# 闪电套利介绍

## 闪电套利 Flash Arbitrage

DEX是Defi领域皇冠上的明珠，从UniswapV2的AMM开始，区块链上用户不需要担心交易对手方的缺席，可以随时发起资产交易。这极大增强了链上资产的流动性以及用户的易用性。但AMM带来的问题是交易滑点和无常损失，具体体现在于交易对的价格波动与流动性资金的体量密切相关。一旦流动性提供不足，那么用户将承担相当大的损失。

那么，这些损失去哪里了呢？答案是套利者，在理想状态下，用户将tokenA兑换tokenB，无论通过什么样的方式和路径进行兑换都应该是相同的价格。但是现实并不理想，如果仅在一个交易对进行token兑换，受限于交易对的流动性资金数量，AMM算法会将价格拉升到一个很高的位置。如果用户按照这个价格兑换了tokenB，套利者会通过其他途径将tokenA兑换为tokenB，再在这一价位进行出售。如下图所示，每个节点代表一个token，存在pair的token存在连边，一旦出现其他路径

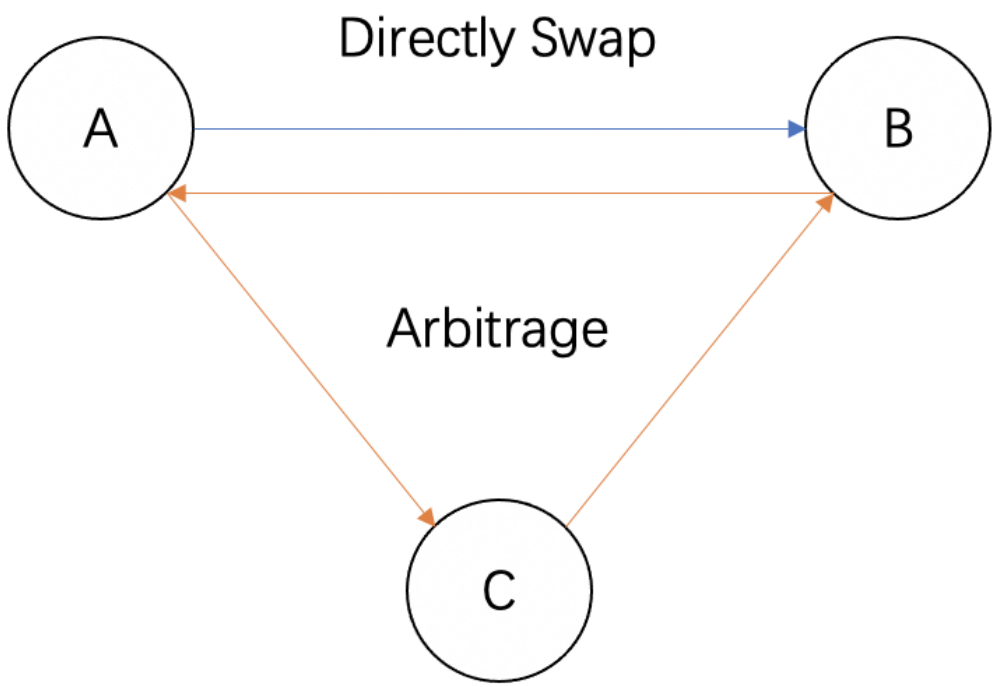


图 1 交易和套利空间

这一部分的利润相当可观，如下图所示，该套利者可以频繁发现不同交易对之间价差带来的套利机会并获取套利带来的利润。实际上，这些利润的来源则是通过DEX进行交易的用户承担的损失。

有一些DEX开始尝试通过单币质押的机制避免这样的损失，所有的token都和DEX发行的token形成交易对，整个网络形成星状拓扑结构。

但是，单币质押的关键在于DEX发行的token，该token的价格波动和发行模型将严重影响整个DEX生态的正常运行。不合理的机制设计还会导致黑客攻击。此外，还有通过预言机引入其他交易所价格的机制（如uniswapV3等），但是这些复杂机制并不能很好的均衡交易滑点和无常损失。

最直接的解决方法在于，每次用户交易后产生的套利空间，由用户自行套利获取。但是这一想法又难以实现，一方面，并非每个用户都有足够的时间和精力完成套利交易，另一方面，用户进行套利很难抢在专业套利者面前。

幸运的是，智能合约的原子性解决了第二个问题，如果用户正常的交易和套利交易放在同一笔合约调用的交易中，那么任何其他用户都无法将交易插入到其中，这也意味着我们的用户可以百分之百的获取套利空间。

第一个问题的解决则依靠ACYSwap了！ACYSwap在正常的交易合约中添加了套利功能，这意味着用户只需要正常进行交易，即可自动进行套利操作，并获取到套利带来的利润。这一灵感来源于闪电交换（FlashSwap），在同一笔交易中完成基本操作外加入额外操作，由于交易的原子性可以保障所有操作要么同时完成，要么回滚。因此我们称这一机制为闪电套利（FlashArbitrage）！

闪电套利的具体方案如下：用户本来通过直接兑换目标token的方式，ACY合约自动拆分成了通过多条路径兑换目标token。相当于这一交换的流动性资金为所有相关路径的流动性资金之和，这可以帮助用户获取套利的收益，极大降低交易滑点。

总的来说，闪电套利将在交易者下单时自动计算出所有交易所内的三角套利的机会并实现它们，使得交易的滑点大幅降低。闪电套利的最优解计算过程如下：

Assume we want to use $\Delta X_{total}$ to exchange $\Delta Y_{total}$. One of the Triangular Arbitrage opportunity is to use some X to exchange for some Z and use this to exchange for some Y.
The optimal relationship is given by as following:

Variables are listed before start:
$Z_x$ : Total Z token amount in the X/Z pool
$Z_y$ : Total Z token amount in the Y/Z pool
$X_z$ : Total X token amount in the X/Z pool
$Y_z$ : Total Y token amount in the Y/Z pool
$X$ : Total X token amount in the X/Y pool
$Y$ : Total Y token amount in the X/Y pool
$C$ : $1 - TransactionFees$
$P$ : The price of x per y by using $\Delta X$ to exchange $\Delta Y$ in X/Y pool
$P_{arb}$ : The price of x per y by using $\Delta X_z$ to exchange $\Delta Z_x$ in X/Z pool and use this to exhange $\Delta Yz$ in Y/Z pool

$$\Delta Z_x = Z_x(\Delta X_z)C/(X_z + C\Delta X_z)$$
$$\Delta Y_z = Y_z(\Delta Z_y)C/(Z_y + \Delta Z_y C)$$

Set $\Delta Z_x = \Delta Z_y$ ,

$$\Delta Y_z = Y_z C \Delta Z_x / (Z_y + C\Delta Z_x)$$
$$\Delta Y_z = \frac{Y_z C (Z_x C \Delta X_z)/(X_z + C\Delta X_z)}{Z_y + C(Z_x C \Delta X_z)/(X + C\Delta X_z)}$$
$$\Delta Y_z = \frac{Y_z (C^2 Z_x)\Delta X_z/(X_z + C\Delta X_z)}{Z_y + (C^2 Z_x)\Delta X_z/(X + C\Delta X_z)}$$

Set $R = (C^2 Z_x)\Delta X_z/(X_z + C\Delta X_z)$

$$\Delta Y_z = \frac{Y_z}{(Z_y/R) + 1}$$

$$P_{arb} = \frac{C\Delta X_z}{\Delta Y_z} = \frac{C\Delta X_z[(Z_y/R) + 1]}{Y_z}$$

$$P = \frac{C\Delta X}{\Delta Y} = \frac{X + C\Delta X}{Y}$$

No arbitrage theory: $P_{arb} = P$

$$\frac{C\Delta X_z[(Z_y/R) + 1]}{Y_z} = \frac{X + C\Delta X}{Y}$$
$$C\Delta X_z[(Z_y/R) + 1] = \frac{X + C\Delta X}{Y/Y_z} \qquad (1)$$

$$\frac{Z_y}{R} + 1 = \frac{Z_y(X_z + C\Delta X_z) + C^2 Z_x \Delta X_z}{C^2 Z_x \Delta X_z}$$
$$\frac{Z_y}{R} + 1 = \frac{(Z_y X_z/\Delta X) + Z_y C + C^2 Z_x}{C^2 Z_x} \qquad (2)$$

By Inserting the result from equation (2) into equation (1) we can get

$$\frac{Z_y X_z + (Z_y C + C^2 Z_x)\Delta X_z}{C Z_x} = \frac{X + C\Delta X}{Y/Y_z}$$
$$\frac{Z_y X_z}{C Z_x} + \frac{(Z_y C + C^2 Z_x)}{C Z_x}\Delta X_z = \frac{X + C\Delta X}{Y/Y_z}$$
$$\Delta X_z = [\frac{X + \Delta X}{Y/Y_z} - \frac{Z_y X_z}{C Z_x}]\frac{Z_x}{(Z_y + C Z_x)} \qquad (3)$$

Equation (3) gives the proportion of X token that should be exchanged into token Z and then into token Y. Moreover, $\Delta X_{total} = \Delta X_a + \Delta X_b + \ldots + \Delta X_z$ , while A, B, ..., Z are the tokens used in arbitrages. By given these, the optimal solution of flash arbitrage is given.

ACY的设计中，闪电套利获取的收益大部分返还给用户，小部分奖励给流动性质押者。这样，相较于uniswap，pancake，sushiswap等同类DEX，ACY一方面能提供更低的交易滑点，另一方面能提供更高的流动性挖矿回报率，快速吸引用户和流动性质押者加入ACYSwap。