Vue.js 源码剖析-虚拟 DOM

虚拟 DOM 回顾

什么是虚拟 DOM

虚拟 DOM(Virtual DOM) 是使用 JavaScript 对象来描述 DOM，虚拟 DOM 的本质就是 JavaScript 对象，使用 JavaScript 对象来描述 DOM 的结构。应用的各种状态变化首先作用于虚拟 DOM，最终映射到 DOM。Vue.js 中的虚拟 DOM 借鉴了 Snabbdom，并添加了一些 Vue.js 中的特性，例如：指令和组件机制。

Vue 1.x 中细粒度监测数据的变化，每一个属性对应一个 watcher，开销太大Vue 2.x 中每个组件对应一个 watcher，状态变化通知到组件，再引入虚拟 DOM 进行比对和渲染

为什么要使用虚拟 DOM

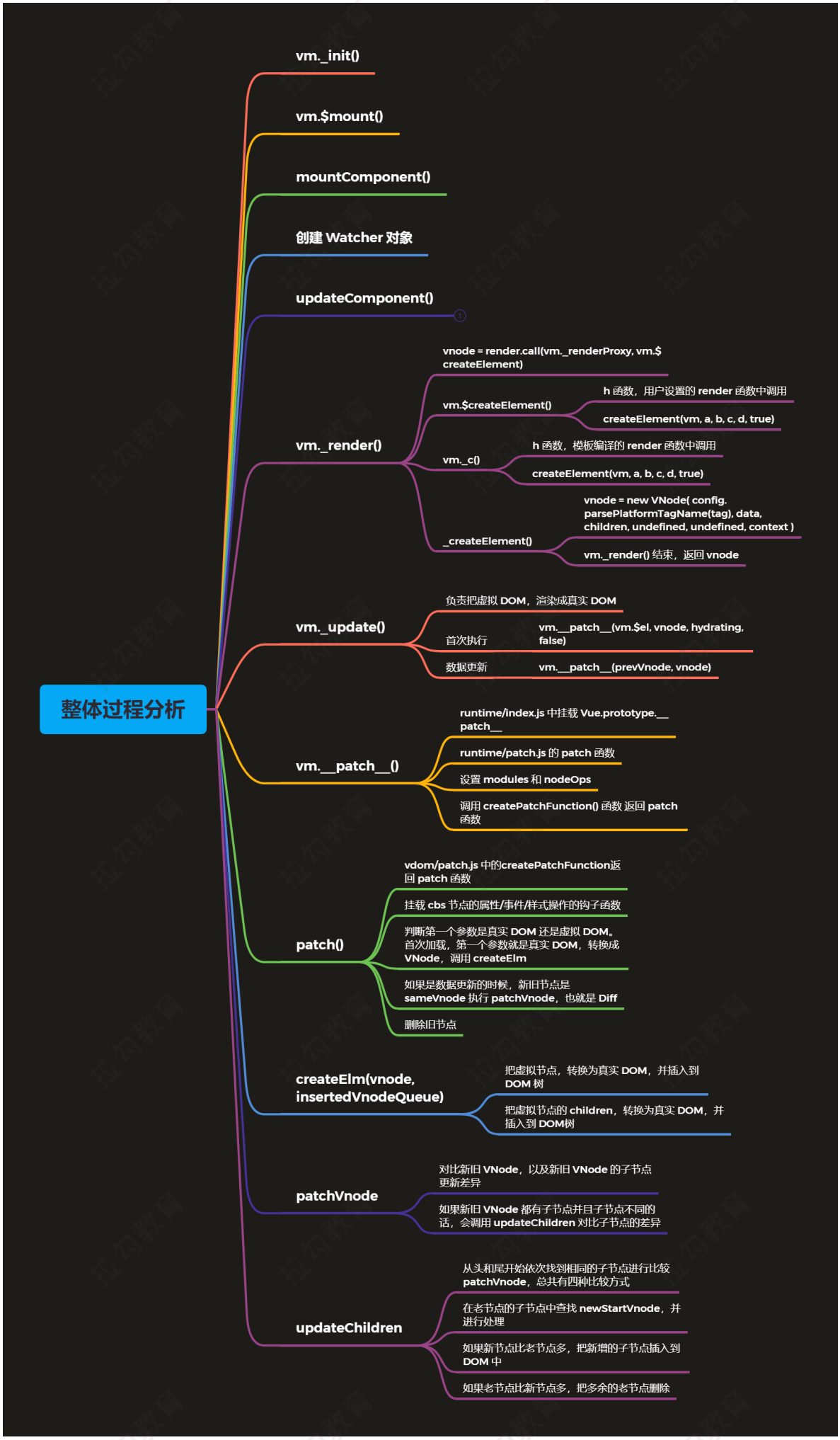
- 使用虚拟 DOM，可以避免用户直接操作 DOM，开发过程关注在业务代码的实现，不需要关注如何操作 DOM，从而提高开发效率
- 作为一个中间层可以跨平台，除了 Web 平台外，还支持 SSR、Weex。
- 关于性能方面，在首次渲染的时候肯定不如直接操作 DOM，因为要维护一层额外的虚拟 DOM，如果后续有频繁操作 DOM 的操作，这个时候可能会有性能的提升，虚拟 DOM 在更新真实 DOM 之前会通过 Diff 算法对比新旧两个虚拟 DOM 树的差异，最终把差异更新到真实 DOM

Vue.js 中的虚拟 DOM

- **演示 render 中的 h 函数**
  - h 函数就是 createElement()

```
const vm = new Vue({
  el: '#app',
  render (h) {
    // h(tag, data, children)
    // return h('h1', this.msg)
    // return h('h1', { domProps: { innerHTML: this.msg } })
    // return h('h1', { attrs: { id: 'title' } }, this.msg)
    const vnode = h(
      'h1',
      {
        attrs: { id: 'title' }
      },
      this.msg
    )
    console.log(vnode)
    return vnode
  },
  data: {
    msg: 'Hello Vue'
  }
})
```

虚拟 DOM 创建过程


整体过程分析
vm._init()
vm.$mount()
mountComponent()
创建 Watcher 对象
updateComponent()
vm._render()
vnode = render.call(vm._renderProxy, vm.$createElement)
vm.$createElement()
h 函数，用户设置的 render 函数中调用
createElement(vm, a, b, c, d, true)
vm._c()
h 函数，模板编译的 render 函数中调用
createElement(vm, a, b, c, d, true)
_createElement()
vnode = new VNode(config.parsePlatformTagName(tag), data, children, undefined, undefined, context)
vm._render() 结束，返回 vnode
vm._update()
负责把虚拟 DOM，渲染成真实 DOM
首次执行
vm.__patch__(vm.$el, vnode, hydrating, false)
数据更新
vm.__patch__(prevVnode, vnode)
vm.__patch__()
runtime/index.js 中挂载 Vue.prototype.__patch__
runtime/patch.js 的 patch 函数
设置 modules 和 nodeOps
调用 createPatchFunction() 函数 返回 patch 函数
patch()
vdom/patch.js 中的createPatchFunction返回 patch 函数
挂载 cbs 节点的属性/事件/样式操作的钩子函数
判断第一个参数是真实 DOM 还是虚拟 DOM。首次加载，第一个参数就是真实 DOM，转换成 VNode，调用 createElm
如果是数据更新的时候，新旧节点是 sameVnode 执行 patchVnode，也就是 Diff
删除旧节点
createElm(vnode, insertedVnodeQueue)
把虚拟节点，转换为真实 DOM，并插入到 DOM 树
把虚拟节点的 children，转换为真实 DOM，并插入到 DOM树
patchVnode
对比新旧 VNode，以及新旧 VNode 的子节点更新差异
如果新旧 VNode 都有子节点并且子节点不同的话，会调用 updateChildren 对比子节点的差异
updateChildren
从头和尾开始依次找到相同的子节点进行比较 patchVnode，总共有四种比较方式
在老节点的子节点中查找 newStartVnode，并进行处理
如果新节点比老节点多，把新增的子节点插入到 DOM 中
如果老节点比新节点多，把多余的老节点删除

createElement

功能

createElement() 函数，用来创建虚拟节点 (VNode)，我们的 render 函数中的参数 h，就是 createElement()

```
render(h) {
  // 此处的 h 就是 vm.$createElement
  return h('h1', this.msg)
}
```

定义

在 vm._render() 中调用了，用户传递的或者编译生成的 render 函数，这个时候传递了 createElement

- src/core/instance/render.js

```
  vm._c = (a, b, c, d) => createElement(vm, a, b, c, d, false)
  // normalization is always applied for the public version, used in
  // user-written render functions.
  vm.$createElement = (a, b, c, d) => createElement(vm, a, b, c, d, true)
```

vm.c *和 vm.$createElement 内部都调用了 createElement，不同的是最后一个参数。* vm.c 在编译生成的 render 函数内部会调用，vm.$createElement 在用户传入的 render 函数内部调用。当用户传入 render 函数的时候，要对用户传入的参数做处理

- src/core/vdom/create-element.js

执行完 createElement 之后创建好了 VNode，把创建好的 VNode 传递给 vm._update() 继续处理

```
export function createElement (
  context: Component,
  tag: any,
  data: any,
  children: any,
  normalizationType: any,
  alwaysNormalize: boolean
): VNode | Array<VNode> {
  // 判断第三个参数
  // 如果 data 是数组或者原始值的话就是 children，实现类似函数重载的机制
  if (Array.isArray(data) || isPrimitive(data)) {
    normalizationType = children
    children = data
    data = undefined
  }
  if (isTrue(alwaysNormalize)) {
    normalizationType = ALWAYS_NORMALIZE
  }
  return _createElement(context, tag, data, children, normalizationType)
}

export function _createElement (
  context: Component,
  tag?: string | Class<Component> | Function | Object,
```

```
  data?: VNodeData,
  children?: any,
  normalizationType?: number
): VNode | Array<VNode> {
  if (isDef(data) && isDef((data: any).__ob__)) {
    ……
    return createEmptyVNode()
  }
  // object syntax in v-bind
  if (isDef(data) && isDef(data.is)) {
    tag = data.is
  }
  if (!tag) {
    // in case of component :is set to falsy value
    return createEmptyVNode()
  }
  ……
  // support single function children as default scoped slot
  if (Array.isArray(children) &&
    typeof children[0] === 'function'
  ) {
    data = data || {}
    data.scopedSlots = { default: children[0] }
    children.length = 0
  }
  // 去处理 children
  if (normalizationType === ALWAYS_NORMALIZE) {
    // 当手写 render 函数的时候调用
    // 判断 children 的类型，如果是原始值的话转换成 VNode 的数组
    // 如果是数组的话，继续处理数组中的元素
    // 如果数组中的子元素又是数组(slot template)，递归处理
    // 如果连续两个节点都是字符串会合并文本节点
    children = normalizeChildren(children)
  } else if (normalizationType === SIMPLE_NORMALIZE) {
    // 把二维数组转换为一维数组
    // 如果 children 中有函数组件的话，函数组件会返回数组形式
    // 这时候 children 就是一个二维数组，只需要把二维数组转换为一维数组
    children = simpleNormalizeChildren(children)
  }
  let vnode, ns
  // 判断 tag 是字符串还是组件
  if (typeof tag === 'string') {
    let Ctor
    ns = (context.$vnode && context.$vnode.ns) ||
config.getTagNamespace(tag)
    // 如果是浏览器的保留标签，创建对应的 VNode
    if (config.isReservedTag(tag)) {
      // platform built-in elements
      vnode = new VNode(
        config.parsePlatformTagName(tag), data, children,
        undefined, undefined, context
      )
    } else if ((!data || !data.pre) && isDef(Ctor =
resolveAsset(context.$options, 'components', tag))) {
      // component
      // 否则的话创建组件
      vnode = createComponent(Ctor, data, context, children, tag)
    } else {
```

```
      // unknown or unlisted namespaced elements
      // check at runtime because it may get assigned a namespace when its
      // parent normalizes children
      vnode = new VNode(
        tag, data, children,
        undefined, undefined, context
      )
    }
  } else {
    // direct component options / constructor
    vnode = createComponent(tag, data, context, children)
  }
  if (Array.isArray(vnode)) {
    return vnode
  } else if (isDef(vnode)) {
    if (isDef(ns)) applyNS(vnode, ns)
    if (isDef(data)) registerDeepBindings(data)
    return vnode
  } else {
    return createEmptyVNode()
  }
}
```

update

功能

内部调用 vm.__patch__() 把虚拟 DOM 转换成真实 DOM

定义

- src/core/instance/lifecycle.js

```
Vue.prototype._update = function (vnode: VNode, hydrating?: boolean) {
    const vm: Component = this
    const prevEl = vm.$el
    const prevVnode = vm._vnode
    const restoreActiveInstance = setActiveInstance(vm)
    vm._vnode = vnode
    // Vue.prototype.__patch__ is injected in entry points
    // based on the rendering backend used.
    if (!prevVnode) {
      // initial render
      vm.$el = vm.__patch__(vm.$el, vnode, hydrating, false /* removeOnly
*/)
    } else {
      // updates
      vm.$el = vm.__patch__(prevVnode, vnode)
    }
    restoreActiveInstance()
    // update __vue__ reference
    if (prevEl) {
      prevEl.__vue__ = null
    }
    if (vm.$el) {
      vm.$el.__vue__ = vm
```

```
    }
    // if parent is an HOC, update its $el as well
    if (vm.$vnode && vm.$parent && vm.$vnode === vm.$parent._vnode) {
      vm.$parent.$el = vm.$el
    }
    // updated hook is called by the scheduler to ensure that children are
    // updated in a parent's updated hook.
  }
```

patch 函数初始化

功能

对比两个 VNode 的差异，把差异更新到真实 DOM。如果是首次渲染的话，会把真实 DOM 先转换成 VNode

Snabbdom 中 patch 函数的初始化

- src/snabbdom.ts

```
export function init (modules: Array<Partial<Module>>, domApi?: DOMAPI) {
  return function patch (oldVnode: VNode | Element, vnode: VNode): VNode {
  }
}
```

- vnode

```
export function vnode (sel: string | undefined,
  data: any | undefined,
  children: Array<VNode | string> | undefined,
  text: string | undefined,
  elm: Element | Text | undefined): VNode {
  const key = data === undefined ? undefined : data.key
  return { sel, data, children, text, elm, key }
}
```

Vue.js 中 patch 函数的初始化

- src/platforms/web/runtime/index.js

```
import { patch } from './patch'

Vue.prototype.__patch__ = inBrowser ? patch : noop

```

- src/platforms/web/runtime/patch.js

```
import * as nodeOps from 'web/runtime/node-ops'
import { createPatchFunction } from 'core/vdom/patch'
import baseModules from 'core/vdom/modules/index'
import platformModules from 'web/runtime/modules/index'

// the directive module should be applied last, after all
// built-in modules have been applied.
const modules = platformModules.concat(baseModules)

export const patch: Function = createPatchFunction({ nodeOps, modules })
```

- src/core/vdom/patch.js

```
export function createPatchFunction (backend) {
  let i, j
  const cbs = {}
  const { modules, nodeOps } = backend
  // 把模块中的钩子函数全部设置到 cbs 中，将来统一触发
  // cbs --> { 'create': [fn1, fn2], ... }
  for (i = 0; i < hooks.length; ++i) {
    cbs[hooks[i]] = []
    for (j = 0; j < modules.length; ++j) {
      if (isDef(modules[j][hooks[i]])) {
        cbs[hooks[i]].push(modules[j][hooks[i]])
      }
    }
  }
  ……
  ……
  ……
  return function patch (oldVnode, vnode, hydrating, removeOnly) {
  }
}
```

patch 函数执行过程

```
function patch (oldVnode, vnode, hydrating, removeOnly) {
  // 如果没有 vnode 但是有 oldVnode，执行销毁的钩子函数
  if (isUndef(vnode)) {
    if (isDef(oldVnode)) invokeDestroyHook(oldVnode)
    return
  }

  let isInitialPatch = false
  const insertedVnodeQueue = []

  if (isUndef(oldVnode)) {
    // 如果没有 oldVnode，创建 vnode 对应的真实 DOM
    // empty mount (likely as component), create new root element
    isInitialPatch = true
    createElm(vnode, insertedVnodeQueue)
  } else {
    // 判断当前 oldVnode 是否是 DOM 元素（首次渲染）
    const isRealElement = isDef(oldVnode.nodeType)
    if (!isRealElement && sameVnode(oldVnode, vnode)) {
```

```
      // 如果不是真实 DOM，并且两个 VNode 是 sameVnode，这个时候开始执行 Diff
      // patch existing root node
      patchVnode(oldVnode, vnode, insertedVnodeQueue, null, null,
removeOnly)
    } else {
      if (isRealElement) {
        // mounting to a real element
        // check if this is server-rendered content and if we can perform
        // a successful hydration.
        if (oldVnode.nodeType === 1 && oldVnode.hasAttribute(SSR_ATTR)) {
          oldVnode.removeAttribute(SSR_ATTR)
          hydrating = true
        }
        ……
        // either not server-rendered, or hydration failed.
        // create an empty node and replace it
        oldVnode = emptyNodeAt(oldVnode)
      }

      // replacing existing element
      const oldElm = oldVnode.elm
      const parentElm = nodeOps.parentNode(oldElm)

      // create new node
      createElm(
        vnode,
        insertedVnodeQueue,
        // extremely rare edge case: do not insert if old element is in a
        // leaving transition. Only happens when combining transition +
        // keep-alive + HOCs. (#4590)
        oldElm._leaveCb ? null : parentElm,
        nodeOps.nextSibling(oldElm)
      )

      // update parent placeholder node element, recursively
      if (isDef(vnode.parent)) {
        let ancestor = vnode.parent
        const patchable = isPatchable(vnode)
        while (ancestor) {
          for (let i = 0; i < cbs.destroy.length; ++i) {
            cbs.destroy[i](ancestor)
          }
          ancestor.elm = vnode.elm
          if (patchable) {
            for (let i = 0; i < cbs.create.length; ++i) {
              cbs.create[i](emptyNode, ancestor)
            }
            // #6513
            // invoke insert hooks that may have been merged by create
hooks.
            // e.g. for directives that uses the "inserted" hook.
            const insert = ancestor.data.hook.insert
            if (insert.merged) {
              // start at index 1 to avoid re-invoking component mounted
hook
              for (let i = 1; i < insert.fns.length; i++) {
                insert.fns[i]()
              }
```

```
          }
        } else {
          registerRef(ancestor)
        }
        ancestor = ancestor.parent
      }
    }

    // destroy old node
    if (isDef(parentElm)) {
      removeVnodes(parentElm, [oldVnode], 0, 0)
    } else if (isDef(oldVnode.tag)) {
      invokeDestroyHook(oldVnode)
    }
  }
  }

  invokeInsertHook(vnode, insertedVnodeQueue, isInitialPatch)
  return vnode.elm
}
```

createElm

把 VNode 转换成真实 DOM，插入到 DOM 树上

```
function createElm (
 vnode,
 insertedVnodeQueue,
 parentElm,
 refElm,
 nested,
 ownerArray,
 index
) {
  if (isDef(vnode.elm) && isDef(ownerArray)) {
    // This vnode was used in a previous render!
    // now it's used as a new node, overwriting its elm would cause
    // potential patch errors down the road when it's used as an insertion
    // reference node. Instead, we clone the node on-demand before creating
    // associated DOM element for it.
    vnode = ownerArray[index] = cloneVNode(vnode)
  }

  vnode.isRootInsert = !nested // for transition enter check
  if (createComponent(vnode, insertedVnodeQueue, parentElm, refElm)) {
    return
  }

  const data = vnode.data
  const children = vnode.children
  const tag = vnode.tag
  if (isDef(tag)) {
    if (process.env.NODE_ENV !== 'production') {
      if (data && data.pre) {
        creatingElmInVPre++
      }
```

```
      if (isUnknownElement(vnode, creatingElmInVPre)) {
        warn(
          'Unknown custom element: <' + tag + '> - did you ' +
          'register the component correctly? For recursive components, ' +
          'make sure to provide the "name" option.',
          vnode.context
        )
      }
    }

    vnode.elm = vnode.ns
      ? nodeOps.createElementNS(vnode.ns, tag)
    : nodeOps.createElement(tag, vnode)
    setScope(vnode)

    /* istanbul ignore if */
    if (__WEEX__) {
      ……
    } else {
      createChildren(vnode, children, insertedVnodeQueue)
      if (isDef(data)) {
        invokeCreateHooks(vnode, insertedVnodeQueue)
      }
      insert(parentElm, vnode.elm, refElm)
    }

    if (process.env.NODE_ENV !== 'production' && data && data.pre) {
      creatingElmInVPre--
    }
  } else if (isTrue(vnode.isComment)) {
    vnode.elm = nodeOps.createComment(vnode.text)
    insert(parentElm, vnode.elm, refElm)
  } else {
    vnode.elm = nodeOps.createTextNode(vnode.text)
    insert(parentElm, vnode.elm, refElm)
  }
}
```

patchVnode

```
function patchVnode (
  oldVnode,
  vnode,
  insertedVnodeQueue,
  ownerArray,
  index,
  removeOnly
) {
  // 如果新旧节点是完全相同的节点，直接返回
  if (oldVnode === vnode) {
    return
  }

  if (isDef(vnode.elm) && isDef(ownerArray)) {
```

```
      // clone reused vnode
      vnode = ownerArray[index] = cloneVNode(vnode)
    }

    const elm = vnode.elm = oldVnode.elm

    ……

    // 触发 prepatch 钩子函数
    let i
    const data = vnode.data
    if (isDef(data) && isDef(i = data.hook) && isDef(i = i.prepatch)) {
      i(oldVnode, vnode)
    }
    // 获取新旧 VNode 的子节点
    const oldCh = oldVnode.children
    const ch = vnode.children
    // 触发 update 钩子函数
    if (isDef(data) && isPatchable(vnode)) {
      for (i = 0; i < cbs.update.length; ++i) cbs.update[i](oldVnode,
vnode)
      if (isDef(i = data.hook) && isDef(i = i.update)) i(oldVnode, vnode)
    }
    // 如果 vnode 没有 text 属性（说明有可能有子元素）
    if (isUndef(vnode.text)) {
      if (isDef(oldCh) && isDef(ch)) {
        // 如果新旧节点都有子节点并且不相同，这时候对比和更新子节点
        if (oldCh !== ch) updateChildren(elm, oldCh, ch,
insertedVnodeQueue, removeOnly)
      } else if (isDef(ch)) {
        if (process.env.NODE_ENV !== 'production') {
          checkDuplicateKeys(ch)
        }
        // 如果新节点有子节点，并且旧节点有 text
        // 清空旧节点对应的真实 DOM 的文本内容
        if (isDef(oldVnode.text)) nodeOps.setTextContent(elm, '')
        // 把新节点的子节点添转换成真实 DOM，添加到 elm
        addVnodes(elm, null, ch, 0, ch.length - 1, insertedVnodeQueue)
      } else if (isDef(oldCh)) {
        // 如果旧节点有子节点，新节点没有子节点
        // 移除所有旧节点对应的真实 DOM
        removeVnodes(elm, oldCh, 0, oldCh.length - 1)
      } else if (isDef(oldVnode.text)) {
        // 如果旧节点有 text，新节点没有子节点和 text
        nodeOps.setTextContent(elm, '')
      }
    } else if (oldVnode.text !== vnode.text) {
      // 如果新节点有 text，并且和旧节点的 text 不同
      // 直接把新节点的 text 更新到 DOM 上
      nodeOps.setTextContent(elm, vnode.text)
    }
    // 触发 postpatch 钩子函数
    if (isDef(data)) {
      if (isDef(i = data.hook) && isDef(i = i.postpatch)) i(oldVnode,
vnode)
    }
  }
```

updateChildren

updateChildren 和 Snabbdom 中的 updateChildren 整体算法一致，这里就不再展开了。我们再来看下它处理过程中 key 的作用，再 patch 函数中，调用 patchVnode 之前，会首先调用 sameVnode()判断当前的新老 VNode 是否是相同节点，sameVnode() 中会首先判断 key 是否相同。

- 通过下面代码来体会 key 的作用

```
<div id="app">
  <button @click="handler">按钮</button>
<ul>
  <li v-for="value in arr">{{value}}</li>
</ul>
</div>
<script src="../../dist/vue.js"></script>
<script>
  const vm = new Vue({
    el: '#app',
    data: {
      arr: ['a', 'b', 'c', 'd']
    },
    methods: {
      handler () {
        this.arr = ['a', 'x', 'b', 'c', 'd']
      }
    }
  })
</script>
```

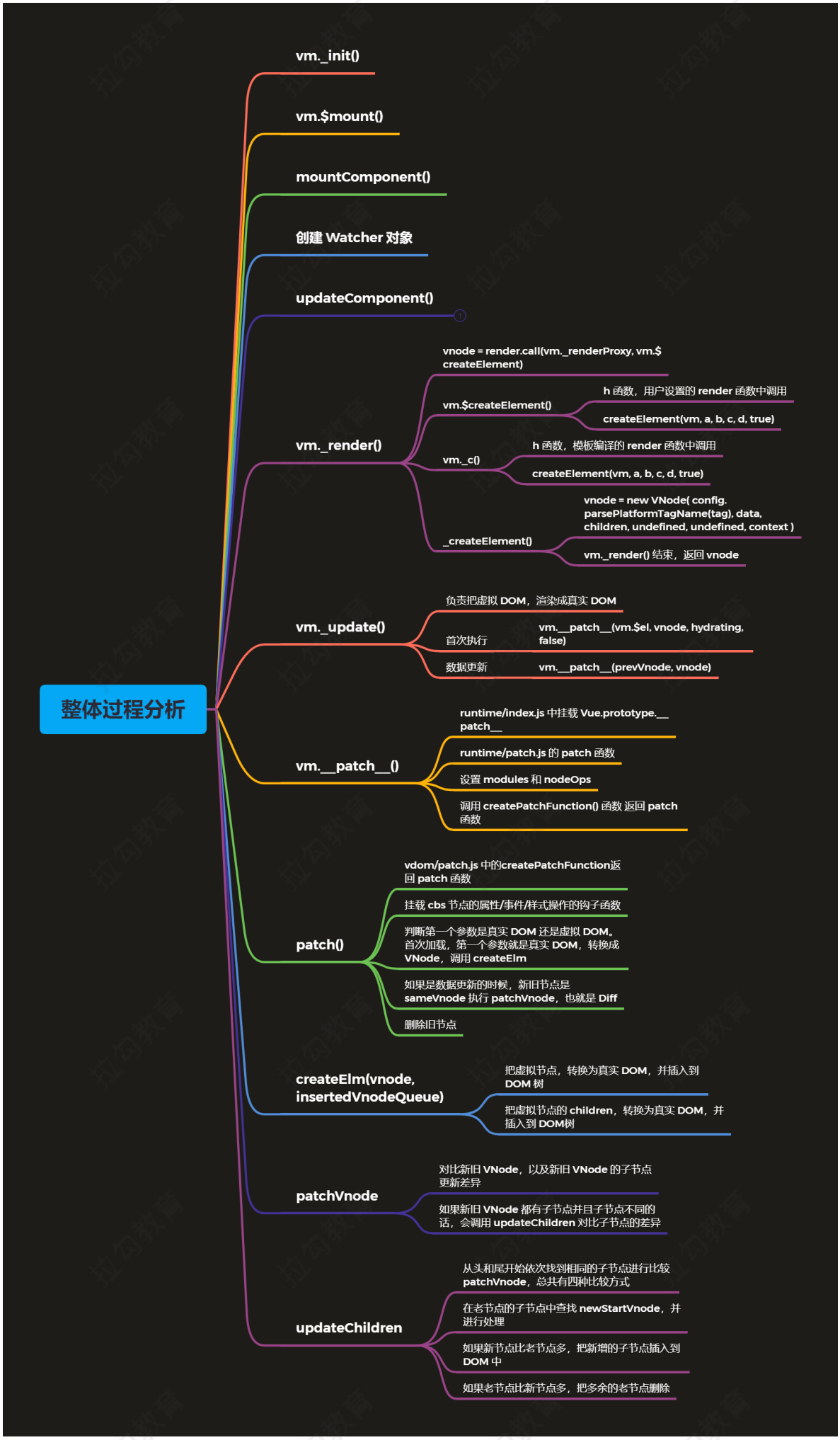
- 当没有设置 key 的时候

在 updateChildren 中比较子节点的时候，会做三次更新 DOM 操作和一次插入 DOM 的操作

- 当设置 key 的时候

在 updateChildren 中比较子节点的时候，因为 oldVnode 的子节点的 b,c,d 和 newVnode 的 x,b,c 的 key 相同，所以只做比较，没有更新 DOM 的操作，当遍历完毕后，会再把 x 插入到 DOM 上DOM 操作只有一次插入操作。

总结


整体过程分析
vm._init()
vm.$mount()
mountComponent()
创建 Watcher 对象
updateComponent()
vm._render()
vnode = render.call(vm._renderProxy, vm.$createElement)
vm.$createElement()
h 函数，用户设置的 render 函数中调用
createElement(vm, a, b, c, d, true)
vm._c()
h 函数，模板编译的 render 函数中调用
createElement(vm, a, b, c, d, true)
_createElement()
vnode = new VNode(config.parsePlatformTagName(tag), data, children, undefined, undefined, context)
vm._render() 结束，返回 vnode
vm._update()
负责把虚拟 DOM，渲染成真实 DOM
首次执行
vm.__patch__(vm.$el, vnode, hydrating, false)
数据更新
vm.__patch__(prevVnode, vnode)
vm.__patch__()
runtime/index.js 中挂载 Vue.prototype.__patch__
runtime/patch.js 的 patch 函数
设置 modules 和 nodeOps
调用 createPatchFunction() 函数 返回 patch 函数
patch()
vdom/patch.js 中的createPatchFunction返回 patch 函数
挂载 cbs 节点的属性/事件/样式操作的钩子函数
判断第一个参数是真实 DOM 还是虚拟 DOM。首次加载，第一个参数就是真实 DOM，转换成 VNode，调用 createElm
如果是数据更新的时候，新旧节点是 sameVnode 执行 patchVnode，也就是 Diff
删除旧节点
createElm(vnode, insertedVnodeQueue)
把虚拟节点，转换为真实 DOM，并插入到 DOM 树
把虚拟节点的 children，转换为真实 DOM，并插入到 DOM树
patchVnode
对比新旧 VNode，以及新旧 VNode 的子节点更新差异
如果新旧 VNode 都有子节点并且子节点不同的话，会调用 updateChildren 对比子节点的差异
updateChildren
从头和尾开始依次找到相同的子节点进行比较 patchVnode，总共有四种比较方式
在老节点的子节点中查找 newStartVnode，并进行处理
如果新节点比老节点多，把新增的子节点插入到 DOM 中
如果老节点比新节点多，把多余的老节点删除