复杂应用组件

Handler机制、多线程与自定义View

仝亮 liang.tong@bytedance.com
字节跳动Android工程师

ByteDance字节跳动

●●提纲

01 | 进程与线程

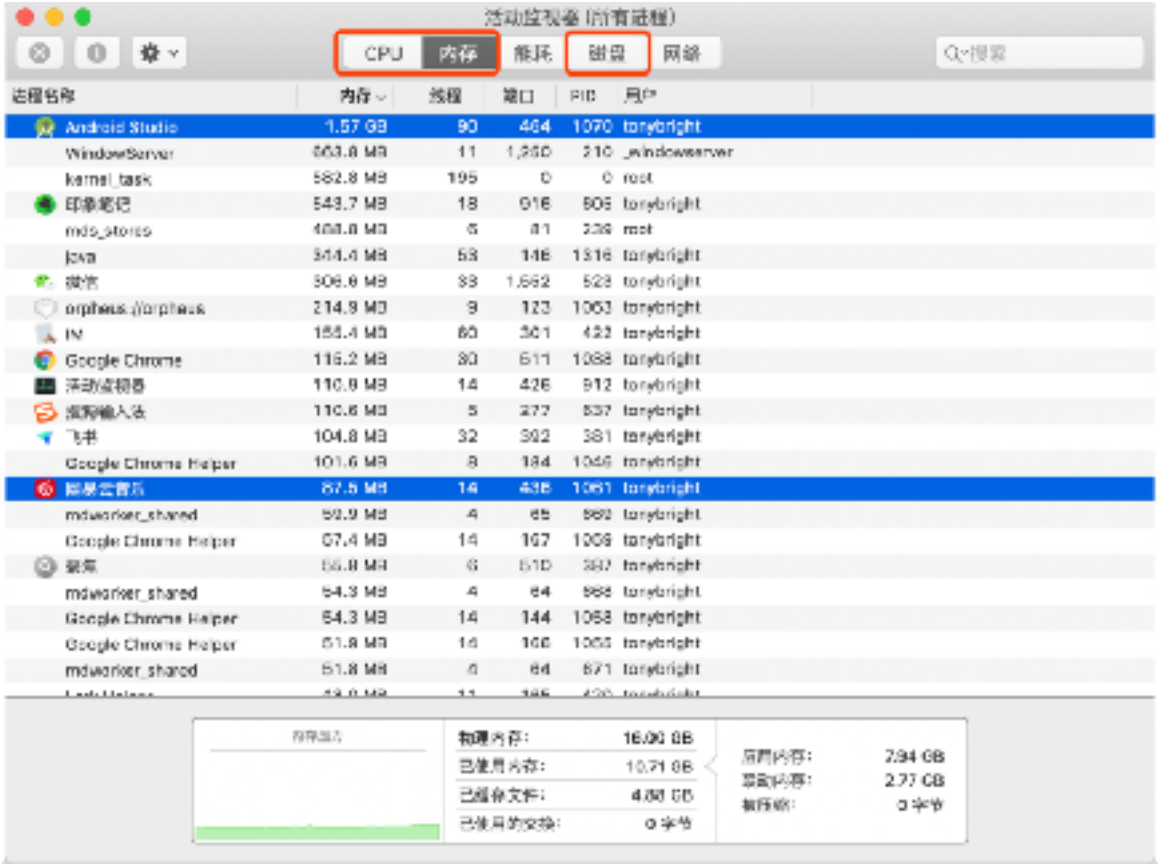
02 | Handler机制（Android的消息队列机制）

03 | Android中的多线程

04 | 自定义View

进程与线程

进程



进程

```
tonybright@tonybright ~ $ adb shell "ps|grep com.ss.android.ugc.aweme"
u0_a613      22342   621 2228160 246680 0                   0 S com.ss.android.ugc.aweme
u0_a613      22590   621 1842112  70468 0                   0 S com.ss.android.ugc.aweme:bm
u0_a613      22660   621 1816440  64644 0                   0 S com.ss.android.ugc.aweme:push
u0_a613      22772   621 1834996  71856 0                   0 S com.ss.android.ugc.aweme:pushservice
```

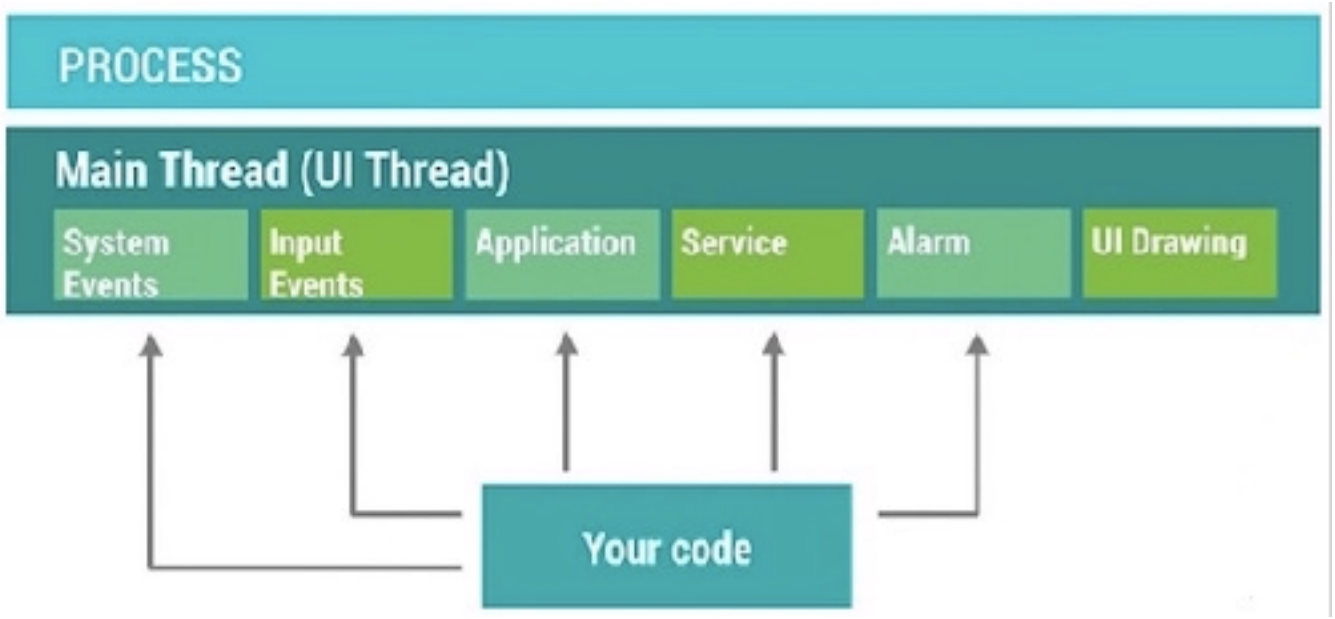
线程

```
tonybright@tonybright ~ $ adb shell ps -T | grep "22342"
u0_a613       22342 22342   621 2171240 218380 0                   0 S droid.ugc.aweme
u0_a613       22342 22349   621 2171240 218380 0                   0 S Jit thread pool
u0_a613       22342 22350   621 2171240 218380 0                   0 S Signal Catcher
u0_a613       22342 22351   621 2171240 218380 0                   0 S ReferenceQueueD
u0_a613       22342 22352   621 2171240 218380 0                   0 S FinalizerDaemon
u0_a613       22342 22354   621 2171240 218380 0                   0 S HeapTaskDaemon
u0_a613       22342 22355   621 2171240 218380 0                   0 S Binder:22342_1
u0_a613       22342 22356   621 2171240 218380 0                   0 S Binder:22342_2
u0_a613       22342 22361   621 2171240 218380 0                   0 S Profile Saver
u0_a613       22342 22369   621 2171240 218380 0                   0 S aweme-thread-po
u0_a613       22342 22370   621 2171240 218380 0                   0 S aweme-thread-po
u0_a613       22342 22371   621 2171240 218380 0                   0 S aweme-thread-po
u0_a613       22342 22372   621 2171240 218380 0                   0 S aweme-thread-po
u0_a613       22342 22374   621 2171240 218380 0                   0 S LegoHandler
u0_a613       22342 22409   621 2171240 218380 0                   0 S Binder:22342_3
u0_a613       22342 22429   621 2171240 218380 0                   0 S TaskMonitor-10
u0_a613       22342 22439   621 2171240 218380 0                   0 S queued-work-loo
u0_a613       22342 22446   621 2171240 218380 0                   0 S ActionReaper
u0_a613       22342 22449   621 2171240 218380 0                   0 S LegoHandler
u0_a613       22342 22460   621 2171240 218380 0                   0 S RxSchedulerPurg
u0_a613       22342 22462   621 2171240 218380 0                   0 S RxCachedWorkerP
u0_a613       22342 22468   621 2171240 218380 0                   0 S CronetInit
u0_a613       22342 22469   621 2171240 218380 0                   0 S ChromiumNet10
u0_a613       22342 22477   621 2171240 218380 0                   0 S DeviceRegisterT
u0_a613       22342 22482   621 2171240 218380 0                   0 S Queue
```

进程、线程总结

- 进程是资源分配的基本单位
- 线程是CPU调度、执行的基本单位
- 线程共享进程的资源(主要是内存资源)

Android主进程&UI线程



Handler机制
(Android的消息队列机制)

Handler 是做什么的?

先看这样两个例子：

1. 今日头条App启动时，展示了一个开屏广告，默认播放x秒；在x秒后，需跳转到主界面。

2. 用户在抖音App中，点击下载视频，下载过程中需要弹出Loading窗，下载结束后提示用户下载成功/失败。

你需要使用*Handler*!

Handler机制

Handler机制为Android系统解决了以下两个问题:

1. 调度（Schedule）Android系统在某个时间点执行特定的任务
    a. *Message(android.os.Message)*
    b. *Runnable(java.lang.Runnable)*
2. 将需要执行的任务加入到用户创建的线程的任务队列中

From Android Developer Website:

There are two main uses for a Handler: (1) to schedule messages and runnables to be executed at some point in the future; and (2) to enqueue an action to be performed on a different thread than your own.

Handler的使用举例

今日头条App启动时，展示了一个开屏广告，默认播放x秒；在x秒后，需跳转到主界面

```
mHandler.postDelayed(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        goMainActivity();
    }
}, delayMillis: 1000);
```

Handler的使用举例

今日头条App启动时，展示了一个开屏广告，默认播放x秒；在x秒后，需跳转到主界面；**如果用户点击了跳过，则应该直接进入主界面。**

```
mHandler.postDelayed(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        goMainActivity();
    }
}, delayMillis: 1000);

mSkipView.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        mHandler.removeCallbacksAndMessages( token: null);
        goMainActivity();
    }
});
```

Handler的使用举例

用户在抖音App中，点击下载视频，下载过程中需要弹出Loading窗，下载结束后提示用户下载成功/失败。

补充知识点：

*Android*中，*UI*控件并非是线程安全的，只能在主线程内调用，所以所有对于*UI*控件的调用，必须在主线程。

因此，通常我们也把主线程也叫做*UI*线程

Handler的使用

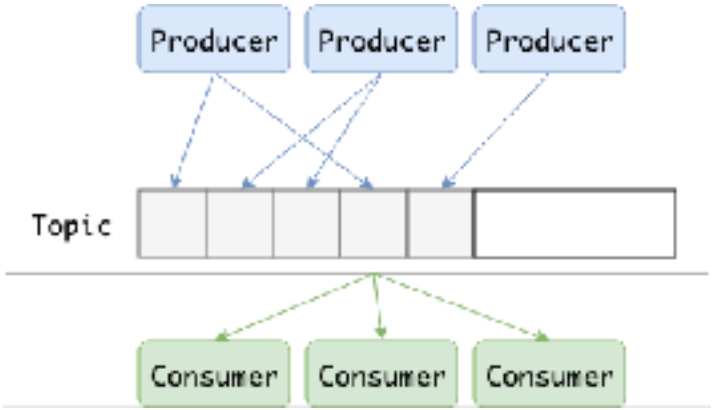
- 调度Message
  - 新建一个Handler，实现handleMessage()方法
  - 在适当的时候给上面的Handler发送消息
- 调度Runnable
  - 新建一个Handler，然后直接调度Runnable即可
- 取消调度
  - 通过Handler取消已经发送过的Message/Runnable

Handler的常用方法

```
// 立即发送消息
public final boolean sendMessage(Message msg)
public final boolean post(Runnable r);

// 延时发送消息
public final boolean sendMessageDelayed(Message msg, long delayMillis)
public final boolean postDelayed(Runnable r, long delayMillis);

// 定时发送消息
public boolean sendMessageAtTime(Message msg, long uptimeMillis);
public final boolean postAtTime(Runnable r, long uptimeMillis);
public final boolean postAtTime(Runnable r, Object token, long uptimeMillis);

// 取消消息
public final void removeCallbacks(Runnable r);
public final void removeMessages(int what);
public final void removeCallbacksAndMessages(Object token);
```

Handler原理：消息队列机制

- 在计算机科学中，消息队列（英语：Message Queue）是一种进程间通信或同一进程的不同线程间通信方式。

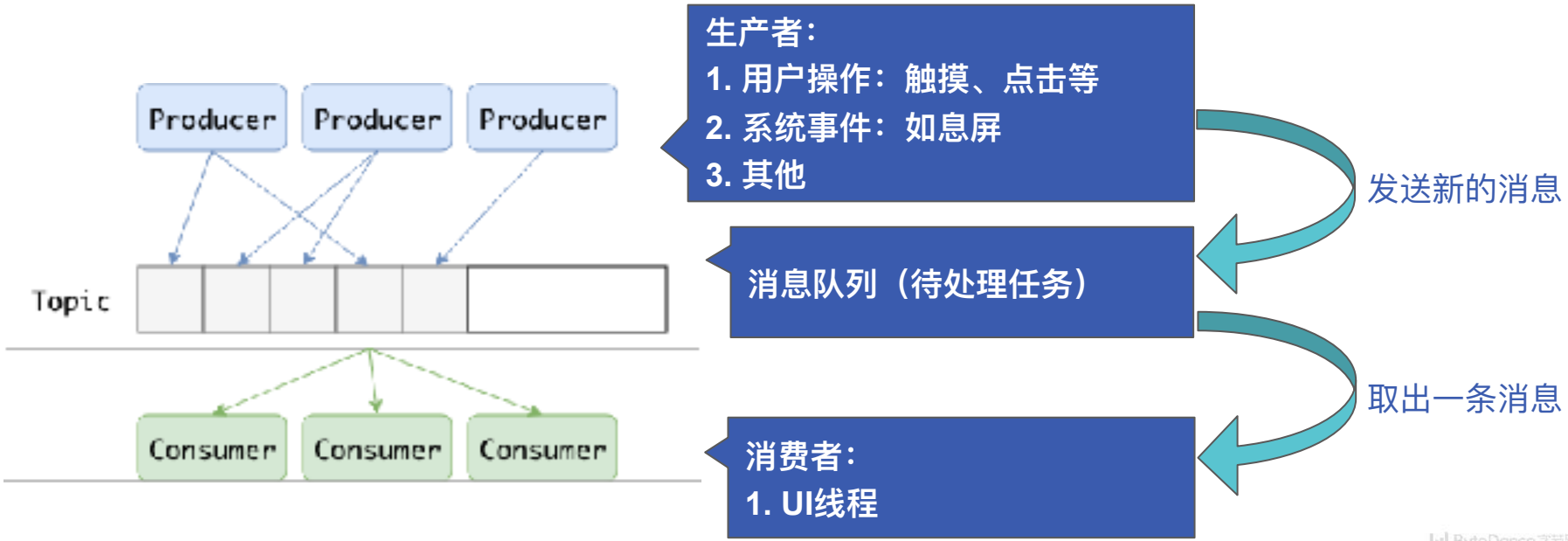


消息队列实际应用：

- Kafka分布式消息处理系统
- JS线程池模型
- Windows/Android UI线程消息处理

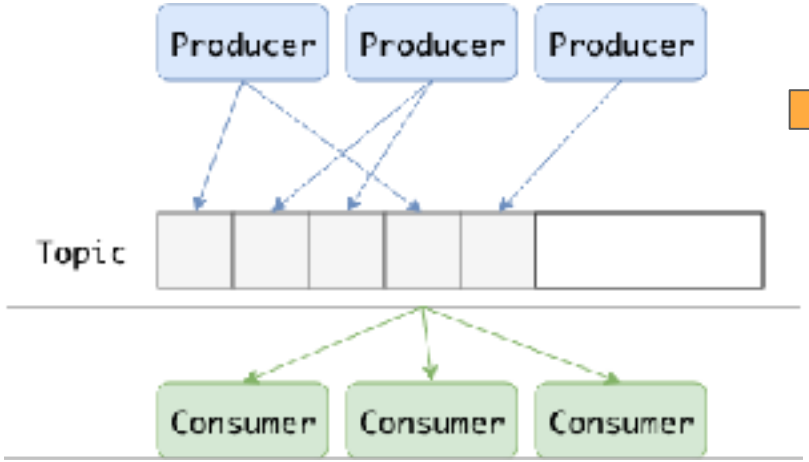
Handler原理：UI线程与消息队列机制

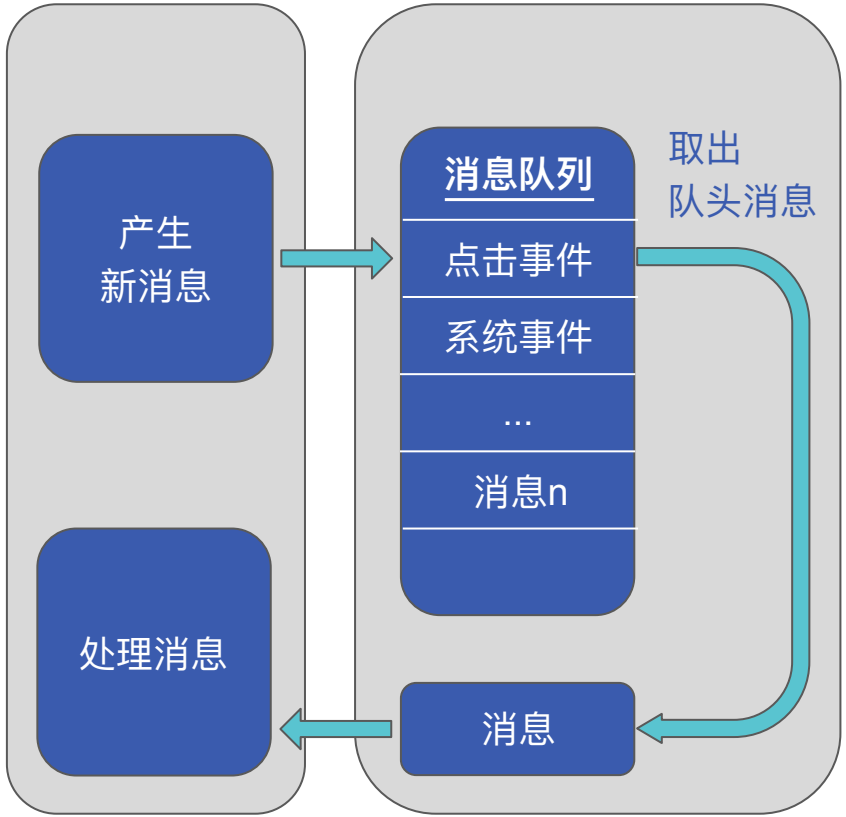
- Windows/Android中，
  UI线程负责处理界面的展示，响应用户的操作：

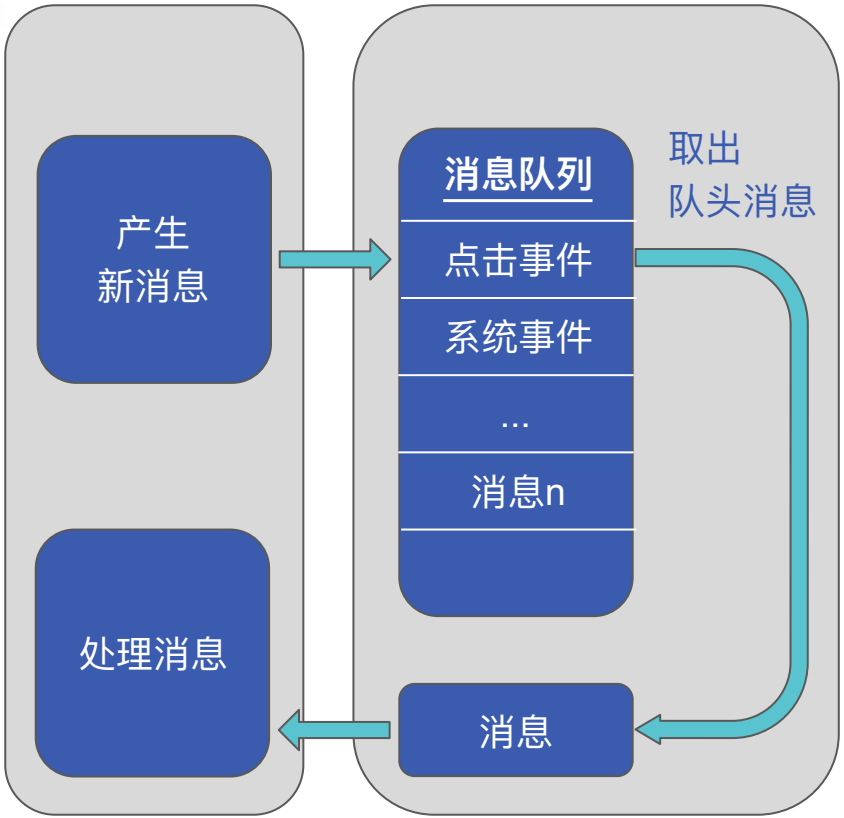


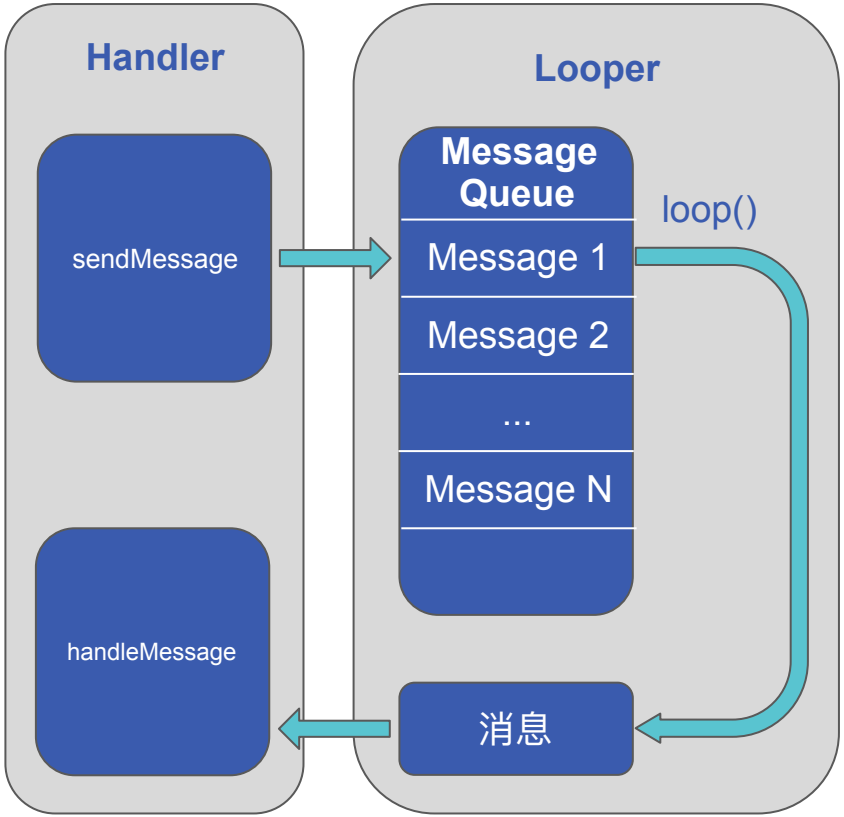
Handler原理：UI线程与消息队列机制

- Windows/Android中，
  UI线程负责处理界面的展示，响应
  用户的操作：

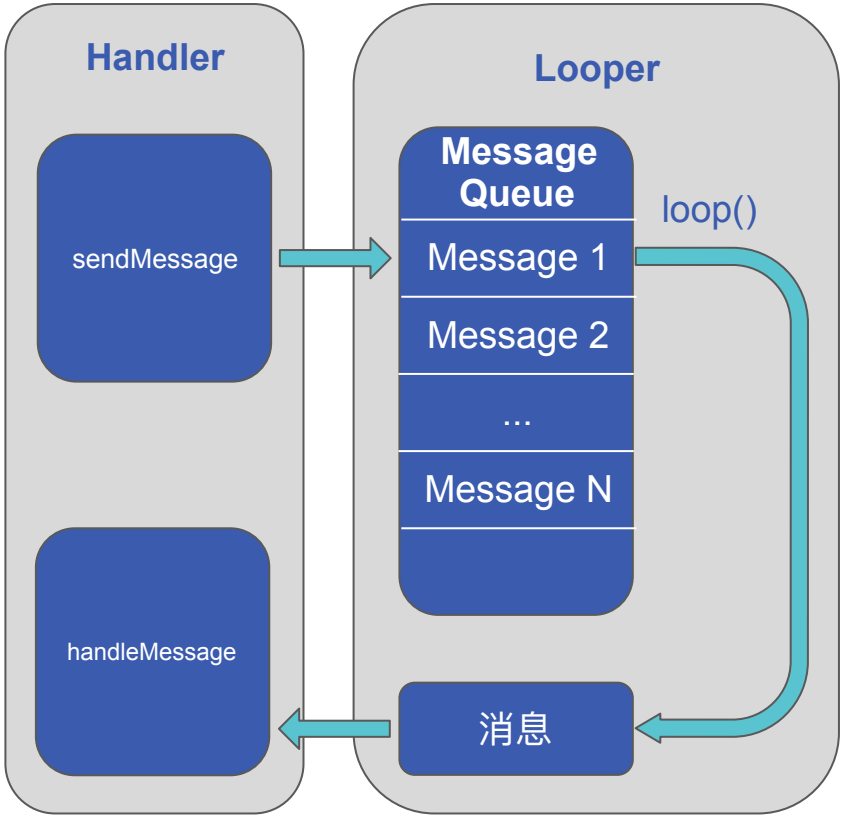








- Message：
  - 消息，由MessageQueue统一队列，然后交由Handler处理。
- MessageQueue：
  - 消息队列，用来存放Handler发送过来的Message，并且按照先入先出的规则执行。
- Handler：
  - 处理者，负责发送和处理Message
  - 每个Message必须有一个对应的Handler
- Looper：
  - 消息轮询器，不断的从MessageQueue中抽取Message并执行。



辨析Runnable/Message

1. Runnable会被打包成Message

```
    private static Message getPostMessage(Runnable r) {
        Message m = Message.obtain();
        m.callback = r;
        return m;
    }
```

```
mHandler.postDelayed(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        goMainActivity();
    }
}, delayMillis: 1000);
```

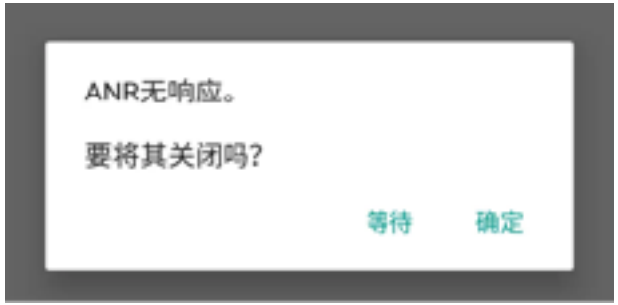
=

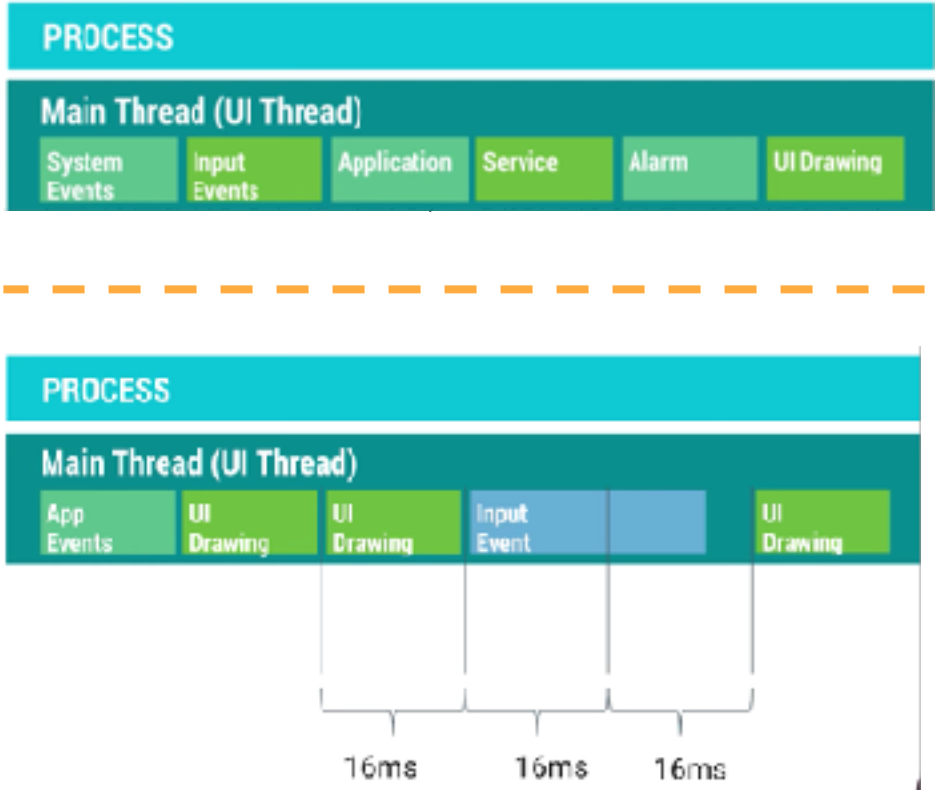
```
protected final Handler mHandler = new Handler() {
    @Override
    public void handleMessage(Message msg) {
        super.handleMessage(msg);
        switch (msg.what) {
            case MSG_GO_MAIN_ACTIVITY:
                goMainActivity();
                break;
        }

    }
};
```

```
mHandler.sendMessageDelayed(
        Message.obtain(mHandler, MSG_GO_MAIN_ACTIVITY),
        delayMillis: 1000);
```

扩展：ANR

- 主线程（UI线程）不能执行耗时操作，否则会出现 ANR (Application Not Responding)





（其中每一帧内容的绘制其实只有16ms）

Handler总结

- Handler机制是生产者消费者模型&消息队列机制在Android上的实现，解决Android中的任务调度和线程通信问题
- Handler负责向消息队列里添加消息，Looper维持一个循环，从消息队列取消息，派发给Handler处理，队列为空时阻塞等待
- Handler的基本用法：立即/延时/定时发送消息、取消消息

Android中的多线程

Android里常用的操作多线程方式

01 | Thread（线程）

02 | ThreadPool（线程池）

03 | AsyncTask

04 | IntentService

Thread

- Thread（java.lang.Thread）

```java
public class MyThread extends Thread {

    @Override
    public void run() {
        super.run();
        // do something
    }
}
```

一个简单的Thread的例子

```java
public class InterruptAThread extends Thread {

    @Override
    public void run() {
        super.run();
        // 判断状态，如果被打断则跳出并将线程置空
        while (!isInterrupted()){
            // do something
        }

    }
}

private void howToStopAThread() {
    InterruptAThread thread = new InterruptAThread();
    // Start Thread
    thread.start();
    // Stop thread
    thread.interrupt();
}
```

怎样优雅的启动和停止一个Thread

扩展：HandlerThread（Android特有）

- 试想一款股票交易App：
  - 由于因为股票的行情数据都是实时变化的。
  - 所以我们软件需要每隔一定时间向服务器请求行情数据。
- 这个轮询的请求的调度是否可以放到非主线程，由Handler + Looper去处理和调度？

这时可以使用*HandlerThread*

```java
public class StockHandlerThread extends HandlerThread implements Handler.Callback {

    public static final int MSG_QUERY_STOCK = 100;

    private Handler mWorkerHandler; //与工作线程相关联的Handler

    public StockHandlerThread(String name) {
        super(name);
    }

    public StockHandlerThread(String name, int priority) {
        super(name, priority);
    }

    @Override
    protected void onLooperPrepared() {
        mWorkerHandler = new Handler(getLooper(), callback: this);
        // 触发首次请求
        mWorkerHandler.sendEmptyMessage(MSG_QUERY_STOCK);
    }

    @Override
    public boolean handleMessage(Message msg) {
        switch (msg.what) {
            case MSG_QUERY_STOCK:
                // 请求股票数据
                // ...
                // 回调到主线程更新DB
                // ...
                // 10s后再次请求
                mWorkerHandler.sendEmptyMessageDelayed(MSG_QUERY_STOCK, delayMillis: 10 * 1000);
                break;
        }
        return true;
    }
}
```

扩展：HandlerThread

（Handler的实现如右图所示）

ThreadPool

- 接口 Java.util.concurrent.ExecutorService 表述了异步执行的机制，并且可以让任务在一组线程内执行。

- 重要函数：
  - execute(Runnable)
  - submit(Runnable): 有返回值（Future），可以cancel，更方便进行错误处理
  - shutdown()

ThreadPool

为什么要使用线程池?

1. 频繁地执行线程创建、销毁，性能开销较大，线程池的线程复用可以有效降低性能开销

2. 基于线程池更便于做线程任务监控和性能优化

ThreadPool的使用

介绍几种常用的线程池：

- 单个任务处理时间比较短且任务数量很大（多个线程的线程池）：
  - 网络库：FixedThreadPool 定长线程池
  - DB操作：CachedThreadPool 可缓存线程池
- 执行定时任务（定时线程池）：
  - 定时上报性能日志数据：ScheduledThreadPoolExecutor 定时任务线程池
- 特定单项任务（单线程线程池）：
  - 日志写入：SingleThreadPool 只有一个线程的线程池

AsyncTask

回到之前的例子：

用户在抖音App中，点击下载视频，下载过程中需要弹出Loading窗，下载结束后提示用户下载成功/失败。

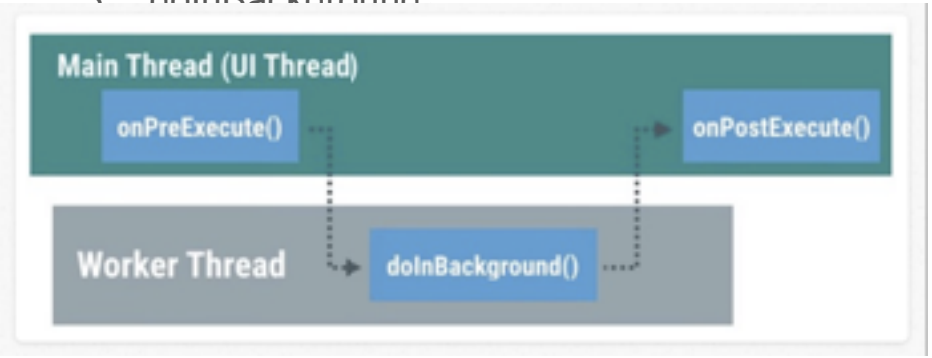
```
private void initView() {
    mDownloadButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(View v) {
            new DownloadAsyncTask().execute(mVideoId);
        }
    });
}

private class DownloadAsyncTask extends AsyncTask<String, Integer, String> {

    final static String DOWNLOAD_FAILED = "DOWNLOAD_FAILED";

    @Override
    protected void onPreExecute() {
        super.onPreExecute();
        toast( msg: "开始下载");
        showLoading();
    }

    @Override
    protected String doInBackground(String... args) {
        String videoId = args[0];
        try {
            return downloadVideo(videoId);
        } catch (Throwable t) {
            return DOWNLOAD_FAILED;
        }
    }

    private String downloadVideo(String videoId) {...}

    @Override
    protected void onPostExecute(String result) {
        super.onPostExecute(result);
        if (DOWNLOAD_FAILED.equals(DOWNLOAD_FAILED)) {
            hideLoading();
            toast( msg: "下载失败");
        } else {
            hideLoading();
            toast( msg: "下载成功\n文件已保存在: " + result);
        }
    }
}
```

```
public final int MSG_DOWN_FAIL = 1;
public final int MSG_DOWN_SUCCESS = 2;
public final int MSG_DOWN_START = 3;

private Handler mHandler = new Handler() {
    public void handleMessage(Message msg) {
        switch (msg.what) {
            case MSG_DOWN_FAIL:
                hideLoading();
                toast( msg: "下载失败");
                break;
            case MSG_DOWN_SUCCESS:
                hideLoading();
                toast( msg: "下载成功\n文件已保存在: " + msg.obj);
                break;
            case MSG_DOWN_START:
                toast( msg: "开始下载");
                showLoading();
                break;
        }
    }
};

private void initView() {
    mDownloadButton.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(View v) {
            new DownloadVideoThread(mVideoId).start();
        }
    });
}


public class DownloadVideoThread extends Thread {

    private String mVideoId;

    public DownloadVideoThread(String videoId) {...}

    @Override
    public void run() {
        //发送消息给 mHandler
        mHandler.sendEmptyMessage(MSG_DOWN_START);
        try {
            String localPath = downloadVideo(mVideoId);
            mHandler.sendMessage(Message.obtain(mHandler, MSG_DOWN_SUCCESS, localPath));
        } catch (Throwable t) {
            mHandler.sendMessage(Message.obtain(mHandler, MSG_DOWN_FAIL));
        }
    }

    private String downloadVideo(String videoId) {...}
}
```

AsyncTask

AsyncTask的定义及重要函数：

1. AsyncTask<Params, Progress, Result>
2. onPreExecute：
3. doInBackground：




```
private class DownloadAsyncTask extends AsyncTask<String, Integer, String> {

    final static String DOWNLOAD_FAILED = "DOWNLOAD_FAILED";

    @Override
    protected void onPreExecute() {
        super.onPreExecute();
        toast( msg: "开始下载");
        showLoading();
    }

    @Override
    protected String doInBackground(String... args) {
        String videoId = args[0];
        try {
            return downloadVideo(videoId);
        } catch (Throwable t) {
            return DOWNLOAD_FAILED;
        }
    }

    private String downloadVideo(String videoId) {
        int progress = 0;
        while(progress < 100) {
            publishProgress( ...values: ++progress);
        }
        return "local_url";
    }

    @Override
    protected void onProgressUpdate(Integer... values) {
        super.onProgressUpdate(values);
    }

    @Override
    protected void onPostExecute(String result) {
        super.onPostExecute(result);
        if (DOWNLOAD_FAILED.equals(DOWNLOAD_FAILED)) {
            hideLoading();
            toast( msg: "下载失败");
        } else {
            hideLoading();
            toast( msg: "下载成功\n文件已保存在: " + result);
        }
    }
}
```

IntentService

回顾一下Service：

- 不需要展示用户界面
- 执行时间比较长
- 后台运行

常见Service：

- 音乐播放
- Push推送

IntentService

那什么是IntentService?

*Service*是执行在主线程的。

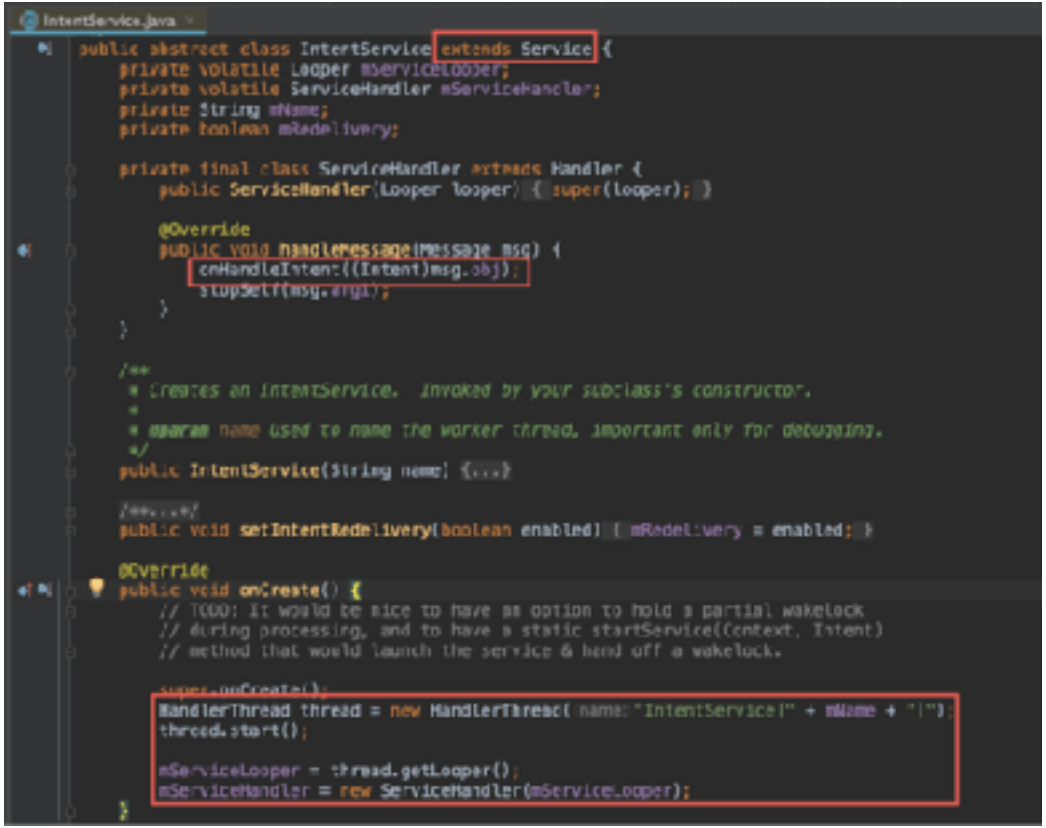
而很多情况下，我们做的事情非常耗时，需要在单独的线程执行，那么就应该用*IntentService*。

比如：用*Service*下载文件

IntentService示例

```
class DownloadIntentService extends IntentService {

    /**
     * A constructor is required, and must call the super IntentService(String)
     * constructor with a name for the worker thread.
     */
    public DownloadIntentService() {
        super( name: "DownloadIntentService");
    }

    /**
     * The IntentService calls this method from the default worker thread with
     * the intent that started the service. When this method returns, IntentService
     * stops the service, as appropriate.
     */
    @Override
    protected void onHandleIntent(Intent intent) {
        try {
            String url = intent.getStringExtra( name: "URL");
            // Download file from url
        } catch (Throwable t) {
            t.printStackTrace();
        }
    }
}
```

IntentService源码



扩展：RxJava - 简单介绍

ReactiveX / RxJava

Watch 2,380 | Unstar 39,617 | Fork 6,686

Code | Issues 10 | Pull requests 1 | Projects 0 | Wiki | Security | Insights

RxJava – Reactive Extensions for the JVM – a library for composing asynchronous and event-based programs using observable sequences for the Java VM.

java rxjava flow reactive-streams

5,543 commits | 4 branches | 215 releases | 235 contributors | Apache-2.0

Branch: 3.x | New pull request | Create new file | Upload files | Find File | Clone or download

Thread：

```
new Thread() {
    @Override
    public void run() {
        super.run();
        for (File folder : folders) {
            File[] files = folder.listFiles();
            for (File file : files) {
                if (file.getName().endsWith(".png")) {
                    final Bitmap bitmap = getBitmapFromFile(file);
                    getActivity().runOnUiThread(new Runnable() {
                        @Override
                        public void run() {
                            imageCollectorView.addImage(bitmap);
                        }
                    });
                }
            }
        }
    }
}.start();
```

RxJava：

```
Observable.from(folders)
    .flatMap((Func1) (folder) -> { Observable.from(file.listFiles()) })
    .filter((Func1) (file) -> { file.getName().endsWith(".png") })
    .map((Func1) (file) -> { getBitmapFromFile(file) })
    .subscribeOn(Schedulers.io())
    .observeOn(AndroidSchedulers.mainThread())
    .subscribe((Action1) (bitmap) -> { imageCollectorView.addImage(bitmap) });
```

扩展：Kotlin - Coroutines(协程)

Essentially, coroutines are light-weight threads.

```
import kotlinx.coroutines.*

fun main() {
    GlobalScope.launch { // launch a new coroutine in background and continue
        delay(1000L) // non-blocking delay for 1 second (default time unit is ms)
        println("World!") // print after delay
    }
    println("Hello,") // main thread continues while coroutine is delayed
    Thread.sleep(2000L) // block main thread for 2 seconds to keep JVM alive
}
```

Android多线程总结

01	Thread（线程）	多线程的基础
02	ThreadPool（线程池）	对线程进行更好的管理
03	AsyncTask	Android中为了简化多线程的使用，而设计的默认封装
04	IntentService	Android中无界面异步操作的默认实现
05	RxJava、Coroutine	当下流行的开发框架下的线程调度方式

自定义View

怎么画一个佩奇?

Measure: 测量宽高

Layout: 计算布局

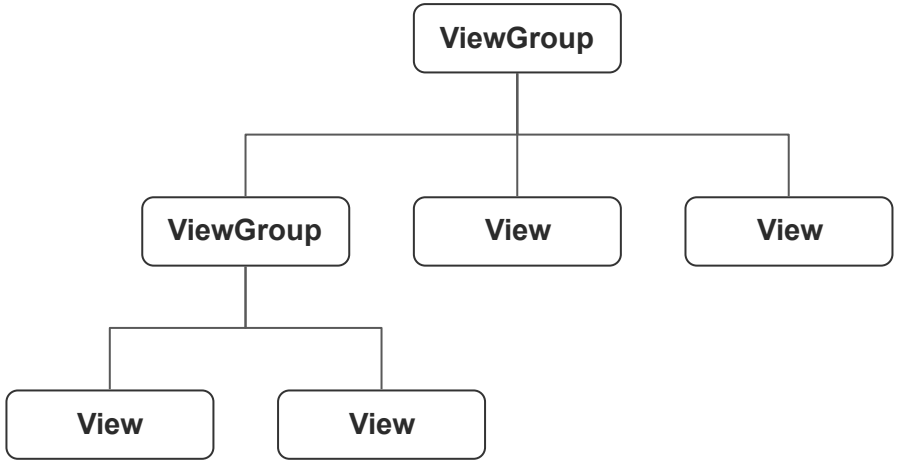
Draw：绘制形状

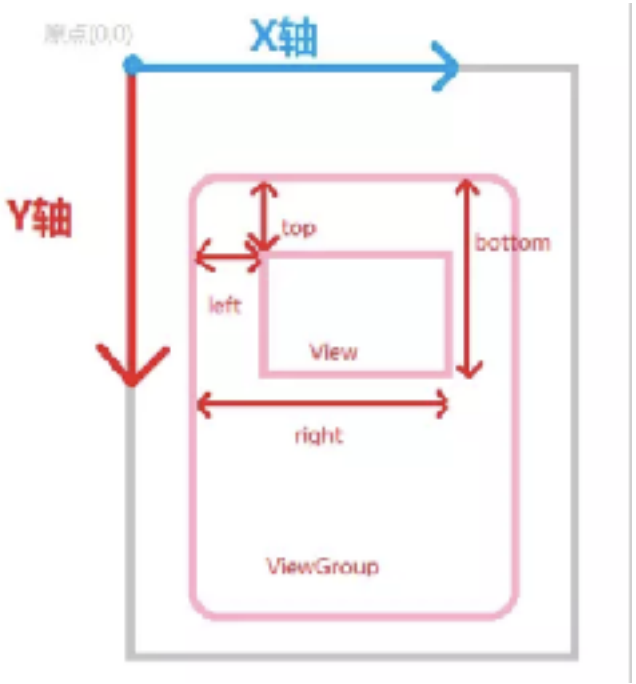
布局文件示例

```xml
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<FrameLayout
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".MainActivity">

    <ImageView
        android:id="@+id/iv_pig"
        android:layout_width="200dp"
        android:layout_height="200dp"
        android:layout_gravity="center"
        android:src="@drawable/ic_pig"
    />

</FrameLayout>
```

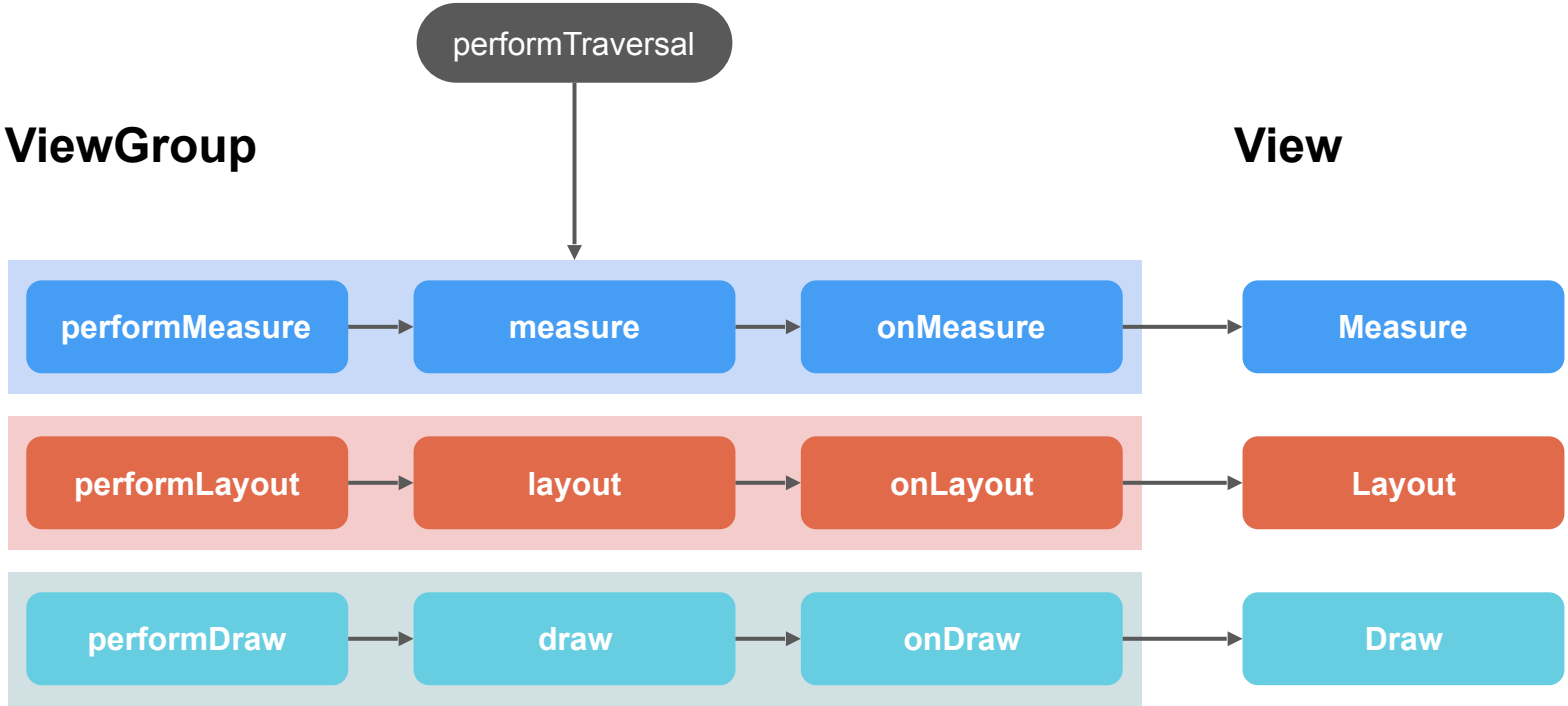
- *wrap_content* 指示您的视图将其大小调整为内容所需的尺寸。
- *match_parent* 指示您的视图尽可能采用其父视图组所允许的最大尺寸。

扩展：详解 ViewTree 及 View / ViewGroup 绘制流程

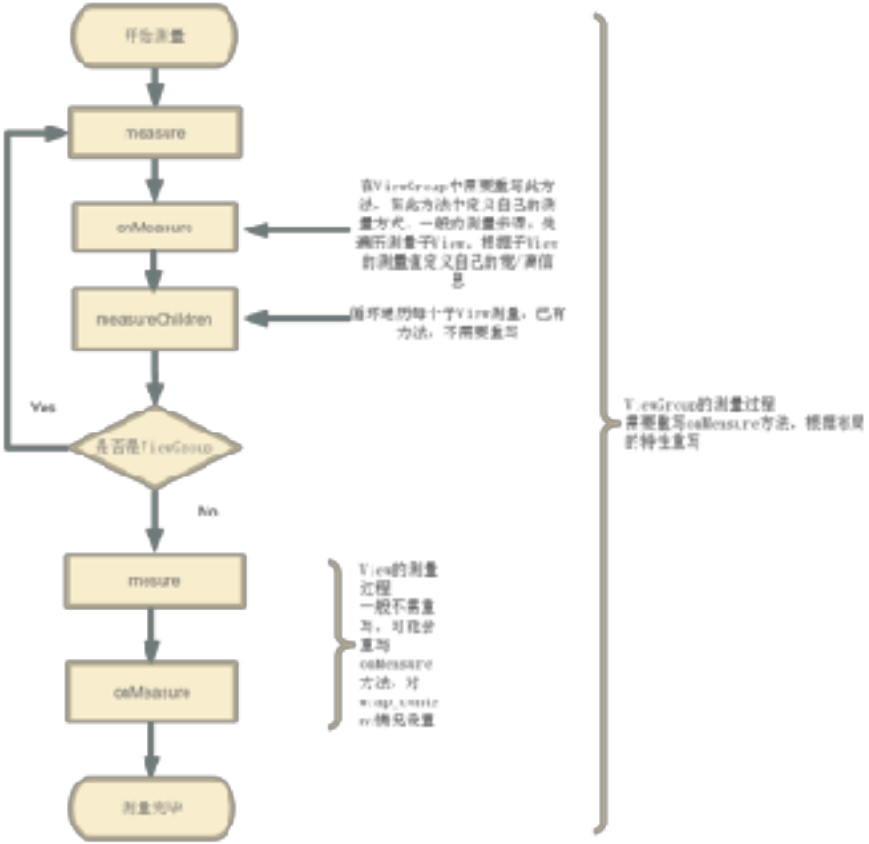




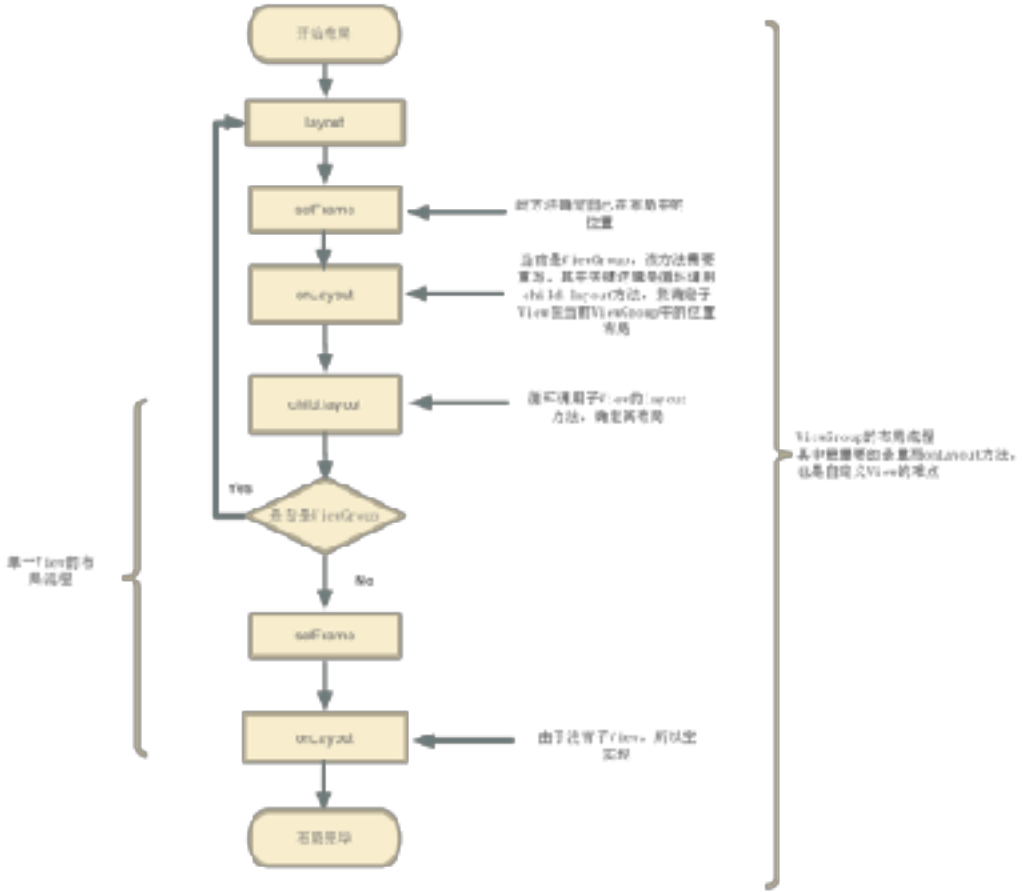
扩展：ViewGroup的绘制流程



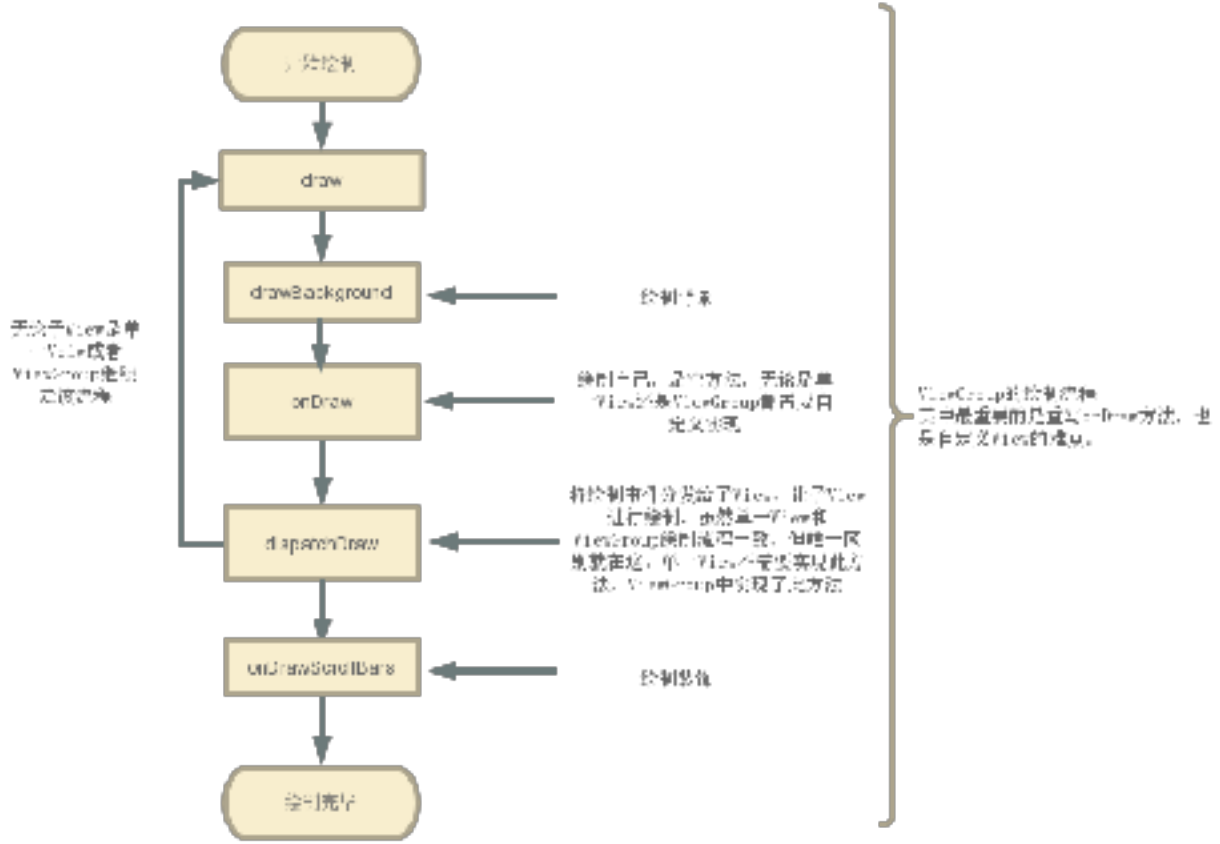
扩展：详解ViewTree及View/ViewGroup绘制流程



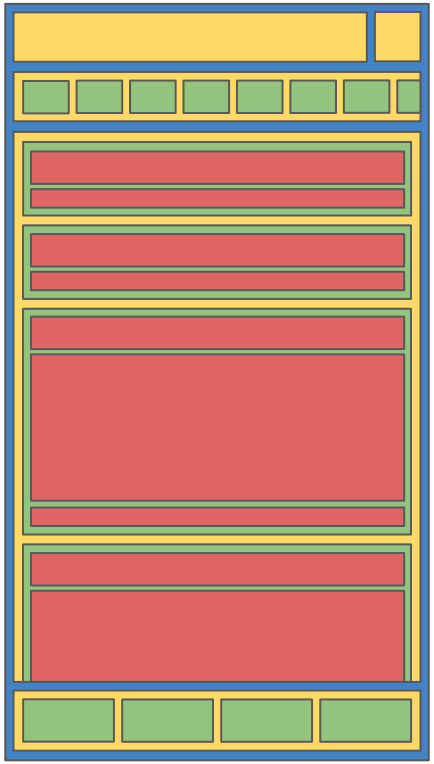
扩展：详解ViewTree及View/ViewGroup绘制流程



扩展：详解ViewTree及View/ViewGroup绘制流程



扩展：详解ViewTree及View/ViewGroup绘制流程



自定义View-重写onDraw

自定义View最常见操作 - 重写onDraw

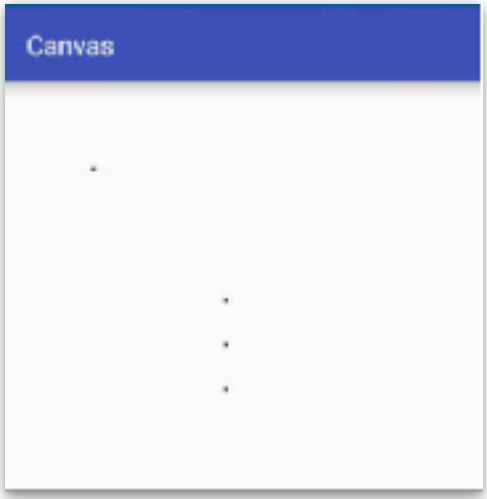
```
public class CustomView extends View {


    public CustomView(Context context) {
        super(context);
    }

    public CustomView(Context context, AttributeSet attrs) {
        super(context, attrs);
    }

    public CustomView(Context context, AttributeSet attrs, int defStyleAttr) {
        super(context, attrs, defStyleAttr);
    }

    @Override protected void onDraw(Canvas canvas) {
        super.onDraw(canvas);
        // 绘制代码
    }
}
```

自定义View-重写onDraw

概念解析：

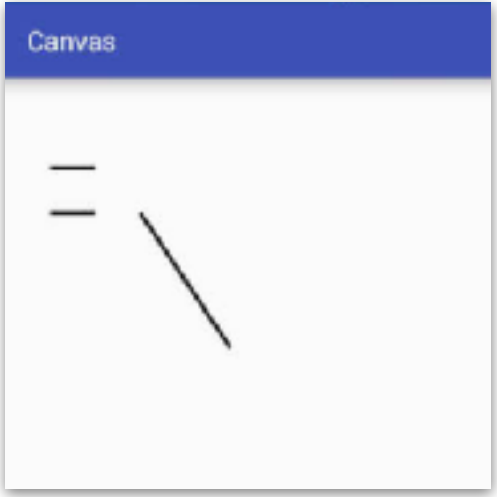
1. Canvas：画布
2. Paint：画笔

基本绘制-点 (Point)



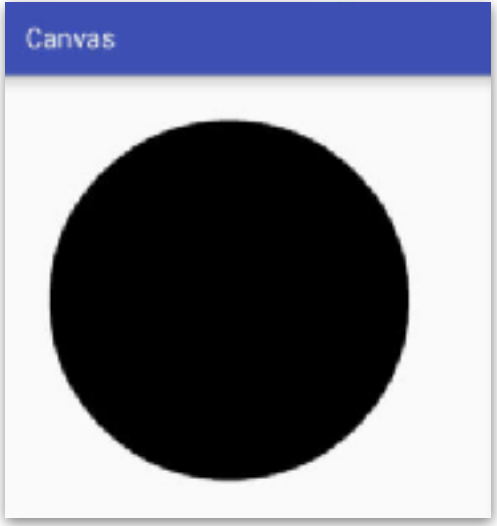

```
private Paint pointPaint;

private void initPaint() {
    pointPaint = new Paint();
    pointPaint.setColor(Color.BLACK);          //设置画笔颜色
    pointPaint.setStyle(Paint.Style.FILL);     //设置画笔模式为填充
    pointPaint.setStrokeWidth(10f);            //设置画笔宽度为10px
}

@Override
protected void onDraw(Canvas canvas) {
    super.onDraw(canvas);

    canvas.drawPoint( x: 200,  y: 200, pointPaint);      //在坐标(200,200)位置绘制一个点
    canvas.drawPoints(new float[]{               //绘制一组点，坐标位置由float数组指定
            500, 500,
            500, 600,
            500, 700
    }, pointPaint);
}
```

基本绘制-线 (Line)




```
private void initPaint() {
    linePaint = new Paint();
    linePaint.setColor(Color.BLACK);        //设置画笔颜色
    linePaint.setStyle(Paint.Style.FILL);   //设置画笔模式为填充
    linePaint.setStrokeWidth(10f);          //设置画笔宽度为10px
}

@Override
protected void onDraw(Canvas canvas) {
    super.onDraw(canvas);

    // 在坐标(300,300)(500,600)之间绘制一条直线
    canvas.drawLine( startX: 300,  startY: 300,  stopX: 500,  stopY: 600, linePaint);
    // 绘制一组线 每四数字(两个点的坐标)确定一条线
    canvas.drawLines(new float[]{
            100, 200, 200, 200,
            100, 300, 200, 300
    }, linePaint);
}
```

基本绘制-圆形 (Circle)



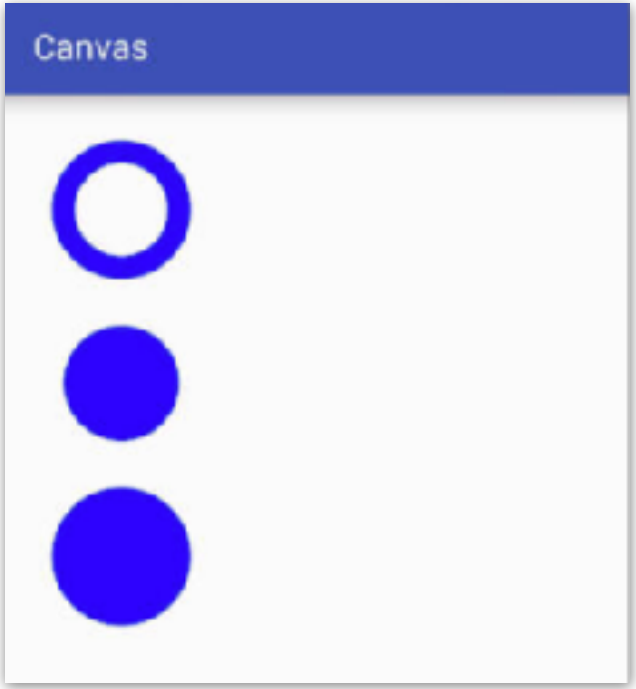

```
private Paint circlePaint;

private void initPaint() {
    circlePaint = new Paint();
    circlePaint.setColor(Color.BLACK);        //设置画笔颜色
    circlePaint.setStyle(Paint.Style.FILL);   //设置画笔模式为填充
}

@Override
protected void onDraw(Canvas canvas) {
    super.onDraw(canvas);

    // 绘制一个圆心坐标在(500,500)，半径为400 的圆
    canvas.drawCircle( cx: 500,  cy: 500,  radius: 400, circlePaint);
}
```

基本绘制-矩形/圆角矩形/椭圆 (Rect / RoundRect / Oval)

```
private Paint paint;

private void initPaint() {
    paint = new Paint();
    paint.setColor(Color.BLACK);        //设置画笔颜色
    paint.setStyle(Paint.Style.FILL);   //设置画笔模式为填充
}

@TargetApi(Build.VERSION_CODES.LOLLIPOP)
@Override
protected void onDraw(Canvas canvas) {
    super.onDraw(canvas);

    // 绘制矩形
    canvas.drawRect( left: 100,  top: 100,  right: 800,  bottom: 400, paint);

    // 绘制圆角矩形
    canvas.drawRoundRect( left: 100,  top: 100,  right: 800,  bottom: 400,  rx: 30,  ry: 30, paint);

    // 绘制椭圆
    canvas.drawOval( left: 100,  top: 100,  right: 800,  bottom: 400, paint);
}
```

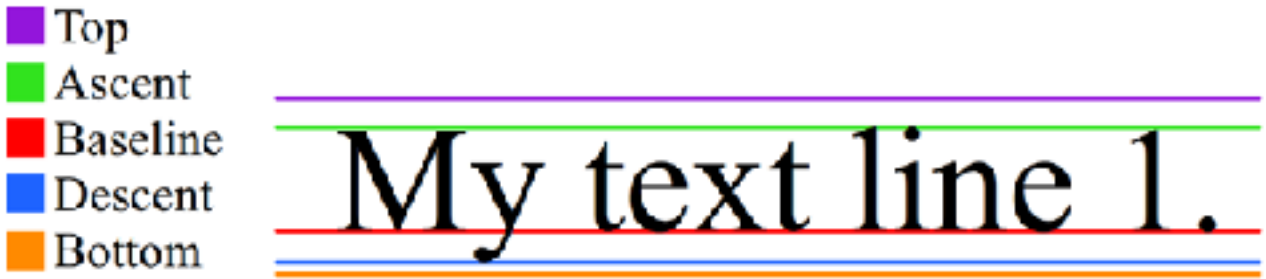
基本绘制-填充

（代码举例）

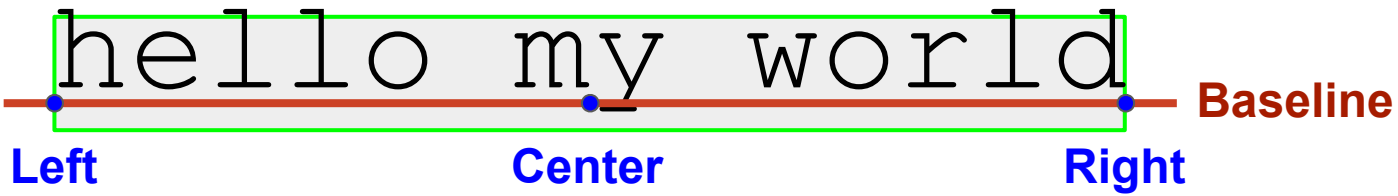



```
private Paint paint;

private void initPaint() {
    paint = new Paint();
    paint.setColor(Color.BLUE);
    paint.setStrokeWidth(40);
}

@Override
protected void onDraw(Canvas canvas) {
    super.onDraw(canvas);

    // 描边
    paint.setStyle(Paint.Style.STROKE);
    canvas.drawCircle( cx: 200,  cy: 200,  radius: 100, paint);

    // 填充
    paint.setStyle(Paint.Style.FILL);
    canvas.drawCircle( cx: 200,  cy: 500,  radius: 100, paint);

    // 描边加填充
    paint.setStyle(Paint.Style.FILL_AND_STROKE);
    canvas.drawCircle( cx: 200,  cy: 800,  radius: 100, paint);
}
```

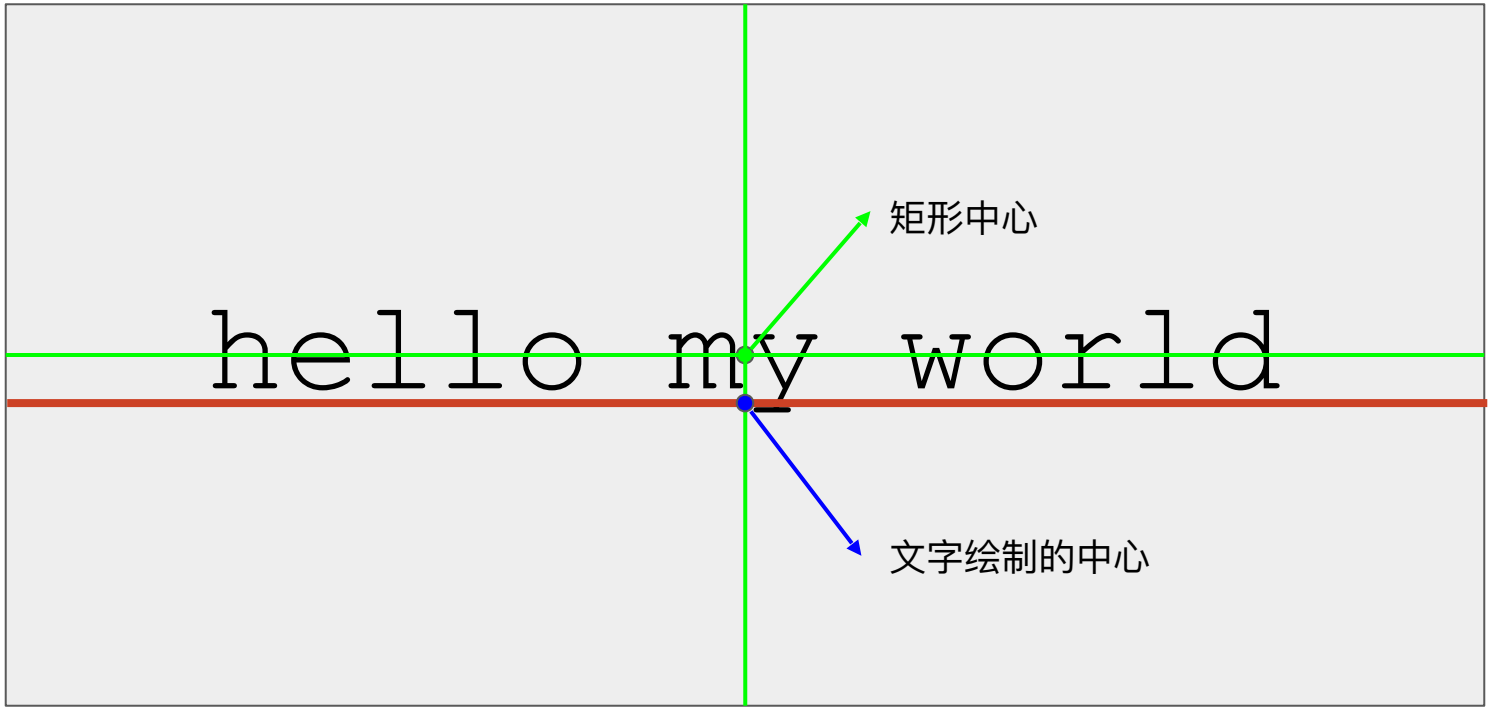
基本绘制-文字

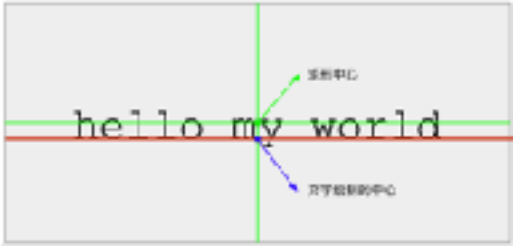


基本绘制-文字



基本绘制-文字






```
private void drawTextCenter(Canvas canvas, float centerX, float centerY, int color) {

    Paint textPaint = new Paint();
    textPaint.setColor(Color.WHITE);
    textPaint.setTextSize(50);
    textPaint.setStyle(Paint.Style.FILL);
    //该方法即为设置基线上那个点究竟是left,center,还是right  这里我设置为center
    textPaint.setTextAlign(Paint.Align.CENTER);

    Paint.FontMetrics fontMetrics = textPaint.getFontMetrics();
    float top = fontMetrics.top;//为基线到字体上边框的距离,即上图中的top
    float bottom = fontMetrics.bottom;//为基线到字体下边框的距离,即上图中的bottom

    int baseLineY = (int) (rect.centerY() - top / 2 - bottom / 2);//基线中间点的y轴计算公式

    canvas.drawText("hello my world", rect.centerX(), baseLineY, textPaint);
}
```

自定义View总结

- View的绘制流程：
  - 重要绘制流程：
    - Measure：测量
    - Layout：布局
    - Draw：绘制
  - 以及几个重要函数：
    - invalidate(如果布局没变化，只触发draw)
    - requestLayout(触发layout、measure)
- 理解 ViewTree 及 ViewGroup 的Measure / Layout / Draw的流程
- View自定义绘制：
  - 绘制图形：点、线、圆形、椭圆、矩形、圆角矩形
  - 绘制文字：文字的测量

课堂作业

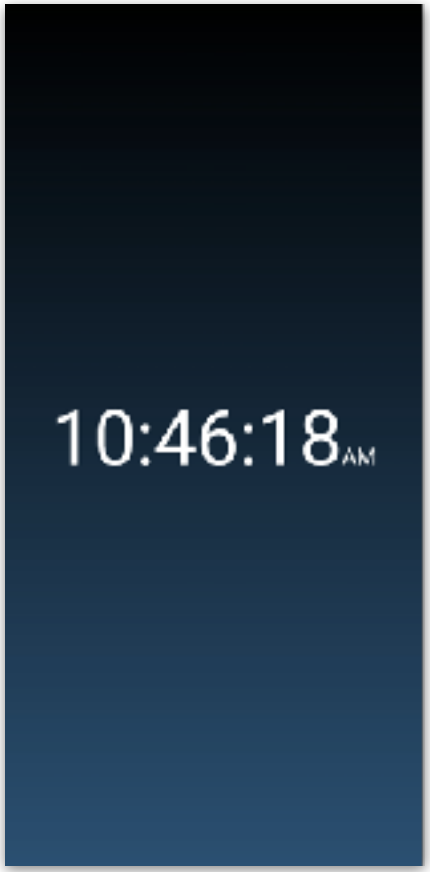
时钟App

作业：

1. 绘制时钟界面，包括表盘、时针、分针、秒针
2. 时针、分针、秒针需要跳动

减分项：

1. 程序会在某些情况下崩溃
2. 逻辑过于复杂
3. 有内存泄露（什么是内存泄露？）

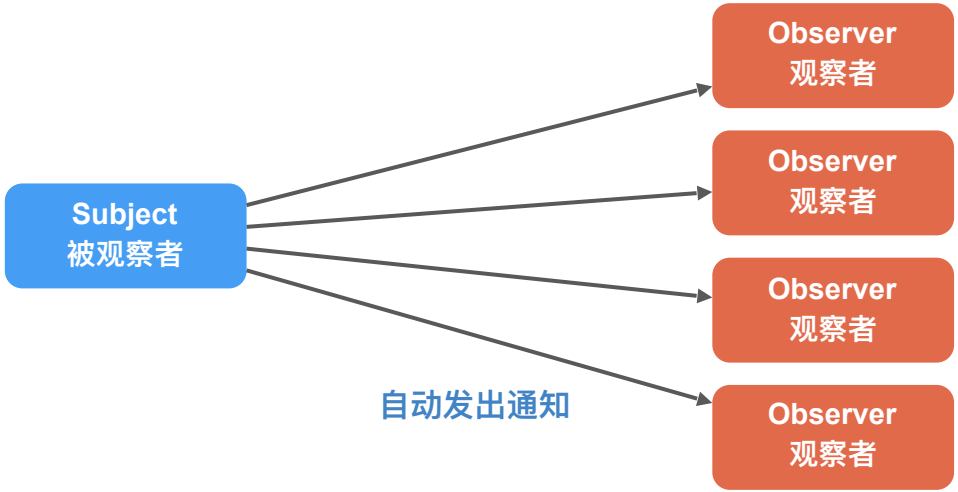


附：内存泄露 - Memery Leak

- Java的内存回收机制
- 一般内存泄漏(traditional memory leak)的原因是：由忘记释放分配的内存导致的。
    - 举例：Cursor的泄露
- 逻辑内存泄漏(logical memory leak)的原因是：当应用不再需要这个对象，当仍未释放该对象的所有引用。
    - 举例：Activity的泄露
    - 最常见原因：内部类引用外部变量

附：观察者模式

- 生动的例子：
  - 西游记里面悟空请求菩萨降服红孩儿，菩萨洒了一地水招来一个老乌龟：
    - 这个乌龟就是观察者，菩萨通过洒水通知他。



附：观察者模式

优点：

- 解耦，被观察者只知道观察者列表「抽象接口」，被观察者不知道具体的观察者
- 被观察者发送通知，所有注册的观察者都会收到信息「可以实现广播机制」

Android中的例子：

- View.setOnClickListener(...);

THANKS

ByteDance字节跳动