

SignalSim 输入信息 JSON 规范文档

Version 1.0

1. 文档介绍

相比于 XML，JSON 提供了紧凑性更好，更具有灵活性和扩展性的数据组织格式。本文档基于《SignalSim 输入信息 XML 规范文档》中的信息组织方式，用于 SignalSim 这一通用的 GNSS 模拟信号源。文档描述的生成参数包括信号起始的时间，接收机起始位置、速度，接收机轨迹，卫星星历（历书）等。基于 SignalSim 函数库的信号源可以生成从接收机参考定位信息（如 NMEA 格式输出）、原始观测量输出（如 RINEX 的.o 文件）、基带观测量输出（需要有相配合的本地跟踪环路）、数字中频输出等。

本文档定义了 GNSS 信号源通用格式说明。与 GNSS 信号源生成相关的参数以 JSON 的格式进行组织。信号源的 JSON 文件中所有的数据组成了一个 object，每一类参数是一个 string:value 的组合。除了后文所定义参数以外，还有如下 string:value 的组合，含义待定。其他未定义的名称忽略。

- ✓ "version":number
- ✓ "description":string
- ✓ "comment":string

键名一般采用小写字母，如果是多个单词组合，则第一个单词小写开头，后续单词大写开头。由于标准的 JSON 格式不支持注释，因此可以用“comment”添加注释。

2. 起始时间

起始时间的设定键值名称为“time”，其值为一个 object，包含如下 string:value 的组合：

- ✓ "type": "[GPS|GLONASS|BDS|Galileo|UTC]"
- ✓ "week": number
- ✓ "second": number
- ✓ "leapYear": number
- ✓ "day": number
- ✓ "year": number
- ✓ "month": number
- ✓ "hour": number
- ✓ "minute": number

其中 type 指定了起始时间的类型。当类型为“GPS”或“BDS”或“Galileo”时，必须包含“week”和“Second”两个名称表示相应卫星系统的周数和周内秒数。如：

“time”: {

```

    "type": "BDS",
    "week": 749,
    "second": 594707.3
}

```

当类型为“GLONASS”时，必须包含“leapYear”、“Day”和“Second”分别表示闰年数，天数和天内秒数。如：

```

"time": {
    "type": "GLONASS",
    "leapYear": 7,
    "day": 138,
    "second": 703.3
}

```

当类型为“UTC”时，必须包含“year”、“month”、“day”、“hour”、“minute”和“second”分别表示年月日时分秒数。如：

```

"time": {
    "type": "UTC",
    "year": 2020,
    "month": 5,
    "day": 16,
    "hour": 21,
    "minute": 11,
    "second": 43.3
}

```

3. 接收机轨迹

接收机轨迹的设定键值名称为“trajectory”，其值为一个 object，包含 string:value 的组合：

- ✓ “name”: string
- ✓ “initPosition”: object
- ✓ “initVelocity”: object
- ✓ “trajectoryList”: array

如果缺少 name 的键值，则该轨迹为匿名轨迹。接收机轨迹可以有多个，其中最多有一个匿名轨迹。

接收机轨迹包含以下的键值“initPosition”、“initVelocity”、“trajectoryList”，分别用来设置初始位置，初始速度和轨迹列表。其中轨迹列表一定要在初始位置和速度之后。

initPosition 包含如下 string:value 的组合：

```

"type": "[LLA|ECEF]"
"format": "[d|dm|dms|rad]"
"longitude": number
"latitude": number

```

"altitude": number

"x": number

"y": number

"z": number

其中 type 指定位置格式为经纬高或 ECEF 坐标，经纬高需要三个键值"longitude"、"latitude"和"altitude"，如果不指定高度，则高度为 0。"format"指定经纬度的格式是度、度分、度分秒和弧度。"d"表示以度为单位的浮点度数，"dm"是 0~3 位的度加两位整数部分的浮点分，"dms"是 0~3 位的度加两位的分加两位整数部分的浮点秒，rad 表示弧度。经度为正表示东经，为副表示西经，纬度为正表示北纬，为负表示南纬。所以下面的都是合法表示：

"format": "d", "longitude": -121.06542

"format": "dm", "longitude": -12103.9252

"format": "dms", "longitude": -1210355.512

当指定 ECEF 坐标为起始位置时，需要三个键值"x"、"y"、"z"，表示以米为单位的 ECEF 坐标。

initVelocity 包含如下 string:value 的组合：

"type": "[SCU|ENU|ECEF]"

"speedUnit": "[mps|kph|knot|mph]"

"angleUnit": "[degree|rad]"

"speed": number

"course": number

"east": number

"north": number

"up": number

"x": number

"y": number

"z": number

其中 type 指定初始速度的格式。当初始速度格式指定"SCU"时，需要三个键值"speed"、"course"和"up"分别代表水平速度、速度方向（从正北顺时针转过的角度）和垂直速度。

当初始速度格式指定"ENU"时，需要三个键值"east"、"north"和"up"，分别代表东向，北向和垂直的速度，格式与水平速度格式相同。

当初始速度格式指定"ECEF"时，需要三个键值"x"、"y"、"z"，分别代表 x，y 和 z 方向的速度。

速度的单位分别表示 m/s、km/h、节或者英里每小时，缺省为 m/s。

方向的单位分别表示度或弧度，缺省为度。

在"SCU"和"ENU"格式下，如果没有"up"的值，则表示垂直速度为 0。

“trajectoryList”表示了接收机运行的动态轨迹，包含了若干轨迹类型，分别表示了分段的运行轨迹，后续的数组为表示每一段轨迹 object，数组的顺序决定了轨迹排列的顺序。

动态轨迹的设定为：

```
“trajectoryList”: [  
    trajectory 1,  
    trajectory 2,  
    ...  
    trajectory n  
]
```

每一个轨迹类型对象都包含键值“type”指定不同的轨迹类型：

“type”: “Const|ConstAcc|VerticalAcc|Jerk|HorizontalTurn”

根据不同的类型，有其他的 string:value 的组合描述轨迹的值。下面分别对各种轨迹对象类型进行说明。

3.1 匀速直线运动

匀速直线运动轨迹类型为“Const”，轨迹值只包括“time”: number 表示以秒为单位的持续时间。

3.2 匀加速直线运动

匀加速直线运动的轨迹类型为“ConstAcc”，包含以下三个键值中的两个：

- ✓ “time”: number 表示以秒为单位的持续时间
- ✓ “acceleration”: number 表示以 m/s^2 为单位的加速度，正值表示加速，负值表示减速
- ✓ “speed”: number 表示以 m/s 为单位的末速度。

如果指定了加速度和末速度，则自动忽略加速度的符号。

3.3 垂直加速运动

垂直加速运动的轨迹类型为“VerticalAcc”，包含以下三个键值中的两个：

- ✓ “time”: number 表示以秒为单位的持续时间
- ✓ “acceleration”: number 表示以 m/s^2 为单位的垂直加速度，正值表示加速，负值表示减速
- ✓ “speed”: number 表示以 m/s 为单位的垂直末速度。

如果指定了加速度和末速度，则自动忽略加速度的符号。垂直加速运动仅改变垂直速度，水平速度不受影响。

3.4 变加速直线运动

变加速直线运动的轨迹类型为“Jerk”，包含以下三个键值中的两个：

- ✓ “time”: number 表示以秒为单位的持续时间
 - ✓ “rate”: number 表示以 m/s^3 为单位的加加速度，正值表示加速度增加，负值表示加速度减小
 - ✓ “acceleration”: number 表示以 m/s^2 为单位的末加速度
- 如果指定了加加速度和末加速度，则自动忽略加速度的符号。

3.5 水平转弯

水平转弯的轨迹类型为“HorizontalTurn”，包含五个键值中的两个，分别是：

- ✓ “time”: number 表示以秒为单位的持续时间
- ✓ “angle”: number 表示以度为单位转过的角度，正值表示顺时针旋转（方向角增加），负值表示逆时针旋转（方向角减小）
- ✓ “acceleration”: number 表示以 m/s^2 为单位的水平加速度，正值表示顺时针旋转（方向角增加），负值表示逆时针旋转（方向角减小）
- ✓ “rate”: number 表示以 degree/s 为单位的旋转角速度，正值表示顺时针旋转（方向角增加），负值表示逆时针旋转（方向角减小）
- ✓ “radius”: number 表示以米为单位的旋转半径，正值表示顺时针旋转（方向角增加），负值表示逆时针旋转（方向角减小）

上述五个键值中选择两个的组合为前两个，或者前两个中的任意一个与后三个中的任意一个。如果选择了转弯角度以及后三个键值中的任一个，则后三个中值的符号忽略，转弯方向由转弯角度的符号决定。

匀加速和变加速直线运动如果衔接在水平转弯轨迹之后，则以旋转后的末端速度作为起始值开始直线运动。

4. 星历参数

星历参数的设定为“ephemeris”: object 或者“ephemeris”: array, 用于指定一个或多个星历文件。每一个星历文件包含“type”: “RINEX”（当前只支持 RINEX 格式，可忽略）以及“name”: string 指定输入文件的文件名，可以是绝对路径，也可以是相对于当前文件的相对路径。

目前支持输入文件的格式是 RINEX3 和 RINEX4 格式。

如果由对象数组指定了多个星历文件，则会将所有文件中的星历合并处理。这样，不同卫星系统和不同位置站点收集的多个星历文件就可以拼凑出完整星座的星历。推荐在以下网站下载单日的完整星历，格式为 RINEX3，已经经过了合并处理：

<https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/data/daily/>

5. 历书参数

历书参数的设定为“almanac”: object 或者“almanac”: array, 用于指定一个或多个历书文件。每一个历书文件包含“system”: “[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]”以及“name”: string 指定输入文件的文件名, 可以是绝对路径, 也可以是相对于当前文件的相对路径。

不同卫星系统由于没有一个历书的统一格式, 所以对于不同卫星系统的历书规定格式如下:

GPS 的历书为 YUMA 格式文件, 下载链接为 <https://www.navcen.uscg.gov/archives>。可以获得历书的历史文件。

Galileo 的历书为 XML 格式的文件, 下载链接为 <https://www.gsc-europa.eu/gsc-products/almanac>。可以获得历书的历史文件。

BDS 目前没有历书的历史文件, 当前历书从官网获得, 链接为 <https://www.csno-tarc.cn/en/system/almanac>。需要将表格的内容拷贝以后存成文本文件, 文件内容和参数顺序与表格中的顺序一致, 每一行代表一颗卫星, 示例如下:

```
01 7.8234937973E-004 345600 0.0958150411 -5.0144945881E-010
6493.494226 -3.0206159672E+000 -0.9869173603.1595536040E-001
-7.2207988706E-004 3.4531488779E-011 782
```

GLONASS 的历史历书文件的下载网站已经不再支持, 对应的.agl 格式的文件也已经无法获得, 因此也是只能从官网的历书网页 <https://glonass-iac.ru/en/ephemeris/>中通过拷贝表格内容的方式存成文本文件, 文件的内容和参数顺序与表格中的顺序一致, 每一行代表一颗卫星, 格式和示例如下:

| Parameter | Description | Note | Sample |
|-----------|-----------------------------------|-------------------|---------------|
| NS | Slot number | range 1~24 | 01 |
| Date | Reference date | dd.mm.yy | 14.02.24 |
| TΩ | Equator time | in unit of second | 34254.47 |
| To6 | Period | in unit of second | 40544.656 |
| e | Eccentricity | | 0.00035 |
| i | Orbital inclination | in unit of degree | 64.55989 |
| LΩ | Longitude of ascending node | in unit of degree | -141.29602 |
| ω | Argument of perigee | in unit of degree | -34.45862 |
| δt2 | Correction to board time scale | in unit of second | -7.6293945E-5 |
| nl | Frequency slug | range -7~6 | 1 |
| ΔT | Rate of draconic period variation | in unit of second | -0.0015258789 |

历书参数只在导航电文合成的功能中被使用。如果某一卫星系统未指定历书参数, 可以根据星历参数自动生成历书参数。在星历中缺失的卫星在合成导航电文时相应的页面会设置为无效页面或设置为卫星不可用。

6. 结果输出文件

结果输出文件的设定键值名称为“output”，其值为一个 object，包含如下 string:value 的组合：

- ✓ “type”: “[position|observation|IFdata]”
- ✓ “format”: “[ECEF|LLA|NMEA|KML|RINEX|IQ8|IQ4]”
- ✓ “name”: string
- ✓ “interval”: number
- ✓ “sampleFreq”: number
- ✓ “centerFreq”: number
- ✓ “config”: object
- ✓ “systemSelect”: array 表示在输出原始观测量或中频采样数据的时候选择相应的卫星系统和频点输出。其中 array 中的每一个 object 指定三个键值 “system”: “[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]”、“signal”: string 和 “enable”: true|false。如果没有指定 “systemSelect” 则只输出 GPS L1C/A。

可以设定输出文件的内容和格式。如果 type 是 “position”，则输出接收机位置，以 ECEF 坐标或者经纬高的文本文件或者 NMEA0183 格式或 KML 文件表示。如果 type 是 “observation”，则输出原始观测量，以 RINEX3 文件表示。如果 type 是 “IFdata”，则输出中频采样文件，文件格式 IQ8 或者 IQ4 分别表示 I/Q 各 8bit 的二进制补码格式的中频采样数据（第一个字节为 I，第二各字节为 Q）或者 I/Q 各 4bit 的 sign/mag 格式的中频采样数据（为保证在低比特数据采样下样点的平衡性，每字节排列 MSB 到 LSB 依次为 IS/IM₂/IM₁/IM₀/QS/QM₂/QM₁/QM₀，3bit 幅度 000 到 111 分别表示 1、3、...、15）。“interval” 表示以秒为单位的输出间隔。如果没有指定，则缺省输出间隔为 1 秒。输出间隔的分辨率为 1 毫秒，如果设置的间隔不是整毫秒，则会四舍五入到最近的整毫秒数。“sampleFreq” 和 “centerFreq” 是在输出中频信号时的采样率和中频频率，单位是 MHz，需要是 kHz 的整数倍。采样率和中频频率仅在输出中频采样数据的时候有效。“name” 表示输出文件的文件名，路径可以是绝对路径也可以是相对于当前文件的相对路径。

“config” 表示配置参数，可以有以下的键值组合：

- ✓ “elevationMask”: number 表示以度为单位的卫星的仰角截断角度。
- ✓ “maskOut”: array 表示去掉相应的卫星，其中 array 中的每一个 object 指定两个键值 “system”: “[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]” 和 “svId”: number|array 表示去掉相应系统的相应标号的卫星。

上述配置 “systemSelect” 中的组合中，相应的 system 可选择的 signal 值如下：

- ✓ GPS: L1CA、L1C、L2C、L2P、L5
- ✓ BDS: B1C、B1I、B2I、B3I、B2a、B2b
- ✓ Galileo: E1、E5a、E5b、E5、E6
- ✓ GLONASS: G1、G2

如果没有 `enable` 则缺省为 `true`，如果没有指定 `signal`，则输出主频点（L1CA/B1C/E1/G1）。如果 `signal` 与 `system` 不匹配则忽略此标签。需要注意的是，根据 Nyquist 采样定律，中频数据表示的频率范围为中心频率加减二分之一采样率。因此在输出类型为中频采样数据时，如果“`systemSelect`”选择的信号的标称频率超出这个范围，将会忽略该信号。

7. 信号功率配置

信号功率配置设定键值名称为“`power`”，其值为一个 `object`，包含如下 `string:value` 的组合：

- ✓ “`noiseFloor`”: `number` 表示以 `dBm/Hz` 为单位的噪底。对于天空的本底噪声而言，噪底为-174`dBm/Hz`。考虑到射频前端的插入损耗，可以进行适当调整。如整体射频链路的 `noise figure` 为 2`dB`，则可以设为-172`dBm/Hz`。此参数主要目的是对以 `dBm` 为单位的信号功率和以 `dBHz` 为单位的载噪比互相进行转换。
- ✓ “`initPower`”: `object` 用于设置默认信号功率，对象包含如下两个键值：“`unit`”: `[dBHz|dBm|dBW]`和“`value`”: `number`。其中单位缺省为 `dBHz`。
- ✓ “`elevationAdjust`”: `true|false` 表示是否根据仰角进行信号功率调整。如果为 `false`，则不进行调整，如果为 `true`，则根据仰角额外增加 $25 \times (1 - \sqrt{\sin(EI)})$ `dB` 的功率衰减。
- ✓ “`signalPower`”: `object|array` 指定特定卫星或特定系统的信号功率的对象数组，每个对象包含如下键值：
 - ✓ `system`: “`[GPS|GLONASS|BDS|Galileo]`”指定对应卫星系统
 - ✓ “`svid`”: `number` 指定对应卫星或卫星数组，如果没有指定，则表示该系统所有卫星。
 - ✓ “`powerValue`”: `object|array` 为功率随时间调整的对象数组，包含如下键值：
 - ✓ “`time`”: `number` 指定了改变卫星信号接收功率的起始时刻，单位为秒，分辨率为 1 毫秒，如果设置的起始时刻不是整毫秒，则会四舍五入到最近的整毫秒数。
 - ✓ “`unit`”: `[dBHz|dBm|dBW]`表示单位
 - ✓ “`value`”: `number` 表示指定的功率值

在上述功率设定中，如果设定了特定的卫星信号功率，则不会根据仰角进行功率调整，如果设定为默认值，则根据 `adjust` 的设定决定如何根据仰角调整信号功率。

如果 `unit` 指定为 `dBHz` 且 `value` 为负值或没有“`value`”的键值，则恢复卫星信号到默认功率。

8. 延时配置

TBD