

1

Corso di ELETTRONICA INDUSTRIALE

INVERTER TRIFASE A TENSIONE IMPRESSA

0.
2

Principi di funzionamento di
invertitori trifase a tensione impressa

0.
3

Principi di funzionamento di
invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione

0.
4

Principi di funzionamento di
invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione
- Struttura e funzionamento dell'invertitore monofase a ponte

1.
5

Principi di funzionamento di
invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione
- Struttura e funzionamento dell'invertitore monofase a ponte
- Tensioni di fase, stellate e concatenate

1.
6

Principi di funzionamento di
invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione
- Struttura e funzionamento dell'invertitore monofase a ponte
- Tensioni di fase, stellate e concatenate
- Modulazioni della tensione di centro stella: iniezione di terza armonica e "Flat-Top"

Principi di funzionamento di invertitori trifase a tensione impressa

- Struttura e funzionamento dell'invertitore trifase di tensione
- Struttura e funzionamento dell'invertitore monofase a ponte
- Tensioni di fase, stellate e concatenate
- Modulazioni della tensione di centro stella: iniezione di terza armonica e "Flat-Top"
- Modulazione ad onda quadra ("six step")

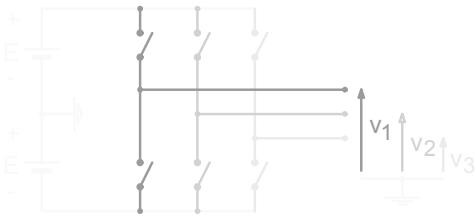
Invertitore trifase Generazione di tre

Si ottiene un invertitore trifase di tensione a PWM con tre invertitori monofase di tensione a due livelli che utilizzano la stessa alimentazione

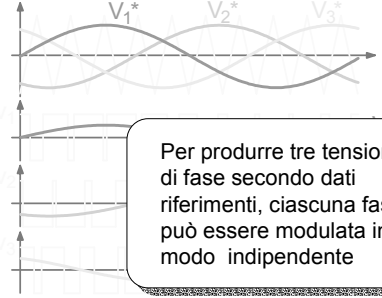


Invertitore trifase di tensione a PWM

Generazione di tre tensioni indipendenti a due livelli

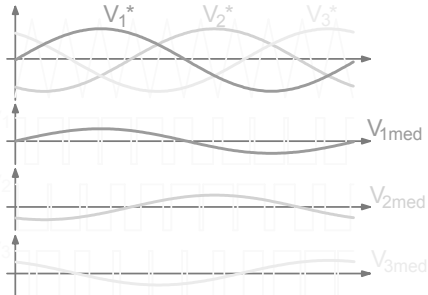


Invertitore trifase di tensione a PWM

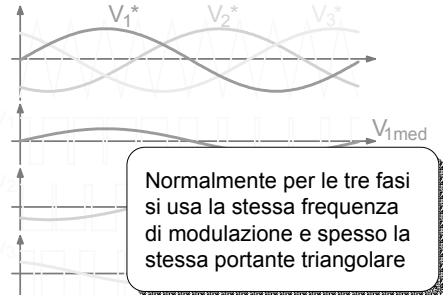


Per produrre tre tensioni di fase secondo dati riferimenti, ciascuna fase può essere modulata in modo indipendente

Invertitore trifase di tensione a PWM



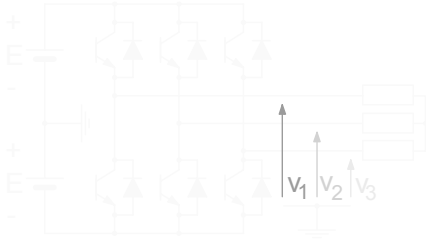
Invertitore trifase di tensione a PWM



Normalmente per le tre fasi si usa la stessa frequenza di modulazione e spesso la stessa portante triangolare

Invertitore di tensione trifase a PWM

Generazione di tre tensioni indipendenti a due livelli

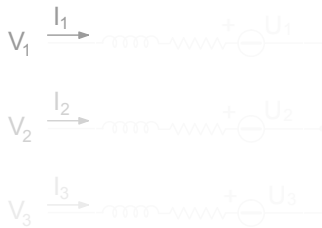


Di solito, negli schemi usati negli azionamenti, il carico è connesso a stella, è privo di connessione del centro stella ed è sensibile solo alle tensioni (concatenate) tra le fasi



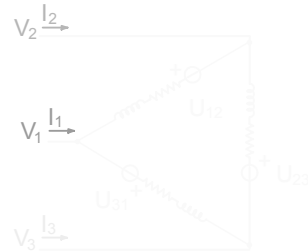
Invertitore di tensione trifase a PWM

Carico resistivo/induttivo con f.e.m. connesso a stella



Invertitore di tensione trifase a PWM

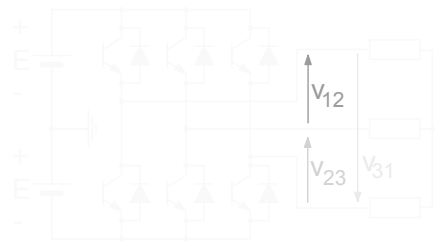
Carico resistivo/induttivo, con f.e.m., a triangolo



Il carico può essere connesso a triangolo; in tal caso il centro stella non esiste. Anche tale carico è sensibile solo alle tensioni concatenate

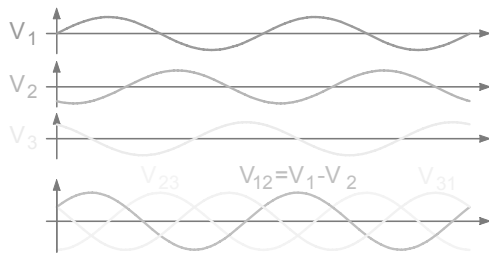


Invertitore trifase di tensione a PWM



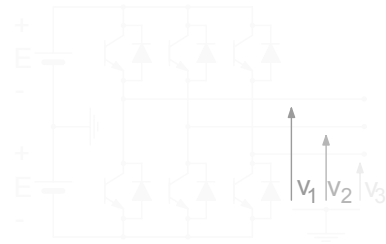
Invertitore trifase di tensione a PWM

Generazione di tre tensioni indipendenti a due livelli



Invertitore di tensione trifase a PWM

Generazione di tre tensioni indipendenti a due livelli



Inve
Generaz

Se il carico è privo di connessione di centro stella si può usare un'unica tensione di alimentazione



Invertitore di tensione monofase a PWM

Con procedimento analogo a quello usato per l'invertitore trifase, si può realizzare un invertitore monofase di tensione (a ponte "ad H") unendo due invertitori monofase di tensione a due livelli che utilizzano la stessa alimentazione

Invertitore di tensione monofase a PWM

Generazione di tensione a tre livelli con alimentazione singola

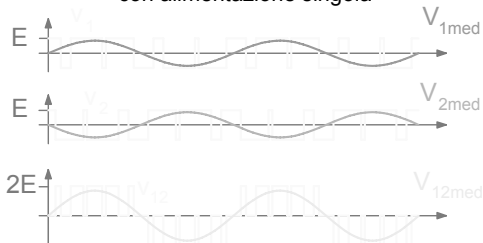


Con opportuna modulazione si ottiene, tra le due fasi, una tensione a tre livelli pur usando un'unica tensione di alimentazione



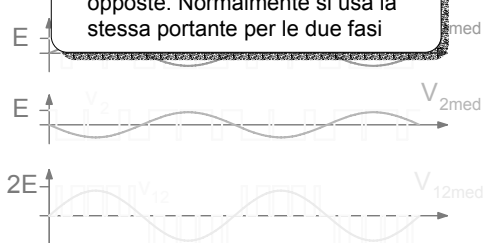
Invertitore di tensione monofase a PWM

Generazione di tensione a tre livelli con alimentazione singola



Inv YM

Le due fasi sono modulate con tensioni di riferimento uguali ed opposte. Normalmente si usa la stessa portante per le due fasi



Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione della tensione di centro stella

Sommando una stessa tensione, costante o variabile, ai riferimenti V^* delle tre tensioni di fase:

Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione della tensione di centro stella

Sommando una stessa tensione, costante o variabile, ai riferimenti V^* delle tre tensioni di fase:

- varia la media (tensione di centro stella delle fasi) delle tre tensioni di fase

Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione della tensione di centro stella

Sommando una stessa tensione, costante o variabile, ai riferimenti V^* delle tre tensioni di fase:

- varia la media (tensione di centro stella delle fasi) delle tre tensioni di fase
- non variano le tensioni concatenate medie

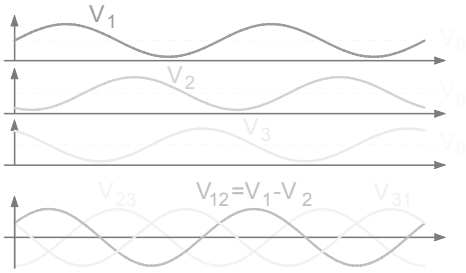
Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione della tensione di centro stella

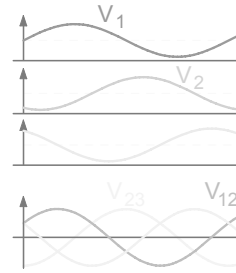
Sommando una stessa tensione, costante o variabile, ai riferimenti V^* delle tre tensioni di fase:

- varia la media (tensione di centro stella delle fasi) delle tre tensioni di fase
- non variano le tensioni concatenate medie
- variano i "duty-cycle" e le tensioni istantanee delle fasi

Invertitore trifase di tensione a PWM Traslazione della tensione del centro stella

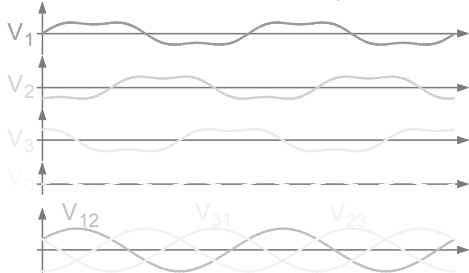


Invertitore trifase di tensione a PWM Traslazione della tensione del centro stella

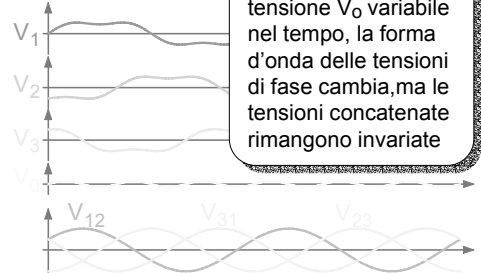


Una tensione costante V_0 sommata ai riferimenti delle tre tensioni di fase, ne altera il valore medio ma non la forma d'onda. Le tensioni concatenate non cambiano

Invertitore trifase di tensione a PWM Modulazione di terza armonica della V_0 di centro stella

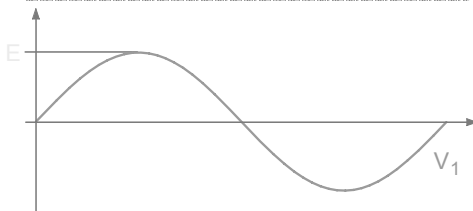


Invertitore trifase di tensione a PWM Modulazione di terza armonica della V_0 di centro stella

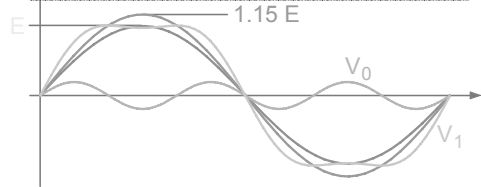


Sommando una tensione V_0 variabile nel tempo, la forma d'onda delle tensioni di fase cambia, ma le tensioni concatenate rimangono invariate

La massima ampiezza della forma d'onda da generare è limitata al valore E della tensione di alimentazione

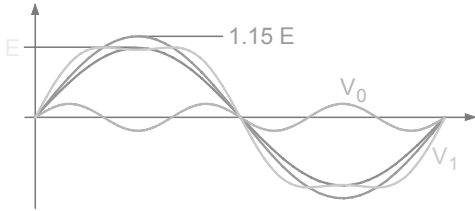


A pari valore massimo, sommando una opportuna tensione V_0 sinusoidale di terza armonica, si può aumentare la componente fondamentale della tensione di fase del 15%

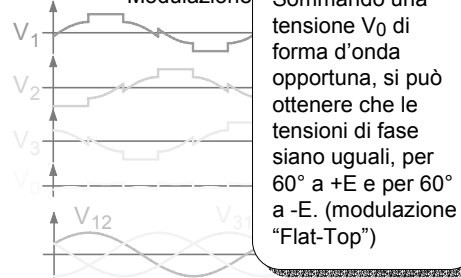


Invertitore trifase di tensione a PWM

Modulazione di terza armonica della tensione V_0 di centro stella

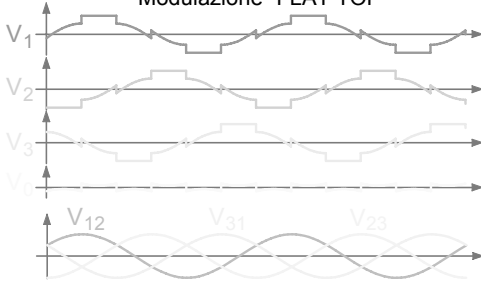


Invertitore trifase di tensione a PWM Modulazione

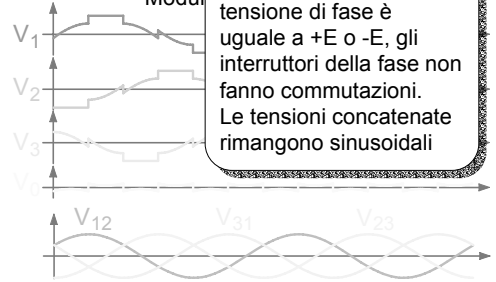


Sommando una tensione V_0 di forma d'onda opportuna, si può ottenere che le tensioni di fase siano uguali, per 60° a $+E$ e per 60° a $-E$. (modulazione "Flat-Top")

Invertitore trifase di tensione a PWM Modulazione "FLAT TOP"

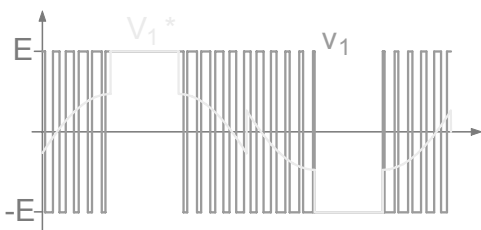


Invertitore trifase di tensione a PWM Modulazione



Negli intervalli in cui la tensione di fase è uguale a $+E$ o $-E$, gli interruptori della fase non fanno commutazioni. Le tensioni concatenate rimangono sinusoidali

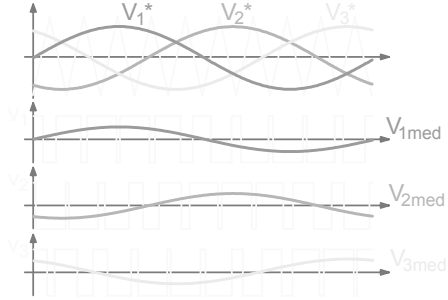
Invertitore trifase di tensione a PWM Modulazione "FLAT TOP"



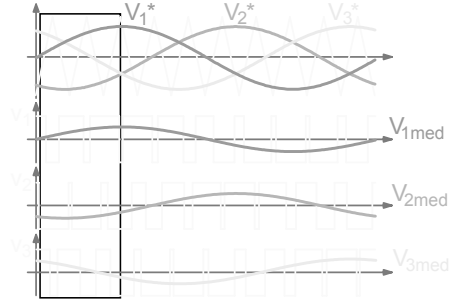
Tecniche di modulazione degli invertitori trifase

Si considera ora l'andamento istantaneo delle tensioni di fase e concatenate prodotto dalla modulazione PWM

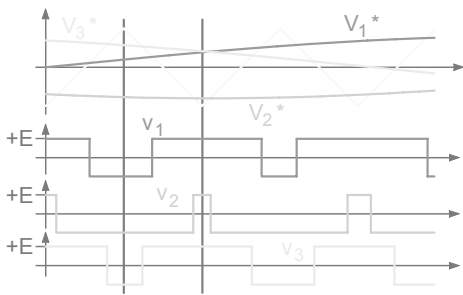
Invertitore trifase di tensione a PWM



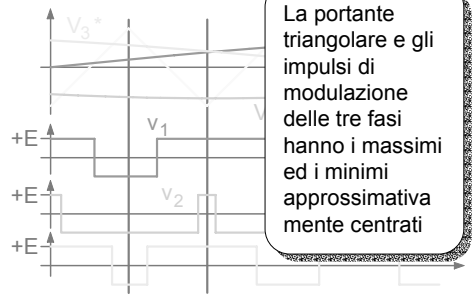
Invertitore trifase di tensione a PWM



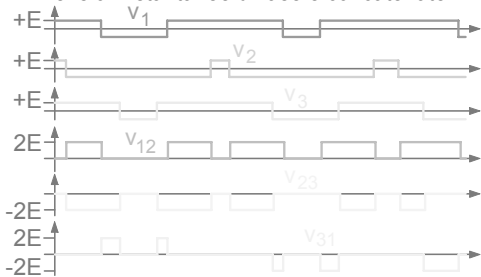
Modulazione PWM seno-triangolo



Modulazione PWM seno-triangolo



Modulazione PWM seno-triangolo
Tensioni istantanee di fase e concatenate

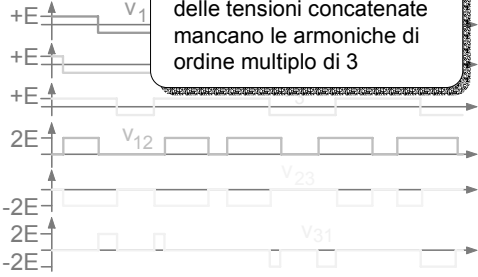


Modulazione PWM seno-triangolo
Tensioni istantanee di fase e concatenate

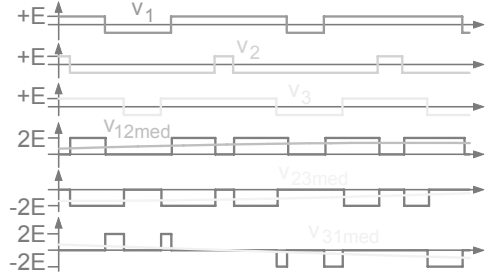


Modulazione Tensioni ist

Nell'andamento istantaneo delle tensioni concatenate mancano le armoniche di ordine multiplo di 3

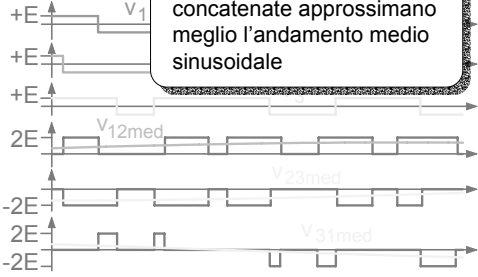


Modulazione PWM seno-triangolo Tensioni istantee di fase e concatenate

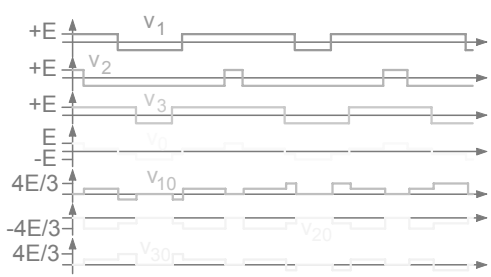


Modulazione Tensioni ist

I tre livelli delle tensioni concatenate approssimano meglio l'andamento medio sinusoidale



Modulazione PWM seno-triangolo Tensioni istantee stellate



Modulazione Te

Si definisce "tensione di centro stella" del convertitore la media istantanea v_0 delle tensioni di fase v_1, v_2, v_3



Modulazione Tensioni

L'andamento della tensione di centro stella v_0 è a quattro livelli



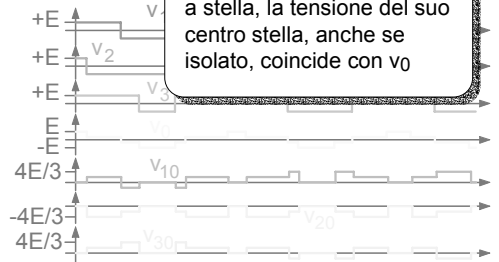
Modulazione Tensioni

Un carico senza
connessione di centro
stella è sensibile solo
alle tensioni concatenate



Modulazione Tens

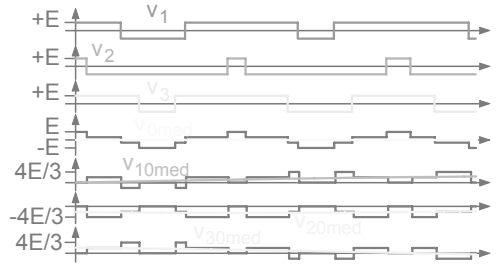
Se il carico è equilibrato ed
a stella, la tensione del suo
centro stella, anche se
isolato, coincide con v_0



Le tensioni di fase del carico v_{10} , v_{20} , v_{30} , misurate rispetto al centro stella, sono a cinque livelli e mancano delle componenti armoniche di ordine multiplo di tre



Modulazione PWM seno-triangolo Tensioni medie stellate



L'andamento medio sinusoidale delle tensioni di fase del carico è ben approssimato dall'andamento istantaneo a cinque livelli



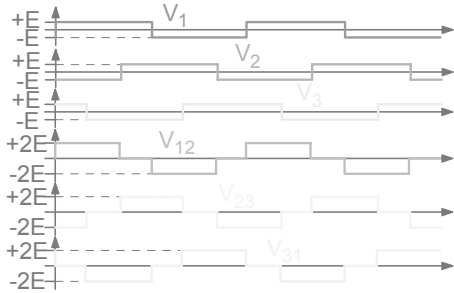
Modulazione ad onda quadra

Con la modulazione simmetrica ad

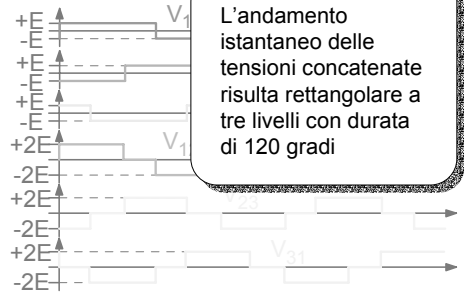
onda quadra

le tensioni di fase dell'invertitore hanno andamento rettangolare a due livelli $\pm E$ con durata di 180°

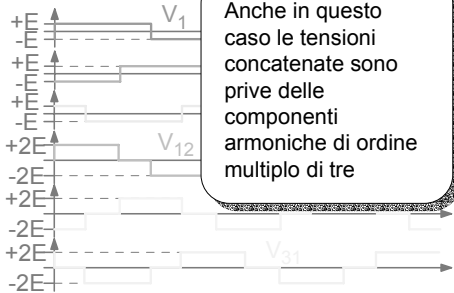
Modulazione ad onda quadra



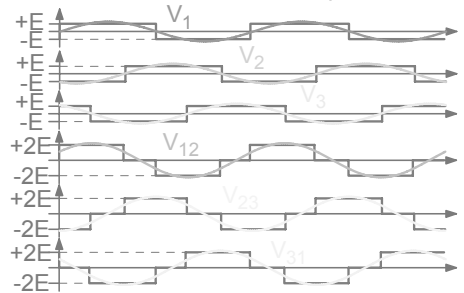
Modulazione



Modulazione



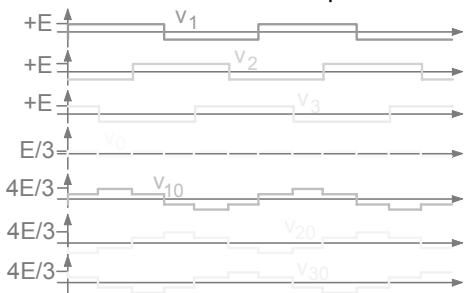
Modulazione ad onda quadra



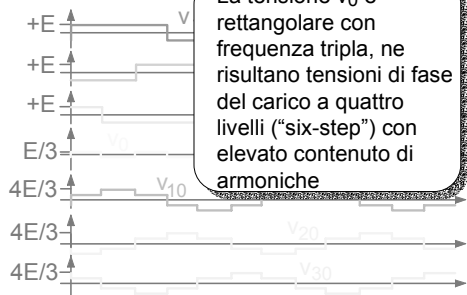
Modulazione



Modulazione ad onda quadra



Modulazione



Modulazione ad onda quadra

