

**Relazione**  
Progetto per la sessione d'esame invernale  
2023 / 2024

**AUTORI**

Sestri Daniele  
*matricola: 320713*

Piovaticci Luca  
*matricola: 328235*

Università degli Studi di Urbino Carlo Bo  
Insegnamento di Programmazione Procedurale

# 1 Specifica del problema

Scrivere un programma ANSI C che acquisisce dalla tastiera un anno compreso tra 1900 e 2099, calcola il giorno e il mese in cui cade il Lunedì dell'Angelo in quell'anno sia secondo il calendario gregoriano che secondo il calendario giuliano (non è consentito prelevare la data da tabelle precompilate) e poi stampa sullo schermo le cifre del giorno e le prime tre lettere maiuscole del mese (ignorare tutte le lettere successive) con caratteri giganti ognuno formato da asterischi e occupante 5 posizioni sia in altezza che in larghezza.

```
*****  *          *  *  *  *****
      *  **          ** **  *  *
***** *  *          * *  ***** *****
      *  *          * *  *  *  *
***** *****          *  *  *  *  *
```

## 2 Analisi del Problema

### 2.1 Dati di Ingresso del Problema

L'unico dato di ingresso del problema è rappresentato dall'anno di riferimento, che deve essere un numero intero positivo di quattro cifre compreso tra il 1900 e il 2099 estremi compresi.

Sia  $a$  l'anno di riferimento:

$$a \in \mathbb{N} \quad \wedge \quad 1900 \leq a \leq 2099$$

### 2.2 Dati di Uscita del Problema

I dati di uscita del problema sono i seguenti:

- Le cifre del giorno e le prime tre lettere del mese corrispondenti al Lunedì dell'Angelo dell'anno ricevuto in ingresso secondo il calendario gregoriano.
- Le cifre del giorno e le prime tre lettere del mese corrispondenti al Lunedì dell'Angelo dell'anno ricevuto in ingresso secondo il calendario giuliano.

### 2.3 Relazioni Intercorrenti tra i Dati del Problema

Le relazioni intercorrenti tra i dati del problema sono presentate qui di seguito.

#### 2.3.1 Calendario gregoriano e giuliano

Il calendario gregoriano è un sistema di datazione introdotto da Papa Gregorio XIII. Prevede un anno bisestile ogni quattro anni, ma gli anni secolari possono essere bisestili solo se sono divisibili per 400.

Il calendario giuliano è un sistema di datazione introdotto da Giulio Cesare. Prevede che ogni anno divisibile per 4 sia bisestile.

Il termine *bisestile* si riferisce a un anno che ha un giorno in più rispetto agli anni non bisestili.

Sia  $a$  un anno del calendario gregoriano. L'anno  $a$  è bisestile se soddisfa le seguenti condizioni: è divisibile per 4 e non deve essere divisibile per 100 a meno che non sia divisibile per 400.

$$a \text{ è bisestile} \iff (a \equiv 0 \pmod{4}) \wedge ((a \not\equiv 0 \pmod{100}) \vee (a \equiv 0 \pmod{400}))$$

Sia  $b$  un anno del calendario giuliano. L'anno  $b$  è bisestile se e solo se  $b$  è divisibile per 4.

$$b \text{ è bisestile} \iff b \equiv 0 \pmod{4}$$

La distinzione tra il calendario giuliano e quello gregoriano risiede, quindi, nel trattamento degli anni bisestili e di conseguenza nella precisione con cui approssimano l'anno tropico, ovvero il periodo necessario affinché la Terra compia una rivoluzione completa intorno al Sole. Nel corso dei secoli, questa differenza ha portato e continuerà a portare un progressivo disallineamento del calendario giuliano rispetto al calendario gregoriano.

#### 2.3.2 Lunedì dell'Angelo

Il Lunedì dell'Angelo è una festività particolarmente associata alla tradizione cristiano cattolica. È definito come il giorno successivo alla domenica di Pasqua<sup>1</sup>.

#### 2.3.3 Pasqua

La Pasqua è una festa mobile quindi il giorno e il mese in cui essa cade varia a seconda dell'anno di riferimento. Il principio che identifica questa data è stato stabilito dal Concilio di Nicea nel 325 d.c. e fissa il giorno di Pasqua come la domenica successiva al primo plenilunio di primavera.

L'equinozio di primavera viene fissato dalla Chiesa cattolica, per convenzione, il 21 marzo (l'equinozio astronomico di primavera varia tra il 19 ed il 21 marzo).

---

<sup>1</sup>Si utilizza la parola *Pasqua* in sostituzione del termine *Pasqua cristiano cattolica*.

Di conseguenza la Pasqua è sempre compresa nel periodo che va dal 22 marzo al 25 aprile.

Questa asserzione è verificata attraverso queste due deduzioni:

- Supponendo che il primo plenilunio di primavera cada il 21 marzo e che questo coincida con un sabato, ne consegue che la Pasqua si celebrerà il giorno successivo, ovvero il 22 marzo.
- Supponendo che il plenilunio avvenga il 20 marzo, è necessario attendere un intero ciclo lunare, che dura circa 29 giorni, per il successivo plenilunio. Quest'ultimo, quindi, si presenterà il 18 aprile. Se questa data corrispondesse a una domenica la Pasqua verrebbe fissata alla domenica seguente, cioè il 25 aprile.

#### **2.3.4 Ultime considerazioni**

In base a quanto esposto si deduce che il Lunedì dell'Angelo può cadere solo tra il 23 marzo e il 26 aprile, essendo il giorno successivo alla Pasqua.

## 3 Progettazione dell'algoritmo

### 3.1 Scelte di progetto

Per il calcolo della Pasqua si adotterà il metodo sviluppato da Gauss, dettagliato nella sottosezione 3.1.1. La preferenza per questo procedimento, in alternativa ad altre tecniche di calcolo, deriva dalla sua ampia validazione e dal lungo periodo di utilizzo che attesta la sua precisione e attendibilità. È rilevante evidenziare che questo sistema è compatibile sia con il calendario giuliano sia con quello gregoriano.

#### 3.1.1 Calcolo diretto della Pasqua con il metodo di Gauss

Nel 1800 il matematico Carl Friedrich Gauss elaborò un algoritmo per determinare la data della Pasqua in un dato anno. Questo metodo si basa su due parametri che definiamo come  $M$  e  $N$  (variano a seconda del calendario utilizzato), sull'anno di riferimento che definiamo come  $A$  e sul tipo di calendario che definiamo come  $T$ .

$M$  e  $N$  sono valori precalcolati e seguono le seguenti regole:

$$T = \text{giuliano} \implies (M = 15, N = 6)$$

$$T = \text{gregoriano} \wedge A \in \{x \in \mathbb{N} \mid 1900 \leq x \leq 2099\} \implies (M = 24, N = 5)$$

Vengono impiegate le variabili  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  ed  $e$  come supporti intermedi nel calcolo della data, integrando elementi di calcolo astronomico. Tali elementi facilitano il processo, suddividendo la determinazione della data in fasi più facilmente gestibili. Ognuna di esse riflette specifici concetti legati all'astronomia che, però, non saranno trattati in questa relazione.

Segue l'esposizione dettagliata dell'algoritmo:

si calcolano i seguenti numeri definiti come  $a$ ,  $b$  e  $c$ :

$$A \equiv a \pmod{19}$$

$$A \equiv b \pmod{4}$$

$$A \equiv c \pmod{7}$$

Partendo da essi si ricavano altri valori definiti come  $d$  ed  $e$ :

$$(19a + M) \equiv d \pmod{30}$$

$$(2b + 4c + 6d + N) \equiv e \pmod{7}$$

Se  $(d + e) < 10$ , allora la Pasqua cade il giorno  $(d + e + 22)$  del mese di marzo, altrimenti la Pasqua si verifica il giorno  $(d + e - 9)$  del mese di aprile.

Il metodo aggiunge inoltre le seguenti eccezioni:

- Se la data risultante è il 26 aprile, allora la Pasqua cade il giorno 19 aprile.
- Se la data risultante è il 25 aprile e contemporaneamente  $d = 28$ ,  $e = 6$  e  $a > 10$ , allora la Pasqua cade il 18 aprile.

#### 3.1.2 Selezione del calendario

Per la selezione del calendario si è scelto di usare un ciclo assegnando il valore 0 per identificare il calendario gregoriano e il valore 1 per identificare il calendario giuliano. Questa scelta garantisce che le stesse operazioni siano eseguite in modo sistematico per entrambi i calendari.

### 3.1.3 Gestione delle variabili e dei parametri del metodo di Gauss

Riguardo all'algoritmo di Gauss, si osserva quanto segue:

- Le variabili  $a$ ,  $b$  e  $c$  sono determinate esclusivamente dall'anno e non variano a seconda del calendario utilizzato.
- La variabile  $a$  è impiegata non solo nel calcolo della  $d$ , ma anche nella gestione di una specifica eccezione.
- Nella formula per il calcolo della  $e$  si hanno le uniche occorrenze di  $b$  e  $c$  esclusivamente moltiplicate per costanti.

Da queste osservazioni emergono alcune considerazioni:

- L'espressione  $2b + 4c$  dipende solo dall'anno di riferimento, permettendo un precalcolo indipendente dal tipo di calendario.
- Similmente,  $a$  può essere precalcolata.

In base a queste deduzioni, si sceglie di calcolare  $a$  e  $2b + 4c$  al di fuori del ciclo di selezione del calendario, come scelta progettuale. Inoltre, per mantenere la coerenza con la denominazione delle variabili dell'algoritmo di Gauss e per semplicità di utilizzo, usiamo la dicitura breve  $f$  per individuare l'espressione  $2b + 4c$  quindi definiamo  $f = 2b + 4c$ .

Nei relativi contesti del calendario giuliano e del calendario gregoriano, i parametri  $M$  e  $N$  assumeranno valori distinti. In entrambi i casi saranno trattati come costanti simboliche, riflettendo la loro natura immutabile all'interno del contesto del progetto.

### 3.1.4 Stampa del risultato

Si prendono le seguenti scelte di progetto:

- Per la stampa delle cifre si utilizzeranno solo i seguenti caratteri numerici, poiché ci troviamo in un contesto di numerazione in base dieci: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.
- Per la stampa dei caratteri del mese si osserva che i mesi in questione sono limitati a marzo e aprile, i quali condividono alcune delle loro tre lettere iniziali. Pertanto, si ricorrerà esclusivamente all'uso dei seguenti caratteri: A, M, P, R.
- Per la stampa di un numero con una cifra verrà aggiunto uno zero alla sua sinistra (ad esempio se il numero in questione è 5 allora si stamperà 05). In questo modo si mantiene una coerenza nell'emissione dei risultati dovendo stampare sempre due cifre, tre lettere e i relativi spazi.
- Non avendo ricevuto nessuna specifica al riguardo, si definisce che lo spazio tra il gruppo di cifre e il gruppo di lettere del mese occuperà sette posizioni in larghezza e cinque posizioni in altezza.
- Lo spazio tra le cifre occuperà una posizione in larghezza e cinque posizioni in altezza, come indicato graficamente nella specifica del problema.
- Lo spazio tra le lettere occuperà una posizione in larghezza e cinque posizioni in altezza, come indicato graficamente nella specifica del problema.

Per la realizzazione della stampa di caratteri giganti, si adotterà una tecnica ispirata alle comuni stampanti a getto d'inchiostro, ossia la stampa sequenziale riga per riga. La stampa sequenziale riga per riga implica un processo in cui la testina di stampa si muove orizzontalmente lungo ogni riga, depositando l'inchiostro in modo sequenziale. Dopo il completamento di una riga, il meccanismo di stampa si sposta verticalmente alla riga successiva, ripetendo il processo.

Questo approccio di scorrimento orizzontale e verticale, che verrà replicato nel programma, è essenziale per la realizzazione della stampa dei caratteri in modo ordinato e preciso. Inoltre ci permette di non memorizzare l'intera rappresentazione del carattere prima di stamparlo, comportando una minore occupazione di memoria e conseguentemente una riduzione del carico di gestione della stessa.

### 3.1.5 Ulteriori scelte di progetto

Per concludere, sapendo che sia la Pasqua sia il Lunedì dell'Angelo cadono tra marzo e aprile (come specificato nelle sezioni 2.3.3 e 2.3.4) riportiamo le seguenti convenzioni, che saranno utili nei calcoli delle date:

- Sia per il calendario gregoriano sia per quello giuliano, marzo è il terzo mese dell'anno.
- Sia per il calendario gregoriano sia per quello giuliano, aprile è il quarto mese dell'anno.
- Dopo il trentunesimo giorno di marzo segue il primo giorno di aprile.

## 3.2 Passi dell'Algoritmo

I passi dell'algoritmo per risolvere il problema sono i seguenti:

- Acquisire un anno di riferimento.
- Calcolare i valori di  $a$  e dell'espressione  $2b + 4c$  del metodo di Gauss.
  - Calcolo delle variabili  $a$ ,  $b$  e  $c$  del metodo di Gauss.
  - Calcolo dell'espressione  $2b + 4c$ .
- Scorrimento e selezione dei calendari, calcolo e stampa dei risultati.
  - Calcolare la data di Pasqua per il calendario di riferimento.
    - \* Scelta dei parametri  $M$  e  $N$  in base al tipo di calendario.
    - \* Calcolare il giorno e il mese in base al metodo di Gauss.
    - \* Gestione delle eventuali eccezioni.
  - Calcolare la data del Lunedì dell'Angelo.
  - Stampare il risultato per il calendario di riferimento:
    - \* Ricavare la prima e la seconda cifra del giorno.
    - \* Caricare il contenitore dei dati per la stampa.
    - \* Emissione dei dati utilizzando la stampa riga per riga.

## 4 Implementazione dell'Algoritmo

File sorgente lunedì.angelo.c:

```
/* **** */
/* Progetto per la sessione d'esame invernale 2023/2024 */
/* Insegnamento di Programmazione Procedurale */
/* **** */
/* Programma per il calcolo della data del Lunedì dell'Angelo */
/* **** */
/* Autori: Sestri Daniele Matricola: 320713 */
/* Piovaticci Luca 328235 */
/* **** */

/* **** */
/* inclusione delle librerie */
/* **** */

#include <stdio.h>

/* **** */
/* definizione delle costanti simboliche */
/* **** */

#define M.GIU 15 /* valore di M per il calendario giuliano */
#define N.GIU 6 /* valore di N per il calendario giuliano */
#define M.GREG 24 /* valore di M per il calendario gregoriano dal 1900 al 2099 */
#define N.GREG 5 /* valore di N per il calendario gregoriano dal 1900 al 2099 */

/* **** */
/* dichiarazione delle funzioni */
/* **** */

int acquisisci_anno(void);
void calcolo_gauss_var(int,
                      int *,
                      int *);
void calcolo_pasqua(int,
                   int,
                   int,
                   int *,
                   int *);
void calcolo_angelo(int *,
                   int *);
void stampa_risultato(int,
                     int);
void stampa_riga_car(char,
                    int);

/* **** */
/* definizione delle funzioni */
/* **** */

/* definizione della funzione main */
int main(void)
{
    /* dichiarazione delle variabili locali alla funzione */
    int anno, /* input: anno di riferimento per il calcolo */
        a, /* lavoro: variabile a del metodo di Gauss */
        f, /* lavoro: identificatore per 2b + 4c del metodo di Gauss */
        tipo_cal, /* lavoro: indicazione tipo di calendario */
        giorno, /* output: giorno del Lunedì dell'Angelo */
        mese; /* output: mese del Lunedì dell'Angelo */

    /* acquisire un anno di riferimento */
    anno = acquisisci_anno();
```



```

/* calcolare i valori di a e dell'espressione 2b + 4c del metodo di Gauss */
calcolo_gauss_var(anno,
                  &a,
                  &f);

/* scorrimento e selezione dei calendari, calcolo e stampa dei risultati */
for (tipo_cal = 0;
     tipo_cal < 2;
     tipo_cal++)
{
    /* calcolare la data di Pasqua per il calendario di riferimento */
    calcolo_pasqua(a,
                  f,
                  tipo_cal,
                  &giorno,
                  &mese);

    /* calcolare la data del Lunedì dell'Angelo */
    calcolo_angelo(&giorno,
                  &mese);

    /* stampare il risultato per il calendario di riferimento */
    printf("\n\n Il Lunedì dell'Angelo del %d, "
           " secondo il calendario %s, cade il \n\n",
           anno,
           (tipo_cal) ? "giuliano" : "gregoriano");
    stampa_risultato(giorno,
                     mese);
}

printf("\n\n");
return(0);
}

/* definizione della funzione per l'acquisizione dell'anno */
int acquisisci_anno(void)
{
    /* dichiarazione delle variabili locali alla funzione */
    int anno_scelto,          /* output: anno scelto dall'utente */
        esito_lettura,        /* lavoro: esito della scanf */
        acquisizione_errata; /* lavoro: esito complessivo dell'acquisizione */

    /* acquisizione dell'anno */
    do
    {
        printf("\n\n Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099 \n"
               "\n Digita la tua scelta e premi 'Invio': ");

        /* acquisizione e validazione stretta */
        esito_lettura = scanf("%d",
                              &anno_scelto);
        acquisizione_errata = esito_lettura != 1 ||
                              anno_scelto < 1900 ||
                              anno_scelto > 2099;

        if (acquisizione_errata)
            printf("\n Il valore inserito non è corretto! \n\n");
        while (getchar() != '\n');
    }
    while (acquisizione_errata);
    return(anno_scelto);
}

/* definizione della funzione per il calcolo di a e di 2b + 4c del metodo di Gauss */
void calcolo_gauss_var(int anno, /* input: anno di riferimento */
                      int *a,    /* output: variabile a del metodo di Gauss */

```

```

        int *f)      /* output: identificatore per 2b + 4c */
{
    /* dichiarazione delle variabili locali alla funzione */
    int b, /* lavoro: variabile b del metodo di Gauss */
        c; /* lavoro: variabile c del metodo di Gauss */

    /* calcolo delle variabili a, b e c del metodo di Gauss */
    *a = anno % 19;
    b = anno % 4;
    c = anno % 7;

    /* calcolo dell'espressione 2b + 4c */
    *f = 2 * b +
        4 * c;
}

/* definizione della funzione per il calcolo del giorno e del mese di Pasqua */
void calcolo_pasqua(int  a,      /* input: variabile a del metodo di Gauss */
                    int  f,      /* input: identificatore per 2b + 4c */
                    int  tipo_cal, /* input: tipo di calendario */
                    int *giorno, /* output: giorno di Pasqua */
                    int *mese)   /* output: mese di Pasqua */
{
    /* dichiarazione delle variabili locali alla funzione */
    int d, /* lavoro: variabile d del metodo di Gauss */
        e, /* lavoro: variabile e del metodo di Gauss */
        m, /* lavoro: parametro M del metodo di Gauss */
        n; /* lavoro: parametro N del metodo di Gauss */

    /* scelta dei parametri M e N in base al tipo di calendario */
    if(tipo_cal)
    {
        m = M_GIU;
        n = N_GIU;
    }
    else
    {
        m = M_GREG;
        n = N_GREG;
    }

    /* calcolare il giorno e il mese in base al metodo di Gauss */
    d = (19 * a +
        m) % 30;
    e = (f +
        6 * d +
        n) % 7;
    *giorno = d + e;
    if (*giorno < 10)
    {
        *giorno += 22;
        *mese = 3;
    }
    else
    {
        *giorno -= 9;
        *mese = 4;
    }

    /* gestione delle eventuali eccezioni */
    if (*mese == 4)
    {
        if (*giorno == 26)
            *giorno = 19;
        if (*giorno == 25 &&
            d == 28 &&

```

```

        e == 6          &&
        a > 10)
        *giorno = 18;
    }
}

/* definizione della funzione per il calcolo del Lunedì dell'Angelo */
void calcolo_angelo(int *giorno, /* input/output: giorno */
                   int *mese) /* input/output: mese */
{
    ++*giorno;
    if (*mese == 3 &&
        *giorno > 31)
    {
        *giorno -= 31;
        ++*mese;
    }
}

/* definizione della funzione per la stampa del risultato */
void stampa_risultato(int giorno, /* input: giorno del Lunedì dell'Angelo */
                     int mese) /* input: mese del Lunedì dell'Angelo */
{
    /* dichiarazione delle variabili locali alla funzione */
    char contenitore_ris[6]; /* output: contenitore dei dati per la stampa */
    int  prima_cifra,        /* lavoro: prima cifra da sinistra del giorno */
        seconda_cifra,      /* lavoro: seconda cifra da sinistra del giorno */
        v,                  /* lavoro: contatore per asse verticale */
        o;                  /* lavoro: contatore per avanzamento orizzontale */

    /* ricavare la prima e la seconda cifra del giorno */
    prima_cifra = giorno / 10;
    seconda_cifra = giorno % 10;

    /* caricare il contenitore dei dati per la stampa */
    contenitore_ris[0] = '0' + prima_cifra;
    contenitore_ris[1] = '0' + seconda_cifra;
    contenitore_ris[2] = ' ';
    if (mese == 3)
    {
        contenitore_ris[3] = 'M';
        contenitore_ris[4] = 'A';
    }
    else
    {
        contenitore_ris[3] = 'A';
        contenitore_ris[4] = 'P';
    }
    contenitore_ris[5] = 'R';

    /* emissione dei dati utilizzando la stampa riga per riga */
    for (v = 0;
         v < 5;
         v++)
    {
        for (o = 0;
             o < 6;
             o++)
            stampa_riga_car(contenitore_ris[o], v);
        printf("\n");
    }
}

/* definizione della funzione per la stampa del carattere */
void stampa_riga_car(char carattere, /* input: carattere da stampare */
                     int v) /* input: indicazione posizione asse verticale */

```

```

{
/* stampare la v-esima riga del carattere */
switch(carattere)
{
case ' ':
    printf("%5s", "");
    break;
case '0':
    printf(v == 0 || v == 4 ? " ***** " : " *   * ");
    break;
case '1':
    if (v == 1)
        printf("  **   ");
    else if (v == 2)
        printf(" * *   ");
    else if (v == 4)
        printf(" ***** ");
    else
        printf("   *   ");
    break;
case '2':
    if (v == 1)
        printf("      * ");
    else if (v == 3)
        printf(" *      ");
    else
        printf(" ***** ");
    break;
case '3':
    printf(v == 1 || v == 3 ? "      * " : " ***** ");
    break;
case '4':
    if (v == 0 ||
        v == 1)
        printf(" *   * ");
    else if (v == 2)
        printf(" ***** ");
    else
        printf("      * ");
    break;
case '5':
case '6':
    if (v == 1)
        printf(" *      ");
    else if (v == 3)
        printf(carattere == '5' ? "      * " : " *   * ");
    else
        printf(" ***** ");
    break;
case '7':
    printf(v == 0 ? " ***** " : "      * ");
    break;
case '8':
    printf(v == 0 || v == 2 || v == 4 ? " ***** " : " *   * ");
    break;
case '9':
    if (v == 1)
        printf(" *   * ");
    else if (v == 3)
        printf("      * ");
    else
        printf(" ***** ");
    break;
case 'A':
    if (v == 0)
        printf("   *   ");

```

```

        else if (v == 1)
            printf(" * * ");
        else if (v == 2)
            printf(" ***** ");
        else
            printf(" * * ");
        break;
case 'M':
    if (v == 1)
        printf(" ** ** ");
    else if (v == 2)
        printf(" * * * ");
    else
        printf(" * * ");
    break;
case 'P':
    if (v == 0 ||
        v == 2)
        printf(" ***** ");
    else if (v == 1)
        printf(" * * ");
    else
        printf(" * ");
    break;
case 'R':
    if (v == 1)
        printf(" * * ");
    else if (v == 3)
        printf(" * * ");
    else if (v == 4)
        printf(" * * ");
    else
        printf(" ***** ");
    break;
}
}

```

### Makefile:

```
# Makefile lunedì.angelo #

lunedì.angelo: lunedì.angelo.c Makefile
    gcc -ansi -Wall -O lunedì.angelo.c -o lunedì.angelo

pulisci:
    rm -f lunedì.angelo.o

pulisci_tutto:
    rm -f lunedì.angelo lunedì.angelo.o
```

## 5 Testing del Programma

I test effettuati rivelano che il programma accetta solo gli anni compresi dal 1900 al 2099 come da specifica, riuscendo a gestire gli errori di immissione.

Nel caso in cui il valore ricevuto non sia corretto viene avvisato l'utente e quindi gli viene richiesto di inserire un nuovo valore.

### Test 1

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 1800
Il valore inserito non è corretto!

Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': █
```

### Test 2

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 1 900
Il valore inserito non è corretto!

Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': █
```

### Test 3

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2a099
Il valore inserito non è corretto!

Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': █
```

## Test 4

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2023

Il Lunedì dell'Angelo del 2023, secondo il calendario gregoriano, cade il

*   *****   *   *****   *****
**  *  *      *  *  *  *  *  *
* *  *  *      *****   *****   *****
*   *  *      *   *  *      *   *
*****   *****   *   *  *      *   *

Il Lunedì dell'Angelo del 2023, secondo il calendario giuliano, cade il

*****  *  *      *   *****   *****
*   *  *  *      *  *  *  *  *  *
*   *  *****   *****   *****
*   *  *      *   *  *      *   *
*****      *   *   *  *      *   *
```

## Test 5

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 1900

Il Lunedì dell'Angelo del 1900, secondo il calendario gregoriano, cade il

*   *****   *   *****   *****
**  *  *      *  *  *  *  *  *
* *  *****   *****   *****
*   *  *      *   *  *      *   *
*****   *****   *   *  *      *   *

Il Lunedì dell'Angelo del 1900, secondo il calendario giuliano, cade il

*   *****   *   *****   *****
**  *  *  *      *  *  *  *  *  *
* *  *  *      *****   *****   *****
*   *  *      *   *  *      *   *
*****   *****   *   *  *      *   *
```

## Test 6

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2099

Il Lunedì dell'Angelo del 2099, secondo il calendario gregoriano, cade il

*   *****   *   *****   *****
**  *  *      *  *  *  *  *  *
* *  *****   *****   *****
*   *  *      *   *  *      *   *
*****   *****   *   *  *      *   *

Il Lunedì dell'Angelo del 2099, secondo il calendario giuliano, cade il

*****  *  *      *   *  *      *****
*   *  *      *  *  *  *  *  *
*****  *  *      *   *  *****   *****
*   *  *      *   *  *  *  *  *
*****   *****   *   *  *  *  *  *
```



## Test 7

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2054

Il Lunedì dell'Angelo del 2054, secondo il calendario gregoriano, cade il

*****
* * * * *
*****
* * * * *
*****
* * * * *
*****

Il Lunedì dell'Angelo del 2054, secondo il calendario giuliano, cade il

*****
* * * * *
*****
* * * * *
*****
* * * * *
```

## Test 8

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2063

Il Lunedì dell'Angelo del 2063, secondo il calendario gregoriano, cade il

* * * * *
** * * * *
* * * * *
* * * * *
*****

Il Lunedì dell'Angelo del 2063, secondo il calendario giuliano, cade il

* * * * *
** * * * *
* * * * *
* * * * *
*****
```

## Test 9

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2078

Il Lunedì dell'Angelo del 2078, secondo il calendario gregoriano, cade il

*****
* * * * *
* * * * *
* * * * *
*****

Il Lunedì dell'Angelo del 2078, secondo il calendario giuliano, cade il

*****
* * * * *
* * * * *
* * * * *
*****
```

## Test 10

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2090

Il Lunedì dell'Angelo del 2090, secondo il calendario gregoriano, cade il

 *      *****      *      *****      *****
**      *      *      *      *      *      *
* *      *      ***** ***** *****
*      *      *      *      *      *
*****      *      *      *      *      *

Il Lunedì dell'Angelo del 2090, secondo il calendario giuliano, cade il

 *      *      *      ***** *****
**      **      *      *      *      *
* *      * *      ***** *****
*      *      *      *      *      *
***** *****      *      *      *      *
```

## Test 11

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2083

Il Lunedì dell'Angelo del 2083, secondo il calendario gregoriano, cade il

***** *****      *      ***** *****
* * *      *      *      *      *      *
* * *****      ***** ***** *****
* *      *      *      *      *      *
***** *****      *      *      *      *
```

```
Il Lunedì dell'Angelo del 2083, secondo il calendario giuliano, cade il

***** *****      *      *      *      *****
*      *      *      ** ** *      *      *
***** *      *      *      ***** *****
*      *      *      *      *      *      *
***** *****      *      *      *      *      *
```

## Test 12

```
Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099
Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2084

Il Lunedì dell'Angelo del 2084, secondo il calendario gregoriano, cade il

***** *****      *      *      *      *****
*      *      ** ** *      *      *
*****      *      *      ***** *****
*      *      *      *      *      *
*****      *      *      *      *      *
```

```
Il Lunedì dell'Angelo del 2084, secondo il calendario giuliano, cade il

 *      *****      *      ***** *****
**      *      *      *      *      *      *
* *      *****      ***** *****
*      *      *      *      *      *
***** *****      *      *      *      *
```

## Test 13

Inserire un anno compreso tra il 1900 e il 2099

Digita la tua scelta e premi 'Invio': 2047

Il Lunedì dell'Angelo del 2047, secondo il calendario gregoriano, cade il

```
*      *****      *      *****      *****
**     *              **    * *    * *    * *
* *    *****      ***** ***** *****
*      *              * * * *      * *
***** *****      * * *      * *
```

Il Lunedì dell'Angelo del 2047, secondo il calendario giuliano, cade il

```
***** *****      *      ***** *****
* * * * *      * *    * *    * *    *
* * *****      ***** ***** *****
* * * *      * * * *      * *
***** *****      * * *      * *
```

## 6 Verifica del Programma

### 6.1 Brano di Codice Scelto

```
if (*giorno < 10)
{
    *giorno += 22;
    *mese = 3;
}
else
{
    *giorno -= 9;
    *mese = 4;
}
```

Il brano di codice scelto può essere riscritto utilizzando variabili brevi ed evitando scritture compatte. Questi accorgimenti torneranno utili, successivamente, durante lo sviluppo della formula logica.

```
if (g < 10)
{
    g = g + 22;
    m = 3;
}
else
{
    g = g - 9;
    m = 4;
}
```

### 6.2 Proprietà da Verificare

La proprietà che si vuole verificare è formalizzata nel seguente modo:

$$m = 3 \vee (m = 4 \wedge g \geq 1)$$

### 6.3 Svolgimento

Osserviamo innanzitutto che il brano di codice è privo di iterazione e di ricorsione, quindi possiamo utilizzare le triple di Hoare e poi applicare meccanicamente Dijkstra.

Verificare la correttezza del programma  $S$  che vuole calcolare un risultato  $R$  (postcondizione), vuol dire determinare il predicato  $Q$  (precondizione) che risolve l'equazione logica

$$\{Q\} S \{R\} = \text{vero}$$

La postcondizione  $\{R\}$  risulta essere  $m = 3 \vee (m = 4 \wedge g \geq 1)$ .

Il programma  $S$  è un'istruzione di selezione " $\text{if } (\beta) S_1 \text{ else } S_2$ ", quindi andiamo ad applicare la relativa regola di Dijkstra per il calcolo della precondizione più debole:

$$wp(S, R) = ((\beta \Rightarrow wp(S_1, R)) \wedge (\neg\beta \Rightarrow wp(S_2, R)))$$

Il predicato  $\beta$  equivale a  $g < 10$ , mentre la sua negazione  $\neg\beta$  equivale a  $g \geq 10$ .

Il gruppo  $S_1$  contiene una sequenza di istruzioni di assegnamento " $S_3S_4$ ". Tratteremo queste istruzioni utilizzando questa formula:

$$wp(S_1, R) = wp(S_3, wp(S_4, R))$$

Anche  $S_2$  contiene una sequenza di istruzioni di assegnamento " $S_5S_6$ " che tratteremo con questa formula:

$$wp(S_2, R) = wp(S_5, wp(S_6, R))$$

Applicando le regole di retropropagazione si ha:

per  $wp(S_1, R)$ :

$$\begin{aligned}
wp(S_3, wp(S_4, R)) &= (R_{m,3})_{g,g+22} \\
wp(S_3, wp(S_4, R)) &= ((m = 3 \vee (m = 4 \wedge g \geq 1))_{m,3})_{g,g+22} \\
wp(S_3, wp(S_4, R)) &= (3 = 3 \vee (3 = 4 \wedge g \geq 1))_{g,g+22} \\
wp(S_3, wp(S_4, R)) &= (3 = 3 \vee (3 = 4 \wedge g + 22 \geq 1)) \\
wp(S_3, wp(S_4, R)) &= (vero \vee (falso \wedge g + 22 \geq 1)) \\
wp(S_3, wp(S_4, R)) &= (vero \vee falso) \\
wp(S_3, wp(S_4, R)) &= vero
\end{aligned}$$

per  $wp(S_2, R)$ :

$$\begin{aligned}
wp(S_5, wp(S_6, R)) &= (R_{m,4})_{g,g-9} \\
wp(S_5, wp(S_6, R)) &= ((m = 3 \vee (m = 4 \wedge g \geq 1))_{m,4})_{g,g-9} \\
wp(S_5, wp(S_6, R)) &= (4 = 3 \vee (4 = 4 \wedge g \geq 1))_{g,g-9} \\
wp(S_5, wp(S_6, R)) &= (4 = 3 \vee (4 = 4 \wedge g - 9 \geq 1)) \\
wp(S_5, wp(S_6, R)) &= (4 = 3 \vee (4 = 4 \wedge g \geq 10))
\end{aligned}$$

Essendo  $4 = 3$  certamente falso, la preposizione dipenderà solo da  $(4 = 4 \wedge g \geq 10)$ . Similmente essendo  $4 = 4$  certamente vero, la preposizione dipenderà solo da  $g \geq 10$  che sarà perciò corrispondente alla  $wp(S_5, wp(S_6, R))$ .

Cioè:

$$\begin{aligned}
wp(S_5, wp(S_6, R)) &= (falso \vee (vero \wedge g \geq 10)) \\
wp(S_5, wp(S_6, R)) &= (vero \wedge g \geq 10) \\
wp(S_5, wp(S_6, R)) &= (g \geq 10)
\end{aligned}$$

Di seguito calcoliamo  $wp(S, R)$  sostituendo opportunamente  $\beta$ ,  $\neg\beta$ ,  $wp(S_1, R)$  e  $wp(S_2, R)$ :

$$\begin{aligned}
wp(S, R) &= ((\beta \Rightarrow wp(S_1, R)) \wedge (\neg\beta \Rightarrow wp(S_2, R))) \\
wp(S, R) &= ((g < 10 \Rightarrow vero) \wedge (g \geq 10 \Rightarrow g \geq 10)) \\
wp(S, R) &= (vero \wedge vero) \\
wp(S, R) &= vero
\end{aligned}$$

La preconditione più debole del programma è quindi sempre vera. Perciò, qualunque sia la preconditione  $Q$ , risulta che la tripla di Hoare  $\{Q\} S \{R\}$  è vera. Il programma è quindi sempre corretto rispetto al problema.