Programski jezik C

Savremeni pristup i praksa

Dušan Gvozdenović
20. april 2019

Matematički fakultet

Tema predavanja

- Moderni principi programiranja u C-u
- Nestandardne osobine koje nude popularni prevodioci *(GCC, Clang)*
- Česti patterni u praksi
- Šta zaobići
- Kul trikovi o kojima se ne priča dovoljno

Zašto C?

- Brz
- Direktno upravljanje memorijom i memorijska efikasnost
- Minimalan
- Kao nekakav *high-level asembler*?
  - `https://wiki.gnome.org/Projects/Vala`
  - `https://nim-lang.org/`

Standardi

- “K&R” C
- ANSI-C (C89) / ISO-C90 (C90)
- ISO-C99 (C99)
- ISO-C11 (C11)

Definicija u *for*-petlji

```
1   for (int i = 0, j = 10; i < j; i+=2, j++) {
2       printf("%d %d\n", i, j);
3   }
```

Nizovi promenljive dužine

- Mogućnost da unutar funkcije kreiramo niz promenljive dužine
- Niz se čuva na steku*
- Nije moguća statička inicijalizacija!

Nizovi promenljive dužine

```c
int n;
scanf("%d", &n);
int a[n];
for (size_t i = 0; i < n; i++) { a[i] = 0; } // Ovo je ok

int b[n] = { }; // Ovo ne prolazi
```

Makroi promenljive dužine

- C99 standard nam omogućava da definišemo makroe promenljive arnosti
- Koristimo ... kao kod funkcija sa promenljivim brojem parametara
- Koristimo makro __VA_ARGS__ da ispišemo ostale argumente (odvojene zarezom)
- Takođe postoji makro __VA_OPT__(T) koji ispisuje T ako ima proizvoljnih parametara (primer kasnije)

Operatori # i

- # - Pretvara token u konstantan string *(stringify)*
- ## - Nadovezuje vrednost argumenta makroa na neki token *(token-pasting)*

Operatori # i

```
1  #define STR(X) #X
2
3  #define COMMAND(NAME)  { #NAME, command_##NAME }
4
5  struct command commands[] = {
6      COMMAND(quit),
7      COMMAND(help),
8      …
9  };
```

inline funkcije

- Uobičajeni način pozivanja funkcija
  - Vrednosti parametara se kopiraju
  - *Base pointer* se stavlja na stek
  - *Stack pointer* postaje *base pointer*
- Ovo može biti problem ukoliko se funkcija poziva u nekoj petlji i očekuje se brzo izvršavanje

inline funkcije

- Ako funkcija **f** poziva funkciju **g** i pritom definicije obe funkcije su prisutne u istoj jedinici prevođenja (TU), prevodioc može da zameni poziv funkcije **g** samim telom funkcije **g**
- Ključna reč *inline* **daje sugestiju** prevodiocu da je funkcija pogodna za inline-ovanje
- **Napomena:** Inline u C99 standardu ne funkcioniše kao u C++-u!

inline funkcije

- Ukoliko se funkcija inline-uje svugde, prevodioc ne mora ni da emituje njenu definiciju.
- Kada je funkcija pogodna za inline-ovanje?

Primer: *inline* funkcije

```
1   inline unsigned gcd(unsigned x, unsigned y)
2   {
3       if (x < y) { swap(&x, &y); }
4       if (x % y == 0) { return y; }
5       unsigned tmp;
6       while ((tmp = x % y) != 0) {
7           x = y;
8           y = tmp;
9       }
10      return y;
11  }
```

inline funkcije

- static inline
- extern inline

Compound statement expressions

- blok koda zapisan izmedju zagrada `( )` se tumači kao vrednosni iskaz
- vrednost bloka je vrednost poslednjeg iskaza u njemu
- često se koriste u makroima koji trebaju da se ponašaju kao *inline* funkcije

Primer

```
#define max(type, fst, ...) ({ \
    type __max__ = (fst); \
    type __vals__[] = { __VA_ARGS__ }; \
    for (size_t i = 0; i < sizeof(__vals__) / sizeof(type); i++) { \
        if (__max__ < __vals__[i]) { \
            __max__ = __vals__[i]; \
        } \
    } \
    __max__; })
```

Compound literals

- Omogućavaju da dodeljujemo i prosledjujemo strukturne vrednosti promenljivama i funkcijama.
- Izgledaju kao kast operator na inicijalizator strukture

Designated Initializers

```
1   int num_widths[100] = { [0 ... 8] = 1, [9 ... 99] = 2 };
2
3   ...
4
5   struct person {
6       char * const name;
7       char * const surname;
8       int8_t age;
9   };
10
11  ...
12
13  struct person p = {
14      .name = "Dusan",
15      .surname = "Gvozdenovic",
16      .age = 20
17  };
```

_Generic

- Omogućava biranje izraza na osnovu pruženog tipa u vremenu prevođenja
- **Sintaksa:** *_Generic(<kontrolni-izraz>, <tip_1>: <izraz>, ..., <tip_k>: <izraz>, default: <izraz>)*
- Kontrolni izraz kao i izrazi svih grana koje nisu odabrane se nikada ne izvršavaju
- **Napomena:** **default** se ne mora navesti
- **Napomena:** Pre izbora se skidaju **const**, **volatile**, **restrict**, i **_Atomic**

Primer: _Generic

```
1   struct bool_option {
2       struct option option;
3       bool * const value;
4   };
5
6   struct int_option {
7       struct option option;
8       int * const value;
9   };
10
11  #define option_get(option) _Generic((option), \
12      struct bool_option: *(option).value, \
13      struct int_option: *(option).value, \
14      struct enum_option: (option).value, \
15      struct string_option: (option).value \
16  )
```

_Noreturn

- Specifikator funkcija koji navodi da funkcija nikad ne vraća
- Možemo koristiti **noreturn** makro iz *<stdnoreturn.h>* zaglavlja
- Za funkciju označenu sa **_Noreturn** se javljaju određene mogućnosti za optimizaciju:
  - Prevodioc može lakše da eliminiše i upozori o kodu koji se nikad ne izvršava

restrict ključna reč

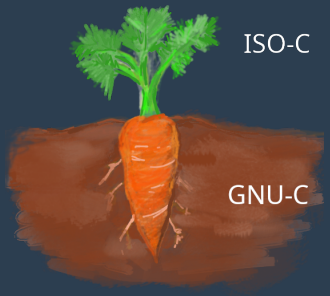
- Kvalifikator tipa koji služi da nagovesti prevodiocu da pokazivači ne pokazuju na istu memorijsku lokaciju *(aliasing)*.
- Primer: Funkcije iz **string.h**

Celi brojevi određene dužine

- C standard ne određuje tačno širine celobrojnih tipova (int, short, long, long long) već samo navodi minimalne širine
- `https://en.wikipedia.org/wiki/C_data_types`

Nestandardna proširenja

- Pored osobina propisanih standardnom, GCC i Clang implementiraju i neke dodatne osobine
- GNU C - Dijalekt C-a koji gcc implementira
- `https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/C-Extensions.html#C-Extensions`



Dedukcija tipova

- typeof, __auto_type
- GNU C ima ograničenu podršku za dedukciju tipova.
- Ne funkcioniše sa nizovima.

Ugnežđene funkcije

- Omogućava pisanje funkcija u funkcijama
- Unutrašnja funkcija ima pristup svim promenljivama spoljašnje (kao i globalnim statičkim, naravno)
- **Oprez:** Ukoliko pokušamo da pozovemo ugnežđenu funkciju nakon što njena spoljašnja izađe iz opsega i pritom ona koristi njene lokalne promenljive, ponašanje je nedefinisano.

Ugnežđene funkcije

```
1   walk_directory(const char *path, void (*callback)(const char *path));
2
3   ...
4
5   uint32_t new_docs = 0;
6
7   ...
8
9   walk_directory(dir, ({
10      void _wd(const char *path) {
11          struct document *doc;
12
13          if (file_get_magic_number(path) == FILE_PDF) {
14              doc = library_load_pdf_document(path);
15
16              if (!library_contains_document(doc)) {
17                  library_add(doc);
18                  new_docs++;
19              }
20          } else if (...) {
21              ...
22          }
23      } _wd;}));
```

Ugnežđene funkcije

- **Prednost:** Enkapsulacija na nivou funkcije
- **Mana:** Kod funkcije se nalazi na steku i zbog toga mora biti omogućeno izvršavanje steka

EVERY TIME YOU DO THIS:

```
void foo(char *x) {
    char buffer[500];
    strcpy(buffer, x);
    ...

}
```

A KITTEN DIES.

Atributi u GCC-u

- Atributi nam omogućavaju da nagovestimo GCC-u da tretira promenljive, funkcije ili oznake na poseban način.
- **Sintaksa:** *__attribute__((<name>[(<params>)]))*
- `https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Attribute-Syntax.html`

__cleanup__

- Atribut koji omogućava da se navedena *cleanup* funkcija pozove na kraju bloka
- Ovo možemo koristiti za implementiranje RAII uzorka i automatskog brojanja referenci!
- `https://github.com/Snaipe/libcsptr`

Primer: RAII

```c
#define raii(type) __attribute__((__cleanup__(type##_destroy))) struct type

struct person {
    char *name;
    char *surname;
    unsigned age;
};

...

int main() {
    raii(person) *p = person_new("Petar", "Mitrovic", 26);
    return 0;
}
```

Strukture podataka

```
1   struct linked_list {
2       void *data;
3       struct linked_list *prev, *next;
4   };
5
6   ...
7
8   void linked_list_add(struct linked_list *list, void *data);
9
10  void *linked_list_find(struct linked_list *list, void *value, bool (*equals)(void *a, void *b))
```

Strukture podataka

```
1  struct linked_list {
2      struct linked_list *prev, *next; // Da li moze ovako?
3  };
```

offsetof makro

```
1  #define offsetof(type, member) ((size_t)&((type *)0)->member)
2
3  /* GCC prepoznaje problem sa ovakvim pristupom i definise sintaksno prosirenje koje
4     radi istu stvar */
5
6  #define offsetof(type, member) __builtin_offsetof(type, member)
```

container_of makro

```
1  #define container_of(pointer, type, member) ({ \
2      const typeof(((type *)0)->member) __member = (pointer); \
3      (type *)((char *)__member - offsetof(type, member)); \
4  })
```

container_of makro

- Prednosti: Radimo sa konkretnim tipovima, obeshrabrujemo svakakvu redirekciju.
- Mane: Zahteva drugačiji način razmišljanja i pisanje više pomoćnih struktura.
- Šta se dešava kada je sadržana struktura deklarisana prva u strukturi?
- `https://github.com/torvalds/linux`
- `https://github.com/cmus/cmus`

X-makroi

Kuda dalje?

- GLib, GNOME stack
- `http://libcello.org/`
- `https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/C-Extensions.html`
- `http://icube-icps.unistra.fr/img_auth.php/d/db/ModernC.pdf`
- `https://www.youtube.com/user/Bisqwit`
- Secure Coding in C and C++, Robert C. Seacord

Pitanja?

Hvala na pažnji!