

Subject Name (Gujarati)

4321103 -- Winter 2024

Semester 1 Study Material

Detailed Solutions and Explanations

પ્રશ્ન 1(અ) [3 ગુણ]

CE રૂપરેખાંકન માટે એમ્પલીફાયર પરિમાણો A_i , R_i અને R_o સમજાવો.

જવાબ

Common Emitter (CE) એમ્પલીફાયર પરિમાણો:

Table 1: CE એમ્પલીફાયર પરિમાણો

| પરિમાણ | વ્યાખ્યા | CE રૂપરેખાંકન |
|-----------------------------|--|--------------------------|
| કરંટ ગેઇન (A_i) | આઉટપુટ કરંટનો ઇનપુટ કરંટ સાથેનો ગુણોત્તર | ઊંચો (20-500) |
| ઇનપુટ રેઝિસ્ટન્સ (R_i) | ઇનપુટ પર કરંટ પ્રવાહનો વિરોધ | મધ્યમ (1-2 k Ω) |
| આઉટપુટ રેઝિસ્ટન્સ (R_o) | આઉટપુટ પર કરંટ પ્રવાહનો વિરોધ | ઊંચો (40-50 k Ω) |

આકૃતિ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting}[]
graph LR
    I[Input Signal] --> R[Ri: 1-2 kΩ]
    R --> A[CE Amplifier]
    A --> O[Output Signal]
    A --> RO[Ro: 40-50 kΩ]
    A --> Ai["Ai: 20-500"]
    Ai --> O
{Highlighting}
{Shaded}
```

યાદવાક્ય: "CAR" - CE માં Current gain ઊંચો, Average input resistance, અને Robust output resistance.

પ્રશ્ન 1(બ) [4 ગુણ]

હીટ સિંક પર ટૂંકી નોંધ લખો.

જવાબ

હીટ સિંક: એવું ઉપકરણ જે ઇલેક્ટ્રોનિક ઘટકોમાંથી ગરમી શોષે છે અને વિખેરે છે

આકૃતિ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting}[]
graph LR
    T[Transistor] --> HS[Heat Sink]
    HS --> A[Ambient Air]

    subgraph Heat Sink Structure
        direction LR
        F[Fins] --> B[Base]
    end
end
{Highlighting}
{Shaded}
```

હીટ સિંકના પ્રકારો:

- પેસિવ હીટ સિંક: કુદરતી convection પર આધાર રાખે છે
- એક્ટિવ હીટ સિંક: ફોર્સ એર convection માટે ફેન વાપરે છે
- લિક્વિડ-કૂલ્ડ હીટ સિંક: વધુ સારા heat transfer માટે પ્રવાહી વાપરે છે

મુખ્ય કાર્યો:

- થર્મલ કન્ડક્શન: ઘટકોમાંથી ગરમી દૂર ખેંચે છે
- થર્મલ કન્વેક્શન: ગરમી આસપાસની હવામાં ટ્રાન્સફર કરે છે
- સરફેસ એરિયા: પાંખો વધુ સારા કૂલિંગ માટે સપાટી ક્ષેત્રફળ વધારે છે

યાદવાક્ય: "CRAFT" - Cooling through Radiation And Fins for Transistors.

પ્રશ્ન 1(ક) [7 ગુણ]

થર્મલ રનઅવે અને થર્મલ સ્ટેબિલિટીનું વર્ણન કરો. ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં થર્મલ રન અવે કેવી રીતે દૂર કરી શકાય?

જવાબ

થર્મલ રનઅવે: સ્વ-મજબૂત કરતી પ્રક્રિયા જ્યાં વધતા તાપમાનને કારણે વધુ કરંટ પ્રવાહ થાય છે, જે આગળ તાપમાન વધારે છે
થર્મલ સ્ટેબિલિટી: તાપમાન ફેરફારો હોવા છતાં ટ્રાન્ઝિસ્ટર સર્કિટની સ્થિર કામગીરી જાળવવાની ક્ષમતા
આકૃતિ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph TD
    A[Increased Temperature] --> B[Increased Collector Current]
    B --> C[More Power Dissipation]
    C --> A

    D[Thermal Stability Methods] --> E[Break This Cycle]
{Highlighting}
{Shaded}
```

થર્મલ રનઅવે દૂર કરવાની પદ્ધતિઓ:

- હીટ સિંક: વધારાની ગરમીને શોષે અને વિખેરે છે
- નેગેટિવ ફીડબેક: સ્થિરતા માટે એમિટર રેઝિસ્ટર વાપરવો
- બાયસ સ્ટેબિલાઇઝેશન: વોલ્ટેજ ડિવાઇડર બાયસિંગ સર્કિટ
- તાપમાન ક્ષતિપૂર્તિ: ડાયોડ અથવા થર્મિસ્ટર્સનો ઉપયોગ કરવો

મુખ્ય મુદ્દાઓ:

- $IC = ICBO(1 + \beta) + \beta IB$: કલેક્ટર કરંટ પરાધીનતા દર્શાવે છે
- $ICBO$ બમણો થાય છે: દર 10
- સ્ટેબિલિટી ફેક્ટર S : ઓછું S એટલે વધુ સારી સ્થિરતા

યાદવાક્ય: "RENT" - Reduce heat with sinks, Emitter resistors stabilize, Negative feedback helps, Temperature compensation.

પ્રશ્ન 1(ક) OR [7 ગુણ]

બાયસિંગ પદ્ધતિઓના પ્રકારો લખો. વોલ્ટેજ વિભાજક બાયસિંગ પદ્ધતિને વિગતોમાં સમજાવો.

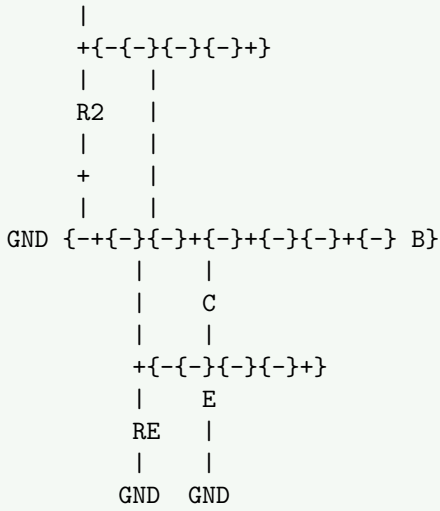
જવાબ

બાયસિંગ પદ્ધતિઓના પ્રકારો:

- ફિક્સ્ડ બાયસ
- કલેક્ટર-ટુ-બેઝ બાયસ
- વોલ્ટેજ ડિવાઇડર બાયસ
- એમિટર બાયસ
- કલેક્ટર ફીડબેક બાયસ

વોલ્ટેજ ડિવાઇડર બાયસ સર્કિટ:

```
+Vcc
|
R1
```



કાર્યપ્રણાલી:

- R1 અને R2: બેઝ વોલ્ટેજ પ્રદાન કરતા વોલ્ટેજ ડિવાઇડર બનાવે છે
- RE: સ્થિરતા અને નેગેટિવ ફીડબેક પ્રદાન કરે છે
- સ્ટેબલ બાયસ પોઇન્ટ: તાપમાન અને β ફેરફારોથી ઓછો પ્રભાવિત

ફાયદાઓ:

- ઉત્તમ સ્થિરતા: તાપમાન ફેરફારોથી ઓછો પ્રભાવિત
- β થી સ્વતંત્ર: બાયસ પોઇન્ટ ટ્રાન્ઝિસ્ટર ગેઇનથી ખૂબ પ્રભાવિત નથી
- વ્યાપકપણે ઉપયોગમાં: એમ્પ્લીફાયર માટે સૌથી સામાન્ય બાયસિંગ પદ્ધતિ

યાદવાક્ય: "DIVE" - Divider biasing Is Very Effective for stability.

પ્રશ્ન 2(અ) [3 ગુણ]

સ્ટેબિલિટી પરિબલનું લક્ષણો સમજાવો.

જવાબ

સ્ટેબિલિટી ફેક્ટર (S): બાયસિંગ સર્કિટ તાપમાન ફેરફારો સાથે સ્થિર કામગીરી કેટલી સારી રીતે જાળવે છે તેનું માપ ગાણિતિક વ્યાખ્યા: $S = \frac{\Delta I_C / I_{CQ}}{\Delta I_{CBO} / I_{CQ}}$ (કલેક્ટર કરંટમાં ફેરફાર / રિવર્સ સેચ્યુરેશન કરંટમાં ફેરફાર)

Table 2: વિવિધ બાયસ સર્કિટ્સ માટે સ્ટેબિલિટી ફેક્ટર્સ

| બાયસિંગ મેથડ | સ્ટેબિલિટી ફેક્ટર | સ્ટેબિલિટી લેવલ |
|-----------------|---------------------------|-----------------|
| ફિક્સ્ડ બાયસ | $S = 1 + \beta$ | ખરાબ |
| કલેક્ટર-ટુ-બેઝ | $S = \beta / (1 + \beta)$ | બેહતર |
| વોલ્ટેજ ડિવાઇડર | $S \approx 1$ | ઉત્તમ |

મુખ્ય લક્ષણો:

- ઓછો S મૂલ્ય: વધુ સારી સ્થિરતા દર્શાવે છે (આદર્શ $S=1$)
- તાપમાન પ્રતિરોધ: તાપમાન ફેરફારોથી રક્ષણની માત્રા માપે છે
- સર્કિટ ડિઝાઇન ટૂલ: બાયસિંગ પદ્ધતિઓની તુલના કરવામાં મદદ કરે છે

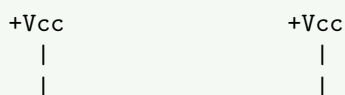
યાદવાક્ય: "SOS" - Stability Of circuit Shows in its S-factor.

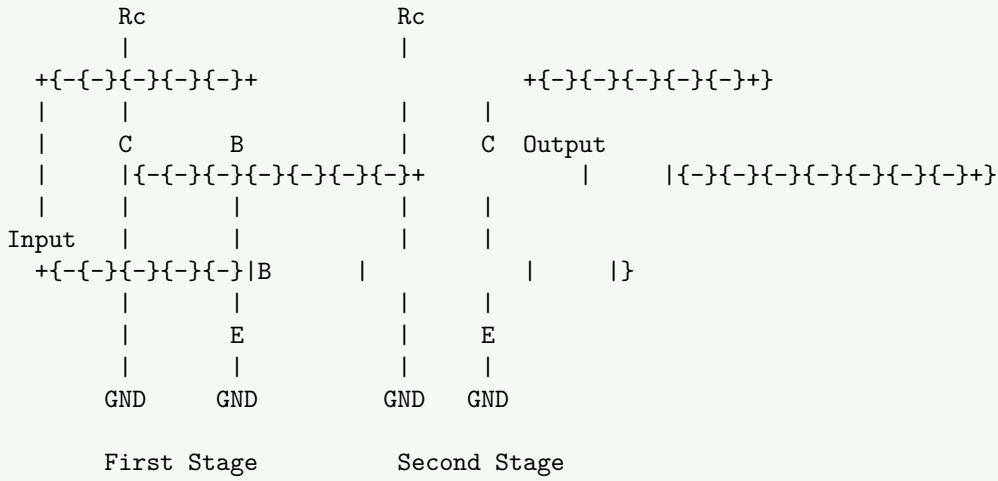
પ્રશ્ન 2(બ) [4 ગુણ]

કાસ્કેડિંગની ડાયરેક્ટ કપ્લીંગ ટેકનિકનું વર્ણન કરો.

જવાબ

ડાયરેક્ટ કપ્લીંગ: કપલિંગ કેપેસિટર્સ વિના સ્ટેજ જોડવું. એક સ્ટેજના કલેક્ટરને સીધો આગલા સ્ટેજના બેઝ સાથે જોડવો આકૃતિ:





મુખ્ય લક્ષણો:

- કોઈ કપલિંગ ઘટકો નહીં: સીધો ઇલેક્ટ્રિકલ કનેક્શન
- પૂર્ણ ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ: સારી લો-ફ્રીક્વન્સી પરફોર્મન્સ
- DC લેવલ શિફ્ટિંગ: સ્ટેજ વચ્ચે જરૂરી છે

એપ્લિકેશન્સ:

- ઓપરેશનલ એમ્પ્લીફાયર્સ: આંતરિક સ્ટેજ
- DC એમ્પ્લીફાયર્સ: જ્યાં લો-ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ મહત્વપૂર્ણ છે

યાદવાક્ય: "DIRECT" - DC signals Immediately REach Connecting Transistors.

પ્રશ્ન 2(ક) [7 ગુણ]

બે તબક્કાનાં આર સી કપલ્ડ એમ્પ્લીફાયરનો આવર્તન પ્રતિભાવ સમજાવો.

જવાબ

RC કપલ્ડ એમ્પ્લીફાયર: એમ્પ્લીફિકેશન સ્ટેજ વચ્ચે કપલિંગ માટે રેસિસ્ટર-કેપેસિટર નેટવર્ક વાપરે છે ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ આકૃતિ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting}[]
graph LR
    subgraph Frequency_Response
        L[Low Frequency] --> M[Mid Frequency] --> H[High Frequency]
    end

    L -- "20Hz-500Hz" --> M -- "Gain rises" --> M
    M -- "500Hz-20kHz" --> H -- "Flat gain" --> H
    H -- "20kHz" --> D[Drop-off] -- "Gain falls" --> D

    style L fill:#fff,stroke:#333,stroke-width:1px
    style M fill:#fff,stroke:#333,stroke-width:1px
    style H fill:#fff,stroke:#333,stroke-width:1px
    style D fill:#fff,stroke:#333,stroke-width:1px
```

Table 3: ફ્રીક્વન્સી રીજન

| રીજન | ફ્રીક્વન્સી રેન્જ | લક્ષણો | મર્યાદિત ઘટકો |
|------|-------------------|------------------------------|-------------------------|
| લો | 20Hz-500Hz | ફ્રીક્વન્સી સાથે ગેઇન વધે છે | કપલિંગ કેપેસિટર્સ |
| મિડ | 500Hz-20kHz | સ્થિર ગેઇન (મહત્તમ) | કોઈ નહીં |
| હાઇ | >20kHz | ફ્રીક્વન્સી સાથે ગેઇન ઘટે છે | ટ્રાન્ઝિસ્ટર કેપેસિટન્સ |

બે-સ્ટેજની અસર:

- બેન્ડવિડ્થ: સિંગલ સ્ટેજ કરતાં સાંકડી
- ગેઇન: સિંગલ સ્ટેજના લગભગ વર્ગ જેટલો ($A_1 \times A_2$)
- ફેઝ શિફ્ટ: લો અને હાઇ ફ્રીક્વન્સી પર બમણી

યાદવાક્ય: "LMH" - Low frequencies by coupling caps, Mid frequencies flat, High frequencies by transistor caps.

પ્રશ્ન 2(અ) OR [3 ગુણ]

એમ્પલીફાયરની બેન્ડવિડ્થ અને ગેઇન-બેન્ડવિડ્થ ઉત્પાદનને સંક્ષિપ્તમાં સમજાવો.

જવાબ

બેન્ડવિડ્થ (BW): ફ્રીક્વન્સીઓની રેન્જ જ્યાં એમ્પલીફાયર ગેઇન મહત્તમ ગેઇનના ઓછામાં ઓછા 70.7% છે ગેઇન-બેન્ડવિડ્થ પ્રોડક્ટ (GBP): વોલ્ટેજ ગેઇન અને બેન્ડવિડ્થનો ગુણાકાર, આપેલા એમ્પલીફાયર માટે સ્થિર આકૃતિ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    F[Frequency] --{-}{-}{-} G[Gain]

    subgraph Bandwidth
        FL[f_{1}: Lower Cutoff] --{-}{-}{-} FM[Maximum Gain Region] --{-}{-}{-} FH[f_{2}: Upper Cutoff]
    end

    FL --{-}{-} "0.707" --{-}{-}{-} G
    FH --{-}{-} "0.707" --{-}{-}{-} G
{Highlighting}
{Shaded}
```

મુખ્ય સૂત્રો:

- બેન્ડવિડ્થ: $BW = f_2 - f_1$
- ગેઇન-બેન્ડવિડ્થ પ્રોડક્ટ: $GBP = A_0 \times BW()$

યાદવાક્ય: "BAND" - Bandwidth And gain Never Drop together (એક વધે ત્યારે બીજો ઘટે).

પ્રશ્ન 2(બ) OR [4 ગુણ]

એમ્પલીફાયરના ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ પર એમિટર બાયપાસ કેપેસિટર અને કપલિંગ કેપેસિટરની અસરો સમજાવો.

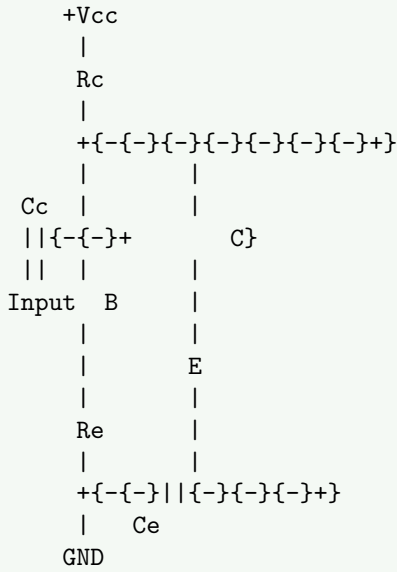
જવાબ

ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ પર અસરો:

Table 4: કેપેસિટર અસરો

| કેપેસિટર | કાર્ય | ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ પર અસર |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| કપલિંગ કેપેસિટર (Cc) | DC બ્લોક કરે, AC પસાર કરે | લો-ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ મર્યાદિત કરે |
| બાયપાસ કેપેસિટર (Ce) | એમિટર રેઝિસ્ટરને બાયપાસ કરે | મિડ અને હાઇ ફ્રીક્વન્સી પર ગેઇન વધારે |

આકૃતિ:



મુખ્ય અસરો:

- **Ce** વગર: ઓછો ગેઇન, વધુ સારી સ્થિરતા, વધુ સારો લો-ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ
- **Cc** વગર: DC કપલિંગ, ઉત્તમ લો-ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ
- કેપેસિટર મૂલ્યો: કટઓફ ફ્રીક્વન્સીઓ (f_1, f_2)

યાદવાક્ય: "CELL" - Coupling affects Extremely Low frequencies, bypass affects Low to high.

પ્રશ્ન 2(ક) OR [7 ગુણ]

ટ્રાન્સફોર્મર કપલ્ડ એમ્પલીફાયર અને આરસી કપલ્ડ એમ્પલીફાયરની સરખામણી કરો

જવાબ

Table 5: ટ્રાન્સફોર્મર કપલ્ડ vs RC કપલ્ડ એમ્પલીફાયરની સરખામણી

| લક્ષણ | ટ્રાન્સફોર્મર કપલ્ડ | RC કપલ્ડ |
|-----------------------|----------------------------|-------------------------|
| કપલિંગ ઘટક | ટ્રાન્સફોર્મર | કેપેસિટર અને રેઝિસ્ટર |
| કાર્યક્ષમતા | ઊંચી (90%) | મધ્યમ (20-30%) |
| કદ અને વજન | મોટું અને ભારે | કોમ્પેક્ટ અને હલકું |
| ખર્ચ | મોંઘું | સસ્તું |
| ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ | ખરાબ (મર્યાદિત બેન્ડવિડ્થ) | સારો (વિશાળ બેન્ડવિડ્થ) |
| ઇમ્પીડન્સ મેચિંગ | ઉત્તમ | ખરાબ |
| DC આઇસોલેશન | સંપૂર્ણ | માત્ર AC સિગ્નલ્સ |
| ડિસ્ટોર્શન | ઊંચું | નીચું |

આકૃતિ:

```
graph TB
    subgraph "RC Coupled"
        RC[Resistor{-Capacitor} {-}{-} RCF[Flat Responsebr /Wide Bandwidth]]
    end

    subgraph "Transformer Coupled"
        TC[Transformer] {-}{-} TCF[Peaked Responsebr /Narrow Bandwidth]]
    end
```

એપ્લિકેશન્સ:

- **RC કપલ્ડ:** ઓડિયો એમ્પલીફાયર્સ, જનરલ-પર્પઝ એમ્પલીફાયર્સ
- **ટ્રાન્સફોર્મર કપલ્ડ:** પાવર એમ્પલીફાયર્સ, રેડિયો ટ્રાન્સમિટર્સ

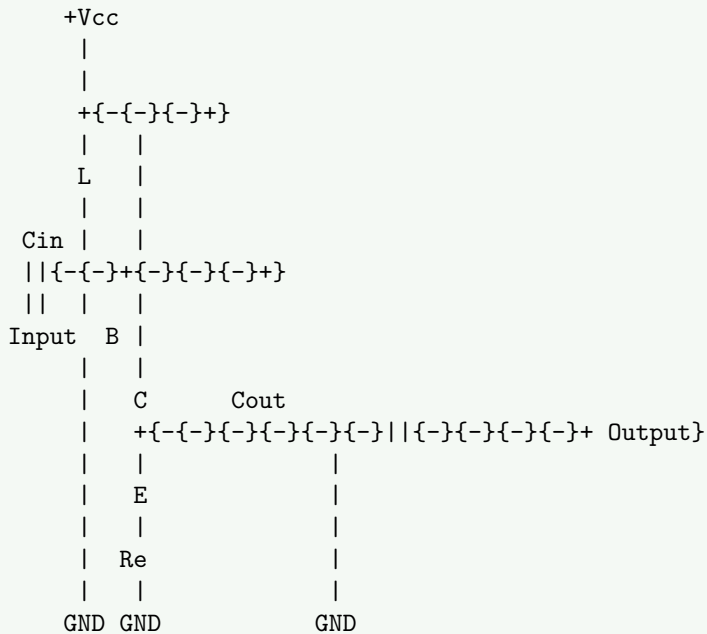
યાદવાક્ય: "TRIP" - Transformers are Robust for Impedance matching, Problematic for bandwidth.

પ્રશ્ન 3(અ) [3 ગુણ]

ત્યુન કરેલ એમ્પલીફાયર તરીકે ઉપયોગમાં લેવાતા ટ્રાન્ઝિસ્ટરનું વર્ણન કરો.

જવાબ

ત્યુડ એમ્પલીફાયર: એમ્પલીફાયર જે સાંકડા ફ્રીક્વન્સી બેન્ડમાં સિગ્નલ્સને પસંદગીપૂર્વક એમ્પલિફાય કરે છે
આકૃતિ:



મુખ્ય ઘટકો:

- LC ટેક સર્કિટ: રેઝોનન્ટ ફ્રીક્વન્સી નક્કી કરે છે
- ટ્રાન્ઝિસ્ટર: એમ્પલીફિકેશન પૂરું પાડે છે
- રેઝોનન્ટ ફ્રીક્વન્સી: $f_0 = 1/(2)$

એપ્લિકેશન્સ:

- રેડિયો રિસીવર્સ: ઇચ્છિત ફ્રીક્વન્સી પસંદ કરે છે
- TV ટ્યુનર્સ: ચેનલ પસંદગી
- RF એમ્પલીફાયર્સ: કમ્યુનિકેશન સિસ્ટમ્સ

यादवाक्य: "TUNE" - Transistors Using Narrowband Elements for frequency selection.

પ્રશ્ન 3(બ) [4 ગુણ]

ડાયરેક્ટ કપલ્ડ એમ્પલીફાયરને સંક્ષિપ્તમાં સમજાવો.

ଉଦାହ

ડાયરેક્ટ કપલ્ડ એમ્પલીફાયર: મલ્ટિપલ સ્ટેજ એમ્પલીફાયર જ્યાં કપલિંગ કેપેસિટર્સ અથવા ટ્રાન્સફોર્મર્સ વગર સ્ટેજ સીધા જોડાયેલા છે આકૃતિ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting}[]
graph LR
    I[Input] --{} T1[Transistor 1] --{} T2[Transistor 2] --{} O[Output]
    T1 --{} "Direct Connection{}br /{}No Coupling Components" --{} T2
{Highlighting}
{Shaded}
```

મુખ્ય લક્ષણો:

- DC એમ્પલીફિકેશન: DC થી ઊંચી ફ્રીક્વન્સી સુધી એમ્પ્લિફાય કરી શકે છે
- કોઈ કપલિંગ ઘટકો નહીં: કલેક્ટર આગલા બેઝ સાથે સીધો જોડાયેલો
- લેવલ શિફ્ટિંગ: સ્ટેજ વચ્ચે જરૂરી છે

- થર્મલ ડ્રિફ્ટ: સીધા DC કપલિંગને કારણે પડકાર

એપ્લિકેશન્સ:

- ઓપરેશનલ એમ્પલીફાયર્સ: આંતરિક સ્ટેજ
- DC એમ્પલીફાયર્સ: લેબોરેટરી ઇન્સ્ટ્રુમેન્ટ્સ
- સેન્સિંગ સર્કિટ્સ: તાપમાન અને દબાણ સેન્સર્સ

યાદવાક્ય: "DCAP" - Direct Coupled Amplifier Passes all frequencies including DC.

પ્રશ્ન 3(ક) [7 ગુણ]

બે પોર્ટ નેટવર્કમાં h પરિમાણોનું મહત્વ વર્ણવો. CE એમ્પલીફાયર માટે h-પેરામીટર્સ સર્કિટ દોરો.

જવાબ

h-પેરામીટર્સ (હાઇબ્રિડ પેરામીટર્સ): ચાર પેરામીટર્સનો સેટ જે બે-પોર્ટ નેટવર્કનું વર્તન વ્યાખ્યાયિત કરે છે
મહત્વ:

- સંપૂર્ણ ચરિત્રીકરણ: એમ્પલીફાયર વર્તનને સંપૂર્ણ રીતે વર્ણવે છે
- સરળ માપન: સરળ સ્થિતિઓ હેઠળ માપી શકાય છે
- વિશ્લેષણ ટૂલ: સર્કિટ વિશ્લેષણને સરળ બનાવે છે
- માનકીકૃત અભિગમ: ટ્રાન્ઝિસ્ટર્સની તુલના માટે સાર્વત્રિક પદ્ધતિ

h-પેરામીટર સમીકરણો:

$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$$

CE એમ્પલીફાયર માટે h-પેરામીટર સર્કિટ:

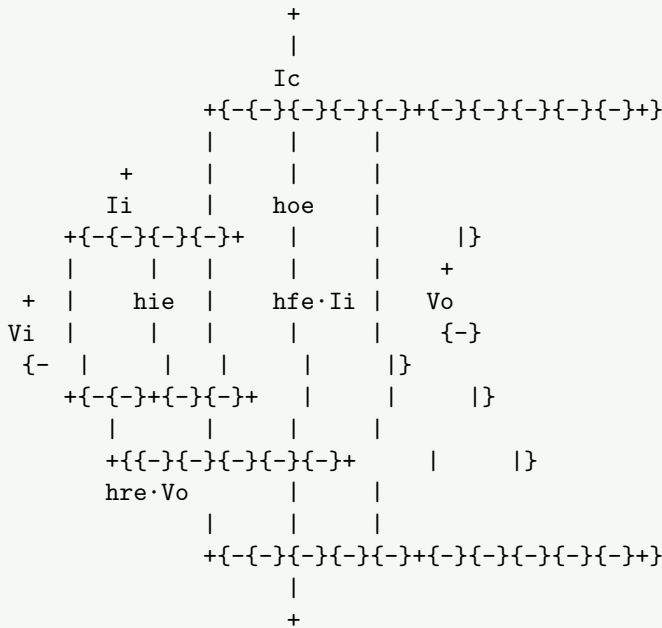


Table 6: CE કોન્ફિગરેશન માટે h-પેરામીટર્સ

| પેરામીટર | સિમ્બોલ | સામાન્ય મૂલ્ય | ભૌતિક અર્થ |
|--------------------------|---------------|----------------------|------------------------------------|
| ઇનપુટ ઇમ્પીડન્સ | $h_{11}(hie)$ | 1-2 k Ω | આઉટપુટ શોર્ટ સાથે ઇનપુટ રેઝિસ્ટન્સ |
| રિવર્સ વોલ્ટેજ ટ્રાન્સફર | $h_{12}(hre)$ | $1-4 \times 10^{-4}$ | રિવર્સ ફીડબેક રેશિયો |
| ફોરવર્ડ કરંટ ટ્રાન્સફર | $h_{21}(hfe)$ | 20-500 | કરંટ ગેઇન (β) |
| આઉટપુટ એડમિટન્સ | $h_{22}(hoe)$ | 20-50 μ S | આઉટપુટ કન્ડક્ટન્સ |

યાદવાક્ય: "HIRE" - h-parameters Include Resistance and current gain Effectively.

પ્રશ્ન 3(અ) OR [3 ગુણ]

ટ્રાન્સફોર્મર કપલ્ડ એમ્પલીફાયર અને ડાયરેક્ટ કપલ્ડ એમ્પલીફાયરની સરખામણી કરો.

Table 7: ટ્રાન્સફોર્મર અને ડાયરેક્ટ કપલ્ડ એમ્પલીફાયર વચ્ચે સરખામણી

| લક્ષણ | ટ્રાન્સફોર્મર કપલ્ડ | ડાયરેક્ટ કપલ્ડ |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| કપલિંગ ઘટક | ટ્રાન્સફોર્મર | કોઈ નહીં (સીધું કનેક્શન) |
| ફ્રીક્વન્સી રિસ્પોન્સ | લો ફ્રીક્વન્સી પર મર્યાદિત | ઉત્તમ (DC થી ઊંચી ફ્રીક્વન્સી) |
| DC આઇસોલેશન | સંપૂર્ણ | કોઈ નહીં |
| કદ | મોટું | કોમ્પેક્ટ |
| ખર્ચ | ઊંચો | નિમ્ન |
| DC શિક્ષક સમસ્યા | ના | હા |

આકૃતિ:

Mermaid Diagram (Code)

```

{Shaded}
{Highlighting}[]
graph TD
    subgraph "Transformer Coupled"
        T1[Transistor 1] -.-> TR[Transformer] -.-> T2[Transistor 2]
    end

    subgraph "Direct Coupled"
        D1[Transistor 1] -.-> "Direct Connection" -.-> D2[Transistor 2]
    end
{Highlighting}
{Shaded}

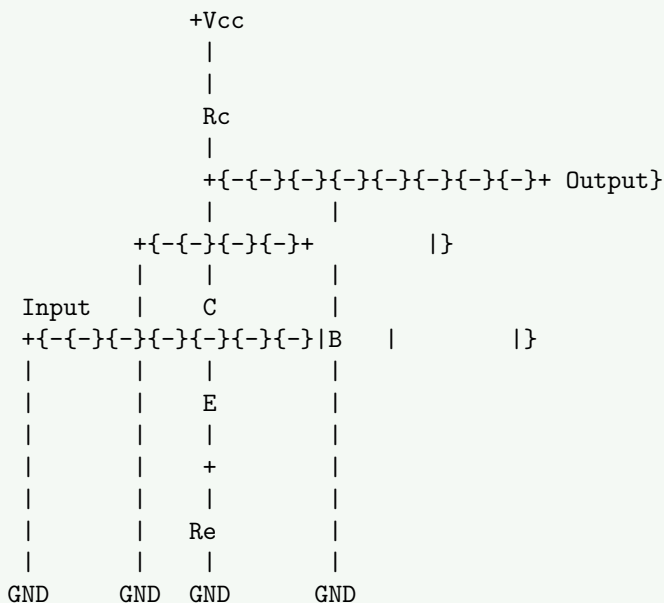
```

યાદવાક્ય: "TDC" - Transformers provide DC isolation, Direct provides Complete frequency range.

પ્રશ્ન 3(બ) OR [4 ગુણ]

કોમન એમિટર એમ્પલીફાયરનું સર્કિટ ડાયાગ્રામ દોરો અને સમજાવો.

કોમન એમિટર એમ્પલીફાયર: એવી કોન્ફિગરેશન જ્યાં એમિટર ઇનપુટ અને આઉટપુટ બંને સર્કિટ્સ માટે કોમન છે સર્કિટ ડાયાગ્રામ:



કાર્યપ્રણાલી:

- ઇનપુટ: બેઝ અને એમિટર વચ્ચે લાગુ કરવામાં આવે છે

- આઉટપુટ: કલેક્ટર અને એમિટરથી લેવામાં આવે છે
- ફેઝ શિફ્ટ: ઇનપુટ અને આઉટપુટ વચ્ચે 180°
- ગેઇન: ઊંચો વોલ્ટેજ અને કરંટ ગેઇન

મુખ્ય લક્ષણો:

- ઊંચો ગેઇન: સામાન્ય વોલ્ટેજ ગેઇન 300-1000
- મધ્યમ ઇનપુટ ઇમ્પીડન્સ: 1-2 kΩ
- ઊંચો આઉટપુટ ઇમ્પીડન્સ: 40-50 kΩ
- સિગ્નલ ઇન્વર્ઝન: આઉટપુટ ઇન્વર્ટેડ છે

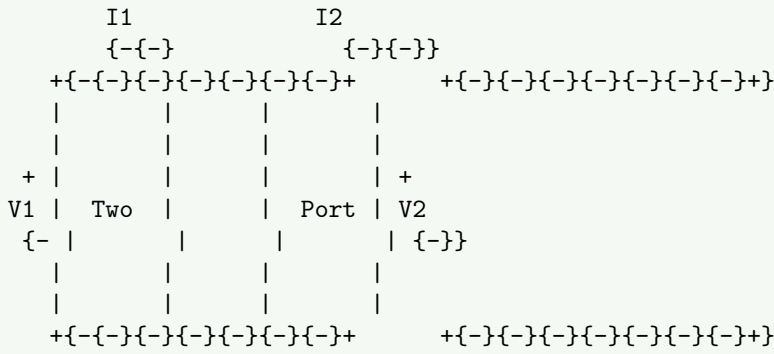
યાદવાક્ય: "CEA" - Common Emitter Amplifies with signal inversion.

પ્રશ્ન 3(ક) OR [7 ગુણ]

ટ્રાન્ઝિસ્ટર ટુ પોર્ટ નેટવર્ક દોરો અને તેના માટે h-પેરામીટર્સનું વર્ણન કરો. હાઇબ્રિડ પરિમાણોના ફાયદા લખો.

જવાબ

ટ્રાન્ઝિસ્ટર ટુ-પોર્ટ નેટવર્ક:



h-પેરામીટર સમીકરણો:

- $V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$
- $I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$

Table 8: h-પેરામીટર્સ વર્ણન

| પેરામીટર | સિમ્બોલ | વર્ણન | માપન સ્થિતિ |
|--------------------------|----------|-----------|-------------|
| ઇનપુટ ઇમ્પીડન્સ | h_{11} | V_1/I_1 | $V_2 = 0()$ |
| રિવર્સ વોલ્ટેજ ટ્રાન્સફર | h_{12} | V_1/V_2 | $I_1 = 0()$ |
| ફોરવર્ડ કરંટ ટ્રાન્સફર | h_{21} | I_2/I_1 | $V_2 = 0()$ |
| આઉટપુટ એડમિટન્સ | h_{22} | I_2/V_2 | $I_1 = 0()$ |

હાઇબ્રિડ પેરામીટર્સના ફાયદા:

- સરળ માપન: દરેક પેરામીટર માટે સરળ શરતો
- સાર્વત્રિકતા: બધા ટ્રાન્ઝિસ્ટર કોન્ફિગરેશન માટે કામ કરે છે
- સંપૂર્ણ ચરિત્રીકરણ: વર્તનનું સંપૂર્ણ વર્ણન કરે છે
- ગાણિતિક સરળતા: લીનિયર સમીકરણો
- માનકીકૃત: સ્પેસિફિકેશન માટે ઉદ્યોગ માનક

યાદવાક્ય: "HAEM" - Hybrid parameters Are Easily Measured and mathematically simple.

પ્રશ્ન 4(અ) [3 ગુણ]

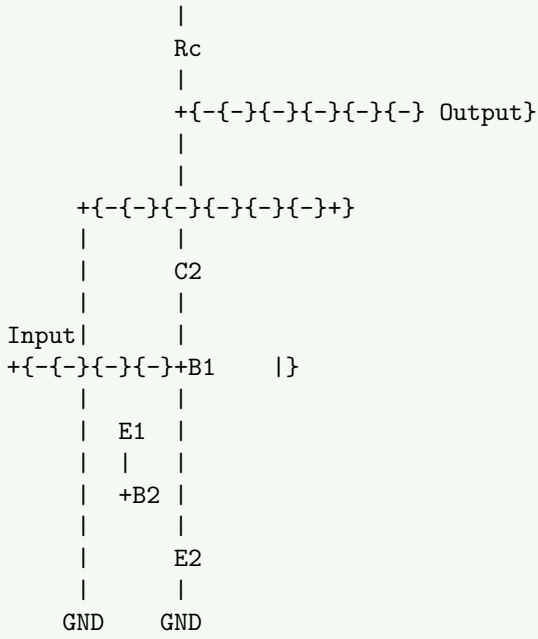
ડાર્લિંગ્ટન જોડી અને તેની એપ્લિકેશનો સમજાવો.

જવાબ

ડાર્લિંગ્ટન પેર: બે ટ્રાન્ઝિસ્ટર્સની કોન્ફિગરેશન જ્યાં પહેલાનો એમિટર બીજાના બેઝ સાથે જોડાયેલો છે

આકૃતિ:





મુખ્ય લક્ષણો:

- ખૂબ ઊંચો કરંટ ગેઇન: $\beta_1 \times \beta_2 (1000 - 30000)$
- ઊંચો ઇનપુટ ઇમ્પીડન્સ: $\beta_2 \times R_{in1}$
- નિમ્ન આઉટપુટ ઇમ્પીડન્સ: સિંગલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર જેવું

એપ્લિકેશન્સ:

- પાવર એમ્પલીફાયર્સ: ઓડિયો ઇક્વિપમેન્ટ
- બફર સર્કિટ્સ: ઊંચા ઇમ્પીડન્સથી નિમ્ન ઇમ્પીડન્સ
- મોટર ડ્રાઇવર્સ: ઊંચા-કરંટ લોડ્સ કંટ્રોલ
- ટચ સેન્સર્સ: ઊંચી સંવેદનશીલતા એપ્લિકેશન્સ

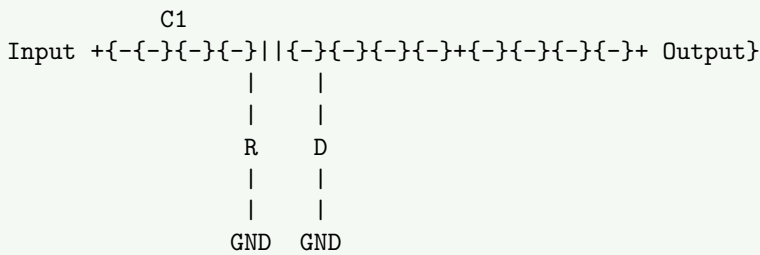
યાદવાક્ય: "DISH" - Darlington Integrates Stages for High current gain.

પ્રશ્ન 4(બ) [4 ગુણ]

જરૂરી ડાયાગ્રામ સાથે ડાયોડ કલેમ્પર સર્કિટનું વર્ણન કરો.

જવાબ

કલેમ્પર સર્કિટ: વેવફોર્મના આકારને બદલ્યા વગર તેના DC લેવલને શિફ્ટ કરે છે
આકૃતિ:



કાર્યપ્રણાલી:

- પોઝિટિવ કલેમ્પર: વેવફોર્મને નીચે શિફ્ટ કરે છે
- નેગેટિવ કલેમ્પર: વેવફોર્મને ઉપર શિફ્ટ કરે છે
- કેપેસિટર: DC બ્લોક કરે, AC પસાર કરે
- ડાયોડ: એક હાફ-સાયકલ દરમિયાન કન્ડક્ટ કરે છે
- રેઝિસ્ટર: કેપેસિટર માટે ડિસ્ચાર્જ પાથ

ટાઇમ કોન્સ્ટન્ટ્સ:

- ચાર્જિંગ: ખૂબ નાનું (ડાયોડ ફોરવર્ડ રેઝિસ્ટન્સ $\times C$)
- ડિસ્ચાર્જિંગ: સિગ્નલ પીરિયડની સરખામણીમાં મોટું ($R \times C$)

એપ્લિકેશન્સ:

- TV સિગ્નલ પ્રોસેસિંગ: DC ઘટક પુનઃસ્થાપિત કરે છે
- પલ્સ સર્કિટ્સ: લેવલ શિફ્ટિંગ

- સિગ્નલ પ્રોસેસિંગ: DC પુનઃસ્થાપના
- યાદવાક્ય: "CLAMP" - Circuit Levels Are Modified Precisely.

પ્રશ્ન 4(ક) [7 ગુણ]

OLED નાં બાંધકામ, કાર્ય અને એપ્લિકેશન સમજાવો.

જવાબ

OLED (ઓર્ગેનિક લાઇટ એમિટિંગ ડાયોડ): ઓર્ગેનિક કંપાઉન્ડ્સનો ઉપયોગ કરતું પ્રકાશ-ઉત્સર્જક ઉપકરણ બાંધકામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph TD
    subgraph OLED_Structure [OLED Structure]
        direction LR
        C[Cathode{br /{Metal Layer} {-}{-}{-} E[Emissive Layer}{br /{Organic Material} {-}{-}{-} H[Hole T
    end
    {Highlighting}
    {Shaded}
```

કાર્ય સિદ્ધાંત:

- **ઇલેક્ટ્રોન ઇન્જેક્શન:** કેથોડ ઇલેક્ટ્રોન્સ ઇન્જેક્ટ કરે છે
- **હોલ ઇન્જેક્શન:** એનોડ હોલ્સ ઇન્જેક્ટ કરે છે
- **રીકોમ્બિનેશન:** ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલ્સ એમિસિવ લેયરમાં જોડાય છે
- **પ્રકાશ ઉત્સર્જન:** ઊર્જા ફોટોન્સ તરીકે મુક્ત થાય છે
- **રંગ નિયંત્રણ:** વિભિન્ન ઓર્ગેનિક સામગ્રી વિભિન્ન રંગો ઉત્સર્જિત કરે છે

Table 9: OLED પ્રકારો

| પ્રકાર | માળખું | મુખ્ય લક્ષણ |
|--------|------------------|---|
| PMOLED | પેસિવ મેટ્રિક્સ | સરળ ડિઝાઇન, ઓછી કિંમત |
| AMOLED | એક્ટિવ મેટ્રિક્સ | વધુ સારા રિફ્રેશ રેટ્સ, ઊંચી રેઝોલ્યુશન |
| TOLED | ટ્રાન્સપેરન્ટ | બંધ અથવા ચાલુ હોય ત્યારે પારદર્શક |
| FOLED | ફ્લેક્સિબલ | વાળી શકાય કે રોલ કરી શકાય |

એપ્લિકેશન્સ:

- **ડિસ્પ્લે:** સ્માર્ટફોન્સ, ટીવી, સ્માર્ટવોચ
- **લાઇટિંગ:** પાતળા, કાર્યક્ષમ લાઇટિંગ પેનલ્સ
- **સાઇનેજ:** ઊંચા-કોન્ટ્રાસ્ટ ડિજિટલ સાઇન્સ
- **વેરેબલ ટેકનોલોજી:** ફ્લેક્સિબલ ડિસ્પ્લે

યાદવાક્ય: "OLED" - Organic Layers Emit Directly when electrically stimulated.

પ્રશ્ન 4(અ) OR [3 ગુણ]

LDR પર ટૂંકી નોંધ સમજાવો.

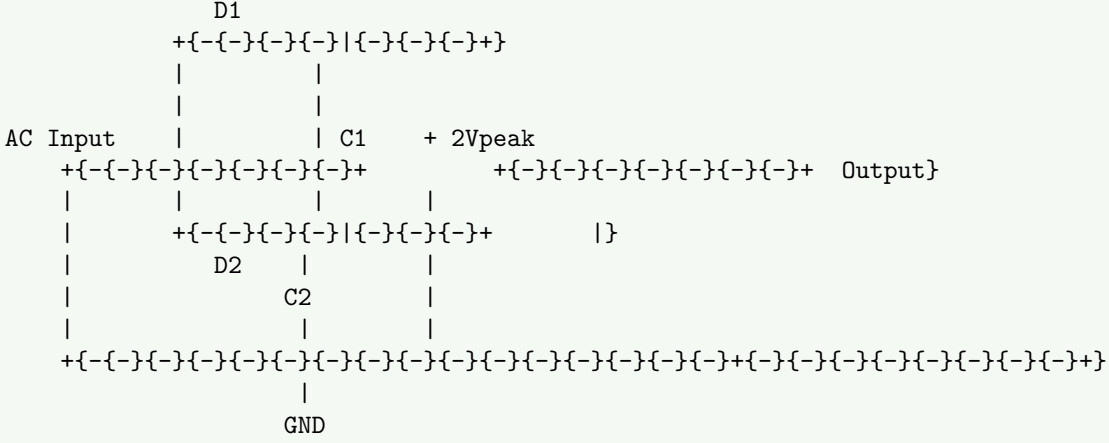
જવાબ

LDR (લાઇટ ડિપેન્ડન્ટ રેઝિસ્ટર): ફોટોરેઝિસ્ટર જેનો રેઝિસ્ટન્સ વધતી પ્રકાશ તીવ્રતા સાથે ઘટે છે સિમ્બોલ અને માળખું:

/ { }

Symbol

વોલ્ટેજ ડબલર: સર્કિટ જે DC આઉટપુટ વોલ્ટેજ આશરે ઇનપુટ વોલ્ટેજના પીક કરતાં બમણું ઉત્પન્ન કરે છે
હાફ-વેવ વોલ્ટેજ ડબલર:



ફુલ-વેવ વોલ્ટેજ ડબલર:

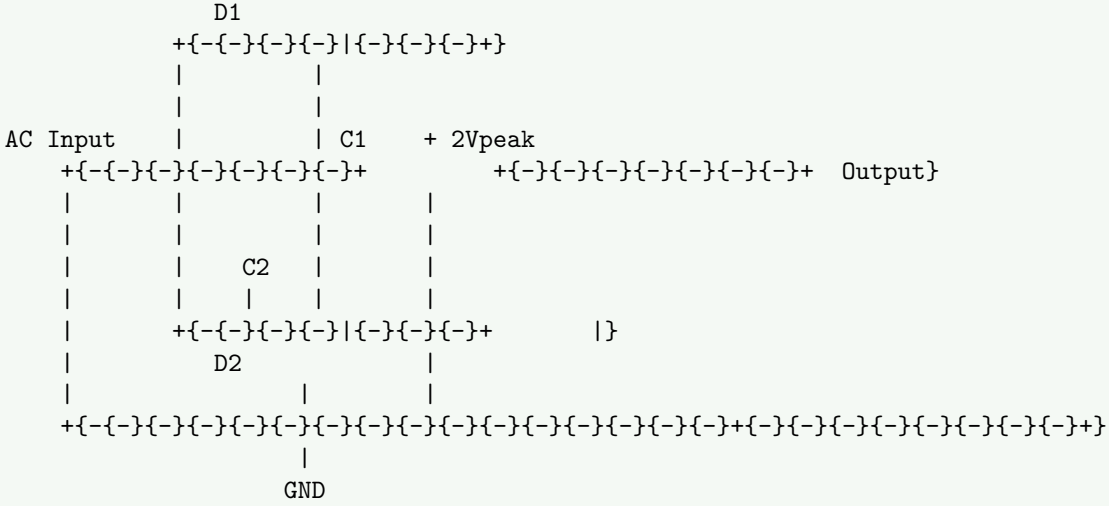


Table 10: સરખામણી

| લક્ષણ | હાફ-વેવ | ફુલ-વેવ |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| રિપલ | ઊંચો | નિમ્ન |
| કાર્યક્ષમતા | નિમ્ન | ઊંચી |
| રિસ્પોન્સ ટાઇમ | ધીમો | ઝડપી |
| ઘટકો | 2 ડાયોડ, 2 કેપેસિટર્સ | 2 ડાયોડ, 2 કેપેસિટર્સ |
| રેગ્યુલેશન | ખરાબ | વધુ સારું |

કાર્યપ્રણાલી:

- હાફ-વેવ: દરેક કેપેસિટરને વૈકલ્પિક હાફ-સાયકલ પર ચાર્જ કરે છે
- ફુલ-વેવ: દરેક સાયકલ પર બંને કેપેસિટર્સ ચાર્જ કરે છે
- આઉટપુટ: બંને કેપેસિટર્સ પરના વોલ્ટેજનો સરવાળો

એપ્લિકેશન્સ:

- પાવર સપ્લાય: ઓછા-કરંટ ઊંચા-વોલ્ટેજ જરૂરિયાતો
- કેસ્કેડ કનેક્શન: વોલ્ટેજ મલ્ટિપ્લિકેશન માટે
- ઇલેક્ટ્રોનિક ફ્લેશ: કેમેરા ઇક્વિપમેન્ટ
- CRT ડિસ્પ્લે: ઊંચા વોલ્ટેજ જનરેશન

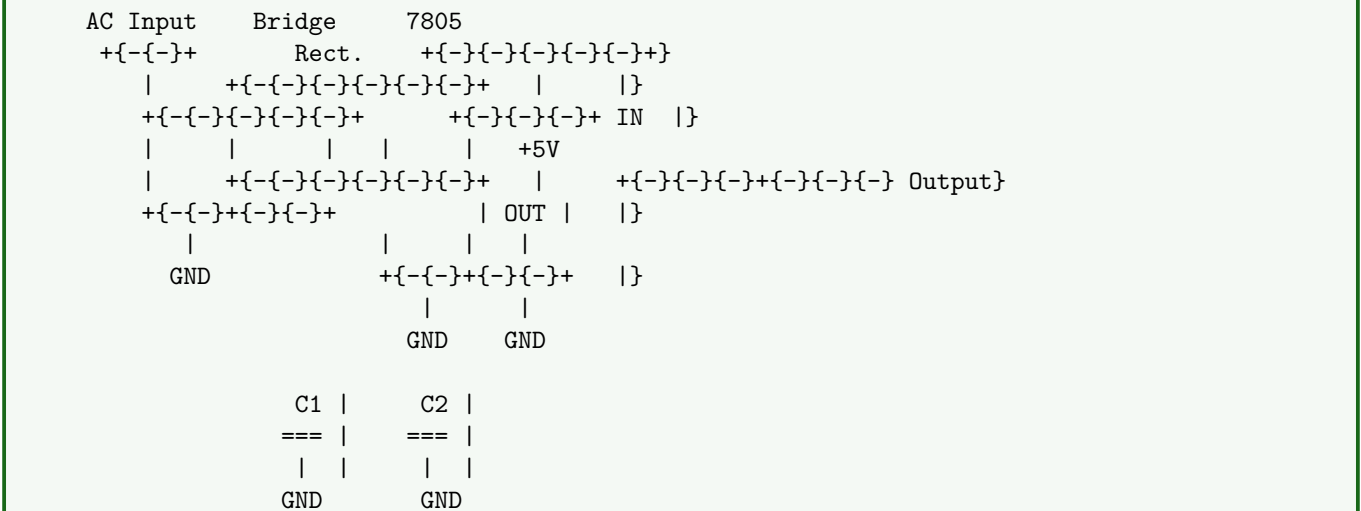
યાદવાક્ય: "DOUBLE" - Diodes Organize Unidirectional Boost, Lifting Electricity to twice input.

પ્રશ્ન 5(અ) [3 ગુણ]

IC નો ઉપયોગ કરીને +5 v પાવર સપ્લાય માટે સર્કિટ ડાયાગ્રામ દોરો.

જગદીશ

7805 વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર IC વાપરીને +5V પાવર સપ્લાય:



મુખ્ય ઘટકો:

- **7805 IC:** શ્રી-ટર્મિનલ ફિક્સ્ડ વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર
- **ઇનપુટ કેપેસિટર (C1):** ઇનપુટ રિપલ ફિલ્ટર કરે છે
- **આઉટપુટ કેપેસિટર (C2):** ટ્રાન્ઝિયન્ટ રિસ્પોન્સ સુધારે છે
- **બ્રિજ રેક્ટિફાયર:** AC ને પલ્સેટિંગ DC માં રૂપાંતર કરે છે

यादवाङ्मयः "FIVE" - Fixed IC Voltage Efficiently provided.

પ્રશ્ન 5(બ) [4 ગુણ]

પાવર સપ્લાયના સંદર્ભમાં લોડ રેગ્યુલેશન અને લાઇન રેગ્યુલેશનની ચર્ચા કરો.

જાણી

લોડ રેગ્યુલેશન: લોડ કરંટ ફેરફારો હોવા છતાં પાવર સપ્લાયની સ્થિર આઉટપુટ વોલ્ટેજ જાળવવાની ક્ષમતા

લાઇન રેગ્યુલેશન: ઇનપુટ વોલ્ટેજ ફેરફારો હોવા છતાં પાવર સપ્લાયની સ્થિર આઉટપુટ વોલ્ટેજ જાળવવાની ક્ષમતા

આફતિ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting}[]
graph LR
    A[Power Supply] --> B["Line Regulation{}br /{}(Input Voltage Changes)"]
    A --> C["Load Regulation{}br /{}(Output Current Changes)"]
    B --> D["Constant Output{}br /{}Voltage"]
    C --> D
{Highlighting}
{Shaded}
```

સત્રો:

- લોડ રેગ્યુલેશન: $(V_1 - V_2)/V_2 \times 100\%$
 - $V_1 = -$
 - $V_2 = -$
- લાઇન રેગ્યુલેશન: $(V_1 - V_2)/V_2 \times 100\%$
 - $V_1 =$
 - $V_2 =$

મુખ્ય મુદ્દાઓ:

- નિમ્ન ટકાવારી: વધુ સારી રેગ્યુલેશન
- ફીડબેક સર્કિટ: રેગ્યુલેશન પરફોર્મન્સ સુધારે છે
- IC રેગ્યુલેટર્સ: સામાન્ય રીતે સારી રેગ્યુલેશન ઓફર કરે છે (0.01-0.1%)

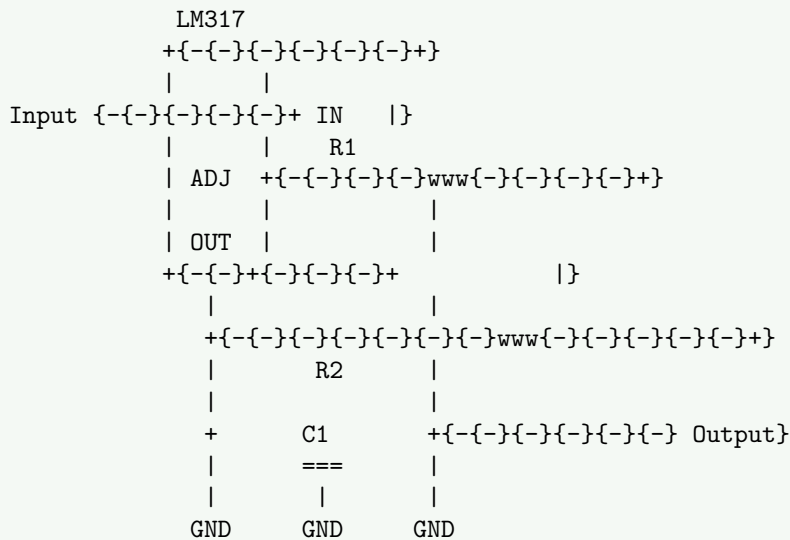
यादवाङ्मयः "LINE LOAD" - Line Is Normal-input Efficiency, LOAD is Output Adjustment Defense.

પ્રશ્ન 5(ક) [7 ગુણ]

સર્કિટ ડાયાગ્રામ સાથે LM317 નો ઉપયોગ કરીને ઓડજસ્ટેબલ વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર સમજાવો.

જવાબ

LM317 એડજસ્ટેબલ વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટરઃ શ્રી-ટર્મિનલ ડિવાઇસ જે ચલ રેગ્યુલેટેડ આઉટપુટ વોલ્ટેજ પ્રદાન કરે છે સર્કિટ ડાયાગ્રામઃ



કાર્યપ્રણાલી:

- ફેડરેશન વોલ્ટેજ: OUT અને ADJ ટર્મિનલ્સ વચ્ચે 1.25V
- આઉટપુટ વોલ્ટેજ: $V_{OUT} = 1.25V \times (1 + R2/R1)$
- એડજસ્ટમેન્ટ રેન્જ: 1.25V થી 37V
- મહત્તમ કરંટ: 1.5A (યોગ્ય હીટ સિંક સાથે)

ઘટક પસંદગી:

- **R1:** सामान्य रीते 240□
- **R2:** आउटपुट अॅडजस्ट करवा माटे वेरियेबल रेजिस्टर
- **C1:** स्थिरता माटे आउटपुट कॅपेसिटर (1-10□F)

મુખ્ય લક્ષણો:

- કરંટ લિમિટિંગ: બિલ્ટ-ઇન પ્રોટેક્શન
- થર્મલ શટાઉટ: અતિશય ગરમી સામે રક્ષણ
- સેફ એરિથ્યા પ્રોટેક્શન: આઉટપુટ ટ્રાન્ઝિસ્ટર્સ માટે
- રિપલ રિજેક્શન: સામાન્ય રીતે 80dB

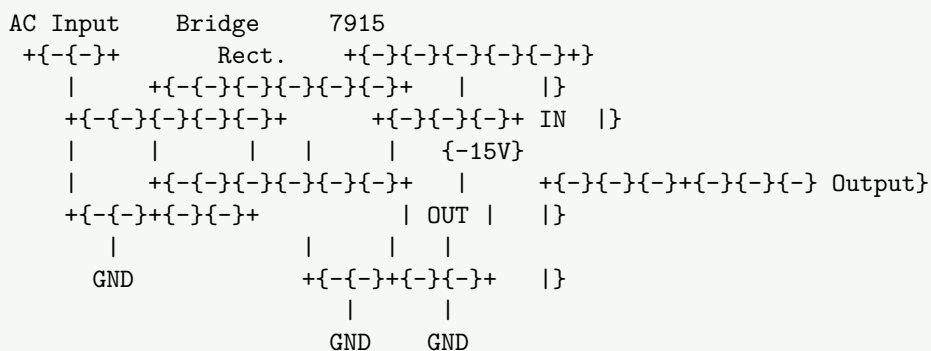
यादववाक्यः "VARY" - Voltage Adjustable Regulator Yields custom outputs.

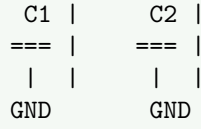
પ્રશ્ન 5(અ) OR [3 ગુણ]

IC નો ઉપયોગ કરીને -15 v પાવર સપ્લાય માટે સર્કિટ ડાયાગ્રામ દોરો.

જાદીયા

7915 વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર IC વાપરીને -15V પાવર સપ્લાય:





મુખ્ય ઘટકો:

- 7915 IC: થ્રી-ટર્મિનલ નેગેટિવ વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર
- ઇનપુટ કેપેસિટર (C1): ઇનપુટ રિપલ ફિલ્ટર કરે છે
- આઉટપુટ કેપેસિટર (C2): ટ્રાન્ઝિયન્ટ રિસ્પોન્સ સુધારે છે
- બ્રિજ રેક્ટિફાયર: AC ને પલ્સેટિંગ DC માં રૂપાંતર કરે છે

યાદવાક્ય: "NINE" - Negative IC Needs Efficient filtering.

પ્રશ્ન 5(બ) OR [4 ગુણ]

યુપીએસની કામગીરી સમજાવો.

જવાબ

UPS (અનઇન્ટરપ્ટિબલ પાવર સપ્લાય): ડિવાઇસ જે મુખ્ય પાવર ફેઇલ થાય ત્યારે ઇમરજન્સી પાવર પ્રદાન કરે છે બ્લોક ડાયાગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting}[]
graph LR
    I[AC Input] --> R[Rectifier]
    R --> C[Charger]
    C --> B[Battery]
    B --> Inv[Inverter]
    I --> S[Switch]
    S --> O[Output]
    Inv --> S
    Inv -- "During Power Failure" --> S
{Highlighting}
{Shaded}
```

UPS ના પ્રકારો:

- ઓફલાઇન/સ્ટેન્ડબાય UPS: પાવર ફેઇલ થાય ત્યારે બેટરી પર સ્વિચ કરે છે
- લાઇન-ઇન્ટરએક્ટિવ UPS: વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન ધરાવે છે
- ઓનલાઇન/ડબલ-કન્વર્ઝન UPS: હંમેશા બેટરી પાવર વાપરે છે

મુખ્ય ઘટકો:

- રેક્ટિફાયર: AC ને DC માં રૂપાંતર કરે છે
- બેટરી: ઊર્જા સંગ્રહ કરે છે
- ઇન્વર્ટર: DC ને પાછું AC માં રૂપાંતર કરે છે
- કંટ્રોલ સર્કિટ: પાવર મોનિટર કરે છે અને સ્ત્રોત સ્વિચ કરે છે

એપ્લિકેશન્સ:

- કમ્પ્યુટર્સ: ડેટા નુકસાન અટકાવે છે
- મેડિકલ ઇક્વિપમેન્ટ: ક્રિટિકલ ઓપરેશન્સ
- ઇન્ડસ્ટ્રિયલ કંટ્રોલ્સ: ખર્ચાળ અવરોધ અટકાવે છે
- ટેલિકોમ્યુનિકેશન્સ: કનેક્શન્સ જાળવે છે

યાદવાક્ય: "UPBEAT" - Uninterruptible Power Backup Ensures Available Technology.

પ્રશ્ન 5(ક) OR [7 ગુણ]

SMPS બ્લોક ડાયાગ્રામ તેના ફાયદા અને ગેરફાયદા સાથે દોરો અને સમજાવો.

જવાબ

SMPS (સ્વિચ મોડ પાવર સપ્લાય): કાર્યક્ષમતા માટે સ્વિચિંગ રેગ્યુલેશનનો ઉપયોગ કરતો પાવર સપ્લાય બ્લોક ડાયાગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting}[]
graph LR
    AC[AC Input] --> EMI[EMI Filter]
    EMI --> R[Rectifier \& Filter]
    R --> C[Chopper/Switching Circuit]
    C --> T[High Frequency Transformer]
    T --> O[Output Rectifier \& Filter]
    O --> Out[DC Output]
    FB[Feedback \& Control] --> C
    Out --> FB
{Highlighting}
{Shaded}
```

કાર્યપ્રણાલી:

- **EMI ફિલ્ટર:** ઇલેક્ટ્રોમેગ્નેટિક ઇન્ટરફેરન્સ ઘટાડે છે
- **રેક્ટિફાયર:** AC ને અનરેગ્યુલેટેડ DC માં રૂપાંતર કરે છે
- **સ્વિચિંગ સર્કિટ:** DC ને ઊંચી ફ્રીક્વન્સી પર ચોપ કરે છે (20-100 kHz)
- **ટ્રાન્સફોર્મર:** આઇસોલેશન અને વોલ્ટેજ રૂપાંતર પ્રદાન કરે છે
- **આઉટપુટ સ્ટેજ:** ક્લીન DC માટે રેક્ટિફાય અને ફિલ્ટર કરે છે
- **ફીડબેક લૂપ:** રેગ્યુલેશન માટે સ્વિચિંગ નિયંત્રિત કરે છે

ફાયદા:

- **ઊંચી કાર્યક્ષમતા:** 70-90% (vs. 30-60% લિનિયર સપ્લાય)
- **નાનું કદ:** ઊંચી ઓપરેટિંગ ફ્રીક્વન્સીને કારણે નાના ઘટકો
- **હલકું વજન:** નાના ટ્રાન્સફોર્મર અને હીટ સિંકસ
- **વિશાળ ઇનપુટ રેન્જ:** વિવિધ ઇનપુટ વોલ્ટેજ પર કામ કરી શકે છે
- **ઓછી ગરમી ઉત્પાદન:** ઓછી ઊર્જા ગરમી તરીકે બરબાદ થાય છે

ગેરફાયદા:

- **જટિલ ડિઝાઇન:** વધુ સુધારેલ સર્કિટરી
- **EMI જનરેશન:** સ્વિચિંગ ઇન્ટરફેરન્સ પેદા કરે છે
- **ઊંચી કિંમત:** લો-પાવર એપ્લિકેશન્સ માટે
- **નોઇઝ:** લિનિયર સપ્લાય કરતાં ઊંચો આઉટપુટ નોઇઝ
- **ધીમો રિસ્પોન્સ:** અચાનક લોડ ફેરફારો સામે

એપ્લિકેશન્સ:

- **કમ્પ્યુટર્સ:** ડેસ્કટોપ અને લેપટોપ પાવર સપ્લાય
- **ટીવી અને મોનિટર્સ:** કોમ્પેક્ટ પાવર સ્ત્રોત
- **મોબાઇલ ચાર્જર્સ:** નાના, કાર્યક્ષમ એડેપ્ટર્સ
- **ઇન્ડસ્ટ્રિયલ પાવર:** ઊંચી-કાર્યક્ષમતા જરૂરિયાતો

યાદવાક્ય: "SWITCH" - Smaller Weight, Improved Thermal efficiency, Complex Hardware.