

Terminal GSM

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Les différentes parties sont indépendantes. Il est conseillé de lire l'ensemble du sujet avant de commencer l'épreuve.

Les questions traitées devront être soigneusement numérotées et les documents-réponses fournis devront être complétés selon les indications de l'énoncé.

Le système, représenté sur la figure 1, est constitué de cinq fonctions :

- L'unité de gestion de l'énergie
- Les traitements en bande de base
- Les traitements en bande transposée (radiofréquences)
- La relation Homme-Machine
- La chaîne des traitements audio

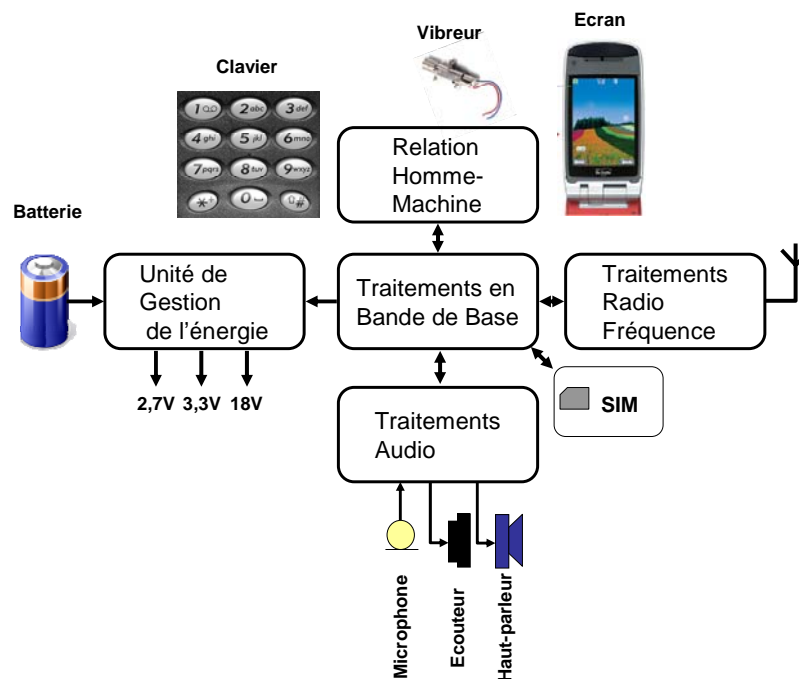


Figure 1. Fonctions principales d'un terminal GSM

1. Unité de gestion de l'énergie

Cette unité est constituée d'un circuit intégré PMU (Power Management Unit) qui est contrôlé par l'unité de traitement en bande de base. En fonction des besoins, le PMU est constitué par quatre types de convertisseur Continu-Continu. Nous en étudierons trois : le régulateur de tension asservi, le montage « boost » et le montage « buck-boost ».

La batterie délivre une tension continue V_{BAT} qui varie lentement dans le temps de 4,6 V à 3,1 V.

1.1 Régulateur de tension asservi :

Dans le cas où la tension d'entrée est inférieure à la tension de la batterie et que le courant de charge est inférieur à 100 mA, des régulateurs de tension asservis sont utilisés.

Pour l'alimentation des convertisseurs audio, une tension $V_{AUD} = 2,7$ V est nécessaire.

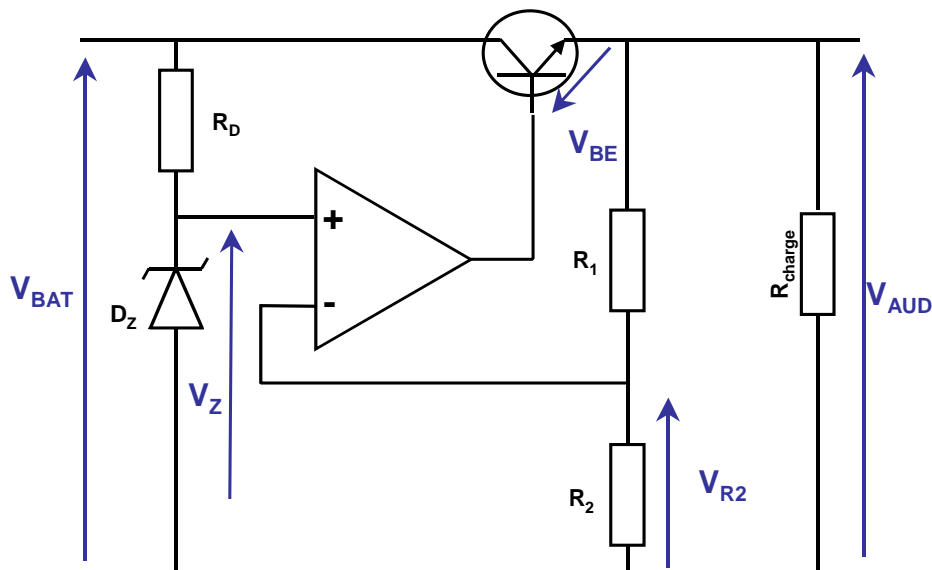


Figure 2. Schéma du régulateur de tension

Sur la figure ci-dessus, l'asservissement de la tension de sortie est assuré par l'amplificateur opérationnel (A.O.) ainsi que le pont diviseur de tension constitué des deux résistances R_1 et R_2 . Ce genre de montage offre d'excellentes performances car il est très peu sensible aux variations de la charge ainsi qu'aux variations de V_{BAT} .

On prend $V_{BE} = 0,6$ V et $3,1$ V $< V_{BAT} < 4,6$ V

- 1.1.1 Tracer la caractéristique de la diode Zener parfaite. Vous préciserez la convention de courant et de tension utilisée sur le document-réponse n°1.
- 1.1.2 Déterminer les valeurs numériques de R_1 et R_2 pour que le courant circulant dans R_1 soit égal à 1 mA avec $V_{R2} = 2$ V.
- 1.1.3 Choisir dans la documentation jointe une diode Zener, en considérant ces valeurs.
- 1.1.4 Déterminer, à l'aide de la documentation, la valeur nominale du courant I_Z traversant la diode Zener.
- 1.1.5 Déterminer la valeur de R_D permettant d'obtenir le courant nominal lorsque $V_{BAT} = 3,1$ V.
- 1.1.6 Sur le document-réponse n°2, tracer la caractéristique de la diode Zener choisie en faisant apparaître sa résistance dynamique R_{dyn} . Vous préciserez la convention de courant et de tension utilisée.

1.2 : Montage « Boost »

Ce montage, aussi appelé hacheur parallèle, est utilisé lorsque la tension de sortie est toujours supérieure à la tension d'entrée. L'alimentation de l'afficheur nécessite une tension $V_{SCR} = 18 \text{ V}$.

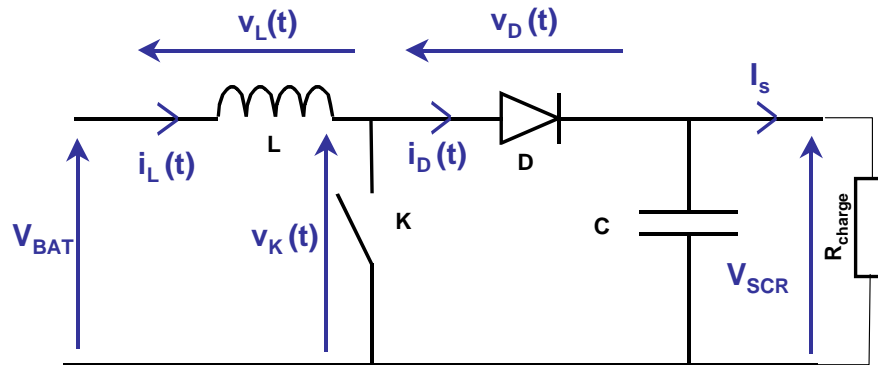


Figure 3. Schéma du hacheur parallèle

L'interrupteur K est réalisé avec un transistor MOS de puissance, de faible résistance notée $R_{\text{fermé}}$. Il est commandé par un signal rectangulaire périodique de période T et de rapport cyclique α . K est fermé pendant $\alpha.T$ et ouvert pendant $(1-\alpha).T$, au cours de chaque période.

Les hypothèses suivantes sont admises :

- Le courant $i_L(t)$ ne s'annule jamais.
- Le condensateur C a une capacité assez grande pour que, l'équilibre étant atteint, la tension à ses bornes soit considérée constante.
- La tension de seuil de la diode est négligée.
- La tension V_{BAT} est considérée constante et égale à 3,6 V.

- 1.2.1. Sur le document-réponse n°3, tracer les caractéristiques de la diode parfaite. Vous préciserez la convention de courant et de tension utilisée
- 1.2.2. Sur le document-réponse n°4, représenter $v_K(t)$ et $v_L(t)$, pour $\alpha = 0,3$.
- 1.2.3. Déterminer l'expression de $V_{L\text{moy}}$, la valeur moyenne du signal périodique $v_L(t)$ en fonction de α , V_{BAT} et V_{SCR} .
- 1.2.4. Lorsqu'une inductance est traversée par un courant périodique, quelle valeur prend la tension moyenne à ses bornes ?
- 1.2.5. En déduire l'expression de V_{SCR} en fonction de α et V_{BAT} .
- 1.2.6. Quel rapport cyclique α permet d'alimenter correctement l'afficheur ?
- 1.2.7. Donner les équations différentielles qui permettent de calculer le courant $i_L(t)$ entre 0 et $\alpha.T$ et entre $\alpha.T$ et T, en fonction de V_{BAT} et V_{SCR} .
- 1.2.8. Sur le document-réponse n°5, tracer les allures des courants $i_L(t)$ et $i_D(t)$, pour $\alpha = 0,3$. On notera $I_{L\text{MIN}}$, $I_{L\text{MAX}}$, $I_{D\text{MIN}}$ et $I_{D\text{MAX}}$ leurs extréma.

1.3 : Montage « Buck-Boost »

L'alimentation des interfaces comme la carte SIM nécessite une tension égale à 3,3 V. Le montage "Buck-boost" peut apporter une solution dans les cas où la tension de sortie peut aussi prendre des valeurs inférieures à la tension d'entrée. Aussi connu sous le nom de hacheur inductif, il est représenté sur la figure 4.

Nous considérerons les mêmes hypothèses qu'à la section 1.2.

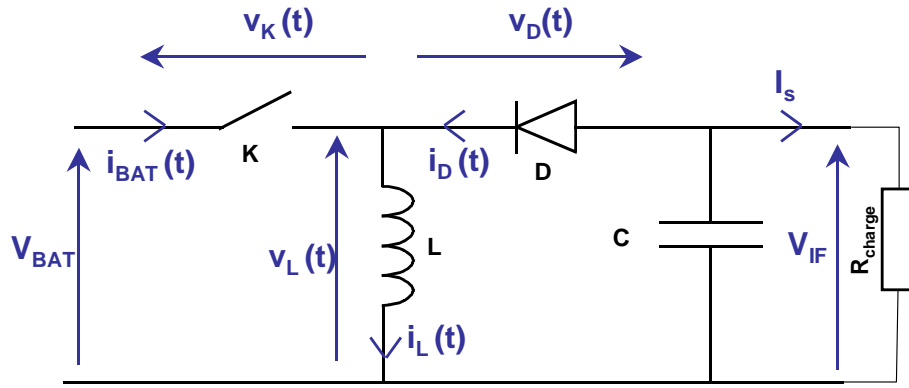


Figure 4. Schéma du hacheur inductif

- 1.3.1. Sur le document-réponse n°6, tracer l'allure de $v_L(t)$, pour $\alpha = 0,3$.
- 1.3.2. Calculer la valeur moyenne de $v_L(t)$, notée $V_{L\text{moy}}$, en fonction de V_{IF} , V_{BAT} et α .
- 1.3.3. En utilisant la condition que doit vérifier $V_{L\text{moy}}$, déterminer le signe de V_{IF} .
- 1.3.4. Déterminer l'expression de V_{IF} en fonction de V_{BAT} et α .
- 1.3.5. Comment faut-il prélever l'alimentation de la carte SIM pour que le système fonctionne correctement?
- 1.3.6. Déterminer les valeurs numériques de α pour les valeurs extrêmes de V_{BAT} (4,6 V et 3,1 V).

2. Unité de traitements en radiofréquences (RF)

Cette unité est constituée de filtres RF, d'un amplificateur faible bruit (AFB) et d'un circuit intégré (Transceiver RF) qui est contrôlé par l'unité de traitement en bande de base. En vu du décodage numérique des signaux reçus avec un rapport signal à bruit suffisant, une correction du niveau est nécessaire.

Sur la figure 5, un système d'amplification à gain variable est représenté. Le signal $v_{REC}(t)$ est amplifié par l'amplificateur faible bruit, avec un gain variable. Ce gain varie avec l'amplitude du signal reçu $v_{REC}(t)$.

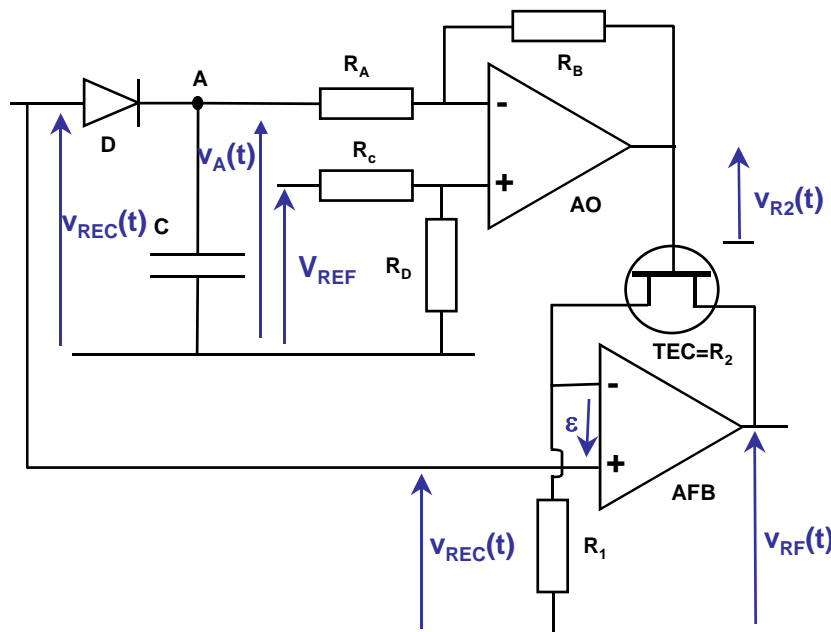


Figure 5. Schéma du contrôle de gain

2.1. On considère le montage autour de l'amplificateur faible bruit (AFB).

Les hypothèses sont les suivantes :

- R_2 constante et égale à 100 k Ω ,
- R_1 égale à 1 k Ω ,
- l'amplificateur faible bruit est considéré comme idéal à l'exception de son gain différentiel qui a pour fonction de transfert $A_d(p)$:

$$A_d(p) = \frac{V_s(p)}{\varepsilon(p)} = \frac{10^2}{(1+1,59 \cdot 10^{-7} p)(1+7,96 \cdot 10^{-9} p+6,34 \cdot 10^{-17} p^2)} \quad \text{où} \quad \varepsilon = V_+ - V_-$$

Le sous-système, constitué de l'AFB, associé aux résistances R_1 et R_2 , peut être modélisé par un système bouclé, schématisé sur la figure 6 :

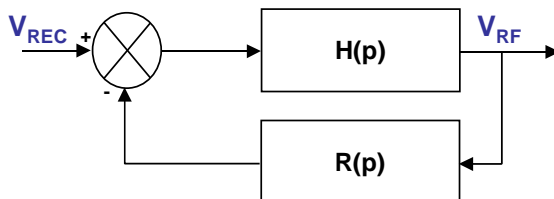


Figure 6. Schéma du modèle de l'amplificateur faible bruit

- 2.1.1. Identifier la chaîne directe $H(p)$.
- 2.1.2. Identifier la chaîne de retour $R(p)$.
- 2.1.3. Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte $H_{BO}(p)$.

La fonction de transfert $H_{BO}(p)$ peut se mettre sous la forme du produit d'une fonction de transfert du 1^{er} ordre pour une fonction de transfert du 2^{ème} ordre.

- 2.1.4. Déterminer la valeur numérique de la fréquence de coupure f_1 correspondant à la fonction de transfert du 1^{er} ordre.
- 2.1.5. Déterminer les valeurs numériques de l'amortissement m et de la fréquence propre f_0 de la fonction de transfert du 2^{ème} ordre.
- 2.1.6. Sur le document-réponse n°7, tracer les diagrammes de Bode asymptotiques et réels de $H_{BO}(j\omega)$.
- 2.1.7. Faire apparaître la marge de gain sur le document-réponse n°7. Déterminer sa valeur approximative.
- 2.1.8. En déduire la stabilité de la fonction de transfert en boucle fermée $H_{BF}(p)$.
- 2.1.9. Donner l'expression de la fonction de transfert en boucle fermée $H_{BF}(p)$.
- 2.1.10. V_{REC} est un échelon de hauteur 100 mV. En considérant les valeurs initiales nulles, déterminer l'expression de la transformée de Laplace de $v_{RF}(t)$, notée $V_{RF}(p)$.
- 2.1.11. Déterminer les valeurs limites de $v_{RF}(t)$ à l'origine des temps ($t \rightarrow 0$) et en régime établi ($t \rightarrow \infty$). On pourra utiliser les théorèmes de la valeur initiale et finale.

2.2 On considère maintenant le montage autour de l'amplificateur opérationnel (A0).

Les hypothèses sont les suivantes :

- l'amplificateur opérationnel est considéré idéal,
- la diode est parfaite,
- le condensateur est déchargé à la mise sous tension du montage.

- 2.2.1. Quelle est la fonction réalisée par la diode et le condensateur ?
- 2.2.2. Sur le document-réponse n°8, tracer l'allure de $v_A(t)$, la tension au point A.
- 2.2.3. Déterminer les relations nécessaires entre R_A , R_B , R_C et R_D pour que l'on ait $V_{R2} = V_{REF} - V_A$.

3. Unité de traitements audio

Cette unité est constituée d'un circuit intégré (Codec audio) qui intègre les convertisseurs analogique-numérique(CAN) et numérique-analogique (CNA), ainsi que l'étage d'amplificateurs faible bruit pour les microphones.

3.1 Sonnerie du téléphone

Dans le cas où le terminal est équipé d'un « buzzer », transducteur piézo-électrique, la sonnerie est générée par l'unité de traitement en bande de base. Il s'agit d'une modulation de largeur d'impulsion, de rapport cyclique α , dont la fréquence $f = 1/T$ est celle de la note de la mélodie et dont la valeur moyenne donne l'intensité sonore de cette note. Ce signal $v_{BUZ}(t)$ varie entre 0 et $V_{AUD} = 2,7$ V et est représenté sur la figure 8.

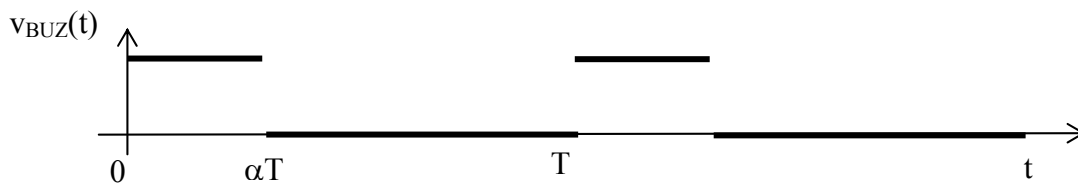


Figure 8. Représentation de V_{BUZ}

- 3.1.1. Donner la définition de la valeur moyenne V_{moy} et de la valeur efficace V_{eff} d'un signal périodique $v(t)$ de période T .
- 3.1.2. Donner l'expression et tracez la valeur moyenne V_{BUZmoy} de $v_{BUZ}(t)$ en fonction de α . On précisera les valeurs extrêmes.
- 3.1.3. Donner l'expression et tracer la valeur efficace V_{BUZeff} de $v_{BUZ}(t)$ en fonction de α . On précisera les valeurs extrêmes.

Afin de faire des économies, il a été décidé d'utiliser le haut-parleur de la fonction « main-libre » pour générer la mélodie. La figure 8 représente le schéma utilisé. On suppose que le haut-parleur se comporte comme une résistance pure égale à 8Ω . Le condensateur a une capacité suffisamment élevée pour que l'ensemble se comporte en basse fréquence comme un filtre passe-haut de fréquence de coupure très inférieure à $1/T$.

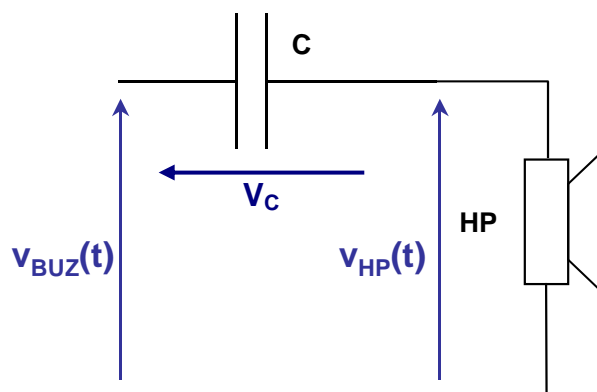


Figure 8. Schéma du circuit pour la sonnerie

- 3.1.4. Sur le document-réponse n°9, tracer l'allure de $v_{HP}(t)$ en régime permanent, pour $\alpha = 0,3$. Indiquer les expressions des valeurs extrêmes en fonction de α .
- 3.1.5. Déterminer l'expression de la valeur efficace $V_{HP\text{eff}}$ de $v_{HP}(t)$ en fonction de α .
- 3.1.6. Tracer l'allure de $V_{HP\text{eff}}$ en fonction de α .
- 3.1.7. Quelle doit-être la plage de variation de α pour obtenir un contrôle monotone croissant de l'intensité sonore ?

3.2 : Dimensionnement de l'amplificateur audio

Afin d'obtenir un niveau sonore suffisant, et de respecter le « critère de Hong-Kong » qui requiert un niveau de 104 dB_{SPL} lors d'une sonnerie, il est nécessaire de quantifier l'ensemble des éléments de la chaîne d'amplification. En acoustique, une tension efficace de 1V_{eff} aux bornes d'une résistance de 8Ω correspond à 93 dB_{SPL}.

- 3.2.1. Déterminer la valeur efficace $V_{HP\text{eff}}$ de la tension $v_{HP}(t)$ aux bornes du haut-parleur qui permet de respecter le critère de Hong-Kong.
- 3.2.2. Dans le cas d'un signal sinusoïdal, en déduire la valeur crête à crête $V_{P\text{PHP}}$ correspondante.
- 3.2.3. Déterminer la puissance délivrée par l'amplificateur.

Pour assurer une dynamique suffisante, nous utiliserons une structure d'amplificateur à sortie en pont :

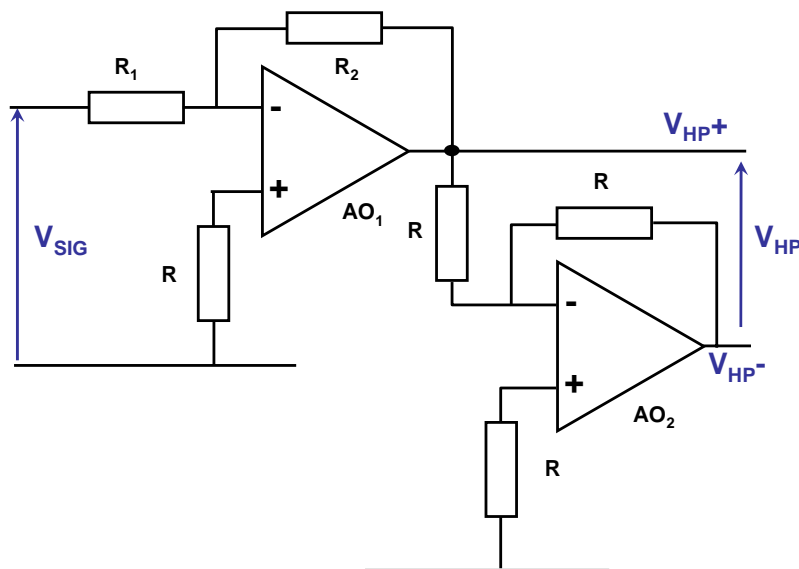


Figure 9. Schéma de l'amplificateur à sortie en pont

- 3.2.4. Déterminer l'expression de V_{HP} en fonction de V_{SIG} et des éléments du montage.
- 3.2.5. Pour obtenir un niveau de sortie V_{HP} suffisant, on pourrait imaginer d'utiliser un seul amplificateur dont le gain serait plus élevé. Pour quelle raison a-t-on plutôt opté pour une structure en pont ?

4. Relation Homme-Machine

Cette unité est constituée de composants individuels tels que l'afficheur et son contrôleur, le vibreur, le clavier et les différents éléments lumineux à base de diodes électroluminescentes.

4.1 : Décodeur de clavier

Le clavier est constitué de 4 lignes et 4 colonnes dont l'interrupteur de la touche connecte l'intersection de la ligne et la colonne correspondante. Une seule ligne et une seule colonne sont actives (à l'état 1) à la fois.

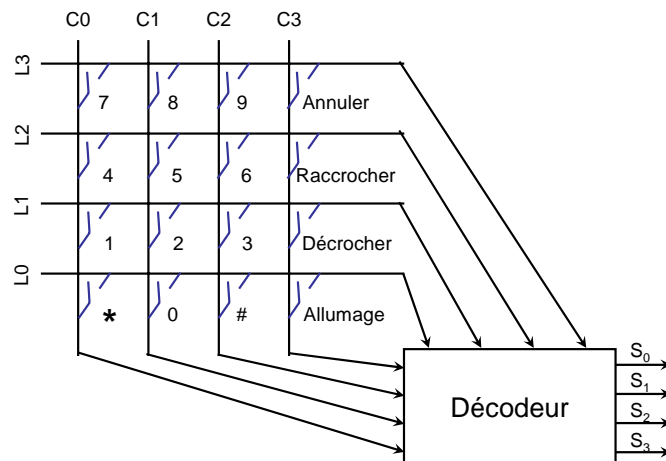


Figure 10. Schéma du décodage de clavier

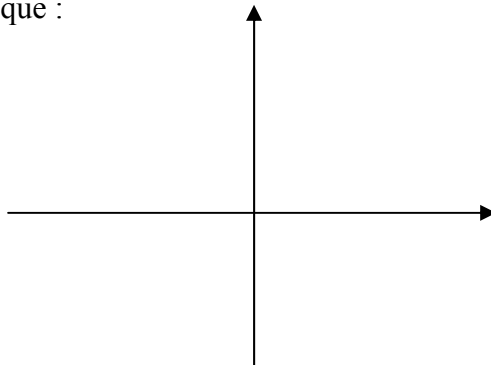
S est un nombre binaire $S_3S_2S_1S_0$ (S_0 est le bit de poids faible) codé sur 4 bits qui est égal à :

- $[A]_{\text{HEX}}$ pour *
- $[B]_{\text{HEX}}$ pour #
- $[C]_{\text{HEX}}$ pour Allumage
- $[D]_{\text{HEX}}$ pour Décrocher
- $[E]_{\text{HEX}}$ pour Raccrocher
- $[F]_{\text{HEX}}$ Annuler
- la valeur de la touche de 0 à 9, codée en binaire naturel

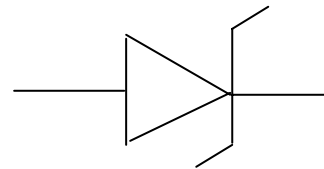
- 4.1.1. Sur le document-réponse n°10, remplir les tables de S_0 et S_1 .
- 4.1.2. Déterminer l'équation de S_0 en fonction de $L_0, L_1, L_2, L_3, C_0, C_1, C_2$ et C_3 .
- 4.1.3. Déterminer l'équation de S_1 en fonction de $L_0, L_1, L_2, L_3, C_0, C_1, C_2$ et C_3 .

Document-réponse n°1 : caractéristique de la diode Zener parfaite (1.1.1)

Caractéristique :

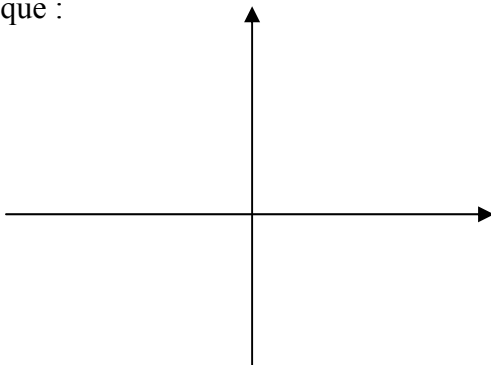


Convention choisie :

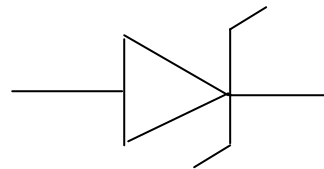


Document-réponse n°2 : caractéristique de la diode Zener réelle (1.1.6)

Caractéristique :

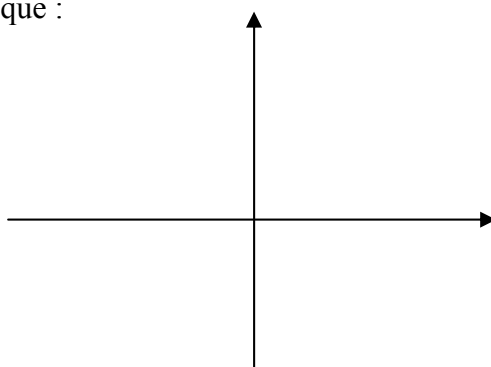


Convention choisie :

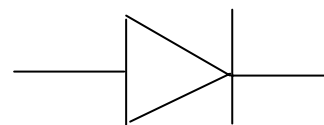


Document-réponse n°3 : caractéristique de la diode parfaite (1.2.1)

Caractéristique :

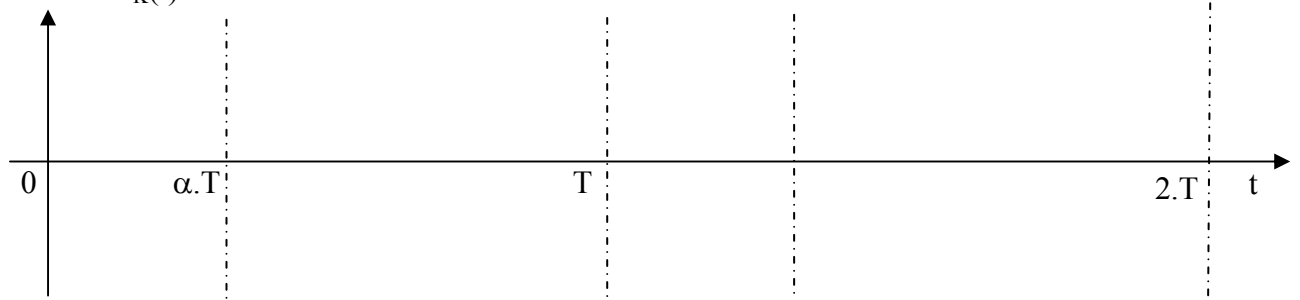


Convention choisie :

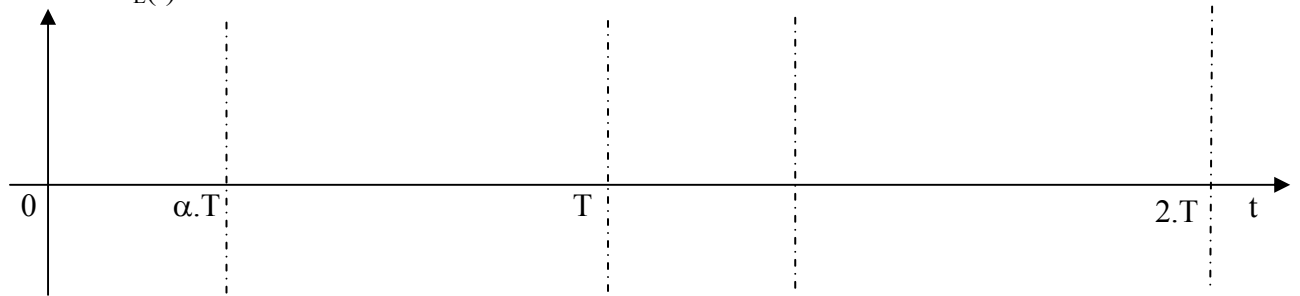


Document-réponse n°4 (1.2.2) :

Allure de $v_K(t)$

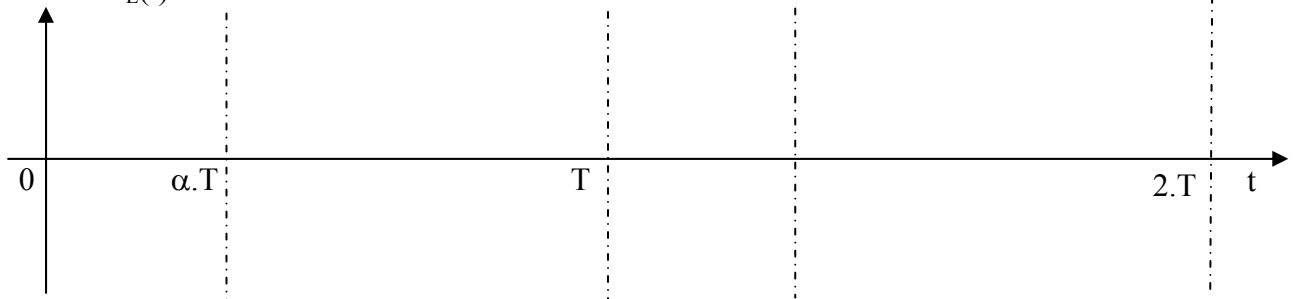


Allure de $v_L(t)$

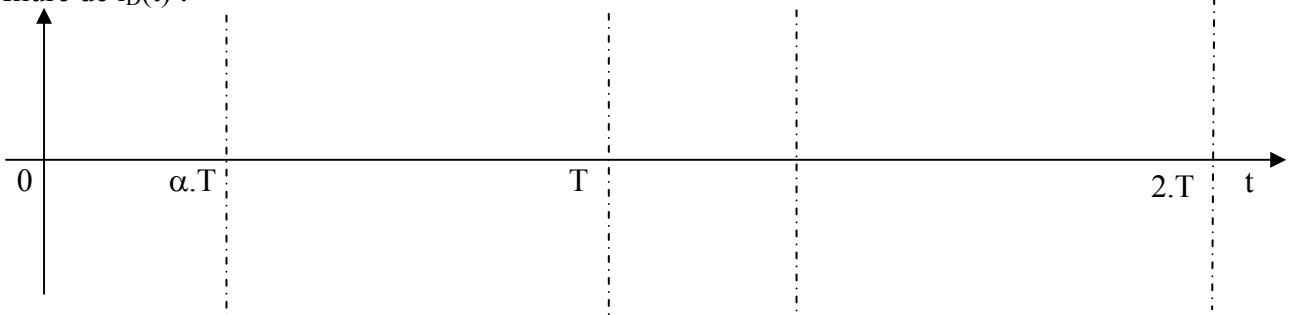


Document-réponse n°5 (1.2.8) :

Allure de $i_L(t)$:

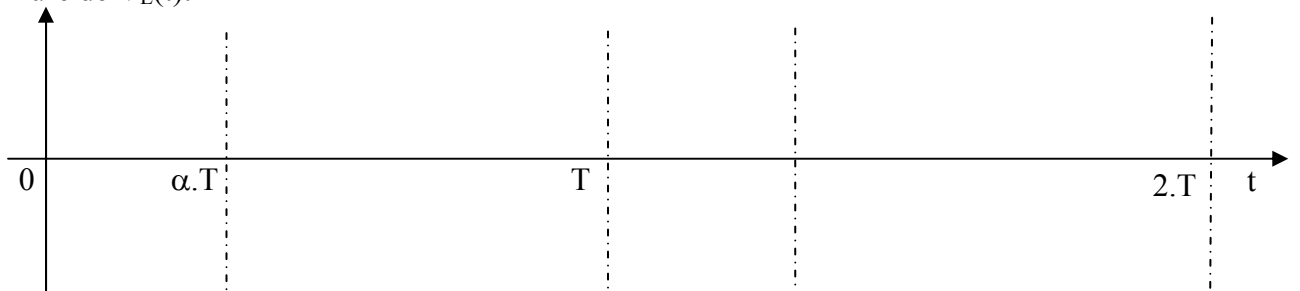


Allure de $i_D(t)$:



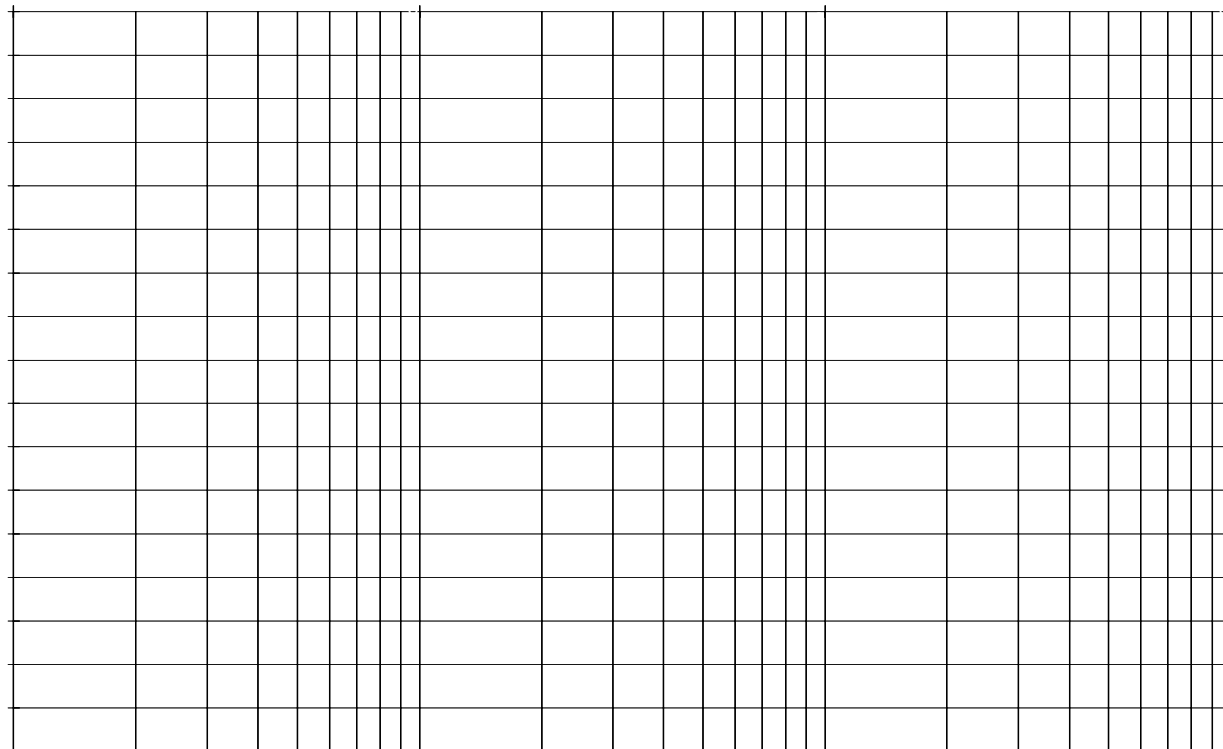
Document-réponse n°6 (1.3.1)

Allure de $V_L(t)$:



Document-réponse n°7 : Diagrammes de Bode de H_{BO} (2.1.6 et 2.1.7)

Gain

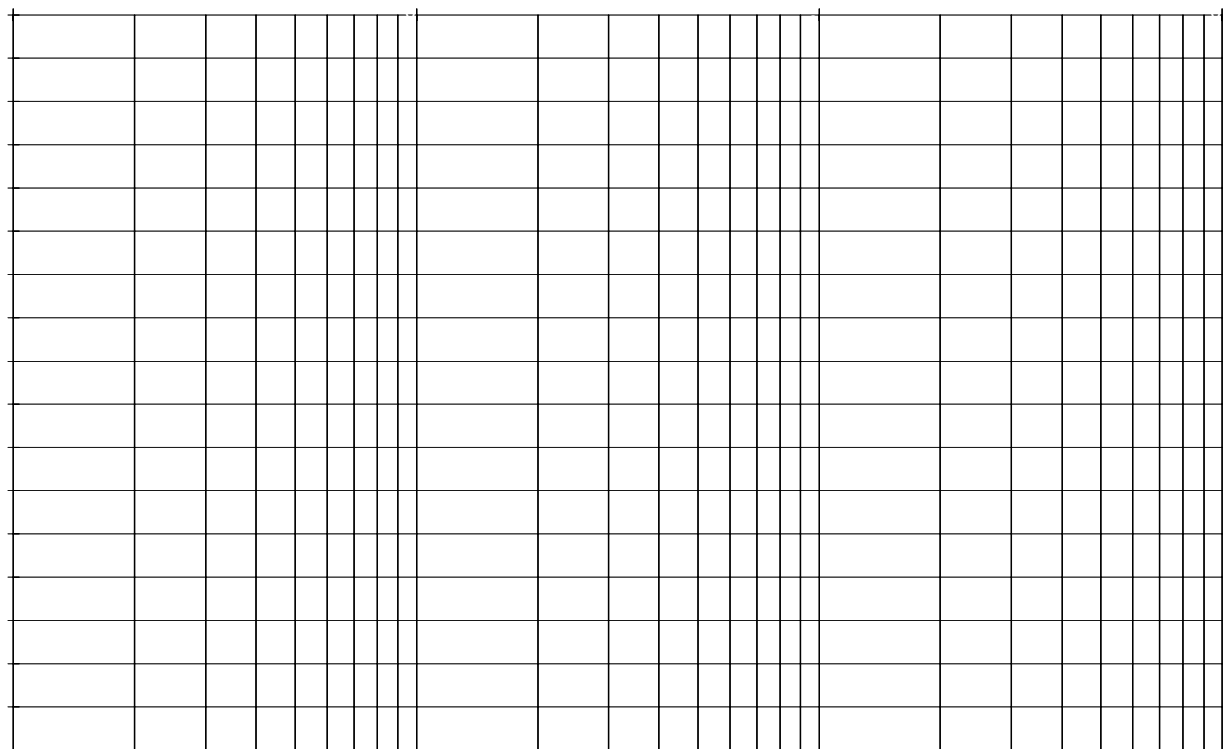


1

10

100

Phase

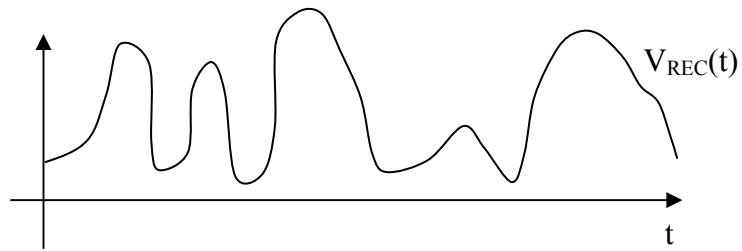


1

10

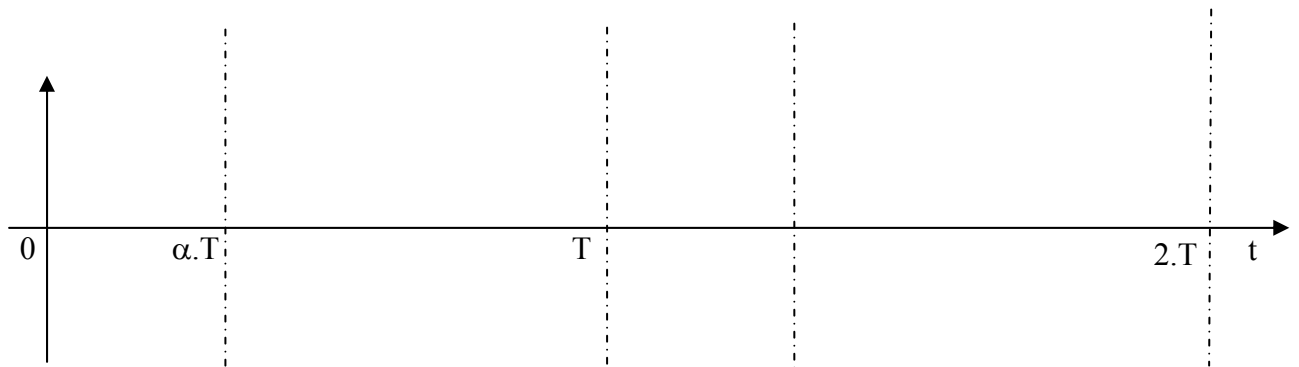
100

Document-réponse n°8 : Allure de $v_A(t)$ (2.2.2)



Document-réponse n°9 (3.1.4)

Allure de $v_{HP}(t)$:



Document réponse n°10 : Tables de S_0 et S_1 (4.1.1) :

Table de S_0 :

S_0	$C_3 = 1$	$C_2 = 1$	$C_1 = 1$	$C_0 = 1$
$L_3 = 1$				
$L_2 = 1$				
$L_1 = 1$				1
$L_0 = 1$				

Le « **1** » positionné dans le tableau signifie que S_0 est à l'état 1 quand L_1 vaut 1 et C_0 vaut 1.

Table de S_1 :

S_1	$C_3 = 1$	$C_2 = 1$	$C_1 = 1$	$C_0 = 1$
$L_3 = 1$				
$L_2 = 1$				
$L_1 = 1$				
$L_0 = 1$				

Zener diode

Features

1. Small surface mounting type
2. High reliability



Applications

Voltage stabilization

Construction

Silicon epitaxial planar

Absolute Maximum Ratings

$T_j=25^\circ\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Type	Symbol	Value	Unit
Power dissipation	R_{thJA} ? 300K/W		P_V	500	mW
Junction temperature			T_j	175	?
Storage temperature range			T_{stg}	-65~+175	?

Maximum Thermal Resistance

$T_j=25^\circ\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Junction ambient	on PC board 50mm× 50mm× 1.6mm	R_{thJA}	500	K/W

Electrical Characteristics

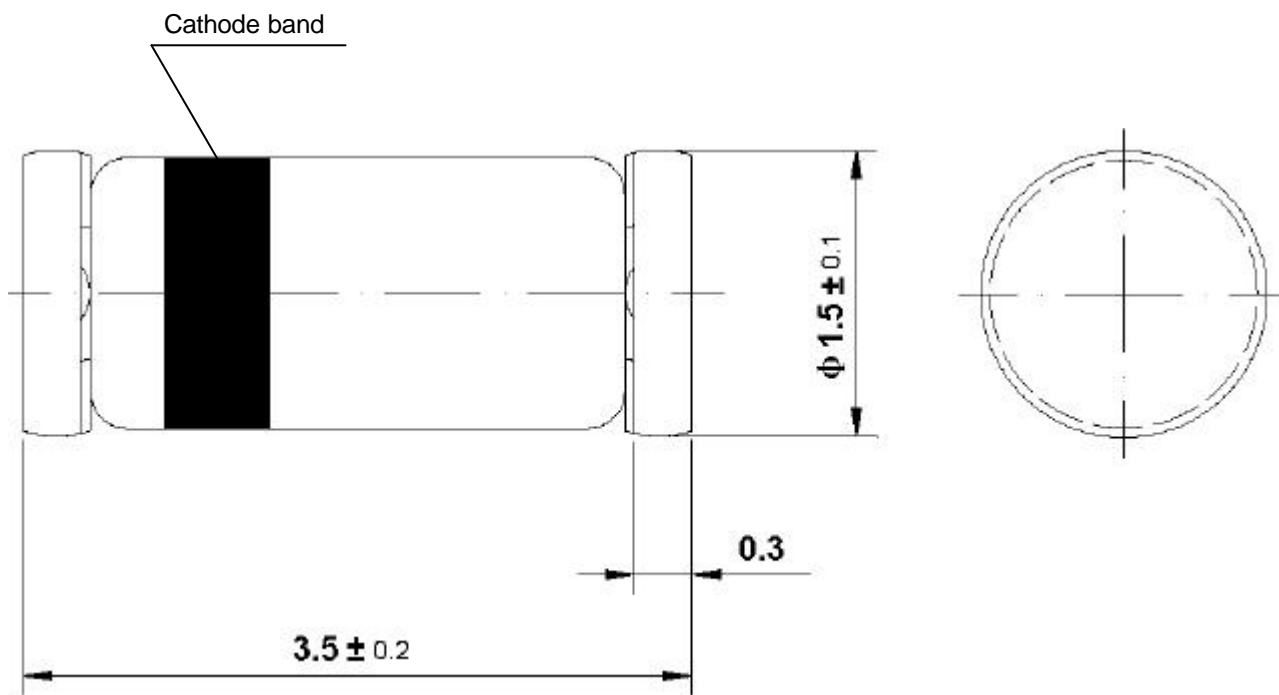
T_j=25?

Type	Zener voltage				Operating resistance		Rising operating resistance		Reverse current	
	Rank	V _z (V)		I _z (mA)	Z _{zt} (Ω)		Z _{zk} (Ω)		I _R (μA)	
		Min.	Max.		Max.	I _z (mA)	Max.	I _z (mA)	Max.	V _R (V)
LLZJ 2.0	A	1.88	2.10	5	100	5	1000	0.5	120	0.5
	B	2.02	2.20							
LLZJ 2.2	A	2.12	2.30	5	100	5	1000	0.5	100	0.7
	B	2.22	2.41							
LLZJ 2.4	A	2.33	2.52	5	100	5	1000	0.5	120	1.0
	B	2.43	2.63							
LLZJ 2.7	A	2.54	2.75	5	110	5	1000	0.5	100	1.0
	B	2.69	2.91							
LLZJ 3.0	A	2.85	3.07	5	120	5	1000	0.5	50	1.0
	B	3.01	3.22							
LLZJ 3.3	A	3.16	3.38	5	120	5	1000	0.5	20	1.0
	B	3.32	3.53							
LLZJ 3.6	A	3.46	3.69	5	100	5	1000	1	10	1.0
	B	3.60	3.84							
LLZJ 3.9	A	3.74	4.01	5	100	5	1000	1	5	1.0
	B	3.89	4.16							
LLZJ 4.3	A	4.04	4.29	5	100	5	1000	1	5	1.0
	B	4.17	4.43							
	C	4.30	4.57							
LLZJ 4.7	A	4.44	4.68	5	90	5	900	1	5	1.0
	B	4.55	4.80							
	C	4.68	4.93							
LLZJ 5.1	A	4.81	5.07	5	80	5	800	1	5	1.5
	B	4.94	5.20							
	C	5.09	5.37							
LLZJ 5.6	A	5.28	5.55	5	60	5	500	1	5	2.5
	B	5.45	5.73							
	C	5.61	5.91							
LLZJ 6.2	A	5.78	6.09	5	60	5	300	1	5	3.0
	B	5.96	6.27							
	C	6.12	6.44							
LLZJ 6.8	A	6.29	6.63	5	20	5	150	0.5	2	3.5
	B	6.49	6.83							
	C	6.66	7.01							
LLZJ 7.5	A	6.85	7.22	5	20	5	120	0.5	0.5	4.0
	B	7.07	7.45							
	C	7.29	7.67							
LLZJ 8.2	A	7.53	7.92	5	20	5	120	0.5	0.5	5.0
	B	7.78	8.19							
	C	8.03	8.45							
LLZJ 9.1	A	8.29	8.73	5	25	5	120	0.5	0.5	6.0
	B	8.57	9.01							
	C	8.83	9.30							

Type	Zener voltage				Operating resistance		Rising operating resistance		Reverse current	
	Rank	Vz (V)		Iz (mA)	Zzt (Ω)		Zzk (Ω)		I _R (μA)	
		Min.	Max.		Max.	Iz (mA)	Max.	Iz (mA)	Max.	V _R (V)
LLZJ 10	A	9.12	9.59	5	30	5	120	0.5	0.2	7.0
	B	9.41	9.90							
	C	9.70	10.20							
	D	9.94	10.44							
LLZJ 11	A	10.18	10.71	5	30	5	120	0.5	0.2	8.0
	B	10.50	11.05							
	C	10.82	11.38							
LLZJ 12	A	11.13	11.71	5	30	5	110	0.5	0.2	9.0
	B	11.44	12.03							
	C	11.74	12.35							
LLZJ 13	A	12.11	12.75	5	35	5	110	0.5	0.2	10
	B	12.55	13.21							
	C	12.99	13.66							
LLZJ 15	A	13.44	14.13	5	40	5	110	0.5	0.2	11
	B	13.89	14.62							
	C	14.35	15.09							
LLZJ 16	A	14.80	15.57	5	40	5	150	0.5	0.2	12
	B	15.25	16.04							
	C	15.69	16.51							
LLZJ 18	A	16.22	17.06	5	45	5	150	0.5	0.2	13
	B	16.82	17.70							
	C	17.42	18.33							
LLZJ 20	A	18.20	18.96	5	55	5	200	0.5	0.2	15
	B	18.63	19.59							
	C	19.23	20.22							
	D	19.72	20.72							
LLZJ 22	A	20.15	21.20	5	30	5	200	0.5	0.2	17
	B	20.64	21.71							
	C	21.08	22.17							
	D	21.52	22.63							
LLZJ 24	A	22.05	23.18	5	35	5	200	0.5	0.2	19
	B	22.61	23.77							
	C	23.12	24.13							
	D	23.63	24.85							
LLZJ 27	A	24.26	25.52	5	45	5	250	0.5	0.2	21
	B	24.97	26.26							
	C	25.63	26.95							
	D	26.29	27.64							
LLZJ 30	A	26.99	28.39	5	55	5	250	0.5	0.2	23
	B	27.70	29.13							
	C	28.36	29.82							
	D	29.02	30.51							

Type	Zener voltage				Operating resistance		Rising operating resistance		Reverse current	
	Rank	Vz (V)		Iz (mA)	Zzt (Ω)		Zzk (Ω)		IR (μA)	
		Min.	Max.		Max.	Iz (mA)	Max.	Iz (mA)	Max.	VR (V)
LLZJ 33	A	29.68	31.22	5	65	5	250	0.5	0.2	25
	B	30.32	31.88							
	C	30.90	32.50							
	D	31.49	33.11							
LLZJ 36	A	32.14	33.79	5	75	5	250	0.5	0.2	27
	B	32.79	34.49							
	C	33.40	35.13							
	D	34.01	35.77							
LLZJ 39	A	34.68	36.47	5	85	5	250	0.5	0.2	30
	B	35.36	37.19							
	C	36.00	37.85							
	D	36.63	38.52							

Dimensions in mm



Glass Case
 Mini Melf / SOD 80
 JEDEC DO 213 AA

This datasheet has been downloaded from:

www.DatasheetCatalog.com

Datasheets for electronic components.