

# 区块链基础及应用实验报告

## Ex5 去中心化应用程序

### Group 31

2112492 刘修铭 2112362 张润哲

## 一、实验要求

使用 `Solidity` 和 `web3.js` 在以太坊（Ethereum）上实现一个复杂的去中心化应用程序（DApp），编写一个智能合约和访问它的用户客户端，学习 DApp 的“全栈”开发。

## 二、实验过程

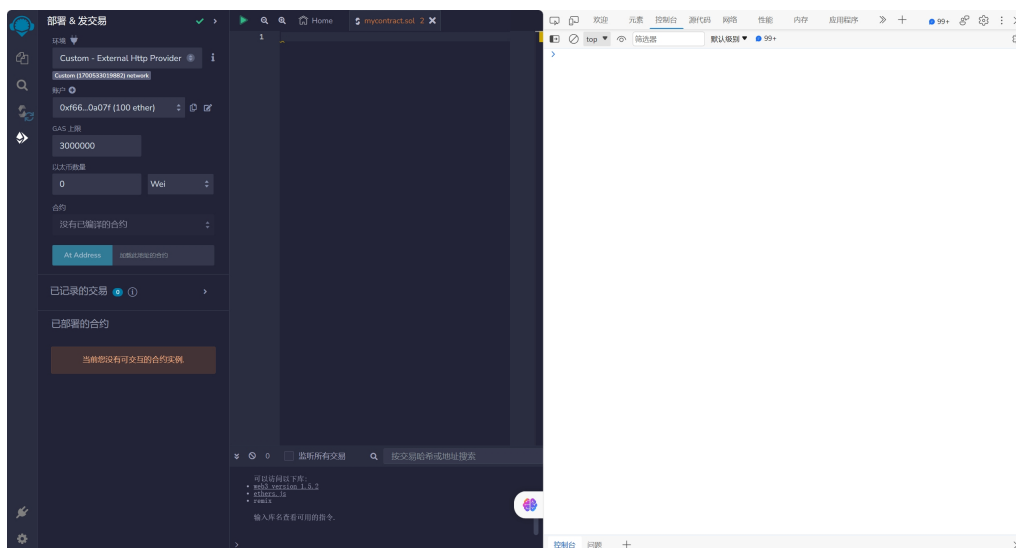
### （一）前期准备

按照实验手册说明，安装 `Node.js`、`Ganache CLI` 等工具。

```
\codes> npm install -g ganache-cli
npm WARN deprecated ganache-cli@6.12.2: ganache-cli is now ganache; visit https://trfl.io/g7 for details
added 1 package in 4s

2 packages are looking for funding
  run `npm fund` for details
npm notice New major version of npm available! 9.6.7 -> 10.2.4
npm notice Changelog: https://github.com/npm/cli/releases/tag/v10.2.4
npm notice Run npm install -g npm@10.2.4 to update!
npm notice
```

学习使用 `REMIX` 进行 `Solidity` 语言智能合约的编写。



使用 `IDE` 修改 `scriots.js` 构建客户端。

### （二）智能合约

本项目中，使用 `Solidity` 语言在 `REMIX` 平台上完成了智能合约的编写。

本项目的智能合约要求 `Solidity` 编译器的版本至少为 `0.4.0`。

```
1 | pragma solidity >=0.4.0;
```

为了能够轻松地追踪和管理不同地址之间的债务情况，定义了如下数据结构：

- 定义了 `Debt` 结构体，其 `amount` 属性用于表示两个地址（债务主体）间的债务金额。

```
1 | struct Debt { uint32 amount; }
```

- 定义了一个映射结构，用于表示  $A \xrightarrow{Debt} B$  的债务图关系。
  - 使用 `Debts[debtor][creditor]` 得到一个 `Debt` 结构体，表示债务人 `debtor` 欠债权人 `creditor` 的债务情况。
  - 为了确保合约的安全性，确保映射中的数据只能在合约内部进行修改和查询，使用 `internal` 关键字予以实现。

```
1 | mapping(address => mapping(address => Debt)) internal Debts;
```

接着实现了 `lookup` 函数，用于查询返回债务人欠债权人的金额。

- `public` 表示可以从合约外部调用，而 `view` 关键字表示该函数仅作查询使用，不会修改合约的状态。

```
1 | function lookup(address debtor, address creditor) public view returns (uint32  
   | ret) {  
2 |     ret = Debts[debtor][creditor].amount;  
3 | }
```

接着实现了 `add_IOU` 函数，为调用者添加一个欠条，如果已经欠钱，金额会增加。金额必须为正数。

- 按照实验要求，进行基本检查：
  - 为防止自己清除自己债务等操作，要求债务人与债权人不为同一人。

```
1 | require(creditor != debtor, "Debtor and Creditor cannot be the same  
   | one!");
```

- 同时，为防止恶意刷款，要求金额必须为正数。

```
1 | require(amount > 0, "Amount must be greater than 0!");
```

- 接着按照 `min_Amount` 的情况进行讨论。`min_Amount` 表示当前路径中的最小金额。
  - 当 `min_Amount` 为 0 时，直接将债务金额增加上新的借款金额，然后返回。

```

1  if (min_Amount == 0)
2  {
3      debt.amount += amount;
4      return;
5  }

```

- 当其不为 0 时。

- 首先进行基本检查，确保债务金额和新增的借款金额总和不小于最小金额；验证传入的路径是否正确，即路径的第一个地址应该是债权人，最后一个地址应该是债务人。

```

1  require((debt.amount + amount) >= min_Amount, "The amount is smaller
    than min_Amount!");
2  require(creditor == path[0] && debtor == path[path.length - 1], "The
    path is wrong!");

```

- 接着遍历路径中的每一对地址，检查债务是否存在，并且是否足够扣除最小金额。如果存在，就扣除相应的最小金额。

```

1  for(uint256 i = 0; i < path.length - 1; i++)
2  {
3      require(Debts[path[i]][path[i + 1]].amount != 0, "The debt is
        not exist!");
4      require(Debts[path[i]][path[i + 1]].amount >= min_Amount, "The
        debt does not enough to deduct the min_Amount!");
5      Debts[path[i]][path[i + 1]].amount -= min_Amount;
6  }

```

- 最后更新债务信息。

```

1  debt.amount += amount - min_Amount;

```

### (三) 客户端

基于已编写的智能合约的后端代码，实现了如下客户端前端的编写。

- 首先将编写好的智能合约在 REMIX 平台中编译并部署，将生成的 ABI 与部署的合约地址填写到 scripts.js 客户端代码的指定位置。
- 接着实现了 getData 函数，用于从合约中的 add\_IOU 函数调用中提取数据。
  - 使用 map 函数遍历所有的函数调用，对每个调用应用 dataExtractor 函数，然后使用 flat 获得一个包含从函数调用中提取的数据的一维数组，去重后用作返回值。

```

1  function getData(dataExtractor, stopCondition) {
2      const Calls = getAllFunctionCalls(contractAddress, 'add_IOU', stopCondition);
3      return Array.from(new Set(Calls.map(Call => dataExtractor(Call)).flat()));
4  }

```

- 实现了 getCreditors 函数，用于获取与 user 有关的债权人。

- 调用 `getData` 函数，提取了所有 `add_Iou` 函数调用中的债权人信息。
- 使用 `filter` 函数，通过调用 `BlockchainSplitwise` 函数获取 `user` 在 `creditor` 处的债务金额，筛选出债务金额大于 0 的债权人并返回。

```
1 function getCreditors(user) {
2     const Creditors = getData(Call => [Call.args?.[0].toLowerCase()], null);
3     return Creditors.filter(creditor => BlockchainSplitwise.lookup(user,
4         creditor).toNumber() > 0);
5 }
```

- 然后是 `getUsers` 函数，用于获取合约中 `add_Iou` 函数调用涉及的债务人与债权人，并将其作为列表返回。

- 调用 `getData` 函数，提取了所有 `add_Iou` 函数调用中的债务人和债权人信息。

```
1 function getUsers() {
2     return getData(Call => [Call.from.toLowerCase(), Call.args?.
3         [0].toLowerCase()], null);
4 }
```

- 实现了 `getTotalowed` 函数，计算 `user` 欠所有债权人的总额并返回。

- 调用 `getData` 函数，提取了所有 `add_Iou` 函数调用中的债务人和债权人信息。
- 使用 `reduce` 函数对所有债权人进行迭代，累加每个债权人对特定用户的债务金额然后返回。

```
1 function getTotalowed(user) {
2     const Creditors = getData(Call => [Call.args?.[0].toLowerCase()], null);
3     return Creditors.reduce((acc, creditor) => acc +
4         BlockchainSplitwise.lookup(user, creditor).toNumber(), 0);
5 }
```

- 实现了 `getLastActive` 函数，用于返回 `user` 最后一次活动的 UNIX 时间戳。

- 调用 `getData` 函数，提取了所有 `add_Iou` 函数调用中涉及到特定用户的时间戳信息。
- 使用 `Math.max` 函数找到数组中的最大时间戳，即特定用户最后一次活动的时间戳，然后返回。

```
1 function getLastActive(user) {
2     const timeStamp = getData(Call => (Call.from.toLowerCase() ===
3         user.toLowerCase() || Call.args?.[0].toLowerCase() === user.toLowerCase()) ?
4         [Call.timestamp] : [], Call => Call.from.toLowerCase() ===
5         user.toLowerCase() || Call.args?.[0].toLowerCase() === user.toLowerCase());
6     return Math.max(...timeStamp);
7 }
```

- 最后实现了 `add_Iou` 函数，用于向合约中添加一个债务记录。

- 调用 `doBFS` 函数，查找从 `creditor` 到 `web3.eth.defaultAccount` 的路径，且节点是债权人的集合。
- 如果找到有效路径，则将 `minDebt` 初始化为无穷大。

- 接着遍历路径上的节点，获取相邻节点间的债务记作 `Debt`，通过 `Math.min` 来找到路径上最小的债务。
  - 将路径上最小债务和输入的债务金额之间的较小值设置为 `finalDebt`。
  - 调用 `BlockchainSplitwise.add_IOU` 函数，向区块链添加债务信息。
- 如果没找到有效路径，则调用 `BlockchainSplitwise.add_IOU` 函数，向区块链添加债务信息，其中 `finalDebt` 设置为 0。

```
1 function add_IOU(creditor, amount) {
2     const Path = doBFS(creditor, web3.eth.defaultAccount, getCreditors);
3     if (Path)
4     {
5         let minDebt = Infinity;
6         for (let i = 1; i < Path.length; i++)
7         {
8             const Debt = BlockchainSplitwise.lookup(Path[i - 1],
Path[i]).toNumber();
9             minDebt = Math.min(minDebt, Debt);
10        }
11        const finalDebt = Math.min(minDebt, amount);
12        return BlockchainSplitwise.add_IOU(creditor, amount, Path,
finalDebt);
13    }
14    return BlockchainSplitwise.add_IOU(creditor, amount, [], 0);
15 }
```

## 三、实验结果

完成好智能合约的部署，打开 `index.html`，可以看到如下初始化页面。可以看到，每个地址的总欠款数为 `$0`（缺省值），上次调用时间为 `Invalid Date`（缺省值）。

The screenshot shows the 'Blockchain Splitwise' web application. On the left, there's a form to 'Add IOU' with fields for 'Address of person you owe:' and 'Amount you owe them:', and an 'Add IOU' button. Below this is a 'Users' section. On the right, there's a 'My Account' section showing a dropdown menu with the address '0x8c3427f88634ebf27ae23f09797ed7407a3650b5', 'Total Owed: \$0', and 'Last Activity: Invalid Date'. At the bottom right, there's a 'Wallet Addresses' section listing 10 addresses.

选择第一个用户，输入第二个用户的地址，表示向第二个用户添加欠款 1，点击 `Add IOU`，可以看到，`Users` 列表中多了这两个用户的地址，用户 1 的欠款数变为 `$1`，用户 1 与用户 2 的最近调用时间变为 `11/23/2023, 11:47:30 PM`。

Blockchain Splitwise

Add IOU

Address of person you owe:

Amount you owe them:

Add IOU

Users

- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561

My Account

0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5

Total Owed: \$1

Last Activity: 11/23/2023, 11:47:30 PM

Wallet Addresses

- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9

选择第二个用户，输入第三个用户的地址，表示向第三个用户添加欠款 2，点击 **Add IOU**，可以看到，**Users** 列表中多了这两个用户的地址，用户 2 的欠款数变为 **\$2**，用户 2 与用户 3 的最近调用时间变为 **11/23/2023, 11:49:09 PM**。

Blockchain Splitwise

Add IOU

Address of person you owe:

Amount you owe them:

Add IOU

Users

- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5

My Account

0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561

Total Owed: \$2

Last Activity: 11/23/2023, 11:49:09 PM

Wallet Addresses

- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9

选择第三个用户，输入第一个用户的地址，表示向第一个用户添加欠款 3，点击 **Add IOU**，可以看到，用户 1 的欠款数变为 **\$0**，用户 2 的欠款数变为 **\$1**，用户 3 的欠款数变为 **\$2**，用户 3 与用户 1 的最近调用时间变为 **11/23/2023, 11:50:24 PM**。

Blockchain Splitwise

Add IOU

Address of person you owe:

Amount you owe them:

Add IOU

Users

- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561

My Account

0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5

Total Owed: \$0

Last Activity: 11/23/2023, 11:50:24 PM

Wallet Addresses

- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f68634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9

## Blockchain Splitwise

### Add IOU

Address of person you owe:

Amount you owe them:

Add IOU

### Users

- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561

### My Account

2

0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561

Total Owed: \$1

Last Activity: 11/23/2023, 11:49:09 PM

### Wallet Addresses

- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561

## Blockchain Splitwise

### Add IOU

Address of person you owe:

Amount you owe them:

Add IOU

### Users

- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561

### My Account

3

0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9

Total Owed: \$2

Last Activity: 11/23/2023, 11:50:24 PM

### Wallet Addresses

- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561
- 0x6e04ec311b1ab49bec725f98b10005846fa7dbe9
- 0x8c3427f08634ebf27ae23f09797ed7407e3656b5
- 0x3c6245342a6819c16c6ddb6402ce828347b4c561

上述过程说明，最初的债务情况形成的循环得到解决，应用程序的功能得到验证。

