

AGREGATION INTERNE 1999

SECTION GENIE ELECTRIQUE

Option A : Electronique et Informatique industrielle

Première épreuve

Durée : 8 heures

RECOMMANDATIONS AUX CANDIDATS :

Les candidats sont invités à numéroter chaque page de leur copie et à indiquer clairement le numéro de la question traitée.

Les candidats sont priés de rédiger les cinq parties du problème sur des feuilles séparées et clairement repérées. Il leur est rappelé qu'ils doivent utiliser les notations indiquées dans le texte, présenter clairement les calculs et dégager ou encadrer tous les résultats.

Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. En outre les correcteurs leur sauront gré d'écrire lisiblement et de soigner la qualité de leur copie.

ORGANISATION DU DOSSIER :

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| ◆ SUJET : | PARTIE 1 A PARTIE 6 |
| ◆ DOCUMENTS ANNEXES : | ANNEXE 1 A ANNEXE 7 |

AGREGATION INTERNE DE GENIE ELECTRIQUE

EPREUVE D'ELECTRONIQUE ET D'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Durée 8 heures

PRESENTATION DU SUJET

Le Lac Blanc et le Lac noir sont deux lacs dans le massif des Vosges, séparés par un dénivelé de 120 mètres. Ils constituent deux réservoirs entre lesquels l'ouvrage du Lac Noir fait circuler l'eau.

Pendant les heures de forte consommation d'électricité, l'eau circule du Lac Blanc vers le Lac Noir ; elle est turbinée.

Pendant les heures de faible consommation d'électricité, et au moment où l'énergie électrique est peu chère, l'eau est pompée du Lac Noir vers le Lac Blanc.

La centrale du Lac Noir est équipée de quatre groupes composés d'un alternateur, d'une turbine Francis et d'une pompe, le tout disposé verticalement sur le même axe.

La gestion de la centrale du Lac Noir nécessite l'acquisition et la centralisation de grandeurs électriques, mécaniques et thermiques. A cet effet et par soucis d'utiliser des matériels standardisés, il a été décidé d'utiliser des multimètres classiques instrumentés en bus IEEE 488. Cette disposition permet d'avoir un affichage in-situ au plus près des alternateurs et une acquisition des données par bus IEEE centralisée en salle des machines sur un PC, puis de là vers le poste de contrôle et de supervision.

L'exploitant de la centrale a fourni un cahier des charges concernant les multimètres. Il spécifie les performances suivantes :

- mesure de grandeurs efficaces (TRMS) avec un facteur de crête maximal de 5,
- échelle maximale : de 0 à 750 V_{eff},
- tension crête : 1000 V,
- affichage 20000 points,
- mesure de température de -30 à +80 °C : sur calibre 2 V continu pleine échelle,
- précision de mesure : meilleure que 0,2%,
- dérive en température : 0,05%/°C,
- bande passante de 0 à 20 kHz,
- réjection du bruit (50Hz) > 60dB,
- alimentation : sur réseau monophasé 220 V,

L'objectif de cette épreuve va consister à :

- vérifier que les spécifications du multimètre retenu sont conformes au cahier des charges de l'exploitant (parties 1 à 4),
- étudier les bus qui centralisent les mesures et les acheminent en salle de contrôle (partie 5).
- utiliser les parties 1 à 4 pour mettre en place des séquences pédagogiques (partie 6)

Avertissement

Le schéma de principe et la nomenclature sont fournis en annexe n°1. On recommande aux candidats une lecture approfondie du sujet et des documents annexes.

La première partie étudie la structure générale du multimètre et permet de justifier les performances attendues des différentes sous-fonctions.

La seconde partie concerne l'étude d'un convertisseur de valeur efficace en valeur continue (conversion RMS/DC).

La troisième partie concerne l'étude du circuit spécialisé de conversion analogique numérique.

La quatrième partie s'intéressera à l'alimentation de l'appareil.

La cinquième partie s'intéressera aux bus numériques.

Enfin, la sixième partie concerne le travail pédagogique

Notations

Les candidats utiliseront obligatoirement les notations du sujet.

les variables en minuscules représentent des valeurs instantanées : $v(t)$

les variables en majuscules représentent des valeurs d'amplitude : $v(t)=V.\sin(\omega t)$

les variables entre crochets $\langle \rangle$ représentent des valeurs moyennes : $\langle v \rangle = 0$

Présentation

Le barème du problème tiendra compte de la qualité et du soin de rédaction de la copie.

On évitera de disperser les réponses d'une même partie sur plusieurs copies. Les différentes parties sont indépendantes et devront être traitées sur des feuilles séparées.

PREMIERE PARTIE

Structure du multimètre

La documentation du multimètre sont décrites en annexe 1. La structure interne se décompose en deux parties :

- une fonction de conversion analogique numérique et d'affichage, réalisée par un circuit spécialisé ICL7135. Sa tension d'entrée maximale est de 2V continu, sa référence de tension est de 1V,
- un ensemble de fonctions analogiques pour adapter les grandeurs d'entrée au circuit de conversion.

1-1 La tension $v(t)=25+5.\sin(600.t)$ est appliquée à l'entrée du multimètre. Calculez les indications de l'appareil dans les cas suivants de réglage : position $V=$, position $V\approx$, position $V=$ et touche ac+dc enfoncée.

1-2 Le schéma synoptique de la section voltmètre est donné figure 1-1. Identifiez les composants relatifs à chaque bloc fonctionnel sur le schéma général (annexe 1).

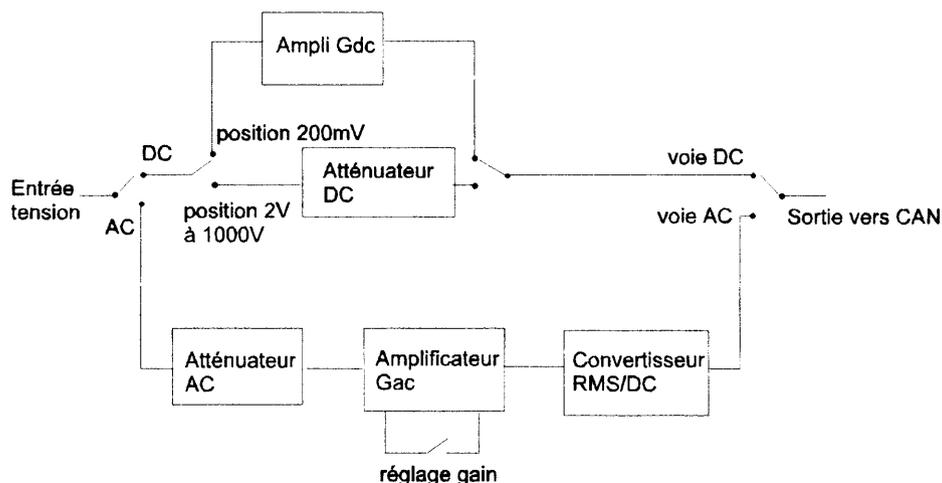


Figure 1-1 : synoptique de la section voltmètre dc et ac

1-3 Le schéma simplifié de l'atténuateur AC est représenté figure 1-2. Toutes les résistances ont une tolérance $\Delta R/R$ identique. Calculez l'erreur relative $\Delta V_i/V_i$ sur les tensions V_1 , V_2 , V_3 aux différents nœuds en fonction de R_0 , R_1 , R_2 , R_3 et $\Delta R/R$.

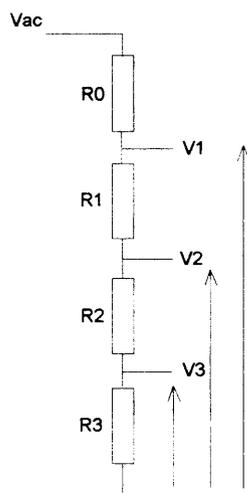


Figure 1-2

1-4 Calculez R_0 , R_1 , R_2 , R_3 pour obtenir une atténuation respectivement de $1/10$, $1/100$, $1/1000$ et sachant que $R_0+R_1+R_2+R_3=1M\Omega$. Donnez la tolérance des résistances si on souhaite une erreur relative maximale de 0,2% sur les différentes tension V_i . Déterminez leur puissance dissipable.

1-5 Quel est le rôle des composants RV_1 , RV_2 , RV_3 en entrée du multimètre. (voir sur le schéma général en annexe 1).

1-6 Etude de l'amplificateur Gac

La figure 1-3 représente l'amplificateur à gain variable G_{ac} .

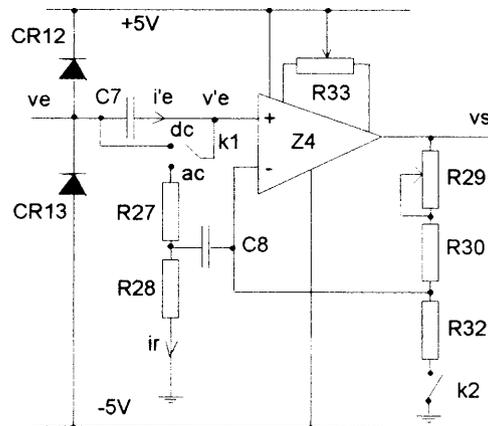


Figure 1-3

1-6-1 Quel est le rôle du commutateur k_1 et des diodes CR_{12} et CR_{13} ?

1-6-2 Justifiez la présence de R_{33} .

1-6-3 Déterminez, selon la position de k_2 , les expressions des valeurs possibles du gain v_s/v'_e de cet amplificateur en fonction de R_{29} , R_{30} , R_{32} et A_o , gain statique de l'amplificateur intégré Z_4 .

1-6-4 On souhaite une précision inférieure à 0.2% sur la valeur du gain correspondant à k_2 fermé. Calculez l'expression de $\Delta G/G$, puis la tolérance sur les résistances.

1-6-5 Le commutateur k_1 est en position « ac ». Justifiez alors le rôle de R_{27} et R_{28} . En supposant que C_8 n'est pas connecté, quelle est la valeur de l'impédance d'entrée de ce montage, définie en régime dynamique par : $Z_e=v'_e/i'_e$? Cette valeur est-elle suffisante ?

1-6-6 Pour augmenter l'impédance d'entrée du montage, on insère la capacité C_8 . On suppose que la tension à ses bornes reste constante. Calculez le courant i_r . En déduire la nouvelle valeur de l'impédance d'entrée Z_e du montage.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE D'UN CONVERTISSEUR DE VALEUR EFFICACE (RMS-DC)

2-1 Principe de conversion RMS-DC

2-1-1 On suppose que $v_e(t)$ est sinusoïdale de fréquence F_e . Montrez que les montages de la figure 2-1 permettent d'obtenir la valeur efficace de la tension $v_e(t)$ si F_e est grande devant $1/RC$.

Dans le cas où $v_e(t)$ est quelconque, calculez l'expression temporelle $v_s(t)$ de la tension de sortie v_s en fonction de la tension d'entrée $v_e(t)$ pour les deux montages.

2-1-2 Etablissez dans le cas du montage 2 et pour le régime sinusoïdal la relation entre F_e et RC pour obtenir une ondulation relative sur v_s égale à 2%.

2-1-3 Sachant que l'erreur relative d'un multiplieur est de l'ordre de 0.1%, comparez les dynamiques de tension $v_e(t)$ dans chaque cas relativement aux erreurs. Quel est le montage le plus intéressant ?

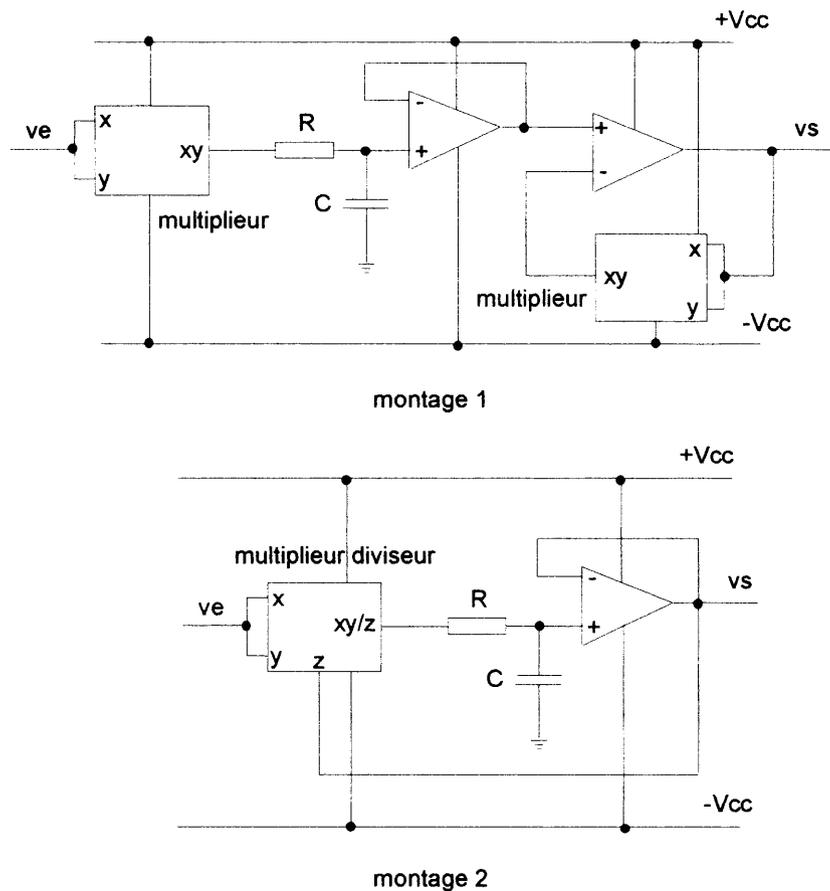


Figure 2-1

2-2 Analyse du circuit AD 536

Le circuit AD536 réalise la fonction de conversion de valeur efficace en valeur continue, sa sortie fournit donc une tension vs continue, proportionnelle à la valeur efficace de la tension d'entrée v_e , qui peut être quelconque.

Le schéma simplifié du convertisseur RMS-DC AD536 est représenté figure 2-2. La documentation de ce circuit est fournie en annexe 2.

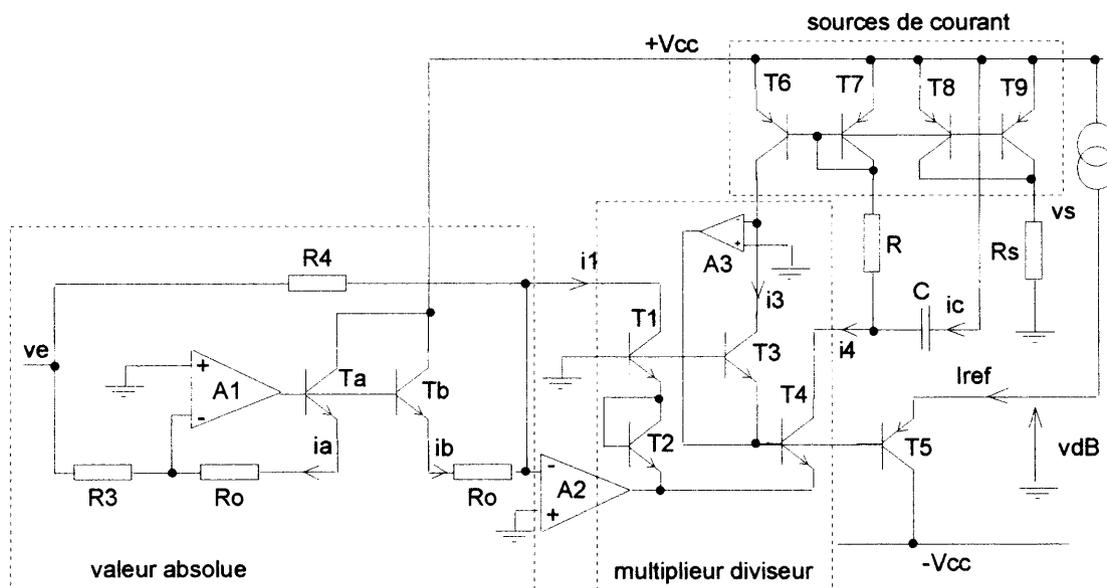


Figure 2-2

2-2-1 On appelle I_{es} et I_{cs} respectivement les courants de saturation d'émetteur et de collecteur et $U_T = kT/e$ la tension thermodynamique (26 mV à 300 K, k constante de Boltzmann, T température en Kelvin et e charge de l'électron).

Rappelez l'expression du courant émetteur I_e en fonction des tensions V_{be} et V_{bc} pour un transistor bipolaire. Donnez l'expression simplifiée de le lorsque $V_{bc} = 0$.

Par la suite on négligera le courant base devant le courant collecteur, on approximera donc I_c à I_e .

2-2-2 On se propose d'étudier la fonction représentée sur la figure 2-3. Déterminez l'état de T_a et T_b pour $v_e > 0$ puis $v_e < 0$. En déduire l'expression de i_1 en fonction de v_e et des éléments du montage pour $v_e > 0$ puis $v_e < 0$. Montrez alors que i_1 est proportionnel à la valeur absolue de v_e si R_3 et R_4 satisfont à une relation que vous établirez.

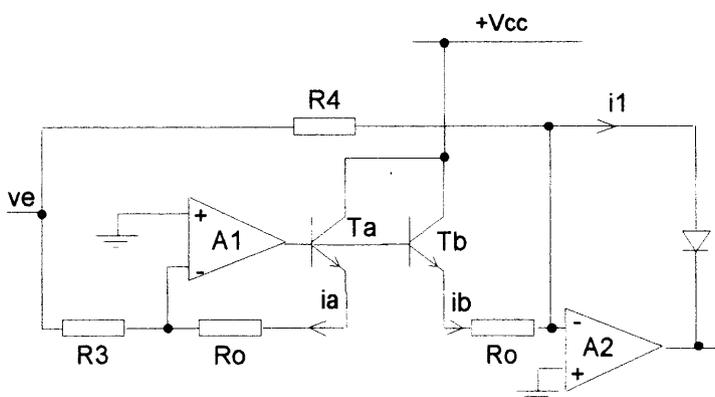


Figure 2-3

2-2-3 Justifiez le choix de la structure multiplieur/diviseur à un quadrant.

2-2-4 On étudie la fonction représentée figure 2-4. On suppose tous les transistors identiques et à même température et on rappelle que $I_c = I_{es} \cdot \exp(V_{be}/U_t)$.

Déterminez l'expression de i_4 en fonction de i_1 et i_3 . Quelle est la fonction réalisée ?

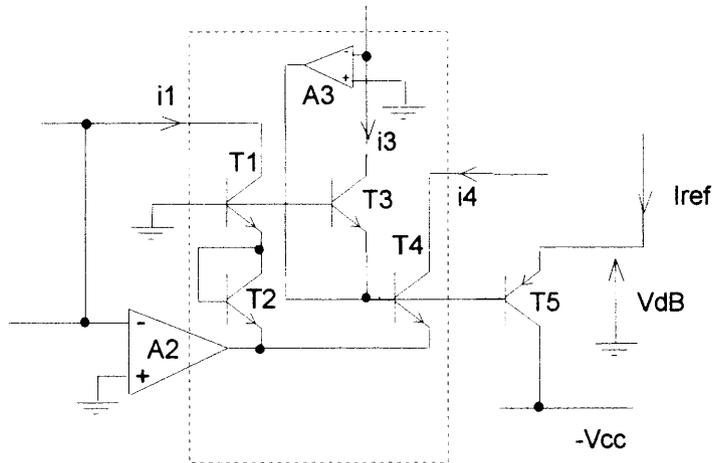


Figure 2-4

2-2-5 Quel est l'intérêt d'effectuer cette fonction en courant ?

2-2-6 Calculez l'expression de la dérive de i_4 en température ($di_4/d\theta$) en fonction des éléments du montage.

2-2-7 Calculez les tensions collecteur base V_{bc} de T1 et T3. Quel est l'intérêt de cette polarisation ?

2-2-8 La figure 2-5 représente la source de courant interne et le moyennneur. Etablissez la relation entre i_s et i_3 .

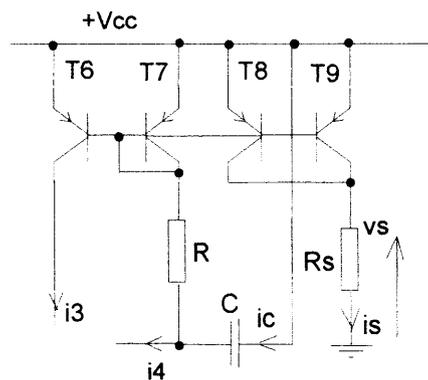


Figure 2-5

2-2-9 Etablissez l'équation différentielle liant i_3 et i_4 . En déduire la fonction de transfert $i_s(p)/i_4(p)$. Donnez alors l'expression de la tension de sortie v_s en fonction de v_e et des différents éléments du montage pour $\omega \gg RC$.

2-2-10 En déduire la relation entre R_s et R_4 pour obtenir l'expression suivante de V_{seff} :

$$V_{seff} = \sqrt{\langle V_e^2 \rangle}$$

2-2-11 Etablissez l'expression de V_{dB} (voir fig. 2-4) en fonction de i_3 , I_{ref} , $\gamma = I_{es5}/I_{es3}$ (γ est le rapport des courants de saturation d'émetteur des transistors T_5 et T_3) et des éléments du montage. Quels sont les termes dépendant de la température dans l'expression de V_{dB} ?

2-2-12 Calculez la dérive relative en température $d(V_{dB})/(V_{dB})d\theta$ exprimée en $\%/^{\circ}C$, donnez sa valeur pour $\theta=300$ K.

2-2-13 On se propose de compenser ce terme de dérive grâce au montage de la figure 2-6. Calculez U_{dB} . La correction de dérive en température est réalisée grâce à la résistance R_a (R_b est invariante avec la température). Justifiez la présence de A_4 . Caractérisez le coefficient de température de cette résistance.

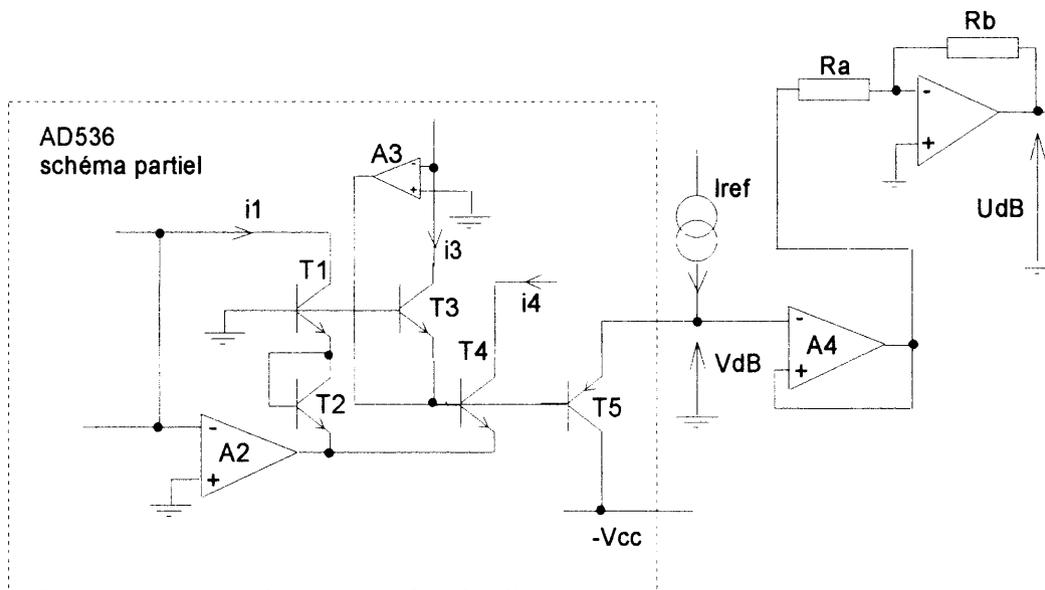


Figure 2-6

2-2-14 Exprimez U_{dB} en fonction de V_s et de I_{ref} . On donne $R_s=25$ k Ω , $\gamma=1$, calculez I_{ref} pour que la valeur de 0_{dB} soit obtenue pour $V_s=1$ V. Calculez R_b pour obtenir une tension U_{dB} de 2 V pour une variation de 20 dB de la tension V_s .

2-3 Etude de l'erreur sur la valeur efficace

2-3-1 Le principe de conversion employé génère une erreur statique sur la valeur efficace du signal d'entrée. Etablissez un schéma bloc faisant apparaître la fonction réalisée sous forme d'un circuit bouclé, en portant les variables v_e , i_1 , i_3 , i_4 et v_s .

2-3-2 On suppose que $i_1(\theta)$ est de la forme $i_1(\theta)=I_1 \cdot \sin(\theta)$ sur $[0, \pi]$, avec $(\theta=\omega t)$. Représentez $i_1(\theta)$, $i_1^2(\theta)$, $i_3(\theta)$ et $i_4(\theta)$ en supposant que le filtrage est idéal (pas d'ondulation sur i_3).

2-3-3 Le filtrage est imparfait et une faible ondulation résiduelle apparaît sur i_3 . Montrez que $i_3(\theta)$ peut s'écrire sous la forme :

$$i_3(\theta) = \langle I_4 \rangle - \frac{I_4}{\sqrt{1 + (2\tau\omega)^2}} \cdot \cos(2\theta - \beta)$$

avec : $\tau = RC$ et $\tan(\beta) = 2RC\omega$

En utilisant la question 2-3-2, établissez une relation entre $\langle I_4 \rangle$ et I_4 .

2-3-4 Calculez l'expression de $i_4(\theta)$ en fonction de I_1 , I_4 , τ , θ , et β . On notera que le terme variable dans l'expression de $i_3(\theta)$ est très petit devant le terme constant et on cherchera à linéariser l'opération de division par un développement limité au premier ordre.

2-3-5 En déduire alors que l'expression de $\langle I_4 \rangle$ présente une erreur relative dont on calculera l'expression en fonction de τ et ω (on rappelle que $\tan(\beta) = 2\tau\omega$).

2-4 Etude de la bande passante

2-4-1 Le fabricant du circuit AD536 indique que l'origine de la limitation en bande passante se situe au niveau des transistors T1 et T2 de l'étage à valeur absolue. Proposez un modèle dynamique petits signaux simplifié pour ces transistors (On négligera la capacité base collecteur). Etablissez l'expression du gain en courant en fonction de la fréquence et des paramètres du modèle.

2-4-2 Représentez l'allure des courants I_{CT1} et I_{CT2} dans ces composants. Calculez leur valeur moyenne. En déduire que le gain de T1 ou T2 varie avec ce courant moyen.

2-4-3 Interprétez la courbe de bande passante de l'AD536 en relation avec les résultats de la question 2-4-2. Quel conditionnement opérer sur V_e pour bénéficier de la bande passante la plus large possible ?

TROISIEME PARTIE

ETUDE D'UN CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMERIQUE

On se propose d'étudier le principe de conversion analogique numérique mis en œuvre dans le circuit ICL 7135 employé dans le multimètre, ainsi que les dispositifs qui corrigent les erreurs de conversion.

3-1 Etude du principe de conversion

3-1-1 Citez et décrivez plusieurs principes de conversion analogique numérique. Identifiez le principe retenu dans ce circuit et justifiez son usage dans cette application.

3-1-2 Le schéma de principe du CAN est représenté figure 3-1. A l'instant initial $t=0$, on suppose que $v_s=0$, l'interrupteur K est en position 1, la logique de commande impose $Q_{raz}=1$ et $Q_e=0$. Etablissez l'expression de $v_s(t)$ en fonction de V_{in} , R , C . Quel est l'état du compteur ?

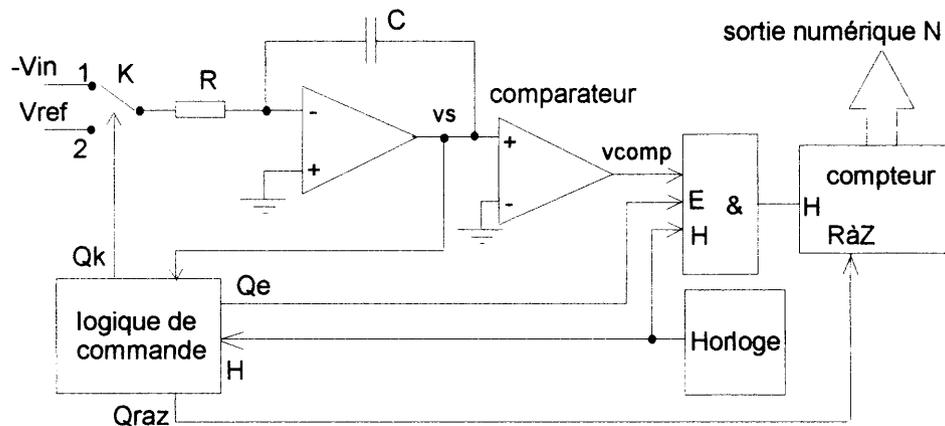


Figure 3-1

3-1-3 A l'instant $t=t_0$ fixé par la logique de commande, K passe en position 2 $Q_{raz}=0$ et $Q_e=1$. Quel est l'état du compteur ? Etablissez la nouvelle expression de $v_s(t)$. Déterminez l'instant t_1 correspondant au changement d'état du comparateur.

3-1-4 Représentez l'évolution de $v_s(t)$ et H entre l'instant initial et t_1 .

3-1-5 On appelle T la période de l'horloge et N la valeur atteinte par le compteur. Exprimez t_1 en fonction de T en indiquant l'erreur commise sur t_1 . Calculez l'erreur ΔV_{in} commise sur V_{in} en fonction de t_0 , V_{ref} et T .

3-1-6 Etablissez la relation entre N et V_{in} , V_{ref} , t_0 et T .

3-1-7 La durée t_0 est déterminée par comptage à partir de l'horloge H. On pose $N_0=t_0/T$, en déduire la nouvelle expression de N en fonction de N_0 , V_{in} , V_{ref} . Sachant que l'on tolère une erreur $\Delta V_{in} = 10^{-4}$ V, calculez N_0 .

3-1-8 On souhaite un affichage sur 20 000 points pour une tension variant de 0 à 1,9999 V. Déterminez le nombre de bits du compteur supposé binaire.

3-1-9 La tension V_{in} n'est pas constante, elle est entachée d'une ondulation $b(t)$ supposée sinusoïdale à la pulsation ω . la nouvelle expression de V_{in} est donc :

$$V'_{in} = -(V_{in} + B \cdot \sin(\omega t))$$

Calculez l'erreur ε résultante sur v_s à l'instant t_0 . En déduire la relation entre t_0 et ω pour annuler cette erreur.

3-1-10 Calculez l'expression du rapport de réjection de l'ondulation R défini par :

$$R = B/\varepsilon$$

Tracez la fonction $R(\omega)$.

3-1-11 Le diélectrique du condensateur C est imparfait et présente un défaut d'absorption de charge qui peut être représenté par une résistance R_p en parallèle sur C . Calculez l'expression exacte de $v_s(t_0)$. En déduire l'erreur relative $\Delta v_s/v_s$ résultante (on rappelle que : $\exp(\varepsilon) \approx 1 + \varepsilon + \varepsilon^2/2$ si $\varepsilon \ll 1$). Proposez une technologie de condensateur qui limite cet effet.

3-1-12 Le comparateur peut introduire une erreur si sa résolution est insuffisante. Calculez sa valeur pour obtenir une erreur inférieure à $1/2$ digit.

3-1-13 On donne $t_0 = 20$ ms et $V_{ref} = 1$ V, calculez la fréquence de l'horloge pour obtenir l'affichage souhaité à la question 3-1-8. Quelle est la durée d'un cycle de conversion ?

3-1-14 On suppose que V_{in} est sinusoïdale et on souhaite la convertir en valeur numérique avec ce circuit. Quelle est la fréquence maximale possible pour V_{in} et quelle fonction supplémentaire doit on employer pour ce faire ?

3-2 Etude des erreurs de conversion

3-2-1 Les tensions d'offset de l'intégrateur et du comparateur ainsi que leurs dérive en température sont sources d'erreur de conversion. AO1 ayant une dérive en température de $de_o/d\theta = 200 \mu V/^\circ C$, déterminez l'erreur relative $\Delta N/N$ sur l'affichage du multimètre lorsque la température varie de $40^\circ C$ si on ne corrige pas cette imperfection. Est-ce compatible avec un appareil destiné à l'instrumentation ?

3-2-2 La figure 3-2 permet de définir et localiser les tensions d'offset. Pour quelle valeur de v_s le comparateur change-t'il d'état ? En déduire la valeur initiale de v_s en début de cycle de conversion.

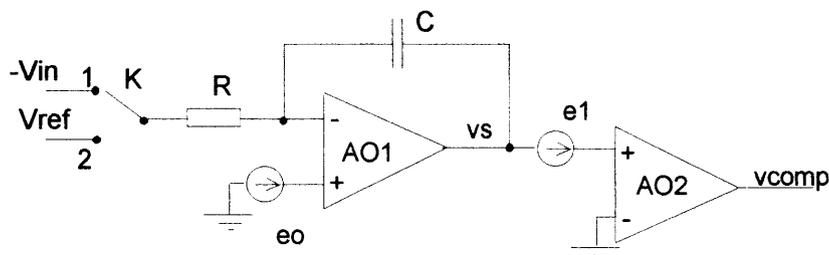


Figure 3-2

3-2-3 Déduire de ce qui précède l'expression de la valeur convertie N en fonction de N_0 , e_0 , V_{in} , V_{ref} , R et C . L'offset e_1 est-il gênant ?

3-2-4 On se propose d'étudier le système auto-correcteur d'erreur. Le principe est représenté figure 3-3. Une phase supplémentaire dite d'auto-zéro est insérée dans le cycle de conversion précédent. Lorsque $K_1=0$, $K_2=1$, $K_3=1$, $K_4=1$, établissez l'expression de v_s et v_{comp} en régime dynamique (notations en variables de Laplace) puis en régime statique en fonction des tensions V_{ref} , e_0 , e'_0 et e_1 (le gain statique de AO2 est noté A_2 , on suppose sa bande passante infinie, le gain statique de AO3 et AO1 est supposé infini). Donnez la valeur de V_{Ce} .

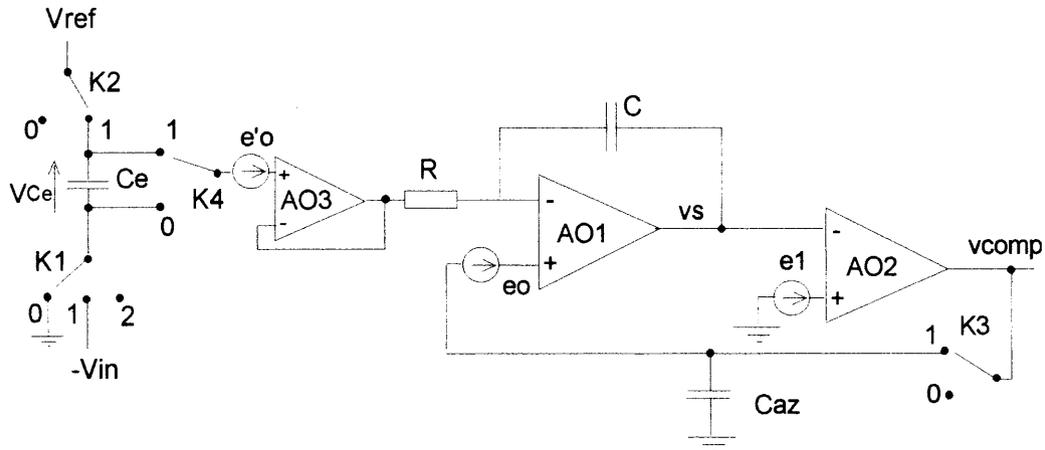


Figure 3-3

3-2-5 La phase d'intégration s'effectue pendant la durée t_0 et correspond à : $K_1=1$, $K_2=0$, $K_3=0$, $K_4=1$. Donnez l'expression de $v_s(t)$. En déduire la valeur de $v_s(t_0)$ à l'instant t_0 .

3-2-6 Durant la phase de comptage ($t > t_0$), l'état des interrupteurs est : $K_1=2$, $K_2=1$, $K_3=0$, $K_4=0$. Déterminez l'expression de $v_s(t)$. Déterminez alors l'instant t_1 de changement d'état du comparateur. En déduire l'expression de N . Qu'en concluez vous ?

3-2-7 Justifiez la présence de l'amplificateur AO3, indiquez sa technologie.

3-2-8 Proposez et justifiez un choix technologique pour C_{az} et C_e .

QUATRIEME PARTIE

ETUDE DE L'ALIMENTATION DU MULTIMETRE

4-1 On se propose d'étudier l'alimentation du multimètre. Définissez et justifiez le rôle des trois régulateurs de tension Z9, Z10, Z11 sur le schéma général (annexe 1).

On étudie à présent la partie constituée par le redresseur, la capacité de filtrage C, le transformateur et le régulateur intégré 7805, comme représenté figure 4-1.

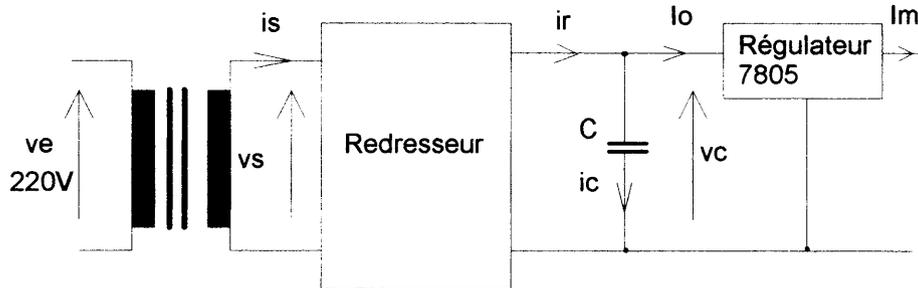


Figure 4-1

On fera les hypothèses suivantes :

- l'inductance secondaire de fuite du transformateur ainsi que sa résistance seront négligées,
- le condensateur C sera supposé parfait,
- le courant absorbé par les différentes fonctions du multimètre I_m est constant.

4-2 Proposez un modèle équivalent du régulateur 7805 vu aux bornes du condensateur C. Justifiez le fait que I_o soit constant et calculez son expression en fonction de I_m .

4-3 La tension $v_s(t)$ est sinusoïdale, notée $v_s(t) = V_s \sin(\theta)$ avec $\theta = \omega t$, $V_s = 12 \text{ V}$. On appelle θ_1 et θ_2 respectivement les angles de mise en conduction et de blocage d'une diode du redresseur. Donnez les expressions de $v_c(\theta)$ lorsque les diodes conduisent puis sont bloquées. Représentez la tension $v_c(\theta)$.

4-4 on pose $A = V_s C \omega / I_o$. Déterminez les relations qui lient θ_1 et A puis θ_2 et A. En déduire l'expression de $\langle v_c \rangle$ en fonction de A, θ_1 et θ_2 .

L'annexe 3 fournit les courbes suivantes :

- $\theta_1(A)$: angle de conduction du pont en fonction de A,
- $\theta_2(A)$: angle de blocage du pont en fonction de A,
- $\Delta v_c / v_c(A)$: ondulation relative de la tension v_c en fonction de A,
- $\langle v_c \rangle / V_s$: tension moyenne normalisée en fonction de A,
- $T(A) = S \cdot K_o$: S = puissance apparente du transformateur pour ce type de charge.

On donne : $K_o = (V_o + \delta) \cdot I_o / \sqrt{2}$, δ est la tension différentielle entrée-sortie du régulateur (drop-out).

4-5 Justifiez le fait qu'il existe une valeur optimale de A et donnez sa valeur numérique.

4-6 Application numérique : l'alimentation doit fournir 5 V sous 1,5 A. La tension de drop-out du régulateur est de 2 V, déterminez V_s . Calculez la valeur optimale du condensateur C ainsi que la puissance apparente du transformateur.

CINQUIEME PARTIE

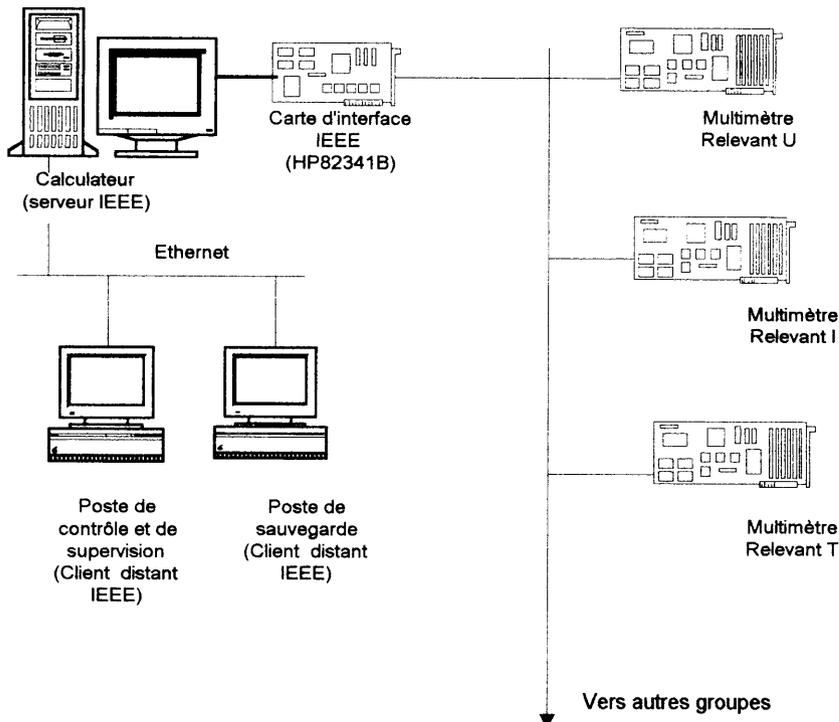
La surveillance de la centrale se fait en prélevant sur chacun des quatre groupes une image de la tension, du courant et de la température.

Les tensions sont conditionnées pour obtenir 100V_{eff} à la valeur nominale, les intensités à 1 ou 5A pour les grandeurs maximales, et les températures sont représentées par une tension de 2 V max pour une variation de 0 à 200°C.

Le banc automatisé assurant cette surveillance est composé :

- d'un serveur PC avec son contrôleur IEEE ;
- d'un ensemble de 3 multimètres montés sur chacun des quatre groupes assurant le relevé de la tension, du courant et de la température.

Nous nous limiterons à la mise en œuvre d'un ensemble de trois multimètres.



5.1 Etude des caractéristiques du bus IEEE 488

Une documentation partielle du bus est fournie en *annexe A4*.

5.1.1 Donner les caractéristiques principales du bus IEEE 488.

Décrire brièvement une séquence d'échange entre le calculateur et les multimètres lors d'une mesure complète (tension, courant et température). On précisera le rôle de chacun des instruments et les commandes ou réponses échangées.

5.1.2 Etablir le chronogramme des signaux de contrôle DAV, NRFD et NDAC lors de l'échange d'un octet entre le calculateur et les multimètres.

5.1.3 Proposer un tableau de configuration donnant les modes et les adresses de chacun des appareils.

5.2 Etude d'une mesure

Il s'agit de configurer les différents appareils pour une mesure automatisée sur l'un des groupes. On se limitera ici à la mise en œuvre du multimètre chargé des relevés en tension.

Un extrait de la bibliothèque de fonctions C (SICL) est fournie en annexe A5 par le constructeur de la carte d'interface IEEE. Elle regroupe les commandes d'initialisation, de lecture/écriture, de temporisation, de gestion des erreurs...

Un exemple d'initialisation et d'identification (*idn.c*) est fourni en annexe A6, les fonctions utilisent les commandes IEEE 488.2 décrites dans l'annexe A4 ainsi que les commandes spécifiques du multimètre décrites dans l'annexe A7.

5.2.1 Préciser le rôle des différentes fonctions utilisées et justifier les arguments.

5.2.2 Modifier le programme pour l'adapter à la commande du multimètre utilisé.

5.2.3 Ecrire le programme de configuration et de mesure du multimètre chargé des relevés en tension.

5.3 Exploitation distante

Le réseau local mise en œuvre fait appel à une architecture Ethernet. Les appareils sont connectés par des paires torsadées sur un équipement d'interconnexion, un hub. La communication utilise les protocoles standards TCP-IP. Les fonctions SICL sont utilisées pour la commande à distance du banc.

5.3.1 A quelles couches de la modélisation OSI correspondent les différentes entités et protocoles cités ci-dessus ?

5.3.2 Les différents PC utilisés font partie du réseau local d'entreprise de classe C. Chaque PC possède une adresse IP fixe.

Sachant que l'adresse du serveur IEEE 488 est 192.44.77.79. , donner l'adresse du réseau local.

5.3.3 Le sous réseau destiné à la mesure est constitué du PC serveur IEEE et des PC clients. Le masque de sous-réseau est fixé à 255.255.225.192, donner l'adresse du sous-réseau, et le numéro du serveur dans ce sous-réseau.

On rappelle que les adresses IP sont définies sur 32 bits et sont exprimées par octet (soit quatre nombres compris entre 0 et 255) notées en décimal et séparés par des points. Exemple : 137.15.223.2.

Les adresses se divisent en deux parties : le numéro de réseau (*net_id*) et le numéro de la machine sur le réseau (*host_id*). Pour la classe C, les 3 bits de poids fort sont fixés à 110, les 21 bits suivants désignent le numéro de réseau et les 8 derniers bits le numéro de la machine. Les adresses autorisées vont donc de 192.0.1.0 à 223.255.254.0, soit 2 097 150 réseaux ($2^{24-3}-2$) et 254 machines par réseau ($2^{32-24}-2$).

De plus, la partie de l'adresse Internet administrée localement (*host_id*) peut être découpée en deux parties : une adresse de sous-réseau et numéro de machine dans ce sous-réseau.

Le masque de sous réseau (*netmask*) permet d'identifier les adresses du sous-réseau. Le masque a le même format qu'une adresse Internet. Les bits à 1 désignent la partie sous-réseau de l'adresse et les bits à 0 la partie numérotation des machines sur le sous-réseau.

SIXIEME PARTIE

PARTIE PEDAGOGIQUE

TRAVAIL PEDAGOGIQUE

6-1 Dans un équipement industriel, on souhaite réaliser un capteur de tension efficace. La tension d'entrée varie entre +10 V et -10 V, le facteur de crête maximal est de 5, la fréquence du signal d'entrée est comprise entre 50 et 500 Hz. L'impédance d'entrée du capteur doit être supérieure à 10 M Ω , l'impédance de sortie doit être nulle.

6-1-1 Détaillez les principes permettant d'obtenir la valeur efficace d'une grandeur électrique, proposez la solution la mieux adaptée au cahier des charges.

6-1-2 On souhaite utiliser le circuit spécialisé AD 536. Proposez un schéma synoptique du système utilisant ce circuit en détaillant et justifiant la structure retenue.

6-1-3 Dimensionnez les différents composants de la solution proposée.

6-2 Rédaction d'un TP de niveau 1ère STI

6-2-1 Proposez une séquence de travaux pratiques de niveau Première STI Electronique qui permette d'illustrer les notions de valeur crête, moyenne et efficace d'une grandeur électrique.

6-2-2 Rédiger le document élève correspondant aux objectifs de la séquence.

6-2-3 Rédigez le document professeur qui établit les objectifs et les moyens d'évaluation.

6-3 Rédaction d'un TD de niveau 2ème année BTS

6-3-1 Proposez une séquence de travaux dirigés de niveau deuxième année de BTS Electronique, qui permette d'illustrer le principe de conversion RMS-DC mis en œuvre dans le circuit AD536.

6-3-2 Rédiger le document élève correspondant aux objectifs de la séquence.

6-3-3 Rédigez le document professeur qui établit les objectifs et les moyens d'évaluation.