

Gestione ‘quasi automatica’ dei valori numerici in esempi di calcolo ed esercizi svolti

Agostino De Marco

Sommario

Nell'articolo viene discussa una tecnica di gestione dei valori numerici, utile specialmente alla preparazione di esempi di calcolo e di esercizi svolti. Questa è una necessità particolarmente sentita dagli autori di manuali tecnico-scientifici. I testi scientifici spesso contengono una successione di esempi di calcolo a corredo della parte teorica. Nella fase di stesura degli esercizi è bene mettere in pratica delle tecniche che limitano l'occorrenza di errori tipografici o addirittura concettuali. Si mostra qui una strategia in cui i dati numerici sono prodotti con strumenti esterni al sistema T_EX. Qualche cenno sarà dato a tecniche simili facenti uso di LuaL^AT_EX o del pacchetto di estensione l3fp.

Abstract

In this paper I will show some techniques to manage numbers in order to facilitate the preparation of calculation examples or worked out exercises. This is a well known problem for authors of scientific textbooks. When they want to include a gallery of examples with calculations in their book it is of utmost importance to adopt a strategy designed to limit both typographic and conceptual errors. The techniques shown here handle numeric values which are produced outside the typesetting process with external software tools. Finally, similar techniques are mentioned that use LuaL^AT_EX or the package l3fp.

1 Dalla teoria alla pratica

Nei manuali tecnici l'esposizione degli argomenti teorici è spesso intervallata da una successione di esercizi. Il lettore percepisce gli esempi di calcolo come delle verifiche ricorrenti che portano sul piano pratico i concetti che man mano vengono esposti.

Tipicamente gli esempi sono segnalati da particolari accorgimenti tipografici affinché si possa più facilmente individuare il flusso dell'esposizione teorica in cui sono immersi. Se ben congegnati, gli esercizi svolti costituiscono un potente strumento didattico oltre che a dare una sensazione di maggiore vicinanza della teoria alla realtà. Eventualmente in qualche esempio si farà riferimento ad esercizi precedenti per evitare ridefinizioni e risparmiare linee testo.

Prendiamo il caso di un autore che è nella fase di perfezionamento del suo testo di Aerodinamica.

Per terminare il manoscritto egli deve ultimare la parte esercitativa e deve quindi preparare una collezione di esempi di calcolo che andrà inserita nel testo.

Immaginiamo che a un certo punto del suo manuale il nostro autore presenti al lettore il concetto di “coefficiente di portanza” dicendo:

Il coefficiente di portanza C_L di un aeromobile che vola alla velocità V si definisce come

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} \quad (1)$$

dove L è la portanza aerodinamica (*lift*), ρ è la densità dell'aria alla quota di volo ed S la superficie alare.

L'introduzione del concetto di coefficiente di forza adimensionale si presta ad un esempio di calcolo basato sulla formula (1). Volendo fornire al lettore un esempio realistico l'autore sceglie un velivolo di riferimento, esegue una ricerca per trovarne le caratteristiche ed annota quelle che servono per l'esempio da proporre. In questo caso è necessario fornire un valore realistico di L e della velocità di volo, ad esempio la velocità di crociera, ipotizzare una quota di volo per assegnare un valore a ρ , e fornire un valore corretto di S .

Dopo aver annotato i valori numerici necessari, ecco come si presenterà l'esempio di calcolo:

Esempio 1



Calcoliamo il coefficiente di portanza di un velivolo Boeing 747-400 che procede alla velocità di crociera $V_{cr} = 900$ km/h, alla quota $h = 11000$ m. Si può assumere una massa $m = 350000$ kg ed una superficie di riferimento $S = 541,2$ m² (l'area della forma in pianta dell'ala).

Alla quota di volo stabilita, secondo il modello di atmosfera standard (ISA, *International Standard Atmosphere*), si ha una densità dell'aria $\rho = 0,364$ kg/m³.

Detta $g = 9,81$ m/s² l'accelerazione di gravità, si ipotizza la condizione

$$L = mg \quad (2)$$

cioè che la portanza uguaglia il peso del velivolo.

Sulla base dei dati su riportati si calcola il peso

$$\begin{aligned} W = mg &= 350000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= \underline{3,43 \cdot 10^6 \text{ N}} \end{aligned} \quad (3)$$

ed una forza di riferimento data dal denominatore a secondo membro della (1)

$$F_r = 0,5 \cdot 0,364 \text{ kg/m}^3 \cdot \left(900 \text{ km/h} \frac{1000 \text{ m/km}}{3600 \text{ s/h}} \right)^2 \cdot 541,2 \text{ m}^2 = \underline{6,16 \cdot 10^6 \text{ N}} \quad (4)$$

Infine, tenendo conto della (3), il valore di C_L è dato dal rapporto

$$C_L = \frac{W}{F_r} = \frac{3,43 \cdot 10^6 \text{ N}}{6,16 \cdot 10^6 \text{ N}} = \underline{0,558} \quad (5)$$



Questo esempio non presenta particolari difficoltà di calcolo. Evidentemente esso è utile all’interno di un testo di Aerodinamica di base perché:

- fornisce un’idea dell’ordine di grandezza del C_L di un noto velivolo in crociera,
- evidenzia che una delle grandezze necessarie a ottenere il risultato finale dipende dalla quota (va effettuato un calcolo intermedio basato su uno dei valori dati, valutando una funzione definita da uno specifico modello matematico di atmosfera),
- invita il lettore a verificare delle semplici operazioni di moltiplicazione e divisione.

Per preparare l’esercizio l’autore potrà semplicemente usare carta e penna, annotando i risultati intermedi e il risultato finale, inserendo poi a mano i valori numerici nel sorgente L^AT_EX del manoscritto.

Tenere traccia di tutti gli esempi svolti è un impegno che cresce ovviamente con il numero di esercizi che l’autore intende inserire nel volume. Alcuni di essi potrebbero essere ben più complessi, altri potrebbero essere una variazione sul tema rispetto ad alcuni proposti in precedenza.

Pertanto, per manoscritti di grandi dimensioni sarebbe utile escogitare una strategia di lavoro in cui viene automatizzato il calcolo dei valori numerici nonché l’inserimento dei risultati nel sorgente L^AT_EX.

Tipicamente nella pratica quotidiana un autore utilizza uno o più programmi di calcolo scientifico (Octave, ScicosLab, Sagemath, Matlab, Mathematica, Mathcad, eccetera) e conosce almeno un linguaggio di programmazione (Python, C++, Fortran, Java, Lua, eccetera); tutti strumenti, questi, in grado di esportare dati e formattare stringe su file di testo. Molti di questi software sono esterni al sistema T_EX ma possono essere utilizzati per sostituire il metodo ‘carta e penna’ e generare valori numerici affidabili. I numeri così generati potrebbero essere conservati in appositi file di testo per essere letti in fase di composizione del documento.

Va osservato che esiste anche la possibilità di effettuare calcoli all’interno del processo di composizione, ad esempio usando LuaL^AT_EX oppure il pacchetto l3fp di L^AT_EX3. Vedremo più avanti come ciò è possibile. In questa parte l’attenzione è rivolta all’uso di strumenti esterni per effettuare calcoli.

2 Un ambiente per gli esempi

Come si imposta in L^AT_EX l’esempio di calcolo presentato sopra?

In questo caso particolare è stato utilizzato il pacchetto ntheorem per gestire la numerazione degli esempi. Inoltre è stato creato un nuovo ambiente myExample. Ecco il codice da inserire nel preambolo:

```
\usepackage{relsize} % font size change
\usepackage{pifont} % for dingbats
\usepackage{marvosym} % for \Keyboard etc
\usepackage{mathtools} % for amsmath
\usepackage{adjustbox} % advanced boxes
\usepackage[amsmath,hyperref]{ntheorem}
% new theorem-like environment
\newtheorem{myExampleT}{}
% myExample label & format
\newcommand\myExampleLabel{Esempio}
\newcommand\myExampleLabelFormat{%
  \textbf{\upshape\hspace{3pt}\myExampleLabel}%
  \ \themyExampleT}%
}
\newcommand\myExampleMarkPencilKeyboardMouse{%
  \bf\ding{46}\ %
  \raisebox{-2pt}[0pt][0pt]{%
    \relsize{4}\Keyboard\hspace{2pt}%
    \ComputerMouse}%
}
}
\newcommand\myExampleMarkKeyboardMouse{%
  \raisebox{-2pt}[0pt][0pt]{%
    \relsize{4}\Keyboard\hspace{2pt}%
    \ComputerMouse}%
}
}
\newcommand\myExampleEndMark{%
  {\ding{118}}% \ding{111}
}
% environment per gli Esempi
\newenvironment{myExample}[1][\ding{46}]{%
  \begin{myExampleT}%
  \adjustbox{%
    set height=1.1\baselineskip,
    set depth=0.5\baselineskip, valign=m,
    center=\linewidth, bgcolor=gray!15}{%
    \adjustbox{left=0.6\linewidth}{%
      \myExampleLabelFormat%
    }}%
  }%
  \adjustbox{right=0.4\linewidth}{%
    #1\ % myExample mark
  }%
}
\medskip
\par\upshape% testo normale
}%
\end{myExampleT}
\smallskip
\adjustbox{
  set height=0.55\baselineskip,
  set depth=0.11\baselineskip, valign=m,
  center=\linewidth, bgcolor=gray!15}{%
  \relsize{-2}\myExampleEndMark%
}%
}
```

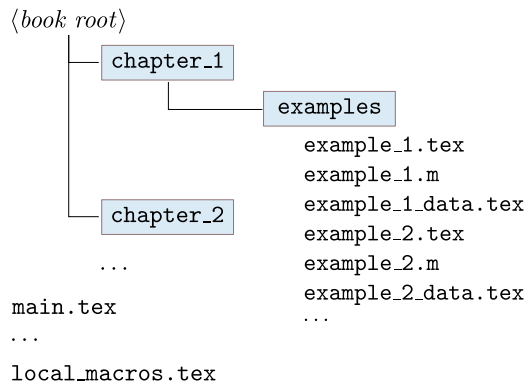


FIGURA 1: Organizzazione del materiale relativo agli esempi di calcolo in un manoscritto di grandi dimensioni.

```

\medskip
}

```

La macro `\newtheorem` imposta un nuovo tipo di teorema, chiamato `myExampleT`. La macro `\newenvironment` crea il nuovo ambiente `myExample`. L'ambiente accetta un argomento opzionale che permette all'utente di visualizzare un simbolo nella parte destra dell'intestazione. Il simbolo predefinito è `\ding{46}` (☞) del pacchetto `pifont`. Per esercizi che richiedono di impostare programmi di calcolo o comunque di lavorare al computer si potranno utilizzare i simboli `\Keyboard` (☞) e `\ComputerMouse` (☞) del pacchetto `marvosym`.

L'ambiente `myExample` viene utilizzato all'interno di un documento $\text{\LaTeX}$ come segue:

```

\begin{myExample}
\noindent%
Calcoliamo il coefficiente di portanza di un
velivolo Boeing-747-400 in volo alla velocità
di crociera ...
\end{myExample}

```

Il comando di apertura `\begin{myExample}` dell'ambiente per l'esempio apre a sua volta un teorema `myExampleT` ed imposta tipograficamente l'intestazione (posizionando in una fascia grigia larga `\linewidth` l'intestazione "Esempio 1" e il simbolo della matita giustificato a destra). Il comando di chiusura `\end{myExample}` chiude anche il teorema ed imposta tipograficamente la fascia grigia di chiusura (con il simbolo ♦ al centro).

3 Valori numerici importati da file

Come si può rendere più raffinata l'infrastruttura del codice $\text{\LaTeX}$ che genera l'esempio di calcolo?

La figura 1 suggerisce una possibile organizzazione dei file e delle cartelle di un manoscritto di grandi dimensioni. Tutto il materiale si trova nella cartella `<book root>`. Il file `main.tex` è il sorgente principale da compilare con `pdflatex` (o con le varianti `xelatex` o `lualatex`). Il file `local_macros.tex` raccoglierà tutti i comandi personalizzati. Il materiale di ciascun capitolo sarà collocato in un'apposita cartella (`chapter_1`, `chapter_2`, eccetera). A loro

volta, i file relativi agli esempi del singolo capitolo potranno risiedere in sottocartelle `examples`.

Il testo dell'esempio 1 del capitolo 1 – la porzione di codice in cui viene usato l'ambiente `myExample` – sarà contenuto nel file `example_1.tex` e sarà inserito nel manoscritto con il comando `\input{chapter_1/examples/example_1}`.

Va ricordato che la fase di stesura del manoscritto e degli esercizi è sempre un processo iterativo, fatto di continui aggiustamenti, di revisioni drastiche di alcune parti, di correzioni dell'ultimo momento. Tra un'iterazione e l'altra si potrebbe presentare l'esigenza, ad esempio, di apportare semplicemente una correzione ai dati di un esercizio. Con la strategia della 'carta e penna' l'autore sarebbe costretto a svolgere ancora una volta i calcoli e a reinserire a mano i dati nel sorgente $\text{\LaTeX}$.

In questi casi è più efficiente predisporre per ciascun esercizio un piccolo programma di calcolo che salva in un file di testo i valori numerici dei dati e del risultato. Il file verrà sovrascritto ogni volta che si lancerà il programma di calcolo collegato all'esercizio in lavorazione.

3.1 Un automatismo basato su Matlab

Prendiamo il caso in cui l'autore preferisca lavorare con il software di calcolo scientifico Matlab¹. L'esercizio potrà essere impostato e risolto attraverso un apposito programma in linguaggio Matlab.

Dalla figura 1 si osserva la presenza dei due file `example_1.m` e `example_1_data.tex` nella cartella `examples`. È chiaro che essi sono associati all'esempio 1. Il file `example_1.m` è uno *script* in linguaggio Matlab (detto anche 'M-file') che crea automaticamente in output il file `example_1_data.tex`, un sorgente $\text{\LaTeX}$. Ecco il codice Matlab contenuto nel file `example_1.m`:

```

h = 11000; % m
% calculate: air temperature, sound speed,
% pressure, density from ISA model
% (aerospace toolbox needed)
[T, a, P, rho] = atmosisa(h);
m = 350000; % kg
V_cruise = ...
    convvel(900,'km/h','m/s'); % m/s
g = 9.81; % m/s^2
S = 541.2; % m^2
L = m*g
F_r = 0.5*rho*V_cruise^2*S
C_L = L/F_r

% write on file
fileName = 'example_1_data.tex';
fileID = fopen(fileName,'w');
fprintf(fileID,'% -- FILE: %s\n',fileName);
fprintf(fileID, ...
    '\def\myAltitudeMT{%g}\n',h);
fprintf(fileID, ...
    '\def\myMassKG{%g}\n',m);
fprintf(fileID, ...
    '\def\myCruiseSpeedMTS{%g}\n',V_cruise);
fprintf(fileID, ...
    '\def\myCruiseSpeedKMH{%g}\n', ...

```

1. <http://www.mathworks.com>

```
convvel(V_cruise,'m/s','km/h'));
fprintf(fileID, ...
'\def\myGravityAccelerationMTSsquared{%g}\n',g);
fprintf(fileID, ...
'\def\myWingSurfaceMTSsquared{%g}\n',S);
fprintf(fileID, ...
'\def\myAirDensityKGMTcubed{%g}\n',rho);
fprintf(fileID, ...
'\def\myReferenceForceN{%g}\n',F_r);
fprintf(fileID, ...
'\def\myLiftN{%g}\n',L);
fprintf(fileID, ...
'\def\myCL{%g}\n',C_L);
fclose(fileID);
```

Questo programma è molto semplice:

- assegna i valori dei dati ad opportune variabili,
- invoca una funzione (`atmosisa`) per il calcolo della densità dell’aria alla quota assegnata,
- procede al semplice calcolo del risultato finale,
- infine crea un file di testo e scrive delle stringhe attraverso la funzione `fprintf`.

Lo script deve essere eseguito all’interno dell’ambiente Matlab nella cartella di lavoro `examples`. Esso crea il file nominato `example_1_data.tex` che si presenta così:

```
% -- FILE: example_1_data.tex
\def\myAltitudeMT{11000}
\def\myMassKG{350000}
\def\myCruiseSpeedMTS{250}
\def\myCruiseSpeedKMH{900}
\def\myGravityAccelerationMTSsquared{9.81}
\def\myWingSurfaceMTSsquared{541.2}
\def\myAirDensityKGMTcubed{0.363918}
\def\myReferenceForceN{6.15476e+06}
\def\myLiftN{3.4335e+06}
\def\myCL{0.55786}
```

Questo sorgente, definisce delle macro personalizzate attraverso il comando primitivo `\def` di T_EX. Ciascuna macro contiene un valore numerico da inserire nel testo dell’esercizio. Il sorgente deve essere caricato dal file `example_1.tex` con il comando `\input{chapter_1/examples/example_1_data}`. Quest’ultimo permetterà di chiudere la catena di gestione ‘quasi automatica’ dei dati.

Ad esempio, nel sorgente `example_1.tex`, a valle delle definizioni delle macro personalizzate, un comando come `\myAirDensityKGMTcubed` sarà espanso da T_EX ottenendo la sequenza `0.363918`. In particolare si potrà usare il comando `\SI` del pacchetto `siunitx` per comporre correttamente un’espressione come quella seguente:

$$\rho = 0,364 \text{ kg/m}^3$$

ottenuta con il codice:

```
%----- nel preambolo
\usepackage{siunitx}
\sisetup{
load=derived, unitsep=thin,
valuesep=thin, decimalsymbol=comma,
round-mode=places,
expproduct=cdot,
group-separator={\thinspace},
sepfour=false
}
%-----
```

```
...
\[
\rho =
\SI[round-precision=3]
{\myAirDensityKGMTcubed}{kg/m^3}
\]
```

La figura 2 mostra il codice completo del file `example_1.tex` che compone il testo dell’esempio 1. Scorrendo il codice L^AT_EX si osserva che l’esempio di calcolo è stato completamente ‘parametrizzato’. I parametri sono rappresentati dalle macro che contengono i dati del problema: `\myCruiseSpeedKMH`, `\myAltitudeMT`, `\myMassKG`, `\myWingSurfaceMTSsquared`; poi ci incontrano le macro contenenti i risultati intermedi: `\myAirDensityKGMTcubed`, `\myLiftN`, `\myReferenceForceN`; infine la macro con il risultato finale: `\myCL`.

Con l’M-file `example_1.m` che ha per output il file `example_1_data.tex` i valori numerici vengono gestiti esternamente al processo di composizione. Il problema viene risolto con un software scientifico e i risultati vengono opportunamente assegnati a delle macro in un file apposito. All’autore è sufficiente richiamare il file che assegna le macro con un comando `\input` immediatamente prima di aprire l’ambiente `myExample`.

L’automatismo proposto qui *non* è perfetto perché richiede all’utente di intervenire lanciando il programma `example_1.m`.² Tuttavia questa operazione è molto più comoda del completo rifacimento a mano dei calcoli dell’esercizio proposto. Inoltre l’infrastruttura della figura 1 richiede la buona pratica di tenere ben in ordine l’archivio degli esercizi a corredo del testo. Infine, la necessità di lavorare con un’applicazione scientifica in parallelo al sistema T_EX non dovrebbe essere psicologicamente ingombrante per l’autore scientifico, abituato per il suo lavoro quotidiano a interfacciarsi con una o più applicazioni di calcolo.

Questa tecnica di preparazione degli esercizi svolti è ugualmente valida per un qualsiasi altro strumento di calcolo esterno. Ciò che è richiesto al software scelto è che esso sia in grado di creare un file come `example_1_data.tex`.

3.2 Un automatismo basato su Mathcad

Nel caso precedente il software scientifico era in grado di creare direttamente un sorgente L^AT_EX grazie alla possibilità offerta dalla funzione `fprintf` (ereditata dal linguaggio C) di formattare stringhe. Vediamo qui invece un caso in cui il software scelto

2. In realtà all’interno del codice L^AT_EX si può dare il comando `\write18`, che chiede al sistema di eseguire l’argomento di questa macro, come se fosse un comando scritto nella console del sistema operativo (BECCARI, 2012). In questo caso è possibile chiedere di far eseguire a Matlab un determinato M-file con un comando del tipo:

```
matlab -nodisplay -nosplash -nodesktop \
-r "run('path-to-M-file)/(M-file).m');"
```

```

\input{chapter_1/examples/example_1_data}
\begin{myExample}
\noindent%
Calcoliamo il coefficiente di portanza di un velivolo Boeing-747-400 in volo alla velocità di crociera
 $V_{\text{cr}} = \text{SI}\{\text{myCruiseSpeedKMH}\}\{\text{km/h}\}$ , alla quota  $h = \text{SI}\{\text{myAltitudeMT}\}\{\text{m}\}$ .
Si può assumere una massa  $m = \text{SI}\{\text{myMassKG}\}\{\text{kg}\}$  ed una superficie di riferimento
 $S = \text{SI}\{\text{myWingSurfaceMTsquared}\}\{\text{m}^2\}$  (l'area della forma in pianta dell'ala).

Alla quota di volo stabilita, secondo il modello di atmosfera standard
(ISA, \emph{International Standard Atmosphere}), si ha una densità dell'aria
 $\rho = \text{SI}\{\text{myAirDensityKGMTcubed}\}\{\text{kg/m}^3\}$ .

Detta  $g = \text{SI}\{\text{myGravityAccelerationMTsquared}\}\{\text{m/s}^2\}$  l'accelerazione di gravità, si ipotizza
la condizione
\begin{equation}\label{eq:Lift:equal:Weight}
L = mg
\end{equation}
cioè che la portanza uguaglia il peso del velivolo.

Sulla base dei dati su riportati si calcola il peso
\begin{equation}\label{eq:Weight:calc}
\begin{split}
W = mg = & \text{SI}\{\text{myMassKG}\}\{\text{kg}\} \cdot \text{SI}\{\text{myGravityAccelerationMTsquared}\}\{\text{m/s}^2\} \\
& = \underline{\text{SI}\{\text{myLiftN}\}\{\text{N}\}}
\end{split}
\end{equation}
ed una forza di riferimento data dal numeratore a secondo membro della (\ref{eq:CL:Definition}):
\begin{equation}\label{eq:Fr:calc}
\begin{split}
F_{\text{r}} = & \text{SI}\{\text{myAirDensityKGMTcubed}\}\{\text{kg/m}^3\} \cdot \left( \text{SI}\{\text{myCruiseSpeedKMH}\}\{\text{km/h}\} \cdot \frac{\text{SI}\{1000\}\{\text{m}\}}{\text{SI}\{3600\}\{\text{s}\}} \right)^2 \cdot \text{SI}\{\text{myWingSurfaceMTsquared}\}\{\text{m}^2\} \\
& = \underline{\text{SI}\{\text{myReferenceForceN}\}\{\text{N}\}}
\end{split}
\end{equation}
Infine, il valore di  $C_L$  è dato dal rapporto
\begin{equation}\label{eq:CL:calc}
C_L = \frac{W}{F_{\text{r}}} = \frac{\text{SI}\{\text{myLiftN}\}\{\text{N}\}}{\underline{\text{SI}\{\text{myReferenceForceN}\}\{\text{N}\}}} = \text{SI}\{\text{myCL}\}
\end{equation}
\end{myExample}

```

FIGURA 2: Codice L^AT_EX dell'esempio 1 (file `example_1.tex`) che utilizza i dati prodotti dallo script Matlab `example_1.m`.

dall'autore è Mathcad Prime³, un'applicazione per il calcolo scientifico molto potente ma non molto flessibile in termini di esportazione dei dati in formato testuale.

L'aspetto chiave della tecnica di gestione dei dati che si vuole illustrare non è diverso da quello del caso precedente: creare un file di testo in cui scrivere i valori numerici e i nomi delle macro da usare come parametri nel sorgente L^AT_EX. Per comporre l'esempio di calcolo si continuerà a utilizzare il file sorgente `example_1.tex` della figura 2, sostituendo il comando `\input` che precede l'apertura dell'ambiente `myExample` con la chiamata ad una macro diversa.

La figura 3 mostra un foglio di calcolo Mathcad Prime (versione 2) con il quale è stato risolto il problema proposto nell'esempio 1.

Mathcad Prime (così come il suo predecessore Mathcad 15) è noto per essere un software scientifico molto intuitivo e potente allo stesso

tempo. L'utente percepisce il foglio di lavoro come una pagina bianca sulla quale può scrivere testo, definire e assegnare variabili usando i comuni simboli matematici, definire funzioni, impostare calcoli simbolici, disegnare grafici. Oltre alle funzionalità di calcolo è possibile accedere a strumenti di programmazione e importare altri fogli di calcolo, con grandi potenzialità di riuso del codice. Tutte queste operazioni vengono svolte in modo naturale con l'aiuto di un caratteristico *ribbon* degli strumenti ispirato a quello di Microsoft Office 2010, posto nella parte superiore dello schermo.

Tra le caratteristiche notevoli di Mathcad vi è la gestione intelligente delle unità di misura associate alle variabili. Definita una variabile dotata di unità di misura, è subito possibile conoscerne il valore espresso in un sistema di misura diverso. L'unità di misura associata ad operazioni tra grandezze fisiche è gestita automaticamente. Il software presenta anche un gran numero di costanti fisiche predefinite.

3. <http://www.ptc.com/product/mathcad/>

PRELIMINARY OPERATIONS $mOut1 := [999 \text{ "myInitialValueA"}]$ Initialize output matrix

AIRCRAFT GENERAL DATA (Boeing 747-400)

$m_{TOT} := 350000 \text{ kg} = (7.716 \cdot 10^5) \text{ lb}$ Aircraft mass

$W_{TOT} := m_{TOT} \cdot g$ Aircraft weight $W_{TOT} = (3.5 \cdot 10^5) \text{ kgf}$ $W_{TOT} = (3.432 \cdot 10^6) \text{ N}$

$h_{ASL} := 11000 \text{ m}$ Above-Sea-Level (ASL) flight altitude $h_{ASL} = (3.609 \cdot 10^4) \text{ ft}$

AIR DENSITY CALCULATION ISA atmospher model

$R_{air} := 287 \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ Perfect gas constant of air

$\gamma_{air} := 1.4$ Air adiabatic index (specific heat coefficient ratio)

$LR_{ISA} := -0.0065 \cdot \frac{\text{K}}{\text{m}}$ Lapse rate (LR), valid for troposphere only, up to 36000 ft

$T_{SL} := 288.16 \cdot \text{K}$ Temperature at sea level (SL)

$f_T_{ISA}(h) := T_{SL} + LR_{ISA} \cdot h$ Air temperature at altitude h

$f_a_{ISA}(h) := \sqrt{\gamma_{air} \cdot R_{air} \cdot f_T_{ISA}(h)}$ Air sound speed at altitude h

$\rho_{SL} := 1.225 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ Air density at sea level

$f_sigma_{ISA}(h) := \left(\frac{f_T_{ISA}(h)}{T_{SL}} \right)^{-\left(\frac{g}{LR_{ISA} \cdot R_{air}} + 1 \right)}$ Density ratio at altitude h

$f_rho_{ISA}(h) := \rho_{SL} \cdot f_sigma_{ISA}(h)$ Air density at altitude h

Power term:
 $-\left(\frac{g}{LR_{ISA} \cdot R_{air}} + 1 \right) = 4.257$

Check results
 $\rho := f_rho_{ISA}(h_{ASL})$ $\rho = 0.364 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $a := f_a_{ISA}(h_{ASL}) = 295.049 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

FLIGHT SPEED $V_{cr} := 900 \text{ kph}$ $Mach := \frac{V_{cr}}{a} = 0.847$ $V_{cr} = 250 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

WING DATA $S_W := 541.2 \text{ m}^2$

REFERENCE FORCE $F_r := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{cr}^2 \cdot S_W = (6.153 \cdot 10^6) \text{ N}$

LIFT COEFFICIENT $C_L := \frac{W_{TOT}}{F_r} = 0.558$

STACK DATA-MACRO COUPLES

$mOut1 := \text{stack}(mOut1, [\text{round}(m_{TOT} \cdot \text{kg}^{-1}, 1) \text{ "myMassKG"}])$

$mOut1 := \text{stack}(mOut1, [\text{round}(W_{TOT} \cdot \text{N}^{-1}, 1) \text{ "myLiftN"}])$

$mOut1 := \text{stack}(mOut1, [\text{round}(h_{ASL} \cdot \text{m}^{-1}, 1) \text{ "myAltitudeMT"}])$

$mOut1 := \text{stack}(mOut1, [\text{round}(C_L, 3) \text{ "myCL"}])$

WRITE OUTPUT FILES

$res := \text{WRITE_TEXT}(\text{"example_1_data.txt"}, mOut1)$

FIGURA 3: Foglio di calcolo Mathcad Prime 2 che genera un file di output testuale con i dati relativi all'esempio 1.

Con riferimento alla figura 3, si osservi, ad esempio, la variabile m_{TOT} , assegnata in kg con l'operatore $:=$. Successivamente il suo valore è visualizzato in lb con l'operatore $=$ (digitando l'unità desiderata). Il peso del velivolo è assegnato alla variabile W_{TOT} come prodotto " $m_{\text{TOT}} \cdot g$ ", dove g è la costante predefinita corrispondente all'accelerazione di gravità sulla superficie terrestre. L'operatore $=$ applicato successivamente a W_{TOT} ne visualizza il corretto valore in N e in kp (kilopond o kg-forza, "kgf").

Mathcad Prime offre una caratteristica che rendere possibile la manipolazione dei dati di output da parte di TEX: è consentito costruire matrici con elementi di tipo misto (numeri puri e stringhe). Una matrice di sole due colonne, di cui la prima è costituita da numeri e la seconda da stringhe con nomi di macro TEX, può essere esportata in un file di testo con la funzione predefinita "WRITETEXT". Nel foglio di calcolo della figura 3 l'ultima istruzione esegue la suddetta operazione invocando la funzione di scrittura per un file `example_1_data.txt` contenente la matrice m_{Out1} .

La matrice che fa da contenitore delle informazioni da esportare viene inizializzata con la prima istruzione in cima al foglio di lavoro:

$$m_{\text{Out1}} := \begin{bmatrix} 999 & \text{"myInitialValueA"} \end{bmatrix}$$

Essa ha dimensioni iniziali (1×2) e contiene i valori fittizi 999 e "myInitialValueA", cioè un numero al posto $(1, 1)$ e una stringa al posto $(1, 2)$.

Successivamente, man mano che le variabili sono assegnate o calcolate, la matrice viene aumentata aggiungendo nuove righe. Queste operazioni sono effettuate con la funzione predefinita "stack". Nella parte finale del foglio di calcolo si notano i comandi:

$$m_{\text{Out1}} := \text{stack} \left(m_{\text{Out1}}, \begin{bmatrix} \text{round}(m_{\text{TOT}} \cdot \text{kg}^{-1}, 1) & \text{"myMassKG"} \end{bmatrix} \right)$$

$$m_{\text{Out1}} := \text{stack} \left(m_{\text{Out1}}, \begin{bmatrix} \text{round}(W_{\text{TOT}} \cdot \text{N}^{-1}, 1) & \text{"myLiftN"} \end{bmatrix} \right) \dots$$

$$m_{\text{Out1}} := \text{stack} \left(m_{\text{Out1}}, \begin{bmatrix} \text{round}(C_L, 3) & \text{"myCL"} \end{bmatrix} \right)$$

che ridefiniscono m_{Out1} accodandovi una matrice (1×2) di tipo $\langle \text{numero} \rangle \langle \text{stringa} \rangle$. Si osservi l'uso della funzione predefinita "round" che arrotonda il valore degli elementi in prima colonna con un numero di cifre decimali stabilite opportunamente. Inoltre si osservi che le variabili con unità di misura

devono essere necessariamente trasformate in numeri puri (lo richiede Mathcad); pertanto, variabili come m_{TOT} , W_{TOT} , eccetera, vengono divise per la corrispondente unità. Variabili adimensionali come C_L non hanno bisogno di questo accorgimento.

Si lascia al lettore l'approfondimento delle altre istruzioni contenute nel foglio di calcolo presentato nella figura 3. Per una guida su Mathcad Prime si veda WESSELINGH e DE WAARD (2012).

Il seguente listato mostra il contenuto del file di testo `example_1_data.txt` creato con la tecnica fin qui discussa:

```
999____"myInitialValueA"
350000____"myMassKG"
3432327.5____"myLiftN"
11000____"myAltitudeMT"
287____"myISAAirGasConstNMTKGK"
1.4____"myISAAirAdiabaticIndex"
-0.0065____"myISALapseRateKMT"
288.16____"myISAAirTemperatureSeaLevelK"
1.225____"myISAAirDensitySeaLevelKGMTcube"
0.364____"myAirDensityKGMTcube"
0.847____"myCruiseMach"
900____"myCruiseSpeedKMH"
250____"myCruiseSpeedMS"
9.81____"myGravityAccelerationMTSsquared"
541.2____"myWingSurfaceMTSsquared"
6153357.817____"myReferenceForceN"
0.558____"myCL"
```

In ciascuna riga del file comparirà un numero in virgola fissa seguito da un carattere di tabulazione e da una stringa delimitata da una coppia di doppi apici (").

In questo caso il problema di automatizzazione che si presenta all'autore è più delicato di quello risolto agevolmente in precedenza con Matlab. La versione attuale di Mathcad Prime non permette una formattazione dell'output testuale più conveniente di quella appena mostrata.

Dal file di output, che già contiene le informazioni giuste per lo scopo prefissato – cioè i numeri e i nomi delle macro che li conterranno (senza il primo carattere '\') – si vuole arrivare a definire una funzionalità che, ad esempio, prenda il numero 350000 e lo assegni ad una macro `\myMassKG`. Analogamente, si vuole iterare questa operazione per tutte le righe del file di testo. La soluzione del problema è ottenuta con TEX sfruttandone la possibilità di programmare l'apertura e la lettura dei file di testo e definire a basso livello nomi di macro con il comando `\@namedef`.

Ecco la porzione di codice, da inserire nel preambolo, che definisce una funzione di lettura dei file formattati come `example_1_data.txt`:

```
% see: http://tex.stackexchange.com/questions/47519
%% Parse Mathcad output
\makeatletter
\newread\myMathcadOutput
\def\parseline#1 "#2"{\@namedef{#2}{#1}}
\newcommand{\parseMathcadOutput}[1]{%
  \def\@tempb{\par}%
  \openin\myMathcadOutput=#1
  \loop\unless\ifeof\myMathcadOutput
    \read\myMathcadOutput to \@tempa
    \ifx\@tempa\@tempb\else
```

Esame di Meccanica del volo — Modulo di Manovre e Stabilità — Prova scritta dell'8 febbraio 2012

Sia dato un velivolo bimotore, propulso a elica, in volo alla quota del mare, caratterizzato dai dati riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 1 Dati globali del velivolo.

Massa totale, $m = W/g$	2500 kg
Coefficiente di resistenza a portanza nulla, C_{D0}	0,030
Fattore di Oswald della polare, e_{tot}	0,79
Posizione adimensionale del baricentro rispetto al bordo d'attacco della corda media aerodinamica, $X_{cg}/\bar{c}$	0,280

Tabella 2 Dati della fusoliera.

Coefficiente di momento di beccheggio a portanza nulla, $C_{M_{0,f}}$	-0,059
Gradiente del coefficiente di momento di beccheggio, $C_{M_{\alpha,f}}$	0,0062 deg ⁻¹
Gradiente del coefficiente di momento di imbardata, $C_{N_{\beta,f}}$	-0,00122 deg

Tabella 3 Dati caratteristici dell'ala. (Continua)

Apertura, b	13,80 m
Corda di radice, c_r	1,78 m
Rapporto di rastremazione, $\lambda = c_t/c_r$	0,55
Gradiente del coefficiente di portanza del profilo alare, $C_{\ell_{\alpha,w}}$ (dato 2D)	0,105 deg ⁻¹
Svergolamento geometrico d'estremità, ε_t	-1,50 deg
Angolo di portanza nulla dell'ala, $\alpha_{0L,w}$ (dato 3D)	-1,05 deg
Calettamento della corda di radice rispetto alla retta di riferimento della fusoliera, i_w	2,5 deg
Posizione adimensionale del centro aerodinamico dell'ala rispetto al bordo d'attacco della corda media aerodinamica, $X_{ac,w}/\bar{c}$ (dato 3D)	0,28

Tabella 4 Dati caratteristici dell'impennaggio orizzontale. Forma in pianta rettangolare, profilo simmetrico.

Superficie di riferimento, S_H	4,60 m ²
Apertura, b_H	4,60 m
Distanza del centro aerodinamico dell'impennaggio dal centro aerodinamico dell'ala, $X_{ac,H} - X_{ac,w}$	4,90 m
Corda di radice, $c_{r,H}$	1,00 m
Gradiente del coefficiente di portanza del profilo alare, $C_{\ell_{\alpha,H}}$ (dato 2D)	0,11 deg ⁻¹
Fattore di Oswald, e_H (di resistenza indotta)	0,90
Rapporto delle pressioni dinamiche, $\eta_H = \bar{q}_H/\bar{q}_\infty$	0,95
Calettamento dell'impennaggio orizzontale, i_H	-2,0 deg
Fattore di efficacia dell'elevatore, τ_e	0,38
Gradiente del coefficiente di momento di cerniera, $C_{M_{\alpha,e}}$	-0,0076 deg ⁻¹
Gradiente del coefficiente di momento di cerniera, $C_{M_{\delta_e,e}}$	-0,0140 deg ⁻¹
Corda di riferimento dell'equilibratore, $\bar{c}_e$	0,30 m

Tabella 3 (Continua dalla precedente) Dati caratteristici dell'ala.

Coefficiente di momento di beccheggio intorno al centro aerodinamico alare, $C_{M_{ac,w}}$ (dato 3D)	-0,071
Fattore di Oswald, e_w (di resistenza indotta)	0,87
Posizioni adimensionali in apertura delle sezioni estreme degli alettoni, (η_{inner} ; η_{outer})	0,70; 0,95
Fattore di efficacia dell'alettone, τ_a	0,40
Angolo di freccia del bordo d'attacco, Λ_{le}	12,0 deg
Angolo di diedro, I'	5,0 deg

Tabella 5 Dati caratteristici dell'impennaggio verticale.

Superficie di riferimento, S_V	3,70 m ²
Distanza del centro aerodinamico dell'impennaggio dal baricentro del velivolo, l_V	5,75 m
Distanza verticale media tra il centro aerodinamico dell'impennaggio verticale e la direzione della velocità, h_V	1,35 m
Gradiente del coefficiente di portanza dell'impennaggio, $C_{L_{\alpha,v}}$ (dato 3D)	3,04 rad ⁻¹
Rapporto delle pressioni dinamiche, $\eta_V = \bar{q}_V/\bar{q}_\infty$	1,00
Fattore di efficacia del timone, τ_r	0,48
Gradiente dell'angolo di <i>sidewash</i> , $d\sigma/d\beta$	0,12

Tabella 6 Dati del sistema propulsivo. Si veda la figura 1. (velivolo *bimotore* a elica, propulsori alari).

Diametro dell'elica, D_p	2,2 m
Gradiente dell'angolo di <i>upwash</i> in corrispondenza delle eliche, $d\varepsilon_u/d\alpha_B$	0,420
Gradiente del coefficiente di forza normale dell'elica, $dC_{N_p}/d\alpha_p$	0,0032 deg ⁻¹
Distanza longitudinale del punto di applicazione della spinta dal baricentro, X_T	1,30 m
Distanza laterale del motore destro, Y_T	3,20 m
Distanza verticale del punto di applicazione della spinta dal baricentro, Z_T	0,030 m

FIGURA 4: Esempio di tema d'esame (composto con font Times e MathTimes Professional 2). Tutti i valori numerici in esso presenti sono il risultato dell'espansione di macro definite dall'utente. Le macro vengono assegnate leggendo i dati da un file di testo. Il file di testo viene generato da un foglio di calcolo Mathcad con il quale viene preparata la prova d'esame con il relativo svolgimento. I dati e i risultati del problema svolto sono esportati nel file stampando i valori numerici accanto al nome della macro corrispondente (vengono assegnate circa 300 macro differenti). Il file viene letto successivamente in fase di composizione del documento.

SVOLGIMENTO

L'equazione di equilibrio alla traslazione lungo la normale alla traiettoria va impostata uguagliando la portanza totale $L = L_{WB} + L_H$ al peso. Pertanto si scriverà:

$$L_{WB} + L_H = W \quad (1)$$

con $L_{WB} \approx L_W$.

L'equazione di equilibrio alla rotazione intorno all'asse di beccheggio va impostata uguagliando a zero il momento di beccheggio totale:

$$\mathcal{M}_{WB} + \mathcal{M}_H + \mathcal{M}_{mot} = 0 \quad (2)$$

dove $\mathcal{M}_{mot}$ è il contributo risultante dei propulsori. Le equazioni (1)-(2), opportunamente adimensionalizzate costituiranno un sistema di due equazioni algebriche nelle due incognite α_B e δ_e . Si perviene a tale sistema esplicitando i termini che compaiono nei primi membri, tenendo conto dei dati del problema.

Per la condizione di volo assegnata è possibile calcolare subito il coefficiente di portanza di equilibrio:

$$C_L = \frac{W}{\frac{1}{2}\rho V^2 S} \quad (3)$$

con $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$, la densità dell'aria al livello del mare. La superficie di riferimento $S \equiv S_W$ dell'ala, data la forma in pianta trapezia, si ottiene come segue:

$$S = \frac{b}{2}(c_r + c_t) = \frac{b}{2}(c_r + \lambda c_r) = \frac{13,80 \text{ m}}{2} 1,78 \text{ m} (1 + 0,55) = 19,0 \text{ m}^2 \quad (4)$$

Pertanto si ha:

$$C_L = \frac{2}{\rho} \frac{W}{S} \frac{1}{V^2} = \frac{2}{1,225 \text{ kg/m}^3} \frac{2500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{19,0 \text{ m}^2} \frac{1}{(55,56 \text{ m/s})^2} = 0,681 \quad (5)$$

Il valore calcolato permetterà più avanti di determinare anche il C_D e la spinta T all'equilibrio.

Conviene calcolare qui la pressione dinamica di volo:

$$q_\infty = \frac{1}{2}\rho V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot (55,56 \text{ m/s})^2 = 1890 \text{ N/m}^2 \quad (6)$$

Calcoli relativi all'ala

Andiamo a determinare le grandezze relative all'ala. Il termine $L_W \approx L_{WB}$ nella (1), quando questo viene adimensionalizzato per $\frac{1}{2}\rho V^2 S$, diventa il coefficiente di portanza dell'ala, dato dall'espressione:

$$(C_L)_{WB} \approx (C_L)_W = (C_{L0})_W + (C_{L\alpha})_W \alpha_B \quad (7)$$

Nella (7) l'angolo α_B è riferito alla retta di riferimento della fusoliera (asse *body* x_B) mentre $(C_{L0})_W$, dato dalla formula:

$$(C_{L0})_W = (C_{L\alpha})_W (i_W - \alpha_{0L,W}) \quad (8)$$

rappresenta il coefficiente di portanza del velivolo parziale in volo a fusoliera orizzontale, cioè quando $\alpha_B = 0$ e l'angolo d'attacco assoluto dell'ala $\alpha_{a,W}$ è pari a $i_W - \alpha_{0L,W}$. Si osservi qui che l'incognita del problema è α_B mentre la velocità di volo V , $\alpha_{0L,W}$ e i_W sono assegnati mentre $(C_{L\alpha})_W$ e $(C_{L0})_W$ sono ricavabili dai dati.

La corda media aerodinamica dell'ala è pari a:

$$\bar{c} = \frac{2}{3}c_r \frac{1 + \lambda + \lambda^2}{1 + \lambda} = 1,42 \text{ m} \quad (9)$$

Un altro parametro necessario ai calcoli è l'allungamento alare $\mathcal{R}_W$, che è pari a:

$$\mathcal{R}_W = \frac{b^2}{S} = 10,0 \quad (10)$$

Ora si può calcolare il gradiente del coefficiente di portanza. Esso si ottiene come segue:

$$(C_{L\alpha})_W = \frac{(C_{L\alpha})_W}{1 + \frac{(C_{L\alpha})_W}{\pi \mathcal{R}_W e_W}} = 4,931 \text{ rad}^{-1} = 0,0861 \text{ deg}^{-1} \quad (11)$$

Per i calcoli precedenti, le grandezze a secondo membro della (8) sono ora tutte note. Dalla (8) si può conoscere quindi il $(C_{L0})_W$ che è pari a:

$$(C_{L0})_W = (C_{L\alpha})_W (i_W - \alpha_{0L,W}) = 4,931 \text{ rad}^{-1} [0,044 \text{ rad} - (-0,018 \text{ rad})] = 0,31 \quad (12)$$



FIGURA 5: Svolgimento del tema d'esame riportato nella figura 5. Anche qui i valori numerici sono il risultato dell'espansione di macro definite dall'utente.

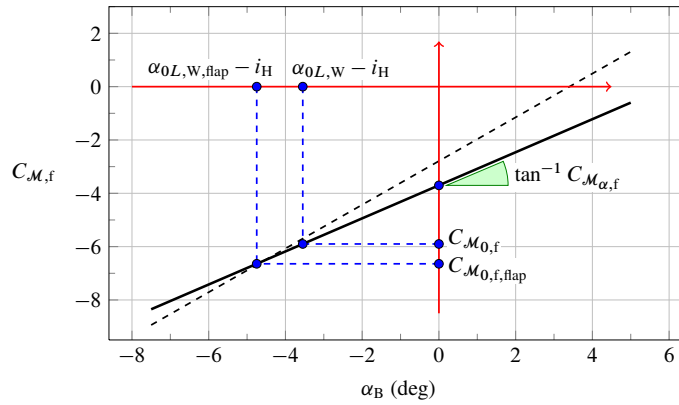


Figura 3 Grafico del momento di beccheggio della fusoliera in presenza dell'ala (curva continua, per la quale $C_{M_{\alpha,f,flap}} \approx C_{M_{\alpha,f}}$). La curva tratteggiata rappresenta un andamento plausibile del $C_{M,f}$ in presenza di un'ala con flap deflessi ($C_{M_{\alpha,f,flap}} > C_{M_{\alpha,f}}$).

caso considerato di piano di coda con forma in pianta rettangolare è

$$S_e = S_H \frac{\bar{c}_e}{c_H} = 4,60 \text{ m}^2 \cdot \frac{0,30 \text{ m}}{1,00 \text{ m}} = 1,4 \text{ m}^2 \quad (50)$$

Pertanto si avrà:

$$\mathcal{H}_{e,A} = 0,0408 \cdot 1890 \text{ N/m}^2 \cdot 1,4 \text{ m}^2 \cdot 0,30 \text{ m} = \underline{31,9 \text{ N m}} \quad (51)$$

FIGURA 6: Estratto dello svolgimento del tema d'esame della figura 5. I valori numerici contenuti nelle macro personalizzate sono stati usati anche per costruire un grafico con il pacchetto `pgfplots`.

```
\expandafter\parseline\@tempa
\fi
\repeat
\closein\myMathcadOutput
}
\makeatother
```

Il comando `\newread` definisce un nuovo canale di lettura chiamato `\myMathcadInput`. Viene poi definita la macro `\parseline` che legge la generica riga catturando la parte #1 che precede il carattere di tabulazione e la parte #2 racchiusa dalle due occorrenze del carattere ". #2 diventa il nome di una nuova macro a cui si assegna valore #1 attraverso il comando `\namedef{#2}{#1}`. Se la macro di nome #2 esiste verrà ridefinita. Infine, si definisce la macro `\parseMathcadOutput` che accetta come argomento il nome del file da leggere applicando `\parseline` ad ogni riga non vuota.

Pertanto, il comando che sostituisce la chiamata a `\input` all'inizio del file `example_1.tex` nella figura 2 è il seguente:

```
\parseMathcadOutput %
{chapter_1/examples/example_1_data.txt}
```

Nella figura 4 è riportato un tema d'esame di Meccanica del volo per gli allievi della laurea in ingegneria aerospaziale dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II". Il problema e il relativo svolgimento sono stati impostati con un foglio di calcolo Mathcad Prime 2 di una certa complessità. Il foglio di calcolo crea un file di testo simile a

`example_1_data.txt` ma definisce circa 300 nuove macro.

È questo un esempio di uso avanzato della tecnica di gestione dei numeri proposta in questo articolo. Un tema d'esame come quello mostrato presenta un insieme di dati numeroso. La prova scritta è preparata con cura attraverso il progetto Mathcad verificando rigorosamente l'insieme dei dati del problema, i calcoli intermedi e i risultati finali richiesti. La composizione automatica dei valori numerici assegnati elimina la possibilità di errori manuali che metterebbero in difficoltà gli esaminandi.

La figura 5 riporta la prima pagina dello svolgimento del problema di calcolo, reso pubblico al termine della seduta d'esami. Nella figura 6 si vede un'altra parte dello svolgimento del compito d'esame in cui, sulla base dei valori numerici gestiti con la tecnica descritta, si crea un grafico con il pacchetto `pgfplots`.

La composizione tramite espansione di macro dei valori numerici aiuta in maniera significativa gli esaminatori a preparare lo svolgimento dettagliato del compito d'esame. Gli studenti che si eserciteranno per la prova scritta avranno a disposizione un documento di elevata qualità tipografica, in cui i valori numerici sono affidabili. Nelle prove d'esame successive sarà possibile utilizzare il sorgente L^AT_EX della seduta d'esame precedente adattando il testo alle variazioni introdotte. Oppure, nel caso di variazione significativa del tipo di problema

proposto, si potrà usare il progetto Mathcad e il sorgente LATEX come template. Ciò permette agli autori/esaminatori di collezionare problemi svolti che potranno essere forniti agli studenti e adattati per diventare esempi di calcolo in un libro di testo.

4 Generare numeri all'interno del sistema TEX

La gestione dei calcoli può essere effettuata all'interno del processo di composizione con strumenti disponibili in una normale distribuzione del sistema TEX.

Vanno segnalate almeno due possibili vie: usare LuaLATEX (PÈGOURIÈ-GONNARD, 2010) oppure usare il pacchetto di estensione l3fp caricato automaticamente dal pacchetto expl3 (LATEX3 PROJECT, 2012).

4.1 Uso di LuaLATEX

La prima possibilità di gestione dei calcoli tutta interna al mondo TEX è offerta da LuaLATEX. La compilazione con il programma lualatex permette di eseguire blocchi di codice Lua durante la composizione e passare i risultati di programmi di calcolo da Lua a TEX. Come è noto, con l'avvento di LuaLATEX si è 'inoculato' un linguaggio di programmazione moderno e leggero (IERUSALIMSKY, 2006) nel modo LATEX. Potenzialmente LuaLATEX è in grado di assolvere compiti molto complessi ed è certamente un buon candidato alla gestione dei problemi di composizione sollevati dal presente articolo.

Il listato successivo mostra come si gestirebbero in LuaLATEX i valori numerici dell'esempio 1 proposto all'inizio:

```
\documentclass{standalone}
\usepackage{mathtools,array,siunitx}
\usepackage{luacode}% easier catcode management
\begin{luacode*}
function myExample1()
  Vcr = 900*1000/3600; -- m/s
  h = 11000; -- m
  m = 350000; -- kg
  S = 541.2; -- m^2
  rho = 0.364; -- kg/m^3
  g = 9.81; -- m/s^2
  W = m*g; -- N
  Fr = 0.5*rho*S*Vcr^2; -- N
  CL = W/Fr;
  tex.print(
    "\\def\\myCruiseSpeedMTS{".. Vcr .. "}"
  )
  tex.print(
    "\\def\\myAltitudeMT{" .. h .. "}"
  )
  tex.print(
    "\\def\\myMassKG{" .. m .. "}"
  )
  tex.print(
    "\\def\\myWingSurfaceMTSquared{" .. S .. "}"
  )
  tex.print(
    "\\def\\myAirDensityKGMTcubed{" .. rho .. "}"
  )
  tex.print(
```

```
"\\def\\myGravityAccelerationMTSquared{"
  .. g .. "}"
)
tex.print(
  "\\def\\myLiftN{" .. W .. "}"
)
tex.print(
  "\\def\\myReferenceForceN{" .. Fr .. "}"
)
tex.print(
  "\\def\\myCL{" .. CL .. "}"
)
end
\end{luacode*}
\begin{document}
\directlua{myExample1()}% definisce le macro
\renewcommand*{\arraystretch}{1.1}
\begin{tabular}{@{}r@{${}=({}$}1@{}}
\hline
$m$
& \SI[round-precision=0]{\myMassKG}{kg}
\\
$$
& \SI[round-precision=1]
  {\myWingSurfaceMTSquared}{m^2}
\\
$V_{\mathrm{cr}}$
& \SI[round-precision=3]{\myCruiseSpeedMTS}{m/s}
\\
$h$
& \SI[round-precision=0]{\myAltitudeMT}{m}
\\
$\rho$
& \SI[round-precision=3]
  {\myAirDensityKGMTcubed}{kg/m^3}
\\
$F_{\mathrm{r}}$
& \SI[round-mode=figures,
  scientific-notation=engineering,
  round-precision=3]{\myReferenceForceN}{N}
\\
$L$
& \SI[round-mode=figures,
  scientific-notation=engineering,
  round-precision=3]{\myLiftN}{N}
\\
$C_L$
& \SI[round-precision=3]{\myCL}{ }
\\
\hline
\end{tabular}
\end{document}
```

Il codice precedente va compilato con il programma lualatex e produce la seguente tabella:

m	$= 350000 \text{ kg}$
S	$= 541,2 \text{ m}^2$
V_{cr}	$= 250 \text{ m/s}$
h	$= 11000 \text{ m}$
ρ	$= 0,364 \text{ kg/m}^3$
F_{r}	$= 6,16 \cdot 10^6 \text{ N}$
L	$= 3,43 \cdot 10^6 \text{ N}$
C_L	$= 0,558$

nella quale, ancora, i valori numerici sono stati parametrizzati con delle macro.

Nel sorgente LATEX è stato inserito del codice Lua all'interno di un ambiente luacode. Il codice Lua definisce la funzione myExample1() che non accetta argomenti. Si noti che l'ambiente luacode può essere inserito anche nel preambolo.

La funzione `myExample1()` definisce le variabili necessarie ed effettua i semplici calcoli richiesti. Infine, tramite diverse chiamate alla funzione `tex.print` passa a $\text{\TeX}$ delle stringhe formattate (corrispondenti al codice del file `example_1_data.tex` discusso in precedenza).

Nel codice che genera la tabella, all’interno dell’ambiente `document`, il controllo passa da $\text{\TeX}$ a Lua attraverso la macro `\directlua`. L’argomento di `\directlua` è semplicemente la funzione `myExample1()`, pensata per generare numeri, definire macro e comunicarle al motore di composizione. Dopo l’istruzione `\directlua{myExample1()}` le macro con i valori numerici restano definite e possono essere usate all’interno dei comandi `\SI`.

4.2 Uso del pacchetto l3fp

Un’alternativa a $\text{\LaTeX}$ è data dal pacchetto `l3fp` di $\text{\LaTeX}$ 3 che permette di gestire espressioni in virgola mobile (floating point) usando `pdflatex`. Il codice seguente ne costituisce un semplice esempio d’uso:

```
\usepackage{expl3}% nel preambolo
% ...

\ExplSyntaxOn
\fp_set:Nn \mynumber { sin ( pi/4 ) }
\l[
\sin \frac{\pi}{4} =
\num[round-mode=places,
round-precision=3]{\fp_use:N \mynumber }
\l]
\ExplSyntaxOff
```

che produce l’espressione in display:

$$\sin \frac{\pi}{4} = 0,707$$

Si osservi che i comandi di `expl3` devono essere racchiusi dalle macro `\ExplSyntaxOn` e `\ExplSyntaxOff`.

Una possibile gestione in $\text{\LaTeX}$ 3 dell’esempio di calcolo di questo articolo è la seguente:

```
\documentclass{article}

\usepackage{expl3}% nel preambolo
% ...

\ExplSyntaxOn
% ISA density vs altitude
\cs_new:Npn \fn_rho_ISA #1
{1.225*((288.16 - 0.0065*#1)/288.16)^(4.257)}

\newcommand\myExampleFP{%
\fp_new:N \myMassKG
\fp_set:Nn \myMassKG{350000}
\fp_new:N \myAltitudeMT
\fp_set:Nn \myAltitudeMT{11000}
\fp_new:N \myCruiseSpeedMTS
\fp_set:Nn \myCruiseSpeedMTS{900 *1000/3600}
\fp_new:N \myWingSurfaceMTsquared
\fp_set:Nn \myWingSurfaceMTsquared{541.2}
\fp_new:N \myLiftN
\fp_set:Nn \myLiftN{ \fp_use:N \myMassKG * 9.81 }
\fp_new:N \myAirDensityKGMTcubed
\fp_set:Nn \myAirDensityKGMTcubed{ \fn_rho_ISA{
\fp_use:N \myAltitudeMT } }
```

```
\fp_new:N \myReferenceForceN
\fp_set:Nn \myReferenceForceN{
0.5 * \fp_use:N \myAirDensityKGMTcubed
* \fp_use:N \myCruiseSpeedMTS ^2
* \fp_use:N \myWingSurfaceMTsquared }
\fp_new:N \myCL
\fp_set:Nn \myCL{
\fp_use:N \myLiftN
/ \fp_use:N \myReferenceForceN }
}
% simili alle macro di siunitx, ma capaci
% di gestire espressioni
\NewDocumentCommand{ \calcnun } { o m }
{ \num[#1]{ \fp_to_scientific:n {#2} } }
\NewDocumentCommand{ \calcSI } { o m m }
{ \SI[#1]{ \fp_to_scientific:n {#2} }{#3} }
\ExplSyntaxOff

\begin{document}
\myExampleFP% definisce le macro contenitore

\renewcommand*{\arraystretch}{1.1}
\begin{tabular}{@{}r@{${}={}$}l@{}}
\hline
$m$
& \calcSI[round-precision=0]{\myMassKG}{kg}
\\
$$
& \calcSI[round-precision=1]
{\myWingSurfaceMTsquared}{m^2}
\\
$V_\mathrm{cr}$
& \calcSI[round-precision=3]
{\myCruiseSpeedMTS}{m/s}
\\
$h$
& \calcSI[round-precision=0]{\myAltitudeMT}{m}
\\
$\rho$
& \calcSI[round-precision=3]
{\myAirDensityKGMTcubed}{kg/m^3}
\\
$F_\mathrm{r}$
& \calcSI[round-mode=figures,
scientific-notation=engineering,
round-precision=3]
{\myReferenceForceN}{N}
\\
$L$
& \calcSI[round-mode=figures,
scientific-notation=engineering,
round-precision=3]
{\myLiftN}{N}
\\
$C_L$
& \calcSI[round-precision=3]{\myCL}{ }
\\
\hline
\end{tabular}
\end{document}
```

Questo sorgente compone la stessa tabella riprodotta con $\text{\LaTeX}$ al paragrafo precedente. Si esamini la macro `\myExampleFP` che definisce e assegna le variabili contenenti i dati attraverso i comandi `fp\_new:N` e `fp\_set:Nn` di `l3fp`. Questa macro valuta anche una funzione `fn_rho_ISA` definita dall’utente per assegnare il valore della densità dell’aria alla quota assegnata.

Nel preambolo del documento sono definite due macro di utilità `\calcnun` e `\calcSI` con la sintassi di $\text{\LaTeX}$ 3. Esse si basano sulle macro `\num` e `\SI` di `siunitx` ed accettano espressioni numeriche.

L'esempio precedente è solo un accenno alle recenti funzionalità di calcolo in virgola mobile introdotte dagli sviluppatori di $\text{\LaTeX}$ 3. Approfondire i possibili miglioramenti a queste tecniche di codifica del codice basato su `expl3` esula dagli scopi del presente articolo. Ciò sarà probabilmente oggetto di un futuro articolo.

5 Conclusioni

Si è presentata una strategia di organizzazione del codice $\text{\LaTeX}$ mirata alla preparazione di esempi di calcolo in un testo tecnico-scientifico, con gestione dei dati effettuata attraverso software di calcolo esterni.

Si sono presentati due casi in cui lo strumento di lavoro esterno scelto dall'autore è più (Matlab) o meno (Mathcad Prime) flessibile in termini di esportazione dei dati in file di testo.

Queste tecniche sono anche alla portata di utenti $\text{\LaTeX}$ meno esperti e si prestano agevolmente alla gestione di un numero elevato di esempi ed esercizi svolti in manoscritti di grandi dimensioni corredati da software fornito dall'autore.

Infine, si sono riportati esempi di codice $\text{\LaTeX}$ e $\text{\LaTeX}$ 3 in grado di gestire automaticamente semplici problemi di calcolo.

Riferimenti bibliografici

$\text{\LaTeX}$ 3 PROJECT (2012). «The $\text{\LaTeX}$ 3 interfaces». Disponibile all'indirizzo

<http://texdoc.net/texmf-dist/doc/latex/l3kernel/interface3.pdf>.

BECCARI, C. (2012). «Introduzione all'arte della composizione tipografica con $\text{\LaTeX}$ ». $\text{\TeX}$ Ir, Gruppo Utilizzatori Italiani di $\text{\TeX}$. Disponibile all'indirizzo: <http://www.guitex.org/home/images/doc/guidaguit.pdf>.

IERUSALIMSKY, R. (2006). *Programming in Lua*. Lua.org, 2^a edizione.

PÈGOURIÈ-GONNARD, M. (2010). «A guide to $\text{\LaTeX}$ ». Disponibile all'indirizzo <http://texdoc.net/texmf-dist/doc/lualatex/lualatex-doc/lualatex-doc.pdf>.

— (2012). «The `luacode` package version 1.2a». Disponibile su www.ctan.org.

WESSELINGH, H. e DE WAARD, H. (2012). *Calculate & Communicate with Mathcad Prime*. VSSD, 1^a edizione.

▷ Agostino De Marco
Università degli Studi di Napoli
"Federico II"
Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale
`agostino dot demarco at unina dot it`