LẬP TRÌNH C

**MỤC LỤC**

[CHƯƠNG 1: MÔI TRƯỜNG 1](#_Toc164641063)

[1. GNU (GNU's Not Unix) 1](#_Toc164641064)

[2. GCC (GNU Compiler Collection) 1](#_Toc164641065)

[3. Trình biên dịch g++ 1](#_Toc164641066)

[4. Trình biên dịch gcc 2](#_Toc164641067)

[5. MinGW (Minimalist GNU for Windows) 2](#_Toc164641068)

[6. Cygwin 2](#_Toc164641069)

[CHƯƠNG 2: BUILD CHƯƠNG TRÌNH C/C++ BẰNG GCC 3](#_Toc164641070)

[1. Giới thiệu 3](#_Toc164641071)

[2. Kiểm tra hệ thống đã cài đặt trình biên dịch chưa? 3](#_Toc164641072)

[3. Biên dịch mã nguồn C/C++ với gcc hay g++ 4](#_Toc164641073)

[3.1. Lệnh build chương trình C bằng GCC 4](#_Toc164641074)

[3.2. Lệnh build chương trình C bằng G++ 4](#_Toc164641075)

[CHƯƠNG 3: BUILD CHƯƠNG TRÌNH C/C++ BẰNG GCC - NÂNG CAO 5](#_Toc164641076)

[1. Nhắc lại về kiến thức cũ 5](#_Toc164641077)

[2. Các bước để build 1 chương trình C/C++ 5](#_Toc164641078)

[3. Build module C/C++ với GCC 6](#_Toc164641079)

[4. Link thư viện với GCC 8](#_Toc164641080)

[4.1. Sơ lược thư viện liên kết tĩnh - Static Library 8](#_Toc164641081)

[4.2. Sơ lược thư viện liên kết động - Dynamic Library 8](#_Toc164641082)

[5. Bài tập 8](#_Toc164641083)

[CHƯƠNG 4: BẮT ĐẦU VỚI NGÔN NGỮ C 11](#_Toc164641084)

[1. Hello World 11](#_Toc164641085)

[2. Chỉnh sửa chương trình 13](#_Toc164641086)

[3. Biên dịch và chạy chương trình 13](#_Toc164641087)

[3.1. Biên dịch bằng GCC 13](#_Toc164641088)

[3.2. Sử dụng trình biên dịch clang 13](#_Toc164641089)

[3.3. Sử dụng trình biên dịch Microsoft C từ dòng lệnh 14](#_Toc164641090)

[3.4. Thực hiện chương trình 14](#_Toc164641091)

[4. “HELLO WORLD!” trong K&R C 14](#_Toc164641092)

[4.1. C90 §5.1.2.2.3 Kết thúc chương trình 15](#_Toc164641093)

[4.2. C90 §6.6.6.4 Câu lệnh return 15](#_Toc164641094)

[4.3. C99 §5.1.2.2.3 Kết thúc chương trình 15](#_Toc164641095)

[CHƯƠNG 5: CHÚ THÍCH 16](#_Toc164641096)

[1. Chú thích bằng cách sử dụng tiền xử lý (Preprocessor) 16](#_Toc164641097)

[2. Chú thích được giới hạn bằng /\* \*/ 16](#_Toc164641098)

[3. Chú thích được giới hạn bằng dấu // 18](#_Toc164641099)

[4. Rủi ro có thể xảy ra do TRIGRAPH 18](#_Toc164641100)

[CHƯƠNG 6: KIỂU DỮ LIỆU 20](#_Toc164641101)

[1. Giải thích các khai báo 20](#_Toc164641102)

[2. Kiểu số nguyên có độ rộng cố định ( kể từ c99) 23](#_Toc164641103)

[3. Kiểu số nguyên và hằng số 23](#_Toc164641104)

[4. Hằng số thực 26](#_Toc164641105)

[5. Chuỗi kí tự 26](#_Toc164641106)

[CHƯƠNG 7: TOÁN TỬ 29](#_Toc164641107)

[1. Toán tử quan hệ 29](#_Toc164641108)

[1.1. Bằng “==” 29](#_Toc164641109)

[1.2. Không bằng (Khác) “!=” 29](#_Toc164641110)

[1.3. Not “!” 30](#_Toc164641111)

[1.4. So sánh lớn hơn “>” 30](#_Toc164641112)

[1.5. So sánh bé hơn “<” 30](#_Toc164641113)

[1.6. So sánh lớn hơn hoặc bằng “>=” 30](#_Toc164641114)

[1.7. So sánh bé hơn hoặc bằng “<=” 31](#_Toc164641115)

[2. Toán tử điều kiện/ toán tử 3 ngôi 31](#_Toc164641116)

[3. Toán tử BITWISE 32](#_Toc164641117)

[4. Hoạt động ngắn mạch của toán tử logic 36](#_Toc164641118)

[5. Toán tử dấu phẩy 36](#_Toc164641119)

[6. Toán tử số học 36](#_Toc164641120)

[4.6.1 Số học cơ bản 36](#_Toc164641121)

[4.6.2 Toán tử cộng 37](#_Toc164641122)

[4.6.3 Toán tử trừ 37](#_Toc164641123)

[4.6.4 Toán tử nhân 37](#_Toc164641124)

[4.6.5 Toán tử chia 38](#_Toc164641125)

[4.6.6 Toán tử modulo (Phép chia lấy dư) 40](#_Toc164641126)

[4.6.7 Toán tử tăng giảm 40](#_Toc164641127)

[7. Toán tử truy cập 42](#_Toc164641128)

[4.7.1 Thuộc tính của đối tượng 42](#_Toc164641129)

[4.7.2 Thành viên của đối tượng được trỏ tới 42](#_Toc164641130)

[4.7.3 Lấy địa chỉ 43](#_Toc164641131)

[4.7.4 Dereference 44](#_Toc164641132)

[4.7.5 Chỉ số mảng 44](#_Toc164641133)

[4.7.6 Khả năng hoán đổi của chỉ số mảng 44](#_Toc164641134)

[8. Toán tử SIZEOF 45](#_Toc164641135)

[4.8.1 With a type as operand 45](#_Toc164641136)

[4.8.2 With an expression as operand 45](#_Toc164641137)

[9. Toán tử ép kiểu 45](#_Toc164641138)

[10. Toán tử gọi hàm 46](#_Toc164641139)

[11. TOÁN TỬ TĂNG/ TOÁN TỬ GIẢM 46](#_Toc164641140)

[12. Toán tử gán 47](#_Toc164641141)

[13. Toán tử logic 49](#_Toc164641142)

[4.13.1 Logic AND 49](#_Toc164641143)

[4.13.2 Logic OR 49](#_Toc164641144)

[4.13.3 Logic NOT 50](#_Toc164641145)

[14. TOÁN HỌC TRÊN CON TRỎ 51](#_Toc164641146)

[4.14.1 Cộng con trỏ 51](#_Toc164641147)

[4.14.2 Trừ con trỏ 51](#_Toc164641148)

[15. \_Alignof 51](#_Toc164641149)

[CHƯƠNG 8: BOOLEAN 52](#_Toc164641150)

[1. SỬ DỤNG STDBOOL.H 52](#_Toc164641151)

[2. Sử dụng #DEFINE 53](#_Toc164641152)

[3. SỬ DỤNG KIỂU \_BOOL NỘI TẠI(TÍCH HỢP) 54](#_Toc164641153)

[4. Số nguyên và con trỏ trong biểu thức BOOLEAN 55](#_Toc164641154)

[5. Xác định kiểu bool bằng cách sử dụng TYPEDEF 56](#_Toc164641155)

[CHƯƠNG 9: CHUỖI 58](#_Toc164641156)

[1. PHÂN TÁCH TỪ: STRTOK(), STRTOK\_R() VÀ STRTOK\_S() 58](#_Toc164641157)

[2. STRING LITERALS 61](#_Toc164641158)

[3. Tính độ dài chuỗi: STRLEN() 62](#_Toc164641159)

[4. Giới thiệu cơ bản về chuỗi 64](#_Toc164641160)

[5. SAO CHÉP CHUỖI 65](#_Toc164641161)

[5.1. Gán con trỏ không sao chép chuỗi 65](#_Toc164641162)

[5.2. Sao chép chuỗi dùng các hàm tiêu chuẩn 66](#_Toc164641163)

[5.2.1. strcpy() 66](#_Toc164641164)

[5.2.2. snprintf() 66](#_Toc164641165)

[5.2.3. strncat() 67](#_Toc164641166)

[5.2.4. strncpy() 68](#_Toc164641167)

[6. LẶP QUA CÁC KÍ TỰ TRONG MỘT CHUỖI 69](#_Toc164641168)

[7. Tạo mảng chuỗi 70](#_Toc164641169)

[8. Chuyển đổi chuỗi thành số: ATOI(), ATOF() (CẨN THẬN KHÔNG NÊN SỬ DỤNG) 71](#_Toc164641170)

[9. Đọc ghi dữ liệu dạng chuỗi 72](#_Toc164641171)

[10. TÌM VỊ TRÍ XUẤT HIỆN ĐẦU TIÊN/ CUỐI CÙNG CỦA MỘT KÍ TỰ CỤ THỂ: STRCHR(), STRRCHR() 73](#_Toc164641172)

[11. Sao chép và nối chuỗi: STRCPY(), STRCAT() 75](#_Toc164641173)

[12. So sánh: STRCMP(), STRNCMP(), STRCASECMP(), STRNCASECMP() 77](#_Toc164641174)

[13. Chuyển đổi chuỗi thành số một cách an toàn: Hàm STRTOX 80](#_Toc164641175)

[14. STRSPN và STRCSPN 82](#_Toc164641176)

[CHƯƠNG 10: CHỮ SỐ, KÝ TỰ VÀ CHUỖI 84](#_Toc164641177)

[1. FLOATING POINT LITERALS( CHỮ SỐ DẤU CHẤM ĐỘNG) 84](#_Toc164641178)

[2. STRING LITERALS( CHUỖI KÍ TỰ CHỮ) 84](#_Toc164641179)

[3. CHARACTER LITERALS(KÝ TỰ) 85](#_Toc164641180)

[4. INTEGER LITERALS(SỐ NGUYÊN) 86](#_Toc164641181)

[CHƯƠNG 11: COMPOUND LITERALS 88](#_Toc164641182)

[1. ĐỊNH NGHĨA/ KHỞI TẠO COMPOUND LITERALS 88](#_Toc164641183)

[CHƯƠNG 12: BIT- FIENDS 91](#_Toc164641184)

[CHƯƠNG 13: MẢNG 92](#_Toc164641185)

[1. Khai báo và khởi tạo mảng 92](#_Toc164641186)

[2. Lặp qua mảng hiệu quả và thứ tự ưu tiên hàng( row major order) 94](#_Toc164641187)

[3. Độ dài mảng 96](#_Toc164641188)

[4. Truyền mảng đa chiều vào hàm 98](#_Toc164641189)

[5. Mảng đa chiều 100](#_Toc164641190)

[5.1. Mảng hai chiều 100](#_Toc164641191)

[5.1.1. Khởi tạo mảng 2 chiều 101](#_Toc164641192)

[5.1.2. Truy cập phần tử trong mảng hai chiều 102](#_Toc164641193)

[5.2. Mảng ba chiều 103](#_Toc164641194)

[5.2.1. Bộ nhớ mảng ba chiều 103](#_Toc164641195)

[5.2.2. Khởi tạo một mảng ba chiều 103](#_Toc164641196)

[6. Define mảng và truy cập vào phần tử mảng 104](#_Toc164641197)

[7. Xóa nội dung của mảng( Thiết lập giá trị bằng 0) 105](#_Toc164641198)

[8. Thiết lập giá trị trong mảng 106](#_Toc164641199)

[9. Duyệt qua mảng bằng con trỏ 108](#_Toc164641200)

[CHƯƠNG 14: LINKED LISTS 110](#_Toc164641201)

[1. DOUBLY LINKED LIST (DANH SÁCH LIÊN KẾT KÉP) 110](#_Toc164641202)

[2. REVERSING A LINKED LIST (ĐẢO NGƯỢC DANH SÁCH LIÊN KẾT) 115](#_Toc164641203)

[3. INSERTING A NODE AT THE NTH POSITION (CHÈN NÚT Ở VỊ TRÍ THỨ N) 118](#_Toc164641204)

[4. INSERTING A NODE AT THE BEGINNING OF A SINGLY LINKED LIST (CHÈN NÚT VÀO ĐẦU DANH SÁCH LIÊN KẾT ĐƠN) 121](#_Toc164641205)

[CHƯƠNG 15: ENUMERATIONS 126](#_Toc164641206)

[1. SIMPLE ENUMERATION (ENUMERATION ĐƠN GIẢN) 126](#_Toc164641207)

[2. ENUMERATION CONSTANT WITHOUT TYPENAME (HẰNG SỐ ENUMERATION KHÔNG CẦN TÊN KIỂU) 128](#_Toc164641208)

[3. ENUMERATION WITH DUPLICATE VALUE (ENUMERATION VỚI GIÁ TRỊ TRÙNG LẶP) 128](#_Toc164641209)

[4. TYPEDEF ENUM 129](#_Toc164641210)

[CHƯƠNG 16: STRUCTS (CẤU TRÚC) 132](#_Toc164641211)

[1. FLEXIBLE ARRAY MEMBERS (THÀNH PHẦN MẢNG LINH HOẠT) 132](#_Toc164641212)

[1.1. Khai báo kiểu dữ liệu 132](#_Toc164641213)

[1.2. Ảnh hưởng đến kích thước và phần đệm 133](#_Toc164641214)

[1.3. Sử dụng 133](#_Toc164641215)

[1.4. Struct hack 135](#_Toc164641216)

[1.5. Khả năng tương thích 135](#_Toc164641217)

[2. TYPEDEF STRUCTS 137](#_Toc164641218)

[3. POINTERS TO STRUCTS (CON TRỎ TỚI CẤU TRÚC) 138](#_Toc164641219)

[4. PASSING STRUCTS TO FUNCTIONS (TRUYỀN STRUCTS VÀO HÀM) 142](#_Toc164641220)

[5. OBJECT- BASED PROGRAMMING USING STRUCTS (LẬP TRÌNH HƯỚNG ĐỐI TƯỢNG SỬ DỤNG STRUCTS) 144](#_Toc164641221)

[6. SIMPLE DATA STRUCTURES (CÁC CẤU TRÚC DỮ LIỆU ĐƠN GIẢN) 148](#_Toc164641222)

[CHƯƠNG 17: STANDARD MATH (TOÁN HỌC TIÊU CHUẨN) 150](#_Toc164641223)

[1. CÁC HÀM MŨ – POW(), POWF(), POWL() 150](#_Toc164641224)

[2. DOUBLE PRECISION FLOATING- POINT REMAINDER FMOD() (PHẦN DƯ SỐ THỰC VỚI ĐỘ CHÍNH XÁC KÉP FMOD()) 152](#_Toc164641225)

[3. SINGLE PRECISION AND LONG DOUBLE PRECISION FLOATING- POINT REMAINDER: FMODF(), FMODL() 153](#_Toc164641226)

[CHƯƠNG 18: CÁC LỆNH LẶP/ VÒNG LẶP: FOR, WHILE, DO WHILE 155](#_Toc164641227)

[1. Vòng lặp FOR 155](#_Toc164641228)

[2. LOOP UNROLLING AND DUFF’S DEVICE 156](#_Toc164641229)

[3. VÒNG LẶP WHILE 157](#_Toc164641230)

[4. VÒNG LẶP DO – WHILE 158](#_Toc164641231)

[5. VÒNG LẶP VÔ HẠN 160](#_Toc164641232)

[CHƯƠNG 19: SELECTION STATEMENTS (CÂU LỆNH LỰA CHỌN) 162](#_Toc164641233)

[1. CÂU LỆNH IF() 162](#_Toc164641234)

[2. NESTED IF()… ELSE VS IF ELSE LADDER ( CÂU LỆNH IF LỒNG NHAU VÀ CÂU LỆNH IF BẬC THANG) 163](#_Toc164641235)

[3. CÂU LỆNH SWITCH() 165](#_Toc164641236)

[4. CÂU LỆNH IF()… ELSE VÀ CÚ PHÁP 169](#_Toc164641237)

[5. NỐI HAI HOẶC NHIỀU LỆNH IF()… ELSE 170](#_Toc164641238)

[CHƯƠNG 20: INITIALIZATION (KHỞI TẠO) 172](#_Toc164641239)

[1. KHỞI TẠO BIẾN TRONG C 172](#_Toc164641240)

[1.1. Khởi tạo một mảng 173](#_Toc164641241)

[1.2. 17.1.2 Khởi tạo mảng kí tự 173](#_Toc164641242)

[2. SỬ DỤNG DESIGNATED INITIALIZERS 174](#_Toc164641243)

[2.1. Designated initializers cho các phần tử mảng 174](#_Toc164641244)

[2.2. Designated initializers cho structures 175](#_Toc164641245)

[2.3. Designated initializer cho unions 175](#_Toc164641246)

[2.4. Designated initializers cho arrays của structures, etc 177](#_Toc164641247)

[2.5. Specifying ranges in array initializers (Chỉ định phạm vi trong bộ khởi tạo mảng) 178](#_Toc164641248)

[3. INITIALIZING STRUCTURES AND ARRAYS OF STRUCTURES (KHỞI TẠO CẤU TRÚC VÀ MẢNG CẤU TRÚC) 178](#_Toc164641249)

[CHƯƠNG 21: KHAI BÁO VÀ ĐỊNH NGHĨA 180](#_Toc164641250)

[1. Hiểu về khai báo và định nghĩa 180](#_Toc164641251)

[CHƯƠNG 22: COMMAND- LINE ARGUMENTS (ĐỐI SỐ DÒNG LỆNH) 182](#_Toc164641252)

[1. In ra các đối số của chương trình và chuyển đổi thành các giá trị số nguyên 182](#_Toc164641253)

[2. IN RA CÁC ĐỐI SỐ CỦA DÒNG LỆNH 183](#_Toc164641254)

[3. SỬ DỤNG CÔNG CỤ GETOPT CỦA GNU 184](#_Toc164641255)

[CHƯƠNG 23: FILES VÀ LUỒNG INPUT/OUTPUT 186](#_Toc164641256)

[1. Mở và ghi vào tệp tin 186](#_Toc164641257)

[1.1. Đóng một tập tin 189](#_Toc164641258)

[2. RUN PROCESS (QUÁ TRÌNH CHẠY) 189](#_Toc164641259)

[3. FPRINTF 190](#_Toc164641260)

[4. LẤY CÁC DÒNG TỪ TỆP SỬ DỤNG GETLINE() 191](#_Toc164641261)

[5. FSCANF() 197](#_Toc164641262)

[6. ĐỌC CÁC DÒNG TỪ TẬP TIN 199](#_Toc164641263)

[7. MỞ VÀ VIẾT VÀO FILE NHỊ PHÂN 201](#_Toc164641264)

[CHƯƠNG 24: FORMATTED INPUT/OUTPUT (ĐỊNH DẠNG ĐẦU VÀO ĐẦU RA) 205](#_Toc164641265)

[1. CÁC BỘ CHUYỂN ĐỔI CHO VIỆC IN RA 205](#_Toc164641266)

[2. HÀM PRINTF() 207](#_Toc164641267)

[3. CÁC CỜ ĐỊNH DẠNG KHI IN 208](#_Toc164641268)

[4. IN GIÁ TRỊ CỦA CON TRỎ TỚI ĐỐI TƯỢNG 210](#_Toc164641269)

[5. IN GIÁ TRỊ CỦA HIỆU HAI CON TRỎ ĐẾN MỘT ĐỐI TƯỢNG 212](#_Toc164641270)

[6. LENGTH MODIFIERS 213](#_Toc164641271)

[CHƯƠNG 25: CON TRỎ 216](#_Toc164641272)

[1. Giới thiệu 216](#_Toc164641273)

[2. Các lỗi thường gặp 220](#_Toc164641274)

[2.1. Không kiểm tra lỗi trong việc cấp phát bộ nhớ 220](#_Toc164641275)

[2.2. Sử dụng số nguyên cố định thay vì sizeof khi yêu cầu cấp phát bộ nhớ 220](#_Toc164641276)

[2.3. Rò rỉ bộ nhớ (Memory leaks) 221](#_Toc164641277)

[2.4. Lỗi Logic 221](#_Toc164641278)

[2.5. Tạo con trỏ trỏ tới biến được tạo trong vùng nhớ (stack) ngăn xếp 222](#_Toc164641279)

[2.6. Tăng giảm và dereferencing 225](#_Toc164641280)

[3. Dereferencing a pointer 225](#_Toc164641281)

[4. Dereferencing a pointer to a struct 226](#_Toc164641282)

[5. Con trỏ hằng 228](#_Toc164641283)

[5.1. Single Pointers 228](#_Toc164641284)

[5.2. Pointer to Pointer 229](#_Toc164641285)

[6. Con trỏ hàm 232](#_Toc164641286)

[7. Polymorphic behaviour with void pointers 234](#_Toc164641287)

[8. Toán tử địa chỉ 235](#_Toc164641288)

[9. Khởi tạo con trỏ 235](#_Toc164641289)

[10. Pointer to pointer 237](#_Toc164641290)

[11. Con trỏ void\* như là đối số và giá trị trả về của các hàm tiêu chuẩn 237](#_Toc164641291)

[12. Cùng một dấu hoa thị \* nhưng có ý nghĩa khác nhau 238](#_Toc164641292)

[CHƯƠNG 26: SEQUENCE POINTS 241](#_Toc164641293)

[1. BIỂU THỨC KHÔNG CÓ THỨ TỰ 241](#_Toc164641294)

[2. BIỂU THỨC CÓ THỨ TỰ 242](#_Toc164641295)

[3. BIỂU THỨC ĐƯỢC XÁC ĐỊNH THỨ TỰ MỘT CÁCH KHÔNG XÁC ĐỊNH 243](#_Toc164641296)

[CHƯƠNG 27: CON TRỎ HÀM 245](#_Toc164641297)

[1. GIỚI THIỆU 245](#_Toc164641298)

[2. TRẢ VỀ CON TRỎ HÀM TỪ MỘT HÀM 246](#_Toc164641299)

[3. THỰC HÀNH TỐT NHẤT 248](#_Toc164641300)

[4. GÁN CON TRỎ HÀM 250](#_Toc164641301)

[5. GHI NHỚ ĐỂ VIẾT CON TRỎ HÀM 251](#_Toc164641302)

[6. KHÁI NIỆM CƠ BẢN 252](#_Toc164641303)

[CHƯƠNG 28: THAM SỐ CỦA HÀM 255](#_Toc164641304)

[1. THAM SỐ ĐƯỢC TRUYỀN BẰNG GIÁ TRỊ (PASS BY VALUE) 255](#_Toc164641305)

[2. TRUYỀN MẢNG VÀO HÀM 256](#_Toc164641306)

[3. THỨ TỰ THỰC THI THAM SỐ TRONG HÀM 257](#_Toc164641307)

[4. SỬ DỤNG THAM SỐ CON TRỎ ĐỂ TRẢ VỀ NHIỀU GIÁ TRỊ 258](#_Toc164641308)

[5. VÍ DỤ VỀ HÀM TRẢ VỀ CẤU TRÚC CHỨA CÁC GIÁ TRỊ CÓ MÃ LỖI 258](#_Toc164641309)

[CHƯƠNG 29: TRUYỀN MỘT MẢNG 2D ĐẾN MỘT HÀM 261](#_Toc164641310)

[1. TRUYỀN MỘT MẢNG 2D ĐẾN MỘT HÀM 261](#_Toc164641311)

[2. SỬ DỤNG MẢNG PHẲNG LÀM MẢNG 2D 272](#_Toc164641312)

[CHƯƠNG 30: XỬ LÝ LỖI 275](#_Toc164641313)

[1. ERRNO 275](#_Toc164641314)

[2. STRERROR 275](#_Toc164641315)

[3. PERROR 276](#_Toc164641316)

[CHƯƠNG 31: UNDEFINED BEHAVIOR (HÀNH VI KHÔNG XÁC ĐỊNH) 277](#_Toc164641317)

[1. DEREFERENCING MỘT CON TRỎ TỚI BIẾN NGOÀI THỜI GIAN TỒN TẠI CỦA NÓ 277](#_Toc164641318)

[2. SAO CHÉP BỘ NHỚ CHỒNG CHÉO 278](#_Toc164641319)

[3. SIGNED INTEGER OVERFLOW (TRÀN SỐ NGUYÊN CÓ DẤU) 279](#_Toc164641320)

[4. SỬ DỤNG MỘT BIẾN CHƯA ĐƯỢC KHỞI TẠO 281](#_Toc164641321)

[5. DATA RACE 283](#_Toc164641322)

[6. ĐỌC GIÁ TRỊ CỦA CON TRỎ ĐÃ ĐƯỢC GIẢI PHÓNG 283](#_Toc164641323)

[7. SỬ DỤNG ĐỊNH DẠNG KHÔNG CHÍNH XÁC TRONG PRINTF 283](#_Toc164641324)

[8. SỬA ĐỔI CHUỖI KÝ TỰ 284](#_Toc164641325)

[9. TRUYỀN MỘT CON TRỎ NULL ĐỂ CHUYỂN ĐỔI PRINTF(%S) 284](#_Toc164641326)

[10. SỬA ĐỔI BẤT KÌ ĐỐI TƯỢNG NÀO NHIỀU LẦN GIỮA HAI SEQUENCE POINTS 285](#_Toc164641327)

[11. GIẢI PHÓNG BỘ NHỚ HAI LẦN 287](#_Toc164641328)

[12. DỊCH CHUYỂN BIT BẰNG CÁCH SỬ DỤNG SỐ ÂM HOẶC VƯỢT QUÁ CHIỀU RỘNG CỦA KIỂU DỮ LIỆU 287](#_Toc164641329)

[13. QUAY LẠI TỪ MỘT HÀM ĐƯỢC KHAI BÁO BẰNG BỘ XÁC ĐỊNH HÀM ‘\_NORETURN’ HOẶC ‘NORETURN’ 288](#_Toc164641330)

[14. TRUY CẬP BỘ NHỚ NGOÀI VÙNG NHỚ ĐƯỢC PHÂN BỔ 290](#_Toc164641331)

[15. THAY ĐỔI BIẾN CONST THÔNG QUA CON TRỎ 290](#_Toc164641332)

[16. ĐỌC MỘT ĐỐI TƯỢNG CHƯA KHỞI TẠO KHÔNG ĐƯỢC HỖ TRỢ BỞI BỘ NHỚ 291](#_Toc164641333)

[17. PHÉP CỘNG HOẶC PHÉP TRỪ CON TRỎ KHÔNG ĐƯỢC GIỚI HẠN ĐÚNG CÁCH 291](#_Toc164641334)

[18. DEREFERENCING CON TRỎ NULL 292](#_Toc164641335)

[19. SỬ DỤNG FFLUSH TRÊN LUỒNG ĐẦU VÀO 292](#_Toc164641336)

[20. LIÊN KẾT KHÔNG NHẤT QUÁN CỦA CÁC ĐỊNH DANH 293](#_Toc164641337)

[21. THIẾU CÂU LỆNH RETURN TRONG CÂU LỆNH TRẢ VỀ GIÁ TRỊ 294](#_Toc164641338)

[22. CHIA CHO SỐ 0 295](#_Toc164641339)

[23. CHUYỂN ĐỔI GIỮA CÁC LOẠI CON TRỎ TẠO RA KẾT QUẢ ĐƯỢC CĂN CHỈNH KHÔNG CHÍNH XÁC 296](#_Toc164641340)

[24. SỬA ĐỔI CHUỖI ĐƯỢC TRẢ VỀ BỞI CÁC HÀM GETENV, STRERROR, VÀ SETLOCALE 297](#_Toc164641341)

[CHƯƠNG 32: TẠO SỐ NGẪU NHIÊN 298](#_Toc164641342)

[1. TẠO SỐ NGẪU NHIÊN CƠ BẢN 298](#_Toc164641343)

[2. TRÌNH TẠO ĐỒNG DƯ ĐƯỢC HOÁN VỊ 299](#_Toc164641344)

[3. THẾ HỆ XORSHIFT 300](#_Toc164641345)

[4. HẠN CHẾ TẠO TRONG MỘT PHẠM VI NHẤT ĐỊNH 301](#_Toc164641346)

[CHƯƠNG 33: TIỀN XỬ LÝ VÀ MACRO 303](#_Toc164641347)

[1. HEADER INCLUDE GUARDS 303](#_Toc164641348)

[2. SỬ DỤNG #IF 0 ĐỂ CHẶN MÃ TRONG CÁC PHẦN 307](#_Toc164641349)

[3. MACROS CÓ HÌNH THỨC CỦA HÀM 308](#_Toc164641350)

[4. CHÈN CÁC TỆP NGUỒN 310](#_Toc164641351)

[5. CONDITIONAL INCLUSION AND CONDITIONAL FUNCTION SIGNATURE MODIFICATION 311](#_Toc164641352)

[6. \_ \_ CPLUSPLUS ĐỂ SỬ DỤNG CÁC PHẦN TỬ C NGOÀI MÃ C ++ KHI BIÊN DỊCH C++ BẰNG TÊN BỊ MÃ HÓA 315](#_Toc164641353)

[7. DÁN MÃ THÔNG BÁO 317](#_Toc164641354)

[8. MACRO ĐƯỢC XÁC ĐỊNH TRƯỚC 317](#_Toc164641355)

[8.1. Macro xác định trước bắt buộc 318](#_Toc164641356)

[8.2. Macro được xác định trước khác (không bắt buộc) 318](#_Toc164641357)

[9. MACRO VỚI ĐỐI SỐ BIẾN THIÊN 320](#_Toc164641358)

[10. THAY THẾ MACRO 321](#_Toc164641359)

[11. CHỈ THỊ LỖI 323](#_Toc164641360)

[12. KHAI TRIỂN FOREACH 323](#_Toc164641361)

# MÔI TRƯỜNG

GNU là dự án phần mềm miễn phí, cung cấp nhiều công cụ và phần mềm quan trọng như GCC (bao gồm 'gcc' và 'g++').

Trong đó MinGW và Cygwin là hai Gói môi trường phát triển phần mềm khác nhau trên Windows và Linux, đều sử dụng các công cụ từ dự án GNU, bao gồm như GCC, GDB, để biên dịch mã nguồn C/C++ thành chương trình thực thi tương ứng.

## GNU (GNU's Not Unix)

GNU (GNU's Not Unix) là một dự án phần mềm tự miễn phí, được khởi xướng bởi Richard Stallman vào năm 1983. Mục tiêu của dự án là phát triển một hệ điều hành giống Unix hoàn toàn miễn phí và mã nguồn mở. Dự án GNU cung cấp nhiều phần mềm quan trọng như:

* GCC (GNU Compiler Collection) - Bộ công cụ biên dịch cho nhiều ngôn ngữ lập trình
* GNU Binutils - Các công cụ để xử lý tệp đối tượng
* GNU Make - Công cụ tự động hóa việc biên dịch
* GNU Bash - Trình thông dịch dòng lệnh
* GNU Emacs - Trình soạn thảo văn bản
* GNU Debugger (GDB) - Trình gỡ lỗi
* GNU Core Utils - Các tiện ích cơ bản cho dòng lệnh
* Và nhiều phần mềm khác...

Tất cả các phần mềm của GNU đều có mã nguồn mở và được phát hành dưới Giấy phép Công cộng GNU (GNU General Public License - GPL).

## GCC (GNU Compiler Collection)

* GCC là một bộ công cụ biên dịch mã nguồn mở, được phát triển bởi dự án GNU.
* GCC hỗ trợ biên dịch cho nhiều ngôn ngữ lập trình khác nhau như C, C++, Fortran, Ada, Go, và nhiều ngôn ngữ khác.
* Trong GCC, có các trình biên dịch riêng cho từng ngôn ngữ lập trình, ví dụ như 'gcc' cho C và 'g++' cho C++.

### Trình biên dịch g++

* g++ là tên của trình biên dịch C++ trong bộ công cụ GNU Compiler Collection (GCC).
* g++ được sử dụng để biên dịch mã nguồn C++ thành mã máy có thể thực thi.
* Cả MinGW và Cygwin đều bao gồm g++ trong bộ công cụ của chúng.

### Trình biên dịch ****gcc****

* gcc là tên của trình biên dịch C trong bộ công cụ GNU Compiler Collection (GCC).
* gcc được sử dụng để biên dịch mã nguồn C thành mã máy có thể thực thi.
* Giống như g++, cả MinGW và Cygwin đều bao gồm gcc trong bộ công cụ của chúng.

## MinGW (Minimalist GNU for Windows)

* MinGW là một gói môi trường phát triển phần mềm miễn phí và mã nguồn mở cho Windows.
* Nó cung cấp một bộ công cụ nhỏ gọn bao gồm trình biên dịch GCC (đặc biệt là g++ và gcc), trình liên kết, thư viện và các công cụ hỗ trợ khác từ dự án GNU.
* Khi sử dụng MinGW, bạn có thể biên dịch mã nguồn C/C++ thành các chương trình thực thi năng (executable) cho Windows, không cần bất kỳ thành phần bổ sung nào khác.

## Cygwin

* Cygwin là một gói môi trường giả lập Unix/Linux cho Windows, cung cấp một lớp tương thích để chạy các ứng dụng Unix/Linux trên Windows.
* Cygwin bao gồm một bộ công cụ GNU đầy đủ, bao gồm trình biên dịch GCC, và cung cấp một môi trường dòng lệnh giống Unix.
* Ứng dụng được biên dịch bằng Cygwin yêu cầu cài đặt Cygwin trên máy chạy để có thể chạy đúng cách.
* Khi sử dụng Cygwin, bạn có thể biên dịch mã nguồn C/C++ thành các chương trình thực thi cho môi trường Cygwin, nhưng cần cài đặt Cygwin trên máy chạy để chương trình có thể hoạt động đúng cách.

## Thiết Lập Môi Trường

Để bắt đầu học lập trình C, bước đầu tiên là thiết lập một môi trường cho phép bạn nhập và chỉnh sửa chương trình bằng ngôn ngữ C, cùng với một trình biên dịch để xây dựng các tệp thực thi có thể chạy trên hệ điều hành của bạn. Bạn cần hai công cụ phần mềm trên máy tính của mình:

1. **Trình Biên Dịch C (C Compiler)**
2. **Trình Soạn Thảo Văn Bản (Text Editor)**

### Trình Biên Dịch C

Mã nguồn được viết trong tệp mã nguồn là mã mà con người có thể đọc được cho chương trình của bạn. Mã này cần được "biên dịch" (compiled) thành ngôn ngữ máy để CPU có thể thực thi chương trình theo các chỉ dẫn đã cho.

Có nhiều trình biên dịch C khác nhau, dưới đây là một số trình biên dịch C được sử dụng rộng rãi:

* **GNU Compiler Collection (GCC)**

GCC là một trình biên dịch C mã nguồn mở phổ biến. Nó có sẵn cho nhiều nền tảng bao gồm Windows, macOS và Linux. GCC nổi tiếng với nhiều tính năng đa dạng và hỗ trợ cho nhiều tiêu chuẩn của ngôn ngữ C.

* **Clang**  
  Clang là một trình biên dịch C mã nguồn mở, thuộc dự án LLVM. Nó có sẵn trên nhiều nền tảng bao gồm Windows, macOS và Linux. Clang nổi tiếng về tốc độ và khả năng tối ưu hóa.
* **Microsoft Visual C++**

Microsoft Visual C++ là một trình biên dịch C độc quyền được phát triển bởi Microsoft. Nó chỉ có sẵn trên hệ điều hành Windows. Visual C++ nổi tiếng với việc tích hợp với môi trường phát triển Microsoft Visual Studio.

* **Turbo C**

Turbo C là một trình biên dịch C đã ngừng phát triển, được phát triển bởi Borland. Nó từng phổ biến vào đầu những năm 1990, nhưng hiện nay không còn được sử dụng rộng rãi.

# NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH C

## Ngôn ngữ lập trình C

Ngôn ngữ lập trình C là một ngôn ngữ lập trình máy tính đa mục đích, thủ tục, và mệnh lệnh, được phát triển vào năm 1972 bởi Dennis M. Ritchie tại Phòng thí nghiệm Điện thoại Bell để phát triển hệ điều hành UNIX.

Năm 1978, Brian Kernighan và Dennis Ritchie đã công bố mô tả đầu tiên về ngôn ngữ C, hiện được biết đến như là tiêu chuẩn K&R.

C là ngôn ngữ máy tính được sử dụng rộng rãi nhất. Nó thường xuyên đứng đầu về mức độ phổ biến cùng với ngôn ngữ lập trình Java, cũng là một ngôn ngữ phổ biến và được sử dụng rộng rãi nhất trong số các lập trình viên phần mềm hiện đại.

Các phiên bản của ngôn ngữ C.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Phiên bản** | **Tiêu chuẩn** | **Ngày xuất bản** |
| K&R | n/a | 1978-02-22 |
| C89 | ANSI X3.159-1989 | 1989-12-14 |
| C90 | ISO/IEC 9899:1990 | 1990-12-20 |
| C95 | ISO/IEC 9899/AMD1:1995 | 1995-03-30 |
| C99 | ISO/IEC 9899:1999 | 1999-12-16 |
| C11 | ISO/IEC 9899:2011 | 2011-12-15 |

## Tại sao nên học lập trình C

Ngôn ngữ lập trình C là một điều **BẮT BUỘC** đối với học sinh, sinh viên và các chuyên gia đang làm việc nếu muốn trở thành một Kỹ sư Phần mềm xuất sắc. Một số lý do quan trọng vì sao bạn nên học lập trình C:

* C là một ngôn ngữ lập trình có cấu trúc, và bạn có thể sử dụng những kỹ năng học được từ C để thành thạo các ngôn ngữ lập trình khác.
* Có thể sử dụng chương trình C để viết mã hiệu quả và phát triển các dự án mạnh mẽ.
* C là một ngôn ngữ cấp thấp, cho phép bạn tương tác trực tiếp hơn với phần cứng và bộ nhớ của máy tính.

## Thông tin về ngôn ngữ C

C là ngôn ngữ lập trình hệ thống được sử dụng rộng rãi và phổ biến nhất. Phần lớn các phần mềm tiên tiến hiện nay đều được triển khai bằng ngôn ngữ C. Thông tin về ngôn ngữ C:

* C được phát minh để viết một hệ điều hành có tên là UNIX. Hệ điều hành UNIX hoàn toàn được viết bằng C.
* C là ngôn ngữ kế thừa của ngôn ngữ B, được giới thiệu vào khoảng đầu những năm 1970.
* Ngôn ngữ này đã được chuẩn hóa vào năm 1988 bởi Viện Tiêu chuẩn Quốc gia Hoa Kỳ (ANSI).

# CÁC TÍNH NĂNG CỦA NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH C

Ngôn ngữ lập trình C là một trong những ngôn ngữ phổ biến nhất nhờ vào các tính năng mạnh mẽ và linh hoạt của nó. Dưới đây là các tính năng nổi bật của C:

## Ngôn ngữ Thủ tục và Có Cấu trúc

C là một ngôn ngữ lập trình theo thủ tục (procedural), trong đó chương trình được xây dựng từ các bước tuần tự và hàm (function). Điều này giúp cho việc phát triển phần mềm trở nên có tổ chức và dễ dàng bảo trì.

## Ngôn ngữ Đa Mục đích

C không bị giới hạn trong một lĩnh vực ứng dụng cụ thể. Nó được sử dụng rộng rãi trong nhiều loại ứng dụng khác nhau, từ lập trình hệ thống như hệ điều hành, cơ sở dữ liệu, đến các ứng dụng phần mềm như chỉnh sửa ảnh.

## Ngôn ngữ Lập Trình Nhanh

C là ngôn ngữ dựa trên trình biên dịch (compiler-based), giúp quá trình biên dịch và thực thi mã nguồn nhanh hơn. Mã nguồn được dịch trực tiếp sang mã máy, giúp CPU dễ dàng thực thi mà không cần máy ảo.

## Tính Di động

Một chương trình C có thể chạy trên nhiều nền tảng máy tính khác nhau với rất ít hoặc không cần thay đổi mã nguồn, nhờ vào tính chất không phụ thuộc vào máy của ngôn ngữ này.

## Tính Mở rộng

C cho phép mở rộng mã nguồn đã viết bằng cách thêm các tính năng mới hoặc chức năng mới mà không cần thay đổi cấu trúc cơ bản của chương trình. Điều này giúp chương trình dễ dàng được nâng cấp và bảo trì.

## Bộ Thư Viện Chuẩn Phong Phú

Ngôn ngữ C đi kèm với một bộ thư viện chuẩn chứa nhiều hàm được tích hợp sẵn, như các hàm toán học, thao tác chuỗi, và các tiện ích của hệ điều hành. Ngoài ra, lập trình viên cũng có thể tạo ra các hàm tùy chỉnh và thêm chúng vào các thư viện này.

## Con Trỏ

C cho phép sử dụng con trỏ, một trong những tính năng mạnh mẽ nhất của ngôn ngữ này. Con trỏ giúp thao tác trực tiếp với bộ nhớ và có thể được sử dụng để quản lý các thiết bị phần cứng, quản lý bộ nhớ động, và xử lý các ngắt.

## Ngôn ngữ Cấp Trung

C cung cấp sự kết hợp của các tính năng của ngôn ngữ cấp cao và quyền truy cập bộ nhớ ở mức thấp, làm cho nó trở thành một ngôn ngữ lập trình cấp trung. Điều này cho phép lập trình viên vừa có thể viết mã dễ đọc vừa có thể thao tác trực tiếp với phần cứng.

## Bộ Toán Tử Phong Phú

C có một bộ toán tử tích hợp phong phú, bao gồm các toán tử số học, logic, và các toán tử xử lý bit. Điều này cho phép viết các chương trình từ đơn giản đến phức tạp một cách linh hoạt.

## Đệ Quy

C hỗ trợ đệ quy, nghĩa là một hàm có thể tự gọi chính nó để giải quyết các bài toán lặp lại hoặc phức tạp. Đệ quy giúp tái sử dụng mã và thực hiện các thuật toán phức tạp một cách dễ dàng.

## Kiểu Dữ Liệu Do Người Dùng Định Nghĩa

C cho phép lập trình viên định nghĩa các kiểu dữ liệu tùy chỉnh như cấu trúc (struct), liên hiệp (union), và kiểu liệt kê (enum), mở rộng khả năng của các kiểu dữ liệu cơ bản.

## Chỉ Thị Tiền Xử Lý

C có các chỉ thị tiền xử lý như #include và #define, giúp quản lý các phần mã nguồn trước khi chúng được biên dịch, như nhập các thư viện hoặc định nghĩa các macro.

## Xử lý Tệp Tin

Mặc dù không phải là một phần của ngôn ngữ C cốt lõi, nhưng C cung cấp khả năng xử lý tệp tin thông qua các thư viện tiêu chuẩn, giúp thực hiện các thao tác đọc/ghi tệp tin một cách dễ dàng.

Nhờ các tính năng này, ngôn ngữ C đã trở thành một công cụ mạnh mẽ cho cả các lập trình viên mới bắt đầu và các chuyên gia phát triển phần mềm chuyên nghiệp.

# BUILD CHƯƠNG TRÌNH C/C++ BẰNG GCC

## Giới thiệu

Nhìn lại quá khứ, lúc mà các IDE còn chưa phát triển, lập trình viên phải thủ công build source code thông qua Terminal với các trình biên dịch C/C++ như gcc, g++. Thời đại công nghệ hiện nay có vô số IDE hỗ trợ build source code C/C++ dễ dàng.

|  |
| --- |
| **Câu hỏi:** Vậy tại sao ngày nay các IDE hỗ trợ mạnh mẽ như vậy mà phải học lại cách build source code C/C++ thủ công ?  **Trả lời:** Vẫn còn nhiều nền tảng không hỗ trợ các IDE như Server, không cần thiết phải có UI vì toàn bộ năng lực máy tính cần tập trung vào xử lý. |

## Kiểm tra hệ thống đã cài đặt trình biên dịch chưa?

Sử dụng lệnh version để kiểm tra phiên bản của trình biên dịch gcc hay g++ trong hệ điều hành Windows.

|  |
| --- |
| gcc –version  g++ –version |

Xem các tham số truyền vào khi sử dụng gcc hay g++ bằng lệnh.

|  |
| --- |
| gcc –help  g++ –help |

Hoặc đọc document về gcc hay g++.

|  |
| --- |
| man gcc  man g++ |

## Biên dịch mã nguồn C/C++ với gcc hay g++

Bắt đầu với 1 chương trình C đơn giản: **HelloWord**.

Tạo file **main.c** có nội dung như sau:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* arg[]) {      printf("Hello World\n");      return 0;  } |

### Lệnh build chương trình C bằng GCC

Cú pháp:

|  |
| --- |
| gcc <source file> -o <outputfile> |

Cụ thể: **gcc main.c -o main**

Sau khi gọi lệnh này, gcc sẽ build ra file chương trình với tên là **main** và có khả năng thực thi. Để thực thi chương trình **main**, gõ lệnh như sau: **./main**

Kết quả xuất ra sẽ là: Hello World

Ngoài ra có thể sử dụng 1 trong các lệnh bên dưới.

**gcc -o <output file> <source file>**

hoặc

**gcc -Wall <source file> -o <outputfile>**

hoặc

**gcc -Wall -o <output file> <source file>**

* **-Wall**: sẽ in ra tất cả các warning trong quá trình build.
* **-o**: có nghĩa là build source file ra file thực thi.

### Lệnh build chương trình C bằng G++

Nếu build với g++ hoàn toàn tương tự chỉ thay thế gcc bằng g++.

Cụ thể: **g++ main.c -o main**

Tiến hành build lại để có file thực thi **main**. Và sử dụng lệnh**./main** để chạy chương trình.

# BUILD CHƯƠNG TRÌNH C/C++ BẰNG GCC - NÂNG CAO

C là một ngôn ngữ lập trình biên dịch. Các ngôn ngữ lập trình biên dịch cung cấp hiệu suất thực thi nhanh hơn so với các ngôn ngữ thông dịch. Có nhiều trình biên dịch khác nhau có thể được sử dụng để biên dịch một chương trình C, chẳng hạn như GCC, Clang, MSVC, v.v. Trong chương này, chúng ta sẽ giải thích những gì diễn ra ở hậu trường khi bạn biên dịch một chương trình C bằng trình biên dịch GCC.

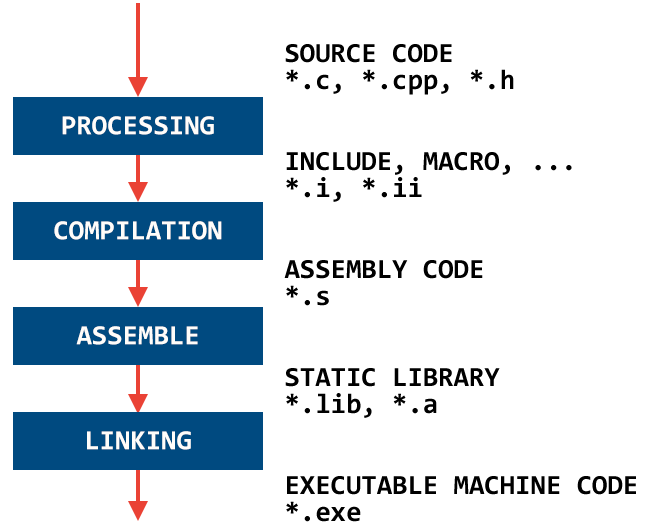
## Biên dịch một chương trình C

Một chuỗi các chỉ thị nhị phân bao gồm các bit 1 và 0 được gọi là mã máy. Các ngôn ngữ lập trình cấp cao như C, C++, Java, v.v. bao gồm các từ khóa gần gũi hơn với ngôn ngữ con người, chẳng hạn như tiếng Anh. Do đó, một chương trình viết bằng C (hoặc bất kỳ ngôn ngữ cấp cao nào khác) cần được chuyển đổi thành mã máy tương ứng. Quá trình này được gọi là biên dịch.

Lưu ý rằng mã máy phụ thuộc vào kiến trúc phần cứng và hệ điều hành. Nói cách khác, mã máy của một chương trình C được biên dịch trên một máy tính sử dụng hệ điều hành Windows sẽ không tương thích với một máy tính khác sử dụng hệ điều hành Linux. Vì vậy, chúng ta phải sử dụng trình biên dịch phù hợp với hệ điều hành mục tiêu.

## Các bước trong quá trình biên dịch C

Trong hướng dẫn này, chúng ta sẽ sử dụng gcc. Trình biên dịch gcc hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình khác nhau, bao gồm C. Để sử dụng nó, chúng ta cần cài đặt phiên bản tương thích với máy tính mục tiêu.



**Hình 1:** Quá trình biên dịch để build 1 chương trình

Quá trình build 1 chương trình trải qua 4 bước như dưới đây:

* **Bước 1**: Tiền xử lý (Preprocessing) - Bộ tiền xử lý thay thế giá trị của các directive như: #define, #include, #if, ... trong file mã nguồn, xóa bỏ các chú thích.
* **Bước 2**: Biên dịch (Compiling) - Trình biên dịch chuyển mã nguồn thành mã assembly.
* **Bước 3**: Dịch mã máy (Assembling) - Chuyển từ mã assembly sang mã nhị phân (mã máy).
* **Bước 4**: Liên kết (Linking)- Liên kết các module và các thư viện liên kết thành file thực thi.

## Build module C/C++ với GCC

Để hiểu rõ hơn về quá trình này, hãy cùng xem xét 2 ví dụ sau.

**VD1:** File main.c

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(){       /\* my first program in C \*/       printf("Hello World! \n");     return 0;  } |

Để mã nguồn "main.c" có thể thực thi được, chúng ta cần nhập lệnh "gcc main.c", và quá trình biên dịch sẽ đi qua tất cả bốn bước mà nó bao gồm.

**Bước 1: Tiền xử lý (Preprocessing)**

Trình tiền xử lý thực hiện các hành động sau:

* Loại bỏ tất cả các nhận xét (comments) trong tệp nguồn.
* Bao gồm mã của các tệp tiêu đề (header files), tức là các tệp có phần mở rộng .h chứa các khai báo hàm C và các định nghĩa macro.
* Thay thế tất cả các macro (những đoạn mã đã được đặt tên) bằng giá trị của chúng.
* Đầu ra của bước này sẽ được lưu trữ trong một tệp với phần mở rộng .i, do đó tệp ở đây sẽ là "main.i".

Để dừng quá trình biên dịch ngay sau bước này, chúng ta có thể sử dụng tùy chọn "-E" với lệnh gcc trên tệp nguồn và nhấn Enter.

|  |
| --- |
| gcc -E main.c |

**Bước 2: Biên dịch (Compiling)**

Trình biên dịch tạo ra mã IR (Intermediate Representation - biểu diễn trung gian) từ tệp đã được tiền xử lý, do đó bước này sẽ tạo ra một tệp .s. Nói cách khác, các trình biên dịch khác có thể tạo ra mã lắp ráp (assembly code) ở bước này của quá trình biên dịch.

Chúng ta có thể dừng sau bước này với tùy chọn "-S" trên lệnh gcc, và nhấn Enter.

|  |
| --- |
| gcc -S main.c |

Đây là những gì tệp main.s sẽ trông như thế này:

|  |
| --- |
| .file   "helloworld.c"     .text     .def \_\_main; .scl    2;  .type   32; .endef     .section .rdata,"dr"  .LC0:     .ascii "Hello, World! \0"     .text     .globl   main     .def main;   .scl    2;  .type   32; .endef     .seh\_proc    main  main:     pushq    %rbp     .seh\_pushreg %rbp     movq %rsp, %rbp     .seh\_setframe    %rbp, 0     subq $32, %rsp     .seh\_stackalloc  32     .seh\_endprologue     call \_\_main     leaq .LC0(%rip), %rcx     call puts     movl $0, %eax     addq $32, %rsp     popq %rbp     ret     .seh\_endproc     .ident   "GCC: (x86\_64-posix-seh-rev0, Built by MinGW-W64 project) 8.1.0"     .def puts;   .scl    2;  .type   32; .endef |

**Bước 3: Dịch mã máy (Assembling)**

Trình dịch mã (assembler) sẽ lấy mã IR và chuyển đổi nó thành mã đối tượng (object code), tức là mã ở ngôn ngữ máy (tức là nhị phân). Bước này sẽ tạo ra một tệp có phần mở rộng là .o.

Chúng ta có thể dừng quá trình biên dịch sau bước này bằng cách sử dụng tùy chọn "-c" với lệnh gcc, và nhấn Enter.

Lưu ý rằng tệp "main.o" không phải là một tệp văn bản, do đó nội dung của nó sẽ không đọc được khi bạn mở tệp này bằng trình soạn thảo văn bản.

**Bước 4: Liên kết (Linking)**

Trình liên kết (linker) tạo ra tệp thực thi cuối cùng, dưới dạng nhị phân. Nó liên kết mã đối tượng của tất cả các tệp nguồn lại với nhau. Trình liên kết biết nơi để tìm các định nghĩa hàm trong các thư viện tĩnh (static libraries) hoặc thư viện động (dynamic libraries).

* **Thư viện tĩnh (Static libraries):** Là kết quả của việc trình liên kết sao chép tất cả các hàm thư viện đã sử dụng vào tệp thực thi.
* **Thư viện động (Dynamic libraries):** Mã trong các thư viện động không được sao chép hoàn toàn, chỉ có tên của thư viện được đặt trong tệp nhị phân.

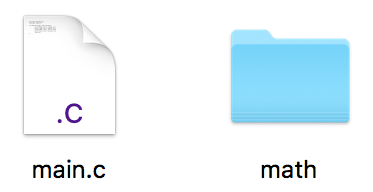
Theo mặc định, sau bước thứ tư và cũng là bước cuối cùng này, khi bạn gõ toàn bộ lệnh "gcc main.c" mà không có tùy chọn nào khác, trình biên dịch sẽ tạo ra một chương trình thực thi có tên là main.exe trong trường hợp dùng Windows.

Chúng ta cũng có thể chọn tạo ra một chương trình thực thi với tên mà chúng ta mong muốn bằng cách thêm tùy chọn "-o" vào lệnh gcc, đặt sau tên của tệp hoặc các tệp mà chúng ta đang biên dịch.

|  |
| --- |
| gcc main.c -o hello |

Bây giờ, bạn có thể gõ ./hello để thực thi mã đã biên dịch. Kết quả sẽ là "Hello World" và sau đó dấu nhắc lệnh của shell sẽ xuất hiện lại.

**VD 2:** Giả sử trong Project có 1 module **math**, chức năng tính toán cộng trừ nhân chia.



Trong thư mục **math** có 2 file là **math.h** định nghĩa prototype của các hàm và **math.c** hiện thực các prototype trong **math.h**.

**File math.h**

|  |
| --- |
| #ifndef \_\_MATH\_H\_\_  #define \_\_MATH\_H\_\_  int add(int a, int b);  int sub(int a, int b);  int mul(int a, int b);  int div(int a, int b);  #endif |

**File math.c**

|  |
| --- |
| #include "math.h"  int add(int a, int b) {      return a + b;  }  int sub(int a, int b) {      return a - b;  }  int mul(int a, int b) {      return a \* b;  }  int div(int a, int b) {      return a / b;  } |

**File main.c**

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include "math/math.h"  int main(int argc, char\* argv[]) {      printf("Add: %d\n", add(5, 6));      printf("Sub: %d\n", sub(10, 6));      printf("Mul: %d\n", mul(5, 40));      printf("Div: %d\n", div(60, 6));      return 0;  } |

Trong file **main.c** sử dụng module math, vì vậy trước khi build **main.c** phải build **math.c** sau đó link **math.o** (được build từ math.c).

* Bước 1: build module math
* gcc -c math/math.c
* Sau khi build sẽ được file **math.o**
* Bước 2: link **math.o** và **main.c**
* gcc -Wall -o main math.o main.c
* Sau khi chạy xong sẽ tạo được file thực thi file **main** bằng lệnh: **./main**

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| Add: 11  Sub: 4  Mul: 200  Div: 10 |

## Link thư viện với GCC

### Thư viện là gì?

Trong lập trình C, thư viện là một tập hợp các hàm và mã mà bạn có thể sử dụng trong chương trình của mình. Thư viện giúp tái sử dụng mã và giảm công sức viết lại các hàm phổ biến.

Có hai loại thư viện chính mà quá trình linking có thể sử dụng:

**1. Thư viện tĩnh (Static Libraries):**

* Các thư viện này có phần mở rộng .a trên hệ thống UNIX/Linux hoặc .lib trên Windows.
* Khi liên kết với thư viện tĩnh, tất cả mã từ thư viện được sao chép vào tệp thực thi cuối cùng.
* Điều này làm cho tệp thực thi lớn hơn, nhưng nó độc lập và không cần phụ thuộc vào thư viện ngoài khi chạy.

**2. Thư viện động (Shared Libraries):**

* Các thư viện này có phần mở rộng .so trên hệ thống UNIX/Linux hoặc .dll trên Windows.
* Khi liên kết với thư viện động, mã từ thư viện không được sao chép vào tệp thực thi. Thay vào đó, chỉ có tên của thư viện được lưu trong tệp thực thi.
* Khi chạy chương trình, hệ điều hành sẽ tải thư viện này vào bộ nhớ.
* Điều này giúp tiết kiệm không gian bộ nhớ và cho phép cập nhật thư viện mà không cần biên dịch lại chương trình.

### Linking là gì

**Linking** là bước cuối cùng trong quá trình biên dịch chương trình C. Nó có nhiệm vụ kết hợp mã nguồn của bạn với các thư viện và các đoạn mã khác để tạo ra một tệp thực thi duy nhất.

Khi bạn viết mã trong C, bạn thường sử dụng các hàm từ thư viện chuẩn hoặc thư viện do người khác tạo ra. Những thư viện này không phải lúc nào cũng được biên dịch cùng với mã của bạn mà được lưu trữ riêng biệt. Quá trình linking sẽ kết nối mã nguồn của bạn với các thư viện đó để tạo ra chương trình hoàn chỉnh.

### Quá Trình Linking Hoạt Động Như Thế Nào

Giả sử bạn viết một chương trình đơn giản main.c như sau:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main() {      printf("Hello, World!\n");      return 0;  } |

Khi bạn biên dịch chương trình này bằng lệnh gcc main.c -o main, quá trình linking sẽ diễn ra như sau:

1. **Preprocessing:** Loại bỏ nhận xét, mở rộng macro, và bao gồm các tệp tiêu đề (.h).
2. **Compilation:** Chuyển mã nguồn từ C thành mã máy ở dạng mã trung gian.
3. **Assembling:** Chuyển mã trung gian thành mã máy, lưu trong các tệp đối tượng (.o).
4. **Linking:** Kết hợp các tệp đối tượng với các thư viện cần thiết để tạo ra tệp thực thi.

Trong trường hợp này, hàm printf được định nghĩa trong thư viện chuẩn C (libc). Trình liên kết sẽ tìm kiếm thư viện này và liên kết nó với mã nguồn của bạn để tạo ra tệp thực thi hoàn chỉnh. Nếu thiếu thư viện cần thiết, quá trình linking sẽ thất bại.

### Cách liên kết thư viện bằng lệnh gcc

Khi sử dụng gcc để biên dịch và liên kết chương trình với một thư viện, bạn sử dụng các tùy chọn -I và -L:

**1. Tùy chọn -I**

Dùng để chỉ ra thư viện mà bạn muốn liên kết.

Cú pháp:

|  |
| --- |
| -I<library\_name> |

**VD**: Nếu bạn muốn liên kết với thư viện toán học (libm), bạn sẽ sử dụng -lm. Trình liên kết sẽ tìm kiếm libm.a (thư viện tĩnh) hoặc libm.so (thư viện động) và liên kết nó với chương trình của bạn.

2. **Tùy chọn -L**

Dùng để chỉ ra thư mục mà trình liên kết cần tìm kiếm các thư viện.

Cú pháp:

|  |
| --- |
| -L<directory> |

**VD**: Nếu thư viện của bạn nằm trong thư mục /usr/local/lib, bạn cần sử dụng -L/usr/local/lib để đảm bảo trình liên kết có thể tìm thấy nó.

### Ví dụ quá trình Linking chi tiết

Giả sử bạn có tệp nguồn main.c:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include "mylib.h"  // Thư viện tự tạo  int main() {      mylib\_function();  // Gọi hàm từ thư viện mylib      return 0;  } |

Và bạn có một thư viện tĩnh tên là mylib.a chứa hàm mylib\_function():

**1. Biên dịch và liên kết**

|  |
| --- |
| gcc main.c -L/usr/local/lib -lmylib -o main |

**2. Giải thích**

* **-L/usr/local/lib**: Nói với trình liên kết tìm thư viện trong thư mục /usr/local/lib.
* **-lmylib**: Liên kết với thư viện libmylib.a hoặc libmylib.so trong thư mục đó.
* **-o main**: Tạo ra tệp thực thi tên là main.

**3. Kết quả**

* Trình biên dịch sẽ tạo ra một tệp thực thi main, trong đó hàm mylib\_function() đã được liên kết từ thư viện mylib.a.

# TOKEN TRONG NGÔN NGỮ C

Ngôn ngữ lập trình C là một trong những ngôn ngữ cơ bản và được sử dụng rộng rãi trong lập trình. Để hiểu về C, bạn cần nắm vững các khái niệm cơ bản như token (thành phần nhỏ nhất trong mã nguồn), các loại token khác nhau và vai trò của chúng trong quá trình biên dịch. Sau đây là các khái niệm được giải thích một cách đơn giản và logic:

### Token trong ngôn ngữ C

**Token** là đơn vị nhỏ nhất trong mã nguồn của một ngôn ngữ lập trình như C. Bạn có thể hình dung token giống như từ vựng trong ngôn ngữ tự nhiên (như tiếng Anh), nơi mà một câu được tạo thành từ các từ, số, và ký hiệu chấm câu. Trong lập trình C, trình biên dịch sẽ phân tách mã nguồn thành các token này trước khi tiếp tục với các giai đoạn biên dịch tiếp theo.

### Quá trình Biên dịch

Quá trình biên dịch bao gồm nhiều giai đoạn, bắt đầu từ việc xử lý các token:

1. **Tokenizer**: Đây là giai đoạn đầu tiên của quá trình biên dịch. Tokenizer chia mã nguồn thành các token riêng lẻ, xác định loại của mỗi token, và chuyển các token này tới giai đoạn tiếp theo.
2. **Parser**: Sau khi tokenizer hoàn thành công việc, parser tiếp tục xử lý. Parser hiểu ngữ pháp của ngôn ngữ lập trình, xác định các lỗi cú pháp và chuyển đổi chương trình không có lỗi thành mã máy.

### Các loại Token trong C

Mã nguồn trong C được tạo thành từ nhiều loại token khác nhau. Các loại token bao gồm:

1. **Bộ ký tự (Character set)**:
   * C sử dụng một tập hợp các ký tự bao gồm các chữ cái tiếng Anh (A-Z và a-z), các chữ số (0-9), và một số ký tự đặc biệt. Ví dụ, \n là một ký tự xuống dòng, gọi là **escape sequence**.
   * **Ví dụ về các ký tự trong C**:
     + Chữ hoa: A đến Z
     + Chữ thường: a đến z
     + Chữ số: 0 đến 9
     + Ký tự đặc biệt: ! " # $ % & ' ( ) \* + - . : , ; ` ~ = < > { } [ ] ^ \_ \ /
2. **Từ khóa (Keywords)**:
   * Từ khóa là các từ có sẵn trong ngôn ngữ C với ý nghĩa đặc biệt và không thể dùng cho mục đích khác. Ban đầu, C có 32 từ khóa, sau đó được bổ sung thêm trong các phiên bản chuẩn mới của C.
   * Ví dụ: int, return, if, else.
3. **Hằng (Literals)**:
   * Hằng là giá trị cố định được gán trực tiếp cho biến trong mã nguồn. Hằng số có thể là số, ký tự, chuỗi, hoặc các dạng khác.
   * Ví dụ: 42 là một hằng số nguyên, "Hello" là một hằng chuỗi.
4. **Định danh (Identifiers)**:
   * Định danh là các tên do người lập trình đặt cho các biến, hàm, hoặc kiểu dữ liệu. Định danh phải tuân theo các quy tắc nhất định, ví dụ không được trùng với từ khóa.
   * Ví dụ: age, calculateSum.
5. **Toán tử (Operators)**:
   * Toán tử là các ký hiệu đặc biệt dùng để thực hiện các phép tính hoặc so sánh trong C.
   * Ví dụ: + (cộng), - (trừ), \* (nhân), / (chia), < (bé hơn), > (lớn hơn).
6. **Ký hiệu đặc biệt (Special symbols)**:
   * Ngoài các toán tử, các ký hiệu đặc biệt khác như dấu phẩy, chấm phẩy, dấu ngoặc đơn cũng có vai trò quan trọng trong việc cấu trúc mã nguồn.
   * Ví dụ: { và } dùng để nhóm các câu lệnh thành một khối mã.

# CẤU TRÚC CHƯƠNG TRÌNH

Trong ngôn ngữ lập trình C, một chương trình cơ bản được cấu trúc một cách có tổ chức với các thành phần quan trọng như hàm main(), các thư viện tiêu chuẩn, và các câu lệnh. Dưới đây là một cái nhìn tổng quan về cấu trúc của một chương trình C.

## Chương trình Hello World

Để tạo một chương trình C đơn giản in dòng chữ "Hello World " lên màn hình, sử dụng trình soạn thảo văn bản để tạo file mới (ví dụ: hello.c — phần mở rộng file phải là .c) chứa mã nguồn sau:

**File hello.c**

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  // Thư viện chuẩn cho nhập/xuất  // Hàm chính của chương trình  int main(int argc, char\* argv[]) {      int a, b, sum;      // Gán giá trị cho các biến      a = 10;      b = 20;      // Tính tổng      sum = a + b;      // Hiển thị kết quả      printf("Tổng là: %d\n", sum);      return 0;  // Kết thúc chương trình  } |

### Thư viện Tiêu chuẩn

Mọi chương trình C thường bắt đầu với việc bao gồm các thư viện tiêu chuẩn cần thiết bằng cách sử dụng các chỉ thị tiền xử lý #include. Các thư viện này cung cấp các hàm và macro cần thiết cho chương trình.

|  |
| --- |
| # include<stdio.h> |

Dòng mã này yêu cầu trình biên dịch cần thêm nội dung của tệp tiêu đề thư viện chuẩn **stdio.h** vào chương trình. Tệp tiêu đề thường chứa các khai báo của các hàm, macros và kiểu dữ liệu và bạn cần phải thêm vào tệp tiêu đề trước khi sử dụng chúng. Dòng này thêm vào thư viện **stdio.h** để nó có thể gọi hàm **puts().**

### Hàm main()

Hàm main() là điểm bắt đầu của mọi chương trình C. Khi chương trình bắt đầu thực thi, CPU sẽ chạy mã nguồn trong hàm main().

Cấu trúc cơ bản của hàm main()

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main (int argc, char\* argv[]) {      // Các câu lệnh của chương trình      return 0;  } |

Trong đó:

* int: Kiểu dữ liệu trả về của hàm main(), thường là int để trả về giá trị nguyên cho hệ điều hành khi chương trình kết thúc.
* return 0;: Câu lệnh này báo hiệu rằng chương trình đã chạy thành công.

Các tham số của hàm main :

1. **int argc** : Đây là số lượng các tham số được truyền vào chương trình khi nó được chạy. argc viết tắt của “argument count” (số lượng tham số). Nó là một số nguyên (integer) và luôn luôn ít nhất bằng 1, vì chương trình luôn tính là một tham số (tên chương trình).
2. **char \*argv** : Đây là một mảng chứa các chuỗi (mảng ký tự) đại diện cho các tham số được truyền vào chương trình. argv viết tắt của “argument vector” (vector tham số). Điều quan trọng cần lưu ý là argv là một mảng hai chiều (một mảng các con trỏ đến mảng ký tự). Mỗi phần tử trong mảng argv là một con trỏ đến một chuỗi (cũng là một mảng ký tự).

### Khối ngoặc

|  |
| --- |
| {  ...  } |

Dấu ngoặc nhọn (curly braces) được sử dụng thành cặp để chỉ định vị trí bắt đầu và kết thúc một khối mã (khối lệnh). Chúng có thể được sử dụng theo nhiều cách khác nhau, nhưng trong trường hợp này, chúng chỉ định vị trí bắt đầu và kết thúc của một hàm.

### Các Khai báo Biến

Trong chương trình C, các biến cần được khai báo trước khi sử dụng. Các biến này có thể được khai báo trong hàm main() hoặc bên ngoài hàm để dùng chung trong toàn bộ chương trình (biến toàn cục).

Ví dụ:

|  |
| --- |
| int a, b;  // Khai báo hai biến nguyên a và b |

### Các Câu lệnh

Chương trình C bao gồm các câu lệnh (statements) thực hiện các thao tác cụ thể như tính toán, hiển thị, hoặc kiểm soát luồng chương trình. Mỗi câu lệnh kết thúc bằng dấu chấm phẩy (;).

Ví dụ:

|  |
| --- |
| a = 10;  b = 20;  int sum = a + b;  printf("Tổng là: %d\n", sum); |

### Các Hàm

Một chương trình C có thể có nhiều hàm để thực hiện các nhiệm vụ cụ thể. Hàm main() là hàm chính, nhưng bạn có thể tạo thêm các hàm khác và gọi chúng trong main() hoặc trong các hàm khác.

Ví dụ:

|  |
| --- |
| int tong(int x, int y) {      return x + y;  } |

### Nhận xét (Comments)

Nhận xét trong C không được biên dịch mà chỉ dành cho người đọc để giải thích mã. Nhận xét được đặt giữa /\* ... \*/ hoặc sau //.

Ví dụ:

|  |
| --- |
| // Đây là một nhận xét đơn dòng  /\* Đây là   \* nhận xét nhiều dòng  \*/ |

## Chỉnh sửa chương trình

* Các trình soạn thảo, chỉnh sửa văn bản đơn giản bao gồm **vim** hoặc **gedit** trên **Linux,** hoặc **Notepad** trên **Windows.** Các trình soạn thảo đa nền tảng khác bao gồm **Visual Studio Code** hoặc **Sublime Text.**
* Trình chỉnh sửa phải tạo các tệp văn bản thuần túy, không phải RTF hoặc bất kỳ định dạng nào khác.

## Biên dịch và chạy chương trình

Để chạy chương trình, file hello.c trước tiên cần được biên dịch thành file thực thi (ví dụ: **hello** trên hệ thống **Unix/Linux** hoặc **hello.exe** trên **Windows**). Điều này được thực hiện bằng cách sử dụng trình biên dịch cho ngôn ngữ C.

### Biên dịch bằng GCC

GCC **(GNU Compiler Collection)** là một trình biên dịch C được sử dụng rộng rãi. Để sử dụng nó, hãy mở **Terminal**, sử dụng dòng lệnh để điều hướng đến vị trí của tệp nguồn rồi chạy câu lệnh sau:

|  |
| --- |
| gcc hello.c -o hello |

Nếu không tìm thấy lỗi trong mã nguồn (hello.c), trình biên dịch sẽ tạo một tệp nhị phân, tên của tệp được cung cấp bởi đối số cho tùy chọn dòng lệnh -o (hello). Đây là tập tin thực thi cuối cùng.

Chúng tôi cũng có thể sử dụng các tùy chọn cảnh báo *-Wall -Wextra -Werror*, giúp xác định các sự cố có thể khiến chương trình bị lỗi hoặc tạo ra kết quả không mong muốn. Chúng không cần thiết cho chương trình đơn giản này nhưng đây là cách thêm chúng:

|  |
| --- |
| gcc -Wall -Wextra -Werror -o hello hello.c |

### Sử dụng trình biên dịch Clang

Để biên dịch chương trình bằng **clang**, bạn có thể sử dụng:

|  |
| --- |
| clang -Wall -Wextra -Werror -o hello hello.c |

Theo thiết kế, các tùy chọn dòng lệnh **clang** tương tự như của **GCC.**

### Thực hiện chương trình

Sau khi file được biên dịch, mở **Terminal** để thực thi chương trình bằng cách nhập:

|  |
| --- |
| ./hello |

Khi thực thi, chương trình đã biên dịch sẽ in **Hello World**, theo sau là một dòng mới, tới dấu nhắc lệnh.

## Chú ý

|  |
| --- |
| **Câu hỏi:** Chi tiết về lệnh return 0 trong hàm main?  **Trả lời:**  **1. Chương Trình C và Hệ Điều Hành**   * Khi bạn chạy một chương trình C, hệ điều hành sẽ bắt đầu thực thi chương trình đó. * Sau khi chương trình chạy xong, nó sẽ trả về một giá trị cho hệ điều hành được gọi là **exit status** (trạng thái thoát). Giá trị này giúp hệ điều hành biết được chương trình đã hoàn thành một cách bình thường hay đã xảy ra lỗi trong quá trình chạy. * Giá trị này được lập trình viên quyết định, thường là bằng cách sử dụng lệnh return trong hàm main().   **2. Quy Ước Trong Lập Trình C**   * Theo quy ước chung trong lập trình C, giá trị 0 thường được hiểu là chương trình đã chạy thành công (Success), còn bất kỳ giá trị nào khác 0 (ví dụ 1, -1, 2, ...) được hiểu là chương trình gặp lỗi (Failure). * Đây không phải là quy tắc bắt buộc, mà là quy ước mà đa số lập trình viên tuân theo để đảm bảo tính nhất quán và dễ hiểu khi chương trình kết thúc.   **3. Hệ Điều Hành Dựa Vào Quy Ước Này Như Thế Nào?**   * Hệ điều hành (và nhiều công cụ khác như scripts, batch files, hoặc các chương trình khác) sử dụng giá trị trả về này để quyết định liệu chương trình đã chạy thành công hay gặp lỗi. * Quy ước 0 = Thành công, khác 0 = Lỗi được hiểu rộng rãi, vì vậy hệ điều hành sẽ dựa vào giá trị này để xử lý. Ví dụ:   + Nếu chương trình trả về 0, hệ điều hành ghi nhận rằng chương trình đã hoàn thành thành công.   + Nếu chương trình trả về giá trị khác 0, hệ điều hành có thể ghi nhận rằng đã có lỗi xảy ra và có thể thực hiện các bước tiếp theo như ghi log, cảnh báo người dùng, hoặc thực hiện các hành động sửa lỗi khác. |

# CHÚ THÍCH

Chú thích (comments) được sử dụng để chỉ điều gì đó cho người đọc mã nguồn. Chú thích được coi như một phần trống trên mã nguồn và không thay đổi bất kỳ ý nghĩa thực sự nào của mã.

Có hai cú pháp được sử dụng cho chú thích trong ngôn ngữ C, đó là **/\* \*/** (bản gốc) và **//** (bản mới hơn 1 chút). Một số hệ thống tài liệu sử dụng chú thích được định dạng đặc biệt để hỗ trợ tạo tài liệu cho mã nguồn.

## Chú thích bằng cách sử dụng tiền xử lý (Preprocessor)

Một phần lớn mã nguồn cũng có thể bị "chú thích" bằng cách sử dụng các chỉ thị tiền xử lý **#if 0** và **#endif.**

Điều này hữu ích khi mã chứa các chú thích nhiều dòng mà không thể lồng nhau nếu không có cơ chế chú thích này.

|  |
| --- |
| #if 0 /\* Bắt đầu "nhận xét"\*/  /\* Một lượng lớn mã với nhận xét nhiều dòng \*/  int foo() {      /\* rất nhiều mã \*/      ...        /\* ... một số nhận xét mô tả câu lệnh if ... \*/      if (someTest) {          /\* thêm một số nhận xét khác \*/          return 1;      }      return 0;  }  #endif /\* 0 \*/  /\* mã từ đây trở đi là "không bị nhận xét"\*/  ... |

## Chú thích được giới hạn bằng /\* \*/

Một chú thích bắt đầu với một dấu gạch chéo kề ngay sau đó là một dấu hoa thị (/\*) và kết thúc ngay khi gặp một dấu hoa thị kề ngay sau đó là một dấu gạch chéo (\*/). Mọi thứ nằm giữa các cặp ký tự này đều là chú thích và được coi là một phần trống (tức là bị bỏ qua) bởi trình biên dịch.

|  |
| --- |
| /\* Đây là một chú thích \*/ |

Chú thích ở trên là chú thích trên một dòng. Chú thích kiểu /\* này có thể trải dài trên nhiều dòng, như sau:

|  |
| --- |
| /\* Đây là một chú thích  nhiều dòng \*/ |

Mặc dù điều này không bắt buộc, quy ước phong cách thông thường với chú thích trên nhiều dòng là đặt khoảng trắng và dấu hoa thị ở các dòng sau đầu tiên và đặt /\* và \*/ trên các dòng mới, sao cho chúng xếp thành hàng:

|  |
| --- |
| /\* Đây là   \* một chú   \* thích   \* nhiều dòng  \*/ |

Những dấu hoa thị thêm không có tác dụng chức năng nào đối với chú thích vì chúng không có dấu gạch chéo liên quan.

Các chú thích kiểu /\* này có thể được sử dụng trên một dòng riêng biệt, ở cuối một dòng mã hoặc ngay cả trong các dòng mã:

|  |
| --- |
| /\* Chú thích này nằm trên một dòng riêng biệt \*/  if(x && y) { /\* Chú thích này nằm ở cuối dòng mã \*/      if ((complexCondition1) /\* Chú thích này nằm trong một dòng mã \*/          && (complexCondition2)) {      /\* Chú thích này nằm trong một câu lệnh if, trên một dòng riêng biệt \*/      }  } |

**Lưu ý:**

Chú thích không thể lồng nhau. Điều này xảy ra vì bất kỳ /\* nào tiếp theo sẽ bị bỏ qua (là một phần của chú thích) và đầu tiên \*/ gặp được sẽ được coi là kết thúc chú thích.

**VD:** Chú thích trong ví dụ dưới đây sẽ không hoạt động:

|  |
| --- |
| /\* Chú thích bên ngoài, có nghĩa là điều này bị bỏ qua => /\* chú thích nội bộ \*/ <= kết thúc chú thích, không phải chú thích này => \*/ |

Để chú thích các khối mã chứa chú thích kiểu này, mà nếu không sẽ bị lồng nhau, bạn có thể tham khảo ví dụ về Chú thích bằng cách sử dụng tiền xử lý.

## Chú thích được giới hạn bằng dấu //

***Phiên bản ≥ C99***

Phiên bản C99 đã giới thiệu việc sử dụng chú thích trên một dòng theo kiểu C++. Loại chú thích này bắt đầu bằng hai dấu gạch chéo kề nhau và kéo dài đến cuối dòng:

|  |
| --- |
| // Mỗi dòng trong số này đều là một chú thích trên một dòng  // Chú ý rằng mỗi dòng phải bắt đầu bằng  // Hai dấu gạch chéo kép liên tiếp (//) |

Loại chú thích này có thể được sử dụng trên một dòng riêng biệt hoặc ở cuối một dòng mã. Tuy nhiên, do chú thích này kéo dài đến cuối dòng, nên chúng không thể được sử dụng trong một dòng mã.

|  |
| --- |
| // Chú thích này nằm trên một dòng riêng biệt  if (x && y) { // Chú thích này nằm ở cuối dòng      // Chú thích này nằm trong một câu lệnh if, nằm trên một dòng  } |

## Rủi ro có thể xảy ra do Trigraph

Trong lập trình C, Trigraph là một chuỗi ba ký tự đặc biệt được sử dụng để thay thế cho một ký tự đặc biệt khác mà không phải là ký tự trong bảng mã ASCII chuẩn.

Trigraph được sử dụng để tạo ra các ký tự đặc biệt như dấu ngoặc vuông, dấu nháy kép, dấu gạch ngược, v.v. trên các hệ thống hoặc thiết bị đầu cuối không hỗ trợ những ký tự đó.

Một số **Trigraph** phổ biến trong C:

| **Trigraph** | **Ký tự thay thế** |
| --- | --- |
| ??= | # |
| ??/ | \ |
| ??' | ^ |
| ??( | [ |
| ??) | ] |
| ??! | ` |
| ??< | { |
| ??> | } |
| ??- | ~ |

**VD:** Trigraph ??= → # Gây Vấn Đề Trong Chuỗi.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main() {      char\* str = "Đây là một trigraph ??= sẽ trở thành dấu #";      printf("%s\n", str);      return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| Đây là một trigraph # sẽ trở thành dấu # |

**Giải thích:** Trigraph ??= trong chuỗi "Đây là một trigraph ??= sẽ trở thành dấu #" sẽ được thay thế bởi ký tự #.

**VD:** Lỗi Trigraph gây ??/ thành ký tự nối dòng (\)

|  |
| --- |
| int foo = 20; // Bắt đầu từ 20 ??/  int bar = 0;  // Dòng sau sẽ gây lỗi biên dịch (biến 'bar' chưa được khai báo)  // vì 'int bar = 0;' là một phần của chú thích trên dòng trước đó  bar += foo; |

**Giải thích:** Trigraph **??/** sẽ tạo thành một dấu gạch ngược **\** (đây là ký hiệu tiếp tục dòng). Điều này có nghĩa là trình biên dịch sẽ hiểu rằng dòng tiếp theo là tiếp tục của dòng hiện tại, tức là tiếp tục của chú thích. Điều này sẽ gây ra lỗi chương trình vì biến bar chưa được khai báo.

# KIỂU DỮ LIỆU

## A diagram of data types Description automatically generatedKiểu dữ liệu

Kiểu dữ liệu của một biến còn thể hiện dung lượng không gian mà nó chiếm trong bộ nhớ và cách diễn giải mẫu bit được lưu trữ.

## Phân loại kiểu dữ liệu

Có 3 loại kiểu dữ liệu khác nhau trong ngôn ngữ C.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **STT** | **Loại kiểu dữ liệu** | **Mô tả** |
| 1 | Loại nguyên thủy | Số nguyên (char, int), số thực (float, double), ký tự (char) |
| 2 | Loại dẫn xuất |  |
| 3 | Loại do ngườ dung định nghĩa |  |

### Kiểu dữ liệu nguyên thủy

Ngôn ngữ C có 4 kiểu dữ liệu cơ bản là: char, interger, float, double

|  |  |
| --- | --- |
| **Kiểu dữ liệu cơ bản** | |
| **Tên** | **Kích thước (Byte)** |
| char | 1 |
| int | 4 |
| float | 4 |
| double | 8 |

Kích thước trong bộ nhớ và miền giá trị của các kiểu dữ liệu còn phụ thuộc vào hệ thống và chương trình dịch tương ứng. Giá trị được đưa ra ở đây là trên hệ thống Windows 64 bit và trình dịch GCC MinGW.

##### Kiểu số nguyên

Trong ngôn ngữ C, có 4 bổ ngữ để sửa đổi kiểu dữ liệu. Các bổ ngữ này kết hợp với các kiểu dữ liệu chính để phân loại phạm vi sử dụng Tối ưu bộ nhớ lưu trữ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Các bổ ngữ** | **Mục đích** | **Mô tả** |
| signed | Thay đổi khoảng giá trị của byte. | Có dấu |
| unsigned | Không dấu |
| long | Thay đổi giá trị byte. | 4 byte |
| short | 2 byte |

**Bảng:** Giá trị kiểu dữ liệu số nguyên.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tên** | **Mô tả** | **Kích thước** | **Khoảng giá trị** |
| char | Số nguyên bé  (Không nên dùng để lưu số nguyên) | 1 byte | signed: -  unsigned: 0 |
| short | Số nguyên ngắn | 2 byte | signed: -  unsigned: 0 |
| int | Số nguyên | 4 byte | signed: -  unsigned: 0 |
| long | Số nguyên dài | 4 byte | signed: -  unsigned: 0 |
| long long | Số nguyên cực dài | 8 byte | signed: -  unsigned: 0 |

Ngoài ra, một số kiểu dữ liệu khác như:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tên** | **Kích thước** | **Khoảng giá trị** |
| uint8\_t | 1 byte | 0 |
| uint16\_t | 2 byte | 0 |
| uint32\_t | 4 byte | 0 |

##### Kiểu số thực

Kiểu số thực được dùng để chứa những số có dấu phẩy động.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tên** | **Kích thước** | **Khoảng giá trị** | **Độ chính xác** |
| float | 4 | 1.2E-38 🡪 3.4E+38 | Độ chính xác 6 con số |
| double | 8 | 2.3E-308 🡪 1.7E+308 | Độ chính xác 15 con số |
| long double | 16 | 3.4E-4932 🡪 1.1E+4932 | Độ chính xác 19 con số |

E = 10 mũ

##### Kiểu ký tự

Kiểu ký tự dùng để chứa những ký tự.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tên** | **Mô tả** | **Kích thước** | **Khoảng giá trị** |
| char | Kí tự | 1 byte | - |
| unsigned char | 0 |

#### Kiểu bool

Giá trị 1: là đúng (true)

Giá trị 0: là sai (false)

Trong C quy định sai là 0 hoặc **null** (\0)

#### Kiểu void

Kiểu void có nghĩa là “không có giá trị”, nó không được dùng trong khai báo biến thông  
thường mà được sử dụng để chỉ định kiểu của các hàm không có giá trị trả về. Xác định kích thước kiểu dữ liệu

#### Toán tử sizeof là gì?

Toán tử sizeof nhận một tham số là bất kỳ kiểu dữ liệu nào và trả về kích thước của kiểu dữ liệu đó.

**Cú pháp:**

|  |
| --- |
| sizeof (Kiểu dữ liệu) |

#### Kiểm tra kích thước các kiểu dữ liệu

|  |
| --- |
| **VD:** Xác định kích thước của các kiểu dữ liệu cơ bản trong C. |
| #include<stdio.h>  int main() {      printf("Kich thuoc kieu char: %i\n", sizeof(char));      printf("Kich thuoc kieu int: %i\n", sizeof(int));      printf("Kich thuoc kieu float: %i\n", sizeof(float));      printf("Kich thuoc kieu double: %i\n", sizeof(double));      return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| Kich thuoc kieu char: 1  Kich thuoc kieu int: 4  Kich thuoc kieu float: 4  Kich thuoc kieu double: 8 |

**VD:** Xác định kích thước của các kiểu dữ liệu **– Mở rộng thêm**

|  |
| --- |
| //Xác định kích thước của các kiểu dữ liệu  #include <stdio.h>      int main() {      char c;      short s;      int i;      unsigned int ui;      float f;      double d;      long l;      long long ll;      unsigned long long ull;      // Lấy kích thước từng kiểu dữ liệu//      printf("Size cua kieu char: %i\n",sizeof(c));      printf("Size cua kieu short: %i\n",sizeof(s));      printf("Size cua kieu int: %i\n",sizeof (i));      printf("Size cua kieu unsigned int: %i\n",sizeof (ui));      printf("Size cua kieu float: %i\n",sizeof (f));      printf("Size cua kieu double: %i\n",sizeof (d));      printf("Size cua kieu long: %i\n",sizeof (l));      printf("Size cua kieu long long: %i\n",sizeof (ll));      printf("Size cua kieu unsigned long long: %i\n",sizeof (ull));      return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| Size cua kieu char: 1  Size cua kieu short: 2  Size cua kieu int: 4  Size cua kieu unsigned int: 4  Size cua kieu float: 4  Size cua kieu double: 8  Size cua kieu long: 4  Size cua kieu long long: 8  Size cua kieu unsigned long long: 8 |

**VD:** Xác định kích thước max, min của kiểu dữ liệu số nguyên

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <limits.h>  #include <float.h>  int main() {      printf("\n------------Signed -------------\n");      printf("char      - Bit: %d\n", CHAR\_BIT);      printf("char      - max: %d - min: %d\n",CHAR\_MAX, CHAR\_MIN);      printf("short     - max: %d - min: %d\n",SHRT\_MAX, SHRT\_MIN);      printf("int       - max: %d - min: %d\n",INT\_MAX, INT\_MIN);      printf("long      - max: %ld - min: %ld\n",LONG\_MAX, LONG\_MIN);      printf("long long - max: %lld - min: %lld\n",LLONG\_MAX, LLONG\_MIN);      printf("\n------------Unsigned -------------\n");      printf("unsigned char      - max: %u\n",UCHAR\_MAX);      printf("unsigned short     - max: %u\n",USHRT\_MAX);      printf("unsigned int       - max: %u\n",UINT\_MAX);      printf("unsigned long      - max: %lu\n",ULONG\_MAX);      printf("unsigned long long - max: %llu\n",ULLONG\_MAX);      return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| ------------Signed -------------  char      - Bit: 8  char      - max: 127 - min: -128  short     - max: 32767 - min: -32768  int       - max: 2147483647 - min: -2147483648  long      - max: 2147483647 - min: -2147483648  long long - max: 9223372036854775807 - min: -9223372036854775808  ------------Unsigned -------------  unsigned char      - max: 255  unsigned short     - max: 65535  unsigned int       - max: 4294967295  unsigned long      - max: 4294967295  unsigned long long - max: 18446744073709551615 |

Tệp tiêu đề float.h xác định các macro cho phép bạn sử dụng các giá trị này và các chi tiết khác về biểu diễn nhị phân của số thực trong chương trình của bạn. Ví dụ sau sẽ in không gian lưu trữ được thực hiện bởi một kiểu float và các giá trị phạm vi của nó:

**VD:** Xác định kích thước max, min của kiểu dữ liệu số thực

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <limits.h>  #include <float.h>  int main() {      printf("float       - max: %-20g - min: %-20g\n",FLT\_MAX, FLT\_MIN);      printf("double      - max: %-20g - min: %-20g\n",DBL\_MAX, DBL\_MIN);      printf("long double - max: %-20g - min: %-20g\n",LDBL\_MAX, LDBL\_MIN);      return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| float - max: 3.40282e+038 - min: 1.17549e-038  double - max: 1.79769e+308 - min: 2.22507e-308  long double - max: 3.20528e-317 - min: 3.20528e-317 |

# BIẾN SỐ

### Khái niệm

Biến (Variable) đơn giản là một thông tin nhỏ được lưu trữ trong RAM. Chúng ta gọi nó là biến số vì nó có thể thay đổi trong quá trình thực hiện chương trình. Biến được nhận dạng thông qua **tên biến và kiểu dữ liệu.**

#### Quy tắc đặt tên biến

Biến số là một định danh nên sẽ tuân theo quy tắc đặt định danh

### Khai báo biến

**Cú pháp:**

|  |
| --- |
| < Kiểu dữ liệu> <Danh sách tên biến>; |

Trong đó

* Kiểu dữ liệu: Là các kiểu dữ liệu cơ bản, bool, …
* Danh sách tên biến: gồm các tên biến có cùng kiểu dữ liệu, mỗi tên biến cách nhau dấu phẩy.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(){      float pi = 3.14159;      float a = 3.12;      printf("a =%6.3f\n",a);      printf("pi =%6.3f\n", pi);        printf("pi =%.3f", pi);        return 0;  } |

#### Khởi tạo biến

Khởi tạo biến là kết hợp việc vừa khai báo biến với toán tử gán để biến nhận ngay giá trị cùng lúc với khai báo.

**Ví dụ:** Khai báo trước, gán giá trị sau

|  |
| --- |
| void main() {      int a, b, c;      a = 1;      b = 2;      c = 5;  } |

**Ví dụ:** Vừa khai báo vừa gán giá trị (Khởi tạo biến)

|  |
| --- |
| void main() {      int a = 1, b = 2, c = 5;  } |

### Phạm vi của biến

Khi lập trình, bạn phải nắm rõ phạm vi của biến. Nếu khai báo và sử dụng không đúng, không rõ ràng sẽ dẫn đến sai sót khó kiểm soát được, vì vậy bạn cần phải xác định đúng vị trí, phạm vi sử dụng biến trước khi sử dụng biến.

#### Biến toàn cục

* Biến toàn cục được khai báo ở bên ngoài tất cả các hàm.
* Biến toàn cục có thể được truy xuất và sử dụng ở mọi hàm trong chương trình.
* Biến toàn cục được tồn tại cho tới khi chương trình kết thúc.

**VD:** Biến toàn cục

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>      char x = 'B';  // Biến toàn cục      int y = 100;   // Biến toàn cục  void Hien\_Thi() {      printf("%c\r\n",x);      printf("%d\r\n",y);  }  int main() {      Hien\_Thi();      return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| B  100 |

#### Biến cục bộ

Là các biến được khai báo trong một hàm, trong một biểu thức hoặc mệnh đề. Biến đó sẽ chỉ có thể tồn tại và sử dụng bên trong hàm. Nó sẽ được giải phóng khi hàm kết thúc thực thi.

**VD:** Biến cục bộ

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int ham\_cong(int x, int y){      int a; // bien cuc bo      int b; // bien cuc bo      a = x;      b = y;      return a+b;  }  int main(){      int ket\_qua;      ket\_qua = ham\_cong(1,2);      printf("Ket qua 1 + 2 = %d\r\n", ket\_qua);      return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| Ket qua 1 + 2 = 3 |

#### Biến static (Biến tĩnh)

##### Biến static trong khai báo biến cục bộ

Khi 1 biến cục bộ được khai báo với từ khóa static. Biến sẽ chỉ được khởi tạo 1 lần duy nhất và tồn tại suốt thời gian chạy chương trình. Giá trị của nó không bị mất đi ngay cả khi kết thúc hàm. Mỗi lần hàm được gọi, giá trị của biến chính bằng giá trị tại lần gần nhất hàm được gọi.

**VD.**

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int in\_so\_thu\_tu(void){      static int x = 0;      x = x + 1;      printf("%d\r\n",x);  }  int main() {      in\_so\_thu\_tu ();      in\_so\_thu\_tu ();      in\_so\_thu\_tu ();      in\_so\_thu\_tu ();      in\_so\_thu\_tu ();   return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| **1**  **2**  **3**  **4**  **5** |

##### Biến static trong khai báo biến toàn cục và khai báo hàm

Mỗi project thường sẽ được viết trên nhiều File vì mục đích phân chia module cũng như là để dễ bảo trì. Do có nhiều File nên rất có thể ở các File sẽ có sự trùng lặp trong cách đặt tên biến. Để tránh sự cố sai sót này người ta đưa ra khái niệm biến toàn cục tĩnh và hàm tĩnh.

* Biến toàn cục tĩnh sẽ chỉ có thể được truy cập và sử dụng trong File khai báo nó, các File khác không có cách nào truy cập được.
* Hàm tĩnh sẽ chỉ có thể gọi trong File khai báo nó, các File khác không có cách nào gọi hàm này được.

**VD.**

|  |
| --- |
| //-----------------  //A.c  // biến a này chỉ được sử dụng trong file A.c  static int a;  // hàm hienthi() này chỉ được sử dụng trong file A.c  static void hien\_thi() {};  int c;  //------------------  //B.c  // biến a này chỉ được sử dụng trong file B.c  static int a;  // hàm hienthi() này chỉ được sử dụng trong file B.c  static void hien\_thi() {};  int d; |

## Giải thích các khai báo

Một đặc điểm cú pháp đặc biệt của ngôn ngữ C là các khai báo phản ánh việc sử dụng của đối tượng được khai báo như trong một biểu thức thông thường.

Tập hợp các toán tử sau đây có cùng mức độ ưu tiên và tính kết hợp được tái sử dụng trong các khai báo, bao gồm:

* Toán tử unary \* " tham chiếu " thể hiện một con trỏ.
* Toán tử binary [] " phần tử mảng " thể hiện một mảng.
* Toán tử (1+n)-ary () " gọi hàm " thể hiện một hàm.
* Dấu ngoặc () nhóm nhưng ghi đè mức độ ưu tiên và tính kết hợp của các toán tử còn lại được liệt kê.

Ba toán tử trên có độ ưu tiên và tính kết hợp như sau:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Toán tử** | **Mức độ ưu tiên** | **Tính kết hợp** |
| [ ] Phần tử mảng | 1 | Trái sang phải |
| ( ) Gọi hàm | 1 | Trái sang phải |
| \* Tham chiếu | 2 | Phải sang trái |

Khi giải thích các khai báo, người đọc cần bắt đầu từ từng định danh và áp dụng các toán tử kề cạnh theo thứ tự đúng như trong bảng trên. Mỗi lần áp dụng một toán tử, ta có thể thay thế nó bằng các từ tiếng Anh sau đây:

|  |  |
| --- | --- |
| **Biểu thức** | **Giải thích** |
| Thing[X] | Kích thức của mảng X là… |
| Thing(x1,x2,x3) | 1 hàm nhận x1 x2 x3 và trả về … |
| \*Thing | Một con trỏ trỏ tới .. |

Theo đó phần bắt đầu của việc giải thích bằng tiếng Anh sẽ luôn bắt đầu với định danh và kết thúc với kiểu dữ liệu nằm ở phía bên trái của khai báo.

**Ví dụ:**

|  |
| --- |
| char \*names[20]; |

[] được ưu tiên hơn \*, vì vậy cách hiểu là: **names** là một mảng có kích thước 20 của một con trỏ trỏ tới char.

|  |
| --- |
| char (\*place)[10]; |

Trong trường hợp sử dụng dấu ngoặc () để ghi đè mức độ ưu tiên, toán tử \* được áp dụng trước: **place** là một con trỏ tới một mảng có kích thước là 10 của char.

|  |
| --- |
| int fn(long, short); |

Ở đây không có ưu tiên cần quan tâm: fn là một hàm nhận tham số long và short, và trả về kiểu int.

|  |
| --- |
| int \*fn(void); |

Dấu ngoặc () được áp dụng trước: fn là một hàm nhận tham số void và trả về một con trỏ tới kiểu int.

|  |
| --- |
| int (\*fp)(void); |

Ghi đè mức độ ưu tiên của (): fp là một con trỏ tới một hàm nhận tham số void và trả về kiểu int.

|  |
| --- |
| int arr[5][8]; |

Mảng đa chiều không phải là một ngoại lệ trong quy tắc; các toán tử [] được áp dụng theo thứ tự từ trái sang phải theo tính kết hợp được liệt kê trong bảng: arr là một mảng có kích thước 5 của một mảng có kích thước 8 của kiểu int.

|  |
| --- |
| int \*\*ptr; |

Hai toán tử dereference có cùng mức độ ưu tiên, do đó tính kết hợp có hiệu lực. Các toán tử được áp dụng theo thứ tự từ phải sang trái: ptr là một con trỏ tới một con trỏ tới kiểu int.

**Khai báo nhiều biến**

Dấu phẩy có thể được sử dụng làm dấu phân tách (không hoạt động như toán tử dấu phẩy) để phân cách các khai báo đa biến trong cùng một câu lệnh. Câu lệnh sau chứa năm khai báo:

|  |
| --- |
| int fn(void), \*ptr, (\*fp)(int), arr[10][20], num; |

Các đối tượng được khai báo trong ví dụ trên là:

* fn: một hàm không tham số và trả về kiểu int.
* ptr: một con trỏ tới kiểu int.
* fp: một con trỏ hàm nhận tham số kiểu int và trả về kiểu int.
* arr: một mảng có kích thước 10, mỗi phần tử là một mảng có kích thước 20 kiểu int.
* num: kiểu int.

**Giải thích thay thế**

Bởi vì các khai báo phản ánh việc sử dụng, nên một khai báo cũng có thể được giải thích dựa trên các toán tử có thể được áp dụng lên đối tượng và kiểu dữ liệu cuối cùng của biểu thức đó. Kiểu dữ liệu nằm ở phía bên trái là kết quả cuối cùng sau khi áp dụng tất cả các toán tử.

|  |
| --- |
| /\*  \*Sử dụng toán tử [] để lấy phần tử của "arr" và sau đó dùng toán tử dereference để lấy giá trị,  \*ta được một kết quả kiểu "char".  \*Cụ thể: \*arr[5] có kiểu "char".  \*/  char arr[20];  /\*  \*Gọi hàm "fn" trả về một kết quả kiểu "int".  \*Cụ thể: fn('b') có kiểu "int".  \*/  int fn(char);  /\*  \*Sử dụng toán tử dereference để lấy giá trị của "fp", sau đó gọi nó trả về một kết quả kiểu "int".  \*Cụ thể: (\*fp)() có kiểu "int".  \*/  int (fp)(void);  /\*  \*Sử dụng toán tử [] hai lần để lấy phần tử của "strings", sau đó sử dụng toán tử dereference để lấy giá trị,  \*ta được một kết quả kiểu "char".  \*Cụ thể: \*strings[5][15] có kiểu "char".  \*/  char \*strings[10][20]; |

## Kiểu số nguyên có độ rộng cố định ( kể từ c99)

**Phiên bản ≥ C99**

Tiêu đề <stdint.h> cung cấp một số định nghĩa kiểu số nguyên có độ rộng cố định. Các kiểu này là tùy chọn và chỉ được cung cấp nếu nền tảng có một kiểu số nguyên có độ rộng tương ứng và nếu kiểu có dấu tương ứng có biểu diễn bù hai của các giá trị âm. Xem phần lưu ý để biết các gợi ý về việc sử dụng các kiểu có độ rộng cố định.

|  |
| --- |
|  |

## Kiểu số nguyên và hằng số

Các số nguyên có dấu có thể thuộc các kiểu sau đây (int sau từ short hoặc long là tùy chọn):

|  |
| --- |
| signed char c = 127; /\* yêu cầu có độ rộng 1 byte, xem phần lưu ý để biết thêm thông tin \*/  signed short int si = 32767; /\* yêu cầu có ít nhất 16 bit \*/  signed int i = 32767; /\* yêu cầu có ít nhất 16 bit \*/  signed long int li = 2147483647; /\* yêu cầu có ít nhất 32 bit \*/  Phiên bản ≥ C99  signed long long int li = 2147483647; /\* yêu cầu có ít nhất 64 bit \*/ |

Mỗi kiểu số nguyên có dấu này đều có một phiên bản không dấu tương ứng.

|  |
| --- |
| unsigned int i = 65535;  unsigned short = 2767;  unsigned char = 255; |

Đối với tất cả các kiểu, ngoại trừ char, phiên bản có dấu được cho là mặc định nếu phần có dấu hoặc không dấu bị bỏ qua. Kiểu char tạo thành một kiểu ký tự thứ ba, khác với signed char và unsigned char, và sự có dấu (hoặc không) phụ thuộc vào nền tảng.

Có các loại hằng số số nguyên khác nhau (được gọi là chữ số trong ngôn ngữ C) có thể được viết theo các cơ số khác nhau và có độ rộng khác nhau, dựa trên tiền tố hoặc hậu tố của chúng.

|  |
| --- |
| /\* Các biến sau được khởi tạo với cùng một giá trị: \*/  int d = 42; /\* hằng số thập phân (cơ số 10) \*/  int o = 052; /\* hằng số bát phân (cơ số 8) \*/  int x = 0xaf; /\* hằng số thập lục phân (cơ số 16) \*/  int X = 0XAf; /\*\*/ (chữ cái 'a' đến 'f' (không phân biệt chữ hoa chữ thường) biểu thị từ 10 đến 15) \*/ |

Hằng số thập phân luôn luôn có dấu**(signed)**. Hằng số thập lục phân bắt đầu bằng 0x hoặc 0X và hằng số bát phân bắt đầu chỉ với chữ số 0. Hai loại hằng số sau có thể có dấu**(signed)** hoặc không dấu**(unsigned)** tùy thuộc vào việc giá trị có phù hợp với kiểu có dấu hay không.

|  |
| --- |
| /\* Tiền tố để chỉ độ rộng và dấu \*/  long int i = 0x32; /\* không có tiền tố đại diện cho int hoặc long int \*/  unsigned int ui = 65535u; /\* u hoặc U đại diện cho unsigned int hoặc unsigned long int \*/  long int li = 65536l; /\* l hoặc L đại diện cho long int \*/ |

Nếu không có tiền tố, hằng số có kiểu dữ liệu là kiểu đầu tiên mà giá trị của nó phù hợp, nghĩa là hằng số thập phân lớn hơn INT\_MAX sẽ có kiểu long nếu có thể, hoặc long long nếu không được.

Tập tin tiêu đề <limits.h> mô tả các giới hạn của số nguyên như sau. Các giá trị xác định bởi người thực hiện (implementation-defined) phải có giá trị tuyệt đối lớn hơn hoặc bằng giá trị được hiển thị dưới đây, với cùng dấu.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **MARCO** | **Kiểu dữ liệu** | **Giá trị** |
| CHAR\_BIT | smallest object that is not a bit-field (byte) 8 |  |
| SCHAR\_MIN | signed char | -127 / -(27 - 1) |
| SCHAR\_MAX | signed char | +127 / 27 - 1 |
| UCHAR\_MAX | unsigned char | 255 / 28 - 1 |
| CHAR\_MIN | char | see below |
| CHAR\_MAX | char | see below |
| SHRT\_MIN | short int | -32767 / -(215 - 1) |
| SHRT\_MAX | short int | +32767 / 215 - 1 |
| USHRT\_MAX | unsigned short int | 65535 / 216 - 1 |
| INT\_MIN | int | -32767 / -(215 - 1) |
| INT\_MAX | int | +32767 / 215 - 1 |
| UINT\_MAX | unsigned int | 65535 / 216 - 1 |
| LONG\_MIN | long int | -2147483647 / -(231 - 1) |
| LONG\_MAX | long int | +2147483647 / 231 - 1 |
| ULONG\_MAX | unsigned long int | 4294967295 / 232 - 1 |
| Version ≥ C99 |  |  |
| LLONG\_MIN | long long int | -9223372036854775807 / -(263 - 1) |
| LLONG\_MAX | long long int | +9223372036854775807 / 263 - 1 |
| ULLONG\_MAX | unsigned long long int | 18446744073709551615 / 264 - 1 |

Nếu giá trị của một đối tượng có kiểu char được mở rộng dấu khi sử dụng trong một biểu thức, giá trị của CHAR\_MIN sẽ giống như SCHAR\_MIN và giá trị của CHAR\_MAX sẽ giống như SCHAR\_MAX. Nếu giá trị của một đối tượng có kiểu char không được mở rộng dấu khi sử dụng trong một biểu thức, giá trị của CHAR\_MIN sẽ là 0 và giá trị của CHAR\_MAX sẽ giống như UCHAR\_MAX.

Phiên bản ≥ C99

Tiêu chuẩn C99 đã thêm một tiêu đề mới, <stdint.h>, chứa các định nghĩa cho các số nguyên có chiều rộng cố định. Xem ví dụ số nguyên chiều rộng cố định để được giải thích sâu hơn.

## Hằng số thực

Ngôn ngữ C có ba kiểu số thực dấu phẩy động bắt buộc, đó là **float**, **double** và **long double**.

|  |
| --- |
| float f = 0.314f; /\* Hậu tố f hoặc F chỉ định kiểu float \*/  double d = 0.314; /\* Không có hậu tố chỉ định kiểu double \*/  long double ld = 0.314l; /\* Hậu tố l hoặc L chỉ định kiểu long double \*/  /\* Các phần khác nhau trong một định nghĩa số thực là tùy chọn \*/  double x = 1.; /\* Hợp lệ, phần thập phân là tùy chọn \*/  double y = .1; /\* Hợp lệ, phần nguyên là tùy chọn \*/  /\* Chúng cũng có thể được định nghĩa trong dạng ký hiệu khoa học \*/  double sd = 1.2e3; /\* Phần thập phân 1.2 được nhân với 10^3, tức là 1200.0 \*/ |

Tiêu đề <float.h> xác định các giới hạn khác nhau cho các hoạt động của dấu phẩy động Số học dấu phẩy động được xác định triển khai. Tuy nhiên, hầu hết các nền tảng hiện đại (arm, x86, x86\_64, MIPS) đều sử dụng các hoạt động của dấu phẩy động IEEE 754. C cũng có ba loại dấu phẩy động phức tạp tùy chọn bắt nguồn từ loại trên.

## Chuỗi kí tự

Một chuỗi ký tự trong ngôn ngữ C là một chuỗi các ký tự, kết thúc bằng một ký tự số không (literal zero)

|  |
| --- |
| char\* str = "hello, world"; /\* chuỗi ký tự nguyên mẫu (string literal) \*/  /\* chuỗi ký tự nguyên mẫu có thể được sử dụng để khởi tạo mảng \*/  char a1[] = "abc"; /\* a1 là mảng char[4] chứa {'a','b','c','\0'} \*/  char a2[4] = "abc"; /\* tương tự a1 \*/  char a3[3] = "abc"; /\* a3 là mảng char[3] chứa {'a','b','c'}, thiếu ký tự '\0' \*/ |

Chuỗi ký tự nguyên mẫu trong C **không thể sửa đổi**, và việc cố gắng thay đổi giá trị của chúng sẽ dẫn đến hành vi không xác định. Chuỗi ký tự nguyên mẫu thường được lưu trữ trong bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory), chẳng hạn như phần .rodata, và mọi cố gắng sửa đổi giá trị của chúng có thể dẫn đến kết quả không mong muốn.

|  |
| --- |
| char\* s = "foobar";  s[0] = 'F'; /\* hành vi không xác định \*/  /\* Thực hành tốt là đánh dấu chuỗi nguyên mẫu là hằng số bằng cách sử dụng const \*/  char const s1 = "foobar";  s1[0] = 'F'; /\* lỗi biên dịch! \*/ |

Nhiều chuỗi ký tự được nối vào thời gian biên dịch, có nghĩa là bạn có thể viết cấu trúc như thế này.

|  |
| --- |
| Phiên bản trước C99  /\* Chỉ có thể nối hai chuỗi ký tự hẹp (narrow) hoặc hai chuỗi ký tự rộng (wide) \*/  char\* s = "Hello, " "World";  Phiên bản C99 trở lên  /\* Từ phiên bản C99 trở đi, có thể nối nhiều hơn hai chuỗi \*/  /\* Quá trình nối chuỗi phụ thuộc vào triển khai cụ thể \*/  char\* s1 = "Hello" ", " "World";  /\* Một số cách sử dụng phổ biến là nối chuỗi định dạng (format strings) \*/  char\* fmt = "%" PRId16; /\* Macro PRId16 được định nghĩa từ C99 \*/ |

Chuỗi ký tự nguyên mẫu, tương tự như hằng số ký tự, hỗ trợ các bộ ký tự khác nhau.

|  |
| --- |
| /\* Chuỗi ký tự thông thường, kiểu char[] \*/  char\* s1 = "abc";  /\* Chuỗi ký tự rộng (wide character), kiểu wchar\_t[] \*/  wchar\_t\* s2 = L"abc";  Phiên bản C11 trở lên  /\* Chuỗi ký tự UTF-8, kiểu char[] \*/  char\* s3 = u8"abc";  /\* Chuỗi ký tự rộng 16-bit, kiểu char16\_t[] \*/  char16\_t\* s4 = u"abc";  /\* Chuỗi ký tự rộng 32-bit, kiểu char32\_t[] \*/  char32\_t\* s5 = U"abc"; |

# TOÁN TỬ

Toán tử trong ngôn ngữ lập trình là một ký hiệu cho biết trình biên dịch hoặc trình thông dịch thực hiện một phép toán.

## Toán tử quan hệ

Các toán tử quan hệ trong ngôn ngữ C kiểm tra xem một mối quan hệ cụ thể giữa hai toán hạng có đúng hay không. Kết quả được đánh giá là 1 (đúng) hoặc 0 (sai).

**Lưu ý:** 1 ở đây là True và 0 ở đây là False.

|  |  |
| --- | --- |
| **Toán tử** | **Ý nghĩa** |
| == | So sánh bằng |
| > | So sánh lớn hơn |
| < | So sánh bé hơn |
| != | So sánh khác |
| >= | Lớn hơn hoặc bằng |
| <= | Bé hơn hoặc bằng |

### Toán tử ==

**VD**: Toán tử “=”. Kiểm tra xem các toán hạng được cung cấp có bằng nhau không.

|  |
| --- |
| 1 == 0; /\* đánh giá thành 0.(Đúng) \*/  1 == 1; /\* đánh giá thành 1.(Sai) \*/  int x = 5;  int y = 5;  int \*xptr = &x, yptr = &y;  /\* Sai, các toán hạng giữ các địa chỉ vùng nhớ khác nhau.(Sai) \*/  xptr == yptr;  /\* Đúng, các toán hạng trỏ tới các vị trí vùng nhớ chứa cùng một giá trị. \*/  \*xptr == yptr; |

**Chú ý:** Không nên nhầm lẫn toán tử này với toán tử gán “=”

### Toán tử !=

Kiểm tra xem toán hạng bên trái có giá trị khác toán hạng bên phải hay không.

**VD**: Toán tử “!=”. Kiểm tra xem các toán hạng được cung cấp có bằng nhau không.

|  |
| --- |
|  |

Toán tử này trả về kết quả ngược lại với kết quả của toán tử **bằng bằng** (==).

### Toán tử !

**VD**: Toán tử “!”. Kiểm tra xem các toán hạng được cung cấp có bằng nhau không.

Toán tử "!" cũng có thể được sử dụng trực tiếp với một biến như sau:

|  |
| --- |
| !someVal |

Điều này có tác dụng tương tự như

|  |
| --- |
| someVal == 0 |

### Toán tử >

Kiểm tra xem toán hạng bên trái có giá trị lớn hơn toán hạng bên phải hay không.

**VD:** Toán tử “>”.

|  |
| --- |
| 5 > 4 /\* trả về 1.(Đúng) \*/  4 > 5 /\* trả về 0.(Sai) \*/  > 4 /\* trả về 0.(Sai) \*/ |

### Toán tử <

Kiểm tra xem toán hạng bên trái có giá trị bé hơn toán hạng bên phải hay không.

**VD:** Toán tử “<”.

|  |
| --- |
| 5 < 4 /\* trả về 0.(Sai) \*/  4 < 5 /\* trả về 1.(Đúng) \*/  < 4 /\* trả về 0.(Sai) \*/ |

### Toán tử >=

Kiểm tra xem toán hạng bên trái có giá trị lớn hơn hoặc bằng toán hạng bên phải hay không.

**VD:** Toán tử “>=”.

|  |
| --- |
| 5 >= 4 /\* trả về 1.(Đúng) \*/  4 >= 5 /\* trả về 0.(Sai) \*/  >= 4 /\* trả về 1.(Đúng) \*/ |

### Toán tử <=

Kiểm tra xem toán hạng bên trái có giá trị bé hơn hoặc bằng toán hạng bên phải hay không.

**VD:** Toán tử “<=”.

|  |
| --- |
| 5 <= 4 /\* trả về 0.(Sai) \*/  4 <= 5 /\* trả về 1.(Đúng) \*/  4 <= 4 /\* trả về 1.(Đúng) \*/ |

## Toán tử điều kiện/ toán tử 3 ngôi

Toán tử 3 ngôi "?" trong ngôn ngữ C được sử dụng để thực hiện một phép toán 3 ngôi. Nó đánh giá toán hạng đầu tiên và nếu giá trị kết quả khác 0, nó đánh giá toán hạng thứ hai. Ngược lại, nếu giá trị kết quả bằng 0, nó đánh giá toán hạng thứ ba.

|  |
| --- |
| a = b ? c : d;  /\*Tương đương với\*/  if (b)  a = c;  else  a = d; |

Đoạn mã sau đây mô tả cú pháp của toán tử 3 ngôi: **Điều kiện ? Kết quả nếu đúng : Kết quả nếu sai**. Mỗi giá trị có thể là kết quả của một biểu thức đã được đánh giá.

|  |
| --- |
| int x = 5;  int y = 42;  printf("%i, %i\n", 1 ? x : y, 0 ? x : y); /\* Kết quả "5, 42" \*/ |

Toán tử điều kiện có thể được lồng vào nhau. Ví dụ: đoạn mã sau xác định số lớn hơn trong ba số:

|  |
| --- |
| big= a > b ? (a > c ? a : c)  : (b > c ? b : c); |

Ví dụ sau ghi số nguyên chẵn vào một tệp và số nguyên lẻ vào tệp khác

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  FILE \*even, \*odds;  int n = 10;  size\_t k = 0;  even = fopen("even.txt", "w");  odds = fopen("odds.txt", "w");  for(k = 1; k < n + 1; k++) {  k%2==0 ? fprintf(even, "\t%5d\n", k)  : fprintf(odds, "\t%5d\n", k);  }  fclose(even);  fclose(odds);  return 0;  } |

Toán tử điều kiện liên kết từ phải sang trái. Hãy xem xét những điều sau đây:

|  |
| --- |
| exp1 ? exp2 : exp3 ? exp4 : exp5 |

Vì liên kết từ phải sang trái, biểu thức trên được đánh giá là:

|  |
| --- |
| exp1 ? exp2 : ( exp3 ? exp4 : exp5 ) |

## Toán tử Bitwise

Toán tử bitwise có thể được sử dụng để thực hiện thao tác cấp độ bit trên các biến. Dưới đây là danh sách tất cả sáu toán tử bitwise được hỗ trợ trong C:

|  |  |
| --- | --- |
| **Kí hiệu** | **Toán tử** |
| & | Toán tử AND |
| | | Toán tử OR |
| ^ | Toán tử XOR |
| ~ | Toán tử phủ định NOT |
| << | Toán tử dịch trái |
| >> | Toán tử dịch phải |

**VD:** Chương trình sau đây minh họa việc sử dụng tất cả các toán tử bitwise:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  unsigned int a = 29; /\* 29 = 0001 1101 \*/  unsigned int b = 48; /\* 48 = 0011 0000 \*/  int c = 0;  c = a & b; /\* 32 = 0001 0000 \*/  printf("%d & %d = %d\n", a, b, c );  c = a | b; /\* 61 = 0011 1101 \*/  printf("%d | %d = %d\n", a, b, c );  c = a ^ b; /\* 45 = 0010 1101 \*/  printf("%d ^ %d = %d\n", a, b, c );  c = ~a; /\* -30 = 1110 0010 \*/  printf("~%d = %d\n", a, c );  c = a << 2; /\* 116 = 0111 0100 \*/  printf("%d << 2 = %d\n", a, c );  c = a >> 2; /\* 7 = 0000 0111 \*/  printf("%d >> 2 = %d\n", a, c );  return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| 29 & 48 = 16  29 | 48 = 61  29 ^ 48 = 45  ~29 = -30  29 << 2 = 116  29 >> 2 = 7 |

Các phép toán bitwise với kiểu dữ liệu có dấu nên được sử dụng cẩn thận vì bit dấu của kiểu dữ liệu đó có ý nghĩa riêng. Có các hạn chế đặc biệt áp dụng cho các toán tử dịch chuyển (shift operators):

* Dịch trái một bit 1 vào bit dấu của kiểu dữ liệu có dấu được coi là sai và dẫn đến hành vi không xác định. Điều này có nghĩa rằng kết quả của phép dịch như vậy không được xác định rõ ràng và có thể khác nhau tùy thuộc vào trình biên dịch và nền tảng.
* Dịch phải một giá trị âm (với bit dấu được đặt là 1) được xác định bởi từng trình biên dịch và do đó không có tính chất di động. Điều này có nghĩa rằng hành vi của phép dịch như vậy có thể khác nhau giữa các phiên bản khác nhau của ngôn ngữ C và không được đảm bảo di động trên các nền tảng hoặc trình biên dịch khác nhau.
* Nếu giá trị của toán hạng phải của toán tử dịch chuyển là số âm hoặc lớn hơn hoặc bằng độ rộng của toán hạng trái được gán, hành vi là không xác định. Điều này có nghĩa là kết quả của phép dịch như vậy không được chỉ định và có thể cho ra kết quả không mong đợi hoặc không nhất quán.

Để đảm bảo tính di động và tránh hành vi không xác định, thường khuyến nghị sử dụng kiểu dữ liệu không dấu khi thực hiện các phép toán bitwise liên quan đến dịch chuyển.

**Masking:**

Masking (hoặc còn gọi là áp dụng mặt nạ) đề cập đến quá trình trích xuất các bit mong muốn từ một biến (hoặc biến đổi các bit mong muốn trong biến) bằng cách sử dụng các phép toán logic bitwise. Toán hạng (một hằng số hoặc biến) được sử dụng để thực hiện việc áp dụng mặt nạ được gọi là mặt nạ (mask).

Trong quá trình masking, mặt nạ là một giá trị có các bit được thiết lập một cách đặc biệt để thực hiện việc trích xuất hoặc biến đổi các bit trong biến gốc. Khi thực hiện phép toán bitwise AND (&) giữa biến gốc và mặt nạ, chỉ có các bit tương ứng mà mặt nạ đặt thành 1 và các bit còn lại trong biến gốc sẽ bị xóa đi (thiết lập thành 0). Điều này cho phép trích xuất hoặc biến đổi các bit cần thiết trong biến gốc và bỏ qua các bit không mong muốn.

Mặt nạ được sử dụng theo nhiều cách khác nhau

* Để quyết định mẫu bit của một biến số nguyên.
* Để sao chép một phần của mẫu bit đã cho sang một biến mới, trong khi phần còn lại của biến mới được điền bằng 0 (sử dụng bitwise AND)
* Để sao chép một phần của mẫu bit đã cho sang một biến mới, trong khi phần còn lại của biến mới được lấp đầy bằng 1 (sử dụng OR theo bit).
* Để sao chép một phần của mẫu bit đã cho sang một biến mới, trong khi phần còn lại của mẫu bit ban đầu được đảo ngược trong biến mới (sử dụng OR loại trừ bit).

Hàm sau sử dụng mặt nạ để hiển thị mẫu bit của một biến:

|  |
| --- |
| #include <limits.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i, x, word;  unsigned mask = 1;  word = CHAR\_BIT \* sizeof(int);  mask = mask << (word - 1); /\* shift 1 to the leftmost position \*/  for(i = 1; i <= word; i++) {  x = (u & mask) ? 1 : 0; /\* identify the bit \*/  printf("%d", x); /\* print bit value \*/  mask >>= 1; /\* shift mask to the right by 1 bit \*/  }  } |

## Hoạt động ngắn mạch của toán tử logic

## Toán tử dấu phẩy

Toán tử dấu phẩy (,) cho phép bạn đánh giá nhiều biểu thức ở bất kỳ nơi nào cho phép một biểu thức duy nhất. Toán tử dấu phẩy đánh giá toán hạng bên trái, sau đó là toán hạng bên phải, rồi trả về kết quả của toán hạng bên phải.

VD:

|  |
| --- |
| int x = 42, y = 42;  printf("%i\n", (x \*= 2, y)); /\* Outputs "42". \*/ |

Toán tử dấu phẩy giới thiệu một điểm thứ tự giữa các toán hạng của nó.

**Lưu ý** rằng dấu phẩy được sử dụng trong các hàm gọi các đối số riêng biệt đó **KHÔNG** phải là toán tử dấu phẩy, thay vào đó, nó được gọi là dấu phân cách khác với toán tử dấu phẩy. Do đó, nó không có các thuộc tính của toán tử dấu phẩy.

Lệnh gọi printf() ở trên chứa cả toán tử dấu phẩy và dấu phân cách.

|  |
| --- |
| printf("%i\n", (x \*= 2, y)); /\* Outputs "42". \*/  /\* ^ ^ Đây là toán tử dấu phẩy \*/  /\* Đây là dấu phân cách \*/ |

Toán tử dấu phẩy thường được sử dụng trong phần khởi tạo cũng như trong phần cập nhật của vòng lặp for. Ví dụ:

|  |
| --- |
| for(k = 1; k < 10; printf("\%d\\n", k), k += 2); /\*outputs the odd numbers below 9/\*  /\* outputs sum to first 9 natural numbers \*/  for(sumk = 1, k = 1; k < 10; k++, sumk += k)  printf("\%5d\%5d\\n", k, sumk); |

## Toán tử số học

Toán tử số học trả về một giá trị là kết quả của việc áp dụng toán hạng bên trái cho toán hạng bên phải. Toán tử số học gồm các phép toán: cộng, trừ, nhân, chia lấy nguyên, chia lấy dư.

|  |  |
| --- | --- |
| **Toán tử** | **Ý nghĩa của toán tử** |
| + | Phép cộng |
| - | Phép trừ |
| \* | Phép nhân |
| / | Phép chia lấy phần nguyên |
| % | Phép chia lấy dư (Chỉ áp dụng cho số nguyên) |

***Thứ tự toán tử số học***

|  |  |
| --- | --- |
| %, /, \* | +, - |

### Toán tử cộng

**VD:** Toán tử cộng (+) được sử dụng để cộng hai toán hạng lại với nhau.

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 5;  int b = 7;  int c = a + b;  printf("%d + %d = %d",a,b,c);  return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| 5 + 7 = 12 |

### Toán tử trừ

**VD:** Toán tử trừ (-) được sử dụng để trừ toán hạng thứ 2 cho toán hạng thứ nhất.

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 5;  int b = 7;  int c = a - b;  printf("%d - %d = %d",a,b,c);  return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| 5 - 7 = -2 |

### Toán tử nhân

**VD:** Toán tử nhân (\*) được sử dụng để nhân cả hai toán hạng.

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 5;  int b = 7;  int c = a \* b;  printf("%d \* %d = %d",a,b,c);  return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| 5 \* 7 = 35 |

**Đừng nhầm lẫn với con trỏ (\*)**

### Toán tử chia

Toán tử chia (/) chia toán hạng thứ nhất cho toán hạng thứ hai. Nếu cả hai toán hạng của phép chia là số nguyên, nó sẽ trả về một giá trị nguyên và loại bỏ phần còn lại (sử dụng toán tử modulo % để tính toán và lấy phần còn lại).

Nếu một trong các toán hạng là một giá trị dấu chấm động, thì kết quả là một phép tính gần đúng của phân số.

**Ví dụ:**

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 19 / 2 ;  int b = 18 / 2 ;  int c = 255 / 2;  int d = 44 / 4 ;  double e = 19 / 2.0 ;  double f = 18.0 / 2 ;  double g = 255 / 2.0;  double h = 45.0 / 4 ;  printf("19 / 2 = %d\n", a);  printf("18 / 2 = %d\n", b);  printf("255 / 2 = %d\n", c);  printf("44 / 4 = %d\n", d);  printf("19 / 2.0 = %g\n", e);  printf("18.0 / 2 = %g\n", f);  printf("255 / 2.0 = %g\n", g);  printf("45.0 / 4 = %g\n", h);  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| 19 / 2 = 9  18 / 2 = 9  255 / 2 = 127  44 / 4 = 11  19 / 2.0 = 9.5  18.0 / 2 = 9  255 / 2.0 = 127.5  45.0 / 4 = 11.25 |

**Chú ý: Ép kiểu**

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 9;  int b = 2;  float c;  //c = (float) a / b;  //c = 9.0 / 2;  c = 9 / 2.0;  printf("%d / %d = %f",a,b,c);  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| 9 / 2 = 4.500000 |

### Toán tử modulo (Phép chia lấy dư)

Toán tử modulo (%) chỉ nhận toán hạng số nguyên và được sử dụng để tính phần còn lại sau khi toán hạng thứ nhất được chia cho toán hạng thứ hai. Toán tử mô đun (còn được gọi là toán tử chia lấy phần dư) là một toán tử trả về phần còn lại sau khi thực hiện phép chia số nguyên.

**Ví dụ:**

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 25 % 2; /\* a holds value 1 \*/  int b = 24 % 2; /\* b holds value 0 \*/  int c = 155 % 5; /\* c holds value 0 \*/  int d = 49 % 25; /\* d holds value 24 \*/  printf("25 % 2 = %d\n", a); /\* Will output "25 % 2 = 1" \*/  printf("24 % 2 = %d\n", b); /\* Will output "24 % 2 = 0" \*/  printf("155 % 5 = %d\n", c); /\* Will output "155 % 5 = 0" \*/  printf("49 % 25 = %d\n", d); /\* Will output "49 % 25 = 24" \*/  return 0;  } |

### Toán tử tăng giảm

Các toán tử tăng (a++) và giảm (a--) khác nhau ở chỗ chúng thay đổi giá trị của biến mà bạn áp dụng chúng mà không có toán tử gán. Bạn có thể sử dụng toán tử **tăng** và **giảm** trước hoặc sau biến. Vị trí của toán tử thay đổi thời gian tăng/giảm giá trị thành trước hoặc sau khi gán nó cho biến.

Ví dụ:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 1;  int b = 4;  int c = 1;  int d = 4;  a++;  printf("a = %d\n",a); /\* Sẽ in ra "a = 2" \*/  b--;  printf("b = %d\n",b); /\* Sẽ in ra "b = 3" \*/  if (++c > 1) { /\* c được tăng thêm 1 trước khi được so sánh trong điều kiện \*/  printf("This will print\n"); /\* Dòng này sẽ được in ra \*/  } else {  printf("This will never print\n"); /\* Dòng này sẽ không được in ra \*/  }  if (d-- < 4) { /\* d được giảm sau khi được so sánh \*/  printf("This will never print\n"); /\* Dòng này sẽ không được in ra \*/  } else {  printf("This will print\n"); /\* Dòng này sẽ được in ra \*/  }  } |

Kết quả

|  |
| --- |
| a = 2  b = 3  This will print  This will print |

Như ví dụ cho c và d cho thấy, cả hai toán tử đều có hai dạng, là ký hiệu tiền tố và ký hiệu hậu tố. Cả hai đều có tác dụng giống nhau trong việc tăng (++) hoặc giảm (--) biến, nhưng khác nhau về giá trị mà chúng trả về: các phép toán tiền tố thực hiện thao tác trước rồi trả về giá trị, trong khi các phép toán hậu tố trước tiên xác định giá trị được trả lại, và sau đó thực hiện thao tác.

Do hành vi có khả năng phản trực giác này, việc sử dụng các toán tử tăng/giảm bên trong các biểu thức đang gây tranh cãi.

## Toán tử truy cập

Các toán tử truy cập thành viên (dấu chấm . và mũi tên ) được sử dụng để truy cập một thành viên của cấu trúc (struct).

### Thuộc tính của đối tượng

Được đánh giá thành giá trị, chỉ định đối tượng là thành viên của đối tượng được truy cập.

|  |
| --- |
| struct MyStruct {  int x;  int y;  };  struct MyStruct myObject;  myObject.x = 42;  myObject.y = 123;  printf(".x = %i, .y = %i\n", myObject.x, myObject.y); /\* Outputs ".x = 42, .y = 123". \*/ |

### Thành viên của đối tượng được trỏ tới

Toán tử mũi tên (->) được sử dụng để tiện lợi hóa quá trình giải tham chiếu và truy cập thành viên của một cấu trúc. Thay vì viết (\*x).y để truy cập thành viên y của đối tượng được giải tham chiếu bởi con trỏ x, chúng ta có thể sử dụng x->y. Điều này giúp làm rõ hơn cách thao tác và làm cho mã nguồn dễ đọc hơn, đặc biệt là khi có các con trỏ cấu trúc lồng nhau.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  struct MyStruct {  int x;  int y;  };  struct MyStruct myObject;  struct MyStruct \*p = &myObject;  p->x = 42;  p->y = 123;  printf(".x = %i, .y = %i\n", p->x, p->y); /\* Kết quả ".x = 42, .y = 123". \*/  printf(".x = %i, .y = %i\n", myObject.x, myObject.y); /\* Kết quả cũng sẽ là ".x = 42, .y = 123". \*/  } |

### Lấy địa chỉ

Toán tử & (unary address of operator) trong ngôn ngữ C được sử dụng để lấy địa chỉ của một biến. Khi áp dụng toán tử & cho một biến, nó trả về một con trỏ chứa địa chỉ của biến đó.

**Ví dụ:**

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int x = 3;  int \*p = &x;  printf("%p = %p\n", &x, (p)); /\* Xuất ra "A = A",Với A là một giá trị do triển khai cụ thể quy định ở đây là giá trị địa chỉ ngẫu nhiên.\*/  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| 0061FF18 = 0061FF18 |

### Dereference

The unary \* operator dereferences a pointer. It evaluates into the lvalue resulting from dereferencing the pointer that results from evaluating the given expression.

|  |
| --- |
| int x = 42;  int \*p = &x;  printf("x = %d, \*p = %d\n", x, \*p); /\* Xuất ra "x = 42, \*p = 42". \*/  \*p = 123;  printf("x = %d, \*p = %d\n", x, \*p); /\* Xuất ra "x = 123, \*p = 123". \*/ |

### Chỉ số mảng

Trong C, cú pháp indexing (chỉ số mảng) thực tế là một cách viết tắt cho việc thực hiện phép cộng con trỏ và sau đó giải tham chiếu. Biểu thức dạng **a[i]** tương đương với **\*(a + i)**, trong đó a là một con trỏ và i là chỉ số hoặc độ lệch.

Trong C, mảng sẽ tự động chuyển thành con trỏ tới phần tử đầu tiên của nó trong hầu hết các ngữ cảnh. Khi bạn sử dụng cú pháp chỉ số **a[i],** trình biên dịch sẽ coi a như một con trỏ tới phần tử đầu tiên của mảng và thực hiện phép cộng con trỏ với độ lệch **i**. Sau đó, con trỏ kết quả được giải tham chiếu sử dụng toán tử **\*** để truy cập vào giá trị tại vị trí đó trong bộ nhớ.

|  |
| --- |
| int arr[] = { 1, 2, 3, 4, 5 };  printf("arr[2] = %i\n", arr[2]); /\* Xuất ra "arr[2] = 3". \*/ |

### Khả năng hoán đổi của chỉ số mảng

Thêm một con trỏ vào một số nguyên là một phép toán giao hoán (nghĩa là thứ tự của các toán hạng không làm thay đổi kết quả) vì vậy con trỏ + số nguyên == số nguyên + con trỏ.

Hệ quả của điều này là arr[3] và 3[arr] là tương đương.

|  |
| --- |
| printf("3[arr] = %i\n", 3[arr]); /\* Xuất ra "3[arr] = 4". \*/ |

## Toán tử Sizeof

Toán tử sizeof trả về kích thước dữ liệu của đối tượng đó.

Cú pháp:

|  |
| --- |
| sizeof (Kiểu dữ liệu) |

### With a type as operand

Đánh giá kết quả là kích thước trong byte, của kiểu size\_t, của đối tượng thuộc kiểu đã cho. Yêu cầu có dấu ngoặc đơn xung quanh kiểu dữ liệu.

|  |
| --- |
| printf("%zu\n", sizeof(int)); /\* Hợp lệ, trả về kích thước của một đối tượng int,                                 \*có thể thay đổi theo nền tảng. \*/  printf("%zu\n", sizeof int); /\* Không hợp lệ, các kiểu dữ liệu truyền vào cần được                                \*bao bọc bởi dấu ngoặc đơn! \*/ |

### With an expression as operand

Đánh giá kết quả là kích thước trong byte, kiểu size\_t, của các đối tượng có cùng kiểu dữ liệu với biểu thức được cung cấp. Biểu thức chính nó không được đánh giá. Dấu ngoặc đơn không bắt buộc; tuy nhiên, vì biểu thức được cung cấp phải là toán tử một ngôi, nên luôn tốt nhất là sử dụng chúng.

|  |
| --- |
| char ch = 'a';  printf("%zu\n", sizeof(ch)); /\* Hợp lệ, sẽ in ra kích thước của một đối tượng char,  \* luôn là 1 cho mọi nền tảng. \*/  printf("%zu\n", sizeof ch); /\* Hợp lệ, sẽ in ra kích thước của một đối tượng char,  \*luôn là 1 cho mọi nền tảng. \*/ |

## Toán tử ép kiểu

Thực hiện một chuyển đổi rõ ràng sang kiểu dữ liệu đã chỉ định từ giá trị thu được sau khi đánh giá biểu thức cung cấp.

|  |
| --- |
| int x = 3;  int y = 4;  printf("%f\n", (double)x / y); /\* In ra "0.750000". \*/ |

Ở đây, giá trị của x được chuyển đổi thành kiểu double, phép chia cũng chuyển đổi giá trị của y thành kiểu double và kết quả của phép chia, một giá trị double, được truyền vào hàm printf để in ra màn hình.

## Toán tử gọi hàm

Toán tử gọi hàm trong ngôn ngữ lập trình yêu cầu toán hạng đầu tiên phải là một con trỏ tới hàm (function pointer) hoặc một biểu thức chỉ định hàm (function designator). Đối tượng này xác định hàm mà ta muốn gọi. Các toán hạng còn lại, nếu có, được gọi là đối số của cuộc gọi hàm. Toán tử này đánh giá thành giá trị trả về từ việc gọi hàm thích hợp với các đối số tương ứng.

|  |
| --- |
| int myFunction(int x, int y)  {      return x \* 2 + y;  }  int (\*fn)(int, int) = &myFunction;  int x = 42;  int y = 123;  printf("(\*fn)(%i, %i) = %i\n", x, y, (fn)(x, y)); /\* In ra "fn(42, 123) = 207". \*/  printf("fn(%i, %i) = %i\n", x, y, fn(x, y)); /\* Một dạng khác: bạn không cần phải giải tham chiếu một cách rõ ràng \*/ |

## Toán tử tăng/ Toán tử giảm

Các toán tử tăng và giảm tồn tại ở dạng tiền tố và hậu tố.

|  |
| --- |
| int a = 1;  int b = 1;  int tmp = 0;  tmp = ++a; /\* tăng a lên một đơn vị và trả về giá trị mới; a == 2, tmp == 2 \*/  tmp = a++; /\* tăng a lên một đơn vị nhưng trả về giá trị cũ; a == 3, tmp == 2 \*/  tmp = --b; /\* giảm b đi một đơn vị và trả về giá trị mới; b == 0, tmp == 0 \*/  tmp = b--; /\* giảm b đi một đơn vị nhưng trả về giá trị cũ; b == -1, tmp == 0 \*/ |

Hiểu đơn giản

Toán tử ++: Tăng giá trị lên 1 đơn vị.

**• x++:** thực hiện lệnh trước rồi mới tăng x lên 1 đơn vị.

**• ++x:** tăng x lên 1 đơn vị rồi mới thực hiện lệnh.

Toán tử --: Giảm giá trị đi 1 đơn vị.

**• x--:** thực hiện lệnh trước rồi mới giảm x đi 1 đơn vị.

**• --x:** giảm x đi 1 đơn vị rồi mới thực hiện lệnh.

Lưu ý rằng các phép toán số học không tạo ra điểm chuỗi (sequence points), do đó, một số biểu thức sử dụng toán tử tăng (++) hoặc giảm (--) có thể dẫn đến hành vi không xác định.

## Toán tử gán

Gán giá trị của toán hạng bên phải cho vị trí lưu trữ được đặt tên bởi toán hạng bên trái và trả về giá trị.

|  |
| --- |
| int x = 5; /\* Biến x chứa giá trị 5. Trả về 5. /  char y = 'c'; /\* Biến y chứa giá trị 99. Trả về 99  \*(vì ký tự 'c' được đại diện bởi 99 trong bảng ASCII). \*/  float z = 1.5; /\* Biến z chứa giá trị 1.5. Trả về 1.5. \*/  char const\* s = "foo"; /\* Biến s chứa địa chỉ của ký tự đầu tiên trong chuỗi 'foo'. \*/ |

Một số phép tính số học có toán tử gán phức hợp.

|  |
| --- |
| a += b /\* tương đương với: a = a + b \*/  a -= b /\* tương đương với: a = a - b \*/  a = b /\* tương đương với: a = a \* b \*/  a /= b /\* tương đương với: a = a / b \*/  a %= b /\*tương đương với: a = a % b \*/  a &= b /\* tương đương với: a = a & b \*/  a |= b /\* tương đương với: a = a | b \*/  a ^= b /\* tương đương với: a = a ^ b \*/  a <<= b /\* tương đương với: a = a << b \*/  a >>= b /\*tương đương với: a = a >> b \*/ |

Một tính năng quan trọng của các toán tử gán kết hợp này là biểu thức ở phía bên trái (a) chỉ được đánh giá một lần. Ví dụ, nếu p là một con trỏ:

|  |
| --- |
| \*p += 5; |

Trong trường hợp này, giá trị của biểu thức \*p sẽ chỉ được tính toán một lần và sau đó, giá trị mới được gán vào vị trí mà con trỏ p trỏ tới. Điều này giúp tránh các lỗi không xác định hoặc không mong muốn khi giá trị của biểu thức thay đổi trong quá trình đánh giá.

|  |
| --- |
| \*p = \*p + 5 |

Cũng cần lưu ý rằng kết quả của một phép gán chẳng hạn như a = b là cái được gọi là giá trị. Do đó, phép gán thực sự có một giá trị mà sau đó có thể được gán cho một biến khác. Điều này cho phép xâu chuỗi các phép gán để đặt nhiều biến trong một câu lệnh.

Giá trị này có thể được sử dụng trong các biểu thức kiểm soát của câu lệnh if (hoặc vòng lặp hoặc câu lệnh chuyển đổi) để bảo vệ một số mã trên kết quả của một biểu thức hoặc lời gọi hàm khác. Ví dụ:

|  |
| --- |
| char \*buffer;  if ((buffer = malloc(1024)) != NULL) {  /\* thực hiện một số công việc sử dụng buffer \*/  free(buffer);  }  else  {  /\* báo cáo lỗi khi không cấp phát được bộ nhớ \*/  } |

Do đó, cần phải cẩn thận để tránh mắc lỗi đánh máy phổ biến có thể dẫn đến các lỗi bí ẩn.

|  |
| --- |
| int a = 2;  /\* ... \*/  if (a = 1)  /\* Xóa tất cả các tập tin trên ổ cứng của tôi \*/ |

Điều này sẽ dẫn đến kết quả tai hại, vì a = 1 sẽ luôn đánh giá bằng 1 và do đó, biểu thức kiểm soát của câu lệnh if sẽ luôn đúng (đọc thêm về cạm bẫy phổ biến này tại đây). Tác giả gần như chắc chắn có ý định sử dụng toán tử đẳng thức (==) như hình dưới đây:

|  |
| --- |
| int a = 2;  /\* ... \*/  if (a == 1)  /\* Xóa tất cả các tập tin trên ổ cứng của tôi \*/ |

**Tính kết hợp của toán tử**

|  |
| --- |
| int a, b = 1, c = 2;  a = b = c; |

Điều này gán c cho b, trả về b, được gán cho a. Điều này xảy ra bởi vì tất cả các toán tử gán có tính kết hợp phải, điều đó có nghĩa là phép toán ngoài cùng bên phải trong biểu thức được ước tính trước và tiến hành từ phải sang trái.

## Toán tử logic

### Logic AND

Toán tử logic AND (&&) trong C thực hiện phép AND logic giữa hai toán hạng và trả về giá trị 1 nếu cả hai toán hạng đều khác 0. (Có nghĩa là đúng khi cả 2 đều đúng) Toán tử AND logic có kiểu int.

|  |
| --- |
| 0 && 0 /\* Trả về 0. \*/  0 && 1 /\* Trả về 0. \*/  2 && 0 /\* Trả về 0. \*/  2 && 3 /\* Trả về 1. \*/ |

### Logic OR

Toán tử logic OR (||) trong C thực hiện phép OR logic giữa hai toán hạng và trả về giá trị 1 nếu bất kỳ một trong hai toán hạng là khác không. Toán tử OR logic có kiểu int.

|  |
| --- |
| 0 || 0 /\* Trả về 0. \*/  0 || 1 /\* Trả về 1. \*/  2 || 0 /\* Trả về 1. \*/  2 || 3 /\* Trả về 1. \*/ |

### Logic NOT

Toán tử logic NOT (!) trong C thực hiện phép phủ định logic của một biểu thức và trả về giá trị 1 nếu biểu thức là sai (bằng 0), và trả về giá trị 0 nếu biểu thức là đúng (khác 0). Toán tử NOT logic có kiểu int.

Các tính chất quan trọng chung cho cả phép toán logic AND (&&) và phép toán logic OR (||) là như sau, và rất quan trọng để hiểu cách chúng hoạt động trong việc đánh giá ngắn gọn (short-circuit evaluation):

Toán hạng bên trái (LHS) được đánh giá hoàn toàn trước khi toán hạng bên phải (RHS) được đánh giá:

* Trong biểu thức A && B, A được đánh giá trước, và chỉ khi A là đúng (khác không) thì B mới được đánh giá. Nếu A là sai (bằng không), B sẽ không được đánh giá vì kết quả tổng thể của phép toán AND đã xác định là sai.
* Trong biểu thức A || B, A được đánh giá trước, và chỉ khi A là sai (bằng không) thì B mới được đánh giá. Nếu A là đúng (khác không), B sẽ không được đánh giá vì kết quả tổng thể của phép toán OR đã xác định là đúng.

Có một điểm chuỗi (sequence point) giữa việc đánh giá toán hạng bên trái và toán hạng bên phải:

* Điểm chuỗi là điểm trong việc thực thi chương trình nơi tất cả các hiệu ứng phụ của các đánh giá trước đó đã được thực hiện. Điểm chuỗi đảm bảo rằng các đánh giá xảy ra theo một thứ tự được xác định, tránh các vấn đề liên quan đến hành vi không xác định (undefined behavior).

Toán hạng bên phải không được đánh giá nếu kết quả của toán hạng bên trái xác định kết quả tổng thể:

* Đánh giá ngắn gọn (short-circuit evaluation) tránh việc thực hiện các tính toán không cần thiết. Ví dụ, trong A && B, nếu A là sai, kết quả của biểu thức tổng thể đã biết là sai bất kể giá trị của B. Do đó, không cần phải đánh giá B.
* Tương tự, trong A || B, nếu A là đúng, kết quả của biểu thức tổng thể đã biết là đúng bất kể giá trị của B. Do đó, không cần phải đánh giá B.

Các tính chất này là rất quan trọng để viết mã hiệu quả và an toàn, đặc biệt khi sử dụng các biểu thức có hiệu ứng phụ tiềm ẩn hoặc các đánh giá phức tạp. Nó cho phép các lập trình viên tối ưu hóa mã của họ và tránh công việc không cần thiết khi đánh giá biểu thức logic.

## Toán học trên con trỏ

### Cộng con trỏ

### Trừ con trỏ

## \_Alignof

# BOOLEAN

## Sử dụng stdbool.h

Tiêu sử dụng tệp tiêu đề hệ thống **stdbool.h** cho phép bạn sử dụng **bool** như một kiểu dữ liệu Boolean. **true** tương đương với **1** và **false** tương đương với **0**.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdbool.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  bool x = true; /\* tương đương với bool x = 1; \*/  bool y = false; /\* tương đương với bool y = 0; \*/  if (x) /\* Tương đương với if (x != 0) hoặc if (x != false) \*/  {  puts("This will print!"); /\* In ra màn hình chuỗi "This will print!" \*/  }  if (!y) /\* Tương đương với if (y == 0) hoặc if (y == false) \*/  {  puts("This will also print!"); /\* In ra màn hình chuỗi "This will also print!" \*/  }  return 0;  } |

Trong C, từ khóa "bool" chỉ là một tên gọi khác cho kiểu dữ liệu "\_Bool". Kiểu dữ liệu "\_Bool" là một kiểu dữ liệu tích hợp được giới thiệu trong tiêu chuẩn C99 để biểu diễn giá trị boolean, chỉ có hai giá trị có thể xảy ra: đúng (1) và sai (0).

Kiểu dữ liệu "\_Bool" có các quy tắc đặc biệt khi chuyển đổi các số hoặc con trỏ sang nó.

## Sử dụng #Define

Trong C, mọi phiên bản, các toán tử so sánh thực sự sẽ xem xét bất kỳ giá trị số nguyên nào khác 0 là đúng (true) và giá trị số nguyên 0 là sai (false). Điều này áp dụng cho các biểu thức điều kiện như trong câu lệnh if, while, for và các phép so sánh khác.

Nếu bạn không có sẵn \_Bool hoặc bool như trong C99, bạn có thể mô phỏng một kiểu dữ liệu Boolean trong C bằng cách sử dụng các macro được định nghĩa bằng #define, và bạn có thể vẫn tìm thấy những điều tương tự trong mã nguồn cũ.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #define bool int  #define true 1  #define false 0  int main(int argc, char\* argv[]) {  bool x = true; /\* Tương đương với int x = 1; \*/  bool y = false; /\* Tương đương với int y = 0; \*/  if (x) /\* Tương đương với if (x != 0) hoặc if (x != false) \*/  {  puts("This will print!"); /\* In ra màn hình chuỗi "This will print!" \*/  }  if (!y) /\* Tương đương với if (y == 0) hoặc if (y == false) \*/  {  puts("This will also print!"); /\* In ra màn hình chuỗi "This will also print!" \*/  }  return 0;  } |

Trong mã nguồn mới, nên tránh định nghĩa những macro như bool, true, và false, vì chúng có thể gây xung đột với việc sử dụng hiện đại của thư viện <stdbool.h>.

## Sử dụng kiểu \_BOOL nội tại( TÍCH HỢP)

Kiểu dữ liệu \_Bool được thêm vào trong tiêu chuẩn C99 và là một kiểu dữ liệu nguyên thuỷ (native) trong ngôn ngữ C. Nó có khả năng lưu trữ các giá trị **0** (để biểu diễn **false**) và **1** (để biểu diễn **true**).

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  \_Bool x = 1; /\* \_Bool có thể lưu trữ giá trị 0 hoặc 1 \*/  \_Bool y = 0;  if (x) /\* Tương đương với if (x == 1) \*/  {  puts("This will print!"); /\* In ra màn hình chuỗi "This will print!" \*/  }  if (!y) /\* Tương đương với if (y == 0) \*/  {  puts("This will also print!"); /\* In ra màn hình chuỗi "This will also print!" \*/  }  return 0;  } |

Trong ngôn ngữ C, \_Bool là một kiểu số nguyên, nhưng nó có các quy tắc đặc biệt cho việc chuyển đổi từ các kiểu dữ liệu khác khi được sử dụng trong biểu thức. Kết quả của các biểu thức \_Bool tương tự như việc sử dụng các kiểu số nguyên khác trong các biểu thức if. Trong ví dụ sau:

|  |
| --- |
| \_Bool z = X; |

Nếu X có kiểu số học (là bất kỳ loại số nào), thì z sẽ trở thành 0 nếu X bằng 0. Ngược lại, z sẽ trở thành 1.

Nếu X có kiểu con trỏ (kiểu dữ liệu liên quan đến con trỏ), thì z sẽ trở thành 0 nếu X là một con trỏ null (con trỏ không trỏ tới địa chỉ nào). Ngược lại, z sẽ trở thành 1 nếu X là một con trỏ hợp lệ (con trỏ trỏ tới địa chỉ nào đó).

Để sử dụng cách viết đẹp hơn với từ khóa bool, false, và true, bạn nên bao gồm tiêu đề <stdbool.h> trong mã C của mình.

## Số nguyên và con trỏ trong biểu thức BOOLEAN

Trong ngôn ngữ C, tất cả các số nguyên hoặc con trỏ đều có thể được sử dụng trong các biểu thức mà được hiểu là "giá trị đúng" (truth value) trong ngữ cảnh Logic.

|  |
| --- |
| int main(int argc, char\* argv[]) {  if (argc % 4) {  puts("arguments number is not divisible by 4");  } else {  puts("argument number is divisible by 4");  }  ... |

Biểu thức argc % 4 sẽ đánh giá thành một trong các giá trị 0, 1, 2 hoặc 3, tùy thuộc vào phần dư khi argc chia cho 4

* Nếu kết quả của argc % 4 là 0, nó sẽ được coi là "sai" (false) trong ngữ cảnh Logic (Boolean), và chương trình sẽ thực thi mã trong khối else, in ra thông báo "argument number is divisible by 4" (số lượng đối số chia hết cho 4).
* Nếu kết quả của argc % 4 là 1, 2 hoặc 3, nó sẽ được coi là "đúng" (true) trong ngữ cảnh Logic (Boolean), và chương trình sẽ thực thi mã trong khối if, in ra thông báo "arguments number is not divisible by 4" (số lượng đối số không chia hết cho 4).

|  |
| --- |
| double\* A = malloc(n \* sizeof(\*A));  if ( !A ) {  perror("allocation problems");  exit(EXIT\_FAILURE);  } |

Trong đoạn mã trên, ta cấp phát bộ nhớ động cho con trỏ A bằng hàm malloc và sau đó kiểm tra xem A có là con trỏ null hay không. Nếu A là con trỏ null, đoạn mã in ra thông báo lỗi và chương trình thoát. Điều này giúp phát hiện và xử lý vấn đề về cấp phát bộ nhớ một cách chính xác.

|  |
| --- |
| char const\* s = ....; /\* some pointer that we receive \*/  if (s != NULL && s[0] != '\0' && isalpha(s[0])) {  printf("this starts well, %c is alphabetic\n", s[0]);  } |

Để kiểm tra điều này, bạn phải quét mã phức tạp trong biểu thức và chắc chắn về tùy chọn toán tử.

|  |
| --- |
| char const\* s = ....; /\* some pointer that we receive \*/  if (s && s[0] && isalpha(s[0])) {  printf("this starts well, %c is alphabetic\n", s[0]);  } |

tương đối dễ nắm bắt: nếu con trỏ hợp lệ, chúng tôi kiểm tra xem ký tự đầu tiên có khác 0 hay không và sau đó kiểm tra xem đó có phải là một chữ cái hay không.

## Xác định kiểu bool bằng cách sử dụng TYPEDEF

Thay vì sử dụng các **#define** macros, ta có thể sử dụng **enum** để định nghĩa các hằng số có tên để biểu thị giá trị true và false.

|  |
| --- |
| #if \_\_STDC\_VERSION\_\_ < 199900L  typedef enum { false, true } bool;  /\* Modern C code might expect these to be macros. \*/  # ifndef bool  # define bool bool  # endif  # ifndef true  # define true true  # endif  # ifndef false  # define false false  # endif  #else  # include <stdbool.h>  #endif  /\* Somewhere later in the code ... \*/  bool b = true; |

Điều này cho phép trình biên dịch cho các phiên bản C lịch sử hoạt động, nhưng vẫn tương thích về phía trước nếu mã được biên dịch bằng trình biên dịch C hiện đại.

Để biết thêm thông tin về typedef, hãy xem Typedef, để biết thêm về enum, hãy xem Enumerations

# CHUỖI

Trong ngôn ngữ C, chuỗi (string) không phải là một kiểu dữ liệu tự nhiên như số nguyên hay số thực. Thay vào đó, một chuỗi C được biểu diễn dưới dạng một mảng một chiều các ký tự (character array), kết thúc bằng ký tự null (null-character) là '\0'.

Điều này có nghĩa là một chuỗi C có nội dung là "abc" sẽ có bốn ký tự 'a', 'b', 'c' và '\0'.

Xem ví dụ giới thiệu cơ bản về chuỗi.

## Phân tách từ: STRTOK(), STRTOK\_R() VÀ STRTOK\_S()

Hàm **strtok()** trong ngôn ngữ C được sử dụng để chia một chuỗi thành các chuỗi nhỏ hơn hoặc các phần tử con gọi là "**tokens**" bằng cách sử dụng một tập hợp các ký tự phân tách.

**Ví dụ:**

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int toknum = 0;  char src[] = "Hello,, world!";  const char delimiters[] = ", !";  char \*token = strtok(src, delimiters);  while (token != NULL)  {  printf("%d: [%s]\n", ++toknum, token);  token = strtok(NULL, delimiters);  }  /\* source is now "Hello\0, world\0\0" \*/  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| 1: [Hello]  2: [world] |

Chuỗi ký tự phân tách có thể chứa một hoặc nhiều ký tự phân tách, và bạn có thể sử dụng các chuỗi phân tách khác nhau trong mỗi lần gọi strtok().

Để tiếp tục phân tách chuỗi nguồn mà không truyền lại chuỗi nguồn, bạn nên truyền NULL làm đối số đầu tiên. Nếu truyền lại chuỗi nguồn, lần gọi đầu tiên của **strtok()** sẽ trả về lại token đầu tiên.

Hàm **strtok()** không cấp phát bộ nhớ mới cho các token, mà thay vào đó nó sửa đổi chuỗi nguồn. Điều này có nghĩa là chuỗi nguồn không thể là **const** (không thể là một con trỏ tới chuỗi cố định). Nó cũng có nghĩa là danh tính của ký tự phân tách bị mất (ví dụ: trong ví dụ trên, các dấu , và ! đã bị xóa khỏi chuỗi nguồn và không thể xác định được ký tự phân tách nào được trùng khớp).

Nếu có nhiều ký tự phân tách liên tiếp trong chuỗi nguồn, chúng sẽ được xem như một ký tự phân tách duy nhất; trong ví dụ, dấu phẩy thứ hai sẽ bị bỏ qua.

strtok() không an toàn khi sử dụng đa luồng hoặc đa ngõ ra do sử dụng **bộ đệm tĩnh** trong quá trình phân tích. Điều này có nghĩa là nếu một hàm gọi strtok(), bất kỳ hàm nào mà nó gọi trong khi sử dụng strtok() cũng không thể sử dụng strtok(), và nó không thể được gọi bởi bất kỳ hàm nào đang sử dụng strtok().

Dưới đây là một ví dụ minh họa cho vấn đề do việc strtok() không đảm bảo tính re-entrant (không đảm bảo khả năng sử dụng lại trong đa luồng). Trong môi trường đa luồng, việc gọi strtok() từ nhiều luồng có thể dẫn đến hành vi không mong muốn và làm mất dữ liệu.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  char src[] = "1.2,3.5,4.2";  char \*first = strtok(src, ",");  do  {  char \*part;  /\* Nested calls to strtok do not work as desired \*/  printf("[%s]\n", first);  part = strtok(first, ".");  while (part != NULL)  {  printf(" [%s]\n", part);  part = strtok(NULL, ".");  }  } while ((first = strtok(NULL, ",")) != NULL);  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| [1.2]  [1]  [2] |

Hoạt động dự kiến là vòng lặp do while bên ngoài sẽ tạo ba mã thông báo bao gồm mỗi chuỗi số thập phân ("1.2", "3.5", "4.2"), đối với mỗi mã mà strtok gọi cho vòng lặp bên trong sẽ chia nó thành các chuỗi riêng biệt chuỗi chữ số ("1", "2", "3", "5", "4", "2").

Tuy nhiên, vì strtok không đăng ký lại nên điều này không xảy ra. Thay vào đó, strtok đầu tiên tạo chính xác mã thông báo "1.2\0" và vòng lặp bên trong tạo chính xác mã thông báo "1" và "2". Nhưng sau đó, strtok trong vòng lặp bên ngoài nằm ở cuối chuỗi được sử dụng bởi vòng lặp bên trong và trả về NULL ngay lập tức. Chuỗi con thứ hai và thứ ba của mảng src hoàn toàn không được phân tích.

Các thư viện C tiêu chuẩn không chứa phiên bản an toàn cho luồng hoặc đăng ký lại nhưng một số phiên bản khác thì có, chẳng hạn như POSIX' strtok\_r. Lưu ý rằng trên MSVC, strtok tương đương, strtok\_s an toàn cho luồng.

C11 có một phần tùy chọn, Phụ lục K, cung cấp phiên bản đăng ký lại và an toàn cho luồng có tên strtok\_s. Bạn có thể kiểm tra tính năng này bằng \_\_STDC\_LIB\_EXT1\_\_. Phần tùy chọn này không được hỗ trợ rộng rãi.

Hàm strtok\_s khác với hàm strtok\_r của POSIX ở chỗ bảo vệ chống lưu trữ bên ngoài chuỗi được mã hóa và bằng cách kiểm tra các giới hạn thời gian chạy. Tuy nhiên, trên các chương trình được viết chính xác, strtok\_s và strtok\_r hoạt động giống nhau.

Sử dụng strtok\_s với ví dụ hiện mang lại phản hồi chính xác, như vậy:

## string literals

Chuỗi hằng (string literals) trong C đại diện cho các mảng ký tự có kết thúc bằng ký tự null và có thời gian sống tĩnh (static-duration). Vì có thời gian sống tĩnh, một chuỗi hằng hoặc một con trỏ trỏ tới cùng một mảng gốc có thể an toàn sử dụng trong nhiều trường hợp mà một con trỏ tới mảng tự động không thể. Ví dụ, việc trả về một chuỗi hằng từ một hàm có hành vi xác định rõ ràng:

|  |
| --- |
| const char \*get\_hello() {  return "Hello, World!"; /\* an toàn \*/  } |

Do lưu trữ tĩnh, các chuỗi hằng không thể bị sửa đổi, và mọi cố gắng thay đổi các phần tử của mảng tương ứng của chuỗi hằng sẽ dẫn đến hành vi không xác định (undefined behavior). Thông thường, một chương trình cố gắng sửa đổi mảng tương ứng của chuỗi hằng sẽ gây ra lỗi hoặc không hoạt động đúng.

|  |
| --- |
| char \*foo = "hello";  foo[0] = 'y'; /\* Hành vi không xác định - KHÔNG TỐT! \*/ |

Để tránh việc sửa đổi không an toàn như vậy, khi một con trỏ trỏ tới một chuỗi hằng hoặc có thể trỏ tới nó, chúng ta nên khai báo con trỏ đó là **const** để tránh vô tình gây ra hành vi không xác định.

|  |
| --- |
| const char \*foo = "hello";  /\* TỐT: không thể sửa đổi chuỗi mà foo trỏ tới \*/ |

Tuy nhiên, một con trỏ trỏ vào hoặc trỏ vào mảng gốc của một chuỗi hằng không có tính đặc biệt về bản chất. Chúng ta có thể tự do sửa đổi giá trị của con trỏ để trỏ tới một địa chỉ khác.

|  |
| --- |
| char \*foo = "hello";  foo = "World!"; /\* OK - chúng ta chỉ đổi địa chỉ mà foo trỏ tới \*/ |

Mặt khác, việc khởi tạo một mảng ký tự bằng cách sử dụng cú pháp giống như chuỗi hằng không làm cho mảng đã khởi tạo có các đặc tính của chuỗi hằng. Khởi tạo chỉ đơn giản xác định độ dài và nội dung ban đầu của mảng. Các phần tử trong mảng này vẫn có thể được sửa đổi nếu chúng không được khai báo là hằng số.

|  |
| --- |
| char foo[] = "hello";  foo[0] = 'y'; /\* OK! \*/ |

## Tính độ dài chuỗi: STRLEN()

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* Exit if no second argument is found. \*/  if (argc != 2)  {  puts("Argument missing.");  return EXIT\_FAILURE;  }  size\_t len = strlen(argv[1]);  printf("The length of the second argument is %zu.\\n", len);  return EXIT\_SUCCESS;  } |

Chương trình trên tính độ dài của **đối số thứ hai** mà nó nhận được và lưu kết quả vào biến **len**. Sau đó, nó in ra độ dài đó lên màn hình. Ví dụ, khi chạy với các tham số program\_name "Hello, world!", chương trình sẽ in ra **The length of the second argument is 13**. bởi vì chuỗi Hello, world! có độ dài là 13 ký tự.

Hàm **strlen** đếm tất cả các byte từ đầu chuỗi cho đến ký tự kết thúc **NULL ('\0')**. Vì vậy, nó chỉ có thể sử dụng khi đảm bảo chuỗi kết thúc bằng NULL.

Tuy nhiên, hãy lưu ý rằng nếu chuỗi chứa các ký tự Unicode, hàm **strlen** sẽ không cho bạn biết có bao nhiêu ký tự trong chuỗi (vì một số ký tự có thể dài hơn một byte). Trong trường hợp này, bạn phải tự đếm các ký tự (đơn vị mã) của chuỗi. Ví dụ dưới đây giải thích điều này:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  char asciiString[50] = "Hello world!";  char utf8String[50] = "Γειά σου Κόσμε!"; /\* "Hello World!" in Greek \*/  printf("asciiString co %zu byte trong mang\n", sizeof(asciiString));  printf("utf8String co %zu byte trong mang\n", sizeof(utf8String));  printf("\"%s\" co %zu byte\n", asciiString, strlen(asciiString));  printf("\"%s\" co %zu byte\n", utf8String, strlen(utf8String));  return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| asciiString co 50 byte trong mang  utf8String co 50 byte trong mang  "Hello world!" co 12 byte  "╬ô╬╡╬╣╬¼ ╧â╬┐╧à ╬Ü╧î╧â╬╝╬╡!" co 27 byte |

## Giới thiệu cơ bản về chuỗi

Trong ngôn ngữ lập trình C, một chuỗi (string) là một chuỗi các ký tự kết thúc bằng ký tự null (‘\0’).

Chúng ta có thể tạo các chuỗi sử dụng chuỗi ký tự (**string literals**), là các chuỗi ký tự được bao quanh bởi dấu ngoặc kép; ví dụ, **"hello world".** Chuỗi ký tự được tự động kết thúc bằng ký tự **null.**

Chúng ta có thể tạo các chuỗi bằng nhiều phương pháp khác nhau. Ví dụ, chúng ta có thể khai báo một con trỏ kiểu char và khởi tạo nó để trỏ đến ký tự đầu tiên của một chuỗi:

|  |
| --- |
| char \*string = "hello world"; |

Khi khởi tạo một con trỏ char bằng một chuỗi hằng như trên, chuỗi thực tế thường được cấp phát trong bộ nhớ chỉ đọc (read-only data); string là một con trỏ trỏ đến phần tử đầu tiên của mảng, tức là ký tự 'h'.

Vì chuỗi hằng này được cấp phát trong bộ nhớ chỉ đọc, nó không thể thay đổi. Bất kỳ thay đổi nào của nó sẽ dẫn đến hành vi không xác định, do đó tốt hơn hãy thêm từ khóa const để có một thông báo lỗi tại thời gian biên dịch như sau:

|  |
| --- |
| char const \*string = "hello world"; |

Nó có tác dụng tương tự như sau:

|  |
| --- |
| char const string\_arr[] = "hello world"; |

Để tạo một chuỗi có thể sửa đổi, bạn có thể khai báo một mảng ký tự và khởi tạo nội dung của nó bằng chuỗi ký tự, như sau:

|  |
| --- |
| char modifiable\_string[] = "hello world"; |

Điều này tương đương với:

|  |
| --- |
| char modifiable\_string[] = {'h', 'e', 'l', 'l', 'o', ' ', 'w', 'o', 'r', 'l', 'd', '\0'}; |

Vì phiên bản thứ hai sử dụng cách khởi tạo bằng dấu ngoặc nhọn, chuỗi không tự động được kết thúc bằng ký tự null trừ khi ký tự **'\0'** được bao gồm rõ ràng trong mảng ký tự, thường là phần tử cuối cùng của mảng.

**Lưu ý:**

* Từ "không thể sửa đổi" (non-modifiable) chỉ ám chỉ rằng các ký tự trong chuỗi hằng không thể thay đổi, nhưng hãy nhớ rằng con trỏ string có thể được sửa đổi (có thể trỏ tới một vị trí khác hoặc tăng hoặc giảm giá trị).
* Cả hai chuỗi đều có hiệu quả tương tự trong việc không cho phép thay đổi các ký tự của chúng. Lưu ý rằng string là một con trỏ kiểu char và nó là một l-value có thể sửa đổi, nó có thể được tăng giá trị hoặc trỏ đến một vị trí khác trong khi mảng string\_arr là một l-value không thể sửa đổi, nó không thể thay đổi.

## Sao chép chuỗi

### Gán con trỏ không sao chép chuỗi

Trong C, việc sử dụng toán tử = (gán) không sao chép chuỗi. Chuỗi trong C được biểu diễn dưới dạng mảng các ký tự kết thúc bằng ký tự null, vì vậy việc sử dụng toán tử = chỉ lưu địa chỉ (con trỏ) của chuỗi đó.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 10, b;  char c[] = "abc", \*d;  b = a; /\* Integer is copied \*/  a = 20; /\* Modifying a leaves b unchanged - b is a 'deep copy' of a \*/  printf("%d %d\n", a, b); /\* "20 10" will be printed \*/  d = c;  /\* Only copies the address of the string -  there is still only one string stored in memory \*/    c[1] = 'x';  /\* Modifies the original string - d[1] = 'x' will do exactly the same thing \*/  printf("%s %s\n", c, d); /\* "axc axc" will be printed \*/  return 0;  } |

Đoạn mã nguồn trên đã biên dịch thành công vì chúng ta sử dụng con trỏ char \*d thay vì mảng char d[3]. Khi sử dụng mảng char d[3], chương trình sẽ gặp lỗi biên dịch vì trong C, bạn không thể gán trực tiếp cho một mảng.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  char a[] = "abc";  char b[8];  b = a; /\* compile error \*/  printf("%s\n", b);  return 0;  } |

### Sao chép chuỗi dùng các hàm tiêu chuẩn

#### strcpy()

Để sao chép chuỗi, ta có thể sử dụng hàm strcpy() trong thư viện string.h. Trước khi sao chép, ta cần phải cấp phát đủ không gian cho chuỗi đích.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  char a[] = "abc";  char b[8];  strcpy(b, a); /\* think "b special equals a" \*/  printf("%s\n", b); /\* "abc" will be printed \*/  return 0;  } |

#### snprintf()

Để tránh tràn bộ đệm, snprintf() có thể được sử dụng. Đây không phải là giải pháp tốt nhất về mặt hiệu năng vì nó phải phân tích cú pháp chuỗi mẫu, nhưng đây là chức năng an toàn giới hạn bộ đệm duy nhất để sao chép các chuỗi có sẵn trong thư viện chuẩn, có thể được sử dụng mà không cần thực hiện thêm bất kỳ bước nào.

Hàm snprintf() hữu ích khi ta muốn sao chép một chuỗi vào một bộ đệm cố định với kích thước xác định mà không muốn gây ra lỗi tràn bộ đệm (buffer overflow). Thay vì sao chép toàn bộ nội dung của chuỗi như hàm strcpy(), hàm snprintf() cho phép bạn chỉ định kích thước tối đa cho bộ đệm đích.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  char a[] = "012345678901234567890";  char b[8];  #if 0  strcpy(b, a); /\* causes buffer overrun (undefined behavior), so do not execute this here! \*/  #endif  snprintf(b, sizeof(b), "%s", a); /\* does not cause buffer overrun \*/  printf("%s\n", b); /\* "0123456" will be printed \*/  return 0;  } |

#### strncat()

Một lựa chọn thứ hai, với hiệu suất tốt hơn, là sử dụng hàm strncat() (phiên bản kiểm tra tràn bộ đệm của strcat()) - nó nhận thêm một đối số thứ ba để xác định số byte tối đa cần sao chép.

|  |
| --- |
| char dest[32];  dest[0] = '\0'; // Đảm bảo dest là chuỗi rỗng ban đầu  strncat(dest, source, sizeof(dest) - 1);  // Sao chép tối đa (sizeof(dest) - 1) phần tử từ source vào dest  // Sau đó, thêm ký tự null '\0' vào cuối chuỗi dest |

Lưu ý rằng trong công thức trên, chúng ta sử dụng sizeof(dest) - 1. Điều này quan trọng vì hàm strncat() luôn thêm một ký tự null ('\0') vào cuối chuỗi, nhưng không tính ký tự này trong kích thước của chuỗi (điều này có thể gây nhầm lẫn và tràn bộ đệm).

Một ví dụ khác là khi ghép chuỗi sau một chuỗi không rỗng:

|  |
| --- |
| char dst[24] = "Clownfish: ";  char src[] = "Marvin and Nemo";  size\_t len = strlen(dst);  strncat(dst, src, sizeof(dst) - len - 1);  printf("%zu: [%s]\n", strlen(dst), dst); |

Kết quả khi in ra màn hình sẽ là:

|  |
| --- |
| 23: [Clownfish: Marvin and N] |

Lưu ý rằng kích thước được chỉ định là độ dài còn lại của mảng đích (không tính ký tự null cuối cùng). Điều này có thể gây ra vấn đề ghi đè lớn hơn. Để xác định đúng độ dài cần sao chép, bạn nên chỉ định địa chỉ của ký tự null cuối cùng trong nội dung hiện có của chuỗi đích, giúp strncat() không phải quét lại chuỗi đích trước khi bắt đầu sao chép.

|  |
| --- |
| strcpy(dst, "Clownfish: ");  assert(len < sizeof(dst) - 1);  strncat(dst + len, src, sizeof(dst) - len - 1);  printf("%zu: [%s]\n", strlen(dst), dst); |

Điều này tạo ra cùng kết quả như trước, nhưng strncat() không cần quét lại nội dung hiện có của dst trước khi bắt đầu sao chép.

#### strncpy()

Hàm strncpy() là lựa chọn cuối cùng. Mặc dù có thể nghĩ rằng nó nên đứng đầu, nhưng nó lại là một hàm gây nhầm lẫn với hai vấn đề chính:

* Nếu sao chép bằng strncpy() vượt quá giới hạn của bộ đệm, một ký tự null cuối cùng sẽ không được sao chép vào đích.
* strncpy() luôn điền đầy đủ nội dung của đích, bằng các ký tự null nếu cần thiết.

Hiện tại, việc triển khai kỳ quặc này có lịch sử và ban đầu được dùng để xử lý tên tập tin UNIX.)

Cách duy nhất để sử dụng strncpy() đúng đắn là tự đảm bảo kết thúc chuỗi bằng ký tự null:

|  |
| --- |
| strncpy(b, a, sizeof(b)); /\* tham số thứ ba là kích thước của bộ đệm đích \*/  b[sizeof(b)/sizeof(\*b) - 1] = '\0'; /\* kết thúc chuỗi \*/  printf("%s\n", b); /\* "0123456" sẽ được in ra \*/ |

Tuy nhiên, thậm chí khi bạn có một bộ đệm lớn, việc sử dụng strncpy() trở nên rất không hiệu quả do cần phải điền ký tự null thừa.

## Lặp qua các kí tự trong một chuỗi

Nếu chúng ta biết độ dài của chuỗi, chúng ta có thể sử dụng vòng lặp for để lặp lại các ký tự của chuỗi:

|  |
| --- |
| char \* string = "hello world"; /\* This 11 chars long, excluding the 0-terminator. \*/  size\_t i = 0;  for (; i < 11; i++) {  printf("%c\n", string[i]); /\* Print each character of the string. \*/  } |

Ngoài ra, chúng ta có thể sử dụng hàm tiêu chuẩn strlen() để lấy độ dài của một chuỗi nếu chúng ta không biết chuỗi đó là gì:

|  |
| --- |
| size\_t length = strlen(string);  size\_t i = 0;  for (; i < length; i++) {  printf("%c\n", string[i]); /\* Print each character of the string. \*/  } |

Cuối cùng, chúng ta có thể tận dụng lợi thế của thực tế là các chuỗi trong C được đảm bảo là kết thúc null (điều mà chúng ta đã làm khi chuyển nó sang strlen() trong ví dụ trước ;-)). Chúng tôi có thể lặp lại mảng bất kể kích thước của nó và dừng lặp lại khi chúng tôi đạt đến ký tự null:

|  |
| --- |
| size\_t i = 0;  while (string[i] != '\0') { /\* Stop looping when we reach the null-character. \*/  printf("%c\n", string[i]); /\* Print each character of the string. \*/  i++;  } |

## Tạo mảng chuỗi

Một mảng chuỗi trong C có thể có ý nghĩa như sau:

* Một mảng có các phần tử là các con trỏ char \*.
* Một mảng có các phần tử là các mảng ký tự.

Chúng ta có thể tạo một mảng các con trỏ ký tự như sau:

|  |
| --- |
| char \* string\_array[] = {  "foo",  "bar",  "baz"  }; |

Hãy nhớ rằng khi gán các chuỗi chữ cho con trỏ **char \***, các chuỗi đó thực sự được lưu trữ trong bộ nhớ chỉ đọc (**read-only**). Tuy nhiên, mảng string\_array được lưu trữ trong bộ nhớ có thể đọc và viết (**read/write**). Điều này có nghĩa là chúng ta có thể chỉnh sửa các con trỏ trong mảng, nhưng không thể chỉnh sửa các chuỗi mà chúng trỏ tới.

Trong C, tham số argv của hàm main (mảng các tham số dòng lệnh được truyền khi chạy chương trình) là một mảng các con trỏ char \*: char \*argv[].

Chúng ta cũng có thể tạo mảng các mảng ký tự. Vì chuỗi là mảng ký tự, một mảng chuỗi đơn giản là một mảng có các phần tử là các mảng ký tự:

|  |
| --- |
| char modifiable\_string\_array\_literals[][4] = {  "foo",  "bar",  "baz"  }; |

Điều này tương đương với:

|  |
| --- |
| char modifiable\_string\_array[][4] = {  {'f', 'o', 'o', '\0'},  {'b', 'a', 'r', '\0'},  {'b', 'a', 'z', '\0'}  }; |

Lưu ý rằng chúng ta chỉ định 4 là kích thước của chiều thứ hai của mảng; mỗi chuỗi trong mảng của chúng ta thực sự có kích thước 4 byte vì chúng ta phải bao gồm ký tự kết thúc chuỗi **(null-terminating character).**

## Chuyển đổi chuỗi thành số: atoi(), atof() (cẩn thận không nên sử dụng)

Cảnh báo: Các hàm atoi, atol, atoll và atof inherently là không an toàn, bởi vì: Nếu giá trị của kết quả không thể biểu diễn, hành vi của chúng không xác định. (7.20.1p1)

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int val;  if (argc < 2)  {  printf("Usage: %s <integer>\n", argv[0]);  return 0;  }  val = atoi(argv[1]);  printf("String value = %s, Int value = %d\n", argv[1], val);  return 0;  } |

Khi chuỗi cần chuyển đổi là một số nguyên hợp lệ và nằm trong phạm vi của kiểu dữ liệu int, thì hàm atoi() hoạt động đúng:

|  |
| --- |
| $ ./atoi 100  String value = 100, Int value = 100  $ ./atoi 200  String value = 200, Int value = 200 |

Tuy nhiên, nếu chuỗi bắt đầu bằng một số, tiếp theo là ký tự khác, thì chỉ số đầu tiên của chuỗi đó sẽ được chuyển đổi:

|  |
| --- |
| $ ./atoi 0x200  0  $ ./atoi 0123x300  123 |

Nếu chuỗi không phải là một số hợp lệ hoặc không nằm trong phạm vi kiểu dữ liệu int, thì hành vi của hàm atoi() sẽ là không xác định, có thể gây ra lỗi hoặc dẫn đến các hậu quả không mong muốn. Ví dụ:

|  |
| --- |
| $ ./atoi hello  Formatting the hard disk... |

Do sự mơ hồ ở trên và hành vi không xác định này, họ các chức năng atoi không bao giờ nên được sử dụng.

Để chuyển đổi thành long int, hãy sử dụng strtol() thay vì atol().

Để chuyển đổi thành double, hãy sử dụng strtod() thay vì atof().

Để chuyển đổi thành long long int, hãy sử dụng strtoll() thay vì atoll().

## Đọc ghi dữ liệu dạng chuỗi

Ghi dữ liệu đã định dạng vào chuỗi

|  |
| --- |
| int sprintf ( char \* str, const char \* format, ... ); |

sử dụng hàm **sprintf** để ghi dữ liệu float vào chuỗi.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  char buffer [50];  double PI = 3.1415926;  sprintf (buffer, "PI = %.7f", PI);  printf ("%s\n",buffer);  return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| PI = 3.1415926 |

Đọc dữ liệu được định dạng từ chuỗi

|  |
| --- |
| int sscanf ( const char \* *s*, const char \* *format*, ...); |

sử dụng hàm **sscanf** để phân tích dữ liệu được định dạng.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  char sentence []="date : 06-06-2012";  char str [50];  int year;  int month;  int day;  sscanf (sentence,"%s : %2d-%2d-%4d", str, &day, &month, &year);  printf ("%s -> %02d-%02d-%4d\n",str, day, month, year);  return 0;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| date -> 06-06-2012 |

## tìm vị trí xuất hiện đầu tiên/ cuối cùng của một kí tự cụ thể: strchr(), strrchr()

Các hàm **strchr** và **strrchr** tìm một ký tự trong một chuỗi, ký tự đó nằm trong một mảng ký tự kết thúc bằng NULL. **strchr** trả về một con trỏ tới lần xuất hiện đầu tiên và **strrchr** tới lần xuất hiện cuối cùng.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) { // Thêm khai báo biến argc và argv ở đây  char toSearchFor = 'A';  /\* Exit if no second argument is found. \*/  if (argc != 2)  {  printf("Argument missing.\n");  return EXIT\_FAILURE;  }  {  char \*firstOcc = strchr(argv[1], toSearchFor);  if (firstOcc != NULL)  {  printf("First position of %c in %s is %td.\n",  toSearchFor, argv[1], firstOcc - argv[1]);  /\* A pointer difference's result is a signed integer and uses the length modifier 't'. \*/  }  else  {  printf("%c is not in %s.\n", toSearchFor, argv[1]);  }  }  {  char \*lastOcc = strrchr(argv[1], toSearchFor);  if (lastOcc != NULL)  {  printf("Last position of %c in %s is %td.\n",  toSearchFor, argv[1], lastOcc - argv[1]);  }  }  return EXIT\_SUCCESS;  } |

Kết quả đầu ra (sau khi đã tạo một pos có tên thực thi):

|  |
| --- |
| $ ./pos AAAAAAA  First position of A in AAAAAAA is 0.  Last position of A in AAAAAAA is 6.  $ ./pos BAbbbbbAccccAAAAzzz  First position of A in BAbbbbbAccccAAAAzzz is 1.  Last position of A in BAbbbbbAccccAAAAzzz is 15.  $ ./pos qwerty  A is not in qwerty. |

Một cách sử dụng phổ biến cho strrchr là trích xuất tên tệp từ một đường dẫn. Ví dụ: để giải nén myfile.txt từ C:\Users\eak\myfile.txt:

|  |
| --- |
| char \*getFileName(const char \*path)  {  char \*pend;  if ((pend = strrchr(path, '\')) != NULL)  return pend + 1;  return NULL;  } |

## Sao chép và nối chuỗi: strcpy(), strcat()

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* Khai báo một mảng có đủ độ dài để chứa các ký tự và ký tự null kết thúc chuỗi ('\0'). \*/  char mystring[10];  /\* Sao chép chuỗi "foo" vào `mystring` cho đến khi gặp ký tự null. \*/  strcpy(mystring, "foo");  printf("%s\n", mystring);  /\* Tại thời điểm này, chúng ta đã sử dụng 4 ký tự trong `mystring`, bao gồm 3 ký tự của "foo" và ký tự null kết thúc. \*/  /\* Nối chuỗi "bar" vào `mystring`. \*/  strcat(mystring, "bar");  printf("%s\n", mystring);  /\* Bây giờ chúng ta đã sử dụng 7 ký tự trong `mystring`: "foo" dùng 3 ký tự, "bar" dùng 3 ký tự và ký tự null kết thúc. \*/  /\* Sao chép chuỗi "bar" vào `mystring`, ghi đè nội dung cũ. \*/  strcpy(mystring, "bar");  printf("%s\n", mystring);  return 0;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| foo  foobar  bar |

Khi bạn nối vào, sao chép từ hoặc nối từ một chuỗi hiện có, hãy đảm bảo rằng chuỗi này đã được kết thúc bằng ký tự null trước khi thực hiện thao tác. Trường hợp của bạn ví dụ, chuỗi từ hằng số (string literals) như "foo" đã được biên dịch sẽ luôn được kết thúc bằng ký tự null bởi trình biên dịch, vì vậy bạn có thể yên tâm sử dụng chúng trong các hàm xử lý chuỗi.

## So sánh: STRCMP(), STRNCMP(), STRCASECMP(), STRNCASECMP()

Các hàm strcase\*-không phải là Tiêu chuẩn C, mà là phần mở rộng POSIX.

strcmp(): Hàm này so sánh hai chuỗi ký tự kết thúc bằng null (null-terminated) theo thứ tự từ điển. Hàm trả về một giá trị số nguyên:

* Nếu chuỗi thứ nhất xuất hiện trước chuỗi thứ hai trong thứ tự từ điển, hàm trả về một giá trị âm.
* Nếu hai chuỗi bằng nhau, hàm trả về giá trị 0.
* Nếu chuỗi thứ nhất xuất hiện sau chuỗi thứ hai trong thứ tự từ điển, hàm trả về một giá trị dương.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  void compare(char const \*lhs, char const \*rhs) {  int result = strcmp(lhs, rhs); // compute comparison once  if (result < 0) {  printf("%s comes before %s\n", lhs, rhs);  } else if (result == 0) {  printf("%s equals %s\n", lhs, rhs);  } else { // last case: result > 0  printf("%s comes after %s\n", lhs, rhs);  }  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  compare("BBB", "BBB");  compare("BBB", "CCCCC");  compare("BBB", "AAAAAA");  return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| BBB equals BBB  BBB comes before CCCCC  BBB comes after AAAAAA |

Giống như hàm **strcmp**, hàm **strcasecmp** cũng so sánh các đối số của nó theo từ điển sau khi dịch từng ký tự sang chữ thường tương ứng của nó:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  void compare(char const \*lhs, char const \*rhs) {  int result = strcasecmp(lhs, rhs); // compute case-insensitive comparison once  if (result < 0) {  printf("%s comes before %s\n", lhs, rhs);  } else if (result == 0) {  printf("%s equals %s\n", lhs, rhs);  } else { // last case: result > 0  printf("%s comes after %s\n", lhs, rhs);  }  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  compare("BBB", "bBB");  compare("BBB", "ccCCC");  compare("BBB", "aaaaaa");  return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| BBB equals bBB  BBB comes before ccCCC  BBB comes after aaaaaa |

**strncmp** và **strncasecmp** so sánh tối đa n ký tự. Hàm này nhận thêm một tham số thứ ba là số lượng ký tự để so sánh:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  void compare(char const \*lhs, char const \*rhs, int n) {  int result = strncmp(lhs, rhs, n); // compute comparison once  if (result < 0) {  printf("%s comes before %s\n", lhs, rhs);  } else if (result == 0) {  printf("%s equals %s\n", lhs, rhs);  } else { // last case: result > 0  printf("%s comes after %s\n", lhs, rhs);  }  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  compare("BBB", "Bb", 1);  compare("BBB", "Bb", 2);  compare("BBB", "Bb", 3);  return 0;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| BBB equals Bb  BBB comes before Bb  BBB comes before Bb |

## Chuyển đổi chuỗi thành số một cách an toàn: Hàm STRTOX

Kể từ C99, thư viện C có một tập hợp các hàm chuyển đổi an toàn diễn giải một chuỗi thành một số. Tên của chúng có dạng strtoX, trong đó X là một trong số l, ul, d, v.v. để xác định loại mục tiêu của chuyển đổi.

strtol: Chuyển đổi chuỗi sang số nguyên dạng long (32-bit hoặc 64-bit tùy thuộc vào hệ điều hành và kiến trúc).

strtoul: Chuyển đổi chuỗi sang số nguyên không dấu dạng unsigned long.

strtoll: Chuyển đổi chuỗi sang số nguyên dạng long long (64-bit).

strtoull: Chuyển đổi chuỗi sang số nguyên không dấu dạng unsigned long long.

strtod: Chuyển đổi chuỗi sang số thực dạng double.

|  |
| --- |
| double strtod(char const\* p, char\*\* endptr);  long double strtold(char const\* p, char\*\* endptr); |

Chúng cung cấp khả năng kiểm tra xem chuyển đổi có bị tràn hay thiếu không:

|  |
| --- |
| double ret = strtod(argv[1], 0); /\* attempt conversion \*/  /\* check the conversion result. \*/  if ((ret == HUGE\_VAL || ret == -HUGE\_VAL) && errno == ERANGE)  return; /\* numeric overflow in in string \*/  else if (ret == HUGE\_VAL && errno == ERANGE)  return; /\* numeric underflow in in string \*/  /\* At this point we know that everything went fine so ret may be used \*/ |

Nếu chuỗi không chứa số nào, hàm **strtod** trên sẽ trả về giá trị 0.0.

Tuy nhiên, nếu không muốn nhận giá trị mặc định này, ta có thể sử dụng tham số bổ sung **endptr**. Tham số này là một con trỏ tới con trỏ, và nó sẽ được trỏ tới cuối số đã được phát hiện trong chuỗi. Nếu tham số này được đặt thành 0 hoặc NULL, nó sẽ được bỏ qua.

Sử dụng tham số **endptr**, ta có thể kiểm tra xem quá trình chuyển đổi có thành công hay không và xác định vị trí kết thúc của số trong chuỗi:

|  |
| --- |
| char \*check = 0;  double ret = strtod(argv[1], &check); /\* thử chuyển đổi \*/  if (argv[1] == check)  return; /\* Không phát hiện số nào trong chuỗi \*/  else if ((ret == HUGE\_VAL || ret == -HUGE\_VAL) && errno == ERANGE)  return; /\* Tràn số khi chuyển đổi \*/  else if (ret == HUGE\_VAL && errno == ERANGE)  return; /\* Số quá nhỏ khi chuyển đổi \*/  /\* Ở đây, ta biết rằng mọi thứ đã diễn ra suôn sẻ, giá trị ret có thể sử dụng \*/ |

Có các hàm tương tự để chuyển đổi sang các loại số nguyên rộng hơn:

|  |
| --- |
| long strtol(char const\* p, char\*\* endptr, int nbase);  long long strtoll(char const\* p, char\*\* endptr, int nbase);  unsigned long strtoul(char const\* p, char\*\* endptr, int nbase);  unsigned long long strtoull(char const\* p, char\*\* endptr, int nbase); |

Các hàm này có tham số thứ ba nbase giữ cơ sở số trong đó số được viết.

|  |
| --- |
| long a = strtol("101", 0, 2 ); /\* a = 5L \*/  long b = strtol("101", 0, 8 ); /\* b = 65L \*/  long c = strtol("101", 0, 10); /\* c = 101L \*/  long d = strtol("101", 0, 16); /\* d = 257L \*/  long e = strtol("101", 0, 0 ); /\* e = 101L \*/  long f = strtol("0101", 0, 0 ); /\* f = 65L \*/  long g = strtol("0x101", 0, 0 ); /\* g = 257L \*/ |

Giá trị 0 cho nbase có nghĩa là chuỗi sẽ được hiểu như các số trong chương trình C: tiền tố 0x tương ứng với số thập lục phân, tiền tố 0 tương ứng với số bát phân, và tất cả các số khác được hiểu là số thập phân.

Do đó, cách thiết thực nhất để diễn giải một đối số dòng lệnh dưới dạng số sẽ là

|  |
| --- |
| int main(int argc, char\* argv[] {  if (argc < 1)  return EXIT\_FAILURE; /\* No number given. \*/  /\* use strtoull because size\_t may be wide \*/  size\_t mySize = strtoull(argv[1], 0, 0);  /\* then check conversion results. \*/  ...  return EXIT\_SUCCESS;  } |

Điều này cho phép chương trình được gọi với một tham số dòng lệnh ở hệ thống bát phân, thập phân hoặc thập lục phân.

## strspn và strcspn

Cho trước một chuỗi, strspn tính toán độ dài của chuỗi con ban đầu (span) chỉ bao gồm một danh sách ký tự cụ thể. strcspn cũng tương tự, ngoại trừ nó tính toán độ dài của chuỗi con ban đầu bao gồm bất kỳ ký tự nào ngoại trừ những ký tự được liệt kê:

|  |
| --- |
| /\*  Provided a string of "tokens" delimited by "separators", print the tokens along  with the token separators that get skipped.  \*/  #include <stdio.h>  #include <string.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  const char sepchars[] = ",.;!?";  char foo[] = ";ball call,.fall gall hall!?.,";  char \*s;  int n;  for (s = foo; \*s != 0; /\*empty\*/) {  /\* Get the number of token separator characters. \*/  n = (int)strspn(s, sepchars);  if (n > 0)  printf("skipping separators: << %.\*s >> (length=%d)\n", n, s, n);  /\* Actually skip the separators now. \*/  s += n;  /\* Get the number of token (non-separator) characters. \*/  n = (int)strcspn(s, sepchars);  if (n > 0)  printf("token found: << %.\*s >> (length=%d)\n", n, s, n);  /\* Skip the token now. \*/  s += n;  }  printf("== token list exhausted ==\n");  return 0;  } |

Các hàm tương tự sử dụng chuỗi ký tự rộng là wcsspn và wcscspn; chúng được sử dụng theo cùng một cách.

# CHỮ SỐ, KÝ TỰ VÀ CHUỖI

## Floating point literals( chữ số dấu chấm động)

Chữ dấu chấm động được sử dụng để biểu diễn các số thực có dấu. Các hậu tố sau đây có thể được sử dụng để chỉ định loại chữ:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Hậu tố | Kiểu dữ liệu | Ví dụ |
| Không có | double | 3.1415926 -3E6 |
| f, F | float | 3.1415926f 2.1E-6F |
| l, L | long double | 3.1415926L 1E126L |

Để sử dụng các hậu tố này, hằng số phải là một hằng số số thực dấu chấm động. Ví dụ, 3f là không hợp lệ, vì 3 là một hằng số số nguyên, trong khi 3.f hoặc 3.0f là đúng. Đối với kiểu long double, khuyến nghị luôn sử dụng chữ hoa L để cải thiện tính đọc hiểu.

## string literals( chuỗi kí tự chữ)

Chuỗi ký tự chữ được sử dụng để xác định các mảng ký tự. Chúng là các chuỗi ký tự được bao quanh bởi dấu ngoặc kép (ví dụ: "abcd") và có kiểu dữ liệu là char\*.

Tiền tố L làm cho chữ trở thành một mảng ký tự rộng, thuộc loại wchar\_t\*. Ví dụ: L"abcd".

Kể từ phiên bản C11, có các tiền tố mã hóa khác, tương tự như tiền tố L:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tiền tố | Loại cơ sở | Mã hóa |
| Không có | char | tùy thuộc vào nền tảng |
| L | wchar\_t | tùy thuộc vào nền tảng |
| u8 | char | UTF-8 |
| u | char16\_t | Thường là UTF-16 |
| U | char32\_t | Thường là UTF-32 |

Đối với hai tiền tố cuối cùng, ta có thể kiểm tra với các macro kiểm tra tính năng xem liệu mã hóa có phải là mã hóa UTF tương ứng hay không.

## Character literals(ký tự)

Hằng ký tự là một loại đặc biệt của hằng số số nguyên được sử dụng để biểu diễn một ký tự duy nhất. Chúng được bao quanh bởi dấu ngoặc đơn, ví dụ: 'a' và có kiểu dữ liệu là int. Giá trị của hằng số là một giá trị số nguyên tương ứng với bộ ký tự của máy tính. Chúng không cho phép tiền tố.

Tiền tố L trước một hằng ký tự biến nó thành một ký tự rộng của kiểu wchar\_t. Tương tự, từ phiên bản C11, các tiền tố u và U biến chúng thành ký tự rộng của kiểu char16\_t và char32\_t.

Khi muốn biểu diễn một số ký tự đặc biệt như ký tự không in, ta sử dụng các chuỗi escape. Các chuỗi escape sử dụng một chuỗi ký tự được dịch thành một ký tự khác. Tất cả các chuỗi escape đều bao gồm hai hoặc nhiều ký tự, ký tự đầu tiên trong chuỗi là dấu gạch chéo . Các ký tự ngay sau dấu gạch chéo xác định ký tự mà chuỗi escape được hiểu là gì.

Các chuỗi escape được sử dụng để biểu diễn các ký tự như sau:

|  |  |
| --- | --- |
| \b | Dấu phẩy ngược |
| \f | Lùi trang |
| \n | Xuống dòng |
| \r | Cú pháp |
| \t | Tab ngang |
| \v | Tab dọc |
| \\ | Dấu gạch chéo ngược |
| \’ | Dấu nháy đơn |
| \” | Dấu nháy kép |
| \? | Dấu chấm hỏi |
| \nnn | Giá trị bát phân |
| \xnn | Giá trị thập lục phân |
| \a | Ký tự thông báo (còi) |
| \unnnn | Tên ký tự toàn cầu (universal character name) có 4 chữ số thập lục phân |
| \Unnnnnnnn | Tên ký tự toàn cầu có 8 chữ số thập lục phân |

Một tên ký tự toàn cầu là một mã Unicode. Một tên ký tự toàn cầu có thể ánh xạ thành nhiều ký tự. Các chữ số n được hiểu là các chữ số thập lục phân. Tùy thuộc vào mã hóa UTF đang sử dụng, một chuỗi tên ký tự toàn cầu có thể cho ra một mã Unicode bao gồm nhiều ký tự, thay vì chỉ một ký tự duy nhất.

Khi sử dụng chuỗi escape xuống dòng trong I/O chế độ văn bản, nó sẽ được chuyển đổi thành byte xuống dòng cụ thể của hệ điều hành.

Chuỗi escape dấu chấm hỏi được sử dụng để tránh trigraphs. Ví dụ, ??/ sẽ được biên dịch thành trigraph đại diện cho ký tự gạch chéo '', nhưng sử dụng ??/ sẽ cho ra chuỗi "??/". Có thể có một, hai hoặc ba số octal n trong chuỗi escape giá trị bát phân.

## Integer literals(số nguyên)

Hằng số nguyên được sử dụng để cung cấp các giá trị nguyên. Có ba cơ số số học được hỗ trợ, được chỉ định bằng tiền tố:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Cơ số | Tiền tố | Ví dụ |
| Thập phân | Không có | 5 |
| Bát phân | 0 | 0345 |
| Thập lục phân | 0x hoặc 0X | 0x12AB, 0X12AB, 0x12ab, 0x12Ab |

Lưu ý rằng viết không bao gồm bất kỳ dấu hiệu nào, do đó hằng số nguyên luôn luôn dương. Một số như -1 được xem như là biểu thức có một hằng số nguyên (1) được đảo dấu bằng dấu -.

Kiểu dữ liệu của hằng số nguyên thập phân là kiểu dữ liệu đầu tiên có thể chứa giá trị từ int và long. Kể từ C99, kiểu long long cũng được hỗ trợ cho các hằng số rất lớn.

Kiểu dữ liệu của hằng số nguyên bát phân hoặc thập lục phân là kiểu dữ liệu đầu tiên có thể chứa giá trị từ int, unsigned, long và unsigned long. Kể từ C99, kiểu long long và unsigned long long cũng được hỗ trợ cho các hằng số rất lớn.

Sử dụng các hậu tố khác nhau, kiểu mặc định của hằng số có thể được thay đổi.

|  |  |
| --- | --- |
| **Hậu tố** | **Giải thích** |
| L, l | long int |
| LL, ll( kể tử C99) | long long int |
| U,u | unsigned |

Các hậu tố U và L/LL có thể được kết hợp trong bất kỳ thứ tự và chữ hoa nào. Lỗi nếu có hậu tố bị trùng lặp (ví dụ cung cấp hai hậu tố U) ngay cả khi chúng có chữ hoa khác nhau.

# COMPOUND LITERALS

## Định nghĩa/ khởi tạo compound literals

A compound literal là một đối tượng vô danh được tạo ra trong phạm vi nơi nó được định nghĩa. Khái niệm này được giới thiệu lần đầu trong tiêu chuẩn C99. Dưới đây là một ví dụ về A compound literal:

**Ví dụ từ tiêu chuẩn C, C11-§6.5.2.5/9:**

|  |
| --- |
| int \*p = (int [2]){ 2, 4 }; |

Biến p được khởi tạo với địa chỉ của phần tử đầu tiên của một mảng vô danh gồm hai số nguyên.

Hằng số hợp thành là một lvalue. Tuổi thọ của đối tượng vô danh được xác định bởi thời gian sống của nó, có thể là tĩnh (nếu hằng số hợp thành xuất hiện trong phạm vi tệp tin) hoặc tự động (nếu hằng số hợp thành xuất hiện trong phạm vi khối), và trong trường hợp sau, đối tượng sẽ kết thúc khi điều khiển thoát khỏi khối bao quanh nó.

|  |
| --- |
| void f(void) {  int \*p;  /\*...\*/  p = (int [2]){ \*p };  /\*...\*/  } |

Biến p được gán địa chỉ của phần tử đầu tiên của một mảng gồm hai số nguyên, phần tử đầu tiên có giá trị trước đó được trỏ bởi p và phần tử thứ hai có giá trị là 0. Trong trường hợp này, biến p vẫn còn hiệu lực cho đến khi kết thúc khối.

**Compound literal với bộ chỉ mục**

|  |
| --- |
| struct point {  unsigned x;  unsigned y;  };  extern void drawline(struct point, struct point);  // Sử dụng nơi đó  drawline((struct point){.x=1, .y=1}, (struct point){.x=3, .y=4}); |

Một hàm giả định drawline nhận hai đối số có kiểu struct point. Đối số đầu tiên có giá trị tọa độ x == 1 và y == 1, trong khi đối số thứ hai có x == 3 và y == 4.

**Compound literal không xác định chiều dài của mảng**

|  |
| --- |
| int \*p = (int []){ 1, 2, 3}; |

Trong trường hợp này, kích thước của mảng không được xác định trước và sẽ được xác định bởi độ dài của danh sách khởi tạo.

**Compound literal có độ dài của danh sách khởi tạo nhỏ hơn kích thước của mảng đã chỉ định**

|  |
| --- |
| int \*p = (int [10]){1, 2, 3}; |

Các phần tử còn lại của Compound literal sẽ được khởi tạo mặc định là 0.

**Compound literal chỉ đọc**

Lưu ý rằng Compound literal là một lvalue và do đó các phần tử của nó có thể thay đổi được. Compound literal chỉ đọc có thể được chỉ định bằng cách sử dụng từ khóa const như sau:

|  |
| --- |
| (const int[]){1, 2} |

Compound literal chứa các biểu thức tùy ý

Trong một hàm, Compound literal, giống như bất kỳ khởi tạo nào từ tiêu chuẩn C99 trở đi, có thể chứa các biểu thức tùy ý.

|  |
| --- |
| void foo() {  int \*p;  int i = 2; j = 5;  /\*...\*/  p = (int [2]){ i+j, i\*j };  /\*...\*/  } |

Trong trường hợp này, biến p được gán địa chỉ của phần tử đầu tiên của một mảng gồm hai số nguyên, với phần tử đầu tiên có giá trị là i+j và phần tử thứ hai có giá trị là i\*j.

# BIT- FIENDS

# MẢNG

Mảng là các loại dữ liệu kiểu dữ liệu dẫn xuất (derived data type) là kiểu dữ liệu (data type) có nguồn gốc từ các kiểu dữ liệu nguyên thủy (primitive data type) hoặc kiểu dữ liệu xây dựng sẵn (built-in data type).

Trong C có bốn loại, cụ thể là: Hàm (function), mảng (array), con trỏ (pointer), tham chiếu (reference), đại diện cho một tập hợp có thứ tự các giá trị ("phần tử") của một loại dữ liệu khác.

Hầu hết các mảng trong C có một số lượng cố định các phần tử của bất kỳ loại nào và biểu diễn của chúng lưu trữ các phần tử liền kề trong bộ nhớ mà không có khoảng trống hoặc ghi chú. C cho phép mảng đa chiều, trong đó các phần tử là các mảng khác, và cũng cho phép mảng của con trỏ.

C hỗ trợ các mảng được cấp phát động có kích thước được xác định tại thời điểm chạy. C99 và các phiên bản sau đó hỗ trợ các mảng có độ dài biến đổi hay còn gọi là VLA (Variable Length Arrays).

## Khai báo và khởi tạo mảng

Cú pháp chung để khai báo mảng một chiều là

|  |
| --- |
| type arrName[size]; |

Ở đây, **type** có thể là bất kỳ kiểu dữ liệu cơ bản nào hoặc kiểu dữ liệu do người dùng định nghĩa, ví dụ như các structures, **arrName** là một định danh do người dùng định nghĩa và **size** là một hằng số nguyên.

**VD**: Khai báo một mảng gồm 10 biến kiểu int.

|  |
| --- |
| int array[10]; |

Hiện tại nó chứa các giá trị không xác định. Để đảm bảo nó chứa các giá trị 0 khi khai báo, bạn có thể làm như sau:

|  |
| --- |
| int array[10] = {0}; |

Mảng cũng có thể có bộ khởi tạo, ví dụ này khai báo một mảng gồm 10 số nguyên, trong đó 3 số nguyên đầu tiên sẽ chứa các giá trị 1, 2, 3, các giá trị còn lại sẽ là 0:

|  |
| --- |
| int array[10] = {1, 2, 3}; |

Trong phương pháp khởi tạo trên, giá trị đầu tiên trong danh sách sẽ được gán cho phần tử đầu tiên của mảng, giá trị thứ hai sẽ được gán cho thành viên thứ hai của mảng và cứ tiếp tục như vậy. Nếu kích thước của danh sách nhỏ hơn kích thước của mảng, thì như trong ví dụ trên, các thành viên còn lại của mảng sẽ được khởi tạo thành giá trị 0.

Với cách khởi tạo danh sách có chỉ định (ISO C99), khởi tạo rõ ràng cho các thành viên của mảng là có thể. Ví dụ:

|  |
| --- |
| int array[5] = {[2] = 5, [1] = 2, [4] = 9}; /\* mảng là {0, 2, 5, 0, 9} \*/ |

Trong hầu hết các trường hợp, trình biên dịch có thể suy ra độ dài của mảng cho bạn, điều này có thể được đạt bằng cách để trống các dấu ngoặc vuông:

|  |
| --- |
| int array[] = {1, 2, 3}; /\* một mảng gồm 3 số nguyên \*/  int array[] = {[3] = 8, [0] = 9}; /\* kích thước là 4 \*/ |

Khai báo một mảng có độ dài bằng 0 là không được phép.

Phiên bản C99 trở lên hỗ trợ Mảng Động (Variable Length Arrays - VLA). Tuy nhiên, từ phiên bản C11 trở đi, VLA đã trở thành tùy chọn. VLA tương đương với mảng thông thường, nhưng có một điểm khác biệt quan trọng: Độ dài không cần phải biết tại thời điểm biên dịch. VLA có thời gian lưu trữ tự động. Chỉ có con trỏ tới VLA có thể có thời gian lưu trữ tĩnh.

|  |
| --- |
| size\_t m = tinh\_do\_dai(); /\* tính độ dài mảng tại thời điểm chạy \*/  int vla[m]; /\* tạo mảng với độ dài tính toán được \*/ |

**Quan trọng:**

VLA có thể nguy hiểm. Nếu mảng vla trong ví dụ trên yêu cầu nhiều không gian trên ngăn xếp hơn khả dụng, thì ngăn xếp sẽ tràn. Việc sử dụng VLA thường không được khuyến khích trong các hướng dẫn về phong cách và sách giáo trình và bài tập.

## Lặp qua mảng hiệu quả và thứ tự ưu tiên hàng( row major order)

Mảng trong ngôn ngữ lập trình C có thể được xem như một vùng nhớ liên tục. Cụ thể hơn, chiều cuối cùng của mảng là phần liên tục trong bộ nhớ. Chúng ta gọi điều này là "thứ tự ưu tiên hàng" (row-major order). Điều quan trọng là hiểu được và thực tế rằng khi xảy ra "cache fault" (lỗi bộ nhớ đệm), bộ nhớ đệm sẽ tải một "dòng bộ nhớ đệm" hoàn chỉnh vào bộ nhớ đệm khi truy cập dữ liệu chưa được lưu vào bộ nhớ đệm, nhằm ngăn lỗi bộ nhớ đệm sau này. Vì vậy, khi truy cập vào một mảng có kích thước 10000x10000 và bắt đầu từ **array[0][0],** có thể sẽ tải **array[0][1]** vào bộ nhớ đệm, để tránh lỗi bộ nhớ đệm trong trường hợp truy cập tiếp theo. Tuy nhiên, nếu truy cập ngay sau đó là **array[1][0]**, thì điều này sẽ tạo ra một lỗi bộ nhớ đệm thứ hai. Điều này xảy ra vì **array[1][0]** cách **array[0][0]** một khoảng **sizeof(type)\*10000 byte**, và do đó, chắc chắn không nằm trên cùng một dòng bộ nhớ đệm. Vì vậy, khi lặp qua mảng một cách không hiệu quả như sau:

|  |
| --- |
| #define ARRLEN 10000  int array[ARRLEN][ARRLEN];  size\_t i, j;  for (i = 0; i < ARRLEN; ++i)  {  for(j = 0; j < ARRLEN; ++j)  {  array[j][i] = 0;  }  } |

Cách hiệu quả hơn là:

|  |
| --- |
| #define ARRLEN 10000  int array[ARRLEN][ARRLEN];  size\_t i, j;  for (i = 0; i < ARRLEN; ++i)  {  for(j = 0; j < ARRLEN; ++j)  {  array[i][j] = 0;  }  } |

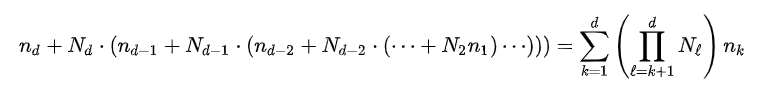
Cũng giống như trên, khi làm việc với mảng một chiều có nhiều chỉ số (ví dụ: 2 chiều với chỉ số i và j), bạn nên lặp qua mảng như sau:

|  |
| --- |
| #define DIM\_X 10  #define DIM\_Y 20  int array[DIM\_X\*DIM\_Y];  size\_t i, j;  for (i = 0; i < DIM\_X; ++i) {  for(j = 0; j < DIM\_Y; ++j) {  array[i\*DIM\_Y+j] = 0;  }  } |

Và với 3 chiều và chỉ số i, j, k:

|  |
| --- |
| #define DIM\_X 10  #define DIM\_Y 20  #define DIM\_Z 30  int array[DIM\_X\*DIM\_Y\*DIM\_Z];  size\_t i, j, k;  for (i = 0; i < DIM\_X; ++i) {  for(j = 0; j < DIM\_Y; ++j)  {  for (k = 0; k < DIM\_Z; ++k)  {  array[i\*DIM\_Y\*DIM\_Z+j\*DIM\_Z+k] = 0;  }  }  } |

Hoặc một cách tổng quát hơn, khi chúng ta có một mảng với N1 x N2 x ... x Nd phần tử, d chiều và chỉ số được ký hiệu là n1, n2,..., nd, sự dịch chuyển được tính như sau:



Hình ảnh / công thức lấy từ: https://en.wikipedia.org/wiki/Row-major\_order

## Độ dài mảng

Độ dài của mảng có giá trị cố định và được xác định khi khai báo mảng. Tuy nhiên, ta có thể tính độ dài của mảng trong một số trường hợp để làm mã nguồn linh hoạt hơn, đặc biệt khi độ dài được xác định tự động từ bộ khởi tạo:

|  |
| --- |
| int array[] = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};  /\* Kích thước của “array tính bằng byte \*/  size\_t size = sizeof(array);  /\* Số phần tử trong “array” \*/  size\_t length = sizeof(array) / sizeof(array[0]); |

Tuy nhiên trong hầu hết các ngữ cảnh mà mảng xuất hiện trong biểu thức, nó sẽ tự động chuyển đổi thành một con trỏ trỏ tới phần tử đầu tiên của mảng (gọi là "decay to pointer"). Trường hợp mảng là toán hạng của toán tử sizeof là một trong số ít các ngoại lệ. Con trỏ thu được **không phải là một mảng** và không mang bất kỳ thông tin về độ dài của mảng gốc. Vì vậy, nếu độ dài này cần thiết khi sử dụng con trỏ, ví dụ như khi con trỏ được truyền vào một hàm, thì nó phải được truyền riêng biệt.

Ví dụ, giả sử chúng ta muốn viết một hàm để trả về phần tử cuối cùng của một mảng int. Tiếp tục từ trên, chúng ta có thể gọi nó như vậy:

|  |
| --- |
| /\* Mảng 'array' sẽ tự động chuyển đổi thành một con trỏ,  \*vì vậy kích thước cần được truyền riêng biệt \*/  int last = get\_last(array, length); |

Và đây là cách triển khai hàm **get\_last**:

|  |
| --- |
| int get\_last(int input[], size\_t length) {  return input[length - 1];  } |

Lưu ý đặc biệt là khai báo của tham số **input** giống như khai báo một mảng, nhưng thực tế thì nó được xem như là một **con trỏ** tới kiểu **int**. Điều này tương đương với việc khai báo **int \*input**. Thậm chí nếu kích thước của mảng được chỉ định, thì điều này không ảnh hưởng đến kiểu của input. Điều này có thể được xem như một kỹ thuật nhớ dễ dàng.

Tuy nhiên, không nên cố gắng xác định kích thước của mảng từ con trỏ, như trong hàm **BAD\_get\_last**:

|  |
| --- |
| int BAD\_get\_last(int input[]) {  /\* SAI VÌ KHÔNG THỂ TÍNH KÍCH THƯỚC CỦA MẢNG MÀ input TRỎ TỚI: \*/  size\_t length = sizeof(input) / sizeof(input[0]);  return input[length - 1]; /\* Lỗi - không phải kết quả mong muốn \*/  } |

Trên thực tế, lỗi cụ thể đó phổ biến đến mức một số trình biên dịch nhận ra và cảnh báo về nó. clang, chẳng hạn, sẽ phát ra cảnh báo sau:

Sử dụng toán tử sizeof trên con trỏ không trả về kích thước của mảng mà nó trỏ tới, mà trả về kích thước của con trỏ. Điều này dẫn đến kết quả sai khi cố gắng truy cập vào phần tử cuối cùng của mảng. Do đó, để sử dụng đúng kích thước của mảng trong hàm, bạn phải truyền kích thước riêng biệt vào hàm như trong hàm get\_last.

|  |
| --- |
| warning: sizeof on array function parameter will return size of 'int \*' instead of 'int []' [-  Wsizeof-array-argument]  int length = sizeof(input) / sizeof(input[0]);  ^  note: declared here  int BAD\_get\_last(int input[])  ^ |

## Truyền mảng đa chiều vào hàm

Mảng đa chiều tuân theo cùng các quy tắc như mảng một chiều khi truyền chúng vào hàm. Tuy nhiên, sự kết hợp giữa decay-to-pointer, ưu tiên toán tử và hai cách khai báo mảng đa chiều (mảng của mảng và mảng của con trỏ) có thể khiến khai báo của các hàm như vậy trở nên không rõ ràng. Ví dụ sau đây chỉ ra các cách đúng để truyền mảng đa chiều vào hàm:

|  |
| --- |
| #include <assert.h>  #include <stdlib.h>  /\* Khi truyền một mảng đa chiều (tức là một mảng của các mảng) vào một hàm,  nó sẽ bị chuyển đổi thành con trỏ đến phần tử đầu tiên như thường lệ.  Nhưng chỉ có cấp cao nhất sẽ bị chuyển đổi, do đó cái được truyền vào là con trỏ đến một mảng với một kích thước cố định  (trong trường hợp này là 4). \*/  void f(int x[][4]) {  assert(sizeof(\*x) == sizeof(int) \* 4);  }  /\* Nguyên mẫu này tương đương với f(int x[][4]).  Dấu ngoặc đơn xung quanh \*x là bắt buộc vì [index]  có mức độ ưu tiên cao hơn so với \*expr, do đó int \*x[4] thông thường sẽ tương đương với int  \*(x[4]), tức là một mảng gồm 4 con trỏ tới int.  Nhưng nếu nó được khai báo là một tham số của hàm,  nó sẽ bị chuyển đổi thành con trỏ và trở thành int \*\*x,  điều này không tương thích với x[2][4]. \*/  void g(int (\*x)[4]) {  assert(sizeof(\*x) == sizeof(int) \* 4);  }  /\* Một mảng của con trỏ có thể được truyền vào hàm này,  vì nó sẽ bị chuyển đổi thành con trỏ đến con trỏ (int \*\*),  nhưng một mảng của các mảng không thể. \*/  void h(int \*\*x) {  assert(sizeof(\*x) == sizeof(int\*));  }  int main(void) {  int foo[2][4];  f(foo);  g(foo);  /\* Ở đây, chúng ta đang tạo động một mảng của các con trỏ.  Lưu ý rằng kích thước của mỗi chiều không phải là một phần của kiểu dữ liệu,  vì vậy hệ thống kiểu chỉ coi nó như một con trỏ đến con trỏ (int \*\*),  không phải con trỏ đến mảng hay mảng của các mảng. \*/  int \*\*bar = malloc(sizeof(\*bar) \* 2);  assert(bar);  for (size\_t i = 0; i < 2; i++) {  bar[i] = malloc(sizeof(\*bar[i]) \* 4);  assert(bar[i]);  }  h(bar);  for (size\_t i = 0; i < 2; i++) {  free(bar[i]);  }  free(bar);  } |

**Xem thêm**

Truyền mảng vào hàm

## Mảng đa chiều

Ngôn ngữ lập trình C cho phép sử dụng mảng đa chiều. Dưới đây là cú pháp chung của khai báo mảng đa chiều:

|  |
| --- |
| type name[size1][size2]...[sizeN]; |

**Ví dụ 1:** Khai báo sau tạo ra một mảng số nguyên ba chiều (5 x 10 x 4):

|  |
| --- |
| int arr[5][10][4]; |

### Mảng hai chiều

Dạng đơn giản nhất của mảng đa chiều là mảng hai chiều. Mảng hai chiều thực chất là một danh sách của các mảng một chiều. Để khai báo một mảng hai chiều số nguyên với kích thước m x n, chúng ta có thể viết như sau:

|  |
| --- |
| type arrayName[m][n]; |

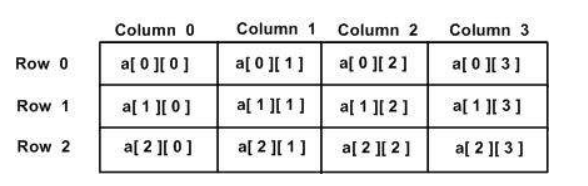
Trong đó:

type : là bất kỳ kiểu dữ liệu hợp lệ trong C (int, float, v.v...) và

arrayName có thể là bất kỳ định danh hợp lệ trong C.

Một mảng hai chiều có thể được hình dung như một bảng với m hàng và n cột. Lưu ý rằng thứ tự cần phải đúng trong C. Mảng int a[4][3] không giống với mảng int a[3][4]. Số hàng được đặt trước vì C là một ngôn ngữ ưu tiên hàng đầu.

Một mảng hai chiều a, chứa ba hàng và bốn cột có thể được biểu diễn như sau:



Do đó, mỗi phần tử trong mảng arrayName được xác định bởi tên phần tử có dạng arrayName[m][n]. Trong đó **arrayName** là tên của mảng, **m** là chỉ số hàng và **n** là chỉ số cột. Nhớ rằng các hàng và cột được đánh số từ 0. Điều này rất giống với cách đánh chỉ số trong toán học cho ma trận 2D.

#### Khởi tạo mảng 2 chiều

Mảng đa chiều có thể được khởi tạo bằng cách chỉ định các giá trị trong ngoặc đơn cho mỗi hàng.

**Ví dụ 2**: Định nghĩa một mảng có tên là array với 3 hàng, mỗi hàng có 4 cột.

|  |
| --- |
| int array[3][4] = {  {0, 1, 2, 3}, /\* giá trị khởi tạo cho hàng có chỉ số 0 \*/  {4, 5, 6, 7}, /\* giá trị khởi tạo cho hàng có chỉ số 1 \*/  {8, 9, 10, 11} /\* giá trị khởi tạo cho hàng có chỉ số 2 \*/  }; |

Dấu ngoặc nhọn lồng nhau, biểu thị hàng được chọn, là tùy chọn. Khởi tạo sau đây tương đương với ví dụ trước:

|  |
| --- |
| int array[3][4] = {{0, 1, 2, 3}, {4, 5, 6, 7}, {8, 9, 10, 11}}; |

Trong khi việc tạo mảng với ngoặc nhọn lồng nhau là tùy chọn, nó được khuyến khích mạnh mẽ vì nó dễ đọc và rõ ràng hơn.

#### Truy cập phần tử trong mảng hai chiều

Một phần tử trong mảng hai chiều được truy cập bằng cách sử dụng các chỉ mục con, tức là chỉ số hàng và chỉ số cột của mảng.

**Ví dụ 3:** Lấy giá trị của phần tử có vị trí hang thứ 3 và cột thứ 4.

|  |
| --- |
| int value = a[2][3]; |

Chúng ta sử dụng một vòng lặp lồng nhau để xử lý một mảng hai chiều:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {    /\* một mảng với 5 hàng và 2 cột \*/  int array[5][2] = { {0, 0}, {1, 2}, {2, 4}, {3, 6}, {4, 8} };  int i, j;  /\* in giá trị của từng phần tử trong mảng \*/  for (i = 0; i < 5; i++) {  for (j = 0; j < 2; j++) {  printf("a[%d][%d] = %d\n", i, j, a[i][j]);  }  }  return 0;  } |

Khi đoạn mã trên được biên dịch và thực thi, nó sẽ tạo ra kết quả như sau:

|  |
| --- |
| a[0][0] = 0  a[0][1] = 0  a[1][0] = 1  a[1][1] = 2  a[2][0] = 2  a[2][1] = 4  a[3][0] = 3  a[3][1] = 6  a[4][0] = 4  a[4][1] = 8 |

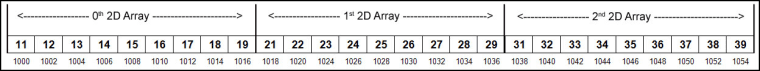
### Mảng ba chiều

Mảng 3D về cơ bản là một mảng của các mảng: đó là một tập hợp các mảng 2D và mảng 2D là một mảng gồm các mảng 1D.

A diagram of a number

Description automatically generated

#### Bộ nhớ mảng ba chiều



#### Khởi tạo một mảng ba chiều

|  |
| --- |
| double cprogram[3][2][4] = {  {{-0.1, 0.22, 0.3, 4.3}, {2.3, 4.7, -0.9, 2}},  {{0.9, 3.6, 4.5, 4}, {1.2, 2.4, 0.22, -1}},  {{8.2, 3.12, 34.2, 0.1}, {2.1, 3.2, 4.3, -2.0}}  }; |

Chúng ta có thể có mảng với bất kỳ số chiều nào, tuy nhiên thường thì hầu hết các mảng mà ta tạo ra sẽ có một hoặc hai chiều.

## Define mảng và truy cập vào phần tử mảng

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #define ARRLEN (10)  int main(int argc, char\* argv[]) {  int n[ARRLEN]; // n là một mảng gồm 10 số nguyên  int i, j; // Sử dụng i, j để chỉ định vị trí bộ nhớ (địa chỉ) trong mảng  // Khởi tạo giá trị cho các phần tử trong mảng n  for (i = 0; i < ARRLEN; i++) {  n[i] = i + 100; // Đặt giá trị cho phần tử tại vị trí i là i + 100  }  // In giá trị của từng phần tử trong mảng n  for (j = 0; j < ARRLEN; j++) {  printf("Phan tu [%zu] = %d\n", j, n[j]);  }  return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| Phan tu [0] = 100  Phan tu [1] = 101  Phan tu [2] = 102  Phan tu [3] = 103  Phan tu [4] = 104  Phan tu [5] = 105  Phan tu [6] = 106  Phan tu [7] = 107  Phan tu [8] = 108  Phan tu [9] = 109 |

## Xóa nội dung của mảng( Thiết lập giá trị bằng 0)

Đôi khi cần thiết phải đặt mảng về giá trị 0 sau khi đã khởi tạo nó.

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h> /\* for EXIT\_SUCCESS \*/  #define ARRLEN (10)  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* Đã cấp phát nhưng chưa khởi tạo, vì không được xác định là static hoặc global. \*/  int array[ARRLEN];  size\_t i;  for (i = 0; i < ARRLEN; ++i) {  array[i] = 0;  }  return EXIT\_SUCCESS;  } |

Một phương pháp rút gọn chung cho vòng lặp trên là sử dụng **memset()** từ **<string.h>.** Truyền **array** như được hiển thị bên dưới sẽ làm cho nó rơi vào một con trỏ đến phần tử đầu tiên của nó.

|  |
| --- |
| memset(array, 0, ARRLEN \* sizeof(int)); /\* Sử dụng kiểu dữ liệu cụ thể (int ở đây). \*/ |

Hoặc

|  |
| --- |
| memset(array, 0, ARRLEN \* sizeof \*array); /\* Sử dụng kích thước của kiểu dữ liệu mà con trỏ đang trỏ tới. \*/ |

Vì trong ví dụ này array là một mảng và không chỉ là một con trỏ đến phần tử đầu tiên của mảng (xem Phần 10.3: Độ dài mảng để hiểu tại sao điều này quan trọng), một tùy chọn thứ ba để thiết lập giá trị 0 cho mảng là:

|  |
| --- |
| memset(array, 0, sizeof array); /\* Sử dụng kích thước của mảng chính nó. \*/ |

## Thiết lập giá trị trong mảng

Truy cập các giá trị trong mảng thường được thực hiện thông qua dấu ngoặc vuông:

|  |
| --- |
| int value;  int array[10];  /\* Thiết lập giá trị của phần tử thứ năm có giá trị là 5: \*/  array[4] = 5;  /\* Cách viết trên tương đương với: \*/  \*(array + 4) = 5;  /\* Đọc giá trị của phần tử thứ năm: \*/  value = array[4]; |

Do tính chất của các toán hạng của toán tử + có thể hoán đổi vị trí (--> luật giao hoán), việc sau đây cũng tương đương:

|  |
| --- |
| \*(array + 4) = 5;  \*(4 + array) = 5; |

Tương tự, các câu lệnh sau cũng tương đương:

|  |
| --- |
| array[4] = 5;  4[array] = 5; /\* Kỳ lạ nhưng hợp lệ trong C ... \*/ |

Và các câu lệnh dưới đây cũng tương tự nhau:

|  |
| --- |
| val = array[4];  val = 4[array]; /\* Kỳ lạ nhưng hợp lệ trong C ... \*/ |

Trong C, không thực hiện bất kỳ kiểm tra ranh giới nào, việc truy cập nội dung bên ngoài mảng đã được khai báo sẽ không xác định (truy cập vào bộ nhớ vượt quá phần được cấp phát):

|  |
| --- |
| int value;  int array[10];  array[4] = 5; /\* ổn \*/  value = array[4]; /\* ổn \*/  array[19] = 20; /\* hành vi không xác định \*/  value = array[15]; /\* hành vi không xác định \*/ |

Cấp phát và khởi tạo giá trị ban đầu cho một mảng với kích thước do người dùng xác định

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int \*pdata;  size\_t n;  printf("Nhap kich thuoc cua mang: ");  fflush(stdout); /\* Đảm bảo in ra thông báo trên stdout được đệm. \*/  if (1 != scanf("%zu", &n)) /\* Nếu không hỗ trợ "zu" (trên Windows?), sử dụng "lu". \*/  {  fprintf("scanf() khong doc duoc gia tri hop le\n");  exit(EXIT\_FAILURE);  }  pdata = calloc(n, sizeof \*pdata);  if (NULL == pdata) {  perror("calloc() that bai"); /\* In ra thông báo lỗi. \*/  exit(EXIT\_FAILURE);  }  free(pdata); /\* Giải phóng bộ nhớ. \*/  return EXIT\_SUCCESS;  } |

Chương trình này cố gắng đọc vào một giá trị số nguyên không dấu từ đầu vào tiêu chuẩn, sau đó cấp phát một khối bộ nhớ cho một mảng có n phần tử kiểu int bằng cách gọi hàm calloc(). Bộ nhớ này được khởi tạo giá trị 0 cho tất cả các phần tử. Trong trường hợp thành công, bộ nhớ được giải phóng bằng cách gọi hàm free().

## Duyệt qua mảng bằng con trỏ

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #define SIZE (10)  int main(int argc, char\* argv[]) {  size\_t i = 0;  int \*p = NULL;  int array[SIZE];    /\* Thiết lập giá trị cho mảng a là i\*i \*/  for(i = 0; i < SIZE; ++i)  {  array[i] = i \* i;  }    /\* Đọc các giá trị bằng cách sử dụng con trỏ \*/  for(p = array; p < array + SIZE; ++p)  {  printf("%d\n", \*p);  }  return 0;  } |

Trong đoạn mã này, trong việc khởi tạo biến p trong điều kiện vòng lặp for đầu tiên, mảng array sẽ rơi vào trạng thái con trỏ tới phần tử đầu tiên của nó, như làm vậy ở hầu hết các nơi mà biến mảng được sử dụng.

Sau đó, ++p thực hiện tính toán con trỏ trên con trỏ **p** và duyệt qua từng phần tử của mảng và trỏ đến chúng bằng cách giải tham chiếu với **\*p**.

# LINKED LISTS

## doubly linked list (danh sách liên kết kép)

Dưới đây là một ví dụ về mã nguồn hiển thị cách chèn các nút vào danh sách liên kết kép, cách đảo ngược danh sách và cách in danh sách theo thứ tự ngược.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  /\* Dữ liệu này không phải lúc nào cũng được lưu trữ trong một cấu trúc,  \*nhưng đôi khi nó được dùng để dễ sử dụng \*/  struct Node {  /\* Đôi khi một khóa cũng được lưu trữ và sử dụng trong các chức năng \*/  int data;  struct Node\* next;  struct Node\* previous;  };  void insert\_at\_beginning(struct Node \*\*pheadNode, int value);  void insert\_at\_end(struct Node \*\*pheadNode, int value);  void print\_list(struct Node \*headNode);  void print\_list\_backwards(struct Node \*headNode);  void free\_list(struct Node \*headNode);  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* Đôi khi trong danh sách liên kết kép, nút cuối cùng cũng được lưu trữ \*/  struct Node \*head = NULL;    printf("Chen mot nut vao dau danh sach.\n");  insert\_at\_beginning(&head, 5);  print\_list(head);    printf("Chen mot nut vao dau, sau do in danh sach theo thu tu nguoc\n");  insert\_at\_beginning(&head, 10);  print\_list\_backwards(head);    printf("Chen mot nut vao cuoi, sau do in danh sach theo thu tu xuoi.\n");  insert\_at\_end(&head, 15);  print\_list(head);    free\_list(head);  return 0;  }  void print\_list\_backwards(struct Node \*headNode) {  if (NULL == headNode) {  return;  }  /\*  Lặp qua danh sách và khi chúng ta đi đến cuối,  lặp ngược lại để in ra các mục theo thứ tự ngược lại  (điều này được thực hiện với con trỏ tới nút trước đó).  Điều này thậm chí có thể được thực hiện dễ dàng hơn  nếu một con trỏ tới nút cuối cùng được lưu trữ.  \*/  struct Node \*i = headNode;  while (i->next != NULL) {  i = i->next;/\* Di chuyển đến cuối danh sách \*/  }  while (i != NULL) {  printf("Gia tri: %d\n", i->data);  i = i->previous;  }  }  void print\_list(struct Node \*headNode) {  /\* Duyệt qua danh sách và in ra thành viên dữ liệu của mỗi nút \*/  struct Node \*i;  for (i = headNode; i != NULL; i = i->next) {  printf("Gia tri: %d\n", i->data);  }  }  void insert\_at\_beginning(struct Node \*\*pheadNode, int value) {  struct Node \*currentNode;  if (NULL == pheadNode) {  return;  }  /\*  Điều này được thực hiện tương tự như cách chúng ta chèn một nút vào đầu danh sách liên kết đơn,  thay vào đó chúng ta cũng đặt thành viên trước đó của cấu trúc  \*/  currentNode = malloc(sizeof \*currentNode);  currentNode->next = NULL;  currentNode->previous = NULL;  currentNode->data = value;  if (\*pheadNode == NULL) { /\* Danh sách rỗng \*/  \*pheadNode = currentNode;  return;  }  currentNode->next = \*pheadNode;  (\*pheadNode)->previous = currentNode;  \*pheadNode = currentNode;  }  void insert\_at\_end(struct Node \*\*pheadNode, int value) {  struct Node \*currentNode;  if (NULL == pheadNode) {  return;  }  /\*  Điều này một lần nữa có thể được thực hiện dễ dàng bằng cách có thể có phần tử trước đó.  Nó cũng sẽ hữu ích hơn nếu có một con trỏ tới nút cuối cùng, thường được sử dụng.  \*/  currentNode = malloc(sizeof \*currentNode);  struct Node \*i = \*pheadNode;  currentNode->data = value;  currentNode->next = NULL;  currentNode->previous = NULL;  if (\*pheadNode == NULL) {  \*pheadNode = currentNode;  return;  }  while (i->next != NULL) { /\* Đi đến cuối danh sách \*/  i = i->next;  }  i->next = currentNode;  currentNode->previous = i;  }  void free\_list(struct Node \*node) {  while (node != NULL) {  struct Node \*next = node->next;  free(node);  node = next;  }  } |

Lưu ý rằng đôi khi, việc lưu trữ một con trỏ tới nút cuối cùng là hữu ích (chỉ đơn giản là có thể chuyển thẳng đến cuối danh sách sẽ hiệu quả hơn là cần phải lặp lại từ đầu đến cuối):

|  |
| --- |
| struct Node \*lastNode = NULL; |

Trong trường hợp đó, cần cập nhật nó khi thay đổi danh sách.

Đôi khi, một khóa cũng được sử dụng để xác định các phần tử. Nó chỉ đơn giản là một thành viên của cấu trúc Node:

|  |
| --- |
| struct Node {  int data;  int key;  struct Node\* next;  struct Node\* previous;  }; |

Sau đó, khóa này được sử dụng khi bất kỳ tác vụ nào được thực hiện trên một phần tử cụ thể, chẳng hạn như xóa phần tử

## reversing a linked list (đảo ngược danh sách liên kết)

Bạn cũng có thể thực hiện nhiệm vụ này theo cách đệ quy, nhưng tôi đã chọn trong ví dụ này để sử dụng phương pháp lặp. Tác vụ này hữu ích nếu bạn đang chèn tất cả các nút của mình vào đầu danh sách được liên kết. Đây là một ví dụ:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #define NUM\_ITEMS 10  struct Node {  int data;  struct Node \*next;  };  void chen\_nut(struct Node \*\*dauDanhSach, int giaTriNut, int viTri);  void in\_danh\_sach(struct Node \*dauDanhSach);  void dao\_nguoc\_danh\_sach(struct Node \*\*dauDanhSach);  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i;  struct Node \*dauDanhSach = NULL;    // Tạo danh sách ban đầu từ 1 đến NUM\_ITEMS  for(i = 1; i <= NUM\_ITEMS; i++) {  chen\_nut(&dauDanhSach, i, i);  }    // In ra danh sách ban đầu  printf("Danh sach ban dau:\n");  in\_danh\_sach(dauDanhSach);    // Đảo ngược danh sách  printf("Danh sach sau khi dao nguoc:\n");  dao\_nguoc\_danh\_sach(&dauDanhSach);  in\_danh\_sach(dauDanhSach);    return 0;  }  // Hàm chèn một nút mới vào danh sách liên kết đơn tại vị trí đã cho  void chen\_nut(struct Node \*\*dauDanhSach, int giaTriNut, int viTri) {  int i;  struct Node \*nutHienTai = (struct Node \*)malloc(sizeof(struct Node));  struct Node \*nutTruocViTri = \*dauDanhSach;  nutHienTai->data = giaTriNut;    // Nếu vị trí là 1, thì nút mới trở thành nút đầu danh sách  if(viTri == 1) {  nutHienTai->next = \*dauDanhSach;  \*dauDanhSach = nutHienTai;  return;  }    // Di chuyển đến nút trước vị trí cần chèn  for(i = 0; i < viTri - 2; i++) {  nutTruocViTri = nutTruocViTri->next;  }    nutHienTai->next = nutTruocViTri->next;  nutTruocViTri->next = nutHienTai;  }  // Hàm in ra các giá trị trong danh sách liên kết đơn  void in\_danh\_sach(struct Node \*dauDanhSach) {  struct Node \*dieuHuong;  for(dieuHuong = dauDanhSach; dieuHuong != NULL; dieuHuong = dieuHuong->next) {  printf("Gia tri: %d\n", dieuHuong->data);  }  }  // Hàm đảo ngược danh sách liên kết đơn  void dao\_nguoc\_danh\_sach(struct Node \*\*dauDanhSach) {  struct Node \*dieuHuong = \*dauDanhSach;  struct Node \*nutTruoc = NULL;  struct Node \*nutSau = NULL;    while(dieuHuong != NULL) {  nutSau = dieuHuong->next;  dieuHuong->next = nutTruoc;  nutTruoc = dieuHuong;  dieuHuong = nutSau;  }    \*dauDanhSach = nutTruoc;  } |

**Giải thích cho phương pháp REVERSING A LINKED LIST (ĐẢO NGƯỢC DANH SÁCH LIÊN KẾT)**

Chúng tôi bắt đầu nutTruoc là NULL, vì chúng tôi biết trong lần lặp đầu tiên của vòng lặp, nếu chúng tôi đang tìm kiếm nút trước nút đầu tiên, thì nó sẽ là NULL. Nút đầu tiên sẽ trở thành nút cuối cùng trong danh sách và biến tiếp theo đương nhiên phải là NULL.

Về cơ bản, khái niệm đảo ngược danh sách liên kết ở đây là chúng ta thực sự đảo ngược chính các liên kết. Thành viên tiếp theo của mỗi nút sẽ trở thành nút trước nó, giống như:

|  |
| --- |
| Head -> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 |

Trong đó mỗi số đại diện cho một nút. Danh sách này sẽ trở thành:

|  |
| --- |
| 1 <- 2 <- 3 <- 4 <- 5 <- Head |

Cuối cùng, thay vào đó, phần đầu sẽ trỏ đến nút thứ 5 và mỗi nút sẽ trỏ đến nút trước nó.

Nút 1 phải trỏ đến NULL vì không có gì trước nó. Nút 2 phải trỏ đến nút 1, nút 3 phải trỏ đến nút 2, v.v.

Tuy nhiên, có một vấn đề nhỏ với phương pháp này. Nếu chúng ta ngắt liên kết đến nút tiếp theo và thay đổi nó thành nút trước đó, chúng ta sẽ không thể đi qua nút tiếp theo trong danh sách vì liên kết đến nó đã biến mất.

Giải pháp cho vấn đề này là chỉ cần lưu trữ phần tử tiếp theo trong một biến (nextNode) trước khi thay đổi liên kết.

## Inserting a node at the nth position (chèn nút ở vị trí thứ n)

Cho đến giờ, chúng ta đã xem xét việc chèn một nút vào đầu danh sách liên kết đơn. Tuy nhiên, hầu hết các trường hợp bạn cũng muốn có thể chèn các nút ở nơi khác. Đoạn mã được viết dưới đây cho thấy cách có thể viết hàm insert() để chèn các nút vào bất kỳ đâu trong danh sách được liên kết.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  struct Node {  int data;  struct Node\* next;  };  struct Node\* insert(struct Node\* head, int value, size\_t position);  void print\_list(struct Node\* head);  int main(int argc, char\* argv[]) {  struct Node\* head = NULL; /\* Khởi tạo danh sách rỗng \*/  /\* Chèn các node vào vị trí và giá trị tương ứng: \*/  head = insert(head, 1, 0);  head = insert(head, 100, 1);  head = insert(head, 21, 2);  head = insert(head, 2, 3);  head = insert(head, 5, 4);  head = insert(head, 42, 2);  print\_list(head);    return 0;  }  struct Node\* insert(struct Node\* head, int value, size\_t position) {  size\_t i = 0;  struct Node\* currentNode;  /\* Tạo node mới \*/  currentNode = malloc(sizeof \*currentNode);  /\* Kiểm tra thành công của malloc() ở đây! \*/    /\* Gán giá trị dữ liệu \*/  currentNode->data = value;  /\* Con trỏ trỏ tới trường 'next' mà chúng ta phải liên kết với node mới.  \* Bằng cách khởi tạo nó thành &head, chúng ta xử lý trường hợp chèn vào đầu danh sách. \*/  struct Node\*\* nextForPosition = &head;  /\* Lặp để lấy trường 'next' mà chúng ta đang tìm kiếm.  \* Lưu ý: Chèn vào cuối nếu vị trí lớn hơn số phần tử hiện tại. \*/  for (i = 0; i < position && \*nextForPosition != NULL; i++) {  /\* nextForPosition trỏ tới trường 'next' của node.  \* Vì vậy, \*nextForPosition là một con trỏ tới node tiếp theo.  \* Cập nhật nó thành một con trỏ tới trường 'next' của node tiếp theo. \*/  nextForPosition = &(\*nextForPosition)->next;  }  /\* Ở đây, chúng ta lấy liên kết tới node tiếp theo (node mà node mới của chúng ta nên trỏ tới)  \* bằng cách giải tham chiếu nextForPosition, con trỏ này trỏ tới trường 'next' của node  \* đang ở vị trí chúng ta muốn chèn node mới vào.  \* Chúng ta gán liên kết này cho giá trị next của node mới. \*/  currentNode->next = \*nextForPosition;  /\* Bây giờ, chúng ta muốn sửa liên kết của node trước vị trí của node mới:  \* nó sẽ được thay đổi thành con trỏ tới node mới của chúng ta. \*/  \*nextForPosition = currentNode;  return head;  }  void print\_list(struct Node\* head) {  /\* Duyệt qua danh sách các node và in ra giá trị dữ liệu trong mỗi node \*/  struct Node\* i = head;  while (i != NULL) {  printf("%d\n", i->data);  i = i->next;  }  } |

## Inserting a node at the beginning of a singly linked list (chèn nút vào đầu danh sách liên kết đơn)

Đoạn mã dưới đây sẽ nhắc các số và tiếp tục thêm chúng vào đầu danh sách được liên kết.

|  |
| --- |
| /\* Chương trình này sẽ thể hiện cách chèn một node vào đầu danh sách liên kết \*/  #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  struct Node {  int data;  struct Node\* next;  };  void insert\_node(struct Node\*\* head, int nodeValue);  void print\_list(struct Node\* head);  int main(int argc, char\* argv[]) {  struct Node\* headNode;  headNode = NULL; /\* Khởi tạo con trỏ của node đầu tiên thành NULL. \*/  size\_t listSize, i;  do {  printf("Nhập số lượng số bạn muốn nhập:\n");  } while (1 != scanf("%zu", &listSize));  for (i = 0; i < listSize; i++) {  int numToAdd;  do {  printf("Nhập một số:\n");  } while (1 != scanf("%d", &numToAdd));  insert\_node(&headNode, numToAdd);  printf("Danh sách hiện tại sau khi chèn node mới: \n");  print\_list(headNode);  }  return 0;  }  void print\_list(struct Node\* head) {  struct Node\* currentNode = head;  /\* Lặp qua từng liên kết \*/  while (currentNode != NULL) {  printf("Giá trị: %d\n", currentNode->data);  currentNode = currentNode->next;  }  }  void insert\_node(struct Node\*\* head, int nodeValue) {  struct Node\* currentNode = malloc(sizeof \*currentNode);  currentNode->data = nodeValue;  currentNode->next = (\*head);  \*head = currentNode;  } |

**Giải thích cho việc chèn các nút**

Để hiểu cách chúng tôi thêm các nút ngay từ đầu, hãy xem xét các tình huống có thể xảy ra:

1. Danh sách trống, vì vậy chúng ta cần thêm một nút mới. Trong trường hợp đó, bộ nhớ của chúng ta trông như thế này khi HEAD là một con trỏ tới nút đầu tiên:

|  |
| --- |
| | HEAD | --> NULL |

Dòng currentNode->next = \*headNode; sẽ gán giá trị của currentNode->next là NULL vì headNode ban đầu bắt đầu với giá trị NULL.

Bây giờ, chúng tôi muốn đặt con trỏ nút đầu trỏ đến nút hiện tại của chúng tôi.

|  |
| --- |
| ----- -------------  |HEAD | --> |CURRENTNODE| --> NULL /\* Nút đầu trỏ tới nút hiện tại \*/  ----- ------------- |

Điều này được thực hiện với \*headNode = currentNode;

2. Danh sách đã được điền; chúng ta cần thêm một nút mới vào đầu. Để đơn giản, hãy bắt đầu với 1 nút:

|  |
| --- |
| ----- -----------  HEAD --> FIRST NODE --> NULL  ----- ----------- |

Với currentNode->next = \*headNode, cấu trúc dữ liệu sẽ như sau:

|  |
| --- |
| --------- ----- ---------------------  currentNode --> HEAD --> POINTER TO FIRST NODE --> NULL  --------- ----- --------------------- |

Mà, rõ ràng cần phải được thay đổi vì \*headNode nên trỏ đến currentNode.

|  |
| --- |
| ---- ----------- ---------------  HEAD -> currentNode --> NODE -> NULL  ---- ----------- --------------- |

Điều này được thực hiện với \*headNode = currentNode;

# ENUMERATIONS

## simple enumeration (enumeration đơn giản)

Một "enumeration" là một kiểu dữ liệu do người dùng định nghĩa, bao gồm các hằng số số nguyên và mỗi hằng số số nguyên được đặt tên. Từ khóa "enum" được sử dụng để định nghĩa kiểu dữ liệu được liệt kê.

Nếu bạn sử dụng "enum" thay vì "int" hoặc "string/char\*", bạn sẽ tăng tính kiểm tra thời gian biên dịch và tránh lỗi khi truyền các hằng số không hợp lệ, cũng như làm cho các giá trị hợp lệ sử dụng trở nên rõ ràng và dễ hiểu hơn.

**VD:**

|  |
| --- |
| enum color{ RED, GREEN, BLUE };  void printColor(enum color chosenColor)  {  const char \*color\_name = "Invalid color";  switch (chosenColor)  {  case RED:  color\_name = "RED";  break;    case GREEN:  color\_name = "GREEN";  break;  case BLUE:  color\_name = "BLUE";  break;  }  printf("%s\n", color\_name); |

Với một hàm main được định nghĩa như sau (ví dụ):

|  |
| --- |
| int main(int argc, char\* argv[]) {  enum color chosenColor;  printf("Enter a number between 0 and 2");  scanf("%d", (int\*)&chosenColor);  printColor(chosenColor);  return 0;  } |

**VD:**

(Ví dụ này sử dụng các bộ khởi tạo được chỉ định đã được chuẩn hóa từ C99.)

|  |
| --- |
| enum week{ MON, TUE, WED, THU, FRI, SAT, SUN };    static const char\* const dow[] = {  [MON] = "Mon", [TUE] = "Tue", [WED] = "Wed",  [THU] = "Thu", [FRI] = "Fri", [SAT] = "Sat", [SUN] = "Sun" };    void printDayOfWeek(enum week day)  {  printf("%s\n", dow[day]);  } |

Ví dụ tương tự sử dụng kiểm tra phạm vi:

|  |
| --- |
| enum week{ DOW\_INVALID = -1,  MON, TUE, WED, THU, FRI, SAT, SUN,  DOW\_MAX };    static const char\* const dow[] = {  [MON] = "Mon", [TUE] = "Tue", [WED] = "Wed",  [THU] = "Thu", [FRI] = "Fri", [SAT] = "Sat", [SUN] = "Sun" };    void printDayOfWeek(enum week day)  {  assert(day > DOW\_INVALID && day < DOW\_MAX);  printf("%s\n", dow[day]);  } |

## enumeration constant without typename (hằng số enumeration không cần tên kiểu)

Kiểu enumerations cũng có thể được khai báo mà không cần đặt tên cho chúng:

|  |
| --- |
| enum { buffersize = 256, };  static unsigned char buffer [buffersize] = { 0 }; |

Điều này cho phép chúng ta xác định các hằng số thời gian biên dịch kiểu int mà có thể như trong ví dụ này được sử dụng làm độ dài mảng.

## enumeration with duplicate value (enumeration với giá trị trùng lặp)

Một enumeration không nhất thiết phải là duy nhất:

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h> /\* cho EXIT\_SUCCESS \*/  #include <stdio.h> /\* cho printf() \*/  enum Dupes  {  Base, /\* Lấy giá trị 0 \*/  One, /\* Lấy giá trị của Base + 1 \*/  Two, /\* Lấy giá trị của One + 1 \*/  Negative = -1, /\* Gán giá trị là -1 \*/  AnotherZero /\* Lấy giá trị của Negative + 1 == 0, thật đáng tiếc \*/  };  int main(int argc, char\* argv[]) {  printf("Base = %d\n", Base);  printf("One = %d\n", One);  printf("Two = %d\n", Two);  printf("Negative = %d\n", Negative);  printf("AnotherZero = %d\n", AnotherZero);  return EXIT\_SUCCESS;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| Base = 0  One = 1  Two = 2  Negative = -1  AnotherZero = 0 |

## TYPEDEF ENUM

Có một số khả năng và quy ước để đặt tên cho một enumeration. Đầu tiên là sử dụng một thẻ (tag) ngay sau từ khóa "**enum**".

|  |
| --- |
| enum color  {  RED,  GREEN,  BLUE  }; |

Kiểu liệt kê này phải luôn được sử dụng cùng với từ khóa "enum" và thẻ tương ứng như sau:

|  |
| --- |
| enum color chosenColor = RED; |

Nếu chúng ta sử dụng "**typedef**" trực tiếp khi khai báo **enum**, chúng ta có thể bỏ qua thẻ và sau đó sử dụng kiểu mà không có từ khóa "enum":

|  |
| --- |
| typedef enum  {  RED,  GREEN,  BLUE  } color; |

Sau đó, chúng ta có thể sử dụng "color" mà không cần từ khóa "enum":

|  |
| --- |
| color chosenColor = RED; |

Tuy nhiên, trong trường hợp này, chúng ta không thể sử dụng "enum color" vì chúng ta không sử dụng thẻ trong định nghĩa. Một quy ước phổ biến là sử dụng cả hai, để cùng một tên có thể được sử dụng với hoặc không có từ khóa "enum". Điều này có lợi thế đặc biệt là tương thích với C++.

|  |
| --- |
| enum color /\* như ví dụ đầu tiên \*/  {  RED,  GREEN,  BLUE  };  typedef enum color color; /\* cũng là một typedef với cùng một thay đổi \*/  color chosenColor = RED;  enum color defaultColor = BLUE; |

Hàm

|  |
| --- |
| void printColor() {  if (chosenColor == RED)  {  printf("RED\n");  }  else if (chosenColor == GREEN)  {  printf("GREEN\n");  }  else if (chosenColor == BLUE)  {  printf("BLUE\n");  }  } |

Để biết thêm về "typedef", xem phần "Typedef".

# STRUCTS (CẤU TRÚC)

Cấu trúc (Structs) cung cấp một cách để nhóm một tập hợp các biến liên quan thuộc nhiều loại khác nhau vào một đơn vị bộ nhớ. Toàn bộ cấu trúc có thể được tham chiếu bằng một tên hoặc con trỏ duy nhất; các thành viên cấu trúc cũng có thể được truy cập riêng lẻ. Các cấu trúc có thể được truyền đến các hàm và được trả về từ các hàm. Chúng được định nghĩa bằng cách sử dụng từ khóa **struct**.

## flexible array members (thành phần mảng linh hoạt)

### Khai báo kiểu dữ liệu

Một cấu trúc có ít nhất một thành viên có thể chứa thêm một thành viên mảng có độ dài không xác định ở cuối cấu trúc. Đây được gọi là thành viên mảng linh hoạt:

|  |
| --- |
| struct ex1  {  size\_t foo;  int flex[]  };  struct ex2\_header  {  int foo;  char bar;  };  struct ex2  {  struct ex2\_header;  int flex;  };  /\* Hợp nhất cấu trúc ex2\_header và ex2. \*/  struct ex3  {  int foo;  char bar  int flex[];  }; |

### Ảnh hưởng đến kích thước và phần đệm

Thành viên mảng linh hoạt được coi là không có kích thước khi tính toán kích thước của cấu trúc, mặc dù phần đệm giữa thành viên đó và thành viên trước đó của cấu trúc vẫn có thể tồn tại:

|  |
| --- |
| /\* In ra "8,8" trên máy tính của tôi, vì vậy không có phần trống. \*/  printf("%zu,%zu\n", sizeof(size\_t), sizeof(struct ex1));  /\* Cũng in ra "8,8" trên máy tính của tôi, nên không có phần trống trong cấu trúc ex2 chính nó. \*/  printf("%zu,%zu\n", sizeof(struct ex2\_header), sizeof(struct ex2));  /\* In ra "5,8" trên máy tính của tôi, nên có 3 byte phần trống. \*/  printf("%zu,%zu\n", sizeof(int) + sizeof(char), sizeof(struct ex3)); |

Thành viên mảng linh hoạt (Flexible Array Member) được coi là có kiểu mảng không hoàn chỉnh, do đó không thể tính kích thước của nó bằng cách sử dụng "**sizeof**".

### Sử dụng

Bạn có thể khai báo và khởi tạo một đối tượng có kiểu cấu trúc chứa một thành viên mảng linh hoạt (Flexible Array Member), nhưng bạn không được thử khởi tạo thành viên mảng linh hoạt (Flexible Array Member) vì nó được xử lý như không tồn tại. Thử làm điều này sẽ bị cấm và gây ra lỗi biên dịch.

Tương tự, bạn không nên cố gắng gán giá trị cho bất kỳ phần tử nào của thành viên mảng linh hoạt (Flexible Array Member) khi khai báo cấu trúc theo cách này vì có thể không có đủ phần trống ở cuối cấu trúc để chứa bất kỳ đối tượng nào cần thiết cho thành viên mảng linh hoạt (Flexible Array Member). Trình biên dịch không nhất thiết phải ngăn bạn làm điều này, do đó có thể dẫn đến hành vi không xác định.

|  |
| --- |
| /\* Không hợp lệ: không thể khởi tạo thành viên mảng linh hoạt (Flexible Array Member) \*/  struct ex1 e1 = {1, {2, 3}};  /\* Không hợp lệ: hdr={foo=1, bar=2} OK, nhưng không thể khởi tạo thành viên mảng linh hoạt (Flexible Array Member) \*/  struct ex2 e2 = {{1, 2}, {3}};  /\* Hợp lệ: khởi tạo thành viên foo=1, bar=2 \*/  struct ex3 e3 = {1, 2};  e1.flex[0] = 3; /\* Hành vi không xác định, trong trường hợp của tôi \*/  e3.flex[0] = 2; /\* Hành vi không xác định lại \*/  e2.flex[0] = e3.flex[0]; /\* Hành vi không xác định \*/ |

Thay vào đó, bạn có thể chọn sử dụng malloc, calloc hoặc realloc để cấp phát cấu trúc có lưu trữ bổ sung và sau đó giải phóng nó, cho phép bạn sử dụng thành viên mảng linh hoạt (Flexible Array Member) theo ý muốn:

|  |
| --- |
| /\* Hợp lệ: cấp phát một đối tượng có kiểu cấu trúc ex1 cùng với một mảng gồm 2 số nguyên \*/  struct ex1 \*pe1 = malloc(sizeof(\*pe1) + 2 \* sizeof(pe1->flex[0]));  /\* Hợp lệ: cấp phát một đối tượng có kiểu cấu trúc ex2 cùng với một mảng gồm 4 số nguyên \*/  struct ex2 \*pe2 = malloc(sizeof(struct ex2) + sizeof(int[4]));  /\* Hợp lệ: cấp phát 5 đối tượng kiểu cấu trúc ex3 cùng với một mảng gồm 3 số nguyên cho mỗi đối tượng \*/  struct ex3 \*pe3 = malloc(5 \* (sizeof(\*pe3) + sizeof(int[3])));  pe1->flex[0] = 3; /\* có hiệu lực \*/  pe3[0]->flex[0] = pe1->flex[0]; /\* có hiệu lực \*/ |

### Struct hack

Phiên bản C trước C99 không hỗ trợ "flexible array members," bạn có thể sử dụng một kỹ thuật được gọi là "struct hack" để thay thế. Trong"struct hack," bạn sẽ khai báo một mảng có kích thước là 1 trong cấu trúc để thay thế "flexible array members."

|  |
| --- |
| struct ex1  {  size\_t foo;  int flex[1];  }; |

Tuy nhiên, điều này sẽ ảnh hưởng đến kích thước của cấu trúc, không giống như một thành viên mảng linh hoạt thực sự:

|  |
| --- |
| /\* In "8,4,16" trên máy của tôi, biểu thị rằng có 4 byte đệm. \*/  printf("%d,%d,%d\n", (int)sizeof(size\_t), (int)sizeof(int[1]), (int)sizeof(struct ex1)); |

Để sử dụng thành viên "flex" như một thành viên mảng linh hoạt, bạn sẽ cấp phát bộ nhớ cho nó bằng cách sử dụng malloc như đã được trình bày ở trên, nhưng thay vì sử dụng **sizeof**(\*pe1) (hoặc **sizeof(struct** ex1)), bạn sẽ thay thế bằng offsetof(**struct** ex1, flex) hoặc biểu thức dài hơn, không phụ thuộc vào kiểu dữ liệu **sizeof**(\*pe1) - **sizeof**(pe1->flex). Hoặc có thể trừ đi 1 từ độ dài mong muốn của mảng "linh hoạt" vì nó đã được bao gồm trong kích thước của cấu trúc, giả sử độ dài mong muốn là lớn hơn 0. Cùng logic này có thể được áp dụng vào các ví dụ sử dụng khác.

### Khả năng tương thích

Nếu muốn tương thích với các trình biên dịch không hỗ trợ các thành viên mảng linh hoạt, bạn có thể sử dụng macro được xác định như FLEXMEMB\_SIZE bên dưới:

|  |
| --- |
| #if \_\_STDC\_VERSION\_\_ < 199901L  #define FLEXMEMB\_SIZE 1  #else  #define FLEXMEMB\_SIZE /\* nothing \*/  #endif  struct ex1  {  size\_t foo;  int flex[FLEXMEMB\_SIZE];  }; |

Khi cấp phát các đối tượng, bạn nên sử dụng offsetof(struct ex1, flex) để tham chiếu đến kích thước của cấu trúc (loại trừ thành viên mảng linh hoạt) vì nó là biểu thức duy nhất giữ nguyên tính nhất quán giữa các trình biên dịch hỗ trợ thành viên mảng linh hoạt và các trình biên dịch không hỗ trợ:

|  |
| --- |
| struct ex1 \*pe10 = malloc(offsetof(struct ex1, flex) + n \* sizeof(pe10->flex[0])); |

Một phương pháp thay thế khác là sử dụng tiền xử lý để trừ 1 từ độ dài được chỉ định. Tuy nhiên, do tiềm năng tăng cao về không nhất quán và lỗi của con người trong hình thức này, tôi đã di chuyển logic vào một hàm riêng biệt:

|  |
| --- |
| struct ex1 \*ex1\_alloc(size\_t n)  {  struct ex1 tmp;  #if \_\_STDC\_VERSION\_\_ < 199901L  if (n != 0)  n--;  #endif  return malloc(sizeof(tmp) + n \* sizeof(tmp.flex[0]));  }  ...  /\* cấp phát một đối tượng ex1 với mảng "flex" có độ dài là 3 \*/  struct ex1 \*pe1 = ex1\_alloc(3); |

## typedef structs

Kết hợp từ khóa typedef với struct có thể làm mã nguồn rõ ràng hơn. Ví dụ:

|  |
| --- |
| typedef struct  {  int x, y;  } Point; |

Thay vì:

|  |
| --- |
| struct Point  {  int x, y;  }; |

có thể được khai báo như sau:

|  |
| --- |
| Point point; |

Thay vì

|  |
| --- |
| struct Point point; |

Một cách tốt hơn là sử dụng cách khai báo sau:

|  |
| --- |
| typedef struct Point Point;  struct Point  {  int x, y;  }; |

để có lợi ích của cả hai cách định nghĩa point. Khai báo như vậy là tiện lợi nhất nếu bạn đã học C++ trước, nơi bạn có thể bỏ qua từ khóa struct nếu tên không gây nhiễu.

typedef cho các tên struct có thể xung đột với các bộ nhớ đệm khác trong chương trình. Một số người coi điều này là một nhược điểm, nhưng đối với hầu hết mọi người, khi có một struct và một bộ nhớ đệm khác có cùng tên sẽ gây khó chịu.

Một điểm nổi tiếng là hàm stat của POSIX:

|  |
| --- |
| int stat(const char \*pathname, struct stat \*buf); |

trong đó bạn thấy hàm stat có một đối số là struct stat.

Các struct được định nghĩa bằng typedef mà không có tên thẻ luôn yêu cầu rằng toàn bộ khai báo struct phải được hiển thị trong mã sử dụng nó. Toàn bộ khai báo struct phải được đặt trong một tệp header.

Coi như:

|  |
| --- |
| #include "bar.h"  struct foo  {  bar \*aBar;  }; |

Khi sử dụng **typedef** cho **struct** mà không có tên thẻ, tệp **bar.h** luôn phải bao gồm toàn bộ định nghĩa của cấu trúc **bar**. Nếu chúng ta sử dụng typedef như sau trong tệp bar.h:

|  |
| --- |
| typedef struct bar bar; |

trong **bar.h**, các chi tiết của cấu trúc bar có thể được ẩn đi.

Xem thêm về Typedef

## Pointers to structs (con trỏ tới cấu trúc)

Khi bạn có một biến chứa một cấu trúc, bạn có thể truy cập các trường của nó bằng toán tử chấm (.). Tuy nhiên, nếu bạn có một con trỏ tới một cấu trúc, điều này sẽ không hoạt động. Bạn phải sử dụng toán tử mũi tên (->) để truy cập các trường của nó. Dưới đây là một ví dụ về cách triển khai cực kỳ đơn giản (một số người có thể gọi là "đơn giản và kém chất lượng") của một ngăn xếp sử dụng con trỏ tới cấu trúc và thể hiện toán tử mũi tên.

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h>  #include <stdio.h>  /\* cấu trúc \*/  struct stack  {  struct node \*top;  int size;  };  struct node  {  int data;  struct node \*next;  };  /\* khai báo hàm \*/  int push(int, struct stack \*);  int pop(struct stack \*);  void destroy(struct stack \*);  int main(void)  {  int result = EXIT\_SUCCESS;  size\_t i;  /\* cấp phát bộ nhớ cho một struct stack và ghi nhận con trỏ của nó \*/  struct stack \*stack = malloc(sizeof \*stack);  if (NULL == stack)  {  perror("malloc() failed");  return EXIT\_FAILURE;  }  /\* khởi tạo ngăn xếp \*/  stack->top = NULL;  stack->size = 0;  /\* đẩy 10 số nguyên vào ngăn xếp \*/  {  int data = 0;  for (i = 0; i < 10; i++)  {  printf("Pushing: %d\n", data);  if (-1 == push(data, stack))  {  perror("push() failed");  result = EXIT\_FAILURE;  break;  }  ++data;  }  }  if (EXIT\_SUCCESS == result)  {  /\* lấy ra 5 số nguyên từ ngăn xếp \*/  for (i = 0; i < 5; i++)  {  printf("Popped: %i\n", pop(stack));  }  }  /\* hủy ngăn xếp \*/  destroy(stack);  return result;  }  /\* Đẩy một giá trị vào ngăn xếp. \*/  /\* Trả về 0 nếu thành công và -1 nếu thất bại. \*/  int push(int data, struct stack \*stack)  {  int result = 0;  /\* cấp phát bộ nhớ cho nút mới \*/  struct node \*new\_node = malloc(sizeof \*new\_node);  if (NULL == new\_node)  {  result = -1;  }  else  {  new\_node->data = data;  new\_node->next = stack->top;  stack->top = new\_node;  stack->size++;  }  return result;  }  /\* Lấy ra một giá trị từ ngăn xếp. \*/  /\* Trả về giá trị lấy ra từ ngăn xếp \*/  int pop(struct stack \*stack)  {  struct node \*top = stack->top;  int data = top->data;  stack->top = top->next;  stack->size--;  free(top);  return data;  }  /\* hủy ngăn xếp \*/  void destroy(struct stack \*stack)  {  /\* giải phóng tất cả con trỏ \*/  while (stack->top != NULL)  {  pop(stack);  }  } |

## passing structs to functions (truyền structs vào hàm)

Trong C, tất cả các đối số được truyền vào các hàm theo giá trị, bao gồm cả các cấu trúc. Đối với các cấu trúc nhỏ, điều này rất tốt vì không có chi phí từ việc truy cập dữ liệu thông qua con trỏ. Tuy nhiên, điều này cũng khiến việc truyền ngẫu nhiên một cấu trúc lớn dễ dàng, dẫn đến hiệu suất kém, đặc biệt nếu lập trình viên đã sử dụng các ngôn ngữ khác nơi đối số được truyền theo tham chiếu.

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h>  #include <stdio.h>  /\* cấu trúc \*/  struct coordinates  {  int x;  int y;  int z;  };  /\* Hàm trả về cấu trúc nhỏ bằng giá trị, rất nhanh \*/  struct coordinates move(struct coordinates position, struct coordinates movement)  {  position.x += movement.x;  position.y += movement.y;  position.z += movement.z;  return position;  }  /\* Cấu trúc rất lớn \*/  struct lotsOfData  {  int param1;  char param2[80000];  };  /\* Hàm trả về cấu trúc lớn bằng giá trị, rất chậm! \*/  /\* Với kích thước lớn của cấu trúc này, có thể gây tràn ngăn xếp (stack overflow) \*/  struct lotsOfData doubleParam1(struct lotsOfData value)  {  value.param1 \*= 2;  return value;  }  /\* Hàm trả về cấu trúc lớn bằng con trỏ thay vì giá trị, tương đối nhanh \*/  void doubleParam1ByPtr(struct lotsOfData \*value)  {  value->param1 \*= 2;  } |

## object- based programming using structs (lập trình hướng đối tượng sử dụng structs)

Cấu trúc có thể được sử dụng để triển khai mã theo cách lập trình hướng đối tượng. Một cấu trúc tương tự như một lớp, nhưng thiếu các hàm mà thông thường cũng là một phần của một lớp, chúng ta có thể thêm chúng vào dưới dạng biến thành viên con trỏ hàm. Để giữ nguyên ví dụ về tọa độ của chúng ta:

|  |
| --- |
| /\* coordinates.h \*/  typedef struct coordinate\_s  {  /\* Con trỏ tới các hàm phương thức \*/  void (\*setx)(coordinate \*this, int x);  void (\*sety)(coordinate \*this, int y);  void (\*print)(coordinate \*this);  /\* Dữ liệu \*/  int x;  int y;  } coordinate;  /\* Constructor \*/  coordinate \*coordinate\_create(void);  /\* Destructor \*/  void coordinate\_destroy(coordinate \*this); |

Và sau đó tạo tệp thực hiện C:

|  |
| --- |
| /\* coordinates.c \*/  #include "coordinates.h"  #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  /\* Constructor \*/  coordinate \*coordinate\_create(void)  {  coordinate \*c = malloc(sizeof(\*c));  if (c != 0)  {  c->setx = &coordinate\_setx;  c->sety = &coordinate\_sety;  c->print = &coordinate\_print;  c->x = 0;  c->y = 0;  }  return c;  }  /\* Destructor \*/  void coordinate\_destroy(coordinate \*this)  {  if (this != NULL)  {  free(this);  }  }  /\* Phương thức \*/  static void coordinate\_setx(coordinate \*this, int x)  {  if (this != NULL)  {  this->x = x;  }  }  static void coordinate\_sety(coordinate \*this, int y)  {  if (this != NULL)  {  this->y = y;  }  }  static void coordinate\_print(coordinate \*this)  {  if (this != NULL)  {  printf("Coordinate: (%i, %i)\n", this->x, this->y);  }  else  {  printf("NULL pointer exception!\n");  }  } |

Một ví dụ về việc sử dụng lớp tọa độ của chúng ta sẽ là:

|  |
| --- |
| /\* main.c \*/  #include "coordinates.h"  #include <stddef.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* Tạo và khởi tạo các con trỏ tới các đối tượng tọa độ \*/  coordinate \*c1 = coordinate\_create();  coordinate \*c2 = coordinate\_create();  /\* Bây giờ chúng ta có thể sử dụng các đối tượng của chúng ta bằng cách sử dụng các phương thức và truyền đối tượng như là tham số \*/  c1->setx(c1, 1);  c1->sety(c1, 2);  c2->setx(c2, 3);  c2->sety(c2, 4);  c1->print(c1);  c2->print(c2);  /\* Sau khi sử dụng các đối tượng của chúng ta, chúng ta hủy chúng bằng cách sử dụng hàm "hủy" của chúng ta \*/  coordinate\_destroy(c1);  c1 = NULL;  coordinate\_destroy(c2);  c2 = NULL;  return 0;  } |

## simple data structures (các cấu trúc dữ liệu đơn giản)

Cấu trúc dữ liệu kiểu struct là cách hữu ích để đóng gói các dữ liệu liên quan và cho phép chúng hoạt động như một biến duy nhất.

Khai báo một cấu trúc đơn giản chứa hai trường kiểu int:

|  |
| --- |
| struct point {  int x;  int y;  }; |

x và y được gọi là các thành viên (hoặc trường) của cấu trúc point.

Định nghĩa và sử dụng các cấu trúc:

|  |
| --- |
| struct point p; // khai báo p là một cấu trúc point  p.x = 5; // gán các biến thành viên của p  p.y = 3; |

Cấu trúc có thể được khởi tạo tại định nghĩa. Đoạn mã trên tương đương với:

|  |
| --- |
| struct point p = {5, 3}; |

Cấu trúc cũng có thể được khởi tạo bằng cách sử dụng các trình khởi tạo được chỉ định (designated initializers).

Truy cập các trường cũng được thực hiện bằng cách sử dụng toán tử chấm (.)

|  |
| --- |
| printf("point is (x = %d, y = %d)", p.x, p.y); |

# STANDARD MATH (TOÁN HỌC TIÊU CHUẨN)

## Các hàm mũ – pow(), powf(), powl()

Đoạn mã ví dụ sau tính tổng của dãy 1 + 4(3 + 3^2 + 3^3 + 3^4 + ... + 3^N) sử dụng các hàm gia đình pow() trong thư viện toán học tiêu chuẩn.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <math.h>  #include <errno.h>  #include <fenv.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  double pwr, sum = 0;  int i, n;  printf("\n1 + 4(3 + 3^2 + 3^3 + 3^4 + ... + 3^N) = ?\nEnter N:");  scanf("%d", &n);  if (n <= 0) {  printf("Invalid power N=%d", n);  return -1;  }  for (i = 0; i < n + 1; i++) {  errno = 0;  feclearexcept(FE\_ALL\_EXCEPT);  pwr = powl(3, i);  if (fetestexcept(FE\_INVALID | FE\_DIVBYZERO | FE\_OVERFLOW | FE\_UNDERFLOW))  {  perror("Math Error");  }  sum += i ? pwr : 0;  printf("N = %d\tS = %g\n", i, 1 + 4 \* sum);  }  return 0;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| 1 + 4(3 + 3^2 + 3^3 + 3^4 + ... + 3^N) = ?  Enter N:10  N = 0 S = 1  N = 1 S = 13  N = 2 S = 49  N = 3 S = 157  N = 4 S = 481  N = 5 S = 1453  N = 6 S = 4369  N = 7 S = 13117  N = 8 S = 39361  N = 9 S = 118093  N = 10 S = 354289 |

## Double precision floating- point remainder fmod() (phần dư số thực với độ chính xác kép fmod())

Hàm fmod() trả về phần dư số thực độ chính xác kép của phép chia x/y. Giá trị trả về có cùng dấu với x.

|  |
| --- |
| #include <math.h> /\* for fmod() \*/  #include <stdio.h> /\* for printf() \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  double x = 10.0;  double y = 5.1;  double modulus = fmod(x, y);  printf("%lf\n", modulus); /\* f tương đương với lf \*/  return 0;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| 4.900000 |

**Lưu ý:** Sử dụng hàm này cẩn thận, vì nó có thể trả về các giá trị không mong đợi do hoạt động của các giá trị số thực.

|  |
| --- |
| #include <math.h>  #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  printf("%f\n", fmod(1, 0.1));  printf("%19.17f\n", fmod(1, 0.1));  return 0;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| 0.100000  0.09999999999999995 |

## Single precision and long double precision floating- point remainder: fmodf(), fmodl()

Hàm fmodf() và fmodl() trả về phần dư số thực độ chính xác đơn và đôi của phép chia x/y. Giá trị trả về có cùng dấu với x.

Số thực độ chính xác đơn (Single Precision):

|  |
| --- |
| #include <math.h> /\* for fmodf() \*/  #include <stdio.h> /\* for printf() \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  float x = 10.0;  float y = 5.1;  float modulus = fmodf(x, y);  printf("%f\n", modulus); /\* Lf sẽ hoạt động tốt khi modulus được thăng cấp thành kiểu double. \*/  return 0;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| 4.900000 |

Số thực độ chính xác kép (Double Precision):

|  |
| --- |
| #include <math.h> /\* for fmodl() \*/  #include <stdio.h> /\* for printf() \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  long double x = 10.0;  long double y = 5.1;  long double modulus = fmodl(x, y);  printf("%Lf\n", modulus); /\* Lf dùng cho số thực độ chính xác kép (long double). \*/  return 0;  } |

Kết quả:

|  |
| --- |
| 4.90000 |

# CÁC LỆNH LẶP/ VÒNG LẶP: FOR, WHILE, DO WHILE

## Vòng lặp For

Để thực hiện một khối mã lệnh nhiều lần, ta sử dụng vòng lặp (loop). Vòng lặp **for** được sử dụng khi một khối mã lệnh cần được thực thi một số lần cụ thể. Ví dụ, để điền vào một mảng có kích thước n với đầu vào từ người dùng, chúng ta cần thực hiện lệnh scanf() n lần.

|  |
| --- |
| #include <stddef.h> // for size\_t  int array[10]; // mảng gồm 10 số nguyên  for (size\_t i = 0; i < 10; i++) // i bắt đầu từ 0 và kết thúc ở 9  {  scanf("%d", &array[i]);  } |

Theo cách này, lệnh gọi scanf() được thực hiện n lần (10 lần trong ví dụ của chúng ta), nhưng được viết một lần duy nhất.

Ở đây, biến i là chỉ mục vòng lặp và nó nên được khai báo như trình bày. Kiểu size\_t (kiểu kích thước) nên được sử dụng cho mọi thứ đếm hoặc lặp qua các đối tượng dữ liệu.

Cách khai báo biến bên trong vòng lặp for chỉ có sẵn cho các trình biên dịch đã được cập nhật lên tiêu chuẩn C99. Nếu vì một lý do nào đó bạn vẫn phải sử dụng trình biên dịch cũ hơn, bạn có thể khai báo chỉ mục vòng lặp trước vòng lặp for:

|  |
| --- |
| #include <stddef.h> /\* for size\_t \*/  size\_t i;  int array[10]; /\* mảng gồm 10 số nguyên \*/  for (i = 0; i < 10; i++) /\* i bắt đầu từ 0 và kết thúc ở 9 \*/  {  scanf("%d", &array[i]);  } |

## Loop unrolling and duff’s device

Đôi khi, vòng lặp thông thường không thể được hoàn toàn chứa trong thân vòng lặp. Điều này là vì, vòng lặp cần được chuẩn bị bởi một số lệnh B. Sau đó, vòng lặp bắt đầu với một số lệnh A, sau đó tiếp tục với B trước khi lặp lại.

|  |
| --- |
| do\_B();  while (condition) {  do\_A();  do\_B();  } |

Để tránh vấn đề coppy/paste tiềm ẩn khi lặp lại B hai lần trong mã, **Duff's Device** có thể được áp dụng để bắt đầu vòng lặp từ giữa phần thân của while, bằng cách sử dụng một câu lệnh switch và cách thức chuyển hướng dưới đây.

|  |
| --- |
| switch (true) while (condition) {  case false: do\_A(); /\* FALL THROUGH \*/  default: do\_B(); /\* FALL THROUGH \*/  } |

Thực tế, Duff's Device được phát minh để thực hiện giải thuật gỡ vòng lặp. Giả sử bạn áp dụng một mặt nạ vào một khối bộ nhớ, trong đó n là một kiểu số nguyên có giá trị dương.

|  |
| --- |
| do {  \*ptr++ ^= mask;  } while (--n > 0); |

Nếu n luôn chia hết cho 4, bạn có thể dễ dàng gỡ vòng lặp này như sau:

|  |
| --- |
| do {  \*ptr++ ^= mask;  \*ptr++ ^= mask;  \*ptr++ ^= mask;  \*ptr++ ^= mask;  } while ((n -= 4) > 0); |

Nhưng, với Duff's Device, mã có thể tuân theo giải thuật gỡ vòng lặp này bằng cách nhảy vào vị trí đúng giữa vòng lặp nếu n không chia hết cho 4.

|  |
| --- |
| switch (n % 4) do {  case 0: \*ptr++ ^= mask; /\* FALL THROUGH \*/  case 3: \*ptr++ ^= mask; /\* FALL THROUGH \*/  case 2: \*ptr++ ^= mask; /\* FALL THROUGH \*/  case 1: \*ptr++ ^= mask; /\* FALL THROUGH \*/  } while ((n -= 4) > 0); |

Loại bỏ vòng lặp thủ công như vậy hiếm khi cần thiết với các trình biên dịch hiện đại, vì trình tối ưu hóa của trình biên dịch có thể thực hiện gỡ vòng lặp thay mặt người lập trình.

## Vòng lặp while

Vòng lặp while được sử dụng để thực thi một đoạn mã khi điều kiện là đúng. Vòng lặp while được sử dụng khi một khối mã cần được thực thi một số lần có thể thay đổi. Ví dụ mã dưới đây nhận đầu vào từ người dùng, miễn là người dùng nhập các số khác không. Nếu người dùng nhập số 0, điều kiện của vòng lặp while không còn đúng nữa, vòng lặp sẽ kết thúc và tiếp tục thực thi các mã tiếp theo:

|  |
| --- |
| int num = 1;  while (num != 0)  {  scanf("%d", &num);  } |

## vòng lặp do – while

Khác với vòng lặp for và while, vòng lặp do-while kiểm tra điều kiện sau khi thực thi phần thân của vòng lặp, điều này có nghĩa là khối mã trong do sẽ được thực thi ít nhất một lần và sau đó kiểm tra điều kiện của while ở cuối khối mã. Điều này đồng nghĩa với việc vòng lặp do-while luôn chạy ít nhất một lần.

Ví dụ vòng lặp do-while sau sẽ lấy các số từ người dùng cho đến khi tổng các giá trị này lớn hơn hoặc bằng 50:

|  |
| --- |
| int num, sum;  num = sum = 0;  do  {  scanf("%d", &num);  sum += num;  } while (sum < 50); |

Vòng lặp do-while có thể gặp ít hơn trong hầu hết các phong cách lập trình.

## Cấu trúc và luồng điều khiển trong vòng lặp for

|  |
| --- |
| for([khai báo hoặc biểu thức 1]; [biểu thức 2]; [biểu thức 3]){  /\*Phần thân của vòng lặp\*/  } |

Trong một vòng lặp for, điều kiện lặp có ba biểu thức, tất cả đều là tùy chọn.

* Biểu thức đầu tiên, được gọi là khai báo hoặc biểu thức "declaration-or-expression", khởi tạo vòng lặp. Nó chỉ được thực thi một lần duy nhất ở đầu của vòng lặp.

Phiên bản ≥ C99:

Nó có thể là một khai báo và khởi tạo của biến vòng lặp, hoặc là một biểu thức tổng quát. Nếu nó là một khai báo, phạm vi của biến được khai báo được **giới hạn** bởi câu lệnh for.

Phiên bản < C99:

Các phiên bản C cũ chỉ cho phép sử dụng biểu thức ở đây, và khai báo biến vòng lặp phải được đặt trước vòng lặp for.

* Biểu thức thứ hai, được gọi là biểu thức 2"expression2", là điều kiện kiểm tra. Nó được thực thi lần đầu tiên sau khi khởi tạo. Nếu điều kiện **đúng**, thì điều khiển vào phần thân của vòng lặp. Nếu **không đúng,** nó chuyển đến bên ngoài phần thân của vòng lặp ở cuối vòng lặp. Sau đó, điều kiện này được kiểm tra sau mỗi thực thi của phần thân cũng như biểu thức cập nhật. Khi điều kiện đúng, điều khiển quay lại đầu phần thân của vòng lặp. Điều kiện này thường được dùng để kiểm tra số lần thực thi của phần thân vòng lặp. Đây là cách chính để thoát khỏi vòng lặp, cách khác là sử dụng các câu lệnh nhảy (jump statements).
* Biểu thức thứ ba, được gọi là biểu thức 3"expression3", là **câu lệnh cập nhật**. Nó được thực thi sau mỗi thực thi của phần thân của vòng lặp. Thường thì nó được sử dụng để tăng giá trị của biến lưu số lần thực thi của phần thân vòng lặp, và biến này được gọi là "**iterator**".

Mỗi lần thực thi của phần thân vòng lặp được gọi là một "**iteration**".

Ví dụ:

Phiên bản ≥ C99

|  |
| --- |
| for (int i = 0; i < 10; i++)  {  printf("%d", i);  } |

Kết quả

|  |
| --- |
| 0123456789 |

Trong ví dụ trên, trước tiên i = 0 được thực thi, khởi tạo i. Sau đó, điều kiện i < 10 được kiểm tra, nó đánh giá là đúng. Điều khiển vào phần thân của vòng lặp và giá trị của i được in ra. Sau đó, điều khiển chuyển đến i++, cập nhật giá trị của i từ 0 lên 1. Sau đó, điều kiện lại được kiểm tra và quá trình tiếp tục. Điều này tiếp tục cho đến khi giá trị của i trở thành 10. Sau đó, điều kiện i < 10 đánh giá sai, sau đó điều khiển di chuyển ra khỏi vòng lặp.

## Vòng lặp vô hạn

Một vòng lặp được gọi là vòng lặp vô hạn nếu điều khiển vào nhưng không bao giờ rời khỏi phần thân của vòng lặp. Điều này xảy ra khi điều kiện kiểm tra của vòng lặp không bao giờ đánh giá là **sai**.

Ví dụ:

Phiên bản ≥ C99

|  |
| --- |
| for (int i = 0; i >= 0; )  {  /\* phần thân của vòng lặp, nơi i không bị thay đổi\*/  } |

Trong ví dụ trên, biến i, bộ đếm, được khởi tạo thành 0. Điều kiện kiểm tra ban đầu đúng. Tuy nhiên, i không được thay đổi ở bất kỳ nơi nào trong phần thân và biểu thức cập nhật không có gì. Do đó, i sẽ giữ nguyên là 0 và điều kiện kiểm tra sẽ không bao giờ đánh giá sai, dẫn đến một vòng lặp vô hạn.

Giả định rằng không có câu lệnh nhảy, một cách khác mà một vòng lặp vô hạn có thể được tạo ra là bằng cách giữ cho điều kiện luôn luôn đúng:

|  |
| --- |
| while (true) {  /\* phần thân của vòng lặp \*/  } |

Trong vòng lặp for, câu lệnh điều kiện là tùy chọn. Trong trường hợp này, điều kiện luôn luôn đúng, dẫn đến một vòng lặp vô hạn.

|  |
| --- |
| for (;;) {  /\* phần thân của vòng lặp \*/  } |

Tuy nhiên, trong một số trường hợp, điều kiện có thể được giữ đúng một cách có ý định, với mục đích thoát khỏi vòng lặp bằng một câu lệnh nhảy như break.

|  |
| --- |
| while (true) {  /\* các câu lệnh \*/  if (condition) {  /\* các câu lệnh khác \*/  break;  }  } |

# SELECTION STATEMENTS (CÂU LỆNH LỰA CHỌN)

## Câu lệnh if()

Một trong những cách đơn giản nhất để điều khiển luồng chương trình là sử dụng câu lệnh if (). Có thể quyết định liệu một khối mã có được thực thi hay không dựa vào câu lệnh này.

Cú pháp cho câu lệnh if trong C có thể như sau:

|  |
| --- |
| if (điều\_kiện)  {  các\_câu\_lệnh; /\* được thực thi khi điều kiện là true \*/  } |

Ví dụ:

|  |
| --- |
| if (a > 1) {  puts("a lớn hơn 1");  } |

Ở đây, a > 1 là một điều kiện phải đánh giá là **true**(đúng) để thực thi các câu lệnh bên trong khối if. Trong ví dụ này, "a lớn hơn 1" chỉ được in ra màn hình nếu a > 1 là **true**(đúng).

Câu lệnh if có thể bỏ qua cặp dấu ngoặc nhọn { and } nếu chỉ có một câu lệnh trong khối. Ví dụ trên có thể viết lại thành:

|  |
| --- |
| if (a > 1)  puts("a lớn hơn 1"); |

Tuy nhiên, để thực thi nhiều câu lệnh trong khối thì phải sử dụng cặp dấu ngoặc nhọn { }.

Điều kiện cho câu lệnh if có thể bao gồm nhiều biểu thức. Câu lệnh if chỉ thực hiện hành động nếu kết quả cuối cùng của biểu thức là **true**(đúng).

Ví dụ

|  |
| --- |
| if ((a > 1) && (b > 1)) {  puts("a lớn hơn 1");  a++;  } |

sẽ chỉ thực hiện printf và a++ nếu cả a và b đều lớn hơn 1.

## nested if()… else vs if else ladder ( câu lệnh if lồng nhau và câu lệnh if bậc thang)

Các câu lệnh **if()...else lồng nhau** tốn nhiều thời gian thực thi hơn (chúng chạy chậm hơn) so với một chuỗi **if()...else**, bởi vì các câu lệnh **if()...else** lồng nhau kiểm tra tất cả các điều kiện bên trong sau khi câu lệnh **if()** bên ngoài được thỏa mãn, trong khi chuỗi **if()..else** dừng kiểm tra điều kiện ngay khi bất kỳ điều kiện **if()** hoặc **else if()** nào được thỏa mãn.

**if()… else bậc thang**

|  |
| --- |
| #include<stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a, b, c;  printf("\nEnter Three numbers = ");  scanf("%d%d%d", &a, &b, &c);  if ((a < b) && (a < c))  {  printf("\na = %d is the smallest.", a);  }  else if ((b < a) && (b < c))  {  printf("\nb = %d is the smallest.", b);  }  else if ((c < a) && (c < b))  {  printf("\nc = %d is the smallest.", c);  }  else  {  printf("\nImprove your coding logic");  }  return 0;  } |

**if()… else lồng nhau**

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a, b, c;  printf("\nEnter Three numbers = ");  scanf("%d%d%d", &a, &b, &c);  if (a < b)  {  if (a < c)  {  printf("\na = %d is the smallest.", a);  }  else  {  printf("\nc = %d is the smallest.", c);  }  }  else  {  if(b < c)  {  printf("\nb = %d is the smallest.", b);  }  else  {  printf("\nc = %d is the smallest.", c);  }  }  return 0;  } |

## Câu lệnh switch()

Câu lệnh **switch** được sử dụng khi bạn muốn chương trình thực hiện nhiều hành động khác nhau tùy theo giá trị của một biến kiểm tra cụ thể.

Ví dụ sử dụng câu lệnh **switch** như sau:

|  |
| --- |
| int a = 1;  switch (a) {  case 1:  puts("a is 1");  break;  case 2:  puts("a is 2");  break;  default:  puts("a is neither 1 nor 2");  break;  } |

Ví dụ này tương đương với việc sử dụng câu lệnh if()...else if()...else:

|  |
| --- |
| int a = 1;  if (a == 1) {  puts("a is 1");  } else if (a == 2) {  puts("a is 2");  } else {  puts("a is neither 1 nor 2");  } |

Nếu giá trị của a là 1 khi sử dụng câu lệnh switch, sẽ in ra "a is 1". Nếu giá trị của a là 2, sẽ in ra "a is 2". Nếu không phù hợp với bất kỳ lựa chọn nào của case, sẽ in ra "a is neither 1 nor 2".

Trong câu lệnh switch, các trường hợp **case n**: được sử dụng để mô tả vị trí mà luồng thực thi sẽ nhảy vào khi giá trị được truyền vào câu lệnh switch là n. Giá trị của n phải là hằng số tại thời điểm biên dịch và n có thể tồn tại nhiều nhất một lần trong một câu lệnh switch.

Trường hợp **default**: được sử dụng để mô tả khi giá trị không phù hợp với bất kỳ lựa chọn nào của case. Một thói quen tốt là luôn bao gồm trường hợp default trong mỗi câu lệnh switch để xử lý hành vi không mong muốn.

Một câu lệnh **break**; được yêu cầu để thoát khỏi khối **switch**.

**Lưu ý:** Nếu bạn vô tình quên thêm **break** sau mỗi trường hợp **case**, trình biên dịch sẽ giả định rằng bạn có ý định thực hiện "rơi vào" (**fall through**) và tất cả các trường hợp case tiếp theo, nếu có, sẽ được thực thi (trừ khi có break trong bất kỳ trường hợp case nào sau đó). Điều này có thể được sử dụng để triển khai Duff's Device. Tính năng này thường được coi là một khuyết điểm trong quy định ngôn ngữ C.

Dưới đây là một ví dụ cho thấy hiệu ứng khi không có **break;:**

|  |
| --- |
| int a = 1;  switch (a) {  case 1:  case 2:  puts("a is 1 or 2");  case 3:  puts("a is 1, 2 or 3");  break;  default:  puts("a is neither 1, 2 nor 3");  break;  } |

Khi giá trị của a là 1 hoặc 2, cả "a is 1 or 2" và "a is 1, 2 or 3" đều được in ra. Khi a là 3, chỉ có "a is 1, 2 or 3" được in ra. Nếu không phù hợp với bất kỳ lựa chọn nào của case, sẽ in ra "a is neither 1, 2 nor 3".

Lưu ý rằng *case* **default** không nhất thiết phải có, đặc biệt khi tập hợp các giá trị bạn nhận được trong câu lệnh switch đã được hoàn thành và biết trước tại thời điểm biên dịch.

Ví dụ tốt nhất là sử dụng **switch** trên một **enum**.

|  |
| --- |
| enum msg\_type { ACK, PING, ERROR };  void f(enum msg\_type t) {  switch (t) {  case ACK:  // không làm gì cả  break;  case PING:  // thực hiện một số công việc  break;  case ERROR:  // thực hiện công việc khác  break;  }  } |

Có nhiều lợi ích khi làm như vậy:

* Hầu hết các trình biên dịch sẽ báo lỗi nếu bạn không xử lý một giá trị (điều này sẽ không được báo lỗi nếu có trường hợp default).
* Vì cùng một lý do, nếu bạn thêm một giá trị mới vào enum, bạn sẽ nhận được thông báo về tất cả các vị trí mà bạn đã quên xử lý giá trị mới (nếu có trường hợp default, bạn sẽ phải tìm thủ công trong mã của bạn để tìm các trường hợp đó).
* Người đọc không cần phải xem xét "được ẩn bởi trường hợp default:", liệu có các giá trị enum khác hay không hoặc liệu nó là một sự bảo vệ "just in case". Nếu có các giá trị enum khác, liệu người viết mã có ý dùng trường hợp default cho chúng hay không, hay có lỗi xuất hiện khi người viết thêm giá trị?
* Xử lý từng giá trị enum khiến mã trở nên dễ hiểu vì bạn không thể che giấu sau một ký tự đại diện (wild card), bạn phải xử lý từng giá trị cụ thể.

Tuy nhiên, bạn không thể ngăn người khác viết mã xấu như sau:

|  |
| --- |
| enum msg\_type t = (enum msg\_type)666; // Tôi là evil |

Do đó, nếu bạn thực sự cần, bạn có thể thêm một kiểm tra bổ sung trước câu lệnh switch để phát hiện điều này.

|  |
| --- |
| void f(enum msg\_type t) {  if (!is\_msg\_type\_valid(t)) {  // Xử lý lỗi không thường xảy ra này  }  switch(t) {  // Cùng mã như trước đó  }  } |

## Câu lệnh if()… else và cú pháp

Trong khi lệnh if thực hiện một hành động chỉ khi điều kiện của nó **đúng**, if / else cho phép bạn xác định các hành động khác nhau khi điều kiện **đúng** và khi điều kiện **sai.**

Ví dụ:

|  |
| --- |
| if (a > 1)  puts("a is larger than 1");  else  puts("a is not larger than 1"); |

Tương tự như câu lệnh if, khi khối lệnh trong if hoặc else chỉ gồm một câu lệnh, dấu ngoặc nhọn có thể được bỏ qua (nhưng không nên làm điều này vì có thể dễ dàng gây ra các vấn đề không cần thiết). Tuy nhiên, nếu có nhiều hơn một câu lệnh trong khối lệnh if hoặc else, thì phải sử dụng dấu ngoặc nhọn cho khối đó.

|  |
| --- |
| if (a > 1)  {  puts("a is larger than 1");  a--;  }  else  {  puts("a is not larger than 1");  a++;  } |

## Nối hai hoặc nhiều lệnh if()… else

Trong khi lệnh if () ... else chỉ cho phép xác định một (mặc định) hành vi xảy ra khi điều kiện trong lệnh if không được đáp ứng, việc nối hai hoặc nhiều lệnh if () ... else cho phép xác định một số hành vi khác trước khi điều kiện chuyển đến nhánh else cuối cùng, hành vi này được xem như "default", nếu có.

Ví dụ:

|  |
| --- |
| int a = ... /\* khởi tạo với một giá trị nào đó. \*/  if (a >= 1)  {  printf("a is greater than or equals 1.\n");  }  else if (a == 0) // ta đã biết rằng a nhỏ hơn 1  {  printf("a equals 0.\n");  }  else /\* a nhỏ hơn 1 và không bằng 0, do đó: \*/  {  printf("a is negative.\n");  } |

# INITIALIZATION (KHỞI TẠO)

## Khởi tạo biến trong c

Trong trường hợp không có khởi tạo rõ ràng, các biến bên ngoài (biến toàn cục) và biến tĩnh(static) được đảm bảo được khởi tạo thành giá trị **không**; các biến tự động (bao gồm cả biến đăng ký) có giá trị ban đầu không xác định (tức là giá trị rác).

Các biến nguyên thủy (scalar) có thể được khởi tạo khi được định nghĩa bằng cách đặt dấu bằng và biểu thức sau tên biến:

|  |
| --- |
| int x = 1;  char squota = '\'';  long day = 1000L \* 60L \* 60L \* 24L; /\* milliseconds/day \*/ |

Đối với biến bên ngoài và tĩnh(static) bộ khởi tạo phải là một biểu thức hằng số; việc khởi tạo được thực hiện một lần, trước khi chương trình bắt đầu thực thi.

Đối với biến tự động và biến đăng ký, bộ khởi tạo không bị giới hạn chỉ là hằng số: nó có thể là bất kỳ biểu thức nào liên quan đến các giá trị đã được xác định trước, kể cả các lời gọi hàm.

Ví dụ xem đoạn mã dưới đây

|  |
| --- |
| int binsearch(int x, int v[], int n) {  int low = 0;  int high = n - 1;  int mid;  ...  } |

Thay vì

|  |
| --- |
| int low, high, mid;  low = 0;  high = n - 1; |

Trong thực tế, việc khởi tạo các biến tự động chỉ là cách viết ngắn gọn cho các câu lệnh gán. Loại nào nên được ưu tiên phụ thuộc phần lớn vào sở thích. Chúng ta thường sử dụng các phép gán rõ ràng, vì việc khởi tạo trong các khai báo khó nhìn thấy hơn và xa so với điểm sử dụng. Tuy nhiên, biến chỉ nên được khai báo khi chúng được sử dụng bất cứ khi nào có thể.

### Khởi tạo một mảng

Một mảng có thể được khởi tạo bằng cách theo sau khai báo của nó bằng một danh sách các giá trị khởi tạo nằm trong dấu ngoặc nhọn và cách nhau bằng dấu phẩy.

Ví dụ, để khởi tạo một mảng days với số ngày trong mỗi tháng:

|  |
| --- |
| int days\_of\_month[] = { 31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31 }; |

(Lưu ý rằng tháng 1 được mã hóa là tháng số 0 trong cấu trúc này.)

Khi kích thước của mảng bị bỏ qua, trình biên dịch sẽ tính độ dài bằng cách đếm các giá trị khởi tạo, trong trường hợp này có 12 giá trị.

Nếu có ít giá trị khởi tạo hơn số lượng chỉ định, những giá trị còn lại sẽ là giá trị không(0) cho tất cả các loại biến. Nếu có quá nhiều bộ khởi tạo, đó là lỗi. Không có cách tiêu chuẩn nào để chỉ định lặp lại bộ khởi tạo - nhưng GCC có một phần mở rộng để làm điều đó.

Phiên bản < C99

Trong C89/C90 hoặc các phiên bản C trước đó, không có cách nào để khởi tạo một phần tử ở giữa một mảng mà không cung cấp tất cả các giá trị trước đó.

Phiên bản ≥ C99

Với C99 và các phiên bản sau đó, các khởi tạo đặc chỉ định cho phép bạn khởi tạo các phần tử tùy ý của một mảng, để lại các giá trị chưa được khởi tạo như số 0.

### Khởi tạo mảng kí tự

Trong ngôn ngữ lập trình C, khởi tạo mảng ký tự có một cách viết ngắn gọn đặc biệt. Chúng ta có thể sử dụng một chuỗi (string) để khởi tạo mảng ký tự thay vì sử dụng cặp dấu ngoặc nhọn và dấu phẩy.

Ví dụ:

|  |
| --- |
| char chr\_array[] = "hello"; |

Đoạn mã trên là một cách viết ngắn gọn tương đương với:

|  |
| --- |
| char chr\_array[] = { 'h', 'e', 'l', 'l', 'o', '\0' }; |

Trong trường hợp này, mảng chr\_array có kích thước là 6 (gồm 5 ký tự và ký tự null '\0' để đánh dấu kết thúc chuỗi).

1. Biến không được khởi tạo (uninitialized variable) trong C sẽ có giá trị không xác định (rác). Giá trị của biến không được đảm bảo và có thể chứa các giá trị ngẫu nhiên từ bộ nhớ trước đó. Việc sử dụng biến không được khởi tạo có thể dẫn đến hành vi không xác định và kết quả không đáng tin cậy trong chương trình.

Một biểu thức hằng số (constant expression) trong C là một biểu thức có thể được đánh giá ngay tại thời điểm biên dịch (compile-time). Một biến có từ khóa "const" chỉ là biến chỉ đọc (read-only) và không phải là một biểu thức hằng số. Do đó, các biến có từ khóa "const" không thể được sử dụng để xác định kích thước của mảng trong C. Ví dụ sau không hợp lệ:

|  |
| --- |
| const int SIZE = 10;  int global\_arr[SIZE]; |

Và cũng không thể sử dụng biến "const" để khởi tạo mảng, như sau:

|  |
| --- |
| const int SIZE = 10;  int global\_var = SIZE; |

Điều này không hợp lệ trong C vì kích thước của mảng phải là một hằng số đã biết tại thời điểm biên dịch, không thể là một biến có từ khóa "const" có giá trị không biết trước.

## Sử dụng designated initializers

Trong phiên bản C99 trở lên, ngôn ngữ C hỗ trợ (designated initializers). Điều này cho phép bạn chỉ định các phần tử của một array, structure hoặc union sẽ được khởi tạo bằng các giá trị theo sau.

### Designated initializers cho các phần tử mảng

Với kiểu dữ liệu đơn giản như int:

|  |
| --- |
| int array[] = { [4] = 29, [5] = 31, [17] = 101, [18] = 103, [19] = 107, [20] = 109 }; |

Phần tử nằm trong dấu ngoặc vuông và là một biểu thức nguyên hằng số, xác định phần tử của mảng sẽ được khởi tạo bằng giá trị của biểu thức sau dấu bằng. Các phần tử không được chỉ định sẽ được khởi tạo mặc định là 0. Ví dụ này chỉ ra việc “designated initializers” theo thứ tự; không cần phải theo thứ tự. Ví dụ cho thấy có một số khoảng trống; điều đó là hợp lệ. Ví dụ không hiển thị hai khởi tạo khác nhau cho cùng một phần tử; điều này cũng được phép.

Trong ví dụ này, kích thước của mảng không được xác định rõ ràng, do đó chỉ số tối đa được chỉ định trong các khởi tạo dùng định danh xác định kích thước của mảng - trong ví dụ này là 21 phần tử. Nếu kích thước được xác định rõ ràng, việc khởi tạo một phần tử vượt quá kích thước của mảng sẽ là lỗi, như thường lệ.

### Designated initializers cho structures

Bạn có thể chỉ định các thành phần của một cấu trúc được khởi tạo bằng cách sử dụng cú pháp ***.element***:

|  |
| --- |
| struct Date  {  int year;  int month;  int day;  };  struct Date us\_independence\_day = { .day = 4, .month = 7, .year = 1776 }; |

Nếu các thành phần không được liệt kê, chúng sẽ được khởi tạo mặc định (bằng 0).

### Designated initializer cho unions

Bạn có thể chỉ định phần tử nào của union được khởi tạo bằng Designated initializer.

Trước tiêu chuẩn C, không có cách nào để khởi tạo một union. Tiêu chuẩn C89/C90 cho phép bạn khởi tạo thành viên đầu tiên của union — vì vậy việc lựa chọn thành viên nào được liệt kê đầu tiên là vấn đề quan trọng.

|  |
| --- |
| struct discriminated\_union  {  enum { DU\_INT, DU\_DOUBLE } discriminant;  union  {  int du\_int;  double du\_double;  } du;  };  struct discriminated\_union du1 = { .discriminant = DU\_INT, .du = { .du\_int = 1 } };  struct discriminated\_union du2 = { .discriminant = DU\_DOUBLE, .du = { .du\_double = 3.14159 } }; |

Lưu ý rằng C11 cho phép bạn sử dụng các thành viên union ẩn danh bên trong một structure, do đó bạn không cần tên du trong ví dụ trước:

|  |
| --- |
| struct discriminated\_union {  enum { DU\_INT, DU\_DOUBLE } discriminant;  union {  int du\_int;  double du\_double;  };  };  struct discriminated\_union du1 = { .discriminant = DU\_INT, .du\_int = 1 };  struct discriminated\_union du2 = { .discriminant = DU\_DOUBLE, .du\_double = 3.14159 }; |

### Designated initializers cho arrays của structures, etc

Các cấu trúc này có thể được kết hợp cho các mảng cấu trúc chứa các phần tử là mảng, v.v. Việc sử dụng các bộ dấu ngoặc nhọn đầy đủ đảm bảo rằng ký hiệu là rõ ràng.

|  |
| --- |
| typedef struct Date {  int year;  int month;  int day;  } Date;  struct date\_range {  Date dr\_from;  Date dr\_to;  char dr\_what[80];  };  struct date\_range ranges[] = {  [3] = { .dr\_from = { .year = 1066, .month = 10, .day = 14 },  .dr\_to = { .year = 1066, .month = 12, .day = 25 },  .dr\_what = "Chiến tranh Hastings đến Lễ đăng quang của William the Conqueror"  },  [2] = { .dr\_from = { .month = 7, .day = 4, .year = 1776 },  .dr\_to = { .month = 5, .day = 14, .year = 1787 },  .dr\_what = "Tuyên ngôn Độc lập Mỹ đến Hội nghị Hiến pháp"  }  }; |

### Specifying ranges in array initializers (Chỉ định phạm vi trong bộ khởi tạo mảng)

GCC cung cấp một phần mở rộng cho phép bạn chỉ định một dải các phần tử trong mảng sẽ được khởi tạo bằng cùng một giá trị. Điều này giúp viết mã nguồn ngắn gọn hơn khi bạn muốn khởi tạo một số phần tử liên tiếp trong mảng.

|  |
| --- |
| int array[] = { [3 ... 7] = 29, [19] = 107 }; |

các dấu ba chấm (...) cần phải được tách rời với các số bằng khoảng trống hoặc các ký tự khác, nếu không chúng có thể bị hiểu là một phần của một số thực (floating-point number) do "quy tắc ăn nhiều nhất" (maximal munch rule).

## Initializing structures and arrays of structures (khởi tạo cấu trúc và mảng cấu trúc)

Cấu trúc và mảng cấu trúc có thể được khởi tạo bởi một loạt các giá trị được đặt trong dấu ngoặc nhọn, một giá trị cho mỗi thành viên của cấu trúc.

|  |
| --- |
| struct Date  {  int year;  int month;  int day;  };  struct Date us\_independence\_day = { 1776, 7, 4 };  struct Date uk\_battles[] =  {  { 1066, 10, 14 }, // Battle of Hastings  { 1815, 6, 18 }, // Battle of Waterloo  { 1805, 10, 21 }, // Battle of Trafalgar  }; |

Chú ý rằng việc khởi tạo mảng có thể được viết mà không cần dấu ngoặc nhọn bên trong, và trong quá khứ (trước năm 1990, chẳng hạn) thường sẽ được viết mà không có chúng:

|  |
| --- |
| struct Date uk\_battles[] =  {  1066, 10, 14, // Battle of Hastings  1815, 6, 18, // Battle of Waterloo  1805, 10, 21, // Battle of Trafalgar  }; |

Mặc dù cách viết này vẫn hoạt động, nhưng không phải là phong cách hiện đại tốt - bạn không nên cố gắng sử dụng cú pháp này trong mã mới và nên sửa các cảnh báo của trình biên dịch nó thường thông báo.

Hãy xem thêm về designated initializers.

# KHAI BÁO VÀ ĐỊNH NGHĨA

## Hiểu về khai báo và định nghĩa

Một khai báo giới thiệu một định danh và mô tả kiểu dữ liệu của nó, cho dù là kiểu, đối tượng hoặc hàm. Một khai báo là điều mà trình biên dịch cần để chấp nhận các tham chiếu đến định danh đó. Dưới đây là các khai báo:

|  |
| --- |
| extern int bar;  extern int g(int, int);  double f(int, double); /\* từ khóa extern có thể bỏ qua cho khai báo hàm \*/  double h1(); /\* khai báo hàm không có nguyên mẫu \*/  double h2(); /\* tương tự cho khai báo hàm \*/ |

Một định nghĩa thực sự khởi tạo/hiện thực hóa định danh này. Đây là điều mà trình liên kết cần để liên kết các tham chiếu đến các thực thể đó. Dưới đây là các định nghĩa tương ứng với các khai báo ở trên:

|  |
| --- |
| int bar;  int g(int lhs, int rhs) { return lhs \* rhs; }  double f(int i, double d) { return i + d; }  double h1(int a, int b) { return -1.5; }  double h2() {} /\* nguyên mẫu được ngụ ý trong định nghĩa, tương tự double h2(void) \*/ |

Một định nghĩa có thể được sử dụng thay thế cho một khai báo.

Tuy nhiên, nó phải được định nghĩa đúng một lần. Nếu bạn quên định nghĩa một tên mà đã được khai báo và được tham chiếu ở nơi khác, trình liên kết sẽ không biết liên kết các tham chiếu đó với gì và báo lỗi về các ký hiệu bị thiếu. Ngược lại, nếu bạn định nghĩa một tên nhiều hơn một lần, trình liên kết không biết liên kết các tham chiếu với phiên bản nào và báo lỗi về các ký hiệu bị trùng lặp.

**Ngoại lệ:**

|  |
| --- |
| extern int i = 0; /\* định nghĩa 'i' với giá trị khởi tạo là 0 \*/  extern int j; /\* chỉ khai báo 'j', không định nghĩa \*/ |

Trường hợp này có thể giải thích bằng các khái niệm "Strong symbols vs Weak symbols" (từ góc nhìn của trình liên kết). Vui lòng xem tại đây (Slide 22) để biết thêm giải thích.

|  |
| --- |
| /\* All are definitions. \*/  struct S { int a; int b; }; /\* defines S \*/  struct X { /\* defines X \*/  int x; /\* defines non-static data member x \*/  };  struct X anX; /\* defines anX \*/ |

# COMMAND- LINE ARGUMENTS (ĐỐI SỐ DÒNG LỆNH)

|  |  |
| --- | --- |
| **Tham số** | **Chi tiết** |
| argc | argument count(số lượng đối số) - được khởi tạo thành số lượng đối số được phân tách bằng dấu cách được cung cấp cho chương trình từ dòng lệnh cũng như chính tên chương trình. |
| argv | argument vector (vectơ đối số) - được khởi tạo thành một mảng các con trỏ ký tự (chuỗi) chứa các đối số (và tên chương trình) đã được đưa ra trên dòng lệnh. |

## In ra các đối số của chương trình và chuyển đổi thành các giá trị số nguyên

Đoạn mã dưới đây sẽ in ra các đối số của chương trình và cố gắng chuyển đổi mỗi đối số thành một số (kiểu long):

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h>  #include <stdio.h>  #include <errno.h>  #include <limits.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  for (int i = 1; i < argc; i++) {  printf("Tham so %d la: %s\n", i, argv[i]);  errno = 0;  char \*p;  long argument\_numValue = strtol(argv[i], &p, 10);  if (p == argv[i]) {  fprintf(stderr, "Tham so %d khong phai la mot so.\n", i);  }  else if ((argument\_numValue == LONG\_MIN || argument\_numValue == LONG\_MAX) && errno == ERANGE) {  fprintf(stderr, "Tham so %d vuot qua pham vi.\n", i);  }  else {  printf("Tham so %d la mot so, va gia tri la: %ld\n", i, argument\_numValue);  }  }  return 0;  } |

Tham khảo:

* strtol() trả về giá trị không chính xác
* Cách sử dụng chính xác của strtol

## In ra các đối số của dòng lệnh

Sau khi nhận được các đối số, bạn có thể in chúng như sau:

|  |
| --- |
| int main(int argc, char \*\*argv)  {  for (int i = 1; i < argc; i++)  {  printf("Doi so %d: [%s]\n", i, argv[i]);  }  } |

**Ghi chú:**

1. Tham số argv có thể được định nghĩa là char \*argv[].
2. argv[0] có thể chứa tên chương trình chính (phụ thuộc vào cách chương trình được thực thi). Tham số dòng lệnh đầu tiên là argv[1], và đây là lý do tại sao biến vòng lặp i được khởi tạo bằng 1.
3. Trong câu lệnh in, bạn có thể sử dụng \*(argv + i) thay vì argv[i] - nó trả về cùng một giá trị, nhưng dài dòng hơn.
4. Dấu ngoặc vuông xung quanh giá trị tham số giúp xác định điểm bắt đầu và kết thúc. Điều này rất hữu ích nếu có các dấu cách cuối, ký tự mới, ký tự nằm ngang, hoặc các ký tự lạ trong tham số. Một biến thể của chương trình này là một công cụ hữu ích để gỡ lỗi các shell script khi bạn cần hiểu thực sự tham số dòng lệnh chứa gì (mặc dù có một số lựa chọn đơn giản trong shell gần như tương tự).

## Sử dụng công cụ getopt của GNU

Các tùy chọn dòng lệnh cho các ứng dụng không được ngôn ngữ C xử lý khác với các đối số dòng lệnh. Chúng chỉ là các đối số, trong môi trường Linux hoặc Unix, theo truyền thống bắt đầu bằng dấu gạch ngang (-).

Với glibc trong môi trường Linux hoặc Unix, bạn có thể sử dụng các công cụ getopt để dễ dàng xác định, xác thực và phân tích các **command line** từ phần còn lại của các đối số của bạn.

Các công cụ này yêu cầu các tùy chọn của bạn được định dạng theo Tiêu chuẩn mã hóa GNU, đây là phần mở rộng của những gì POSIX chỉ định cho định dạng của các **command line**.

Ví dụ dưới đây minh họa việc xử lý các tùy **command line** với các công cụ getopt của GNU.

|  |
| --- |
|  |

Nó có thể được biên dịch với gcc:

|  |
| --- |
| gcc example.c -o example |

Chương trình này hỗ trợ ba tùy chọn dòng lệnh (--help, --file và --msg). Tất cả đều có một "dạng rút gọn" (-h, -f và -m).

Tùy chọn "file" và "msg" đều có thể nhận đối số. Nếu bạn chỉ định tùy chọn "msg", đối số của nó là bắt buộc.

Các đối số cho các tùy chọn được định dạng như sau:

* --option=value (cho các tùy chọn dạng dài)
* -o value hoặc -o "value" (cho các tùy chọn dạng ngắn)

# FILES VÀ LUỒNG INPUT/OUTPUT

|  |  |
| --- | --- |
| **Tham số** | **Chi tiết** |
| const char \*mode | Một chuỗi mô tả chế độ mở của luồng tệp tin. Xem phần ghi chú để biết các giá trị có thể. |
| int whence | Có thể là SEEK\_SET để đặt vị trí từ đầu tệp tin, SEEK\_END để đặt vị trí từ cuối tệp tin, hoặc SEEK\_CUR để đặt vị trí liên quan đến giá trị con trỏ hiện tại. Lưu ý: SEEK\_END không có tính di động. |

## Mở và ghi vào tệp tin

Sử dụng hàm **fopen( )** để tạo một tệp mới hoặc mở một tệp hiện có. Cuộc gọi này sẽ khởi tạo một đối tượng thuộc loại **FILE** , chứa tất cả thông tin cần thiết để kiểm soát luồng. Nguyên mẫu của lệnh gọi hàm này như sau:

|  |
| --- |
| FILE \*fopen( const char \* filename, const char \* mode ); |

Ở đây, **tên tệp** là một chuỗi ký tự mà bạn sẽ sử dụng để đặt tên cho tệp của mình và **chế độ** truy cập có thể có một trong các giá trị sau:

|  |  |
| --- | --- |
| **STT** | **Mode và Mô tả** |
| 1 | **r**  Mở một tệp văn bản hiện có cho mục đích đọc. |
| 2 | **w**  Mở một tập tin văn bản để viết. Nếu nó không tồn tại thì một tập tin mới sẽ được tạo. Ở đây chương trình của bạn sẽ bắt đầu viết nội dung từ đầu file. |
| 3 | **a**  Mở một tệp văn bản để viết ở chế độ nối thêm. Nếu nó không tồn tại thì một tập tin mới sẽ được tạo. Tại đây chương trình của bạn sẽ bắt đầu nối thêm nội dung vào nội dung tệp hiện có. |
| 4 | **r+**  Mở một tập tin văn bản để đọc và viết. |
| 5 | **w+**  Mở một tập tin văn bản để đọc và viết. Đầu tiên, nó cắt ngắn tệp về độ dài bằng 0 nếu nó tồn tại, mặt khác sẽ tạo một tệp nếu nó không tồn tại. |
| 6 | **a+**  Mở một tập tin văn bản để đọc và viết. Nó tạo tập tin nếu nó không tồn tại. Việc đọc sẽ bắt đầu lại từ đầu nhưng việc viết chỉ có thể được nối thêm. |

Nếu bạn định xử lý các tệp nhị phân, thì bạn sẽ sử dụng các chế độ truy cập sau thay vì các chế độ được đề cập ở trên: "rb", "wb", "ab", "rb+", "r+b", "wb+", "w+b", "ab+", "a+b"

|  |
| --- |
| #include <stdio.h> /\* for perror(), fopen(), fputs() and fclose() \*/  #include <stdlib.h> /\* for the EXIT\_\* macros \*/  int main(int argc, char \*\*argv) {  int e = EXIT\_SUCCESS;  /\* Lấy đường dẫn từ tham số của hàm main, nếu không có thì mặc định là output.txt \*/  char \*path = (argc > 1) ? argv[1] : "output.txt";  /\* Mở tệp tin để ghi và nhận con trỏ tệp tin \*/  FILE \*file = fopen(path, "w");  /\* In thông báo lỗi và thoát nếu fopen() thất bại \*/  if (!file) {  perror(path);  return EXIT\_FAILURE;  }  /\* Ghi văn bản vào tệp tin. Không giống như puts(), fputs() không tự động thêm dòng mới. \*/  if (fputs("Nội dung xuất ra tệp tin.\n", file) == EOF)  {  perror(path);  e = EXIT\_FAILURE;  }  /\* Đóng tệp tin \*/  if (fclose(file))  {  perror(path);  return EXIT\_FAILURE;  }  return e;  } |

Chương trình này mở tệp tin có tên được đưa ra trong đối số của hàm main, nếu không có đối số nào được truyền thì mặc định là "*output.txt*". Nếu tệp tin đã tồn tại, nó sẽ bị xóa và được coi như một tệp mới trống. Nếu tệp tin chưa tồn tại, hàm **fopen()** sẽ tạo mới tệp tin đó.

Nếu cuộc gọi **fopen()** thất bại vì một lý do nào đó, nó sẽ trả về giá trị **NULL** và thiết lập giá trị biến toàn cục errno. Điều này cho phép chương trình kiểm tra giá trị được trả về sau cuộc gọi **fopen()** và sử dụng **perror()** để hiển thị thông báo lỗi tương ứng.

Nếu cuộc gọi **fopen()** thành công, nó sẽ trả về con trỏ FILE hợp lệ. Con trỏ này sau đó có thể được sử dụng để tham chiếu đến tệp tin này cho đến khi **fclose()** được gọi.

Hàm **fputs()** được sử dụng để ghi nội dung văn bản vào tệp tin đã mở, thay thế bất kỳ nội dung trước đó của tệp. Tương tự như **fopen(),** hàm **fputs()** cũng thiết lập giá trị errno nếu gặp lỗi, trong trường hợp này hàm sẽ trả về **EOF** để chỉ ra lỗi (nếu không xảy ra lỗi, hàm sẽ trả về một giá trị không âm).

Hàm **fclose()** được sử dụng để đóng tệp tin, đồng thời giải phóng bộ nhớ được trỏ bởi FILE \*. Giá trị trả về của hàm chỉ ra hoàn thành như hàm **fputs()** (tuy nhiên nó trả về '0' nếu thành công), đồng thời cũng thiết lập giá trị errno trong trường hợp xảy ra lỗi.

### Đóng một tập tin

Để đóng một tập tin, hãy sử dụng hàm fclose(). Nguyên mẫu của hàm này là:

|  |
| --- |
| int fclose( FILE \*fp ); |

Hàm fclose **(-)** trả về 0 nếu thành công hoặc **EOF** nếu có lỗi khi đóng tệp. Chức năng này thực sự xóa mọi dữ liệu vẫn đang chờ xử lý trong bộ đệm vào tệp, đóng tệp và giải phóng mọi bộ nhớ được sử dụng cho tệp. EOF là hằng số được xác định trong tệp tiêu đề **stdio.h** .

Có nhiều hàm khác nhau được thư viện chuẩn C cung cấp để đọc và ghi tệp, từng ký tự hoặc ở dạng chuỗi có độ dài cố định.

## run process (quá trình chạy)

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  void print\_all(FILE \*stream)  {  int c;  while ((c = getc(stream)) != EOF)  putchar(c);  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  FILE \*stream;  /\* gọi lệnh netstat. netstat có sẵn cho cả Windows và Linux \*/  if ((stream = popen("netstat", "r")) == NULL)  return 1;  print\_all(stream);  pclose(stream);  return 0;  } |

Chương trình này chạy một tiến trình (netstat) thông qua hàm popen() và đọc toàn bộ đầu ra chuẩn từ tiến trình đó và in ra đầu ra chuẩn của chính chương trình.

Lưu ý: Hàm popen() không tồn tại trong thư viện chuẩn C, mà thay vào đó nó là một phần của chuẩn POSIX C.

## Fprintf

Bạn có thể sử dụng hàm fprintf để ghi dữ liệu vào tệp giống như bạn sử dụng printf để in ra màn hình. Ví dụ, để lưu trữ số lượng chiến thắng, thua và hòa trong trò chơi, bạn có thể viết như sau:

|  |
| --- |
| /\* Lưu trữ số lượng chiến thắng, hòa và thua vào tệp \*/  void savewlt(FILE \*fout, int wins, int losses, int ties)  {  fprintf(fout, "Wins: %d\nTies: %d\nLosses: %d\n", wins, ties, losses);  } |

**Lưu ý**: Một số hệ thống (ví dụ: Windows) không sử dụng những gì mà hầu hết các lập trình viên gọi là "kết thúc dòng bình thường". Trong khi các hệ thống giống UNIX sử dụng \n để kết thúc dòng, Windows sử dụng cặp ký tự: \r (carriage return - CR) và \n (line feed - LF). Chuỗi này thường được gọi là CRLF. Tuy nhiên, khi sử dụng C, bạn không cần phải lo lắng về các chi tiết phụ thuộc vào nền tảng này. Trình biên dịch C sẽ tự động chuyển đổi mọi trường hợp của \n thành kết thúc dòng phù hợp với nền tảng. Vì vậy, trình biên dịch Windows sẽ chuyển đổi \n thành \r\n, trong khi trình biên dịch UNIX sẽ giữ nguyên \n.

## Lấy các dòng từ tệp sử dụng getline()

Thư viện POSIX C định nghĩa hàm getline(). Hàm này cấp phát một bộ đệm để chứa nội dung của dòng và trả về dòng mới, số ký tự trong dòng và kích thước của bộ đệm.

Dưới đây là ví dụ chương trình lấy từng dòng của tệp *example.txt*

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h>  #include <stdio.h>  #define FILENAME "example.txt"  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* Mở tệp để đọc \*/  char \*line\_buf = NULL;  size\_t line\_buf\_size = 0;  int line\_count = 0;  ssize\_t line\_size;  FILE \*fp = fopen(FILENAME, "r");  if (!fp)  {  fprintf(stderr, "Error opening file '%s'\n", FILENAME);  return EXIT\_FAILURE;  }  /\* Lấy dòng đầu tiên của tệp. \*/  line\_size = getline(&line\_buf, &line\_buf\_size, fp);  /\* Lặp qua tệp cho đến khi kết thúc tệp. \*/  while (line\_size >= 0)  {  /\* Tăng số lượng dòng \*/  line\_count++;  /\* Hiển thị chi tiết của dòng \*/  printf("line[%06d]: chars=%06zd, buf size=%06zu, contents: %s", line\_count,  line\_size, line\_buf\_size, line\_buf);  /\* Lấy dòng tiếp theo \*/  line\_size = getline(&line\_buf, &line\_buf\_size, fp);  }  /\* Giải phóng bộ đệm dòng đã cấp phát \*/  free(line\_buf);  line\_buf = NULL;  /\* Đóng tệp khi đã hoàn thành \*/  fclose(fp);  return EXIT\_SUCCESS;  } |

**File Input file example.txt**

|  |
| --- |
| This is a file  which has  multiple lines  with various indentation,  blank lines  a really long line to show that getline() will reallocate the line buffer if the length of a line  is too long to fit in the buffer it has been given,  and punctuation at the end of the lines. |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| line[000001]: chars=000015, buf size=000016, contents: This is a file  line[000002]: chars=000012, buf size=000016, contents: which has  line[000003]: chars=000015, buf size=000016, contents: multiple lines  line[000004]: chars=000030, buf size=000032, contents: with various indentation,  line[000005]: chars=000012, buf size=000032, contents: blank lines  line[000006]: chars=000001, buf size=000032, contents:  line[000007]: chars=000001, buf size=000032, contents:  line[000008]: chars=000001, buf size=000032, contents:  line[000009]: chars=000150, buf size=000160, contents: a really long line to show that getline()  will reallocate the line buffer if the length of a line is too long to fit in the buffer it has  been given,  line[000010]: chars=000042, buf size=000160, contents: and punctuation at the end of the lines.  line[000011]: chars=000001, buf size=000160, contents: |

**Ví dụ khai triển getline()**

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h>  #include <stdio.h>  #include <errno.h>  #include <stdint.h>  #if !(defined \_POSIX\_C\_SOURCE)  typedef long int ssize\_t;  #endif  /\* Chỉ bao gồm phiên bản getline() nếu phiên bản POSIX không khả dụng. \*/  #if !(defined \_POSIX\_C\_SOURCE) || \_POSIX\_C\_SOURCE < 200809L  #if !(defined SSIZE\_MAX)  #define SSIZE\_MAX (SIZE\_MAX >> 1)  #endif  /\* Hàm getline() thay thế cho phiên bản POSIX. \*/  ssize\_t getline(char \*\*pline\_buf, size\_t \*pn, FILE \*fin)  {  const size\_t INITALLOC = 16;  const size\_t ALLOCSTEP = 16;  size\_t num\_read = 0;  // Kiểm tra xem các con trỏ đầu vào có NULL hay không.  if ((NULL == pline\_buf) || (NULL == pn) || (NULL == fin))  {  errno = EINVAL;  return -1;  }  // Nếu bộ đệm đầu ra là NULL, cấp phát bộ đệm mới.  if (NULL == \*pline\_buf)  {  \*pline\_buf = malloc(INITALLOC);  if (NULL == \*pline\_buf)  {  // Không thể cấp phát bộ đệm.  return -1;  }  else  {  // Ghi nhận kích thước bộ đệm tại thời điểm này.  \*pn = INITALLOC;  }  }  // Tiến hành đọc từng ký tự từ tệp cho đến khi gặp dấu xuống dòng hoặc kết thúc tệp.  {  int c;  while (EOF != (c = getc(fin)))  {  // Ghi nhận đã đọc một ký tự.  num\_read++;  // Cấp phát lại bộ đệm nếu cần thêm không gian.  if (num\_read >= \*pn)  {  size\_t n\_realloc = \*pn + ALLOCSTEP;  char \*tmp = realloc(\*pline\_buf, n\_realloc + 1); // +1 cho ký tự null kết thúc chuỗi.  if (NULL != tmp)  {  // Sử dụng bộ đệm mới và ghi nhận kích thước bộ đệm mới.  \*pline\_buf = tmp;  \*pn = n\_realloc;  }  else  {  // Lỗi, cho phép người gọi giải phóng bộ đệm.  return -1;  }  // Kiểm tra tràn số.  if (SSIZE\_MAX < \*pn)  {  errno = ERANGE;  return -1;  }  }  // Thêm ký tự vào bộ đệm.  (\*pline\_buf)[num\_read - 1] = (char)c;  // Thoát khỏi vòng lặp nếu gặp dấu xuống dòng.  if (c == '\n')  {  break;  }  }  // Ghi nhận nếu đã đến cuối tệp.  if (EOF == c)  {  errno = 0;  return -1;  }  }  // Kết thúc chuỗi bằng ký tự null.  (\*pline\_buf)[num\_read] = '\0';  return (ssize\_t)num\_read;  }  #endif |

## fscanf()

Giả sử chúng ta có một tệp văn bản và chúng tôi muốn đọc tất cả các từ trong tệp đó để thực hiện một số yêu cầu.

**File file.txt**

|  |
| --- |
| This is just  a test file  to be used by fscanf() |

Sau đây là hàm thực hiện chính:

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h>  #include <stdio.h>  void printAllWords(FILE \*);  int main(int argc, char\* argv[]) {  FILE \*fp;  if ((fp = fopen("file.txt", "r")) == NULL) {  perror("Error opening file");  exit(EXIT\_FAILURE);  }  printAllWords(fp);  fclose(fp);  return EXIT\_SUCCESS;  }  void printAllWords(FILE \* fp)  {  char tmp[20];  int i = 1;  while (fscanf(fp, "%19s", tmp) != EOF) {  printf("Word %d: %s\n", i, tmp);  i++;  }  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| Word 1: This  Word 2: is  Word 3: just  Word 4: a  Word 5: test  Word 6: file  Word 7: to  Word 8: be  Word 9: used  Word 10: by  Word 11: fscanf() |

## ĐỌC CÁC DÒNG TỪ TẬP TIN

Tiêu đề "stdio.h" định nghĩa hàm fgets(). Hàm này đọc một dòng từ một luồng và lưu trữ nó vào một chuỗi đã xác định. Hàm này dừng việc đọc văn bản từ luồng khi một trong các điều kiện sau được thỏa mãn: đọc được n - 1 ký tự, đọc được ký tự xuống dòng ('\n'), hoặc đọc tới cuối tệp (EOF).

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <string.h>  #define MAX\_LINE\_LENGTH 80  int main(int argc, char\* argv[]) {  char \*path;  char line[MAX\_LINE\_LENGTH] = {0};  unsigned int line\_count = 0;  if (argc < 1)  return EXIT\_FAILURE;  path = argv[1];  /\* Open file \*/  FILE \*file = fopen(path, "r");  if (!file) {  perror(path);  return EXIT\_FAILURE;  }  /\* Get each line until there are none left \*/  while (fgets(line, MAX\_LINE\_LENGTH, file))  {  /\* Print each line \*/  printf("line[%06d]: %s", ++line\_count, line);  /\* Add a trailing newline to lines that don't already have one \*/  if (line[strlen(line) - 1] != '\n')  printf("\n");  }  /\* Close file \*/  if (fclose(file))  {  return EXIT\_FAILURE;  perror(path);  }  } |

Gọi chương trình với đối số là đường dẫn đến tệp chứa văn bản sau:

|  |
| --- |
| This is a file  which has  multiple lines  with various indentation,  blank lines  a really long line to show that getline() will reallocate the  line buffer if the length of a line  is too long to fit in the buffer it has been given,  and punctuation at the end of the lines. |

Sẽ dẫn đến đầu ra sau:

|  |
| --- |
| line[000001]: This is a file  line[000002]: which has  line[000003]: multiple lines  line[000004]: with various indentation,  line[000005]: blank lines  line[000006]:  line[000007]:  line[000008]:  line[000009]:  line[000010]: a really long line to show that getline() will reallocate the line buffer if th  line[000011]: e length of a line  line[000012]: is too long to fit in the buffer it has been given,  line[000013]: and punctuation at the end of the lines. |

Ví dụ rất đơn giản này cho phép độ dài dòng tối đa cố định, sao cho các dòng dài hơn sẽ được tính là hai dòng một cách hiệu quả. Hàm fgets() yêu cầu mã cuộc gọi cung cấp bộ nhớ được sử dụng làm đích cho dòng được đọc.

POSIX làm cho chức năng getline() khả dụng, thay vào đó cấp phát bộ nhớ bên trong để mở rộng bộ đệm khi cần thiết cho một dòng có độ dài bất kỳ (miễn là có đủ bộ nhớ).

## Mở và viết vào file nhị phân

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int result = EXIT\_SUCCESS;  char file\_name[] = "output.bin"; // Tên tệp nhị phân đầu ra  char str[] = "This is a binary file example"; // Chuỗi cần ghi vào tệp nhị phân  FILE \*fp = fopen(file\_name, "wb"); // Mở tệp nhị phân trong chế độ ghi nhị phân (write binary mode)  if (fp == NULL) // Nếu xảy ra lỗi khi tạo tệp  {  result = EXIT\_FAILURE;  fprintf(stderr, "fopen() failed for '%s'\n", file\_name); // In thông báo lỗi  }  else  {  size\_t element\_size = sizeof \*str; // Kích thước của một phần tử trong chuỗi str (1 byte)  size\_t elements\_to\_write = sizeof str; // Số lượng phần tử cần ghi (bao gồm ký tự kết thúc chuỗi '\0')    // Sử dụng hàm fwrite để ghi chuỗi str vào tệp  size\_t elements\_written = fwrite(str, element\_size, elements\_to\_write, fp);    if (elements\_written != elements\_to\_write) // Kiểm tra việc ghi dữ liệu vào tệp  {  result = EXIT\_FAILURE;  fprintf(stderr, "fwrite() failed: wrote only %zu out of %zu elements.\n",  elements\_written, elements\_to\_write); // In thông báo lỗi  }  fclose(fp); // Đóng tệp sau khi ghi xong  }  return result;  } |

Chương trình này tạo và ghi dữ liệu dưới dạng nhị phân vào tệp output.bin bằng cách sử dụng hàm fwrite.

Nếu tệp đã tồn tại trước đó, nội dung của tệp sẽ bị xóa và tệp sẽ được xem như là một tệp mới trống.

Một luồng nhị phân là một chuỗi ký tự được sắp xếp có thể ghi lại dữ liệu nội tại một cách (transparently). Trong chế độ này, các byte được ghi giữa chương trình và tệp mà không có bất kỳ chuyển đổi nào.

Để ghi các số nguyên một cách di động, cần phải biết định dạng tệp mong đợi chúng ở dạng lưu trữ big-endian hay little-endian, và kích thước của chúng (thường là 16, 32 hoặc 64 bit). Bit shifting và masking có thể được sử dụng để ghi các byte theo thứ tự chính xác. Tuy nhiên, các số nguyên trong C không được đảm bảo có biểu diễn bù hai (two's complement) (mặc dù hầu hết các bản cài đặt đều sử dụng biểu diễn này). May mắn thay, chuyển đổi sang số không dấu được đảm bảo sử dụng biểu diễn bù hai. Do đó, mã nguồn để ghi số nguyên có dấu vào tệp nhị phân là một chút bất ngờ.

|  |
| --- |
| int fput16le(int x, FILE \*fp) {  unsigned int rep = x;  int e1, e2;  e1 = fputc(rep & 0xFF, fp);  e2 = fputc((rep >> 8) & 0xFF, fp);    if(e1 == EOF || e2 == EOF)  return EOF;  return 0;  } |

Các chức năng khác theo cùng một mẫu với các sửa đổi nhỏ về kích thước và thứ tự byte

# FORMATTED INPUT/OUTPUT (ĐỊNH DẠNG ĐẦU VÀO ĐẦU RA)

## Các bộ chuyển đổi cho việc in ra

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Bộ chuyển đổi** | **Loại đối số** | **Mô tả** |
| i, d | int | In ra số nguyên dạng thập phân. |
| u | unsigned int | In ra số nguyên không âm dạng thập phân. |
| o | unsigned int | In ra số nguyên không âm dạng bát phân (octal). |
| x | unsigned int | In ra số nguyên không âm dạng thập lục phân (hexadecimal) với chữ thường. |
| X | unsigned int | In ra số nguyên không âm dạng thập lục phân (hexadecimal) với chữ in hoa. |
| f | double | In ra số thực (float) với độ chính xác mặc định là 6 chữ số thập phân, nếu không xác định độ chính xác (dùng chữ thường cho các số đặc biệt như nan và inf). |
| F | double | Tương tự như bộ chuyển đổi f, nhưng dùng chữ in hoa cho các số đặc biệt như NAN và INF. |
| e | double | In ra số thực (float) với độ chính xác mặc định là 6 chữ số thập phân, nếu không xác định độ chính xác, dùng cách viết dạng số học (mantissa/exponent) với chữ thường cho số đặc biệt. |
| E | double | Tương tự như bộ chuyển đổi e, nhưng dùng chữ in hoa cho số đặc biệt. |
| g | double | Sử dụng bộ chuyển đổi f hoặc e [xem bên dưới]. |
| G | double | Sử dụng bộ chuyển đổi F hoặc E [xem bên dưới]. |
| a | double | In ra số thực (float) dưới dạng thập lục phân (hexadecimal) với chữ thường. |
| A | double | In ra số thực (float) dưới dạng thập lục phân (hexadecimal) với chữ in hoa. |
| c | char | In ra một ký tự duy nhất. |
| s | char\* | In ra chuỗi ký tự cho đến khi gặp ký tự null (NUL terminator), hoặc cắt chuỗi dựa trên độ chính xác (precision) nếu có. |
| p | void\* | In ra giá trị con trỏ không kiểu (void-pointer); con trỏ không kiểu khác nên được chuyển đổi ("cast") thành void\*; chỉ áp dụng cho con trỏ đối tượng, không phải con trỏ hàm. |
| % | n/a | In ra ký tự '%'. |
| n | int\* | Ghi số byte đã in ra cho đến thời điểm hiện tại vào địa chỉ được trỏ tới bởi con trỏ int\*. |

Lưu ý rằng các bộ chuyển đổi chiều dài có thể được áp dụng cho %n (ví dụ: %hhn chỉ ra rằng bộ chuyển đổi %n tiếp theo áp dụng cho một con trỏ trỏ tới đối số kiểu signed char, theo tiêu chuẩn ISO/IEC 9899:2011 §7.21.6.1 ¶7).

Lưu ý rằng các bộ chuyển đổi số thực áp dụng cho các kiểu float và double do quy tắc tăng cường mặc định - §6.5.2.2 Function calls, ¶7. Dấu ba chấm trong khai báo nguyên mẫu của hàm khiến việc chuyển đổi kiểu đối số dừng lại sau tham số cuối cùng. Các chuyển đổi mặc định của đối số được thực hiện trên các đối số cuối cùng.) Do đó, các hàm như printf() chỉ nhận giá trị double, ngay cả khi biến được tham chiếu là kiểu float.

Với các định dạng g và G, việc chọn giữa kiểu chữ số e và f (hoặc E và F) được mô tả trong tiêu chuẩn C và quy tắc POSIX cho printf():

* Đối số double đại diện cho một số dấu phẩy động sẽ được chuyển đổi theo kiểu f hoặc e (hoặc theo kiểu F hoặc E trong trường hợp của chuyển đổi G), tùy thuộc vào giá trị được chuyển đổi và độ chính xác.
* Cho P là độ chính xác nếu không bằng không, 6 nếu độ chính xác bị bỏ qua, hoặc 1 nếu độ chính xác bằng không. Sau đó, nếu một chuyển đổi với kiểu E có chỉ số mũ X:
* Nếu P > X >= -4, chuyển đổi sẽ được thực hiện theo kiểu f (hoặc F) và độ chính xác P - (X+1).
* Trong trường hợp khác, chuyển đổi sẽ được thực hiện theo kiểu e (hoặc E) và độ chính xác P - 1.
* Cuối cùng, trừ khi sử dụng cờ '#', các số không cuối cùng sẽ được loại bỏ khỏi phần thập phân của kết quả và ký tự dấu thập phân sẽ bị loại bỏ nếu không còn phần thập phân còn lại.

## Hàm printf()

Hàm printf() là công cụ chính được sử dụng để in văn bản ra màn hình console trong C, được truy cập thông qua việc bao gồm thư viện <stdio.h>.

|  |
| --- |
| printf("Hello world!");  // Kết quả: Hello world! |

Chuỗi ký tự thông thường, không định dạng có thể được in bằng cách đặt chúng trực tiếp giữa hai dấu ngoặc đơn.

|  |
| --- |
| prntf("%d is the answer to life, the universe, and everything.", 42);  // 42 is the answer to life, the universe, and everything.  int x = 3;  char y = 'Z';  char\* z = "Example";  printf("Int: %d, Char: %c, String: %s", x, y, z);  // Int: 3, Char: Z, String: Example |

Định dạng các số nguyên, số thực, ký tự và nhiều loại dữ liệu khác có thể được in bằng cách sử dụng ký tự thoát **%**, sau đó là một ký tự hoặc chuỗi ký tự xác định định dạng, được gọi là bộ chuyển đổi định dạng.

Tất cả các đối số bổ sung cho hàm printf() được **phân tách bằng dấu phẩy** và các đối số này nên được sắp xếp theo thứ tự giống như các bộ chuyển đổi định dạng. Các đối số bổ sung sẽ bị bỏ qua, trong khi các đối số được nhập sai kiểu hoặc thiếu đối số sẽ gây ra lỗi hoặc hành vi không xác định. Mỗi đối số có thể là một giá trị chữ số hoặc một biến.

Sau khi thực thi thành công, hàm sẽ trả về số ký tự đã được in với kiểu int. Trong trường hợp thất bại, hàm trả về một giá trị số âm.

## Các cờ định dạng khi in

Tiêu chuẩn C (C11 và C99) định nghĩa các cờ sau đây cho hàm printf():

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Flag(Cờ)** | **Conversions(Chuyển đổi)** | **Meaning(Ý nghĩa)** |
| - | Tất cả | Cờ "-" (dấu trừ) được sử dụng để căn trái kết quả của chuyển đổi trong trường. Nếu không có cờ này, chuyển đổi sẽ căn phải mặc định. |
| + | Số âm | Cờ "+" (dấu cộng) được sử dụng để luôn bắt đầu kết quả của chuyển đổi số có dấu với một dấu (+) hoặc (-). Chuyển đổi sẽ bắt đầu bằng dấu chỉ khi giá trị là âm nếu không có cờ này. |
| # | Tất cả | Cờ "#" (dấu hashtag) được sử dụng để chuyển đổi giá trị sang dạng thay thế. Cụ thể:  Đối với chuyển đổi "o", nếu cần thiết, cờ này sẽ tăng độ chính xác để buộc kết quả có chữ số đầu tiên là số 0 (nếu giá trị và độ chính xác đều là 0, chỉ có một số 0 được in).  Đối với chuyển đổi "x" hoặc "X", nếu giá trị không phải là 0, kết quả sẽ có tiền tố "0x" (hoặc "0X").  Đối với các chuyển đổi "a", "A", "e", "E", "f", "F", "g" và "G", kết quả luôn chứa một ký tự radix, ngay cả khi không có chữ số nào theo sau radix. Nếu không có cờ này, ký tự radix sẽ xuất hiện trong kết quả của các chuyển đổi này chỉ khi có một chữ số theo sau nó.  Đối với các chuyển đổi "g" và "G", các số 0 dư thừa không được loại bỏ khỏi kết quả như thường làm. Đối với các chuyển đổi khác, hành vi của cờ này là không xác định. |
| <space> | Số âm | khi sử dụng cờ <space> trong chuyển đổi có dấu, nếu kết quả không bắt đầu bằng dấu hoặc không có ký tự nào, một khoảng trắng sẽ được thêm vào đầu kết quả. Tuy nhiên, nếu cùng xuất hiện cùng với cờ +, thì cờ <space> sẽ bị bỏ qua. |
| 0 | Con số | Cờ "0" được sử dụng để thêm số 0 vào đầu các giá trị được chuyển đổi, để lấp đầy không gian trong trường hợp độ rộng trường nhỏ hơn độ dài của giá trị. Điều này chỉ áp dụng cho các chuyển đổi có kiểu "d", "i", "o", "u", "x", "X", "a", "A", "e", "E", "f", "F", "g" và "G".  Tuy nhiên, nếu xuất hiện cùng với cờ "-" (dấu trừ), cờ "0" sẽ bị bỏ qua. Điều này có nghĩa là nếu cả hai cờ "0" và "-" đều xuất hiện, cờ "0" sẽ không có tác dụng.  Đối với các chuyển đổi "d", "i", "o", "u", "x" và "X", nếu có độ chính xác được chỉ định, cờ "0" sẽ bị bỏ qua.  Nếu cùng với cờ "'" (dấu nháy đơn), các ký tự nhóm sẽ được chèn trước khi thêm số 0 vào đầu giá trị. Tuy nhiên, điều này chỉ áp dụng cho các chuyển đổi khác. Cho các chuyển đổi khác, hành vi của cờ "0" là không xác định. |

Các cờ này cũng được hỗ trợ bởi Microsoft với cùng ý nghĩa.

Bổ sung vào đó, theo tiêu chuẩn POSIX cho hàm printf(), có thêm một cờ là " **'** ", được áp dụng cho các chuyển đổi "i", "d", "u", "f", "F", "g" và "G".

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Flag(Cờ)** | **Conversions(Chuyển đổi)** | **Meaning(Ý nghĩa)** |
| ‘ | i, d, u, f, F, g, G | Khi sử dụng cờ " **'** ", phần nguyên của kết quả của một chuyển đổi thập phân sẽ được định dạng với các ký tự nhóm hàng nghìn. Điều này chỉ áp dụng cho các chuyển đổi liên quan đến số nguyên. |

## In giá trị của con trỏ tới đối tượng

Để in giá trị của một con trỏ tới một đối tượng (khác với con trỏ tới hàm), bạn sử dụng đặc tả chuyển đổi %p (conversion specifier %p). Đặc tả này được định nghĩa để in giá trị của các con trỏ kiểu void\*. Nếu bạn muốn in giá trị của một con trỏ kiểu khác (ví dụ: int\*, double\*, char\*, v.v.), bạn cần chuyển đổi ("casted\*") nó sang kiểu void\* trước khi sử dụng đặc tả %p.

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h> /\* for EXIT\_SUCCESS \*/  #include <stdio.h> /\* for printf() \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i;  int \* p = &i;  printf("The address of i is %p.\n", (void\*) p);  return EXIT\_SUCCESS;  } |

**Sử dụng <inttypes.h> và uintptr\_t**

Một cách khác để in con trỏ trong C99 trở lên sử dụng loại uintptr\_t và từ macro <inttypes.h>:

|  |
| --- |
| #include <inttypes.h> /\* for uintptr\_t and PRIXPTR \*/  #include <stdio.h> /\* for printf() \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i;  int \* p = &i;  printf("The address of i is 0x%" PRIXPTR ".\n", (uintptr\_t)p);  return 0;  } |

Trong lý thuyết, có thể không có một kiểu số nguyên nào có thể chứa được bất kỳ con trỏ nào sau khi chuyển đổi thành một số nguyên (vì kích thước của con trỏ có thể lớn hơn kích thước của các kiểu số nguyên thông thường). Tuy nhiên, trong thực tế, kiểu uintptr\_t thường tồn tại và có khả năng chứa giá trị của con trỏ sau khi được chuyển đổi thành số nguyên.

Nếu kiểu uintptr\_t tồn tại, thì kiểu tương ứng intptr\_t cũng tồn tại. Kiểu uintptr\_t là một kiểu số nguyên không dấu có thể chứa giá trị của bất kỳ con trỏ nào, và kiểu intptr\_t là một kiểu số nguyên có dấu có thể chứa giá trị của bất kỳ con trỏ nào dưới dạng số nguyên có dấu.

**Lịch sử tiền tiêu chuẩn:**

Trước khi tiêu chuẩn C89 (K&R-C times), không tồn tại kiểu dữ liệu void\*, cũng không có thư viện tiêu chuẩn <stdlib.h>, không có các nguyên mẫu hàm, và do đó không có khai báo int main(void). Vì vậy, để in địa chỉ của một con trỏ, con trỏ được chuyển đổi sang kiểu long unsigned int và được in ra sử dụng đối tượng định dạng %lx (định dạng hexa dùng cho số nguyên dương dài).

**Tuy nhiên, cách làm này chỉ mang tính chất tham khảo và không hợp lệ trong các phiên bản C hiện đại như C89 trở lên, và có thể gây ra hành vi không xác định.**

|  |
| --- |
| #include <stdio.h> /\* optional in pre-standard C - for printf() \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i;  int \*p = &i;  printf("The address of i is 0x%lx.\n", (long unsigned) p);  return 0;  } |

## In giá trị của hiệu hai con trỏ đến một đối tượng

Khi lấy hiệu của hai con trỏ đến một đối tượng, kết quả là một số nguyên có dấu. Vì vậy, chúng ta nên in số này sử dụng ít nhất đối tượng định dạng %d.

Để đảm bảo rằng có một kiểu dữ liệu đủ rộng để chứa "hiệu của hai con trỏ", tiêu chuẩn C99 đã định nghĩa kiểu ptrdiff\_t. Để in giá trị của ptrdiff\_t, chúng ta sử dụng đối tượng định dạng %td.

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h> /\* for EXIT\_SUCCESS \*/  #include <stdio.h> /\* for printf() \*/  #include <stddef.h> /\* for ptrdiff\_t \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a[2];  int \*p1 = &a[0], \*p2 = &a[1];  ptrdiff\_t pd = p2 - p1;  printf("p1 = %p\n", (void\*) p1);  printf("p2 = %p\n", (void\*) p2);  printf("p2 - p1 = %td\n", pd);  return EXIT\_SUCCESS;  } |

Kết quả có thể nhìn thấy như sau

|  |
| --- |
| p1 = 0061FF0C  p2 = 0061FF10  p2 - p1 = 1 |

Lưu ý rằng giá trị kết quả của hiệu hai con trỏ được **tỉ lệ** bởi kích thước của kiểu dữ liệu mà con trỏ trừ trỏ tới, trong ví dụ này là kiểu int. Kích thước của một kiểu int trong ví dụ này là 4 byte.

Chú ý: Nếu hai con trỏ được trừ không trỏ tới cùng một đối tượng, thì hành vi của chương trình sẽ không xác định (undefined behavior).

## Length modifiers

Phần này trình bày về các "length modifiers" trong hàm printf() theo tiêu chuẩn C99 và C11. Chúng được sử dụng để chỉ định kiểu dữ liệu của đối số truyền vào hàm printf(). Dưới đây là danh sách các length modifiers và ý nghĩa của chúng:

Các length modifiers tiêu chuẩn (theo tiêu chuẩn C99 và C11):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Modifier | Modifies | Applies to |
| hh | d, i, o, u, x, or X | char, signed char or unsigned char |
| h | d, i, o, u, x, or X | short int or unsigned short int |
| l | d, i, o, u, x, or X | long int or unsigned long int |
| l | a, A, e, E, f, F, g, or G | double (for compatibility with scanf(); undefined in C90) |
| ll | d, i, o, u, x, or X | long long int or unsigned long long int |
| j | d, i, o, u, x, or X | intmax\_t or uintmax\_t |
| z | d, i, o, u, x, or X | size\_t or the corresponding signed type (ssize\_t in POSIX) |
| t | d, i, o, u, x, or X | ptrdiff\_t or the corresponding unsigned integer type |
| L | a, A, e, E, f, F, g, or G | long double |

Đối với những length modifier mà không được định nghĩa trong tiêu chuẩn C99 và C11, việc sử dụng chúng với các conversion specifier khác sẽ dẫn đến hành vi không xác định trong ngôn ngữ lập trình C.

Microsoft đặc tả một số length modifiers khác nhau mà không thuộc tiêu chuẩn C, và họ rõ ràng không hỗ trợ hh, j, z, hoặc t.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Modifier | Modifies | Applies to |
| I32 | d, i, o, x, or X | \_\_int32 |
| I32 | o, u, x, or X | unsigned \_\_int32 |
| I64 | d, i, o, x, or X | \_\_int64 |
| I64 | o, u, x, or X | unsigned \_\_int64 |
| I | d, i, o, x, or X | ptrdiff\_t (that is, \_\_int32 on 32-bit platforms, \_\_int64 on 64-bit platforms) |
| I | o, u, x, or X | size\_t (that is, unsigned \_\_int32 on 32-bit platforms, unsigned \_\_int64 on 64-bit platforms) |
| l or L | a, A, e, E, f, g, or G | long double (In Visual C++, although long double is a distinct type, it has the same internal representation as double.) |
| l or w | c or C | Wide character with printf and wprintf functions. (An lc, lC, wc or wC type specifier is synonymous with C in printf functions and with c in wprintf functions.) |

Lưu ý rằng các bộ chỉ định chuyển đổi C, S và Z cũng như các bộ sửa đổi độ dài I, I32, I64 và w là các phần mở rộng của Microsoft. Việc coi l như một công cụ sửa đổi cho long double thay vì double khác với tiêu chuẩn, mặc dù bạn sẽ khó phát hiện ra sự khác biệt trừ khi long double có cách biểu diễn khác với double.

# CON TRỎ

Con trỏ là một loại biến có thể lưu trữ địa chỉ của một **đối tượng** hoặc một **hàm**.

## Giới thiệu

Một con trỏ được khai báo tương tự như bất kỳ biến nào khác, chỉ có một dấu **\*** được đặt giữa kiểu dữ liệu và tên của biến để chỉ định rằng nó là một **con trỏ**.

|  |
| --- |
| /\* Trong một hàm, con trỏ chưa được khởi tạo và không trỏ đến bất kỳ đối tượng hợp lệ nào \*/  int \*pointer; |

Để khai báo hai biến con trỏ cùng kiểu trong cùng một khai báo, sử dụng ký hiệu \* trước mỗi định danh. Ví dụ:

|  |
| --- |
| int \*iptr1, \*iptr2;  int \*iptr3, iptr4;  /\* iptr3 là một biến con trỏ, trong khi iptr4 là một biến kiểu int \*/ |

Toán tử **địa chỉ** hoặc **tham chiếu** được ký hiệu bằng dấu **&** cho phép lấy địa chỉ của một biến cụ thể, sau đó địa chỉ này có thể được đặt trong một con trỏ có kiểu thích hợp.

|  |
| --- |
| int value = 1;  pointer = &value; |

Toán tử indirection hoặc dereference được ký hiệu bằng dấu **\*** cho phép **Truy cập nội dung** của một đối tượng được trỏ đến bởi một con trỏ.

|  |
| --- |
| printf("Value of pointed to integer: %d\n", \*pointer);  /\* Value of pointed to integer: 1 \*/ |

Nếu con trỏ trỏ đến kiểu structure hoặc union, bạn có thể **dereference** nó và truy cập trực tiếp các thành viên của nó bằng toán tử **->**:

|  |
| --- |
| SomeStruct \*s = &someObject;  s->someMember = 5; /\* Equivalent to (\*s).someMember = 5 \*/ |

Trong C, một con trỏ là một loại giá trị riêng biệt có thể được gán lại và được xem xét như một biến riêng biệt. Ví dụ, ví dụ sau đây in giá trị của con trỏ (biến) chính nó.

|  |
| --- |
| printf("Gia tri cua con tro: %p\n", (void \*)pointer);  /\* Giá trị của con trỏ: 0x7ffcd41b06e4 \*/  /\* Địa chỉ này sẽ khác nhau mỗi khi chương trình được thực thi \*/ |

Bởi vì con trỏ là một biến có thể thay đổi, nó có thể không trỏ đến một đối tượng hợp lệ, thông qua việc được gán giá trị null.

Hoặc chỉ đơn giản chứa một mẫu bit tùy ý không phải là địa chỉ hợp lệ. Trường hợp sau là một tình huống rất tồi tệ, vì nó không thể kiểm tra trước khi con trỏ được **dereference**, chỉ có một kiểm tra cho trường hợp con trỏ là null:

|  |
| --- |
| if (!pointer) exit(EXIT\_FAILURE); |

Một con trỏ chỉ có thể **dereferenced** nếu nó trỏ đến một đối tượng **hợp lệ**, nếu không thì hành vi của nó là **không xác định**. Nhiều phiên bản hiện đại có thể giúp bạn bằng cách tạo ra một lỗi nào đó như lỗi **segmentation fault** và kết thúc thực thi, nhưng những phiên bản khác có thể chỉ để lại chương trình của bạn trong trạng thái không hợp lệ.

Giá trị trả về từ toán tử **dereference** là một bí danh có thể thay đổi của biến gốc, vì vậy nó có thể được thay đổi, làm **thay đổi biến gốc**.

|  |
| --- |
| \*pointer += 1;  printf("Gia tri cua bien ma con tro tro toi sau khi thay doi la: %d\n", \*pointer);  /\*Giá trị của biến mà con trỏ trỏ tới sau khi thay đổi là 2\*/ |

Con trỏ cũng có thể được gán lại. Điều này có nghĩa là một con trỏ trỏ đến một đối tượng sau này có thể được sử dụng để **trỏ đến một đối tượng khác** cùng kiểu.

|  |
| --- |
| int value2 = 10;  pointer = &value2;  printf("Gia tri tu con tro: %d \n", \*pointer);  /\*Giá trị từ con trỏ: 10 \*/ |

Giống như bất kỳ biến nào khác, con trỏ có một kiểu cụ thể. Bạn không thể gán địa chỉ của một **short int** cho một con trỏ kiểu **long int**, ví dụ. Hành vi như vậy được gọi là type punning và bị cấm trong C, mặc dù có một số ngoại lệ.

Mặc dù con trỏ phải có một kiểu cụ thể, bộ nhớ được cấp phát cho mỗi loại con trỏ bằng với bộ nhớ được sử dụng bởi **môi trường để lưu trữ các địa chỉ**, thay vì kích thước của kiểu dữ liệu được trỏ tới.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  printf("Size of int pointer: %zu\n", sizeof (int\*)); /\* size 4 bytes \*/  printf("Size of int variable: %zu\n", sizeof (int)); /\* size 4 bytes \*/  printf("Size of char pointer: %zu\n", sizeof (char\*)); /\* size 4 bytes \*/  printf("Size of char variable: %zu\n", sizeof (char)); /\* size 1 bytes \*/  printf("Size of short pointer: %zu\n", sizeof (short\*)); /\* size 4 bytes \*/  printf("Size of short variable: %zu\n", sizeof (short)); /\* size 2 bytes \*/  return 0;  } |

Như vậy, chúng ta thấy rằng khi chạy trên nền tảng hệ điều hành 32 bits con trỏ sẽ có kích thước 4 bytes, khi chạy trên nền tảng hệ điều hành 64 bits con trỏ sẽ có kích thước 8 bytes.

Kiểu dữ liệu của con trỏ thay đổi **không hề tác động** đến kích thước bộ nhớ của con trỏ. Bởi vì giá trị thực sự của con trỏ là kiểu số nguyên không dấu (unsigned int), trong nền tảng hệ điều hành 32 bits, giá trị mà con trỏ lưu trữ sẽ là ***unsigned \_\_int32***, và trong nền tảng hệ điều hành 64 bits, giá trị của con trỏ lưu trữ có kiểu ***unsigned \_\_int64***.

Phạm vi giá trị của ***unsigned \_\_int32*** là từ 0 đến 4294967295, phạm vi giá trị này đủ để đánh dấu địa chỉ tất cả ô nhớ trong **Virtual memory** của nền tảng hệ điều hành **32 bits**. Tương tự, phạm vi giá trị của ***unsigned \_\_int64*** là tử 0 đến 18446744073709551615, đủ để đánh dấu địa chỉ của tất cả ô nhớ trong **Virtual memory** của nền tảng hệ điều hành **64 bits**.

(NB: Nếu bạn đang sử dụng Microsoft Visual Studio, không hỗ trợ các tiêu chuẩn C99 hoặc C11, bạn phải sử dụng %Iu1 thay vì %zu trong ví dụ trên.)

Lưu ý rằng các kết quả ở trên có thể khác nhau giữa các môi trường nhưng tất cả các môi trường sẽ hiển thị kích thước bằng nhau cho các loại con trỏ khác nhau.

Trích xuất dựa trên thông tin từ [Cardiff University C Pointers Introduction](https://users.cs.cf.ac.uk/Dave.Marshall/C/node10.html)

**Con trỏ và mảng**

Con trỏ và mảng liên kết chặt chẽ trong C. Mảng trong C luôn được lưu giữ trong các vị trí liền kề trong bộ nhớ. Toán tử tính toán con trỏ luôn được tỉ lệ theo kích thước của mục được trỏ đến. Vì vậy, nếu chúng ta có một mảng ba số double và một con trỏ trỏ tới cơ sở, **\*ptr** tham chiếu đến số double đầu tiên, **\*(ptr + 1)** tham chiếu đến số double thứ hai, **\*(ptr + 2)** tham chiếu đến số double thứ ba. Một cách ghi chú tiện ích hơn là sử dụng ký hiệu mảng [].

|  |
| --- |
| double point[3] = {0.0, 1.0, 2.0};  double \*ptr = point;  /\* prints x 0.0, y 1.0 z 2.0 \*/  printf("x %f y %f z %f\n", ptr[0], ptr[1], ptr[2]); |

Vì vậy, về cơ bản **ptr** và **tên mảng** có thể hoán đổi cho nhau. Quy tắc này cũng có nghĩa là một mảng phân rã thành một con trỏ khi được chuyển đến một chương trình con.

|  |
| --- |
| double point[3] = {0.0, 1.0, 2.0};  printf("length of point is %s\n", length(point));  /\* get the distance of a 3D point from the origin \*/  double length(double \*pt)  {  return sqrt(pt[0] \* pt[0] + pt[1] \* pt[1] + pt[2] \* pt[2])  } |

Một con trỏ có thể trỏ đến bất kỳ phần tử nào trong mảng, hoặc đến phần tử ngoài cùng của mảng. Tuy nhiên, là một lỗi khi đặt một con trỏ thành bất kỳ giá trị nào khác, bao gồm cả phần tử trước mảng. (Lý do là trên kiến trúc phân đoạn địa chỉ trước phần tử đầu tiên có thể vượt qua ranh giới phân đoạn, trình biên dịch đảm bảo rằng điều đó không xảy ra cho phần tử cuối cùng cộng thêm một).

Chú thích cuối trang 1: Có thể tìm thấy thông tin định dạng của Microsoft qua printf() và cú pháp đặc tả định dạng.

## Các lỗi thường gặp

Việc sử dụng con trỏ không đúng cách thường là nguồn gốc của lỗi có thể bao gồm lỗi bảo mật hoặc sự cố chương trình, thường là do lỗi phân đoạn.

Lỗi phân đoạn là một loại lỗi cụ thể do truy cập bộ nhớ mà không thuộc về bạn. Đây là cơ chế trợ giúp giúp bạn không làm hỏng bộ nhớ và đưa ra các lỗi bộ nhớ khó gỡ lỗi. Bất cứ khi nào bạn gặp lỗi segfault, bạn biết rằng mình đang làm gì đó với bộ nhớ - truy cập biến đã được giải phóng, ghi vào phần chỉ đọc của bộ nhớ, v.v. Lỗi phân đoạn về cơ bản là giống nhau trong hầu hết các ngôn ngữ cho phép bạn gây rối việc quản lý bộ nhớ

### Không kiểm tra lỗi trong việc cấp phát bộ nhớ

Việc cấp phát bộ nhớ không đảm bảo sẽ thành công và có thể trả về một con trỏ **NULL**. Sử dụng giá trị trả về mà không kiểm tra xem việc cấp phát thành công hay không sẽ gây ra hành vi không xác định. Điều này thường dẫn đến sự cố của chương trình, nhưng không có đảm bảo rằng sự cố sẽ xảy ra, vì vậy dựa vào điều đó cũng có thể gây ra vấn đề.

**Ví dụ không an toàn**

|  |
| --- |
| struct SomeStruct \*s = malloc(sizeof \*s);  s->someValue = 0; /\* KHÔNG AN TOÀN, vì s có thể là con trỏ null \*/ |

**Cách an toàn**

|  |
| --- |
| struct SomeStruct \*s = malloc(sizeof \*s);  if (s){  s->someValue = 0; /\* Điều này là an toàn, chúng ta đã kiểm tra rằng s là hợp lệ \*/  } |

### Sử dụng số nguyên cố định thay vì sizeof khi yêu cầu cấp phát bộ nhớ

Đối với một cấu hình trình biên dịch/máy tính cụ thể, các kiểu dữ liệu có kích thước đã biết; tuy nhiên, không có tiêu chuẩn nào xác định kích thước của một kiểu dữ liệu cụ thể (ngoại trừ char) sẽ giống nhau trên tất cả các cấu hình trình biên dịch/máy tính. Nếu mã sử dụng số 4 thay vì sizeof(int) để cấp phát bộ nhớ, nó có thể hoạt động trên máy tính ban đầu, nhưng mã không nhất thiết là có thể chạy trên các máy tính hoặc trình biên dịch khác nhau. Các kích thước cố định cho các kiểu dữ liệu nên được thay thế bằng

|  |
| --- |
| sizeof(that\_type) hoặc sizeof(\*var\_ptr\_to\_that\_type) |

Cấp phát không di động

|  |
| --- |
| int \*intPtr = malloc(4\*1000); /\* cấp phát bộ nhớ cho 1000 int \*/  long \*longPtr = malloc(8\*1000); /\* cấp phát bộ nhớ cho 1000 long \*/ |

Cấp phát động

|  |
| --- |
| int \*intPtr = malloc(sizeof(int)\*1000); /\* cấp phát bộ nhớ cho 1000 int \*/  long \*longPtr = malloc(sizeof(long)\*1000); /\* cấp phát bộ nhớ cho 1000 long \*/ |

Hoặc tốt hơn cả:

|  |
| --- |
| int \*intPtr = malloc(sizeof(\*intPtr)\*1000); /\* cấp phát bộ nhớ cho 1000 int \*/  long \*longPtr = malloc(sizeof(\*longPtr)\*1000); /\* cấp phát bộ nhớ cho 1000 long \*/ |

### Rò rỉ bộ nhớ (Memory leaks)

Không giải phóng bộ nhớ bằng cách sử dụng **free** dẫn đến tích lũy bộ nhớ không thể tái sử dụng, mà không còn được sử dụng bởi chương trình; điều này được gọi là rò rỉ bộ nhớ (**memory leak**). Rò rỉ bộ nhớ lãng phí tài nguyên bộ nhớ và có thể dẫn đến lỗi cấp phát.

### Lỗi Logic

Tất cả các cấp phát đều phải tuân theo mẫu sau:

1. Cấp phát bằng **malloc** (hoặc **calloc**).
2. Sử dụng để lưu trữ dữ liệu.
3. Giải phóng bằng **free**.

Không tuân theo mẫu này, chẳng hạn như sử dụng bộ nhớ sau khi gọi free (dangling pointer) con trỏ treo hoặc trước khi gọi malloc (wild pointer) con trỏ hoang, gọi free hai lần ("double free"), vv., thường dẫn đến lỗi phân đoạn và dẫn đến sự cố của chương trình.

Những lỗi này có thể tạm thời và khó debug - ví dụ: bộ nhớ đã được giải phóng thường không được thu hồi ngay lập tức bởi hệ điều hành, do đó dangling pointer (con trỏ treo) có thể tồn tại trong một thời gian và có thể hoạt động bình thường.

Trên các hệ thống mà nó hoạt động, Valgrind là một công cụ quý giá để xác định bộ nhớ bị rò rỉ và nơi nó được cấp phát ban đầu.

### Tạo con trỏ trỏ tới biến được tạo trong vùng nhớ (stack) ngăn xếp

Việc tạo một con trỏ trỏ tới biến sẽ bị xóa đi(biến cục bộ) . Ví dụ:

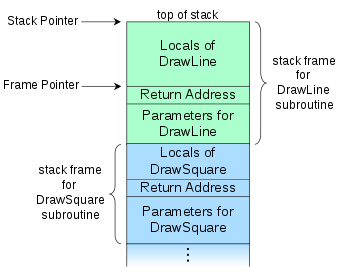
|  |
| --- |
| int\* myFunction() {  int x = 10;  return &x;  } |

Ở đoạn mã trên, biến x có hệ thông lưu trữ tự động (thường được gọi là cấp phát trên vùng nhớ stack (ngăn xếp). Vì nó được cấp phát trên vùng ngăn xếp, thời gian tồn tại của biến x chỉ kéo dài trong khi hàm **myFunction** đang thực thi; sau khi hàm **myFunction** kết thúc, biến x bị **xóa**. Hàm **myFunction** lấy địa chỉ của biến x (sử dụng &x) và trả về nó cho hàm gọi, khiến cho hàm gọi có một con trỏ trỏ đến **một biến không tồn tại**. Cố gắng truy cập vào biến này sẽ gây ra hành vi không xác định.

Tuy nhiên, hầu hết các trình biên dịch thực tế không xóa **stack frame** sau khi hàm thoát, do đó, khi truy cập con trỏ được trả về, thường bạn vẫn nhận được dữ liệu mong đợi. Tuy nhiên, khi gọi một hàm khác, bộ nhớ mà con trỏ đang trỏ đến có thể bị ghi đè và dữ liệu trong bộ nhớ có thể bị hỏng.

**stack frame**

Ngăn xếp (stack) là một phân đoạn (segment) của bộ nhớ (memory) tăng trưởng và thu hẹp một cách động có chứa các stack frame. Một stack frame được cấp phát cho mỗi hàm (function) hiện đang được gọi. Stack frame lưu trữ các biến cục bộ (local variable) của hàm, đối số (argument) và giá trị trả về (return value). Một stack frame được thêm vào ngăn xếp stack mỗi khi một hàm mới được gọi và loại bỏ khi hàm đó được thoát / trả về (return). Một ngăn xếp bao gồm một tập hợp các stack frame được quản lý theo cơ chế vào trước ra sau



Để giải quyết vấn đề này, bạn có thể cấp phát bộ nhớ động cho biến cần trả về bằng cách sử dụng malloc và trả về con trỏ đến bộ nhớ mới được tạo, hoặc bạn có thể yêu cầu đối số là một con trỏ hợp lệ được truyền vào hàm thay vì trả về một con trỏ.

|  |
| --- |
| #include <stdlib.h>  #include <stdio.h>  int \*solution1(void) {  int \*x = malloc(sizeof \*x);  if (x == NULL) {  /\* Something went wrong \*/  return NULL;  }  \*x = 10;  return x;  }  void solution2(int \*x) {  /\* Lưu ý: gọi hàm này với một con trỏ không hợp lệ hoặc null sẽ gây ra hành vi không xác định. \*/  \*x = 10;  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* Sử dụng solution1() \*/  int \*foo = solution1();  if (foo == NULL) {  /\* Đã xảy ra lỗi \*/  return 1;  }  printf("Giá trị được đặt bởi solution1() là %i\n", \*foo);  /\* Sẽ in ra: "Giá trị được đặt bởi solution1() là 10" \*/  free(foo); /\* Dọn dẹp \*/  }  {  /\* Sử dụng solution2() \*/  int bar;  solution2(&bar);  printf("Giá trị được đặt bởi solution2() là %i\n", bar);  /\* Sẽ in ra: "Giá trị được đặt bởi solution2() là 10" \*/  }  return 0;  } |

### Tăng giảm và dereferencing

Nếu bạn viết \*p++ để tăng giá trị mà p trỏ tới, bạn sai.

Tăng / giảm được thực thi trước dereferencing. Do đó, biểu thức \*p++ sẽ tự tăng con trỏ p và trả về giá trị được trỏ bởi p trước khi tăng mà không thay đổi nó.

Ví dụ: nếu p trỏ đến số 10, thì \*p++ sẽ trả về số 10 và sau đó tăng p lên một đơn vị. Do đó, p sẽ trỏ đến số 11 **sau khi biểu thức được thực thi**.

Bạn có thể nghĩ về biểu thức \*p++ như sau:

1. Truy cập giá trị được trỏ bởi p.
2. Tăng p lên một đơn vị.
3. Trả về giá trị được truy cập ở bước 1.

Bạn nên viết (\*p)++ để tăng giá trị mà p trỏ tới.

Quy tắc này cũng áp dụng cho giảm sau: \*p-- sẽ giảm giá trị của con trỏ p chính nó, không phải giá trị mà p trỏ tới.

## Dereferencing a pointer

Dereferencing trong lập trình được sử dụng để truy cập hoặc thao tác dữ liệu có trong vị trí bộ nhớ (memory location) được trỏ tới bởi một con trỏ (pointer). \* (dấu hoa thị) được sử dụng với con trỏ khi dereferencing con trỏ, nó đề cập đến biến được trỏ, vì vậy đây được gọi là dereferencing đến con trỏ.

|  |
| --- |
| int a = 1;  int \*a\_pointer = &a; |

Để dereference a\_pointer và thay đổi giá trị của a, chúng ta sử dụng thao tác sau

|  |
| --- |
| \*a\_pointer = 2; |

Điều này có thể được xác minh bằng cách sử dụng các câu lệnh in sau đây.

|  |
| --- |
| printf("%d\n", a); /\* Prints 2 \*/  printf("%d\n", \*a\_pointer); /\* Also prints 2 \*/ |

Tuy nhiên, người ta sẽ nhầm lẫn "to dereference" một con trỏ NULL hoặc con trỏ không hợp lệ. Cái này:

|  |
| --- |
| int \*p1, \*p2;  p1 = (int \*) 0xbad;  p2 = NULL;  \*p1 = 42;  \*p2 = \*p1 + 1; |

thường là hành vi không xác định . . p1 có thể không bị "dereference" vì nó trỏ đến địa chỉ 0xbad có thể không phải là địa chỉ hợp lệ. Ai biết có gì ở đó? Nó có thể là bộ nhớ của hệ điều hành hoặc bộ nhớ của chương trình khác. Mã thời gian duy nhất như thế này được sử dụng là trong quá trình phát triển nhúng, nơi lưu trữ thông tin cụ thể tại các địa chỉ được mã hóa cứng. p2 không thể hủy đăng ký vì nó là NULL, không hợp lệ.

## Dereferencing a pointer to a struct

Giả sử chúng ta có cấu trúc sau đây

|  |
| --- |
| struct MY\_STRUCT  {  int my\_int;  float my\_float;  }; |

Chúng ta có thể định nghĩa MY\_STRUCT mà không cần sử dụng từ khóa "struct" mỗi lần sử dụng nó. Điều này tuy nhiên là tùy chọn.

|  |
| --- |
| typedef struct MY\_STRUCT MY\_STRUCT; |

Nếu chúng ta có một con trỏ tới một phiên bản của cấu trúc này:

|  |
| --- |
| MY\_STRUCT \*instance; |

Nếu câu lệnh này xuất hiện ở file scope, thì instance sẽ được khởi tạo với một con trỏ null khi chương trình bắt đầu. Nếu câu lệnh này xuất hiện trong một hàm, giá trị của nó là không xác định. Biến này phải được khởi tạo để trỏ tới một biến MY\_STRUCT hợp lệ hoặc đến không gian được cấp phát động trước khi có thể “dereference” nó. Ví dụ:

|  |
| --- |
| MY\_STRUCT info = { 1, 3.141593F };  MY\_STRUCT \*instance = &info; |

Khi con trỏ là hợp lệ, chúng ta có thể “dereference” nó để truy cập các thành viên của nó bằng hai cách khác nhau:

|  |
| --- |
| int a = (\*instance).my\_int;  float b = instance->my\_float; |

Mặc dù cả hai cách này đều hoạt động, tuy nhiên việc sử dụng toán tử mũi tên -> là tốt hơn so với việc sử dụng sự kết hợp của dấu ngoặc đơn, toán tử dereference \* và toán tử dấu chấm . bởi vì nó dễ đọc và hiểu hơn, đặc biệt là với các cấu trúc lồng nhau.

Một điểm khác biệt quan trọng khác được thể hiện dưới đây:

|  |
| --- |
| MY\_STRUCT copy = \*instance;  copy.my\_int = 2; |

Trong trường hợp này, biến copy chứa một bản sao nội dung của instance. Thay đổi my\_int của copy sẽ không thay đổi my\_int của instance.

|  |
| --- |
| MY\_STRUCT \*ref = instance;  ref->my\_int = 2; |

Trong trường hợp này, ref là một tham chiếu đến instance. Thay đổi my\_int sử dụng tham chiếu sẽ thay đổi my\_int trong instance.

Thường thì chúng ta sử dụng con trỏ tới các cấu trúc như các tham số trong các hàm, thay vì truyền trực tiếp các cấu trúc. Sử dụng các cấu trúc như các tham số của hàm có thể làm tràn ngăn xếp (stack overflow) nếu cấu trúc lớn. Sử dụng con trỏ tới cấu trúc chỉ sử dụng đủ không gian ngăn xếp cho con trỏ, nhưng có thể gây ra tác động phụ nếu hàm thay đổi cấu trúc được truyền vào hàm.

## Con trỏ hằng

### Single Pointers

* Pointer to an int (Con trỏ trỏ tới một số nguyên)

Con trỏ này có thể trỏ tới các số nguyên khác nhau và giá trị của số nguyên có thể được thay đổi thông qua con trỏ. Đoạn mã ví dụ sau gán con trỏ 'p' trỏ tới số nguyên 'b', sau đó thay đổi giá trị của 'b' thành 100.

|  |
| --- |
| int b;  int\* p;  p = &b; /\* Được phép \*/  \*p = 100; /\* Được phép \*/  /\*Lúc này giá trị b = 100\*/ |

Pointer to a const int (Hằng con trỏ int)

Con trỏ này có thể trỏ tới các số nguyên khác nhau, nhưng giá trị của số nguyên **không thể thay đổi** thông qua con trỏ.

Hằng con trỏ là con trỏ trỏ đến một địa chỉ cố định, giá trị của con trỏ không được phép thay đổi, nhưng **có thể thay đổi giá trị của vùng nhớ** mà con trỏ trỏ đến.

|  |
| --- |
| int b;  const int\* p;  p = &b; /\* Được phép \*/  \*p = 100; /\* Lỗi biên dịch \*/ |

* const pointer to int (Con trỏ hằng int)

Con trỏ này chỉ có thể trỏ tới một số nguyên và giá trị của số nguyên có thể được thay đổi thông qua con trỏ.

Con trỏ hằng là con trỏ trỏ đến một **địa chỉ mà không thể thay đổi giá trị** lưu ở địa chỉ mà nó trỏ đến, nhưng việc thay đổi **giá trị** của con trỏ **vẫn hợp lệ**.

* const pointer to const int (Hằng con trỏ hằng) (Sử dụng kết hợp con trỏ hằng và hằng con trỏ)

Con trỏ này chỉ có thể trỏ tới một số nguyên và giá trị của số nguyên không thể thay đổi thông qua con trỏ.

Sử dụng kết hợp cả 2 tính năng trên sẽ được 1 kết quả là con trỏ không được phép thay đổi giá trị của nó lẫn giá trị vùng nhớ mà nó đang trỏ đến.

|  |
| --- |
| int a, b;  const int\* const p = &b; /\* Được phép khi khởi tạo, không thể gán lại sau đó \*/  p = &a; /\* Lỗi biên dịch \*/  \*p = 100; /\* Lỗi biên dịch \*/ |

### Pointer to Pointer

* Pointer to a pointer to an int (Con trỏ trỏ tới con trỏ trỏ tới một số nguyên)

Đoạn mã này gán địa chỉ của 'p1' cho con trỏ hai lần 'p' (mà sau đó trỏ tới con trỏ 'p1' (nó lại trỏ tới số nguyên)).

Sau đó thay đổi 'p1' để trỏ tới số nguyên 'a'. Sau đó thay đổi giá trị của 'a' thành 100.

|  |
| --- |
| void f1(void) {  int a, b;  int \*p1;  int \*\*p;  p1 = &b; /\* Được phép \*/  p = &p1; /\* Được phép \*/  \*p = &a; /\* Được phép \*/  \*\*p = 100; /\* Được phép \*/  } |

* Pointer to pointer to a const int

|  |
| --- |
| void f2(void) {  int b;  const int \*p1;  const int \*\*p;  p = &p1; /\* Được phép \*/  \*p = &b; /\* Được phép \*/  \*\*p = 100; /\* Lỗi: Gán giá trị cho vị trí chỉ đọc ‘\*\*p’ \*/  } |

* Pointer to const pointer to an int

|  |
| --- |
| void f3(void) {  int b;  int \*p1;  int \* const \*p;  p = &p1; /\* Được phép \*/  \*p = &b; /\* Lỗi: Gán giá trị cho vị trí chỉ đọc ‘\*p’ \*/  \*\*p = 100; /\* Được phép \*/  } |

* const pointer to pointer to int

|  |
| --- |
| void f4(void) {  int b;  int \*p1;  int \*\* const p = &p1; /\* Được phép khi khởi tạo, không thể gán lại sau đó \*/  p = &p1; /\* Lỗi: Gán biến chỉ đọc ‘p’ \*/  \*p = &b; /\* Được phép \*/  \*\*p = 100; /\* Được phép \*/  } |

* Pointer to const pointer to const int

|  |
| --- |
| void f5(void) {  int b;  const int \*p1;  const int \* const \*p;  p = &p1; /\* Được phép \*/  \*p = &b; /\* Lỗi: Gán giá trị cho vị trí chỉ đọc ‘\*p’ \*/  \*\*p = 100; /\* Lỗi: Gán giá trị cho vị trí chỉ đọc ‘\*\*p’ \*/  } |

* const pointer to pointer to const int

|  |
| --- |
| void f6(void) {  int b;  const int \*p1;  const int \*\* const p = &p1; /\* Được phép khi khởi tạo, không thể gán lại sau đó \*/  p = &p1; /\* Lỗi: Gán biến chỉ đọc ‘p’ \*/  \*p = &b; /\* Được phép \*/  \*\*p = 100; /\* Lỗi: Gán giá trị cho vị trí chỉ đọc ‘\*\*p’ \*/  } |

* const pointer to const pointer to int

|  |
| --- |
| void f7(void) {  int b;  int \*p1;  int \* const \* const p = &p1; /\* Được phép khi khởi tạo, không thể gán lại sau đó \*/  p = &p1; /\* Lỗi: Gán biến chỉ đọc ‘p’ \*/  \*p = &b; /\* Lỗi: Gán giá trị cho vị trí chỉ đọc ‘\*p’ \*/  \*\*p = 100; /\* Được phép \*/  } |

## Con trỏ hàm

Con trỏ cũng có thể được sử dụng để trỏ tới các hàm.

Vì function nằm ở code segment, là vùng nhớ read-only khi thực thi chương trình nên function pointer là một pointer to const

Chúng ta sẽ lấy một hàm cơ bản làm ví dụ:

|  |
| --- |
| int my\_function(int a, int b) {  return 2 \* a + 3 \* b;  } |

Tiếp theo, chúng ta xác định một con trỏ có kiểu tương tự với hàm này:

|  |
| --- |
| int (\*my\_pointer)(int, int); |

Để tạo một con trỏ như vậy, bạn chỉ cần sử dụng mẫu sau:

|  |
| --- |
| kiểu\_trả\_về\_của\_hàm (\*con\_trỏ\_hàm)(kiểu\_tham\_số1, kiểu\_tham\_số2, ...) |

Sau đó, chúng ta phải gán con trỏ này tới hàm:

|  |
| --- |
| my\_pointer = &my\_function; |

Con trỏ này có thể được sử dụng để gọi hàm:

|  |
| --- |
| /\* Gọi hàm được trỏ tới \*/  int result = (\*my\_pointer)(4, 2);  ...  /\* Sử dụng con trỏ hàm như một tham số cho một hàm khác \*/  void another\_function(int (\*another\_pointer)(int, int)) {  int a = 4;  int b = 2;  int result = (\*another\_pointer)(a, b);  printf("%d\n", result);  } |

Mặc dù cú pháp này dường như rõ ràng và nhất quán với các kiểu cơ bản, nhưng việc gán và dereferencing con trỏ hàm không đòi hỏi sử dụng các toán tử & và \*. Vì vậy, đoạn mã sau đây cũng hoàn toàn hợp lệ:

|  |
| --- |
| /\* Gán giá trị mà không sử dụng toán tử & \*/  my\_pointer = my\_function;  function name trả về địa chỉ của function Tương tự như tên của array trả về địa chỉ của mảng  /\* Dereferencing mà không sử dụng toán tử \* \*/  int result = my\_pointer(4, 2); |

Để tăng tính đọc hiểu của con trỏ hàm, bạn có thể sử dụng typedef.

|  |
| --- |
| typedef void (\*Callback)(int a);  void some\_function(Callback callback) {  int a = 4;  callback(a);  } |

Một mẹo đọc hiểu khác là trong tiêu chuẩn C, bạn có thể đơn giản hóa con trỏ hàm trong đối số như trên (nhưng không phải trong khai báo biến) thành một cái gọi là một nguyên mẫu hàm; do đó bạn có thể sử dụng cú pháp sau đây cho việc định nghĩa và khai báo hàm:

|  |
| --- |
| void some\_function(void callback(int)) {  int a = 4;  callback(a);  } |

Xem thêm

Con trỏ hàm (Function Pointers)

## Polymorphic behaviour with void pointers

Hàm thư viện tiêu chuẩn qsort() là một ví dụ tốt về cách sử dụng con trỏ void để thực hiện một hàm duy nhất trên nhiều loại dữ liệu khác nhau.

Hàm qsort() có dạng như sau:

|  |
| --- |
| void qsort(  void \*base, /\* Mảng cần sắp xếp \*/  size\_t num, /\* Số phần tử trong mảng \*/  size\_t size, /\* Kích thước của mỗi phần tử (tính bằng byte) \*/  int (\*compar)(const void \*, const void \*)); /\* Hàm so sánh hai phần tử \*/ |

Mảng cần được sắp xếp được truyền dưới dạng con trỏ void, vì vậy một mảng của bất kỳ kiểu dữ liệu nào cũng có thể được sử dụng. Hai đối số tiếp theo cho biết qsort() cần mong đợi bao nhiêu phần tử trong mảng và kích thước mỗi phần tử là bao nhiêu byte.

Đối số cuối cùng là con trỏ hàm tới một hàm so sánh, mà trong chính nó lấy hai con trỏ void làm đối số. Bằng cách yêu cầu người gọi cung cấp hàm này, qsort() có thể sắp xếp các phần tử của bất kỳ kiểu dữ liệu nào một cách hiệu quả.

Dưới đây là ví dụ về một hàm so sánh như vậy, được sử dụng để so sánh các số thực (float). Lưu ý rằng bất kỳ hàm so sánh nào được truyền vào qsort() cần có chữ ký kiểu này. Cách thức hàm trở nên đa hình là bằng cách chuyển đổi các con trỏ void sang các con trỏ của loại phần tử mà chúng ta muốn so sánh.

|  |
| --- |
| int compare\_floats(const void \*a, const void \*b) {  float fa = \*((float \*)a);  float fb = \*((float \*)b);  if (fa < fb)  return -1;  if (fa > fb)  return 1;  return 0;  } |

Vì chúng ta biết rằng qsort sẽ sử dụng hàm này để so sánh các số thực, chúng ta đưa ra chuyển đổi con trỏ void trở lại con trỏ float trước khi giải tham chiếu chúng.

Bây giờ, việc sử dụng hàm qsort đa hình trên một mảng "array" có độ dài "len" rất đơn giản:

|  |
| --- |
| qsort(array, len, sizeof(array[0]), compare\_floats); |

## Toán tử địa chỉ

Đối với bất kỳ đối tượng nào (ví dụ: biến, mảng, union, struct, con trỏ hoặc hàm), toán tử địa chỉ một ngôi có thể được sử dụng để truy cập địa chỉ của đối tượng đó.

|  |
| --- |
| int i = 1;  int \*p = NULL; |

Sau đó, câu lệnh p = &i; sao chép địa chỉ của biến i vào con trỏ p.

Câu lệnh này có nghĩa là p trỏ tới i.

printf("%d\n", \*p); in ra 1, đó là giá trị của biến i.

## Khởi tạo con trỏ

Khởi tạo con trỏ là một cách tốt để tránh sử dụng con trỏ vô lý. Quá trình khởi tạo đơn giản và không khác gì việc khởi tạo một biến bình thường.

|  |
| --- |
| #include <stddef.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int \*p1 = NULL;  char \*p2 = NULL;  float \*p3 = NULL;  /\* NULL là một macro được định nghĩa trong stddef.h, stdio.h, stdlib.h và string.h \*/  ...  } |

Trong hầu hết các hệ điều hành, việc vô tình sử dụng một con trỏ đã được khởi tạo thành NULL thường dẫn đến việc chương trình bị **crash** ngay lập tức, giúp dễ dàng xác định nguyên nhân của vấn đề. Sử dụng một con trỏ chưa được khởi tạo có thể dẫn đến các lỗi khó chẩn đoán.

**Cảnh báo:**

Kết quả của việc dereferencingmột con trỏ NULL là không xác định, do đó nó không nhất thiết phải gây ra lỗi crash ngay cả khi đó là hành vi tự nhiên của hệ điều hành mà chương trình đang chạy. Tối ưu hóa trình biên dịch có thể che giấu lỗi crash, làm cho lỗi xảy ra trước hoặc sau điểm trong mã nguồn mà giải tham chiếu con trỏ NULL, hoặc làm cho một số phần của mã chứa giải tham chiếu con trỏ NULL bị xóa bỏ một cách không mong đợi khỏi chương trình. Phiên bản dựng chế độ gỡ lỗi thường không thể thể hiện những hành vi này, nhưng điều này không được đảm bảo bởi tiêu chuẩn ngôn ngữ. Hành vi không mong đợi và/hoặc không mong muốn khác cũng được chấp nhận.

Vì NULL không bao giờ trỏ tới một biến, một vùng nhớ đã được cấp phát hoặc một hàm nào đó, nó an toàn khi sử dụng như một giá trị bảo vệ (guard value).

**Cảnh báo:**

Thông thường, NULL được định nghĩa là (void \*)0. Nhưng điều này không ám chỉ rằng địa chỉ bộ nhớ được gán là 0x0. Để có thêm thông tin chi tiết, hãy tham khảo C-faq về con trỏ NULL.

Lưu ý rằng bạn cũng có thể khởi tạo con trỏ để chứa các giá trị khác NULL.

|  |
| --- |
| int i1;  int main(int argc, char\* argv[]) {  int \*p1 = &i1;  const char \*p2 = "A constant string to point to";  float \*p3 = malloc(10 \* sizeof(float));  } |

## Pointer to pointer

Trong C, một con trỏ có thể tham chiếu tới một con trỏ khác.

|  |
| --- |
| int main(int argc, char\* argv[]) {  int A = 42;  int\* pA = &A;  int\*\* ppA = &pA;  int\*\*\* pppA = &ppA;  printf("%d", \*\*\*pppA); /\* prints 42 \*/  return EXIT\_SUCCESS;  } |

Tuy nhiên, tham chiếu và tham chiếu trực tiếp không được phép.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int A = 42;  int\* pA = &A;  int\*\* ppA = &&A; /\* Compilation error here! \*/  int\*\*\* pppA = &&&A; /\* Compilation error here! \*/  ... |

## Con trỏ void\* như là đối số và giá trị trả về của các hàm tiêu chuẩn

Phiên bản > K&R

void\* là một kiểu chung cho các con trỏ đến các kiểu đối tượng. Một ví dụ về việc sử dụng con trỏ này là với hàm malloc, được khai báo như sau:

|  |
| --- |
| void\* malloc(size\_t); |

Kiểu trả về con trỏ void\* cho phép ta gán giá trị trả về của malloc cho một con trỏ đến bất kỳ kiểu đối tượng nào khác:

|  |
| --- |
| int\* vector = malloc(10 \* sizeof \*vector); |

Thường thì, ta nên tuân thủ việc không ép buộc chuyển đổi giá trị vào và ra từ con trỏ void. Trong trường hợp cụ thể của malloc(), điều này bởi vì nếu bạn quên bao gồm stdlib.h, trình biên dịch có thể giả định một kiểu trả về không đúng cho malloc() mà không cảnh báo. Điều này cũng liên quan đến việc sử dụng hành vi chính xác của con trỏ void\* để tuân thủ nguyên tắc DRY (don't repeat yourself); so sánh ví dụ trên với ví dụ sau, trong đó code sau chứa một số điểm không cần thiết khác nhau mà có thể gây ra lỗi nếu viết sai:

|  |
| --- |
| int\* vector = (int\*)malloc(10 \* sizeof int\*); |

Tương tự, các hàm như:

|  |
| --- |
| void\* memcpy(void \*restrict target, void const \*restrict source, size\_t size); |

có các đối số được chỉ định là void vì địa chỉ của bất kỳ đối tượng nào, bất kể kiểu, đều có thể được truyền vào. Ở đây cũng vậy, cuộc gọi không nên sử dụng ép kiểu:

|  |
| --- |
| unsigned char buffer[sizeof(int)];  int b = 67;  memcpy(buffer, &b, sizeof buffer); |

## Cùng một dấu hoa thị \* nhưng có ý nghĩa khác nhau

Một điều gây nhầm lẫn nhất khi làm việc với cú pháp con trỏ trong C và C++ là có thực sự hai ý nghĩa khác nhau mà áp dụng khi ký hiệu con trỏ, dấu hoa thị (\*) được sử dụng với một biến.

**Ví dụ:**

Trước tiên, ta sử dụng \* để khai báo một biến con trỏ.

|  |
| --- |
| int i = 5;  /\* 'p' là một con trỏ đến một số nguyên, được khởi tạo là NULL \*/  int \*p = NULL;  /\*'&i' cho ra địa chỉ của 'i', sau đó gán cho 'p' \*/  p = &i;  /\* 'p' bây giờ giữ địa chỉ của 'i' \*/ |

Khi bạn không khai báo (hoặc nhân), \* được sử dụng để dereferencemột biến con trỏ:

|  |
| --- |
| \*p = 123;  /\* 'p' trỏ đến 'i', vì vậy điều này thay đổi giá trị của 'i' thành 123 \*/ |

Khi bạn muốn một biến con trỏ hiện có giữ địa chỉ của biến khác, bạn không sử dụng \* mà hãy làm như sau:

|  |
| --- |
| p = &another\_variable; |

Một sự nhầm lẫn phổ biến giữa các newbie lập trình C xảy ra khi họ khai báo và khởi tạo một biến con trỏ cùng một lúc.

|  |
| --- |
| int \*p = &i; |

Bởi vì int i = 5; và int i; i = 5; cho kết quả giống nhau, một số người có thể nghĩ rằng int \*p = &i; và int \*p; \*p = &i; cũng cho kết quả giống nhau. Nhưng thực tế là không, int \*p; \*p = &i; sẽ cố gắng deference một con trỏ chưa được khởi tạo, dẫn đến undefined behavior (hành vi không xác định). Không bao giờ sử dụng \* khi bạn không khai báo hoặc giải tham chiếu một con trỏ.

**Kết luận:**

Dấu hoa thị (\*) có hai ý nghĩa riêng biệt trong C liên quan đến con trỏ, phụ thuộc vào nơi sử dụng nó. Khi sử dụng trong **khai báo biến**, giá trị ở phía bên phải của dấu bằng phải là một **giá trị con trỏ** trỏ đến một **địa chỉ** trong bộ nhớ. Khi sử dụng với một biến **đã khai báo**, dấu hoa thị sẽ **dereference** giá trị con trỏ, theo dõi đến vị trí đã trỏ tới trong bộ nhớ và cho phép gán hoặc truy xuất giá trị được lưu trữ tại đó.

Mang điều quan trọng

Quan trọng là chú ý khi làm việc với con trỏ. Hãy lưu ý khi bạn sử dụng dấu hoa thị và ý nghĩa khi sử dụng nó. Bỏ qua chi tiết nhỏ này có thể dẫn đến lỗi hoặc hành vi không xác định mà bạn thực sự không muốn phải đối mặt.

# SEQUENCE POINTS

## Biểu thức không có thứ tự

Phiên bản ≥ C11

Các biểu thức sau đây là không có thứ tự (unsequenced):

|  |
| --- |
| a + b;  a - b;  a \* b;  a / b;  a % b;  a & b;  a | b; |

Trong các ví dụ trên, biểu thức a có thể được đánh giá trước hoặc sau biểu thức b, b có thể được đánh giá trước a hoặc thậm chí chúng có thể được trộn lẫn nếu chúng tương ứng với một số hướng dẫn.

Một quy tắc tương tự cũng áp dụng cho việc gọi hàm:

|  |
| --- |
| f(a, b); |

Ở đây không chỉ a và b không có thứ tự (nghĩa là toán tử , trong lệnh gọi hàm không tạo ra "sequence point") mà còn cả f, biểu thức xác định hàm sẽ được gọi.

Tác động phụ có thể được áp dụng ngay sau khi tính giá trị hoặc hoãn lại cho đến thời điểm sau này.

Các biểu thức như:

|  |
| --- |
| x++ & x++;  f(x++, x++); /\* dấu ',' trong việc gọi hàm không phải là toán tử phẩy \*/  x++ \* x++;  a[i] = i++; |

Hoặc

|  |
| --- |
| x++ & x;  f(x++, x);  x++ \* x;  a[i++] = i; |

sẽ dẫn đến hành vi không xác định vì

* một sửa đổi của một đối tượng và bất kỳ truy cập nào khác đến nó phải được sắp xếp thứ tự
* thứ tự của việc tính toán và thứ tự mà các **side effect(1)** được áp dụng không được xác định.

(1) Mọi thay đổi về trạng thái của môi trường thực thi.

## Biểu thức có thứ tự

Các biểu thức sau đây có thứ tự (sequenced):

|  |
| --- |
| a && b  a || b  a , b  a ? b : c  for ( a ; b ; c ) { ... } |

Trong tất cả các trường hợp, biểu thức a được tính toán đầy đủ và tất cả các tác động phụ được áp dụng trước khi b hoặc c được tính toán. Trong trường hợp thứ tư, chỉ một trong b hoặc c sẽ được tính toán. Trong trường hợp cuối cùng, b được tính toán đầy đủ và tất cả các tác động phụ được áp dụng trước khi c được tính toán.

Trong tất cả các trường hợp, việc tính toán biểu thức a được thực hiện theo thứ tự trước việc tính toán b hoặc c (hoặc ngược lại, việc tính toán b và c được thực hiện sau việc tính toán a).

Do đó, các biểu thức như

|  |
| --- |
| x++ && x++  x++ ? x++ : y++  (x = f()) && x != 0  for ( x = 0; x < 10; x++ ) { ... }  y = (x++, x++); |

đều có hành vi xác định.

## Biểu thức được xác định thứ tự một cách không xác định

Các lời gọi hàm như f(a) luôn áp dụng một **sequence point** giữa việc tính toán các đối số và đối tượng (ở đây là f và a) và việc gọi hàm thực tế. Nếu hai lời gọi hàm như vậy không có thứ tự, thì hai lời gọi hàm đó được xác định thứ tự một cách không xác định, tức là một lời gọi được thực hiện trước lời gọi khác và thứ tự này không được chỉ định.

|  |
| --- |
| unsigned counter = 0;  unsigned account(void) {  return counter++;  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  printf("the order is %u %u\n", account(), account());  } |

Trong đoạn mã trên, việc sửa đổi counter trong quá trình tính giá trị đối số của printf là hợp lệ, chúng ta chỉ không biết lời gọi nào sẽ được thực hiện trước. Do thứ tự không được chỉ định, nó có thể thay đổi và không thể phụ thuộc vào. Vì vậy, kết quả có thể là:

|  |
| --- |
| the order is 0 1 |

Hoặc

|  |
| --- |
| the order is 1 0 |

Câu lệnh tương tự ở trên mà không cần gọi hàm trung gian

|  |
| --- |
| printf("the order is %u %u\n", counter++, counter++); // hành vi không xác định |

điều này có hành vi không xác định vì không có sequence point giữa hai việc sửa đổi của counter.

# CON TRỎ HÀM

Con trỏ hàm là các con trỏ **trỏ đến các hàm** thay vì các **kiểu dữ liệu**. Chúng có thể được sử dụng để cho phép tính linh hoạt trong việc **chọn hàm sẽ được gọi** tại thời điểm chạy.

## Giới thiệu

Tương tự như char và int, hàm là một tính năng cơ bản của C. Do đó, bạn có thể khai báo một con trỏ trỏ đến hàm: điều này có nghĩa là bạn có thể chuyển vào một hàm nào đó để gọi vào một hàm khác để giúp nó hoàn thành công việc của nó. Ví dụ, nếu bạn có một hàm graph() để hiển thị một đồ thị, bạn có thể chuyển vào hàm nào sẽ được vẽ trong hàm graph().

|  |
| --- |
| extern unsigned int screenWidth;  extern void plotXY(double x, double y);  void graph(double minX, double minY,  double maxX, double maxY,  ???? \*fn) { // Xem cú pháp bên dưới  double stepX = (maxX - minX) / screenWidth;  for (double x = minX; x < maxX; x += stepX) {  double y = fn(x); // Lấy giá trị y cho x này bằng cách gọi hàm truyền vào fn()    if (minY <= y && y < maxY) {  plotXY(x, y); // Vẽ điểm tính toán được  }  }  } |

**Cách sử dụng:**

Mã trên sẽ vẽ đồ thị của bất kỳ hàm nào mà bạn chuyển vào - miễn là hàm đó đáp ứng một số tiêu chí nhất định: nghĩa là bạn chuyển vào một giá trị double và nhận lại một giá trị double. Có rất nhiều hàm như vậy - sin(), cos(), tan(), exp() v.v... - nhưng cũng có rất nhiều hàm không phải như vậy, như chính hàm graph() chẳng hạn!

**Cú pháp:**

Vậy làm sao bạn chỉ định các hàm nào bạn có thể chuyển vào trong hàm graph() và các hàm nào bạn không thể? Cách thông thường là sử dụng một cú pháp có thể không dễ đọc hoặc khó hiểu:

|  |
| --- |
| double (\*fn)(double); // fn là con trỏ hàm nhận một giá trị double và trả về một giá trị double |

Vấn đề ở trên là có hai thứ cố gắng được định nghĩa cùng một lúc: cấu trúc của hàm và việc nó là một con trỏ. Vậy nên, chia hai định nghĩa này ra thành hai! Nhưng bằng cách sử dụng typedef, bạn có thể đạt được một cú pháp tốt hơn (dễ đọc và hiểu hơn).

## Trả về con trỏ hàm từ một hàm

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  enum Op {  ADD = '+',  SUB = '-',  };  // Hàm add: cộng a và b, trả về kết quả  int add(int a, int b) {  return a + b;  }  // Hàm sub: trừ b từ a, trả về kết quả  int sub(int a, int b) {  return a - b;  }  // Hàm getmath: trả về hàm toán học phù hợp  int (\*getmath(enum Op op))(int, int) {  switch (op) {  case ADD:  return &add;  case SUB:  return &sub;  default:  return NULL;  }  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a, b, c;  int (\*fp)(int, int);    fp = getmath(SUB);  a = 1, b = 2;  c = (\*fp)(a, b);  printf("%d - %d = %d\n", a, b, c);  return 0;  } |

## Thực hành tốt nhất

**Sử dụng typedef**

Trong việc khai báo con trỏ hàm, nên sử dụng **typedef** thay vì khai báo con trỏ hàm một cách thủ công.

Cú pháp khai báo **typedef** cho con trỏ hàm như sau**:**

|  |
| --- |
| typedef returnType (\*name) (parameters); |

**Ví dụ:**

Giả sử chúng ta có một hàm ***sort***, chấp nhận một con trỏ hàm ***compare*** như một đối số để so sánh hai phần tử.

Hàm so sánh ***compare*** cần trả về 0 nếu hai phần tử được coi là bằng nhau, giá trị dương nếu phần tử đầu tiên lớn hơn phần tử sau, và ngược lại trả về giá trị âm (nghĩa là phần tử đầu tiên nhỏ hơn phần tử sau).

Nếu không sử dụng **typedef**, chúng ta sẽ truyền một con trỏ hàm như một đối số vào hàm theo cách sau:

|  |
| --- |
| void sort(int (\*compare)(const void \*elem1, const void \*elem2)) {  /\* bên trong khối này, hàm có tên là "compare" \*/  } |

Sử dụng **typedef**, chúng ta có thể viết như sau:

|  |
| --- |
| typedef int (\*compare\_func)(const void \*, const void \*); |

Và sau đó, chúng ta có thể thay đổi function signature của sort như sau:

|  |
| --- |
| void sort(compare\_func func) {  /\* bên trong khối này, hàm có tên là "func" \*/  } |

Cả hai định nghĩa của sort đều chấp nhận bất kỳ hàm nào có dạng:

|  |
| --- |
| int compare(const void \*arg1, const void \*arg2) {  /\* Lưu ý rằng tên biến không cần phải là "elem1" và "elem2" \*/  } |

Con trỏ hàm là nơi duy nhất bạn nên bao gồm tính chất con trỏ của kiểu, ví dụ: không cố gắng định nghĩa các kiểu như typedef struct something\_struct \*something\_type. Điều này áp dụng ngay cả đối với một cấu trúc có thành viên mà không được truy cập trực tiếp bởi người gọi API, ví dụ: kiểu FILE trong stdio.h (mà bạn hiện đã nhận thấy không phải là con trỏ).

**Sử dụng con trỏ context:**

Một con trỏ hàm thường nên nhận một con trỏ void \* do người dùng cung cấp làm con trỏ context.

|  |
| --- |
| /\* hàm minimiser, chi tiết không quan trọng \*/  double findminimum(double (\*fptr)(double x, double y, void \*ctx), void \*ctx) {  ...  /\* lặp đi lặp lại gọi như này \*/  temp = (\*fptr)(testx, testy, ctx);  }  /\* hàm chúng ta đang tối thiểu hóa, cộng hai hàm bậc ba \*/  double \*cubics(double x, double y, void \*ctx) {  double \*coeffsx = ctx;  double \*coeffsy = coeffx + 4;  return coeffsx[0] \* x \* x \* x + coeffsx[1] \* x \* x + coeffsx[2] \* x + coeffsx[3] +  coeffsy[0] \* y \* y \* y + coeffsy[1] \* y \* y + coeffsy[2] \* y + coeffsy[3];  }  void caller() {  /\* context, các hệ số của hàm bậc ba \*/  double coeffs[8] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8};  double min;  min = findminimum(cubics, coeffs);  } |

Sử dụng con trỏ context đồng nghĩa với việc các tham số bổ sung không cần được khắc phục vào hàm trỏ tới, hoặc yêu cầu sử dụng biến toàn cục.

Hàm thư viện qsort() không tuân theo quy tắc này, và bạn thường có thể sử dụng không có context cho các hàm so sánh đơn giản. Nhưng với bất cứ thứ gì phức tạp hơn, con trỏ context trở nên cần thiết.

Xem thêm:

Con trỏ hàm (Function Pointers).

## Gán con trỏ hàm

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  /\* increment: nhận một số, tăng giá trị của nó lên một và trả về kết quả \*/  int increment(int i) {  printf("tang %d len 1\n", i);  return i + 1;  }  /\* decrement: nhận một số, giảm giá trị của nó xuống một và trả về kết quả \*/  int decrement(int i) {  printf("giam %d xuong 1\n", i);  return i - 1;  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  int num = 0; /\* khai báo số để tăng \*/  int (\*fp)(int); /\* khai báo con trỏ hàm \*/  fp = &increment; /\* thiết lập con trỏ hàm trỏ đến hàm increment \*/  num = (\*fp)(num); /\* tăng num lên \*/  num = (\*fp)(num); /\* tăng num lên lần thứ hai \*/  fp = &decrement; /\* thiết lập con trỏ hàm trỏ đến hàm decrement \*/  num = (\*fp)(num); /\* giảm num xuống \*/  printf("num luc nay la: %d\n", num);  return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| tang 0 len 1  tang 1 len 1  giam 2 xuong 1  num luc nay la: 1 |

## Ghi nhớ để viết con trỏ hàm

Tất cả các hàm C trên thực tế đều là các con trỏ tới **một vị trí trong bộ nhớ** chương trình (**địa chỉ**) nơi một số mã tồn tại. Công dụng chính của con trỏ hàm là cung cấp "**gọi lại**" cho các hàm khác (hoặc để mô phỏng các lớp và đối tượng).

Cú pháp của một hàm, như được định nghĩa sâu hơn trên trang này là:

|  |
| --- |
| returnType (\*name)(prameters) |

Một cách ghi nhớ để viết định nghĩa con trỏ hàm là quy trình sau:

1. Bắt đầu bằng cách viết một khai báo hàm bình thường: returnType name(parameters)
2. Bọc tên hàm bằng cú pháp con trỏ: returnType (\*name)(parameters)

## Khái niệm cơ bản

Giống như bạn có thể có một con trỏ tới một int , char , float , array/string , struct , v.v. - bạn có thể có một con trỏ tới một hàm.

**Khai báo con trỏ** nhận **giá trị trả về của hàm**(là địa chỉ), **tên của hàm** và loại **đối số/tham số** mà hàm nhận được

Giả sử bạn khởi tạo và khai báo hàm sau:

|  |
| --- |
| int addInt(int n, int m){  return n + m;  } |

Bạn có thể khai báo và khởi tạo một con trỏ tới hàm này:

|  |
| --- |
| int (\*functionPtrAdd)(int, int) = addInt; // or &addInt - the & is optional  /\*Bởi vì bản chất tên của 1 hàm đã trả về địa chỉ của hàm đó\*/ |

Nếu bạn có 1 **hàm void** thì trông nó sẽ như thế này:

|  |
| --- |
| void Print(void){  printf("look ma' - no hands, only pointers!\n");  } |

Sau đó khai báo con trỏ tới nó sẽ là:

|  |
| --- |
| void (\*functionPtrPrint)(void) = Print; |

Bản thân việc truy cập hàm sẽ yêu cầu dereferencing con trỏ:

|  |
| --- |
| sum = (\*functionPtrAdd)(2, 3); //sẽ gán cho tổng bằng 5  (\*functionPtrPrint)(); //sẽ in văn bản trong hàm Print |

Như đã thấy trong các ví dụ nâng cao hơn trong tài liệu này, việc khai báo một con trỏ tới hàm có thể trở nên lộn xộn nếu hàm được truyền nhiều hơn một vài tham số. Nếu bạn có một vài gợi ý tới các hàm có "cấu trúc" giống hệt nhau (cùng loại giá trị trả về và cùng loại tham số) thì tốt nhất bạn nên sử dụng lệnh **typedef** để tiết kiệm cho bạn một số thao tác gõ và để làm cho mã rõ ràng hơn:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  typedef int (\*ptrInt)(int, int);  int Add(int a, int b){  return a + b;  }  int Multiply(int a, int b){  return a \* b;  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  ptrInt ptr1 = Add;  ptrInt ptr2 = Multiply;  printf("%d \n", (\*ptr1)(2,3)); //sẽ in ra 5  printf("%d \n", (\*ptr2)(2,3)); //sẽ in ra 6  return 0;  } |

Bạn cũng có thể tạo một **Mảng con trỏ hàm**. Nếu tất cả các con trỏ có cùng "cấu trúc":

|  |
| --- |
| int (\*array[2]) (int x, int y); // can hold 2 function pointers  array[0] = Add;  array[1] = Multiply; |

Cũng có thể định nghĩa một mảng các con trỏ hàm thuộc các loại khác nhau, mặc dù điều đó sẽ yêu cầu truyền bất cứ khi nào bạn muốn truy cập vào hàm cụ thể.

# THAM SỐ CỦA HÀM

## Tham số được truyền bằng giá trị (pass by value)

Trong ngôn ngữ lập trình C, tất cả các tham số của hàm được truyền bằng giá trị, điều này đồng nghĩa rằng việc thay đổi giá trị của tham số trong hàm con sẽ không ảnh hưởng đến các biến cục bộ của hàm gọi.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  void modify(int v) {  printf("modify 1: %d\n", v); /\* In kết quả: 0 \*/  v = 42;  printf("modify 2: %d\n", v); /\* In kết quả: 42 \*/  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  int v = 0;  printf("main 1: %d\n", v); /\* In kết quả: 0 \*/  modify(v);  printf("main 2: %d\n", v); /\* In kết quả: 0, không phải 42 \*/  return 0;  } |

Bạn có thể sử dụng con trỏ để cho phép các hàm con thay đổi các biến cục bộ của các hàm gọi. Lưu ý rằng đây không phải là truyền theo tham chiếu (pass by reference) mà chỉ là giá trị con trỏ trỏ tới các biến cục bộ được truyền vào.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  void modify(int\* v) {  printf("modify 1: %d\n", \*v); /\* In kết quả: 0 \*/  \*v = 42;  printf("modify 2: %d\n", \*v); /\* In kết quả: 42 \*/  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  int v = 0;  printf("main 1: %d\n", v); /\* In kết quả: 0 \*/  modify(&v);  printf("main 2: %d\n", v); /\* In kết quả: 42 \*/  return 0;  } |

Tuy nhiên, việc trả về địa chỉ của một biến cục bộ cho hàm gọi sẽ dẫn đến hành vi không xác định (undefined behavior). Xem Dereferencing a pointer to variable beyond its lifetime.

## Truyền mảng vào hàm

|  |
| --- |
| int getListOfFriends(size\_t size, int friend\_indexes[]) {  size\_t i = 0;  for (; i < size; i++) {  friend\_indexes[i] = i;  }  } |

Phiên bản C99 trở lên và phiên bản trước C11:

|  |
| --- |
| /\*Trong phiên bản C99 trở lên, việc sử dụng "void" và VLAs (Variable-Length Arrays)  trong tham số hàm ("int friend\_indexes[static size]")  yêu cầu C99 hoặc cao hơn. Trong C11, VLAs là tùy chọn.\*/  void getListOfFriends(size\_t size, int friend\_indexes[static size]) {  size\_t i = 0;  for (; i < size; i++) {  friend\_indexes[i] = 1;  } |

Ở đây, "static" bên trong dấu [] của tham số hàm yêu cầu rằng mảng đối số phải có ít nhất số phần tử được chỉ định (tức là "size" phần tử). Để có thể sử dụng tính năng này, chúng ta phải đảm bảo tham số "size" xuất hiện trước tham số mảng trong danh sách tham số.

Ta có thể sử dụng hàm "getListOfFriends()" như sau:

|  |
| --- |
| #define LIST\_SIZE (50)  int main(int argc, char\* argv[]) {  size\_t size\_of\_list = LIST\_SIZE;  int friends\_indexes[size\_of\_list];  getListOfFriends(size\_of\_list, friend\_indexes); /\* friend\_indexes decays to a pointer to the address of its 1st element: &friend\_indexes[0] \*/  /\* Here friend\_indexes carries: {0, 1, 2, ..., 49}; \*/  return 0;  } |

**Xem thêm:**

Truyền mảng nhiều chiều cho hàm

## Thứ tự thực thi tham số trong hàm

Thứ tự thực hiện các tham số không được xác định trong lập trình C. Ở đây nó có thể thực hiện từ trái sang phải hoặc từ phải sang trái. Thứ tự phụ thuộc vào việc thực hiện.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  void function(int a, int b) {  printf("%d %d\n", a, b);  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 1;  function(a++, ++a);  return 0;  } |

## Sử dụng tham số con trỏ để trả về nhiều giá trị

Trong ngôn ngữ lập trình C, để dễ dàng mô phỏng việc trả về nhiều giá trị từ một hàm, một cách thông dụng là sử dụng con trỏ.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  void Get(int\* c, double\* d) {  \*c = 72;  \*d = 175.0;  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  int a = 0;  double b = 0.0;  Get(&a, &b);  printf("a: %d, b: %f\n", a, b);  return 0;  } |

## Ví dụ về hàm trả về cấu trúc chứa các giá trị có mã lỗi

Hầu hết các ví dụ về hàm trả về giá trị liên quan đến việc cung cấp con trỏ làm một trong các đối số để cho phép hàm sửa đổi giá trị được trỏ tới, tương tự như sau. Giá trị trả về thực tế của hàm thường là một số kiểu dữ liệu, chẳng hạn như int để cho biết trạng thái của kết quả, cho dù nó có hoạt động hay không.

|  |
| --- |
| int func (int \*pIvalue) {  int iRetStatus = 0; /\* Default status is no change \*/  if (\*pIvalue > 10) {  \*pIvalue = \*pIvalue \* 45; /\* Modify the value pointed to \*/  iRetStatus = 1; /\* indicate value was changed \*/  }    return iRetStatus; /\* Return an error code \*/  } |

Tuy nhiên, bạn cũng có thể sử dụng một struct làm giá trị trả về cho phép bạn trả về cả trạng thái lỗi cùng với các giá trị khác. Ví dụ.

|  |
| --- |
| typedef struct {  int iStat; /\* Mã lỗi trả về \*/  int iValue; /\* Giá trị trả về \*/  } RetValue;  RetValue func(int iValue) {  RetValue iRetStatus = {0, iValue}; /\* Mặc định là không có lỗi \*/    if (iValue > 10) {  iRetStatus.iValue = iValue \* 45; /\* Thay đổi giá trị trả về \*/  iRetStatus.iStat = 1; /\* Đánh dấu rằng giá trị đã được thay đổi \*/  }    return iRetStatus; /\* Trả về cấu trúc chứa mã lỗi và giá trị \*/  } |

Chức năng này sau đó có thể được sử dụng như ví dụ sau.

|  |
| --- |
| int usingFunc(int iValue) {  RetValue iRet = func(iValue);    if (iRet.iStat == 1) {  /\* Làm các việc với iRet.iValue, giá trị được trả về \*/  }    return 0;  } |

Hoặc nó có thể được sử dụng như sau.

|  |
| --- |
| int usingFunc(int iValue) {  RetValue iRet;  if ((iRet = func(iValue)).iStat == 1) {  /\* Làm các việc với iRet.iValue, giá trị được trả về \*/  }    return 0;  } |

# TRUYỀN MỘT MẢNG 2D ĐẾN MỘT HÀM

## Truyền một mảng 2d đến một hàm

Việc chuyển một mảng 2d cho một hàm có vẻ đơn giản và rõ ràng và chúng tôi vui vẻ viết:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #define ROWS 3  #define COLS 2  void fun1(int \*\*, int, int);  int main(int argc, char\* argv[]) {  int array\_2D[ROWS][COLS] = { {1, 2}, {3, 4}, {5, 6} };  int n = ROWS;  int m = COLS;  fun1(array\_2D, n, m);  return EXIT\_SUCCESS;  }  void fun1(int \*\*a, int n, int m) {  int i, j;  for (i = 0; i < n; i++) {  for (j = 0; j < m; j++) {  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, a[i][j]);  }  }  } |

Nhưng trình biên dịch, ở đây GCC trong phiên bản 4.9.4, không đánh giá cao nó.

|  |
| --- |
| $ gcc-4.9 -O3 -g3 -W -Wall -Wextra -std=c11 passarr.c -o passarr  passarr.c: In function ‘main’:  passarr.c:16:8: warning: passing argument 1 of ‘fun1’ from incompatible pointer type  fun1(array\_2D, n, m);  ^  passarr.c:8:6: note: expected ‘int \*\*’ but argument is of type ‘int (\*)[2]’  void fun1(int \*\*, int, int); |

Có hai lý do cho điều này: vấn đề chính là mảng không phải là con trỏ và điều bất tiện thứ hai là cái gọi là **pointer decay**. Việc truyền một mảng cho một hàm sẽ **decay** mảng thành một con trỏ tới phần tử đầu tiên của mảng - trong trường hợp mảng 2D, nó phân rã thành một con trỏ tới hàng đầu tiên vì trong C, các mảng được sắp xếp theo hàng đầu tiên.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #define ROWS 3  #define COLS 2  void fun1(int (\*)[COLS], int, int);  int main(int argc, char\* argv[]) {  int array\_2D[ROWS][COLS] = { {1, 2}, {3, 4}, {5, 6} };  int n = ROWS;  int m = COLS;  fun1(array\_2D, n, m);  return EXIT\_SUCCESS;  }  void fun1(int (\*a)[COLS], int n, int m) {  int i, j;  for (i = 0; i < n; i++) {  for (j = 0; j < m; j++) {  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, a[i][j]);  }  }  } |

Cần phải vượt qua số lượng hàng, chúng không thể được tính toán.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #define ROWS 3  #define COLS 2  void fun1(int (\*)[COLS], int);  int main(int argc, char\* argv[]) {  int array\_2D[ROWS][COLS] = { {1, 2}, {3, 4}, {5, 6} };  int rows = ROWS;  /\* works here because array\_2d is still in scope and still an array \*/  printf("MAIN: %zu\n",sizeof(array\_2D)/sizeof(array\_2D[0]));  fun1(array\_2D, rows);  return EXIT\_SUCCESS;  }  void fun1(int (\*a)[COLS], int rows)  {  int i, j;  int n, m;  n = rows;  /\* Works, because that information is passed (as "COLS").  It is also redundant because that value is known at compile time (in "COLS"). \*/  m = (int) (sizeof(a[0])/sizeof(a[0][0]));    /\* Does not work here because the "decay" in "pointer decay" is meant  literally--information is lost. \*/  printf("FUN1: %zu\n",sizeof(a)/sizeof(a[0]));  for (i = 0; i < n; i++) {  for (j = 0; j < m; j++) {  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, a[i][j]);  }  }  } |

Số lượng cột được xác định trước và do đó cố định tại thời điểm biên dịch, nhưng tiêu chuẩn tiền thân của tiêu chuẩn C hiện tại (đó là ISO/IEC 9899:1999, hiện tại là ISO/IEC 9899:2011) đã triển khai VLA (TODO: liên kết nó) và mặc dù tiêu chuẩn hiện tại làm cho nó trở thành tùy chọn, nhưng hầu hết tất cả các trình biên dịch C hiện đại đều hỗ trợ nó (CẦN LÀM: kiểm tra xem MS Visual Studio có hỗ trợ nó ngay bây giờ không).

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  /\* ALL CHECKS OMMITTED!\*/  void fun1(int (\*)[], int rows, int cols);  int main(int argc, char \*\*argv) {  int rows, cols, i, j;  if(argc != 3){  fprintf(stderr,"Usage: %s rows cols\n",argv[0]);  exit(EXIT\_FAILURE);  }  rows = atoi(argv[1]);  cols = atoi(argv[2]);  int array\_2D[rows][cols];  for (i = 0; i < rows; i++) {  for (j = 0; j < cols; j++) {  array\_2D[i][j] = (i + 1) \* (j + 1);  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, array\_2D[i][j]);  }  }  fun1(array\_2D, rows, cols);  exit(EXIT\_SUCCESS);  }  void fun1(int (\*a)[], int rows, int cols) {  int i, j;  int n, m;  n = rows;  /\* Does not work anymore, no sizes are specified anymore  m = (int) (sizeof(a[0])/sizeof(a[0][0])); \*/  m = cols;  for (i = 0; i < n; i++) {  for (j = 0; j < m; j++) {  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, a[i][j]);  }  }  } |

Điều này không hoạt động, trình biên dịch phàn nàn:

|  |
| --- |
| $ gcc-4.9 -O3 -g3 -W -Wall -Wextra -std=c99 passarr.c -o passarr  passarr.c: In function ‘fun1’:  passarr.c:168:7: error: invalid use of array with unspecified bounds  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, a[i][j]); |

Sẽ rõ ràng hơn một chút nếu chúng ta cố tình tạo ra lỗi trong lời gọi hàm bằng cách thay đổi phần khai báo thành void fun1(int \*\*a, int rows, int cols). Điều đó khiến trình biên dịch phàn nàn theo một cách khác, nhưng không kém phần mơ hồ

|  |
| --- |
| $ gcc-4.9 -O3 -g3 -W -Wall -Wextra -std=c99 passarr.c -o passarr  passarr.c: In function ‘main’:  passarr.c:208:8: warning: passing argument 1 of ‘fun1’ from incompatible pointer type  fun1(array\_2D, rows, cols);  ^  passarr.c:185:6: note: expected ‘int \*\*’ but argument is of type ‘int (\*)[(sizetype)(cols)]’  void fun1(int \*\*, int rows, int cols); |

Chúng ta có thể phản ứng theo nhiều cách, một trong số đó là bỏ qua tất cả và thực hiện một số trò tung hứng con trỏ khó đọc:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  /\* ALL CHECKS OMMITTED!\*/  void fun1(int (\*)[], int rows, int cols);  int main(int argc, char \*\*argv) {  int rows, cols, i, j;  if(argc != 3){  fprintf(stderr,"Usage: %s rows cols\n",argv[0]);  exit(EXIT\_FAILURE);  }  rows = atoi(argv[1]);  cols = atoi(argv[2]);  int array\_2D[rows][cols];  printf("Make array with %d rows and %d columns\n", rows, cols);  for (i = 0; i < rows; i++) {  for (j = 0; j < cols; j++) {  array\_2D[i][j] = i \* cols + j;  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, array\_2D[i][j]);  }  }  fun1(array\_2D, rows, cols);  exit(EXIT\_SUCCESS);  }  void fun1(int (\*a)[], int rows, int cols)  {  int i, j;  int n, m;  n = rows;  m = cols;  printf("\nPrint array with %d rows and %d columns\n", rows, cols);  for (i = 0; i < n; i++) {  for (j = 0; j < m; j++) {  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, \*( (\*a) + (i \* cols + j)));  }  }  } |

Hoặc chúng tôi làm đúng và chuyển thông tin cần thiết cho fun1. Để làm như vậy, chúng ta cần sắp xếp lại các đối số thành fun1: kích thước của cột phải xuất hiện trước khi khai báo mảng. Để giữ cho nó dễ đọc hơn, biến chứa số lượng hàng cũng đã thay đổi vị trí của nó và hiện là biến đầu tiên.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  /\* ALL CHECKS OMMITTED!\*/  void fun1(int rows, int cols, int (\*)[]);  int main(int argc, char \*\*argv) {  int rows, cols, i, j;  if(argc != 3){  fprintf(stderr,"Usage: %s rows cols\n",argv[0]);  exit(EXIT\_FAILURE);  }  rows = atoi(argv[1]);  cols = atoi(argv[2]);  int array\_2D[rows][cols];  printf("Make array with %d rows and %d columns\n", rows, cols);  for (i = 0; i < rows; i++) {  for (j = 0; j < cols; j++) {  array\_2D[i][j] = i \* cols + j;  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, array\_2D[i][j]);  }  }  fun1(rows, cols, array\_2D);  exit(EXIT\_SUCCESS);  }  void fun1(int rows, int cols, int (\*a)[cols])  {  int i, j;  int n, m;  n = rows;  m = cols;  printf("\nPrint array with %d rows and %d columns\n", rows, cols);  for (i = 0; i < n; i++) {  for (j = 0; j < m; j++) {  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, a[i][j]);  }  }  } |

Điều này có vẻ khó xử đối với một số người, những người cho rằng thứ tự của các biến không quan trọng. Đó không phải là vấn đề lớn, chỉ cần khai báo một con trỏ và để nó trỏ đến mảng.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  /\* ALL CHECKS OMMITTED!\*/  void fun1(int rows, int cols, int \*\*);  int main(int argc, char \*\*argv) {  int rows, cols, i, j;  if(argc != 3){  fprintf(stderr,"Usage: %s rows cols\n",argv[0]);  exit(EXIT\_FAILURE);  }  rows = atoi(argv[1]);  cols = atoi(argv[2]);  int array\_2D[rows][cols];  printf("Make array with %d rows and %d columns\n", rows, cols);  for (i = 0; i < rows; i++) {  for (j = 0; j < cols; j++) {  array\_2D[i][j] = i \* cols + j;  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, array\_2D[i][j]);  }  }  // a "rows" number of pointers to "int". Again a VLA  int \*a[rows];  // initialize them to point to the individual rows  for (i = 0; i < rows; i++) {  a[i] = array\_2D[i];  }  fun1(rows, cols, a);  exit(EXIT\_SUCCESS);  }  void fun1(int rows, int cols, int \*\*a) {  int i, j;  int n, m;  n = rows;  m = cols;  printf("\nPrint array with %d rows and %d columns\n", rows, cols);  for (i = 0; i < n; i++) {  for (j = 0; j < m; j++) {  printf("array[%d][%d]=%d\n", i, j, a[i][j]);  }  }  } |

## Sử dụng mảng phẳng làm mảng 2d

Thường thì giải pháp đơn giản nhất chỉ đơn giản là chuyển các mảng 2D và cao hơn xung quanh dưới dạng bộ nhớ phẳng.

|  |
| --- |
| /\* create 2D array with dimensions determined at runtime \*/  double \*matrix = malloc(width \* height \* sizeof(double));  /\* initialise it (for the sake of illustration we want 1.0 on the diagonal) \*/  int x, y;  for (y = 0; y < height; y++)  {  for (x = 0; x < width; x++)  {  if (x == y)  matrix[y \* width + x] = 1.0;  else  matrix[y \* width + x] = 0.0;  }  }  /\* pass it to a subroutine \*/  manipulate\_matrix(matrix, width, height);  /\* do something with the matrix, e.g. scale by 2 \*/  void manipulate\_matrix(double \*matrix, int width, int height)  {  int x, y;  for (y = 0; y < height; y++)  {  for (x = 0; x < width; x++)  {  matrix[y \* width + x] \*= 2.0;  }  }  } |

# XỬ LÝ LỖI

## Errno

Khi một hàm thư viện tiêu chuẩn bị lỗi, thường nó sẽ thiết lập errno thành mã lỗi phù hợp. Tiêu chuẩn C yêu cầu ít nhất 3 giá trị cho errno:

|  |  |
| --- | --- |
| Value | Meaning |
| EDOM | Domain error (Lỗi miền giá trị) |
| ERANGE | Range error (Lỗi phạm vi) |
| EILSEQ | Illegal multi-byte character sequence (Lỗi chuỗi ký tự không hợp lệ nhiều byte) |

## Strerror

Nếu perror không đủ linh hoạt, bạn có thể lấy một mô tả lỗi có thể đọc được bởi người dùng bằng cách gọi strerror từ <string.h>.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <string.h>  #include <stdlib.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  FILE \*fout;  int last\_error = 0;  if ((fout = fopen(argv[1], "w")) == NULL) {  last\_error = errno;  /\* reset errno and continue \*/  errno = 0;  }  /\* thực hiện một số xử lý và thử mở tệp theo cách khác, sau đó \*/  if (last\_error) {  fprintf(stderr, "fopen: Không thể mở %s để ghi: %s", argv[1], strerror(last\_error));  fputs("Chúc may mắn và tiếp tục", stderr);  }  /\* thực hiện một số xử lý khác \*/  return EXIT\_SUCCESS;  } |

## Perror

Để in một thông báo lỗi có thể đọc được bởi người dùng vào stderr, gọi perror từ <stdio.h>.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  FILE \*fout;  if ((fout = fopen(argv[1], "w")) == NULL) {  perror("fopen: Không thể mở tệp để ghi");  return EXIT\_FAILURE;  }  return EXIT\_SUCCESS;  } |

# UNDEFINED BEHAVIOR (HÀNH VI KHÔNG XÁC ĐỊNH)

Trong ngôn ngữ lập trình C, một số biểu thức có thể cho kết quả không xác định (undefined behavior). Tiêu chuẩn của ngôn ngữ C cụ thể quyết định không định nghĩa cách mà một trình biên dịch phải hoạt động nếu nó gặp phải một biểu thức như vậy. Kết quả là, trình biên dịch có quyền tự do thực hiện bất cứ điều gì nó thấy phù hợp và có thể cho ra kết quả hữu ích, kết quả không mong đợi, hoặc thậm chí gây sự cố.

Mã lệnh sử dụng biểu thức gây ra hành vi không xác định có thể hoạt động đúng như mong muốn trên một hệ thống cụ thể với một trình biên dịch cụ thể, nhưng có thể không hoạt động đúng trên hệ thống khác, hoặc với một trình biên dịch khác, phiên bản trình biên dịch khác hoặc cấu hình trình biên dịch khác.

## dereferencing một con trỏ tới biến ngoài thời gian tồn tại của nó

|  |
| --- |
| int\* foo(int bar)  {  int baz = 6;  baz += bar;  return &baz; /\* (&baz) copied to new memory location outside of foo. \*/  } /\* (1) The lifetime of baz and bar end here as they have automatic storage  \* duration (local variables), thus the returned pointer is not valid! \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  int\* p;  p = foo(5); /\* (2) this expression's behavior is undefined \*/  \*p = \*p - 6; /\* (3) Undefined behaviour here \*/  return 0;  } |

Một số trình biên dịch chỉ ra điều này một cách hữu ích. Ví dụ: gcc cảnh báo với:

|  |
| --- |
| warning: function returns address of local variable [-Wreturn-local-addr] |

và **clang** cảnh báo với:

|  |
| --- |
| warning: address of stack memory associated with local variable 'baz' returned  [-Wreturn-stack-address] |

cho đoạn mã trên. Nhưng các trình biên dịch có thể không giúp được mã phức tạp.

1. Returning reference cho biến đã khai báo **static** là hành vi được xác định, vì biến không bị mất đi sau khi rời khỏi hàm hiện tại.
2. Theo ISO/IEC 9899:2011 6.2.4 §2, "Giá trị của một con trỏ trở nên không xác định được khi đối tượng mà nó trỏ tới hết thời gian tồn tại."
3. Dereferencing con trỏ được hàm trả về foo là hành vi không xác định vì bộ nhớ mà nó tham chiếu chứa một **giá trị không xác định**

## Sao chép bộ nhớ chồng chéo

Một loạt các chức năng thư viện tiêu chuẩn có tác dụng sao chép các chuỗi byte từ vùng bộ nhớ này sang vùng bộ nhớ khác. Hầu hết các chức năng này có hành vi không xác định khi vùng nguồn và đích trùng nhau.

Ví dụ về điều này:

|  |
| --- |
| #include <string.h> /\* for memcpy() \*/  char str[19] = "This is an example";  memcpy(str + 7, str, 10); |

... cố gắng sao chép 10 byte trong đó vùng bộ nhớ nguồn và đích chồng lên ba byte. Để hình dung:

|  |
| --- |
| overlapping area  |  \_ \_  | |  v v  T h i s i s a n e x a m p l e \0  ^ ^  | |  | destination  |  source |

Do chồng chéo, hành vi kết quả không được xác định.

Trong số các chức năng thư viện tiêu chuẩn có giới hạn loại này là **memcpy(), strcpy(), strcat(), sprintf()và sscanf()**. Tiêu chuẩn nói về những điều này và một số chức năng khác:

Nếu việc sao chép diễn ra giữa các đối tượng chồng lên nhau, thì hành vi đó không được xác định.

Chức năng này **memmove()**là ngoại lệ chính cho quy tắc này. Định nghĩa của nó xác định rằng hàm hoạt động như thể dữ liệu nguồn trước tiên được sao chép vào bộ đệm tạm thời và sau đó được ghi vào địa chỉ đích. Không có ngoại lệ đối với các vùng nguồn và đích chồng chéo, cũng như không cần có một vùng nào, vì vậy **memmove()**có hành vi được xác định rõ trong những trường hợp như vậy.

Sự khác biệt phản ánh hiệu quả so với . sự đánh đổi tổng thể. Việc sao chép như các chức năng này thực hiện thường xảy ra giữa các vùng bộ nhớ rời rạc và thường có thể biết tại thời điểm phát triển liệu một trường hợp sao chép bộ nhớ cụ thể có thuộc danh mục đó hay không. Giả định không chồng chéo tạo ra các triển khai tương đối hiệu quả hơn mà không tạo ra kết quả chính xác một cách đáng tin cậy khi giả định không đúng. Hầu hết các chức năng thư viện C được phép triển khai hiệu quả hơn và **memmove()**lấp đầy các khoảng trống, phục vụ các trường hợp nguồn và đích có thể hoặc chồng chéo. Tuy nhiên, để tạo ra hiệu ứng chính xác trong mọi trường hợp, nó phải thực hiện các thử nghiệm bổ sung và/hoặc sử dụng một triển khai tương đối kém hiệu quả hơn.

## Signed integer overflow (tràn số nguyên có dấu)

Theo đoạn 6.5/5 của cả C99 và C11, việc đánh giá một biểu thức sẽ tạo ra hành vi không xác định nếu kết quả không phải là giá trị có thể biểu thị của loại biểu thức. Đối với các loại số học, đó được gọi là **overflow**(tràn). Unsigned integer( số nguyên không dấu) không tràn vì áp dụng đoạn 6.2.5/9, khiến bất kỳ kết quả unsigned(không dấu) nào nằm ngoài phạm vi sẽ bị giảm xuống giá trị trong phạm vi. Tuy nhiên, không có quy định tương tự cho các loại số nguyên đã ký ; những thứ này có thể và làm tràn, tạo ra hành vi không xác định. Ví dụ,

|  |
| --- |
| #include <limits.h> /\* to get INT\_MAX \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i = INT\_MAX + 1; /\* Overflow happens here \*/  return 0;  } |

Hầu hết các trường hợp của loại hành vi không xác định này đều khó nhận biết hoặc dự đoán hơn. Về nguyên tắc, tràn có thể phát sinh từ bất kỳ phép toán cộng, trừ hoặc nhân nào trên các số nguyên có dấu (tuân theo các chuyển đổi số học thông thường) khi không có giới hạn hiệu quả hoặc mối quan hệ giữa các toán hạng để ngăn chặn tràn. Ví dụ: chức năng này:

|  |
| --- |
| int square(int x) {  return x \* x; /\* overflows for some values of x \*/  } |

là hợp lý và nó thực hiện đúng đối với các giá trị đối số đủ nhỏ, nhưng hành vi của nó không được xác định đối với các giá trị đối số lớn hơn. Bạn không thể chỉ dựa vào chức năng để đánh giá liệu các chương trình gọi nó có thể hiện hành vi không xác định hay không. Nó phụ thuộc vào những đối số họ chuyển đến nó.

Mặt khác, hãy xem xét ví dụ đơn giản này về số học số nguyên có dấu an toàn chống tràn:

|  |
| --- |
| int zero(int x) {  return x - x; /\* Cannot overflow \*/  } |

Mối quan hệ giữa các toán hạng của toán tử trừ đảm bảo rằng phép trừ không bao giờ bị tràn. Hoặc xem xét ví dụ thực tế hơn một chút này:

|  |
| --- |
| int sizeDelta(FILE \*f1, FILE \*f2) {  int count1 = 0;  int count2 = 0;  while (fgetc(f1) != EOF) count1++; /\* might overflow \*/  while (fgetc(f2) != EOF) count2++; /\* might overflow \*/  return count1 - count2; /\* provided no UB to this point, will not overflow \*/  } |

Miễn là các bộ đếm không tràn riêng lẻ, các toán hạng của phép trừ cuối cùng sẽ không âm. Tất cả sự khác biệt giữa bất kỳ hai giá trị nào như vậy đều có thể biểu thị dưới dạng **int**.

## Sử dụng một biến chưa được khởi tạo

|  |
| --- |
| int a;  printf("%d", a); |

Biến a là một int với thời lượng lưu trữ tự động. Đoạn mã ví dụ trên đang cố in giá trị của một biến chưa được khởi tạo (a chưa bao giờ được khởi tạo). Các biến tự động không được khởi tạo có giá trị không xác định; truy cập những thứ này có thể dẫn đến hành vi không xác định.

**Lưu ý:** Các biến có bộ nhớ cục bộ tĩnh(static) hoặc chuỗi, bao gồm các biến toàn cục không có từ khóa static, được khởi tạo thành 0 hoặc giá trị khởi tạo của chúng. Do đó, những điều sau đây là hợp pháp.

|  |
| --- |
| static int b;  printf("%d", b); |

Một lỗi rất phổ biến là không khởi tạo các biến đóng vai trò là bộ đếm thành 0. Bạn thêm giá trị cho chúng, nhưng vì giá trị ban đầu là rác nên bạn sẽ gọi Hành vi không xác định , chẳng hạn như trong câu hỏi **Compilation on terminal gives off pointer warning and strange symbols.**

**Ví dụ:**

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i, counter;  for(i = 0; i < 10; ++i)  counter += i;  printf("%d\n", counter);  return 0;  } |

**Kết quả**

|  |
| --- |
| C02QT2UBFVH6-lm:~ gsamaras$ gcc main.c -Wall -o main  main.c:6:9: warning: variable 'counter' is uninitialized when used here [-Wuninitialized]  counter += i;  ^~~~~~~  main.c:4:19: note: initialize the variable 'counter' to silence this warning  int i, counter;  ^  = 0  1 warning generated.  C02QT2UBFVH6-lm:~ gsamaras$ ./main  32812 |

Các quy tắc trên cũng được áp dụng cho con trỏ. Ví dụ: các kết quả sau đây trong hành vi không xác định

|  |
| --- |
| int main(void)  {  int \*p;  p++; // Trying to increment an uninitialized pointer.  } |

Lưu ý rằng bản thân đoạn mã trên có thể không gây ra lỗi hoặc lỗi phân đoạn, nhưng việc cố gắng dereference con trỏ này sau đó sẽ gây ra hành vi không xác định.

## Data race

## Đọc giá trị của con trỏ đã được giải phóng

Ngay cả khi chỉ đọc giá trị của một con trỏ đã được giải phóng (nghĩa là không cố gắng hủy đăng ký con trỏ) là hành vi không xác định (UB), VD

|  |
| --- |
| char \*p malloc(5);  free(p);  if(p= NULL) /\* NOTE: even without dereferencing, this may have UB \*/  {  } |

Trích dẫn ISO/IEC 9899:2011 , mục 6.2.4 §2:

[…] Giá trị của một con trỏ trở nên không xác định khi đối tượng mà nó trỏ tới (hoặc chỉ là quá khứ) sắp hết thời gian tồn tại.

Việc sử dụng bộ nhớ không xác định cho bất kỳ thứ gì, kể cả so sánh hoặc số học có vẻ vô hại, có thể có hành vi không xác định nếu giá trị có thể là đại diện bẫy cho các kiểu dữ liệu.

## Sử dụng định dạng không chính xác trong printf

Sử dụng một mã định dạng không chính xác trong đối số đầu tiên để printf gọi hành vi không xác định. Ví dụ: mã bên dưới gọi mã định dạng 1 hành vi không xác định:

|  |
| --- |
| long z = 'B';;  printf("%c \n", z); |

Đây là một ví dụ khác:

|  |
| --- |
| printf("%f \n", z); |

Dòng mã trên là hành vi không xác định. %f biểu thị double. Tuy nhiên 0 là kiểu dữ liệu int.

Lưu ý rằng trình biên dịch của bạn thường có thể giúp bạn tránh những trường hợp như thế này, nếu bạn bật các cờ thích hợp trong quá trình biên dịch ( -Wformat trong clang và gcc). Từ ví dụ cuối cùng:

|  |
| --- |
| warning: format specifies type 'double' but the argument has type  'int' [-Wformat]  printf("%f\n",0);  ~~ ^  %d |

## Sửa đổi chuỗi ký tự

Trong ví dụ mã này, con trỏ **char p** được khởi tạo thành địa chỉ của một chuỗi ký tự. Cố gắng sửa đổi chuỗi ký tự có hành vi không xác định.

|  |
| --- |
| char \*p = "hello world";  p[0] = 'H'; // Undefined behavior |

Tuy nhiên, việc sửa đổi trong một mảng có thể thay đổi char trực tiếp hoặc thông qua một con trỏ đương nhiên không phải là hành vi không xác định, ngay cả khi bộ khởi tạo của nó là một chuỗi ký tự. Sau đây là đúng:

|  |
| --- |
| char a[] = "hello, world";  char \*p = a;  a[0] = 'H';  p[7] = 'W'; |

Đó là bởi vì chuỗi ký tự được sao chép một cách hiệu quả vào mảng mỗi khi mảng được khởi tạo (một lần đối với các biến có thời lượng tĩnh, mỗi lần mảng được tạo cho các biến có thời lượng luồng hoặc tự động — các biến có thời lượng được phân bổ không được khởi tạo) và nó là đúng để sửa đổi nội dung mảng.

## Truyền một con trỏ null để chuyển đổi printf(%s)

Việc %s chuyển đổi printf các trạng thái mà đối số tương ứng là một con trỏ tới phần tử ban đầu của một **mảng kiểu ký tự**. Một con trỏ **null** không trỏ đến phần tử ban đầu của bất kỳ mảng kiểu ký tự nào và do đó hành vi sau đây không được xác định:

|  |
| --- |
| char \*foo = NULL;  printf("%s", foo); /\* undefined behavior \*/ |

Tuy nhiên, hành vi không xác định không phải lúc nào cũng có nghĩa là chương trình gặp sự cố — một số hệ thống thực hiện các bước để tránh sự cố thường xảy ra khi con trỏ **null** bị dereferenced. Ví dụ **Glibc** sẽ in ra kết quả là:

|  |
| --- |
| (null) |

cho đoạn mã trên. Tuy nhiên, thêm (chỉ) một dòng mới vào chuỗi định dạng và bạn sẽ gặp sự cố:

|  |
| --- |
| char \*foo = 0;  printf("%s", foo); /\* undefined behavior \*/ |

Trong trường hợp này điều này xảy ra do GCC có một tối ưu hóa chuyển printf("%s\n", argument);thành lệnh gọi tới puts với puts(argument)và puts trong Glibc không xử lý các con trỏ **null**. Tất cả hành vi này là tiêu chuẩn phù hợp.

Lưu ý rằng con trỏ null khác với một chuỗi rỗng . Vì vậy, những điều sau đây là hợp lệ và không có hành vi không xác định. Nó sẽ chỉ in một dòng mới :

|  |
| --- |
| char \*foo = ' ';  printf("%s", foo); /\* undefined behavior \*/ |

## Sửa đổi bất kì đối tượng nào nhiều lần giữa hai sequence points

|  |
| --- |
| int i = 42;  i = i++; /\* Assignment changes variable, post-increment as well \*/  int a = i++ + i--; |

Mã như thế này thường dẫn đến suy đoán về "giá trị kết quả" của i. Tuy nhiên, thay vì chỉ định một kết quả, các tiêu chuẩn C chỉ định rằng việc đánh giá một biểu thức như vậy sẽ tạo ra hành vi không xác định . Trước C2011, tiêu chuẩn đã chính thức hóa các quy tắc này theo cái gọi là các điểm trình tự :

Giữa điểm thứ tự trước đó và tiếp theo, một đối tượng vô hướng sẽ có giá trị được lưu trữ của nó được sửa đổi nhiều nhất một lần bằng cách đánh giá một biểu thức. Hơn nữa, giá trị trước sẽ chỉ được đọc để xác định giá trị được lưu trữ.

(Tiêu chuẩn C99, mục 6.5, khoản 2)

Sơ đồ đó tỏ ra hơi thô, dẫn đến một số biểu thức thể hiện hành vi không xác định đối với C99 mà lẽ ra không nên làm. C2011 giữ lại các điểm trình tự, nhưng giới thiệu một cách tiếp cận nhiều sắc thái hơn cho lĩnh vực này dựa trên trình tự và mối quan hệ mà nó gọi là "trình tự trước đó":

Nếu một tác dụng phụ trên một đối tượng vô hướng không được sắp xếp theo trình tự so với một tác dụng phụ khác trên cùng một đối tượng vô hướng hoặc một phép tính giá trị sử dụng giá trị của cùng một đối tượng vô hướng, thì hành vi đó sẽ không được xác định. Nếu có nhiều thứ tự cho phép của các biểu thức con của một biểu thức, hành vi sẽ không được xác định nếu tác dụng phụ không được sắp xếp theo trình tự như vậy xảy ra trong bất kỳ thứ tự nào.

(Chuẩn C2011, mục 6.5, khoản 2)

Các chi tiết đầy đủ của mối quan hệ "được giải trình tự trước" quá dài để mô tả ở đây, nhưng chúng bổ sung cho các điểm trình tự hơn là thay thế chúng, vì vậy chúng có tác dụng xác định hành vi cho một số đánh giá mà hành vi của chúng trước đây không được xác định. Cụ thể, nếu có một điểm trình tự giữa hai đánh giá, thì điểm trước điểm trình tự là "xếp thứ tự trước" điểm sau.

Ví dụ sau có hành vi được xác định rõ:

|  |
| --- |
| int i = 42;  i = (i++, i+42); /\* The comma-operator creates a sequence point \*/ |

Hành vi dưới đây là không xác định

|  |
| --- |
| int i = 42;  printf("%d %d\n", i++, i++); /\* commas as separator of function arguments are not comma-operators \*/ |

Như với bất kỳ dạng hành vi không xác định nào, việc quan sát hành vi thực tế của việc đánh giá các biểu thức vi phạm các quy tắc sắp xếp thứ tự không mang tính thông tin, ngoại trừ theo nghĩa hồi cứu. Tiêu chuẩn ngôn ngữ không cung cấp cơ sở để mong đợi những quan sát như vậy có thể dự đoán ngay cả về hành vi trong tương lai của cùng một chương trình.

## Giải phóng bộ nhớ hai lần

Giải phóng bộ nhớ 2 lần là hành vi không xác định:

|  |
| --- |
| int \* x = malloc(sizeof(int));  \*x = 9;  free(x);  free(x); |

Trích dẫn từ tiêu chuẩn (7.20.3.2. Chức năng miễn phí của C99):

Mặt khác, nếu đối số không khớp với một con trỏ trước đó được trả về bởi hàm calloc, malloc hoặc realloc hoặc nếu không gian đã được giải phóng bằng lệnh gọi free hoặc realloc, thì hành vi đó sẽ không được xác định.

## DỊCH CHUYỂN BIT BẰNG CÁCH SỬ DỤNG SỐ ÂM HOẶC VƯỢT QUÁ CHIỀU RỘNG CỦA KIỂU DỮ LIỆU

Nếu giá trị đếm thay đổi là một **giá trị âm** thì cả thao tác dịch bit trái và dịch bit phải đều không xác định

|  |
| --- |
| int x = 5 << -3; /\* undefined \*/  int x = 5 >> -3; /\* undefined \*/ |

Nếu dịch trái được thực hiện trên một **giá trị âm**, nó không được xác định:

|  |
| --- |
| int x = -5 << 3; /\* undefined \*/ |

Nếu dịch trái được thực hiện trên một giá trị dương và kết quả của giá trị toán học không thể biểu diễn trong kiểu dữ liệu, nó không xác định1:

|  |
| --- |
| /\* Assuming an int is 32-bits wide, the value '5 \* 2^72' doesn't fit  \* in an int. So, this is undefined. \*/    int x = 5 << 72; |

Lưu ý rằng dịch chuyển phải trên một giá trị âm (ví dụ: -5 >> 3) **không** phải là không xác định mà được **xác định theo triển khai.**

1 Trích dẫn ISO/IEC 9899:201x , mục 6.5.7:

Nếu giá trị của toán hạng bên phải là âm hoặc lớn hơn hoặc bằng chiều rộng của toán hạng bên trái được thăng cấp, hành vi không được xác định.

## Quay lại từ một hàm được khai báo bằng bộ xác định hàm ‘\_noreturn’ hoặc ‘noreturn’

C11

Trình xác định chức năng \_Noreturnđã được giới thiệu trong C11. Tiêu đề <stdnoreturn.h>cung cấp một macro noreturnmở rộng thành \_Noreturn. Vì vậy, sử dụng \_Noreturnhoặc noreturntừ <stdnoreturn.h>là tốt và tương đương.

Một chức năng được khai báo với \_Noreturn (hoặc noreturn) không được phép trả về trình gọi của nó. Nếu một chức năng như vậy quay trở lại trình gọi của nó, thì hành vi đó không được xác định.

Trong ví dụ sau, func()được khai báo với noreturntrình xác định nhưng nó trả về trình gọi của nó.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <stdnoreturn.h>  noreturn void func(void);  void func(void) {  printf("In func()...\n");  } /\* Undefined behavior as func() returns \*/  int main(int argc, char\* argv[]) {  func();  return 0; |

**Gcc** và **clang** đưa ra các cảnh báo cho chương trình trên:

|  |
| --- |
| $ gcc test.c  test.c: In function ‘func’:  test.c:9:1: warning: ‘noreturn’ function does return  }  ^  $ clang test.c  test.c:9:1: warning: function declared 'noreturn' should not return [-Winvalid-noreturn]  }  ^ |

Một ví dụ sử dụng **noreturn** có hành vi được xác định rõ:

|  |
| --- |
| include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <stdnoreturn.h>  noreturn void my\_exit(void);  /\* calls exit() and doesn't return to its caller. \*/  void my\_exit(void)  {  printf("Exiting...\n");  exit(0);  }  int main(void) {  my\_exit();  return 0;  } |

## TRUY CẬP BỘ NHỚ NGOÀI VÙNG NHỚ ĐƯỢC PHÂN BỔ

Một con trỏ tới một phần bộ nhớ chứa ncác phần tử chỉ có thể được hủy đăng ký nếu nó nằm trong phạm vi memoryvà memory + (n - 1). Hủy bỏ hội nghị một con trỏ bên ngoài phạm vi đó dẫn đến hành vi không xác định. Như một ví dụ, hãy xem xét đoạn mã sau:

|  |
| --- |
| int array[3];  int \*beyond\_array = array + 3;  \*beyond\_array = 0; /\* Accesses memory that has not been allocated. \*/ |

Dòng thứ ba truy cập phần tử thứ 4 trong một mảng chỉ dài 3 phần tử, dẫn đến hành vi không xác định. Tương tự, hành vi của dòng thứ hai trong đoạn mã sau cũng không được xác định rõ:

|  |
| --- |
| int array[3];  array[3] = 0; |

Lưu ý rằng việc trỏ qua phần tử cuối cùng của một mảng không phải là hành vi không xác định ( beyond\_array = array + 3 được xác định rõ ở đây), mà là dereferencing ( \*beyond\_array là hành vi không xác định). Quy tắc này cũng áp dụng cho bộ nhớ được cấp phát động (chẳng hạn như bộ đệm được tạo thông qua malloc).

## THAY ĐỔI BIẾN CONST THÔNG QUA CON TRỎ

|  |
| --- |
| int main (void)  {  const int foo\_readonly = 10;  int \*foo\_ptr;  foo\_ptr = (int \*)&foo\_readonly; /\* (1) This casts away the const qualifier \*/  \*foo\_ptr = 20; /\* This is undefined behavior \*/  return 0;  } |

Trích dẫn ISO/IEC 9899:201x , mục 6.7.3 §2:

Nếu một nỗ lực được thực hiện để sửa đổi một đối tượng được xác định bằng loại đủ điều kiện const thông qua việc sử dụng một giá trị có loại không đủ điều kiện const, hành vi đó sẽ không được xác định. […]

(1) Trong GCC, điều này có thể đưa ra cảnh báo sau: warning: assignment discards ‘const’ qualifier from pointer target type [-Wdiscarded-qualifiers]

## Đọc một đối tượng chưa khởi tạo không được hỗ trợ bởi bộ nhớ

C11

Đọc một đối tượng sẽ gây ra hành vi không xác định, nếu đối tượng là 1 :

* chưa khởi tạo
* được xác định với thời lượng lưu trữ tự động
* địa chỉ của nó không bao giờ được thực hiện

Biến a trong ví dụ dưới đây thỏa mãn tất cả các điều kiện đó:

|  |
| --- |
| void Function(void) {  int a;  int b = a;  } |

1 (Trích dẫn từ: ISO:IEC 9899:201X 6.3.2.1 Giá trị, mảng và bộ chỉ định hàm 2)

Nếu giá trị chỉ định một đối tượng có thời lượng lưu trữ tự động có thể đã được khai báo với lớp lưu trữ thanh ghi (chưa bao giờ lấy địa chỉ của nó) và đối tượng đó chưa được khởi tạo (không được khai báo bằng trình khởi tạo và không có sự gán cho nó trước khi sử dụng), hành vi này không được xác định.

## PHÉP CỘNG HOẶC PHÉP TRỪ CON TRỎ KHÔNG ĐƯỢC GIỚI HẠN ĐÚNG CÁCH

Đoạn mã sau có hành vi không xác định

|  |
| --- |
| char buffer[6] = "hello";  char \*ptr1 = buffer - 1; /\* undefined behavior \*/  char \*ptr2 = buffer + 5; /\* OK, pointing to the '\0' inside the array \*/  char \*ptr3 = buffer + 6; /\* OK, pointing to just beyond \*/  char \*ptr4 = buffer + 7; /\* undefined behavior \*/ |

Theo C11, nếu phép cộng hoặc phép trừ một con trỏ vào hoặc vượt ra ngoài, một đối tượng mảng và một kiểu số nguyên tạo ra kết quả không trỏ vào hoặc vượt ra ngoài, cùng một đối tượng mảng, thì hành vi đó không được xác định (6.5.6 ).

Ngoài ra, đó là hành vi không được xác định một cách tự nhiên để dereference một con trỏ trỏ đến bên ngoài mảng:

|  |
| --- |
| char buffer[6] = "hello";  char \*ptr3 = buffer + 6; /\* OK, pointing to just beyond \*/  char value = \*ptr3; /\* undefined behavior \*/ |

## DEREFERENCING CON TRỎ NULL

Đây là một ví dụ về dereferencing hội thảo một con trỏ NULL, gây ra hành vi không xác định.

|  |
| --- |
| int \*pointer = NULL;  int value = \*pointer; /\* Dereferencing happens here \*/ |

Một NULLcon trỏ được đảm bảo theo tiêu chuẩn C để so sánh bất bình đẳng với bất kỳ con trỏ nào với một đối tượng hợp lệ và việc dereferencing nó gọi hành vi không xác định.

## SỬ DỤNG FFLUSH TRÊN LUỒNG ĐẦU VÀO

Các tiêu chuẩn POSIX và C nêu rõ rằng việc sử dụng fflushtrên luồng đầu vào là hành vi không xác định. Chỉ được fflushxác định cho các luồng đầu ra.

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i;  char input[4096];  scanf("%i", &i);  fflush(stdin); // <-- undefined behavior  gets(input);  return 0;  } |

Không có cách tiêu chuẩn nào để loại bỏ các ký tự chưa đọc khỏi luồng đầu vào. Mặt khác, một số triển khai sử dụng fflush để xóa stdin bộ đệm. Microsoft xác định hành vi của fflush luồng đầu vào: Nếu luồng đang mở để nhập, fflush hãy xóa nội dung của bộ đệm. Theo POSIX.1-2008, hành vi của fflushkhông được xác định trừ khi tệp đầu vào có thể tìm kiếm được.

Xem sử dụng fflush(stdin) để biết thêm chi tiết.

## Liên kết không nhất quán của các định danh

|  |
| --- |
| extern int var;  static int var; /\* Undefined behaviour \*/ |

C11, §6.2.2, 7 nói:

Nếu, trong một đơn vị dịch thuật, cùng một mã định danh xuất hiện với cả liên kết bên trong và bên ngoài, thì hành vi đó là không xác định.

Lưu ý rằng nếu một khai báo trước của một mã định danh hiển thị thì nó sẽ có liên kết của khai báo trước đó. C11, §6.2.2, 4 cho phép:

Đối với một mã định danh được khai báo với mã định danh lớp lưu trữ bên ngoài trong phạm vi hiển thị khai báo trước của mã định danh đó,31) nếu khai báo trước đó chỉ định liên kết bên trong hoặc bên ngoài, thì liên kết của mã định danh ở khai báo sau giống như liên kết được chỉ định tại khai báo trước đó. Nếu không có khai báo trước nào hiển thị hoặc nếu khai báo trước không chỉ định liên kết, thì mã định danh có liên kết bên ngoài.

|  |
| --- |
| /\* 1. This is NOT undefined \*/  static int var;  extern int var;  /\* 2. This is NOT undefined \*/  static int var;  static int var;  /\* 3. This is NOT undefined \*/  extern int var;  extern int var; |

## Thiếu câu lệnh return trong câu lệnh trả về giá trị

|  |
| --- |
| int foo(void) {  /\* do stuff \*/  /\* no return here \*/  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* Trying to use the (not) returned value causes UB \*/  int value = foo();  return 0;  } |

Khi một hàm được khai báo để trả về một giá trị thì nó phải làm như vậy trên mọi đường dẫn mã có thể đi qua nó. Hành vi không xác định xảy ra ngay khi người gọi (đang mong đợi giá trị trả về) cố gắng sử dụng giá trị trả về 1 .

Lưu ý rằng hành vi không xác định chỉ xảy ra nếu người gọi cố gắng sử dụng/truy cập giá trị từ hàm. Ví dụ,

|  |
| --- |
| int foo(void) {  /\* do stuff \*/  /\* no return here \*/  }  int main(int argc, char\* argv[]) {  /\* The value (not) returned from foo() is unused. So, this program  \* doesn't cause \*undefined behaviour\*. \*/  foo();  return 0; |

C99

Hàm main()là một ngoại lệ đối với quy tắc này ở chỗ nó có thể bị kết thúc mà không có câu lệnh trả về vì giá trị trả về giả định của 0 sẽ tự động được sử dụng trong trường hợp này 2 .

1 ( ISO/IEC 9899:201x , 6.9.1/12)

Nếu đạt đến } kết thúc một hàm và giá trị của lệnh gọi hàm được sử dụng bởi người gọi, thì hành vi đó không được xác định.

2 ( ISO/IEC 9899:201x , 5.1.2.2.3/1)

đến } kết thúc chức năng chính trả về giá trị 0

## CHIA CHO SỐ 0

|  |
| --- |
| int x = 0;  int b = (8 / x); /\* integer division \*/ |

Hoặc

|  |
| --- |
| double x = 0.0;  double y = 5.0 / x; /\* floating point division \*/ |

Hoặc

|  |
| --- |
| int x = 0;  int y = 5 % x; /\* modulo operation \*/ |

Đối với dòng thứ hai trong mỗi ví dụ, trong đó giá trị của toán hạng thứ hai (x) bằng 0, hành vi không được xác định.

Lưu ý rằng hầu hết các triển khai toán học dấu phẩy động sẽ tuân theo một tiêu chuẩn (ví dụ: IEEE 754), trong trường hợp đó, các hoạt động như chia cho 0 sẽ có kết quả nhất quán (ví dụ: INFINITY) mặc dù tiêu chuẩn C cho biết hoạt động này không được xác định.

## Chuyển đổi giữa các loại con trỏ tạo ra kết quả được căn chỉnh không chính xác

Những điều sau đây có thể có hành vi không xác định do căn chỉnh con trỏ không chính xác:

|  |
| --- |
| char \*memory\_block = calloc(sizeof(uint32\_t) + 1, 1);  uint32\_t \*intptr = (uint32\_t\*)(memory\_block + 1); /\* possible undefined behavior \*/  uint32\_t mvalue = \*intptr; |

Hành vi không xác định xảy ra khi con trỏ được chuyển đổi. Theo C11, nếu chuyển đổi giữa hai loại con trỏ tạo ra kết quả được căn chỉnh không chính xác (6.3.2.3), thì hành vi đó là không xác định. uint32\_t Ví dụ, ở đây có thể yêu cầu căn chỉnh 2 hoặc 4.

callocmặt khác, được yêu cầu trả về một con trỏ được căn chỉnh phù hợp cho bất kỳ loại đối tượng nào; do đó memory\_blockđược căn chỉnh chính xác để chứa an uint32\_ttrong phần ban đầu của nó. Sau đó, trên một hệ thống uint32\_tcó yêu cầu căn chỉnh 2 hoặc 4, memory\_block + 1sẽ là một địa chỉ lẻ và do đó không được căn chỉnh chính xác.

Quan sát rằng các yêu cầu tiêu chuẩn C đã thực hiện thao tác truyền không được xác định. Điều này được áp đặt bởi vì trên các nền tảng nơi địa chỉ được phân đoạn, địa chỉ byte memory\_block + 1 thậm chí có thể không có biểu diễn đúng dưới dạng con trỏ số nguyên.

Truyền char \*tới các con trỏ tới các loại khác mà không có bất kỳ mối quan tâm nào đối với các yêu cầu căn chỉnh đôi khi được sử dụng không chính xác để giải mã các cấu trúc được đóng gói như tiêu đề tệp hoặc gói mạng.

memcpy:

|  |
| --- |
| memcpy(&mvalue, memory\_block + 1, sizeof mvalue); |

Ở đây không có chuyển đổi con trỏ uint32\_t\*diễn ra và các byte được sao chép từng cái một.

Hoạt động sao chép này cho ví dụ của chúng tôi chỉ dẫn đến giá trị hợp lệ của mvaluevì:

* Chúng tôi đã sử dụng calloc, vì vậy các byte được khởi tạo đúng cách. Trong trường hợp của chúng tôi, tất cả các byte đều có giá trị 0, nhưng bất kỳ cách khởi tạo thích hợp nào khác sẽ làm được.
* uint32\_tlà một loại chiều rộng chính xác và không có bit đệm
* Bất kỳ mẫu bit tùy ý nào cũng là biểu diễn hợp lệ cho bất kỳ loại không dấu nào.

## Sửa đổi chuỗi được trả về bởi các hàm getenv, strerror, và setlocale

Sửa đổi các chuỗi được trả về bởi các hàm tiêu chuẩn và getenv()không được xác định. Vì vậy, việc triển khai có thể sử dụng lưu trữ tĩnh cho các chuỗi này.strerror()setlocale()

Hàm getenv(), C11, §7.22.4.7, 4 , cho biết:

Hàm getenv trả về một con trỏ tới một chuỗi được liên kết với thành viên danh sách phù hợp. Chuỗi được trỏ tới sẽ không bị chương trình sửa đổi, nhưng có thể bị ghi đè bởi lệnh gọi hàm getenv tiếp theo.

Hàm strerror(), C11, §7.23.6.3, 4 cho biết:

Hàm strerror trả về một con trỏ tới chuỗi, nội dung của nó là đặc trưng cục bộ. Mảng được trỏ tới sẽ không bị chương trình sửa đổi, nhưng có thể bị ghi đè bởi lệnh gọi hàm strerror tiếp theo.

Hàm setlocale(), C11, §7.11.1.1, 8 nói:

Con trỏ tới chuỗi được hàm setlocale trả về sao cho cuộc gọi tiếp theo với giá trị chuỗi đó và danh mục được liên kết của nó sẽ khôi phục phần ngôn ngữ đó của chương trình. Chuỗi được trỏ tới sẽ không bị chương trình sửa đổi, nhưng có thể bị ghi đè bởi lệnh gọi tiếp theo tới hàm setlocale.

Tương tự, localeconv()hàm trả về một con trỏ struct lconvkhông được sửa đổi.

Hàm localeconv(), C11, §7.11.2.1, 8 cho biết:

Hàm localeconv trả về một con trỏ tới đối tượng được điền vào. Cấu trúc được trỏ tới bởi giá trị trả về sẽ không bị chương trình sửa đổi, nhưng có thể bị ghi đè bởi một lệnh gọi tiếp theo tới hàm localeconv.

# TẠO SỐ NGẪU NHIÊN

## Tạo số ngẫu nhiên cơ bản

Trong ngôn ngữ lập trình C, chúng ta có thể sử dụng hàm **rand()** để tạo ra một số nguyên giả ngẫu nhiên trong khoảng từ **0** đến **RAND\_MAX** (bao gồm cả 0 và RAND\_MAX).

Để khởi tạo trình tạo số ngẫu nhiên giả, chúng ta sử dụng hàm **srand(int)**. Mỗi khi ta khởi tạo **rand()** với cùng một giá trị, nó sẽ tạo ra cùng một chuỗi các số ngẫu nhiên. Do đó, trước khi gọi **rand(),** chúng ta chỉ nên khởi tạo bộ tạo số ngẫu nhiên một lần duy nhất. Không nên lặp đi lặp lại việc khởi tạo, hoặc khởi tạo lại mỗi khi muốn tạo một loạt số ngẫu nhiên mới.

Thường thì, chúng ta sử dụng kết quả của hàm **time(NULL)** làm giá trị hạt giống. Nếu chương trình của bạn yêu cầu một chuỗi số ngẫu nhiên xác định, bạn có thể sử dụng cùng một giá trị hạt giống mỗi lần bắt đầu chương trình. Thông thường, điều này không cần thiết cho mã chính, nhưng nó rất hữu ích trong quá trình gỡ lỗi để tái tạo các lỗi.

Nên nhớ luôn khởi tạo bộ tạo số ngẫu nhiên. Nếu không được khởi tạo, nó sẽ hoạt động như đã được khởi tạo với **srand(1)**.

Dưới đây là một ví dụ minh họa:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  #include <time.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  int i;  srand(time(NULL));  i = rand();  printf("Random value between [0, %d]: %d\n", RAND\_MAX, i);  return 0;  } |

**Kết quả:**

|  |
| --- |
| Random value between [0, 32767]: 29654 |

**Ghi chú:**

Tiêu chuẩn C không đảm bảo chất lượng của chuỗi ngẫu nhiên được tạo ra bởi rand(). Trong quá khứ, một số phiên bản của **rand()** đã có vấn đề nghiêm trọng về phân phối và tính ngẫu nhiên của các số được tạo ra. Việc sử dụng **rand()** không được khuyến nghị cho nhu cầu tạo số ngẫu nhiên nghiêm túc, chẳng hạn như trong mật mã học.

## Trình tạo đồng dư được hoán vị

Đây là một trình tạo số ngẫu nhiên độc lập không dựa vào **rand()**hoặc các chức năng thư viện tương tự.

Tại sao bạn muốn một điều như vậy? Có thể bạn không tin tưởng trình tạo số ngẫu nhiên dựng sẵn trên nền tảng của mình hoặc có thể bạn muốn một nguồn ngẫu nhiên có thể tái tạo độc lập với bất kỳ triển khai thư viện cụ thể nào.

Mã này là PCG32 từ pcg-random.org , một RNG hiện đại, nhanh, có mục đích chung với các thuộc tính thống kê xuất sắc. Nó không an toàn về mặt mật mã, vì vậy đừng sử dụng nó để mã hóa.

|  |
| --- |
| #include <stdint.h>  /\* \*Really\* minimal PCG32 code / (c) 2014 M.E. O'Neill / pcg-random.org  \* Licensed under Apache License 2.0 (NO WARRANTY, etc. see website) \*/  typedef struct { uint64\_t state; uint64\_t inc; } pcg32\_random\_t;  uint32\_t pcg32\_random\_r(pcg32\_random\_t\* rng) {  uint64\_t oldstate = rng->state;  /\* Advance internal state \*/  rng->state = oldstate \* 6364136223846793005ULL + (rng->inc | 1);  /\* Calculate output function (XSH RR), uses old state for max ILP \*/  uint32\_t xorshifted = ((oldstate >> 18u) ^ oldstate) >> 27u;  uint32\_t rot = oldstate >> 59u;  return (xorshifted >> rot) | (xorshifted << ((-rot) & 31));  }  void pcg32\_srandom\_r(pcg32\_random\_t\* rng, uint64\_t initstate, uint64\_t initseq) {  rng->state = 0U;  rng->inc = (initseq << 1u) | 1u;  pcg32\_random\_r(rng);  rng->state += initstate;  pcg32\_random\_r(rng);  } |

Và đây là cách gọi nó

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  int main(int argc, char\* argv[]) {  pcg32\_random\_t rng; /\* RNG state \*/  int i;  /\* Seed the RNG \*/  pcg32\_srandom\_r(&rng, 42u, 54u);  /\* Print some random 32-bit integers \*/  for (i = 0; i < 6; i++)  printf("0x%08x\n", pcg32\_random\_r(&rng));    return 0;  } |

## THẾ HỆ XORSHIFT

Một giải pháp thay thế tốt và dễ dàng cho **rand()**các thủ tục còn thiếu sót là **xorshift** , một lớp trình tạo số giả ngẫu nhiên do George Marsaglia phát hiện . Trình tạo xorshift là một trong những trình tạo số ngẫu nhiên không bảo mật bằng mật mã nhanh nhất. Thông tin thêm và các triển khai ví dụ khác có sẵn trên trang Wikipedia xorshift

**Thực hiện ví dụ:**

|  |
| --- |
| #include <stdint.h>  /\* These state variables must be initialised so that they are not all zero. \*/  uint32\_t w, x, y, z;  uint32\_t xorshift128(void)  {  uint32\_t t = x;  t ^= t << 11U;  t ^= t >> 8U;  x = y; y = z; z = w;  w ^= w >> 19U;  w ^= t;  return w;  } |

## HẠN CHẾ TẠO TRONG MỘT PHẠM VI NHẤT ĐỊNH

Thường khi tạo các số ngẫu nhiên, việc tạo các số nguyên trong một phạm vi cụ thể hoặc giá trị p (xác suất) nằm trong khoảng từ 0.0 đến 1.0 là hữu ích. Trong khi phép chia lấy dư (modulus) có thể được sử dụng để chuyển đổi giá trị hạt giống thành một số nguyên nhỏ, điều này sẽ sử dụng các bit thấp, thường dẫn đến chu kỳ ngắn, gây hiện tượng lệch phân phối nhỏ nếu N lớn so với RAND\_MAX.

Đoạn mã sau định nghĩa một macro để tạo một giá trị p trong khoảng từ 0.0 đến 1.0 - epsilon:

|  |
| --- |
| #define uniform() (rand() / (RAND\_MAX + 1.0)) |

Sau đó, ta có thể sử dụng nó để tạo một số nguyên ngẫu nhiên thuộc phạm vi từ 0 đến N - 1:

|  |
| --- |
| i = (int)(uniform() \* N) |

Tuy nhiên, có một lỗi kỹ thuật, đó là RAND\_MAX có thể lớn hơn giá trị mà một biến kiểu double có thể biểu diễn chính xác. Điều này có nghĩa là RAND\_MAX + 1.0 được đánh giá thành RAND\_MAX và đôi khi hàm sẽ trả về giá trị 1.0. Tuy nhiên, khả năng xảy ra điều này là thấp và không đáng kể.

Nếu bạn cần tính toán chính xác hơn, bạn có thể xem xét việc sử dụng một bộ tạo số ngẫu nhiên có chất lượng cao hơn, nhưng điều này không phải là vấn đề lớn nếu bạn chỉ cần một phân phối số ngẫu nhiên đơn giản và không chính xác.

# TIỀN XỬ LÝ VÀ MACRO

Tất cả các lệnh tiền xử lý đều bắt đầu với ký tự # (ký tự gạch chéo ngược). Một macro trong ngôn ngữ lập trình C là một lệnh tiền xử lý được định nghĩa bằng cách sử dụng chỉ thị tiền xử lý #define. Trong giai đoạn tiền xử lý, trình tiền xử lý C (là một phần của trình biên dịch C) đơn giản chỉ thay thế nội dung của macro bất cứ khi nào tên của nó xuất hiện.

## Header include guards

Hầu hết các tệp header đều nên tuân theo cách sử dụng include guard như sau:

**my-header-file.h**

|  |
| --- |
| #ifndef MY\_HEADER\_FILE\_H  #define MY\_HEADER\_FILE\_H  // Nội dung mã cho tệp header  #endif |

Điều này đảm bảo rằng khi bạn sử dụng #include "my-header-file.h" ở nhiều nơi, bạn sẽ không nhận được các khai báo trùng lặp của hàm, biến, v.v. Giả sử có cấu trúc như sau:

**header-1.h**

|  |
| --- |
| typedef struct {  // ...  } MyStruct;  int myFunction(MyStruct \*value); |

**header-2.h**

|  |
| --- |
| #include "header-1.h"  int myFunction2(MyStruct \*value); |

**main.c**

|  |
| --- |
| #include "header-1.h"  #include "header-2.h"  int main(int argc, char\* argv[]) {  // thực hiện một số thao tác  } |

Đoạn mã trên có một vấn đề nghiêm trọng: nội dung chi tiết của MyStruct được định nghĩa hai lần, điều này không được phép. Điều này dẫn đến lỗi biên dịch khó tìm kiếm, vì một tệp tiêu đề bao gồm một tệp khác. Nếu bạn thay thế bằng "đặt cờ bảo vệ tiêu đề" như sau:

**File header-1.h**

|  |
| --- |
| #ifndef HEADER\_1\_H  #define HEADER\_1\_H  typedef struct {  // ...  } MyStruct;  int myFunction(MyStruct \*value);  #endif |

**File header-2.h**

|  |
| --- |
| #ifndef HEADER\_2\_H  #define HEADER\_2\_H  #include "header-1.h"  int myFunction2(MyStruct \*value);  #endif |

**File main.c**

|  |
| --- |
| #include "header-1.h"  #include "header-2.h"  int main() {  // thực hiện một số thao tác  } |

Khi đó, quá trình tiền xử lý sẽ trở thành:

|  |
| --- |
| #ifndef HEADER\_1\_H  #define HEADER\_1\_H  typedef struct {  // ...  } MyStruct;  int myFunction(MyStruct \*value);  #endif  #ifndef HEADER\_2\_H  #define HEADER\_2\_H  #ifndef HEADER\_1\_H  #define HEADER\_1\_H  typedef struct {  // ...  } MyStruct;  int myFunction(MyStruct \*value);  #endif  int myFunction2(MyStruct \*value);  #endif  int main() {  // thực hiện một số thao tác  } |

Khi trình biên dịch đến lần thứ hai của "header-1.h", HEADER\_1\_H đã được định nghĩa từ lần bao gồm trước đó. Vì vậy, nó sẽ thu gọn thành:

|  |
| --- |
| #define HEADER\_1\_H  typedef struct {  // ...  } MyStruct;  int myFunction(MyStruct \*value);  #define HEADER\_2\_H  int myFunction2(MyStruct \*value);  int main() {  // thực hiện một số thao tác  } |

Và do đó, không có lỗi biên dịch nữa.

Lưu ý: Có nhiều quy ước khác nhau cho việc đặt tên "đặt cờ bảo vệ tiêu đề". Một số người thích đặt tên là HEADER\_2\_H\_, trong khi một số người bao gồm tên dự án như MY\_PROJECT\_HEADER\_2\_H. Quan trọng là đảm bảo rằng quy ước bạn tuân thủ giúp mỗi tệp trong dự án của bạn có một "đặt cờ bảo vệ tiêu đề" duy nhất.

Nếu chi tiết cấu trúc không được bao gồm trong tệp tiêu đề, kiểu được khai báo sẽ là một "kiểu chưa hoàn chỉnh" hoặc "kiểu không rõ ràng". Các kiểu này có thể hữu ích, giấu thông tin cài đặt khỏi người dùng các hàm. Ví dụ, trong thư viện C chuẩn, kiểu FILE thường được coi là một "kiểu không rõ ràng" (mặc dù thông thường nó không được che giấu để các macro triển khai các hàm I/O chuẩn có thể sử dụng các thông tin nội bộ của cấu trúc). Trong trường hợp này, header-1.h có thể chứa:

|  |
| --- |
| #ifndef HEADER\_1\_H  #define HEADER\_1\_H  typedef struct MyStruct MyStruct;  int myFunction(MyStruct \*value);  #endif |

Lưu ý rằng cấu trúc phải có tên thẻ (ở đây là MyStruct - nằm trong không gian tên thẻ, riêng biệt với không gian tên định danh của tên typedef MyStruct), và phần { ... } được bỏ qua. Điều này có n

## SỬ DỤNG #IF 0 ĐỂ CHẶN MÃ TRONG CÁC PHẦN

Nếu bạn có một số đoạn mã mà bạn đang xem xét gỡ bỏ hoặc muốn tạm thời vô hiệu hóa, bạn có thể chú thích nó bằng một khối chú thích.

|  |
| --- |
| /\* Khối chú thích xung quanh toàn bộ hàm để ngăn việc sử dụng nó.  \* Mục đích thực sự của hàm này là gì?  int myUnusedFunction(void)  {  int i = 5;  return i;  }  \*/ |

Tuy nhiên, nếu mã nguồn mà bạn bao quanh bằng một khối chú thích có những khối chú thích kiểu khối khác trong mã nguồn, kết thúc \*/ của các khối chú thích đã tồn tại có thể làm cho khối chú thích mới của bạn không hợp lệ và gây ra vấn đề biên dịch.

|  |
| --- |
| /\* Khối chú thích xung quanh toàn bộ hàm để ngăn việc sử dụng nó.  \* Mục đích thực sự của hàm này là gì?  int myUnusedFunction(void)  {  int i = 5;  /\* Trả về 5 \*/  return i;  }  \*/ |

Trong ví dụ trước đó, hai dòng cuối cùng của hàm và \*/ cuối cùng được nhìn thấy bởi trình biên dịch, do đó sẽ gây lỗi biên dịch. Một phương pháp an toàn hơn là sử dụng chỉ thị #if 0 xung quanh mã bạn muốn chặn.

|  |
| --- |
| #if 0  /\* #if 0 được đánh giá là sai, vì vậy tất cả những gì ở đây và #endif sẽ bị loại bỏ bởi trình tiền xử lý. \*/  int myUnusedFunction(void)  {  int i = 5;  return i;  }  #endif |

Lợi ích của phương pháp này là khi bạn muốn tìm mã đã chặn, bạn chỉ cần tìm "#if 0" thay vì tìm kiếm trong tất cả các chú thích.

Lợi ích rất quan trọng khác là bạn có thể lồng chặn mã bằng #if 0. Điều này không thể thực hiện được với chú thích.

Một cách thay thế cho việc sử dụng #if 0 là sử dụng một tên mà không được định nghĩa bằng #define, nhưng mô tả rõ hơn vì sao mã đang bị chặn. Ví dụ, nếu có một hàm có vẻ như là mã chết vô dụng, bạn có thể sử dụng #if defined(POSSIBLE\_DEAD\_CODE) hoặc #if defined(FUTURE\_CODE\_REL\_020201) cho mã cần thiết khi các chức năng khác được đặt vào chỗ. Khi quay lại để gỡ bỏ hoặc kích hoạt mã đó, các phần mã này sẽ dễ dàng tìm thấy.

## Macros có hình thức của hàm

Macros có hình thức của hàm (function-like macros) tương tự như hàm nội tuyến (inline functions), chúng hữu ích trong một số trường hợp, chẳng hạn như ghi log tạm thời trong quá trình gỡ lỗi:

|  |
| --- |
| #ifdef DEBUG  # define LOGFILENAME "/tmp/logfile.log"  # define LOG(str) do { \  FILE \*fp = fopen(LOGFILENAME, "a"); \  if (fp) { \  fprintf(fp, "%s:%d %s\n", \_\_FILE\_\_, \_\_LINE\_\_, \  /\* không in con trỏ null \*/ \  str ? str : "<null>"); \  fclose(fp); \  } \  else { \  perror("Mở '" LOGFILENAME "' thất bại"); \  } \  } while (0)  #else  /\* Biến nó thành NOOP nếu không định nghĩa DEBUG. \*/  # define LOG(LINE) (void)0  #endif |

Trong cả hai trường hợp (có hoặc không có DEBUG), cuộc gọi đều hoạt động giống như một hàm với kiểu trả về là void. Điều này đảm bảo rằng các điều kiện if/else sẽ được hiểu theo cách dự kiến.

Trong trường hợp DEBUG, điều này được thực hiện thông qua cấu trúc do { ... } while (0). Trong trường hợp còn lại, (void)0 là một câu lệnh không có tác động phụ và chỉ đơn giản bị bỏ qua.

Một cách thay thế cho phương pháp sau có thể là:

|  |
| --- |
| #define LOG(LINE) do { /\* không làm gì cả \*/ } while (0) |

điều này khiến nó đồng dạng cú pháp với cách đầu tiên trong tất cả các trường hợp.

Nếu bạn sử dụng GCC, bạn cũng có thể triển khai một macro có hình thức hàm trả về kết quả sử dụng một phần mở rộng không chuẩn của GNU - biểu thức câu lệnh (statement expressions). Ví dụ:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #define POW(X, Y) \  ({ \  int i, r = 1; \  for (i = 0; i < Y; ++i) \  r \*= X; \  r; \ // giá trị trả về là kết quả của phép tính cuối cùng  })  int main(void)  {  int result;  result = POW(2, 3);  printf("Kết quả: %d\n", result);  } |

## CHÈN CÁC TỆP NGUỒN

Các chỉ thị tiền xử lý #include được sử dụng phổ biến như sau:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include "myheader.h" |

Chỉ thị này sẽ thay thế câu lệnh bằng nội dung của tệp được trích dẫn. Dấu ngoặc nhọn (<>) được sử dụng cho các tệp tiêu đề được cài đặt trên hệ thống, trong khi dấu ngoặc kép ("") được sử dụng cho các tệp do người dùng cung cấp.

Các macros có thể mở rộng các macros khác một lần, như minh họa ví dụ sau:

|  |
| --- |
| #if VERSION == 1  #define INCFILE "vers1.h"  #elif VERSION == 2  #define INCFILE "vers2.h"  /\* và cứ tiếp tục như vậy \*/  #else  #define INCFILE "versN.h"  #endif  /\* ... \*/  #include INCFILE |

Trong ví dụ trên, khi gặp chỉ thị #include, trình tiền xử lý sẽ mở rộng INCFILE thành tên tệp tương ứng, dựa trên giá trị của macro VERSION. Điều này cho phép chọn tệp nguồn phù hợp tùy thuộc vào giá trị của macro.

## CONDITIONAL INCLUSION AND CONDITIONAL FUNCTION SIGNATURE MODIFICATION

Để chèn một khối mã theo điều kiện, trình tiền xử lý có một số chỉ thị (ví dụ như #if, #ifdef, #else, #endif, vv).

Ví dụ: Định nghĩa một macro printf có điều kiện, chỉ in ra khi macro DEBUG được định nghĩa:

|  |
| --- |
| #ifdef DEBUG  #define DLOG(x) (printf(x))  #else  #define DLOG(x)  #endif |

Các toán tử quan hệ thông thường của C có thể được sử dụng cho điều kiện #if:

|  |
| --- |
| #if \_\_STDC\_VERSION\_\_ >= 201112L  /\* Thực hiện điều gì đó cho C11 hoặc cao hơn \*/  #elif \_\_STDC\_VERSION\_\_ >= 199901L  /\* Thực hiện điều gì đó cho C99 \*/  #else  /\* Thực hiện điều gì đó cho phiên bản trước C99 \*/  #endif |

Các chỉ thị #if hoạt động tương tự như câu lệnh if của C, chúng chỉ chứa các biểu thức hằng số số nguyên và không chứa các ép kiểu. Nó hỗ trợ một toán tử một ngôi bổ sung, defined(identifier), trả về 1 nếu identifier được định nghĩa và 0 trong trường hợp ngược lại.

|  |
| --- |
| #if defined(DEBUG) && !defined(QUIET)  #define DLOG(x) (printf(x))  #else  #define DLOG(x)  #endif |

**Conditional Function Signature Modification**

Trong hầu hết các trường hợp, một phiên bản release của ứng dụng được kỳ vọng có ít đầu tư phụ nhất có thể. Tuy nhiên, trong quá trình kiểm tra một phiên bản trung gian, thông tin bổ sung về các vấn đề tìm thấy có thể hữu ích.

Ví dụ: giả sử có một số chức năng SHORT SerOpPluAllRead(PLUIF \*pPif, USHORT usLockHnd)mà khi thực hiện xây dựng thử nghiệm, nó mong muốn sẽ tạo nhật ký về việc sử dụng nó. Tuy nhiên, chức năng này được sử dụng ở nhiều nơi và mong muốn rằng khi tạo nhật ký, một phần thông tin là để biết chức năng được gọi từ đâu.

Vì vậy, bằng cách sử dụng trình biên dịch có điều kiện, bạn có thể có nội dung như sau trong tệp bao gồm khai báo hàm. Điều này thay thế phiên bản tiêu chuẩn của hàm bằng phiên bản gỡ lỗi của hàm. Bộ tiền xử lý được sử dụng để thay thế các lệnh gọi hàm SerOpPluAllRead()bằng các lệnh gọi hàm SerOpPluAllRead\_Debug()với hai đối số bổ sung, tên của tệp và số dòng nơi hàm được sử dụng.

Quá trình biên dịch có điều kiện được sử dụng để chọn có ghi đè chức năng tiêu chuẩn bằng phiên bản gỡ lỗi hay không.

|  |
| --- |
| #if 0  // Khai báo và nguyên mẫu của phiên bản gỡ lỗi của hàm.  SHORT SerOpPluAllRead\_Debug(PLUIF \*pPif, USHORT usLockHnd, char \*aszFilePath, int nLineNo);  // Định nghĩa macro để thay thế cuộc gọi hàm bằng cuộc gọi hàm SerOpPluAllRead\_Debug() với hai đối số bổ sung,  // tên tệp và số dòng nơi hàm được sử dụng.  #define SerOpPluAllRead(pPif,usLock) SerOpPluAllRead\_Debug(pPif,usLock,\_\_FILE\_\_,\_\_LINE\_\_)  #else  // Khai báo hàm tiêu chuẩn mà thông thường được sử dụng trong quá trình xây dựng.  SHORT SerOpPluAllRead(PLUIF \*pPif, USHORT usLockHnd);  #endif |

Điều này cho phép bạn ghi đè phiên bản tiêu chuẩn của hàm SerOpPluAllRead() bằng một phiên bản sẽ cung cấp tên của tệp và số dòng trong tệp nơi hàm được gọi.

Lưu ý rằng bất kỳ tệp nào sử dụng hàm này đều phải bao gồm tệp tiêu đề mà trong đó phương pháp này được sử dụng để trình tiền xử lý có thể sửa đổi hàm. Nếu không, bạn sẽ nhìn thấy lỗi liên kết.

**Có một cân nhắc quan trọng**: bất kỳ tệp nào sử dụng chức năng này phải bao gồm tệp tiêu đề nơi phương pháp này được sử dụng để bộ tiền xử lý sửa đổi chức năng. Nếu không, bạn sẽ thấy một lỗi liên kết.

Định nghĩa của hàm sẽ giống như sau. Điều mà nguồn này làm là yêu cầu bộ tiền xử lý đổi tên hàm SerOpPluAllRead()thành SerOpPluAllRead\_Debug()và sửa đổi danh sách đối số để bao gồm hai đối số bổ sung, một con trỏ tới tên của tệp nơi hàm được gọi và số dòng trong tệp mà tại đó hàm được gọi. chức năng được sử dụng.

|  |
| --- |
| // Khai báo hàm `SerOpPluAllRead\_Special` để sử dụng sau này  SHORT SerOpPluAllRead\_Special(PLUIF \*pPif, USHORT usLockHnd);  // Khai báo hàm `SerOpPluAllRead\_Debug` với thêm thông tin vị trí gọi hàm để tạo log  SHORT SerOpPluAllRead\_Debug(PLUIF \*pPif, USHORT usLockHnd, char \*aszFilePath, int nLineNo)  {  int iLen = 0;  char xBuffer[256];  // Chỉ in ra 30 ký tự cuối cùng của tên tệp để rút ngắn log  iLen = strlen(aszFilePath);  if (iLen > 30) {  iLen = iLen - 30;  } else {  iLen = 0;  }  // Tạo thông điệp log với thông tin về file và dòng gọi hàm  sprintf(xBuffer, "SerOpPluAllRead\_Debug(): husHandle = %d, File %s, lineno = %d",  pPif->husHandle, aszFilePath + iLen, nLineNo);  IssueDebugLog(xBuffer);  // Tiếp tục xử lý bằng cách gọi hàm `SerOpPluAllRead\_Special`  return SerOpPluAllRead\_Special(pPif, usLockHnd);  }  // Hàm `SerOpPluAllRead\_Special` là phiên bản thay thế khi muốn tạo log  SHORT SerOpPluAllRead\_Special(PLUIF \*pPif, USHORT usLockHnd)  {  // ... (các xử lý gỡ lỗi khác, nếu cần)  // Tiếp tục xử lý chính của hàm, chẳng hạn như gọi hàm `OpPluAllRead`  if (STUB\_SELF == SstReadAsMaster()) {  return OpPluAllRead(pPif, usLockHnd);  }  // Hoặc thực hiện một số xử lý khác và trả về kết quả  return OP\_NOT\_MASTER;  }  // Hàm `SerOpPluAllRead` bình thường, sử dụng trong các phiên bản chính thức  SHORT SerOpPluAllRead(PLUIF \*pPif, USHORT usLockHnd)  {  // ... (các xử lý chính của hàm)  // Hoặc gọi hàm `SerOpPluAllRead\_Special` hoặc `SerOpPluAllRead\_Debug` tùy thuộc vào việc DEBUG đã được định nghĩa hay không  #if defined(SerOpPluAllRead)  return SerOpPluAllRead\_Special(pPif, usLockHnd);  #else  return SerOpPluAllRead\_Debug(pPif, usLockHnd, \_\_FILE\_\_, \_\_LINE\_\_);  #endif  } |

## \_ \_ CPLUSPLUS ĐỂ SỬ DỤNG CÁC PHẦN TỬ C NGOÀI MÃ C ++ KHI BIÊN DỊCH C++ BẰNG TÊN BỊ MÃ HÓA

Đôi khi một tệp bao gồm phải tạo đầu ra khác với bộ tiền xử lý tùy thuộc vào việc trình biên dịch là trình biên dịch C hay trình biên dịch C++ do sự khác biệt về ngôn ngữ.

Ví dụ: một hàm hoặc bên ngoài khác được xác định trong tệp nguồn C nhưng được sử dụng trong tệp nguồn C++. Vì C++ sử dụng xáo trộn tên (hoặc trang trí tên) để tạo các tên hàm duy nhất dựa trên các loại đối số của hàm, nên một khai báo hàm C được sử dụng trong tệp nguồn C++ sẽ gây ra lỗi liên kết. Trình biên dịch C++ sẽ sửa đổi tên bên ngoài được chỉ định cho đầu ra của trình biên dịch bằng cách sử dụng các quy tắc xáo trộn tên cho C++. Kết quả là lỗi liên kết do không tìm thấy bên ngoài khi đầu ra của trình biên dịch C++ được liên kết với đầu ra của trình biên dịch C.

Vì trình biên dịch C không thực hiện xáo trộn tên nhưng trình biên dịch C++ thực hiện cho tất cả các nhãn bên ngoài (tên hàm hoặc tên biến) do trình biên dịch C++ tạo ra, một macro tiền xử lý được xác định trước, , đã được giới thiệu \_\_cplusplusđể cho phép phát hiện trình biên dịch.

Để khắc phục sự cố đầu ra trình biên dịch không tương thích này cho các tên bên ngoài giữa C và C++, macro \_\_cplusplusđược xác định trong Bộ tiền xử lý C++ và không được xác định trong Bộ tiền xử lý C. Tên macro này có thể được sử dụng với #ifdefchỉ thị tiền xử lý có điều kiện hoặc #ifvới defined()toán tử để cho biết mã nguồn hoặc tệp bao gồm đang được biên dịch thành C++ hay C.

|  |
| --- |
| #ifdef \_\_cplusplus  printf("C++\n");  #else  printf("C\n");  #endif |

Hoặc bạn có thể sử dụng

|  |
| --- |
| #if defined(\_\_cplusplus)  printf("C++\n");  #else  printf("C\n");  #endif |

Để chỉ định tên hàm chính xác của hàm từ tệp nguồn C được biên dịch bằng trình biên dịch C đang được sử dụng trong tệp nguồn C++, bạn có thể kiểm tra hằng số đã xác định để sử dụng \_\_cplusplus để extern "C" { /\* ... \*/ };khai báo các phần bên ngoài C khi tệp tiêu đề được bao gồm trong tệp nguồn C++. Tuy nhiên, khi được biên dịch bằng trình biên dịch C, thì extern "C" { \*/ ... \*/ };không được sử dụng. Quá trình biên dịch có điều kiện này là cần thiết vì extern "C" { /\* ... \*/ };hợp lệ trong C++ nhưng không hợp lệ trong C.

|  |
| --- |
| #ifdef \_\_cplusplus  // if we are being compiled with a C++ compiler then declare the  // following functions as C functions to prevent name mangling.  extern "C" {  #endif  // exported C function list.  int foo (void);  #ifdef \_\_cplusplus  // if this is a C++ compiler, we need to close off the extern declaration.  };  #endif |

## DÁN MÃ THÔNG BÁO

Dán mã thông báo cho phép một người dán hai đối số macro lại với nhau. Ví dụ, front##back sản lượng frontback. Một ví dụ nổi tiếng là tiêu đề của Win32 <TCHAR.H>. Trong chuẩn C, người ta có thể viết L"string"để khai báo một chuỗi ký tự rộng. Tuy nhiên, Windows API cho phép một người chuyển đổi giữa chuỗi ký tự rộng và chuỗi ký tự hẹp chỉ bằng cách #defineing UNICODE. Để triển khai chuỗi ký tự, TCHAR.H hãy sử dụng cái này

|  |
| --- |
| #ifdef UNICODE  #define TEXT(x) L##x  #endif |

Bất cứ khi nào người dùng viết TEXT( "hello, world") và UNICODE được xác định, bộ tiền xử lý C sẽ ghép nối L và đối số macro. L nối với "hello, world"cho L"hello, world".

## MACRO ĐƯỢC XÁC ĐỊNH TRƯỚC

Macro được xác định trước là macro đã được bộ xử lý trước, C hiểu mà không cần chương trình xác định nó. Những ví dụ bao gồm

### Macro xác định trước bắt buộc

* \_\_FILE\_\_ cung cấp tên tệp của tệp nguồn hiện tại (một chuỗi ký tự),
* \_\_LINE\_\_ đối với số dòng hiện tại (một hằng số số nguyên),
* \_\_DATE\_\_ cho ngày biên dịch (một chuỗi ký tự),
* \_\_TIME\_\_ cho thời gian biên dịch (một chuỗi ký tự).

Ngoài ra còn có một mã định danh được xác định trước có liên quan, \_\_func\_\_(ISO/IEC 9899:2011 §6.4.2.2), không phải là macro:

Mã định danh \_\_func\_\_sẽ được người dịch ngầm khai báo như thể, ngay sau dấu ngoặc mở của mỗi định nghĩa hàm, khai báo:

|  |
| --- |
| static const char \_\_func\_\_[] = "function-name"; |

đã xuất hiện, trong đó **function-name** là tên của hàm chứa từ vựng.

\_\_FILE\_\_và đặc biệt hữu ích cho mục đích gỡ lỗi \_\_LINE\_\_. \_\_func\_\_Ví dụ:

|  |
| --- |
| fprintf(stderr, "%s: %s: %d: Denominator is 0", \_\_FILE\_\_, \_\_func\_\_, \_\_LINE\_\_); |

Các trình biên dịch trước C99, có thể hỗ trợ hoặc không \_\_func\_\_hoặc có thể có một macro hoạt động giống như vậy nhưng được đặt tên khác. Ví dụ: gcc được sử dụng \_\_FUNCTION\_\_ở chế độ C89.

Các macro dưới đây cho phép yêu cầu chi tiết về việc triển khai:

* \_\_STDC\_VERSION\_\_Phiên bản của Tiêu chuẩn C được triển khai. Đây là một số nguyên không đổi sử dụng định dạng yyyymmL(giá trị 201112Lcho C11, giá trị 199901Lcho C99; giá trị này không được xác định cho C89/C90)
* \_\_STDC\_HOSTED\_\_ 1nếu đó là triển khai được lưu trữ, thì khác 0.
* \_\_STDC\_\_Nếu 1, việc triển khai tuân theo Tiêu chuẩn C.

### Macro được xác định trước khác (không bắt buộc)

ISO/IEC 9899:2011 §6.10.9.2 Macro môi trường:

* \_\_STDC\_ISO\_10646\_\_ Hằng số nguyên có dạng yyyymmL(ví dụ: 199712L). Nếu ký hiệu này được xác định, thì mọi ký tự trong bộ Unicode bắt buộc, khi được lưu trữ trong một đối tượng thuộc loại wchar\_t, có cùng giá trị với mã định danh ngắn của ký tự đó. Bộ Unicode bắt buộc bao gồm tất cả các ký tự được xác định bởi ISO/IEC 10646, cùng với tất cả các sửa đổi và sửa đổi kỹ thuật, kể từ năm và tháng được chỉ định. Nếu một số mã hóa khác được sử dụng, thì macro sẽ không được xác định và mã hóa thực tế được sử dụng là do triển khai xác định.
* \_\_STDC\_MB\_MIGHT\_NEQ\_WC\_\_ Hằng số nguyên 1, nhằm chỉ ra rằng, trong mã hóa cho wchar\_t, một thành viên của bộ ký tự cơ bản không cần có giá trị mã bằng với giá trị của nó khi được sử dụng làm ký tự đơn trong hằng ký tự số nguyên.
* \_\_STDC\_UTF\_16\_\_ Hằng số nguyên 1, nhằm biểu thị rằng các giá trị của loại char16\_tđược mã hóa UTF−16. Nếu một số mã hóa khác được sử dụng, thì macro sẽ không được xác định và mã hóa thực tế được sử dụng là do triển khai xác định.
* \_\_STDC\_UTF\_32\_\_ Hằng số nguyên 1, nhằm biểu thị rằng các giá trị của loại char32\_tđược mã hóa UTF−32. Nếu một số mã hóa khác được sử dụng, thì macro sẽ không được xác định và mã hóa thực tế được sử dụng là do triển khai xác định.
* ISO/IEC 9899:2011 §6.10.8.3 Macro tính năng có điều kiện
* \_\_STDC\_ANALYZABLE\_\_ Hằng số nguyên 1, nhằm biểu thị sự phù hợp với các thông số kỹ thuật trong phụ lục L (Khả năng phân tích).
* \_\_STDC\_IEC\_559\_\_ Hằng số nguyên 1, nhằm biểu thị sự phù hợp với các thông số kỹ thuật trong phụ lục F (số học dấu phẩy động IEC 60559).
* \_\_STDC\_IEC\_559\_COMPLEX\_\_Hằng số nguyên 1, nhằm biểu thị việc tuân thủ các thông số kỹ thuật trong phụ lục G (số học phức hợp tương thích với IEC 60559).
* \_\_STDC\_LIB\_EXT1\_\_Hằng số nguyên 201112L, nhằm biểu thị hỗ trợ cho các phần mở rộng được xác định trong phụ lục K (Giao diện kiểm tra giới hạn).
* \_\_STDC\_NO\_ATOMICS\_\_ Hằng số nguyên 1, nhằm chỉ ra rằng việc triển khai không hỗ trợ các loại nguyên tử (bao gồm cả bộ \_Atomic định loại) và <stdatomic.h>tiêu đề.
* \_\_STDC\_NO\_COMPLEX\_\_ Hằng số nguyên 1, nhằm chỉ ra rằng việc triển khai không hỗ trợ các loại phức tạp hoặc <complex.h> tiêu đề.
* \_\_STDC\_NO\_THREADS\_\_Hằng số nguyên 1, nhằm chỉ ra rằng việc triển khai không hỗ trợ <threads.h>tiêu đề.
* \_\_STDC\_NO\_VLA\_\_ Hằng số nguyên 1, nhằm biểu thị rằng việc triển khai không hỗ trợ các mảng có độ dài thay đổi hoặc các loại được sửa đổi thay đổi.

## MACRO VỚI ĐỐI SỐ BIẾN THIÊN

Phiên bản ≥ C99

Các macro với đối số biến thiên:

Hãy giả sử bạn muốn tạo một macro in ra thông tin để gỡ lỗi mã của bạn, hãy lấy ví dụ về macro sau đây:

|  |
| --- |
| #define debug\_print(msg) printf("%s:%d %s", \_\_FILE\_\_, \_\_LINE\_\_, msg) |

Một số ví dụ về cách sử dụng:

Hàm somefunc() trả về -1 nếu thất bại và 0 nếu thành công, và nó được gọi từ nhiều nơi khác nhau trong mã:

|  |
| --- |
| int retVal = somefunc();  if(retVal == -1)  {  debug\_printf("somefunc() has failed");  }  /\* some other code \*/  retVal = somefunc();  if(retVal == -1)  {  debug\_printf("somefunc() has failed");  } |

Điều gì sẽ xảy ra nếu triển khai của somefunc() thay đổi và giờ đây nó trả về các giá trị khác nhau phù hợp với các loại lỗi khác nhau có thể xảy ra? Bạn vẫn muốn sử dụng macro gỡ lỗi và in ra giá trị lỗi.

|  |
| --- |
| debug\_printf(retVal); /\* this would obviously fail \*/  debug\_printf("%d",retVal); /\* this would also fail \*/ |

Để giải quyết vấn đề này, \_\_VA\_ARGS\_\_macro đã được giới thiệu. Macro này cho phép nhiều tham số của X-macro:

Ví dụ:

|  |
| --- |
| #define debug\_print(msg, ...) printf(msg, \_\_VA\_ARGS\_\_) \  printf("\nError occurred in file:line (%s:%d)\n", \_\_FILE\_\_, \_\_LINE) |

Cách sử dụng:

|  |
| --- |
| int retVal = somefunc();  debug\_print("retVal of somefunc() is-> %d", retVal); |

Macro này cho phép bạn chuyển nhiều tham số và in chúng, nhưng hiện tại nó cấm bạn gửi bất kỳ tham số nào.

|  |
| --- |
| debug\_print("Hey"); |

Điều này sẽ gây ra một số lỗi cú pháp vì macro cần ít nhất một đối số nữa và bộ xử lý trước sẽ không bỏ qua việc thiếu dấu phẩy trong macro debug\_print(). Cũng debug\_print("Hey",);sẽ phát sinh lỗi cú pháp vì bạn không thể giữ đối số được chuyển sang macro trống.

Để giải quyết vấn đề này, ##\_\_VA\_ARGS\_\_macro đã được giới thiệu, macro này nói rằng nếu không có đối số biến nào tồn tại, thì dấu phẩy sẽ bị bộ xử lý trước xóa khỏi mã.

Ví dụ:

|  |
| --- |
| #define debug\_print(msg, ...) printf(msg, ##\_\_VA\_ARGS\_\_) \  printf("\nError occured in file:line (%s:%d)\n", \_\_FILE\_\_, \_\_LINE) |

Cách sử dụng:

|  |
| --- |
| debug\_print("Ret val of somefunc()?");  debug\_print("%d",somefunc()); |

## THAY THẾ MACRO

Dạng đơn giản nhất của việc thay thế Macro là định nghĩa một hằng số biểu tượng, như sau:

|  |
| --- |
| #define ARRSIZE 100  int array[ARRSIZE]; |

Đoạn mã trên định nghĩa một Macro hình thức hàm, nhân một biến với 10 và lưu giá trị mới:

|  |
| --- |
| #define TIMES10(A) ((A) \*= 10)  double b = 34;  int c = 23;  TIMES10(b); // tốt: ((b) \*= 10);  TIMES10(c); // tốt: ((c) \*= 10);  TIMES10(5); // không tốt: ((5) \*= 10); |

Việc thay thế được thực hiện trước bất kỳ sự diễn giải nào khác của văn bản chương trình. Trong lần gọi TIMES10 đầu tiên, tên A trong định nghĩa được thay thế bởi b và văn bản được mở rộng như vậy được đặt vào chỗ của lời gọi. Lưu ý rằng định nghĩa TIMES10 này không tương đương với

|  |
| --- |
| #define TIMES10(A) ((A) = (A) \* 10) |

bởi vì điều này có thể đánh giá thay thế của A hai lần, điều này có thể có tác động không mong muốn.

Dưới đây là định nghĩa một Macro hình thức hàm giá trị lớn nhất của các đối số. Nó có lợi thế làm việc với bất kỳ loại tương thích nào của các đối số và tạo mã trong-line mà không có gánh nặng của việc gọi hàm. Nó có nhược điểm là đánh giá một trong các đối số khác một lần nữa (bao gồm tác động phụ) và tạo ra nhiều mã hơn so với hàm nếu được gọi nhiều lần.

|  |
| --- |
| #define max(a, b) ((a) > (b) ? (a) : (b))  int maxVal = max(11, 43); /\* 43 \*/  int maxValExpr = max(11 + 36, 51 - 7); /\* 47 \*/  /\* Không nên làm, vì biểu thức được đánh giá hai lần \*/  int j = 0, i = 0;  int sideEffect = max(++i, ++j); /\* i == 4 \*/ |

Do đó, những Macro đánh giá đối số của chúng nhiều lần thường được tránh trong mã sản xuất. Từ phiên bản C11 trở đi, có tính năng \_Generic cho phép tránh những lời gọi nhiều lần như vậy.

Những dấu ngoặc đơn dư thừa trong các mở rộng Macro (phía bên phải của định nghĩa) đảm bảo rằng các đối số và biểu thức kết quả được ràng buộc đúng cách và phù hợp với ngữ cảnh trong đó Macro được gọi.

## CHỈ THỊ LỖI

Nếu trình biên dịch gặp một chỉ thị #error, quá trình biên dịch sẽ dừng lại và thông báo lỗi được bao gồm sẽ được in ra.

|  |
| --- |
| #define DEBUG  #ifdef DEBUG  #error "Debug Builds Not Supported"  #endif  int main(void) {  return 0;  } |

đầu ra có thể:

|  |
| --- |
| $ gcc error.c  error.c: error: #error "Debug Builds Not Supported" |

## KHAI TRIỂN FOREACH

Chúng ta cũng có thể sử dụng macro để làm cho mã dễ đọc và dễ viết hơn. Ví dụ: chúng ta có thể triển khai các macro để triển khai foreachcấu trúc trong C cho một số cấu trúc dữ liệu như danh sách liên kết đơn và đôi, hàng đợi, v.v.

Đây là một ví dụ nhỏ:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  struct LinkedListNode {  int data;  struct LinkedListNode \*next;  };  #define FOREACH\_LIST(node, list) \  for (node=list; node; node=node->next)  /\* Usage \*/  int main(void) {  struct LinkedListNode \*list, \*\*plist = &list, \*node;  int i;  for (i=0; i<10; i++) {  \*plist = malloc(sizeof(struct LinkedListNode));  (\*plist)->data = i;  (\*plist)->next = NULL;  plist = &(\*plist)->next;  }  /\* printing the elements here \*/  FOREACH\_LIST(node, list)  {  printf("%d\n", node->data);  }  } |

Bạn có thể tạo một giao diện tiêu chuẩn cho các cấu trúc dữ liệu đó và viết cách triển khai chung FOREACH như:

|  |
| --- |
| #include <stdio.h>  #include <stdlib.h>  typedef struct CollectionItem\_ {  int data;  struct CollectionItem\_ \*next;  } CollectionItem;  typedef struct Collection\_ {  /\* interface functions \*/  void\* (\*first)(void \*coll);  void\* (\*last) (void \*coll);  void\* (\*next) (void \*coll, CollectionItem \*currItem);  CollectionItem \*collectionHead;  /\* Other fields \*/  } Collection;  /\* must implement \*/  void \*first(void \*coll) {  return ((Collection\*)coll)->collectionHead;  }  /\* must implement \*/  void \*last(void \*coll) {  return NULL;  }  /\* must implement \*/  void \*next(void \*coll, CollectionItem \*curr) {  return curr->next;  }  CollectionItem \*new\_CollectionItem(int data) {  CollectionItem \*item = malloc(sizeof(CollectionItem));  item->data = data;  item->next = NULL;  return item;  }  void Add\_Collection(Collection \*coll, int data) {  CollectionItem \*\*item = &coll->collectionHead;  while(\*item)  item = &(\*item)->next;  (\*item) = new\_CollectionItem(data);  }  Collection \*new\_Collection() {  Collection \*nc = malloc(sizeof(Collection));  nc->first = first;  nc->last = last;  nc->next = next;  return nc;  }  /\* generic implementation \*/  #define FOREACH(node, collection) \  for (node = (collection)->first(collection); \  node != (collection)->last(collection); \  node = (collection)->next(collection, node))  int main(void)  {  Collection \*coll = new\_Collection();  CollectionItem \*node;  int i;  for(i=0; i<10; i++)  {  Add\_Collection(coll, i);  }  /\* printing the elements here \*/  FOREACH(node, coll)  {  printf("%d\n", node->data);  }  } |

Để sử dụng triển khai chung này, chỉ cần triển khai các chức năng này cho cấu trúc dữ liệu của bạn.

|  |
| --- |
| 1. void\* (\*first)(void \*coll);  2. void\* (\*last) (void \*coll);  3. void\* (\*next) (void \*coll, CollectionItem \*currItem); |