核心概念

我们已经知道，vue3 的数据响应与劫持是基于现代浏览器所支持的代理对象 Proxy 实现的，我们以下面的代码为主线，对 vue3 源码部分进行了解。

```
const initData = { value: 1 };
const proxy = new Proxy(
  initData, // 被代理对象
  { // handler
    get(target, key) {
      // 进行 track
      return target[key];
    },
    set(target, key, value) {
    // 进行 trigger
    return Reflect.set(target, key, value);
  }
});
// proxy 即直接我们代码中直接访问与修改的对象，
// 也可称为响应式数据（reactive/ref）
```

几个关键的函数

在 `handler` 部分（ `new Proxy` 的第二个参数），有两个过程分别为取值和赋值，我们在 取值和赋值中间分别插入劫持的方法，即 `track` 和 `trigger` ——依赖的跟踪和副作用的触发。 因此引出下面几个概念/方法：

```
track：收集依赖
trigger：触发副作用函数
effect：副作用函数
reactive/ref：基于普通对象创建代理对象的方法
watch
computed
...
```

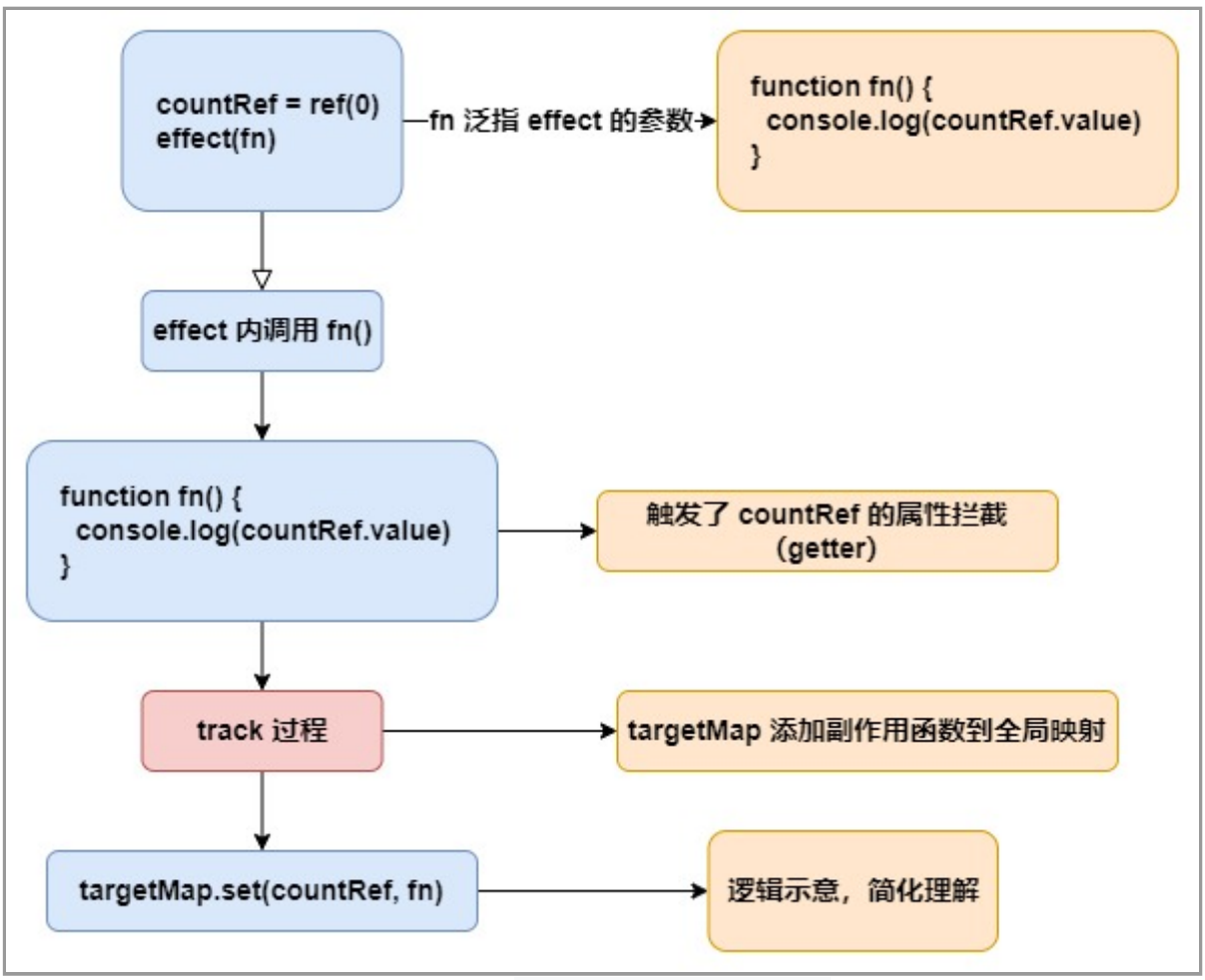
当然了，源码中的 api 远远不止上面列出的几个，不过剩余的部分 api 往往也是基于核 心 api 的封装，所以只要了解这些核心的函数，我们再去阅读 vue3 的源码将会如虎添翼。

从用法开始

```
// 截取 setup 部分
import { ref, reactive, effect, computed } from 'vue'
```

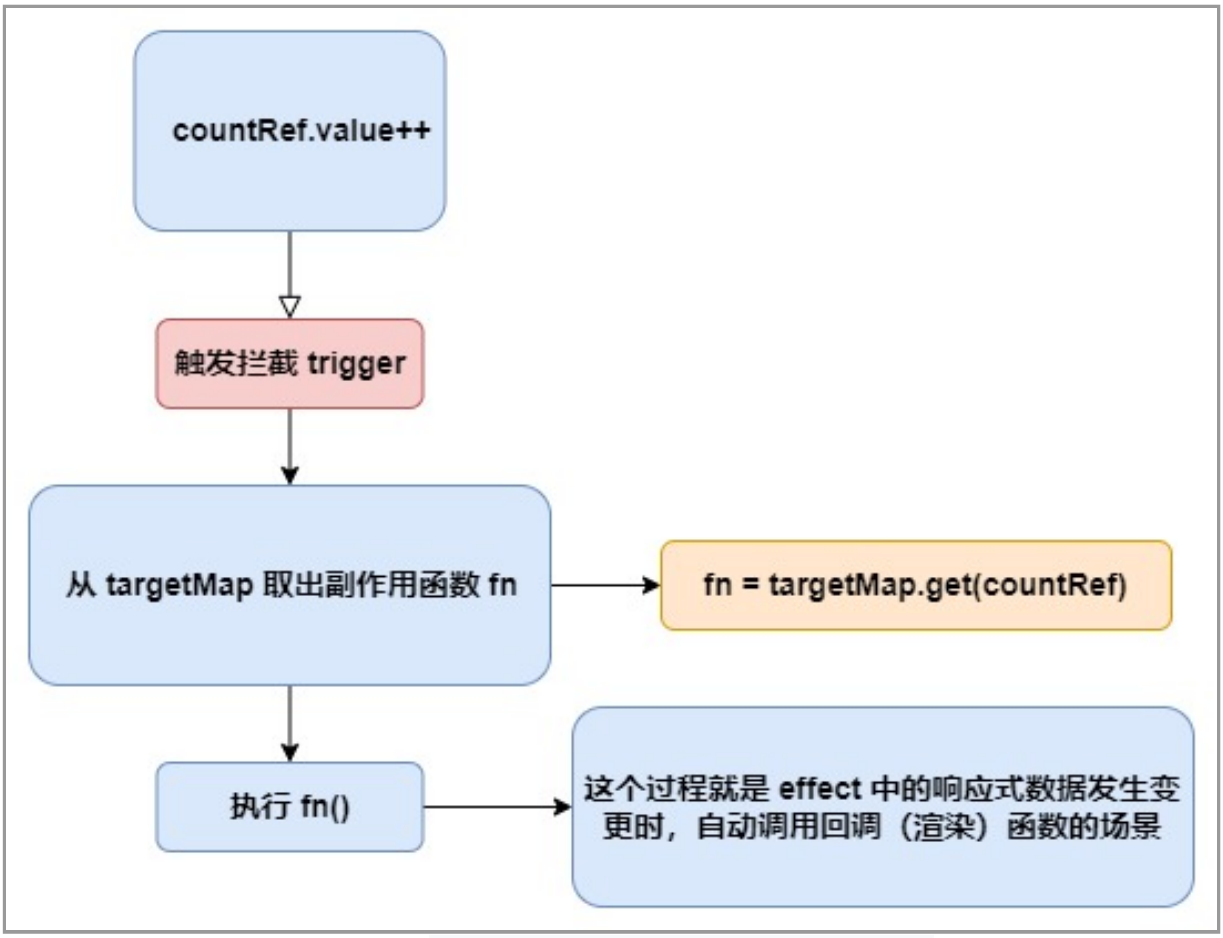
```
export default {
  ...
  setup(props, context) {
    const countRef = ref(0)
    const number = reactive({ num: 1 })
    effect(() => {
      console.log(countRef.value)
    })
    const increment= () => {
      countRef.value++
    }
    const result = computed(() => number.num ** 2)
    return { countRef, number, result, increment }
  }
}
```

用两张图表示的话：



图一：**组件初始化，执行 setup**

其中，targetMap 是全局声明的 Map，作用是缓存响应式对象及其更新时执行的方法的映射。那么在异步修改 countRef 时，例如点击事件执行 increment 方法，可用下图描述整 个过程（注意这个过程并不是在 setup 内发生，因为 setup 只执行一次）：



图二：**数据变化，执行上一步追踪的副作用函数**

我们先记住这两条主线，然后对源码进行验证。

初始化阶段（源码基于 vue^3.0.4）

- **创建代理数据**

```
const countRef = ref(0)
const number = reactive({ num: 1 })
```

在 reactivity 包中，我们打开 reactivity.esm-browser.js 文件（其他不同模块类型 的文件类似），找到 ref 函数。

```
function ref(value) {
  return createRef(value, false);
}
```

顺藤摸瓜：

```
function createRef(rawValue, shallow) {
  if (isRef(rawValue)) {
    return rawValue;
  }
  return new RefImpl(rawValue, shallow);
```

```
}
```

RefImpl：

```
class RefImpl {
  constructor(value, _shallow) {
    this._shallow = _shallow;
    this.dep = undefined;
    this.__v_isRef = true;
    this._rawValue = _shallow ? value : toRaw(value);
    this._value = _shallow ? value : convert(value);
  }
  get value() {
    trackRefValue(this); // 重点在这儿，取值时依赖收集
    return this._value;
  }
  set value(newVal) {
    newVal = this._shallow ? newVal : toRaw(newVal);
    if (hasChanged(newVal, this._rawValue)) {
      this._rawValue = newVal;
      this._value = this._shallow ? newVal : convert(newVal);
      triggerRefValue(this, newVal); // 改值时触发更新
    }
  }
}
```

看注释的地方，这不就是课件开头所说的 track 与 trigger 吗？只不过 ref 是通过类的 get/set 实现的，而且也解开了一个谜团——ref 创建的包装值，需要我们通过 .value 的 形式来访问。基于同样地思路，我们学习 reactive 方法。

```
function reactive(target) {
  // if trying to observe a readonly proxy, return the readonly version.
  if (target && target["__v_isReadonly" /* IS_READONLY */ ]) {
    return target;
  }
  return createReactiveObject(
    target,
    false,
    mutableHandlers,
    mutableCollectionHandlers,
    reactiveMap
  );
```

```
}
```

可见 `createReactiveObject` 方法是主要逻辑，而且创建浅层响应的方法 `shallowReactive` ，只读方法 `readonly` 等等都用到该函数，找到它：

```
function createReactiveObject(target, isReadonly, baseHandlers, collectionHandlers, proxyMap) {
  // 省略部分逻辑
  const existingProxy = proxyMap.get(target);
  if (existingProxy) {
    return existingProxy;
  }
  // 省略部分逻辑
  const proxy = new Proxy(
    target, targetType === 2 /* COLLECTION */ ?
    collectionHandlers : baseHandlers
  );
  proxyMap.set(target, proxy);
  return proxy;
}
```

这里能看到，target: { num: 1 } 在此处被代理。如果之前已经被代理过（ `proxyMap` 中有缓存），则直接返回，否则缓存起来并返回。reactive 方法使用了 Proxy 来实现代理。

- **数据追踪**

  按照图一 顺序，副作用 `effect` 执行，并调用回调方法 fn，由于 fn 内部访问了 `countRef` 的 value 属性

```
effect(() => {
  console.log(countRef.value)
})
```

即这里触发了类 `RefImpl` 定义的 `get` 方法：

```
get value() {
  trackRefValue(this);
  return this._value;
}
...
// 这里有条件地使用 trackEffects 维护着 ref 实例属性 dep 与
// 活跃中的 effect 的映射，说人话就是：包装的数据在第一次被 effect 内
// 函数 fn 访问的时候，包装对象顺便把这个函数 fn 也给存了下来。
function trackRefValue(ref) {
  if (isTracking()) {
    ref = toRaw(ref);
```

```
    if (!ref.dep) {
      ref.dep = createDep();
    }
    {
      trackEffects(ref.dep, {
        target: ref,
        type: "get" /* GET */ ,
        key: 'value'
      });
    }
  }
}
// activeEffect 是全局变量，在执行 effect 时会指向一个包含了 fn 的实例。
// 换句话说，此处 dep.add(activeEffect)
// 等效于 ref.dep.add(wrapper(fn))，wrapper 是过程的简化
function trackEffects(dep) {
// 省略部分代码
  if (shouldTrack) {
    dep.add(activeEffect); // 这里做个标记，记作 coordinate1
    activeEffect.deps.push(dep);
  }
}
```

至此，一个最简单的初始化阶段就结束了。

状态更新阶段

对于图二，以 ref 创建的数据源为例，`countRef.value++` 从下面开始

```
class RefImpl {
  ...
  set value(newVal) {
    ...
    if (hasChanged(newVal, this._rawValue)) {
      this._rawValue = newVal;
      this._value = this._shallow ? newVal : convert(newVal);
      triggerRefValue(this, newVal); // 改值时触发更新
    }
  }
}
// triggerRefValue
```

```
function triggerRefValue(ref, newVal) {
  ref = toRaw(ref);
  if (ref.dep) { // 回到上面标记的地方 coordinate1
    triggerEffects(ref.dep, {
      target: ref,
      type: "set" /* SET */ ,
      key: 'value',
      newValue: newVal
    });
  }
}
```

标记的位置证明包装值 `ref(0)` 通过 dep 对未来要执行的 fn 是存在引用关系的，而 `triggerEffect` 方法就根据这个存在的关系，一旦 set 时就触发它！

triggerEffects

```
function triggerEffects(dep, debuggerEventExtraInfo) {
  // spread into array for stabilization
  for (const effect of isArray(dep) ? dep : [...dep]) {
    if (effect !== activeEffect || effect.allowRecurse) {
      if (effect.onTrigger) {
        effect.onTrigger(extend({ effect }, debuggerEventExtraInfo));
      }
      if (effect.scheduler) {
        effect.scheduler(); // 这是 fn 在微任务队列中执行的地方
      } else {
        effect.run(); // 这是 fn 同步执行的地方
      }
    }
  }
}
```

我们缕清主线后，再稍微关注一下 effect 的逻辑，就能把 scheduler， run 与 fn 联 系起来了：

```
function effect(fn, options) {
  ...
  // setup 函数中的 effect 执行时实例化一次，引用了 fn
  const _effect = new ReactiveEffect(fn);
  ...
  if (!options || !options.lazy) {
    _effect.run(); // 内部会调用 fn
    // 所以怎么跳过第一次执行的 fn 不用多说了吧
```

```
  }
  const runner = _effect.run.bind(_effect);
  runner.effect = _effect;
  return runner;
}

// ReactiveEffect
const effectStack = [];

class ReactiveEffect {
  constructor(fn, scheduler = null, scope) {
    // scheduler 在 computed 函数中会用到
    this.fn = fn;
    this.scheduler = scheduler;
    this.active = true;
    this.deps = [];
    recordEffectScope(this, scope);
  }
  run() {
    if (!this.active) {
      return this.fn();
    }
    if (!effectStack.includes(this)) { // 全局未缓存过本实例时
      try {
        effectStack.push((activeEffect = this)); // 重点关注 activeEffect !
        enableTracking();
        trackOpBit = 1 << ++effectTrackDepth;
        if (effectTrackDepth <= maxMarkerBits) {
          initDepMarkers(this);
        } else {
          cleanupEffect(this);
        }
        return this.fn();
      } finally {
        if (effectTrackDepth <= maxMarkerBits) {
          finalizeDepMarkers(this);
        }
        trackOpBit = 1 << --effectTrackDepth;
        resetTracking();
        effectStack.pop();
```

```
        const n = effectStack.length;
        activeEffect = n > 0 ? effectStack[n - 1] : undefined;
      }
    }
  }
}
```

上面的 ref 方法创建数据与更新的一整套流程，其实 `reactive` 创建的数据，也有类似 的逻辑，区别就在于 `Proxy` 的 `handler` 部分：

```
const proxy = new Proxy(
  target,
  targetType === 2 /* COLLECTION */ ? collectionHandlers : baseHandlers
);
```

以 `baseHandlers` 为例（这里是形参），找到实参 `mutableHandlers`，

```
const mutableHandlers = { get, set, ... };
// 我们可以断定，这里的 get/set 就是进行 track 和 trigger 的地方。找到它
const get = /*#__PURE__*/ createGetter();

function createGetter(isReadonly = false, shallow = false) {
  return function get(target, key, receiver) {
  ...
  if (!isReadonly && targetIsArray && hasOwn(arrayInstrumentations, key)) {
    // arrayInstrumentations 内也有 track，不再展示，关注主线
    return Reflect.get(arrayInstrumentations, key, receiver);
  }
  ...
  if (!isReadonly) {
    track(target, "get" /* GET */ , key); // 出现了与 ref 拦截一样的逻辑
  }
  ...
  }
}
// track
function track(target, type, key) {
  if (!isTracking()) {
    return;
  }
  let depsMap = targetMap.get(target); // 全局缓存
  if (!depsMap) {
```

```
    targetMap.set(target, (depsMap = new Map()));
  }
  let dep = depsMap.get(key);
  if (!dep) {
    depsMap.set(key, (dep = createDep()));
  }
  const eventInfo = { effect: activeEffect, target, type, key };
  trackEffects(dep, eventInfo); // 与 trackRefValue 殊途同归，略
}
```

看 set

```
const set = /*#__PURE__*/ createSetter();

function createSetter(shallow = false) {
  return function set(target, key, value, receiver) {
    let oldValue = target[key];
    ...
    if (target === toRaw(receiver)) {
      if (!hadKey) {
        trigger(target, "add" /* ADD */ , key, value);  // 与 ref 的 trigger 一样了
      } else if (hasChanged(value, oldValue)) {
        trigger(target, "set" /* SET */ , key, value, oldValue);
      }
    }
    return result;
  };
}
// trigger
function trigger(target, type, key, newValue, oldValue, oldTarget) {
  ...
  if (deps.length === 1) {
    if (deps[0]) {
    // 与 triggerRefValue 殊途同归，略
      triggerEffects(deps[0], eventInfo);
    }
  } else {
    const effects = [];
    for (const dep of deps) {
      if (dep) {
        effects.push(...dep);
```

```
30        }
31      }
32      triggerEffects(createDep(effects), eventInfo);
33    }
34  }
```

其实 `watch` 方法，也是基于 `effect` 做的封装，不再赘述。源码分析部分最关键的是， 根据核心原理，抓住一条主线，先忽略细节（细节也是作者无数次迭代才逐渐丰富的，不要 苛求一步到位），等我们对框架的熟悉程度进一步加深的时候，再逐步甚至逐行学习。