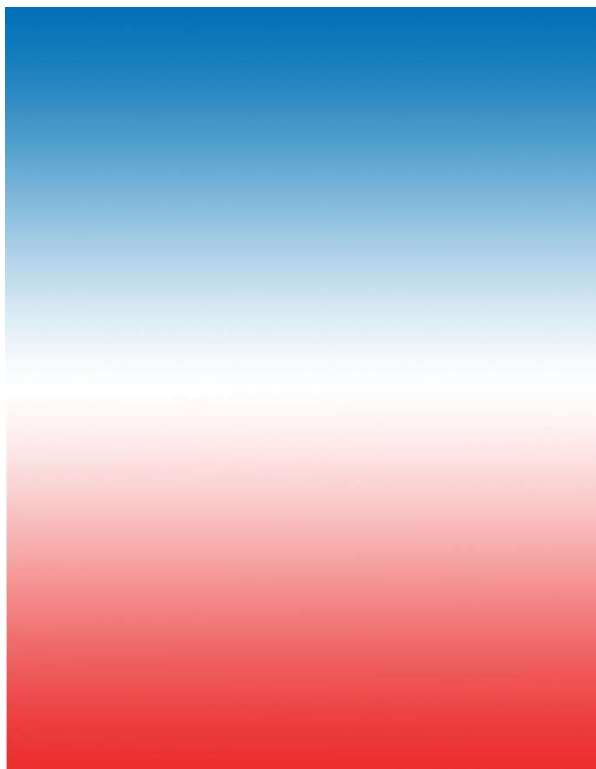
画刷



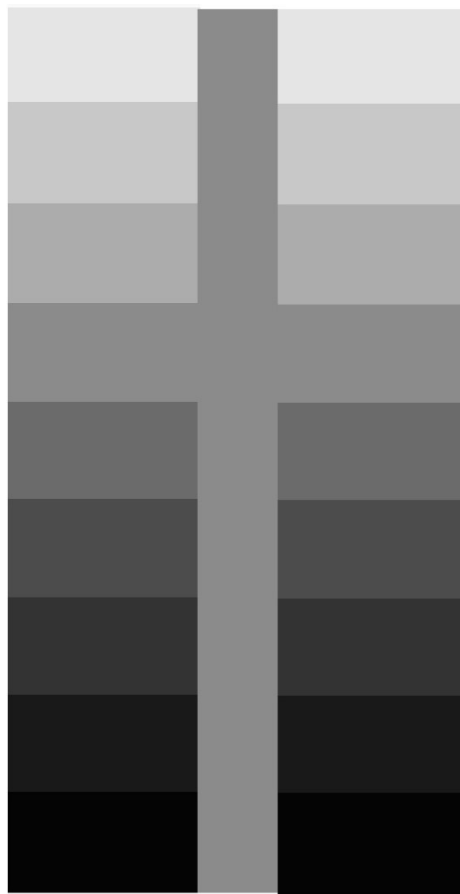
画刷

- 在Qt中图形使用**QBrush**进行填充，画刷包括**填充颜色**和**风格(填充模式)**。
- 在Qt中，**颜色使用QColor类**表示，QColor支持RGB，HSV，CMYK颜色模型。QColor还支持alpha混合的轮廓和填充。
 - **RGB**是面向硬件的模型。颜色由红绿蓝三种基色混合而成。
 - **HSV/HSL**模型比较符合人对颜色的感觉，由色调(0-359)，饱和度(0-255)，亮度(0-255)组成，主要用于颜色选择器。
 - **CMYK**由青，洋红，黄，黑四种基色组成。主要用于打印机等硬件拷贝设备上。每个颜色分量的取值是0-255。
 - 另外QColor还可以用SVG1.0中定义的任何颜色名为参数初始化。
- 填充模式包括有各种点、线组合的模式。

艺术家的颜色



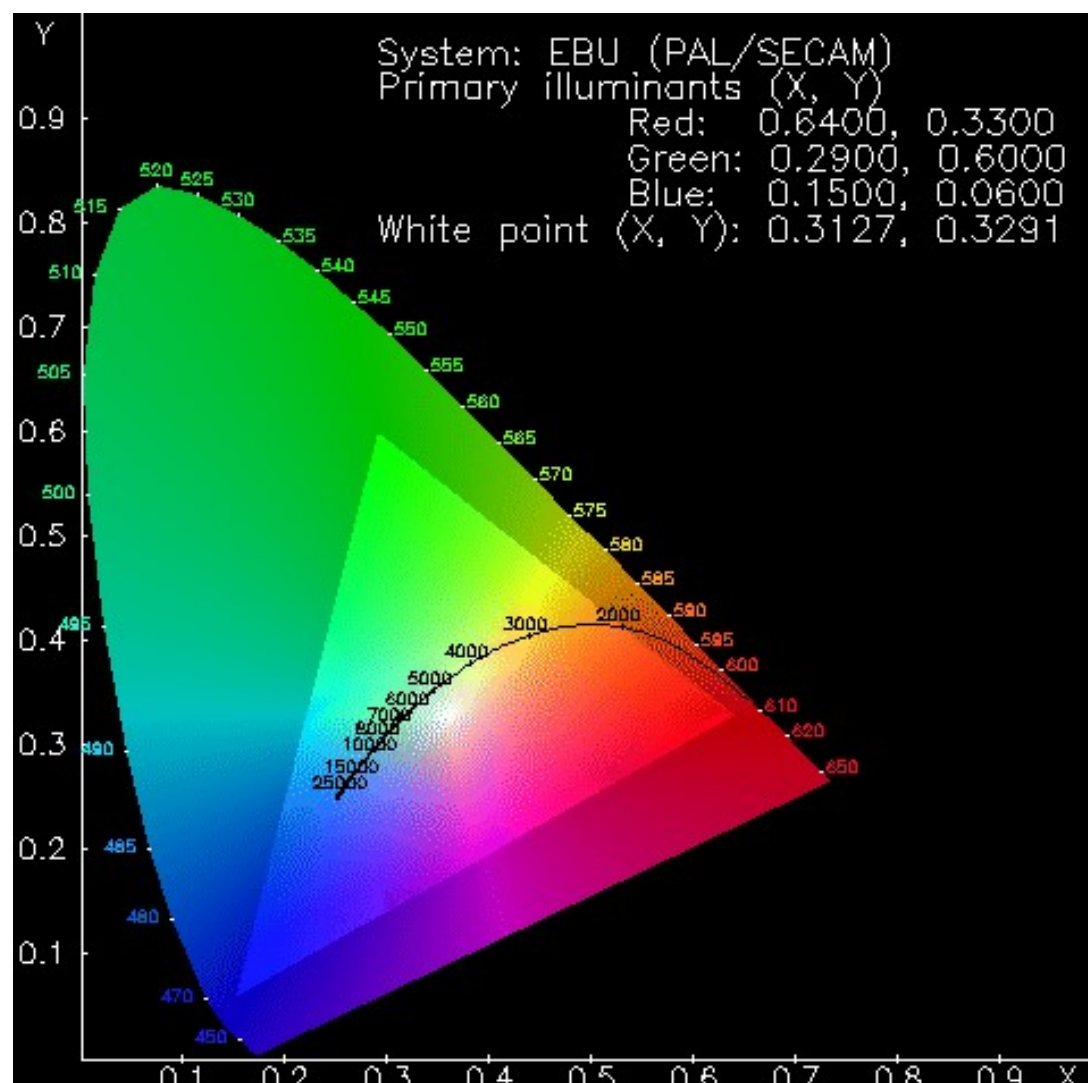
色调
饱和度
亮度



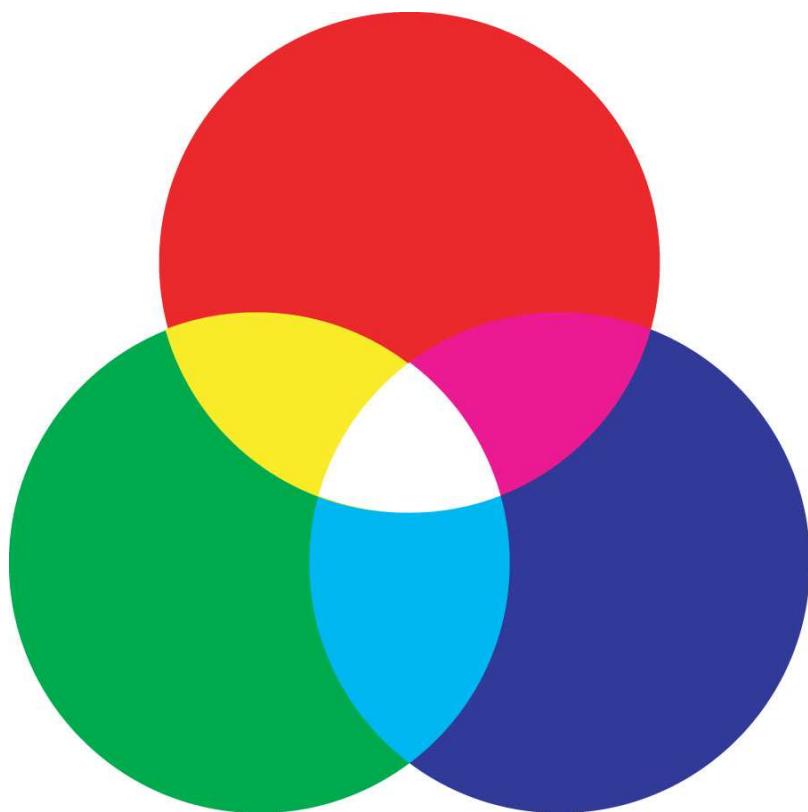


CIE-XY颜色图：色品图

- 定义颜色
- 定义色调/饱和度
- 定义色域

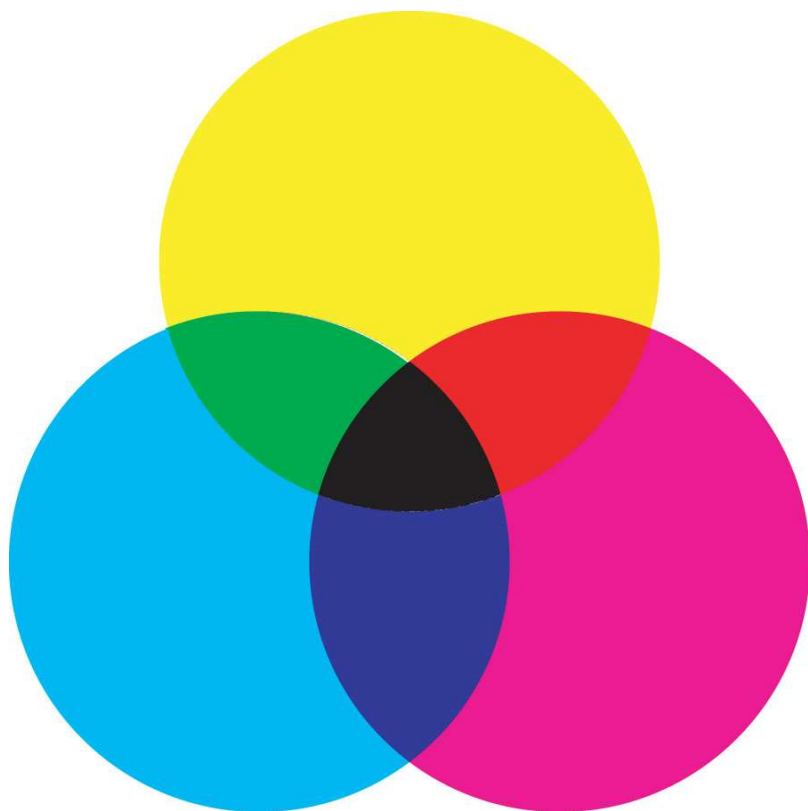


显示器的颜色混合



- 加性混合颜色光
- RGB
- $\text{White} = R + G + B$

绘画的颜色混合



- 减性混合颜色光
- CMY
- ~Black: $C + M + Y$
- 实际上用CMYK得到黑色



QColor

- QColor的构造函数

QColor(int r, int g, int b, int a)

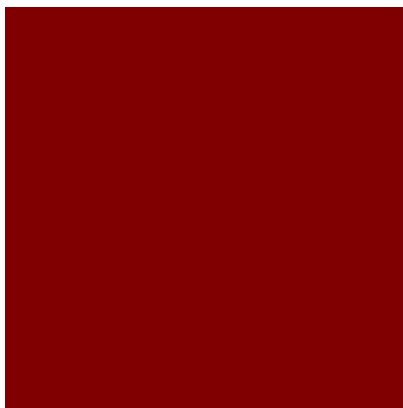
- r (red) , g (green) , b (blue) , a (alpha) 的取值范围为0-255
- Alpha控制透明度
 - 255: 不透明
 - 0: 完全透明
- Qt预定义颜色

white	black	cyan	darkCyan
red	darkRed	magenta	darkMagenta
green	darkGreen	yellow	darkYellow
blue	darkBlue	gray	darkGray
lightGray			

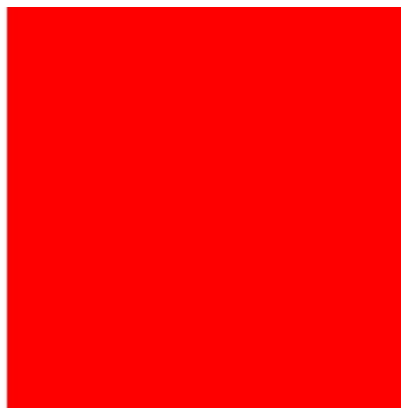


颜色微调

- 颜色可以通过如下函数进行微调
 - QColor::lighter(int factor)
 - QColor::darker(int factor)



darker



Qt::red



lighter



QRgb

- QRgb类可以用于保存颜色值，可与QColor相互转换获取
 - 32-bit的RGB颜色值+alpha值
- 创建新颜色

```
QRgb orange = qRgb(255, 127, 0);  
QRgb overlay = qRgba(255, 0, 0, 100);
```

- 获取单独某个颜色值：qRed, qGreen, qBlue, qAlpha

```
int red = qRed(orange);
```

- 获取灰度值

```
int gray = qGray(orange);
```



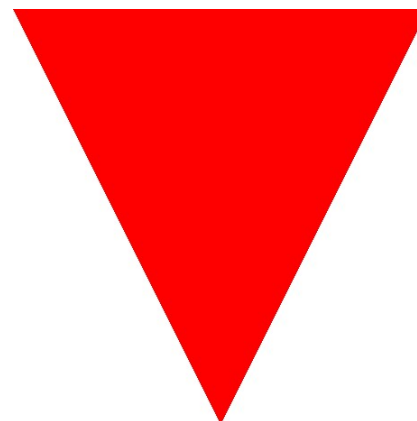
实色画刷

- 调用画刷构造函数

```
QBrush red(Qt::red);
```

```
QBrush odd(QColor(55, 128, 97));
```

```
QPainter p(this);  
p.setPen(Qt::NoPen);  
p.setBrush(Qt::red);  
p.drawPolygon(polygon);
```

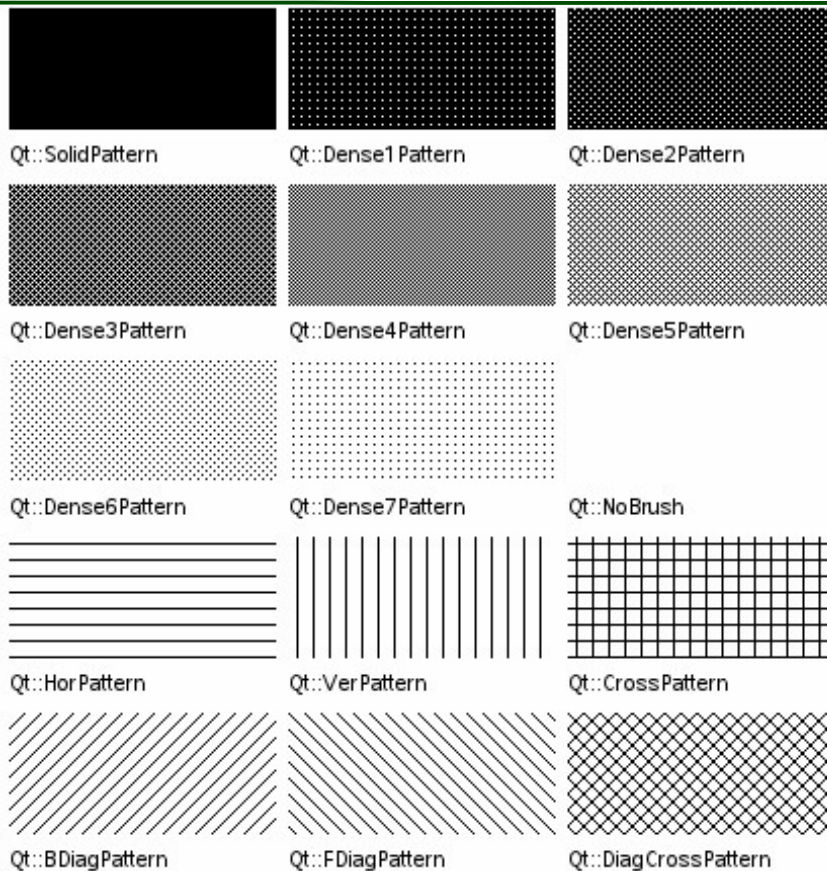




模式画刷

- 模式画刷构造函数

QBrush(const QColor &color, Qt::BrushStyle style)

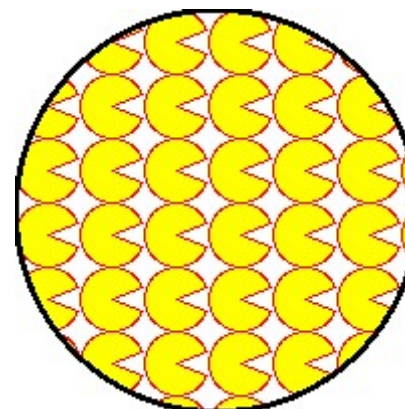


带纹理的画刷

- 以QPixmap为参数的构造函数
 - 如果使用黑白的pixmap，则用画刷颜色
 - 如果使用彩色pixmap，则用pixmap的颜色

```
QBrush( const QPixmap &pixmap )
```

```
QPixmap pacPixmap("pacman.png");  
  
painter.setPen(QPen(Qt::black, 3));  
painter.setBrush(pacPixmap);  
painter.drawEllipse(rect());
```





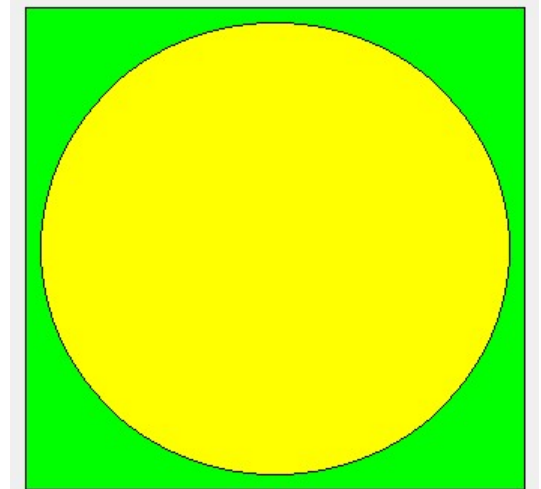
基本图形和文本绘制



基本图形绘制

- 实现paintEvent函数

```
void RectWithCircle::paintEvent(QPaintEvent *ev)  
{  
    QPainter p(this);  
  
    p.setBrush(Qt::green);  
    p.drawRect(10, 10, width()-20, height()-20);  
    p.setBrush(Qt::yellow);  
    p.drawEllipse(20, 20, width()-40, height()-40);  
}
```





基本文本绘制

- QPainter::drawText

```
QPainter p(this);
```

```
QFont font("Helvetica");  
p.setFont(font);  
p.drawText(20, 20, 120, 20, 0, "Hello World!");
```

```
font.setPixelSize(10);  
p.setFont(font);  
p.drawText(20, 40, 120, 20, 0, "Hello World!");
```

```
font.setPixelSize(20);  
p.setFont(font);  
p.drawText(20, 60, 120, 20, 0, "Hello World!");
```

```
QRect r;  
p.setPen(Qt::red);  
p.setFont(font);  
p.drawText(20, 80, 120, 20, 0, "Hello World!", &r);
```

Hello World!

Hello World!

Hello World!
Hello World!

r返回文本
外边框的矩形区域



逐渐填充



渐变填充

- Qt4提供了渐变填充的画刷，渐变填充包括两个要素：颜色的变化和路径的变化。
 - 颜色变化可以指定从一种颜色渐变到另外一种颜色。
 - 路径变化指在路径上指定一些点的颜色进行分段渐变。
- Qt4中，提供了三种渐变填充
 - 线性(QLinearGradient)
 - 圆形(QRadialGradient)
 - 圆锥渐变(QConicalGradient)
 - 所有的类都从QGradient类继承
- 构造渐变填充的画刷

```
QBrush b = QBrush( QRadialGradient( ... ) );
```



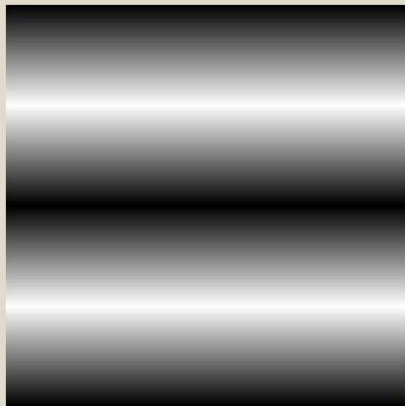


填充设置

- 从图形的起点到终点，以从0至1的比例渐变填充

```
QGradient::setColorAt( qreal pos, QColor );
```

- 完成0-1范围的填充后，后续颜色铺开的方式可以不同，通过 `setSpread()` 函数来设置

QGradient::PadSpread (default)	QGradient::RepeatSpread	QGradient::ReflectSpread
		



线性渐变填充

- 线性渐变填充指定两个控制点，画刷在两个控制点之间进行颜色插值。
- 通过创建QLinearGradient对象来设置画刷。

```
QPainter p(this);
```

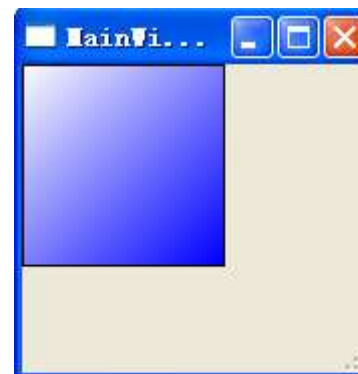
```
QLinearGradient g(0, 0, 100, 100);
```

```
g.setColorAt(0.0, Qt::white);
```

```
g.setColorAt(1.0, Qt::blue);
```

```
p.setBrush(g);
```

```
p.drawRect(0, 0, 100, 100);
```



- 在QGradient构造函数中指定线性填充的两点分别为(0,0)， (100,100)。
setColorAt()函数在**0-1之间**设置指定位置的颜色。



线型填充示例



`setColorAt(0.0,
QColor(0, 0, 0))`

`setColorAt(0.7,
QColor(255, 0, 0))`

`setColorAt(1.0,
QColor(255, 255, 0))`



圆形渐变填充

- 圆形渐变填充需要指定圆心，半径和焦点，
QRadialGradient (qreal cx, qreal cy, qreal radius, qreal fx,
qreal fy)。画刷在焦点和圆上的所有点之间进行颜色插
值。创建QRadialGradient对象设置画刷

```
QPainter painter(this);
```

```
QRadialGradient radialGradient(50, 50, 50, 30, 30);
```

```
radialGradient.setColorAt(0.0, Qt::white);
```

```
radialGradient.setColorAt(1.0, Qt::blue);
```

```
painter.setBrush(radialGradient);
```

```
painter.drawRect(0, 0, 100, 100);
```

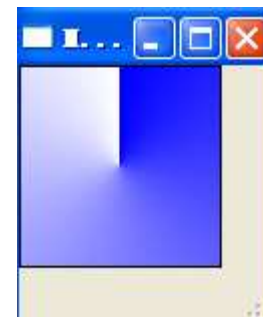




圆锥渐变填充

- 圆锥渐变填充指定**圆心和开始角**，QConicalGradient (qreal cx, qreal cy, qreal angle)。画刷沿圆心逆时针对颜色进行插值，创建QConicalGradient对象并设置画刷。

```
QPainter painter(this);  
QConicalGradient conicalGradient(50, 50, 90);  
conicalGradient.setColorAt(0, Qt::white);  
conicalGradient.setColorAt(1, Qt::blue);  
painter.setBrush(conicalGradient);  
painter.drawRect(0, 0, 100, 100);
```



- 为了实现自定义填充，还可以使用QPixmap或者QImage对象进行纹理填充。两种图像分别使用setTexture()和setTextureImage()函数加载纹理。



绘制文本



文本绘制

- 文字对齐方式，文字的自动换行功能等

drawText(QPoint, QString)

drawText(QRect, QString, QTextOptions)

[QTextOption](#):文字对齐方式，文字的自动换行功能等

drawText(QRect, flags, QString, QRect*)



使用字体

- Qt提供了 **QFont**类来表示字体，当创建QFont对象时，Qt会使用指定的字体，如果没有对应的字体，Qt将寻找一种最接近的已安装字体
 - Font family
 - Size
 - Bold / Italic / Underline / Strikeout / ...
- 字体信息可以通过QFontInfo取出，并可用QFontMetrics取得字体的相关数据。
- 使用**QApplication::setFont()**可以设置**应用程序默认**的字体
- 当QPainter绘制指定的字体中不存在的字符时将绘制一个空心的正方形。



Font Family

- 在构造函数中指定字体，或之后设置字体

```
QFont font("Helvetica");  
font.setFamily("Times");
```

- 得到可用字体列表

```
QFontDatabase database;  
QStringList families = database.families();
```



Font Size

- 字体尺寸可以用像素尺寸（pixel size）或点阵尺寸（point size）

```
QFont font("Helvetica");
```

```
font.setPointSize(14); // 14 points high  
// depending on the paint device's dpi
```

```
font.setPixelSize(10); // 10 pixels high
```



字体效果

- 可以激活字体效果

Hello Qt!

Hello Qt!

Hello Qt!

~~Hello Qt!~~

Hello Qt!

Hello Qt!

Normal, bold,
italic, strike out,
underline,
overline

- QWidget::font函数和QPainter::font函数返回 现有字体的const引用，因而需要先拷贝现有font，再做修改

```
QFont tempFont = w->font();  
tempFont.setBold( true );  
w->setFont( tempFont );
```



测量文本大小

- QFontMetrics可用于测量文本和font的大小
- boundingRect函数可用于测量文本块的大小

```
QImage image(200, 200, QImage::Format_ARGB32);  
QPainter painter(&image);  
QFontMetrics fm(painter.font(), &image);  
  
qDebug("width: %d", fm.width("Hello Qt!"));  
qDebug("height: %d", fm.boundingRect(0, 0, 200, 200,  
    Qt::AlignLeft | Qt::TextWordWrap, loremIpsum).height());
```




中文显示问题

- 使用QTextCodec类
 - In main.cpp

```
#include <QTextCodec>
```

```
...
```

```
QTextCodec *codec = QTextCodec::codecForName("GB2312");
```

```
// or // QTextCodec *codec = QTextCodec::codecForName("UTF-8");
```

```
QTextCodec::setCodecForLocale(codec);
```

In mainwindow.cpp

```
...
```

```
int ret = QMessageBox::warning(0, tr("PathFinder"), tr("您真的想要退出？"),  
    QMessageBox::Yes | QMessageBox::No);
```



图像处理



图像处理

- Qt提供了4个处理图像的类。QImage，QPixmap，QBitmap，QPpicture。它们有着各自的特点。
- QImage优化了I/O操作，可以直接存取操作像素数据。
- QPixmap优化了在屏幕上显示图像的性能。
- QBitmap从QPixmap继承，只能表示两种颜色。
- QPicture是可以记录和重启QPrinter命令的类。



转换

- 在QImage和QPixmap之间转换

```
QImage QPixmap::toImage();
```

```
QPixmap QPixmap::fromImage( const QImage& );
```



读入和保存

- 如下代码使用QImageReader和QImageWriter类进行，这些类在保存时通过文件的扩展名确定文件格式

```
QPixmap pixmap( "image.png" );  
pixmap.save( "image.jpeg" );
```

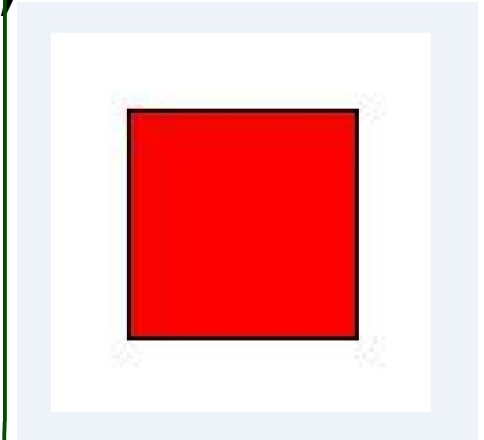
```
QImage image( "image.png" );  
image.save( "image.jpeg" );
```



在QImage上绘制

- QImage是QPaintDevice的子类，因而QPainter可以在其上绘制

```
QImage image( 100, 100, QImage::Format_ARGB32 );  
QPainter painter(&image);  
  
painter.setBrush(Qt::red);  
  
painter.fillRect( image.rect(), Qt::white );  
painter.drawRect(  
    image.rect().adjusted( 20, 20, -20, -20 ) );  
  
image.save( "image.jpeg" );
```

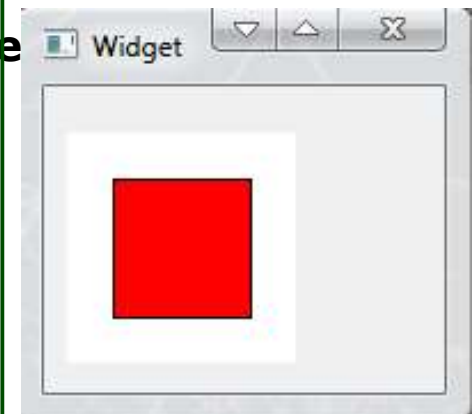




在QPixmap上绘制

- QPixmap是QPaintDevice的子类，因而QPainter可以在其上绘制
 - 主要用于屏幕绘制

```
void MyWidget::imageChanged( const QImage &image )  
{  
    pixmap = QPixmap::fromImage( image );  
    update();  
}  
  
void MyWidget::paintEvent( QPaintEvent* )  
{  
    QPainter painter( this );  
    painter.drawPixmap( 10, 20, pixmap );  
}
```





坐标系统与坐标变换



坐标系统

- Qt坐标系统由QPainter控制，同时也由QPaintDevice和QPaintEngine类控制。
- Qt绘图设备默认坐标原点是左上角，X轴向右增长，Y轴向下增长，默认的单位在基于像素的设备上是像素，在打印机设备上是1/72英寸(0.35毫米)
- QPainter的逻辑坐标与QPaintDevice的物理坐标之间的映射由QPainter的变换矩阵worldMatrix()、视口viewport()和窗口window()处理。
 - 未进行坐标变换的情况下，逻辑坐标和物理坐标是一致的



坐标值的表示方法

- 如果不进行坐标变换，直接进行绘图
 - 可用QPainter的window()函数取得绘图窗口
 - 然后在此绘图窗口内进行绘制
- 使用QPoint, QSize, 和QRect表示坐标值和区域
 - QPoint: point(x, y)
 - QSize: size(width, height)
 - QRect: point 和 size (x, y, width, height)
- QPointF/QSizeF/QRectF用于表示浮点数坐标

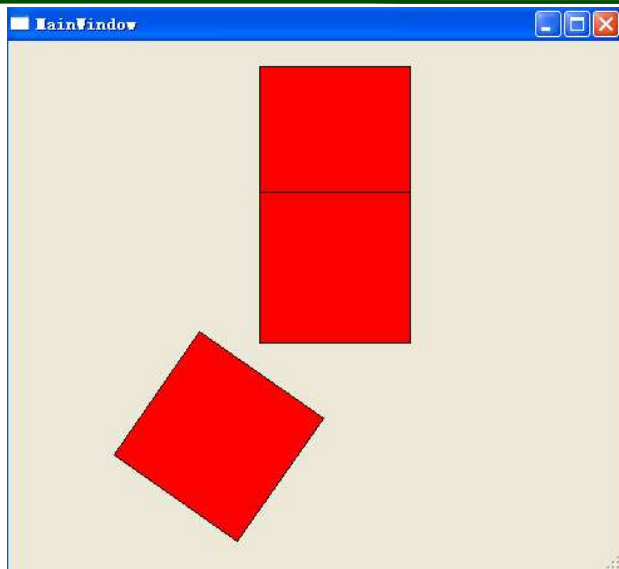


坐标变换

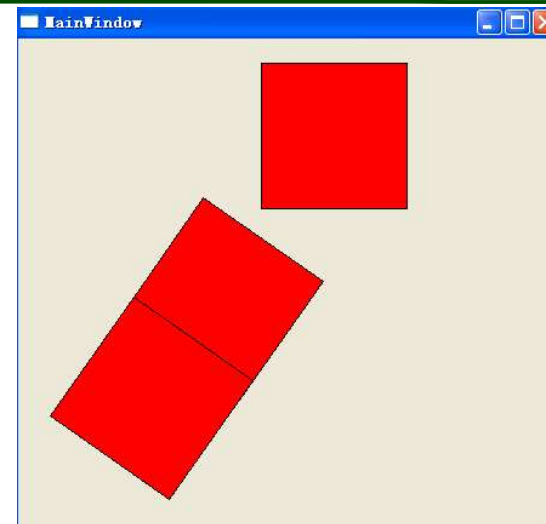
- 通常QPainter在设备的坐标系统上绘制图形，但QPainter也支持坐标变换。
 - QPainter::scale()函数：比例变换
 - QPainter::rotate()函数：旋转变换
 - QPainter::translate()函数：平移变换
 - QPainter::shear()函数：图形进行扭曲变换
- 所有变换操作的变换矩阵都可以通过QPainter::worldMatrix()函数取出。不同的变换矩阵可以使用堆栈保存。
 - 用QPainter::save()保存变换矩阵到堆栈，用QPainter::restore()函数将其弹出堆栈。

坐标变换

- 坐标变换的顺序很重要
- 在做平移变换、旋转变换和扭曲变换时，原点也很重要



```
p.setBrush(Qt::red);  
p.drawRect(200, 20, 120, 120);  
p.translate(0, 100);  
p.drawRect(200, 20, 120, 120);  
p.rotate(35);  
p.drawRect(200, 20, 120, 120);
```

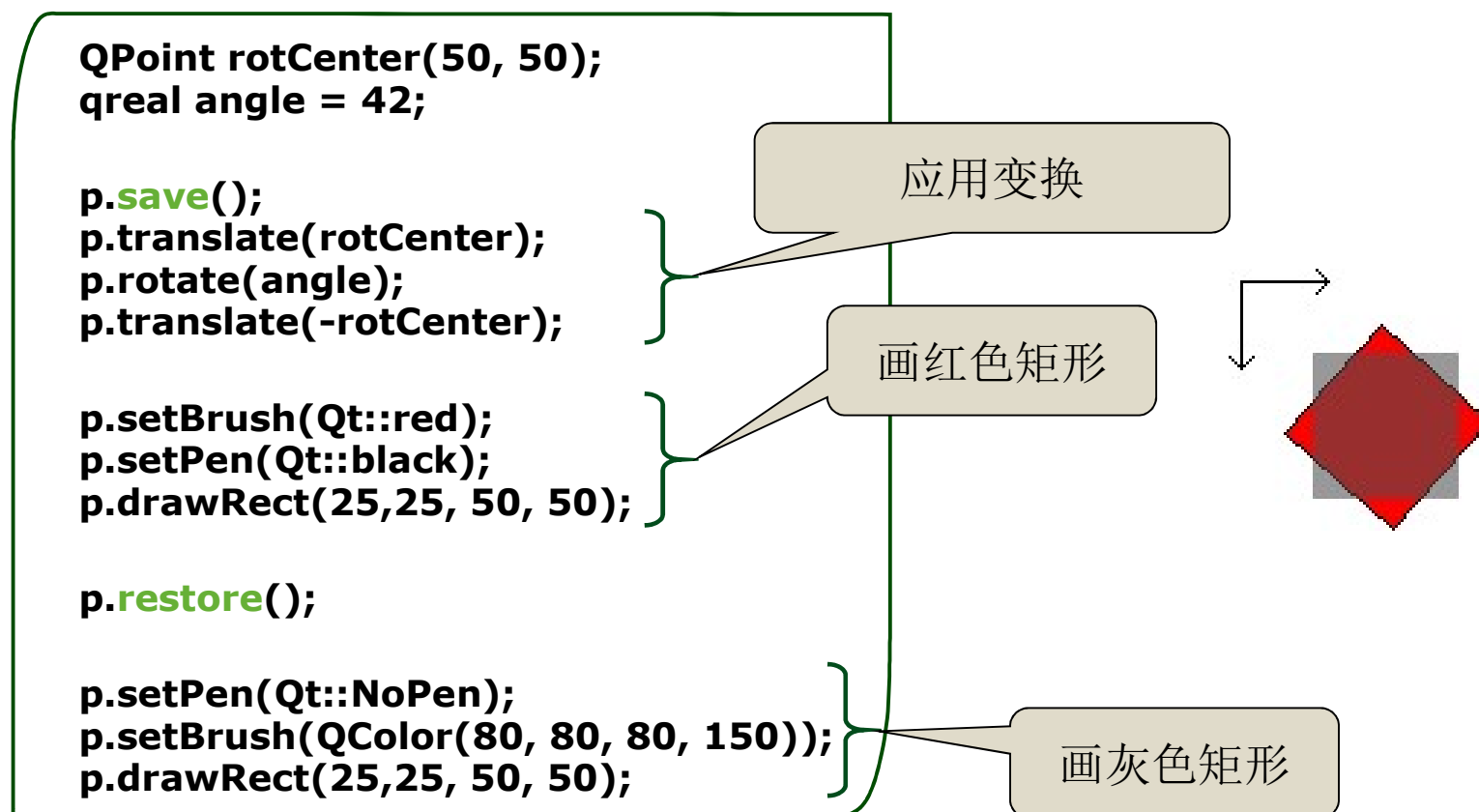


```
p.setBrush(Qt::red);  
p.drawRect(200, 20, 120, 120);  
p.rotate(35);  
p.drawRect(200, 20, 120, 120);  
p.translate(0, 100);  
p.drawRect(200, 20, 120, 120);
```



坐标变换的保存和恢复

- 通过save和restore函数，可以将坐标变换的状态保存和恢复

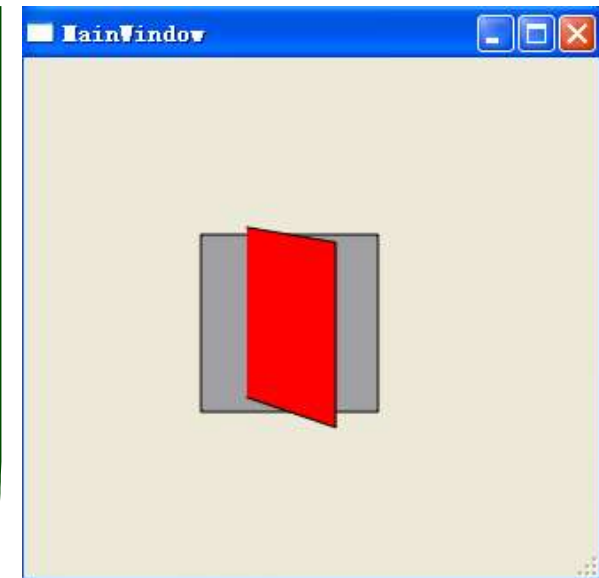




2.5D坐标变换

- 可以以任何坐标轴做旋转操作，以产生3D效果

```
p.setBrush(Qt::gray);  
p.setRenderHint(QPainter::Antialiasing);  
p.drawRect(100,100, 100, 100);  
QTransform t;  
t.translate(150,0);  
t.rotate(60, Qt::YAxis);  
p.setTransform(t, true);  
p.setBrush(Qt::red);  
p.drawRect(-50,100, 100, 100);
```





视口和窗口

- 视口表示物理坐标下的任意矩形。而窗口表示在逻辑坐标下的相同矩形。
 - 视口由QPainter的`viewport ()`函数获取
 - 窗口由QPainter的`window ()`函数获取
- 默认情况下逻辑坐标与物理坐标是相同的，与绘图设备上的矩形也是一致的。
- 使用窗口—视口变换可以使逻辑坐标符合自定义要求，这个机制通常用来完成设备无关的绘图代码。
 - 窗口是逻辑坐标，即程序员操纵的坐标；视口是物理坐标，即实际得绘图坐标
 - 通过调用`QPainter::setWindow()`, `QPainter:: setViewport()`函数可以完成坐标变换
 - 设置窗口或视口矩形实际上是执行线性变换。本质上是窗口四个角映射到对应的视口四个角，反之亦然。因此，应注意保持视口和窗口x轴和y轴之间的比例变换一致，从而保证变换不会导致绘制变形。



绘图举例：表盘

绘图举例：表盘

- 自定义绘制
- 可以与键盘和鼠标交互



表盘

- 画表盘的背景

```
void CircularGauge::paintEvent(QPaintEvent *ev)
{
    QPainter p(this);

    {
        int extent;
        if (width() > height())
            extent = height() - 20;
        else
            extent = width() - 20;

        p.translate((width() - extent) / 2, (height() - extent) / 2);

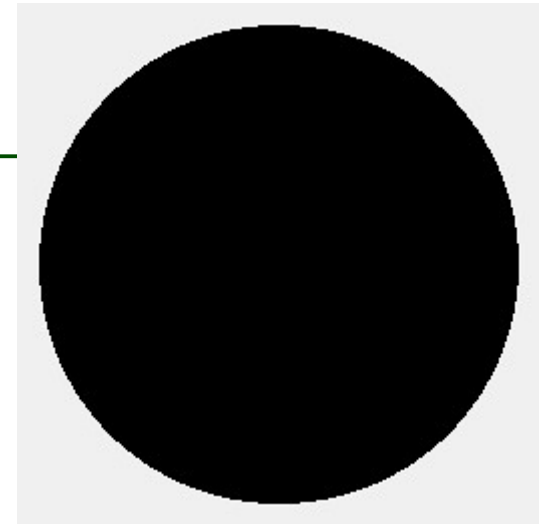
        p.setPen(Qt::white);
        p.setBrush(Qt::black);

        p.drawEllipse(0, 0, extent, extent);

        ...
    }
}
```

将油表放在
中心位置

画背景圆形





表盘

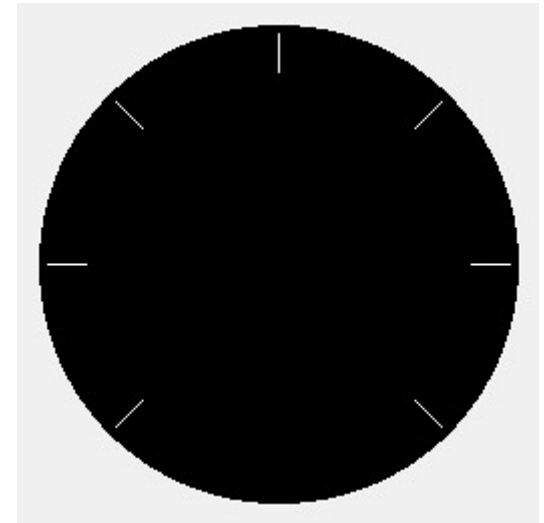
- 画表盘的刻度

```
void CircularGauge::paintEvent(QPaintEvent *ev)
{
    ...

    p.translate(extent/2, extent/2);
    for(int angle=0; angle<=270; angle+=45)
    {
        p.save();
        p.rotate(angle+135);
        p.drawLine(extent*0.4, 0, extent*0.48, 0);
        p.restore();
    }

    ...
}
```

注意**save**和**restore**函数

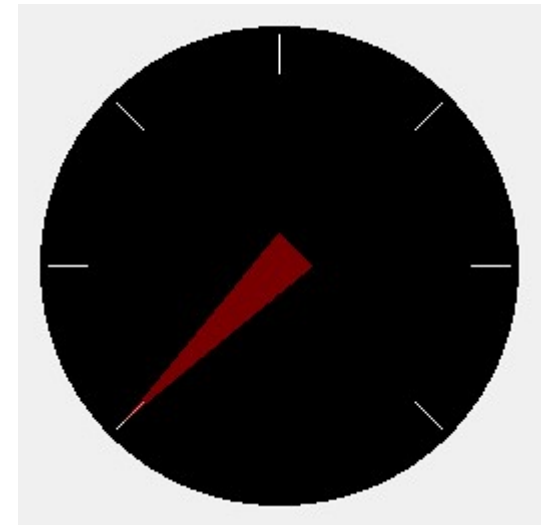


表盘

- 画表盘的指针

```
void CircularGauge::paintEvent(QPaintEvent *ev)
{
    ...

    p.rotate(m_value+135);
    QPolygon polygon;
    polygon << QPoint(-extent*0.05, extent*0.05)
            << QPoint(-extent*0.05, -extent*0.05)
            << QPoint(extent*0.46, 0);
    p.setPen(Qt::NoPen);
    p.setBrush(QColor(255,0,0,120));
    p.drawPolygon(polygon);
}
```





响应事件

- 除了 paintEvent, 还有
 - 键盘事件
 - 鼠标事件
 - 窗口事件
 - 定时器事件
 - 。 。 。



响应键盘事件

- 重写 **keyPressEvent**
- 键按下时响应
- 将未处理的按键传给基类处理

```
void CircularGauge::keyPressEvent(QKeyEvent *ev)  
{  
    switch(ev->key())  
    {  
        case Qt::Key_Up:  
        case Qt::Key_Right:  
            setValue(value()+1);  
            break;  
        case Qt::Key_Down:  
        case Qt::Key_Left:  
            setValue(value()-1);  
            break;  
        case Qt::Key_PageUp:  
            setValue(value()+10);  
            break;  
        case Qt::Key_PageDown:  
            setValue(value()-10);  
            break;  
        default:  
            QWidget::keyPressEvent(ev);  
    }  
}
```



响应鼠标事件

- 鼠标事件通过重写如下函数来处理
 - mousePressEvent和mouseReleaseEvent
 - mouseMoveEvent: 除非mouseTracking为真, 否则只有一个鼠标按键按下时才被调用
- setValueFromPos是一个私有函数, 用于将点转换为角度

```
void CircularGauge::mousePressEvent(QMouseEvent *ev)
{
    setValueFromPos(ev->pos());
}

void CircularGauge::mouseReleaseEvent(QMouseEvent *ev)
{
    setValueFromPos(ev->pos());
}

void CircularGauge::mouseMoveEvent(QMouseEvent *ev)
{
    setValueFromPos(ev->pos());
}
```



加速绘制

- paintEvent函数有一个QPaintEvent参数，即触发绘制函数的绘制事件
- QPaintEvent类有两个方法
 - QRect rect(): 返回需要重绘的矩形
 - QRegion region(): 返回需要重绘的区域
- 重绘时，尽量避免在QPaintEvent返回的矩形/区域外绘制复杂图形



为表盘添加事件过滤器

- 按键0时，油表指向0

```
class KeyboardFilter : public QObject ...
```

```
bool KeyboardFilter::eventFilter(QObject *o, QEvent *ev)
{
    if (ev->type() == QEvent::KeyPress)
        if (QKeyEvent *ke = static_cast<QKeyEvent*>(ev))
            if (ke->key() == Qt::Key_0)
                if (o->metaObject()->indexOfProperty("value") != -1 )
                {
                    o->setProperty("value", 0);
                    return true;
                }
    return false;
}
```

返回**true**，停止
对该事件的响应



安装事件过滤器

- 调用installEventFilter函数
- 由于该filter对象是应用于属性（property）的，它可以用于任何具有该属性的对象，如QSlider, QDial, QSpinBox等
 - 如果勇于尝试，可以为QApplication添加事件过滤器

```
ComposedGauge compg;  
CircularGauge circg;
```

```
KeyboardFilter filter;
```

```
compg.installEventFilter(&filter);  
circg.installEventFilter(&filter);
```



总结

- 基本流程
- Qt绘制事件
- Qt 2D绘图
- 画笔、画刷
- 基本图形和文本绘制
- 渐变填充
- 绘制文本
- 图像处理
- 坐标系统与坐标变换
- 绘图举例：表盘

谢谢！