

Welcome to the real world!

Chapitre 3

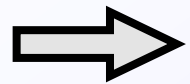
Welcome to the real world!

Introduction

- ▶ "L'électronique, c'est du hardware"
- ▶ dans la réalité, rien n'est parfait...
 - ◆ les composants
 - ◆ les signaux
 - ◆ les alimentations
- ▶ ...mais on va devoir s'en contenter!
 - ◆ importance de connaître les "imperfections"

Welcome to the real world!

PLAN



- ▶ Signaux analogiques
 - ◆ perturbations et imperfections
 - ◆ rapport signal/bruit
 - ◆ bruit
 - ◆ dipôles parasites
 - ◆ couplages
- ▶ Résistances
- ▶ Condensateurs
- ▶ Autres composants
- ▶ ...

Signaux analogiques

pas si idéaux!

- ▶ forme des perturbations
 - ◆ bruit
 - variation aléatoire du signal autour de sa moyenne
 - ◆ décalage / offset
 - ◆ pics
 - ◆ oscillations
 - ◆ réflexions
 - ◆ etc
- ▶ valable pour
 - ◆ lignes de signal
 - ◆ conducteurs d'alimentation et de masse

Signaux analogiques

pas si idéaux!

- ▶ origine des perturbations
 - ◆ imperfections des composants
- ▶ 3 types d'imperfections
 - ◆ sources de bruit
 - ◆ dipôles parasites
 - ◆ couplages parasites
- ▶ exemple: un bout de fil
 - ◆ génère du bruit
 - bruit thermique typique des métaux
 - ◆ comportement inductif en HF
 - ◆ couplage inductif et capacitif avec autres conducteurs

Signaux analogiques

caractérisation des perturbations

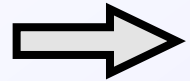
- ▶ rapport signal/bruit
 - ◆ = "signal-to-noise ratio"

$$SNR = 20 \text{ Log } \frac{V_{eff} (\text{signal utile} + \text{perturbations})}{V_{eff} (\text{perturbations})}$$

- ◆ en dB!
- ◆ le plus élevé possible

Welcome to the real world!

PLAN



- ▶ Signaux analogiques
 - ◆ perturbations et imperfections
 - ◆ rapport signal/bruit
 - ◆ bruit
 - ◆ dipôles parasites
 - ◆ couplages
- ▶ Résistances
- ▶ Condensateurs
- ▶ Autres composants
- ▶ ...

Signaux analogiques

bruit

- ▶ exemple
 - ◆ bruit thermique
- ▶ propriétés du bruit
 - ◆ variation **aléatoire** du signal
 - ◆ origine **interne** au composant
 - processus physique fondamental
- ▶ conséquence: "plancher" fondamental
 - ◆ ne peut être totalement éliminé
 - ◆ fixe une limite stricte à la précision de l'information
- ▶ parades?
 - ◆ approcher / déplacer le plancher

Signaux analogiques

dipôles parasites

- ▶ définition
 - ◆ phénomènes physiques non désirés mais inévitables
 - "effets secondaires"
 - modélisables sous forme d'un dipôle électrique
- ▶ exemples
 - ◆ L n'existe pas sans R
 - ◆ R n'existe pas sans L
 - limite les performances des PC!
 - ◆ C n'existe pas sans R

Signaux analogiques

dipôles parasites

- ▶ conséquences
 - ◆ limitation de vitesse
 - cfr réponse d'un circuit RC ou RL à un échelon (ch. 2)
 - variation d'énergie dans les composants réactifs
 - ◆ oscillations parasites
 - $L + C$ = circuit résonant
 - ◆ chutes de tension
 - résistive $R.I$
 - inductive $L.di/dt$
- ▶ parades
 - ◆ réduction par construction
 - ◆ compensation par d'autres éléments

Signaux analogiques

couplages

- ▶ définition
 - ◆ = "parasites"
 - ◆ pollution du signal utile par un signal extérieur
 - ◆ 3 éléments
 - source + couplage + cible
- ▶ propriétés
 - ◆ caractère non forcément aléatoire
 - ◆ origine externe au composant/montage

Signaux analogiques

couplages

- ▶ types de couplages
 - ◆ galvanique
 - par un conducteur commun
 - ◆ inductif
 - par un champ magnétique
 - = f.e.m. induite (loi de Lenz)
 - ◆ capacitif / électrostatique
 - par un champ électrique
 - ◆ radiatif
 - par une onde électromagnétique
- ▶ exemples

Signaux analogiques

Conclusion

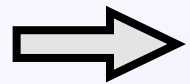
- ◆ monde réel beaucoup plus complexe que "schéma"
- ◆ parfois contraint d'approfondir le modèle pour tenir compte d'effets du second ordre
- ◆ tenir compte du second ordre, c'est faire de la **compatibilité électromagnétique (CEM)**
 - problèmes de câblage
 - blindages
 - routage des masses et des alimentations
 - etc
- ◆ devenu crucial vu la multiplication des équipements

Welcome to the real world

PLAN

▶ Signaux analogiques

▶ Résistances



- ◆ résistances ordinaires
- ◆ résistances de puissance
- ◆ ajustables et potentiomètres
- ◆ autres types de résistance

▶ Condensateurs

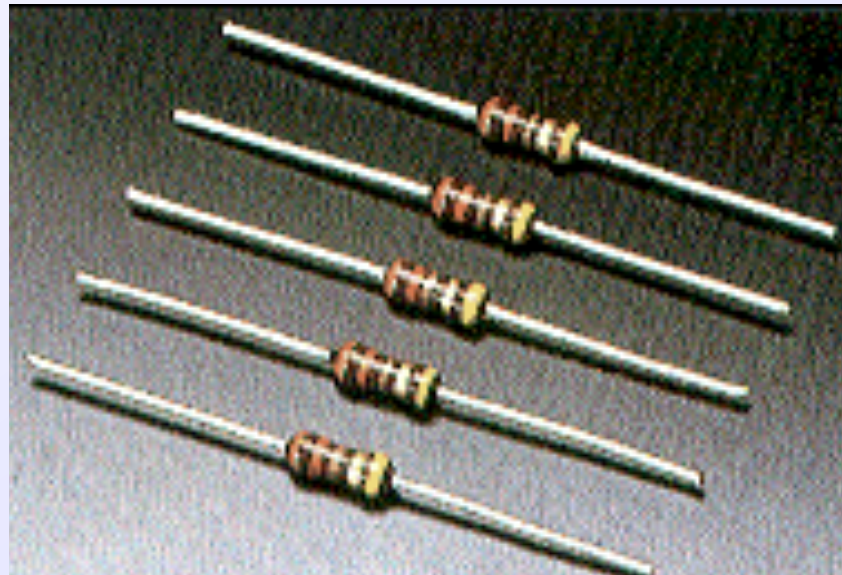
▶ Autres composants

▶ Circuits imprimés

▶ Types de composants

Résistances ordinaires

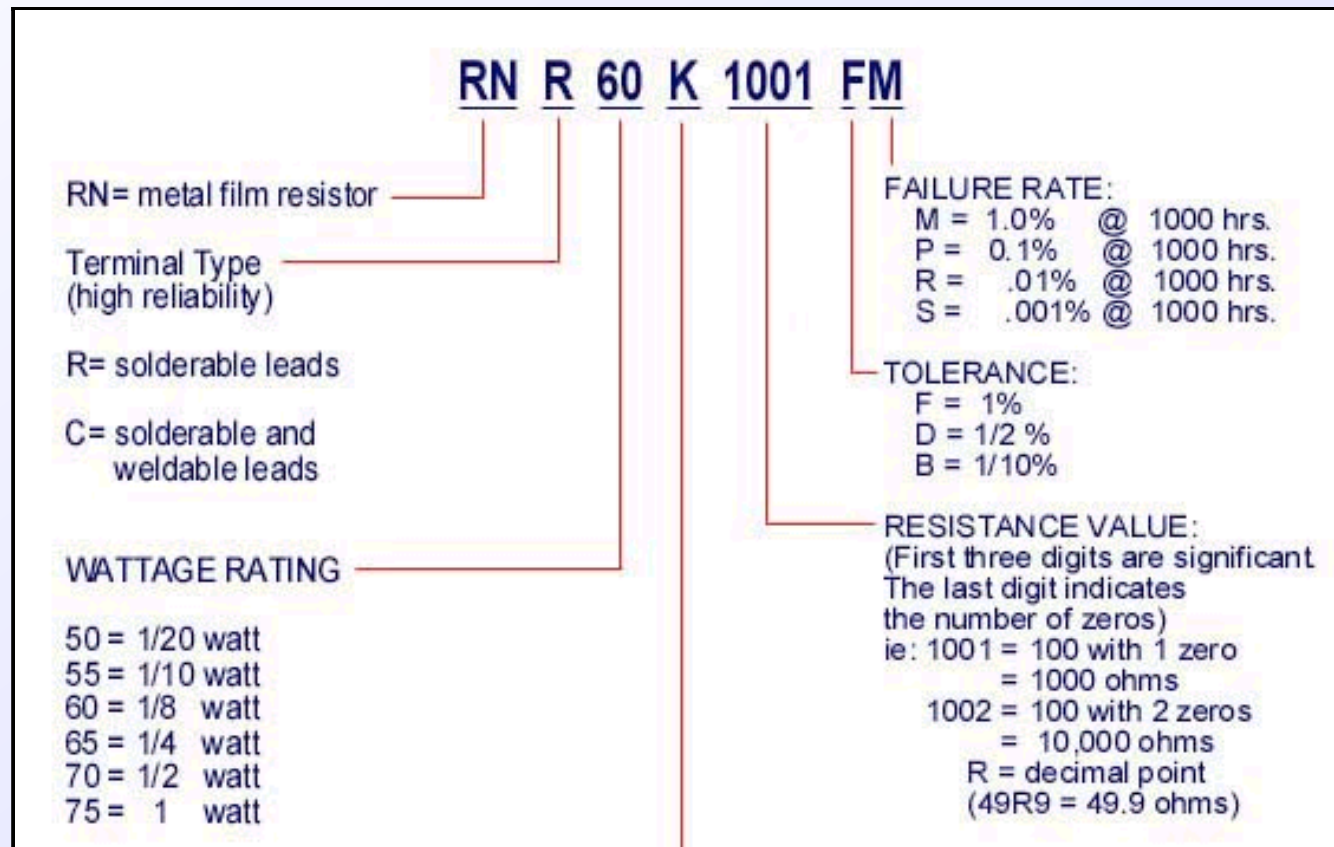
- ▶ procédés de fabrication
 - ◆ résistances à fil bobiné
 - ◆ résistances au carbone
 - mélange graphite + argile



Résistances ordinaires

Propriétés d'une résistance réelle

- pas que la valeur ohmique (R)!



Résistances ordinaires

Propriétés d'une résistance réelle

- ▶ 1) fonction
 - ◆ loi idéale: loi d'Ohm $V=RI$
- ▶ 2) limites d'utilisation
 - ◆ limite de **puissance**
 - ordinaires: 1 à 2W
 - ◆ limite de **température**
 - gamme commerciale: 0 à 70°C
 - gamme militaire: -55°C à +125°C
 - ◆ limite de **tension**
 - tension de service max: 350V
 - ◆ au-delà: imprécision / altération / destruction

Résistances ordinaires

Propriétés d'une résistance réelle

- ▶ 3) écarts par rapport à la loi idéale
 - ◆ **tolérance** (=précision) sur R
 - typiquement 5%
 - ◆ **coefficient de température**
 - $R = \text{fct}(T^\circ)$
 - en ppm/°C ou %/°C
 - ◆ **bruit thermique**
- ▶ 4) divers
 - ◆ forme, dimensions, durée de vie (MTBF), prix, etc
- ▶ **procédé de fabrication**
 - ◆ influence toutes les autres propriétés

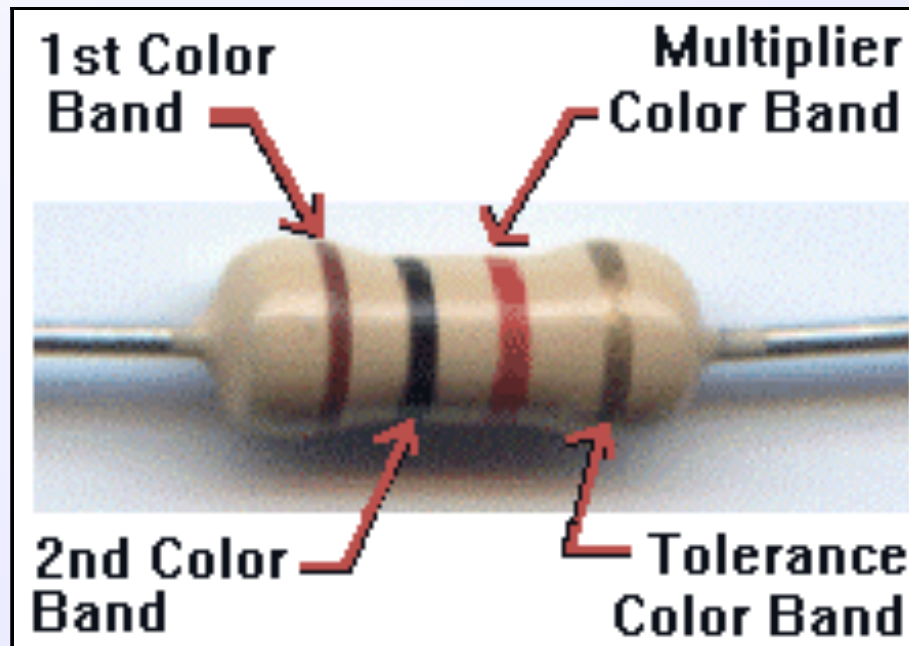
Résistances ordinaires

valeurs disponibles

- ▶ organisées en "séries"
 - ◆ valeurs en progression géométrique
 - ◆ série "En" = n valeurs par décade
 - ◆ E3 = 1, 2.2, 4.7, 10
 - entre 47Ω et $10M\Omega$
 - ◆ E6 = 1, 1.5, 2.2, 3.3, 4.7, 6.8, 10
 - ◆ E12 = ...
- ▶ valeurs quelconques
 - ◆ par mise en série et en parallèle

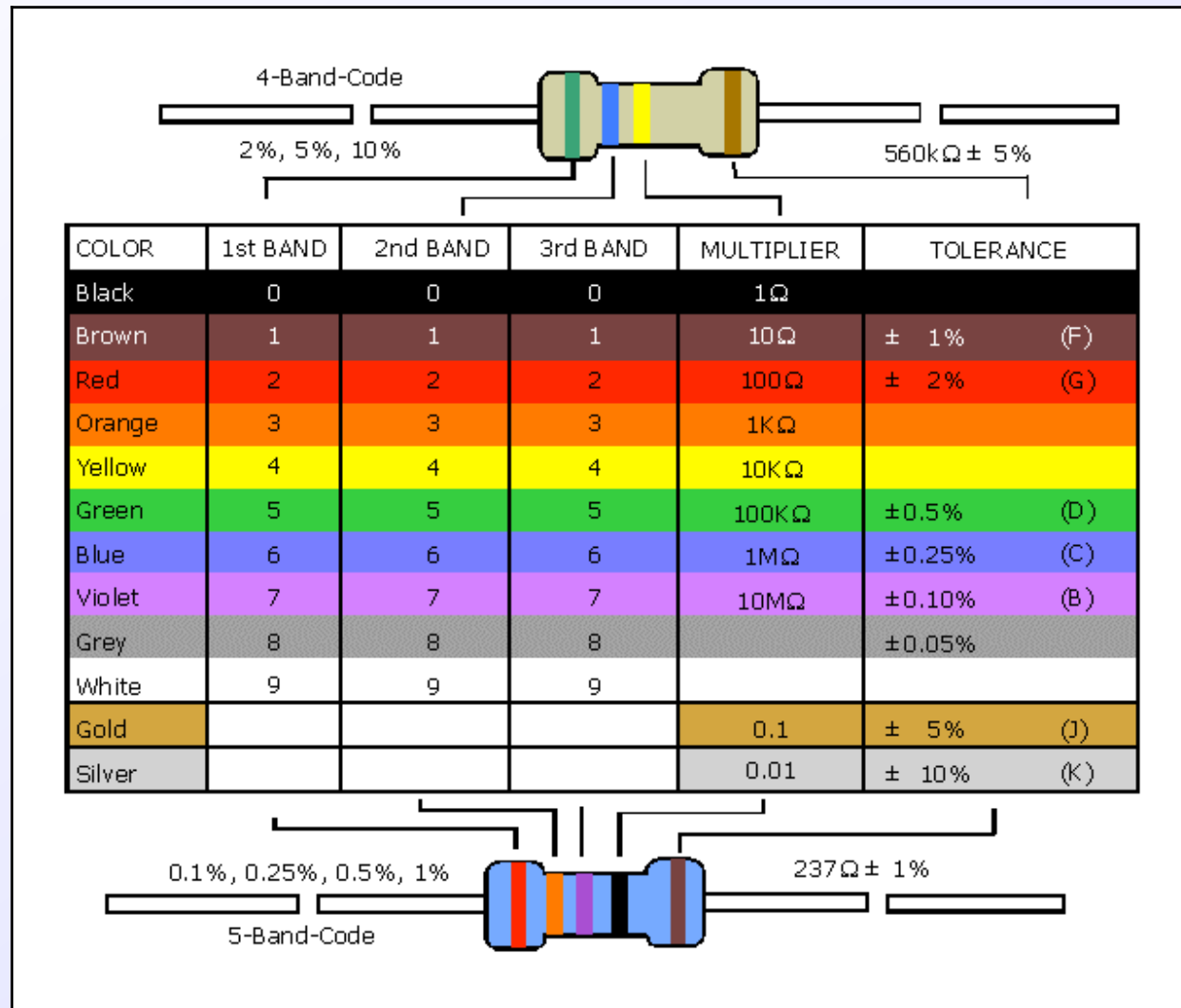
Résistances ordinaires

marquage



Résistances ordinaires

marquage



Résistances ordinaires

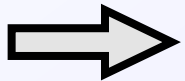
utilisations d'une résistance

- ▶ $V=RI$: que peut-on en faire?
- ▶ une seule résistance
 - ◆ conversion tension $\leftrightarrow$ courant
 - ◆ limitation de courant
 - ◆ "découpler" des noeuds
 - permettre que deux noeuds, quoique reliés, soient à des potentiels différents
 - ◆ fixer le potentiel par défaut d'un noeud
 - résistances de pull-up et de pull-down
- ▶ plusieurs résistances
 - ◆ calcul analogique simple
 - diviseur de tension
 - sommateur

Welcome to the real world

PLAN

- ▶ Signaux analogiques
- ▶ Résistances
 - ◆ résistances ordinaires
 - ◆ résistances de puissance
 - ◆ ajustables et potentiomètres
 - ◆ autres types de résistance
- ▶ Condensateurs
- ▶ Autres composants
- ▶ Circuits imprimés
- ▶ Types de composants



Résistances de puissance

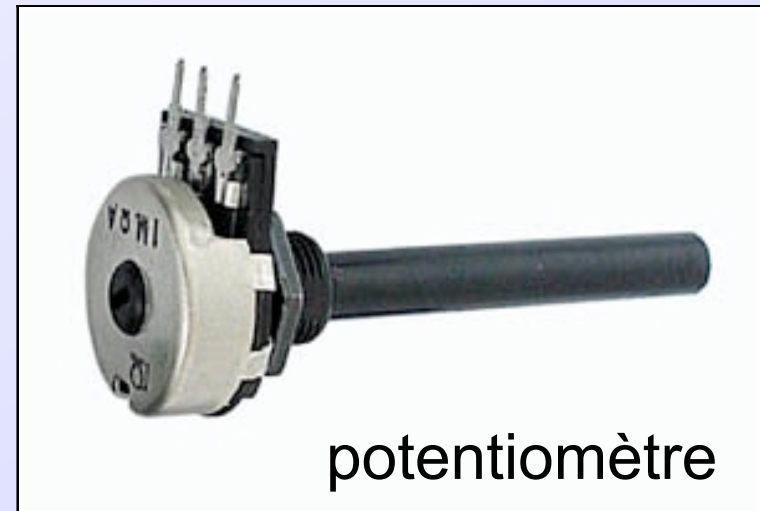
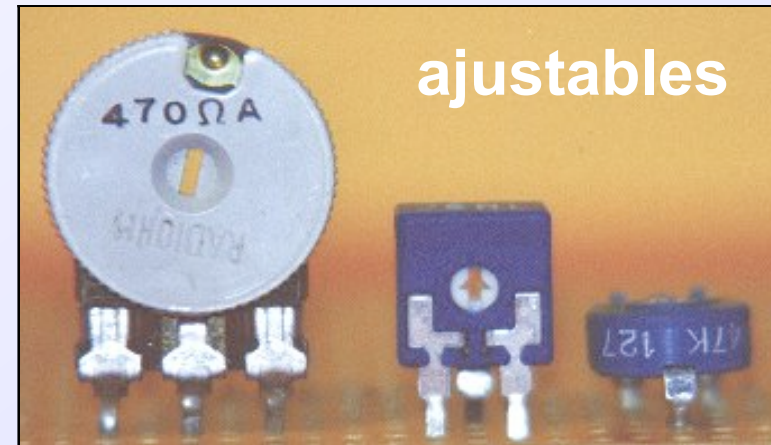
exemples



Ajustables et potentiomètres

= résistances variables

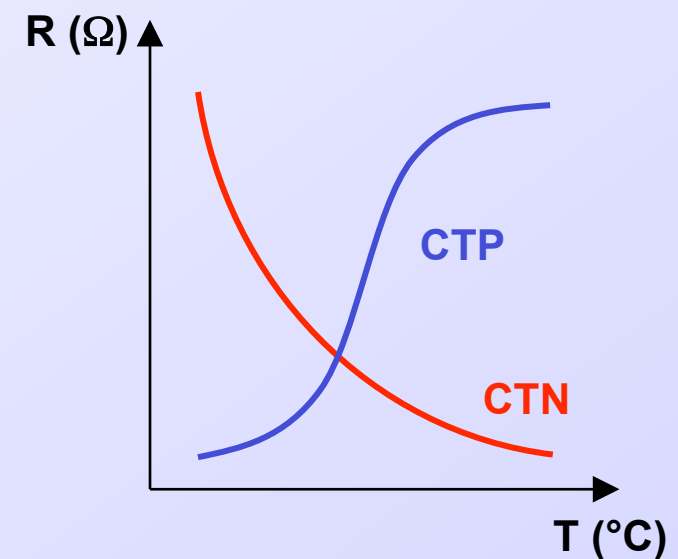
- ▶ principe
 - ◆ $R = fct(\text{position})$
 - ◆ 3 bornes
 - ◆ loi de variation
- ▶ ajustables
 - ◆ par tournevis
 - ◆ valeurs à modifier rarement
 - ex: calibration
- ▶ potentiomètres
 - ◆ manuellement
 - ◆ interface homme/machine



Autres types de résistances

thermistance

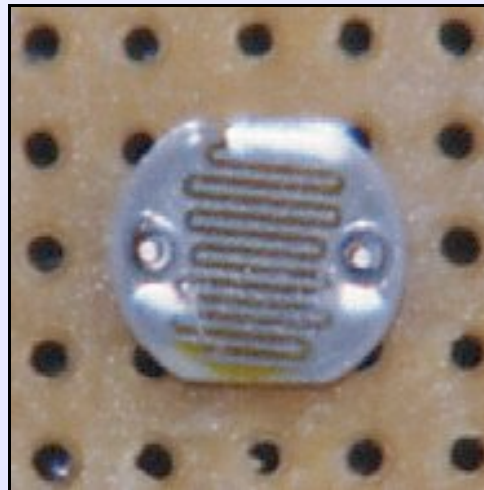
- ▶ thermistance
 - ◆ $R = f(T^\circ)$
 - ◆ fortement non linéaire
 - ◆ matériau semiconducteur ($><$ métal)
- ▶ thermistance CTN
 - ◆ capteur T° faible précision
- ▶ thermistance CTP
 - ◆ protection



Autres types de résistances

photorésistance

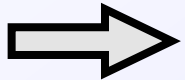
- ▶ photorésistance
 - ◆ LDR = light dependent resistor
 - ◆ $R = fct(\text{éclairement})$
 - ◆ capteur



Welcome to the real world

PLAN

- ▶ Signaux analogiques
- ▶ Résistances
- ▶ Condensateurs
 - ◆ 2 types de condensateurs
 - ◆ condensateurs non polarisés
 - ◆ condensateurs polarisés
 - ◆ utilisations des condensateurs
 - ◆ autres types de condensateurs
- ▶ Autres composants
- ▶ ...



Condensateurs

Introduction

- ▶ vocabulaire
 - ◆ fonction ($Q=CV$): capacité
 - ◆ composant réel: condensateur
- ▶ plus de 20 types de condensateurs!
 - ◆ toujours armatures + diélectrique
- ▶ 2 familles de condensateurs
 - ◆ polarisés
 - ◆ non polarisés

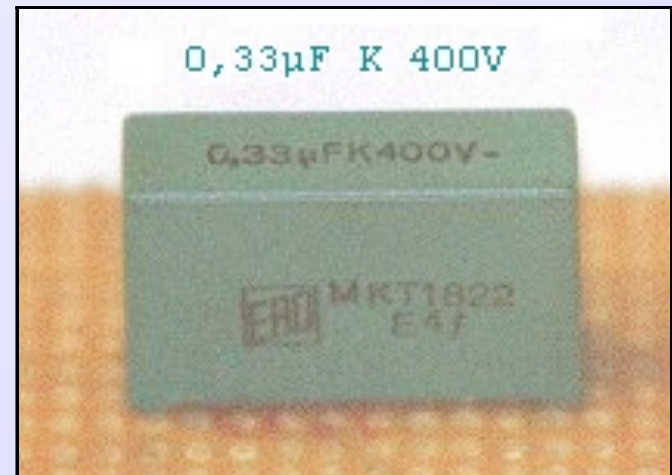
Condensateurs

Condensateurs non polarisés

- ▶ caractéristiques
 - ◆ pas de "sens" électrique
 - ◆ condensateurs de "faible" valeur
 - quelques pF à quelques μF
- ▶ principaux types =>
- ▶ propriétés
 - ◆ capacité C
 - ◆ tension de service
 - 50V à 400V
 - ◆ précision
 - au mieux 10%



condensateur céramique

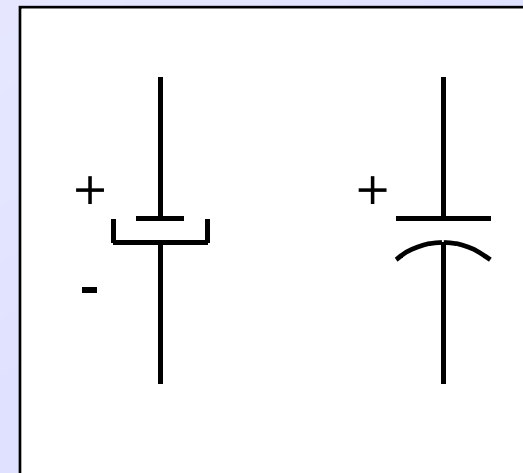
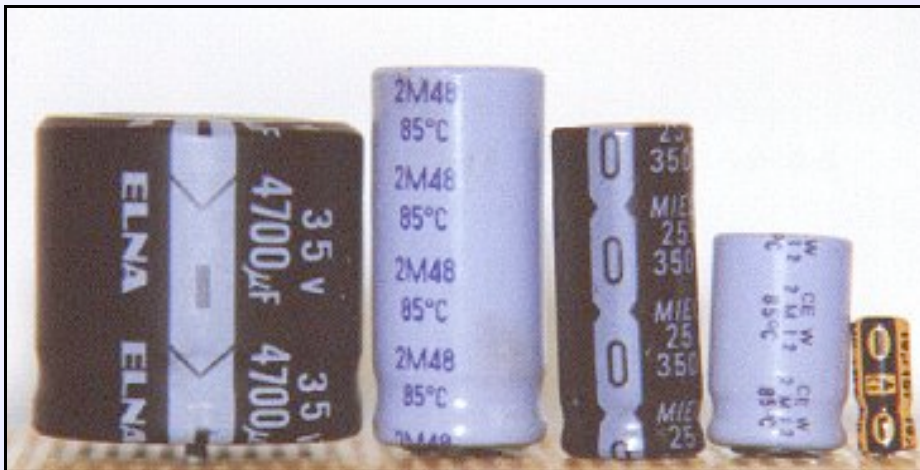


condensateur à film plastique

Condensateurs

Condensateurs polarisés

- ▶ possèdent un sens électrique
 - ◆ suppose une tension DC (+ faible composante AC)
 - "bague" pour discerner le sens
 - symbole spécifique
 - ◆ 💣 danger d'explosion si monté à l'envers 💣



Condensateurs

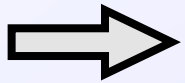
Condensateurs polarisés

- ▶ autres propriétés
 - ◆ condensateurs de valeur élevée
 - $1\mu\text{F}$ à qqes mF
 - stocke une énergie importante
 - ◆ précision médiocre
 - au mieux 20%
 - ◆ encombrement
 - à ne pas négliger!
- ▶ principaux types
 - ◆ condensateurs électrochimiques (aluminium)
 - ◆ condensateurs au tantale

Welcome to the real world

PLAN

- ▶ Signaux analogiques
- ▶ Résistances
- ▶ Condensateurs
 - ◆ 2 types de condensateurs
 - ◆ condensateurs non polarisés
 - ◆ condensateurs polarisés
 - ◆ utilisations des condensateurs
 - ◆ autres types de condensateurs
- ▶ Autres composants
- ▶ ...



Condensateurs

Utilisation des condensateurs

► rappel

- ◆ impédance variable en fonction de la fréquence
 - "infinie" en continu / faible à haute fréquence
- ◆ => peut "séparer" le continu de l'alternatif

► utilisations

- ◆ condensateur de liaison
 - entre deux étages d'un montage: laisse passer l'alternatif (signal) mais bloque le continu (polarisation)
- ◆ condensateur de découplage
 - "court-circuite" un élément de polarisation en HF
- ◆ filtrage
- ◆ réserve d'énergie
- ◆ conversion Q -> I

Condensateurs

Utilisation des condensateurs

- ▶ exemple des circuits digitaux
 - ◆ longues pistes en HF = inductances
 - ◆ => chutes de tension inductives (pics)
 - à cause des commutations
 - ◆ => condensateurs pour absorber les pics
- ▶ utilisation des 2 types de condensateurs
 - ◆ non polarisés
 - bon comportement HF mais peu d'énergie
 - => réserve locale près des circuits
 - ◆ polarisés
 - mauvais comportement HF mais beaucoup d'énergie
 - à l'entrée du montage pour compenser des variations lentes mais importantes

Condensateurs

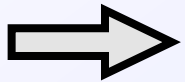
Autres types de condensateurs

- ▶ condensateurs variables
- ▶ "supercapacités"
 - ◆ de l'ordre du farad (!)
 - ◆ applications spécifiques

Welcome to the real world

PLAN

- ▶ Signaux analogiques
- ▶ Résistances
- ▶ Condensateurs
- ▶ Autres composants
 - ◆ relais
- ▶ Circuits imprimés
- ▶ Types de composants



Relais

- ▶ principe
 - ◆ interrupteur commandable électriquement
 - une des 2 fonctions d'un transistor
 - ◆ basé sur un électroaimant
 - interrupteur mécanique => lent
 - isolation galvanique
- ▶ applications
 - ◆ interface entre niveaux de puissance différents
 - pour commander une grosse puissance au moyen d'une petite puissance
 - ◆ ex: anciens centraux téléphoniques





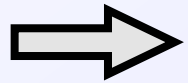
12 VOLTS DC. NEGATIVE GROUND



Welcome to the real world

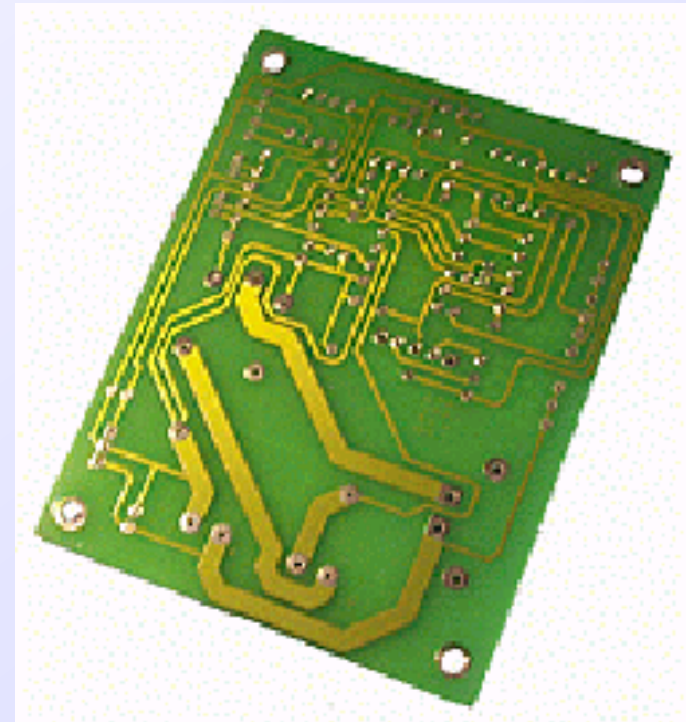
PLAN

- ▶ Signaux analogiques
- ▶ Résistances
- ▶ Condensateurs
- ▶ Autres composants
- ▶ Circuits imprimés
- ▶ Types de composants



Circuit imprimé

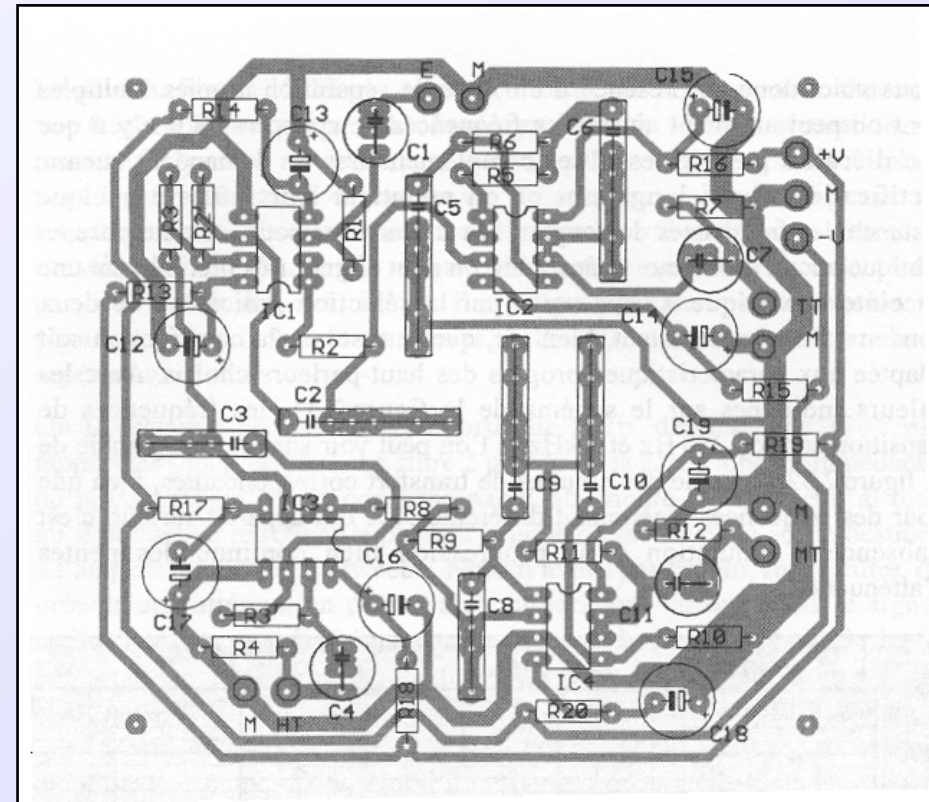
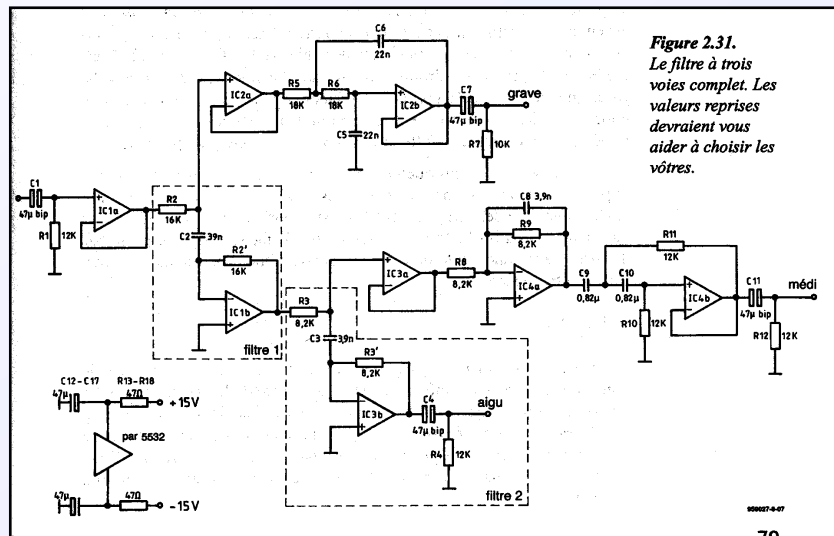
- ▶ circuit imprimé ou "print"
 - ◆ PCB = printed circuit board
 - ◆ $\gg$ circuit intégré
- ▶ principe
 - ◆ substrat isolant
 - diélectrique: "epoxy" ou "FR4"
 - ◆ couches conductrices
 - dessin par gravure chimique
- ▶ PCB simple
 - ◆ une couche
 - ◆ deux couches



Circuit imprimé

du schéma au PCB

- ▶ routage par logiciels spécialisés



Circuit imprimé

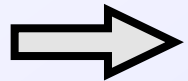
évolution actuelle

- ▶ circuits digitaux (PC)
 - ◆ de plus en plus rapides
 - ◆ de plus en plus complexes
- ▶ problème de routage
 - ◆ recours aux PCB multicouches
- ▶ problèmes de CEM
 - ◆ routage des pistes d'alimentation et de masse
 - ◆ couplages entre lignes de signal
 - ◆ réflexion des signaux digitaux
- ▶ => réservé aux spécialistes

Welcome to the real world

PLAN

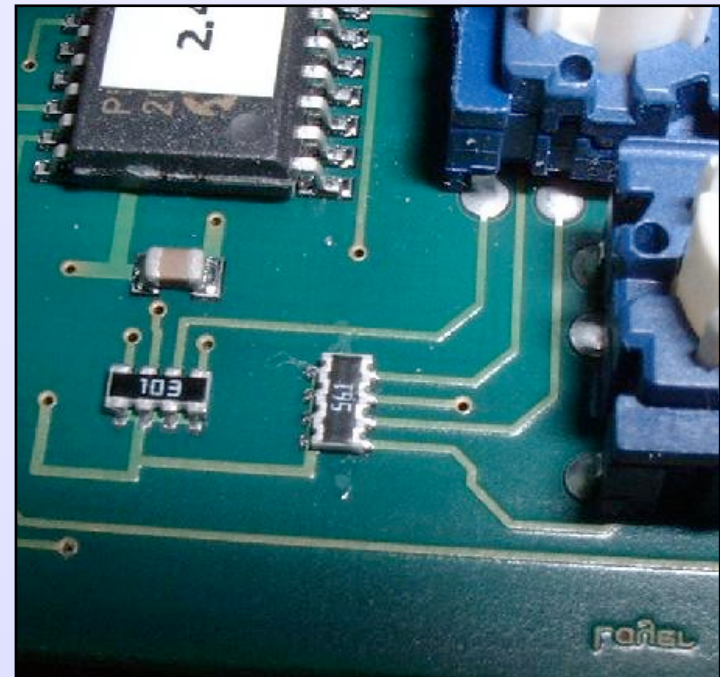
- ▶ Signaux analogiques
- ▶ Résistances
- ▶ Condensateurs
- ▶ Autres composants
- ▶ Circuits imprimés
- ▶ Types de composants



Types de composants

composants classiques >< SMD

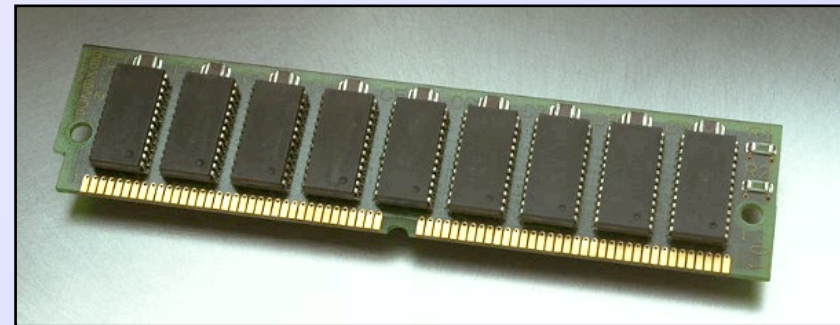
- ▶ composants classiques
 - ◆ traversent le substrat
 - ◆ soudure du côté opposé au composant
- ▶ composants à montage de surface
 - ◆ SMD = surface mount device
 - collage et soudure du même côté du PCB
 - ◆ composants très miniaturisés
 - pas de marquage
 - bonjour les réparations!



Types de composants

composants discrets >< intégrés

- ▶ composant discret
 - ◆ réalise une fonction élémentaire unique
 - R, L, C
 - diode
 - transistor
- ▶ composant intégré
 - ◆ comporte une "puce"
 - de 4 à >100 pattes
 - de 10 à >10⁶ transistors
 - ◆ fonction +/- complexe
 - amplificateur intégré
 - microprocesseur
 - etc



Types de composants

détail d'un composant intégré (puce)

