Cosa hanno in comune?

- pg_stat_statements
- auto_explain
- pgstattuple
- uuid-ossp
- pglogical

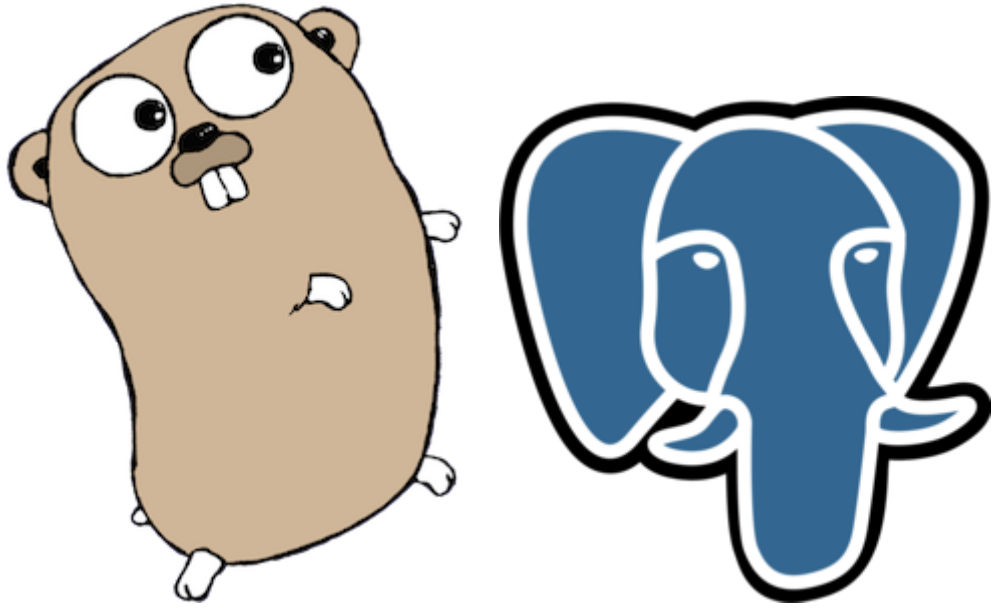
Sono tutte estensioni

Scritte in C

Avete mai pensato di scrivere una estensione?

È più semplice del previsto e anche molto diventente!

Estendere PostgreSQL con Go



Leonardo Cecchi

@leonardo_cecchi

leonardo.cecchi@2ndquadrant.it

2ndQuadrant PostgreSQL

Architettura di PostgreSQL

- Applicazione Client *(frontend)*
- Server PostgreSQL *(backend - postmaster)* estendibile
- Processo PostgreSQL *(backend - per connessione)* estendibile

Cosa si può fare con le estensioni?

- Nuove funzioni da chiamare da SQL
- Trigger
- Linguaggi procedurali (ad. es. PL/pgSQL)
- Sistemi di Logical Decoding

Estensioni di PostgreSQL

- Sono delle librerie condivise - *principalmente scritte in C sfruttando gli header di PostgreSQL*
- Hanno una specifica ABI - *vedi fmgr.h*
- Contengono funzioni richiamate da PostgreSQL
- Possono agganciarsi ai punti di estensione del motore
- Possono creare background workers

Calling Convention - Versione 0

```c
#include "postgres.h"
#include "fmgr.h"

#ifdef PG_MODULE_MAGIC
PG_MODULE_MAGIC;
#endif

int add_one(int arg)
{
    return arg + 1;
}
```

Calling Convention - Versione 1

```c
#include "postgres.h"
#include "fmgr.h"

#ifdef PG_MODULE_MAGIC
PG_MODULE_MAGIC;
#endif

PG_FUNCTION_INFO_V1(add_one);

Datum add_one(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    int32 arg = PG_GETARG_INT32(0);
    PG_RETURN_INT32(arg + 1);
}
```

Compilazione

```
$ gcc \
    -shared # Libreria dinamica
    -fPIC # Codice indipendente dalla posizione
    -I$(pg_config --includedir-server)
    -o /tmp/c_extension.so add_one.c
```

Dichiarazione

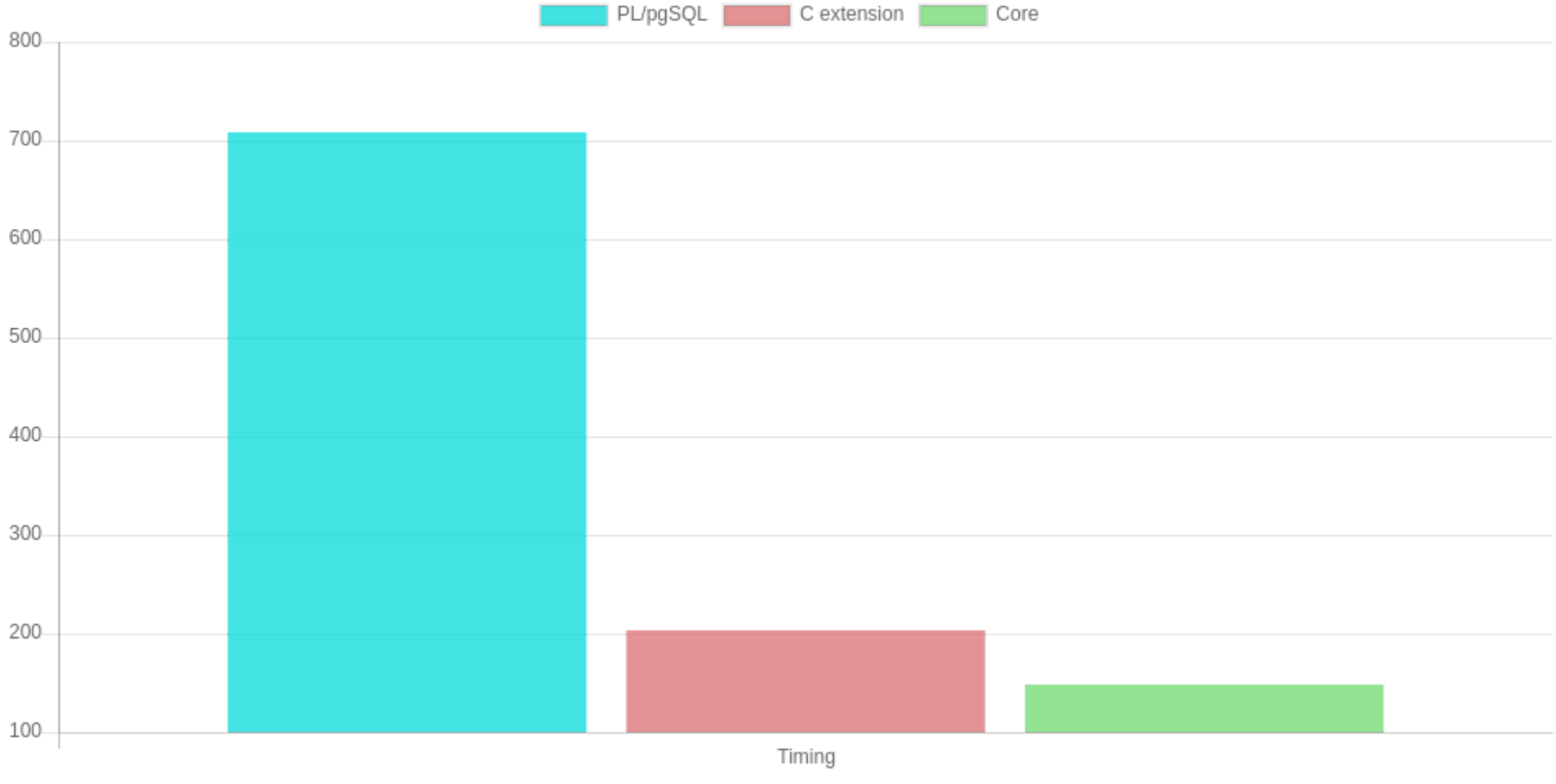
```
# CREATE FUNCTION c_add_one(INTEGER)
  RETURNS INTEGER AS 'c_extension', 'add_one'
  LANGUAGE C STRICT;
CREATE FUNCTION

# SELECT c_add_one(34);
 c_add_one
-----------
        35
(1 row)
```

Quanto costa?

```
# CREATE FUNCTION p_add_one(x INTEGER) RETURNS INTEGER AS $$
  BEGIN RETURN x + 1; END; $$ LANGUAGE 'plpgsql';

# SELECT COUNT(p_add_one(x)) FROM generate_series(1,1000000) x;
Time: 708.973 ms

# SELECT COUNT(c_add_one(x)) FROM generate_series(1,1000000) x;
Time: 203.153 ms

# SELECT COUNT(x) FROM generate_series(1,1000000) x;
Time: 149.234 ms
```

Performance

Lies, damned lies, and statistics



Enter go

- Garbage collection
- Codice nativo, gestito da un runtime
- Default: eseguibile statico

```
$ go install leonardoce.interfree.it/helloworld
$ ldd ./bin/helloworld
        not a dynamic executable
```

buildmode - Non solo compilazione statica

- *default*: Listed main packages are built into executables and listed non-main packages are built into .a files

- *c-shared*: Build the listed main package, plus all packages it imports, into a C shared library. The only callable symbols will be those functions exported using a cgo //export comment. Requires exactly one main package to be listed.

cgo

Enables the creation of Go packages that call C code.

Permette di inserire codice "C" nel codice "Go", facendo in modo che si possono chiamare l'un l'altro.

Esempio

```
package main

/*
#include <stdio.h>

void printInteger(int x) { printf("%i\n", x); }
*/
import "C"

func main() {
  quarantaDue := 42
  C.printInteger(C.int(quarantaDue))
}
```

cgo + buildmode c-shared

- possiamo creare librerie condivise
- il codice C può chiamare il codice Go
- è possibile utilizzare le macro di fmgr.h che servono per la ABI delle estensioni PostgreSQL

cgo, le regole del gioco

Go e C devono avere due spazi di memoria distinti, perché Go ha un garbage collector *preciso* e ha bisogno di conoscere la locazione di ogni puntatore alla memoria da lui gestita.

Memoria C e memoria Go

Il codice Go può passare un puntatore Go al C solamente se la memoria non contiene altri puntatori a memoria Go.

Il codice C non può copiare questa area, nemmeno temporaneamente

Il piano

- PostgreSQL chiama il codice C, rispettando tutte le ABI senza doverle riscrivere come codice Go
- Il codice C chiama la relativa funzione Go
- Il codice Go può comunque chiamare il codice C per utilizzare le primitive di PostgreSQL

Stub C

```
// prefisso estensione
PG_FUNCTION_INFO_V1(add_one);

int go_add_one(int);

Datum add_one(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    int32 arg = PG_GETARG_INT32(0);
    int32 result = go_add_one(arg);
    PG_RETURN_INT32(result);
}
```

Codice estensione

```
package main
import "C"

func main() { }

//export go_add_one
func go_add_one(a C.int) C.int {
        return a+1
}
```

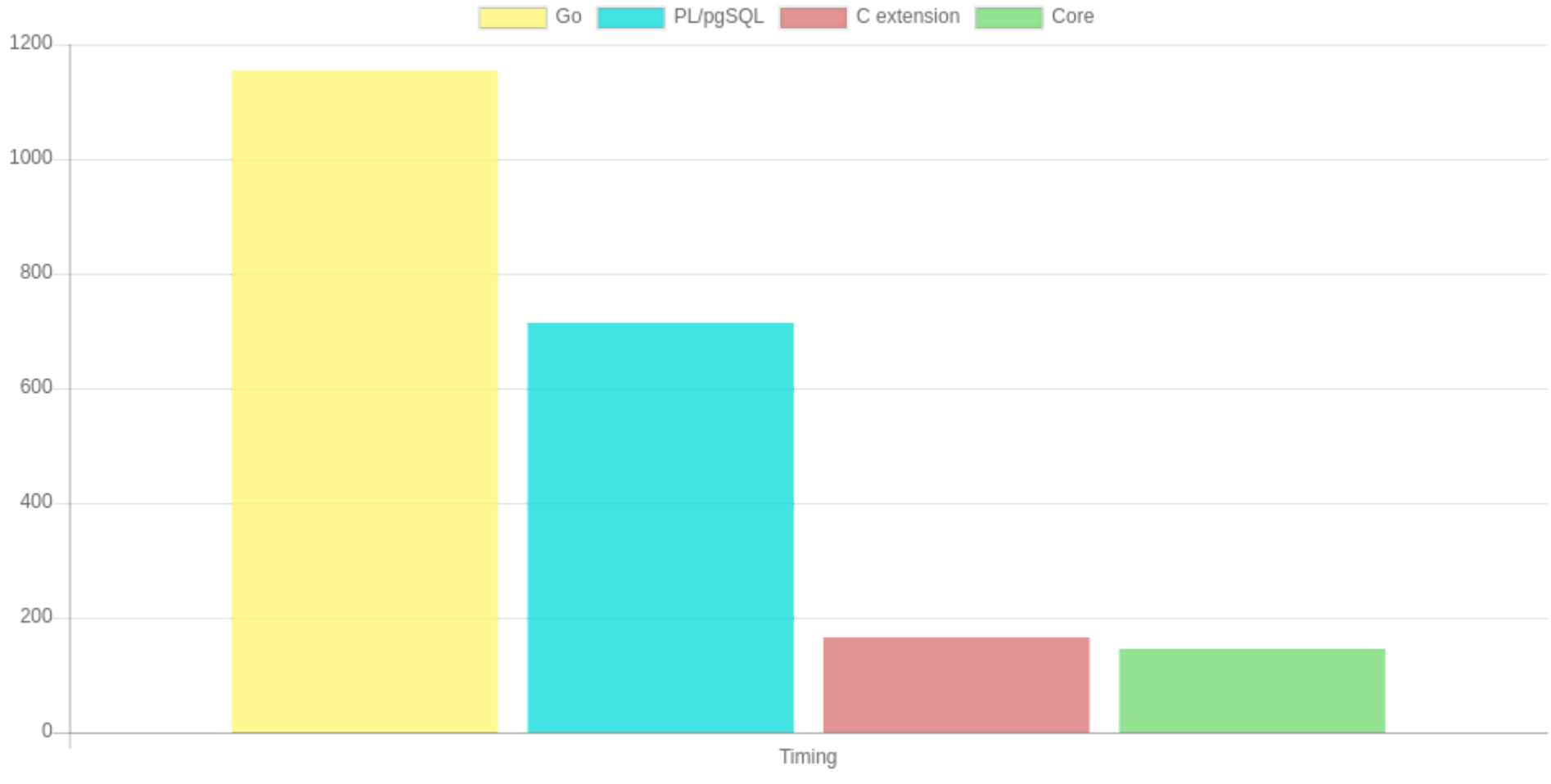
Compilazione

```
CGO_CFLAGS=-I$(pg_config --includedir-server) \
go build -buildmode=c-shared \
-o go_extension.so \
leonardoce.interfree.it/go_extension
```

Quanto costa?

```
postgres=# SELECT COUNT(go_add_one(x))
           FROM generate_series(1,1000000) x;
Time: 1153.545 ms

postgres=# SELECT COUNT(p_add_one(x)) FROM ...
Time: 714.234 ms

postgres=# SELECT COUNT(c_add_one(x)) FROM ...
Time: 166.661 ms
```

Graficamente



Perchè?

Go, nonostante venga compilato in codice nativo, ha un runtime da inizializzare e da pulire.

- Garbage collector
- Thread sanitizer (se attivo)
- Gestione traceback (panic)

Praticamente

```
CGO_NO_SANITIZE_THREAD
int go_add_one(int p0)
{
  __SIZE_TYPE__ _cgo_ctxt = _cgo_wait_runtime_init_done();
  [...]
  _cgo_tsan_release();
  crosscall2(_cgoexp_952a6df9a21b_go_add_one, &stacktop, 16, _cgo_ctxt
  _cgo_tsan_acquire();
  _cgo_release_context(_cgo_ctxt);
  return [...];
}
```

Inizializzazione runtime

```
uintptr_t _cgo_wait_runtime_init_done() {
  void (*pfn)(struct context_arg*);

  pthread_mutex_lock(&runtime_init_mu);
  while (runtime_init_done == 0) {
    pthread_cond_wait(&runtime_init_cond, &runtime_init_mu);
  }
  [...]
  pfn = cgo_context_function;
  pthread_mutex_unlock(&runtime_init_mu);
  if (pfn != nil) { [...] }
  return 0;
}
```

crosscall2

```
TEXT crosscall2(SB),NOSPLIT,$0
SUBQ  $0x118, SP
MOVQ  BX, 0x18(SP)
MOVQ  BP, 0x20(SP)
MOVQ  R12, 0x28(SP)
MOVQ  R13, 0x30(SP)
MOVQ  R14, 0x38(SP)
MOVQ  R15, 0x40(SP)

MOVQ  SI, 0x0(SP)
MOVQ  DX, 0x8(SP)
MOVQ  CX, 0x10(SP)

CALL  DI  /* fn */

MOVQ  0x18(SP), BX
MOVQ  0x20(SP), BP
```

Tutte queste funzionalità costano 1150 ms per un milione di chiamate.

Attraversare i confini costa, **ma non troppo**

Da Go a PostgreSQL

```
#include "postgres.h"
#include "utils/elog.h"

#pragma weak elog_start
#pragma weak elog_finish

/* elog è una macro! */
void int_elog(int level, const char *msg) {
        elog(level, "%s", msg);
}
```

Interfaccia Go

```
// #include <stdlib.h>
// void int_elog(int level, const char *msg);
import "C"

import "fmt"
import "unsafe"

const DEBUG5 = 10 // ...

func Elog(level int, format string, a ...interface{}) {
  message := fmt.Sprintf(format, a...)

  c_message := C.CString(message)
  defer C.free(unsafe.Pointer(c_message))
  C.int_elog(C.int(level), c_message)
}
```

Come si usa?

```
import "leonardoce.interfree.it/postgres_ext/elog"

func go_example() {
  elog.Elog(elog.INFO, "info!")
  [...]
}
```

Semplice!

La Server Programming Inteface

Permette alle estensioni di avviare comandi SQL durante la loro esecuzione.

- int SPI_connect(void) **connette** connessione ai servizi degli SPI

- int SPI_finish(void) **disconnette**. il contesto

- int SPI_exec(const char * command, long count) **esegue** una query SQL, eventualmente limitando i risultati ad un certo numero di righe

Sembra tutto semplice...

```
err := spi.Connect()
defer spi.Finish()

if err != nil {
  elog.Elog(elog.ERROR,
    "go_spi_example: SPI connection error")
  return
}

err = spi.Exec("INSERT INTO testtable (a) VALUES (1)", 0)
if err != nil {
  elog.Elog(elog.ERROR, "go_spi_example: SPI exec error")
  return
}
```

Attenzione

Note that if a command invoked via SPI fails, then control will not be returned to your procedure. Rather, the transaction or subtransaction in which your procedure executes will be rolled back. (docs)

Stack

1. PostgreSQL Executor (C)
2. go_test_spi (C, generated by cgo)
3. TestSpi (Go)
4. spi.Exec(...) (Go)
5. SPI_exec (C, PostgreSQL)
6. longjmp in caso di errore, che riavvolge tutto al punto (1)

cgo + longjmp/setjmp = HELL

Perché?

```
CGO_NO_SANITIZE_THREAD
int go_add_one(int p0)
{
  __SIZE_TYPE__ _cgo_ctxt = _cgo_wait_runtime_init_done();
  [...]
  _cgo_tsan_release();
  crosscall2(_cgoexp_952a6df9a21b_go_add_one, &stacktop, 16, _cgo_ctxt
  _cgo_tsan_acquire();
  _cgo_release_context(_cgo_ctxt);
  return [...];
}
```

La soluzione

```
int stub_SPI_exec(const char *query, long rows) {
  int spi_rc;
  BeginInternalSubTransaction(NULL);
  PG_TRY();
  {
    spi_rc = SPI_exec(query, rows);
    ReleaseCurrentSubTransaction();
  }
  PG_CATCH();
  {
    RollbackAndReleaseCurrentSubTransaction();
    return -1;
  }
  PG_END_TRY();
  return spi_rc;
}
```

Autonomous Subtransactions

Permettono di dividere la la transazione in blocchi, e di gestire gli errori di conseguenza

Autonomous Subtransactions !!= Autonomous Transactions

Autonomous Subtransactions ~~ Savepoints

Conclusione

- Integrare Go e PostgreSQL è possibile!
- Le macro di PostgreSQL sono così comode da giustificare l'uso di C nella nostra integrazione
- Passare da un universo all'altro costa, ma vale la pena

Domande?

Leonardo Cecchi
@leonardo_cecchi
leonardo.cecchi@2ndquadrant.it