## 作业 3: AVL Tree

陈科辉 Keiver Pabula

28 Octobe, 2022

作业 3: AVL Tree

## 1 设计思路

题目要求我们制作一个平衡书,输入元素 k1,k2 为上下限遍历树中所有在这之间的元素,并为他们排序输出,并且还需要记录其时间来观察它的复杂性。因此我先拿了头文件 AVLTree.h 并为其制作 Printelement 函数,其中这个程序符合了 (k1 为下限, k2 为上限): 若节点为空,什么也不做;其实就是在排除 k1>k2 的情况;在 k1<k<k2 的情况下,则将元素按顺序排列,并将他们全部打印出来。

因为是要记录时间,所以使用时间函数。并且因为要多次实验,所以我将主函数设计为多次不同元素的排序。元素每次增加 100,且 k1 和 k2 恒定,所以元素增加的情况下,范围不变进行排序。

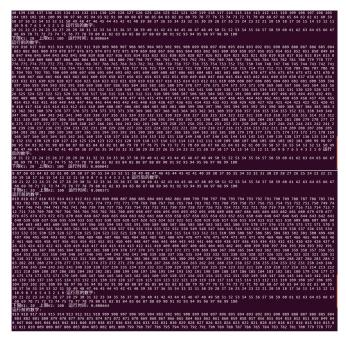
## 2 理论分析

首先树有两类: 1 类在要求内, 第 2 类不再要求内。因为是 AVLTree 所有的点应该最多高度只差 1. 设在 k1 到 k2 之间有 K 个元素,所以出输出 K 次,所以运行 O(K) 次;除了输出的点还有那些不再 k1 到 k2 的点需要跟着进行判断他是否在里面,而数的高度为 O(logN),所以要执行 O(logN)次,所以总共为 O(K + logN).

3 数值结果 2

## 3 数值结果

通过结果可以发现符合理论分析的结果,复杂度为 O(K+logN)



297 296 295 294 293 292 291 290 289 288 287 286 285 284 283 282 281 280 279 278 277 276 275 274 273 272 271 270 269 268 267 266 265 264 263 26
2 261 260 259 258 257 256 255 254 253 252 251 250 249 248 247 246 245 244 243 242 241 240 239 238 237 236 235 234 233 232 231 230 229 228 227 2
26 225 224 223 222 221 220 219 218 217 216 215 214 213 212 211 210 209 208 207 206 205 204 203 202 201 200 199 198 197 196 195 194 193 192 191
190 189 188 187 186 185 184 183 182 181 180 179 178 177 176 175 174 173 172 171 170 169 168 167 166 165 164 163 162 161 160 159 158 157 156 155
154 153 152 151 150 149 148 147 146 145 144 143 142 141 140 139 138 137 136 135 134 133 132 131 130 129 128 127 126 125 124 123 122 121 120 11 9 118 117 110 110 111 113 112 111 110 109 108 107 106 105 104 103 102 101 100 190 190 70 69 97 90 99 97 90 99 97 90 99 97 90 97 90 99 97 90 97 90 99 97 90 90 90 90 97 90 99 97 90 90 97 90 99 97 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90
9 118 117 110 110 114 113 112 111 110 109 108 107 100 105 104 103 102 101 100 99 98 97 90 95 94 93 92 91 90 89 88 87 80 85 84 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 88 86 76 66 56 64 63 62 61 80 79 78 81 82 81 81 81 81 81 81 81 81 81 81 81 81 81
9 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 运行后的数字:
20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67
68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
下限K1: 20 上限K2: 100 运行时间: 0.0006
运行前的数字:
719 718 717 716 715 714 713 712 711 710 709 708 707 706 705 704 703 702 701 700 699 698 697 696 695 694 693 692 691 690 689 688 687 686 685 684
683 687 646 681 680 67 678 677 676 675 677 677 677 677 675 675 680 680 677 660 650 677 660 670 660 680 687 670 680 677 650 677 678 677 678 677 678 677 678 677 678 677 678 677 678 677 678 677 678 677 678 678
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
16 011 010 007 000 007 000 007 000 003 006 007 000 007 007 007 007 007 007 007
540 539 538 537 536 535 534 533 532 531 530 529 528 527 526 525 524 523 522 521 520 519 518 517 510 515 514 513 512 511 510 509 508 507 506 50
5 504 503 502 501 500 499 498 497 496 495 494 493 492 491 490 489 488 487 486 485 484 483 482 481 480 479 478 477 476 475 474 473 472 471 470 4
69 468 467 466 465 464 463 462 461 460 459 458 457 456 455 454 453 452 451 450 449 448 447 446 445 444 443 442 441 440 439 438 437 436 435 434
433 432 431 430 429 428 427 426 425 424 423 422 421 420 419 418 417 416 415 414 413 412 411 410 409 408 407 406 405 404 403 402 401 400 399 398
397 396 395 394 393 392 391 390 389 388 387 386 385 384 383 382 381 380 379 378 377 376 375 374 373 372 371 370 369 368 367 366 365 364 363 36
2 361 360 350 358 357 356 355 354 353 352 351 350 349 348 347 346 345 344 343 342 341 340 339 338 337 336 335 334 333 332 331 330 329 328 327 3
20 325 324 323 322 321 320 319 318 317 316 315 314 313 312 311 310 309 308 307 371 300 305 304 303 307 301 300 299 298 297 290 295 294 299 298 298 398 398 397 397 398 398 398 398 398 398 398 398 398 398
254 253 252 251 250 249 248 247 246 245 244 243 242 241 240 239 238 237 236 235 234 233 232 231 230 229 228 227 226 225 224 223 222 221 220 21
9 218 217 216 215 214 213 212 211 210 200 208 207 206 205 204 203 202 201 200 190 198 197 196 195 194 193 192 191 190 189 188 187 186 185 184 1
83 182 181 180 179 178 177 176 175 174 173 172 171 170 169 168 167 166 165 164 163 162 161 160 159 158 157 156 155 154 153 152 151 150 149 148
147 146 145 144 143 142 141 140 139 138 137 136 135 134 133 132 131 130 129 128 127 126 125 124 123 122 121 120 119 118 117 116 115 114 113 112
111 110 109 108 107 106 105 104 103 102 101 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 6
8 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 67 56 55 54 53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 29 67 67 68 68 68 68 68 68 68 68 68 68 68 68 68
20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 运行届财教子: 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 33 35 63 73 38 39 46 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67
20 21 22 23 24 25 26 27 26 29 30 31 32 33 34 33 30 37 38 39 40 41 42 43 44 49 40 47 48 49 30 51 52 53 54 55 50 57 58 59 60 61 62 63 64 65 60 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 23 94 95 56 67 98 89 100
下版以:20 上版化:100 运行时间:6.000571
运行前的数字:
819 818 817 816 815 814 813 812 811 810 809 808 807 806 805 804 803 802 801 800 799 798 797 796 795 794 793 792 791 790 789 789 787 786 785 784
9 447 446 445 444 443 443 441 446 430 430 437 436 435 434 433 437 431 438 479 479 477 476 475 474 473 471 478 419 419 417 416 415 414 413 4
8 447 446 445 444 443 442 441 440 439 438 437 436 435 434 433 432 431 430 439 439 429 427 426 425 424 423 422 421 420 419 418 417 416 415 414 413 4
8 447 446 445 444 443 442 441 440 439 438 437 436 435 434 433 432 431 430 429 428 427 426 425 424 423 422 421 420 419 418 417 416 415 414 413 4 12 411 410 499 488 407 406 405 409 403 402 401 400 399 399 897 390 395 394 393 392 391 390 389 387 380 383 34 383 382 381 388 379 378 378 378 378 378 378 378 378 378 378
12 411 410 409 408 407 405 405 409 401 402 401 409 309 309 307 306 305 394 303 302 301 300 309 308 307 306 305 384 303 302 301 308 379 70 377 376 375 374 373 372 371 370 309 308 307 306 305 304 303 302 301 300 359 358 357 356 355 354 353 352 351 350 349 348 347 346 345 344 343 342 341 340 339 318 337 336 335 334 333 332 331 339 329 328 327 326 325 324 322 322 326 319 318 317 316 315 314 313 312 311 310 309 300 307 306 30
12 411 410 409 408 407 406 405 404 403 402 401 409 399 399 397 396 395 394 393 392 391 390 389 388 387 386 385 384 383 382 381 386 379 378 377 477 678 573 473 377 271 377 69 30 60 60 60 75 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 50 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60
12 411 449 469 469 477 466 457 464 447 448 457 441 469 397 388 375 398 395 389 389 389 389 389 389 389 389 389 389
7, 11, 14, 19, 190, 191, 197, 198, 198, 199, 199, 199, 199, 199, 199
12 411 449 409 469 477 466 45 464 449 462 461 462 399 388 377 386 385 384 383 382 381 380 380 388 388 387 386 385 386 383 288 386 397 377 377 377 377 377 377 377 377 377
12 411 449 409 409 47 460 457 460 450 440 462 461 469 199 199 197 198 195 194 199 195 291 199 189 189 189 187 189 187 186 185 184 189 187 179 179 179 179 179 179 179 179 179 17
7, 11, 14, 19, 190, 190, 197, 198, 198, 199, 199, 199, 199, 199, 199
12 - 21 - 21 - 24 - 24 - 24 - 24 - 24 -
7, 11, 14, 199, 188, 627, 189, 188, 189, 189, 189, 189, 189, 189
12 - 11 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 -
12, 411, 410, 409, 408, 467, 460, 467, 460, 467, 467, 469, 399, 398, 398, 398, 398, 398, 398, 39
12, 41, 410, 409, 488, 467, 468, 464, 469, 462, 461, 469, 369, 369, 369, 369, 369, 369, 369, 3
12, 411, 410, 409, 408, 467, 460, 467, 460, 467, 467, 469, 399, 398, 398, 398, 398, 398, 398, 39
12, 21, 140, 409, 488, 467, 468, 464, 469, 462, 461, 469, 399, 369, 379, 389, 389, 389, 389, 389, 389, 389, 38
12, 11, 140, 409, 408, 407, 408, 407, 409, 409, 409, 409, 509, 509, 509, 509, 509, 509, 509, 5
12 - 11 - 14 - 16 - 16 - 16 - 16 - 16 - 16
12, 21, 140, 409, 488, 467, 469, 468, 464, 469, 362, 361, 489, 369, 369, 369, 369, 369, 369, 369, 36
12 - 11 - 14 - 16 - 16 - 16 - 16 - 16 - 16
17 11 11 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
12 - 11 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 -
1, 11, 11, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 1
1, 2, 11, 14, 19, 189, 189, 189, 189, 189, 189, 189,
12 - 11 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 -
12 11 14 10 10 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
1, 2, 11, 14, 16, 16, 16, 16, 16, 16, 16, 16, 16, 16
12 - 11 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 -
1, 2, 11, 14, 19, 189, 189, 189, 189, 189, 189, 189,
12 - 11 - 14 - 15 - 15 - 15 - 15 - 15 - 15
12 - 11 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 -

3 数值结果 3

```
### 145 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 1
```