

# Linpack 标准测试程序及其分析

## 1. 简介

Linpack 现在在国际上已经成为最流行的用于测试高性能计算机系统浮点性能的 benchmark。通过利用高性能计算机，用高斯消元法求解一元 N 次稠密线性代数方程组的测试，评价高性能计算机的浮点性能。

Linpack 测试包括三类，Linpack100、Linpack1000 和 HPL。Linpack100 求解规模为 100 阶的稠密线性代数方程组，它只允许采用编译优化选项进行优化，不得更改代码，甚至代码中的注释也不得修改。Linpack1000 要求求解规模为 1000 阶的线性代数方程组，达到指定的精度要求，可以在不改变计算量的前提下做算法和代码上做优化。HPL 即 High Performance Linpack，也叫高度并行计算基准测试，它对数组大小 N 没有限制，求解问题的规模可以改变，除基本算法（计算量）不可改变外，可以采用其它任何优化方法。前两种测试运行规模较小，已不是很适合现代计算机的发展，因此现在使用较多的测试标准为 HPL，而且阶次 N 也是 linpack 测试必须指明的参数。

HPL 是针对现代并行计算机提出的测试方式。用户在不修改任意测试程序的基础上，可以调节问题规模大小 N(矩阵大小)、使用到的 CPU 数目、使用各种优化方法来执行该测试程序，以获取最佳的性能。HPL 采用高斯消元法求解线性方程组。当求解问题规模为 N 时，浮点运算次数为  $(2/3 * N^3 - 2 * N^2)$ 。因此，只要给出问题规模 N，测得系统计算时间 T，峰值=计算量  $(2/3 * N^3 - 2 * N^2)$  / 计算时间 T，测试结果以浮点运算每秒（Flops）给出。

### 计算峰值

随着产品硬件的不断的升级，整个的计算能力也以数量级的速度提升。衡量计算机性能的一个重要指标就是计算峰值，例如浮点计算峰值，它是指计算机每秒钟能完成的浮点计算最大次数。包括理论浮点峰值和实测浮点峰值：

理论浮点峰值是该计算机理论上能达到的每秒钟能完成浮点计算最大次数，它主要是由 CPU 的主频决定的，

理论浮点峰值=CPU 主频×CPU 每个时钟周期执行浮点运算的次数×系统中 CPU 核心数目。

实测浮点峰值是指 Linpack 测试值，也就是说在这台机器上运行 Linpack 测

试程序，通过各种调优方法得到的最优的测试结果。实际上在实际程序运行过程中，几乎不可能达到实测浮点峰值，更不用说达到理论浮点峰值了。这两个值只是作为衡量机器性能的一个指标，用来表明机器处理能力的一个标尺和潜能的度量。

## 2. Linpack 安装与测试

- (1) 复制文件: `sudo cp CBLAS/lib/* /usr/local/lib`
- (2) 复制文件: `sudo cp BLAS-3.8.0/blas_LINUX.a /usr/local/lib`
- (3) 下载 hpl-2.3.tar.gz: `wget http://www.netlib.org/benchmark/hpl/hpl-2.3.tar.gz`
- (4) 解压包: `tar -xzf hpl-2.3.tar.gz`
- (5) 切换目录: `cd hpl-2.3`
- (6) 复制文件: `cp setup/Make.Linux_PII_CBLAS ./`
- (7) 打开 Make.top 文件: `vim Make.top`
- (8) 修改变量值: `arch = Linux_PII_CBLAS`
- (9) 关闭 Make.top 文件: `:wq`
- (10) 打开 Makefile 文件: `vim Makefile`
- (11) 修改变量值: `arch = Linux_PII_CBLAS`
- (12) 关闭 Makefile 文件: `:wq`
- (13) 打开 Make.Linux\_PII\_CBLAS: `vim Make.Linux_PII_CBLAS`
- (14) 修改 Make.Linux\_PII\_CBLAS 文件中的变量:  
`ARCH= Linux_PII_CBLAS`  
`TOPdir= $(HOME)/hpl-2.3`  
`MPdir= /usr/local`  
`MPLib= $(MPdir)/lib/libmpi.a /usr/lib64/libpthread-2.17.so /usr/lib64/libc-2.17.so`  
`LAdir = /usr/local/lib`  
`LAinc =`  
`LALib= $(LAdir)/cblas_LINUX.a $(LAdir)/blas_LINUX.a`  
`CC= /usr/local/bin/mpicc`  
`LINKER= /usr/local/bin/mpif77`
- (15) 编译: `make arch=Linux_PII_CBLAS`

(16) 运行测试:

```
cd bin/Linux_PII_CBLAS
```

```
mpirun -np 4 ./xhpl > HPL-Benchmark.txt
```

(17) 查看测试结果

HPL 允许一次顺序做多个不同配置测试，所以结果输出文件（缺省文件名为 HPL.out）可能同时有多项测试结果。

在文件的第一部分为配置文件 **hpl.dat** 的配置。在下面的部分使用基准测试一般需要和收集的信息包括：

**R:** 它是系统的最大的理论峰值性能，按 **GFLOPS** 表示。如 10 个 Pentium III CPU 的 **Rpeak** 值。

**N:** 给出有最高 **GFLOPS** 值的矩阵规模或问题规模。正如拇指规则，对于最好的性能，此数一般不高于总内存的 80%。

**Rmax:** 在 **Nmax** 规定的问题规模下，达到的最大 **GFLOPS**。

**NB:** 对于数据分配和计算粒度，HPL 使用的块尺度 **NB**。小心选择 **NB** 尺度。从数据分配的角度看，最小的 **NB** 应是理想的；但太小的 **NB** 值也可以限制计算性能。虽然最好值取决于系统的计算/通信性能比，但有代表性的良好块规模是 32 到 256 个间隔。