



Associazione Ingegneri Matematici

Introduzione a L^AT_EX

Corso di L^AT_EX 2017 - Primo incontro

Referenti:

- Pasquale AFRICA
- Riccardo MILANI
- Mario BERAHA



POLITECNICO
MILANO 1863

direttivo@aim-mate.it

05 aprile 2017

INTRODUZIONE

Cosa impariamo oggi?

- Cos'è \LaTeX
- Come funziona \LaTeX
- Come scrivere un semplice documento
- Qualche comando base per formule matematiche

Cos'è \LaTeX ?

- è un linguaggio di markup (simile a HTML)
- basato sul linguaggio tipografico \TeX
- deriva dalla radice della parola greca $\tau\epsilon\chi\nu\eta$ (téchne): arte, tecnica
- è a tutti gli effetti un **linguaggio di programmazione**.

Vi è un legame tra il contenuto logico del testo e la sua veste grafica.

Un esempio

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
\subsection{Cos'è \LaTeX?}
\begin{frame}{Cos'è \LaTeX?}

  \begin{itemize}
    \item è un linguaggio di markup (simile a HTML)
    \item basato sul linguaggio tipografico \TeX
    \item deriva dalla radice della parola greca  $\tau\epsilon\chi\nu\eta$  (τέχνη): arte, tecnica
    \item è a tutti gli effetti un \textbf{linguaggio di programmazione}.
  \end{itemize}

  \begin{exampleblock}{Idea}
    Vi è un legame tra il contenuto logico del testo e la sua veste grafica.
  \end{exampleblock}
\end{frame}
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```



Introduzione	Installazione	Il documento	Matematica ed equazioni
<h2>Cos'è \LaTeX?</h2> <ul style="list-style-type: none"> ○ è un linguaggio di markup (simile a HTML) ○ basato sul linguaggio tipografico \TeX ○ deriva dalla radice della parola greca $\tau\epsilon\chi\nu\eta$ (τέχνη): arte, tecnica ○ è a tutti gli effetti un linguaggio di programmazione. <p>Vi è un legame tra il contenuto logico del testo e la sua veste grafica.</p>			
Associazione Ingegneri Matematici		Introduzione a \LaTeX - 4	

Tutorials e guide

In caso di dubbi:

- Google, Wiki
<http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX>
- Gruppo Utilizzatori Italiani di $\text{T}_\text{E}\text{X}$ e $\text{L}_\text{A}\text{T}_\text{E}\text{X}$
<http://www.guit.sssup.it>
- Le guide di Lorenzo Pantieri
<http://www.lorenzopantieri.net/LaTeX.html>
- Lucidi del corso di $\text{L}_\text{A}\text{T}_\text{E}\text{X}$ di Gianluca Gorni
<http://users.dimi.uniud.it/~gianluca.gorni/TeX>

Manuali:

- *Math into $\text{L}_\text{A}\text{T}_\text{E}\text{X}$* , George Grätzer
- *The $\text{L}_\text{A}\text{T}_\text{E}\text{X}$ companion*, M. Goossens, F. Mittelbach et al.

Un po' di Storia

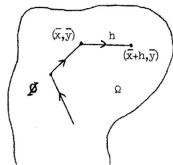
\LaTeX è basato sul linguaggio \TeX , fondato da Donald E. Knuth

Un po' di Storia

\LaTeX è basato sul linguaggio \TeX

Before Knuth

Resta da verificare che f è una primitiva, cioè che ha derivate parziali $f_x(x,y)$ ed $f_y(x,y)$, coincidenti rispettivamente con $A(x,y)$ e $B(x,y)$.



Consideriamo un qualunque punto $(\bar{x}, \bar{y}) \in \Omega$ e indichiamo con ψ_h il segmento congiungente il punto (\bar{x}, \bar{y}) col punto $(\bar{x} + h, \bar{y})$; esso ha come equazioni:

$$x = \bar{x} + th \quad y = \bar{y} \quad (0 \leq t \leq 1)$$

Allora si ha, per $h \neq 0$,

$$\begin{aligned} \frac{f(\bar{x}+h, \bar{y}) - f(\bar{x}, \bar{y})}{h} &= \frac{1}{h} \left[\int_{\psi_h} \omega - \int_{\psi_h} \omega \right] = \\ &= \frac{1}{h} \int_{\psi_h} \omega = \int_0^1 A(\bar{x}+th, \bar{y}) dt = \frac{1}{h} \int_{\bar{x}}^{\bar{x}+h} A(u, \bar{y}) du \quad (\text{l'ultimo passaggio è} \end{aligned}$$

Figura: Una dispensa matematica degli anni '70

Un po' di Storia

L^AT_EX è basato sul linguaggio T_EX Knuth

42 BASIC CONCEPTS 1.2.4

25. [M88] Given that m, n are integers and $n > 0$, prove that $\lfloor (x + m)/n \rfloor = \lfloor \lfloor x \rfloor + m/n \rfloor$ for all real x . (When $m = 0$ we have an important special case.) Does an analogous result hold for the ceiling function?

26. [M88] Prove that $\sum_{i=1}^n \lfloor i/2 \rfloor = \lfloor n^2/4 \rfloor$; also evaluate $\sum_{i=1}^n \lfloor i/2 \rfloor$.

27. [M88] Let m, n be integers, $n > 0$. Show that

$$\sum_{i=0}^{n-1} \left\lfloor \frac{m+i}{n} \right\rfloor = \frac{(m-1)(n-1)}{2} + \frac{d-1}{2} + s_{x/n} \lfloor x \rfloor,$$

where d is the greatest common divisor of m and n , and s is any real number.

28. [M88] Prove that, for all positive integers n and for any real x ,

$$\lfloor x \rfloor + \left\lfloor x + \frac{1}{n} \right\rfloor + \cdots + \left\lfloor x + \frac{n-1}{n} \right\rfloor = \lfloor nx \rfloor.$$

Do not use the result of exercise 27 in your proof.

29. [HM84] A function f for which

$$f(x) + f\left(x + \frac{1}{n}\right) + \cdots + f\left(x + \frac{n-1}{n}\right) = f(nx),$$

whenever n is a positive integer, is called a *replicative function*. The previous exercise establishes the fact that $\lfloor x \rfloor$ is replicative. Show that the following are replicative:

- $f(x) = x - \frac{1}{2}$;
- $f(x) = x$, if x is an integer, 0 otherwise;
- $f(x) = 1$, if x is a positive integer, 0 otherwise;
- $f(x) = 1$, if there exists a rational number r and an integer m such that $x = nr + \frac{m}{n}$, 0 otherwise;
- three other functions like the one in (d) with r and/or m restricted to positive values;
- $f(x) = \log \lfloor \sin nx \rfloor$, if the value $f(x) = -\infty$ is allowed;
- the sum of any two replicative functions;
- a constant multiple of a replicative function;
- the function $f(x) = f(x-1)$, where $f(x)$ is replicative.

30. [HM84] Study the class of replicative functions; determine all replicative functions of a special type (e.g., the function in (a) of exercise 29 (the only continuous replicative function)). It may be interesting to study also the more general class of functions for which

$$f(x) + \cdots + f\left(x + \frac{n-1}{n}\right) = s_n f(nx) + b_n.$$

Here s_n, b_n are numbers which depend on n but not on x . Derivations (if $b_n = 0$) of integrals of these functions are of the same type. If we require that $b_n = 0$, we have, for example, the Bernoulli polynomials; the trigonometric functions $\sin nx$ and $\cos nx$, as well as Hurwitz's generalized zeta function $\zeta(s, x) = \sum_{n=1}^{\infty} 1/(n+x)^s$ (see [1, p. 20]). With $b_n \neq 0$ we have still other well-known functions, e.g., the ψ -function. The further properties of these functions, see L. J. Morfitt, "Integral Formulae of Arithmetical Character," *J. London Math. Soc.* 33 (1956), 271-283.

1.2.4 INTERMEDIATE FUNCTIONS AND ELEMENTARY NUMBER THEORY 43

41. [M88] Let x_1, x_2, x_3, \dots be the sequence 1, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 4, ...; find an expression for x_n in terms of n (using the floor and/or ceiling operators).

42. [M88] (a) Prove that

$$\sum_{1 \leq i < j \leq n} a_i = n a_n - \sum_{1 \leq i < j \leq n} a_{i+j} - a_0, \quad \text{if } n > 0.$$

(b) The preceding formula is useful for evaluating certain sums involving the floor function. Prove that if k is an integer ≥ 2 ,

$$\sum_{1 \leq i < j \leq n} \lfloor \log_k i \rfloor = (n+1) \lfloor \log_k n \rfloor - (k^{\lfloor \log_k n \rfloor} - k) \lfloor \log_k n \rfloor.$$

43. [M88] Evaluate $\sum_{i=1}^n \lfloor \log_2 i \rfloor$.

44. [M88] Show that $\sum_{i=1}^n \lfloor \log_2 i \rfloor \lfloor (i-1)/2^k \rfloor = n$, if k and n are integers, $n \geq 0$ and $k \geq 3$. What is the value of the sum when $n < 0$?

45. [M88] The result of exercise 37 is somewhat surprising; show it implies that

$$\sum_{i=0}^{n-1} \left\lfloor \frac{m+i}{n} \right\rfloor = \sum_{i=0}^{n-1} \left\lfloor \frac{m-i}{n} \right\rfloor.$$

This "reciprocity relationship" is one of many similar formulas (cf. Section 3.2.3).

Show that any function f

$$\sum_{i=0}^{n-1} \left\lfloor \frac{m-i}{n} \right\rfloor = \sum_{i=0}^{n-1} \left\lfloor \frac{m}{n} \right\rfloor (i-1) - f(i) + n \lfloor m/n \rfloor.$$

In particular, prove that

$$\sum_{i=0}^{n-1} \left\lfloor \frac{m(i+1)}{n} \right\rfloor = \sum_{i=0}^{n-1} \left\lfloor \frac{m}{n} \right\rfloor \left(\frac{i}{n} \right) = n \left(\frac{m}{n} \right).$$

[Misc: Consider the change of variable, $r = \lfloor m/n \rfloor$. Binomial coefficients $\binom{n}{k}$ are discussed in Section 1.2.6.]

46. [M88] (General reciprocity law.) Extend the formula of exercise 45 to obtain an expression for $\sum_{i=0}^{n-1} f(i) \lfloor m/n \rfloor$, where n is any positive real number.

47. [M88] When p is an odd prime number, the Laplace symbol, $\{ \}$, is defined to be $-1, 0$, or $+1$, depending on whether $p^{k-1} \mid p-1$ and $p \nmid k$, $p \nmid k-1$, or $k \nmid p-1$, respectively.

(a) Given that p is not a multiple of p , show that the numbers

$$\{(-1)^{k-1} p^{k-1} \} \text{ and } \{p\}, \quad 0 < k < p/2,$$

are congruent in some order to the numbers $2, 4, \dots, p-1$ (modulo p). Hence

$$\{ \} = (-1)^{k-1} \text{ where } k = \sum_{i=0}^{p-1} \lfloor \log_2 i \rfloor.$$

(b) Use the result of (a) to evaluate $\{ \}$.

(c) Given that p is odd, show that $\sum_{i=0}^{p-1} \lfloor \log_2 i \rfloor = \sum_{i=0}^{p-1} \lfloor \log_2 p \rfloor$ (modulo 2). [Hint: Consider $\lfloor (p-1-2k)/p \rfloor$.]

Figura: Una pagina del libro "The Art of Computer Programming, stampato da una bottega tipografica artigianale in Germania, anno 1973

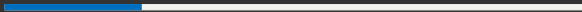
Un po' di Storia

\LaTeX è basato sul linguaggio \TeX

1989: Donald E. Knuth rilascia l'ultima versione di \TeX **GRATIS!**



INSTALLAZIONE



Prima di partire

Cosa serve:

- Compilatore \LaTeX
- Editor
- Visualizzatore .pdf
- Varie ed eventuali...

Compilatori

1. Windows: MiKTeX (<http://miktex.org>)
2. Linux: T_EXLive (<http://www.tug.org/texlive>)
3. Mac: MacT_EX (<http://www.tug.org/mactex>)

Editor

Sia per Windows che per Linux che per Mac:

- T_EXStudio (<http://texstudio.sourceforge.net/>)

Altri possibili *editor*:

- T_EXnicCenter
- Kile
- ...

Per altre info:

http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_TeX_editors

Software complementari

- Per la visualizzazione dei file .pdf:
 - Adobe Reader (<http://get.adobe.com/it/reader>)
 - Altri: Okular, Evince
- Per visualizzare e convertire file postscript (.ps e .eps):
Ghostscript + GSview
(<http://pages.cs.wisc.edu/~ghost>)
- Per la gestione di file in grafica bitmap:
GIMP (<http://www.gimp.org>), Adobe Photoshop, etc.
- Per la gestione di file in grafica vettoriale:
Inkscape (<http://inkscape.org>), Adobe Illustrator, etc.

In Alternativa...

Due alternative:



IL DOCUMENTO

Proviamo anche noi [1]

```
\documentclass[12pt, a4paper]{article}
\usepackage[italian]{babel}
\usepackage[latin1]{inputenc}
\usepackage{amsmath}

\title{\textbf{Titolo}}
\author{Autori}
\date{\today}

\begin{document}
\maketitle
\clearpage
Questo è il mio primo documento in \LaTeX.
\end{document}
```

Sintassi dei comandi

Il prototipo di tutti i comandi in \LaTeX è:

```
\comando[argomenti opzionali]{arg1}{arg2}
```

Per esempio, i comandi:

```
\frac{1}{2} \quad \sqrt[3]{x}
```

producono:

$$\frac{1}{2} \quad \sqrt[3]{x}$$

Struttura di un documento

```
\documentclass{...}  
\usepackage{...}
```

...

```
\begin{document}  
bla, bla  
...  
\end{document}
```

Le classi di documento

- `article` (per articoli scientifici)
- `report` (documenti più lunghi divisi in capitoli)
- `book` (per realizzare libri, fronte-retro)
- `beamer` (per creare presentazioni)

```
\documentclass[opzione1, opzione2 ...]{classe}
```

Alcune opzioni utili:

- `draft` che mostra problemi di impaginazione
- `ptxx` con `xx=11, 12, 13` per specificare le dimensioni del font
- `leqno, regno` per numerare le equazioni a sinistra/destra
- `a4paper` per impostare il formato della pagina

Con questo solo comando si può già iniziare a scrivere. O quasi...

Pacchetti

I pacchetti servono per caricare ulteriori ambienti e funzioni.

```
\usepackage[opzioni]{nomepacchetto}
```

Fondamentali:

- babel (con opzione `italian`, per la sillabazione e localizzazione in italiano);
- inputenc (con opzione `latin1` e documento codificato in ISO-8859-1 oppure con opzione `utf8` e documento in UTF-8, per accenti, caratteri speciali etc.);
- amsmath, amssymb (per scrivere formule matematiche);
- amsthm (per i teoremi);
- graphicx, epsfig (per la gestione di grafici e figure);
- ...

Pacchetti - Esempio

Un esempio di inclusione di alcuni pacchetti utili:

```
\usepackage[italian]{babel} % lingua  
\usepackage[latin1]{inputenc} % codifica  
  
\usepackage{amsmath} % ambienti per le equazioni  
\usepackage{amssymb} % simboli matematici  
\usepackage{amsthm} % per i teoremi
```

Ambiente document

A questo punto vorremmo poter scrivere da qualche parte.
Dobbiamo aprire l'ambiente `document`:

```
\begin{document}  
contenuto  
\end{document}
```

All'interno di questo ambiente fondamentale si possono dichiarare altri ambienti. L'importante è che siano correttamente “annidati”.

Altri ambienti

La struttura è:

```
\begin{ambiente1}  
\begin{ambiente2}  
contenuto  
\end{ambiente2}  
\end{ambiente1}
```

Alcuni ambienti utilizzati di frequente sono:

- `equation`, `\[...\]` (per scrivere equazioni);
- `align`, `alignat`, `aligned`, `alignedat` (per allineare più righe di equazioni);
- `itemize`, `enumerate` (per elenchi ed elenchi numerati)
- `tabular` (per creare tabelle);
- `figure` (per inserire figure);
- ...

Proviamo anche noi [2]

```
\begin{document}
Questo è il mio primo documento in \LaTeX.
\section{Proviamo una formula}
Questa formula invece è complessa:
\begin{equation}
\label{eulero}
e^{i\pi}+1=0.
\end{equation}
\section{Sezione 2}
Adesso facciamo riferimento all'equazione
\eqref{eulero}.
\end{document}
```

MATEMATICA ED EQUAZIONI

Ambienti per la matematica

Per scrivere formule matematiche gli ambienti opportuni sono:

- `math` o `$ $` (per inserire le formule *inline*);
- `displaymath` o `\[\]` o `$$ $$` (per inserire il testo matematico in un blocco separato);
- `equation` (come il precedente ma con numerazione dell'equazione);
- `subequations` (sotto-numerazione delle equazioni);
- `cases` (per funzioni definite a tratti);
- `align` (per allineare le equazioni);
- `array` (sconsigliato; per scrivere array, matrici, sistemi);
- ...

Comandi per equazioni

$$e^{\pi i} + 1 = 0$$

Alcuni dei comandi più frequenti per la scrittura matematica sono:

- `^{\{ \}}`, `_{\{ \}}` (apice e pedice: e^x , x_i);
- `\frac{\{ \}}{\{ \}}` (frazioni: $\frac{a}{b}$), con `\displaystyle`, se necessario;
- `\sqrt[\{ \}]{\{ \}}` (radice n-esima: $\sqrt[n]{x}$);
- `\sum_{\{ \}}^{\{ \}}`, `\int_{\{ \}}^{\{ \}}` ($\sum_{x=a}^b$, \int_a^b), con un `\displaystyle` prima, se necessario;
- `\partial` (derivata parziale ∂);
- `\forall`, `\in` (per ogni: \forall , appartiene: $x \in A$);
- `>`, `<`, `\geq`, `\leq`, `\neq` ($>$, $<$, \geq , \leq , \neq);
- `\subset`, `\subseteq`, `\cup`, `\cap` (\subset , \subseteq , \cup , \cap);
- `\left(\dots\right)`, `\left[\dots\right]`, `\left\{\dots\right\}` etc. (per le parentesi);
- `\bm{\{ \}}` per il grassetto negli ambienti math ($Ax = \bm{b}$, \dot{q}), nel pacchetto `bm`
- ...

Lettere greche e formattazione

Indispensabili nella stesura di un documento di carattere matematico sono le lettere greche. Si scrivono in ambiente matematico precedute dal backslash:

- minuscole: `\alpha` ($\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \eta \dots$);
- maiuscole: `\Theta` ($\Theta, \Pi, \Lambda, \Delta, \Sigma \dots$);
- variabili matematiche: `\varepsilon` ($\varepsilon, \vartheta, \varphi \dots$).

In ambiente matematico si può formattare il testo:

- `\mathbb{C}` \mathbb{C} ;
- `\mathbf{C}` \mathbf{C} ;
- `\mathcal{C}` \mathcal{C} ;
- `\mathrm{d}x` $\mathrm{d}x$;
- `\underset{x \in \Omega}{\operatorname{arg\,max}} f(x)`

Riferimenti e label

L^AT_EX offre la possibilità di creare dei riferimenti a tabelle, immagini, equazioni, ...

Per fare ciò basta utilizzare i comandi

- `\label{keyword}` per creare il riferimento;
- `\ref{keyword}` per utilizzare i riferimenti creati;
- `\eqref{keyword}` per le equazioni.

Warning: anche in questo caso può servire compilare più volte.

Tip: usare un formato standard per le *keyword* come *cosa:nome* (esempio: eq:Maxwell, tab:dati, img:gaussiana).

Per facilitare il lavoro si può usare `\usepackage{showkeys}` o `\usepackage{varioref}`.

È possibile trasformare i riferimenti in àncore ipertestuali con `\usepackage{hyperref}`.

Proviamo anche noi [3]

Questa è una formula senza riferimento:

```
\[
(a+b)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} a^k b^{n-k}
= \sum_{k=0}^n \frac{n!}{k!(n-k)!} a^k b^{n-k} \\
\]
```

```
\begin{equation}
\label{eq:etichetta1}
f(x) = \left\{
\begin{array}{ll}
\beta - e^{\{\frac{1}{x-1}\}} & \text{per } x \in (-\infty; 1] \\
\arctan\{\sqrt[4]{x}\} & \text{per } x \in (1; \pi) \\
5 & \text{se } x \in [\pi; \infty)
\end{array}
\right.
\end{equation}
```

Questo è un riferimento alla `\eqref{eq:etichetta1}`.

Allineamento di più equazioni

Esistono diversi ambienti che permettono di allineare le equazioni:

- `align`: alternativo a `equation`, per allineare più equazioni;
- `alignat`: come `align`, ma allineamento in più punti;
- `aligned`: come `align`, ma dentro un altro ambiente matematico;
- `alignedat`: come `alignat`, ma dentro un altro ambiente matematico.

Proviamo anche noi [4]

```
\begin{align}
\sin(x) & \leq 1 \\
\cos(x) & \geq -1
\end{align}
```

```
\begin{alignat}{3}
\sin(x) & \leq & 1 \\
\cos(x) & \geq & -1
\end{alignat}
```

```
\begin{subequations}
\begin{align}
...
\end{align}
\end{subequations}
```

Matrici

○ `matrix`: nessun bordo $\begin{matrix} a & b \\ c & d' \end{matrix}$

○ `pmatrix`: parentesi tonde $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix};$

○ `bmatrix`: parentesi quadre $\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix};$

○ `vmatrix`: barre verticali $\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix};$

○ `Vmatrix`: doppie barre $\left\| \begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix} \right\|.$

```
\[
\begin{bmatrix}
a_{1,1} & \dots & a_{1,n} \\
\vdots & \ddots & \vdots \\
a_{n,1} & \dots & a_{n,n}
\end{bmatrix}
\]
```

$$\begin{bmatrix} a_{1,1} & \dots & a_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} & \dots & a_{n,n} \end{bmatrix}$$

Teoremi, dimostrazioni, definizioni, etc.

È anche possibile inserire teoremi, dimostrazioni, definizioni
Sono definiti come ambienti, la loro sintassi è:

```
\newtheorem{nomeambiente}[nomevisualizzato]

\begin{document}

\begin{nomeambiente}
contenuto
\end{nomeambiente}

\end{document}
```

Proviamo anche noi [5]

```
\newtheorem{theorem}{Teorema}
\newtheorem{definition}{Definizione}

\begin{document}

\begin{theorem}[Pitagora]
Questo è un teorema.
\begin{proof} % la stringa stampata dipende da babel
Questa ne è la dimostrazione. \qedhere
\end{proof}
\end{theorem}

\begin{definition}
Questa è una definizione.
\end{definition}
\end{document}
```