

Convertoare sincrone de curent continuu

1. Introducere

Un pas important în dezvoltare convertoarelor de curent continuu o reprezintă creșterea randamentului acestora. O metodă de creștere a randamentului o constituie dublarea diodei rapide Schottky cu un tranzistor MOS de putere în scopul obținerii unei căderi de tensiune pe aceasta cât mai mică. Căderea de tensiune pe o diodă Schottky în conducție este de aproximativ 0,3V, iar pe un tranzistor MOS în conducție, căderea de tensiune depinde de curentul ce circulă prin tranzistor. Chiar și la un curent mai mare, tot mai avantajos este utilizarea tranzistorului MOS, dar obligatoriu să existe și dioda Schottky în paralel pentru o închidere rapidă a curentului de sarcină.

Funcționarea unui convertor buck sincron este identică cu a unui convertor buck clasic, cu precizarea că, Q_1 cât este blocat, pentru un convertor buck clasic, curentul de sarcină se închide prin diodă, iar pentru convertorul buck sincron curentul de sarcină se închide prin tranzistorul Q_2 .

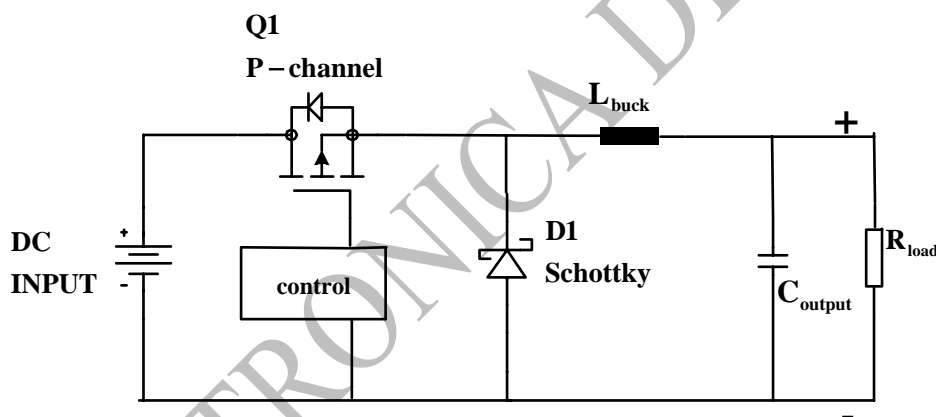


Fig. 1 Topologie de convertor buck clasic

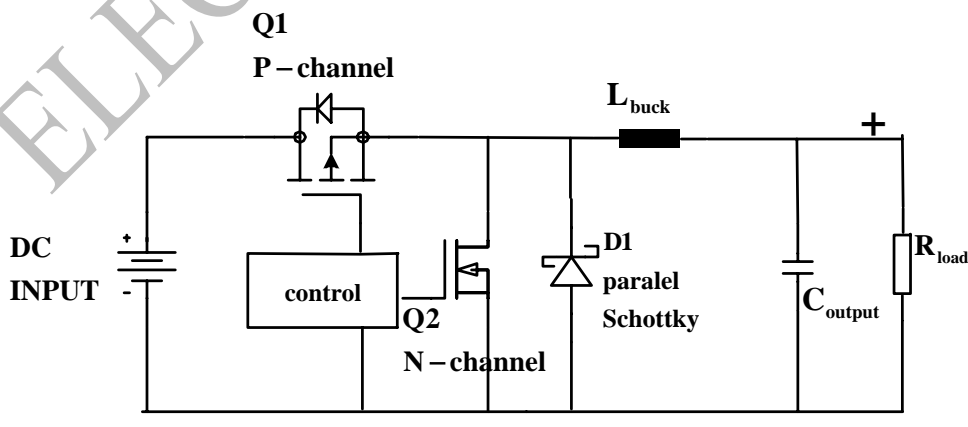


Fig. 2 Convertor buck sincron

Tranzistoarele Q_1 și Q_2 utilizate în lucrarea practică sunt realizate în tehnologie HDTMOS, tehnologie special concepută pentru a elimina neajunsurile și creșterea performanțelor tehnologiei MOS standard. Sau adus în acest fel îmbunătățiri importante în scăderea căderii de tensiune pe tranzistor în conducție și realizarea unei diode parazite interne mai rapide.

Tot în vederea creșterii performanțelor convertoarelor sau adus îmbunătățiri și la metoda de comandă a tranzistorului comutator. Au apărut tehnici de comandă din ce în ce mai sofisticate, care țin cont de mulți parametri, mai ales dacă convertoarele sunt utilizate în aplicații precum alimentarea microprocesoarelor. Dacă până nu de mult se comandau convertoarele cu un factor de umplere constant, neținându-se cont de variația tensiunii de intrare, evident tensiunea de ieșire se va modifica urmărind-o pe cea de intrare. Un alt dezavantaj mai constă în faptul că microprocesoarele nu au nevoie de o alimentare constantă, deoarece la aplicații ușoare, sau chiar când procesorul este în stand-by, tensiunea de alimentare pe acesta poate să scadă până la o anumită valoare, neinfluențând cu nimic buna funcționare a acestuia. Ba chiar constituie un avantaj faptul că în acest fel se reduce puterea disipată de microprocesor când acesta se află în starea de stand-by.

Evident, marile firme producătoare de circuite electronice au lansat pe piață circuite integrate dedicate comenzii convertoarelor. O metodă larg utilizată în comanda convertoarelor este tehnica PWM (MID), ce oferă un avantaj major deoarece în comanda elementului comutator din convertor se ține cont de variația tensiunii de intrare. Astfel de circuite integrate sunt MC 34262 , MC33262 produse de firma MOTOROLA. Nu este avantajos de a utiliza aceste integrate în alimentarea procesoarelor deoarece nu pot modifica tensiunea de ieșire a convertorului (deci tensiunea de alimentare a procesorului) știind că acesta la un moment dat nu execută nici o comandă, deci se află în stand-by.

Tot firma MOTOROLA a căutat soluții pentru rezolvarea acestei probleme, iar una dintre soluții este chiar integratul MC33470. Sigur că și alte firme și-au adus aportul pentru această problemă, de exemplu firma MICREL în realizarea integratului MC2182.

Circuitul integrat folosit în lucrarea practică permite modificarea tensiunii de ieșire prin aplicarea de nivele logice direct circuitului integrat.

Circuitul integrat MC33470

MC33470 este un circuit integrat destinat surselor în comutație cu tensiune de ieșire programată digital, utilizat pentru alimentarea procesoarelor, a modulelor cu tensiune de alimentare variabilă și în general în aplicații ce necesită un control bun al tensiunii de ieșire utilizând cât mai puține componente externe.

Acest produs are trei caracteristici. Prima se referă la comparatoarele de mare viteză ce monitorizează tensiunea de ieșire. A doua se referă la inhibarea tensiunii de ieșire în momentul în care se defectează una sau mai multe componente externe, în timp ce integratul rămâne alimentat. A treia se referă la existența a două blocuri (drivere) de ieșire ce permit circuitului o eficiență optimă.

Circuitul este ideal pentru alimentarea calculatoarelor, bunurilor de larg consum, echipamentelor industriale unde acuratețea, eficiența și performanțele sale optime sunt necesare.

Structura internă cuprinde următoarele blocuri:

- Oscilatorul
- Blocul MID (PWM)
- Amplificatorul de eroare și tensiunea de referință
- Driverele de ieșire
- Limitare de curent și pornire lină
- Protecție la supraîncălzire

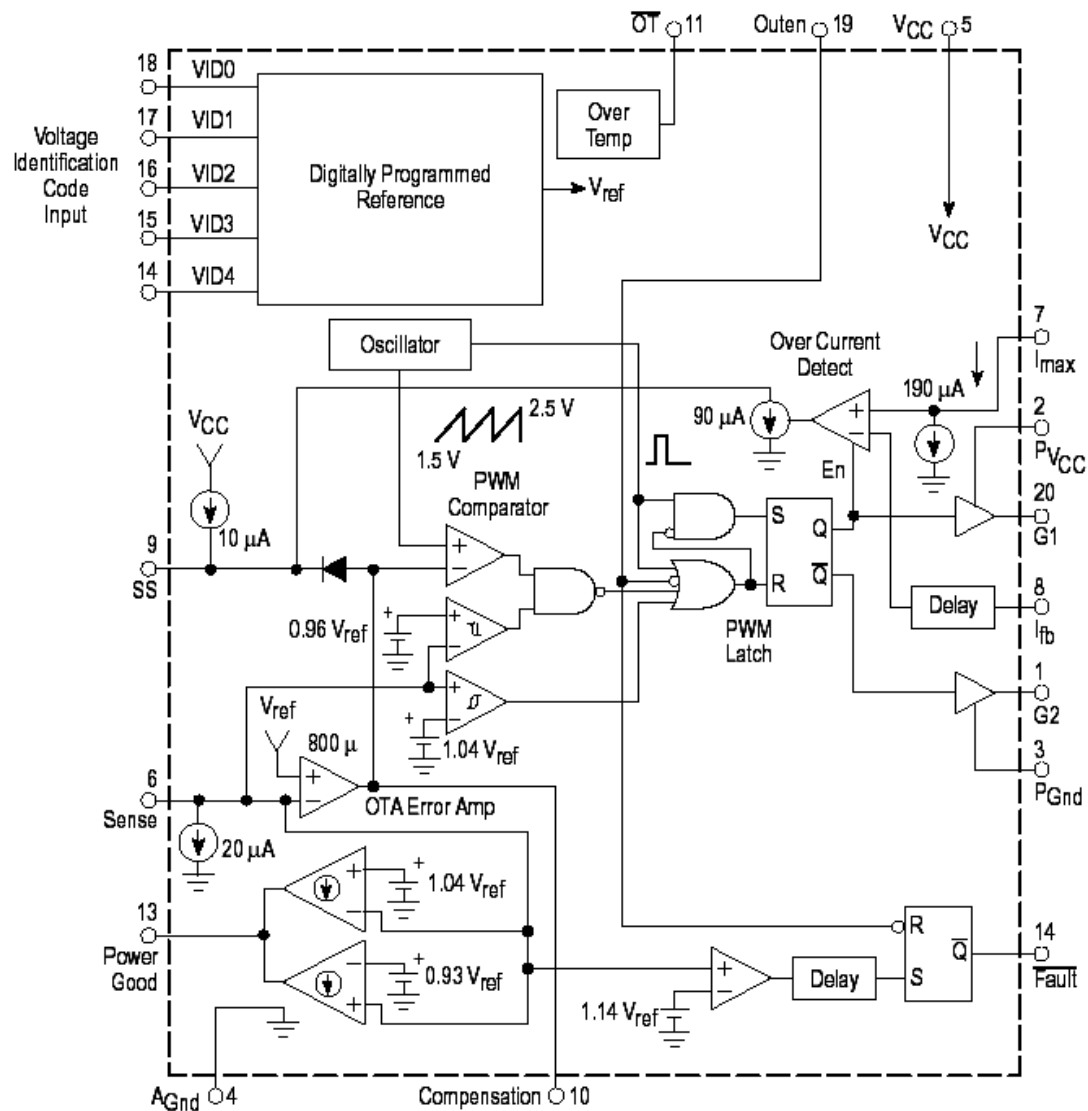


Fig. 3 Structura internă a circuitului integrat MC33470

Descrierea funcționării

Circuitul integrat MC33470 este produs în tehnologie monolitică, cu frecvență fixă de comutare, special utilizat în convertoare de curent continuu.

Oscilatorul

Frecvența oscilatorului este programată intern la 300KHz. Dacă curentul prin sarcină crește, factorul de umplere al semnalului de la ieșirea oscilatorului scade cu maxim 95%. În timpul descreșterii formei de undă a dintelui de fierăstrău, oscilatorul generează un puls intern determinând blocarea MOSFET-ului G_1 . Valoarea de vârf a formei în dinte de fierăstrău este de 2,5V, iar cea de vale de 1,5V.

Blocul MID (PWM)

Blocul MID conține un comparator cu intrarea inversoare legată la ieșirea Amplificatorului de Eroare, iar intrării neinversoare se aplică pulsuri de tensiune de la Oscilator. Dacă nivelul de tensiune al dintelui de fierăstrău este mai mare decât ieșirea Amplificatorului de Eroare, bistabilul de ieșire se resetează, ceea ce determină blocarea tranzistorului G_1 și intrarea în conducție a tranzistorului MOSFET G_2 pe durata rampei oscilatorului. Bistabilul este necesar pentru evitarea apariției altor pulsuri în timpul unei perioade a oscilatorului.

Intrarea de reacție de la pinul 6 este aplicată intrărilor a două comparatoare pereche de mare viteză. Intrările comparatoarelor sunt legate la potențiale de 0,96 V_{ref} și 1,04 V_{ref} pentru a prevedea un răspuns optim la modificarea sarcinii. Când sarcina determină ca tensiunea de ieșire să se modifice cu $\pm 4\%$, comparatoarele de mare viteză determină ca factorul de umplere să scadă la zero sau să crească la maxim pentru a menține tensiunea la ieșire constantă.

Dacă tensiunile de alimentare V_{cc} (5V) și $P_{V_{cc}}$ (12V) scad sub valorile de 4,0V și 9,0V, driverele ce comandă MOSFET-urile, se blochează, ceea ce determină ca tensiunea de ieșire să fie nulă.

Amplificatorul de Eroare și Tensiunea de referință (V_{ref})

Amplificatorul de eroare este tip transconductanță, având valoarea de ieșire de $800\mu\Omega$. Amplificatorul transconductanță are coeficient de temperatură negativ și are valoare tipică de $868\mu\Omega$ la 0°C și $620\mu\Omega$ la 125°C la temperatura joncțiunii. Amplificatorul conține un etaj cascodă care determină impedanța tipică de ieșire de $3\text{M}\Omega$. Câștigul în tensiune al Amplificatorului de Eroare este de 67dB.

Bucła externă de compensare este necesară pentru stabilitatea convertorului. Componentele pentru compensare sunt conectate între pinul de compensare și masă.

Intrarea inversoare a Amplificatorului de Eroare este legată la pinul de reacție și la o sursă de curent de $20\mu\text{A}$ până la masă. Sursa de curent produce un offset de 24mV, când un rezistor extern de $1,2\text{K}\Omega$ este plasat între tensiunea de ieșire și pinul de reacție. Tensiunea de offset de 24mV permite ca încărcarea dinamică a sarcinii să fie mai mare fără ca tensiunea de ieșire să iasă din toleranța specificată. Offsetul poate fi crescut când crește și valoarea rezistenței de reacție și poate fi eliminat conectând pinul de reacție direct la tensiunea de ieșire.

Circuitul care generează Tensiunea de Referință are coeficient de temperatură scăzut și o tensiune de offset. Tensiunea de referință este ieșirea unui convertor Digital-Analog. Controlând biții VID0 ÷ VID4, se controlează offsetul și în final valoarea tensiunii de referință. Deci, tensiunea de referință și tensiunea de ieșire pot fi programate digital conectând pinii VID la MASĂ pentru "0" logic, sau la pinul de ALIMENTARE (5V) pentru "1" logic. Tipic "1" este recunoscut la o valoare mai mare de $0,67V_{cc}$, iar "0" la o valoare mai mică de $V_{cc}/3$.

Driverele de ieșire

Driverele de ieșire sunt proiectate să comute tensiuni de maxim 18V și un vârf de curent de drenă de 2,0A, sunt notate cu G_1 respectiv G_2 , având rol de a comanda MOSFET-urile de ieșire cu canal N. Momentele de conducție sunt defazate intern existând un timp de întârziere tipic de 100ns dintre, de exemplu, comanda de blocare a lui G_1 și conducția lui G_2 , pentru a evita sub orice formă conducția celor două tranzistoare simultan.

Limitarea de curent și Pornirea lină

Circuitul de pornire lină este utilizat atât la punerea în funcțiune (nepemițând creșterea bruscă a tensiunii de ieșire) cât și ca, circuit de limitare a curentului. Un singur condensator extern și o sursă internă de curent de $10\mu A$ controlează rata de creștere a tensiunii de la ieșirea amplificatorului de eroare. Timpul de conducție al tranzistorului G_1 va crește odată cu creșterea tensiunii de pe condensatorul extern de la valoare de 0,5V la 1,5V, moment în care dioda internă se blochează și tranzistorul intern va fi comandat în funcție de necesitate. Condiția de supracurent este detectată de un amplificator de curent limitator. Circuitul amplificator de curent limitator este activat în clipa în care tranzistorul G_1 este comandat. Amplificatorul limitator de curent compară căderea de tensiune Drenă Sursă a MOSFET-ului de la pinul I_{fb} cu tensiunea de la pinul I_{max} . Deoarece curentul intern absorbit $I_{max} = 190\mu A$, pragul depășire de curent este programat de un rezistor extern. Limitarea de curent poate fi determinată cu următoarele relații:

$$I_{L(max)} = \frac{I_0 + I_{riplu}}{2} \quad \text{unde } R_1 = \frac{[(I_{L(max)})(R_{DS(on)})]}{(I_{max})}$$

- I_0 curentul maxim de încărcare
- I_{riplu} curentul vârf la vârf prin bobină

Intrarea OUTEN și ieșirea OT

Controlul deschis/închis al integratului MC33470 poate fi implementată cu pinul OUTEN. Aplicând "1" la pinul OUTEN, integratul va funcționa normal. Pinul OUTEN poate fi folosit ca prag pentru a determina supraîncălzirea. Conectând un termistor cu coeficient negativ de temperatură la pinul OUTEN, așa cum este arătat în figura de mai jos, împreună cu R_S formează un divizor de tensiune. Tensiunea pe divizor va descresce când temperatura pe termistor va crește.

Deasemenea, termistorul trebuie conectat la partea cea mai fierbinte din circuit. Când tensiunea de la pinul OUTEN, are o laloare mai mică de "1", pinul OT al integratului va comuta de la valoarea "1" la valoarea "0", anunțând o funcționare defectuasă. Dacă tensiunea de la pinul OUETN scade sub 1,7V, amândouă drivere G_1 și G_2 vor fi blocate.

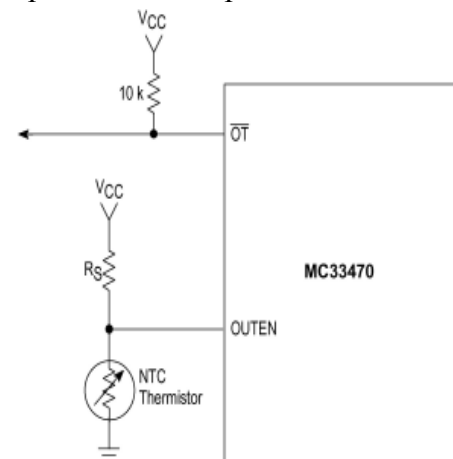


Fig. 4 Protecția la temperaturi ridicate

În continuare se va prezenta schema electronică a unui convertor buck sincron utilizând ca circuit de comandă integratul MC33470.

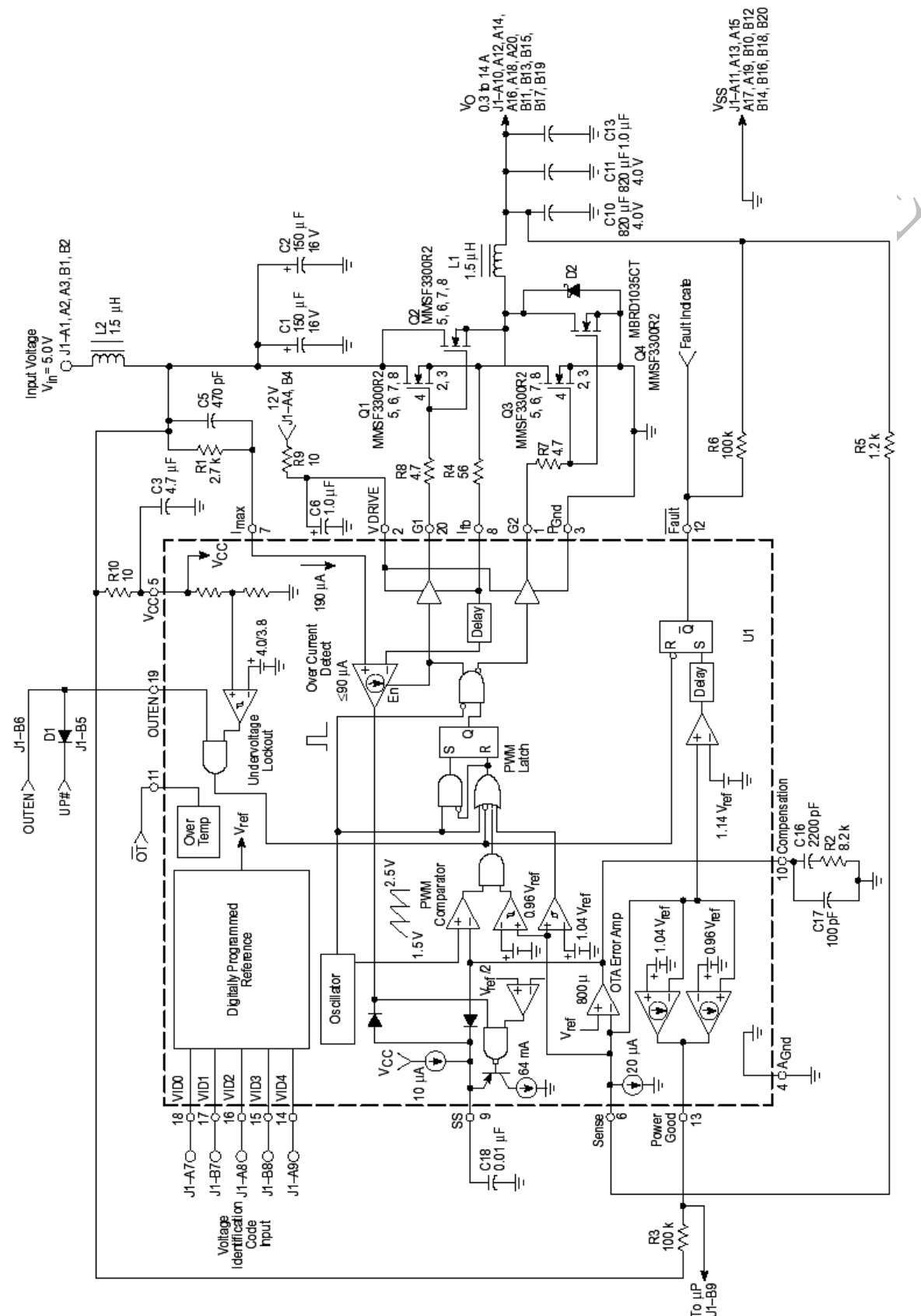


Fig. 5 Schema electronică a convertorului buck sincron ce utilizează în partea de comandă integratul MC33470