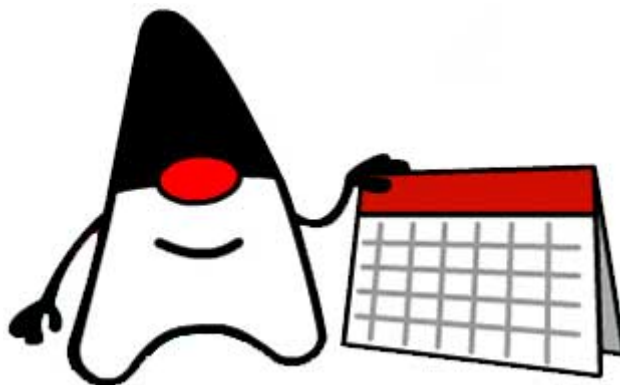


09 日期与时间

日期与时间是计算机处理的重要数据。绝大部分程序的运行都要和时间打交道。

本节我们将详细讲解java程序如何正确处理日期与时间。



基本概念

在计算机中，我们经常需要处理日期和时间。

这是日期：

- 2019-11-20
- 2020-1-1

这是时间：

- 12:30:59
- 2020-1-1 20:21:59

日期是指某一天，它不是连续变化的，而是应该被看成离散的。

而时间有两种概念，一种是不带日期的时间，例如，12:30:59。另一种是带日期的时间，例如，2020-1-1 20:21:59，只有这种带日期的时间能唯一确定某个时刻，不带日期的时间是无法确定一个唯一时刻的。

本地时间

当我们说当前时刻是2019年11月20日早上8:15的时候，我们说的实际上是本地时间。在国内就是北京时间。在这个时刻，如果地球上不同地方的人们同时看一眼手表，他们各自的本地时间是不同的：



所以，不同的时区，在同一时刻，本地时间是不同的。全球一共分为24个时区，伦敦所在的时区称为标准时区，其他时区按东 / 西偏移的小时区分，北京所在的时区是东八区。

时区

因为光靠本地时间还无法唯一确定一个准确的时刻，所以我们还需要给本地时间加上一个时区。时区有好几种表示方式。

一种是以 GMT 或者 UTC 加时区偏移表示，例如：GMT+08:00 或者 UTC+08:00 表示东八区。

GMT 和 UTC 可以认为基本是等价的，只是 UTC 使用更精确的原子钟计时，每隔几年会有一个闰秒，我们在开发程序的时候可以忽略两者的误差，因为计算机的时钟在联网的时候会自动与时间服务器同步时间。

另一种是缩写，例如，CST 表示 China Standard Time，也就是中国标准时间。但是 CST 也可以表示美国中部时间 Central Standard Time USA，因此，缩写容易产生混淆，我们尽量不要使用缩写。

最后一种是以洲 / 城市表示，例如，Asia/Shanghai，表示上海所在地的时区。特别注意城市名称不是任意的城市，而是由国际标准组织规定的城市。

因为时区的存在，东八区的2019年11月20日早上8:15，和西五区的2019年11月19日晚上19:15，他们的时刻是相同的：



时刻相同的意思就是，分别在两个时区的两个人，如果在这一刻通电话，他们各自报出自己手表上的时间，虽然本地时间是不同的，但是这两个时间表示的时刻是相同的。

夏令时

时区还不是最复杂的，更复杂的是夏令时。所谓夏令时，就是夏天开始的时候，把时间往后拨1小时，夏天结束的时候，再把时间往前拨1小时。我们国家实行过一段时间夏令时，1992年就废除了，但是矫情的美国人到现在还在使用，所以时间换算更加复杂。



因为涉及到夏令时，相同的时区，如果表示的方式不同，转换出的时间是不同的。我们举个栗子：

对于2019-11-20和2019-6-20两个日期来说，假设北京人在纽约：

- 如果以 GMT 或者 UTC 作为时区，无论日期是多少，时间都是 19:00；
- 如果以国家 / 城市表示，例如 `America / NewYork`，虽然纽约也在西五区，但是，因为夏令时的存在，在不同的日期，GMT 时间和纽约时间可能是不一样的：

时区	2019-11-20	2019-6-20
GMT-05:00	19:00	19:00
UTC-05:00	19:00	19:00
America/New_York	19:00	20:00

实行夏令时的不同地区，进入和退出夏令时的时间很可能是不同的。同一个地区，根据历史上是否实行过夏令时，标准时间在不同年份换算成当地时间也是不同的。因此，计算夏令时，没有统一的公式，必须按照一组给定的规则来算，并且，该规则要定期更新。

计算夏令时请使用标准库提供的相关类，不要试图自己计算夏令时。

本地化

在计算机中，通常使用 `Locale` 表示一个国家或地区的日期、时间、数字、货币等格式。`Locale` 由 语言_国家 的字母缩写构成，例如，`zh_CN` 表示中文+中国，`en_US` 表示英文+美国。语言使用小写，国家使用大写。

对于日期来说，不同的Locale，例如，中国和美国的表示方式如下：

- `zh_CN`: 2016-11-30
- `en_US`: 11/30/2016

计算机用 `Locale` 在日期、时间、货币和字符串之间进行转换。一个电商网站会根据用户所在的 `Locale` 对用户显示如下：

	中国用户	美国用户
购买价格	12000.00	12,000.00
购买日期	2016-11-30	11/30/2016

小结

- 在编写日期和时间的程序前，我们要准确理解日期、时间和时刻的概念。
- 由于存在本地时间，我们需要理解时区的概念，并且必须牢记由于夏令时的存在，同一地区用 GMT/UTC 和城市表示的时区可能导致时间不同。
- 计算机通过 `Locale` 来针对当地用户习惯格式化日期、时间、数字、货币等。

Date和Calendar

在计算机中，应该如何表示日期和时间呢？

我们经常看到的日期和时间表示方式如下：

- 2019-11-20 0:15:00 GMT+00:00
- 2019年11月20日8:15:00
- 11/19/2019 19:15:00 America/New_York

如果直接以字符串的形式存储，那么不同的格式，不同的语言会让表示方式非常繁琐。

在理解日期和时间的表示方式之前，我们先要理解数据的存储和展示。

当我们定义一个整型变量并赋值时：

```
int n = 123400;
```

编译器会把上述字符串（程序源码就是一个字符串）编译成字节码。在程序的运行期，变量 `n` 指向的内存实际上是一个4字节区域：

00	01	e2	08
----	----	----	----

注意到计算机内存除了二进制的 0/1 外没有其他任何格式。上述十六进制是为了简化表示。

当我们用 `System.out.println(n)` 打印这个整数的时候，实际上 `println()` 这个方法在内部把 `int` 类型转换成 `String` 类型，然后打印出字符串 `123400`。

类似的，我们也可以以十六进制的形式打印这个整数，或者，如果 `n` 表示一个价格，我们就以 `$123,400.00` 的形式来打印它：

```
import java.text.*;
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        int n = 123400;
        // 123400
        System.out.println(n);
        // 1e208
        System.out.println(Integer.toHexString(n));
        // $123,400.00

        System.out.println(NumberFormat.getCurrencyInstance(Locale.US).format(n));
    }
}
```

可见，整数 123400 是数据的存储格式，它的存储格式非常简单。而我们打印的各种各样的字符串，则是数据的展示格式。展示格式有多种形式，但本质上它就是一个转换方法：

```
String toDisplay(int n) { ... }
```

理解了数据的存储和展示，我们回头看看以下几种日期和时间：

- 2019-11-20 0:15:01 GMT+00:00
- 2019年11月20日8:15:01
- 11/19/2019 19:15:01 America/New_York

它们实际上是数据的展示格式，分别按英国时区、中国时区、纽约时区对同一个时刻进行展示。而这个“同一个时刻”在计算机中存储的本质只是一个整数，我们称它为 Epoch Time。

Epoch Time 是计算从1970年1月1日零点（格林威治时区 / GMT+00:00）到现在所经历的秒数，例如：

1574208900 表示从1970年1月1日零点GMT时区到该时刻一共经历了1574208900秒，换算成伦敦、北京和纽约时间分别是：

```
1574208900 = 北京时间2019-11-20 8:15:00
            = 伦敦时间2019-11-20 0:15:00
            = 纽约时间2019-11-19 19:15:00
```



因此，在计算机中，只需要存储一个整数 1574208900 表示某一时刻。当需要显示为某一地区的当地时间时，我们就把它格式化为一个字符串：

```
String displayDateTime(int n, String timezone) { ... }
```

Epoch Time 又称为时间戳，在不同的编程语言中，会有几种存储方式：

- 以秒为单位的整数：1574208900，缺点是精度只能到秒；
- 以毫秒为单位的整数：1574208900123，最后3位表示毫秒数；
- 以秒为单位的浮点数：1574208900.123，小数点后面表示零点几秒。

它们之间转换非常简单。而在Java程序中，时间戳通常是用 long 表示的毫秒数，即：

```
long t = 1574208900123L;
```

转换成北京时间就是 2019-11-20T8:15:00.123。要获取当前时间戳，可以使用

System.currentTimeMillis()，这是Java程序获取时间戳最常用的方法。

标准库API

我们再来看一下Java标准库提供的API。Java标准库有两套处理日期和时间的API：

- 一套定义在 java.util 这个包里面，主要包括 Date、Calendar 和 TimeZone 这几个类；
- 一套新的API是在Java 8引入的，定义在 java.time 这个包里面，主要包括 LocalDateTime、ZonedDateTime、ZoneId 等。

为什么会有新旧两套API呢？因为历史遗留原因，旧的API存在很多问题，所以引入了新的API。

那么我们能不能跳过旧的API直接用新的API呢？如果涉及到遗留代码就不行，因为很多遗留代码仍然使用旧的API，所以目前仍然需要对旧的API有一定了解，很多时候还需要在新旧两种对象之间进行转换。

本节我们快速讲解旧API的常用类型和方法。

Date

java.util.Date 是用于表示一个日期和时间的对象，注意与 java.sql.Date 区分，后者用在数据库中。如果观察Date的源码，可以发现它实际上存储了一个long类型的以毫秒表示的时间戳：

```
public class Date implements Serializable, Cloneable, Comparable<Date> {  
  
    private transient long fastTime;  
    // ...  
}
```

我们来看Date的基本用法：

```
import java.util.*;  
public class Main {  
    public static void main(String[] args) {  
        // 获取当前时间：  
        Date date = new Date();  
        System.out.println(date.getYear() + 1900); // 必须加上1900  
        System.out.println(date.getMonth() + 1); // 0~11, 必须加上1  
        System.out.println(date.getDate()); // 1~31, 不能加1  
        // 转换为String:  
        System.out.println(date.toString());  
        // 转换为GMT时区:  
        System.out.println(date.toGMTString());  
        // 转换为本地时区:
```

```

        System.out.println(date.toLocaleString());
    }
}

```

注意 `getYear()` 返回的年份必须加上 1900，`getMonth()` 返回的月份是 0~11 分别表示 1~12 月，所以要加 1，而 `getDate()` 返回的日期范围是 1~31，又不能加 1。

打印本地时区表示的日期和时间时，不同的计算机可能会有不同的结果。如果我们想要针对用户的偏好精确地控制日期和时间的格式，就可以使用 `SimpleDateFormat` 对一个 `Date` 进行转换。它用预定义的字符串表示格式化：

- yyyy: 年
- MM: 月
- dd: 日
- HH: 小时
- mm: 分钟
- ss: 秒

我们来看如何以自定义的格式输出：

```

import java.text.*;
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 获取当前时间：
        Date date = new Date();
        var sdf = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd HH:mm:ss");
        System.out.println(sdf.format(date));
    }
}

```

Java 的格式化预定义了许多不同的格式，我们以 `MMM` 和 `E` 为例：

```

import java.text.*;
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 获取当前时间：
        Date date = new Date();
        var sdf = new SimpleDateFormat("E MMM dd, yyyy");
        System.out.println(sdf.format(date));
    }
}

```

上述代码在不同的语言环境会打印出类似 `Sun Sep 15, 2019` 这样的日期。可以从 [JDK 文档](#) 查看详细的格式说明。一般来说，字母越长，输出越长。以 `M` 为例，假设当前月份是 9 月：

- `M`：输出 9
- `MM`：输出 09
- `MMM`：输出 Sep
- `MMMM`：输出 September

`Date` 对象有几个严重的问题：它不能转换时区，除了 `toGMTstring()` 可以按 GMT+0:00 输出外，`Date` 总是以当前计算机系统的默认时区为基础进行输出。此外，我们也很难对日期和时间进行加减，计算两个日期相差多少天，计算某个月第一个星期一的日期等。

Calendar

`Calendar` 可以用于获取并设置年、月、日、时、分、秒，它和 `Date` 比，主要多了一个可以做简单的日期和时间运算的功能。

我们来看 `Calendar` 的基本用法：

```
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 获取当前时间：
        Calendar c = Calendar.getInstance();
        int y = c.get(Calendar.YEAR);
        int m = 1 + c.get(Calendar.MONTH);
        int d = c.get(Calendar.DAY_OF_MONTH);
        int w = c.get(Calendar.DAY_OF_WEEK);
        int hh = c.get(Calendar.HOUR_OF_DAY);
        int mm = c.get(Calendar.MINUTE);
        int ss = c.get(Calendar.SECOND);
        int ms = c.get(Calendar.MILLISECOND);
        System.out.println(y + "-" + m + "-" + d + " " + w + " " + hh + ":" + mm
+ ":" + ss + "." + ms);
    }
}
```

注意到 `Calendar` 获取年月日这些信息变成了 `get(int field)`，返回的年份不必转换，返回的月份仍然要加1，返回的星期要特别注意，1~7 分别表示周日，周一，.....，周六。

`Calendar` 只有一种方式获取，即 `Calendar.getInstance()`，而且一获取到就是当前时间。如果我们想给它设置成特定的一个日期和时间，就必须先清除所有字段：

```
import java.text.*;
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 当前时间：
        Calendar c = Calendar.getInstance();
        // 清除所有：
        c.clear();
        // 设置2019年：
        c.set(Calendar.YEAR, 2019);
        // 设置9月：注意8表示9月：
        c.set(Calendar.MONTH, 8);
        // 设置2日：
        c.set(Calendar.DATE, 2);
        // 设置时间：
        c.set(Calendar.HOUR_OF_DAY, 21);
        c.set(Calendar.MINUTE, 22);
        c.set(Calendar.SECOND, 23);
        System.out.println(new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd
HH:mm:ss").format(c.getTime()));
        // 2019-09-02 21:22:23
    }
}
```


利用 `Calendar.getTime()` 可以将一个 `Calendar` 对象转换成 `Date` 对象，然后就可以用 `SimpleDateFormat` 进行格式化了。

TimeZone

`Calendar` 和 `Date` 相比，它提供了时区转换的功能。时区用 `TimeZone` 对象表示：

```
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        TimeZone tzDefault = TimeZone.getDefault(); // 当前时区
        TimeZone tzGMT9 = TimeZone.getTimeZone("GMT+09:00"); // GMT+9:00时区
        TimeZone tzNY = TimeZone.getTimeZone("America/New_York"); // 纽约时区
        System.out.println(tzDefault.getID()); // Asia/Shanghai
        System.out.println(tzGMT9.getID()); // GMT+09:00
        System.out.println(tzNY.getID()); // America/New_York
    }
}
```

时区的唯一标识是以字符串表示的ID，我们获取指定 `TimeZone` 对象也是以这个ID为参数获取，`GMT+09:00`、`Asia/Shanghai` 都是有效的时区ID。要列出系统支持的所有ID，请使用 `TimeZone.getAvailableIDs()`。

有了时区，我们就可以对指定时间进行转换。例如，下面的例子演示了如何将北京时间 2019-11-20 8:15:00 转换为纽约时间：

```
import java.text.*;
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 当前时间：
        Calendar c = Calendar.getInstance();
        // 清除所有：
        c.clear();
        // 设置为北京时区：
        c.setTimeZone(TimeZone.getTimeZone("Asia/Shanghai"));
        // 设置年月日时分秒：
        c.set(2019, 10 /* 11月 */, 20, 8, 15, 0);
        // 显示时间：
        var sdf = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd HH:mm:ss");
        sdf.setTimeZone(TimeZone.getTimeZone("America/New_York"));
        System.out.println(sdf.format(c.getTime()));
        // 2019-11-19 19:15:00
    }
}
```

可见，利用 `Calendar` 进行时区转换的步骤是：

1. 清除所有字段；
2. 设定指定时区；
3. 设定日期和时间；
4. 创建 `SimpleDateFormat` 并设定目标时区；
5. 格式化获取的 `Date` 对象（注意 `Date` 对象无时区信息，时区信息存储在 `SimpleDateFormat` 中）。

因此，本质上时区转换只能通过 `SimpleDateFormat` 在显示的时候完成。

`Calendar` 也可以对日期和时间进行简单的加减：

```
import java.text.*;
import java.util.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 当前时间：
        Calendar c = Calendar.getInstance();
        // 清除所有：
        c.clear();
        // 设置年月日时分秒：
        c.set(2019, 10 /* 11月 */, 20, 8, 15, 0);
        // 加5天并减去2小时：
        c.add(Calendar.DAY_OF_MONTH, 5);
        c.add(Calendar.HOUR_OF_DAY, -2);
        // 显示时间：
        var sdf = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd HH:mm:ss");
        Date d = c.getTime();
        System.out.println(sdf.format(d));
        // 2019-11-25 6:15:00
    }
}
```

小结

计算机表示的时间是以整数表示的时间戳存储的，即Epoch Time，Java使用 `Long` 型来表示以毫秒为单位的时间戳，通过 `System.currentTimeMillis()` 获取当前时间戳。

Java有两套日期和时间的API：

- 旧的Date、Calendar和TimeZone；
- 新的LocalDateTime、ZonedDateTime、ZoneId等。

分别位于 `java.util` 和 `java.time` 包中。

LocalDateTime

从Java 8开始，`java.time` 包提供了新的日期和时间API，主要涉及的类型有：

- 本地日期和时间：`LocalDateTime`，`LocalDate`，`LocalTime`；
- 带时区的日期和时间：`ZonedDateTime`；
- 时刻：`Instant`；
- 时区：`ZoneId`，`ZoneOffset`；
- 时间间隔：`Duration`。

以及一套新的用于取代 `SimpleDateFormat` 的格式化类型 `DateTimeFormatter`。

和旧的API相比，新API严格区分了时刻、本地日期、本地时间和带时区的日期时间，并且，对日期和时间进行运算更加方便。

此外，新API修正了旧API不合理的常量设计：

- Month的范围用1~12表示1月到12月；
- Week的范围用1~7表示周一到周日。

最后，新API的类型几乎全部是不变类型（和String类似），可以放心使用不必担心被修改。

LocalDateTime

我们首先来看最常用的 `LocalDateTime`，它表示一个本地日期和时间：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        LocalDate d = LocalDate.now(); // 当前日期
        LocalTime t = LocalTime.now(); // 当前时间
        LocalDateTime dt = LocalDateTime.now(); // 当前日期和时间
        System.out.println(d); // 严格按照ISO 8601格式打印
        System.out.println(t); // 严格按照ISO 8601格式打印
        System.out.println(dt); // 严格按照ISO 8601格式打印
    }
}
```

本地日期和时间通过`now()`获取到的总是以当前默认时区返回的，和旧API不同，`LocalDateTime`、`LocalDate` 和 `LocalTime` 默认严格按照[ISO 8601](#)规定的日期和时间格式进行打印。

上述代码其实有一个小问题，在获取3个类型的时候，由于执行一行代码总会消耗一点时间，因此，3个类型的日期和时间很可能对不上（时间的毫秒数基本上不同）。为了保证获取到同一时刻的日期和时间，可以改写如下：

```
LocalDateTime dt = LocalDateTime.now(); // 当前日期和时间
LocalDate d = dt.toLocalDate(); // 转换到当前日期
LocalTime t = dt.toLocalTime(); // 转换到当前时间
```

反过来，通过指定的日期和时间创建 `LocalDateTime` 可以通过 `of()` 方法：

```
// 指定日期和时间：
LocalDate d2 = LocalDate.of(2019, 11, 30); // 2019-11-30，注意11=11月
LocalTime t2 = LocalTime.of(15, 16, 17); // 15:16:17
LocalDateTime dt2 = LocalDateTime.of(2019, 11, 30, 15, 16, 17);
LocalDateTime dt3 = LocalDateTime.of(d2, t2);
```

因为严格按照ISO 8601的格式，因此，将字符串转换为 `LocalDateTime` 就可以传入标准格式：

```
LocalDateTime dt = LocalDateTime.parse("2019-11-19T15:16:17");
LocalDate d = LocalDate.parse("2019-11-19");
LocalTime t = LocalTime.parse("15:16:17");
```

注意ISO 8601规定的日期和时间分隔符是 `T`。标准格式如下：

- 日期：yyyy-MM-dd
- 时间：HH:mm:ss
- 带毫秒的时间：HH:mm:ss.SSS
- 日期和时间：yyyy-MM-dd'T'HH:mm:ss
- 带毫秒的日期和时间：yyyy-MM-dd'T'HH:mm:ss.SSS

DateTimeFormatter

如果要自定义输出的格式，或者要把一个非ISO 8601格式的字符串解析成 `LocalDateTime`，可以使用新的 `DateFormatter`：

```
import java.time.*;
import java.time.format.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 自定义格式化：
        DateTimeFormatter dtf = DateTimeFormatter.ofPattern("yyyy/MM/dd
HH:mm:ss");
        System.out.println(dtf.format(LocalDate.now()));

        // 用自定义格式解析：
        LocalDateTime dt2 = LocalDateTime.parse("2019/11/30 15:16:17", dtf);
        System.out.println(dt2);
    }
}
```

`LocalDateTime` 提供了对日期和时间进行加减的非常简单的链式调用：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        LocalDateTime dt = LocalDateTime.of(2019, 10, 26, 20, 30, 59);
        System.out.println(dt);
        // 加5天减3小时：
        LocalDateTime dt2 = dt.plusDays(5).minusHours(3);
        System.out.println(dt2); // 2019-10-31T17:30:59
        // 减1月：
        LocalDateTime dt3 = dt2.minusMonths(1);
        System.out.println(dt3); // 2019-09-30T17:30:59
    }
}
```

注意到月份加减会自动调整日期，例如从 `2019-10-31` 减去1个月得到的结果是 `2019-09-30`，因为9月没有31日。

对日期和时间进行调整则使用 `withxxx()` 方法，例如：`withHour(15)` 会把 `10:11:12` 变为 `15:11:12`：

- 调整年： `withYear()`
- 调整月： `withMonth()`
- 调整日： `withDayOfMonth()`
- 调整时： `withHour()`
- 调整分： `withMinute()`
- 调整秒： `withSecond()`

示例代码如下：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        LocalDateTime dt = LocalDateTime.of(2019, 10, 26, 20, 30, 59);
        System.out.println(dt);
        // 日期变为31日:
        LocalDateTime dt2 = dt.withDayOfMonth(31);
        System.out.println(dt2); // 2019-10-31T20:30:59
        // 月份变为9:
        LocalDateTime dt3 = dt2.withMonth(9);
        System.out.println(dt3); // 2019-09-30T20:30:59
    }
}
```

同样注意到调整月份时，会相应地调整日期，即把 2019-10-31 的月份调整为 9 时，日期也自动变为 30。

实际上，`LocalDateTime` 还有一个通用的 `with()` 方法允许我们做更复杂的运算。例如：

```
import java.time.*;
import java.time.temporal.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 本月第一天0:00时刻:
        LocalDateTime firstDay =
        LocalDate.now().withDayOfMonth(1).atStartOfDay();
        System.out.println(firstDay);

        // 本月最后1天:
        LocalDate lastDay =
        LocalDate.now().with(TemporalAdjusters.lastDayOfMonth());
        System.out.println(lastDay);

        // 下月第1天:
        LocalDate nextMonthFirstDay =
        LocalDate.now().with(TemporalAdjusters.firstDayOfNextMonth());
        System.out.println(nextMonthFirstDay);

        // 本月第1个周一:
        LocalDate firstWeekday =
        LocalDate.now().with(TemporalAdjusters.firstInMonth(DayOfWeek.MONDAY));
        System.out.println(firstWeekday);
    }
}
```

对于计算某个月第1个周日这样的问题，新的API可以轻松完成。

要判断两个 `LocalDateTime` 的先后，可以使用 `isBefore()`、`isAfter()` 方法，对于 `LocalDate` 和 `LocalTime` 类似：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        LocalDateTime now = LocalDateTime.now();
        LocalDateTime target = LocalDateTime.of(2019, 11, 19, 8, 15, 0);
        System.out.println(now.isBefore(target));
        System.out.println(LocalDate.now().isBefore(LocalDate.of(2019, 11,
19)));

        System.out.println(LocalTime.now().isAfter(LocalTime.parse("08:15:00")));
    }
}
```

注意到 `LocalDateTime` 无法与时间戳进行转换，因为 `LocalDateTime` 没有时区，无法确定某一时刻。后面我们要介绍的 `ZonedDateTime` 相当于 `LocalDateTime` 加时区的组合，它具有时区，可以与 `long` 表示的时间戳进行转换。

Duration和Period

`Duration` 表示两个时刻之间的时间间隔。另一个类似的 `Period` 表示两个日期之间的天数：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        LocalDateTime start = LocalDateTime.of(2019, 11, 19, 8, 15, 0);
        LocalDateTime end = LocalDateTime.of(2020, 1, 9, 19, 25, 30);
        Duration d = Duration.between(start, end);
        System.out.println(d); // PT1235H10M30S

        Period p = LocalDate.of(2019, 11, 19).until(LocalDate.of(2020, 1, 9));
        System.out.println(p); // P1M21D
    }
}
```

注意到两个 `LocalDateTime` 之间的差值使用 `Duration` 表示，类似 `PT1235H10M30S`，表示1235小时10分钟30秒。而两个 `LocalDate` 之间的差值用 `Period` 表示，类似 `P1M21D`，表示1个月21天。

`Duration` 和 `Period` 的表示方法也符合ISO 8601的格式，它以 `P...T...` 的形式表示，`P...T` 之间表示日期间隔，`T` 后面表示时间间隔。如果是 `PT...` 的格式表示仅有时间间隔。利用 `ofxxx()` 或者 `parse()` 方法也可以直接创建 `Duration`：

```
Duration d1 = Duration.ofHours(10); // 10 hours
Duration d2 = Duration.parse("P1DT2H3M"); // 1 day, 2 hours, 3 minutes
```

有的童鞋可能发现Java 8引入的 `java.time` API。怎么和一个开源的[Joda Time](#)很像？难道JDK也开始抄袭开源了？其实正是因为开源的Joda Time设计很好，应用广泛，所以JDK团队邀请Joda Time的作者 Stephen Colebourne共同设计了 `java.time` API。

小结

- Java 8引入了新的日期和时间API，它们是不变类，默认按ISO 8601标准格式化和解析；
- 使用 `LocalDateTime` 可以非常方便地对日期和时间进行加减，或者调整日期和时间，它总是返回新对象；
- 使用 `isBefore()` 和 `isAfter()` 可以判断日期和时间的先后；

- 使用 `Duration` 和 `Period` 可以表示两个日期和时间的“区间间隔”。

ZonedDateTime

`LocalDateTime` 总是表示本地日期和时间，要表示一个带时区的日期和时间，我们就需要 `ZonedDateTime`。

可以简单地把 `ZonedDateTime` 理解成 `LocalDateTime` 加 `ZoneId`。`ZoneId` 是 `java.time` 引入的新的时区类，注意和旧的 `java.util.TimeZone` 区别。

要创建一个 `ZonedDateTime` 对象，有以下几种方法，一种是通过 `now()` 方法返回当前时间：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        ZonedDateTime zbj = ZonedDateTime.now(); // 默认时区
        ZonedDateTime zny = ZonedDateTime.now(ZoneId.of("America/New_York")); //
        用指定时区获取当前时间
        System.out.println(zbj);
        System.out.println(zny);
    }
}
```

观察打印的两个 `ZonedDateTime`，发现它们时区不同，但表示的时间都是同一时刻（毫秒数不同是执行语句时的时间差）：

```
2019-09-15T20:58:18.786182+08:00[Asia/Shanghai]
2019-09-15T08:58:18.788860-04:00[America/New_York]
```

另一种方式是通过给一个 `LocalDateTime` 附加一个 `ZoneId`，就可以变成 `ZonedDateTime`：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        LocalDateTime ldt = LocalDateTime.of(2019, 9, 15, 15, 16, 17);
        ZonedDateTime zbj = ldt.atZone(ZoneId.systemDefault());
        ZonedDateTime zny = ldt.atZone(ZoneId.of("America/New_York"));
        System.out.println(zbj);
        System.out.println(zny);
    }
}
```

以这种方式创建的 `ZonedDateTime`，它的日期和时间与 `LocalDateTime` 相同，但附加的时区不同，因此是两个不同的时刻：

```
2019-09-15T15:16:17+08:00[Asia/Shanghai]
2019-09-15T15:16:17-04:00[America/New_York]
```


时区转换

要转换时区，首先我们需要有一个 `ZonedDateTime` 对象，然后，通过 `withZoneSameInstant()` 将关联时区转换到另一个时区，转换后日期和时间都会相应调整。

下面的代码演示了如何将北京时间转换为纽约时间：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        // 以中国时区获取当前时间：
        ZonedDateTime zbj = ZonedDateTime.now(ZoneId.of("Asia/Shanghai"));
        // 转换为纽约时间：
        ZonedDateTime zny =
        zbj.withZoneSameInstant(ZoneId.of("America/New_York"));
        System.out.println(zbj);
        System.out.println(zny);
    }
}
```

要特别注意，时区转换的时候，由于夏令时的存在，不同的日期转换的结果很可能是不同的。这是北京时间9月15日的转换结果：

```
2019-09-15T21:05:50.187697+08:00[Asia/Shanghai]
2019-09-15T09:05:50.187697-04:00[America/New_York]
```

这是北京时间11月15日的转换结果：

```
2019-11-15T21:05:50.187697+08:00[Asia/Shanghai]
2019-11-15T08:05:50.187697-05:00[America/New_York]
```

两次转换后的纽约时间有1小时的夏令时时差。

涉及到时区时，千万不要自己计算时差，否则难以正确处理夏令时。

有了 `ZonedDateTime`，将其转换为本地时间就非常简单：

```
ZonedDateTime zdt = ...
LocalDateTime ldt = zdt.toLocalDateTime();
```

转换为 `LocalDateTime` 时，直接丢弃了时区信息。

练习

某航线从北京飞到纽约需要13小时20分钟，请根据北京起飞日期和时间计算到达纽约的当地日期和时间。

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        LocalDateTime departureAtBeijing = LocalDateTime.of(2019, 9, 15, 13, 0,
0);
        int hours = 13;
        int minutes = 20;
```

```

        LocalDateTime arrivalAtNewYork =
        calculateArrivalAtNY(departureAtBeijing, hours, minutes);
        System.out.println(departureAtBeijing + " -> " + arrivalAtNewYork);
        // test:
        if (!LocalDateTime.of(2019, 10, 15, 14, 20, 0)
            .equals(calculateArrivalAtNY(LocalDateTime.of(2019, 10, 15, 13,
0, 0), 13, 20))) {
            System.err.println("测试失败!");
        } else if (!LocalDateTime.of(2019, 11, 15, 13, 20, 0)
            .equals(calculateArrivalAtNY(LocalDateTime.of(2019, 11, 15, 13,
0, 0), 13, 20))) {
            System.err.println("测试失败!");
        }
    }

    static LocalDateTime calculateArrivalAtNY(LocalDateTime bj, int h, int m) {
        return bj;
    }
}

```

提示: `ZonedDateTime` 仍然提供了 `plusDays()` 等加减操作。

下载练习: [flight-time练习](#) (推荐使用[IDE练习插件](#)快速下载)

小结

- `ZonedDateTime` 是带时区的日期和时间, 可用于时区转换;
- `ZonedDateTime` 和 `LocalDateTime` 可以相互转换。

DateTimeFormatter

使用旧的 `Date` 对象时, 我们用 `SimpleDateFormat` 进行格式化显示。使用新的 `LocalDateTime` 或 `ZonedDateTime` 时, 我们要进行格式化显示, 就要使用 `DateTimeFormatter`。

和 `SimpleDateFormat` 不同的是, `DateTimeFormatter` 不但是不变对象, 它还是线程安全的。线程的概念我们会在后面涉及到。现在我们只需要记住: 因为 `SimpleDateFormat` 不是线程安全的, 使用的时候, 只能在方法内部创建新的局部变量。而 `DateTimeFormatter` 可以只创建一个实例, 到处引用。

创建 `DateTimeFormatter` 时, 我们仍然通过传入格式化字符串实现:

```
DateTimeFormatter formatter = DateTimeFormatter.ofPattern("yyyy-MM-dd HH:mm");
```

格式化字符串的使用方式与 `SimpleDateFormat` 完全一致。

另一种创建 `DateTimeFormatter` 的方法是, 传入格式化字符串时, 同时指定 `Locale`:

```
DateTimeFormatter formatter = DateTimeFormatter.ofPattern("E, yyyy-MMMM-dd
HH:mm", Locale.US);
```

这种方式可以按照 `Locale` 默认习惯格式化。我们来看实际效果:

```

import java.time.*;
import java.time.format.*;
import java.util.Locale;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {

```

```

        ZonedDateTime zdt = ZonedDateTime.now();
        var formatter = DateTimeFormatter.ofPattern("yyyy-MM-dd'T'HH:mm ZZZZ");
        System.out.println(formatter.format(zdt));

        var zhFormatter = DateTimeFormatter.ofPattern("yyyy MMM dd EE HH:mm",
Locale.CHINA);
        System.out.println(zhFormatter.format(zdt));

        var usFormatter = DateTimeFormatter.ofPattern("E, MMMM/dd/yyyy HH:mm",
Locale.US);
        System.out.println(usFormatter.format(zdt));
    }
}

```

在格式化字符串中，如果需要输出固定字符，可以用 'xxx' 表示。

运行上述代码，分别以默认方式、中国地区和美国地区对当前时间进行显示，结果如下：

```

2019-09-15T23:16 GMT+08:00
2019  9月 15 周日 23:16
Sun, September/15/2019 23:16

```

当我们直接调用 `System.out.println()` 对一个 `ZonedDateTime` 或者 `LocalDateTime` 实例进行打印的时候，实际上，调用的是它们的 `toString()` 方法，默认的 `toString()` 方法显示的字符串就是按照 ISO 8601 格式显示的，我们可以通过 `DateTimeFormatter` 预定义的几个静态变量来引用：

```

var ldt = LocalDateTime.now();
System.out.println(DateTimeFormatter.ISO_DATE.format(ldt));
System.out.println(DateTimeFormatter.ISO_DATE_TIME.format(ldt));

```

得到的输出和 `toString()` 类似：

```

2019-09-15
2019-09-15T23:16:51.56217

```

小结

- 对 `ZonedDateTime` 或 `LocalDateTime` 进行格式化，需要使用 `DateTimeFormatter` 类；
- `DateTimeFormatter` 可以通过格式化字符串和 `Locale` 对日期和时间进行定制输出。

Instant

我们已经讲过，计算机存储的当前时间，本质上只是一个不断递增的整数。Java提供的 `System.currentTimeMillis()` 返回的就是以毫秒表示的当前时间戳。

这个当前时间戳在 `java.time` 中以 `Instant` 类型表示，我们用 `Instant.now()` 获取当前时间戳，效果和 `System.currentTimeMillis()` 类似：

```
import java.time.*;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        Instant now = Instant.now();
        System.out.println(now.getEpochSecond()); // 秒
        System.out.println(now.toEpochMilli()); // 毫秒
    }
}
```

打印的结果类似：

```
1568568760
1568568760316
```

实际上，`Instant` 内部只有两个核心字段：

```
public final class Instant implements ... {
    private final long seconds;
    private final int nanos;
}
```

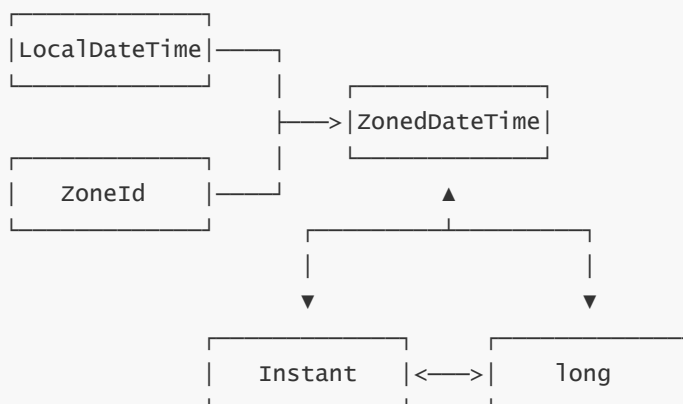
一个是以秒为单位的时间戳，一个是更精确的纳秒精度。它和 `System.currentTimeMillis()` 返回的 `long` 相比，只是多了更高精度的纳秒。

既然 `Instant` 就是时间戳，那么，给它附加上一个时区，就可以创建出 `ZonedDateTime`：

```
// 以指定时间戳创建Instant：
Instant ins = Instant.ofEpochSecond(1568568760);
ZonedDateTime zdt = ins.atZone(ZoneId.systemDefault());
System.out.println(zdt); // 2019-09-16T01:32:40+08:00[Asia/Shanghai]
```

可见，对于某一个时间戳，给它关联上指定的 `ZoneId`，就得到了 `ZonedDateTime`，继而可以获得了对应时区的 `LocalDateTime`。

所以，`LocalDateTime`，`ZoneId`，`Instant`，`ZonedDateTime` 和 `long` 都可以互相转换：



转换的时候，只需要留意 `long` 类型以毫秒还是秒为单位即可。

小结

- `Instant` 表示高精度时间戳，它可以和 `ZonedDateTime` 以及 `long` 互相转换。

最佳实践

由于Java提供了新旧两套日期和时间的API，除非涉及到遗留代码，否则我们应该坚持使用新的API。

如果需要与遗留代码打交道，如何在新旧API之间互相转换呢？

旧API转新API

如果要把旧式的 `Date` 或 `Calendar` 转换为新API对象，可以通过 `toInstant()` 方法转换为 `Instant` 对象，再继续转换为 `ZonedDateTime`：

```
// Date -> Instant:
Instant ins1 = new Date().toInstant();

// Calendar -> Instant -> ZonedDateTime:
Calendar calendar = Calendar.getInstance();
Instant ins2 = Calendar.getInstance().toInstant();
ZonedDateTime zdt = ins2.atZone(calendar.getTimeZone().toZoneId());
```

从上面的代码还可以看到，旧的 `TimeZone` 提供了一个 `toZoneId()`，可以把自己变成新的 `ZoneId`。

新API转旧API

如果要把新的 `ZonedDateTime` 转换为旧的API对象，只能借助 `long` 型时间戳做一个“中转”：

```
// ZonedDateTime -> long:
ZonedDateTime zdt = ZonedDateTime.now();
long ts = zdt.toEpochSecond() * 1000;

// long -> Date:
Date date = new Date(ts);

// long -> Calendar:
Calendar calendar = Calendar.getInstance();
calendar.clear();
calendar.setTimeZone(TimeZone.getTimeZone(zdt.getZone().getId()));
calendar.setTimeInMillis(zdt.toEpochSecond() * 1000);
```

从上面的代码还可以看到，新的 `ZoneId` 转换为旧的 `TimeZone`，需要借助 `ZoneId.getId()` 返回的 `String` 完成。

在数据库中存储日期和时间

除了旧式的 `java.util.Date`，我们还可以找到另一个 `java.sql.Date`，它继承自 `java.util.Date`，但会自动忽略所有时间相关信息。这个奇葩的设计原因要追溯到数据库的日期与时间类型。

在数据库中，也存在几种日期和时间类型：

- `DATETIME`：表示日期和时间；
- `DATE`：仅表示日期；

- `TIME`：仅表示时间；
- `TIMESTAMP`：和 `DATETIME` 类似，但是数据库会在创建或者更新记录的时候同时修改 `TIMESTAMP`。

在使用Java程序操作数据库时，我们需要把数据库类型与Java类型映射起来。下表是数据库类型与Java新旧API的映射关系：

数据库	对应Java类 (旧)	对应Java类 (新)
DATETIME	java.util.Date	LocalDateTime
DATE	java.sql.Date	LocalDate
TIME	java.sql.Time	LocalTime
TIMESTAMP	java.sql.Timestamp	LocalDateTime

实际上，在数据库中，我们需要存储的最常用的是时刻（`Instant`），因为有了时刻信息，就可以根据用户自己选择的时区，显示出正确的本地时间。所以，最好的方法是直接用长整数 `long` 表示，在数据库中存储为 `BIGINT` 类型。

通过存储一个 `long` 型时间戳，我们可以编写一个 `timestampToString()` 的方法，非常简单地为不同用户以不同的偏好来显示不同的本地时间：

```
import java.time.*;
import java.time.format.*;
import java.util.Locale;
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        long ts = 1574208900000L;
        System.out.println(timestampToString(ts, Locale.CHINA,
"Asia/Shanghai"));
        System.out.println(timestampToString(ts, Locale.US,
"America/New_York"));
    }

    static String timestampToString(long epochMilli, Locale lo, String zoneId) {
        Instant ins = Instant.ofEpochMilli(epochMilli);
        DateTimeFormatter f =
DateTimeFormatter.ofLocalizedDateTime(FormatStyle.MEDIUM, FormatStyle.SHORT);
        return f.withLocale(lo).format(ZonedDateTime.ofInstant(ins,
ZoneId.of(zoneId)));
    }
}
```

对上述方法进行调用，结果如下：

```
2019年11月20日 上午8:15
Nov 19, 2019, 7:15 PM
```

小结

- 处理日期和时间时，尽量使用新的 `java.time` 包；
- 在数据库中存储时间戳时，尽量使用 `long` 型时间戳，它具有省空间，效率高，不依赖数据库的优点。