申威软件调试调优技术

生态软件研发部

开发生态组 – 刘汉旭

目录 Contents

一、软件调试介绍

1 Why?

2 What?

3 How?

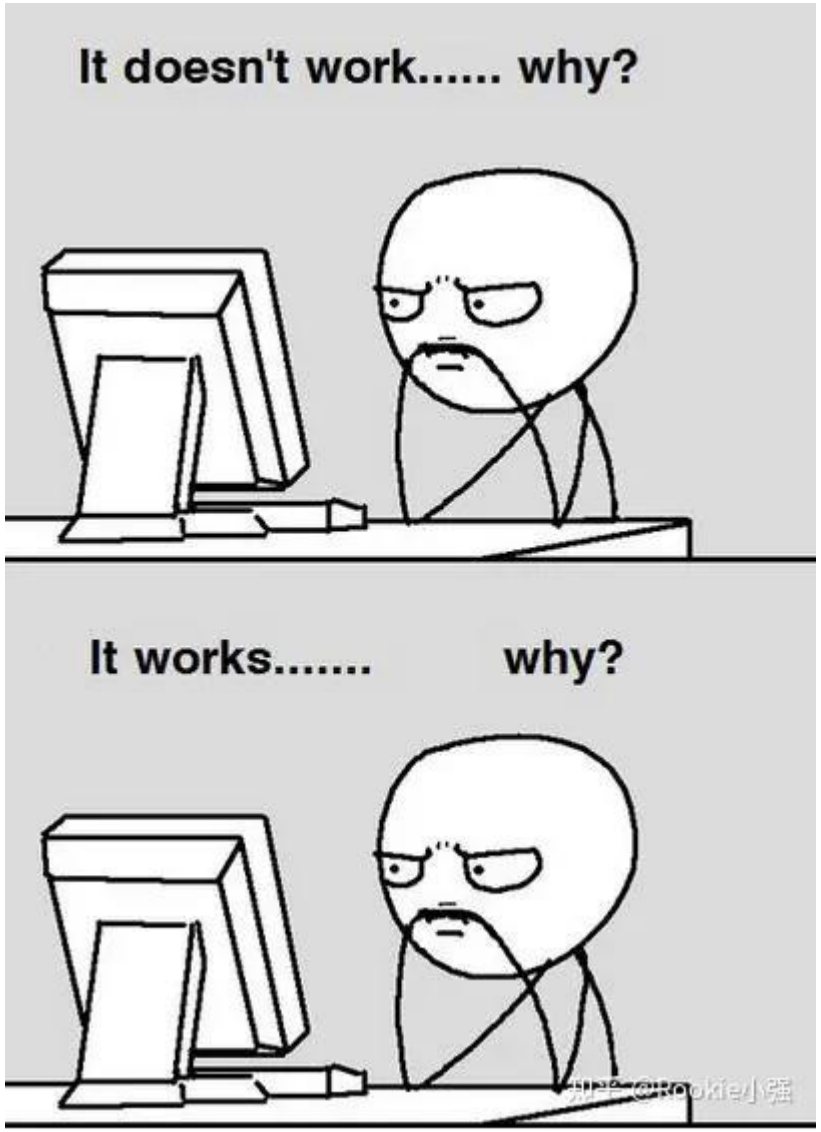
一、软件调试介绍

- **软件调试的诞生背景**

The code I write

What it does

你从我脸上看到了什么



一、软件调试介绍

- **为什么要软件调试？**
  - 软件开发过程中，经常出现意料之外的结果
  - 从写代码、测试、后期维护，bug 无处不在
  - 跟踪程序执行流程，辅助源码分析

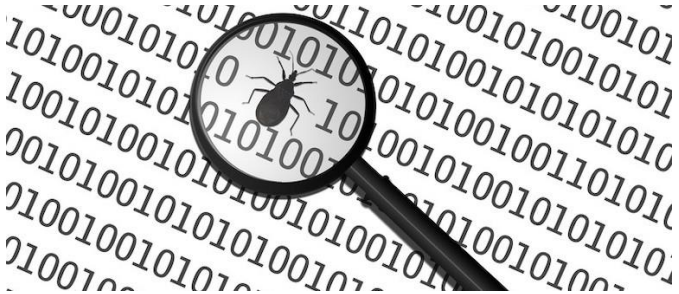
据统计，程序员20%时间写代码，80%时间调试

☞软件调试是贯穿程序员一生的必备开发技能

一、软件调试介绍

- **软件调试技术的诞生**
  - 软件调试技术能够跟踪和记录CPU执行过程，把动态的瞬间“凝固”下来，以供检查和定位错误。
  - 软件调试技术还可以分析代码执行逻辑。

☞软件是通过指令的组合来指挥硬件，既简单又复杂，是个充满神秘与挑战的世界。而软件调试是帮助人们探索和征服这个神秘世界的有力工具。



一、软件调试介绍

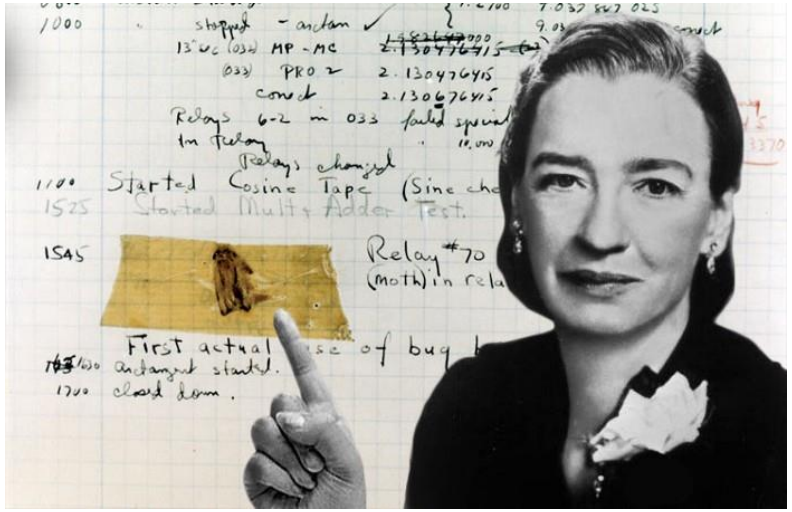
- **软件调试标准定义**

软件调试泛指重现软件缺陷问题、定位和查找问题根源，最终解决问题的过程。

（software debug，debug是在bug前面加上de，意思是分离和去除bug）

☞**关于 bug 一词的来源**

1947，Mark II计算机运行时突发故障，Grace Hopper检查发现有只飞蛾卡到了一个继电器中。取出飞蛾后，计算机恢复正常。Grace Hopper将这只飞蛾粘贴到工作手册中，并写上“First actual case of bug being found”



一、软件调试介绍

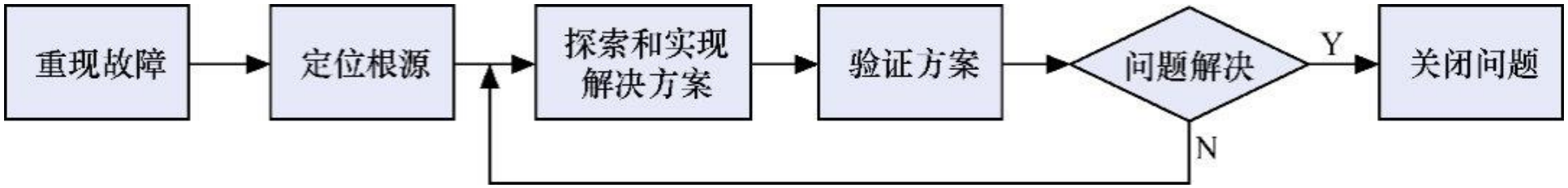
软件调试与软件测试区别

目的不同 ★

- 软件测试目的是发现错误，保障软件质量；（挑错）
- 软件调试目的是保证程序正确性，不断地定位错误和解决错误；（排错）

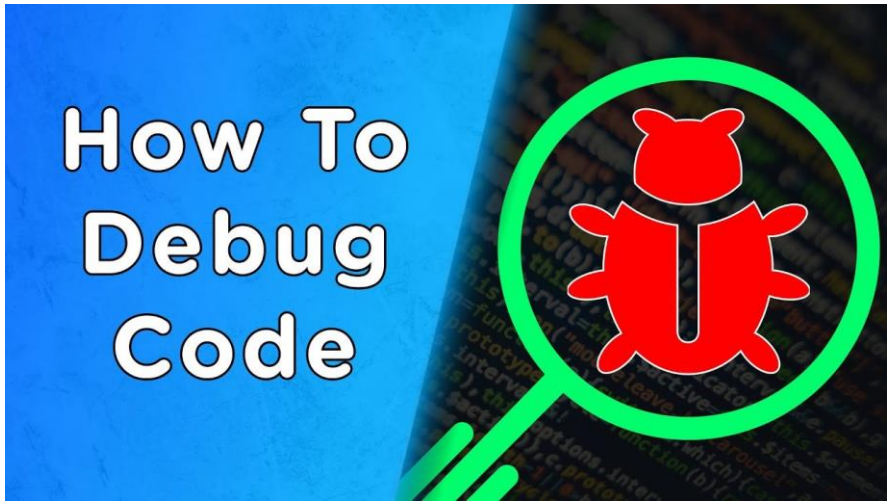
操作人员不同

- 执行软件测试的一般不是开发人员，从而使测试过程更客观有效；
- 执行软件调试的是开发人员，有编码就有调试；



一、软件调试介绍

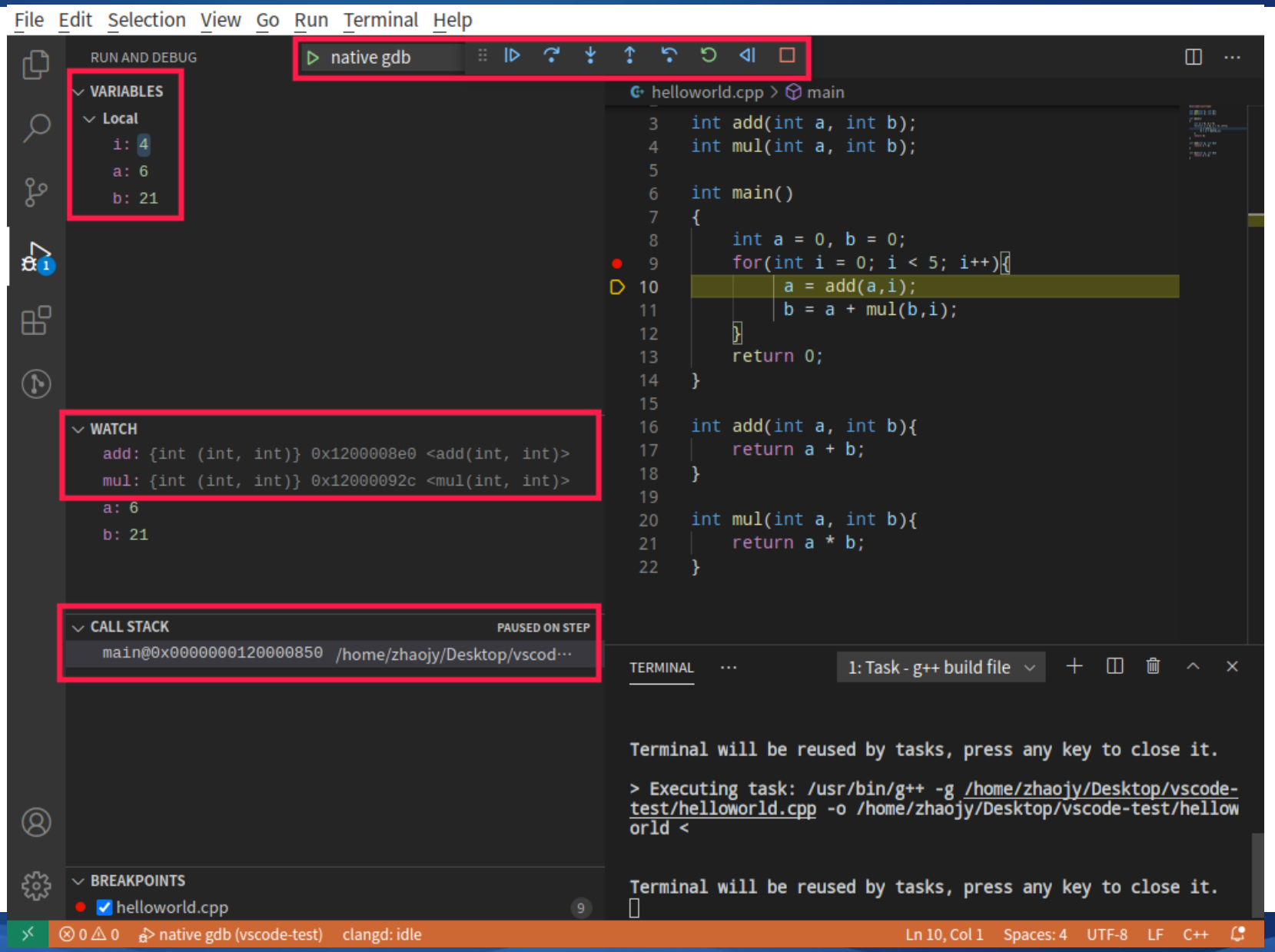
- **如何进行软件调试？**
  - 硬核看代码（人工检查分析每行代码）
  - 添加打印信息（printf、log日志）
  - 调试器（gdb、lldb、WinDbg……）
  - IDE 调试（vs code、eclipse……）



- **Linux环境下常规调试方法：**
  - 添加打印（printf）+调试器（gdb）

一、软件调试介绍

- 软件调试场景图



一、软件调试介绍

- 三大平台主流调试器

Linux

GDB（各大Linux发行版默认调试器）、
LLDB ……

Windows

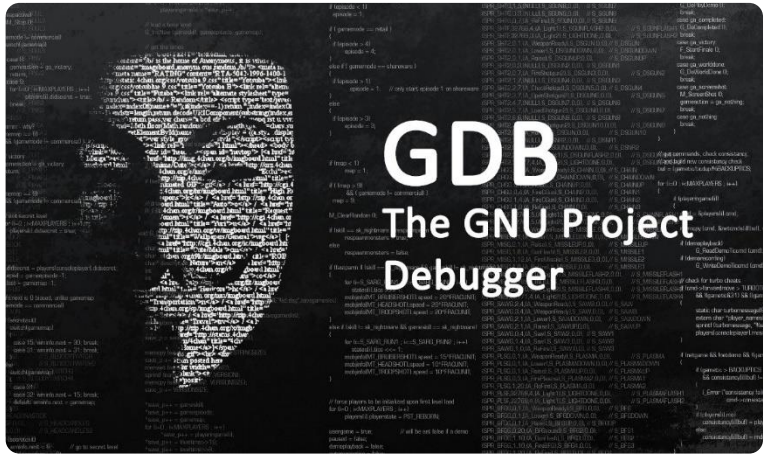
Visual Studio Debugger（Visual Studio自带的调试器）、
WinDbg ……

Mac OS

LLDB（Xcode默认调试器，Mac OS下开发必备调试器）、
GDB、 Visual Studio Debugger ……

一、软件调试介绍

- 两大调试器区别



GDB (GNU Debugger)

- 重量级，更成熟，基于GCC
- 复杂的C++场景，调试不友好
- gcc编译，优先推荐
- C/C++/FORTRAN/Go……

LLDB (LLVM Debugger)

- 轻量级，插件化，更好集成LLVM
- C++支持更完善
- Clang编译，优先推荐
- C/C++/Objective C

一、软件调试介绍

- 调试器主要功能
  - 控制程序执行：启动、暂停、继续、跟踪 、attach、多线程、多进程
  - 读取程序状态：变量、传参、CPU寄存器、内存数据、函数栈帧 .....
  - 修改程序运行数据：修改变量值、寄存器值、内存地址 .....
  - 显示程序代码：显示源代码、汇编代码、机器码.....
  - 远程调试：调试远程机、调试开发板.....
  - GUI 图形界面：各种窗口（源码/汇编/寄存器/变量/内存/线程 .....）

  .....

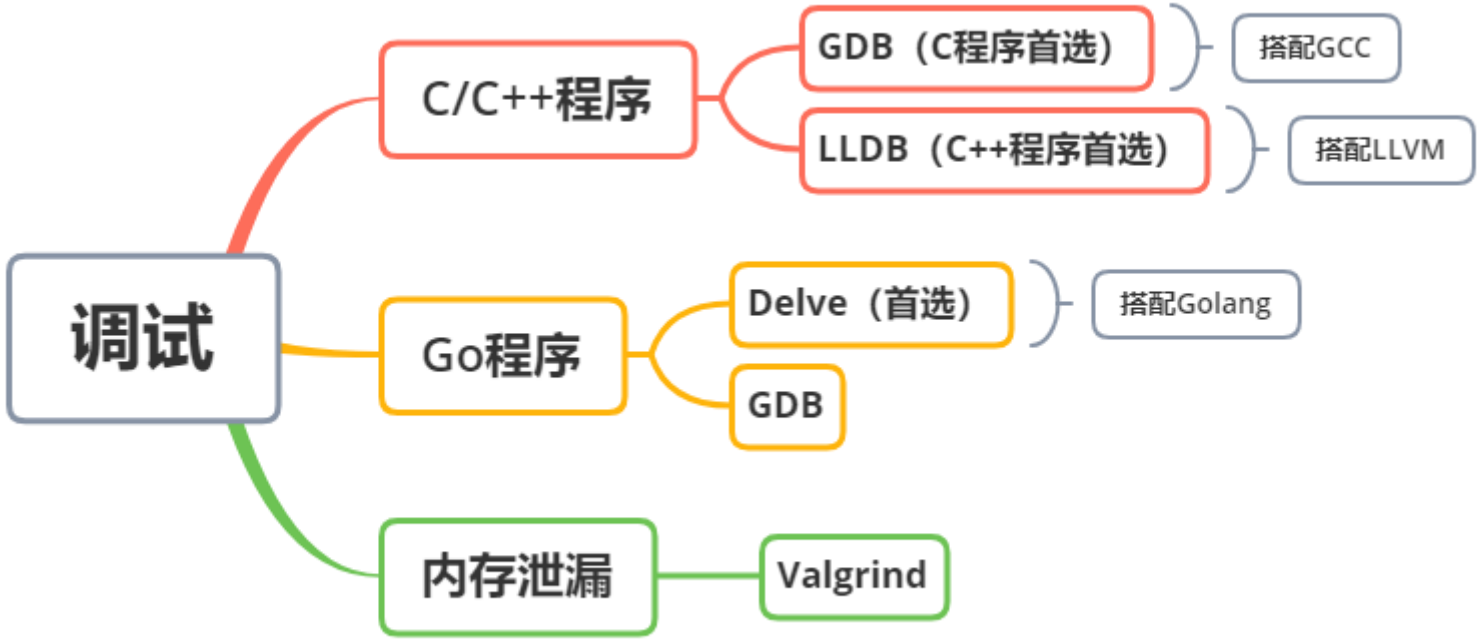
一、软件调试介绍

- 调试器常用命令

常用命令	GDB	LLDB
启动调试器	gdb [program]	lldb [program]
运行程序	(gdb) run	(lldb) run
单步-源码级	(gdb) step/next	(lldb) step/next
单步-指令级	(gdb) stepi/nexti	(lldb) stepi/nexti
跳出当前函数	(gdb) finish	(lldb) finish
设置断点	(gdb) break main	(lldb) breakpoint set --name main
显示寄存器	(gdb) info registers	(lldb) register read
反汇编	(gdb) disassemble main	(lldb) disassable --name main
打印变量	(gdb) print a	(lldb) frame variable a
打印堆栈	(gdb) bt	(lldb) thread backtrace (bt)
显示线程	(gdb) info thread	(lldb) thread list

一、软件调试介绍

- 申威现有调试工具



二、调试原理和技巧

1. 系统调用ptrace
2. 断点和单步原理
3. 调试技巧

- 系统调用ptrace

ptrace是由 Linux 内核提供的一个功能强大的系统调用，允许一个用户态进程检查、修改另一个进程的内存和寄存器。函数原型如下：

```
#include <sys/ptrace.h>
long ptrace(enum __ptrace_request request, pid_t pid, void *addr, void *data);
```

☞**ptrace功能由request 参数确定：**

- ⑩建立进程间的跟踪关系：PTRACE_ATTACH 、PTRACE_TRACEME……
- ⑩读写进程的内存：PTRACE_PEEKTEXT、PTRACE_POKETEXT……
- ⑩读写进程的寄存器：PTRACE_GETREGSET、 PTRACE_POKEUSR ……

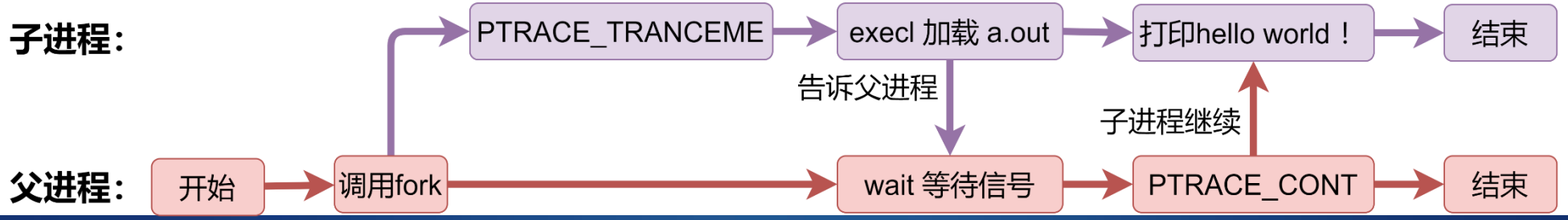
二、调试原理和技巧

- PTRACE_TRACEME——控制程序执行

```c
#include <stdio.h>
#include <sys/ptrace.h>
#include <sys/wait.h>

int main() {
    pid_t child;
    child = fork();
    if(child == 0) { // child process
        ptrace(PTRACE_TRACEME, 0, NULL, NULL);
        printf("Child run a.out by execl\n");
        execl("./a.out", "a.out", NULL); // run a.out and send signal
    } else { // parent process
        wait(NULL); // wait for child signal
        ptrace(PTRACE_CONT, child, NULL, NULL); // tell child to continue
        printf("Parent exit\n");
    }
    return 0;
}
```

```
lhx@sw6b:~/ppt-code/demo1$ ./test-fork
Child run a.out by execl
Parent exit
lhx@sw6b:~/ppt-code/demo1$ hello world !
```



二、调试原理和技巧

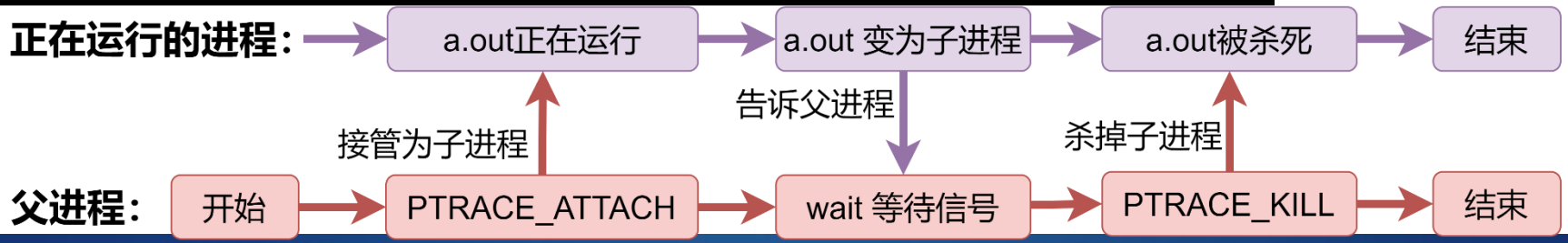
- PTRACE_ATTACH——接管正在运行的进程

```c
#include <stdio.h>
#include <sys/ptrace.h>
#include <sys/wait.h>

int main(int argc, char** argv) {
    pid_t child;
    child = atoi(argv[1]);
    printf("Try to attach child: %d\n", child);
    int ret = ptrace(PTRACE_ATTACH, child, NULL, NULL); // attch child process
    if (ret == 0)
      printf("Attach child %d success !\n", child);
    else
      printf("Attach error !\n");
    wait(NULL); // wait for child signal
    ptrace(PTRACE_KILL, child, NULL, NULL); // kill child process
    printf("Kill child success !\n");
    return 0;
}
```

```
lhx@sw6b:~/ppt-code/demo2$ ./a.out
[0] Hello World ! (pid = 13811)
[1] Hello World ! (pid = 13811)
[2] Hello World ! (pid = 13811)
[3] Hello World ! (pid = 13811)
已杀死
```

```
lhx@sw6b:~/ppt-code/demo2$ ./test-attach 13811
Try to attach child: 13811
Attach child 13811 success !
Kill child success !
```



PTRACE_POKEDATA——修改进程的内存数据

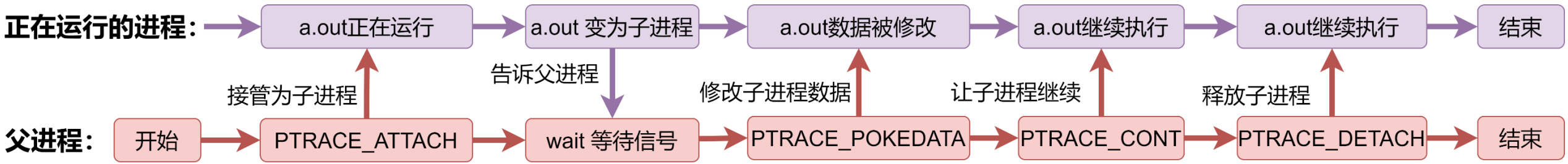
```c
#include <stdio.h>
#include <sys/ptrace.h>
#include <sys/wait.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    char new_value = 'B';
    long address = 0x0000000120012088;  // address of varible 'A'
    pid_t pid = atoi(argv[1]);
    ptrace(PTRACE_ATTACH, pid, 0, 0); // attach running process by pid
    wait(NULL);
    ptrace(PTRACE_POKEDATA, pid, address, new_value); // modify the value at address
    printf("Modify data succes !\n");
    ptrace(PTRACE_CONT, pid, 0, 0);
    ptrace(PTRACE_DETACH, pid, NULL, NULL);
    return 0;
}
```

```
lhx@sw6b:~/ppt-code/demo3$ nm a.out | grep var
0000000120012088 G var
```

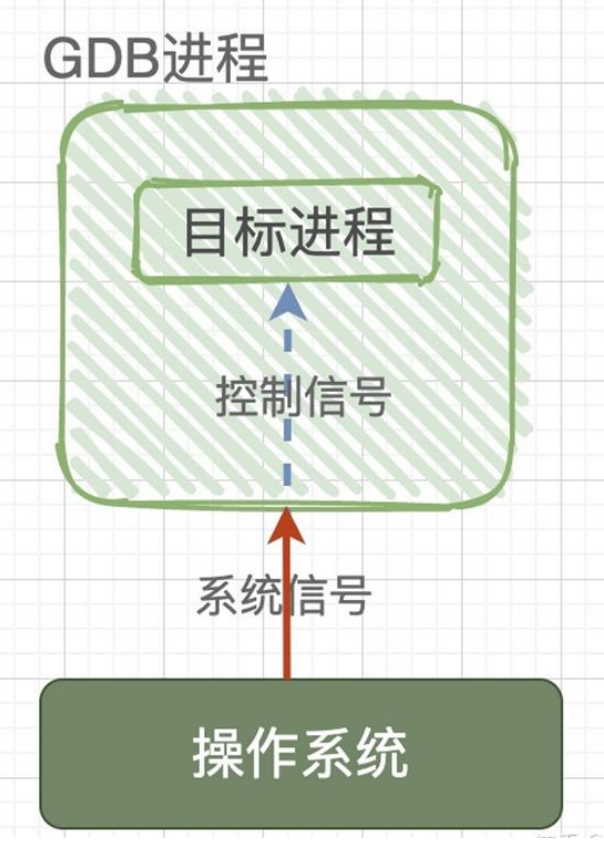
```
lhx@sw6b:~/ppt-code/demo3$ ./a.out
var = A (pid = 16915)
var = A (pid = 16915)
var = A (pid = 16915)
var = A (pid = 16915)
var = B (pid = 16915)
var = B (pid = 16915)
^C
```

```
lhx@sw6b:~/ppt-code/demo3$ ./test-memory 16915
Modify data succes !
```



GDB调试原理

- 程序正常运行时，操作系统与目标进程之间是直接交互的；
- gdb调试时，产生追踪者（debugger）和被追踪者（debugee）；
- gdb通过ptrace接管目标进程，操作系统发的信号，都被gdb接收；
- gdb进程通过ptrace读写目标进程的内存地址和寄存器；



二、调试原理和技巧

窥探断点实现过程

- 编译时添加-g选项后，会产生源码和汇编对应关系
- 若想在第5行设置断点，首先找到第5行对应汇编（第11条指令）
- 替换成申威断点指令，并将原来的指令保存到链表里

```
1 #include <stdio.h>
2 int main() {
3     int a = 1;
4     int b = 2;
5     int sum = a + b;
6     printf("sum = %d\n", sum);
7     return 0;
8 }
```

```
 7  ldi    $r1,1
 8  stw    $r1,16(fp)
 9  ldi    $r1,2
10  stw    $r1,20(fp)
11  ldw    $r2,16(fp)
12  ldw    $r1,20(fp)
13  addw   $r2,$r1,$r1
```

```
1 #include <stdio.h>
2 int main() {
3     int a = 1;
4     int b = 2;
5     int sum = a + b;
6     printf("sum = %d\n", sum);
7     return 0;
8 }
```

```
 7  ldi    $r1,1
 8  stw    $r1,16(fp)
 9  ldi    $r1,2
10  stw    $r1,20(fp)
11  sys_call 0x80
12  ldw    $r1,20(fp)
13  addw   $r2,$r1,$r1
```

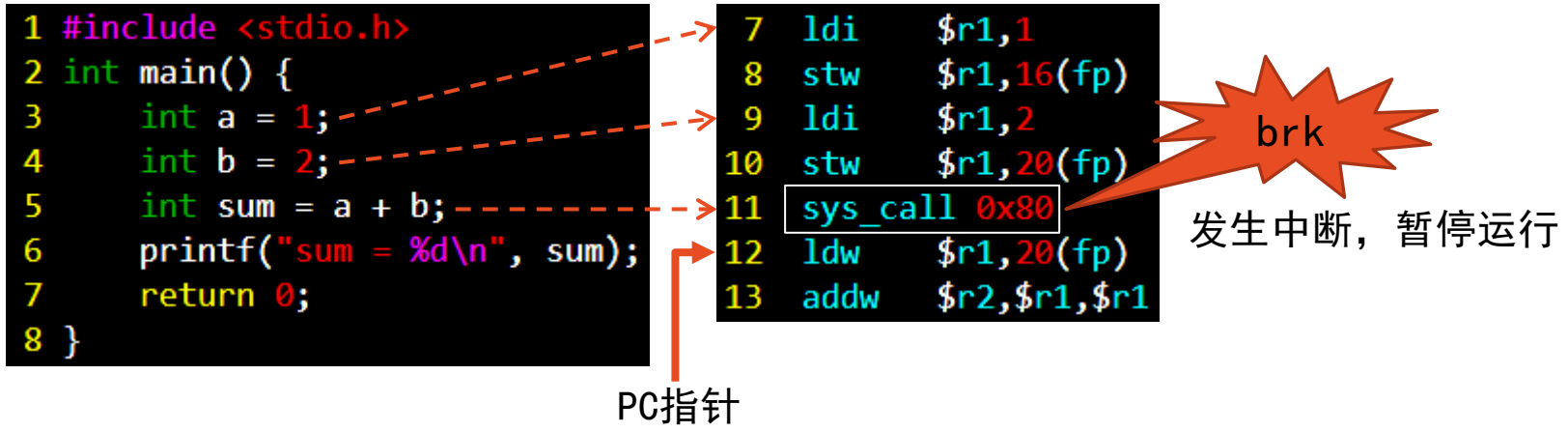
将原指令保存到断点链表里

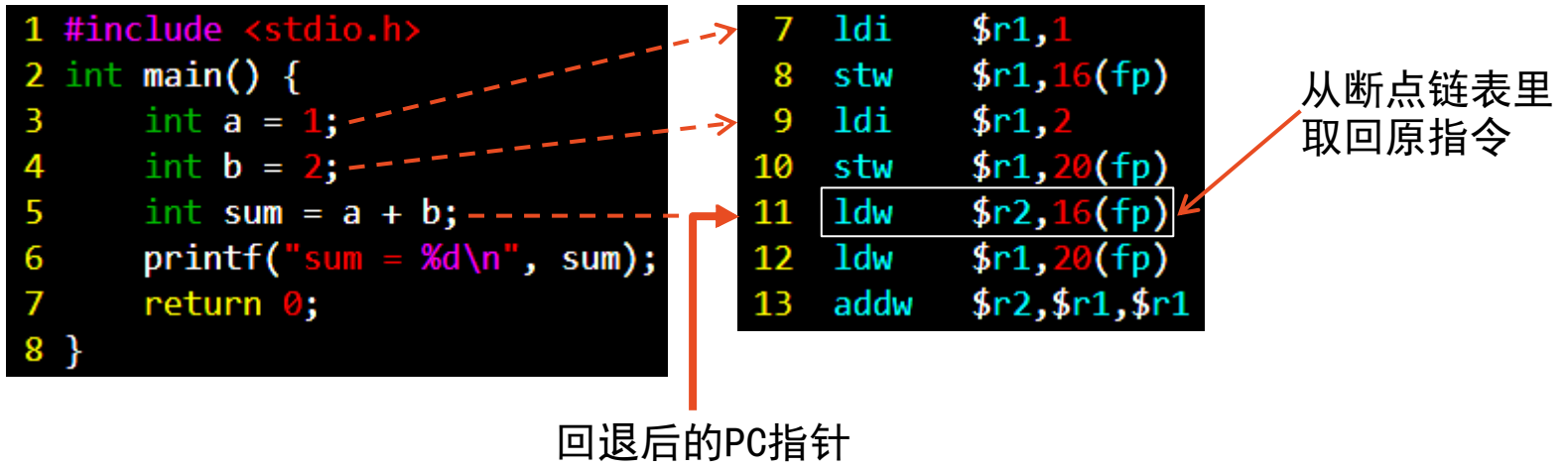
```
ldw    $r2,16(fp)
```

二、调试原理和技巧

窥探断点实现过程

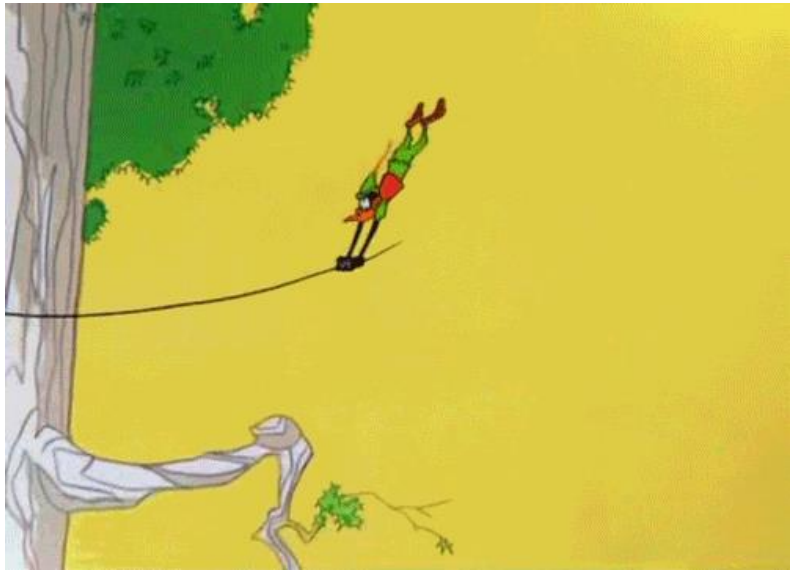
- 程序执行第11条指令后，产生中断并停止运行，此时pc指向第12条指令
- 查找断点链表判断是否为断点，替换回来原指令并进行pc-4操作，退一步回来
- 等待用户下一步操作





二、调试原理和技巧

- 在程序某行设置断点的原理 ★



☞ 读取程序某行对应的指令并保存起来；

☞ 用中断指令替换掉原来位置的指令；

☞ 当程序执行到该处时，会发生断点异常，停止运行；

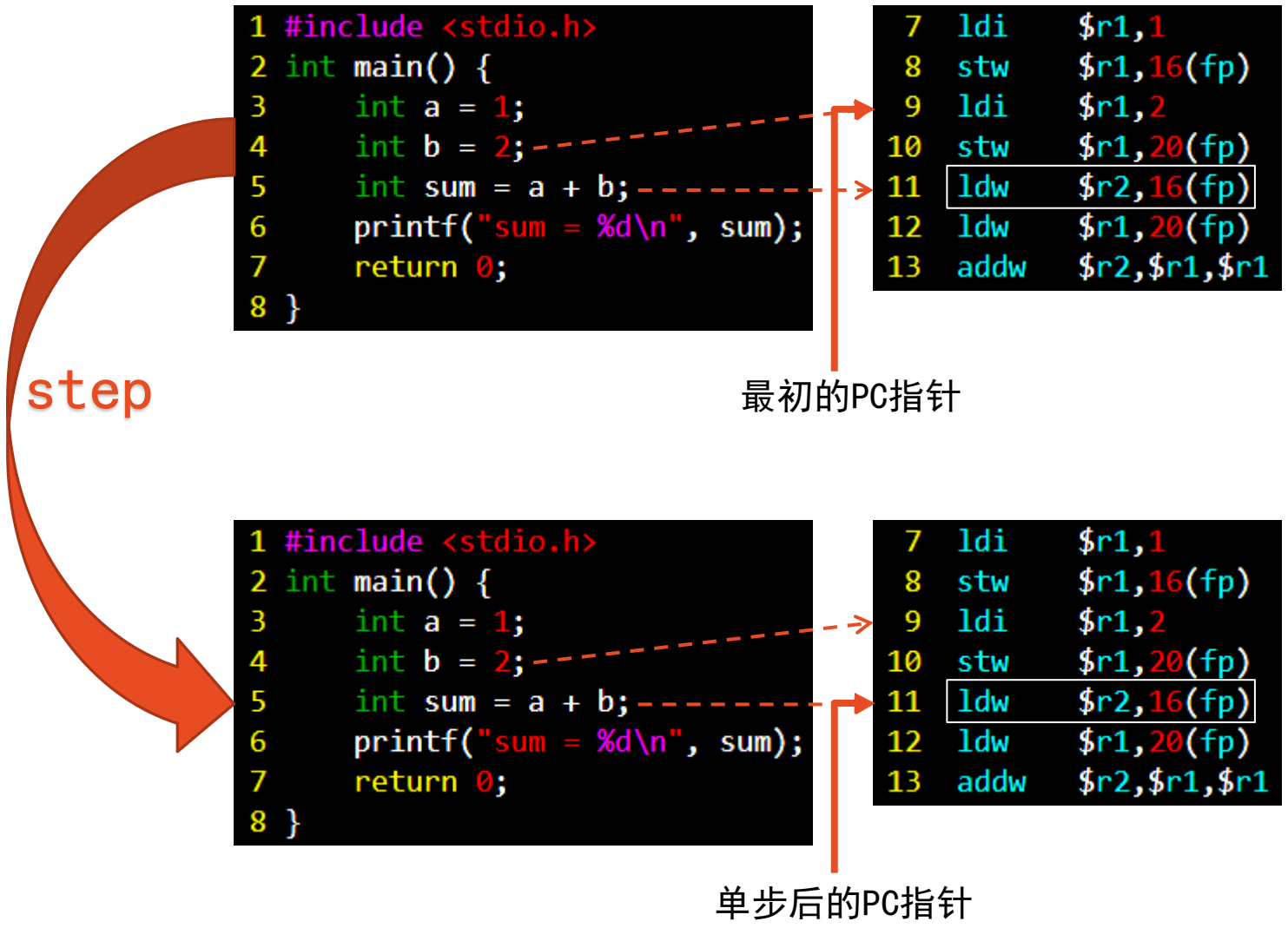
☞ 从断点链表中将保存的指令替换回来，让PC倒退一步后继续运行。

二、调试原理和技巧

窥探单步实现过程

单步执行目的是执行1行源码，例如从源码第4行单步执行到第5行：

1. 调试器通过符号信息得知第5行源码对应第11行汇编
2. 调试器就控制PC指针一直执行汇编指令
3. 直到第10行执行结束，PC指向第11行时，就停止下来等待用户操作。



二、调试原理和技巧

- 调试技巧1：使用GUI调试界面

- 调试技巧2：通过插件增强功能

GEF

(GDB Enhanced Features)
通过Python脚本扩充GDB功能，更方便进行动态分析和逆向分析

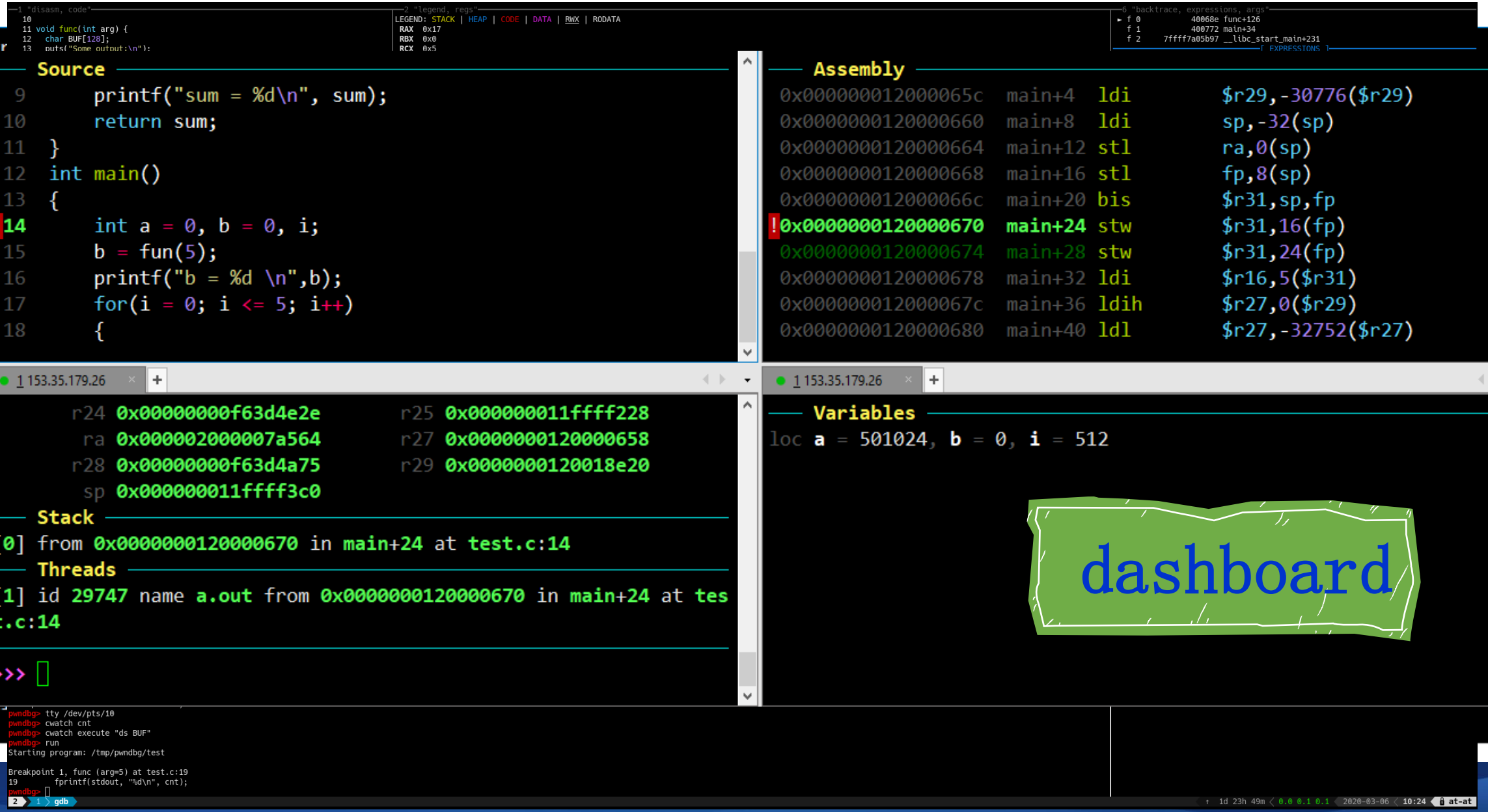
Pwndbg

包含一系列工具集，可分析got/plt符号表，解析指针引用，颜色和功能丰富

dashboard

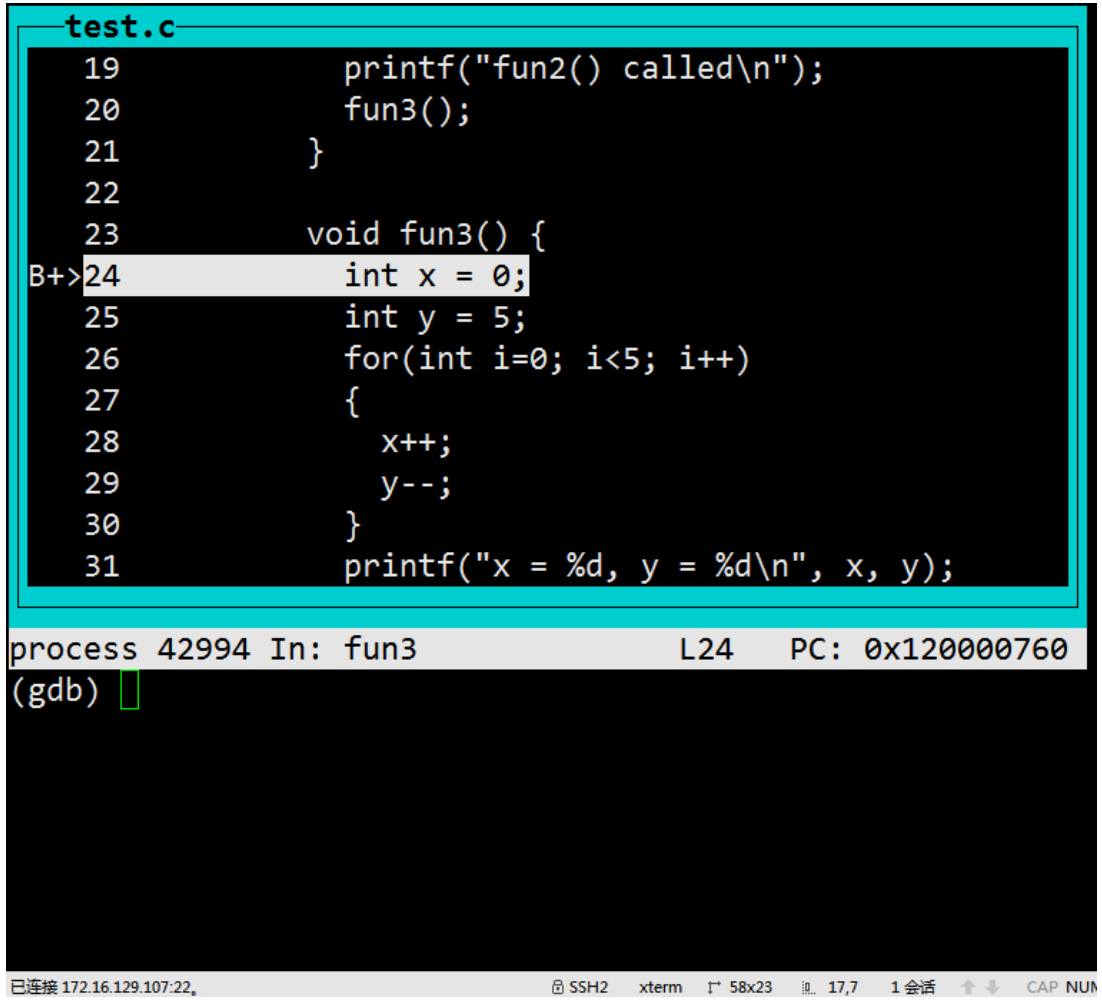
界面炫酷，组件众多，支持自定义配置，多终端显示

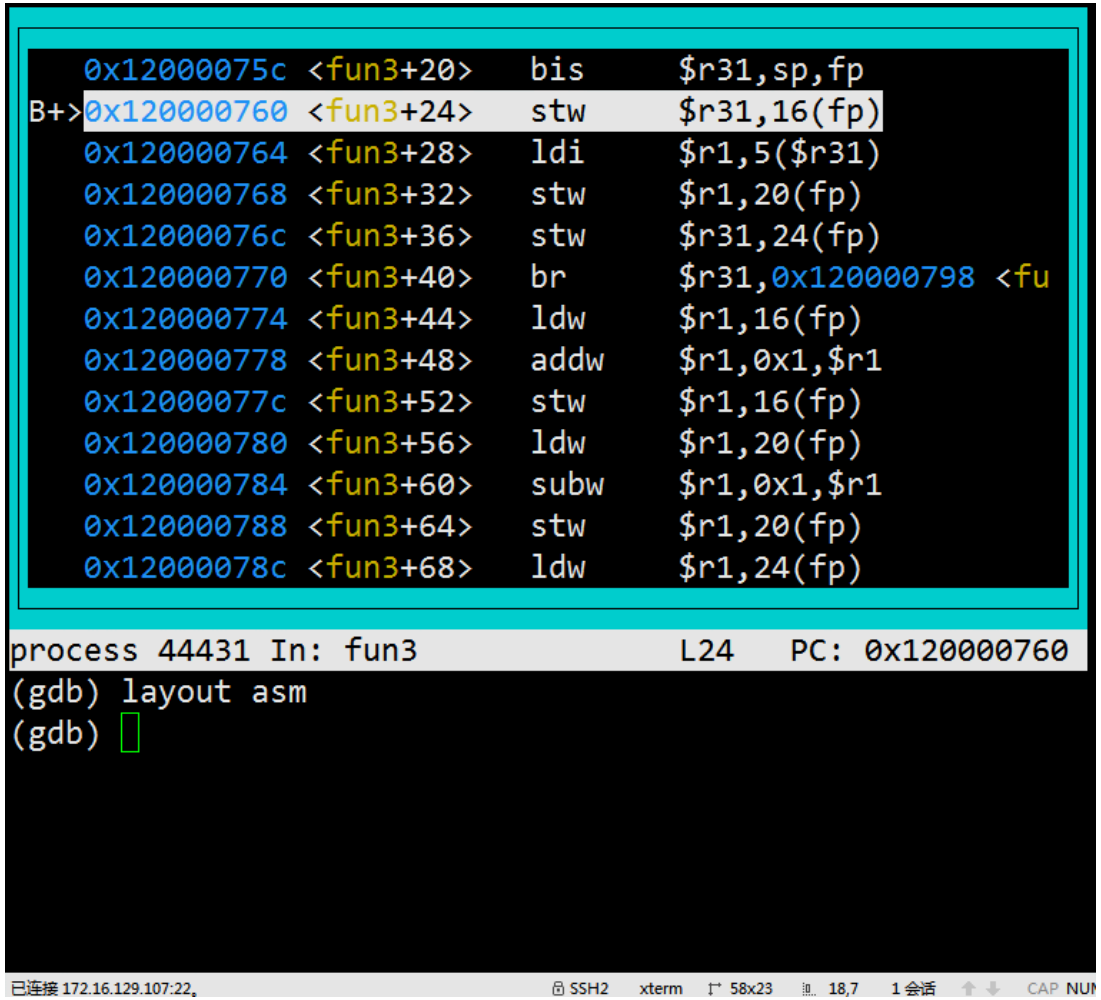
二、调试原理和技巧


Source
9 printf("sum = %d\n", sum);
10 return sum;
11 }
12 int main()
13 {
14 int a = 0, b = 0, i;
15 b = fun(5);
16 printf("b = %d \n",b);
17 for(i = 0; i <= 5; i++)
18 {
Assembly
0x0000000120000660 main+8 ldi sp,-32(sp)
0x0000000120000664 main+12 stl ra,0(sp)
0x0000000120000668 main+16 stl fp,8(sp)
0x000000012000066c main+20 bis $r31,sp,fp
0x0000000120000670 main+24 stw $r31,16(fp)
0x0000000120000674 main+28 stw $r31,24(fp)
0x0000000120000678 main+32 ldi $r16,5($r31)
0x000000012000067c main+36 ldih $r27,0($r29)
0x0000000120000680 main+40 ldl $r27,-32752($r27)
r24 0x00000000f63d4e2e
r25 0x000000011ffff228
ra 0x000002000007a564
r27 0x0000000120000658
r28 0x00000000f63d4a75
r29 0x0000000120018e20
sp 0x000000011ffff3c0
Stack
[0] from 0x0000000120000670 in main+24 at test.c:14
Threads
[1] id 29747 name a.out from 0x0000000120000670 in main+24 at test.c:14
>>>
Variables
loc a = 501024, b = 0, i = 512
dashboard
pwndbg> tty /dev/pts/10
pwndbg> cwatch cnt
pwndbg> cwatch execute "ds BUF"
pwndbg> run
Starting program: /tmp/pwndbg/test
Breakpoint 1, func (arg=5) at test.c:19
19 fprintf(stdout, "%d\n", cnt);
pwndbg>
gdb

二、调试原理和技巧

- 调试技巧3：学会反向调试





三、申威调优技术

1 调优目的

2 调优原理

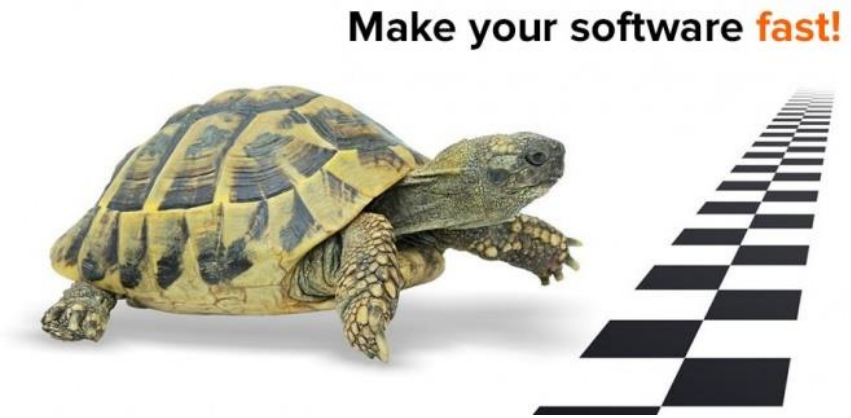
3 调优工具

三、申威调优技术

- 为什么要调优？

日常使用软件时，你是否有过如下体验：

- 程序运行好慢啊，它到底在干什么？？
- 界面卡顿？鼠标没响应？
- 系统资源不足，程序崩溃？

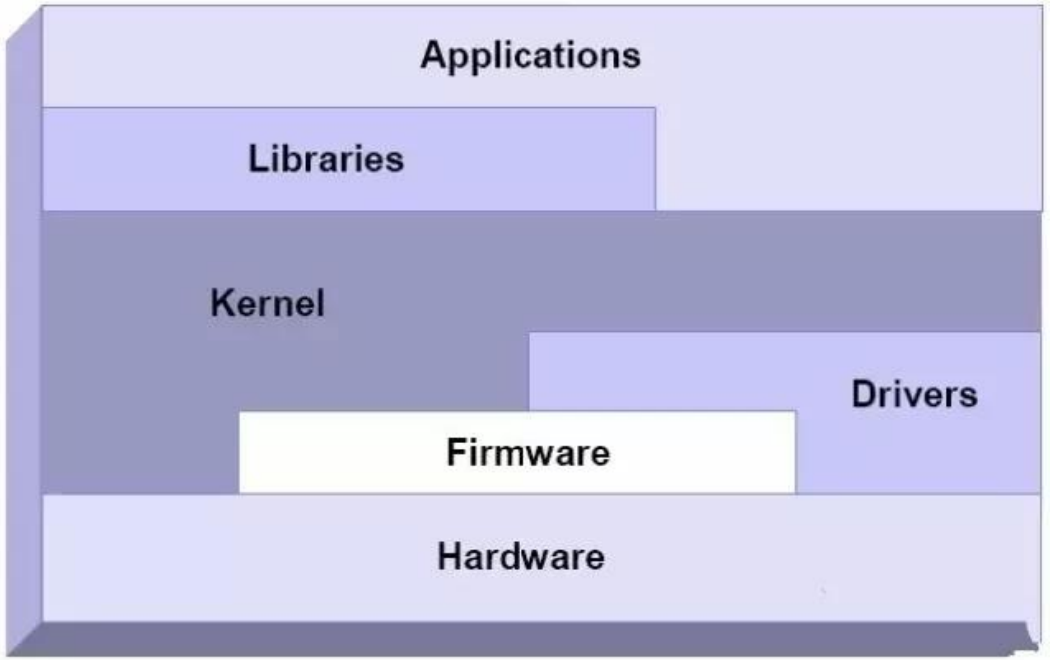


三、申威调优技术

- 什么是性能调优？

计算机体系结构中，核心三部分：

- 硬件（Hardware）
- 操作系统（Kernel）
- 应用（Applications）



★性能调优就是在对硬件、操作系统和应用了解的基础上，调节三者之间的关系，实现整个系统的性能最大化，并能不断的满足现有的业务需求。

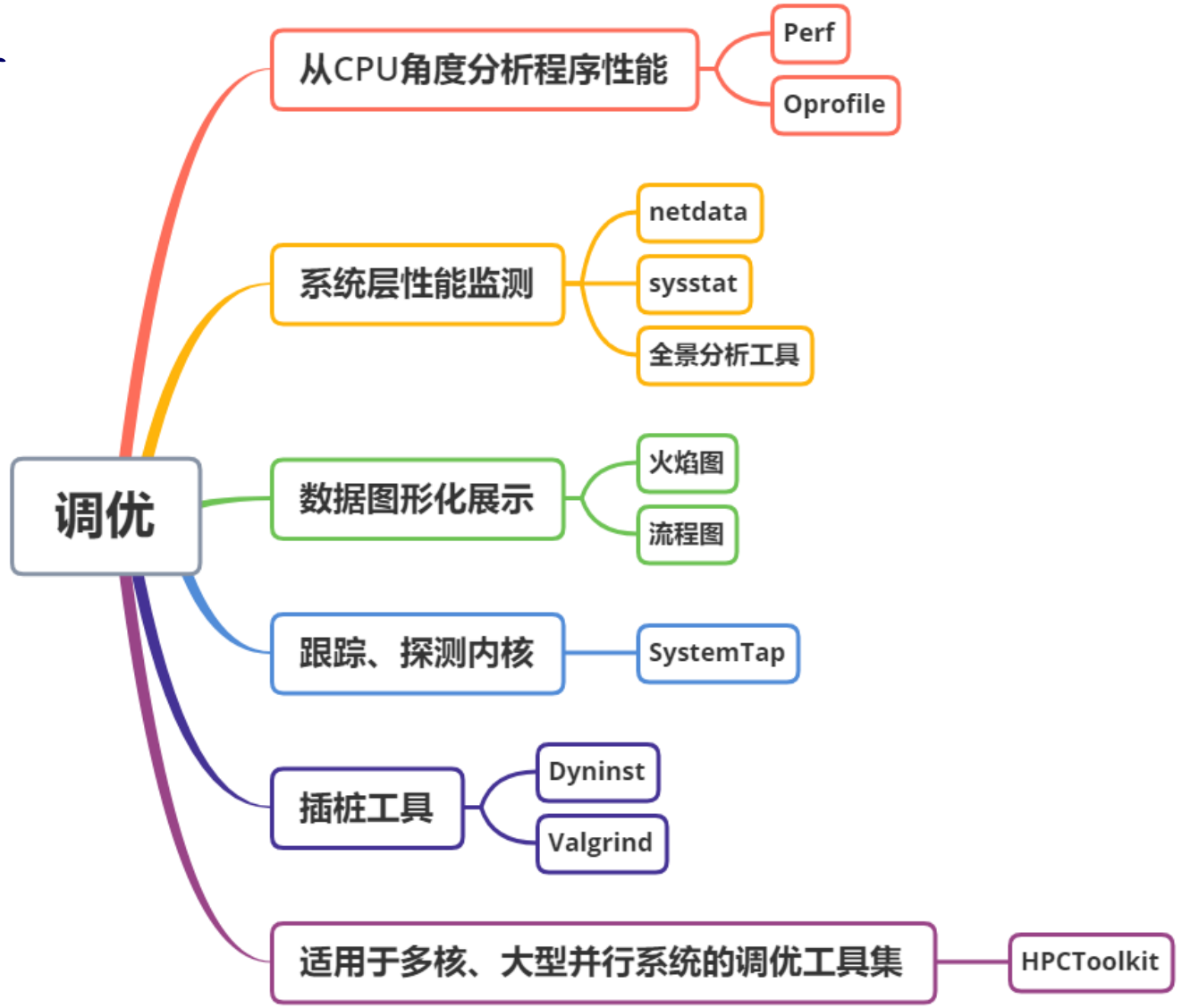
- 调优工具的原理——Linux的可观测性支持

- 硬件提供了事件计数、统计功能
- 操作系统提供了可观测性支持
- 调优工具基于这些功能获取数据，收集系统内各种信息。

类型	数据来源
进程计数器	/proc
全系统计数器	/proc, /sys
设备配置和计数器	/sys
Cgroup统计	/sys/fs/cgroup
进程跟踪	ptrace
硬件计数器(PMCs)	perf_event
网络统计	netlink
网络数据包捕获	libpcap
线程延迟指标	Delay accounting
全系统追踪	tracepoints, software events, kprobes, uprobes, perf_event

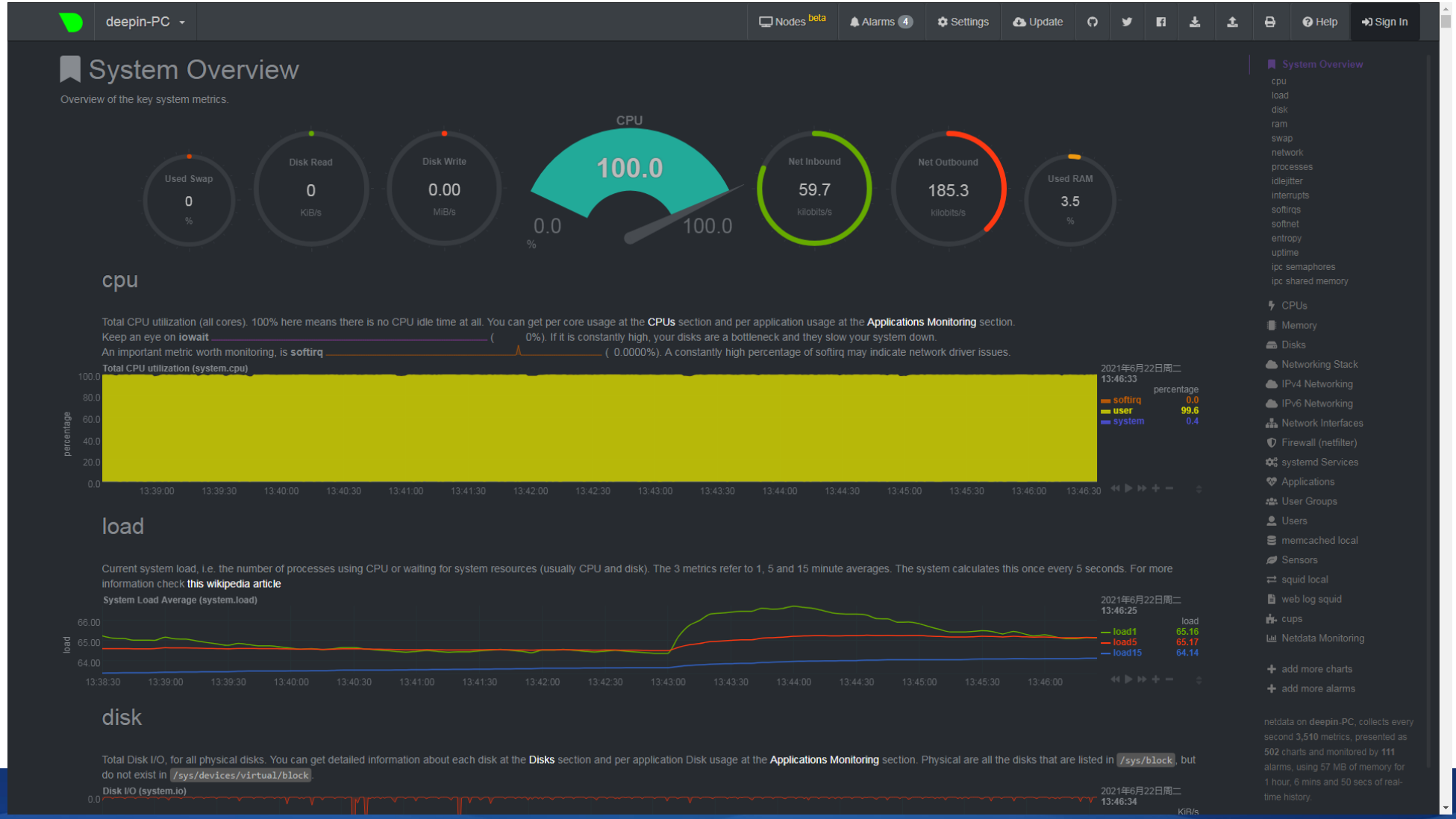
三、申威调优技术

- 申威现有调优工具



三、申威调优技术

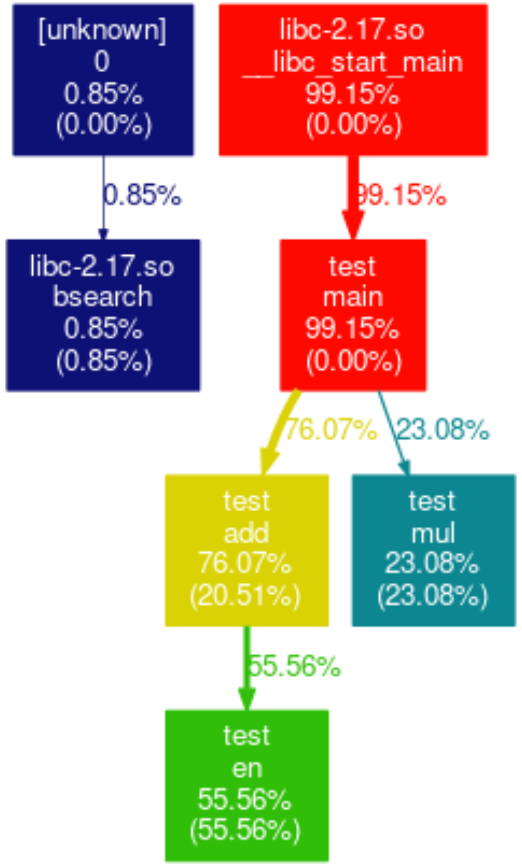
- 调优工具——netdata展示图



- 调优工具——流程图

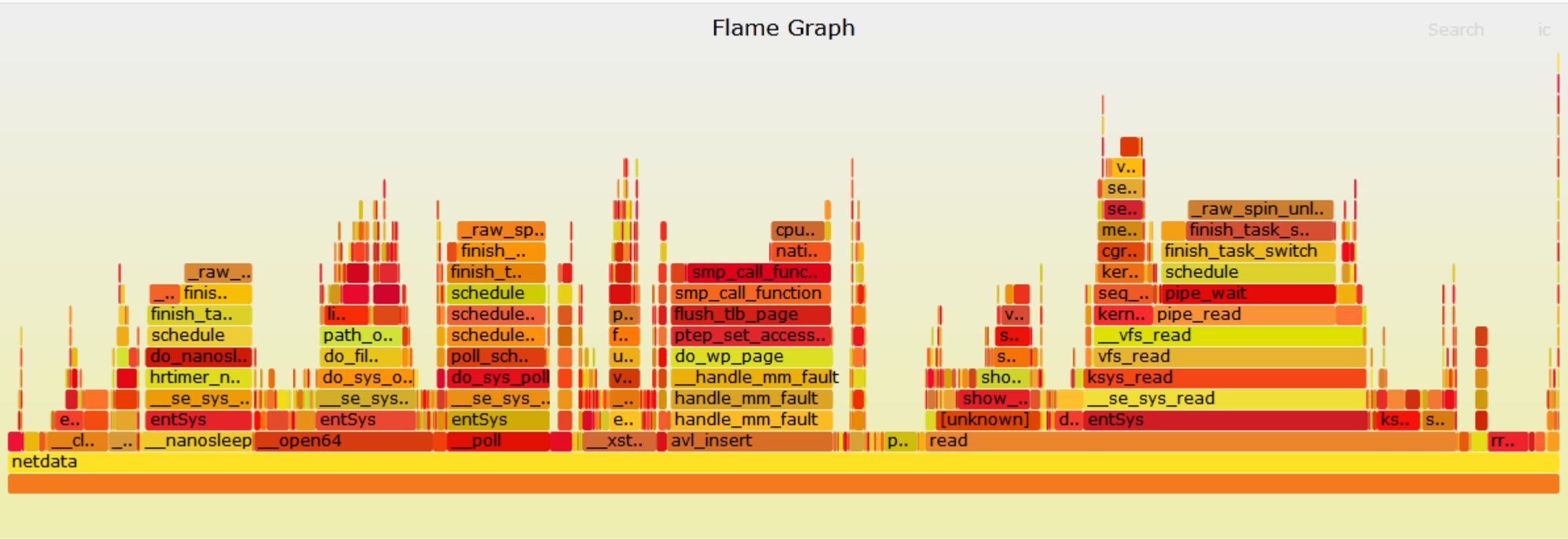
```
#include<stdio.h>
#define NUM 3921
int en(int* a,int* b){……}
int add(int* a,int* b,int num){……en(a,b);……}
int mul(int* a ,int* b,int num){……}

int main(){
……          if(……){
                    add(a,b,NUM);
            }else{
                    mul(a,b,NUM);
            }}
……}
```



三、申威调优技术

- 调优工具——火焰图



四、申威IDE技术

☞什么是IDE?

☞IDE的优势?

☞申威有哪些IDE?

四、申威 IDE 技术

- 什么是 IDE ？

集成开发环境（Integrated Develop Environment）是一种软件应用程序，为计算机程序员提供全面的软件开发工具。IDE通常至少由一个源代码编辑器、构建自动化工具和一个调试器组成。

IDE = 文本编辑器+调试器+构建工具

- IDE 的优势

- 常见的 IDE

Visual Studio Code

在 Windows、macOS 和 Linux 上运行的独立源代码编辑器。JavaScript 和 Web 开发人员的最佳选择，具有大量扩展以几乎支持任何编程语言。

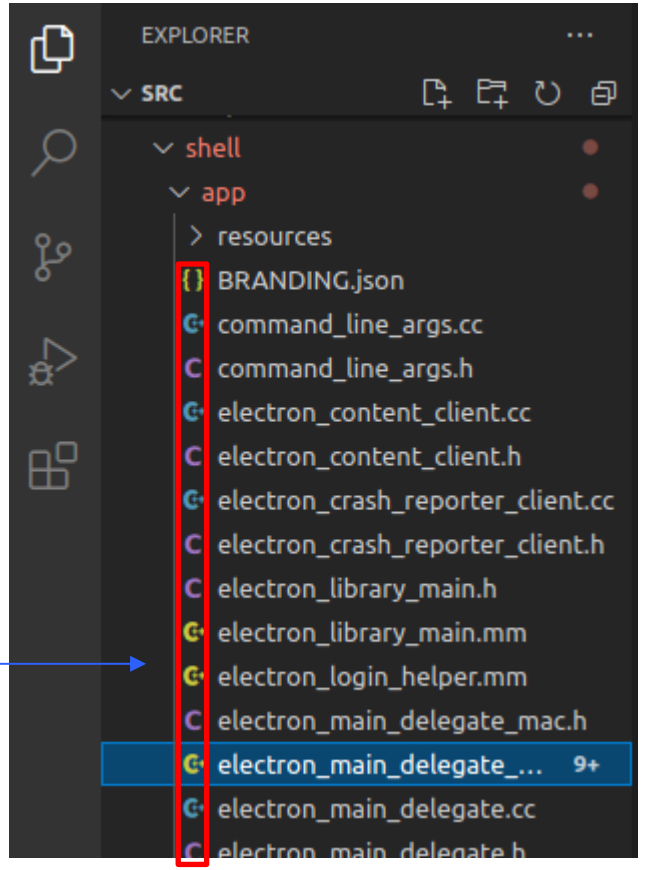
- VSCode的优势

	主流开发环境	Visual Studio Code
开发技术	软件开发技术， 与底层依赖性强	Web开发技术， 支持跨平台开发
显著特征	完整的ide和调试器 体积较大	轻量级、多语言支持、 高度自定义的插件支持
兼容性	单平台	包括linux、windows等主流平台
开源情况	商业化非开源	开源

- IDE 的优势1：资源管理器

☞**与终端的文件管理相比，IDE能够收起或打开目录显示内容。同时IDE也能够同时打开多个窗口。**

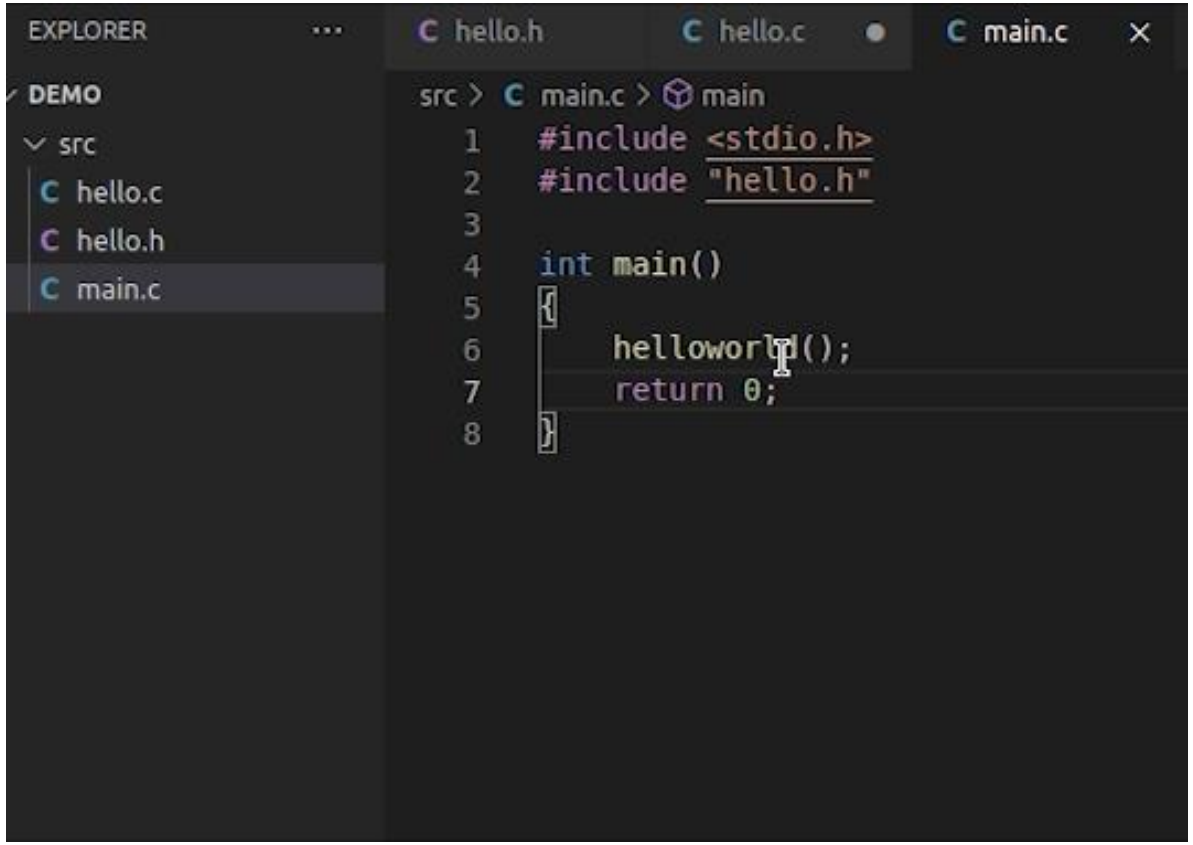
IDE能通过图标更细致地区分目录下文件的类型



- IDE 的优势2：语法高亮、函数跳转

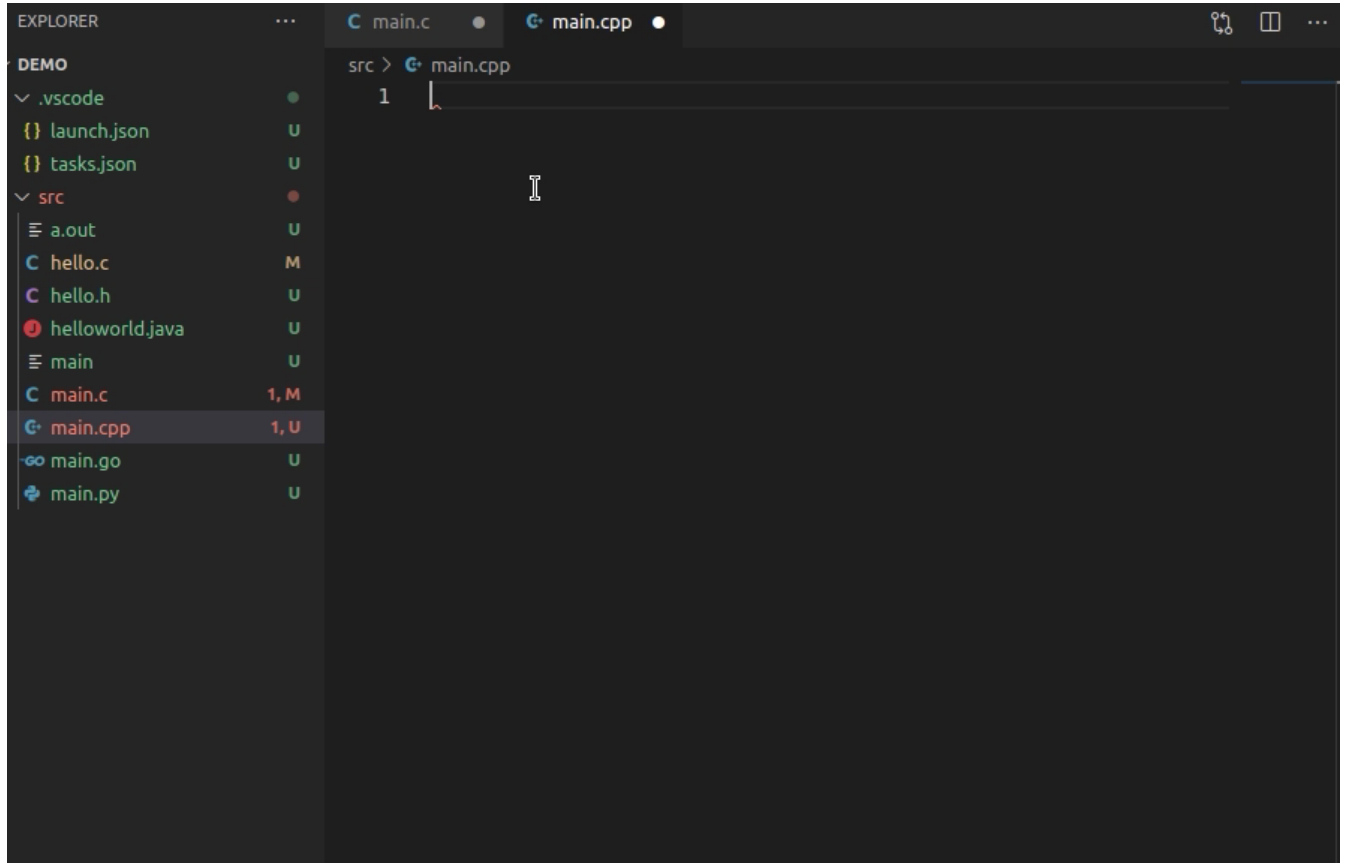
☞**IDE能够更全面地展示语法高亮**

并支持点击函数名跳转至函数定义处



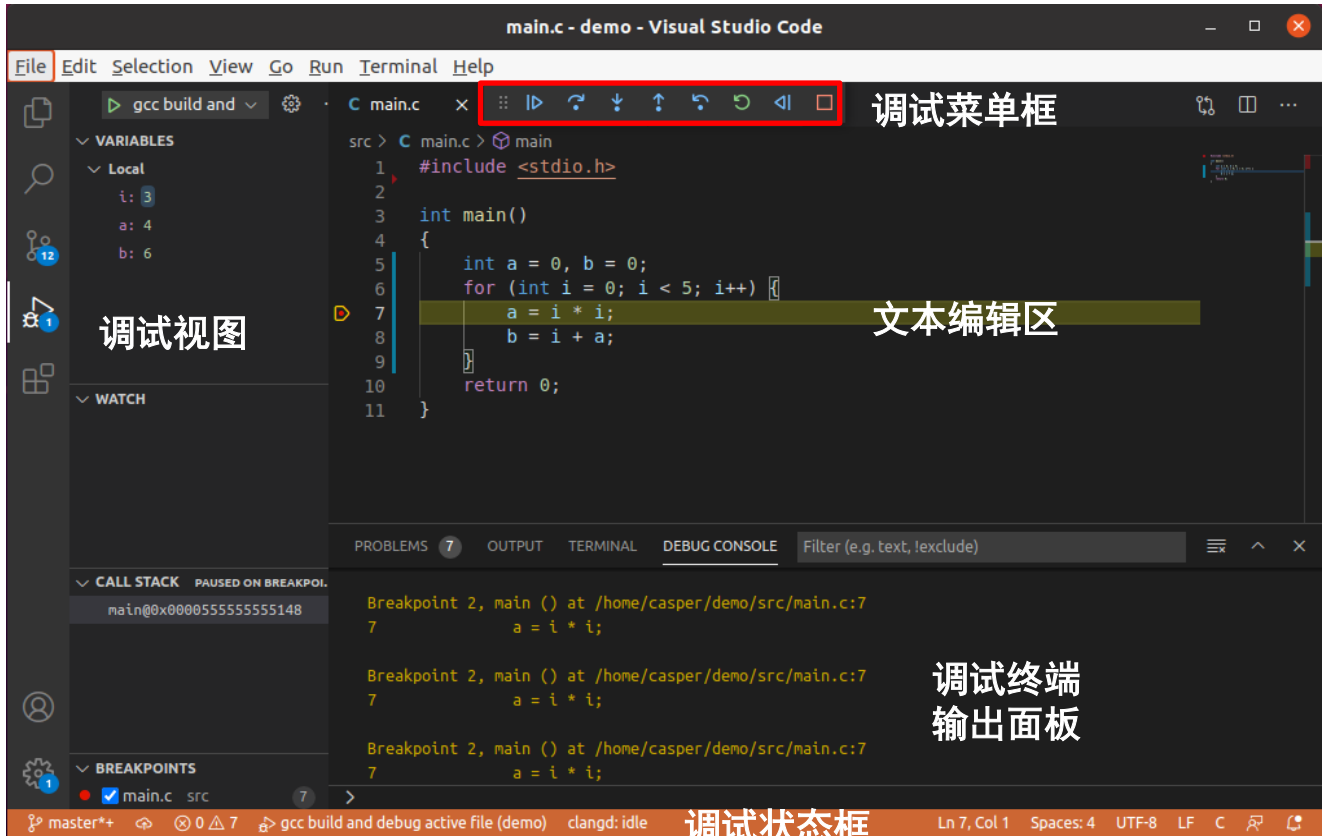
- IDE 的优势3：智能补全

☞**IDE能够更全面地展示语法高亮**



- IDE 的优势4：调试集成

☞运行调试功能集成与编辑器内部



- 申威VSCode特性

- 支持多种申威架构平台
- 支持C/C++、Java、GO等多种语言开发
  可调用申威编译器和调试器
- 已支持多种服务于申威架构开发库
- 适配市面上主流插件

四、申威 IDE 技术

- 申威 IDE 研发进展

VSCode申威适配情况	
版本支持	1.36.0、1.54.3、1.56.2
环境支持	sw421、sw1621、sw3231
系统支持	麒麟V10、UOS 20
插件支持	clangd、language support for Java、go and more…

Eclipse申威适配情况	
版本支持	4.5.1、4.11.0、4.18.0
环境支持	sw421、sw1621、sw3231
系统支持	麒麟V10、UOS 20
插件支持	CDT(c++ develop tools)、goclipse

四、申威 IDE 技术

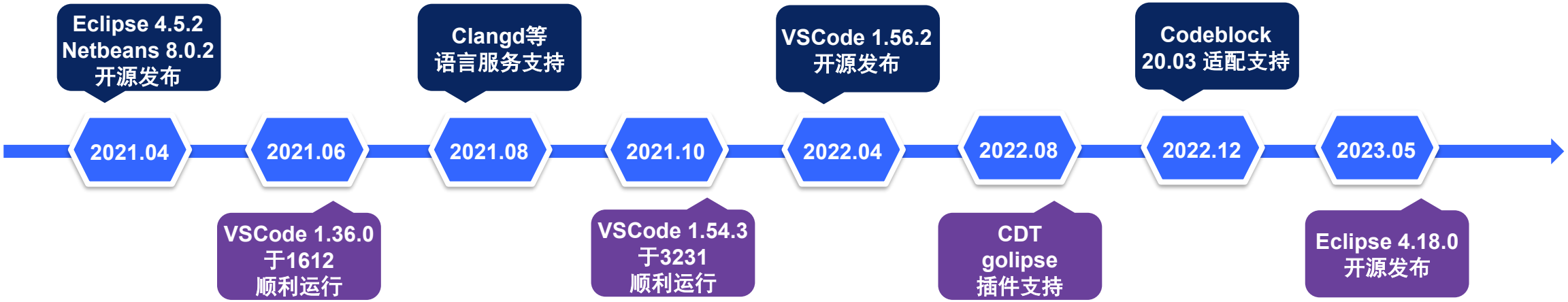
NetBeans

netbeans申威适配情况	
版本支持	8.0.2
环境支持	sw421、sw1621、sw3231
系统支持	麒麟V10、UOS 20

Code::Blocks

The open source, cross-platform IDE

codeblocks申威适配情况	
版本支持	20.03
环境支持	sw421、sw1621、sw3231
系统支持	麒麟V10、UOS 20



谢 谢 各 位 !

生态软件研发部

开发生态组 – 刘汉旭