



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
DIPARTIMENTO DELLA CONOSCENZA



Conferenza di servizio

Venerdì 2 Ottobre 2025

Progetto Libro *opensource*

e altri lavori :)

Andrea Cesarini

andrea.cesarini@marconirovereto.it

**per il gruppo docenti
Tecnologie Elettroniche**

Progetto LIBRO opensource



Gruppo di collaboratori:

Luigi Bongo (diurno)

Andrea Ghizzi (serale)

Fernando Pianegiani (serale)

Andrea Rizzi (serale)

Marco Raffaelli (serale)

Antonio Formichella (serale)

Si parte dal nostro lavoro...

AS 2024-2025: Dovuto al gran numero di corsi di recupero abbiamo subito ritardi.

- ❑ Revisione/Riallineamento programmazioni annuali delle materie di tecnologie elettriche
 - ❑ Riallineamento IV con matematica sui numeri complessi - corrente alternata - OK
 - ❑ Riallineamento III logaritmi - carica/scarica condensatori (da riconsiderare)
 - ❑ Riallineamento IV-1Q: algebra diagrammi a blocchi [SIS]
 - ❑ Riallineamento IV-1Q: diagramma di bode [SIS] vs. filtri passivi [ELE]
- ❑ Attività:
 - ❑ Innumerevoli corsi PNRR.
 - ❑ Libro collaborativo opensource per esperienze laboratoriali di elettronica-elettrotecnica:
 1. **Il serale non adotta libri di testo (a pagamento)**
 2. **Tra i testi in commercio non ne esistono di laboratoriali ed orientati verso la didattica “del fare” (tinkering[GUIDATA], making + coding)**
- ❑ **Materiale per tutorial di sistemi (esperienza del prof. Pianegiani)**
 - ❑ Richiesta supporto per miglioramenti ai materiali ABB, Siemens, etc.
 - ❑ In sintesi: dato che non obbediscono alla “legge della concorrenza” riescono a distribuire materiali anche inaccurati e didatticamente discutibili e non hanno alcuna intenzione di migliorarne il contenuto (rendendo così fondamentali anche corsi suppletivi di miglioramento a pagamento).

Linee guida per libro di laboratorio

- ❑ Linee guida identificate:

Supportare la didattica laboratoriale con un ausilio per la didattica che risponda alle prerogative di:

- 1. Professionalità**
- 2. Livello: “stato dell’arte” per la didattica**
- 3. Gratuità e libera circolazione**
- 4. Strumenti non legati a tecnologie e strumenti proprietari**

- ❑ Contenuti identificati e ripartiti in 3 annualità con 12-15 esperienze per annualità.

Dove eravamo rimasti...

P
A
R
A
D
I
S
O

E

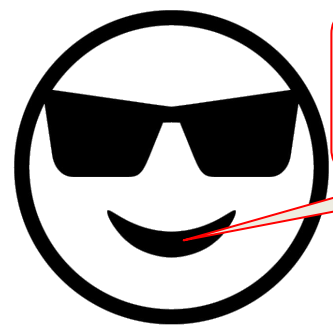
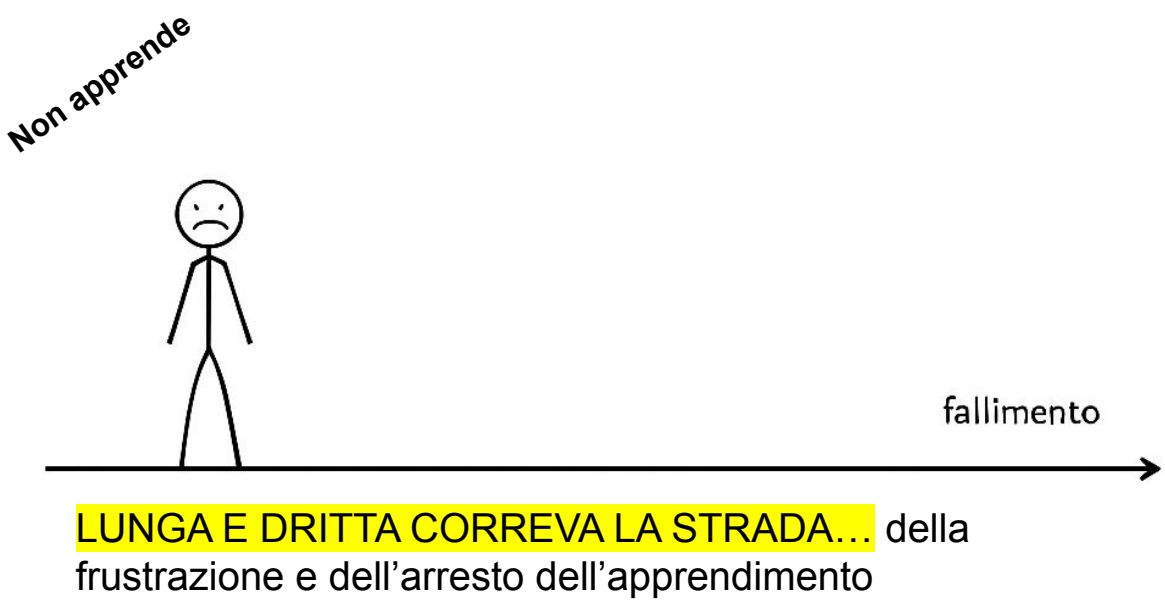
I
N
F
E
R
N
O

D
E
L
L
A

S
O
D
D
I
S
F
A
Z
I
O
N
E

IL PROBLEMA DELLA MOTIVAZIONE

MOTIVAZIONE?



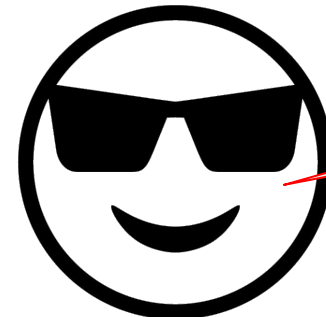
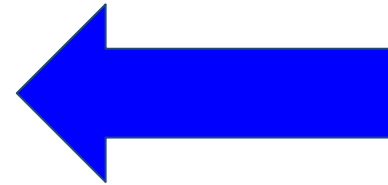
Prof. Pianegiani
DOCET !

Che tipo di didattica adottare?

Evitiamo di fare nuovi (e vecchi) errori

“Quali sono i problemi della didattica oggi?”

- Qualità degli apprendimenti e disuguaglianze
- Formazione e reclutamento dei docenti
- **Uso superficiale della tecnologia**
- Approccio nozionistico e carenza di pensiero critico
- Inclusione e Bisogni Educativi Speciali (BES)



Prof. Pianegiani
DOCET !

METTIAMO A FUOCO

- ❑ La didattica migliore è quella che risolve in modo efficace e più efficiente il problema !
- ❑ Qual'è il problema sul quale focalizzarci?

TECNOLOGIA ADOTTATA IN MODO SUPERFICIALE

Nonostante le opportunità della digitalizzazione, **la tecnologia viene spesso usata per sostituire crescita cognitiva con l'apprendimento del metodo** invece di abilitare modelli cognitivi più profondi nell'essere umano si sta sopprimendo l'abilità logica, l'interesse e il pensiero critico: non ci si chiede più “come è fatto” e “come funziona” perché molte cose funzionano a prescindere dalla nostra cognizione, “ci obbediscono” ?!

La “cultura” dell'innovazione didattica: “**l'innovazione non è stravolgere, ma migliorare...** se ottengo risultati opposti a quelli che mi sono prefissato, devo tornare indietro... magari per un'altra strada.”

Esempi tipici:

- Uso calcolatrice
- Apprendere del metodo (limitato) di calcolo non comprendendo il perché



Una tecnologia ancora "immatura"

Gli ebook in commercio non sono modificabili !

La maggior parte degli e-book hanno formati proprietari (DRM, AZW3, Kindle, iBooks) che non consentono modifiche, annotazioni strutturali o compilazione diretta. Questa chiusura nasce dalla distribuzione controllata verso la direzione di sola lettura, senza riuso, senza scambio: contenuti "a tempo"



~~Strategie su Windows~~

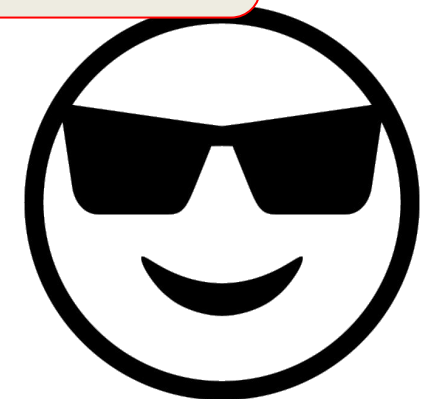
1. Scrittura e modifica
 - Usa **LibreOffice Writer** (.odt) per testi e tabelle editabili
 - Oppure **Microsoft Word** + plugin ePub (o salva in .docx)
2. Esportazione/Conversione
 - Da .odt o .docx a EPUB direttamente in LibreOffice
 - Affina con Calibre – E-book Editor (modifica HTML/CSS interno)
 - Generatore EPUB o PDF professionale (via LaTeX)
3. Interactive PDF forms
 - In LibreOffice: Inserisci "Controlli modulo" → Esporta come PDF interattivo
 - In LaTeX: usa hyperref + eforms per campi compilabili

Strategie su Linux

1. Scrittura e modifica
 - Per impaginazioni complesse, usa **Scribus**
2. Generazione epub (**Pandoc bash**)
3. Inserimento diretto contenuti e ricompilazione attraverso lyx/scribus

POSSIBILI STRATEGIE
ALTERNATIVE ??

PROVERBIALE !!!



Una tecnologia ancora "immatura" (2)

Il problema dell'accesso "su licenza" ai libri online

Gli editori di e-book adottano un **modello di licenza in cui non acquisti realmente il file del libro** ma ne ottieni il "prestito" per un periodo prefissato.

Finito il termine, l'applicazione o il DRM ti impedisce di aprirlo di nuovo. Questo – anche se comodo per sconti e abbonamenti – crea due grandi criticità:

1. Dipendenza continua dall'infrastruttura dell'editore (se chiudono il servizio o cambiano i termini, perdi tutto).
 2. Impossibilità di archiviare e citare in futuro i testi (problema serio per studenti, ricercatori, biblioteche).
-
1. Un libro DRM è un eBook protetto dalla tecnologia Digital Rights Management (DRM), che serve a proteggere il copyright e impedire la copia e la distribuzione illegale dei contenuti.
 2. Questa tecnologia aggiunge informazioni criptate al file, limitando le azioni che l'acquirente può compiere (come il numero di copie o trasferimenti)
 3. Spesso richiede un software specifico o un account per l'accesso e la lettura



Dipendenza dalla licenza: i DRM hanno una **scadenza temporale e altre limitazioni**.

Dipendenza dall'hardware: la fruizione di un libro digitale è possibile solo tramite un dispositivo elettronico. La scadenza o l'obsolescenza di questi dispositivi o dei formati dei file potrebbe rendere inaccessibili i contenuti.

Costi aggiuntivi: la necessità di un dispositivo per leggere e la dipendenza da licenze d'uso potrebbero aumentare i costi per i lettori.

Problemi di conservazione: la conservazione digitale presenta sfide significative, con file che potrebbero non essere accessibili dopo un certo periodo a causa della rapida evoluzione tecnologica.

... e non finisce qui

- **Perdita del possesso:** A differenza dei libri di carta, i cui contenuti non sono legati a un dispositivo, i libri digitali sono legati a un software o a una piattaforma. Se un libro digitale "scadesse", si potrebbe perdere l'accesso al suo contenuto, trasformandolo da possesso a un servizio in abbonamento.
- **Questo produrrà un impatto fortemente negativo sulla cultura e sull'accesso alla conoscenza:** la scadenza del digitale, legata sia alla scadenza delle licenze e sia ai limiti imposti dal creatore, limiterà l'accesso a opere che diventano inaccessibili, creeranno disparità di accesso alla conoscenza (oltre che zone "grigie").

L'assenza di risorse scritte limita la motivazione e apprendimento.

LA presenza di libri nelle case alimenta l'ingegno per tempo.

Growing up in a house full of books sharpens intelligence over time.



Strategia e opportunità

Cosa fare?

1. Costruire un prodotto editoriale con caratteristiche opportune per essere liberamente distribuito e modificato
2. Cominciare a introdurre gli studenti verso un sistema “aperto” che verrà potenziato a breve (anche col nostro uso)
3. Spreading (“seeding”)



COME PROSEGUIAMO? Ipotesi A

Ci mettiamo come gli ultimi dei Mohicani...



REPRISE
A.S. 2023-2024

Ecco dove
eravamo
rimasti...



COME PROSEGUIAMO? Ipotesi B

REPRISE
A.S. 2023-2024

Attraverso l'attività formativa, proporre dapprima un corso introduttivo e poi uno avanzato per la produzione di contenuti didattici *opensource* a favore della nostra attività.

Ampliare la rete di collaborazione con tutti i docenti che vogliano cooperare

"Corso pratico alle tecnologie abilitanti per l'*opensource*"

**Proporre dei corsi di
aggiornamento per colleghi,
livello basico e avanzato anche
per tutti i docenti ???**



COME PROSEGUIAMO? Ipotesi B

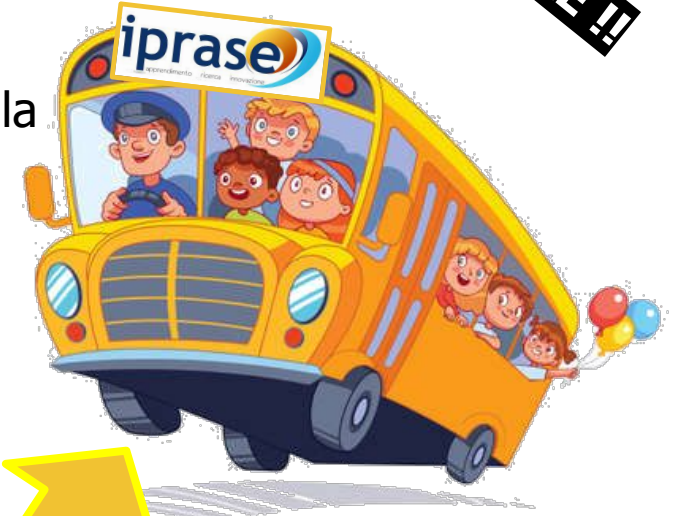
A.S. 2025-2026
HERE WE ARE!!

Attraverso l'attività formativa, proporre dapprima un corso introduttivo e poi uno avanzato per la produzione di contenuti didattici *opensource* a favore della nostra attività.

Ampliare la rete di collaborazione con tutti i docenti che vogliano cooperare

"Corso pratico alle tecnologie abilitanti per l'*opensource*"

**Proporre dei corsi di
aggiornamento per colleghi,
livello basico e avanzato anche
per tutti i docenti ???**



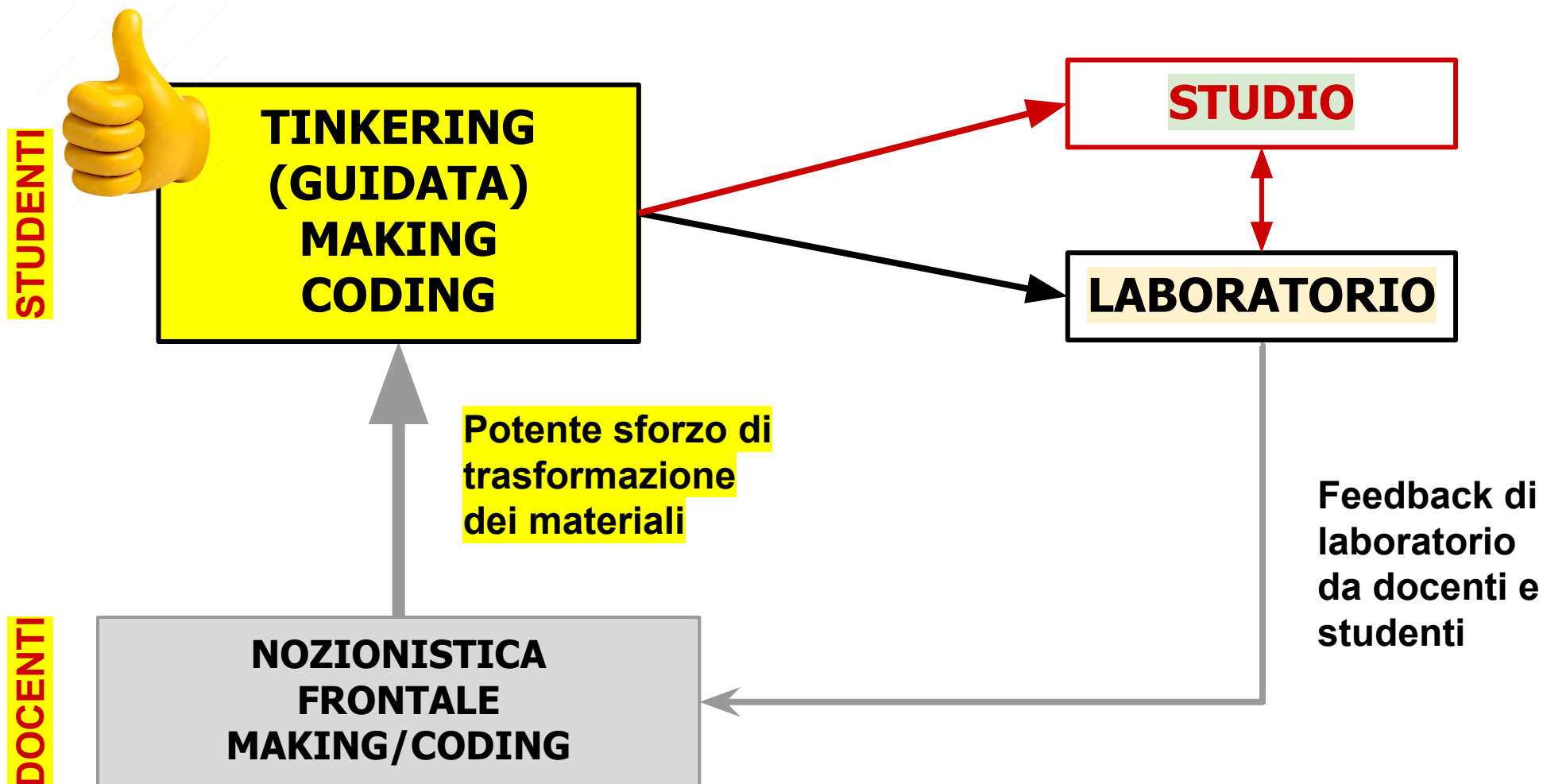
Chi sale?



IPRAASE

LIBRO OPENSOURCE/COPYLEFT

A.S. 2025-2026
HERE WE ARE!!



PROCESSO DI CREAZIONE E REVISIONE (breve termine)

LIBRO OPENSOURCE/COPYLEFT

A.S. 2025-2026
HERE WE ARE!!

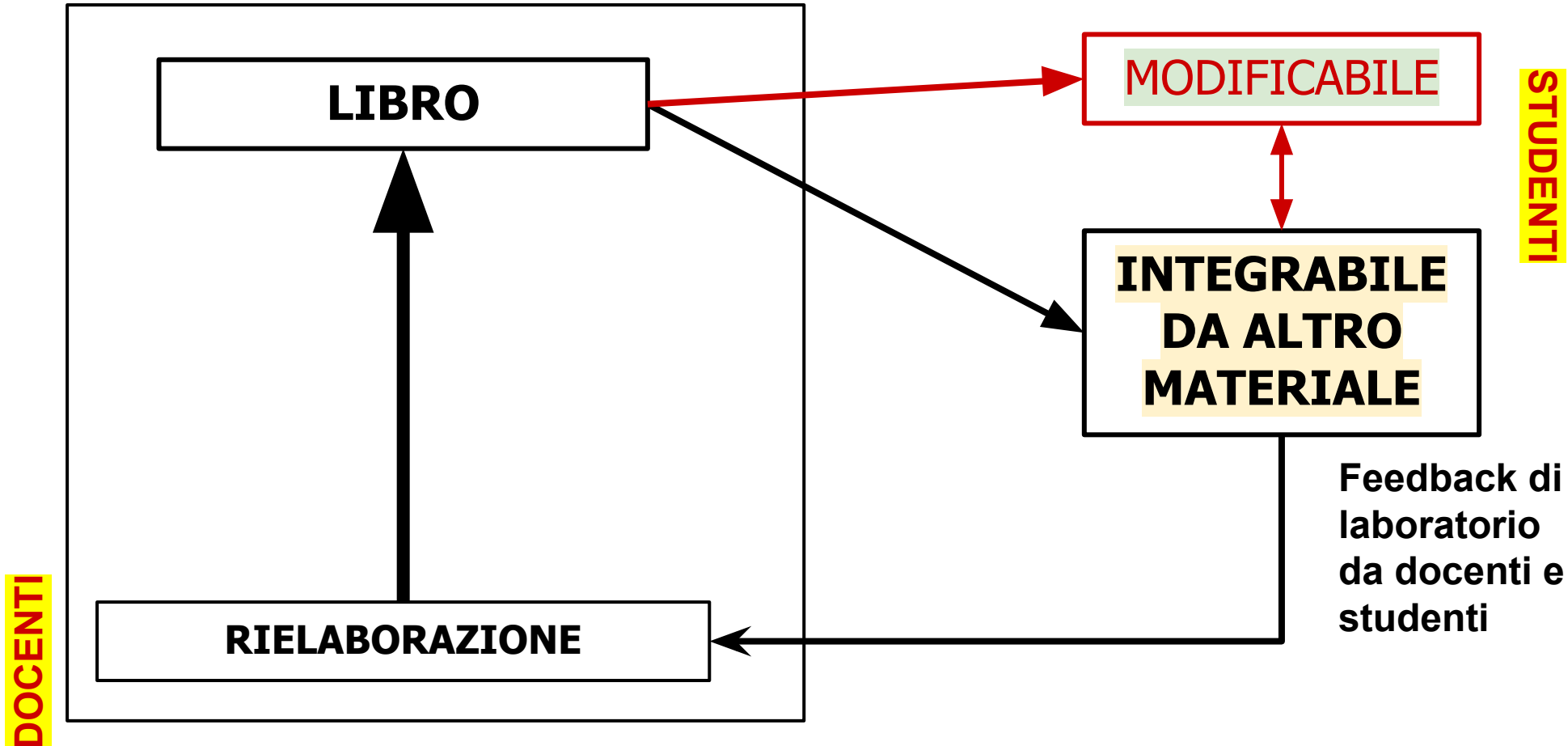


DIAGRAMMA DI UTILIZZO E SVILUPPO (lungo termine)

DIDATTICA TINKERING, MAKING, CODING

(GUIDATA)

Tinkering – Sperimentare giocando

- **Definizione:** Approccio esplorativo basato sul “provare e vedere cosa succede”. Si lavora con materiali semplici, spesso di recupero, per costruire, smontare, modificare.
- **Obiettivo:** Stimolare la curiosità, la creatività e il pensiero divergente.
- **Esempi:** Costruire una macchina con cartone e elastici, creare circuiti con rame adesivo e LED, inventare oggetti con materiali misti.
- **Didattica:** Valorizza l'errore come parte del processo di apprendimento. Non c'è un “giusto” o “sbagliato”, ma un percorso personale.

- La didattica guidata offre un maggiore sostegno e un quadro strutturato dall'insegnante, mentre il tinkering è un approccio più informale che favorisce l'esplorazione autonoma.
- Nel tinkering, il processo di costruzione e la manipolazione di materiali per creare un oggetto sono centrali (mentre la didattica guidata può essere più ampia e includere anche altre forme di attività pratiche).

Making – Costruire con intenzione

- **Definizione:** Processo creativo orientato alla realizzazione di un prodotto concreto, spesso con strumenti digitali o artigianali.
- **Obiettivo:** Progettare e realizzare oggetti funzionali o estetici, integrando competenze tecniche e progettuali.
- **Esempi:** Stampare in 3D un supporto per smartphone, costruire una lampada con Arduino, creare una mappa interattiva.
- **Didattica:** Richiede pianificazione, prototipazione e riflessione sul processo. Spesso si lavora in gruppo e si documenta il lavoro.

Coding – Programmare per creare

- **Definizione:** Scrittura di codice per controllare dispositivi, creare software o animazioni.
- **Obiettivo:** Sviluppare il pensiero computazionale, la logica e la capacità di risolvere problemi.
- **Esempi:** Programmare un robot per seguire una linea, creare un videogioco con Scratch, automatizzare una sequenza con Python.
- **Didattica:** Favorisce la precisione, la sequenzialità e la comprensione delle strutture logiche. Può essere integrato nel making (es. robotica educativa).

Approccio	Focus principale	Tipo di attività	Livello di struttura
Tinkering	Esplorazione creativa	Manipolazione libera	Basso
Making	Progettazione e costruzione	Realizzazione di oggetti	Medio
Coding	Pensiero computazionale	Programmazione e automazione	Alto

Strumenti digitali collaborativi per un didattica innovativa

Sintesi

Il corso si propone di introdurre docenti e formatori all'uso professionale e creativo delle tecnologie digitali per potenziare l'efficacia della didattica.

Attraverso l'esplorazione di strumenti open source, ad esempio con l'approfondimento di LaTeX, i partecipanti acquisiranno competenze pratiche per progettare sia testi di livello professionale/commerciale sia contenuti per l'applicazione di tecniche di didattica più accessibili e interattivi orientate alla metodologia ***tinkering, making e coding***.

Questi approcci non sono in competizione, ma complementari: un'attività didattica può iniziare con il *tinkering*, evolvere nel *making* e, nel caso delle materie scientifiche, completarsi col *coding*.

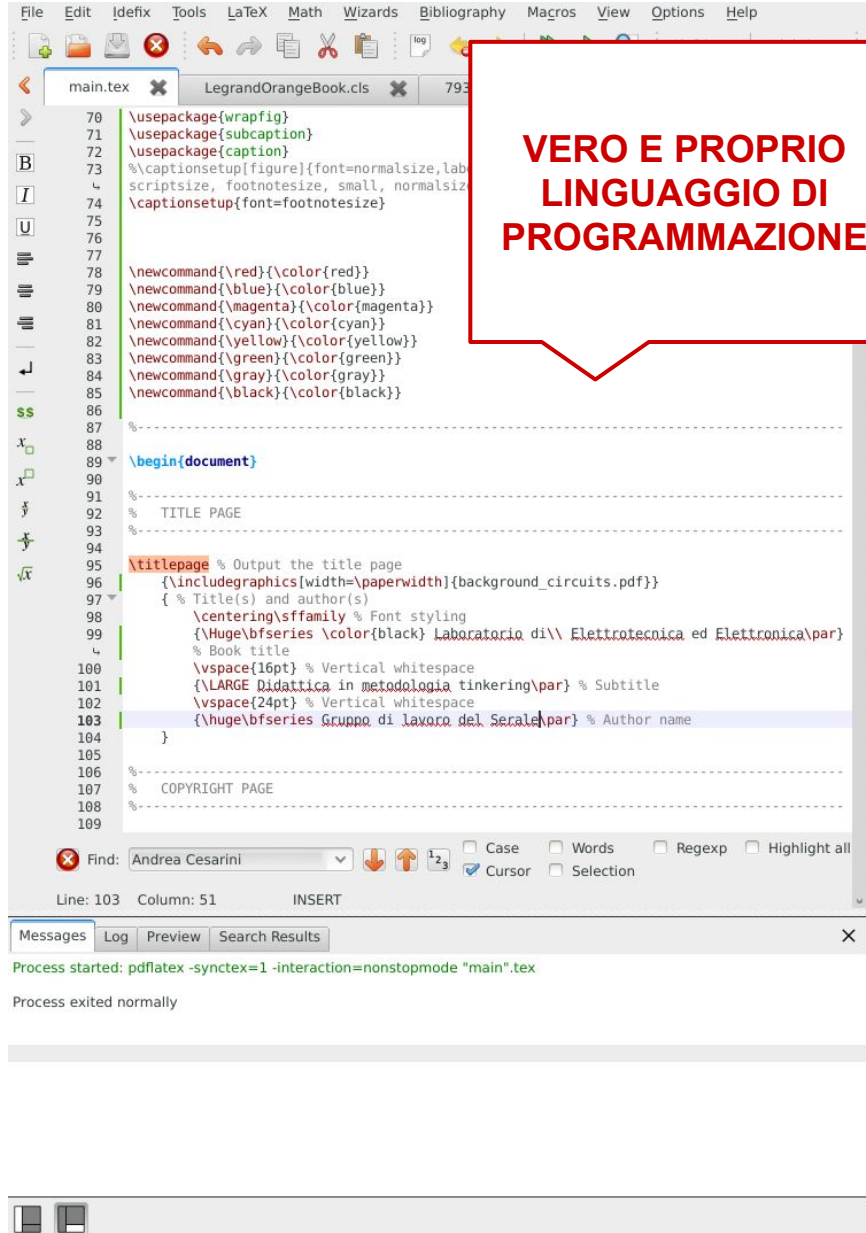
Lezione 1 (2-3 ore): LaTeX per la creazione di contenuti didattici professionali

- Struttura di base di un documento LaTeX e modifiche grafiche/testuali
- Creazione di dispense ed esercizi, libri con contenuti umanistici e/o tecnici con LaTeX
- Integrazione di figure, schemi, formule matematiche, grafici, tabelle e modifiche grafiche/testuali
- Utilizzo di editor online testuali (es. Crixet) e locali grafici (qualora disponibili),
- Vademecum docenti per la creazione di testi collaborativa

Lezione 2 (2-3 ore): Didattica Tinkering "Imparare facendo" in autoapprendimento e apprendimento assistito

- Introduzione al tinkering: filosofia e approccio anche nel contesto laboratoriale
- Percorso di trasformazione dei materiali: strumenti e ciclo di vita
- Complementarizzazione del tinkering, col making e col coding
- Progettazione ed esempi di attività didattiche basate sul tinkering per applicazioni soprattutto laboratoriali
- Esempi con materie tecniche (Python-C/C++, Arduino, ESP32, STM32, etc) e, qualora necessario, umanistiche
- Processo di accrescimento della partecipazione spontanea ("micro" soddisfazioni)

LIBRO LATEX



TESTO PRODOTTO



LIBRO LATEX

INTERFACCIA
GRAFICA



Home

Download

News

Learn More

Features

Screenshots

About LyX

Support

Mailing Lists / Forum

Wiki / Documentation

Contribute

Get Involved

Development

Bug Tracker

Translation

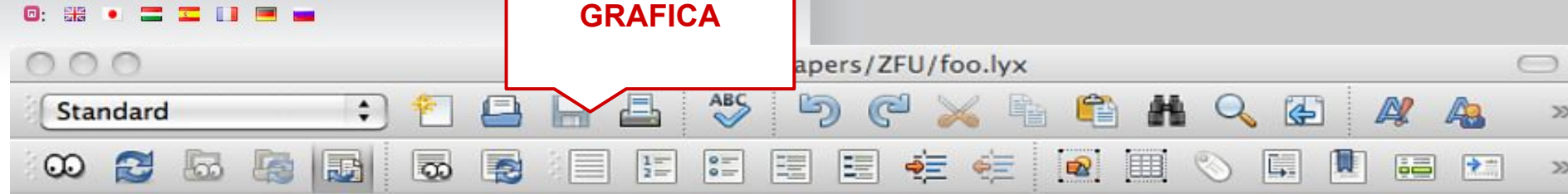
Donate

Development Status

Road map / News

Repository Checkins

Site Map



Appendix: A Model of $\text{ZFU}^* + \text{AC}^* + \text{N} + \text{S}$

Let ZF^+ be $\text{ZF} +$ “There is an inaccessible cardinal”. To reflect more faithfully the restricted version of choice AC^* that we have argued is most appropriate for ZFU^* , let us formulate a correspondingly restricted notion of “accessible” choice for ZF^+ . Let κ^* be the smallest inaccessible:

$$\text{AC}_{<\kappa^*} \quad [(A \neq \emptyset \wedge |A| < \kappa^* \wedge \forall x(x \in A \rightarrow \exists y, y \in x)) \rightarrow \exists f \forall x(x \in A \rightarrow f(x) \in x)]$$

Now for the model, defined in $\text{ZF}^+ + \text{AC}_{<\kappa^*}$: Let $A^* = \{\langle \kappa^*, \alpha \rangle : \alpha < \kappa^*\}$. For $\alpha < \kappa^*$ and limit ordinals $\lambda \leq \kappa^*$, let:

$$\begin{aligned} U_0 &= A^* \\ U_{\alpha+1} &= U_\alpha \cup \{A \in \wp(U_\alpha) : |A| \leq \kappa^*\} \\ U_\lambda &= \bigcup_{\alpha < \lambda} U_\alpha \end{aligned}$$

TexStudio



INTERFACCIA TESTUALE

```
File Edit LaTEX Tools Wizards Bibliography Macros View Options Help
main.tex x LegrandOrangeBook.cls x 79301be373b6446fb888204b02bc769f.latex x
70 \usepackage{wrapfig}
71 \usepackage{subcaption}
72 \usepackage{caption}
73 %\captionsetup[figure]{font=normalsize,labelfont=normalsize} %Available values are
74 %scriptsize, footnotesize, small, normalsize, large, and Large.
75 \captionsetup{font=footnotesize}
76
77
78 \newcommand{\red}{\color{red}}
79 \newcommand{\blue}{\color{blue}}
80 \newcommand{\magenta}{\color{magenta}}
81 \newcommand{\cyan}{\color{cyan}}
82 \newcommand{\yellow}{\color{yellow}}
83 \newcommand{\green}{\color{green}}
84 \newcommand{\gray}{\color{gray}}
85 \newcommand{\black}{\color{black}}
86
87 %
88
89 \begin{document}
90
91 %
92 % TITLE PAGE
93 %
94
95 \titlepage % Output the title page
96 {\includegraphics[width=\paperwidth]{background_circuits.pdf}}
97 { % Title(s) and author(s)
98 \centering\sfseries % Font styling
99 {\Huge\bfseries \color{black} Laboratorio di\ Elettronica ed Elettrotecnica\par}
100 % Book title
101 \vspace{16pt} % Vertical whitespace
102 {\LARGE Didattica in metodologia tinkering\par} % Subtitle
103 \vspace{24pt} % Vertical whitespace
104 {\huge\bfseries Gruppo di lavoro del Serale\par} % Author name
105 }
106
107 %
108 % COPYRIGHT PAGE
109 %
```

Find: Andrea Cesarini Case Words Regexp Highlight all
Cursor Selection

Line: 103 Column: 51 INSERT

Messages Log Preview Search Results
Process started: pdflatex -synctex=1 -interaction=nonstopmode "main".tex
Process exited normally



Laboratorio di
Elettrotecnica ed Elettronica
Didattica in metodologia tinkering
Gruppo di lavoro del Serale

REPOSITORY
(gratis)



andycaspar	Add files via upload	1ac864a · last week	6 Commits
Images	Add files via upload	last week	
Immagini	Create test.txt	last week	
LegrandOrangeBook.cls	v20250930	last week	
README.md	Update README.md	last week	
fig_righello.png	v20250930	last week	
indexstyle.ist	v20250930	last week	
main.bcf	v20250930	last week	
main.idx	v20250930	last week	
main.lof	v20250930	last week	
main.lot	v20250930	last week	
main.pdf	v20250930	last week	
main.ptc	v20250930	last week	
main.run.xml	v20250930	last week	
main.tex	v20250930	last week	
sample.bib	v20250930	last week	

README

LibroOpensourceDidattica

Testo latex di test

About

No description, website, or topics provided.

- Readme
- Activity
- 0 stars
- 0 watching
- 0 forks

Releases

No releases published
[Create a new release](#)

Packages

No packages published
[Publish your first package](#)

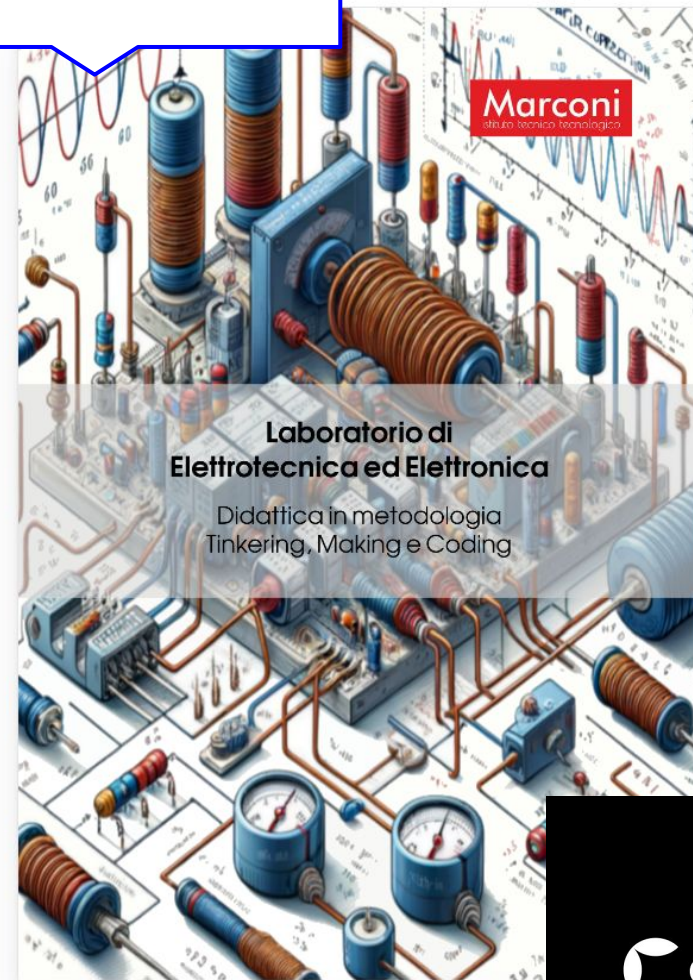
Languages

TeX 100.0%

Crixet

**INTERFACCIA
TESTUALE
(gratis)
on the cloud**

CONDIVISA



```

% main.tex x
\chapterimage{computer-circuit_G2DF3F} > fancy
\chapterspaceabove{6.5cm} % Default whitespace from the top of page to the chapter
title on chapter pages
\chapterspacebelow{6.75cm} % Default amount of vertical whitespace from the top margin
to the start of the text on chapter pages

\usepackage{csquotes}

\usepackage[italian]{babel}
\usepackage{wrapfig}
\usepackage{subcaption}
\usepackage{caption}
%\captionsetup[figure]{font=normalsize,labelfont=normalsize} %Available values are
scriptsizesize, footnotesize, small, normalsize, large, and Large.
\captionsetup{font=footnotesize}

\usepackage{fancyhdr} %Carica etichette
\fancyfoot[C]{\colorbox{ocre}{\bf \white Prof. A.Cesarini, I.T.T. "Guglielmo Marconi",
2025-2026, v20240910a}} % Inserisce il numero di pagina centrato nel piè di pagina

%\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage{siunitx}
\sisetup{separate-uncertainty=true, per-mode=symbol}

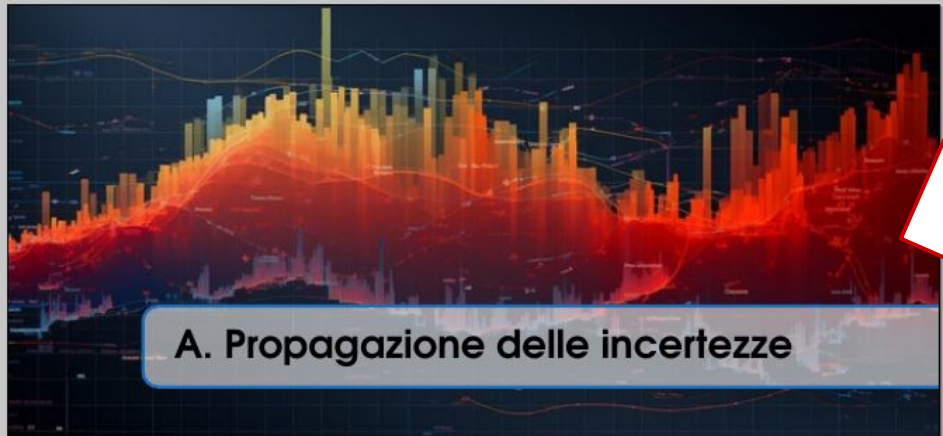
\usepackage{amsmath}
\usepackage{amssymb}
\usepackage{enumitem}
\usepackage{booktabs}

\usepackage{tikz}
\usetikzlibrary{calc,positioning,shapes,arrows}
\usepackage{graphicx}

\usepackage{array}

%TEMPORANEO, AGGIUNTO IN CLASSFILE
\usepackage{mdframed}
\newmdenv{

```



A. Propagazione delle incertezze

Quando si effettuano delle misurazioni è giusto riferirsi al concetto di **incertezza di misura** per definire la possibilità di “aver compiuto errori”. In linguaggio comune e tutt’altro che puntuale, ci si riferisce comunemente a tali incertezze come “errori” di misura.

A.1 Propagazione delle incertezze

Ogni misura x può venire quindi associata ad un’ulteriore quantità detta incertezza (o errore) δx (che si legge “delta-ics”) che fornisce, in un certo senso, un’informazione sulla credibilità di come quella misura sia stata fatta.

$$x \pm \delta x \tag{A.1}$$

Ma come è possibile ottenere la quantità δx ? Un modo abbastanza semplice può esser quello di ripetere una misura un buon numero di volte e poi se ne calcolano il **valor medio** e la **deviazione standard dei campioni** misurati (o errore).

Si chiama media aritmetica, o valor medio, la quantità $\bar{x}$ (che si legge “ics-bar”)

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} \tag{A.2}$$

Effettuiamo una serie di misurazioni $x_1, x_2, \dots, x_N$ e calcoliamo il valor medio $\bar{x}$. La **deviazione standard campionaria** è:

$$Std(N) = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2}{N - 1}} \tag{A.3}$$

A.2 L’incertezza assoluta e relativa

Si definisce **incertezza relativa di misura**, e_r , il rapporto tra l’incertezza di una misura Δx e il valor medio delle misure effettuate:

$$e_r = \frac{\delta x}{\bar{x}} \tag{A.4}$$

FORMATO
TESTO PDF
ATTUALE

che è un valore adimensionale tale che $0 \leq e_r \leq 1$. L’incertezza relativa è, quindi, il rapporto tra due grandezze con la stessa unità di misura che si semplificano ottenendo un numero puro, assoluto, senza grandezze fisiche. Ad esempio nel caso di una misura lineare:

$$e_r = \frac{[m]}{[m]} = \dots$$

In genere, per confrontare diverse misurazioni, anche se riferite a campioni e a grandezze diverse per stabilire quale delle due sia la più accurata, è conveniente esprimere l’incertezza relativa in forma percentuale. L’incertezza percentuale, quindi, si ottiene moltiplicando l’incertezza relativa per un fattore 100, ossia:

$$e\% = e_r \cdot 100 \tag{A.5}$$

A.3 Addizione o sottrazione di incertezze

E’ possibile ottenere una stima dell’errore di misura utilizzando le regole seguenti. Ad esempio nel caso di addizione o sottrazione si procede come segue:

■ **Esempio A.1** Ad esempio, sommando

$$1.2 \pm 0.1 + 1.0 \pm 0.1 = 2.2 \pm 0.2$$

mentre sottraendole si ottiene

$$1.2 \pm 0.1 - 1.0 \pm 0.1 = 0.2 \pm 0.2$$

Si noti che in entrambi i casi l’errore non cambia mentre quello della misura è cambiato.

ESERCIZIO

Esercizio A.1 Supponiamo di aver misurato il peso di tre masse, e abbiamo ottenuto i seguenti valori:

$$\begin{aligned} m_1 &= 3.54 \pm 0.03 \text{ kg} \\ m_2 &= 1.04 \pm 0.01 \text{ kg} \\ m_3 &= 2.86 \pm 0.02 \text{ kg} \end{aligned}$$

Il valore della massa totale si ottiene sommando i pesi delle tre masse:

$$m_{TOT} =$$

Mentre l’incertezza relativa alla massa totale si ottiene come somma delle incertezze delle tre masse iniziali:

$$\delta m_{TOT} =$$

Quindi, il risultato finale correttamente espresso è di

$$m = m_{TOT} \pm \delta m_{TOT} =$$

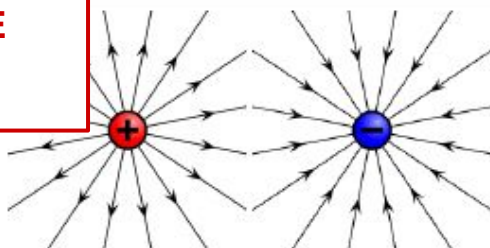


Figura 1.2: Linee di flusso generate da una singola carica positiva (sinistra) e una singola negativa (destra).

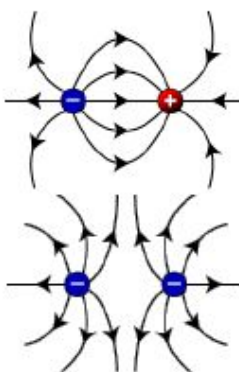


Figura 1.3: Linee di flusso attrattivo e repulsivo.

presenza, questa zona si chiama "Campo elettrico". All'interno di questo campo elettrico, altre particelle cariche, saranno oggetto di una "forza elettrica" che può essere di tipo repulsivo o attrattivo.

Ad esempio una particella carica positivamente crea intorno a se un campo elettrico tale che ogni particella carica positivamente verrà respinta ed ogni particella carica negativamente verrà attratta.

In sintesi potremo dire che due particelle con carica uguale (entrambe positive o negative) si respingono, mentre invece due particelle con carica elettrica diversa si attraggono.

Le particelle e gli atomi carichi elettricamente, quindi, presentano una forza elettrica di attrazione/repulsione chiamata **Forza di Coulomb** la cui intensità è calcolata come

$$F = k_0 \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

dove d è la distanza tra le due cariche, k_0 è la costante di Coulomb, che è pari a:

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \simeq 8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

Ad esempio una particella carica positivamente crea intorno a se un campo elettrico tale che ogni particella carica positivamente verrà respinta ed ogni particella carica negativamente verrà attratta.

In sintesi potremo dire che due particelle con carica uguale (entrambe positive o negative) si respingono, mentre invece due particelle con carica elettrica diversa si attraggono.

Le particelle e gli atomi carichi elettricamente, quindi, presentano una forza elettrica di attrazione/repulsione chiamata **Forza di Coulomb** la cui intensità è calcolata come

$$F = k_0 \frac{q_1 q_2}{d^2} \quad (1)$$

dove d è la distanza tra le due cariche, k_0 è la costante di Coulomb, che è pari a:

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \simeq 8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

con ϵ_0 la costante dielettrica del vuoto, il cui valore è:

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ m}^{-2} \text{ N}^{-1}$$

La forza di Coulomb, quindi, **aumenta all'aumentare della carica ed al diminuire della distanza quadratica** (ovvero elevando alla seconda la distanza). **Si tratta di una forza repulsiva nel caso le cariche abbiano segno uguale, attrattiva nel caso siano diverse.** La forma vettoriale si ottiene sapendo che la direzione della forza è uguale alla direzione della differenza dei vettori posizione delle due cariche.

La formula può essere estesa considerando cariche in presenza di altri materiali (non nello spazio vuoto) e non puntiformi. In generale, nella formula di Coulomb deve essere inserita la permittività elettrica del mezzo che separa le due cariche.

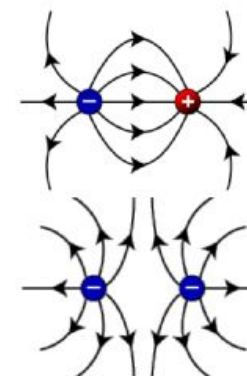


Figura 4: Linee di flusso attrattivo e repulsivo.

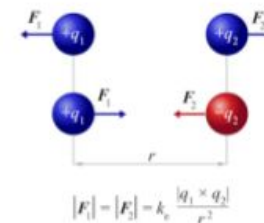


Figura 5: Questa repulsione o attrazione avviene con una forza chiamata Forza elettrica di Coulomb, che è aumentata all'aumentare della carica ed al diminuire del quadrato della distanza...

ESERCITAZIONI DI LABORATORIO

INTERFACCIA
GRAFICA
DISPENSE DI
LABORATORIO

Classe IV
Metodologia Tinkering e Guida



Esercitazione di Laboratorio Amplificatori operazionali 2/5

Comparatore di tensione invertente e non invertente,
amplificatore in configurazione invertente e non
invertente e inseguitore di tensione,
simulazione e prova pratica
(prova da completare nei 100 min)

SVOLTA

Studente	
Classe e Sezione	
Data	

Punti		SEZIONE 1 - Conoscenze Teoriche (max 4 punti)
4	eA.1	
6	eB.1	SEZIONE 2 - Risultati Pratici (max 6 punti)
		Voto

Indicazioni operative:

Prerequisiti:

1. Esercitazione "Amplificatori Operazionali 1/5"
- Indicazioni operative
- Si consiglia di compilare la verifica inizialmente a matita negli spazi opportuni e successivamente ricompilarla a penna in modo da ottenere un lavoro il più ordinato e chiaro possibile.
 - **NON** è consentito l'uso della calcolatrice.
 - **NON** è consentito l'utilizzo degli smartphones, smartwatch e cuffiette.

Classe IV
Metodologia Tinkering e Guida



TRACCIA

Sintesi

Studio e verifica delle caratteristiche elettroniche di un circuito con OpAmp UA741 in configurazione comparatore (anello aperto) invertente con di oscilloscopio e generatore d'onda reali e con simulazione. Nell'esempio seguente verrà trattata la configurazione ad open-loop comparatore invertente.

Contenuti

- A. Ripasso parziale di teoria e considerazioni hardware sull'OpAmp uA741.
- B. Connessioni e configurazione degli apparati reali di generazione e misura dei segnali (i.e., generatore d'onda ed oscilloscopio).
- C. Verifica dei parametri caratteristici dell'OpAmp uA741 in configurazione ad anello aperto comparatore invertente con apparati di misura reali. Applicare il metodo statistico della misura a 5 misure.
- D. Simulare il circuito al (C) e misure.
- E. Verifica dei parametri caratteristici dell'OpAmp uA741 in configurazione ad anello chiuso e segnale su ingresso invertente. Applicare il metodo statistico della misura a 5 misure.
- F. Simulare il circuito al (E) con MultiSim.
- G. Considerazioni finali sulle misure tra i due sistemi reali e virtuali.

Materiali

- Breadboard
- Alimentatore stabilizzato duale + 4 cavi di connessione
- Oscilloscopio + 2 sonde +/-
- Generatore d'onda + 1 sonda +/-
- 20 jumperini
- OpAmp uA741xx
- 2 x 100nF, 2 x 1 uF
- 10kOhm, 33 kOhm, 100kOhm

Classe IV
Metodologia Tinkering e Guida

SEZIONE 1 - Ripasso parziale di teoria e considerazioni hardware sull'OpAmp uA741.

DATASHEET uA741: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua741.pdf>

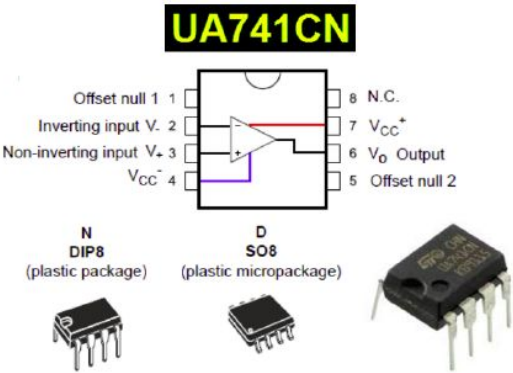


Figura 1. Pinout del (uA741: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua741.pdf>)

Il uA741 è un amplificatore operazionale di uso generale. Esso può essere alimentato con tensioni duali fino a ± 22 V. I suoi parametri caratteristici sono:

$R_i = 2 \text{ MW}$
 $R_o = 75 \text{ W}$
 $A = 2 \times 10^5 \text{ V/V}$
 $f_b = 5 \text{ Hz}$ (frequenza di taglio)
 $f_t = 1 \text{ MHz}$ (valore di guadagno in banda ad anello aperto)
 $\text{Slew Rate (SR)} = 0.5 \text{ V/\mu s}$

Nota: per un piccolo ripasso: <https://www.youtube.com/watch?v=0aB4toofp5g>

Un amplificatore reale, per poter funzionare, deve essere alimentato. Tale alimentazione deve fornire l'energia necessaria ai componenti interni nonché la corrente che verrà erogata attraverso l'uscita.

Il vincolo principale nei circuiti reali deriva dal fatto che la tensione di uscita **all'operazionale** necessariamente compresa tra i potenziali forniti dall'alimentazione. Spesso anche ingressi devono rispettare tale vincolo, ma questo secondo aspetto dipende dalla struttura interna dell'operazionale.

ESERCITAZIONI DI LABORATORIO (2)

Classe IV

Metodologia Tinkering e Guida

Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico

Alimentazione duale: la tensione di alimentazione di un operazionale si dice duale (Dual Power Supply) o anche doppia se è fornita attraverso una coppia di alimentatori in continua, in genere uguali tra di loro. Di seguito lo schema di riferimento, in questo caso relativa ad un amplificatore invertente.

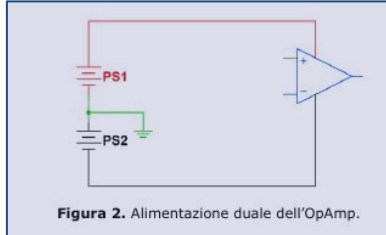


Figura 2. Alimentazione duale dell'OpAmp.

Si noti che tutte le tensioni (di ingresso, di uscita, di alimentazione) sono riferite a massa, indicata in verde nello schema; per come è collegato l'alimentatore stabilizzato PS2, la sua tensione "diventa" negativa perché inferiore a quella di massa, anche se si tratta di un comune generatore di tensione continua identico a PS1.

Ripetiamo che non esiste alcun vincolo tra la tensione di ingresso e le due tensioni di alimentazione, se non la necessità di rispettare il vincolo sulla massima tensione di uscita.

Spesso, per semplicità, lo schema viene disegnato come nella seguente figura, dallo stesso significato e, comunemente, i due generatori PS1 e PS2 che producono le tensioni +Vcc e -Vcc sono sottintesi e neppure disegnati.

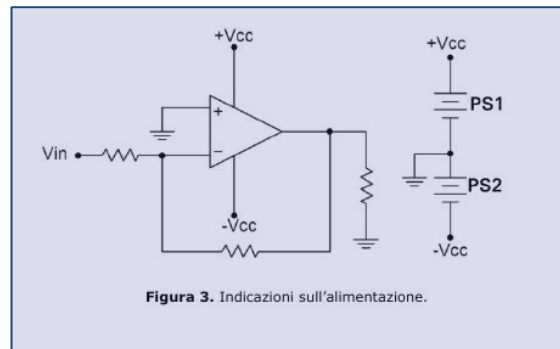


Figura 3. Indicazioni sull'alimentazione.

Classe IV

Metodologia Tinkering e Guida

Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico

Il costruttore fornisce i valori minimi e massimi delle tensioni di alimentazioni. La tensione di uscita può variare, ovviamente in funzione del guadagno e della tensione di ingresso, in un intervallo inferiore a quello definito dal rail (nell'esempio, in verde: $\pm 12V$ come valore tipico, se la tensione di alimentazione è di $15V$). Questi valori possono essere considerati tipici per molti amplificatori. Sono pochi gli amplificatori funzionanti a tensioni superiori a $40V$ ($\pm 20V$); pochissimi i modelli che arrivano fino ad un massimo di $400V$ ($\pm 200V$), ma si tratta di componenti decisamente costosi.

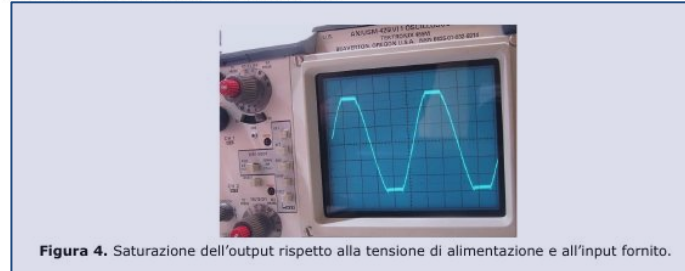


Figura 4. Saturazione dell'output rispetto alla tensione di alimentazione e all'input fornito.

Se la tensione di uscita può avvicinarsi a quella di alimentazione, fino quasi a raggiungerla, l'amplificatore viene definito rail-to-rail.

Se la tensione di alimentazione è inadeguata per garantire il corretto funzionamento, la tensione di uscita viene deformata: in pratica vengono "tagliati" i picchi massimi. In questo caso si parla di clipping, un caso particolare di distorsione armonica. In figura, un esempio di clipping: il segnale dovrebbe essere una sinusoide.

Alimentazione singola: se la tensione di uscita (e, in genere, anche la tensione di ingresso) è sempre positiva, l'amplificatore operazionale reale può utilizzare una singola tensione di alimentazione, semplificando la realizzazione del circuito. Il termine spesso usato è Single Power Supply.

In molti casi questa soluzione non è realizzabile se non usando particolari accorgimenti circuitali. Esempi tipici per i quali NON è adatta una configurazione ad alimentazione singola sono gli amplificatori invertenti e quelli con ingressi sinusoidali.

In genere (non sempre) un amplificatore progettato per alimentazione singola è anche rail-to-rail e funziona anche a tensioni di alimentazione relativamente basse ($V_{cc} > 2$).

Corrente di alimentazione e potenza: la corrente di alimentazione di un operazionale generico è dell'ordine del millesimo di ampere. Quelli a basso consumo possono scendere a valori molto più bassi; Ad esempio per un modello pensato per

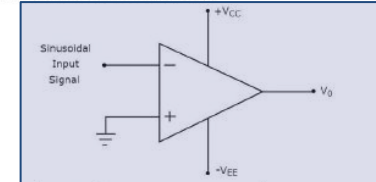
Classe IV

Metodologia Tinkering e Guida

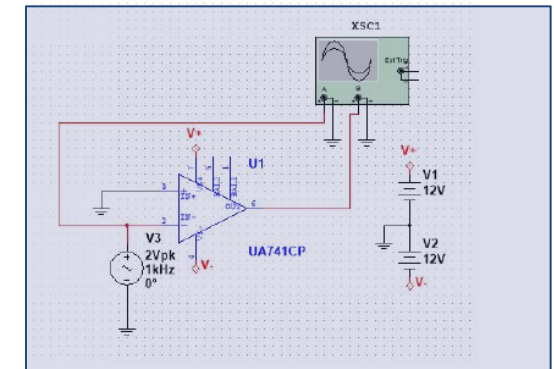
Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico

Punto B - Connessioni e configurazione degli apparati reali di generazione e misura dei segnali (i.e., generatore d'onda ed oscilloscopio)

Nella prima parte dell'esperienza, si è collegato l'OpAmp in una configurazione di comparatore invertente, come mostrato in figura.



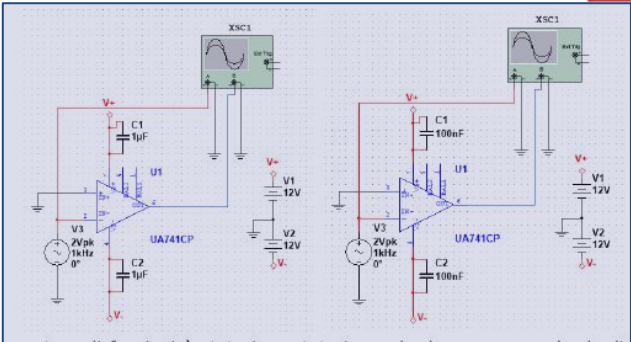
Lo schema complessivo è, quindi, rappresentato nel seguente modo:



ESERCITAZIONI DI LABORATORIO (3)

Classe IV
Metodologia Tinkering e Guida

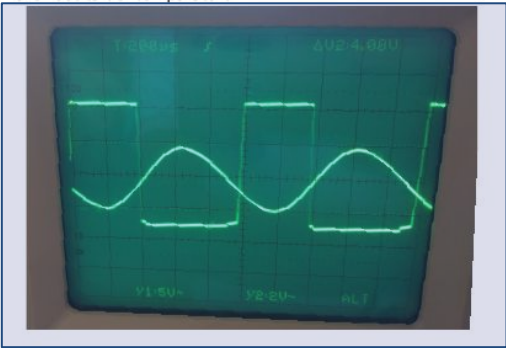
Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico



Il generatore di funzioni è stato impostato in modo da generare un'onda di forma sinusoidale con frequenza $f=1\text{kHz}$ ed una tensione di picco $V_p=2,0\text{V}$, come mostrato in figura



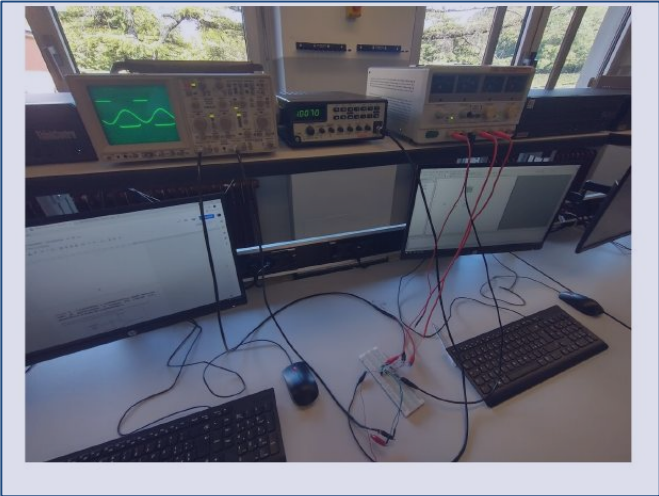
Nel canale A dell'oscilloscopio è visualizzato il segnale in ingresso, mentre sul canale B è possibile osservare l'uscita del comparatore:



Istituto Tecnico Tecnologico (I.T.T.) "Guglielmo Marconi", Rovereto (TN)
Creato: Prof. A.Cesarini (v20240302a)
Modificato/Adattato: Prof. A.Cesarini (v20240302a)
Verificato: Prof. A.Cesarini

Classe IV
Metodologia Tinkering e Guida

Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico



Istituto Tecnico Tecnologico (I.T.T.) "Guglielmo Marconi", Rovereto (TN)
Creato: Prof. A.Cesarini (v20240302a)
Modificato/Adattato: Prof. A.Cesarini (v20240302a)
Verificato: Prof. A.Cesarini

Classe IV
Metodologia Tinkering e Guida

Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico

SEZIONE 3 - Verifica dei parametri caratteristici dell'OpAmp uA741 in configurazione ad anello aperto comparatore invertente con apparati di misura reali. Applicare il metodo statistico della misura a 5 misure.

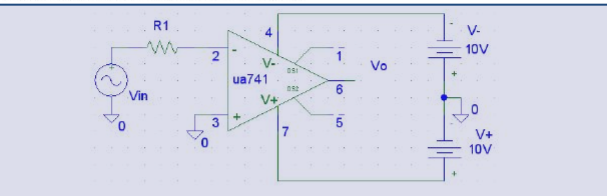
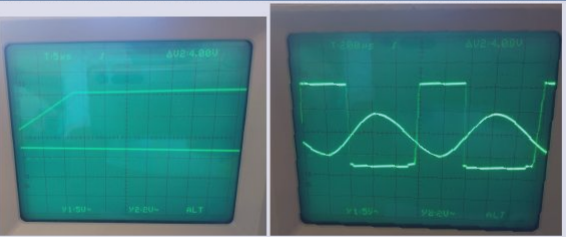


Figura 5. Configurazione ad anello aperto di un comparatore con segnale su ingresso invertente.

1. Realizzare su breadboard del comparatore invertente alimentato in modo duale e mostrato in **Figura 5** ricordando di aggiungere **le capacità di filtro da 100nF** "in prossimità" delle alimentazioni dell'operazionale per stabilizzare l'alimentazione e cancellare le spikes.

Aggiungere foto del segnale prima della stabilizzazione dell'alimentazione:



Istituto Tecnico Tecnologico (I.T.T.) "Guglielmo Marconi", Rovereto (TN)
Creato: Prof. A.Cesarini (v20240302a)
Modificato/Adattato: Prof. A.Cesarini (v20240302a)
Verificato: Prof. A.Cesarini

COMPARAZIONE GRAFICA

Classe IV

Metodologia Tinkering e Guidata

Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico

TRACCIA

Sintesi

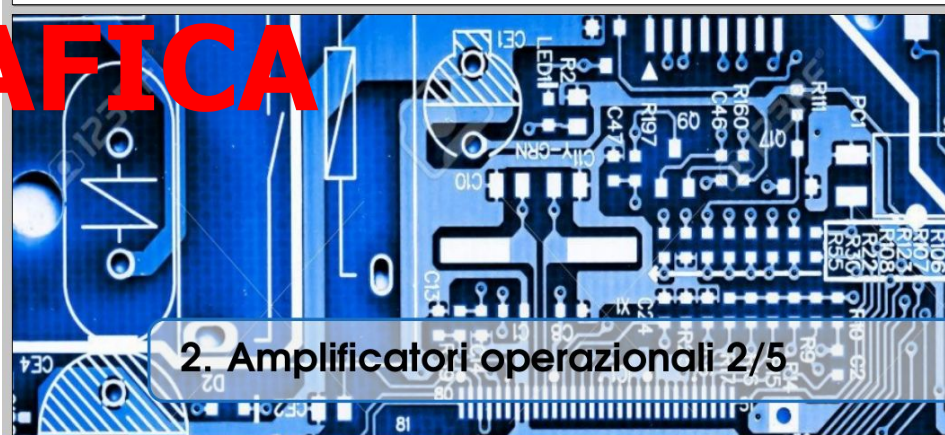
Studio e verifica delle caratteristiche elettroniche di un circuito con OpAmp UA741 in configurazione comparatore (anello aperto) invertente con di oscilloscopio e generatore d'onda reali e con simulazione. Nell'esempio seguente verrà trattata la configurazione ad open-loop comparatore invertente.

Contenuti

- Ripasso parziale di teoria e considerazioni hardware sull'OpAmp uA741.
- Connessioni e configurazione degli apparati reali di generazione e misura dei segnali (*i.e.*, generatore d'onda ed oscilloscopio).
- Verifica dei parametri caratteristici dell'OpAmp uA741 in configurazione ad anello aperto comparatore invertente con apparati di misura reali. Applicare il metodo statistico della misura a 5 misure.
- Simulare il circuito al (C) e misure.
- Verifica dei parametri caratteristici dell'OpAmp uA741 in configurazione ad anello chiuso e segnale su ingresso invertente. Applicare il metodo statistico della misura a 5 misure.
- Simulare il circuito al (E) con MultiSim.
- Considerazioni finali sulle misure tra i due sistemi reali e virtuali.

Materiali

- Breadboard
- Alimentatore stabilizzato duale + 4 cavi di connessione
- Oscilloscopio + 2 sonde +/-
- Generatore d'onda + 1 sonda +/-
- 20 jumperini
- OpAmp uA741xx
- 2 x 100nF, 2 x 1 uF
- 10kOhm, 33 kOhm, 100kOhm



2. Amplificatori operazionali 2/5

Sintesi dell'esperienza

Comparatore di tensione invertente e non invertente, amplificatore in configurazione invertente e non invertente e inseguitore di tensione, simulazione e prova pratica.

Contenuti

- Ripasso parziale di teoria e considerazioni hardware sull'OpAmp uA741.
- Connessioni e configurazione degli apparati reali di generazione e misura dei segnali (*i.e.*, generatore d'onda ed oscilloscopio).
- Verifica dei parametri caratteristici dell'OpAmp uA741 in configurazione ad anello aperto comparatore invertente con apparati di misura reali. Applicare il metodo statistico della misura a 5 misure.
- Simulare il circuito al (C) e misure.
- Verifica dei parametri caratteristici dell'OpAmp uA741 in configurazione ad anello chiuso e segnale su ingresso invertente. Applicare il metodo statistico della misura a 5 misure.
- Simulare il circuito al (E) con MultiSim.
- Considerazioni finali sulle misure tra i due sistemi reali e virtuali.

Materiali

- Breadboard
- Alimentatore stabilizzato duale + 4 cavi di connessione
- Oscilloscopio + 2 sonde +/-
- Generatore d'onda + 1 sonda +/-
- 20 jumperini
- OpAmp uA741xx
- 2 x 100nF, 2 x 1 uF
- 10kOhm, 33 kOhm, 100kOhm

COMPARAZIONE (2)

Classe IV
Metodologia Tinkering e Guida

Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico

SEZIONE 1 - Ripasso parziale di teoria e considerazioni hardware sull'OpAmp uA741.

DATASHEET uA741: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua741.pdf>

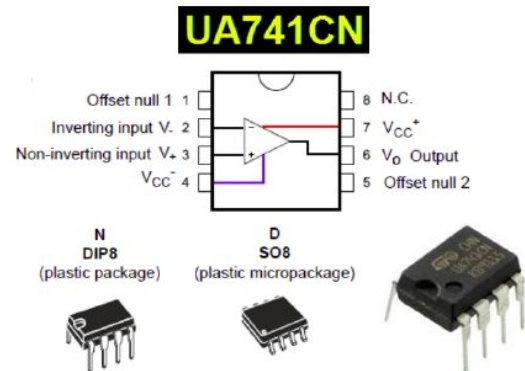


Figura 1. Pinout del (uA741: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ua741.pdf>)

Il uA741 è un amplificatore operazionale di uso generale. Esso può essere alimentato con tensioni duali fino a $\pm 22\text{ V}$. I suoi parametri caratteristici sono:

$R_i = 2\text{ MW}$
 $R_o = 75\text{ W}$
 $A = 2 \times 10^5\text{ V/V}$
 $f_b = 5\text{ Hz}$ (frequenza di taglio)
 $f_t = 1\text{ MHz}$ (valore di guadagno in banda ad anello aperto)
 $\text{Slew Rate (SR)} = 0.5\text{ V}/\mu\text{s}$

Nota: per un piccolo ripasso: <https://www.youtube.com/watch?v=0aB4toofp5g>

Un amplificatore reale, per poter funzionare, deve essere alimentato. Tale alimentazione deve fornire l'energia necessaria ai componenti interni nonché la corrente che verrà erogata attraverso l'uscita.

Il vincolo principale nei circuiti reali deriva dal fatto che la tensione di uscita **all'operazionale è necessariamente compresa tra i potenziali forniti dall'alimentazione**. Spesso anche gli ingressi devono rispettare tale vincolo, ma questo secondo aspetto dipende dalla struttura interna dell'operazionale.

26

Capitolo 2. Amplificatori operazionali 2/5

2.1 SEZIONE 1 - Ripasso parziale di teoria e considerazioni hardware sull'OpAmp uA741.

DATASHEET uA741:

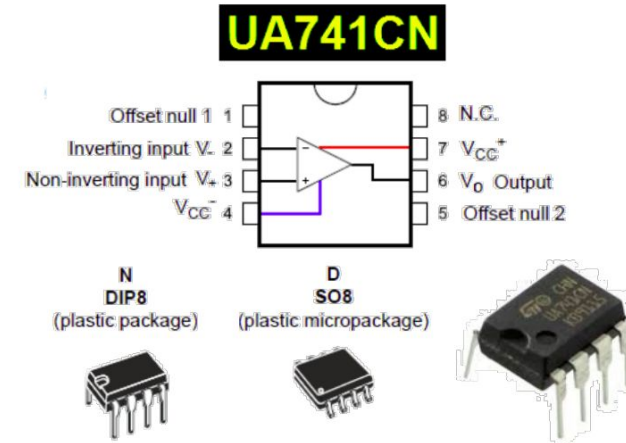


Figura 2.1: Pinout del uA741.

Il uA741 è un amplificatore operazionale di uso generale. Esso può essere alimentato con tensioni duali fino a $\pm 22\text{ V}$. I suoi parametri caratteristici sono:

$R_i = 2\text{ MW}$
 $R_o = 75\text{ W}$
 $A = 2 \times 10^5\text{ V/V}$
 $f_b = 5\text{ Hz}$
 $f_t = 1\text{ MHz}$
 $\text{SlewRate(SR)} = 0.5\text{ V}/\mu\text{s}$

Nota: per un piccolo ripasso

Un amplificatore reale, per poter funzionare, deve essere alimentato. Tale alimentazione deve fornire l'energia necessaria ai componenti interni nonché la corrente che verrà erogata attraverso l'uscita.

Il vincolo principale nei circuiti reali deriva dal fatto che la tensione di uscita **all'operazionale è necessariamente compresa tra i potenziali forniti dall'alimentazione**. Spesso anche gli ingressi devono rispettare tale vincolo ma questo secondo aspetto dipende dalla struttura interna dell'operazionale.

COMPARAZIONE (3)

Classe IV

Metodologia Tinkering e Guidata

Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico

Alimentazione duale: la tensione di alimentazione di un operazionale si dice duale (Dual Power Supply) o anche doppia se è fornita attraverso una coppia di alimentatori in continua, in genere uguali tra di loro. Di seguito lo schema di riferimento, in questo caso relativa ad un amplificatore invertente.

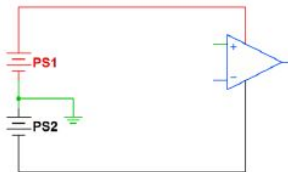


Figura 2. Alimentazione duale dell'OpAmp.

Si noti che tutte le tensioni (di ingresso, di uscita, di alimentazione) sono riferite a massa, indicata in verde nello schema; per come è collegato l'alimentatore stabilizzato PS2, la sua tensione "diventa" negativa perché inferiore a quella di massa, anche se si tratta di un comune generatore di tensione continua identico a PS1.

Ripetiamo che non esiste alcun vincolo tra la tensione di ingresso e le due tensioni di alimentazione, se non la necessità di rispettare il vincolo sulla massima tensione di uscita.

Spesso, per semplicità, lo schema viene disegnato come nella seguente figura, dallo stesso significato e, comunemente, i due generatori PS1 e PS2 che producono le tensioni +Vcc e -Vcc sono sottintesi e neppure disegnati.

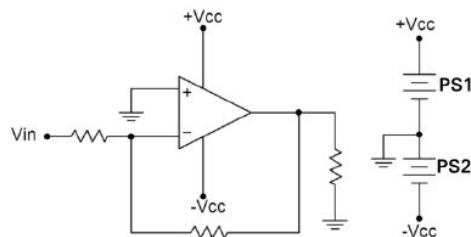


Figura 3. Indicazioni sull'alimentazione.

2.1 SEZIONE 1 - Elementi di teoria e considerazioni sull'opamp uA741 27

Alimentazione duale: la tensione di alimentazione di un operazionale si dice duale (Dual Power Supply) o anche doppia se è fornita attraverso una coppia di alimentatori in continua, in genere uguali tra di loro. Di seguito lo schema di riferimento, in questo caso relativa ad un amplificatore invertente.

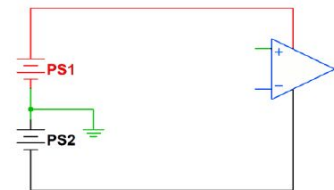


Figura 2.2: Alimentazione duale dell'OpAmp.

Si noti che tutte le tensioni (di ingresso, di uscita, di alimentazione) sono riferite a massa, indicata in verde nello schema; per come è collegato l'alimentatore stabilizzato PS2, la sua tensione diventa negativa perché inferiore a quella di massa, anche se si tratta di un comune generatore di tensione continua identico a PS1.

Ripetiamo che non esiste alcun vincolo tra la tensione di ingresso e le due tensioni di alimentazione, se non la necessità di rispettare il vincolo sulla massima tensione di uscita.

Spesso, per semplicità, lo schema viene disegnato come nella seguente figura, dallo stesso significato e, comunemente, i due generatori PS1 e PS2 che producono le tensioni +Vcc e -Vcc sono sottintesi e neppure disegnati.

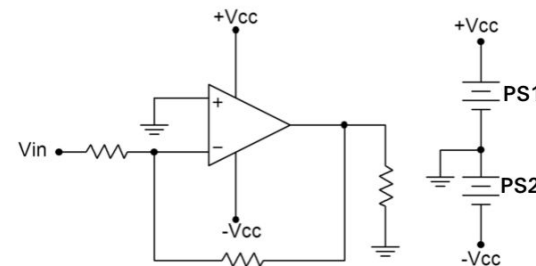


Figura 2.3: Indicazioni sull'alimentazione.

Il costruttore fornisce i valori minimi e massimi delle tensioni di alimentazioni. La tensione di uscita può variare, ovviamente in funzione del guadagno e della tensione di ingresso, in un intervallo inferiore a quello definito dal rail (nell'esempio, in verde: $\pm 12V$ come valore tipico, se la tensione di alimentazione è di $15V$). Questi valori possono essere considerati tipici per molti amplificatori. Sono pochi gli amplificatori funzionanti a tensioni superiori a $40V$ ($\pm 20V$); pochissimi i modelli che arrivano fino ad un massimo di $400V$ ($\pm 200V$), ma si tratta di componenti decisamente costosi.

COMPARAZIONE (4)

Classe IV

Metodologia Tinkering e Guida

Marconi
Istituto Tecnico Tecnologico

Il costruttore fornisce i valori minimi e massimi delle tensioni di alimentazione. La tensione di uscita può variare, ovviamente in funzione del guadagno e della tensione di ingresso, in un intervallo inferiore a quello definito dal rail (nell'esempio, in verde: $\pm 12V$ come valore tipico, se la tensione di alimentazione è di $15V$). Questi valori possono essere considerati tipici per molti amplificatori. Sono pochi gli amplificatori funzionanti a tensioni superiori a $40V$ ($\pm 20V$); pochissimi i modelli che arrivano fino ad un massimo di $400V$ ($\pm 200V$), ma si tratta di componenti decisamente costosi.

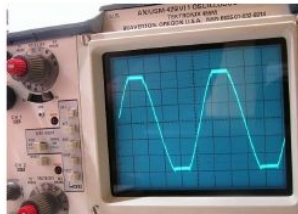


Figura 4. Saturazione dell'output rispetto alla tensione di alimentazione e all'input fornito.

Se la tensione di uscita può avvicinarsi a quella di alimentazione, fino quasi a raggiungerla, l'amplificatore viene definito rail-to-rail.

Se la tensione di alimentazione è inadeguata per garantire il corretto funzionamento, la tensione di uscita viene deformata: in pratica vengono "tagliati" i picchi massimi. In questo caso si parla di clipping, un caso particolare di distorsione armonica. In figura, un esempio di clipping: il segnale dovrebbe essere una sinusoide.

Alimentazione singola: se la tensione di uscita (e, in genere, anche la tensione di ingresso) è sempre positiva, l'amplificatore operazionale reale può utilizzare una singola tensione di alimentazione, semplificando la realizzazione del circuito. Il termine spesso usato è Single Power Supply.

In molti casi questa soluzione non è realizzabile se non usando particolari accorgimenti circuitali. Esempi tipici per i quali NON è adatta una configurazione ad alimentazione singola sono gli amplificatori invertenti e quelli con ingressi sinusoidali.

In genere (non sempre) un amplificatore progettato per alimentazione singola è anche rail-to-rail e funziona anche a tensioni di alimentazione relativamente basse ($V_{cc} > 2$).

Corrente di alimentazione e potenza: la corrente di alimentazione di un operazionale generico è dell'ordine del millesimo di ampere. Quelli a basso consumo possono scendere a valori molto più bassi; Ad esempio per un modello pensato per

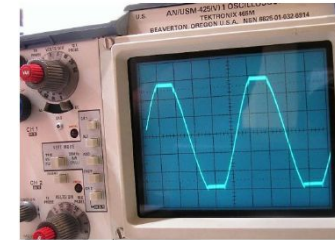


Figura 2.4: Saturazione dell'output rispetto alla tensione di alimentazione e all'input fornito.

Se la tensione di uscita può avvicinarsi a quella di alimentazione, fino quasi a raggiungerla, l'amplificatore viene definito rail-to-rail.

Se la tensione di alimentazione è inadeguata per garantire il corretto funzionamento, la tensione di uscita viene deformata: in pratica vengono tagliati i picchi massimi. In questo caso si parla di clipping, un caso particolare di distorsione armonica. In figura, un esempio di clipping: il segnale dovrebbe essere una sinusoide.

Alimentazione singola: se la tensione di uscita (e, in genere, anche la tensione di ingresso) è sempre positiva, l'amplificatore operazionale reale può utilizzare una singola tensione di alimentazione, semplificando la realizzazione del circuito. Il termine spesso usato è Single Power Supply.

In molti casi questa soluzione non è realizzabile se non usando particolari accorgimenti circuitali. Esempi tipici per i quali NON è adatta una configurazione ad alimentazione singola sono gli amplificatori invertenti e quelli con ingressi sinusoidali.

In genere (non sempre) un amplificatore progettato per alimentazione singola è anche rail-to-rail e funziona anche a tensioni di alimentazione relativamente basse ($V_{cc} > 2$).

Corrente di alimentazione e potenza: la corrente di alimentazione di un operazionale generico è dell'ordine del millesimo di ampere. Quelli a basso consumo possono scendere a valori molto più bassi; Ad esempio per un modello pensato per applicazioni a batteria è comune trovare performance di basso consumo, tensione di alimentazione bassa, alimentazione singola e uscita rail-to-rail.

Riguardo alla potenza dissipata (e quindi al calore prodotto), in genere è bassa anche se fanno eccezione gli operazionali con tensioni di alimentazione elevate e quelli di potenza, cioè capaci di fornire elevate correnti in uscita.

GRAZIE